

电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书

电气工程 及自动化工程的 审图及读图

DIANQI GONGCHENG JI ZIDONGHUA
GONGCHENGDE SHENTU JI DUTU

第2版

白玉岷 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电气工程 安装调试
运行维护 实用技术技能丛书

电气工程及自动化工程的 审图及读图

第 2 版

白玉岷 等编著



机械工业出版社

本书以电气工程及自动化工程实践经验为依托,按照 GB/T 4728 最新标准详细讲述各类电气工程及自动化工程图样实例的读图、审图的方法、技巧、要点、注意事项,是从事电气工程及自动化工程技术人员必读之物。

本书主要内容有读图审图概述、读图程序、要点、方法、图形符号、文字符号、标注方法及其应用、读图实例(电动机常用启动控制保护电路、高层建筑电气工程图、一般工业车间电气线路图、10kV 变配电装置微机继电保护装置电路、继电保护及自动控制装置、新型微机控制保护装置高压开关柜电路、自动化仪表及自动装置线路图)及电源进户和变配电装置、动力电路及照明电路、弱电工程、空调自控系统、自动化仪表系统、防雷与接地系统审图要点等。

本书可供从事电气工程及自动化工程安装调试、检修、维护的技术人员和电工技师阅读,也可作为青年电工培训教材以及工科院校、职业院校电气专业师生教学实践用书。

图书在版编目(CIP)数据

电气工程及自动化工程的审图及读图/白玉岷等编著. —2版. —北京:机械工业出版社, 2013.1 (2015.2重印)

(电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书)

ISBN 978-7-111-40872-7

I. ①电… II. ①白… III. ①电气制图-识别②自动化系统-工程制图-识别 IV. ①TM02②TP27

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第301077号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:牛新国 责任编辑:赵任 版式设计:霍永明

责任校对:张媛 封面设计:马精明 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2015年2月第2版第2次印刷

184mm×260mm·19.25印张·2插页·476千字

标准书号:ISBN 978-7-111-40872-7

定价:49.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

电气工程
安装调试
运行维护
实用技术技能丛书

电气工程及自动化工程的审图及读图
第2版

主 编	白玉岷				
编 委	刘 洋	宋宏江	陈 斌	高 英	
	王 建	张艳梅	田 明	桂 垣	
	董蓓蓓	武占斌	王振山	赵洪山	
	张 璐	莫 杰	田 朋	谷文旗	
	李云鹏	刘晋虹	白永军	赵颖捷	
	赵宏德	张利敏	李 君		
主 审	悦 英	赵颖捷	桂 垣		
土建工程 顾问	李志强				
编写人员	赵宏德	张利敏	李 君	宋宏江	
	王 建	刘 洋	陈 斌	高 英	
	韩树红	梁玉芳	李树兵	贾连忠	
	闫静敏				

第2版前言

《电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书》的《电气工程及自动化工程的审图及读图》分册自出版以来得到了广大读者、特别是年轻的读者们的青睐，经常接到他们的短信、电话及网上的评论，尤其是他们说“读这样的书解渴”，使我感到非常欣慰，这也是我们作者所期望的，也是鼓励我们继续创作的动力。我们一定要把所掌握的电气工程、自动化工程的技术技能全部写出来，让读者、特别是年轻的读者在工程技术的道路上走一个捷径，在较短的时间内掌握电工技术技能的真谛，为电气工程、自动化工程的质量保证、安全运行打下一个坚实的基础。

本书再版，主要新增了以下内容：

1. 第三章《图形符号、文字符号、标注方法及其应用》有了较大的变化，将原图形符号、文字符号全部改为新标准，即 GB/T 4728—2005 ~ 2008《电气简图用图形符号》。

2. 按照读者的意见，对第四章进行了较大的调整，增加了电动机起动及控制电路继电保护及自动装置的内容，电动机起动及控制电路是动力电路的难点，也是每个读者必须掌握的内容。

3. 其他章节也略有变化和改动。

在整理、修改、充实的过程中，删除了第1版中的一些陈旧内容，但也保留了一些必要的内容。保留的目的：一是有些内容在一些地区、有些设备上仍在采用；二是为了初学者学习的系统性、连续性，对于初学者来说直接学习和接触新技术是比较困难的，只有做到由浅入深、由易而难、由简到繁、循序渐进才能收到很好的效果。

本书（第2版）的修订工作得到了电工界、安装修理单位、设计单位、供电部门、工矿企业、高等院校及其众多实践经验丰富、技术技能精湛、解决电工技术难题熟练的双资型高工、教授、技师、技术人员、技术工人、电工师傅和年轻朋友们的关心和支持，张家口市高新房地产开发有限公司对本书的再版给予了极大的帮助，提供了很多珍贵的资料，这里向他们表示衷心的感谢。本书倘若能为读者提供相应技术技能的帮助，我们全体作者将会感到万分的欣慰和满足。本书主要由白玉岷编写，新增加的内容由刘洋、宋宏江、陈斌、高英、张艳梅、田明、董蓓蓓、武占斌、王振山、赵洪山、张璐、莫杰、韩树红、梁玉芳、李树兵、贾连忠、谷文旗、李云鹏、刘晋虹、白永军编写。

由于作者专业水平的局限，书中不妥之处恳请专家同行批评指正。

白玉岷谨上
2012年11月北京

第 1 版前言

当前，我们的国家正处于改革开放、经济腾飞的伟大转折时代。在这样的大好形势下，我们可以看到电工技术突飞猛进的发展，新技术、新材料、新设备、新工艺层出不穷、日新月异。电子技术、计算机技术以及通信、信息、自动化、控制工程、电力电子、传感器、机器人、机电一体化、遥测遥控等技术及装置已与电力、机械、化工、冶金、交通、航天、建筑、医疗、农业、金融、教育、科研、国防等行业技术及管理融为一体，并成为推动工业发展的核心动力。特别是电气系统，一旦出现故障将会造成不可估量的损失。2003 年 8 月美国、加拿大大面积停电，几乎使整个北美瘫痪。我国 2008 年南方雪灾，引起大面积停电，造成 1110 亿人民币的经济损失，这些都是非常惨痛的教训。

电气系统的先进性、稳定性、可靠性、灵敏性、安全性是缺一不可的，因此电气工作人员必须稳步提高，具有精湛高超的技术技能，崇高的职业道德以及对专业工作认真负责、兢兢业业、精益求精的执业作风。

随着技术的进步、经济体制的改革、用人机制的变革及市场需求的不断变化，对电气工作人员的要求越来越高，技术全面、强（电）弱（电）精通、精通技术的管理型电气工作人员成为用人单位的第一需求，为此，我们组织编写了《电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书》。

编写本丛书的目的，首先是帮助读者在较短的时间里掌握电气工程的各项实际工作技术技能，使院校毕业的学生尽快地在工程中能够解决工程实际设计、安装、调试、运行、维护、检修以及工程质量管理、监督、安全生产、成本核算、施工组织等技术问题；其次是为工院校电气工程及自动化专业提供一套实践读物，亦可供学生自学及今后就业参考；第三是技术公开，做好电气工程技术技能的传、帮、带的交接工作，每个作者都是将个人几十年从事电气技术工作的经验、技术、技能毫无保留，公之于众，造福社会；第四是为刚刚走上工作岗位的电气工程及自动化专业的大学生尽快适应岗位要求提供一个自学教程，以便尽快完成从大学生到工程师的过渡。

本丛书汇集了众多实践经验极为丰富、理论知识精通扎实、能够将科研成果转化为实践、能够解决工程实践难题的资深高工、教授、技师承担编写工作，他们分别来自设计单位、安装单位、工矿企业、高等院校、通信单位、供电公司、生产现场、监理单位、技术监督部门等。他们将电气工程及自动化工程中设计、安装、调试、运行、维护、检修、保养以及安全技术、读图技能、施工组织、预算编制、质量管理监督、计算机应用等实践技术技能由浅入深、由易至难、由简单到复杂、由强电到弱电以及实践经验、绝活窍门进行了详细的论述，供广大读者，特别是青年工人和电气工程及自动化专业的学生们学习、模仿、参考，以期在技术技能上取得更大的成绩和进步。

本丛书的特点是实用性强，可操作性强，通用性强。但需要说明，本丛书讲述的技术技能及方法不是唯一的，也可能不是最先进、最科学的，然而按照本丛书讲述的方法，一定能将各种工程，包括复杂且难度大的工程顺利圆满地完成。读者及青年朋友们在遇到技术难题

时，只需翻阅相关分册的内容便可找到解决难题的办法。

从事电气工作是个特殊的职业，从前述分析可以得知电气工程及其自动化工程的特点，主要是：安全性强，这是万万不容忽视的；专业理论性强，涉及自动控制、通信网络、自动检测及复杂的控制系统；从业人员文化层次较高；技术技能难度较大，理论与实践联系紧密；工程现场条件局限性大，环境特殊，如易燃、易爆等；涉及相关专业广，如机、钳、焊、铆、吊装、运输等；节能指标要求严格；系统性、严密性、可靠性、稳定性要求严密，从始至终不得放松；最后一条是法令性强，规程、规范、标准多，有 150 多种。电气工作人员除了技术技能的要求外，最重要的一条则是职业道德和敬业精神。只有高超的技术技能与高尚的职业道德、崇高的敬业精神结合起来，才能保证电力系统及自动化系统的安全运行及其先进性、稳定性、可靠性、灵敏性和安全性。

因此，作为电气工程工作人员，特别是刚刚进入这个行业的年轻人，应该加强电工技术技能的学习和锻炼，深入实践，不怕吃苦、不怕受累；同时应加强电工理论知识的学习，并与实践紧密结合，提高技术水平。在工程实践中加强职业道德的修养，加强和规范作业执业行为，才能成为电气行业的技术高手。

在国家经济高速发展的过程中，作为一名电气工作者肩负着非常重要的责任。国家宏观调控的重要目标就是要全面贯彻落实科学发展观，加快建设资源节约型、环境友好型社会，把节能减排作为调整经济结构、转变增长方式的突破口。在电气工程、自动化工程及其系统的每个环节和细节里，每个电气工作者只要能够尽心尽责，兢兢业业，确保安装调试的质量，做好运行维护工作，就能够减少工程费用，减小事故频率，降低运行成本，削减维护开支；就能确保电气系统的安全、稳定、可靠运行。电气工作人员便为节能减排、促进低碳经济发展，保增长、保民生、促稳定做出巨大的贡献。

在这中华民族腾飞的时代里，每个人都有发展和取得成功的机遇，倘若这套《电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书》能为您提供有益的帮助和支持，我们全体作者将会感到万分欣慰和满足。祝本丛书的所有读者，在通往电工技术技能职业高峰的道路上，乘风破浪、一帆风顺、马到成功。

白玉岷

目 录

第2版前言	
第1版前言	
第一章 概述	1
一、工程类别	3
二、负荷级别	3
第二章 读图程序、要点、方法	7
一、电气工程的图样类别	8
二、读图程序	9
三、读图要点	9
四、读图步骤及方法	25
五、读图注意事项	26
六、分析复杂电路的方法及技巧	29
七、电气工程读图应具备的知识及技能	31
第三章 图形符号、文字符号、标注方法及其应用	33
一、图形符号	34
二、文字符号	75
三、电气设备及线路的标注方法及其使用	93
四、自动化仪表及自动装置工程图的符号及标注	99
第四章 读图实例及解读	111
一、电动机常用起动的控制保护电路的识读	111
二、高层建筑电气工程图的识读	167
三、一般工业车间电气线路图的识读	195
四、10kV 变配电装置微机继电保护装置电路解读	199
五、继电保护及自动控制装置	202
六、新型微机控制保护装置高压开关柜电路的识读	226
七、自动化仪表及自动装置线路图的识读	234
第五章 电源进户和变配电装置审图要点	261
一、电源进户方式及其装置	261
二、变电装置及保护方式	261
三、配电装置及保护方式	262
四、电力系统通信方式	264
第六章 动力电路及照明电路审图要点	265
一、动力电路及控制	265
二、照明电路	270
三、特殊场所电气工程	271
第七章 弱电系统审图要点	274
一、火灾自动报警及消防系统	274
二、通信广播系统	275
三、有线电视系统	277
四、防盗保安系统	277
五、网络系统	279
六、楼宇/小区/厂区集中监控系统	280
七、办公自动化系统	281
八、微机控制及管理系统	281
第八章 空调自控系统审图要点	284
一、风机盘管自控系统	284
二、新风及空气处理机组自控系统	285
三、制冷机组自控系统	286
四、空调系统的微机控制	294
第九章 自动化仪表系统审图要点	295
一、温度测量及控制	295
二、压力测量及控制	295
三、流量测量及控制	295
四、物位测量及控制	295
五、机械量测量及控制	295
六、仪表柜及仪表室设置	295
七、调节器及自控系统	296
八、微机加仪表自动控制系统	296
第十章 防雷与接地系统审图要点	298
一、防雷系统	298
二、接地系统	298
参考文献	300

第一章 概 述

设计图样是电气工程及自动化工程最重要的技术文件，是电气工程及自动化工程安装调试、运行维护、检修最重要的技术依据，是电气工程及自动化工程正常安全运行的最重要技术保障及支撑，是电气工作人员完成安装调试、运行维护、检修及安全运行等一系列作业行为的准则和标准，是解读安装调试、运行维护、检修及安全运行中技术难题的“金钥匙”。由此可见，设计图样在工程中的显赫位置，是每个电气工作人员不可忽视的。

设计图样是设计人员经过项目论证、实地勘察、精心计算、反复会签审核改进而细致绘制等一系列技术程序和辛勤劳动创造的成果，从某种意义上讲应该是天衣无缝、万无一失的。

作为电气工作人员，特别是安装调试人员必须从安装调试的角度仔细阅读设计图样，反复审核图样，熟悉图样，必要时必须进行核算，并尽力从中找出瑕疵或错误，再与设计人员协商达成一致意见，只有这样才能保证图样的质量，进而保证电气工程及自动化工程的质量，之后经过精心安装调试，才能向客户交付一项高质量的工程，可见读图和审图尤为重要，也是每个电气工程技术人员及作业人员必备的技术能力及素质。而作为电气工作人员在这个过程中首先要掌握读图的方法和技术，并在安装调试的过程中，根据现场条件和实践经验，对图样进行剖析，真正掌握核心技术及设计图样的真谛。然后，电气工作人员必须掌握审图的方法和技巧。审图是在读图的基础上进行的，同时又是在扎实的工程实践经验的基础上进行的，必须能够准确地判定关键、重要、贵重部位，并能准确进行核算，以确保图样的质量。审图是电气工作人员技术升华的起点。其次，电气工作人员通过读图、审图，除了自身的素质提高外，重要的是与设计人员的沟通交流，这对提高电气工程及自动化工程质量是有极大益处的。

作为电气工作人员，除了掌握安装调试、运行维护、检修、安全运行的技术技能外，读图、审图以及设计技术是提高自身技术能力的首选，是通向电气工程师职业生涯的必经之路。只有在工程实践中求得真知的人才是技术高手。

通过读图，熟悉图样，全面掌握图中的细节，这是工程安装调试的第一步；通过审图或者核算，找出瑕疵或错误，掌握项目的关键、重要、贵重部位，这是第二步；而下一步则是工程的具体实施了。

电气工程中招标、承包或接到安装任务书（单）和全套工程图样后，第一项重要的工作就是熟悉图样及审核图样，为组织施工、安装、调整试验和编制施工预算提供依据。

熟悉图样主要是从施工图上了解工程的类别、级别，掌握工程的主要施工项目、主要设备材料、施工难易程度和主要技术问题等。为编制施工组织设计、编制材料计划、机具计划、人力资源计划以及质量管理方案、安全管理方案等准备第一手资料。

审核图样主要是从安装、调试的角度上，对施工设计图样进行安装施工的可行性、安全性、合理性、节约和环保方面的审核。同时要主要或贵重设备材料的核算，审核有无不妥之处等，同时将其整理为文字资料，为图样会审提供可靠的信息，以利于顺利施工。

熟悉图样、审核图样是项目经理、工程负责人、工程技术负责人及班组长必须具备的基本技能，是保证工程质量、安全、进度和投资的第一步。

有些工程由于安装人员对图样掌握和了解不够，因而造成安装项目遗漏或错误安装，小则刨墙打洞、浪费工时材料；大则返工重装，致使设备损坏，拖延工期，严重影响安装质量、造成经济损失，给企业和个人带来不可估量的影响。因此熟悉图样是整个工程的重要一步，必须给予高度重视。

熟悉图样及审图的程序见图 1-1。

熟悉图样及审图时应准备好铅笔、记录纸、设备元件标高表、预制加工部件清单、材料表、设备清单（见图样），对发现的问题及时标注在图样上并做好记录；把看完图样上的主要材料（管、线、电缆除外）电缆保护管、箱、盒，设备和需要预制加工的部件分别填写在材料表、设备元件标高表、设备清单和预制加工部件清单上。在填写上述表格时要避免重记和漏记，看其他和该图有联系的图样时，已经填写了的设备、元件、材料、加工部件不得重记。

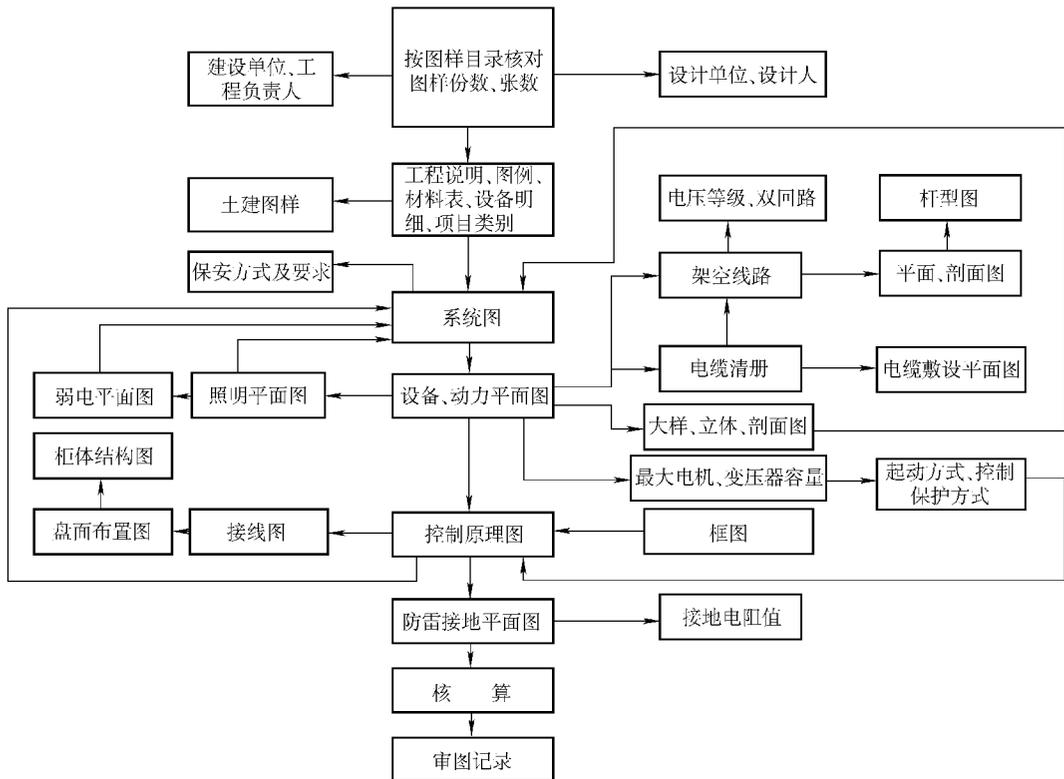


图 1-1 熟悉图样及审图的程序

熟悉图样一般是先强电后弱电、先系统后平面、先动力后照明、先下层后上层、先室内后室外、先简单后复杂，依次一一仔细阅读。

先看图样目录、工程说明、图例和系统图，掌握工程概况，然后根据系统图对照相应的平面图分别落实系统图上的回路和动力单元，结合电缆平面敷设图，检查各个回路的标号及设备元件是否统一，并查阅电缆与电缆清册上的标注是否统一；变配电间或复杂系统要对照

立体图、剖面图、大样图审阅，都应和系统图、平面图对应统一。

再看控制系统和自动调节系统的框图、控制原理图、展开图、接线图、盘面布置图和结构图，应和系统图、平面图对应，编号一致。

动力图看完以后再看照明平面图，方法和顺序基本相同；这里要注意高层建筑应先看变配电室的层号，然后从这里向上一层一层阅读，再从这里往下一层一层阅读。如果是两台及以上变压器，应分清供电范围，分别阅读。

以后再看防雷接地平面图、输电线路平面图等。

强电看完后再看弱电系统图、平面图，与照明系统方法相同，此处从略。

对于新设备、新元件、新材料或没有接触到的装置应熟悉其产品样本或说明书，掌握其功能结构、接线方式、接口电路、电源设置及保护方式、安装要求、调整方法、特殊要求、操作要点、信号显示等内容。

下面讲一下，工程类别及负荷级别，这对读图、审图很重要。

一、工程类别

掌握工程项目是属于工业安装项目的电气工程还是属于民用安装项目的电气工程。

1) 工业安装项目是指以工业生产为目的、生产一定产品的工程项目，它以动力为主、照明为辅，同时配备一定的服务性设施和相应的弱电工程，一般应掌握下列几点：

- ① 工业安装项目的隶属部委，并按此确定工程执行的标准、规范、规程、定额等。
- ② 工业安装项目的主要产品及其标准。
- ③ 主要车间及布局和土建概况，以及和供电系统图的对应情况。
- ④ 主要产品的工艺流程及原理、原材料等。
- ⑤ 是否属爆炸和火灾危险场所及其等级。

2) 民用安装项目是指以居住、办公、金融商业、教学科研、文艺体育、医疗卫生及第三产业、服务行业为主的工程项目。以照明为主、动力为辅，同时配备小型的生产性设施和相应的弱电工程，一般应掌握下列几点：

- ① 民用建筑电气设备种类及负荷级别，见表 1-1。
- ② 层数、层高、建筑面积、土建工程概况等以及和系统图的对应情况。
- ③ 装饰标准和等级。
- ④ 安装项目的保密性、安全性，如防盗报警系统、司法部门的保安系统等。

二、负荷级别

掌握工程项目及电气设备的负荷级别，常用用电设备和部门的负荷级别见表 1-2。

表 1-1 民用建筑电气设备种类及负荷级别

序号	项目种类	建筑物名称	用电设备及部位名称	负荷级别	备注
1	住宅建筑	高层普通住宅	客梯电力、楼梯照明	二级	
2	宿舍建筑	高层宿舍	客梯电力、主要通道照明	二级	
3	旅馆建筑	一、二级旅游旅馆	经营管理用电子计算机及其外部设备电源,宴会厅电声、新闻摄影、录像电源,宴会厅、餐厅、娱乐厅、高级客房、厨房、主要通道照明,部分客梯电力、厨房部分电力	一级	
			其余客梯电力、一般客房照明		
		高层普通旅馆	客梯电力主要通道照明	二级	

(续)

序号	项目种类	建筑物名称	用电设备及部位名称	负荷级别	备注
4	办公建筑	省、市、自治区及部级办公楼	客梯电力、主要办公室、会议室总值班室、档案室及主要通道照明	二级	
		银行	主要业务用电子计算机及其外部设备电源、防盗信号电源	一级	①
			客梯电力	二级	②
5	教学建筑	高等学校教学楼	客梯电力、主要通道照明	二级	②
		高等学校的重要实验室	照明、仪器电源设置	一级	②
6	科教建筑	科研院所的重要实验室	照明、仪器电源设置	一级	③
		市(地区)级以上气象台	主要业务用电子计算机及其外部设备电源、气象雷达、电报及传真收发设备、卫星云图接收机、语言广播电源、天气绘图及预报照明	二级	
			客梯电力	二级	②
		计算中心	主要业务用电子计算机及其外部设备电源	一级	
客梯电力	二级		②		
7	文娱建筑	大型剧院	舞台、贵宾室、演员化妆室照明、电声、广播及电视转播新闻摄影电源	一级	
8	博览建筑	省、市、自治区以上的博物馆、展览馆	珍贵展品展室的照明及防盗信号电源	一级	
			商品展览用电	二级	
9	体育建筑	省、市、自治区级以上的体育馆、体育场	比赛厅(场)主席台、贵宾室、接待室、广场照明、计时记分、电声、广播及电视转播、新闻摄影电源	一级	
10	医疗建筑	县(区)级以上的医院	手术室、分娩室、婴儿室、急诊室、监护病房、高压氧仓、病理切片分析、区域性中心血库的电力及照明	二级	②
11	商业建筑	省辖市及以上的重点百货大楼	营业厅部分照明	一级	
			自动扶梯电力	二级	
12	商业仓库建筑	冷库	大型冷库、有特殊要求的冷库、氨压缩机及其附属设备电力、库内照明	二级	
13	司法建筑	监狱	警卫照明	一级	
14	公用附属建筑	区域采暖锅炉	动力、照明	二级	

① 在面积较大的银行营业厅中,供暂时继续工作用的事故照明为一级负荷。

② 仅当建筑物为高层建筑时,其载客电梯电力、楼梯照明为二级负荷。

③ 此处系指高等学校、科研院所中一旦中断供电将造成人身伤亡或重大政治影响、重大经济损失的实验室,例如生物制品实验室等。

表 1-2 常用用电设备和部门的负荷级别

序号	厂房或车间名称	用电设备名称	负荷级别	备注
1	热煤气站	鼓风机、发生炉传动机构	二级	
2	冷煤气站	鼓风机、排风机、冷却通风机发生炉传动机构、中央仪表室计量屏、冷却塔风扇、高压整流器、双带式输送系统的机械化输煤系统	二级	

(续)

序号	厂房或车间名称	用电设备名称	负荷级别	备注
3	部定重点企业中总蒸发量超过0.1MW/h的锅炉房	给水泵、软化水泵、鼓风机、引风机、二次鼓风机、炉算机构	二级	
4	部定重点企业中总排气量超过40m ³ /min的压缩空气站	压缩机、独立励磁机	二级	
5	铸钢车间	平炉气化冷却水泵、平炉循环冷却水泵、平炉加料起重机、平炉所用的75t以上浇铸起重机、平炉鼓风机、平炉用其他用电设备(换向机构、炉门卷扬机构、计量屏)、5t、10t电弧炼钢炉低压用电设备(电极升降机构、倾炉机构)及其浇铸起重机	二级	
6	铸铁车间	30t及以上的浇铸起重机、部定重点企业冲天炉鼓风机	二级	
7	热处理车间	井式炉专用淬火起重机、井式炉油槽抽油泵	二级	
8	30MN以下的水压机车间	锻造专用设备、起重机、水压机、高压水泵	二级	
9	水泵房	供二级负荷电设备的水泵	二级	
10	大型电机试验站	主要机组、辅助机组	二级	20×10 ⁴ kW及以上发电机的试验站
11	刚玉冶炼车间	刚玉冶炼电炉变压器、低压用电设备(循环冷却水泵、电极提升机构、电炉传动机构、卷扬机构)	二级	
12	磨具成形车间	隧道窑鼓风机、卷扬机构	二级	
13	油漆树脂车间	反应釜及其供热锅炉	二级	2500L及以上
14	层压制品车间	压机及其供热锅炉	二级	
15	动平衡试验站	动平衡试验装置的润滑油系统	二级	
16	线缆车间	熔炼炉的冷却水泵、鼓风机、连铸机的冷却水泵、连轧机的水泵及润滑泵 压铅机、压铅机的熔炼炉、高压水泵、水压机 交联聚乙烯加工设备的挤压交联、冷却、收线用电设备 漆包机的传动机构、鼓风机、漆泵干燥浸油缸连续电加热、真空泵、液压泵	二级	
17	熔烧车间	隧道窑鼓风机、排风机、窑车推进机、窑门关闭机构、油加热器、油泵及其供热锅炉	二级	

注：事故停电将在经济上造成重大损失的多台大型电热装置，应属于一级负荷。

对于由双回路供电的一、二级负荷应掌握以下几点：双回路供电的电源来自哪几个变电站或发电厂；投切方式是自动还是手动；投切装置的规格、型号及原理图是否正确等。

最后指出，电气工程及自动化工程读图、审图的内容很多，随着电工技术的进步和发展，随着各门类工程专业的进步和发展，新型的、科技含量更多更高的产品、工程将层出不穷，因此，要掌握电气工程及自动化工程的读图、审图技术是一个不断学习的过程，除了工程中遇到的图样外，要特别注重电气产品说明书、安装调试维修手册的学习和收集，要注重

相关电气产品的新技术书籍或刊物的学习，这样才能适应新技术的需要，才能在工程实践中取得成就。作为电气工作人员及电气技术人员，读图和审图是技术技能的首选，对于图样，应该做到会画、会看、会讲、会干，并且是画得好、画得准，看得懂、能挑出毛病，讲得好、别人听了能懂，干得好、干得快、一次送电或试验成功。这些技术技能的获取并非一日之功，必须在工程实践中长期磨练，汲取各方的技术信息，才能达到很高的境界。

第二章 读图程序、要点、方法

电气工程的门类繁多，有几十种。其中，常把电气装置安装工程中的照明、动力、变配电装置（有的建筑工程变配电装置已涉及110kV变配电所）、35kV及以下架空线路及电缆线路、天车或桥式起重机电气线路、电梯、通信系统、广播系统、有线电视、火灾自动报警及自动消防系统、防盗保安系统、建筑物内微机监测控制系统及自动化仪表、空调及冷库电气装置等与建筑物关联的新建、扩建和改造的电气工程统一称作建筑电气工程。而把变配电工程、输电架空线路工程、发电工程及其附属配套工程称为电力工程。

建筑电气工程在电气工程中占有很重要的地位，并且涉及土建、暖通、设备、管道、装饰、空调制冷等专业。因此，从技术的角度上讲，要求高而难度大。同时，建筑电气在建筑物中更占据显赫位置，它是建筑物功能能否实现的重要保证，像高层建筑、工业车间及其生产线、宾馆饭店、民用住宅、体育场馆、剧院会堂、经贸商厦、教学课堂、实验楼、写字楼等建筑物内，电气功能俱全，照明动力、电热空调、通信广播、防灾保安、微机监控、仪表监测、自动装置等应有尽有，构成了错综复杂的电气系统，使建筑物的功能实现了自动化，并使之完美无缺。特别是电梯空调、火灾报警、防盗保安、微机管理等进入建筑物，更使其如虎添翼，锦上添花，加快了人们工作和生活的节奏，丰富了人们的业余生活，使建筑物的功能更完善、更舒适、更安全。

电力工程在电气工程中占有非常显赫的位置，它是从发电开始，将电能输送到用户的系统工程，包括发电、升压、输电、降压、配电直到用户。电力工程在国民经济中是“先行官”，只有电力工程上去了、搞好了，其他各行业才能搞上去，没有电或电力系统出现故障频率较高，那么一切均是空谈。

但是，往往由于对图样的误读或疏忽，导致安装上的失误，致使建筑物的电气功能不能完美实现，更有甚者，则是因为一点很小的错误而导致了很大的功能上的损害。

因此，对于电气安装人员来说，必须精读图样，理解设计意图，熟悉建筑物的各种电气功能；掌握设备、元件、材料的规格、型号、数量及安装方式、位置、标高；熟练掌握建筑物内电气管线的走向、布置、敷设方式、位置、标高；掌握控制、联动、联锁、监控、监测、计量、报警、显示、摄录等电路的原理及线路；掌握各类机房（如变配电室、电梯机房、电话总机、消防中心、保安中心、微机室、电视及广播机房、空调机房、仪表室等）的布置及功能；掌握系统保护方式及防雷接地等，只有这样才能准确编制施工组织设计（施工方案），编制工程预决算，编制设备、材料、机具清单；只有这样才能统配人力、物力、财力进行施工，才能正确安装电气设备及线路，保证其安全运行；只有这样才能节约原材料、节约工时，才有利于工程的质量、工期、投资的控制，也就是说才能完美地干好一项工程，从而保证其功能的实现。

综上所述，读图是电气安装工程中最重要的一步，也是审图的基本技术技能。图样是工程的依据，是指导人们安装的技术文件，同时，工程图样具有法律效力，任何违背图样的施工或误读而导致的损失对于安装人员来说都要负法律责任。因此，对于电气安装人员要通过

读图审图，熟悉图样、熟悉工程、正确安装，这是半点也不能含糊的，特别是对于初学者来说尤为重要，作为一名电气工作人员首先必须要做到的就是这一点，任何时候、任何情况、任何条件下是绝对不能违背的。需要说明的一点，就是在读图、审图过程中要互相借鉴，不要死读，要联想，这样既能提高自己，也能正确找出图中之误。

一、电气工程的图样类别

电气工程的图样一般有电气总平面图、电气系统图、电气设备平面图、控制原理图、接线图、大样图、电缆清册、图例及设备材料表等。

(一) 电气总平面图

电气总平面图是在建筑总平面图上表示电源及电力负荷分布的图样，主要表示各建筑物的名称或用途、电力负荷的装机容量、电气线路的走向及变配电装置的位置、容量和电源进入的方向等。通过电气总平面图可了解该项工程的概况，掌握电气负荷的分布及电源装置等。一般大型工程都有电气总平面图，中小型工程则由动力平面图或照明平面图代替。

(二) 电气系统图

电气系统图是用单线图表示电能或电信号按回路分配出去的图样，主要表示各个回路的名称、用途、容量以及主要电气设备、开关元件及导线电缆的规格型号等。通过电气系统图可以知道该系统的回路个数及主要用电设备的容量、控制方式等。建筑电气工程中系统图用得很多，动力、照明、变配电装置、通信广播、有线电视、火灾报警、防盗保安、微机监控、自动化仪表等都要用到系统图。

(三) 电气设备平面图

电气设备平面图是在建筑物的平面图上标出电气设备、元件、管线实际布置的图样，主要表示其安装位置、安装方式、规格型号数量及接地网等。通过平面图可以知道每幢建筑物及其各个不同的标高上装设的电气设备、元件及其管线等。建筑电气平面图用得很多，动力、照明、变配电装置、各种机房、通信广播、有线电视、火灾报警、防盗保安、微机监控、自动化仪表、架空线路、电缆线路及防雷接地等都要用到平面图。

(四) 控制原理图

控制原理图是单独用来表示电气设备及元件控制方式及其控制线路的图样，主要表示电气设备及元件的起动、保护、信号、联锁、自动控制及测量等。通过控制原理图可以知道各设备元件的工作原理、控制方式，掌握建筑物的功能实现的方法等。控制原理图用得很多，动力、变配电装置、火灾报警、防盗保安、微机监控、自动化仪表、电梯等都要用到控制原理图，较复杂的照明及声光系统也要用到控制原理图。

(五) 二次接线图（接线图）

二次接线图是与控制原理图配套的图样，用来表示设备元件外部接线以及设备元件之间接线的。通过接线图可以知道系统控制的接线及控制电缆、控制线的走向及布置等。动力、变配电装置、火灾报警、防盗保安、微机监控、自动化仪表、电梯等都要用到接线图。一些简单的控制系统一般没有接线图。

(六) 大样图

大样图一般是用来表示某一具体部位或某一设备元件的结构或具体安装方法的，通过大样图可以了解该项工程的复杂程度。一般非标的控制柜、箱，检测元件和架空线路的安装等都要用到大样图，大样图通常采用标准通用图集。其中剖面图也是大样图的一种。

(七) 电缆清册

电缆清册是用表格的形式表示该系统中电缆的规格、型号、数量、走向、敷设方法、头尾接线部位等内容的，一般使用电缆较多的工程均有电缆清册，简单的工程通常没有电缆清册。

(八) 图例

图例是用表格的形式列出该系统中使用的图形符号或文字符号的，目的是使读图者容易读懂图样。

(九) 设备材料表

设备材料表一般都要列出系统主要设备及主要材料的规格、型号、数量、具体要求或产地。但是表中的数量一般只作为概算估计数，不作为设备和材料的供货依据。

(十) 设计说明

设计说明主要标注图中交代不清或没有必要用图表示的要求、标准、规范等。

上述图样类别具体到工程上则按工程的规模大小、难易程度等原因有所不同，其中系统图、平面图、原理图是必不可少的，也是读图的重点，是掌握工程进度、质量、投资及编制施工组织设计和预决算书的主要依据。

二、读图程序

实践中读图的程序一般按设计总说明、电气总平面图、电气系统图、电气设备平面图、控制原理图、二次接线图和电缆、设备清册、大样图、设备材料表和图例并进的程序进行，详见图 2-1。

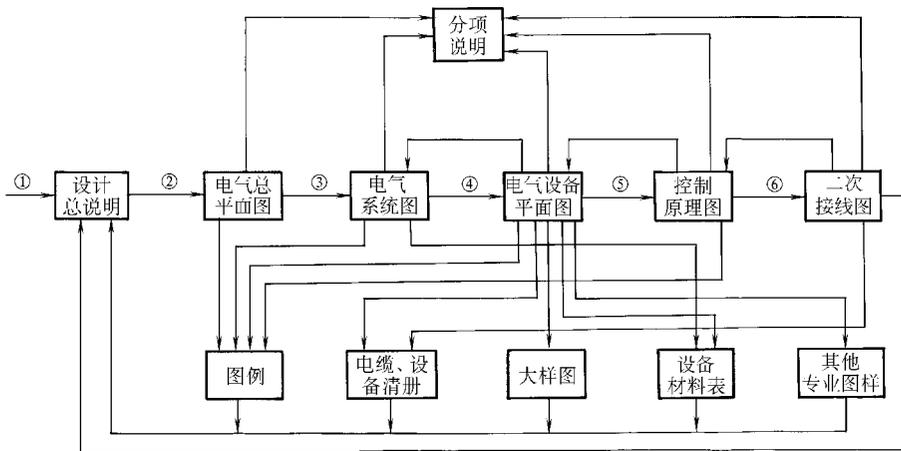


图 2-1 读图的程序框图

三、读图要点

(一) 设计说明

阅读设计说明时，要注意并掌握下列内容：

- 1) 工程规模概况、总体要求、采用的标准规范、标准图册及图号、负荷级别、供电要求、电压等级、供电线路及杆号、电源进户要求和方式、电压质量、弱电信号分贝要求等。
- 2) 系统保护方式及接地电阻要求、系统防雷等级、防雷技术措施及要求、系统安全用电技术措施及要求、系统对过电压和跨步电压及漏电采取的技术措施。

3) 工作电源与备用电源的切换程序及要求、供电系统短路参数、计算电流、有功负荷、无功负荷、功率因数及要求、电容补偿及切换程序要求、调整参数、试验要求及参数、大容量电动机起动方式及要求、继电保护装置的参数及要求、母线联络方式、信号装置、操作电源、报警方式。

4) 高低压配电线路型式及敷设方法要求、厂区线路及户外照明装置的型式、控制方式、某些具体部位或特殊环境(爆炸及火灾危险、高温、潮湿、多尘、腐蚀、静电、电磁等)安装要求及方法、系统对设备、材料、元件的要求及选择原则,动力及照明线路的敷设方法及要求。

5) 供电及配电采用的控制方式、工艺装置采用的控制方法及连锁信号、检测和调节系统的技术方法及调整参数、自动化仪表的配置及调整参数、安装要求及其管线敷设要求、系统联动或自动控制的要求及参数、工艺系统的参数及要求。

6) 弱电系统的机房安装要求、供电电源的要求、管线敷设方式、防雷接地要求及具体安装方法,探测器、终端及控制报警系统安装要求,信号传输分贝要求、调整及试验要求。

7) 铁构件加工制作和控制盘柜制作要求、防腐要求、密封要求、焊接工艺要求、大型部件吊装要求及其混凝土基础工程施工要求及其标号、设备冷却管路试验要求、蒸馏水及电解液配制要求、化学法降低接地电阻剂配制要求等非电气的有关要求。

8) 所有图中交代不清、不能表达或没有必要时用图表示的要求、标准、规范、方法等。

9) 除设计说明外,其他每张图上的文字说明或注明的个别、局部的一些要求等,如同或同一类别元件的安装标高及要求等。

10) 土建、暖通、设备、管道、装饰、空调制冷等专业对电气系统的要求或相互配合的有关说明、图样,如电气竖井、管道交叉、抹灰厚度、基准线等。

(二) 总电气平面图

阅读总电气平面图时,要注意并掌握以下有关内容:

1) 建筑物名称、编号、用途、层数、标高、等高线、用电设备容量及大型电机容量台数、弱电装置类别、电源及信号进户位置。

2) 变配电所位置、变压器台数及容量、电压等级、电源进户位置及方式、系统架空线路及电缆走向、杆型及路灯、拉线布置、电缆沟及电缆井的位置、回路编号、主要负荷导线截面及根数、电缆根数、弱电线路的走向及敷设方式、大型电动机及主要用电负荷位置以及电压等级、特殊或直流用电负荷位置、容量及其电压等级等。

3) 系统周围环境、河道、公路、铁路、工业设施、电网方位及电压等级、居民区、自然条件、地理位置、海拔等。

4) 设备材料表中的主要设备材料的规格、型号、数量、进货要求、特殊要求等。

5) 文字标注、符号意义、其他有关说明、要求等。

(三) 电气系统图

1) 阅读变配电装置系统图时,要注意并掌握以下有关内容:

① 进线回路个数及编号、电压等级、进线方式(架空、电缆)、导线电缆规格型号、计量方式、电流互感器、电压互感器及仪表规格型号数量、防雷方式及避雷器规格型号数量。

② 进线开关规格型号及数量、进线柜的规格型号及台数、高压侧联络开关规格型号。

③ 变压器规格型号及台数、母线规格型号及低压侧联络开关(柜)规格型号。

④ 低压出线开关（柜）的规格型号及台数、回路个数用途及编号、计量方式及表计、有无直控电动机或设备及其规格型号台数起动方法、导线电缆规格型号，同时对照单元系统图和平面图查阅送出回路是否一致。

⑤ 有无自备发电设备或 UPS，其规格型号容量与系统连接方式及切换方式、切换开关及线路的规格型号、计量方式及仪表。

⑥ 电容补偿装置的规格型号及容量、切换方式及切换装置的规格型号。

2) 阅读动力系统图时，要注意并掌握以下内容：

① 进线回路编号、电压等级、进线方式、导线电缆及穿管的规格型号。

② 进线盘、柜、箱、开关、熔断器及导线规格的型号、计量方式及表计。

③ 出线盘、柜、箱、开关、熔断器及导线规格的型号、回路个数用途、编号及容量，穿管规格、起动柜或箱的规格型号、电动机及设备的规格型号容量、起动方式，同时核对该系统动力平面图回路标号与系统图是否一致。

④ 有无自备发电设备或 UPS，内容同前。

⑤ 电容补偿装置，内容同前。

3) 阅读照明系统图时，要注意并掌握以下内容：

① 进线回路编号、进线线制（三相五线、三相四线、单相两线制）、进线方式、导线电缆及穿管的规格型号。

② 照明箱、盘、柜的规格型号、各回路开关熔断器及总开关熔断器的规格型号、回路编号及相序分配、各回路容量及导线穿管规格、计量方式及表计、电流互感器规格型号，同时核对该系统照明平面图回路标号与系统图是否一致。

③ 直控回路编号、容量及导线穿管规格、控制开关型号规格。

④ 箱、柜、盘有无漏电保护装置，其规格型号、保护级别及范围。

⑤ 应急照明装置的规格型号台数。

4) 阅读通信系统图时，要注意并掌握以下内容：

① 总机规格型号及门数、外线进户对数、电源装置的规格型号、总配线架或接线箱的规格型号及接线对数、外线进户方式及导线电缆穿管规格型号。

② 各分路送出导线对数、房号插孔数量、导线及穿管规格型号，同时对照平面布置图，核对房号及编号。

③ 发射天线规格型号、根数、引入电缆规格型号。

5) 阅读广播音响系统图时，要注意并掌握以下内容：

① 广播音响设备规格型号、电源装置规格型号，送出回路个数及其开关规格型号，导线及管路规格型号，自办节目的设备规格型号及天线规格、型号、电缆引入方式。

② 各分路送出导线回路数、房号、编号、对照平面图，核对房号及编号。

6) 阅读电缆电视系统图时，要注意并掌握以下内容：

① 天线个数及其规格型号、天线引入信号的 dB 值、前端设备的规格型号及输出信号的 dB 值、自办节目的设备规格型号、电缆的规格型号、电源装置规格型号及功能。

② 系统的回路个数及电缆的规格型号、各回路从顶层至最底首各房间信号 dB 值及编号、中间放大器、线路放大器规格型号、送至架空电缆的规格型号及信号的 dB 值、各插孔规格型号。

③ 对照平面图核对编号及信号 dB 值。

④ 系统与保安系统的联络方式及控制功能。

7) 阅读火灾自动报警及消防系统图时, 要注意并掌握以下内容:

① 集中报警控制器、区域报警控制器规格型号台数、电源装置规格型号台数、火警报警装置和消防控制设备规格型号、消防通信设置规格型号、火灾事故广播设备型号规格、信号盘及操作控制柜规格型号功能、监视器规格型号台数, 上述各设备送出的回路个数、编号及导线或电缆的规格型号、被控制设备的名称规格型号及编号、机房及其他设施规格型号及管线电缆规格型号。

② 各区域报警控制器输入回路个数、探测器规格型号数量编号及房号、输出回路个数、导线及穿管规格型号。

③ 集中报警控制器输入回路个数、导线或电缆穿管规格。

④ 喷洒灭火系统中喷洒头规格型号个数及编号和房号、水流报警阀规格型号个数及编号、气压水罐规格型号, 泵房动力系统图(水泵、稳压泵、消防泵等)同动力系统图。

⑤ 卤代烷灭火系统中喷头规格型号个数及编号房号、瓶头阀、分配阀及储罐规格型号个数及编号。

⑥ 二氧化碳、泡沫、干粉、蒸气及氮气等灭火系统主要设备的型号、规格及分布的编号房号等。

⑦ 防排烟系统中防火阀、送风机、排风机、排烟机规格型号编号房号及其电气动力系统图。

⑧ 安全疏散系统中疏散指示标志、防火门、防火卷帘的规格型号编号及房号, 以及上述设施中的管线规格型号。事故照明系统图和消防电源系统图及消防电梯系统图同前。

⑨ 通风空调系统中的动力系统图。

⑩ 消防栓系统中的消防水泵、气压水罐、稳压泵的规格型号及动力系统图。

⑪ 系统中其他设施的规格型号及管线的规格型号。

⑫ 火灾事故广播系统及消防通信系统同 4) 和 5)。

⑬ 对照平面图核对送入回路及探测器的编号、房号。

8) 阅读保安防盗系统图时, 应注意并掌握以下内容:

① 机房监视器规格型号台数、信号报警装置型号规格、传输电缆规格型号、送入信号回路个数、编号及房号、摄像探测器型号规格及个数、电源装置的规格型号。

② 电门锁系统中控制盘的规格型号、监控回路个数、编号、房号、电源装置、管线的规格型号。

③ 系统与电视和通信广播系统的联络方式。

④ 对照平面图核对回路的编号、房号等。

9) 阅读微机监控系统图, 应注意并掌握以下内容:

① CPU 主机规格型号台数、打印机、监视器、模拟信号装置的规格型号台数、电源装置及 UPS 规格型号、接线箱规格型号、引入回路个数、编号及房号、引入回路的管线电缆规格型号。

② 数据采集器规格型号台数及功能、电磁量传感器及执行器规格型号台数、热工量和机械量传感器及执行器规格型号及台数、爆炸危险环境探测器及传感器执行器的规格型号台

数、火灾探测器及传感器执行器的规格型号台数，有毒有害气体及环境保护监测传感器和执行器规格型号及台数，其他传感器、探测器、执行器规格型号及台数，传输信号管电线电缆规格型号，各类传感器、探测器、执行器的编号及房号，并对照弱电平面图核对编号、房号。

③ 系统电源装置、系统与其他系统的联络及其管线缆等。其他系统指火灾自动报警、防盗保安、通信广播、有线电视、自动化仪表系统等。

10) 阅读自动化仪表系统图时，应注意并掌握以下内容：

① 被测量的类别（温度、压力、流量、物位、机械量、化学量等），被测介质（蒸气、水、烟气、空气、风、CO₂、CO、SO₂、pH 值等）、一次仪表及取样装置的规格型号及编号、就地安装仪表及变送器的规格型号及编号、一次导线导管的规格型号及长度及编号、接线盒及二次导线或电缆导管的规格型号和长度及编号走向、仪表盘上仪表及二次仪表的规格型号、仪表盘上切换开关、信号指示、报警装置及其他电气装置的规格型号。

② 仪表、电动调整装置与其他装置或电气设备的联锁条件及方式、调节阀或调节挡板与仪表或仪表盘上装置的关系、执行器的规格型号用途及其联锁控制方式。

③ 现场就地仪表接线盒接线图、现场其他非仪表件的规格型号、个数（包括截止阀、针型阀、冷凝器、平衡器、保温箱等）。

④ 仪表电源装置及连线方式。

（四）电气平面图

1. 变配电装置平面图

1) 阅读户外变电所平面布置图时，要注意并掌握以下有关内容：

① 变电所在总平面图上的位置及其占地面积的几何形状及尺寸，电源进户回路个数、编号、电压等级、进线方位、进线方式及第一接线点的形式（杆、塔）、进线电缆或导线的规格型号、电缆头规格型号，进线杆塔规格、悬式绝缘子的规格片数及进线横担的规格。

② 混凝土构架及其基础的布置、间距、比例、高度、形式（门型、单杆支柱）、中心线位置、数量、规格、用途及其结构型式，避雷针的位置、个数、规格、型式结构，电缆沟的位置、盖板结构及其沟断面布置，控制室及室内部分配电装置、电容器室以及休息室、检修间、备品库等房间的位置、面积、几何尺寸、开间布置等。

③ 隔离开关、避雷器、电流互感器、电压互感器及其熔断器、断路器、电力变压器、跌落熔断器、所用变压器、阻波器、滤波器、耦合电容器等室外主要设备的规格、型号、数量、安装位置。

④ 一次母线、二次母线的规格及组数，悬式绝缘子规格片数组数，穿墙套管规格、型号、组数、安装位置及标高，二次侧母线桥的结构型式、标高材料规格、支柱绝缘子型号规格及数量、安装位置、间距。

⑤ 控制室信号盘、控制盘、电源柜、直流柜、模拟盘规格型号、数量、安装位置，室内电缆沟位置。

⑥ 二次配电室进线柜、计量柜、开关柜、控制柜、联络柜、避雷柜的规格、型号、台数安装位置，室内电缆沟位置，引出线的穿墙套管规格、型号、编号、安装位置及标高，引出电缆的位置、编号。室内敷设管路的规格及导线电缆规格根数。

⑦ 修理间电源柜、动力配电柜的规格、型号、安装位置、电缆沟位置，管路布置及其规格、导线及电缆规格。

⑧ 电容器室电容柜或台架的规格、型号、安装位置、电缆沟位置。

⑨ 接地极、接地网平面布置及其材料的规格、型号、数量、引入室内的位置及室内布置方式、接地电阻要求、与设备接地点连接要求、敷设要求。

⑩ 上述各条内容有无与设计规范不符，有无与土建、采暖、通风、给排水等专业冲突矛盾之处。

变配电所对建筑、采暖、通风、给排水的要求见表 2-1 ~ 表 2-3，变压器布置要求见表 2-4 ~ 表 2-7。

表 2-1 变、配电所各房间对建筑的要求

房间名称	高压配电室 (有充油设备)	高压电 容器室	油浸变压器室	低 压 配电室	控制室	值班室
建筑物耐 火 等 级	二级	二级 (油浸式)	一级	二级		
屋 面	应有保温、隔热层及良好的防水和排水措施					
顶棚	刷 白					
屋檐	防止屋面的雨水沿墙面流下					
内墙面	邻近带电部分的内墙面只刷白,其他部分抹灰刷白	勾缝并刷白,墙基应防止油浸蚀,与有爆炸危险场所相邻的墙壁内侧应抹灰并刷白	抹灰并刷白			
地 坪	水泥压光	水泥压光采用抬高地坪方案通风效果较好	低式布置采用卵石或碎石铺设,厚度为 250mm 高式布置采用水泥地坪,应向中间通风及排油孔做 2% 的坡度	水泥压光	水磨石或水泥压光	水泥压光
采光和 采光窗	宜有自然采光,允许用木窗,能开启的窗应设置纱窗,第一层开向变电所范围以外的窗应加保护网,其窗台高度应不大于 1.8m,靠近带电部分的窗应为固定窗,在空气污秽或风沙大的地区,不宜设置可开启的窗	可设采光窗,其要求与高压配电室相同	不设采光窗	允许用木窗	允许用木窗 能开启的窗应设置纱窗,在寒冷或风沙大的地区采用双层玻璃窗	
通风窗	允许用木制百叶窗加保护网(网孔不大于 10mm × 10mm),防止小动物进入	通风窗用百叶窗并设有网孔不大于 10mm × 10mm 的铁丝网	车间内变压器室的通风窗应为非燃烧材料制成,其他变压器室则允许用木制。出风窗应有防止雨、雪进入的措施,进风窗应有防止小动物进入的措施 门上的进风窗可采用百叶窗,内设网孔不大于 10mm × 10mm 的铁丝网,当进风有效面积不能满足要求时,可只装设网孔不大于 10mm × 10mm 的铁丝网			

(续)

房间名称	高压配电室 (有充油设备)	高压电 容器室	油浸变压器室	低 压 配电室	控制室	值班室
门	门向外开,当相邻房间都有电气设备时,门应能向两个方向开或开向电压较低的房间					
	通往室外的门一般为非防火门,当室内总油量不低于 60kg,且门开向建筑物内时,门应用非燃烧体或难燃烧体做成	与高压配 电室相同	采用铁门或木门内侧包铁皮 单扇门宽不小于 1.5m 时,应在大门上加开小门,小门上应装弹簧锁,锁的高度应考虑室外开启方便。大门及大门上的小门应向外开启,其开启角度为 180°,同时要尽量降低小门的门槛高度,使在室内外地坪标高不同时,出入方便	允许用木 制	允许用木制 在南方炎热地区经常开启的通向屋外的门内还宜设置纱门	
电缆沟	水泥抹光并采取防水、排水措施 若采用钢筋混凝土盖板,要求平整光洁,重量不大于 50kg			水泥抹光并采取防水、排水措施		

2) 阅读户外变压器台平面布置图时,要注意并掌握以下有关内容:

① 变压器台的容量及安装位置、电源电压等级、回路编号、进户方位、进线方式、第一接线点形式、进线规格型号、电缆头规格、进线杆规格、悬式绝缘子规格、片数及进线横担规格。

② 变压器安装方式(落地、杆上)、变压器基础面积高度、围栏形式(墙、栏杆或网)高度及设置、跌开式熔断器和避雷器规格型号安装位置、横担构件支撑规格及要求、杆头金具布置形式、接地引线及接地板的布置、接地电阻要求、悬式绝缘子及针式绝缘子数量及规格、高低压母线规格及安装方式、电杆规格及数量、卡盘和底盘、隔离开关规格型号及安装方式、低压侧熔断器的规格型号、低压侧总柜或总箱的位置、规格、结构型式以及低压出线方式、计量方式等。

3) 阅读户内变配电所平面布置图时,要注意并掌握以下有关内容:

① 见户外变配电所平面图的①。

② 变配电所的层数、开间布置及用途、楼板孔洞用途及几何尺寸。

③ 各层设备平面布置情况、开关柜、计量柜、控制柜、联络柜、避雷柜、信号盘、电源柜、操作柜、模拟盘、电容柜、变压器等的规格、型号、台数、安装位置,首层电缆沟位置、引出线穿墙套管规格、型号、编号、安装位置、引出电缆的位置编号、母线及母线桥结构型式及规格型号组数等。室内敷设管路的规格及导线电缆的规格型号根数。

④ 见户外变配电所的⑨和⑩。

2. 阅读动力平面图时,应注意并掌握以下有关内容:

① 设备基础及电动机位置、电动机容量、电压、台数及编号、控制柜箱的位置及规格型号、从控制柜箱到电动机安装位置的管路、线槽、电缆沟的规格型号及线缆规格型号根数和安装方式、直控大型电动机线缆敷设方式及引入位置、规格型号。

表 2-2 变压器室通风窗有效面积

(单位: m^2)

进出风窗中心高度/m	进出风窗面积之比	SJL ₁ - 630				SJL ₁ - 1250				SJ ₁ - 560				SJ ₁ - 1000			
		进风温度 30℃		进风温度 35℃		进风温度 30℃		进风温度 35℃		进风温度 30℃		进风温度 35℃		进风温度 30℃		进风温度 35℃	
		进风窗有效面积	出风窗有效面积	进风窗有效面积	出风窗有效面积	进风窗有效面积	出风窗有效面积	进风窗有效面积	出风窗有效面积	进风窗有效面积	出风窗有效面积	进风窗有效面积	出风窗有效面积	进风窗有效面积	出风窗有效面积	进风窗有效面积	出风窗有效面积
3.0	1:1	1.12	1.12	1.96	1.96					1.36	1.36	2.38	2.38				
	1:1.5	0.91	1.36	1.59	2.38					1.10	1.65	1.92	2.88				
	1:2	0.82	1.64	1.43	2.86					0.99	1.98	1.74	3.48				
3.5	1:1	1.04	1.04	1.82	1.82	1.97	1.97	3.45	3.45	1.26	1.26	2.20	2.20	2.06	2.06	3.61	3.61
	1:1.5	0.84	1.26	1.47	2.20	1.59	2.38	2.79	4.18	1.02	1.53	1.78	2.67	1.67	2.50	2.92	4.38
	1:2	0.76	1.52	1.33	2.66	1.44	2.88	2.52	5.04	0.92	1.84	1.61	3.22	1.51	3.02	2.64	5.28
4.0	1:1	0.97	0.97	1.70	1.70	1.84	1.84	3.23	3.23	1.17	1.17	2.06	2.06	1.93	1.93	3.38	3.38
	1:1.5	0.79	1.18	1.37	2.05	1.49	2.23	2.61	3.91	0.95	1.42	1.67	2.50	1.56	2.34	2.73	4.09
	1:2	0.71	1.42	1.24	2.48	1.34	2.68	2.36	4.72	0.86	1.72	1.50	3.00	1.41	2.84	2.47	4.94
4.5	1:1	0.92	0.92	1.60	1.60	1.73	1.73	3.04	3.04	1.11	1.11	1.94	1.94	1.82	1.82	3.19	3.19
	1:1.5	0.74	1.11	1.30	1.95	1.40	2.10	2.46	3.69	0.90	1.35	1.57	2.35	1.47	2.20	2.58	3.87
	1:2	0.67	1.34	1.17	2.34	1.27	2.54	2.22	4.44	0.81	1.62	1.42	2.84	1.33	2.66	2.33	4.66
5.0	1:1					1.65	1.65	2.88	2.88					1.73	1.73	3.02	3.02
	1:1.5					1.32	1.99	2.33	3.49					1.40	2.10	2.45	3.67
	1:2					1.20	2.40	2.11	4.22					1.26	2.52	2.21	4.42

表 2-3 变配电所内各房间采暖、通风、给排水要求

项 目	房 间 名 称				
	高压配电室 (有充油电气设备)	高压电容器室	油浸变压器室	低压配电室	控制室、 值班室
通 风	宜有自然通风,当装有事故通风装置时,其换气量每小时应不少于 6 次,事故排风机的控制开关宜装在便于开启处	应有良好的自然通风,按排风温度不高于 40°C 计算,当自然通风不能满足要求时,应增设机械通风	应有良好的自然通风,按排风温度不高于 45°C 计算,当自然通风不能满足要求时,应增设机械通风	一般靠自然通风	
采 暖	一般不采暖	一般不采暖,当温度低于制造厂规定值以下,应采暖		一般不采暖,当兼作控制室或值班室时,在规定采暖区采暖	在规定采暖区要采暖
水 道	有人值班的配电所一般设给、排水管道;车间变电所一般不设给、排水管道				

表 2-4 户外变压器基础尺寸

(单位:mm)

变压器型号	电压/kV		容量 /kVA	尺寸(见图 2-2)				
	高压	低压		L	c	b/a		
						混凝土	砖	块石或毛石 混凝土
SJL (R8 系列)	6,10	0.4	180~240	1000	550	300/250	370/180	400/150
			320~560	1200	660	300/360	370/290	400/260
			750~1000	1600	820	300/520	370/450	400/420
SJL (R10 系列)	6,10	0.4	200~315	1000	550	300/250	370/180	400/150
			500~630	1200	660	300/360	370/290	400/260
			800~1000	1600	820	300/450	370/520	400/420
SJL ₁ (R10 系列)	6,10	0.4	200~315	1000	550	300/250	370/180	400/150
			400~630	1200	660	300/360	370/290	400/260
			800~1000	1600	820	300/520	370/450	400/420
SJ (R8 系列)	6,10	0.4	180~320	1200	660	300/360	370/290	400/260
			420~1000	1600	820	300/520	370/450	400/420
BSJL	6	0.4	320	1000	660	300/360	370/290	400/260
			560	1200	820	370/520	370/450	400/420
			750	1200				
BSJ	6	0.4	1000	1600	820	300/520	370/450	400/420

注:本表适用于混凝土(100号)、砖(75号砖、50号水泥砂浆)、石(200号块石、50号水泥砂浆),基础顶面做法与屋内变压器相同。

表 2-5 普通型电力变压器基础尺寸 (单位: mm)

变压器容量/kVA		尺寸 (见图 2-3)			
		F_1	F_2	F_0	H
铝线	200 ~ 630 (180 ~ 560)	550	660	605	500
	800 ~ 1250 (750 ~ 1000)	660	820	740	300
铜线	180 ~ 560	660	820	740	500
	750 ~ 1000	820	1070	945	300

注: 图 2-3 所示为不抬高地坪方案, 当采用抬高地坪方案时, 图中轨距仍然适用。

表 2-6 控制室各屏间及通道距离 (单位: mm)

简图	符号	名称	一般值	最小值
	b_1	屏正面—屏背面	1300 ~ 1500	1200
	b_2	屏背面—墙	1000 ~ 1200	800
	b_3	屏边—墙	1000 ~ 1200	800
	b_4	主屏正面—墙	3000	—

表 2-7 变压器外廓与变压器室墙壁和门的最小净距 (单位: m)

变压器容量/kVA	≤ 1000	1250
至后壁和侧壁的净距	0.6	0.8
至门的净距	0.8	1.0

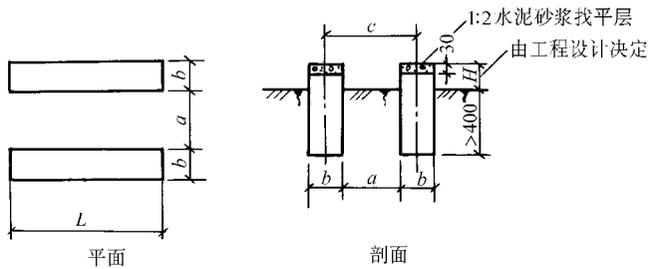


图 2-2 户外变压器基础示意图

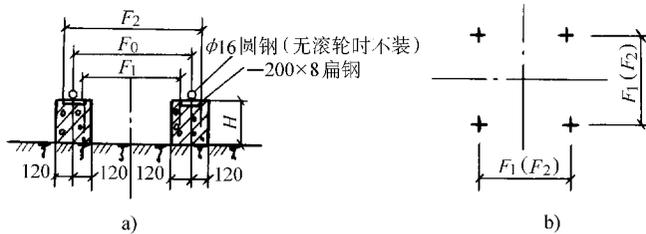


图 2-3 户内变压器基础示意图

a) 变压器基础 b) 荷重分布

② 电源进户位置、方式、线缆规格型号、第一接线点位置及引入方式、电源总柜规格型号及安装位置、总柜与各控制柜箱的连接形式及线缆规格型号。

③ 接地母线、引线、接地极的规格型号数量、敷设方式、接地电阻要求。

④ 控制回路、检测回路的线缆规格型号数量及敷设方式，控制元件、检测元件规格型号及安装位置。

⑤ 核对系统图与动力平面图的回路编号、用途名称、容量及控制方式是否相同。

⑥ 建筑物为多层结构时，上下穿越的线缆敷设方式（管、槽、插接或封闭母线、竖井等）及其规格、型号、根数、相互联络方式。单层结构的不同标高下的上述各有关内容及平面布置图。

⑦ 系统采用的接地保护方式及要求。

⑧ 单独设立控制室的动力平面图，应掌握控制室的位置、控制回路数、控制柜结构或规格型号，并对照控制原理图及电缆清册核对控制方式、联锁回路，控制柜排列安装位置、电缆沟或线槽的安装位置和安装方式。

⑨ 具有仪表检测的动力电路应对照仪表平面布置图核对联锁回路、调节回路的元件及线缆的布置及安装敷设方式。

⑩ 室内采用明装架空母线的规格、绝缘子规格型号、电源引入及引下线规格、安装方式、对应设备及开关箱柜的规格型号等。

⑪ 各类特殊环境电气设备及管线的上述内容。

3. 阅读照明平面图时，应注意并掌握以下有关内容：

① 灯具、插座、开关的位置、规格型号、数量，控制箱的安装位置及规格型号、台数、从控制箱到灯具插座、开关安装位置的管路（包括线槽、槽板、明装线路等）的规格走向及导线规格型号根数和安装方式，上述各元件的标高及安装方式和各户计量方法等。

② 电源进户位置、方式、线缆规格型号、第一接线点位置及引入方式、总电源箱规格型号及安装位置，总箱与各分箱的连接形式及线缆规格型号。

③ 核对系统图与照明平面图的回路编号、用途名称、容量及控制方式（集中、单独控制）是否相同。

④ 建筑物为多层结构时，上下穿越的线缆敷设方式（管、槽、竖井等）及其规格、型号、根数、走向、连接方式（盒内、箱内等）。单层结构的不同标高下的上述各有关内容及平面布置图。

⑤ 系统采用的接地保护方式及要求。

⑥ 采用明装线路时，其导线或电缆的规格、绝缘子规格型号、钢索规格型号、支柱塔架结构、电源引入及安装方式、控制方式及对应设备开关元件的规格型号等。

⑦ 其他特殊照明装置的安装要求及布线要求、控制方式等。

⑧ 土建工程的层高、墙厚、抹灰厚度、开间布置、梁窗柱梯井厅的结构尺寸、装饰结构型式及其要求等土建资料。

⑨ 各类机房照明要求及上述有关内容。

⑩ 各类特殊环境照明布置要求及上述有关内容。

4. 阅读通信、广播、音响平面图时，应注意并掌握以下有关内容：

① 机房位置及平面布置、总机柜、配线架、电源柜、操作台的规格型号及安装位置要

求, 交流电源进户方式、要求、线缆规格型号, 天线引入位置及方式。

② 市局外线对数、引入方式、敷设要求、规格型号, 内部电话引出线对数、引出方式(管、槽、桥架、竖井等)、规格型号、线缆走向。

③ 广播线路引出对数、引出方式及线缆的规格型号、线缆走向、敷设方式及要求。

④ 各房间话机插座、音箱及元器件安装位置标高、安装方式、规格型号及数量、线缆管路规格型号及走向; 多层结构时, 上下穿越线缆敷设方式、规格型号根数、走向、连接方式。

⑤ 屋顶天线布置位置、天线规格型号数量、安装方式, 信号线缆引下及引入方式及引入位置、信号线缆规格型号。

⑥ 核对系统图与平面图的信号回路编号、用途名称等。

⑦ 见照明平面图中的⑧。

5. 阅读有线电视平面布置图时, 应注意并掌握以下有关内容:

① 机房位置及平面布置、前端设备规格型号、台数、电源柜和操作台规格型号及安装位置要求, 交流电源进户方式、要求、线缆规格型号, 天线引入位置及方式、天线数量。

② 信号引出回路数、线缆规格型号、电缆敷设方式及要求、走向。

③ 各房间电视插座安装位置标高、安装方式、规格型号数量、线缆规格型号及走向、敷设方式; 多层结构时, 上下穿越电缆敷设方式及线缆规格型; 有无中间放大器, 其规格型号数量、安装方式及电源位置等。

④ 有自办节目时, 机房、演播厅平面布置及其摄像设备的规格型号、电缆及电源位置等。

⑤ 屋顶天线布置、天线规格型号数量、安装方式、信号电缆引下及引入方式、引入位置、电缆规格型号、天线电源引上方式及其规格型号, 天线安装要求(方向、仰角、电平等)。

⑥ 见通信广播音响平面图的⑥和⑦。

6. 阅读火灾自动报警及自动消防平面图时, 应注意并掌握以下有关内容:

① 机房平面布置及机房(消防中心)位置、集中报警控制柜、电源柜及UPS柜、火灾报警柜、消防控制柜、消防通信总机、火灾事故广播系统柜、信号盘、操作柜等机柜室内安装排列位置、台数、规格型号、安装要求及方式, 交流电源引入方式、相数及其线缆规格型号、敷设方法, 各类信号线、负荷线、控制线的引出方式、根数、线缆规格型号、敷设方法, 电缆沟、桥架及竖井位置、线缆敷设要求。

② 火灾报警及消防区域的划分、区域报警器、探测器、手动报警按钮安装位置标高、安装方式, 引入引出线缆规格型号根数及敷设方式、管路及线槽安装方式及要求、走向。

③ 消防系统中喷洒头、水流报警阀、卤代烷喷头、二氧化碳等喷头安装位置标高房号、管路布置走向及电气管线布置走向导线根数、卤代烷及二氧化碳等储罐或管路安装位置标高房号等。

④ 防火阀、送风机、排风机、排烟机、消防泵及设施、消火栓等设施安装位置标高、安装方式及管线布置走向、导线规格根数、台数、控制方式。

⑤ 疏散指示灯、防火门、防火卷帘、消防电梯安装位置标高、安装方式及管线布置走向、导线规格根数、台数及控制方式。

⑥ 多层建筑结构时见动力平面图的⑥。

⑦ 系统采用的接地保护方式及要求。

⑧ 核对系统图与平面图的回路编号、用途名称、房间号、管线槽井是否相同。

7. 阅读保安防盗平面图时, 应注意并掌握以下内容:

① 机房平面布置及机房(保安中心)位置、监视器、电源柜及UPS柜、模拟信号盘、通信总柜、操作柜等机柜室内安装排列位置、台数、规格型号、安装要求及方式, 交流电源引入方式、相数及其线缆规格型号、敷设方法, 各类信号线、控制线的引入引出方式、根数、线缆规格型号、敷设方法、电缆沟、桥架及竖井位置、线缆敷设要求。

② 各监控点摄像头或探测器、手动报警按钮的安装位置标高、安装及隐蔽方式、线缆规格型号、根数、敷设方法要求, 管路或线槽安装方式及走向。

③ 电门锁系统中控制盘、摄像头、电门锁安装位置标高、安装方式及要求, 管线敷设方法及要求、走向, 终端监视器及电话安装位置方法。

④ 对照系统图核对回路编号、数量、元件编号。

⑤ 同火灾系统平面图的⑥和⑦。

8. 阅读微机监控平面图时, 应注意并掌握以下内容:

① 机房(计算机中心)平面布置及位置、CPU主机、打印机、监视器、终端机、模拟信号装置的规格型号台数及安装位置, 电源装置及UPS、接线箱规格型号及安装位置, 引入信号回路个数、编号、房号、引入方式、线缆规格型号, 机房铜排接地网布置及其结构型式。

② 各房间、监控区域内, 数据采集器、传感器、探测器、执行器的回路编号、房号、安装方式及位置标高, 管线槽架布置方式及走向、安装方式, 竖井及槽架位置及其内部线槽排列方式、密封隔离要求, 线缆管槽上下引入方式及要求。线缆槽架规格型号、根数、敷设要求。各元件电源管路布置走向及线缆规格型号、安装敷设方式等。

③ 消防中心、保安中心、通信广播机房、电缆电视机房, 电气及仪表控制室与计算机中心联络的管线槽架规格型号、安装方式、敷设要及走向。

④ 对照系统图核对回路编号、房号, 上下穿越及接地要求等。

9. 阅读自动化仪表平面布置图时, 应注意并掌握以下有关内容:

① 仪表控制室(机房)平面布置及位置、仪表柜、操作台、模拟盘、电源柜及UPS安装位置、排列方式、安装方式, 线缆管架敷设位置标高、安装方式, 引入引出管线规格型号、根数, 电缆沟、竖井位置, 电源引入方式及线缆规格型号。

② 不同标高下, 一次仪表及取样元件或传感器、变送器、就地仪表、执行器及非仪表元件(截止阀、针型阀、冷凝器、平衡器、保温箱等)的规格型号、个数、安装位置标高及方法, 管线槽架规格型号、敷设方式及走向、回路编号、用途名称、上引下引位置及方式。

③ 各类仪表电源装置及其管线槽架平面布置、规格型号、走向、安装敷设方式等。

(五) 控制原理图(包括二次回路、自动装置、微机综合控制保护装置)

1) 阅读动力(主要指电动机)控制原理图时, 应注意并掌握以下有关内容:

① 电动机及起动柜、规格型号、电压等级、起动方式(直接、串联阻抗、自耦变压器、星形-三角形、延边三角、软起动、变频起动等)、被施负载的机械特性(恒转矩、恒功率、

反抗性通风机)、冷却方式(风冷、油循环、水循环)、油路水路提供的检测信号型式(压力、温度、流速)、被拖负载的运行方式(连续、间断、周期性间断)、电动机及设备的基础是否与电动机容量及转速相符等。

② 开关(断路器、接触器、开启式负荷开关、变频器、软起动器)规格型号及台数用途(起动、运转、切换),保护方式(熔断器、热继电器、断路器延时脱扣器、过电流继电器、电压继电器、差动保护)及其保护元件的规格型号、功能作用,切换方式及切换元件(时间继电器、速度继电器、电流继电器)的规格型号、功能作用。

③ 电子调节及控制设备的双向晶闸管、触发电路、电源装置、保护元件及其他形式电子电路元件的规格型号、功能作用。

④ 调速方式(变极、调压、调频)及其控制电路中各个元件的规格型号、功能及调速要求。非电类信号或触点的位置和功能。

⑤ 系统报警指示元件的规格型号、功能,系统联锁装置的功能及各继电器触点的分布,通断后的功能作用及对电路的影响。

2) 阅读断路器控制及信号回路的原理时,应注意并掌握以下有关内容:

① 断路器规格型号、操作机构的类别(手动操作机构、电磁操作机构、电动操作机构、重锤操作机构、压缩空气操作机构、液压传动操作机构)规格型号,机构内熔断器、继电器、信号灯、操作转换开关、接触器、小型电动机、各类线圈、整流器件(二极管)的规格型号及作用功能。

② 操作电源类别(交流、直流)名称及电压、各开关辅助触点和继电器触点的分布位置及其作用功能、保护回路的作用功能及其来自继电保护回路的接点编号、位置、接入方式。

③ 断路器事故跳闸后,中央事故音响信号回路的工作状态。

④ 继电保护回路动作后,断路器跳闸过程及信号系统的工作状态。

⑤ 继电保护回路与断路器控制回路的连接方式、接点编号。

3) 阅读接地信号监察装置原理图时,应注意并掌握以下有关内容:

① 电压互感器、继电器规格型号及各继电器的功能作用。

② 继电器触点分布情况。

4) 阅读操作电源原理图时,应注意并掌握以下有关内容:

① 操作电源的类别(交流、直流)、元件规格型号及功能作用。

② 直流操作电源的类别(电容储能、镉镍蓄电池组、复式整流)、整流器、继电器、闪光装置、绝缘监察装置、蓄电池组规格型号及功能作用。

③ 各组操作电源的型号及作用。

5) 阅读备用电源自动投入装置的原理图时,应注意并掌握以下有关内容:

① 自投开关的类别(断路器、接触器)及继电器的规格型号、功能作用。

② 继电器及自投开关辅助触点的分布情况,其动作后对电路所产生的影响。

6) 阅读自动重合闸装置的原理图时,应注意并掌握以下有关内容:

① 重合闸继电器工作原理、功能作用、规格型号,各继电器功能作用、触点分布,转换开关的规格型号及功能作用。

② 自动重合闸回路与断路器控制回路及保护回路的关系和控制功能。

③ 重合闸装置的电源回路。

7) 阅读电力变压器继电保护控制原理图时, 应注意并掌握以下内容:

① 变压器规格型号、继电保护的方式(差动保护、瓦斯保护、过电流保护、低电压保护、过载保护、温度保护低压侧单相接地)、各继电器规格型号及功能作用、继电器触点分布以及触点动作后对电路所产生的影响、电流互感器规格型号及装设位置。

② 继电保护回路与控制掉闸回路的连接方式、信号系统功能作用。

8) 阅读电力线路继电保护原理图时, 应注意并掌握以下内容:

① 线路电压等级、继电保护方式(电流速断、过电流、单相接地、距离保护、横联差动保护)、各继电器规格型号及功能作用, 继电器触点分布、电流互感器规格型号及装设位置。

② 保护回路与控制掉闸回路的连接方式, 信号系统功能作用。

9) 母线继电保护同电力线路继电保护。

10) 阅读电力电容器组继电保护原理图时, 应注意并掌握以下内容:

① 电力电容器规格型号及数量、继电保护方式(过电流保护、横联差动保护、过电压保护、单相接地保护)、各继电器规格型号及功能作用、继电器触点分布、电流互感器规格型号及装设位置。

② 保护回路与控制掉闸回路的连接方式, 信号系统功能作用。

11) 阅读开关柜控制原理图时, 应注意并掌握以下内容:

① 开关柜规格型号、电压等级、功能作用及所控设备、采用的继电保护方式(短路、过电流、断相、温度等)、控制开关作用功能、继电器触点分布、电流互感器规格型号及装设位置。

② 保护回路与控制掉闸回路的连接方式、信号系统功能作用。

12) 阅读火灾自动报警装置的控制原理图时, 应注意并掌握以下内容:

① 报警控制器、探测器规格型号及工作原理、线制(多线制、两线制)、编码方式、联动系统的功能作用。

② 探测器的分布、区域报警控制器与集中报警控制器(消防中心)联络方式。

13) 阅读电梯控制原理图时, 应注意并掌握以下内容:

① 继电器逻辑控制原理图

a. 电动机调速原理(变极、调压)、系统保护装置(极限、行程、超重、断绳、错相、过电流、超速、短路、欠电压、弱磁、断相等)工作原理、元件规格型号及安装位置、触点分布、功能作用、与机械配合的各种安全装置(选层器钢带张紧轮、限速器、超重装置、门关闭或门锁、安全绳等)的工作原理及与电气保护的配合、安装位置、功能作用。

b. 各接触器、继电器的功能作用、触点分布及通断后对电路的影响。

c. 电动机主回路、主操作回路、呼梯召唤回路、开门机回路、平层回路、信号回路、各保护回路的功能作用及工作原理。

② 微机控制原理图

a. 微机控制分微机、可编程序控制器、微处理器、单片机等几种, 一般情况下, 这些部件的主控板和控制板是为电梯专门设计生产的, 为了调速的方便通常配用变频器与曳引电

机连接,同时设置旋转编码器与主机同轴,记录层站位置,进而准确减速、平层、停梯。开关门机构有采用变频门机系统的,与主控板配合使用。微机控制电梯也都配置一些接触器、继电器、行程开关、按钮、信号装置、速度信号感应器等,有些设置与继电器梯相同。

b. 主控板规格型号、电源型式及电压,主控板与接触器、继电器、按钮、行程限位开关、楼层显示器、信号装置、感应器、指令控制信号等器件端子的连接方式。

c. 主回路元器件及变频器规格型号,连接方式、主回路控制及保护方式,主机与编码器连接方式,变频器与主控板指令控制信号的连接方式,主机及主回路的保护方式及元件的规格型号。

d. 系统保护回路中运行计数器、急停继电器、门联锁继电器的保护方式、保护内容及元器件的连接方式,与主控板、主电路的联系方式。

e. 门机系统采用的门机型式及与主控板的联系方式。

f. 掌握系统与继电器控制方式的相同之处,对继电器控制系统的理解有助于对微机控制系统的理解。

g. 上述继电器控制电梯的相关内容。

h. 接线图有助于对整机的理解。

14) 阅读自动化仪表调节控制原理图时,应注意并掌握以下内容:

① 调节框图,变送器、调节器、伺服放大器、执行器、操作器规格型号及功能作用、反馈回路作用功能。

② 调节参数、各元件之间接线方式。

15) 微机综合控制保护装置包括:

① 微机综合控制保护装置的规格、型号、用途;

② 电流信号采集和输入方式;

③ 电压信号采集和输入方式;

④ 其他信号采集和输入方式;

⑤ 接线方式;

⑥ 产品相应要求或产品说明书;

⑦ 安装、调试及运行维护注意事项等。

16) 阅读其他控制、调整原理图时,主要是掌握元件功能作用、辅助触点分布、接线方式、工艺系统要求、信号指示系统的功能作用等。

(六) 安装接线图

阅读接线图必须对照上述各类原理图,弄清元件型号规格及接线端子是否一致,要正确区分哪些接线已在设备本身或元件内部接好,哪些接线应另用导线或电缆进行重新接线;必须正确掌握每段导线的头和尾与设备或元件的连接点;当标有引至 $\times\times\times$ 或来自 $\times\times\times$ 时,应立即找出 $\times\times\times$ 的位置或其接线端子板,认真核对线芯数和接线点位置;当读较为复杂的安装接线图时,应将其分割为几部分;连接导线或电缆的线芯数必须满足接线端子的数量;要弄清楚元件或设备安装位置及端子板安装位置。

(七) 电缆清册

阅读电缆清册时,应注意并掌握以下内容:

安装单位名称(指使用这条电缆的设备,如风机、水泵、压力变送器等)、电缆编号、

电缆类别（电力电缆、信号或控制电缆，交流电缆、直流电缆）、电压等级、规格型号芯数、电缆走向及起止位置地点、电缆计算长度（这个数值只作为参考数值，不作为割锯电缆的凭证，割锯电缆一般应实测实量）、电缆的用途。核对电缆清册上的电缆应与平面图和接线图上的编号、规格型号、芯数是否相等。

（八）大样图

阅读大样图时，应注意并掌握以下内容：

材料及材质要求，几何尺寸、加工要求、焊接防腐要求、安装具体位置、内部结构型式、元件规格型号及功能作用、具体接线部位及接线方式、元件排列安装位置、制作比例、开孔要求及其部位尺寸、螺纹加工要求、安装操作程序及要求、组装程序、与其他图样的联系及要求等。

（九）架空线路施工图

阅读架空线路施工图时，应注意并掌握以下内容：

1) 电压等级、输送距离及容量、线路型式（单杆、双杆、铁塔、混合）、起止地点及主要路径。

2) 杆塔编号、杆塔型式（直线、转角、耐张、终端）、标志高、档距、耐张段长度、转角角度、跨越物（河、渠、树林、道路、田地、土埂、草坪、碱滩、沙丘、山坡等）。

3) 杆塔型式的结构、主要材料、数量，拉线结构、主要材料、数量，三盘（底盘、卡盘、拉线盘）规格数量，各类金具、横担、抱箍、栏杆、叉梁、支撑、拉板、垫板、垫块、拉环等零件加工大样图，杆头及整杆、绝缘子串组装图等。

4) 线路始端从变配电所引出示意图、末端引入变配电所示意图、引入引出装置的结构、材料、加工图。

5) 避雷线接地要求、接地杆数量及具体接地部位、连接方式、接地要求，大跨越具体安装技术要求等。

（十）设备材料表

阅读设备材料表时，主要是掌握工程中的设备、材料、元件的规格型号、数量或质量、由指定厂家供货，并应与前述各图相符。需要说明的是，设备材料表中的内容不作为工程施工备料或安装的依据。施工备料的依据，必须是经过会审后的施工图、会签的设计变更、现场实际发生的经甲方或监理或设计签发的技术文件。

四、读图步骤及方法

阅读电气工程施工图时，一般可分三个步骤：

（一）粗读

所谓粗读就是将施工图从头到尾大概浏览一遍，主要了解工程的概况，做到心中有数。粗读应掌握工程所包含的项目内容（变配电、动力、照明、架空线路或电缆、电动起重机械、电梯、通信、广播、有线电视、火灾报警、保安防盗、微机监控、自动化仪表等项目）、电压等级、变压器容量及台数、大电机容量和电压及起动方式、系统工艺要求、输电距离、厂区负荷及单元分布、弱电设施及系统要求、主要设备材料元件的规格型号、连锁或调节功能作用、厂区平面布置、防爆防火及特殊环境的要求及措施、负荷级别、有无自备发电机组及 UPS 及其规格型号容量、土建工程要求及其他专业要求等。粗读除浏览外，主要是阅读电气总平面图、电气系统图、设备材料表和设计说明。

（二）细读

所谓细读就是按本节的读图程序和读图要点即每项应注意并掌握的内容仔细阅读每一张施工图，达到读图要点中的要求，并对以下内容做到了如指掌：

- 1) 每台设备和元件的安装位置及要求；
- 2) 每条管线缆的走向、布置及敷设要求；
- 3) 所有线缆的连接部位及接线要求；
- 4) 所有控制、调节、信号、报警工作原理及参数；
- 5) 系统图、平面图及关联图样标注一致，无差错；
- 6) 系统层次清楚、关联部位或复杂部位清楚；
- 7) 土建、设备、采暖、通风等其他专业分工协作明确。

（三）精读

所谓精读就是将施工图中的关键部位及设备、贵重设备及元件、电力变压器、大型电机及机房设施、复杂控制装置的施工图重新仔细阅读，系统掌握中心作业内容和施工图要求，不但做到了如指掌，而且应做到胸有成竹、滴水不漏。

对于一般小型且较简单或项目单一的工程，在读图时可直接进行精读，而对大、中型且项目较多的工程，在读图时应按粗读—细读—精读的步骤进行。通过这三个步骤后，我们心中便会有一个活地图，就像录了像一样，随时脑海里都会浮现任何一个部位的图样。当然，在读图过程中，有时对某一部门还要进行复读或翻来覆去的阅读，除了正确理解图样外，主要目的是为了加强对施工图的印象，这样对编制预算、编制设备材料清单、编制施工组织设计、进行安装调试是有绝大益处的，常言道，磨刀不误砍柴工就是这个道理。当然，每个人都有自己读图的习惯和方法，与他人不尽相同，但是其目的是一样的，只要能做到上述几点，目的是会达到的。

五、读图注意事项

1) 读图切忌粗糙，而应精细，读图忌讳囫圇吞枣，而应细嚼慢咽。我们说的粗读，是读图的一个步骤，粗读而不粗，必须掌握一定的内容，了解工程的概况，做到心中有数。如果按前述的三个步骤读图，那么就应按其要求，扎扎实实地一步一个脚印读下去，掌握全部内容。如果不按前述的三个步骤读图，那么一开始便应进行细读，细读而要精，并按其要求掌握施工图的全部内容。

2) 读图时要准备好记录，要做到边读边记。做好读图记录，一方面是帮助记忆，另一方面为了便于携带，以便随时查阅及会审图样时提出。记录的主要内容有：主要设备规格型号及台数、变压器控制及保护方式、大型电动机起动方式、机房设施平面布置及引入引出管线缆的分布走向和编号、管线缆及设备与其他专业交叉打架部位、标注前后不符、图样前后不符、缺项或漏项、图样表达不清或不齐全不能施工部位、图样有误或功能不能实现、图样与标准不符或经核算后设备材料规格有较大出入者、图样与国家政策有较大误差及偏离者、读图者认为图样有误或不清疑问等部位。记录除上述内容外，应记录图号并在该图上用铅笔标注，以便核查。

3) 读图切忌无头绪，杂乱无章。一般应以房号、回路、车间、某一子系统、某一子项为单位，按读图程序一一阅读。一张图全部读完后读下一张图，如读该图中间，遇有与另外图有关联或标注说明时，应找出另一张图，但只读到关联部位了解连接方式即可，然后返

回来再继续读完原图。

4) 读图时,对图中所有设备、元件、材料的规格、型号、数量、备注要求要准确掌握。其中材料的数量要按工程预算的规则计算,图中列出的材料数量只是一个概算估计数,不以此为准。同时手头应有常用电气设备及材料手册,以便及时查阅。

5) 读图时,凡遇到涉及土建、设备、暖通、空调等其他专业的问题时要及时翻阅对应的其他专业的图样,读图后除详细记录外,还应与其他专业技术负责人取得联系,对其中交叉跨越、并行打架或其他需要互相配合的问题要取得共识,并且在会审图样纪要上写明责任范围,共同遵守。

6) 读图时要尊重原设计,不得随意更改图中的任何内容,因为施工图的设计者是负有法律责任的。对于图中确为不妥之处须经有经验的第三人证实后且应做好笔录,以便在图样会审时提出;对于图中确为错误部分除经第三人证实外,还应进行核算。经核算证实为误时,应与设计进行商榷,由设计提出设计变更。当设计不能接纳时,可在会审图样时提出,由设计回复。所谓不妥,是指按图中的要求和去施工将会浪费大量原材料、增加施工工期、有碍安全施工或有碍于工程质量。对于那些这样做也行、那样做也行,对工程质量、安全、工期、投资没有什么太大影响,只是个人意见不统一的地方,不得按不妥处理。所谓错误,是指按图中的要求和去施工将会造成电气功能不能实现、酿成施工事故或发生危险、对生产工艺有不良影响或对投入使用后的运行有不良影响。要严格区分不妥和错误,但无论怎样都要妥善解决,对图样提出疑义时必须有足够的证据,要讲究方法,一是要以理服人,二是要感情上过得去。这里举几个这方面的例子,供参考。

1988年某煤气站工程,电源容量为两台10/0.4kV 800kVA变压器,四台380V 240kW加压机,原设计采用DW10-1500断路器直接起动。当时看过图后,觉得空压机直接起动有问题,应采用减压起动,便与另外一电气技术人员商讨,他也觉得直起有问题。这样,这个问题拿到了图样会审会上。当场设计人员一口认为没问题,说电源容量够,距离很近,能起动。工程按设计进行,但是等到试车时便出现了问题,一是起车时间太长,电动机发热,起不了车,如坚持起动就有烧电动机的可能,谁也不敢起车。二是一起车其他接触器掉闸,电压降太大。这时建设单位找安装单位,安装单位说是设计原因,最后只能修改设计,改原设计为补偿起动。但是在原柜上加补偿器已没有空间,最后只能将自耦变压器装在地下的通道里。修改后的起动柜,起动时间18s,一起就成功,对系统没有任何影响,至今运行良好。

1987年华北某电厂起动锅炉房炉排电动机为一台三速笼型电动机,在看控制原理图时,发现主回路接线有错误,照此接线安装电动机不会起动。图中主要错误是三条横向的三相回路与三条竖向的三相回交叉处没有涂上圆点“十”,导致主回路不能正确接通。通过建设单位找到原设计本人,当即承认图中有误,出据变更后进行安装接线,试车时电动机调速正常,运行良好。

1992年某厂锅炉房55kW引风机电动机原设计为星—三角起动,读图时觉得不妥,建议改为减压补偿器起动。但原设计人认为没有改的必要,坚决不改,照图施工后勉强起动,有时很困难,起动时间长、电流大。交工后在系统试运行时,便出现接触器烧坏、起动困难、引起其他设备跳闸等故障,最后电动机绕组被烧。建设单位提出索赔,安装单位推到设计,设计不服,最终告到法院,对簿公堂,设计败诉,不但赔偿建设单位的损失,也失去了自己的市场。更换后的原型号原厂家同批55kW电动机采用75kW补偿器起动,一次起动成

功，至今运行良好。

7) 读图必须弄清各种图形符号和文字符号，弄清各种标注的意义。对于一些不规范或旧标准的符号和标注，应查阅依据或经人旁证，不得随意定义其含义。必要时应询问设计人。

8) 读图时应注意图中采用的比例，特别是图多时，各图上的比例都不同，否则对编制预算和材料单将会有很大影响。导线、电缆、管路、槽钢、防雷线等以长度单位计算工作量的都要用到比例。

9) 读图时应注意图中采用的标准、规范、标准图册或图集，凡是涉及的都应按读图要点的要求仔细阅读，不能漏掉，同时应及早准备图中涉及的标准和图册。

10) 读控制原理时，特别是较复杂的原理图时，必须先弄清图中各种元件（包括继电器、转换开关、机械触点等）的功能及得电、失电后的动作状况以及每副触点在图上的分布位置，分析操作后或得电失电后每个回路（指每个继电器及其串接的各种触点与电源形成的回路）的动作情况，然后再分析联动情况。一个回路一个回路的分析，就把一个很复杂的电路分解成了数个简单的回路，同时看该回路涉及的触点所接成的回路动作情况，这样便于分析电路。

11) 读图切忌烦躁、切忌急于求成，对于大型工程或工期很紧的工程，可按子系统分开，分别设人读图、分工协作，有利于取长补短，有利于互相研究探讨。单独一人读较大工程的施工图时，要注意时间上的安排，注意劳逸结合，读图时要精力充沛。读图一定要一张一张、一个回路一个回路、一个子系统一个子系统、一个单元一个单元、一个房号一个房号地逐一阅读，不得求成心切。

12) 读图切忌不懂装懂、切忌只知其一、不知其二，对于图中不懂之处应及时查找资料或咨询他人，要做到不耻下问，以免影响下面的读图。读图如写文章一样，要一气呵成、不留死角、不留尾巴。

13) 读图时要根据电源或变压器的容量、回路个数、负荷分布、线路的距离，考虑末端压降，必要时要进行核算，以防末端电压太低，造成电动机起动困难或发生其他事故。

14) 读平面图时要考虑管线缆在竖直高度上的敷设情况，多层建筑时，要考虑相同位置上的元件、设备、管路的敷设，考虑标准层和非标准层的区别。对于图中由此穿上 \nearrow ，由此引下 \searrow ，由下经此引上 \nearrow 及由上经此引下 \searrow 等标注及箭头所指具体位置应一一对应，并且应正确无误。

15) 读图时，对于回路较多、系统较复杂、且工程较大的要注意回路编号，柜、箱、盘编号及其他按顺序标注的符号应前后一致，如有差错要及时纠正，并在会审图样时提出。各图之间的衔接点应标注明确，正确无误。

16) 读接线图时要对照原理图和电缆清册，要正确区分哪些线已在柜内接好，哪些线是用电缆或导线重新配线连接，电缆编号、图中所指由 $\times \times \times$ 引来或去 $\times \times \times$ 必须核查，应正确无误。要核对电缆线芯数与端子板数是否适应，要正确区分电力电缆和控制电缆的使用。

17) 读大样图时，几何尺寸的标注与安装位置的具体尺寸应适应，要核查安装位置的图样及尺寸，同时要核查加工件的质量（重量）与安装位置的承载能力是否适应。

18) 读控制原理图时要注意控制电源小母线的标注及系统的接线方式，要掌握各类小

母线从控制电源引出的方式，一是不要记错，二是要记住它们的作用，三是要记住它们的极性，这样读图会得心应手。

19) 读图时要核对图样目录所列与实际图数是否相符，如漏装或错装要及时与设计取得联系，得以更正。工程中应有的图而设计没有出图的应经过图样会审向设计索取。

20) 读图时要核查施工图的设计与国家有关设计技术规范、规程是否相符；图与图之间有无矛盾或标注编号是否统一；各设备元件之间的联系是否清楚；工程规模及难度与施工队伍的技术水平、技术装备是否适应，能否实现设计要求，如有困难应进行协商解决。

21) 图中的设备、材料、元件规格型号繁多，与市场行情有无矛盾，有无特殊器件市场难以满足。上述器件能否改为通用器件，加快工程进度。在不影响工程质量且能满足设计要求时可建议设计进行修订，以市场通用器件为主，以降低成本，缩短工期。

22) 对图中交代不明确的地方和疑问点经他人核实且解决不了的应及时请设计解释清楚，需要用图表示的，可向设计索取补充图样。对于能降低成本、缩短工期、保证系统功能正常安全使用的合理化建议应在会审图样时提出，当好建设单位的参谋。

23) 读图时要注意原设计是否符合国家建设方针和政策；设计图样安全性能是否合理，能否保证今后运行安全；设计与当地的施工条件是否一致；埋地线缆与原地下管道有无矛盾；电气安装与土建施工的配合上存在哪些技术问题及矛盾，安装技术的一些特殊要求，土建施工水平能否达到等。

24) 读图时要特别注重各类机房设施及布置、40kW 以上电动机及其控制线路、压力等涉及安全的各类仪表、电子控制设备及大型整流设备或逆变装置、各类高压电气设备及线路、自备发电装置及并网或同期装置、电梯及电动起重机的安全装置及保护系统、火灾自动报警及其联动系统、防盗保安系统及其装置、爆炸火灾环境的电气装置、贵重设备、进口电气设备等，上述问题搞好了、清楚了，该项工程也就有保证了。必要时，上述设备的图样应由专业工程师负责且由两人及两人以上的技师或技术人员读图。

六、分析复杂电路的方法及技巧

任何复杂的事物都是由简单的事物组成的，在电气工程图中也不例外，这是分析复杂电路的基本出发点。电气工程及自动化工程中，主要包括发电、电能输传、电能转换、控制技术、电能存储、电能利用 6 大内容，其中控制技术（包括继电保护）是核心技术，也是难点，有时也很复杂。前述读图步骤及方法、读图注意事项中，对一般的电路已进行了详尽的讲述，这里就控制电路、继电保护电路、微机控制检测保护电路的分析方法及技巧进行具体的讲述。

（一）分析方法及思路

对于较为复杂的电路，其分析的第一步是将其解剖，解剖成一个单元电路或组件。一般条件下，功能及作用为同一效果的会经常画在一起（但实物却不一定放在一起，这里要注意！）。第二步是确定每个单元或组件中各个元件的功能和作用。第三步是确定每个元件的电源设置，如交流、直流、电压等。第四步是确定各个元件的输入及输出是什么信号，以及信号值或范围，如接点信号（常开、常闭及其在电路中的分布情况）、模拟信号（0 ~ 10mA、4 ~ 20mA、1 ~ 5V）并判断其信号性质 [交流（AC）、直流（DC）、脉动]、数字信号（输入点数、输出点数及触点容量，如 DC30V、DC0.1A）、输入或输出阻抗（如 250Ω、75Ω 等）。不要过多考虑或分析各个元件的内部构造和原理，主要是掌握其功能和输入输出

信号，这是分析的关键。第五步是确定单元或组件内各个元件间的接口元件或电路及其功能，如变送器、转换器、安全栅、配电器及其输入输出信号。第六步是确定单元或组件间的接口元件或电路及其功能。第七步是确定各元件间、各单元间的反馈回路及其元件或电路，并确定其反馈信号的性质。第八步是将其上述分析画在一个框图中，并标出元件或电路间的信号。第九步是按框图分析出该电路的功能和作用。第十步是确定上述分析，解剖要细致，不要漏掉任何一个环节。

（二）接触器—继电器控制电路

接触器—继电器配以行程开关、主令电器、按钮和检测装置或仪表提供的信号接点，可以组成复杂的控制电路，如电梯、电动起重机、大型锅炉风机、给水泵电动机、重要负荷的大型电动机及供配电系统的继电保护等。按照上述方法即可进行分析和识读。

1) 确定接触器、继电器（包括电流、电压、错相、接地、差动、短路、温度、压力、流量、时间、功率、瓦斯、环流、中间、信号、闪光、重合闸、阻抗、零序、频率等继电器）的功能作用及其触点（常开、常闭、延时等）的分布情况（这个分布很重要，是分析复杂电路的关键，不能漏掉一个）。

2) 确定接触器、继电器得电或失电后其触点的动作结果在所在回路里起到的作用，是断开、接通及回路元件的动作情况。

3) 2) 中的回路触点的动作引起其他回路的动作情况。

4) 其他回路的动作又引起各个回路的动作情况。

5) 按 1) ~ 4) 逐一分析每个回路的动作情况，最后即可分析出整个电路的动作结果。在分析过程中应确定继电器的整定值或动作值。

（三）自动化仪表检测控制电路

自动化仪表检测控制电路是由传感器（如热电偶、热电阻、压力传感器、孔板等）、变送器或转换器或配电器、安全栅、计算器、给定器、调节器、显示器、辅助单元和执行器组成的，除了控制外，该电路还要显示被测量的值或记录累计被测量的值。

1) 确定被测量和传感器的输出信号值（mV 或 mA 或 Ω ），确定被测量的类别和个数。

2) 确定各台变送器将被测量或传感器的输出信号变换成统一的标准直流信号值，并确定将标准信号引入显示仪表或调节器的位置及显示仪表或调节器的功能。

3) 确定各台转换器将被测量的 DC 0 ~ 10mA、DC 0 ~ 10mV 或 20 ~ 100kPa 信号转换后与其他系列仪表的连接方式。

4) 确定计算单元各计算器将标准直流信号进行加、减、乘、除、开方、积算等运算后，将其信号与其调节器的连接方式。

5) 确定定值器的给定值，将上述计算后的信号与给定值比较得出偏差。

6) 确定偏差引入的位置及调节器的性质（比例、积分、微分），运算后发出的调节控制信号给执行器，实现闭环控制。

7) 执行器按调节控制信号动作驱动调节机构改变操纵变量，进行自动控制。

8) 确定其他装置，如操作器、选择器、阻尼器、限幅器、安全栅的功能及其电源、输入和输出信号等。

9) 确定指示、记录、积算、报警等辅助装置的功能和接线。

10) 按 1) ~ 9) 逐一分析每个检测系统及其与其他系统的连接或关系。

11) 熟练掌握仪表自检系统所有元件的功能、作用以及输入和输出信号,其中配电器是连接变送器到微机控制装置的枢纽。实质上它是一个模-数转换器,是把模拟信号转换成数字信号的装置,微机控制装置只识别数字信号,然后根据设定的程序输出相应的信号,通过电动操作器、伺服放大器去驱动执行器。

(四) 微机控制、保护、检测电路

微机控制、保护、检测电路是在上述电路发展起来的,不同的是它简化了电路的结构。如果不考虑微机本身的结构原理和运行程序,微机控制、保护、检测电路则是最简单的电路。

1) 确定控制量的性质(是开关量,如断开、闭合;还是数字量,如电压、电流、频率、功率、温度、压力、流量、物位、机械量、成分分析量等)。

2) 确定变送器或传感器,它将会把控制量转换成统一的电信号(mA或mV或 Ω)。

3) 确定模-数转换器,它将会把电信号转换成微机能识别的数字信号。

4) 微机控制装置一般都是专门为特定的控制、检测系统而设计制造的,它的程序控制系统是随机配置的,是按控制或检测要求而设计编制的。

5) 确定微机的输出信号及与执行装置之间的接口,一般由操作器、放大器构成。

6) 确定机房及总线的设置,如打印、显示器及常用操作程序等。

7) 微机型继电保护电路系统监控网络是近几年发展起来的新技术,110kV的变电装置均设置微机型继电保护电路,它的实际电路比继电器继保电路简单得多。

① 变压器保护柜的主要元件是测控装置,如变压器差动保护装置、变压器后备保护装置、非电量保护装置。非电量保护装置的信号来自温度、瓦斯、油分析等传感器经转换器引来的信号;差动保护和后备保护装置的信号来自互感器,这与继电器保护是相同的。

② 线路保护柜的主要元件是线路保护装置和线路测控保护装置,它们的信号来自互感器,同样与继电器保护是相同的。

③ 电能计量装置的信号来自互感器。

④ 上述三种装置的输出分别经过以太网网关装置接至网络交换机,穿过间隔层引至以太网。也就是说将所有的信号都引到了以太网,以太网说得通俗一点就是计算机通信网络的总线。

⑤ 以太网上连接的主要是主控室的设备,如GPS(Global Positioning System,全球定位系统)、远动通信装置、操作人员的计算机、并配有打印机、电话,接受远方调度员的指令,工作人员均在计算机上进行操作。

七、电气工程读图应具备的知识及技能

作为一名优秀的电气安装工作者阅读建筑电气工程图应具备多方面的知识及技能,才能准确无误地阅读图样、掌握图样。这里用到的不仅仅是电气专业方面的知识及技能,还涉及其他几个专业方面的知识及技能,这与其他电气专业是不同的。阅读建筑电气工程图应具备哪些知识及技能呢?

(一) 电气专业方面的知识及技能

1) 熟练掌握电气(包括自动化仪表及其弱电工程)图形符号、文字符号、标注方法及其含义,熟悉建筑电气工程制图标准、常用画法及图样类别。

2) 熟悉建筑电气工程经常采用的标准图册图集、电气装置安装工程施工及验收规范、

设计规范、安装工程质量验评标准及有关部委标准规范等。

3) 掌握电力变压器、变配电装置的设置及其常用的控制保护电路和方式,掌握各种电动机起动控制电路及保护方式,掌握架空线路和电缆线路常用的安装方法,掌握室内电气线路、电气设备常用的安装方法及设置,掌握防雷接地技术及电气系统常用的保护方式;熟悉特殊环境电气线路及设备的设置,熟悉电梯控制线路及各种保护功能,熟悉火灾自动报警及自动消防、电缆电视、通信广播等弱电技术及线路的设置,熟悉电子技术、微机技术、自动化仪表技术及其线路的设置,能分析电子线路的工作原理及电气系统中常用控制调节原理图。

4) 熟练掌握电气工程中常用的电气设备、元件、材料(如变压器、电动机、开关柜、导线电缆、起动柜、绝缘子、继电器、各类开关和接触器、探测器、传感器、管材、钢材、电气仪表、灯具、信号装置、低压电器、熔断器、避雷器、小五金件、电气控制装置等)的性能作用、工作原理、规格型号,了解其生产厂家和市场价格。

5) 熟悉电气工程有关设计的规程规范及标准,了解设计的一般程序、内容及方法。

6) 熟悉一般电气工程的安装工艺、程序、方法及调试方法,详细内容见由机械工业出版社出版的《电气工程安装及调试技术手册(新版)》一书。

(二) 土建专业方面的知识

熟悉土建工程、装饰工程和混凝土工程施工图中常用的图形符号、文字符号和标注方法;了解土建工程的制图标准及常用画法,了解一般土建工程施工工艺和程序。

(三) 工业管道和采暖通风专业方面的知识

熟悉工业管道、采暖卫生、通风空调工程施工图中常用的图形符号、文字符号和标注方法;了解制图标准及常用画法;熟悉工业管道、采暖卫生、通风空调工程施工工艺和程序,掌握与电气关联部位及其一般要求。

(四) 设备安装专业方面的知识

熟悉工业设备、锅炉、破碎粉磨设备、压缩机、风机、泵类设备、起重设备、连续输送设备、制冷空气分离设备、金属切削机床、锻压设备、铸造设备等安装工程施工图常用图形符号、文字符号和标注方法;了解制图标准及常用画法,熟悉工程施工工艺和程序,掌握与电气关联部位及其一般要求。

综上所述,可以看出一名电气安装工作人员必须具备多方面的知识和技术技能,其中电气专业方面的知识和技能是必须具备的,有关土建、管道、设备等方面的知识和技能是应该具备的。但是,上述各方面的知识和技能对于一个人来讲,不可能同时一下子具备,这是随着时间而积累起来的,这就要求我们在平时要加强这方面的学习,不要等到了读图时才学习,那时已不适应读图的要求了。对于初学者或院校的学生来讲,正值青春时代,风华正茂,精力充沛,正是学习的好机会,为了适应国家经济建设的发展和市场经济的需要,具备多个专业方面知识和技能的人才,才能立足于时代的风口浪尖上,才能使我们的电气工程技术与世界接轨,与世界发达国家同步,才能参与国际市场的竞争。万丈高楼平地起,我们必须扎扎实实地从第一个台阶起步。

第三章 图形符号、文字符号、 标注方法及其应用

电气工程的施工图样是用各种图形符号、文字符号以及各种文字标注来表达的。其中文字符号和标注方法适用于系统图、平面图、原理图等各种图样，而图形符号则不同，有的仅适用于系统图和原理图，有的仅适用于平面图，使用和读图时要注意区别。常用的符号及标注应熟练掌握并深刻记忆，不常用的应该会查找，并能准确使用。

电气工程的图形符号、文字符号及标注方法在我国已经历了五代，20世纪50年代是套用前苏联的标准，到了60年代中叶编制了我们国家的标准。为了与国际标准IEC和ISO接轨，参与国际市场的竞争，从1984年到1988年我国逐步颁布了新的按国际标准制订的电气工程制图标准。但是由于种种原因，到了90年代中期，新的标准才得以较全面的贯彻和执行，然而并不排除个别设计中仍沿用部分旧的标准，这样也给我们读图带来一些困难，特别是对一些年轻的初学者更是这样。2005年，我国颁布了GB/T 5094.1~4—2002~2005新的标准，随后又颁布了GB/T 4728.1~13—2005~2008标准，该标准并没有禁止旧符号的使用，因为有的旧符号新标准中未列出制定的新符号，从某种意义上讲未列出的是可以使用的。读者在学习过程中一定要注意新旧标准的替代。这里讲到的图形符号、文字符号及标注方法全部使用新标准，个别的地方列出了新旧对照，便于读者学习、使用和参考。

本章只讲述电气工程和自动化仪表及自动化装置的各种符号及标注，限于篇幅，其他相关专业的图形符号、文字符号和标注方法没有列出。

GB/T 4728.1~13—2005~2008标准是将IEC标准转化为国家标准的电气工程简图用图形符号标准，主要包括以下内容：

GB/T 4728.1—2005 电气简图用图形符号 第1部分：一般要求

GB/T 4728.2—2005 电气简图用图形符号 第2部分：符号要素、限定符号和其他常用符号

GB/T 4728.3—2005 电气简图用图形符号 第3部分：导体和连接件

GB/T 4728.4—2005 电气简图用图形符号 第4部分：基本无源元件

GB/T 4728.5—2005 电气简图用图形符号 第5部分：半导体管和电子管

GB/T 4728.6—2008 电气简图用图形符号 第6部分：电能的发生与转换

GB/T 4728.7—2008 电气简图用图形符号 第7部分：开关、控制和保护器件

GB/T 4728.8—2008 电气简图用图形符号 第8部分：测量仪表、灯和信号器件

GB/T 4728.9—2008 电气简图用图形符号 第9部分：电信：交换和外围设备

GB/T 4728.10—2008 电气简图用图形符号 第10部分：电信：传输

GB/T 4728.11—2008 电气简图用图形符号 第11部分：建筑安装平面布置图

GB/T 4728.12—2008 电气简图用图形符号 第12部分：二进制逻辑元件

GB/T 4728.13—2008 电气简图用图形符号 第13部分：模拟元件

本标准适用于不同种类及不同细节层次的电气工程简图，主要有：

概略图（含框图、单线简图等）

表示系统、分系统、装置、部件、设备、软件中各项目之间的主要关系和连接的相对简单的简图，通常用单线表示法，也叫做系统图。

功能图（包括逻辑功能简图、等效电路图 etc）

用理论的或理想的电路而不涉及实现方法来详细表示系统、分系统、装置、部件、设备、软件等功能的简图。

电路图（包括端子功能图、示意图等）

表示系统、分系统、装置、部件、设备、软件等实际电路的简图，采用按功能排列的图形符号来表示各元件和连接关系，以表示功能而不需考虑项目的实体尺寸、形状或位置。

接线图（包括接线图、单元接线图、互连接线图、端子接线图、电缆图等）

表示或列出一个装置或设备的连接关系的简图。

安装简图表示各项目之间连接的安装图，包括平面布置图、原理图、接线图、系统图等。

网络图在地图上表示诸如发电站、变电站和电力线、电信设备和传输线之类的网络的概略图。

图形符号应用规则见 GB/T 6988。

在应用新标准、新图形符号时应注意以下几点：

1. 凡是新标准、新图形符号已经规定的新符号（包括图形符号、文字符号）在应用中必须使用，而不得使用旧符号（包括图形符号、文字符号）。

2. 凡是新标准、新图形符号中没有列出的符号（包括图形符号、文字符号）在应用中可以使用旧符号（包括图形符号、文字符号），但必须随时查阅新标准的颁布，一旦发布就应该使用新符号。

3. 电气工作人员应加强新标准的学习和贯彻，及时纠正图样中的不正确使用，因为标准的贯彻是在最基层的，制定标准的部门和制定人员是不可能到基层这个层面的，因此，新标准的贯彻也是电气工作人员的责任。

4. 如果已有符号或组合现有符号仍不能满足需求，可能需要组合新符号，并使其标准化。这时按适当的程序是向行业主管部门或产品标委会说明此种需要。最好有建议，包括符号及文字说明，使用数据库中的信息作为模型。

行业主管部门或产品标委会将新符号建议向 SAC/TC 27 提出，在可能的讨论和协调之后，该符号作为“建议”进入到数据库中，然后进入相应的程序。

同样，这也是电气工作人员的责任。

一、图形符号

电气工程图形符号的种类很多，一般都画在电气系统图、平面图、原理图和接线图上，用以标明电气设备、装置、元器件及电气线路在电气系统中的位置、功能和作用。为了读者自学和读图的需要，也列出了旧标准中的图形符号。

电气工程图中通用的图形符号见表 3-1 和表 3-2。

电气工程平面图中常用图形符号见表 3-3。

表 3-1 ~ 表 3-3 中的各种图形符号全部采用 GB/T 4728.1 ~ 13—2005 ~ 2008 中的规定。

火灾报警系统常用图形符号也在表 3-3 中。

表 3-1 常用电气简图用图形符号

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
1) 限定符号和常用的其他符号						
S01401	直流		直流		直流电	
S01403	交流		交流		交流电	
S00069	交流(示出频率)	~50Hz	交流(示出频率)	~50Hz		
S00076	具有交流分量的整流电流		具有交流分量的整流电流		脉动电流	
S00073	低频(工频)		低频(工频)		中频	
S00074	中频(音频)		中频(音频)		低频	
S00075	高频(超声频、载频或射频)		高频(超声频、载频或射频)		高频	
S00077	正极	+	正极	+	正极	+
S00078	负极	-	负极	-	负极	-
S00200	接地,一般符号		接地一般符号		接地一般符号	
S00201	功能性接地		无噪声接地(抗干扰接地)			
S00202	保护接地		保护接地			
S01409 S01410	功能等电位联结		接机壳、接底板	形式1 形式2 	接机壳	 或
S00210	永久磁铁		永久磁铁		永久磁铁 注:允许不注字母 N、S	N S

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
2) 导线和连接器件						
S00001	连线, 一般符号		导线、电缆和母线一般符号		导线及电缆	
					母线	
S00002 S00003	导线组(示出导线数)		三根导线的单线表示		三根导线的单线表示	
			交流母线		母线伸缩接头	
			直流母线			
			装在支柱上的封闭式母线			
			母线伸缩接头			
S00007	屏蔽导体		屏蔽导线		屏蔽的导线或电缆	
S00011	同轴电缆		同轴电缆		同轴电缆	
S00017	端子		端子		端子	\varnothing 或
S00019	T 型连接		导线的连接	形式1 	导线的单分支	
S00020				形式2 		
S00021	导线的双T连接		导线的多线连接	形式1 	导线的双分支	
S00022				形式2 		
S00033	插头和插座		插头和插座		插接器一般符号	

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
			插座(内孔的)或插座的一个极		插座(内孔的)或插座的一个极	
			插头(凸头的)或插头的一个极		插头(凸头的)或插头的一个极	
S00044	接通的连接片		接通的连接片	形式1 	连接片	
S00045				形式2 		
S00046	断开的连接片		断开的连接片		换接片	

3) 电阻器及传感器

S00555	电阻器, 一般符号		电阻器的一般符号		电阻器的一般符号	
S00557	可调电阻器		可变电阻器		变阻器	
S00558	压敏电阻器		压敏电阻器		压敏电阻	
			热敏电阻器		热敏电阻	
S00559	带滑动触点的变阻器		滑线式变阻器		可断开电路的电阻器	
S00563	带固定抽头的电阻器		有固定抽头的电阻器		有抽头的固定电阻	
			带固定抽头的可变电阻器		带抽头的可变电阻	
S00564	带分流和分压端子的电阻器		分流器		分流器	

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00561	带滑动触点的电位器		滑动触点点位器		电位器的一般符号	
S00562	带滑动触点和预调的电位器		预调电位器		微调电位器	
S00566	加热元件		加热元件			
S00688	具有四根引出线的霍尔发生器		有四个欧姆接触的霍尔发生器			
S00689	磁[电]阻器		磁敏电阻器 (示出线性型)			
			带开关的滑动触点点位器			
S00560	带滑动触点和断开位置的电阻器		带滑动触点和断开位置的电阻器			
			0.125W 电阻器			
			0.25W 电阻器			
			0.5W 电阻器			
			1W 电阻器 注：大于1W电阻器都用阿拉伯数字表示			
			熔断电阻器			

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
4) 电容器						
S00567	电容器, 一般符号		电容器的一般符号		电容器的一般符号	
S00571	极性电容器		极性电容器		有极性的 电解电容器	
S00573	可调电容器		可变电容器		可变电容 器	
S00575	预调电容器		微调电容器		微调电容 器	
			双联同调可 变电容器			
5) 电感器						
S00583	线圈; 绕组, 一 般符号		电感器、线 圈、绕组、扼流 圈		电感线圈、 绕组	
S00585	带磁心(铁 心)的电感器		带磁心(铁 心)的电感器		有铁心的 电感线圈	
S00586	磁心有间隙的 电感器		磁心(铁 心)有间隙的 电感器		铁心有空 气隙的电感 线圈	
S00587	带磁心连续可 变的电感器		带磁心(铁 心)连续可变 的电感器			
S00588	带固定抽头的 电感器		有两个抽头 的电感器		带抽头的 电感线圈	
S00590	可变电感器		可变电感器			

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
6) 晶体管及电流变换器						
S00641	半导体二极管, 一般符号		半导体二极管一般符号		半导体二极管、半导体整流器	
S00642	发光二极管(LED), 一般符号		发光二极管			
S00644	变容二极管		变容二极管		变容二极管	
S00645	隧道二极管		隧道二极管		隧道二极管	
S00646	单向击穿二极管		单向击穿二极管(稳压管)		雪崩二极管	
					稳压二极管	
S00057	三极闸流晶体管(未规定类型)		GB/T 2900.32 三极晶闸管 注: 没必要规定门极类型时, 用于表示反向阻断三极晶闸管		普通晶闸管	
S00654	反向阻断三极闸流晶体管, P栅(阴极侧受控)		反向阻断三极晶闸管(阴极侧受控)		普通晶闸管	
S00657	可关断三极闸流晶体管, P栅(阴极侧受控)		可关断三极晶闸管(阴极侧受控)		可关断晶闸管	
S00666	具有P型双基极的单结晶体管		具有P型双基极单结晶体管		P型单结晶体管	
S00667	具有N型双基极的单结晶体管		具有N型双基极单结晶体管		N型单结晶体管	

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00655	可关断三极闸流晶体管, 未指定栅极		可关断三极晶体闸流管, 未规定控制极			
S00656	可关断三极闸流晶体管(阳极侧受控)		可关断三极晶体闸流管, N型控制极(阳极侧受控)			
S00658	反向阻断四极闸流晶体管		反向阻断四极晶体闸流管			
S00659	双向三极闸流晶体管		双向三极晶体闸流管 双向晶体闸流管			
S00660	逆导三极闸流晶体管, 未指定栅极		反向导通三极晶体闸流管, 未规定控制极			
S00661	逆导三极闸流晶体管 N 栅(阳极侧受控)		反向导通三极晶体闸流管, N型控制极(阳极侧受控)			
S00662	逆导三极闸流晶体管 P 栅(阴极侧受控)		反向导通三极晶体闸流管, P型控制极(阴极侧受控)			
			光控晶体闸流管			
S00893	直流/直流变换器		直流变流器			
S00894	整流器		整流器			

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00895	桥式全波整流器		桥式全波整流器			
S00896	逆变器		逆变器			
S00897	整流器/逆变器		整流器/逆变器			
S00647	双向击穿二极管		双向击穿二极管(双向稳压二极管)		双向稳压二极管	
S00649	双向二极管		双向二极管、交流开关二极管		双向二极管	
S00648	反向二极管(单隧道二极管)		反向二极管(单隧道二极管)			
			阶跃恢复二极管			
			体效应二极管			
S00650	反向阻断二极管		反向阻断二极管晶闸管			
S00651	逆导二极管		反向导通二极管晶闸管			
S00652	双向二极管晶闸管;双向二极晶闸管		双向二极管晶闸管			

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00653	反向阻断三极 闸流晶体管, N 栅 (阳极侧受 控)		反向阻断三 极晶体闸流 管, N 型门极 (阳极侧受 控)			
			磁敏二极管			
S00643	热敏二极管		利用温度效 应的二极管 注: θ 可以 用 t° 代替			
S00663	PNP 晶体管		PNP 型晶体 管		PNP 型半 导体管	
			NPN 型晶 体管		NPN 型 半导体管	
S00664	集电极接管壳 的 NPN 晶体管		集电极接管 壳的 NPN 型 晶体管			
S00666	具有 P 型双基 极的单结晶体管		具有 P 型基 极单结型半导 体管			
S00667	具有 N 型双 基极的单结晶体 管		具有 N 型 基极单结型半 导体管			
S00668	具有横向偏压 基极的 NPN 晶 体管		有横向偏压 基极的 NPN 型半导体管			
S00669	与本征区有接 触的 PNIP 晶体 管		与本征区有 欧姆接触的 PNIP 型半导 体管			
S00670	与本征区有接 触的 PNIN 晶体 管		与本征区有 欧姆接触的 PNIN 型半导 体管			

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00675	绝缘栅场效应晶体管 (IG-FET), 增强型、单栅、P 型沟道、衬底有引出线		增强型、单栅、P 沟道和衬底有引出线的绝缘栅场效应半导体管			
S00676	绝缘栅场效应晶体管 (IGFET) 增强型、单栅、N 型沟道, 衬底与源极内部连接		增强型、单栅、N 沟道和衬底与源极在内部连接的绝缘栅场效应半导体管			
			耗尽型、双栅、N 沟道和衬底有引出线的绝缘栅场效应半导体管 注: 在多栅的情况下, 主栅极与源极的引线应在一条直线上			
			NPN 型磁敏半导体管			
S00672	P 型沟道结型场效应晶体管		P 型沟道结型场效应晶体管		P 沟道结型场效应晶体管	
S00671	N 型沟道结型场效应晶体管		N 型沟道结型场效应晶体管		N 沟道结型场效应晶体管	
S00673	绝缘栅场效应晶体管 (IGFET), 增强型, 单栅, P 型沟道, 衬底无引出线		增强型单栅 P 型沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应晶体管		增强型 P 沟道场效应晶体管	

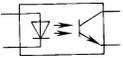
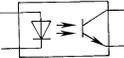
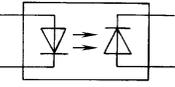
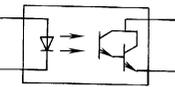
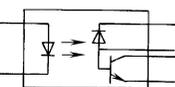
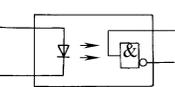
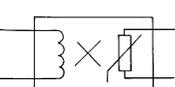
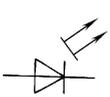
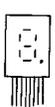
(续)

GB/T 4728—2005 ~2008			GB/T 4728—1996 ~2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00674	绝缘栅场效应晶体管(IGFET), 增强型,单栅,N型沟道,衬底无引出线		增强型单栅 N型沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应晶体管		增强型 N 沟道场效应晶体管	
S00678	绝缘栅场效应晶体管(IGFET), 耗尽型,单栅,P型沟道,衬底无引出线		耗尽型单栅 P型沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应晶体管		耗尽型 P 沟道场效应晶体管	
S00677	绝缘栅场效应晶体管(IGFET), 耗尽型,单栅,N型沟道,衬底无引出线		耗尽型单栅 N型沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应晶体管		耗尽型 N 沟道场效应晶体管	
			N 沟道结型场效应半导体对管			

7) 光电子、光敏器件

S00684	光敏电阻 (LDR);光敏电阻器		光敏电阻		光敏电阻	
S00685	光电二极管		光敏二极管		光电二极管	
S00686	光生伏打电池		光电池		光电池	
S00687	光电晶体管		PNP 型光敏晶体管			

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00691	光耦合器		光耦合器 光隔离器			
			光电二极管 型光耦合器			
			达林顿型光 耦合器			
			光电二极管 和半导体管 (NPN型)光耦 合器			
			集成电路光 耦合器			
			磁耦合器 磁隔离器			
			半导体激光 器			
			发光数码管			

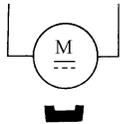
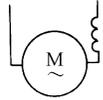
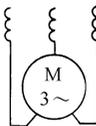
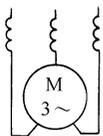
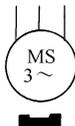
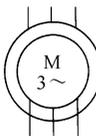
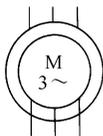
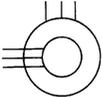
8) 电机、变压器

S00806	三角形联结的 三相绕组		三角形联结 的三相绕组		三角形连 接的三相绕 组	
S00807	开口三角形联 结的三相绕组		开口三角形 联结的三相绕 组		开口三角 形连接的三 相绕组	
S00808	星形联结的三 相绕组		星形联结的 三相绕组		星形连接 的三相绕组	

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00809	中性点引出的星形联结的三相绕组		中性点引出的星形联结的三相绕组		有中性点引出的星形连接的三相绕组	
S00813	星形联结的六相绕组		星形联结的六相绕组		星形连接的六相绕组	
S00815 (废除)	电机绕组(区别换向或补偿功能)		换向绕组或补偿绕组		换向绕组补偿绕组	
S00816 (废除)	电机绕组(区别串励绕组功能)		串励绕组		串励绕组	
S00817 (废除)	电机绕组(区别并励和他励功能)		并励或他励绕组		并励或他励绕组	
			交流测速发电机			
			直流测速发电机			
			交流力矩电动机			
			直流力矩电动机			
S00823	直流串励电动机		直流串励电动机		串励式直流电机	
S00824	直流并励电动机		并励直流电动机		并励式直流电机	
			他励直流电动机		他励式直流电机	
S00825	短分路复励直流发电机		复励直流发电机		复励式直流电机	

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
			永磁直流电动机		永磁直流电机	
S00828	单相串励电动机		单相交流串励电动机		单相交流串励换向器电动机	
S00830	三相串励电动机		三相交流串励电动机		三相串励换向器电动机	
			单相永磁同步电动机		永磁单相同步电动机	
			三相永磁同步电动机		永磁三相同步电动机	
S00836	三相鼠笼式感应电动机		三相笼型异步电动机		三相鼠笼异步电动机	
S00837	单相鼠笼式感应电动机		单相笼型异步电动机		单相鼠笼异步电动机	
S00838	三相绕线式转子感应电动机		三相绕线转子异步电动机		三相滑环异步电动机	

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
			变压器的铁心		变压器的铁心	
S00841	双绕组变压器, 一般符号		双绕组变压器(黑点表示瞬时电压极性)	形式1	双绕组变压器	单线
S00842				形式2		
S00843	双绕组变压器(带瞬时电压极性指示)					
S00844	三绕组变压器, 一般符号		三绕组变压器	形式1	三绕组变压器	单线
S00845				形式2		
S00846	自耦变压器, 一般符号			单相自耦变压器		形式1
S00847			形式2			多线
S00848	电抗器, 一般符号		电抗器、扼流圈			电抗器
S00849						
S00850	电流互感器, 一般符号			电流互感器		
S00851			形式2			多线

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00880	具有两个铁心,每个铁心有一个次级绕组的电流互感器		具有两个铁心和两个二次绕组的电流互感器			
S00881	具有两个铁心,每个铁心有一个次级绕组的电流互感器					
S00882	在一个铁心上具有两个次级绕组的电流互感器		在一个铁心上具有两个二次绕组的电流互感器			
S00883	在一个铁心上具有两个次级绕组的电流互感器					
S00858	星形-三角形联结的三相变压器		三相变压器星形-三角形联结	形式1 	有铁心的三相双绕组变压器绕组连接:星形-三角形	单线
S00859				形式2 		多线
S00864	具有分接开关的三相变压器		具有有载分接开关的三相变压器星形-三角形联结	形式1 	可带负荷调整有铁心的三相双绕组变压器绕组连接:星形-三角形	单线
S00865				形式2 		多线

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00866	中性点引出的星形-曲折形联结的三相变压器		三相变压器		三相变压器	
S00867		星形-曲折形联结的三相变压器		星形-曲折形联结		三相变压器星形-曲折形联结
			具有有载分接开关的三相三绕组变压器, 有中性点引出线的星形-三角形联结		具有有载分接开关的三相三绕组变压器, 有中性点引出线的星形-三角形联结	
			三相三绕组变压器, 两个绕组为有中性点引出线的星形, 中性点接地, 第三绕组为开口三角形联结		三相三绕组变压器, 两个绕组为有中性点引出线的星形, 中性点接地, 第三绕组为开口三角形联结	
S00872	三相自耦变压器, 星形联结		三相自耦变压器星形联结	形式 1	有铁心的三相自耦变压器, 绕组连接为星形	单线
S00873				形式 2		多线

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00874	可调压的单相自耦变压器		可调压的单相自耦变压器	形式1 	连续调压有铁心的单相自耦变压器	单线
S00875				形式2 		多线
			频敏变阻器			
			分裂电抗器			

9) 电池

S00898 S01341	原电池或蓄电池		原电池或蓄电池		原电池或蓄电池	
S01342	原电池或蓄电池组		蓄电池组或原电池组 注: 注明电压值时允许的画法	48V 	蓄电池组或原电池组 注: 注明电压值时允许的画法	
			带抽头的原电池组或蓄电池组		带抽头的原电池组或蓄电池组	

10) 开关控制和保护装置

S00227	动合(常开)触点, 一般符号; 开关, 一般符号		动合(常开)触点	形式1 	开关和转换开关的动合(常开)触头	
				形式2 	继电器的动合(常开)触头	
					接触器控制器的动合(常开)触头	

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00229	动断(常闭)触点		动断(常闭)触点		开关和转换开关的动断(常闭)触头	
					继电器的动断(常闭)触头	
					接触器(辅助触头)、起动器、控制器的动断(常闭)触头	
S00230	先断后合的转换触点		先断后合的转换触点		开关和转换开关的切换触点	
					接触器和控制器的切换触点	
					单极转换的2个位置	
S00231	中间断开的转换触点		中间断开的双向触点		单极转换开关的3个位置	
S00232	先合后断的双向转换触点		先合后断的转换触点(桥接)	形式1	不切断转换开关的触点	
形式2				继电器先合后断的触点		
S00233					接触器、起动器、控制器的不切断切换触点	

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
			开关(机械式)		开关(机械式)	
			当操作器件被吸合或释放时,暂时闭合的过渡动合触点		当操作器件被吸合或释放时,暂时闭合的过渡动合触点	
S00243	延时闭合的动合触点		延时闭合的动合(常开)触点		时间继电器延时闭合的动合(常开)触点	
					接触器延时闭合的动合(常开)触点	
S00244	延时断开的动合触点		延时断开的动合(常开)触点		时间继电器延时开启的动合(常开)触点	
					接触器延时开启的动合(常开)触点	
S00245	延时断开的动断触点		延时断开的动断(常闭)触点		时间继电器延时开启的动断(常闭)触点	
					接触器延时开启的动断(常闭)触点	
S00246	延时闭合的动断触点		延时闭合的动断(常闭)触点		时间继电器延时闭合的动断(常闭)触点	
					接触器延时闭合的动断(常闭)触点	

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00247	延时动合触点		吸合时延时闭合和释放时延时断开的动合(常开)触点		时间继电器延时闭合和延时开启动合(常开)触点	
					接触器延时闭合和延时开启动合(常开)触点	
S00253	手动操作开关,一般符号		手动开关的一般符号			
S00254	自动复位的手动按钮开关		动合(常开)按钮开关(不闭锁)		带动合(常开)触点,能自动返回的按钮	
			动断(常闭)按钮开关(不闭锁)		带动断(常闭)触点,能自动返回的按钮	
			带动断(常闭)和动合(常开)触点的按钮开关(不闭锁)		带动断(常闭)和动合(常开)触点,能自动返回的按钮	
S00255	自动复位的手动拉拨开关		拉拨开关(不闭锁)			
S00256	无自动复位的手动旋转开关		旋钮开关、旋转开关(闭锁)		带闭锁装置的按钮	
			液位开关		液位继电器触点	

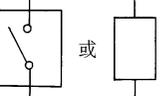
(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00259	带有合触点的 位置开关		位置开关, 动合触点 限制开关, 动合触点		与工作机 械联动的开 关动合(常 开)触点	
S00260	带有断触点的 位置开关		位置开关, 动断触点限制 开关, 动断触 点		与工作机 械联动的开 关动断(常 闭)触点	
S00261	组合位置开关		对两个独立 电路作双向机 械操作的位置 或限制开关			
S00263	带有合触点的 热敏开关		热敏开关动 合触点(θ 可用 动作温度代替)		温度继电 器动合(常 开)触点	
S00266	有热元件的气 体放电管		具有热元件 的气体放电 管、荧光灯起 动器		荧光灯触 发器	
			惯性开关 (突然减速而 动作)		离心式非电 继电器触点	
					转速式非电 继电器触点	
S00265	带有断触点的 热敏自动开关		热敏自动开 关, 动断触点 注: 注意区 别此触点和下 图所示热继电 器的触点		热敏自动 开关, 动断触 点 注: 注意区 别此触点和下 图所示热继 电器的触 点	
S00374	保护用充气放 电管		保护用充气 放电管			
S00375	保护用对称充 气放电管		保护用对称 充气放电管			

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00271	多位开关, 最多四位		单极四位开关	形式1 	单极四位转换开关	
				形式2 		
			三极开关单线表示		三极开关单线表示	
			三极开关多线表示		三极开关多线表示	
S00284	接触器; 接触器的主动合触点		接触器(在主电路中非动作位置触点断开)		接触器动合(常开)触点	
					带灭弧装置接触器动合(常开)触点	
					带电磁吸弧线圈接触器动合(常开)触点	
S00286	接触器; 接触器的主动断触点		接触器(在主电路中非动作位置触点闭合)		接触器动断(常闭)触点	
					带灭弧装置接触器动断(常闭)触点	
					带电磁吸弧线圈接触器动断(常闭)触点	
S00290	负荷开关; 负荷隔离开关		负荷开关(负荷隔离开关)		带灭弧罩的单线三极开关	
					单线三极高压负荷开关	

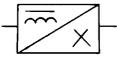
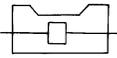
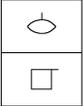
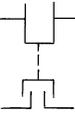
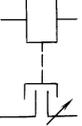
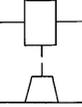
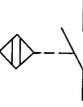
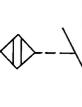
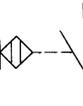
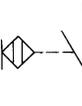
(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00288	隔离开关; 隔离器		隔离开关		单极高压隔离开关	
					单线三极高压隔离开关	
S00291	带自动释放功能的负荷隔离开关		具有自动释放的负荷开关		自动开关的动合(常开)触点	
S00287	断路器		断路器		自动开关的动合(常开)触点	
					高压断路器	
S00297	电动机起动机, 一般符号		电动机起动机一般符号			
S00298	步进起动机		步进起动机			
S00299	调节-起动机		调节-起动机			
			带自动释放的起动机			
S00301	可逆直接在线起动机		可逆式电动机: 直接在线接触器式起动机或满压接触器式起动机			
S00302	星-三角起动机		星-三角起动机			
S00303	带自耦变压器的起动机		自耦变压器式起动机			
S00304	带可控硅整流器的调节-起动机		带可控整流器的调节起动机			

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00305	驱动器件,一般符号;继电器线圈,一般符号		操作器件的一般符号	形式1 形式2 	接触器、继电器和磁力起动器的线圈	 或
S00307	驱动器件;继电器线圈(组合表示法)		具有两个绕组的操作器件组合表示法		双线圈接触器和继电器的线圈	
			具有两个绕组的操作器件分离表示法	形式1 形式2 	双线圈 有 n 线圈时相应画出 n 个线圈	
S00311	缓慢释放继电器线圈		缓慢释放(缓放)继电器线圈		时间继电器缓放线圈	
S00312	缓慢吸合继电器线圈		缓慢吸合(缓吸)继电器线圈		时间继电器缓吸线圈	
S00313	延时继电器线圈		缓吸和缓放继电器线圈			
S00314	快速继电器线圈		快速继电器(快吸和快放)的线圈			
S00323	剩磁继电器线圈		剩磁继电器的线圈	形式1 		
S00324		形式2 				
			过电流继电器线圈		过流继电器线圈	

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
			欠电压继电器线圈		欠压继电器线圈	
			电磁吸盘		电磁吸盘	
S00352	瓦斯保护器件、气体继电器		气体继电器		气体继电器	
S00353	自动重合闸器件；自动重合闸继电器		自动重合闸器件		自动重合闸器件	
			电磁阀		电磁阀线圈	
			电磁离合器		电磁离合器	
			电磁转差离合器或电磁粉末离合器		电磁转差离合器或电磁粉末离合器	
			电磁制动器		电磁制动器	
S00354	接近传感器		接近传感器			
S00359	接近开关		接近开关动合(常开)触点			
S00357	接触传感器		接触传感器			
S00358	接触敏感开关		接触敏感开关动合(常开)触点			

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00355	接近传感器件		接近传感器件方框符号 注:操作方法可以表示出来			
S00356	容性接近传感器件		示例:固体材料接近时操作的电容性的接近检测器			
S00360	磁控接近开关		磁铁接近时动作的接近开关,动合触点			
S00361	铁控接近开关		铁接近时动作的接近开关,动断触点			
S00325	热继电器驱动器件		热继电器的驱动元件(热元件)		热继电器热元件	
			热继电器动断(常闭)触点		热继电器常闭触头	
S00362	熔断器,一般符号		熔断器一般符号		熔断器	
S00363	熔断器		供电端用粗线表示的熔断器			
S00364	熔断器;撞击器式熔断器		带机械连杆的熔断器(撞击器式熔断器)			
S00368	熔断器开关		熔断器式开关		刀开关-熔断器	
			跌落式熔断器		跌落式熔断器	
S00369	熔断器式隔离开关;熔断器式隔离器		熔断器式隔离开关		隔离开关-熔断器	

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00370	熔断器负荷开关组合电器		熔断器式负荷开关			
S00366	独立报警熔断器		具有独立报警电路的熔断器		有信号的熔断器	
S00367	带撞击式熔断器的三极开关		任何一个撞击式熔断器熔断而自动释放的三极开关			
S00371	火花间隙		火花间隙		火花间隙	
S00372	双火花间隙		双火花间隙			
S00373	避雷器		避雷器		避雷器的一般符号	

11) 测量仪表

S00910	指示仪表, 一般符号 注: 星号必须由字母代替, 例如 Hz—频率表 φ —相位表 $\cos\varphi$ —功率因数表		指示仪表 注: 星号必须由字母代替, 例如 Hz—频率表 φ —相位表 $\cos\varphi$ —功率因数表			
S00913	电压表		电压表		无功功率	
S00916	无功功率表		无功功率表			

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00933	电度表(瓦时计)		电能表(瓦时计)		瓦时计	
S00924	检流计		检流计		检流计	
S00922	示波器		示波器		示波器	
			电流表		电流表	
S00914	无功电流表		无功电流表		无功电流表	
S00915	带最大需量指示器		最大需量指示器(由一台积算仪表操纵的)		最大需量指示器(由一台积算仪表操纵的)	
S00917	功率因数表		功率因数表		功率因数表	
S00919	频率计		频率表		频率表	
S00926	温度计;高温计		温度计、高温计 (θ 可由 t° 代替)		温度计、高温计 (θ 可由 t° 代替)	
S00927	转速表		转速表		转速表	
S00912	积算仪表,一般符号		积算仪表、电能表 (星号必须按照规定予以代替)		积算仪表、电能表 (星号必须按照规定予以代替)	
S00932	安培小时计		安培小时计		安培小时计	
S00940	带发送器电度表		带发送器电能表		带发送器电能表	
S00941	从动电度表(转发器)		由电能表操纵的遥测仪表(转发器)		由电能表操纵的遥测仪表(转发器)	
S00942	从动电度表(转发器)带打印器件		由电能表操纵的带有打印器件的遥测仪表(转发器)		由电能表操纵的带有打印器件的遥测仪表(转发器)	

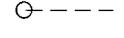
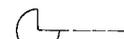
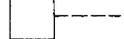
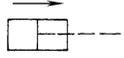
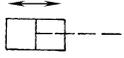
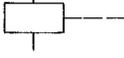
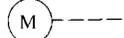
(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号		
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号	
12) 灯和信号器件							
S00965	灯,一般符号		灯的一般符号		照明灯		
					信号灯		
S01417	音响信号装置,一般符号		电喇叭		电喇叭		
			电铃		电铃一般符号		
13) 其他及操作器件							
S00145	机械连接(力或运动)		机械的连接 气动的连接 减压的连接 示例:具有力或运动指示方向的机械连接	形式1			
S00146	机械连接(旋转)			示例:具有指示旋转方向的机械连接 注:箭头应视作从连接符号前面向里旋转	形式2		
S00147	连接						
S00148	延时动作		延时动作 注:从圆弧向圆心方向移动的延时动作	形式1			
S00149	延时动作			形式2			
S00150	自动复位		自动复位 注:三角为指向返回方向				
S00151	自锁		定位 非自动复位 维持给定位置的器件				
S00152	脱离自锁		脱离定位				

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00153	进入自锁		进入定位			
S00154	机械联锁		两器件间的机械联锁			
S00155	脱扣的闭锁器件		脱扣的锁扣器件			
S00156	锁扣的闭锁器件		扣住的锁扣器件			
S00157	阻塞器件		堵塞器件			
S00158	处于阻塞状态的阻塞器件		向左边移动被堵塞的已堵住的堵塞器件			
S00159	离合器, 机械联轴器		机械联轴器、离合器			
S00160	机械联轴器, 脱开的		脱开的机械联轴器			
S00174	操作件, 应急		紧急开关 (蘑菇头安全按钮)			
S00175	操作件 (手轮操作)		手轮操作			
S00176	操作件 (脚踏操作)		脚踏操作			
S00177	操作件 (杠杆操作)		杠杆操作			
S00178	操作件 (用可拆卸平柄操作)		可拆卸的手柄操作			
S00179	操作件 (钥匙操作)		钥匙操作			

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号		
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号	
S00180	操作件(曲柄操作)		曲柄操作				
S00181	操作件(滚子操作)		滚轮(滚柱)操作				
S00182	操作件(凸轮操作)		凸轮操作 注:需要时,可示出详细凸轮图,对仿形样板也适用 示例:仿形凸轮	  			
S00183	操作件(仿形凸轮操作)						
S00184	操作件(仿形样板,仿形凸轮操作)				示例:仿形样板,仿形凸轮(展开图)		
S00185	操作件(仿形凸轮和滚子操作)				示例:凸轮和滚轮(滚柱)操作		
S00186	操作件(贮存机械能操作)		贮存机械能操作 注:贮存能的方式可以填入方框符号内				
S00187	操作件(单向作用的气动或液压驱动)		单向作用的气动或液压控制操作				
S00188	操作件(双向作用的气动或液压驱动)		双向作用的气动或液压控制操作				
S00190	操作件(电磁器件操作)		过电流保护的电磁操作				
S00189	操作件(电磁效应驱动)		电磁执行器操作				
S00191	操作件(热器件驱动)		热执行器操作(如热继电器、热过电流保护)				
S00192	操作件(电动机操作)		电动机操作				

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00193	操作件(电钟操作)		电钟操作			
S00195	操作件(液位控制)		液位控制			
S00196	操作件(计数器控制)		计数控制			
S00197	操作件(流体控制)		流体控制 示例:气流控制			
S00198	操作件(气流控制)					
S00199	操作件(相对湿度控制)		相对湿度控制			
			温度控制 注: θ 可用 t° 代替			
			压力控制			
			转速控制			
			线性速率或速度控制			
S00161	连接着的机械联轴器		联接的机械联轴器 示例:转动(活轮)用的单向联轴器			
S00162	旋转用的单向联轴器					
S00163	制动器		制动器 示例:带制动器并已制动的电动机 示例:带制动器未制动的电动机			
S00164	制动着的制动器					
S00165	未制动的制动器					
S00166	齿轮装置		齿轮啮合			
S00167	手动操作件, 一般符号		一般情况下手动控制			

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
S00168	手动操作件 (带防护)		受限制的手 动控制			
S00169	操作件(拉拔 操作)		拉拔操作			
S00170	操作件(旋转 操作)		旋转操作			
S00171	操作件(推动 操作)		推动操作			
S00172	操作件(接近 效应操作件)		接近效应操 作			
S00173	操作件(接触 操作)		接触效应操 作			
S00446	中性线		中性线		中性线	
S00447	保护线		保护线			
S00448	保护线和中性 线共用线		保护和中性 共用线			
S00449	带中性线和保 护线的三相线路		具有保护线 和中性线的三 相配线			
			滑触线		滑触线	
S00407	地下线路		地下线路		地下线路	
S00409	架空线路		架空线路		架空线路	
S00410	套管线路		管道线路		管道线路	
S00411	六孔管道的线 路		多孔(如6 孔)管道线路		多孔(如6 孔)管道线 路	
S00413	带接头的地下 线路		具有埋入地 下连接点的线 路		具有埋入 地下连接点 的线路	
S00408	水下线路		水下线路		水下线路	

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
			沿建筑物明敷通信线路		沿建筑物明敷通信线路	
			沿建筑物暗敷通信线路		沿建筑物暗敷通信线路	
			电气排流电缆		电气排流电缆	
			挂在钢索上的线路		挂在钢索上的线路	
			用单线表示的多回路线路(或电缆管束)		用单线表示的多回路线路(或电缆管束)	
			屏、盘、架一般符号 注:可用文字符号或型号表示设备名称		屏、盘、架一般符号 注:可用文字符号或型号表示设备名称	
			列架一般符号		列架一般符号	
			人工交换台、中继台、测量台、业务台等一般符号		人工交换台、中继台、测量台、业务台等一般符号	
			总配线架		总配线架	
			中间配线架		中间配线架	
S01449	在电缆梯架上的布线		走线架, 电缆走道		走线架, 电缆走道	
			地面上明装走线槽		地面上明装走线槽	
			地而下暗装走线槽		地而下暗装走线槽	

(续)

GB/T 4728—2005 ~ 2008			GB/T 4728—1996 ~ 2000		旧符号	
标识号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
			事故照明线			
			50V 及其以下电力及照明线路			
			控制及信号线路(电力及照明用)			
S00204	保护等电位联结		等电位		等电位	
			电缆终端头		电缆终端头	
S00052	直通接线盒(多线表示)		电力电缆直通接线盒		电力电缆直通接线盒	
S00053	直通接线盒(单线表示)					
S00054	接线盒(多线表示)		电力电缆连接盒 电力电缆分线盒		电力电缆连接盒 电力电缆分线盒	
S00055	接线盒(单线表示)					

表 3-2 其他常用图形符号

图形符号	名称及说明
	<p>动力控制器</p> <p>示出有两个无灭弧装置的动断(常闭)触点,四个有灭弧装置的动合(常开)触点和一个有灭弧装置的动断(常闭)触点,共七段电路</p>

(续)

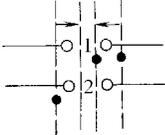
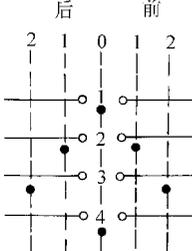
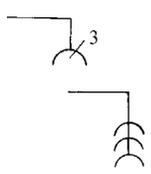
图形符号	名称及说明
	<p>自动复归控制器或操作开关 示出两侧自动复位到中央两个位置,黑箭头表示自动复归的符号</p>
	<p>控制器或操作开关 示出五个位置的控制器或操作开关。以“0”代表操作手柄在中间位置,两侧的数字表示操作位置数,此数字处亦可写手柄转动位置的角度。在该数字上方可注文字符号表示操作(如向前、向后、自动、手动等)。短划表示手柄操作触点开闭的位置线,有黑点“·”者表示手柄(手轮)转向此位置时触点接通,无黑点者表示触点不接通。复杂开关允许不以黑点的有无来表示触点的开闭而另用触点闭合来表示。多于一个以上的触点分别接于各线路中,可以在触点符号上加注触点的线路号(本图例为4个线路号)或触点号。若操作位置数多于或少于五个时,线路号多于或少于四个时可仿本图形增减。一个开关的各触点允许不画在一起</p>

表 3-3 电气工程平面图常用图形符号

图形符号	说 明	备注	图形符号	说 明	备注
	单相插座	S00457		带接地插孔的三相插座	
	暗装			暗装	
	密闭(防水)			带接地插孔的三相插座 密闭(防水)	
	防爆			防爆	
	带保护接点插座	S00460		插座箱(板)	
	带接地插孔的单相插座 暗装			多个插座(示出三个)	S00458 S00459
	密闭(防水)				
	防爆				

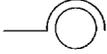
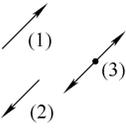
(续)

图形符号	说明	备注	图形符号	说明	备注
	具有护板的插座	S00461		三极开关	
	具有单极开关的插座	S00462		暗装	
	具有联锁开关的插座	S00463		密闭(防水)	
	具有隔离变压器的插座 (如电动剃刀用的插座)	S00464		防爆	
	电信插座的一般符号 注:可用文字或符号加以区别 如: TP——电话  ——扬声器 TX——电传 M——传声器 TV——电视 FM——调频	S00465		单极拉线开关	S00474
	带熔断器的插座			单极双控拉线开关	
	开关一般符号	S00466		单极限时开关	S00468
	单极开关			双控开关(单极三线)	S00471
	暗装			具有指示灯的开关	
	密闭(防水)			多拉开关(如用于不同照度)	S00470
	防爆			中间开关	
	双极开关			等效电路图	S00472
	暗装			调光器	S00473
	密闭(防水)			限时装置	S00478
	防爆	S00469		定时开关	S00479

(续)

图形符号	说明	备注	图形符号	说明	备注
	钥匙开关			电缆交接间	
	灯或信号灯的一般符号	S00483		架空交接箱	
	投光灯一般符号	S00487		落地交接箱	
	聚光灯	S00488		壁龛交接箱	
	泛光灯	S00489	分线盒的一般符号 注：可加注 $\frac{A-B}{C} D$ A——编号 B——容量 C——线序 D——用户数		
	示出配线的照明引出线位置	S00481			
	在墙上的照明引出线（示出配线向左边）	S00482			室内分线盒
	荧光灯一般符号	S00484			室外分线盒
	三管荧光灯	S00485	 分线箱		
	五管荧光灯	S00486		 壁龛分线箱	
	防爆荧光灯				避雷针
	在专用电路上的事故照明灯	S00491		电源自动切换箱（屏）	
	自带电源的事故照明灯装置（应急灯）	S00492		电阻箱	
	气体放电灯的辅助设备 注：仅用于辅助设备与光源不在一起时	=		鼓形控制器	
	警卫信号探测器		 自动开关箱		
	警卫信号区域报警器				
	警卫信号总报警器				

(续)

图形符号	说明	备注	图形符号	说明	备注
	刀开关箱			局部照明灯	
	带熔断器的刀开关箱			矿山灯	
	熔断器箱			安全灯	
	组合开关箱			隔爆灯	
	深照型灯			天棚灯	
	广照型灯 (配照型灯)			花灯	
	防水防尘灯			弯灯	
	球形灯			壁灯	
	电风扇			电钟	
	空调器			电阻加热装置	
	电铃			电热水器	S00493
	配电箱一般符号			照明配电箱	
	动力配电箱			事故照明配电箱	
	信号板、箱			多种电源配电箱	
	(1) 向上配线	S00450		带配线的用户端	S00455
	(2) 向下配线	S00451		配电中心	S00456
	(3) 垂直通过配线	S00452		连接盒或接线盒	S00454

平面图中常用火灾报警系统图形符号

	控制和指示设备		照明信号
	报警启动装置（点式 - 手动或自动）		手动报警器
	线型探测器		感烟火灾探测器
	火灾报警装置		感温火灾探测器
	热		气体火灾探测器
	烟		火警电话机
	易爆气体		报警发声器
	手动启动		有视听信号的控制和显示设备
	电铃		逃生路线、逃生方向
	扬声器		逃生路线，最终出口
	发声器		二氧化碳消防设备辅助符号
	电话机		氧化剂消防设备辅助符号
			卤代烷消防设备辅助符号

二、文字符号

文字符号原来采用的标准是 GB/T 5094—1985 规定的项目种类的字母代码（即文字符号中的首字母或单字母）及据此制定的 GB/T 7159，而对应的新标准为 GB/T 5094.2—2003 和等同采用 IEC PAS 62400: 2005 的 GB/T 20939—2007《技术产品及技术产品文件结构原则字母代码 按项目用途和任务划分的主类和子类》。GB/T 20939—2007 规定了按用途和任务划分的项目类别及字母代码，扩展了 GB/T 5094.2—2003 表“按用途和任务划分的项目类别及字母代码”内容，并增加了子类（即文字符号中第二字母代码）。新旧 GB/T 5094 中字母代码对照见表 3-4。

从表 3-4 可以看出，新旧标准中的字母代码相差极大，例如气体继电器、保护继电器、热过载继电器单字母符号在旧标准中均采用 K，而在新标准中为 B；接触器在旧标准中也为 K，而在新标准中为 Q，等等。考虑到旧标准规定的文字符号在我国生产图样、图书出版（包括教科书）、技术文献等中已得到广泛采用，涉及面甚广，因此在未制订出结合我国国情的、贯彻新标准的文字符号实施方案的过渡期间，建议暂时仍可沿用 GB/T 7159 规定的文字符号。

电气工程文字符号分基本文字符号和辅助文字符号两种。一般标注在电气设备、装置和

元器件图形符号上或其近旁，以标明电气设备、装置和元器件的名称、功能、状态和特征。

电气工程中常用的基本文字符号见表3-5。该符号由GB7159—1987《电气技术中的文字符号制订通则》^①引出，并补充了一些工程中常用的文字符号。这些文字符号与旧标准的文字符号是根本不同的，旧标准使用的是汉语拼音的字头。

(一) 单字母基本文字符号

单字母符号是按拉丁字母将各种电气设备、装置和元器件分为23大类，每大类用一个专用单字母表示，如电容器类用“C”表示，电动机用“M”表示，单字母应优先使用。

(二) 双字母基本文字符号

双字母符号是由一个表示种类的单字母符号与另一个进一步详细具体表示电气设备、装置和元器件名称、功能、状态和特征的字母组成，种类字母在前，功能名称字母在后，如KA表示交流继电器，KM表示接触器。

(三) 辅助文字符号

辅助文字符号是用来表示电气设备、装置和元器件以及线路的功能、状态和特征的，基本上使用的是英文名称的缩写，如异步的英文全称为asynchronizing，其文字符号为ASY，一般用大写；又如闭合的英文是Close. on，而文字符号为ON。辅助文字符号可单独使用，如OFF表示断开，P表示压力等。

电气工程中常用的辅助文字符号见表3-6，同样由GB7159—1987引出。这里将电气工程图中常用的电气设备、元件及标注的文字符号新旧对照列出，供读图时参考，见表3-7。

表3-4 GB/T 5094 新旧标准“字母代码”对照

按用途或任务划分的项目类别及字母代码 (GB/T 5094.2—2003/IEC 61346-2; 2000) (新)					项目种类的字母代码 (GB/T 5094 —1985/IEC 60705; 1983) (旧)		
代码	项目的用途或任务	描述项目或功能件的用途或任务的术语举例	典型的机械/液压、气动产品举例	典型的电气产品举例	字母代码	项目种类	举 例
A	两种或两种以上的用途或任务 注：此类仅供不能鉴别主要用途或任务的项目使用			触屏	A	组件、部件	分立元件放大器、磁放大器、激光器、微波激励器、印制电路板
B	把某一输入变量(物理性质、条件或事件)转换为供进一步处理的信号	探测、测量(值的采集) 监控、感知、加重(值的采集)	孔板(供测量用)、传感器	气体继电器、检波器、火灾探测器、气体探测器、测量元件、测量继电器、测量分路器、测量变换器、传声器(话筒)、运动探测器、光电池、监控开关、位置开关、接近开关、接近传感器、保护继电器、传感器、烟雾传感器、测速发电机、温度传感器、热过载继电器、视频摄像机	B	换能器(从非电量到电量或相反)	热电传感器、热电池、光电池、测功计、晶体换能器、送话器、拾音器、扬声器、耳机、自整角机、旋转变压器

① 该标准已于2005年废止，但现无新标准代替，在无新标准颁布之前，可适当沿用该标准。

(续)

按用途或任务划分的项目类别及字母代码 (GB/T 5094.2—2003/IEC 61346-2; 2000) (新)				项目种类的字母代码 (GB/T 5094 —1985/IEC 60705; 1983) (旧)			
代码	项目的用途或任务	描述项目或功能件的用途或任务的术语举例	典型的机械/液压、气动产品举例	典型的电气产品举例	字母代码	项目种类	举 例
C	材料、能量或信息的存储	记录、存储	桶、缓冲器、贮水器、容器、蓄热水器、纸卷座、蓄压器、蓄汽器、箱、罐	缓冲器(存储)、缓冲器电池、电容器、事件记录器(主要存储)、硬盘、存储器、RAM、蓄电池、磁带机(主要存储)、录像机(主要存储)、电压记录器(主要存储)	C	电容器	
D	为将来标准化备用				D	二进制元件、延迟器、存储器件	数字集成电路和器件、延迟线、双稳态元件、单稳态元件、磁芯存储器、寄存器、磁带记录机、盘式记录机
E	提供辐射能或热能	冷却、加热、发光、辐射	锅炉、冷冻机、加热器、煤气灯、热交换器、核反应堆、煤油灯、散热器、冰箱	锅炉、荧光灯、电热器、灯、灯泡、激光器、发光设备、微波激光器、辐射器	E	杂项	光器件、热器件、本表其他地方未提及的器件
F	直接防止(自动)能量流、信号流、人身或设备发生危险的情况或意外的情况 包括用于防护的系统和设备	吸收、防护、防止、保护、保安、隔离	气囊、减震器、棚栏、防护罩、管道安全阀、安全隔膜、安全带、安全阀、护板、真空阀	阴极保护阳极、法拉第罩、熔断器、小型断路器、浪涌保护器、热过载释放器	F	保护器件	熔断器、过电压放电器件、避雷器
G	启动能量流或材料流 产生用作信息载体或参考源的信号 生产一种新能量、材料或产品	装配、破碎、拆卸、成、分馏、材料移动、破碎、混合、产、粉碎	鼓风机、插元件机、传送带(被驱动)、破碎机、风扇、混合器、泵、真空泵、通风机	干电池组、电机、燃料电池、发生器、发电机、旋转发电机、信号发生器、太阳电池、波发生器	G	发电机、电源	旋转发电机、旋转变频机、电池、振荡器、石英晶体振荡器
H	为将来标准化备用				H	信号器件	光指示器、声指示器

(续)

按用途或任务划分的项目类别及字母代码 (GB/T 5094.2—2003/IEC 61346-2; 2000) (新)					项目种类的字母代码 (GB/T 5094 —1985/IEC 60705; 1983) (旧)		
代码	项目的用途或任务	描述项目或功能件的用途或任务的术语举例	典型的机械/液压、气动产品举例	典型的电气产品举例	字母代码	项目种类	举 例
I	不用	—	—	—	I	不用	
J	为将来标准化备用				J	—	—
K	处理 (接收、加工和提供) 信号或信息 (用于防护的物体除外, 见 F 类)	闭合 (控制电路)、连续控制、延迟、开断 (控制电路)、搁置、切换 (控制电路)、同步	流体回流控制器、引导阀、阀定位器	有或无继电器、模拟集成电路、自动并联装置、数字集成电路、接触器继电器、CPU、延迟元件、延迟线、电子阀、电子管、反馈控制器、滤波器、感应搅拌器、微处理器、过程计算机、可编程序控制器、同步装置、时间继电器、晶体管	K	继电器、接触器	
L	为将来标准化备用				L	电感器、电抗器	感应线圈、线路陷波器、电抗器 (并联和串联)
M	提供驱动用机械能 (旋转或线性机械运动)	激励、驱动	内燃机、液压执行器、液压缸、液压马达、热机、机械执行器、弹簧承载执行器、涡轮机、水轮机、风轮机	执行器、励磁线圈、电动机、直线电动机	M	电动机	
N	为将来标准化备用				N	模拟集成电路	运算放大器、模拟/数字混合器件
O	不用	—	—	—	O	不用	
P	提供信息	告 (报) 警、通信、显示、指示、通知、测量 (量的显示)、呈现、打印、警告	音响信号装置、衡器 (称重用)、铃、钟、显示器、流量表、气量表、玻璃量具、压力表、机械指示器、打印机、窥视孔、温度计、水表	音响信号装置、安培表、铃、钟、连续行记录器、显示器、机电指示器、事件计数器、盖氏计数器、LED (发光二极管)、扬声器、光信号装置、打印机、记录式伏特表、信号灯、信号振荡器、同步示波器、伏特表、瓦特表、瓦时表	P	测量设备、试验设备	指示、记录、积算、测量器件, 信号发生器、时钟

(续)

按用途或任务划分的项目类别及字母代码 (GB/T 5094.2—2003/IEC 61346-2; 2000) (新)					项目种类的字母代码 (GB/T 5094 —1985/IEC 60705; 1983) (旧)		
代码	项目的用途或任务	描述项目或功能件的用途或任务的术语举例	典型的机械/液压、气动产品举例	典型的电气产品举例	字母代码	项目种类	举 例
Q	受控切换或改变能量流、信号流或材料流 (对于控制电路中的信号, 请参见 K 类和 S 类)	断开 (能量、信号和材料流)、闭合 (能量、信号和材料流)、切换 (能量、信号和材料流)、连接	制动器、控制阀、离合器、门、闸间门、大门、关闭阀、百叶窗、水闸门、锁	断路器、接触器 (电力)、隔离开关、熔断器开关、熔断体隔离器式开关、电动机起动器、功率晶体管、集电环短路器、开关 (电力) 晶闸管 (若主要用途为防护, 请参见 F 类)	Q	电力电路的开关	断路器、隔离开关
R	限制或稳定能量、信息或材料的运动或流动	阻断、阻尼、限制、限定、稳定	阻断装置、单向 (止回) 阀、阻尼装置、棘爪、互锁装置、闭锁装置、小孔板 (限流)、压力控制阀、限制器、减振器、消声器、自动脱扣机构	二极管、电感器、限定器、电阻器	R	电阻器	可变电阻器、电位器、变阻器、分流器、热敏电阻
S	把手动操作转变为进一步处理的信号	影响、手动控制、选择	按钮阀、选择开关	控制开关、差值开关、键盘、光笔、鼠标器、按钮开关、选择开关、设定点调节器	S	控制电路的开关、选择器	控制开关、按钮、限位开关、选择开关、拨号接触器、连接级
T	保持能量性质不变的能量变换 已建立的信号保持信息内容不变的变换 材料形态或形状的变换	放大、调制、变换、铸造、压缩、转变、切割、材料变形、膨胀、锻造、磨削、碾压、尺寸放大、尺寸缩小、镟削	射流放大器、齿轮箱、测量变换器、测量发送器、压力增强器、力矩变换器、铸造机、锤锻、磨床 (尺寸缩小)、车床、锯	AC/DC 变换器、放大器、天线、解调器、变频器、测量变换器、测量发射机、调制器、电力变压器、整流器、整流器站、信号变换器、信号传变器、电话机、变换器	T	变压器	电压互感器、电流互感器
U	保持物体在一定的位置	支承、承载、保持、支持	横梁、轴承、阻塞块、电缆梯架、电缆托盘、托架、支架、固定架、地基、吊架、隔离体、安装板、安装架、塔架、滚动轴承	绝缘子	U	调制器、变换器	鉴频器、解调器、变频器、编码器、逆变器、变换器、电报译码器

(续)

按用途或任务划分的项目类别及字母代码 (GB/T 5094.2—2003/IEC 61346-2; 2000) (新)					项目种类的字母代码 (GB/T 5094 —1985/IEC 60705; 1983) (旧)		
代码	项目的用途或任务	描述项目或功能件的用途或任务的术语举例	典型的机械/液压、气动产品举例	典型的电气产品举例	字母代码	项目种类	举 例
V	材料或产品的处理 (包括预处理和后处理)	涂覆、清洗、脱水、除锈、干燥、过滤、热处理、封装、预处理、恢复、再精饰、密封、分离、分选、搅拌、表面处理、包装	离心机、脱脂设备、脱水设备、过滤器、研磨机(表面处理)、封装机、搅拌棒、分离器、自动喷涂机、真空清洗机、洗涤机、加湿器	过滤器	V	电真空器件、半导体器件	电子管、气体放电管、二极管、晶体管、晶闸管
W	从一地到另一地导引或输送能量、信号、材料或产品	传导、分配、导引、导向、安置、输送	输送机(无驱动)、导管、软管、梯、链(机械)、镜、滚台(无驱动)、管道、传动轴、往复输送机	汇流排、电缆、导体、信息总线、光纤、穿墙套管、波导	W	传输通道、波导、天线	导线、电缆、母线、波导、波导定向耦合器、偶极天线、抛物面天线
X	连接物	连接、啮合、连结	法兰、钩、软管配件、管线配件、快脱扣联接器、联轴节、端子板	连接器、插头、端子、端子板、端子排	X	端子、插头、插座	插头和插座、测试塞孔、端子板、焊接端子片、连接片、电缆封端和接头
Y	为将来标准化备用				Y	电气操作的机械装置	制动器、离合器、气阀
Z	为将来标准化备用				Z	终端设备、混合变压器、滤波器、均衡器、限幅器	电缆平衡网络、压缩扩展器、晶体滤波器、网络

表 3-5 电气工程及电气设备常用基本文字符号

设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号		IEC		
	中文名称	单字母	双字母			
组 件 部 件	分离元件放大器	A		=		
	激光器 调节器					
	本表其他地方未提及的组件、部件					
	电桥		AB			
	晶体管放大器		AD		=	
	集成电路放大器		AJ		=	
	磁放大器		AM		=	
	电子管放大器		AV		=	
	印制电路板		AP		=	
	抽屉柜		AT		=	
	支架盘		AR		=	
	电流调节器		ACR			
	频率调节器		AFR			
	磁通调节器	AMR				
	速度调节器	ASR				
	电压调节器	AUR				
	励磁电流调节器	AMCR				
	非电量到电 量变换器或 电量到非电 量变换器	热电阻传感器 热电池 光电池 测功计 晶体换能器 送话器 拾音器 扬声器 耳机 自整角机 旋转变压器 模拟和多级数字 变换器或传感器 (用作指示和测量)	B		=	

(续)

设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号		IEC
	中文名称	单字母	双字母	
非电量到电 量变换器或 电量到非电 量变换器	电流变换器		BC	=
	压力变换器		BP	
	磁通变换器		BM	
	光耦合器		BO	=
	位置变换器		BQ	=
	旋转变换器 (测速发电机)		BR	
	温度变换器		BT	=
	速度变换器		BV	=
	触发器		BPF	
	电压-频率变换器		BUF	
电容器	电容器	C		
二进制元件 延迟器件 存储器件	数字集成电路和 器件： 延迟线 双稳态元件 单稳态元件 磁心存储器 寄存器 磁带记录机 盘式记录机	D		=
其他元器件	本表其他地方未 规定的器件	E		=
	发热器件		EH	=
	光器件		EL	=
	照明灯			
	空气调节器		EV	=
保护器件	过电压放电器件 避雷器	F		=
	具有瞬时动作的 限流保护器件		FA	=
	具有延时动作的 限流保护器件 热保护器		FR	=
	具有延时和瞬时 动作的限流保护 器件		FS	=
	熔断器		FU	=
	快速熔断器		FF	
	限压保护器件		FV	=

(续)

设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号		IEC
	中文名称	单字母	双字母	
发生器 发电机 电源	旋转发电机	G		=
	振荡器			
	发生器		GS	=
	同步发电机		GA	
	异步发电机		GI	
	给定积分器		GB	=
	蓄电池		GF	
	函数发生器 旋转式或固定式 变频器			
	绝对值发生器		GAB	=
	压频(变换)器		GVF	
石英晶体振荡器				
信号器件		H		=
	声响指示器		HA	=
	光指示器		HL	=
	指示灯		HL	=
继电器 接触器		K		=
	瞬时接触继电器		KA	=
	瞬 时 有或无继电器		KA	=
	交流继电器		KA	
	闭锁接触继电器 (机械闭锁或永 磁铁式有或无继电器)		KL	=
	双稳态继电器		KL	=
	接触器		KM	=
	极化继电器		KP	=
	簧片继电器		KR	=
	延时 有或无继电器		KT	=
	逆流继电器		KR	=
电感器 电抗器	感应线圈 线路陷波器 电抗器(并联和串联)	L		=
	桥臂电抗器		LA	
	平衡电抗器		LB	
	平波电抗器		LF	
	进线电抗器		LL	
	饱和电抗器		LS	

(续)

设备、装置和 元器件种类	举 例 中文名称	基本文字符号		IEC
		单字母	双字母	
电动机	电动机	M		=
	异步电动机		MA	
	同步电动机		MS	
	可做发电机或电 动机用的电机		MG	
	力矩电动机		MT	
模拟元件	运算放大器 混合模拟/数字器件	N		=
测量设备 试验设备	指示器件 记录器件 积算测量器件 信号发生器	P		=
	电流表		PA	=
	(脉冲)计数器		PC	=
	电度表		PJ	=
	记录仪器		PS	=
	时钟、操作时间表		PT	=
	电压表		PV	
	电动、制动检测环节		PET	=
	环形计数器		PRC	
	电力电路 的开关器 件			Q
断路器 快速开关		QF	=	
电动机保护开关 自动开关		QM	=	
隔离开关		QS	=	
电阻器	电阻器	R		=
	变阻器			
	电位器		RP	=
	测量分路表		RS	=
	分流器			
	热敏电阻器		RT	=
	压敏电阻器		RV	=

(续)

设备、装置和 元器件种类	举 例 中文名称	基本文字符号		IEC
		单字母	双字母	
控制、记忆、 信号电路的开 关器件选择器	拨号接触器 连接级	S		=
	控制开关		SA	=
	选择开关、转换开关		SA	=
	按钮		SB	=
	机电式有或无传感器 (单级数字传感器)			
	行程开关 液体标高传感器 极限开关		SL	=
	主令开关		SM	=
	压力传感器		SP	
	位置传感器(包括接 近传感器)		SQ	=
	转数传感器		SR	=
	温度传感器		ST	=
变压器		T		=
	电流互感器		TA	=
	控制电路电源用 变压器		TC	=
	逆变变压器		TI	
	电力变压器		TM	=
	脉冲变压器		TP	
	整流变压器		TR	=
	磁稳压器		TS	
	同步变压器		TV	
	电压互感器		TV	=
调制器 变换器	鉴频器	U		=
	解调器		UD	
	变频器		UF	
	编码器			
	变流器		UI	
	逆变器		UR	
	整流器		UT	
	电报译码器			

(续)

设备、装置和 元器件种类	举 例 中文名称	基本文字符号		IEC	
		单字母	双字母		
电子管 晶体管	气体放电管	V		=	
	二极管		VD		
	晶体管				
	晶闸管		VT		
	单结晶体管				
	电子管		VE		
	控制电路用电源的整流器		VC		
稳压管	VS	=			
可关断晶闸管	VTO				
传输通道 波导 天线	导线	W		=	
	电缆				
	母线				
	波导				
	波导定向耦合器				
	偶极天线				
	抛物天线				
端子 插头 插座	连接插头和插座	X		=	
	接线柱				
	电缆封端和接头				
	焊接端子板				
	连接片		XB		=
	测试插孔		XJ		=
	插头		XP		=
插座	XS	=			
端子板	XT	=			
电气操作的 机械器件	气阀	Y		=	
	电磁铁		YA		=
	电磁制动器		YB		=
	电磁离合器		YC		=
	电磁吸盘		YH		=
	电动阀		YM		
	电磁阀		YV		=

(续)

设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号		IEC
	中文名称	单字母	双字母	
终端设备 混合变压器 滤波器 均衡器 限幅器	电缆平衡网络 压缩扩展器 晶体滤波器 网络	Z		=

注：凡文字符号与 IEC 相一致即标示“=”。

表 3-6 电气工程常用辅助文字符号

序 号	文字符号	名 称	IEC
1	A	电 流	
2	A	模 拟	
3	AC	交 流	=
4	A AUT	自 动	
5	ACC	加 速	
6	ADD	附 加	
7	ADJ	可 调	
8	AUX	辅 助	
9	ASY	异 步	
10	B BRK	制 动	
11	BK	黑	=
12	BL	蓝	=
13	BW	向 后	
14	C	控 制	
15	CW	顺 时 针	
16	CCW	逆 时 针	
17	D	延 时 (延 迟)	
18	D	差 动	=
19	D	数 字	
20	D	降	
21	DC	直 流	=
22	DEC	减	
23	E	接 地	=
24	EM	紧 急	
25	F	快 速	
26	FB	反 馈	

(续)

序 号	文字符号	名 称	IEC
27	FW	正, 向前	
28	GN	绿	=
29	H	高	=
30	IN	输 入	
31	INC	增	
32	IND	感 应	
33	L	左	
34	L	限 制	
35	L	低	=
36	LA	闭 锁	
37	M	主	
38	M	中	
39	M	中间线	=
40	M MAN	手 动	
41	N	中性线	=
42	OFF	断 开	
43	ON	闭 合	
44	OUT	输 出	
45	P	压 力	
46	P	保 护	
47	PE	保护接地	=
48	PEN	保护接地与中性线共用	=
49	PU	不接地保护	=
50	R	记 录	
51	R	右	
52	R	反	
53	RD	红	=
54	R RST	复 位	
55	RES	备 用	=
56	RUN	运 转	
57	S	信 号	
58	ST	起 动	

(续)

序 号	文字符号	名 称	IEC
59	S SET	置位, 定位	
60	SAT	饱 和	
61	STE	步 进	
62	STP	停 止	
63	SYN	同 步	
64	T	温 度	
65	T	时 间	
66	TE	无噪声(防干扰)接地	=
67	V	真 空	
68	V	速 度	
69	V	电 压	
70	WH	白	=
71	YE	黄	=

注: 凡文字符号与 IEC 相一致即标示“=”。

表 3-7 常用电气设备、元件文字符号新旧对照表

设备名称	文字符号		
	新 符 号	IEC	旧 符 号
发电机	G	=	F
直流发电机	GD		ZF
交流发电机	GA		JF
同步发电机	GS		TF
异步发电机	GA		YF
永磁发电机	GM		YCF
水轮发电机	GH		
汽轮发电机	GT		
电动机	M	=	D
直流电动机	MD		ZD
交流电动机	MA		JD
同步电动机	MS		TD
异步电动机	MA		YD
笼型电动机	MC		LD
励磁机	GE		L
绕组	W		
电枢绕组	WA		SQ
定子绕组	WS		DQ
转子绕组	WR		ZQ
励磁绕组	WC		KQ
变压器	T		
电力变压器	TM	=	B

(续)

设备名称	文字符号		
	新符号	IEC	旧符号
控制变压器	TC		KB
升压变压器	TU		
降压变压器	TD		
自耦变压器	TA		OB
整流变压器	TR		ZB
电炉变压器	TF		LB
稳压器	TS		WY
互感器	T		
电流互感器	TA	=	LH
电压互感器	TV	=	YH
熔断器	FU	=	RD
断路器	QF	=	DL
接触器	KM	=	C
调节器	A	=	T
继电器	K	=	J
电阻器	R	=	R
压敏电阻器	RV	=	YR
起动电阻器	RS		QR
制动电阻器	RB		ZDR
附加电阻器	RA		
频敏变阻器	RF		PR
电感器	L	=	L
电抗器	L	=	DK
起动电抗器	LS		QK
电容器	C	=	C
整流器	U	=	ZL
变流器	U		BL
逆变器	U		NB
变频器	U		BP
变换器	B		
压力变换器	BP		YB
位置变换器	BQ		WZB
温度变换器	BT		WDB
速度变换器	BV		SDB
自整角机	B		
避雷器	F		B
母线	W	=	M
电压小母线	WV	=	YM
控制小母线	WCL	=	KM
合闸小母线	WCL	=	HM
信号小母线	WS	=	XM

(续)

设备名称	文字符号		
	新符号	IEC	旧符号
事故音响小母线	WFS	=	SYM
预告音响小母线	WPS	=	YBM
闪光小母线	WF	=	(+) SM
直流母线	WB	=	ZM
电力干线	WPM	=	LG
照明干线	WLM	=	MG
电力分支线	WP	=	LFZ
照明分支线	WL	=	MFZ
应急照明干线	WEM	=	YJG
应急照明分支线	WE	=	YJZ
插接式母线	WIB	=	CJM
继电器	K	=	J
电流继电器	KA	=	LJ
电压继电器	KV	=	YJ
时间继电器	KT	=	SJ
差动继电器	KD	=	CJ
功率继电器	KPR	=	GJ
接地继电器	KE	=	JDJ
瓦斯继电器	KB	=	WSJ
逆流继电器	KR	=	NLJ
中间继电器	KM	=	ZJ
信号继电器	KS	=	XJ
闪光继电器	KFR	=	DMJ
热继电器(热元件)	KH	=	RJ
温度继电器	KTE	=	WJ
重合闸继电器	KRr	=	CJ
阻抗继电器	KZ	=	ZKJ
零序电流继电器	KCZ	=	NJ
频率继电器	KF	=	PJ
压力继电器	KP	=	YLJ
控制继电器	KC	=	KJ
电磁铁	YA	=	DT
制动电磁铁	YB	=	ZDT
电磁阀	YY	=	DCF
电动阀	YM	=	DF
牵引电磁铁	YT	=	QYT
起重电磁铁	YL	=	QZT
电磁离合器	YC	=	CLH
断路器(开关)	Q	=	K
隔离开关	QS	=	G
控制开关	SA	=	KK

(续)

设备名称	文字符号		
	新符号	IEC	旧符号
选择开关(转换开关)	SA	=	KZ
负荷开关	QL	=	FK
自动开关	QA		ZB
刀开关	QK		DK
行程开关	ST		CK
限位开关	SL		XK
终点开关	SE		ZDK
脚踏开关	SF		
微动开关	SS		WK
接近开关	SP		JK
按钮	SB	=	AN
合闸按钮	SB	=	HA
停止按钮	SBS	=	TA
试验按钮	SBT	=	YA
合闸线圈	YC	=	HQ
跳闸线圈	YT	=	TQ
接线柱	X	=	JX
连接片	XB	=	LP
插座	XS	=	CZ
插头	XP	=	CT
端子板	XT	=	DB
测量设备(仪表)	P	=	—
电流表	PA	=	A
电压表	PV	=	V
有功功率表	PW	=	W
无功功率表	PR	=	var
电能表	PJ	=	Wh
有功电能表	PJ	=	Wh
无功电能表	RJR	=	varh
频率表	PF	=	HZ
功率因数表	PPF	=	cosφ
指示灯	HL	=	D
红色指示灯	HR	=	HD
绿色指示灯	HG	=	LD
蓝色指示灯	HB	=	LAD
黄色指示灯	HY	=	UD
白色指示灯	HW	=	BD
照明灯	EL		ZD
蓄电池	GB	=	XDC
光电池	B		GDC
电子管	VE		G
电子管放大器	AV		

(续)

设备名称	文字符号		
	新符号	IEC	旧符号
二极管	VD		D
晶体管	V		BG
晶体管放大器	AD		
稳压管	VS		WY
晶闸管	VT		GZ
单结晶体管	V		BG
电位器	RP		W
调节器	A		T
放大器	A		FD
磁放大器	AM		
测速发电机	BR		CSF
送话器	B		S
受话器	B		SH
扬声器	B		Y

三、电气设备及线路的标注方法及其使用

电气工程图中常用一些文字（包括英文、汉语拼音字母）和数字按照一定的格式书写，来表示电气设备及线路的规格型号、编号、容量、安装方式、标高及位置等。这些标注方法必须熟练掌握，在读图中有很大用途。

电气设备及线路的标注方法见表 3-8。

（一）用电设备的标注

用电设备的标注一般为 $\frac{a}{b} + \frac{a+c}{b+d}$ ，如 $\frac{15}{75}$ 表示这台电动机在系统中的编号为第 15，电动机的额定功率为 75kW；如 $\frac{15}{75} + \frac{200}{0.8}$ ，表示这台电动机的编号为第 15，功率为 75kW，自动开关脱扣器电流为 200A，安装标高为 0.8m；再如 $\frac{6}{7} + \frac{30}{1.5}$ ，表示编号第 6，功率 7kW，熔丝电流 30A，安装标高 1.5m。

自动开关脱扣器与熔丝的判断区别，一是电动机容量，二是标注数值与电动机额定电流的倍数（倍数 ≤ 2 时为自动开关脱扣器，倍数 > 2 时为熔丝），其中，额定电流取额定功率数值的 2 倍。第一例 $\frac{15}{75} + \frac{200}{0.8}$ ，电机功率较大，标注数 C 为 200，为额定电流 2×75 的 1.33 倍，因此，200 为自动开关脱扣器的整定值；第二例 $\frac{6}{7} + \frac{30}{1.5}$ ，电机功率较小，C 为 30，为额定电流 2×7 的 2.14 倍，因此，30 为熔丝电流。

（二）电力和照明设备的标注

1. 一般标注方法为 $a \frac{b}{c}$ 或 $a-b-c$ ，如 $5 \frac{Y200L-4}{30}$ 或 $5-(Y200L-4)-30$ ，表示这台电动机在该系统的编号为 5，型号是 Y 系列笼型感应电动机，机座中心高 200mm，机座为长机座，四极，同步转速为 1500r/min，额定功率为 30kW。

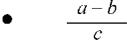
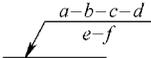
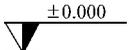
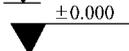
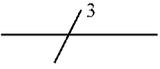
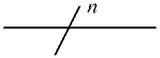
2. 需要标注引入线时的标注为 $a \frac{b-c}{d(e \times f) - g}$, 如 $5 \frac{(Y200L-4) - 30}{BL(3 \times 35) G40 - DA}$, 表示这台电动机在系统的编号为第 5, Y 系列笼型电动机, 机座中心高 200mm, 机座为长机座, 四极, 同步转速 1500r/min, 功率 30kW, 三根 35mm² 的橡皮绝缘铝芯导线穿直径为 40mm 的水煤气钢管沿地板埋地敷设引入电源负荷线。其中, DA (汉语拼音) 也可写作 FC (英文)。

表 3-8 中有关 g 的表达含义见表 3-9 和表 3-10。

表 3-8 电气设备及线路标注方法

标注方式	说明	IEC
$\frac{a}{b}$ 或 $\frac{a}{b} + \frac{c}{d}$	用电设备 a ——设备编号 b ——额定功率 (kW) c ——线路首端熔断片或自动开关释放器的电流 (A) d ——标高 (m)	
(1) $a \frac{b}{c}$ 或 $a-b-c$ (2) $a \frac{b-c}{d(e \times f) - g}$	电力和照明设备 (1) 一般标注方法 (2) 当需要标注引入线的规格时 a ——设备编号 b ——设备型号 c ——设备功率 (kW) d ——导线型号 e ——导线根数 f ——导线截面积 (mm ²) g ——导线敷设方式及部位	
(1) $a \frac{b}{c/i}$ 或 $a-b-c/i$ (2) $a \frac{b-c/i}{d(e \times f) - g}$	开关及熔断器 (1) 一般标注方法 (2) 当需要标注引入线的规格时 a ——设备编号 b ——设备型号 c ——额定电流 (A) i ——整定电流 (A) d ——导线型号 e ——导线根数 f ——导线截面积 (mm ²) g ——导线敷设方式	
$a/b-c$	照明变压器 a ——一次电压 (V) b ——二次电压 (V) c ——额定容量 (A)	
(1) $a-b \frac{c \times d \times L}{e} f$ (2) $a-b \frac{c \times d \times L}{-}$	照明灯具 (1) 一般标注方法 (2) 灯具吸顶安装 a ——灯数 b ——型号或编号 c ——每盏照明灯具的灯泡数 d ——灯泡容量 (W) e ——灯泡安装高度 (m) f ——安装方式 L ——光源种类	

(续)

标注方式	说明	IEC
	最低照度⊙ (示出 15lx)	
<p>(1)  <i>a</i></p> <p>(2)  $\frac{a-b}{c}$</p>	照明照度检查点 (1) <i>a</i> : 水平照度 (lx) (2) <i>a-b</i> : 双测垂直照度 (lx) <i>c</i> : 水平照度 (lx)	
	电缆与其他设施交叉点 <i>a</i> ——保护管根数 <i>b</i> ——保护管直径 (mm) <i>c</i> ——管长 (m) <i>d</i> ——地面标高 (m) <i>e</i> ——保护管埋设深度 (m) <i>f</i> ——交叉点坐标	
<p>(1)  ± 0.000</p> <p>(2)  ± 0.000</p>	安装或敷设标高 (m) (1) 用于室内平面、剖面图上 (2) 用于总平面图上的室外地面	
<p>(1) </p> <p>(2) </p> <p>(3) </p>	导线根数, 当用单线表示一组导线时, 若需要示出导线数, 可用加小短斜线或画一条短斜线加数字表示 例: (1) 表示 3 根 (2) 表示 3 根 (3) 表示 <i>n</i> 根	
<p>(1) $\frac{3 \times 16}{\times} \frac{3 \times 10}{\times}$</p> <p>(2) $\text{—} \times \frac{\phi 2 \frac{1}{2}}{\text{—}}$</p>	导线型号规格或敷设方式的改变 (1) $3 \times 16\text{mm}^2$ 导线改为 $3 \times 10\text{mm}^2$ (2) 无穿管敷设改为导线穿管 ($\phi 2 \frac{1}{2}\text{in}$) 敷设	
<p>V</p>	电压损失%	
<p>-220V</p>	直流电压 220V	
<p><i>m</i> ~ <i>f</i>V</p> <p>3N ~ 50Hz, 380V</p>	交流电 <i>m</i> ——相数 <i>f</i> ——频率 (Hz) V——电压 (V) 例: 示出交流, 三相带中性线 50Hz 380V	
<p>L₁ (可用 A) L₂ (可用 B) L₃ (可用 C) U V W</p>	相序 交流系统电源第二相 交流系统电源第一相 交流系统电源第三相 交流系统设备端第一相 交流系统设备端第二相 交流系统设备端第三相	

(续)

标注方式	说明	IEC
N	中性线	
PE	保护线	
PEN	保护和中性共用线	

表 3-9 电气工程图中表达线路敷设方式标注的文字代号

表达内容	标注代号	
	英文代号	汉语拼音代号
用轨型护套线敷设		
用塑制线槽敷设	PR	XC
用硬质塑制管敷设	PC	VG
用半硬塑制管敷设	FEC	ZVG
用可挠型塑制管敷设		
用薄电线管敷设	TC	DG
用厚电线管敷设		
用水煤气钢管敷设	SC	G
用金属线槽敷设	SR	GC
用电缆桥架(或托盘)敷设	CT	
用瓷夹敷设	PL	CJ
用塑制夹敷设	PCL	VT
用蛇皮管敷设	CP	
用瓷瓶式或瓷柱式绝缘子敷设	K	CP

表 3-10 电气工程图中表达线路敷设部位标注的文字代号

表达内容	标注代号	
	英文代号	汉语拼音代号
沿钢索敷设	SR	S
沿屋架或层架下弦敷设	BE	LM
沿柱敷设	CLE	ZM
沿墙敷设	WE	QM
沿天棚敷设	CE	PM
在能进入的吊顶内敷设	ACE	PNM
暗敷在梁内	BC	LA
暗敷在柱内	CLC	ZA
暗敷在屋面内或顶板内	CC	PA
暗敷在地面内或地板内	FC	DA
暗敷在不能进入的吊顶内	AC	PNA
暗敷在墙内	WC	QA

(三) 配电线路的标注

配电线路的标注一般为 $a-b(c \times d+n+h)e-f$ ，如 $24-BV(3 \times 70+1 \times 50)G70-DA$ ，表示这条线路在系统的编号为第 24，聚氯乙烯绝缘铜芯导线 70mm^2 的三根、 50mm^2 的一根穿直径为 70mm 的水煤气钢管沿地板埋地敷设。

在工程中若采用三相四线制供电一般均采用上述的标注方式；如为三相三线制供电，则上式中的 n 和 h 则为 0；如为三相五线制供电，若采用专用保护零线，则 n 为 2；若用钢管做为接零保护的公用线，则 n 为 1。

上述三例的回路编号在实际工程中有时不单独采用数字，有时在数字的前面或后面常标有字母（英文或汉语拼音），这个字母是设计者为了区分复杂而多个回路时设置的，在制图标准中没有定义，读图时应按设计者的标注去理解。如 M1 或 1M、或 3M1 等。

(四) 照明灯具的标注

照明灯具的标注通常有两种。

1) 一般标注方法为 $a-b \frac{c \times d \times L}{e} f$ ，如 $8-YZ40RR \frac{2 \times 40}{2.5} L$ ，表示这个房间或某一区域安装 8 只型号为 YZ40RR 的荧光灯，直管形、日光色，每只灯 2 根 40W 灯管，用链吊安装，吊高 2.5m，指灯具底部与地面距离。其中光源种类 L ，设计者一般不标出，因为灯具型号已示出光源的种类。

光源种类 L 主要指：白炽灯 (IN)、荧光灯 (FL)、荧光高压汞灯 (Hg)、金属卤化物灯、高压钠灯 (Na)、碘钨灯 (I)、氙灯 (Xe)、弧光灯 (ARC) 及用上述光源组成的混光灯、红外线灯 (IR)、紫外线灯 (UV) 等。如果需要时，则在光源种类 L 处标出代表光源种类的括号内的字母。

有关标注方法中， f 表达照明灯具安装方式标注的代号及意义见表 3-11。

表 3-11 电气工程图中表达照明灯具安装方式标注的代号及意义

表达内容	标注代号	
	英文代号	汉语拼音代号
线吊式	CP	
自在器线吊式	CP	X
固定线吊式	CP1	X1
防水线吊式	CP2	X2
吊线器式	CP3	X3
链吊式	Ch	L
管吊式	P	G
吸顶式或直附式	S	D
嵌入式（嵌入不可进人的顶棚）	R	R
顶棚内安装（嵌入可进人的顶棚）	CR	DR
墙壁内安装	WR	BR
台上安装	T	T
支架上安装	SP	J
壁装式	W	B
柱上安装	CL	Z
座装	HM	ZH

2) 灯具吸顶安装标注方为 $a - b \frac{c \times d \times L}{\quad}$, 各种符号的意义同 1), 因为吸顶安装, 所以安装方式 f 和安装高度就不再标注。如某房间灯具的标注为 $2 - \text{JXD6} \frac{2 \times 60}{\quad}$, 表示这个房间安装两只型号为 JXD6 的灯具, 每只灯具 2 个 60W 的白炽灯泡, 吸顶安装。

这里需要强调说明一点, 一般的设计不在图上标注出电气设备、电动机、绝缘导线及灯具的型号, 其型号都随图标注在图上的设备及材料表内, 这样前述的几种标注即为以下方式, 但意义同上:

$$5 \frac{\text{Y200L} - 4}{30} \text{ 或 } 5 - (\text{Y200L} - 4) - 30 \text{ 简化为 } \frac{5}{30};$$

$$5 \frac{(\text{Y200L} - 4) - 30}{\text{BL}(3 \times 35) \text{G40} - \text{DA}} \text{ 简化为 } 5 \frac{30}{(3 \times 35) \text{G40} - \text{DA}};$$

$$24 - \text{BV}(3 \times 70 + 1 \times 50) \text{G70} - \text{DA} \text{ 简化为}$$

$$24(3 \times 70 + 1 \times 50) \text{G70} - \text{DA};$$

$$8 - \text{YZ40RR} \frac{2 \times 40}{2.5} \text{L} \text{ 简化为 } 8 \frac{2 \times 40}{2.5} \text{L};$$

$$2 - \text{JXD6} \frac{2 \times 60}{\quad} \text{ 简化为 } 2 \frac{2 \times 60}{\quad}。$$

另外, 图中有关一些电气设备及材料的内容应及时查找电气设备及材料手册, 以便核对。

(五) 开关及熔断器的标注

1) 一般标注方法为 $a \frac{b}{c/i}$ 或 $a - b - c/i$, 如 $m_1 \frac{\text{DZ20Y} - 200}{200/200}$ 或 $m_1 - (\text{DZ20Y} - 200) - 200/200$, 表示设备编号为 m_1 (m 是设计者为区分回路而设置的), 开关的型号为 DZ20Y - 200, 即为额定电流为 200A 的低压断路器, 断路器的整定值为 200A。

2) 需要标注引入线时的标注方法为 $a \frac{b - c/i}{d(e \times f) - g}$, 如 $m_1 \frac{(\text{DZ20Y} - 200) - 200/200}{\text{BV} \times (3 \times 50) \text{CP} - \text{LM}}$, 表示为设备编号为 m_1 , 开关型号为 DZ20Y - 200 低压断路器, 整定电流为 200A, 引入导线为橡皮绝缘铜线, 三根 50mm^2 , 用绝缘子沿屋架敷设。

同样, 上述的标注也可以用下列方式表达:

$$\frac{m_1}{200/200} \text{ 或 } m_1 - 200/200;$$

$$m_1 \frac{200/200}{(3 \times 50) \text{CP} - \text{LM}}。$$

(六) 电缆的标注方式

电缆的标注方式基本同配电线路标注的方式相同, 如 $n20 - \text{YJLV}(3 \times 185) \text{CT} - \text{WE}$, 表示编号为第 20, $3 \times 185\text{mm}^2$ 的交联聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套 10kV 电力电缆, 用电缆桥架沿车间墙壁敷设。其中 CT、WE 采用的是英文标注, 见表 3-9 和表 3-10。

当电缆与其他设施交叉时的标注用下面的方式, $\frac{a - b - c - d}{e - f}$, 如 $\frac{4 - 100 - 8 - 1.0}{0.8 - f}$, 表示 4 根保护管, 直径 100mm, 管长 8m 于标高 1.0m 处且埋深 0.8m, 交叉点坐标 f 一般用文字

标注, 如与 $\times \times$ 管道交叉, $\times \times$ 管应见管道平面布置图。

(七) 有关变更的表示方法

导线或电缆型号规格及敷设方式的改变可采用 $\frac{3 \times 16}{\times} \frac{3 \times 10}{\times}$ 及 $\text{—} \times \phi 40$ 的方式标注, 但在工程中一般则采用设计变更或图样会审纪要的方法来用文字说明, 且须由设计者签字。

(八) 其他的标注方法

有关其他的标注方法详见表 3-8 ~ 表 3-11。

四、自动化仪表及自动装置工程图的符号及标注

相比电气图形符号, 自动化仪表及自动装置的图形符号要简单些, 它主要分检测点、检测元件、执行元件、调节元件以及文字代号等。

(一) 图形符号

1. 检测点

1) 检测点一般由过程设备轮廓线或管道直线引至仪表或检测元件的直线组成, 我们把这条直线的起点叫做检测点或测量点, 见表 3-12。

2) 当必须标注检测点在过程设备中的位置时, 直线应引到过程设备轮廓线内的适当位置上并在起点加画一个直径为 2mm 的小圆, 见表 3-12。

这里要注意, 检测点的位置在功能及过程顺序上必须正确, 一般情况下不表示确切的测量位置。

2. 检测元件

检测元件一般用仪表圆圈和仪表位号表示, 也可用表 3-13 的图形符号表示。表中嵌在管道中的检测元件是指检测元件本身占有一段管道。其中变送器为一检测元件。

3. 仪表圆圈

仪表一般用直径 10mm 的细实圆表示, 有时也可适当放大或缩小, 当仪表的位号字数较多时, 圆圈可断开, 见表 3-12。

仪表圆圈的使用应注意以下几点:

1) 一台仪表一般只有一个仪表圆圈来表示, 必要时, 一台仪表可用两个或多个仪表圆圈来表示。

2) 仪表的安装位置可按表 3-14 的方法来表示。

3) 检测两个或多个变量的仪表或检测一个变量但有多个功能的仪表, 可用两个或多个相切的仪表圆圈表示, 见表 3-12。但当两个检测点在图样上相距较远, 或不在同一张图面上时, 可在两个检测点附近分别用两个相切的圆圈表示, 其中一个为虚线圆圈, 见表 3-12。

4. 执行器

执行器本身是由执行机构和调节机构组合的, 因此, 其图形符号则是由这两部分的图形符号组合而成。

1) 执行机构的通用图形符号是直径 5mm 的细实线圆和与调节机构图形符号相连接的细实线, 见表 3-15。区分执行机构型式时, 一般采用表 3-15 中所列的图形符号。

2) 调节机构的通用图形符号是边长 5mm 的等边三角形, 见表 3-16。当调节机构为阀时, 一般采用表 3-16 中所列的图形符号。

表 3-12 仪表的一般符号

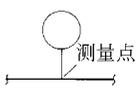
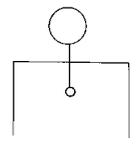
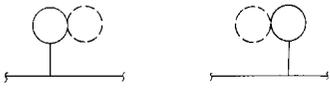
意 义	一 般 符 号
检测点	
检测点在过程设备中的位置 (必须标注时使用)	
仪表圆	
检测两个或多个变量的仪表、检测一个变量多功能的仪表	
两个测量点相距较远、两个测量点不在同一图面上	

表 3-13 常用检测元件图形符号

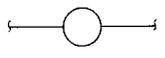
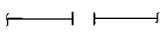
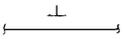
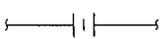
序 号	检测元件名称	图 形 符 号	备 注
1	热电偶		
2	热电阻		
3	热敏电阻		
4	嵌在管道中的检测元件*		圆圈内应标志 仪表位号
5	取压接头 (无孔板)		
6	取压口		
7	孔板		
8	文丘里管及喷嘴		

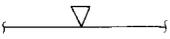
表 3-14 仪表安装位置的图形符号

序 号	安 装 位 置	图 形 符 号	备 注
1	就地安装		
			嵌在管道中
2	盘上安装		
3	就地盘上安装		

表 3-15 执行机构的图形符号

序 号	执行机构型式	图 形 符 号	备 注
0	通用图形符号		
1	薄膜执行机构		
2	活塞执行机构		
3	电动机执行机构		
4	电磁执行机构		

表 3-16 调节机构的图形符号

序 号	阀 的 型 式	图 形 符 号	备 注
0	通用图形符号		
1	二通阀		
2	三通阀		
3	蝶阀、风阀、百叶窗		

(二) 文字符号

自动化仪表及自动装置的文字符号可分仪表(装置)位号和字母代号两种,其中位号是表示被测量及其功能以及装置的安装位置的,而字母代号则是用英文字母表示装置的功能及作用的。一般情况下,文字符号均写在仪表圆圈内。

1. 仪表位号

仪表位号由字母代号和数字编号组成,两部之间用一短划线(-)隔开,有时数字编号之后可附加尾缀。其中,字母代号是由表示被测量或初始量的第一位英文字母和表示功能作用的若干个后继字母组成,字母代号应符合2.中字母代号的规定。

数字编号由区域编号和回路编号组成,其中,区域编号为一位数字,用来表示车间、工段、装置、系统、设备等,或者表示其中两者。回路编号为两位数字。数字编号一律为阿拉伯数字,有时数字位数可以增减,也可省略区域编号。

尾缀一般为大写英文字母或短划线之后的阿拉伯数字。

仪表位号的举例,如:TRC-302A或TRC-302-2

其中,T表示温度;

RC表示记录调节;

3表示区域;

02表示回路;

A₂表示尾缀。

2. 字母代号

字母代号应按规定选用表3-17中的字母,使用及识别时应注意以下几点:

表3-17 字母代号及其意义

字母	第一位字母		后继字母(6)
	被测变量或初始变量	修饰词	功能
A	分析(2)		报警(4)(8)
B	喷嘴火焰		
C	电导率		控制(调节)
D	密度或比重	差(1)	
E	电压(电动势)		检测元件
F	流量	比(分数)(1)	
G	尺度(尺寸)		玻璃
H	手动(人工触发)		
I	电流		指示(4)(7)

(续)

字母	第一位字母		后继字母(6)
	被测变量或初始变量	修饰词	功能
J	功率	扫描	
K	时间或时间程序		操作器
L	物位		灯(4)
M	水分或湿度		
N			
O			节流孔
P	压力或真空		试验点(接头)
Q	数量或件数	积分、累计(1)	积分、累计
R	放射性		记录或打印(7)
S	速度或频率	安全	开关或连锁(8)
T	温度		传送,变送器
U	多变量(3)		多功能
V	粘度		阀、风门、百叶窗
W	重量或力		套管
X			
Y			继电器(5)
Z	位置		驱动、执行或未分类的执行器

注:括号中的数字见正文中2.字母代号中相应注意几点的序号。

1) 第一位字母中的修饰词字母“d”(差)、“f”(比)、“q”(积分、累计)之一与被测量或初始量的字母组合后便构成另一种意义的被测量,因此,应看成一个字母,如TdI为温差指示,而TI则为温度指示。其中,修饰字母一律小写,字母组合的意义见表3-18。

2) 第一位字“A”(分析)包括表中未规定的分析项目,必须注明分析项目时,仪表圆圈中必须写明“A”,只是在圆圈外上方注明分析项目。如氧的分析应写“O₂”,但不能用O₂代替圆圈中的“A”。

3) 第一位字母“U”(多变量)用来表示多个被测量,而后继字母“U”(多功能)用来表示多个功能。

4) 后继字母“L”(灯)和“A”(报警)的区别,A指不正常状态的声、光报警。

5) 继电器包括计算器、转换器、选择器、放大器等元器件。

6) 后继字母的书写顺序为:

I R C T Q S A

表 3-18 字母代号组合示例

被测变量及文字符号 仪表功能	温度 T	温差 Td	压力或 真空 P	压差 Pd	流量 F	流量比 率 Ff	液位或 料位 L	分析 A	密度或相 对密度 D	位置 Z	数量或 件数 Q	速度或 频率 S	多变量 U	粘度 V	重量 或力 W
检测元件	TE		PE		FE		LE	AE	DE	ZE	QE	SE		VE	WE
变送	TT	TdT	PT	PdT	FT		LT	AT	DT	ZT	QT	ST		VT	WT
指示	TI	TdI	PI	PdI	FI	FfI	LI	AI	DI	ZI	QI	SI		VI	WI
扫描指示	TJI	TdJI	PJI	PdJI	FJI	FfJI	LJI	AJI	DJI	ZJI	QJI	SJI	UJI	VJI	WJI
扫描指示、报警	TJIA	TdJIA	PJIA	PdJIA	FJIA	FfJIA	LJIA	AJIA	DJIA	ZJIA	QJIA	SJIA	UJIA	VJIA	WJIA
指示、变送	TIT	TdIT	PIT	PdIT	FIT	FfIT	LIT	AIT	DIT	ZIT	QIT	SIT		VIT	WIT
指示、调节	TIC	TdIC	PIC	PdIC	FIC	FfIC	LIC	AIC	DIC	ZIC	QIC	SIC		VIC	WIC
指示、报警	TIA	TdIA	PIA	PdIA	FIA	FfIA	LIA	AIA	DIA	ZIA	QIA	SIA		VIA	WIA
指示、联锁、报警	TISA	TdISA	PISA	PdISA	FISA	FfISA	LISA	AISA	DISA	ZISA	QISA	SISA		VISA	WISA
指示、开关	TIS	TdIS	PIS	PdIS	FIS	FfIS	LIS	AIS	DIS	ZIS	QIS	SIS		VIS	WIS
指示、积算					FIQ						QIQ				WIQ
指示、自动-手动操作	TIK	TdIK	PIK	PdIK	FIK	FfIK	LIK	AIK	DIK	ZIK	QIK	SIK		VIK	WIK
指示、自力式调节阀	TICV	TdICV	PICV	PdICV	FICV		LICV					SICV			WICV
记录	TR	TdR	PR	PdR	FR	FfR	LR	AR	DR	ZR	QR	SR		VR	WR
扫描记录	TJR	TdJR	PJR	PdJR	FJR	FfJR	LJR	AJR	DJR	ZJR	QJR	SJR	UJR	VJR	WJR
扫描记录、报警	TJRA	TdJRA	PJRA	PdJRA	FJRA	FfJRA	LJRA	AJRA	DJRA	ZJRA	QJRA	SJRA	UJRA	VJRA	WJRA
记录、调节	TRC	TdRC	PRC	PdRC	FRC	FfRC	LRC	ARC	DRC	ZRC	QRC	SRC		VRC	WRC
记录、报警	TRA	TdRA	PRA	PdRA	FRA	FfRA	LRA	ARA	DRA	ZRA	QRA	SRA		VRA	WRA
记录、联锁、报警	TRSA	TdRSA	PRSA	PdRSA	FRSA	FfRSA	LRSA	ARSA	DRSA	ZRSA	QRS	SRSA		VRSA	WRSA
记录、开关	TRS	TdRS	PRS	PdRS	FRS	FfRS	LRS	ARS	DRS	ZRS	QRS	SRS		VRS	WRS
记录、积算				PdC	FRS						QRQ				WRQ

(续)

被测变量及文字符号 仪表功能	温度	温差	压力或 真空 P	压差	流量	流量比 率 Ff	液位或 料位 L	分析	密度或相 对密度 D	位置	数量或 件数 Q	速度或 频率 S	多变量	粘度	重量 或力 W
	T	Td	P	Pd	F	Ff	L	A	D	Z	Q	S	U	V	W
调节	TC	TdC	PC	PdC	FC	FfC	LC	AC	DC	ZC	QC	SC		VC	WC
调节、变送	TCT	TdCT	PCT	PdCT	FCT		LCT	ACT	DCT	ZCT	QCT	SCT		VCT	WCT
自力式调节阀	TCV	TdCV	PCV	PdCV	FCV		LCV					SCV			
报警	TA	TdA	PA	PdA	FA	FfA	LA	AA	DA	ZA	QA	SA	UA	VA	WA
联锁、报警	TSA	TdSA	PSA	PdSA	FSA	FfSA	LSA	ASA	DSA	ZSA	QSA	SSA	USA	VSA	WSA
积算指示					FqI (FQ)						QqI (QQ)				WqI (WQ)
开关	TS	TdS	PS	PdS	FS	FfS	LS	AS	DS	ZS	QS	SS		VS	WS
指示灯	TL	TdL	PL	PdL	FL	FfL	LL	AL	DL	ZL	QL	SL		VL	WL
多功能	TU	TdU	PU	PdU	FU	FfU	LU	AU	DU	ZU	QU	SU	UU	VU	WU
阀、挡板	TV	TdV	PV	PdV	FV	FfV	LV	AV	DV	ZV	QV	SV		VV	WV
继电器	TY	TdY	PY	PdY	FY	FfY	LY	AY	DY	ZY	QY	SY	UY	VY	WY
其 他	TW	带有套管的测试接头		FqA	流量积算报警		CJR	电导率扫描记录		MR	水分或湿度记录				
				FqY	流量积算继电器		CIA	电导率指示报警		MIC	水分或湿度指示调节				
	HS	手动开关		BE	火焰检测元件		CIS	电导率指示开关		MRC	水分或湿度记录调节				
	HIC	带指示的手动操作 器或给定器		BS	火焰检测开关		KI	时间或时间程序指示		QqIS	数量或件数积算指示开关				
	PP	压力或真空试验点		BA	火焰报警		KIC	时间程序指示控制		QqSA	数量或件数积算联锁报警				
	PII	压缩比指示		CI	电导率指示		MT	水分或湿度变送							
	FO	限流孔板		CE	电导率检测元件		MI	水分或湿度指示		WqT	重量积算变送				

7) 仪表同时具有指示 (I) 和记录 (R) 功能时, 字母代号只写出 R, 不必再写出 I。

8) 后继字母 S 是指开关或联锁, 而 SA 是专指联锁加报警, 如果是经过开关触发报警, 则 S 可省略, 只写 A。

9) 在串级调节系统中, 执行器回路编号的第一个字母一般是按主要被调节量选用的。

10) 在回路编号的后继字母中, 仪表功能中的多笔记录应选用 R, 多点自动巡回记录或扫描应选用 JR。各种功能的自力式调节阀应选用 CV, 双通调节阀、三通调节阀及风门调节阀应选用 V。

11) 双支感温元件在图形符号上与单支的表示没有区别, 仅表示两支而已, 在设备明细表中应注意写法。如单支写为 TE-120 或 TE-120-1, 而双支则写成 TE-120-1/2 或 TE-120/121。

12) 对被测量值进行放大、衰减或线性化等组合单元时, 如放大器、开方器、阻尼器、缓冲器等, 在回路中一般可不表示, 但在设备明细中应列出。

13) 书中图形符号及文字代号是按 GB/T 2625—1981 制定的, 只表达仪表所处理的参量和功能, 不能说明仪表的具体名称、规格、型号等内容。因此, 检测、控制、调节系统图必须附有明细表, 详细说明仪表的名称、规格、型号以至厂家等内容。

3. 仪表位号的书写规则

1) 在仪表圆圈中, 字母代号写在圆圈的上半圆中, 数字编号和尾缀写在下半圆中, 如就地仪表 PI_{102} , 盘上或柜内仪表 TRC_{203} 。

2) 其中数字编号的区域编号和回路编号应从 1 开始按序排列, 但中间可为空号, 不同被测量的仪表可合在一起统一连续排列回路编号。

3) 同一回路有 1 个以上相同字代号的仪表, 仪表的被测量及其功能相同, 则应在回路编号之后加大写英文字以示区分, 如 FT-201A、FT-201B 则表示回路中的两台流量变送器。

4) 不同区域的多个检测元件共用一台仪表时, 检测元件可略去区域编号, 并在回路编号后加短划线, 再加数字顺序号, 如 TE-25-1、TE-25-2 则表示回路中的两个温度检测元件。

5) 具有两个或多个被测量的仪表应给出全部仪表号位, 如附有压力记录 PR-104 的流量记录仪 FR-104, 应写为 FR-104/PR-104, 或写为 UR-104; 两笔压力记录仪应写为 PR-107A/PR-107B, 双支感温元件应写为 TE-109-1/109-2。

6) 当表示高、低、中时 (常用于报警、联锁), 一般是在仪表圆圈的正上方、右下方和左方中部写 H (高位)、L (低位)、M (中位), 或 HH (高高位) 和 LL (低低位)。其中 HH 表示有 H 和 HH, LL 表示有 L 和 LL, 当表示双重意义时, 则略去 H 或 L, 只标注 HH 或 LL。H 和 L 除上述意义外, 还用来表示阀或其他开关元件的状态, 其中 H 表示阀位于或趋于全开位置、开关闭合位置; L 表示阀位于或趋于全闭位、开关断开位置。

(三) 图形符号和仪表位号常用举例

这里将自动化仪表及装置的常用的图形符号画法、仪表号位表注列出, 供读者读图时参考, 见图 3-1 ~ 图 3-6。

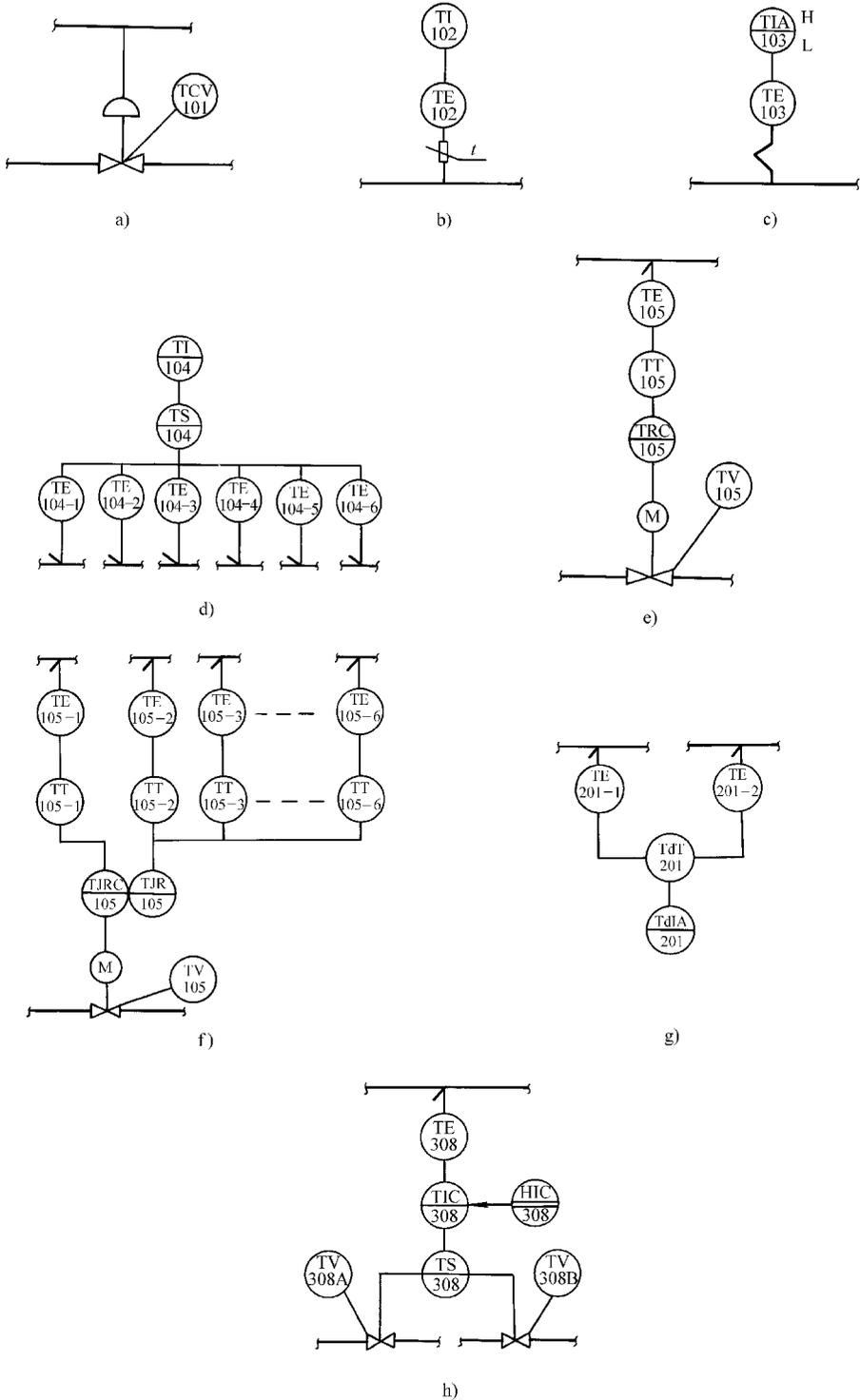


图 3-1 温度仪表常用图例

- a) 自力式温度调节阀 b) 温度指示 c) 温度指示带报警 d) 温度指示 (六点温度手动切换)
- e) 带变送器的温度指示、记录和调节 f) 带变送器的六点温度巡回记录, 其中 1 点带调节
- g) 温度指示带报警 (带变送器) h) 带手动切换的温度指示调节系统

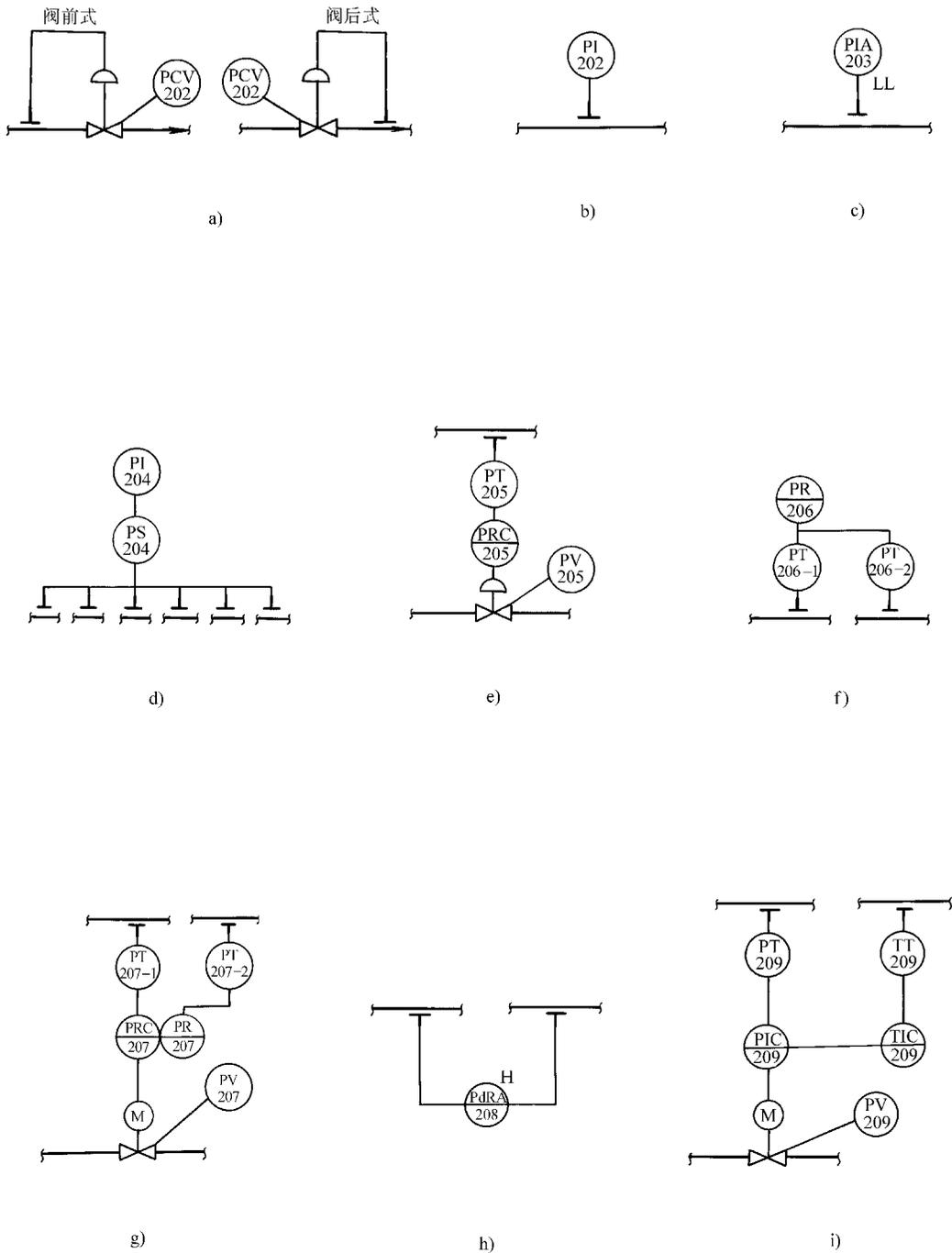


图 3-2 压力或真空常用图例

- a) 自力式压力调节阀
- b) 压力(或真空)指示
- c) 压力(或真空)指示带报警
- d) 压力(或真空)指示(六点手动切换)
- e) 带变送器的压力(或真空)指示、记录、调节
- f) 带变送器的压力(或真空)双笔记录
- g) 带变送器的压力(或真空)双笔记录其中1点带报警
- h) 压差记录带高位报警
- i) 带变送器的温度、压力串级调节

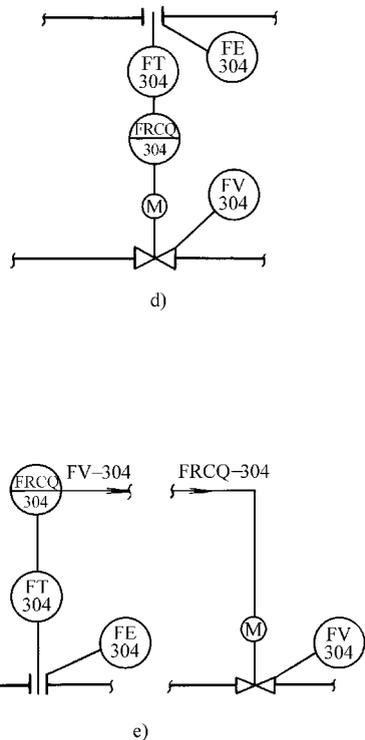
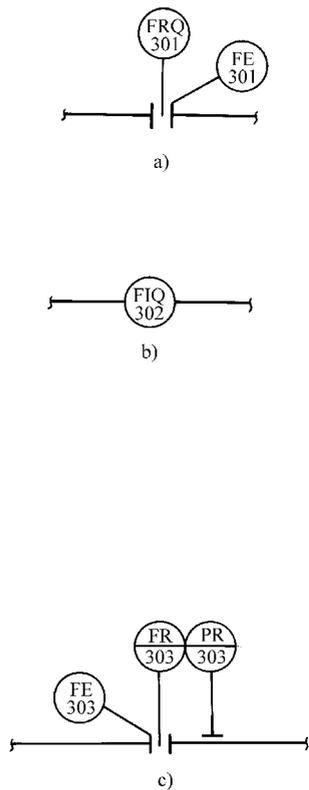


图 3-3 流量仪表常用图例

- a) 流量记录带积算 b) 就地安装流量指示带积算 c) 流量、压力双笔记录
d) 带变送器的流量记录、积算和调节 e) 同 d), 但不在同一张图样的表示方法

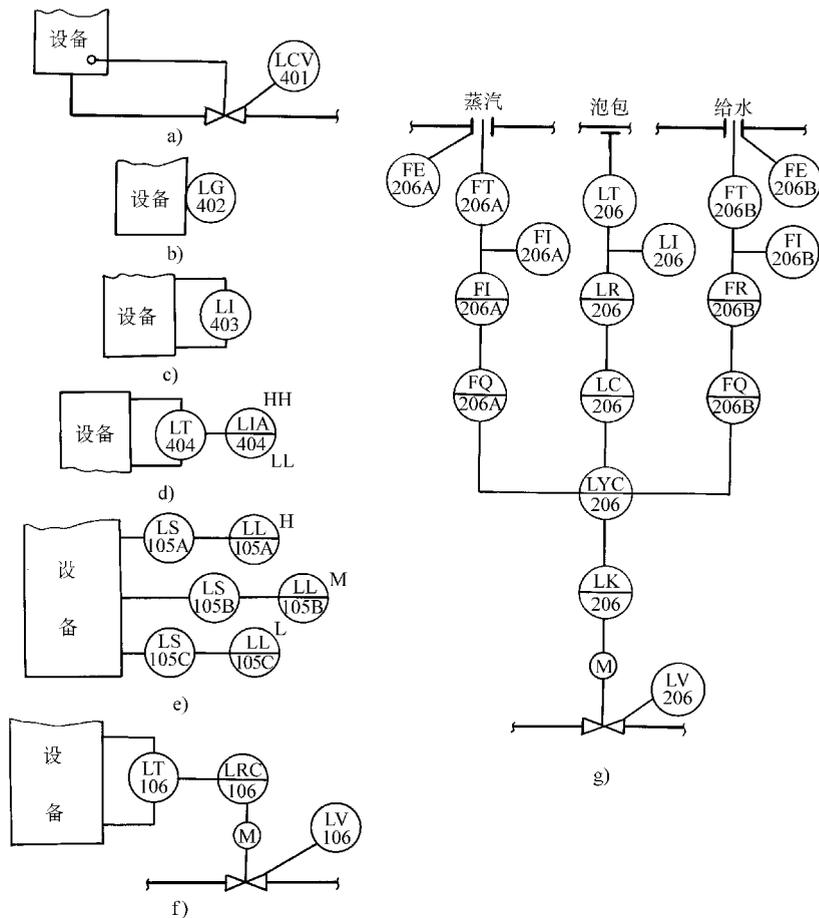


图 3-4 物位仪表常用图例

- a) 机械联动自力式液位调节 b) 设备外壁上的玻璃液位计
c) 设备外壁的玻璃(或磁性)液位计
d) 带变送器的液位指示和高、低报警 e) 液位高度指示灯
f) 带变送器的液位指示、记录和调节 g) 三冲量锅炉锅筒水位调节

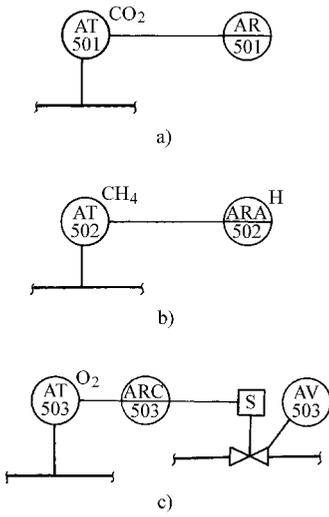


图 3-5 分析仪常用图例

- a) 带变送器的分析记录
- b) 带变送器的分析记录和报警
- c) 带变送器的分析记录调节

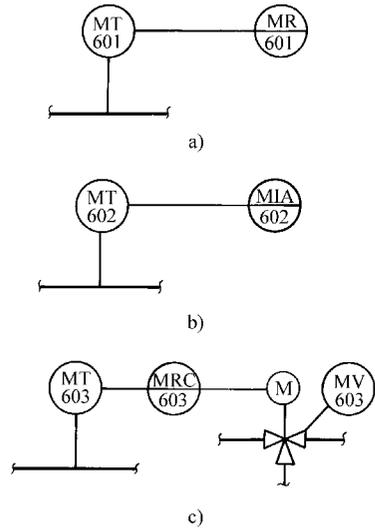


图 3-6 水分或温度仪表用图例

- a) 带变送器的水分（或湿度）指示和调节
- b) 带变送器的相对湿度指示和报警
- c) 带变送器的相对湿度记录 and 调节

第四章 读图实例及解读

一、电动机常用起动控制保护电路的识读

电动机作为一种动力装置在工业生产、人民生活中有着非常重要的地位。在电气工程中，特别是工业电气工程中占据显赫的位置，对电气工作人员来讲是工程中的重中之重。电动机的起动控制保护电路对电动机安全运行、可靠工作有着非常重要的意义。本章选用电动机常用的起动控制保护电路进行分析，使读者在较短的时间里掌握分析电路的方法，这对一名电气工作者来说是很重要的。

电动机起动电路主要有直接起动和间接起动两种，其中间接起动包括自耦变压器起动、串联电抗起动、星形三角形起动、频敏变阻器起动、软起动器起动和变频起动器起动等。其中频敏变阻器起动仅适用于绕线转子异步电动机；自耦变压器、串联电抗、星形三角形起动仅适用于笼型异步电动机；软起动器、变频起动器对于笼型异步电动机及绕线转子异步电动机均适用。

(一) 低压电动机接触器—继电器起动控制电路

1. 直接起动

电动机直接起动的电路见图 4-1。

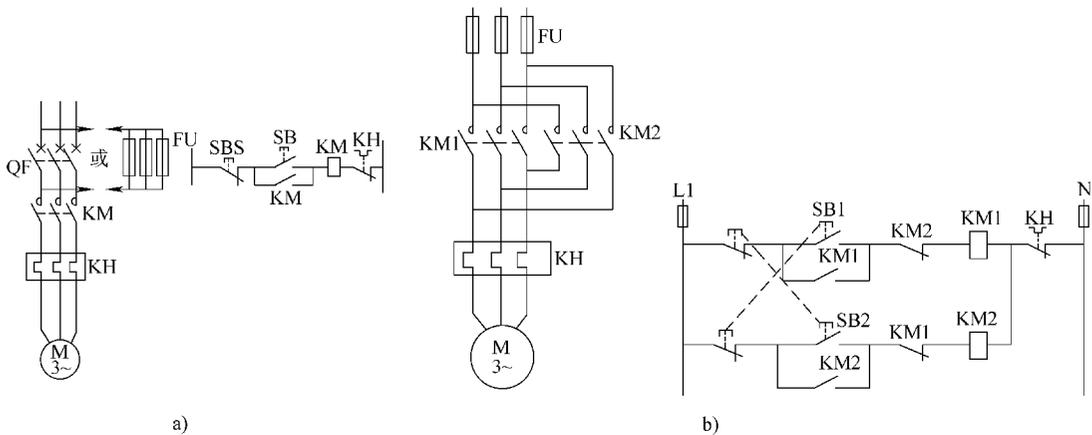


图 4-1 电动机的直接起动电路

a) 直接起动 b) 可逆直接起动

1) 由图 4-1a 可知，将断路器 QF 闭合或将熔断器 FU 插入或旋紧，主电路有电。

2) 按动动合按钮 SB，接触器 KM 的线圈—□—经动断按钮 SBS、热继电器 KH 的动断触点—□—KH 接通吸合，使 KM 主触点—□—吸合，电动机 M 得电而转动起来，当松开 SB 时，KM 辅助动合触点—□—已闭合而实现自保。

3) 当需要停车时，按动动断按钮 SBS，KM 线圈回路断开，线圈失电使 KM 释放，电动机断电停止。

4) 当电路及电动机内部的相间产生短路时，QF 跳闸或 FU 熔断器熔断使电动机失电而

停止。当FU熔断一相时，KH动作，因为KH是带断相保护功能的，其触点 \overline{KH} 断开，切断控制电路，KM失电，也能使电动机停止。

5) 当电动机过载发热时，KH动作，其触点断开，切断控制电路，使电动机失电而停止。

再看图4-1b，主电路中KM1和KM2将两个边相在下闸口倒相了，因此KM1吸合则为正转，而KM2吸合则为反转。控制电路中使用动合和动断同时动作（动断先断开，动合后闭合，决定按动速度及是否按到底）的双联按钮SB1和SB2，因此，操作SB1时，其动断触点先断开了KM2的得电回路，这样KM1得电时KM2不能得电，同样操作SB2时，KM2得电而KM1不能得电。KM1得电后其动断辅助触点打开，它接在了KM2的得电回路，保证了KM1吸合后KM2不会得电吸合，同样KM2的动断辅助触点接在了KM1的得电回路，保证了KM2吸合时KM1不会得电。上述的两种制约叫做联锁，是电气控制电路中常用的接线方法。当电动机需要停止时，正转按动SB2，反转按动SB1，其动断触点先断开得电回路，只要不按到底，电动机就停止。当按到底时，电动机就由正转变为反转或由反转变为正转了。其他同图4-1a，读者可自行分析。

2. 自耦减压器的间接起动

电动机自耦减压器的起动控制电路见图4-2。

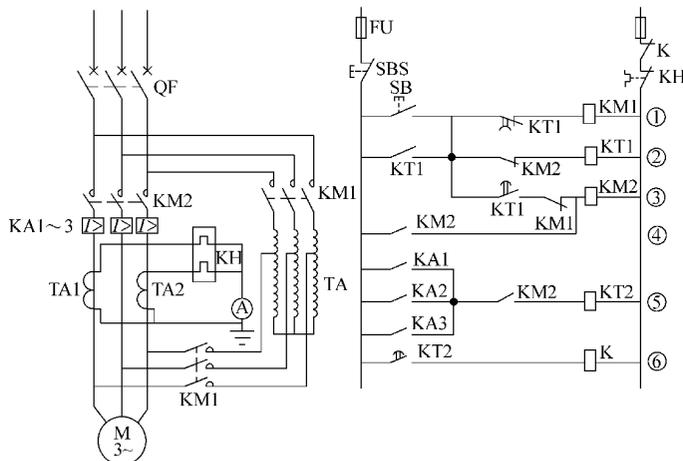


图4-2 电动机自耦减压器起动控制电路

1) 将QF合上，主电路有电，准备起动。

2) 按动SB，①控制电路被接通，六极接触器KM1经SBS、SB、时间继电器KT1动断触点 $\overline{KT1}$ 、KH动断触点和中间继电器K的动断触点得电吸合，电动机M经KM1的主触点与自耦变压器TA接通，电动机得到了经自耦变压器TA降压后的较低电压（电源电压的65%和80%）、小电流（较直接起动的起动电流）、低转速起动。同时②控制电路KT1经KM2动断触点得电吸合并开始延时；KT1动合触点瞬时闭合将SB短接，实现自保。在这个过程中，电流继电器KA和热继电器KH没有接入电路，因此不会发生起动时过载而误动作。

3) 当KT1到达整定时间时，①回路的动断触点KT1打开，使KM1失电。KM1失电后，TA退出运行且被KM1隔离，电动机惯性运转；而③回路的动合触点KT1闭合，同时KM1的动断触点复位使KM2得电吸合，④回路的动合触点KM2闭合自保，⑤回路KM2动合触点闭合，为KT2得电作准备。KM2将电动机接入额定电压运转。KM2得电后，②回路的动

断触点复位打开使 KT1 失电，其触点复位。

4) 当需要停车时，按动 SBS，控制电路失电，KM2 释放切断电源，电动机停止。

5) 当电路或电动机内部短路时，QF 跳闸，切断电动机电源，电动机停止；当电动机电流较大超过 KH 整定值 1.1 ~ 1.5 倍额定电流时，KH 动作，使控制电路失电，进而电动机停止；当电动机某相电流超过 2 倍额定电流时，由过电流继电器的 KA1 ~ KA3 动合触点组成的或门电路均使 KT2 得电吸合，只要过电流时间超过 KT2 整定值时，其动合触点 KT2 闭合，⑥回路 K 吸合，使控制电路动断触点打开而失电，KM2 失电，电动机停止，保护了电动机。图 4-2 中电流表Ⓐ是为测量中相电流而设置的，能测量正常运行时的电流以便监视运行。手动操作的起动机只是用手动操作使触点闭合，代替 KM1 和 KM2，人眼观察电流表或转速代替 KT1。

3. Y - Δ 起动器的间接起动（星 - 三角起动）

Y - Δ 起动器的起动电路如图 4-3 所示。

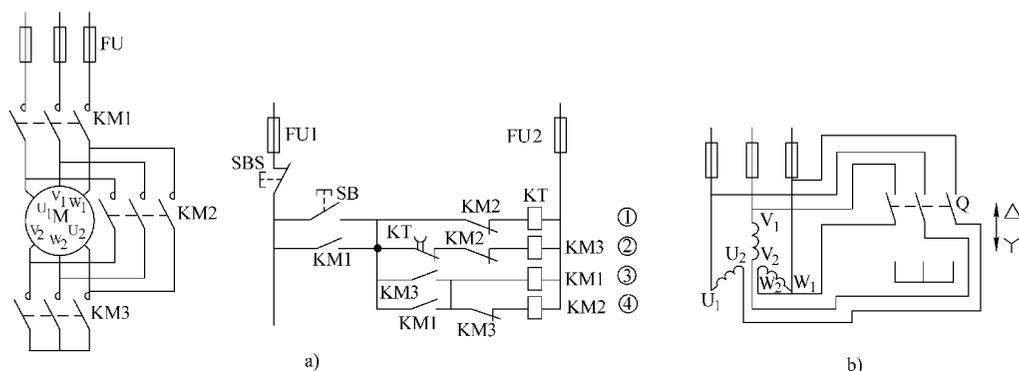


图 4-3 电动机 Y - Δ 起动控制电路

a) 自动电路 b) 手柄操作

1) 将 FU、FU1 装好后电路有电，准备起动。

2) 按动 SB，①控制电路的时间继电器 KT 经 KM2 动断触点得电吸合并开始计时；②控制电路的 KM3 经 KM2 动断触点、KT 延时打开的动断触点和 SB 得电吸合，KM3 主触点闭合将 M 的 U_2 、 V_2 、 W_2 引出端封为星点；③控制电路的 KM1 经已闭合的 KM3 动合触点和 SB 得电吸合，使电动机 U_1 、 V_1 、 W_1 接入主电源，M 作星形起动；④控制电路的 KM2 不会吸合，因为 KM3 动断触点已打开，KM2 和 KM3 是互锁的，不会同步吸合。

3) KT 经调整后的起动时间到达后，其②回路的动断触点打开，KM3 失电，电动机靠惯性运转，而 KM3 的动断触点复位，使 KM2 ④回路得电吸合，KM2 的主触点将电动机按 U_1/W_2 、 V_1/U_2 、 W_1/V_2 接为三角形，电动机继续运转，完成起动过程。KM2 吸合后其①回路的动断触头打开，KT 失电，②回路的动断触点也打开。

4) 发生短路时，FU 熔断，切断电动机电源。容量较大的电动机也可按图 4-2 设置断路器、电流继电器、热继电器进行保护。

5) 当需要停车时可按动 SBS 切断控制电源 KM1、KM2 失电，电动机停止。

4. 串联阻抗的间接起动

串联阻抗的起动电路如图 4-4 所示。

1) 闭合 QF，KM1 上闸口有电，M 准备起动。

2) 按 SB，KM1 得电吸合，M 在串联阻抗 R 和 L 下起动，电流较小；同时 KT 得电并开

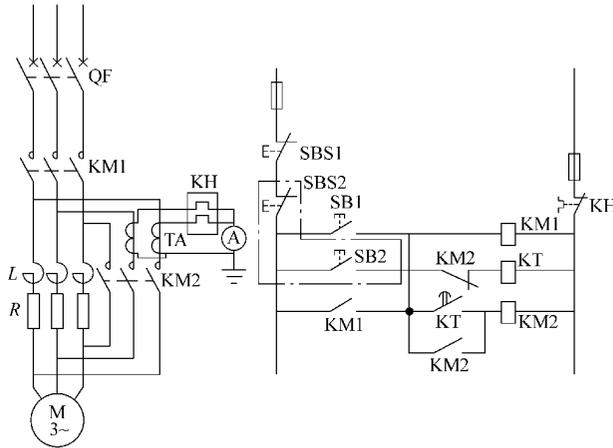


图 4-4 电动机串联阻抗起动控制电路（两地控制）

始延时；KM1 的动合触点将 SB 短接实现自保。

3) 到达 KT 整定时间后，其动合触点闭合，将 KM2 接通，KM2 主触点闭合将 R、L 短接，电动机完成起动，KM2 动合触点闭合实现自保，KM2 动断触点打开使 KT 失电。

4) 系统短路或过载时，QF 或 KH 动作，使电动机脱离电源。TA 和 KH 设置在 KM2 的回路里，使电动机起动时 KH 不误动。

5) 按动 SBS，电动机停止。

该电路具有两地控制功能，两个动断停止按钮（SBS1、SBS2）串联，两个动合按钮（SB1、SB2）并联，构成两地控制。

5. 绕线转子异步电动机常用起动电路

1) 转子串接电阻的起动电路见图 4-5。

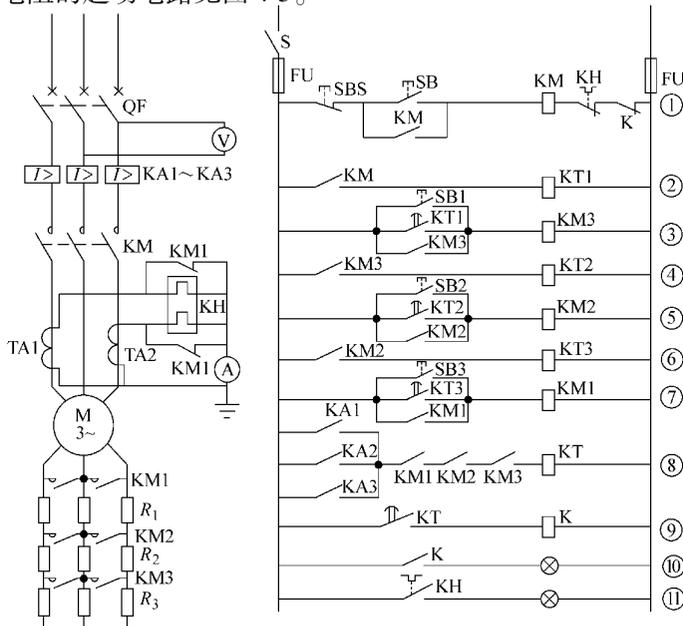


图4-5 绕线转子电动机串电阻起动控制电路（①~⑪为回路标号）

① 闭合 QF 和 S，准备起动。

② 按动 SB，KM1 得电吸合，电动机转子在 380V 电压下慢速起动（因转子串联了电阻），如果因电流超过 KA1 ~ KA3 的整定电流，KA 动作，但⑧回路中由于 KM1 ~ KM3 的动合触点不闭合而 KT 不动作，电动机不会停止。KM 吸合的同时，KT1 吸合并开始延时，到达整定时间后其动合触点闭合，使 KM3 得电吸合，其主触点闭合短接了 R_3 ，电动机转速增加；KM3 动合触点使 KT2 得电，延时后 KM2 吸合，短接 R_2 ，电动机又增速；KM2 动合触点使 KT3 得电，延时后 KM1 吸合短接 R_1 ，电动机完成起动过程，其中 SB1 ~ SB3 的设置是为手动增速而加的。

③ 系统发生短路和过载，QF 和 KH 动作，电动机失电停止。当有一相过电流时，KA 动作，这时 KM1 ~ KM3 的动合触点均已闭合，KT 得电延时，一旦到达整定时间，其动合触点闭合使 K 动作，K 的动断触点打开切断①回路中 KM 的电源，电动机停止。KM1 动断触点短接 KH，使起动时 KH 不动作，只有起动完成 KM1 才打开，这时电动机过载，KH 才起保护作用。

④ 需要停车时按动 SBS 即可。

2) 绕线转子电动机频敏变阻器起动电路见图 4-6。

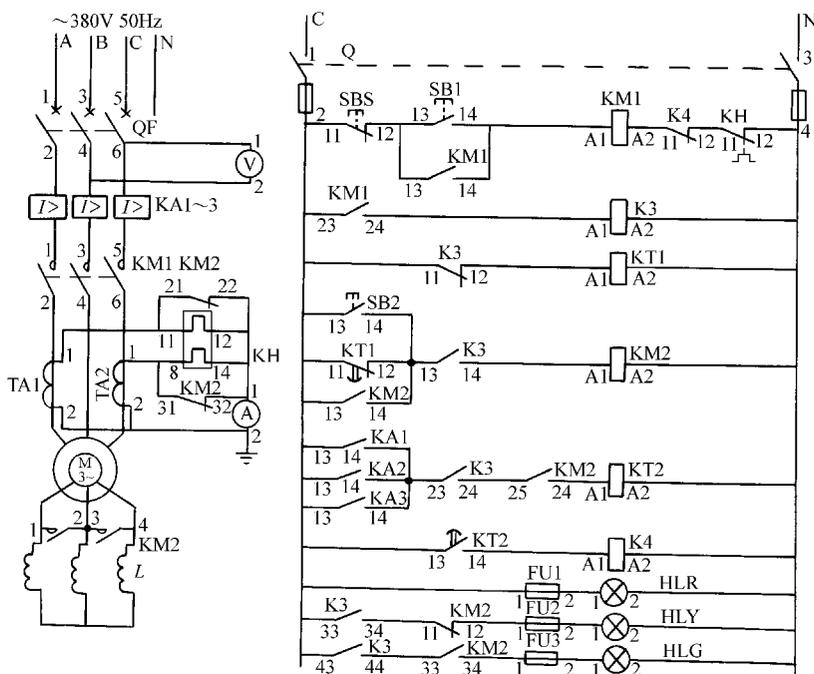


图 4-6 115kW 绕线转子电动机频敏变阻器起动原理图

① 主电路的设置和功能

a. 主电路设置低压断路器 QF 和接触器 KM1，转子回路设置 KM2 和频敏变阻器 L。QF 作为线路的总开关且保护短路，KM1 接通定子绕组起动电动机，L 限制转子电流，KM2 短接 L。

b. 主电路设置过电流继电器 KA1 ~ 3，保护过负荷。

c. 主电路设置电流互感器 TA1 ~ 2，为电流表 A 提供电流信号，同时串接热继电器 KH，

作为过负荷的后备保护和断相保护。

② 控制电路的功能和控制原理

a. 控制电路采用交流 220V 电源, 由 QF 上闸口供给, 由上闸口供给对维修和调试有很大的方便。

b. 起动时, 先闭合闸刀开关 Q, 接通控制电路电源, 这时时间继电器 KT1 被中间继电器 K3 (11 - 12) 动断触点接通有电, 其串接在接触器 KM2 回路中的 KT1 (11 - 12) 动断触点打开, 为短接 L 作准备。信号灯 HLR 点亮, 表示系统有电。

c. 将主电路的断路器闭合, 主电路有电, 按动起动按钮 SB1, 主接触器 KM1 回路为一通路, KM1 得电吸合, 将定子与电源接通, 电动机起动且转子串入 L 转动, 这时定子电流为 (3 ~ 5) 倍额定电流, 随着转速的增加定子电流在逐渐减小。同时, KM1 的辅助动合触点 (23 - 24) 闭合将中间继电器 K3 接通, K3 的动断触点 (11 - 12) 立即打开, KT1 失电且开始延时, K3 的动合触点 (13 - 14) 立即闭合, 为 KM2 吸合作准备。另外, KM1 (13 - 14) 闭合自保, K3 (23 - 24) 闭合, 为 KT2 得电作准备。

d. 电流接近额定电流时 (这段时间即为起动时间 t_1 , 也就是时间继电器 KT1 的整定时间), KT1 延时终止, 其动断触点 KT1 (11 - 12) 闭合, 使短接接触器 KM2 得电吸合, 其主触点闭合将 L 短接, 转子绕组封为星点, 电动机起动完毕。KM2 (23 - 24) 闭合, 为 KT2 得电作准备。

e. 起动过程中, 在 KM2 未通电前, 其并接在热元件 KH 两端的动断触点 (21 - 22) 和 (31 - 32) 是闭合的, 因此 KH 不会动作。也就是说, 由于起动电流的过负荷, 热继电器不动作。起动后, KM2 (21 - 22) 和 (31 - 32) 打开, 这时运行电流若超过热元件的动作电流, 热继电器动作, 其串接在主接触器 KM1 回路的动断触点 KH (11 - 12) 打开, KM1 断电, 切断定子电流, 电动机停止, 保护了电动机。

f. 起动过程中, 过电流继电器 KA1 ~ 3 由于起动电流的冲击均动作, 其触点 (13 - 14) 闭合, 这时 KT2 不会动作, 因为 KM2 (25 - 24) 没有闭合, KT2 的整定时间即允许过载时间 t_2 应大于 t_1 且小于电动机最大允许过载时间。起动后, 有一相过电流, 只要过电流时间达到 t_2 , 则 KT2 (13 - 14) 动合触点闭合, 中间继电器 K4 得电, 其动断触点 K4 (11 - 12) 打开, 切断 KM1 回路, 电动机停止, 保护了电动机。

g. 起动中, 由于某种原因, 电动机某相或电源某相断开, 则另两相电流增大, 只要有一个热元件动作, 电动机主电路便切断, 保护电动机。

h. 信号灯回路表示电动机的运行状态, 读者自行分析。SBS 为停车按钮, SB2 是为手动起动设置的短接 L 的按钮。

i. 系统发生短路时, QF 跳闸, 切断电机电源、保护电动机。

j. 电流表指示中相电流, 也就是每相的电流, 因为电动机为三相平衡负荷, 正常时, 三相电流是相等的。

6. 三台电动机循环定时工作控制电路

由于系统工艺要求, 对电动机的控制有一定要求, 如三台电动机为循环定时工作, 三台电动机容量较小, 均采用直接起动, 控制电路见图 4-7。

1) 起动前先将熔断器 FU 装好, K 得电, 其动合触头 K (2 - 4) 闭合, 控制电路有电, 时间继电器 KT4 得电, 其动断触点 KT4 (3 - 7) 打开, 动合触点 KT4 (29 - 31) 闭合, 为

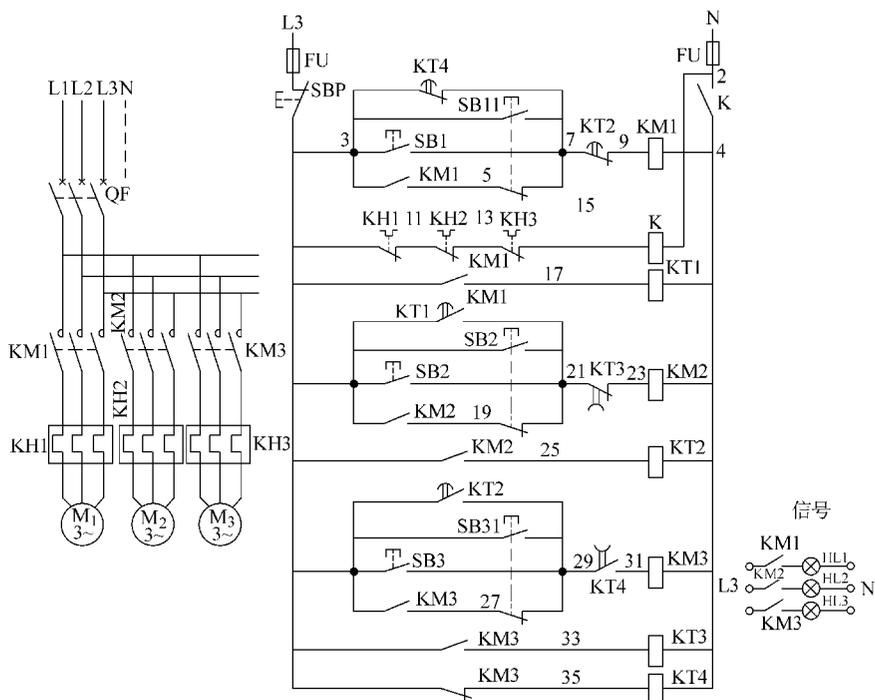


图 4-7 三台小型电动机循环定时工作线路图

KM1 自动得电、KM3 自动失电作准备。

2) 起动时将断路器 QF 闭合, 接触器 KM1 ~ KM3 上闸口有电, 为起动作准备。

3) 按下起动按钮 SB1, KM1 得电, 电动机 M_1 起动, 其动合触点 KM1 (3 - 5) 闭合自保, 动合触点 KM1 (3 - 17) 闭合, 使时间继电器 KT1 得电并开始延时。

4) 到达 KT1 整定时间后, 其动合触点 KT1 (3 - 21) 闭合, KM2 得电, 电动机 M_2 起动。KM2 动合触点 (3 - 19) 闭合自保, 动合触点 KM2 (3 - 25) 闭合, 使时间继电器 KT2 得电并开始延时。

5) 到达 KT2 整定时间后, 其动合触点 KT2 (3 - 29) 闭合, KM3 得电, 电动机 M_3 起动, 同时 KT2 动断触点 (7 - 9) 打开, KM1 失电, M_1 停转同时 KT1 失电, 其触点复位, 为下次动作作准备。KM3 (3 - 27) 动合触点闭合自保, 动合触点 KM3 (3 - 33) 闭合, 使时间继电器 KT3 得电并开始延时。动断触点 KM3 (3 - 35) 打开, 使时间继电器 KT4 失电并开始延时。

6) 到达 KT3 整定时间后, 其动断触点 KT3 (21 - 23) 打开, KM2 失电, M_2 停转。同时 KT2 失电, 其触点复位, 为下次动作作准备。

7) 到达 KT4 整定时间后, 其动合触点 KT4 (29 - 31) 打开, KM3 失电, M_3 停转, 同时 KT4 动断触点 (3 - 7) 闭合, 接通了 KM1 的回路, KM1 重新自动得电, 开始第二个循环工作。KM3 失电后, 其触点 (3 - 33)、(3 - 35) 复位, 使 KT3 失电, KT4 得电, 为下一循环作准备。

8) 运行中, 任一电动机过负荷, KH 动作, 将中间继电器 K 断电, 其触点 K (2 - 4) 将控制电路的电源断开, 接触器失电, 电动机全都停止。运行中需要停车时, 按动停止按钮 SBS, 断开控制回路电源, 接触器失电, 电动机停止。

9) SB2 和 SB3 的设置可使系统从任一电动机开始循环工作, 再者是当时间继电器有失灵者可将时间继电器触点短接后手动循环工作, 不影响工艺流程。

10) 信号灯表示过负荷电动机的过负荷信号, 复位后可从该台电动机开始循环工作, 即按动该台电动机的起动手按钮 SB。

11) 点动按钮 SB11、SB21、SB31 的设置是为了调整试车而设置的, 按动该按钮时只能点动而不能进入循环工作。

12) 时间继电器均为长延时 (0 ~ 360s) 器件, 其中 KT1、KT2、KT3 为得电延时器件, KT4 为断电延时器件。每只时间继电器的整定时间均按工艺要求进行。

7. 多台电动机顺序起动控制电路 (见图 4-8)

1) 起动前先将熔断器 FU 装好, 控制电路有电。这时中间继电器 K1 得电吸合, 其动合触点 K1 (2-4) 闭合, 将电源接通。

2) 时间继电器 KT3 得电吸合, 其动合触点 KT3 (13-15)、(23-27) 吸合, 为时间继电器 KT1、KT2 工作作准备。因接触器 KM1、KM2 的辅助触点 KM1 (23-25)、KM2 (由 K2 实现) (31-33) 分别串接在 KM2 和 KM3 的线圈电路里, 因此 M_2 和 M_3 不能先行起动, 只能先起动 M_1 。起动时先闭合 QF, 接触器上闸口有电。

3) 按动按钮 SB1, KM1 得电吸合, M_1 直接起动。KM1 吸合后, 其辅助触点 KM1 (11-13) 闭合自保, KM1 (23-25) 闭合, 为 KM2 得电作准备, KM1 (1-39) 打开。同时时间继电器 KT1 得电吸合并开始延时, 为 M_2 自动起动作准备。

4) KT1 的整定时间达到后, 其动合触点 KT1 (21-23) 闭合, 使 KM2 得电吸合, M_2 直接起动。KM2 (21-23) 闭合自保, KM2 (1-41) 闭合, 使中间继电器 K2 得电吸合 (补充 KM2 辅助触点不足), 其动合触点 K2 (31-33) 闭合, 为 KM3 得电作准备, 动合触点 K2 (1-11) 闭合将 KT1 失电回路封死, 使 M_1 不能停车。KM2 的动断触头 KM2 (1-39) 打开, 为 KT3 失电作准备。同时时间继电器 KT2 得电吸合并开始延时, 为 M_3 自动起动作准备。

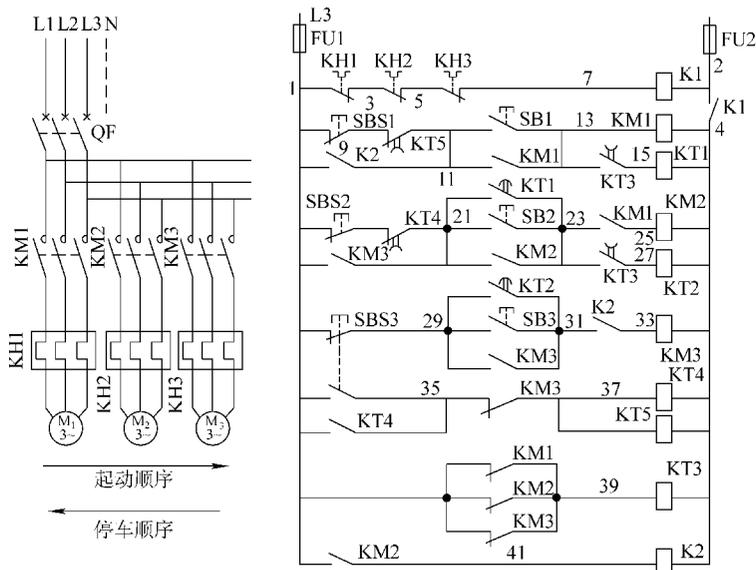


图 4-8 多台电动机顺序起动控制电路原理图

5) KT2 的整定时间达到后,其动合触点 KT2 (29-31) 闭合,使 KM3 得电吸合, M_3 直接起动。KM3 (29-31) 闭合自保,动断触点 KM3 (35-37) 打开,使停车时间继电器 KT4、KT5 不能得电。KM3 (1-39) 打开,这样时间继电器 KT3 失电,并且开始延时。到达 KT3 整定时间后,其动断触点 KT3 (13-15)、(23-27) 打开,切断 KT1 和 KT2,其动合触点 KT1 (21-23)、KT2 (29-31) 打开,准备下次工作。

这样, M_1 、 M_2 和 M_3 按控制程序一一起动,运行过程中,有一电动机过负荷, KH 动作,将 K1 断电,其动合触点 K1 (2-4) 打开,断开控制电路电源,过负荷电动机停止,所有继电器复位,准备重新起动。

6) 运行中,如需要停车,可按动停车按钮 SBS3、KM3 失电,电动机 M_3 停止,因 SBS3 是双联(一动断、一动合)按钮,动断打开后动合闭合,这时注意到 KM3 (35-37) 由于 KM3 失电而闭合, KM3 (1-21) 则打开。KT4 和 KT5 同时得电吸合并开始延时,由于 KT5 的整定时间大于 KT4 的整定时间,因此 KT4 (19-21) 到达整定时间后先打开,切断 KM2 的电源, M_2 停止,同时 K2 (1-11) 打开为 KM1 停止工作作准备。到达 KT5 整定时间后,KT5 (9-11) 打开,切断 KM1 的电源, M_3 停止,这样 M_3 、 M_2 、 M_1 按顺序一一停车。停车后继电器复位,准备下次起动,且重复以上的动作。

7) 时间继电器的整定值是按工艺要求决定的,一般情况下,KT1、KT2、KT3 的整定值基本相等,KT5 整定值大于 KT4 整定值,同时 KT4 和 KT5 的整定值应小于 KT1、KT2、KT3 的整定值。

8) 按钮 SBS1、SBS2、SB2、SB3 的设置是为了时间继电器故障时,可将延时触点暂时短接,便可用按钮进行手动操作,保证工艺流程的进行。

9) 该电路程序起动的基本要点是 KM1 动合触点 (23-25) 串联在 KM2 线圈回路里,与 KM2 同步动作的 K2 动合触点 (31-33) 串联在 KM3 线圈回路里。程序停车的基本要点是 KM3 动合触点 (1-21) 并联在 KM2 的断电触点上, K2 动合触点 (1-11) 并联在 KM1 的断电触点上。另外, SBS3 是双联按钮,动合动断触点同时运作,但动断先于动合断开。

8. 多台电动机的联锁起动及控制

多台小型电动机传动的系统,由于设备的要求,如输煤廊的带式输送机,电动机的起停都有一定的顺序,也就是说第一台起动以后,第二台才能起动;停止时第二台停止后第一台才能停止。多台电动机的联锁都采用直接起动,调节元件及参数同前。联锁起动的控制电路较复杂,图 4-9 为三台电动机顺序起动及控制电路,可以看出控制电路中是把已经起动了的电动机的主接触器的动合辅助触点串联在即将起动电动机控制电路的自保电路中,这样这台电动机在上一台电动机没有起动前只能点动试车,而不能连续运转;同时可以看出控制电路中是把已经停止了电动机的动合辅助触头并联在即将停止电动机的停止按钮上,这样这台电动机在下一台电动机没有停止前是不能停车的,因为两条停车回路都是接通的。读者可以自行分析电路的工作原理。

9. 多速电动机的起动和控制

多速电动机是采用改变电动机极对数的方法而达到有级变速的,一般采用直接起动。

1) 双速电动机的起动控制电路见图 4-10,可以看出,它是将电动机的内部引线全部引至电动机外面,利用接触器的切换来改变电动机绕组的接法而改变转速的。慢速时只有

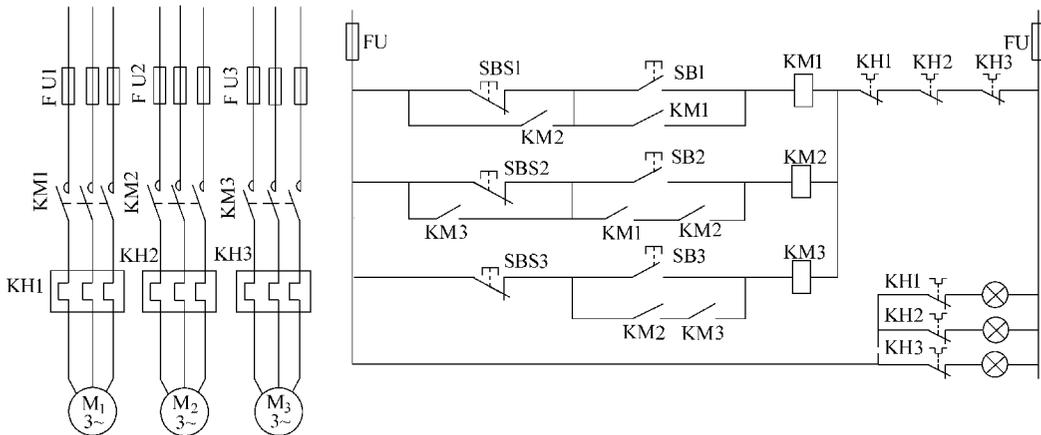


图 4-9 三台电动机的联锁控制电路

KM1 吸合，电动机接成 Δ 形 4 极，快速时 KM1 断开，KM2 吸合，电动机接成双 Y 形 2 极。KM2 为六极接触器。

2) 三速电动机的起动控制电路见图 4-11，图中也采用了多极接触器，如果没有多极接触器也可用三极接触器来组合。慢速时只有 KM1 吸合，电动机接成 Δ 形，中速时只有 KM2 吸合，电动机接成 Y 形，高速时只有 KM3 吸合，电机接成双 Y。

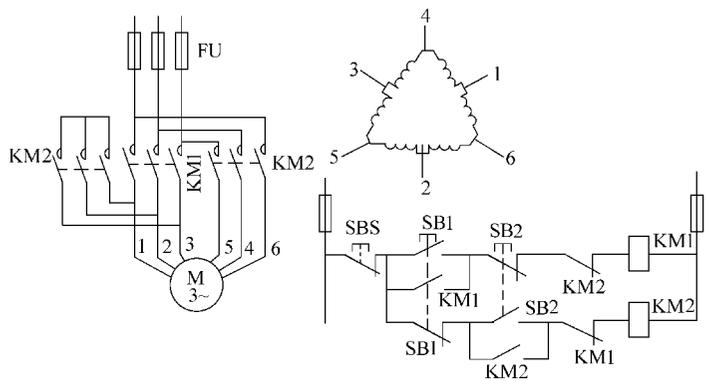


图 4-10 双速电动机的起动控制电路

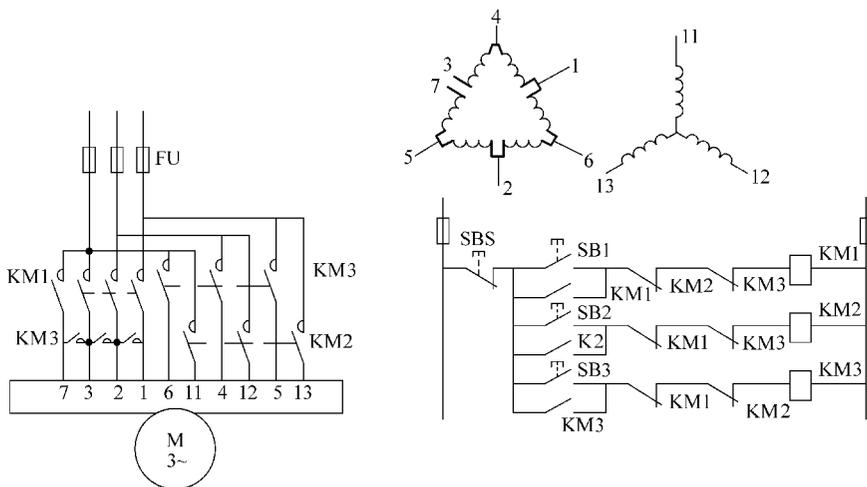


图 4-11 三速电动机的起动控制电路

3) 四速电动机的起动控制电路见图 4-12。四速电动机有 25 个出线端，为了控制可靠，

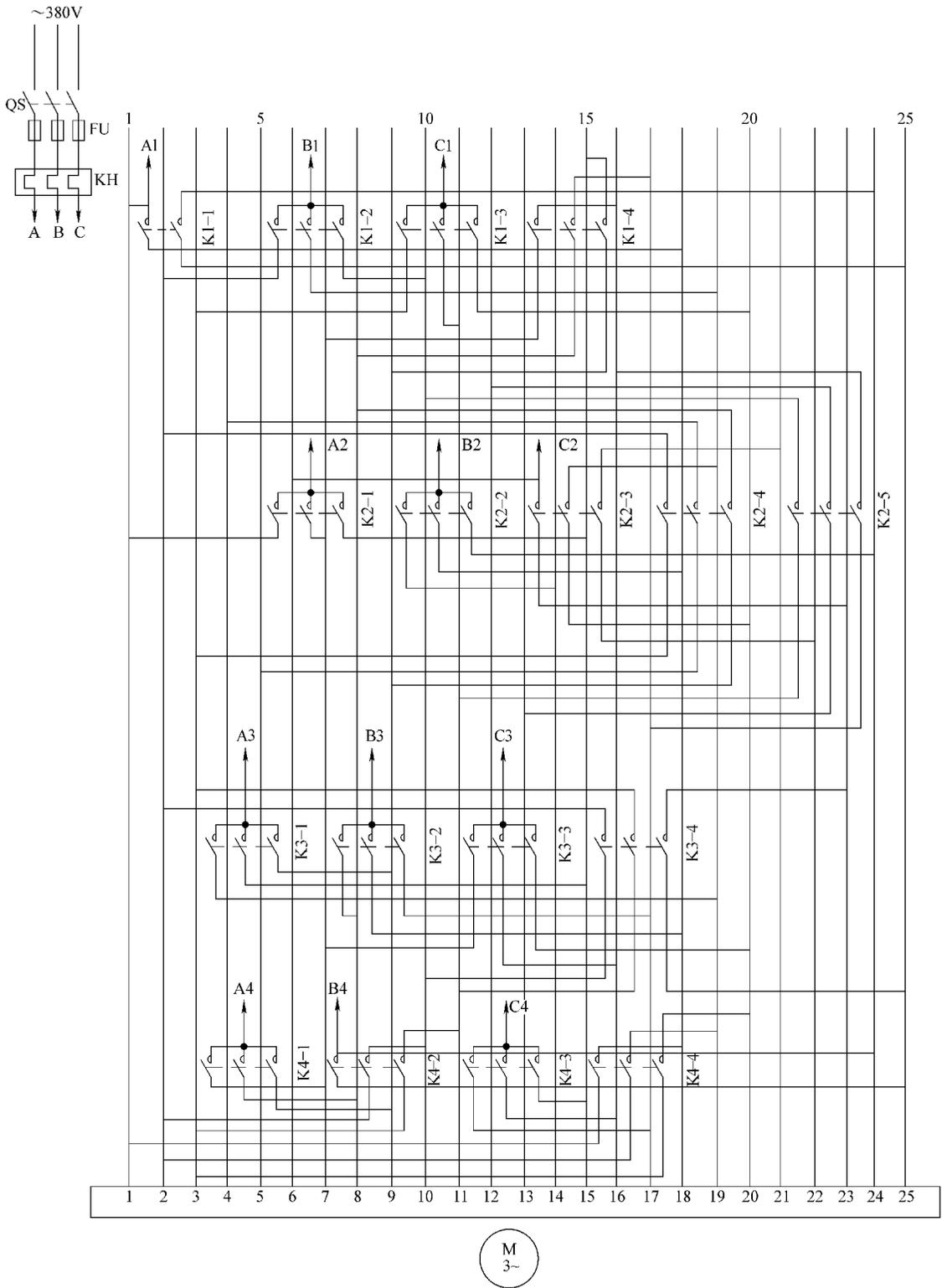


图 4-12 四速电动机的起动控制电路

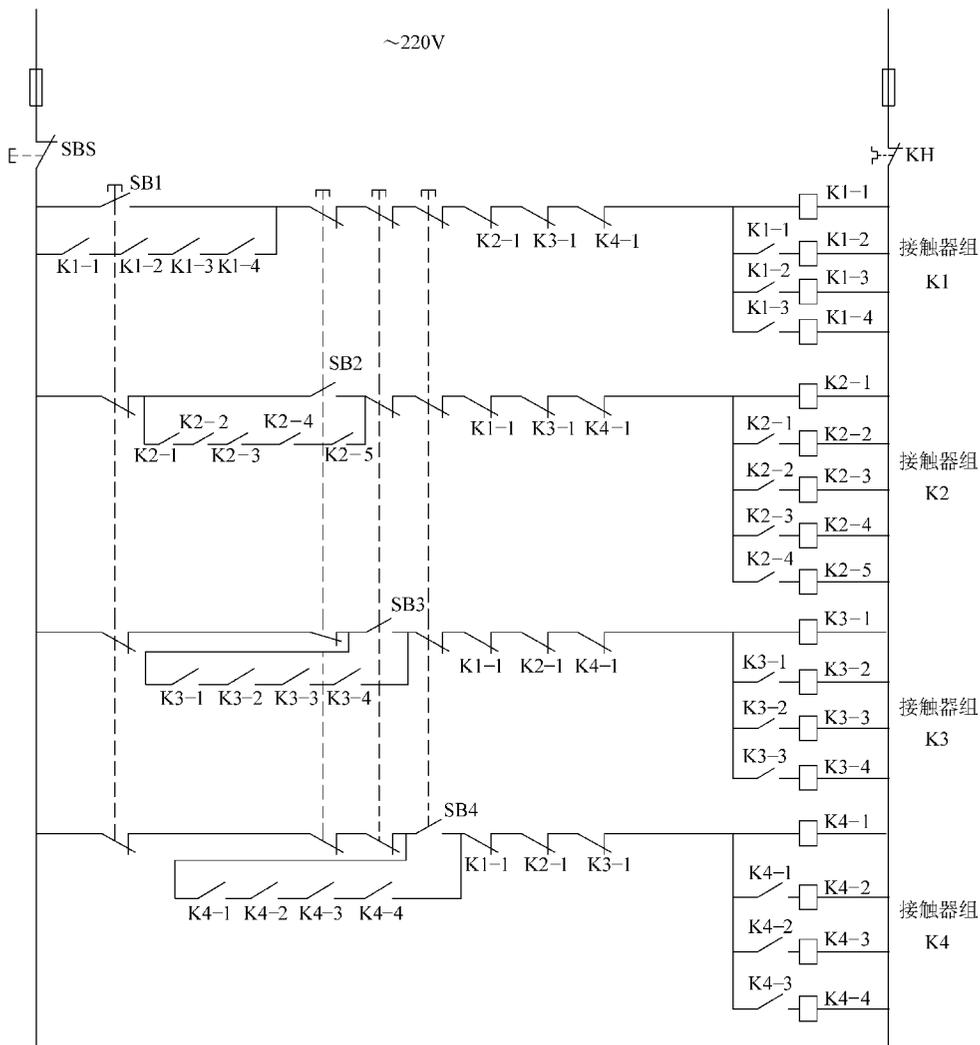


图 4-12 四速电动机的起动控制电路 (续)

通常采用单独的接触器组控制，不相互关联，且控制电路有联锁装置，杜绝误动作。接触器组 K1 吸合时，电动机接成 Δ 形 4 极，接触器组 K2 吸合时，电动机接成 2 Δ 形 6 极，接触器组 K3 吸合时，电动机接成 Δ 8 极，接触器组 K4 吸合时，电动机接成 3 Υ 形 12 极。

由图可见，接触器组的同步性必须良好可靠，包括辅助触点在内，必须经试验合格。

10. 延边三角形起动及控制 (见图 4-13)

起动时，KM1 和 KM2 吸合，定子绕组一部分接成 Δ 形，总体上接成 Υ 形，电动机在减压后起动，当转速或电流达到近似额定值时，KM2 释放，而 KM3 吸合，并通过 KM1 将电动机接成 Δ ，电动机全压运行。电动机绕组接成延边 Δ 时，每相绕组的电压、起动电流及起动转矩的大小，是根据每相绕组两部分的比例即抽头比决定的，可根据负载的实际情况进行调节。抽头的比例可为 1:1、1:2、1:3、2:1 等，其每相绕组的电压分别为直接起动的 71%、78%、84%、66% 等。延边 Δ 起动性能好，且不增加起动设备，但是由于电动机构造不普及，也限制了它的应用。图中 KH 的整定应按相电流整定。

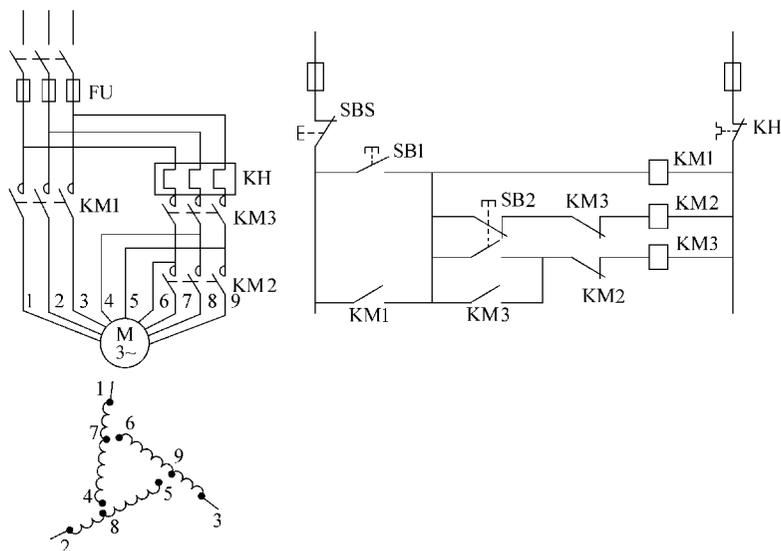


图 4-13 电动机延边三角形起动控制电路

11. 电磁调速电动机的起动及控制

电磁调速电动机的控制是与电动机的功率及用途有关的，有的用于 0.6 ~ 30kW 单机无级恒速控制，有的用于 40 ~ 100kW 单机双速控制，有的用于多机同步控制，还有的用于船用电动机的控制等。现以常用的 ZLK - 1 型晶闸管控制器，说明工作原理及调试方法，图 4-14

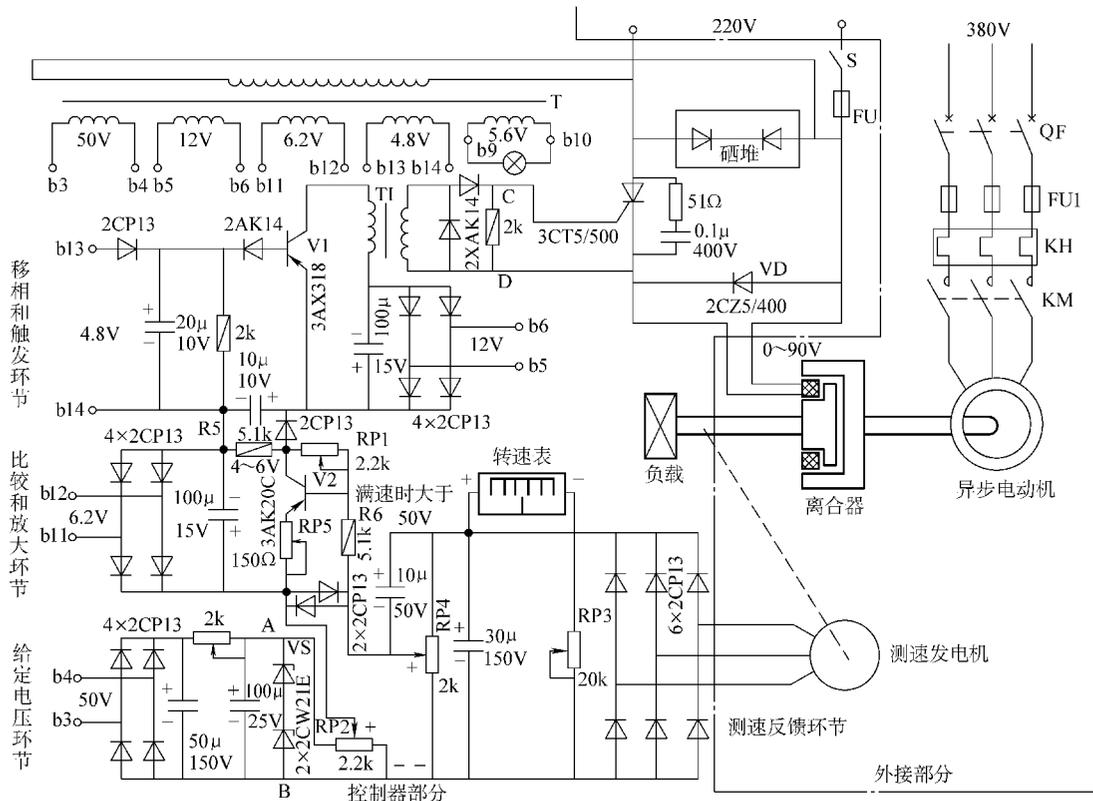


图 4-14 电磁调速电动机的起动控制电路

分两部分，第一部分是主拖部分，和直接起动相同；第二部分是控制调速部分，是由测速反馈、给定、比较放大、移相触发及电源五部分组成；它的调速过程是给离合器的励磁线圈通以直流电流，电流的大小可调节离合器的输出转矩和转速，离合器的电枢和主拖电动机同轴，因此可调节主拖电动机的转速。离合器的结构近似直流电动机，是由电枢、磁极和励磁线圈等部件组成，并和主拖电动机同轴。起动时先将控制器的电源接通，并将速度给定旋钮（电位器）先调至较低的速度档，然后起动主拖电动机；主拖电动机起动后，便可再次调节电位器，电动机即可工作在给定速度的范围内，并通过电位器的调节，在调速范围内任意无级调速。

调节转速时，可转动电位器旋钮，增加或减小给定电压，经晶体管 V2 放大后输入触发器的控制电压就增加或减小，触发脉冲就前移或后移，晶闸管的触发延迟角 α 则减小或增加，离合器的励磁电流就增加或减小，转速就增加或减小。

当离合器上的负载（也就是电动机的负载）增加或减小时，其转速就要下降或上升，测速发电机的输出电压就要减小或增加，因给定电位器未动，因此给定电压与测速电压的差就要增大或减小，这样 V2 的输入信号就要增大或减小，进而导致触发脉冲的前移或后移，晶闸管的触发延迟角 α 减小或增加，离合器的励磁电流就要增加或减小，转速就要上升或下降，上升或下降的转速与因为负载变化而引至转速的下降或上升互相弥补，保持了转速的不变，这就叫作速度负反馈，或电压负反馈。系统引入负反馈以后，增加了电动机及系统的机械特性的硬度，也就是负载的变化，不会引起转速的变化，这在自动控制系统中应用很广。

控制器测试可先将其电源接通，调节电位器，即可在输出端 AB 点用直流电压表看到变化的直流电压；也可在脉冲输出端 CD 点用示波器观察脉冲的变化；也可将测速发电机的输出线与控制器的接好，手转动电动机转动，即可用电压表或控制器上的转速表（实际上也是一块电压表，但用转速刻度）观察到电压或转速的变化。同时可用电压表测量变压器各个二次线圈的电压，应和图中标注相同。

12. 电动机常用的几种辅助电路

1) 机械制动电路：见图 4-15，机械制动使用电磁抱闸，有断电制动和通电制动两种：一是要调整抱闸和抱轮的间隙且使其同心；二是要通电或断电试验电磁铁的吸合是否可靠。

2) 能耗制动电路：见图 4-16，是在电动机断电的同时给定子绕组通以直流，产生一个静止的磁场，惯性转动的转子便感生电流并产生与原转动方向相反的转矩，使电动机制动。

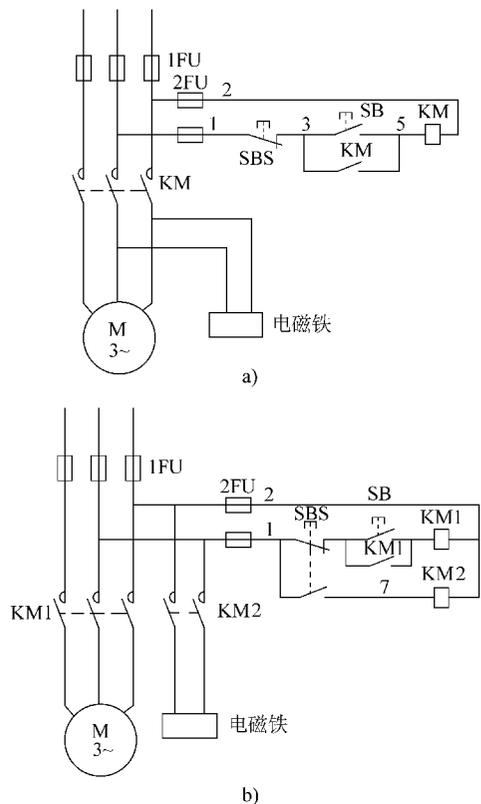


图 4-15 电磁抱闸制动控制电路

a) 在电源切断情况下起制动作用

b) 在有电源时起制动作用

调整的参数是制动时间及 R 的调整, 制动时间一般为 $2s$ 左右, 两者均应在电动机断电时实测。

3) 单相或断相保护: 见图 4-17 也叫做零序保护, 通过中性点或人为中性点在断相时产生的不平衡电压使中间继电器动作, 进而使电源跳闸。中间继电器动作电压的选择应在电动机断相时实测, 一般为 $12 \sim 24V$ 。实测时可人为地将其电源断相, 而测量中性点电压, 见图 4-18。电动机正常运转时, 操作 SBS2 即时读取电压表的读数, 操作时间越短越好。

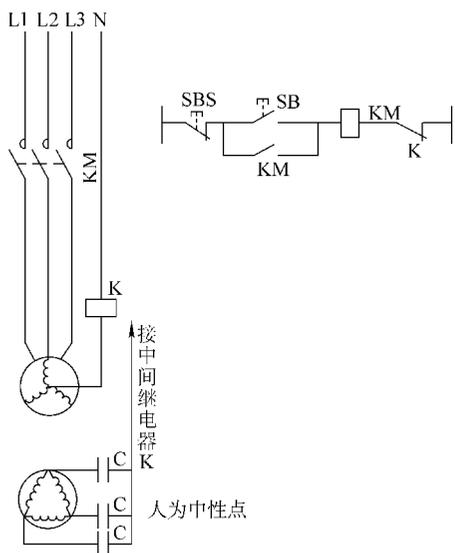


图 4-17 断相保护电路

4) 具有点动功能的自动往返电路的调整: 见图 4-19, 主要是测试行程开关本身动作的可靠性和撞块压迫行程开关动作的正确性, 其他同直接起动电路。调速时应用点动按钮, 使电动机转动, 仔细观察撞块压迫行程开关时的情况, 然后再调整撞块的形态或位置, 或调速行程开关的安装位置。

13. 直流电动机的起动及控制

直流电动机有直接起动、电枢回路串联电阻起动和减压起动等几种; 直流电动机的电源, 一般 $10kW$ 以下的采用单相全控桥式整流电源、 $10 \sim 300kW$ 采用三相全控或半控桥式整流电源、 $300kW$ 以上常采用三相或多相全控

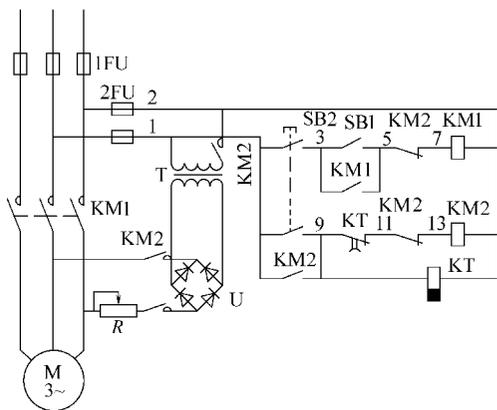


图 4-16 能耗制动控制电路

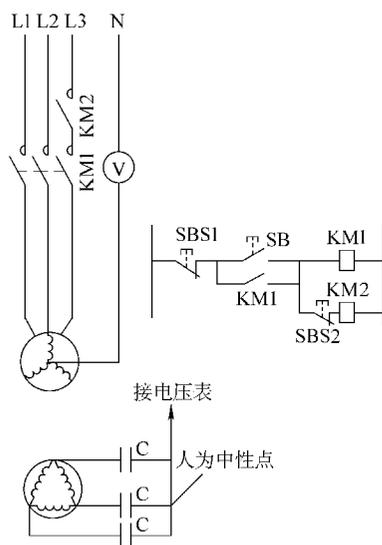


图 4-18 断相保护的调整

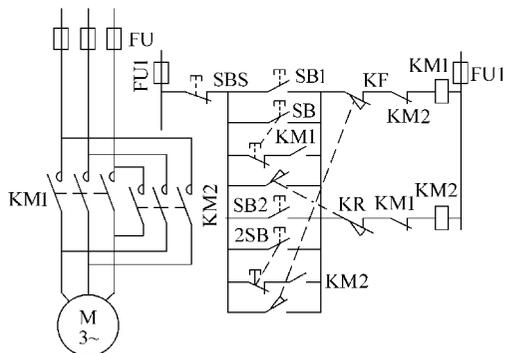


图 4-19 具有点动功能的自动往返电路

桥式整流电源。在中小型直流电动机较多和电解工艺为主的场所，如铝厂，或是造纸、化工等要求调速传动较多的专业厂常采用硅整流所直接提供直流电源，有的也采用直流发电机组提供直流电源；直流电动机的接法又分并励、串励、复励及他励几种。上述三个原因导致了直流传动系统的复杂和难度，再加上直流电动机的构造和价格较交流电动机复杂和昂贵，便限制了直流传动系统的应用。本节只就常用直流电动机的起动及控制作一介绍。

1) 串联电阻起动：手动起动电路，见图 4-20 ~ 图 4-22。自动起动电路，见图 4-23 和图 4-24。

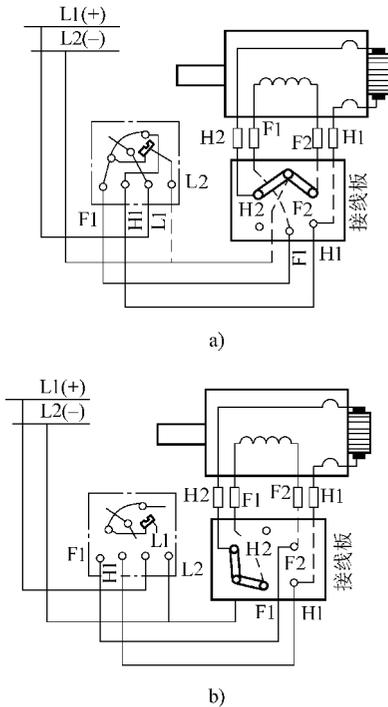


图 4-20 并励电动机接线图

a) 正转 b) 反转

注：如系他励电动机，并励绕组由外电源供电，绕组的出线标记用 T1、T2（或 W1、W2）来表示，或他励有二种电压，其二组绕组用 T1、T2（或 W1、W2）、T3、T4（或 W3、W4）来表示。

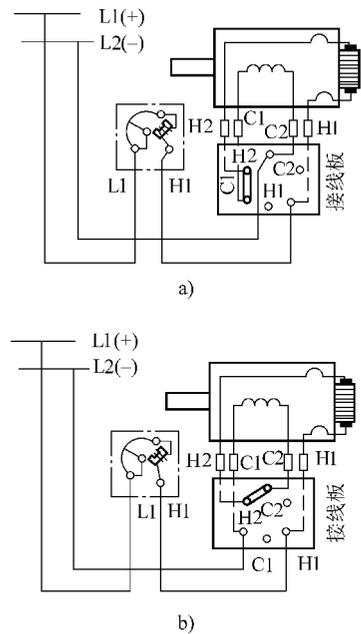


图 4-21 串励电动机接线图

a) 正转 b) 反转

注：如系他励电动机，并励绕组由外电源直接供电，励磁绕组不可与 H1、H2 及 C1、C2 并接，其出线标记用 T1、T2（或 W1、W2）来表示。

手动起动电路的主电路常用熔断器或自动断路器保护短路和过载。起动时，将起动器手柄逐级转动，且在每个级（触点）上停留约 2s，直到最后一级被低压释放器吸住为止。这里要注意，并励电动机的励磁回路不得断开；串励电动机不允许空载或轻载起动，避免飞车。

自动起动电路主电路常用熔断器或自动断路器保护短路和过载，并用电流继电器保护过电流，控制电路调节元件有时间继电器、欠电流继电器、零位保护继电器。调节方法及参数基本同异步电动机，不同的是所有继电器和接触器均采用直流驱动。起动时是先将额定直流电源加在励磁电路、主电路及控制电路上，电动机在串联全部电阻下慢速起动，起动电流在

电阻上的压降使时间继电器动作，经延时后逐级将电阻短接，电动机则逐级加速，直到额定转速，电动机起动完毕。电路简单可靠，且不受负载大小变化的影响，在实际中应用很广。

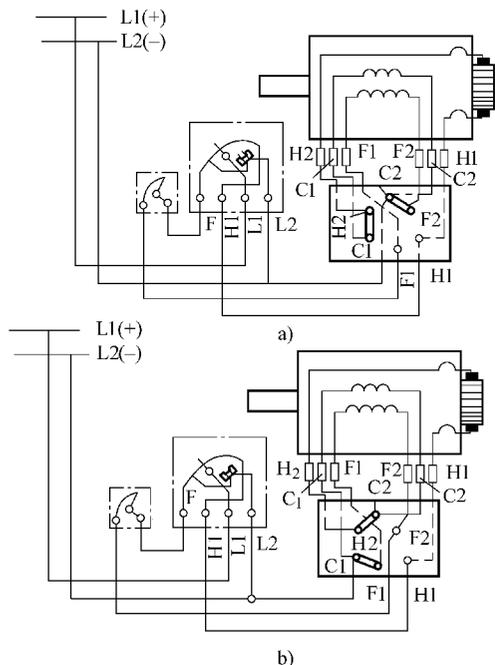


图 4-22 复励电动机接线图
a) 正转 b) 反转

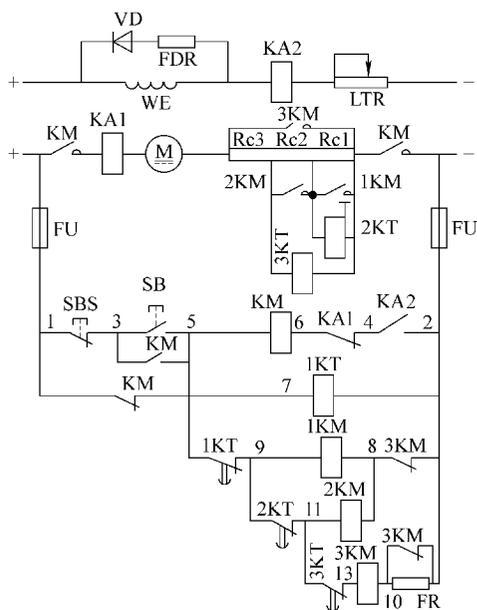


图 4-23 直流电动机时间继电器自动起动电路

2) 减压起动：减压起动大都采用晶闸管整流电源，通过触发脉冲的前移或后移改变电动机电枢的电压使电动机减压起动。

14. 同步电动机的起动及控制

低压同步电动机的起动常采用异步起动，也就是和异步电动机的起动方法相同，当接近同步转速时，在转子励磁绕组中通入直流电流，使同步电动机进入同步运行，这便叫做异步起动，同步运行。

1) 直接起动：即在全压下起动，当电动机达到准同步速度（一般转速达到 0.95 ~ 0.98 额定转速）时即供给励磁，然后牵入同步运行。直接起动的电路及设备同异步电动机，但能否直接起动主要取决于电动机的结构是否允许直接起动、起动转矩能否满足负载的要求及起动时母线上的电压下降的程度三点。

如果母线的短路容量与电动机的起动容量不相适应，则母线电压降会超过允许值，有碍于系统的

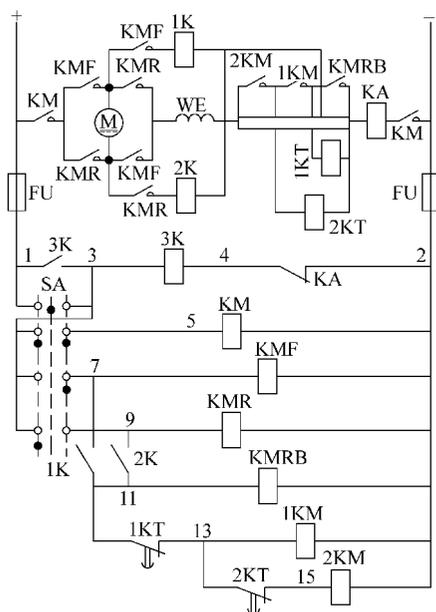


图 4-24 直流电动机具有反接制动的自动控制电路

运行。因此，能否直接起动，可用下式确定：

$$\frac{S_K + Q_H}{S_M + S_K + Q_H} \geq a$$

式中 S_K ——母线的短路容量 (kVA)；

Q_H ——母线的无功负荷 (kvar)；

S_M ——电机的起动容量 (kW)；

a ——母线允许的最低电压相对值。对于动力与照明混合用电的母线为 85%，电动机单独用电的母线为 80%。

2) 减压起动：即通过电阻、电抗器或自耦变压器，把电动机接到电网上，当加速到一定转速时，再切换到全压，电路及设备基本同异步电动机，见图 4-25 的主电路结构。

① 自耦变压器起动：先使零位接触器 $KM0$ 吸合，再使线路接触器 $KM1$ 吸合，这时经自耦变压器 T 把降低了的电压接到同步电动机的定子上。当转速加速到一定值时，先断开 $KM0$ ，电动机经 T 的一部分线圈接到电网上，这时 T 相当于一个电抗器，再使加速接触器 $KM2$ 吸合，电动机得全压。这里要注意， $KM0$ 断开后加到电动机上的电压，不应比断开前低； $KM2$ 合闸前， $KM0$ 必须可靠断开。

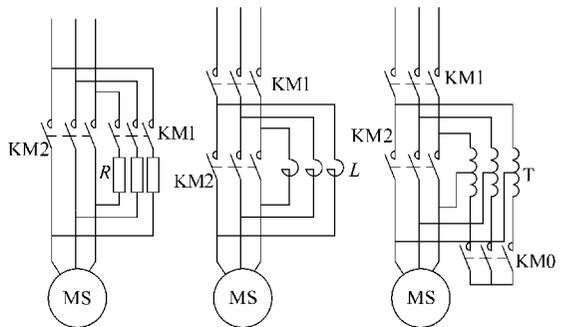


图 4-25 同步电动机减压起动方式

② 电抗器或电阻起动：先使线路接触器或起动接触器 $KM1$ 吸合，电动机经限流器接到电网上，随着电动机转速的增加，定子电流逐渐下降，电动机端电压逐渐增加。当加速到一定速度时，使加速接触器 $KM2$ 吸合，电动机得全压。其中电抗起动， $KM2$ 吸合后， $KM1$ 仍保持吸合。而电阻起动， $KM2$ 吸合后 $KM1$ 应断开。

③ 供给励磁的时间：一种是电动机在降低了的电压下加速到准同步速度时，供给励磁，使电动机进入同步，然后再接入全压，这叫做“轻载起动”。采用“轻载起动”可以用限流器减小励磁电流接入时引起的电流冲击。另一种是由于机械需要牵入的转矩较大，电动机在降压时所产生的转矩，不能带动机械加速到准同步转速，这就需要采用“重载起动”。这就是在电动机接入全压后再加速到同步转速时，再供给励磁电流。

由此可见，采用何种起动方法，除考虑电动机构造、母线压降外，还要考虑负载的实际情况。

3) 励磁的方法：励磁有自励和他励两种，自励就是由和电动机同轴的励磁机励磁，他励则是由专用的直流电源励磁，一般常用成套的晶闸管整流装置。自励根据励磁机与同步电动机励磁绕组连接的方式，又分为固接、经电阻固接和非固接三种。

① 固接励磁：励磁机的电枢与同步电动机的励磁绕组直接连接，见图 4-26。电动机接通电源后，逐渐加速，当达到一定速度时，励磁机开始自励，电动机进入同步，只要励磁机励磁回路的电阻 R 调得合适，就可以避免励磁机过早的自励，又能保证不到准同步转速时供给同步电动机励磁。电动机轴上的阻转矩不超过电动机额定转矩的 0.4 倍时，可采用固接励磁，一般固接励磁适用于 2000kW 以下的轻载起动的电动机。

② 经电阻固接励磁：励磁机的电枢经放电电阻 R_{fd} 与电动机励磁绕组固接的连接，见图 4-27。电动机接通电源后，逐渐加速达到准同步速度后，励磁接触器 KM 的触点短接了 R_{fd} ，励磁机给电动机励磁，电动机进入同步。放电电阻的接入，避免了固接励磁的缺点，适当地选择 R_{fd} 的数值，可以改变电动机的起动特性。一般取 R_{fd}/R_L 为 6 ~ 10， R_L 为励磁绕组的直流电阻。

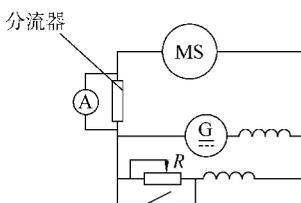


图 4-26 固接励磁接线图

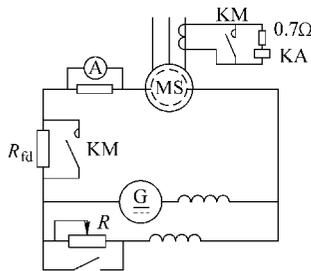


图 4-27 经电阻固接励磁接线图

③ 非固接励磁：励磁机与放电电阻不同时接在电动机励磁绕组上，见图 4-28。电动机起动时，励磁绕组并联在放电电阻 R_{fd} 上，当达到准同步转速时，励磁接触器 KM 吸合，使励磁机向励磁绕组供电，并断开放电电阻，电动机进入同步。这种电路可以在电动机内部故障断开时，励磁电流可以较快的减少到零。所以对具有差动保护的重要电动机常采用非固接线路。

④ 他励：见图 4-29，这种励磁方式克服了上述的缺点，并使同步电动机的体积大大减小，又便于调节，可成为自动励磁系统。但需要一套硅整流电源。电动机异步转速达到定值时，晶闸管触发导通，硅整流装置向励磁绕组提供直流电流，电动机进入同步运行。

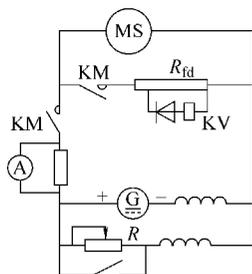


图 4-28 非固接励磁接线图

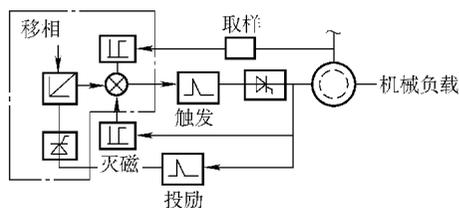


图 4-29 他励框图

4) 励磁供给的控制：电动机的异步转速接近同步转速并给以励磁电流时，电动机能否牵入同步并正常运行，决定于励磁电流供给的时刻与电动机的转差率，在最不利的条件下仍能保证牵入同步的最大转差率为临界转差率 (s_L)， s_L 可用经验公式计算：

$$s_L = \frac{243}{n_0} \sqrt{\frac{P_{\max} - 0.6P_f}{fGD^2}}$$

式中 n_0 ——同步转速 (r/min)；

P_{\max} ——在给定励磁电流下牵入同步的功率最大值 (kW)；

P_f ——负载功率 (kW)；

f ——电源频率 (Hz)；

GD^2 ——电动机及拖动系统的飞轮矩 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)。

① 按定子电流控制：见图 4-27，KA 为一普通 LJ 型电流继电器，电动机起动之初，定子电流很大，使其吸合；随着电动机转速的逐渐增加，电流则逐渐下降，当接近同步转速时，电流很快降至最小值，继电器释放，使励磁接触器 KM 吸上，电动机进入同步。电流继电器释放值一般整定为 1.5~2 倍电动机额定电流。

② 按转子电流频率控制：见图 4-28，KV 为普通的 JT3 带铜套的直流电压继电器，在电动机起动开始的瞬间，立即吸合，在二极管不导电的半周时，由铜套中的感应电流产生的磁通，使继电器保持着。随着电动机转速的逐渐增加，转子电流的频率逐渐下降。接近同步转速时，二极管不导电半周的时间增加到继电器不能保持的程度，继电器释放励磁接触器 KM 接通。实际上继电器是在不导电半周的末尾释放的，图中标志的极性，能保证励磁电流接入的时间和相位最有利，即分离角为零。

③ 采用他励时，则将定子电流或转子电流频率的变化经传感器变成电信号，使励磁可靠接入，见图 4-29。

④ 正常运行中励磁的调节：同步电动机在过励磁下工作时，可向电网送出无功功率，节电效果是很显著的。如果电动机轴上负载不变，也就是有功电流不变，而励磁电流变化时，负载电流（包括无功电流）则不变。励磁电流增大，定子电流超前，送出无功功率；励磁电流减少，定子电流滞后，吸收无功功率。因此，运行中的同步电动机一般将励磁电流调到大于额定值。

15. 起重设备电动机的控制电路

(1) 凸轮控制器的电气电路

凸轮控制器是电动起重机械中控制电动机起动、调速、停止、正反运行的专用装置，它是通过凸轮的转动而带动触点的闭合与打开，从而使电源接通或短接电阻。凸轮控制器的基本接线见图 4-30。

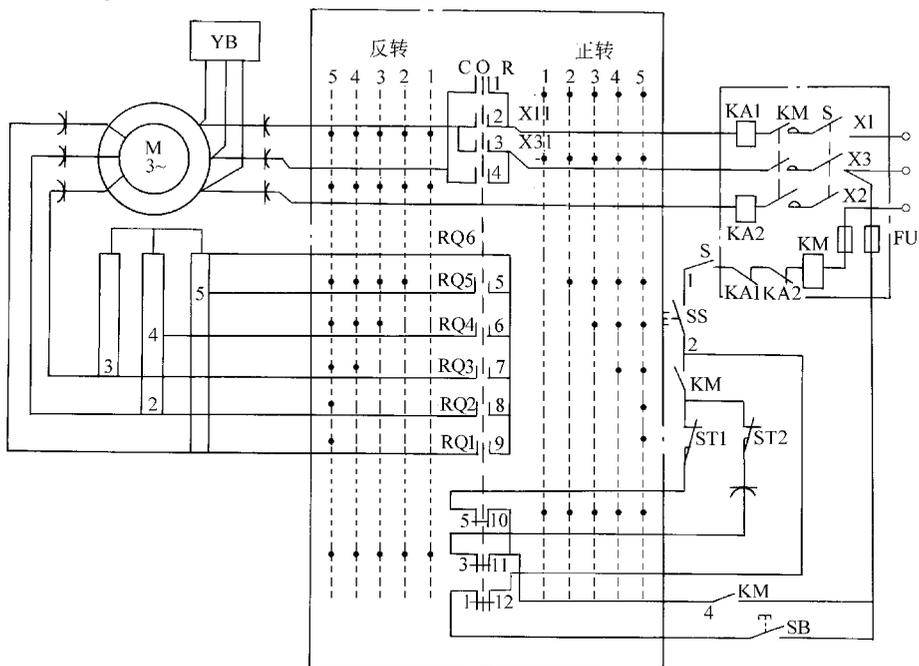


图 4-30 凸轮控制器原理接线图

凸轮控制器一般有 12 副触点,且每副触点均有正反方向闭合的功能且正反方向联锁。其 1~4[#]触点是接通和切断电动机定子回路的,只控制电动机的两相,另一相不经过触点控制,直接由电源接至电动机定子,这是起重机械中电动机接线的一个特点。5~9[#]触点是分段切除转子串接电阻的;10~12[#]触点均为动断触点,是用在保护回路的。图中标有 \blacklozenge 的位置则表示该触点在这个位置是接通的,而标有 + 的位置则表示该触点在这个位置是断开的。而动断触点 10~12[#]在“0”位时是接通的。

下面我们分析凸轮控制器的工作原理。

1) 凸轮控制器是与交流接触器配合使用的。由图可知,接触器的线圈经过按钮 SB、行程开关 ST1 和 ST2 以及凸轮控制器的三副动断触点组成了控制电路。在“0”位时,10~12[#]触点是闭合的,操作按钮 SB。电流经 X3、FU、SB、12[#]触点、SS(紧急开关,已闭合)、S(舱门开关,已闭合)、KA1、KA2 与线圈形成回路,接触器吸合。同时,接触器的两副动合辅助触点 KM 闭合自保。这样当凸轮无论转向正或反时,12[#]触点打开而接触器线圈仍有电吸合。假如转向正转位置 1 时,这时 12[#]、11[#]触点打开,而 10[#]触点闭合,电流经 X3、FU、辅助触点 KM、10[#]触点、ST1、辅助触点 KM、SS、S、KA1、KA2 与线圈形成回路,接触器保持吸合。假如转向反转位置 1 时,12[#]、10[#]触点打开,11[#]触点闭合,电流经 X₃、FU、辅助触点 KM、11[#]触点、ST2、辅助触点 KM、SS、S、KA1、KA2 与线圈形成回路,接触保持吸合。

凸轮控制器的正转触点在正向操作时,一经闭合将不再打开,反向操作时,一经打开将不再闭合,不会出现交流接触器失电现象。反转触点与之相同。其他触点只有在打黑点和不打黑点间进行闭合和断开或断开与闭合的切换。

因电源失电、KA 动作、ST 动作、SS 动作,接触器失电断开,要使其重新得电,必须将凸轮控制器的手柄反向转到“0”位,这时 12[#]触点闭合,这样才能重新起动。因此,12[#]触点则称为零位保护或零压保护触点。

2) 1~4[#]触点中,1[#]、3[#]为正转触点,2[#]、4[#]为反转触点,当正转或反转触点接通时,非控制相因先直接给了电动机,电磁抱闸得电松开,电动机在转子串接全部电阻下慢速起动。如需要加速,可将手柄从 1 的位置转到 2 的位置,这时 5[#]触点闭合,将 5~0 段电阻短接,电动机则加速。同样 6[#]触点短接 4~0 段电阻,7[#]触点短接 3~0 段电阻,8[#]触点短接 2~4 段电阻,9[#]触点短接 1~5 段电阻,电动机达到最高速。然后手柄反向转动,则触点打开,电阻增加,电动机则减速,到“0”位时电动机停止。反转操作同正转。

3) 运行中,行程开关 ST、紧急开关 SS、舱门开关 S、过电流继电器 KA 将起到保护作用。其中 KA 一般采用过电流延时继电器,具有起动延时、过载延时、过电流迅速动作的反时限特性,其性能见表 4-1。由表可以看出,该电路既可躲过起动电流,又能在过载或过电流时跳闸,保护电动机。

(2) 主令控制器的电气电路

主令控制器是在凸轮控制器的基础上发展起来的。它是用容量很小的类似凸轮的触点去控制接触器,而用接触器的触点去控制电动机的主电路,实现电动机的起动、制动、调速和反转、停止等功能。主令控制器的基本接线见图 4-31。主令控制器一般常用于容量较大且工作频繁的主钩电动机上。

主令控制器也有 12 副触点,其中 K1 是零位保护触点,控制的是电压继电器 KV,其触点 KV(13-1)闭锁了控制电路的电源,实现了零电压保护。同时过电流继电器的触点 KA

表 4-1 JL12 系列过流继电器反时限特性

电流/A	动作时间及说明
I_N (额定电流)	不动作 持续一小时不动作为合格
$1.5I_N$	<3min (热态)
$2.5I_N$	$10s \pm 6s$ (热态)
$6I_N$	< (1~3) s 当环境温度大于 0℃ 时, 动作时间小于 1s, 当环境温度小于 0℃ 时, 动作时间小于 3s

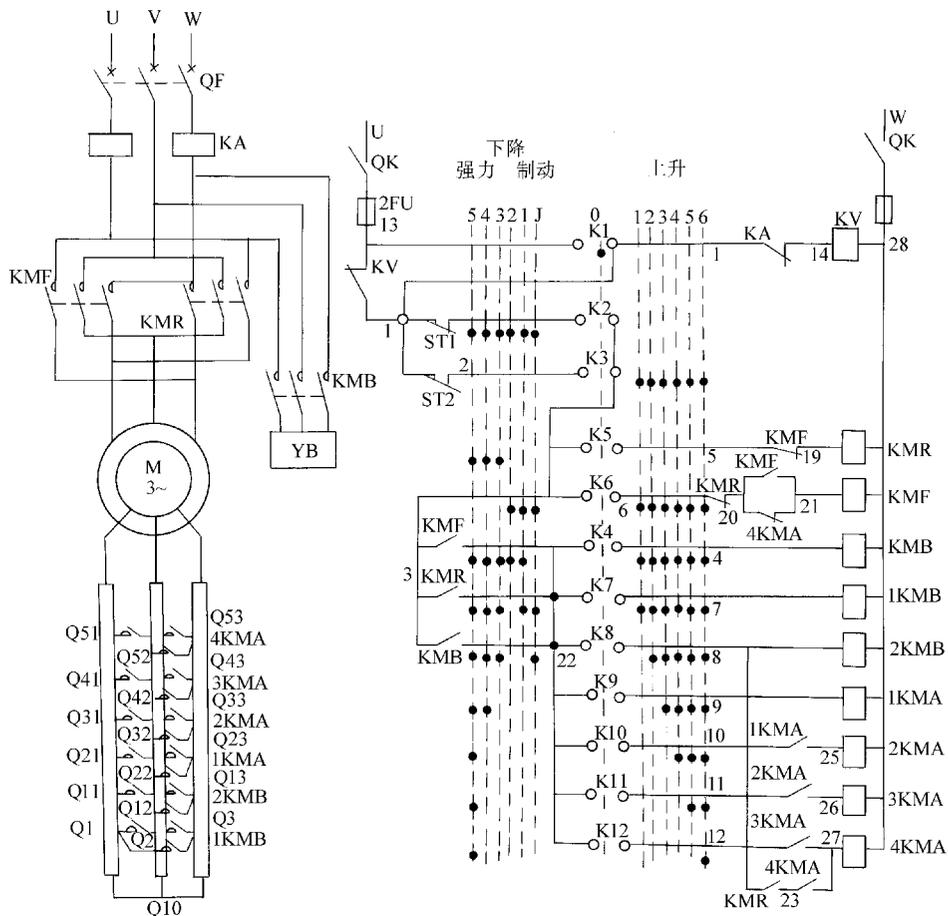


图 4-31 主令控制器的控制主钩电动机原理图

(1-14) 串接在 KV 线圈的回路里, 过载时可切断控制电路的电源, 实现过负荷保护。K2、K3 则为正反转行程限位保护触点, 由行程开关 ST1、ST2 执行。K4 控制制动接触器 KMB, 通电后 KMB 吸合, 使电磁制动器 YB 打开, 断开后 YB 失电制动。K5 控制下降接触器 KMR, K6 控制上升接触器 KMF。K7~K12 控制短接电阻接触器 1KMB、2KMB、(1~4) KMA。主令控制器的触点闭合或打开以有无黑点“●”为准, 与凸轮控制器基本相同。

下面分析主令控制器的工作原理。

1) 将控制电路电源开关 QK 闭合, 主令控制器手柄置于“0”位, K1 闭合, KV 通过 KA 动断触点 (1-14) 得电吸合, KV (1-13) 闭合自锁。

2) 在上升位置 1 时, K3、K4、K6、K7 闭合, 接触器 KMB、KMF、1KMB 吸合, 电磁抱闸 YB 松开, 电动机得电起动, 这时第一段反接电阻被 1KMB 短接。如果将上升位置从 1 逐次切换到 2、3、4、5、6 位置时, 接触器 2KMB、1KMA ~ 4KMA 相继吸合, 逐级切除电阻, 电动机升速。触点 1KMA (10-25)、2KMA (11-26)、3KMA (12-27) 提供电气联锁, 保证按顺序切除。上升阶段电动机工作在电动状态。

3) 在下降 J 位置时, 转子串入四段电阻 (因 1KMB 切除一段电阻)、电动机有较大的起制动作用的转矩, 同时 K4 断开, KMB 失电、YB 制动, 这样重物保持一定的位置静止不动。因此, J 这个位置则用于下降制动停止。在下降的其他位置上, K4 始终接通, KMB 得电, YB 解除制动。

4) 在下降 1 位置时, K2、K4、K6、K7 闭合, KMF、KMB、1KMB 吸合, 电动机转子串接 5 段电阻, 电动机还是接成上升相序, 抱闸松开; 在下降 2 位置时, K2、K4、K6 闭合、电动机串 6 段电阻, 仍为上升相序。这时若负载不能克服电动机的转矩, 则会出现重物上升的现象。因此, 1、2 位置常用于重物下降, 这时因串较大电阻, 在位能转矩作用下, 电动机运行在速度反向倒拉反接制动状态、获得较小的下降速度。

5) 在下降 3 位置时, K2、K4、K5、K7、K8 闭合, KMR、KMB、1KMB、2KMB 吸合, 抱闸松开, KMR 将电动机倒相反转, 串四段电阻, 转矩反了转速反了; 在 4 位置, 又有 K9 闭合, 1KMA 吸合, 串三段电阻。这样在 3、4 位置上可强迫负载下降, 即使负载较轻也能得到下降速度。

6) 在下降位置 5 时, 除上述外, 又有 K10、K11、K12 闭合, 除常串电阻外, 电阻全部切除, 可获得较大的强迫下降速度。如重物较重, 转速超过电动机同步转速时, 在其作用下可使电动机进入再生发电状态, 把重物的势能转变为电能反送回电网。4KMA (23-27) 和 KMR (8-23) 串联的设置是使 4KMA 线圈自锁, 这样在由 5 位置切换到 J、1、2 位置时, 避免了切换过程中经过 3、4 位置造成的高速下降, 而是使其保持在 5 的特性上。当切换到上升挡位时, KMR (8-23) 断开, 自锁解除、不影响提升调速。KMF 的自锁接点 KMF (20-21) 只有在 4KMA 切断后才起作用, 这样, 当由下降 5、4、3 切换到 2、1、J 时, 转子电阻全部接入才能进入反接制动, 防止反接制动过程的电流冲击。

KMB (3-22) 与 KMR (3-22)、KMF (3-22) 并联的设置, 保证了下降位置 2、3 的切换中只有一只接触器吸合而另一只接触器断开, 不至发生电动机高速下机械制动而引起的剧烈振动。

7) 运行中, 过载由 KA 保护, 上升及下降极限位置由 ST 保护, 突然停电由 KV 保护, 切断控制电路的电源, 重新起动必须使手柄回到“0”位。

(3) 桥式起重机常用的控制电路

桥式起重机一般由五台电动机拖动, 其中主钩电动机容量较大, 由主令控制器控制, 副钩电动机、小车移动电动机、大车移动电动机 (两台) 容量较小, 一般由凸轮控制器控制。同时设置保护柜和控制柜, 保护柜、控制柜均有系列成套产品, 请参阅有关手册, 电源设置滑线和辅助滑线。上述内容构成了复杂的控制系统。桥式起重机常用的电气控制电路见图 4-32。

1) 主钩的控制和控制柜

① 由图 4-32 可以看出主钩控制由两个部分构成：一是主令控制器，这部分与前述及图 4-31 是相同的，只是在下降回路中省略了一只行程开关 ST，同时将主令控制器的闭合和断开的标注黑圆点取掉了，读图时可与图 4-31 对照；二是主钩电动机 JM 的主电路，这部分与前述及图 4-31 是基本相同的，所不同的是增加了一只电磁抱闸，两只同步运行。另外，主电路中定子与转子的接线是由电刷与滑线（）完成的，见 JM 的 D1、D3 和 R21，同时 R21 是一非控制相，直接由主钩定子滑线引来，这一点与图 4-30 相同。

② 工程中常把主钩主电路中的 1QK、KA、KMF、KMR、KMB 以及主令控制器电路中的 2QK、2FU、KV、1KMB、2KMB、(1~4) KMA 等电气元件装在一台柜（屏）上，把与主令的接线和与总开关的接线甩出，以便接线。我们把这个柜（屏）称为控制柜（屏），控制屏一般装在轿厢内，也有装在起重机的主桥架上的。同时把转子电阻 JRS 装在箱内，也安装在主桥架上。

2) 副钩及大车、小车的控制

① 副钩及小车的控制是用凸轮控制器进行的，与图 4-30 基本相同，定子与转子的接线也是由电刷与滑线完成的，其中定子的一相 R21 为非控制相。凸轮控制器的保护功能由单独的保护柜来完成。

② 大车的控制也是由凸轮控制器进行，所不同的是凸轮控制器切换电阻的触点有两套分别同时切换两台电动机的转子电阻 D1RS 和 D2RS，定子则由一套触点控制，保护触点也为一套，以便实现两台电动机的同步控制。因为大车为两台电动机拖动，因此这两台电动机的同步性是很重要的，不只是控制系统有严格的要求，而且两台电动机本身的各种参数必须相同，才能保证同步。同时两台电动机分别设置的电磁抱闸 YB 的参数（包括间隙）也必须相同。

3) 保护柜

① 工程中常把主开关 QF、主接触 KM、大车小车副钩的过电流继电器 (1~4) KA、总电流继电器 OKA、按钮 SB 以及信号装置等电气元件装在一台柜（屏）上，其他与控制屏相同，把这个屏叫作保护屏。

② 图 4-32 给出了保护屏的原理接线图，见图 4-32 的右下角，该图是主接触器 KM 的控制原理图，可分四部分解说明。

a. 未起车前，副钩、小车、大车的凸轮控制器的零位触点 FKT、XKT、DKT 是闭合的，这时先闭合主桥架上横梁栏杆安全门开关 SA1 和 SA2，进入轿厢后将厢门开好，厢门安全开关 SA 闭合，然后闭合紧急开关 SS，因为过电流继电器 OKA、(13~14) 动断触点是闭合的，操作起动按钮 SB，KM 线圈接为通路得电吸合，主接触器闭合。这些触点任一个断开都会使 KM 失电而使主机停车。

b. 主接触器 KM 闭合后，其辅助触点 KM (12-3)、KM (2-4) 同步闭合自锁，自锁回路中均为动断触点。其中 XKT (29-28)、XKT (29-26) 是小车凸轮控制器的正反联锁触点，XST2 (28-24) 和 XST1 (26-24) 分别为小车向左和向右的行程极限开关；DKT (4-25)、DKT (4-23) 是大车凸轮控制器的正反联锁触点，DST2 (25-24) 和 DST1 (23-24) 分别为大车向前和向后的行程极限开关。这些触点任一个断开都会切断自保回路而使 KM 断电。

c. KM 自锁回路中, FKT (3 - 29) 是副钩凸轮控制器的一副正反联锁触点, 因为提升机构只需要向上极限的保护, 这里则采用了向下联锁触点 FKT (3 - 29), 并串联上行极限开关 PSE, 这样当副钩上行时, FKT (3 - 9) 打开, 到极限位置时行程开关 PSE 打开, 副钩电动机停转。但是这里要注意到, FKT (3 - 9) 的打开还切断了自保触点 KM (12 - 3), 因此, 熔断器 (11 - 12) 的 11 点必须与 R21 非同相, 这样才能起到保护作用。

d. 保护屏的原理接线图与图 4-30 有相同的部分, 并且为图 4-30 的基础上发展的。需要说明的是原理接线图中的与熔断器 FU 的接线必须正确无误, 即 11[#] 接电源总线的 X1, 21[#] 线接电源总线的 X3。

4) 桥式起重机电气电路的接线图 接线图是按原理图绘制的, 并把电动机、电阻器、控制柜、保护柜、主令控制器、凸轮控制器、电磁抱闸、行程限位开关、滑线等部件画出, 然后按原理图将各部件的接线点用细线连起来, 见图 4-33 (见书后插页)。通过接线图我们能更好地了解原理图。

(二) 变频器起动器控制电路

变频起动、软起动是近几年迅速发展起来的电动机起动控制技术。它利用晶闸管变流技术、计算机技术、电子技术、通信技术相结合的新技术, 将电源的频率、电压进行由低到高的调节, 解决电动机起动过程中的硬特性, 使电动机在低频率、低电压下起动, 使转速由零缓慢起动, 直到达到额定转速。并且在运行过程中, 改变变频器的输出电压频率则可进行调速, 以满足生产工艺速度调节和节能的需要。变频起动、软起动的原理和结构很复杂, 理论也很深, 三句两句是讲不清楚的, 但是可以抛掉其原理和结构, 把它就当做一台接触器—继电器构成的自耦减压起动器或频敏变阻器或星-三角起动器, 不同的是它具有调频调压功能, 这样就能够轻松自如地掌握它、应用它。电工技术就是这样的, 每当有新设备、新元器件出现时, 人们, 特别是现场的工人师傅, 对它们都有一个认识熟悉的过程, 过一段时间后, 人们自然会掌握它。同样, 变频起动、软起动也是这样的。如果真想从结构原理上掌握它, 就必须从二极管、晶闸管、晶体管、电子技术学起, 掌握整流、逆变技术, 掌握晶闸管导通角控制及其导通的频率控制, 才能了解其工作原理, 同时还应学习计算机技术、通信技术、接口技术等。只有这样才能掌握其原理和结构, 但必须付出巨大的精力, 否则是不行的。

变频器起动、软起动是电动机起动控制技术发展的必然, 作为电气工作人员应该在掌握其功能和使用外, 再去学习其原理、结构, 这样才是个人技术技能的飞跃, 只有这样才能更好地使用它、运用它。

变频器、软起动器在应用过程中一定要熟读其使用说明书, 并按其提供的图样接线, 加之各个厂家的产品不尽相同, 用户一般不要随意变动。

1. 变频器基本控制电路

(1) 变频器内部控制电路框图 变频器内部的控制电路框图见图 4-34。

1) 主控电路主要功能如下:

① 接受各种信号

- a. 在功能预置阶段, 接受对各功能的预置信号;
- b. 接受从键盘或外接输入端子输入的给定信号;
- c. 接受从外接输入端子或通信接口输入的控制信号;

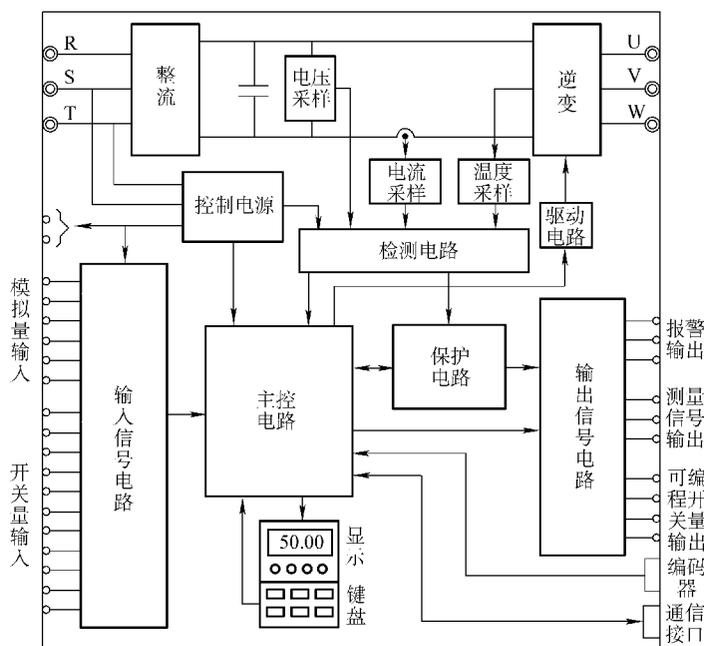


图 4-34 变频器内的控制电路框图

- d. 接受从检测电路输入的检测信号；
- e. 接受从保护电路输入的保护执行信号等。

② 进行基本运算最主要的运算包括：

- a. 进行矢量控制运算或其他必要的运算；
- b. 实时地计算出 SPWM 波形各切换点的时刻。

③ 输出计算结果

- a. 输出至逆变管模块的驱动电路，使逆变管按给定信号及预置要求输入 SPWM 电压波。
- b. 输出给显示器，显示当前的各种状态。
- c. 输出给外接输出控制端子。
- d. 向保护电路发出保护指令，以进行保护。

2) 检测电路接受电压、电流以及模块温度等采样信号，并转换成主控电路所能接受的信号；

3) 保护电路接受主控电路输入的保护指令，并实施保护。同时也直接从检测电路输入检测信号，以便对某些紧急情况实施保护。

(2) 变频器和外部控制电路之间的联系 主要通过外接端子进行联系，见图 4-35。外接端子有两大类：

1) 输入信号端子：从外部输入的各种控制信号，输入至变频器的“输入信号电路”，经输入信号电路接受后把信号传至主控电路。

2) 输出信号端子：主要有报警信号输出端子、外接测量端子、多功能状态信号输出端子等。

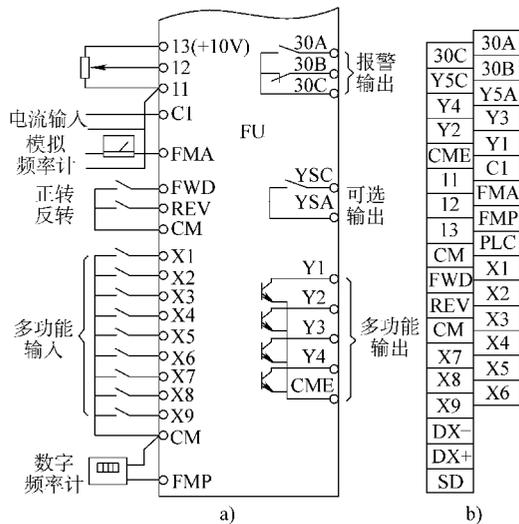


图 4-35 变频器和外部控制端子

a) 外接接线图 b) 控制端子的安排

(3) 变频器的外接输入端子

1) 模拟量输入端，即从外部输入模拟量信号的端子，如图 4-35 中之端子 12 和 C1。变频器配置的模拟量输入信号有：

① 按输入信号的物理量分有电压信号：如 $0 \sim +10V$ 、 $0 \sim \pm 10V$ 、 $0 \sim +5V$ 、 $0 \sim \pm 5V$ 等；电流信号：如 $0 \sim 20mA$ 、 $4 \sim 20mA$ 等。

② 按功能分有主给定信号：如主要的频率给定信号、PID 控制的目标给定信号等；辅助给定信号：如叠加到主给定信号的附加信号、PID 控制的反馈信号等。

2) 开关量输入端接受外部输入的各种开关量信号，以便对变频器的工作状态和输出频率进行控制。主要有以下几类：

① 基本控制输入端：如正转（FWD）、反转（REV）、点动（JOG）、复位（RST）等，基本控制输入端在多数变频器中是单独设立的，其功能比较固定；

② 可编程输入端：端子的具体功能须通过功能预置来决定，如多挡转速控制，多挡升、降速时间控制，可编程序控制等。

(4) 变频器接受外接开关量信号的方法

图 4-34 中输入信号电路的结构见图 4-36。例如，当外接端子 FWD 的外控电路接通（KA1 闭合）时，变频器内光耦合器的二极管部分有电流流过，其晶体管部分导通，进而控制其他器件。

外控开关器件可以有触点的，见图 4-36a；也可以是无触点的，见图 4-36b。

(5) 变频器的外接输出端子 主要有三种类型。

1) 报警输出端：当变频器因故障而跳闸时，报警输出端将动作，发出报警信号。

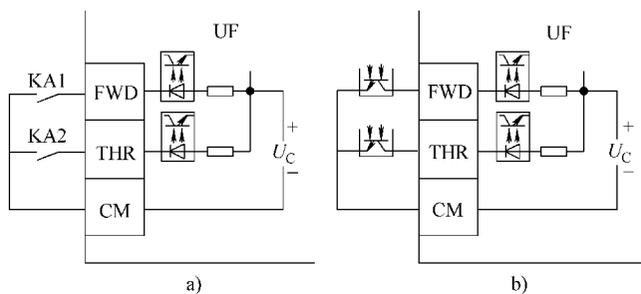


图 4-36 输入信号电路

a) 外控信号为有触点开关 b) 外控信号为无触点开关

报警输出端通常都采取继电器输出，可以直接接到 AC220V 的电路中。见图 4-37a 中的 MA、MB、MC 和图 4-37b 中的 RO31、RO32、RO33。

2) 测量信号输出端：向外接仪表提供与运行参数成正比的测量信号。测量信号有两类：

① 模拟量信号见图 4-37a 中的 AM 端和 FM 端和图 4-37b 中的 AO1、AO2；

② 与被测频率成正比的脉冲信号，见图 4-37a 中的 MP—AC。

3) 状态信号输出端：输出变频器的各种运行状态的信号，输出内容如：“运行”信号、“频率到达”信号、“频率检测”信号等。各输出端的具体输出内容可通过功能预置来设定，故常称为多功能输出端。

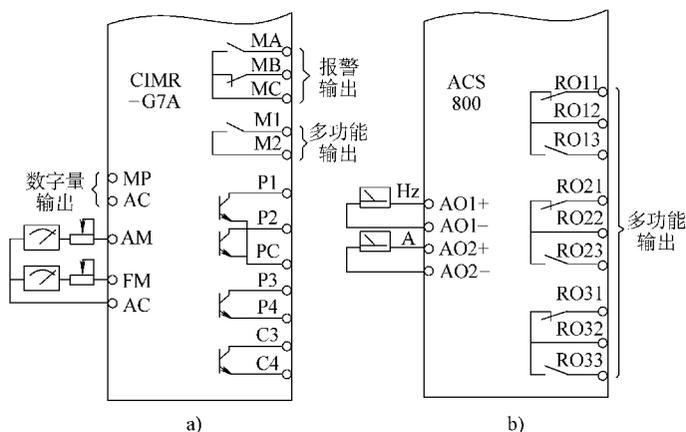


图 4-37 输出信号端子

a) 安川 G7A 变频器 b) ABB—ACS800 变频器

(6) 变频器输出的外接开关量信号 变频器的开关量输出信号电路主要有三种类型：

1) 晶体管输出型见图 4-38a，输出信号为集电极开路输出，由于受到晶体管耐压的限制，只能用于直流低压电路中；

2) 继电器输出型见图 4-38b，输出端由继电器触点构成。由于继电器触点的耐压较高，故大多数可用在交流 220V 电路中；

3) 晶体管双向输出型见图 4-38c。

如外电路为上“+”、下“-”，则电流从端子“11”流入，经二极管 D02、输出晶体

管和二极管 D04 后到端子“CM2”。

如外电路为上“-”、下“+”，则电流从端子“CM2”流入，经二极管 D01、输出晶体管 and 二极管 D03 后到端子“11”。

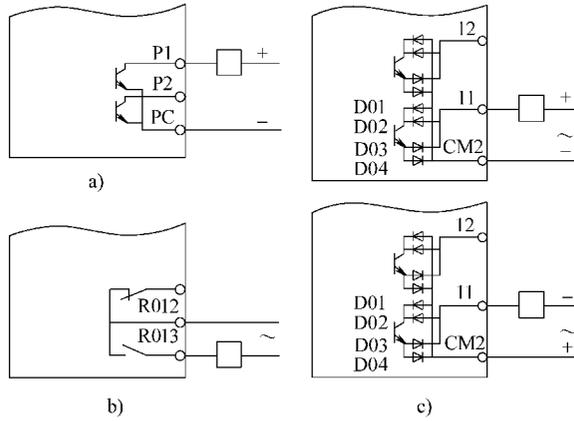


图 4-38 输出信号电路的类型

a) 晶体管输出型 b) 继电器输出型 c) 晶体管双向输出型

因此，双向输出型可以用在低压交流电路中。

(7) 通过外接端子进行的操作 变频器的操作方式需要通过功能预置来选定，见表4-2。

表 4-2 操作方式的选择功能举例

变频器型号	功能码	功能名称	数据码	数据码含义
艾默生 TD3000	F0.05	运行命令选择	0	键盘控制
			1	端子控制
			2	通信控制
三菱 FR—A540	Pr. 59	遥控设定功能选择	0	遥控功能无效
			1	遥控功能有效，停电后有记忆功能
			2	遥控功能有效，停电后无记忆功能
丹佛士 VLT5000	002	操作器/外部控制	0	外部控制
			1	操作器控制

(8) 外接端子的基本操作功能 变频器的外接输入控制端子中，有一部分端子的功能是固定的，或出厂设定中已有明确功能，也可以通过功能预置更改的。这部分输入端子称为基本操作输入端。各种变频器对基本操作输入端的设置不尽相同，见图 4-39。

图 4-39a 是三菱 FR—A540 系列变频器的配置，其基本操作输入端有正转、反转、自锁、点动、自由制动、复位等。

图 4-39b 是瓦萨 CX 系列变频器的配置，其基本操作输入端有正转、反转、外部故障、复位等。

(9) 变频器的点动控制

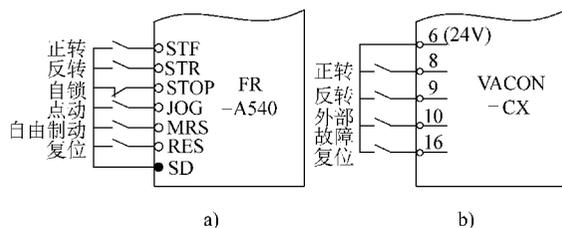


图 4-39 基本操作输入端举例

a) 三菱 FR—A540 变频器 b) 瓦萨 CX 变频器

1) 键盘控制：多数变频器的面板上有点动键（**JOG** 键）。点动时，只需按 **JOG** 键即可，见图 4-40a。点动方向、点动频率以及点动时的加、减速时间都通过功能预置来决定。

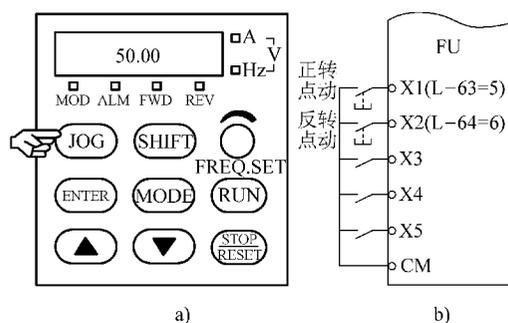


图 4-40 点动控制

a) 键盘控制 b) 外接端子控制

2) 外接输入端子控制：在多功能输入端子中，任选两个端子（如 X1、X2 端）作为正、反转点动信号输入端。以康沃 CVF—G2 系列变频器为例：

将功能码 L—63（输入端子 X1 功能选择）预置为“5”，则该输入端即为“正转点动控制”输入端。

将功能码 L—64（输入端子 X2 功能选择）预置为“6”，则该输入端即为“反转点动控制”输入端。

操作时，接通 X1，即为正转点动控制；接通 X2，即为反转点动控制。

(10) 变频器的三线控制 变频器和接触器控制电路相同，见图 4-41a。当按下动合（常开）按钮 SF 时，电动机正转起动，由于 EF 端子具有保持（自锁）功能，松开 SF 后，

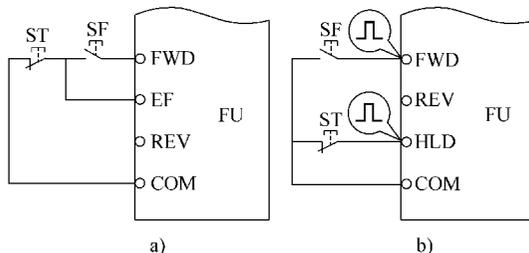


图 4-41 三线控制

a) 方式 1 b) 方式 2（可脉冲控制）

电动机的运行状态将能继续下去；当按下动断按钮 ST 时，EF 和 COM 之间的联系被切断，自锁解除，电动机将停止。这样，只需要两个按钮就可以进行电动机的起动和停止控制了。

图 4-41b 是自锁功能的另一种方式，其特点是可以接受脉冲信号进行控制。

自锁控制需要将控制线接到三个输入端子，故称为“三线控制”。

(11) 变频器的点动控制（见图 4-42）在 X6 中串接切换开关 SA，当 SA 投向“R”时，X6 接通，自锁功能有效。按下 SF，电动机运行，松开 SF，电动机继续运行；当 SA 投向“J”时，X6 断开，自锁功能无效。按下 SF，电动机运行，松开 SF，电动机停止。

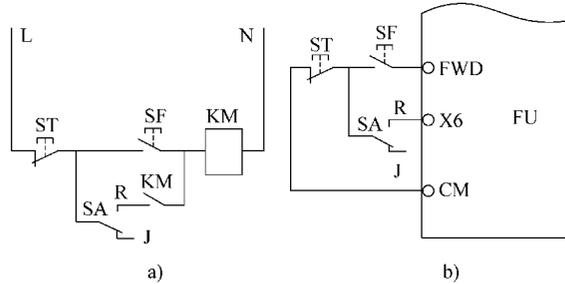


图 4-42 点动与运行的切换电路

a) 继电器的切换电路 b) 变频后的切换电路

(12) 变频器的外接升、降速控制 变频器的可编程外接端子中，可以任意选择两个端子，通过功能预置，使它们具有升、降速功能。

见图 4-43，通过功能预置，使端子 X1 为“升速端子”，X2 为“降速端子”，则：按下 SB1 时，变频器的输出频率上升，松开 SB1，变频器的输出频率保持不变（通过预置，也可以使输出频率回复至原来的频率）。

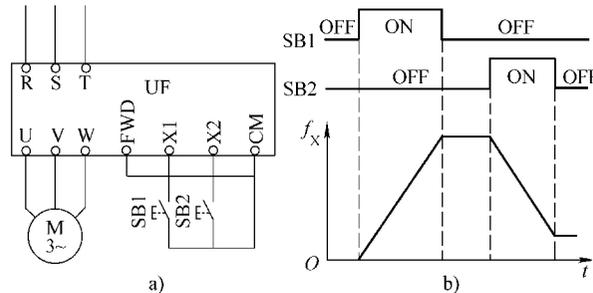


图 4-43 外接升、降速端子

a) 外接升、降速端子接法 b) 功能示意图

按下 SB2 时，变频器的输出频率下降，松开 SB2，变频器的输出频率保持不变（通过预置，也可以使输出频率回复至原来的频率）。

(13) 变频器升、降速端子与电位器（见图 4-44）按下 SB1→X1 接通→频率上升。

松开 SB1→X1 断开→频率保持不变；

按下 SB2→X2 接通→频率下降；

松开 SB2→X2 断开→频率保持不变。

(14) 变频器的多挡转速控制 变频器的外接输入控制端子中，通过功能预置，可以将若干个（通常为 2~4 个）输入端作为多挡（3~16 挡）转速控制端。其转速的切换由外接

的开关器件通过改变输入端子的状态及其组合来实现，转速的挡次是按二进制的顺序排列的，故二个输入端可以组合成3或4挡（0状态不计时为3挡，0状态计入时为4挡）转速，三个输入端可以组合成7或8挡（0状态不计时为7挡，0状态计入时为8挡）转速，四个输入端可以组合成15或16挡（0状态不计时为15挡，0状态计入时为16挡）转速。

见图4-45，假设输入端子X1、X2、X3被预置为多挡转速的信号输入端，则通过继电器KA1、KA2、KA3的不同组合，可输入7挡或8挡转速信号。

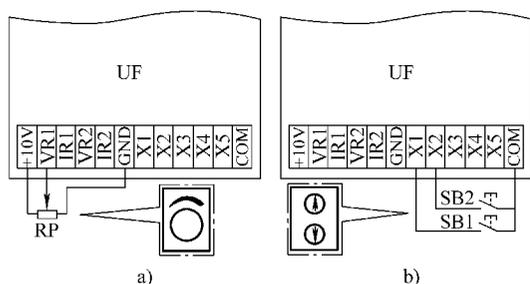


图 4-44 用升降速端子给定代替电位器给定

a) 升降速端子给定 b) 电位器给定

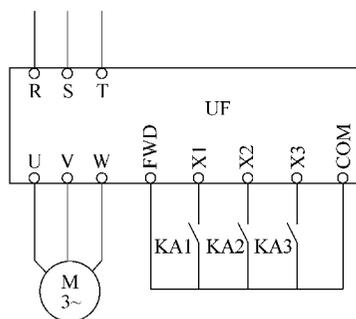


图 4-45 变频器的多挡转速控制

由于三个端子是任选的，又由于每一个端子代表二进制数字中的一“位”。因此，在把三个端子预置为多挡转速功能时，必须注意它们的顺序。例如：

X1 预置为最低位；

X2 预置为中间位；

X3 预置为最高位。

则转速挡次与各输入端状态之间的关系见表4-3。

表 4-3 转速挡次与各输入端状态之间的关系

各输入端子状态			转速挡次
X3	X2	X1	
OFF	OFF	OFF	0
OFF	OFF	ON	1
OFF	ON	OFF	2
OFF	ON	ON	3
ON	OFF	OFF	4
ON	OFF	ON	5
ON	ON	OFF	6
ON	ON	ON	7

(15) 变频器外接输入端子的预置选择功能 变频器还可以通过功能预置使各输入控制端子具有选择功能见图4-46。

1) 速度控制与转矩控制的选择功能：ON 时为转矩控制；OFF 时为速度控制。

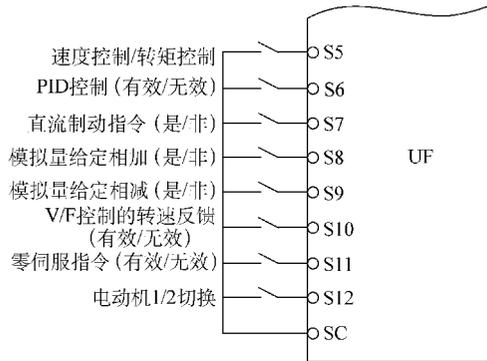


图 4-46 输入控制端子的选择功能

2) PID 的选择功能：ON 时 PID 控制无效；OFF 时 PID 控制有效。

3) 直流制动指令的选择功能：ON 时直流制动指令有效，电动机进行直流制动；OFF 时外部无直流制动指令。

4) 模拟量给定信号相加功能的选择：ON 时可进行模拟量给定之间的相加；OFF 时不能相加。

5) 模拟量给定信号相减功能的选择：ON 时可进行模拟量给定之间的相减；OFF 时不能相减。

6) V/F 方式时的转速反馈选择：ON 时转速反馈无效；OFF 时有效。

7) 零伺服指令的选择功能：ON 时零伺服指令有效；OFF 时无效。

8) 电动机的切换功能：当一台变频器控制两台不同时运行的电动机时，对被控电动机进行切换，ON 时 2[#]电动机运行；OFF 时 1[#]电动机运行。

(16) 变频器报警输出端子的功能 报警输出端子的功能主要有两个方面，见图 4-47。

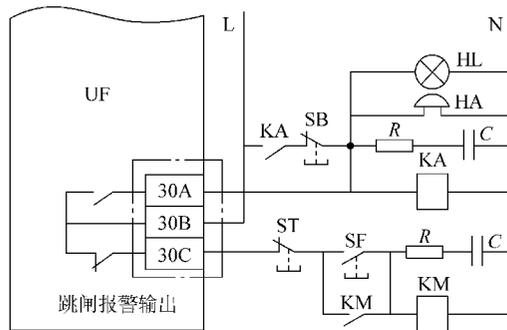


图 4-47 报警端子的应用电路

1) 切断变频器电源：图 4-47 中接触器 KM 是用来接通变频器电源的，报警输出的动断（常闭）触点“30B—30C”串联在 KM 的线圈电路内。为了保护报警输出的触点，在接触器的线圈两端，应并联阻容吸收电路（图 4-47 中的 R—C 电路）。

当变频器因故障而跳闸时，触点“30B—30C”断开，KM 的线圈断电，其主触点使变频器切断电源。

2) 进行声光报警：声光报警电路由报警输出的动合（常开）触点“30B—30A”控制。当变频器跳闸时，触点“30B—30A”闭合，将报警指示灯 HL 和电笛 HA 接通，进行声光报警。

与此同时，继电器 KA 得电，其触点将声光报警电路自锁，使变频器断电后，声光报警

能持续下去，直至工作人员按下 SB 为止。

继电器线圈和电笛线圈的两端并联阻容吸收装置，以保护触点。

(17) 变频器与外接测量仪表 变频器的外接模拟量输出端子主要用于测量变频器的运行数据，如输出频率、输出电流和输出电压等，见图 4-48a。

变频器所提供的模拟量信号都是与被测参数成正比的低压直流电压或直流电流。用户在市场上也只能买到低压的直流电压表或直流毫安表。因此，需要进行必要的技术处理，见图 4-48b。

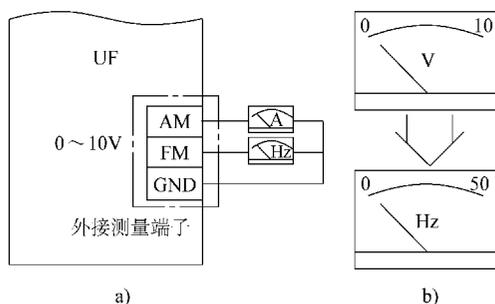


图 4-48 模拟量输出端子的应用

a) 应用电路 b) 仪表的处理

不同变频器的模拟量输出信号也不一样，主要有 0~10V、0~20mA、0~1mA 等几种，必须注意说明书中的相关说明。

如 0~10V 的电压表测量变频器的输出频率，假设变频器的最高频率预置为 0~50Hz，则仪表的 10V 与 50Hz 相对应，只需将仪表的刻度盘作图 4-48b 所示的处理即可。

(18) 变频器的多功能输出端子 大部分变频器的多功能输出信号都是晶体管集电极开路输出的，见图 4-49。主要的应用方式如下：

1) 继电器方式：即由低压继电器 KA 接受信号。当输出端子 Y1—GND 导通时，KA 线圈得电，其触点用以控制相关的电路。

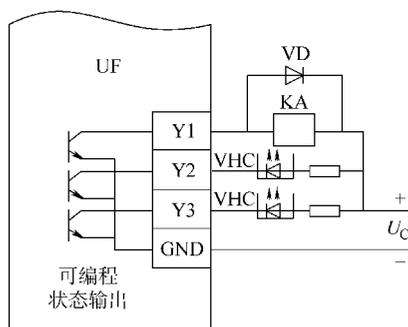


图 4-49 多功能输出端子的应用

为了保护变频器内的输出晶体管，KA 线圈的两端应反向并联一个二极管 VD，为线圈在断电时的反电动势提供释放回路。

2) 光耦方式：即由光耦合器 VHC 的二极管接受信号。当输出端子 Y2—GND 或 Y3—GND 导通时，VHC 的发光二极管部分得到电流而发光，其光敏晶体管部分用以控制相关的电路。

2. 低压电动机变频器起动用电路分析

(1) ZY312G 变频器起动用控制电路（见图 4-50）

1) 正常运行时，SQ—NC 连接。

2) 快速刹车时，SQ—NO 连接。快速制动时，LS 减速时间设置不宜太长，越长制动转矩越大。

3) NO、NC 接外控开关，闭合运行，断开暂停。

4) OC、OE 接外控输出，运行时接通、暂停时断开，电子开关运行时应小于 100mA。

编码开关使用说明：

编码开关	编码	载波频率	最高频率范围	转矩特性
	00	5kHz	0~100Hz	弱
	01	5kHz	0~100Hz	一般
	10	5kHz	0~100Hz	较强
	11	5kHz	0~100Hz	强

编码开关为设定参数时用，制造商一般已设定好所需参数，用户应慎重动用编码开关。

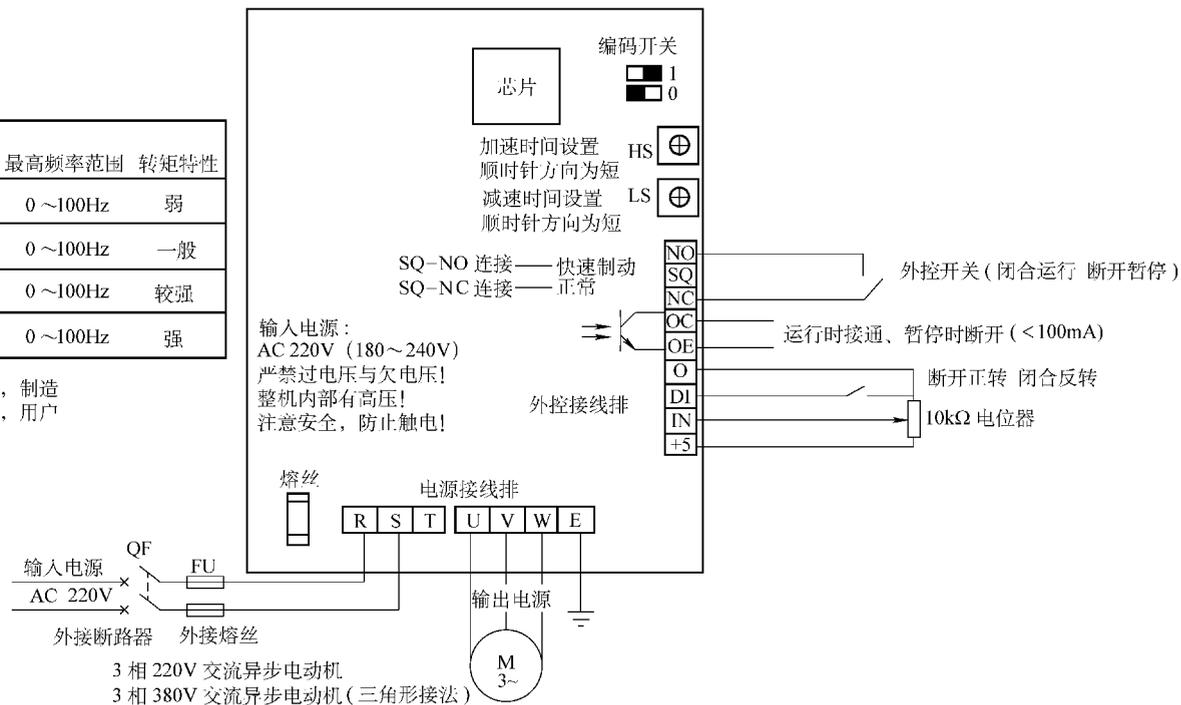


图 4-50 ZY312G 变频器启动控制电路

- 5) O、IN、+5 接外控电位器 (1~10k Ω) 调速。
- 6) O、DI 接正反反转开关, 断开正转, 闭合反转。
- 7) IN 与 O 之间可外控 DC0~5V 或 DC0~20mA。
- 8) 外控电压控制时, 应将面板电位器放在顺时针最大处 (IN 与 O 之间可外控电压 DC0~5V) (DC5V 时为 100Hz)。
- 9) 电流外控控制时, 应将面板电位器放在逆时针最小处 (IN 与 O 之间可外控电流 DC0~20mA) (DC20mA 时为 100Hz)。

由图 4-50 可以看出, 该变频器的电源是 ~220V, 但能驱动三相电动机, 这是变频器的最大特点。必须保证电源的容量大于电动机容量, 一定要接在 R、S 上, 三相电源则应接在 R、S、T 上。

如果不去探讨变频器的原理和结构, 相比之下阅读该图要比阅读接触器—继电器起动控制电路简单了许多。

(2) 施耐德变频器常用电路图 该变频器分无控制接触器、有进线接触器和有出口控制接触器三种。由图 4-51 ~ 图 4-58 可知, 对于接触器的控制都有一个控制电路, 这与接触器—继电器控制系统是相同的, 由按钮控制。这里将其各种电路图列出, 供读者参考。

可以看出, 变频器正确接线后, 只要接通电源, 电动机便自行起动, 并按设定的程序进行频率由低到高的调节, 直到起动完毕; 在起动过程或运行过程中, 一旦出现过电流、过热、短路、低电压、超速等故障, 则电动机会按设定程序停车, 这些保护器件是看不到的, 是由设备本身内部设定的程序完成的, 这也是与接触器—继电器控制电路最大的不同之处。

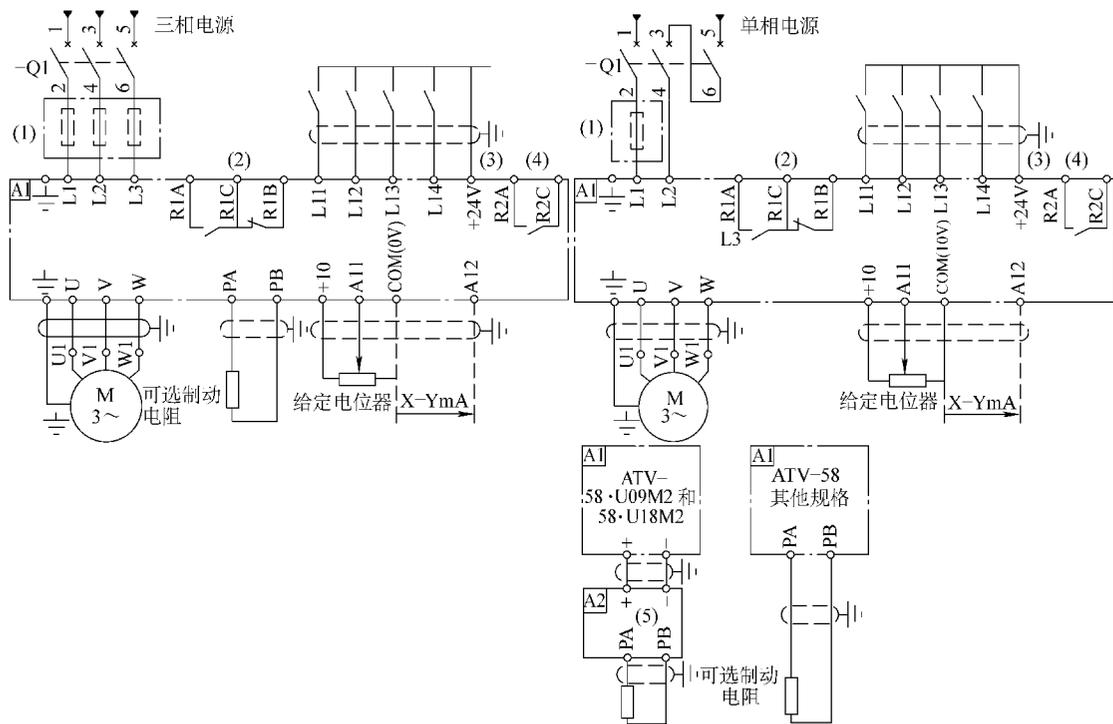


图 4-51 无控制接触器适用于驱动无潜在危险设备的变频器接线图

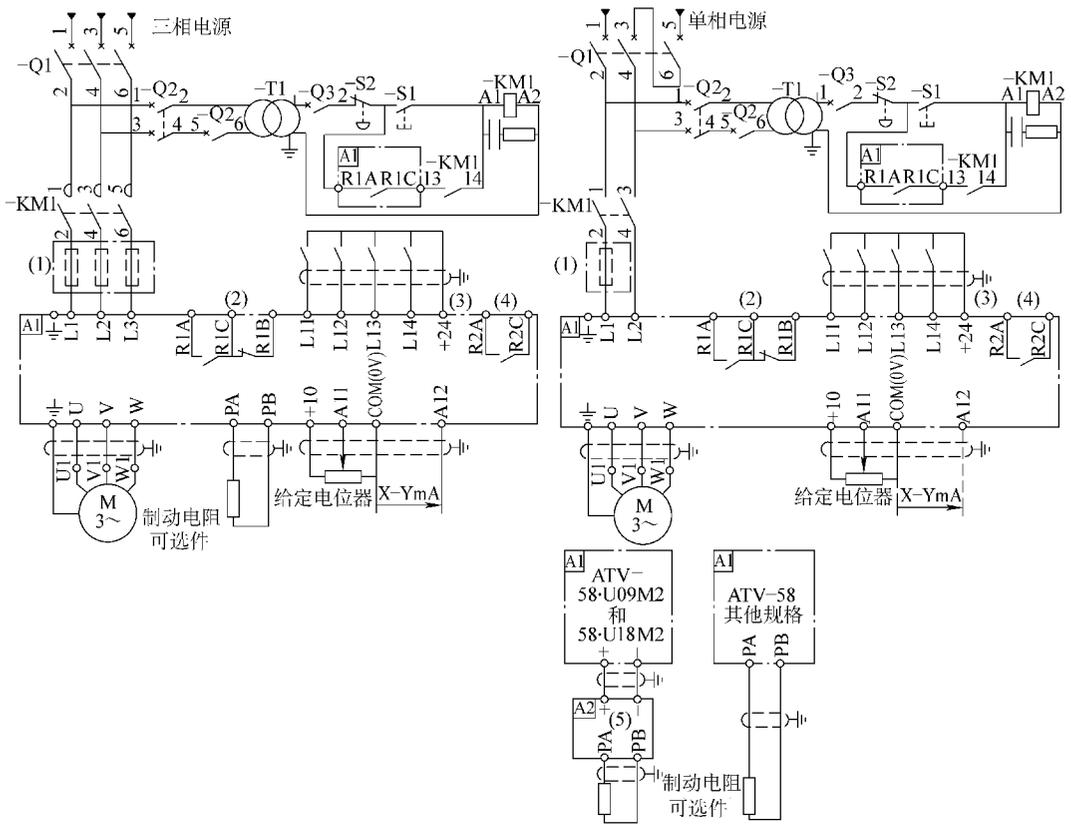


图 4-52 有进线控制接触器适用于驱动频繁接通、断开且具有潜在危险设备变频器接线图

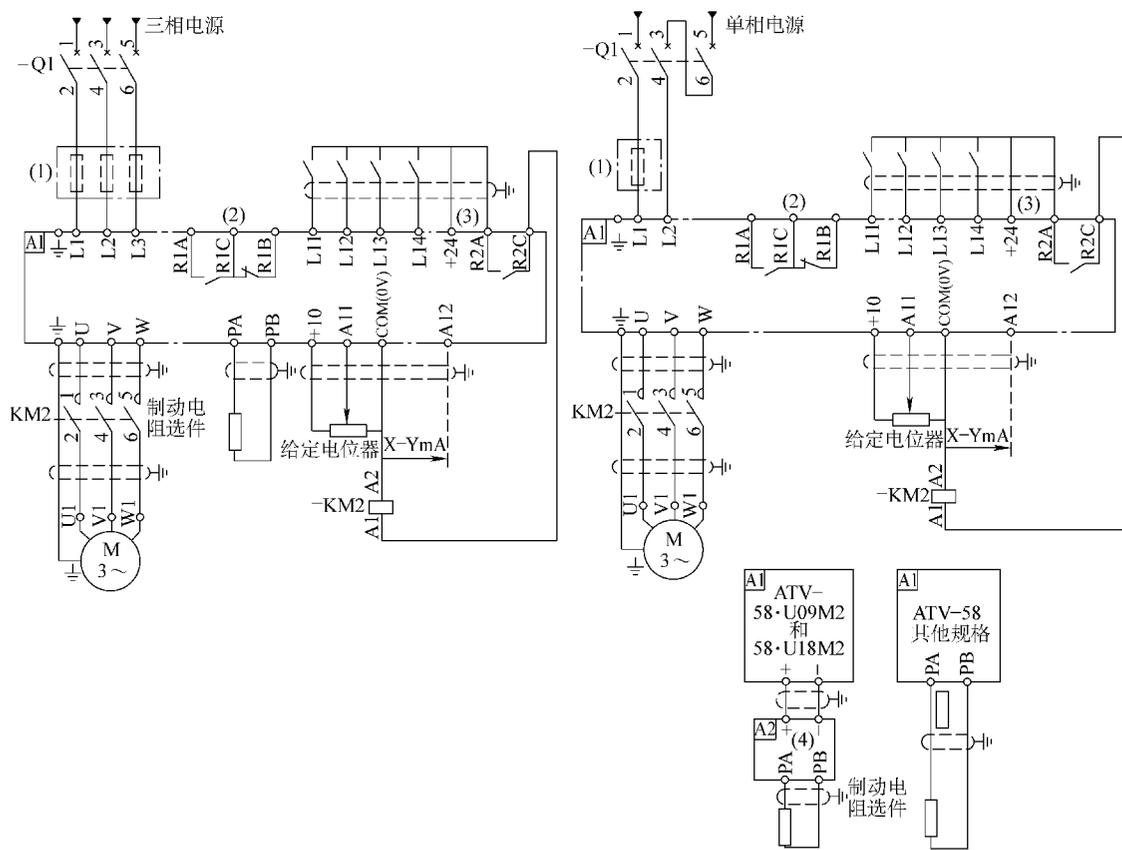


图 4-53 有出口控制接触器适用于驱动频繁接通、断开且具有潜在危险设备变频器接线图

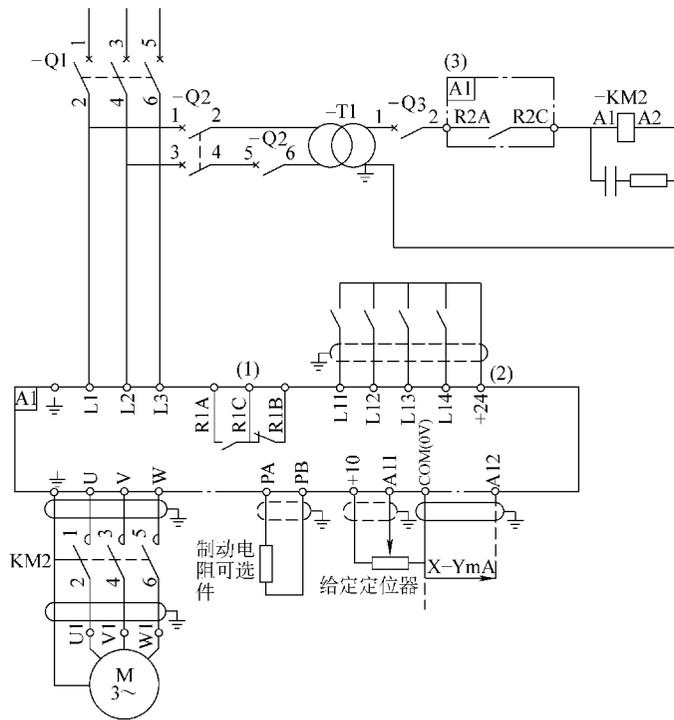


图 4-54 有出口接触器适用驱动频繁接通、断开且具有潜在危险设备变频器接线图（仅用于三相）

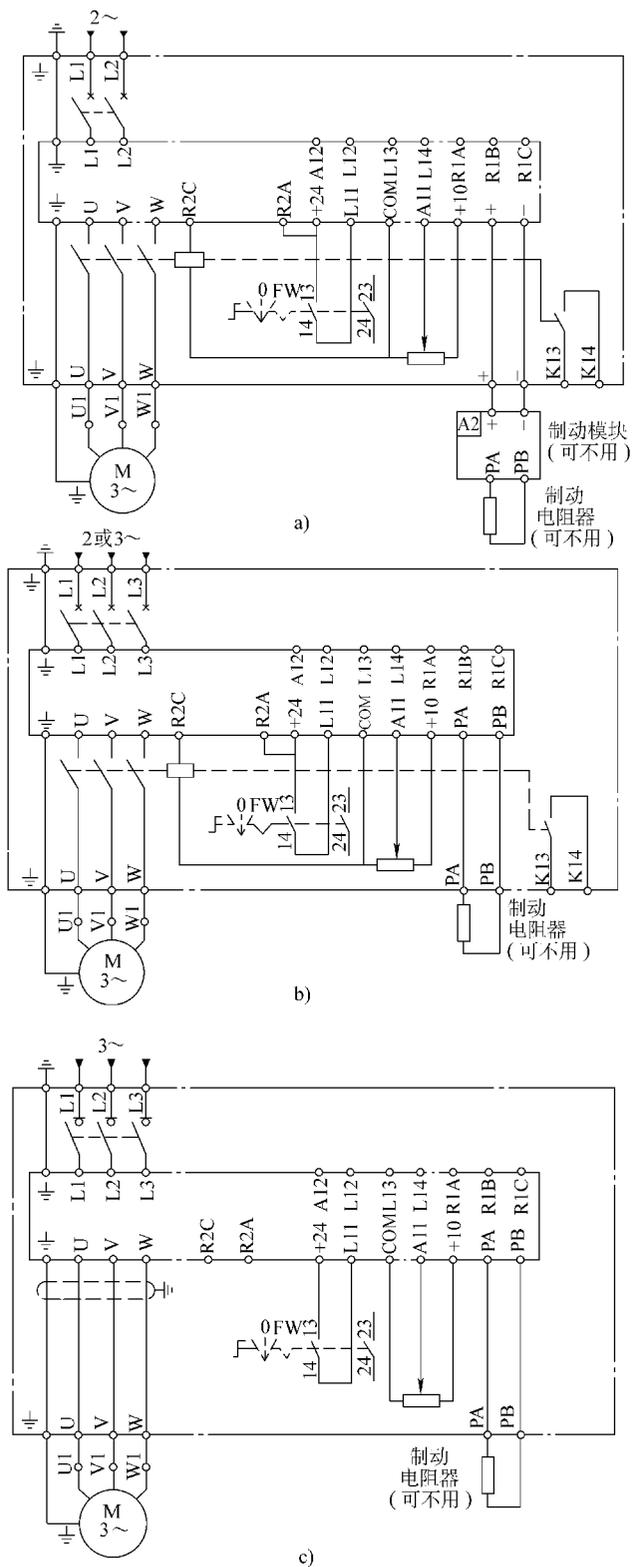


图 4-55 几种成套变频器接线图

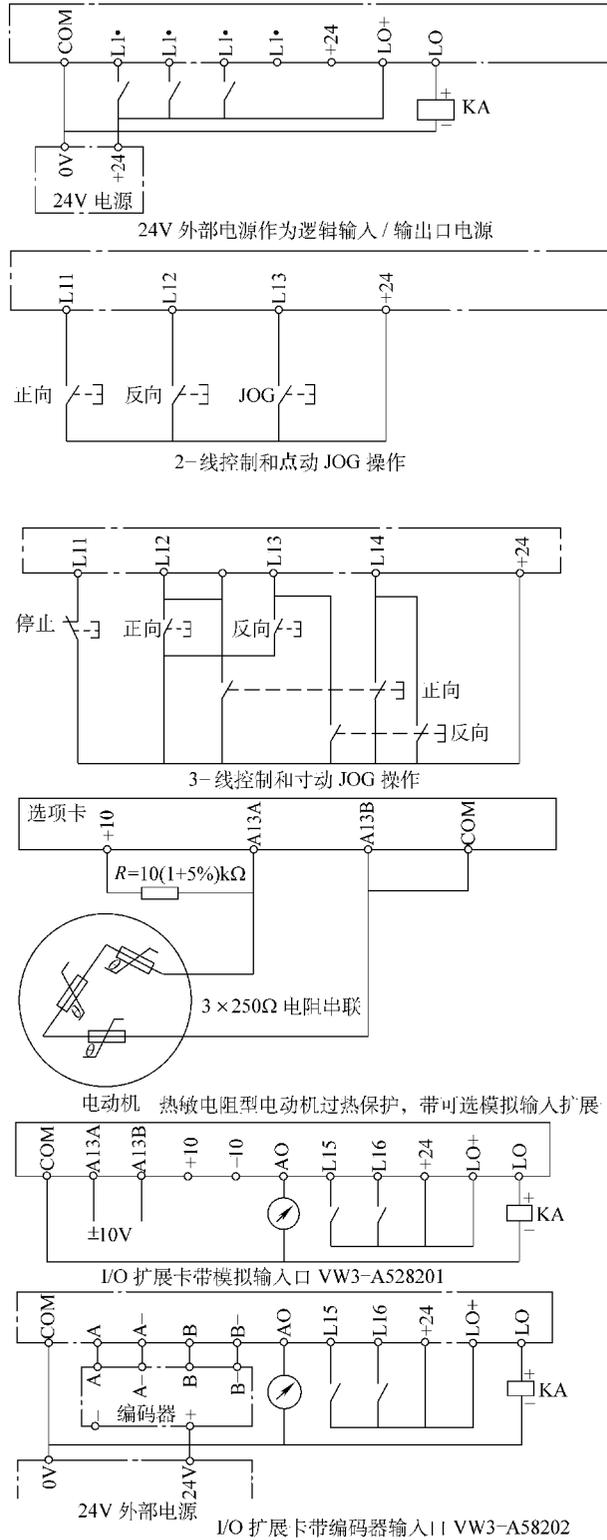


图 4-56 变频器附属电路的连接

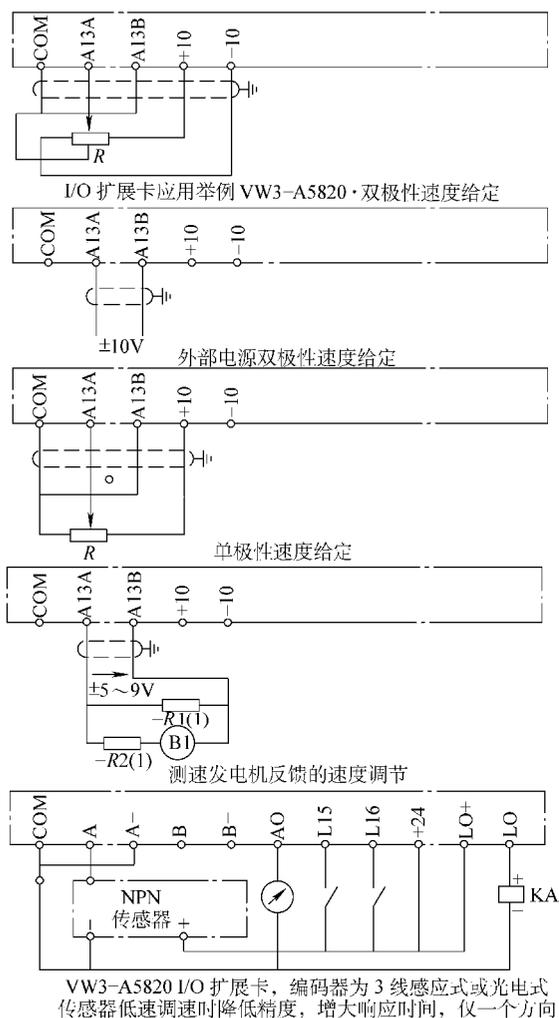


图 4-56 变频器附属电路的连接 (续)

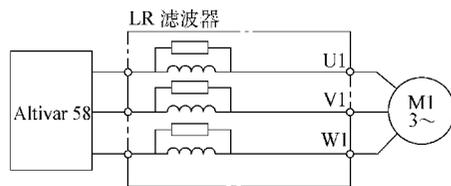
(三) 软起动器控制电路

软起动器与变频器的原理结构有很多相同的地方, 不同的是它不能进行电源频率的调节, 也就是说它不能调节晶闸管导通、截止的频率。因此, 它不能调节电动机的转速, 它是用改变电压来进行电动机起动的, 也就是减压起动。不同的是这个过程是按设定的程序进行的, 看不到那些具体的装置, 这也是与接触器—继电器减压起动不同的地方。

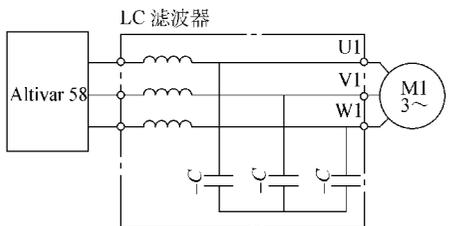
软起动器的使用与接触器有密切联系, 一般都在软起动器上设置旁路接触器, 也就是说电动机起动后, 由旁路接触器工作, 甩掉软起动器, 这和接触器—继电器控制电路中甩掉自耦变压器、起动电阻是一样的。不同的是当运行中出现压降时, 设定的程序即可将接触器断开, 使电动机停止。同时利用旁路接触器可使软起动器起动多台电动机, 均由旁路接触器运行, 这是接触器—继电器控制电路无法比拟的。

1. 软起动器的保护性能

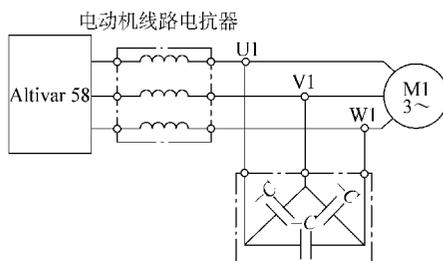
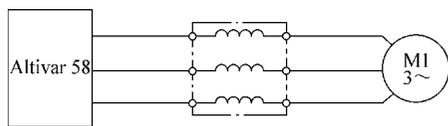
(1) 电子式过载保护 软起动器具有电动机过载保护装置的功能。软起动器有热记忆



LR 型: 包括 3 个高频线路电抗器和 3 个电阻器



LC 型: 由 3 个高频线路电抗器和 3 个电容器组成

线路电抗器与电容器组合: 由 3 个“ Δ ”接线的电容器 (安装在一个箱体中) 并与 3 相线路电抗器 (VW3-A6650)

标准电动机电缆长度大于 100m (屏蔽电缆 50m) 线路电抗器限制电动机侧过电流

图 4-57 与滤波器、电抗器的连接

装置，提供附加保护功能，即使在控制电源断开的情况下，热记忆功能仍能保持。过载保护通过电流传感器和 I^2t 算法实现。当温度超过固定的预置极限，就立即进行分断操作，为完全过载性能提供了最佳保护。它特别适用于起动频率高、点动工作制或重载起动的传动装置。

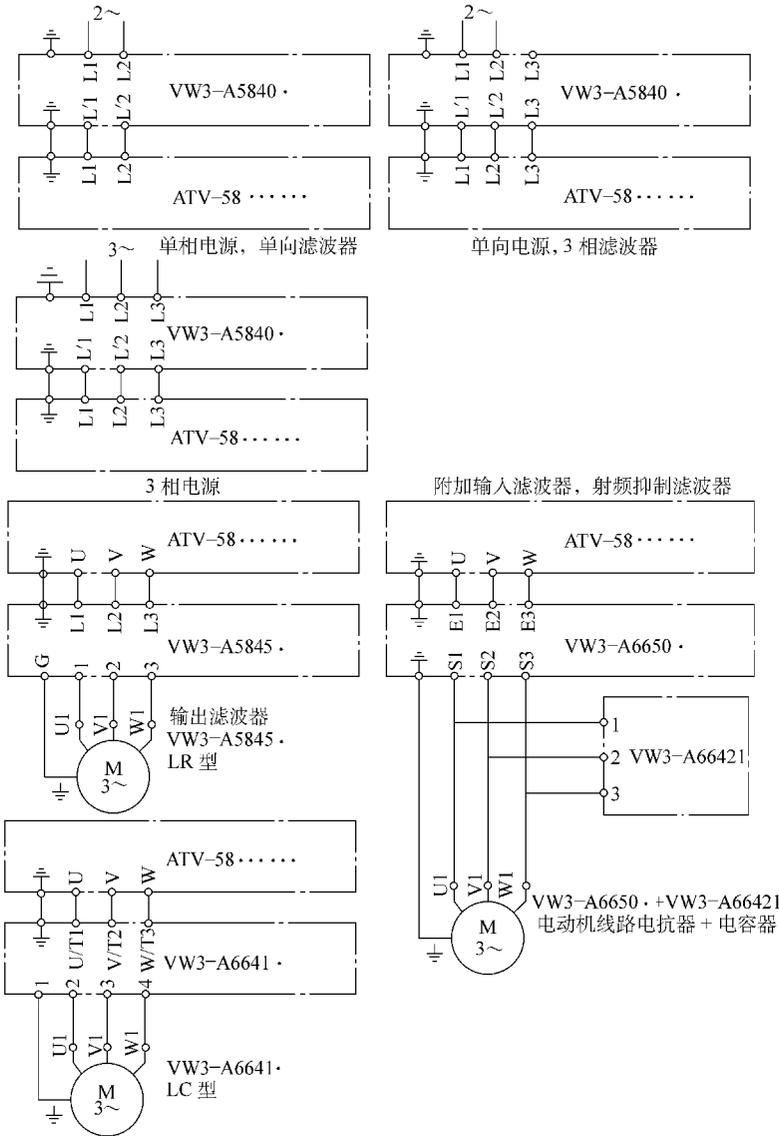


图 4-58 与滤波器、电抗器的连接

(2) 失速保护和堵转检测 在失速或堵转的情况下，电动机将承受转子堵转电流、从而产生高的转矩，将导致线圈绝缘损坏或与负载相连部分的机械损坏。软起动器可以检测到失速和堵转，从而加强了对电动机或系统的保护。用户可对最大失速保护延迟时间编程，失速保护延迟时间是除可编程起动时间之外的时间，它是从起动时间已经超时之后开始的，如果软起动器检测到失速，它会在延迟时间到使电动机停止。堵转检测允许用户以电动机满载电流额定值百分比编程，用户可以选择延迟时间，在电动机堵转发生后，软起动器在延迟时到脱扣。

(3) 线路故障保护 软起动器能够连续检测线路情况，以监视其异常情况。起动前线路故障如电源断电、负载连接断开、SCR 短路可报警指示；起动运行后线路故障如电源断电、负载连接断开、反相保护、可停止运行。

(4) 欠载保护 软起动器检测到电流突然下降，电动机能停止运行。

(5) 欠电压保护 软起动器检测到电压突然降低使电动机停止运行。

(6) 过电压保护 软起动器检测到输入线电压上升，过电压保护将使电动机停止运行。

(7) 电压不平衡保护 电压不平衡是检测三相电压大小及三相电压的相位关系，当软起动器检测到不平衡电压达到用户编程的脱扣水平时，电动机将停止运行。

(8) 过频繁起动 软起动器允许用户设置每小时起动的次数，有助于消除由于在短时间内反复起动所造成的电动机冲击应力。

(9) 过热保护 软起动器内部采用热传感器监测晶闸管的温度。当到达阴极最高额定温度时晶闸管被禁止触发。发热情况表明通风不良、高环境温度、过载或过频繁起动。当晶闸管的温度降低到允许的水平时，故障将自动被消除。

(10) 接地故障保护 软起动器可以在接地故障发展为短路前检测到这一故障条件，接地故障电流开始时一般很小，但能很快增加到几百或几千安培，这一特性可在不另外增加接地故障断路器情况下对人身进行保护。软起动器接地故障检测功能包括接地故障脱扣和接地故障报警。

(11) 热敏电阻保护 软起动器通过监测定子上安置的 PTC（正温度系数）热敏电阻，可以通过外部电路加强对电动机的保护。PTC 实际上是一个热敏电阻器，它具有在激活的额定温度后电阻具有急剧变大的特性，即使电动机不过载，电动机过热有时也会出现，这一过热会导致电动机冷却系统受阻和环境温度过高，PTC 有助于辨认这一过热现象，从而提高电动机保护功能。

上述功能电路都设置在设备内部，并由软件和硬件组成，它完全代替了短路、过载、过热等典型的继电器保护功能，且在准确度、灵敏度、选择性上远远超过了继电器，在使用中则能完成上述功能。

2. 软起动器基本控制电路

(1) 基本主接线电路 见图 4-59。

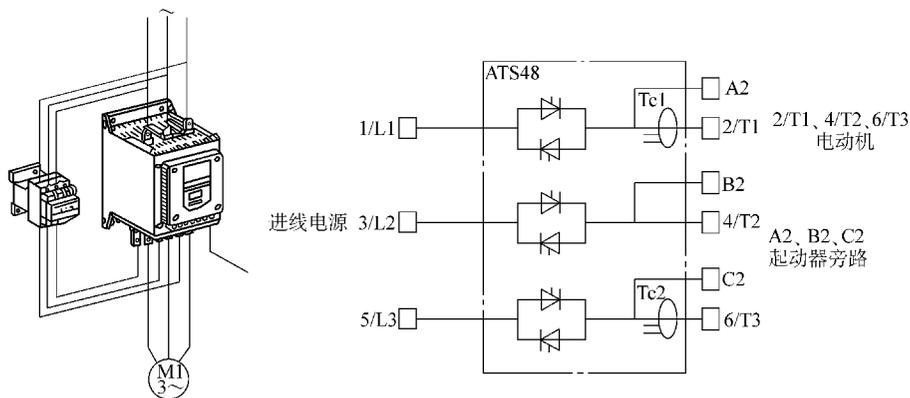


图 4-59 ATS48 软起动器主接线电路

(2) ATS48 软起动器基本控制电路 基本控制电路见图 4-60，各外接端子符号、名称、说明见表 4-4。

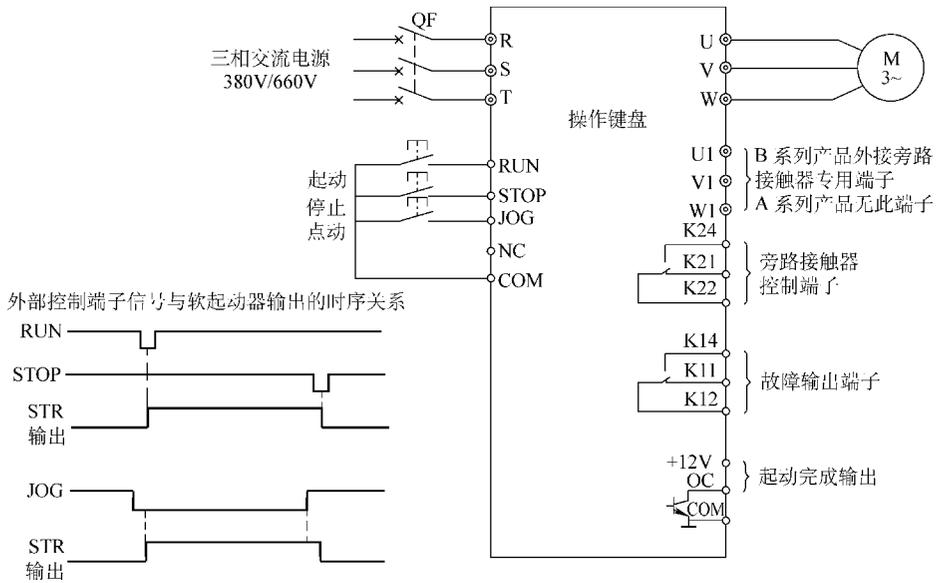


图 4-60 ATS48 软起动器的基本接线

表 4-4 外接端子

符 号		端子名称		说 明	
主 电 路	R、S、T	交流电源输入端子		通过断路器（MCCB）接三相交流电源	
	U、V、W	软起动器输出端子		接三相异步电动机	
	U1、V1、W1	外接旁路接触器专用端子		B 系列专用，A 系列无此端子	
控 制 电 路	数 字 输 入	RUN	外控起动端子	RUN 和 COM 短接即可外接起动	
		STOP	外控停止端子	STOP 和 COM 短接即可外接停止	
		JOG	外控点动端子	JOG 和 COM 短接即可实现点动	
		NC	空端子	扩展功能用	
		COM	外部数字信号公共端子	内部电源参考点	
	数 字 输 出	+12V	内部电源端子		内部输出电压，12V，50mA，DC
		OC	起动完成端子		起动完成后 OC 门导通（DC 30V/100mA）
		COM	外部数字信号公共端子		内部电源参考点
	继 电 器 输 出	K14	动合	故障输出端子	故障时 K14—K12 闭合 K11—K12 断开 触点容量 AC：10A/250V DC：10A/30V
		K11	动断		
K12		公共			
K24		动合	外接旁路接触器 控制端子	起动完成后 K24—K22 闭合 K21—K22 断开 触点容量 AC：10A/250V 或 5A/380V	
K21		动断			
K22		公共			

(3) 一台 STR 软起动器控制两台电动机（一备、一开）电气电路（见图 4-61） 一台软起动器控制两台电动机是指开一台，备用一台。S 为切换开关，S 往上，则 KM1 动作，为起动电动机 M1 做准备，指示灯 HL1 亮、HL2 灭；往下则 KM1 不工作、KM2 工作，指示灯 HL2 亮、HL1 灭。

电动机工作之前，必须先操动切换开关 S，确定哪台电动机工作，然后在 STR 的操作键盘上按动 RUN 键起动电动机；按动 STOP 键则停止。

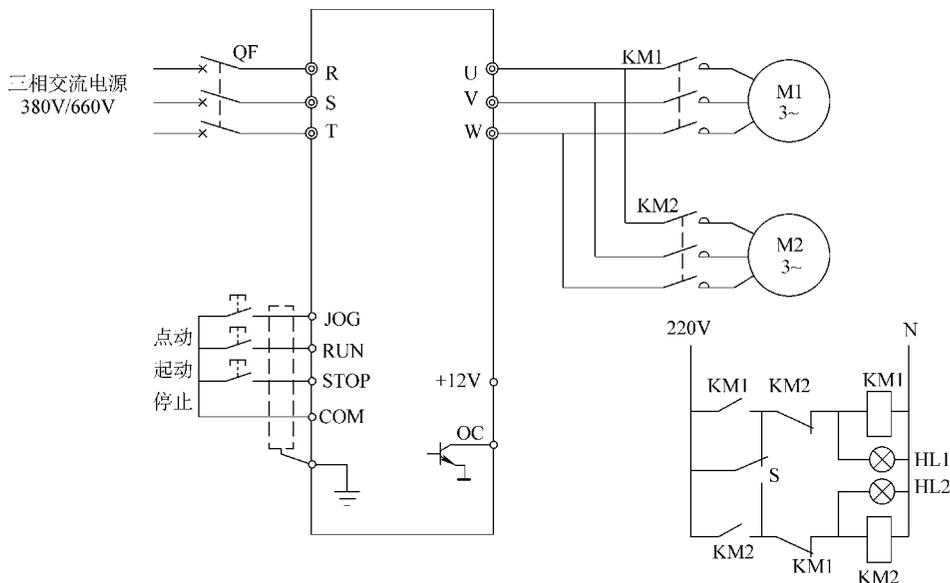


图 4-61 一台 STR 软起动器控制两台电动机

注：通过转换开关 S 可选择 M1 或 M2

(4) STR 软起动器一台起动两台电动机（旁路运行，软起动器起动） 软起动器起动、旁路接触器运行控制电路见图 4-62。断路器 QF 闭合后，STR 开始工作，按动 SBT1，KM11 吸合，为起动 M1 做准备，然后按下起动按钮 SBT，KM11 吸合后，电动机 M1 软起动，起动完成后，中间继电器 K 吸合，其在控制电路中的动合触点闭合，使旁路接触器 KM12 吸合，时间继电器 KT1 开始延时。延时结束后，KT1 动断触点断开，切断 KM11，这时由旁路接触器为 M1 供电工作，STR 软起动器这时已退出运行状态，为起动 M2 做准备。

按下 SBP1、SBP2，则 M1、M2 停止运行。

(5) STR 软起动器两地控制电路（见图 4-63） 在控制电路中，是将另外一地控制的动合按钮与图中动合按钮 SBT 并联起来，而将另外一地控制的动断按钮与图中动断按钮 SBP 串联起来，这与接触器—继电器控制系统相同，读者可按前述分析方法自行解读图 4-63，同时可参见图 4-4 的内容。

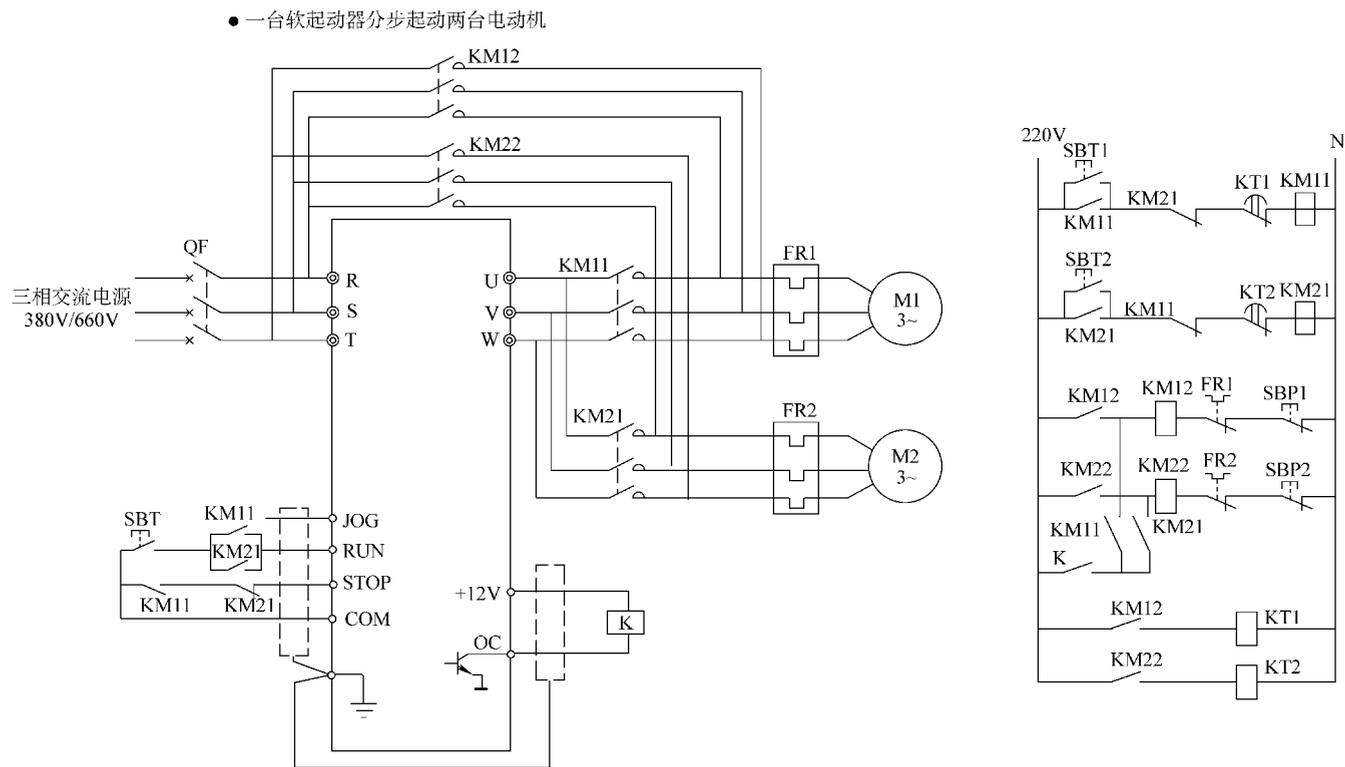


图 4-62 一台 STR 软起动两台电动机

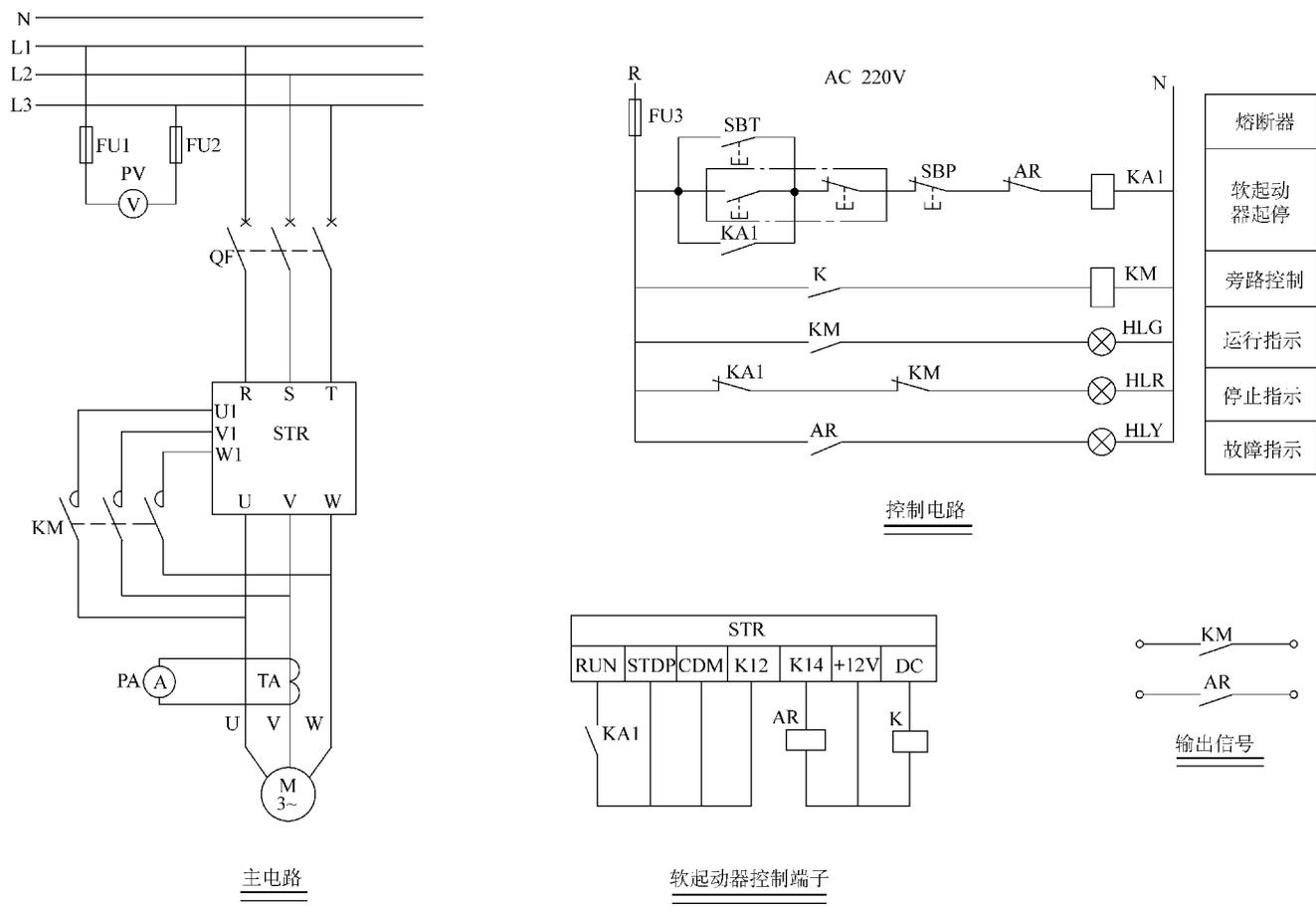


图 4-63 STR 软起器两地控制电路

这里将软起动器常见的控制电路列出，读者可按上述分析方法自行解读，见图4-64~图4-72。

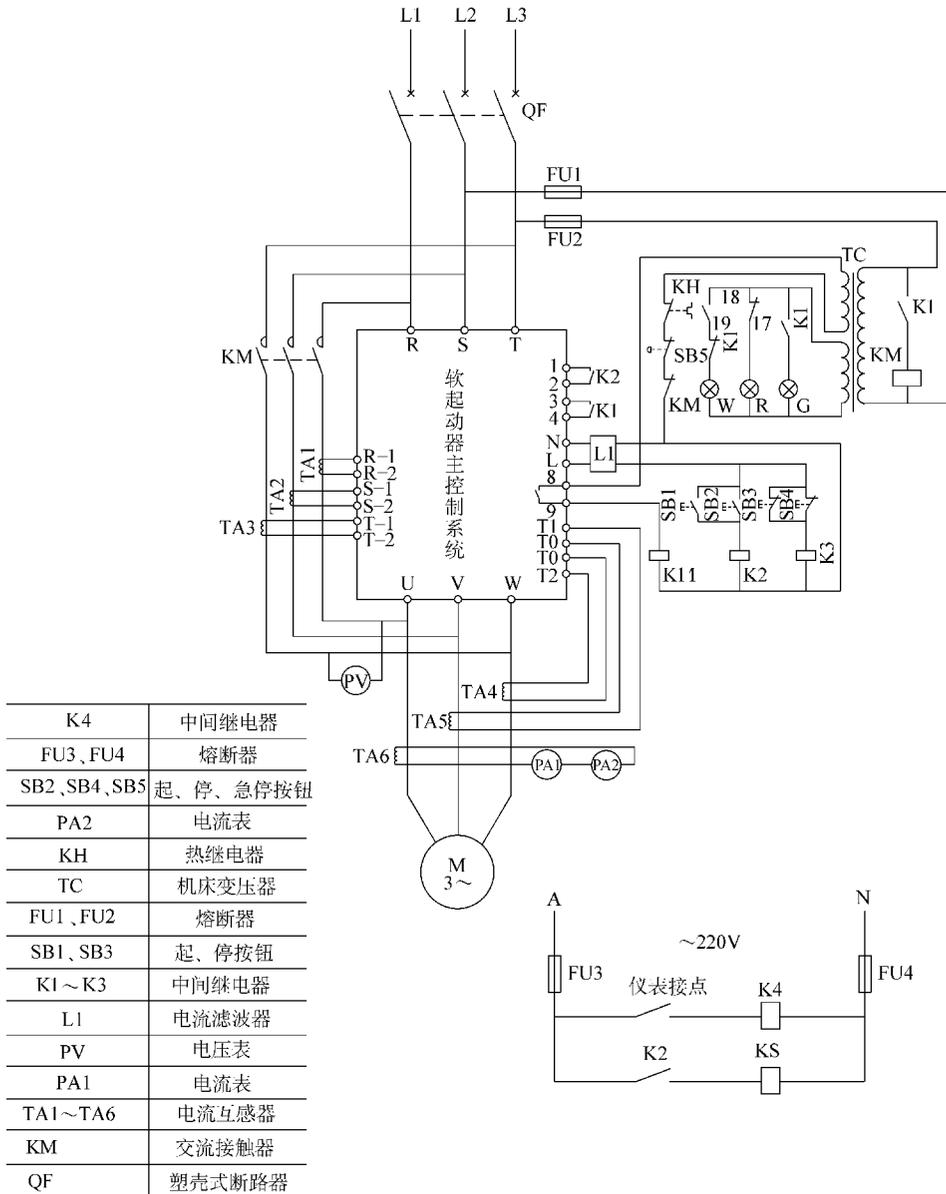


图 4-64 常用软起动器接线图

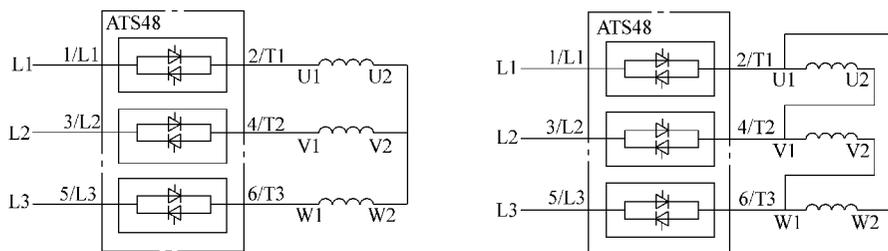


图 4-65 ATS48 软起动器电源及与电动机接线示意图 (一)

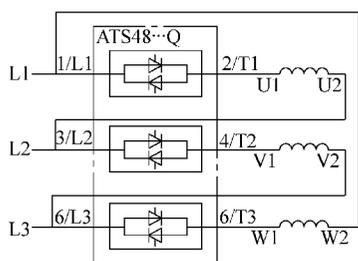


图 4-66 ATS48 软起动器电源及与电动机接线示意图 (二)

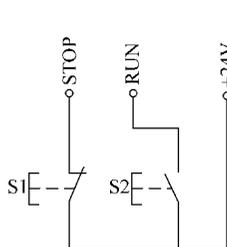


图 4-67 三线控制

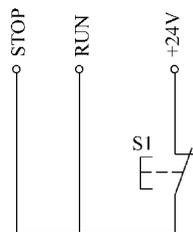


图 4-68 两线控制

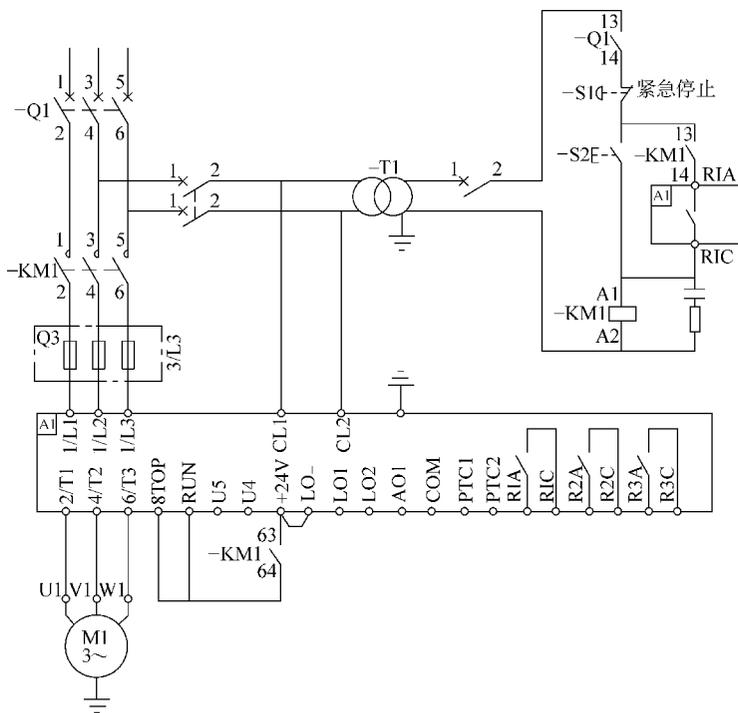


图 4-69 ATS48 软起动器标准接线图 (一)

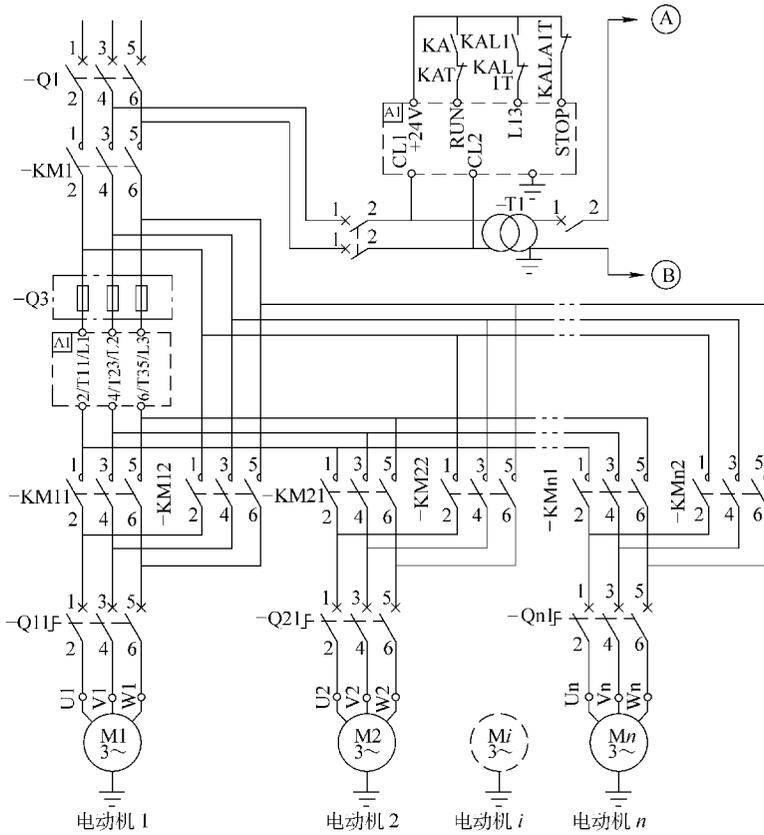


图 4-70 ATS48 软起动器标准接线图（二）

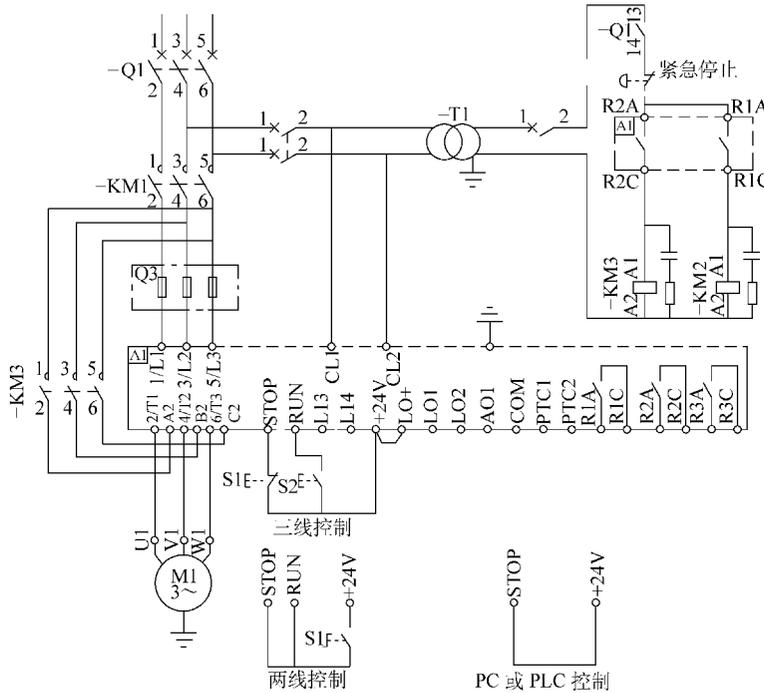


图 4-71 ATS48 软起动器标准接线图（三）

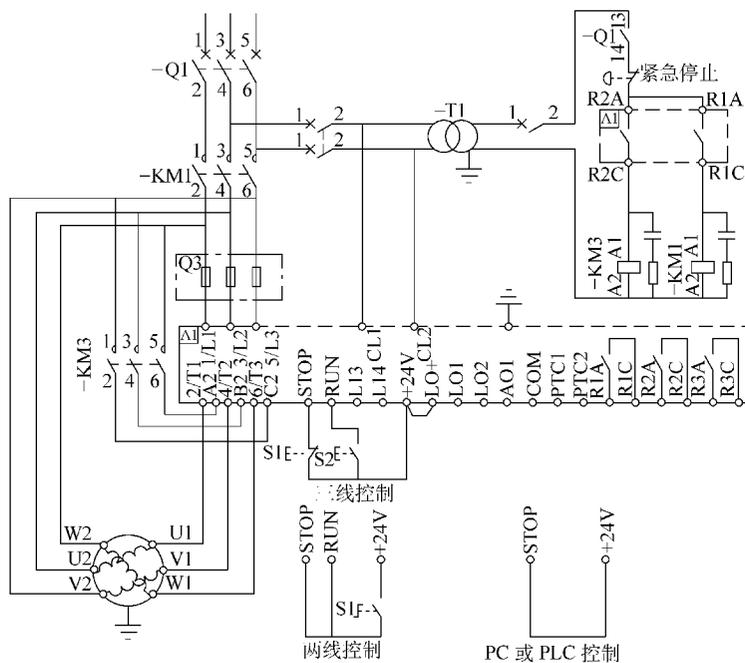


图 4-72 ATS48 软起动器标准接线图 (四)

(四) 高压电动机起动控制电路

高压电动机有直接起动、串联电抗起动和转子串联频敏变阻器起动,后两种主要是为了减小起动电流,其保护和联锁与直接起动相同,起动电路可参阅低压电动机串联电动机、串联频敏变阻器起动电路。高压电动机也可采用高压变频器起动或高压软起动器起动,基本同低压变频器或软起动器,只是设备的电压高了一个等级,其他可参照低压部分解读。图 4-73 是 215kW、10kV 电动机起动控制原理图,由图可知以下内容。

1. 主电路的设置和功能

(1) 主电路设置隔离开关 QS 和断路器 QF,由 QF 直接起动。

(2) 主电路设置两组电压互感器 1TV 和 2TV,作为线路电压保护继电器及测量仪表电压线圈的电压信号源。同时设置控制变压器 TC,为整流装置 EU 提供电源。

(3) 主电路设置两组电流互感器,其中 1TA 作为线路的过电流保护,2TA 作为测量仪表电流线圈的电流信号源。

(4) 主电路设置阻容吸收装置 1~3C 和 1~3R,当停车时,将高压线圈的剩余电荷放掉。

2. 控制电路的功能和控制原理

(1) 控制电路采用直流 220V 电源,由 EU 供给。

(2) 起动时,先闭合主电路的 QS,电压表有指示,同时闭合组合开关 QC,控制电路有电。

(3) 起动油泵,并使系统油压达到额定值,油压继电器 KP 动作,其触点 KP (7-37) 闭合,使中间继电器 2K 得电吸合。2K 得电后,其触点 2K (13-15) 闭合,为起动作准备。油压继电器装设在油泵管道上。

电跳闸；行程开关 ST 是装设在电动机轴上测量轴位移的，轴位移超过允许值时 ST 便动作，使 YT 得电跳闸；中间继电器 KC 是来自仪表柜的或门电路，见图 4-74，当电动机或设备各部的温度超过允许值时 KC 动作，使 YT 得电跳闸；时间继电器 KT 是测量欠电压时间超过允许值时 KT 动作，使 YT 得电跳闸。电动机运行时，只要有一个跳闸信号输入，电动机便跳闸停车，保护电动机。信号灯 HR 与 YT 并联，是表示跳闸信号的。二极管 1VD 是为 YT 失电后提供放电回路的。

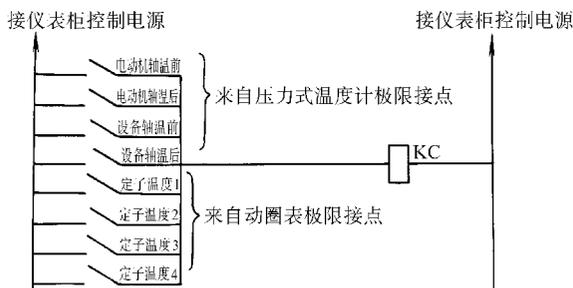


图 4-74 仪表柜上动作信号的或门电路

(9) 信号灯 HLB、HLG 是表示电动机运行状态的，1HY 是表示油压信号的。

(10) 高压电动机一般都设置仪表监控柜，与起动柜并列，并将电流表、电压表、起动按钮、停车按钮引至仪表柜内，把仪表柜的控制接点引到控制上。

图 4-73 中元器件见表 4-5。

表 4-5 图 4-73 中元器件表

序号	符 号	名 称	规格及型号	数量	附 注
1	QS	隔离开关	GNB-10T/400	1	附 CS6-1T
2	QF	高压真空断路器	ZN5-10/630-350	1	
3	1TV、2TV	电压互感器	JDZ-10 10000V/100V	1	
4	TC	控制变压器	BK-2000 10000V/245V	1	
5	1TA、2TA	电流互感器	LZX-10 0.5/3 100/5	1	
6	1~3R	电阻	ZG11-200A 200W 400Ω	3	
7	4R	电阻	RXYC-25 30W 50Ω	1	
8	1~3C	电容器	RWF10.5-25-1W	3	标称电容 0.64μF
9	4C	电容器	CD-131 450V 100μF	1	铝电解电容
10	1~3FU	高压熔断器	RN2-10/0.5A	3	
11	4~8FU	熔断器	RL1-15/5	5	
12	9~10FU	快速熔断器	RS3 100A/500V	2	
13	11~12FU	熔断器	RL1-60/40	2	
14	13~14FU	熔断器	RL1-15/10	2	
15	V ₁ 、V ₂	电压表	42L6-V 10000V/100V	12	

(续)

序号	符 号	名 称	规格及型号	数量	附 注
16	A ₁ 、A ₂	电流表	42L6-A 100/5A	2	
17	Wh	三相三线有功电能表	42L6-W 100V/5A	1	
18	1KV、2KV	电压继电器	DJ-132	2	线圈电压 ~110V
19	1KA、2KA	过电流继电器	GL-12/10	2	
20	QC	组合开关	HZ10-25/2	1	
21	EU	断路器合闸电源	ODK、31A、059	1	GCZ ₁ -10
22	YC	合闸线圈		1	在断路器上
23	YT	分闸线圈		1	在断路器上
24	1K、2K	中间继电器	JZ8-44Z/4	2	线圈电压 ~220V
25	KM	直流接触器	CZ0-40C -220V	1	
26	ST	行程开关	LX3-11H	1	
27	KT	时间继电器	DS-31C -220V	1	
28	KP	压力继电器	JY10.2s ~5kg/cm ²	1	装在润滑油管道上
29	1VD	二极管	10A 800V	1	
30	2VD	二极管	ZP-5A/500V	1	
31	SBT	按钮	LA19-11	1	蓝色
32	SBS、2SBS	按钮	LA19-11	2	绿色、红色各1个
33	1HLY、2HLY	指示灯	XD13-220V	2	黄色

(五) 单相电动机起动控制电路

单相电动机的控制电路较为简单，一般用单相小型断路器或小型负荷开关进行，只设短路保护，见图 4-75 和图 4-76。也可用接触器或中间继电器控制，见图 4-77。

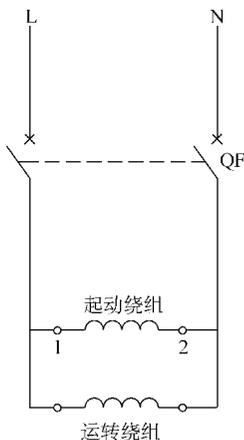


图 4-75 单相电动机断路器起动电路

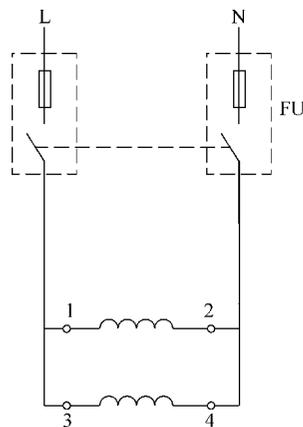


图 4-76 单相电动机负荷开关起动电路

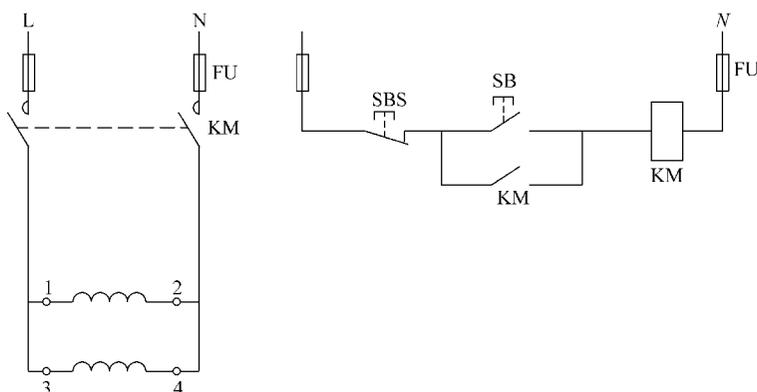


图 4-77 单相电动机接触器或中间继电器起动

需要进行正反转控制的单相电动机可用接触器或中间继电器进行，见图 4-78 和图 4-79，由图可知改变运转绕组或改变起动绕组的头尾即可改变电动机转向。

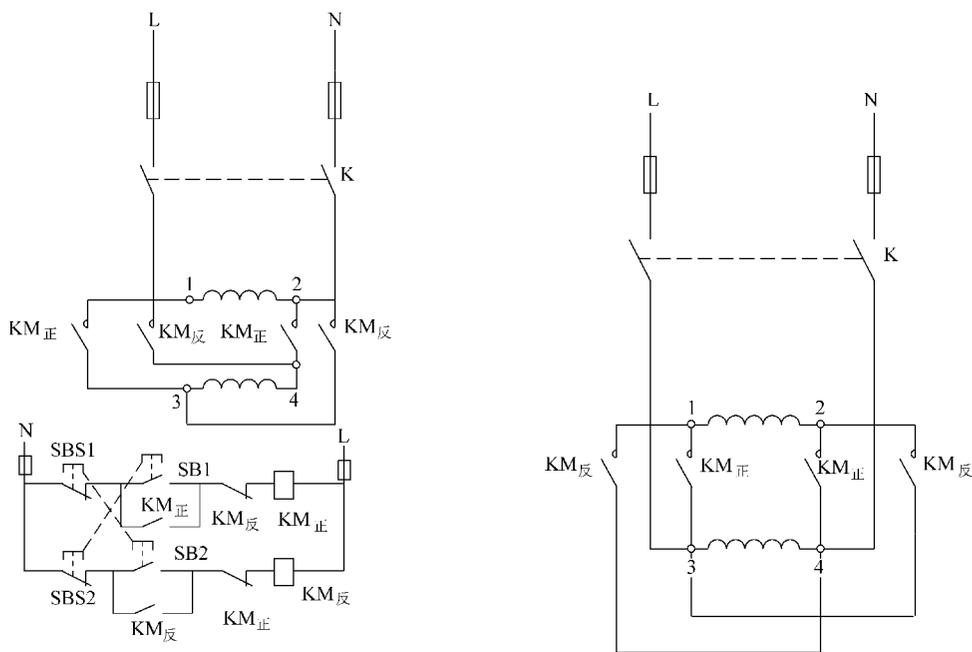


图 4-78 单相电动机正反转控制电路（一）

图 4-79 单相电动机正反转控制电路（二）（主回路）

二、高层建筑电气工程图的识读

高层建筑是指十层及以上的住宅及高度超过 24m 的其他民用建筑物和工业厂房。高层建筑的电气工程几乎包罗了我们前述各章节的内容，特别是智能型的高层建筑，电气系统很复杂。但是，往往复杂的系统都是由简单的小系统组合而成的，民用住宅、综合楼、锅炉房、工业车间、变配电装置、电梯、空调等内容都要用到。特别是综合楼中的火灾自动报警及消防系统、有线电视系统、通信广播系统以及锅炉房、变配电装置、电梯、空调系统中的

微机部分,加上本书未介绍的中央计算机系统和防盗保安系统、应急照明系统、地下室(车库)及人防系统、报警系统等,构成了大厦的主导系统及控制中枢,这是高层建筑电气工程图样的重点和难点。

另外,对于高层建筑要掌握设备层、机房、竖井以及分布到各个房间部位线缆管的敷设。高层建筑的图样很多,限于篇幅的关系,这里仅以某三十六层金霞大厦部分图样为例重点分析,以便使读者掌握基本技能,这样才能更好更正确地去分析工程中的图样。

(一) 工程设施概况

金霞大厦地上三十四层,地下二层,现浇混凝土框架结构。从功能上区分有4个部分,即商场,办公写字楼、民用住宅及其配套的附属工程,其外形结构见图4-80和图4-81。

1) 地下二层为第一设备层,设有空调机房、消防泵房、给水泵房、自备发电机房、通风机房、冷冻机房、变配电间、冷却水处理车间、燃油锅炉房、修理间、中央控制室等,是大厦电力负荷的中心,酷似一个大型的工业车间,层高6.0m,平面布置见图4-82。

2) 地下一层至地上四层为综合商场,设有直梯六部(二~九层)、消防梯三部、每层扶梯八部,首层有电动卷帘,全部为电动门,除照明(包括装饰照明)外,设有火灾自动报警及自动消防装置、闭路电视及防盗保安装置、通信广播装置、空调装置、电缆电视装置、微机管理及监控装置等。除卫生间淋浴间外,全部吊顶,层高6m。消防中心和防盗保安中心设在一层,一层的室外还设有洗车库、消防泵等。平面布置见图4-83~图4-85。

3) 地上五层至八层为办公管理中心,设有电动门、照明、电话、广播、空调、火灾报警、电缆电视、防盗保安、微机及现代办公设备等。除卫生间、淋浴间外全部吊顶,层高3.8m,从五层开始,建筑物外廓的轴线向内缩小,其中⑬轴缩到⑫轴,①轴缩到②轴,④轴缩到③轴,⑥轴未动。这样,上述缩回的轴与轴之间即为五层的平台,设有厅院柱灯、立体投光照明、扬声器、柱灯等,可做为公共娱乐场所。见图4-86,其他动力、防雷、弱电图样略去。

4) 地上九层为第二设备层,设有加压泵站、 $2 \times 800\text{kVA}$ 变配电间、电缆电视机房、电话机房、广播机房、电梯中转站以及中央调度室和计算机中心、演播厅以及照明、弱电系统和空调装置等。除泵站、变电间、卫生淋浴间外全部吊顶,层高6m,楼梯间设电动门,见图4-87~图4-89。

5) 十层至三十六层为高级住宅,设有照明、有线电视、电话、火灾报警、电梯、防盗报警等现代家庭设备。分三个单元,一、三单元每层5户,二单元每层7户,层高2.8m。见图4-90~图4-92。

6) 楼顶有电梯机房、卫星抛物面天线、电视共用天线、无线寻呼电话天线塔、防雷设施、航空障碍灯等。见图4-93~图4-95。

7) 楼前和两侧为停车场,有立面投光照明、广场照明、水下喷泉照明及消防泵、洗车泵等。楼后为地下一层、地上四层的立体仓库,有货梯8部、消防梯2部,配有照明、火灾自动报警及消防系统、防盗保安系统、电动门、电话等,层高和主楼对应相等,并有锅炉房和住宅入口通道及自用车库等设施,上述内容未用图表示。

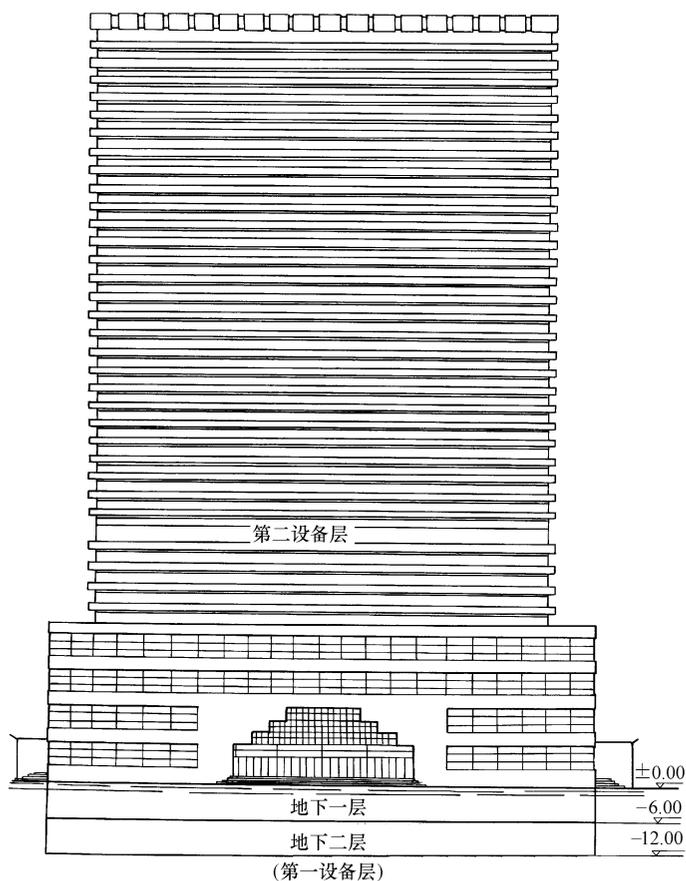
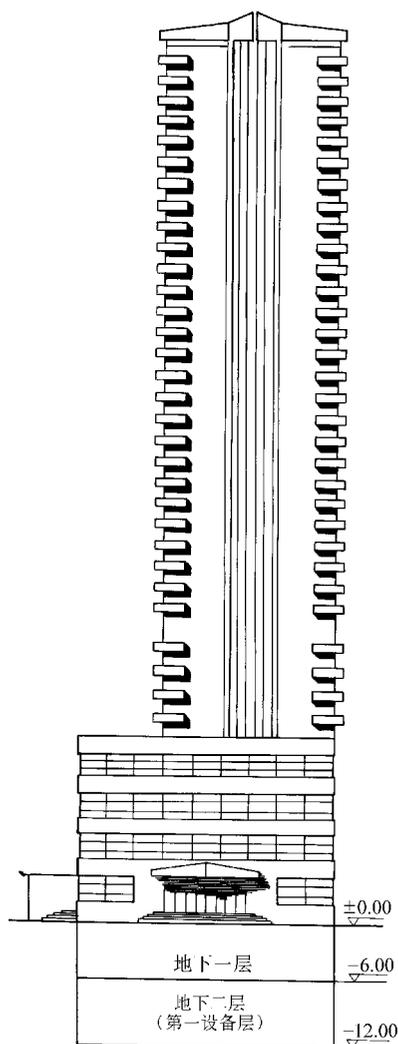


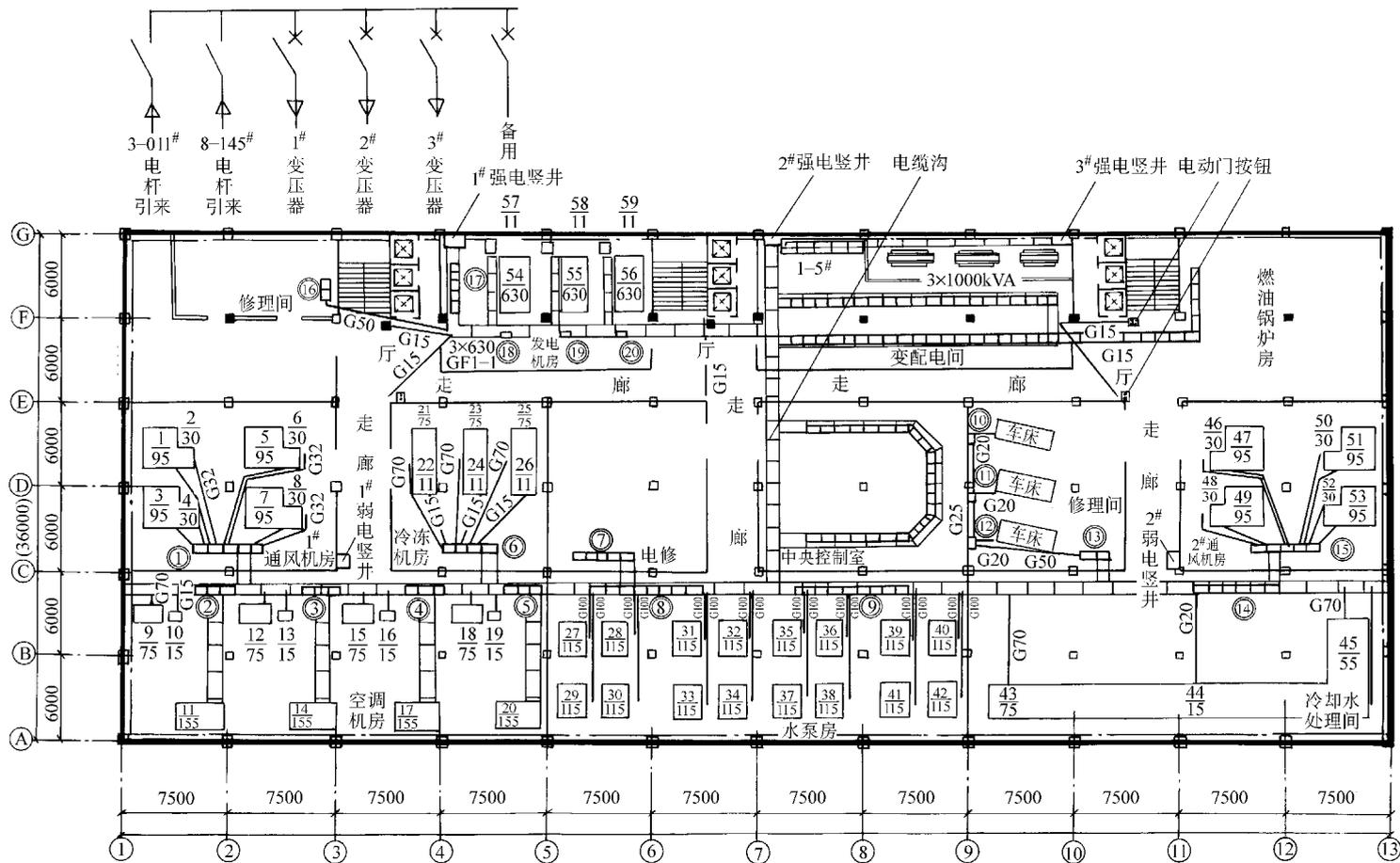
图 4-80 三十六层金霞大厦正立面外形示意图

图 4-81 三十六层金霞大厦
侧立面外形示意图

8) 电气竖井有强电竖井三个, 弱电竖井两个, 变压器采用干式变压器, 在电梯机房、电话机房、电视中心、广播机房、消防中心、保安中心、调度中心、计算机中心和变配电间分别配有容量相应的 UPS。另外, 这些负荷的电源与发电机电源是互锁的。

9) 本建筑物只给出部分图样。这里只就高层建筑的特点及不同之处进行讲述。

10) 最后说明一点, 本建筑物是一模拟建筑物, 主要是为了讲述的方便而设置的, 不妥之处敬请读者指正。图中用斜线引出的并标有文字说明的元件、管线、设施的名称等原施工图样中没有标注, 这是作者为了讲述的方便临时加上去的, 在阅读工程实际图样时, 应及时对照图例、工程说明、元件设备及电缆清册等。



注：管路直径及线径见系统图。

图 4-82 地下二层(第一设备层)平面布置图

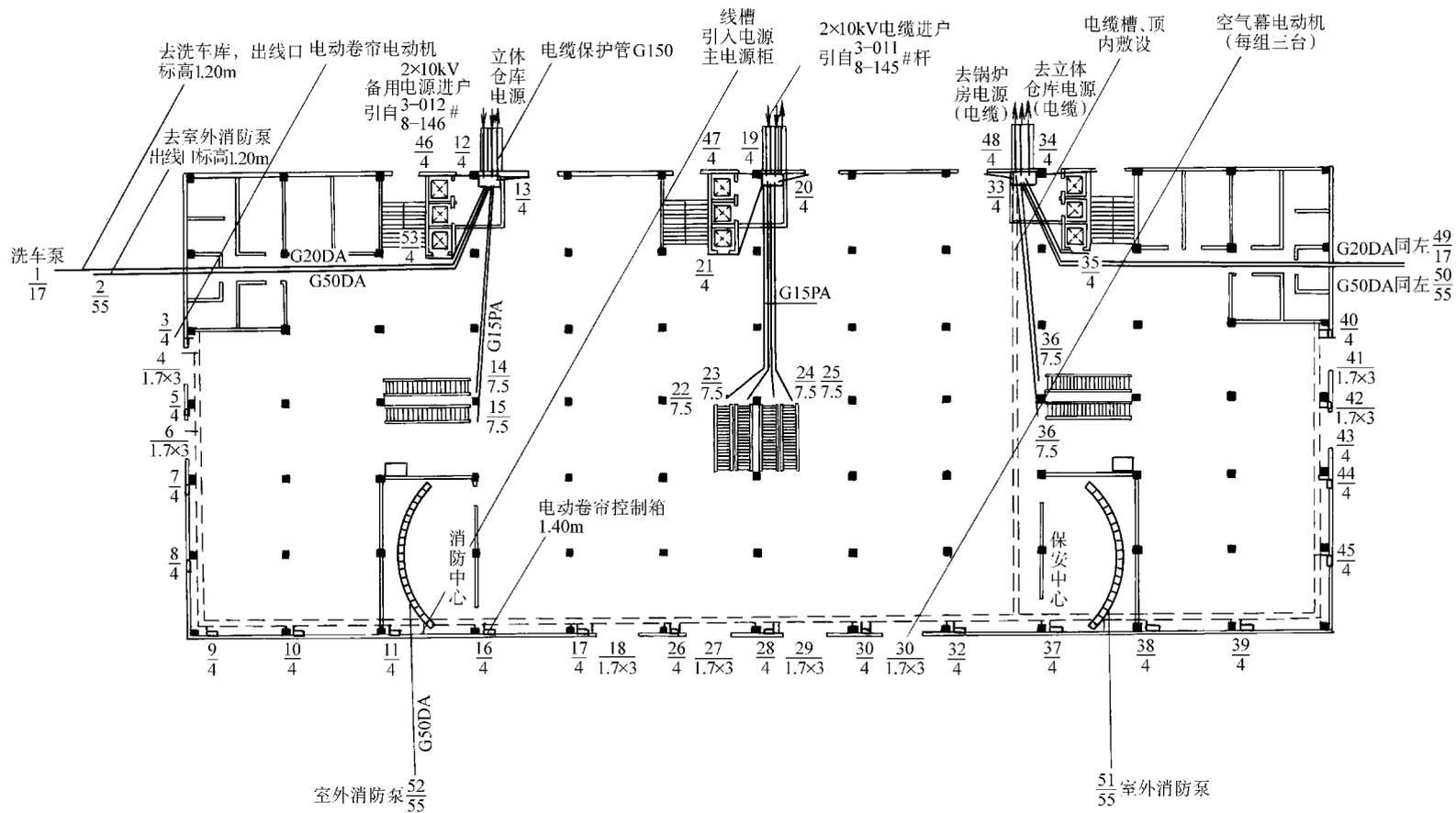


图 4-83 地上一层动力平面布置图

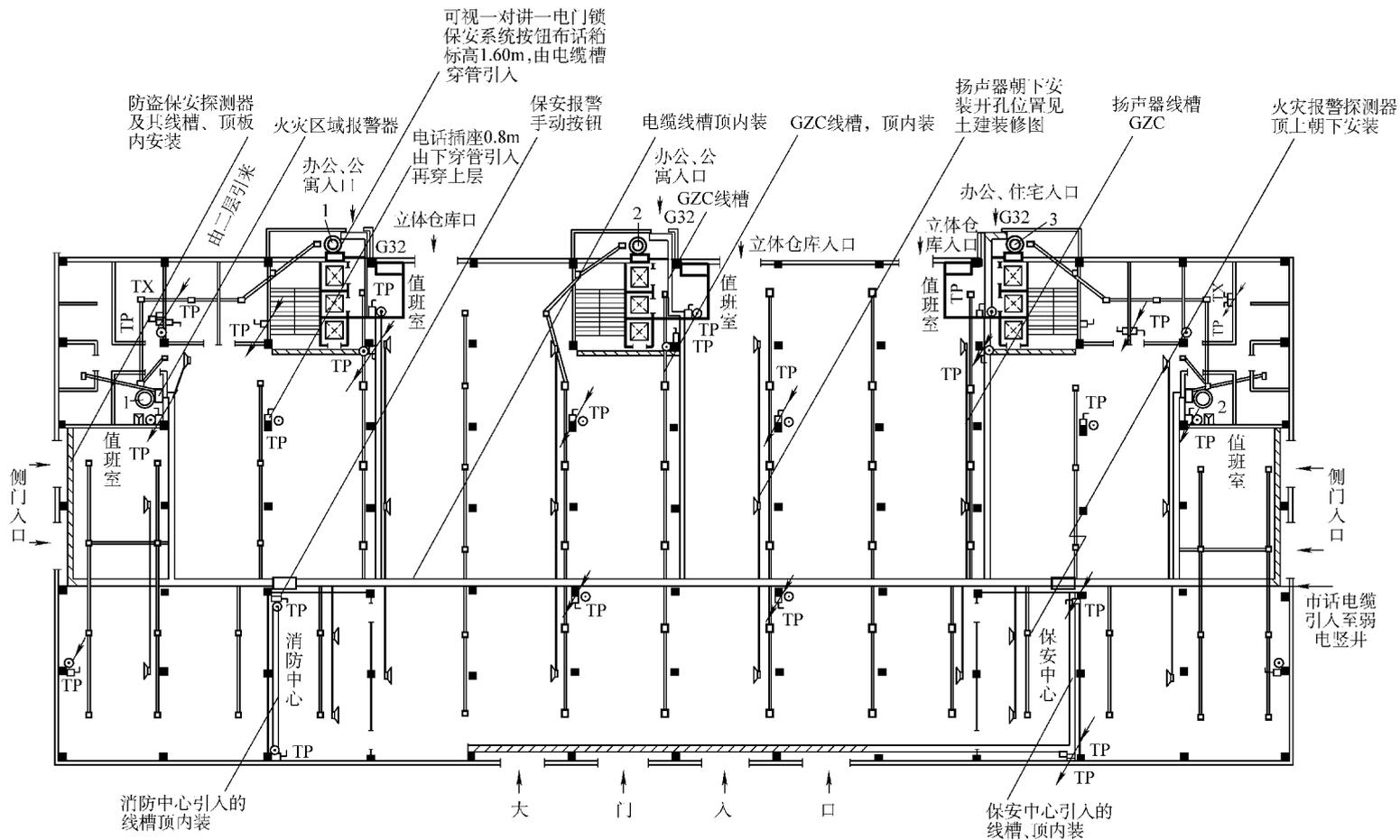


图 4-85 地上一层弱电平面图

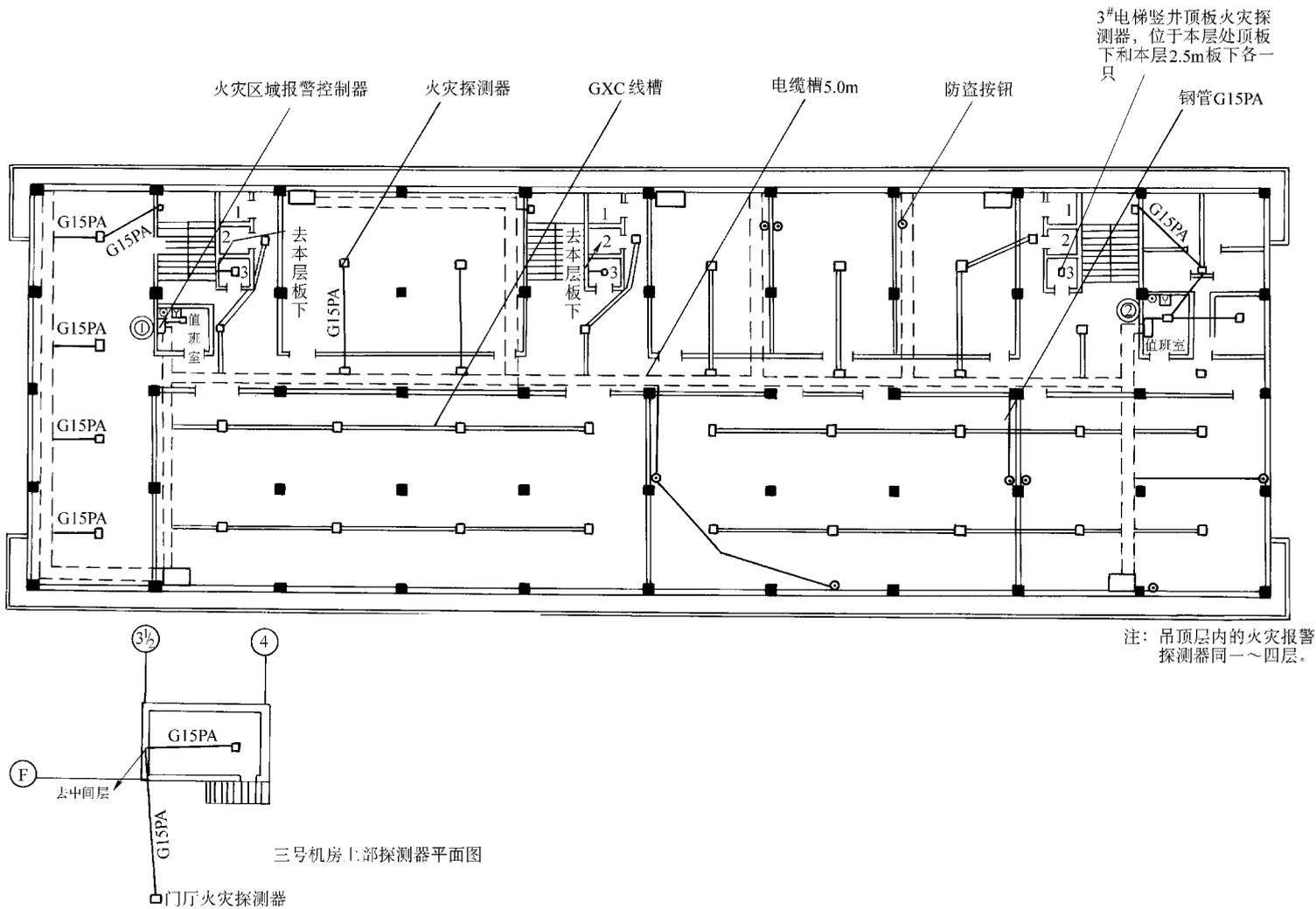
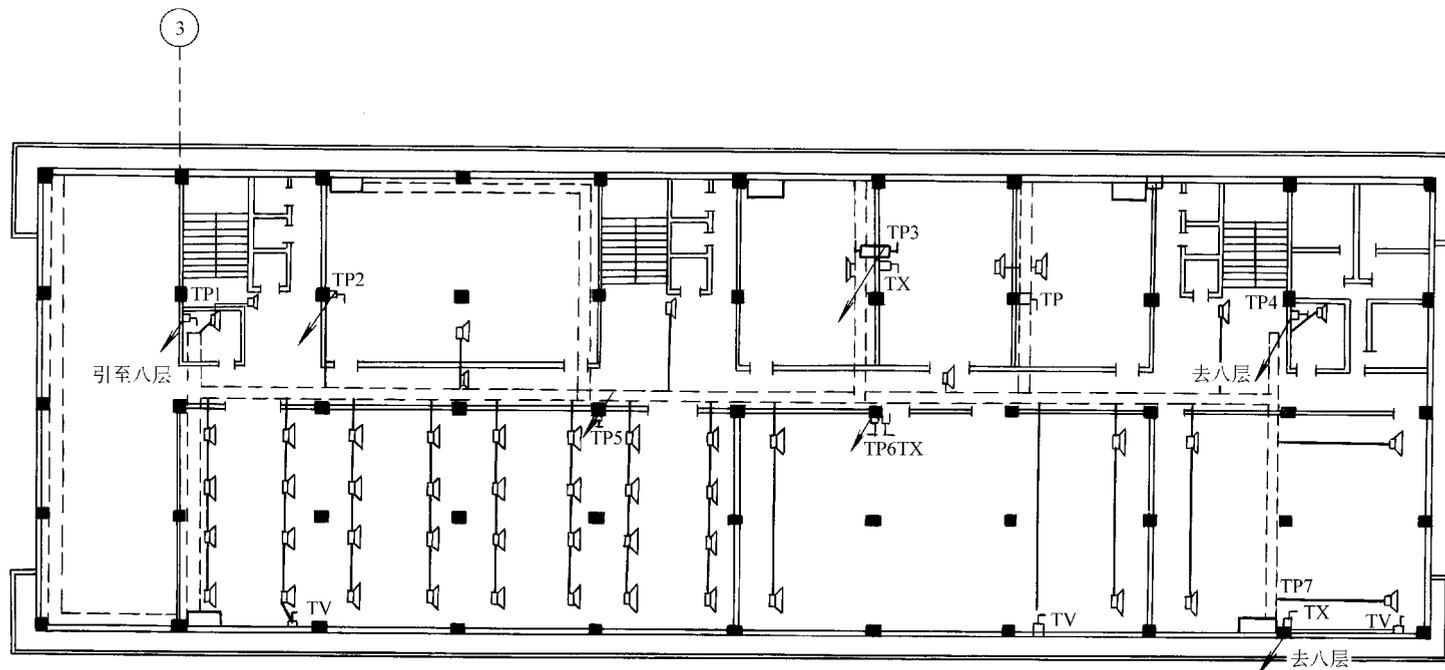


图 4-88 九层(第二设备层)火灾报警、防盗报警平面布置图



注：九层的电话、电视机插座都用槽或管引入主电缆槽进入机房，计算机中心和中央调度室的调度电话由主机直接引入电缆槽。

图 4-89 (第二设备层)广播、电话、有线电视平面布置图

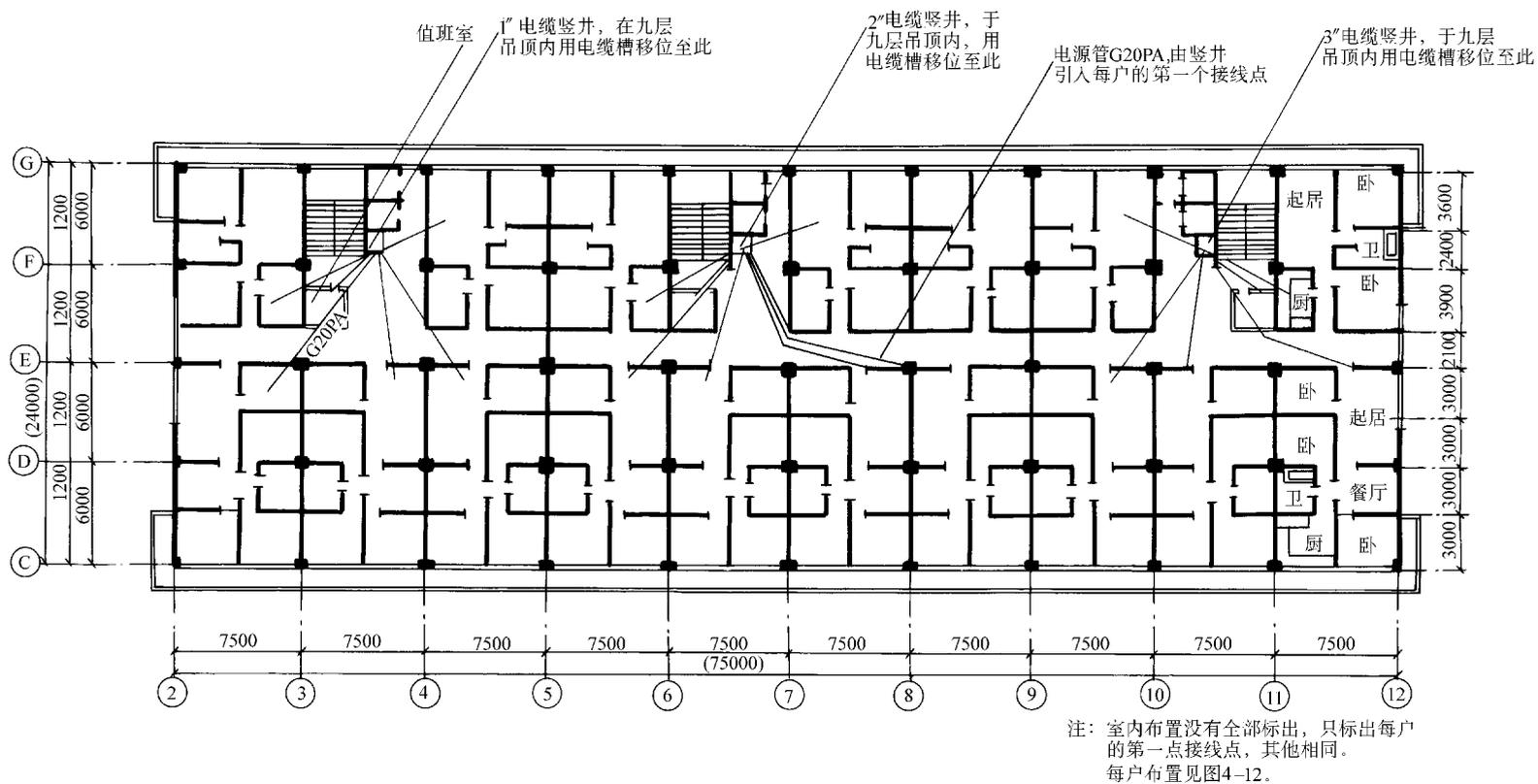


图 4-90 十~三十六层照明进户管路平面布置图

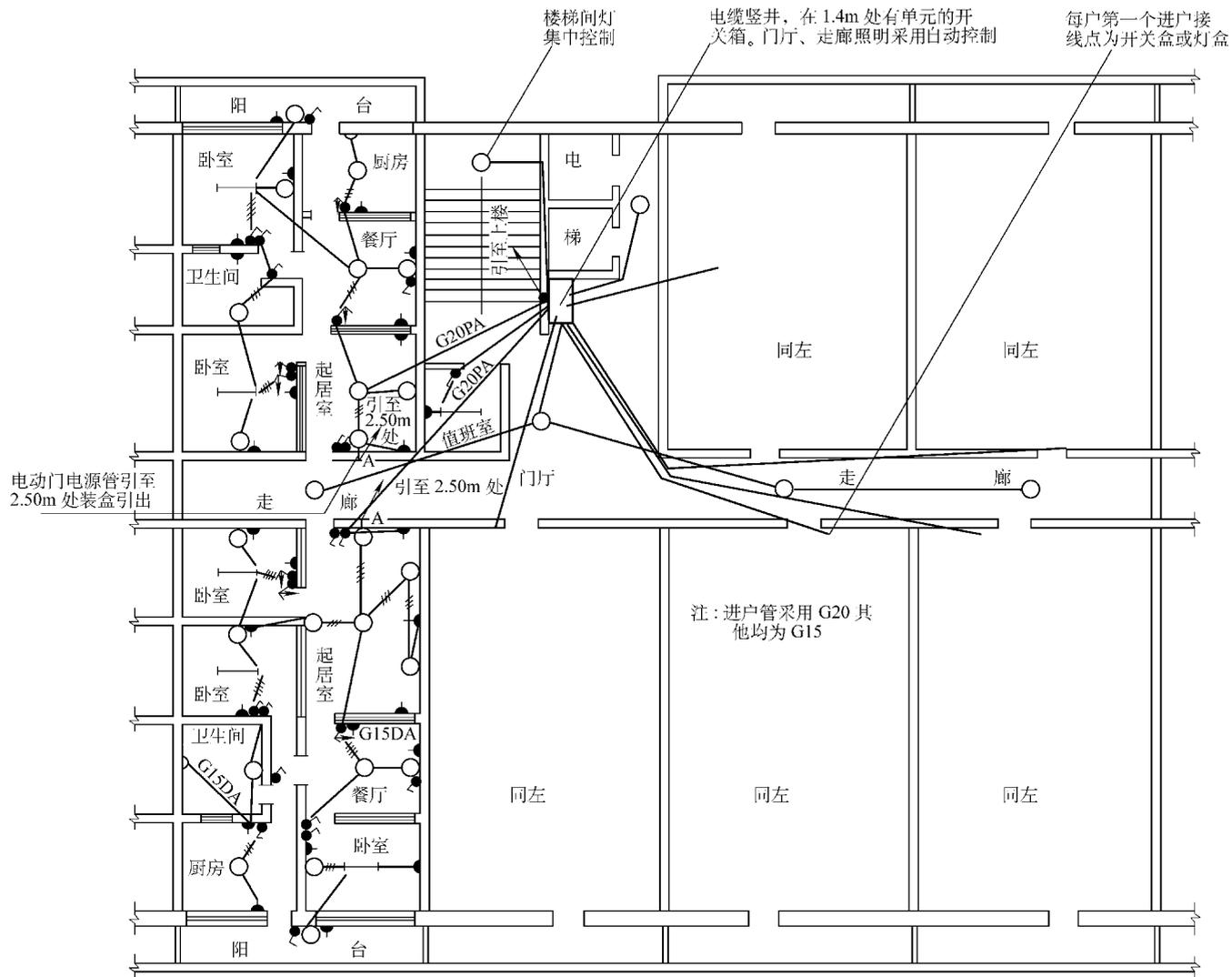


图 4-91 十~三十六层照明平面布置图

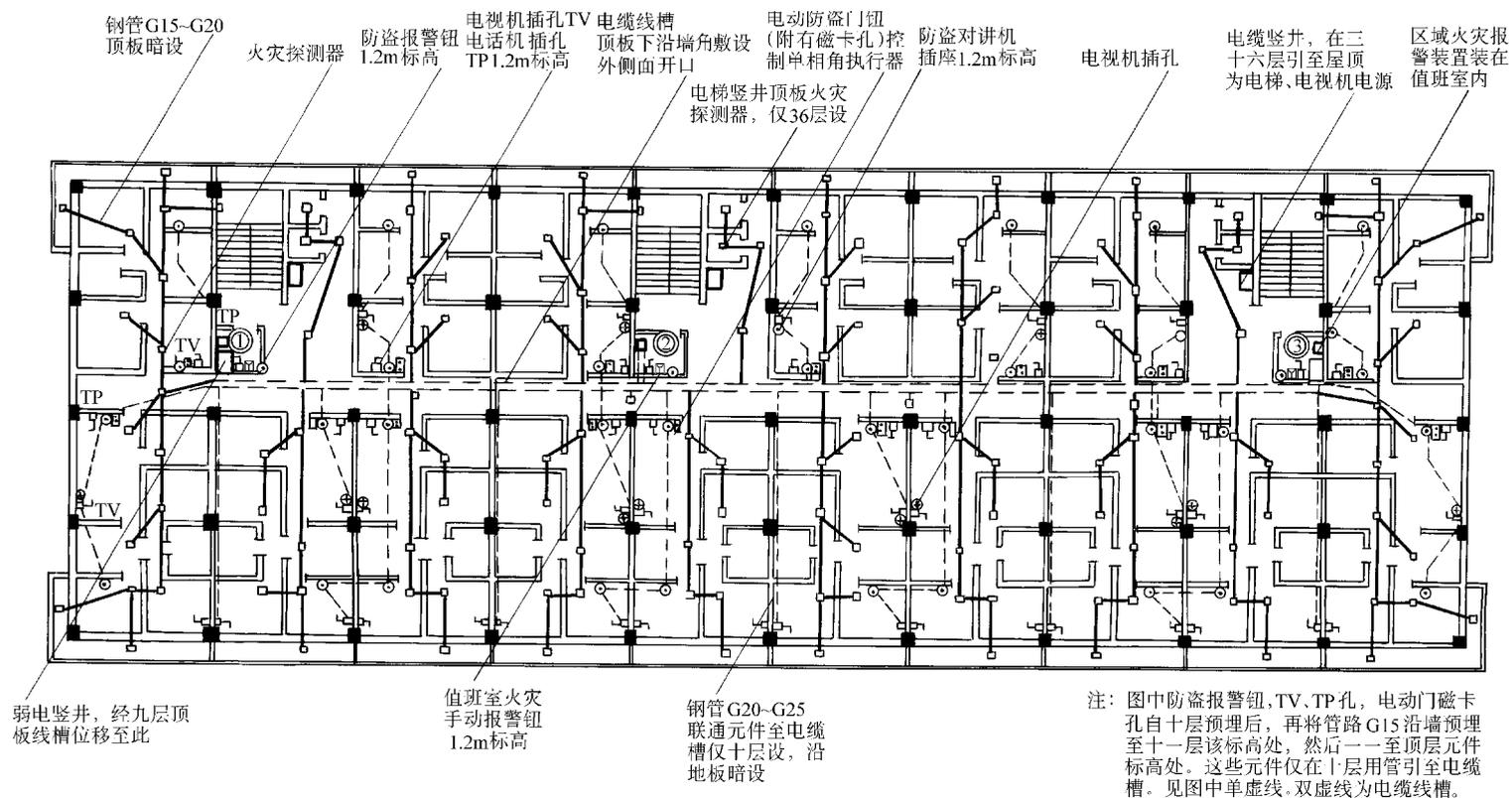


图 4-92 十~三十六层弱电系统平面布置图

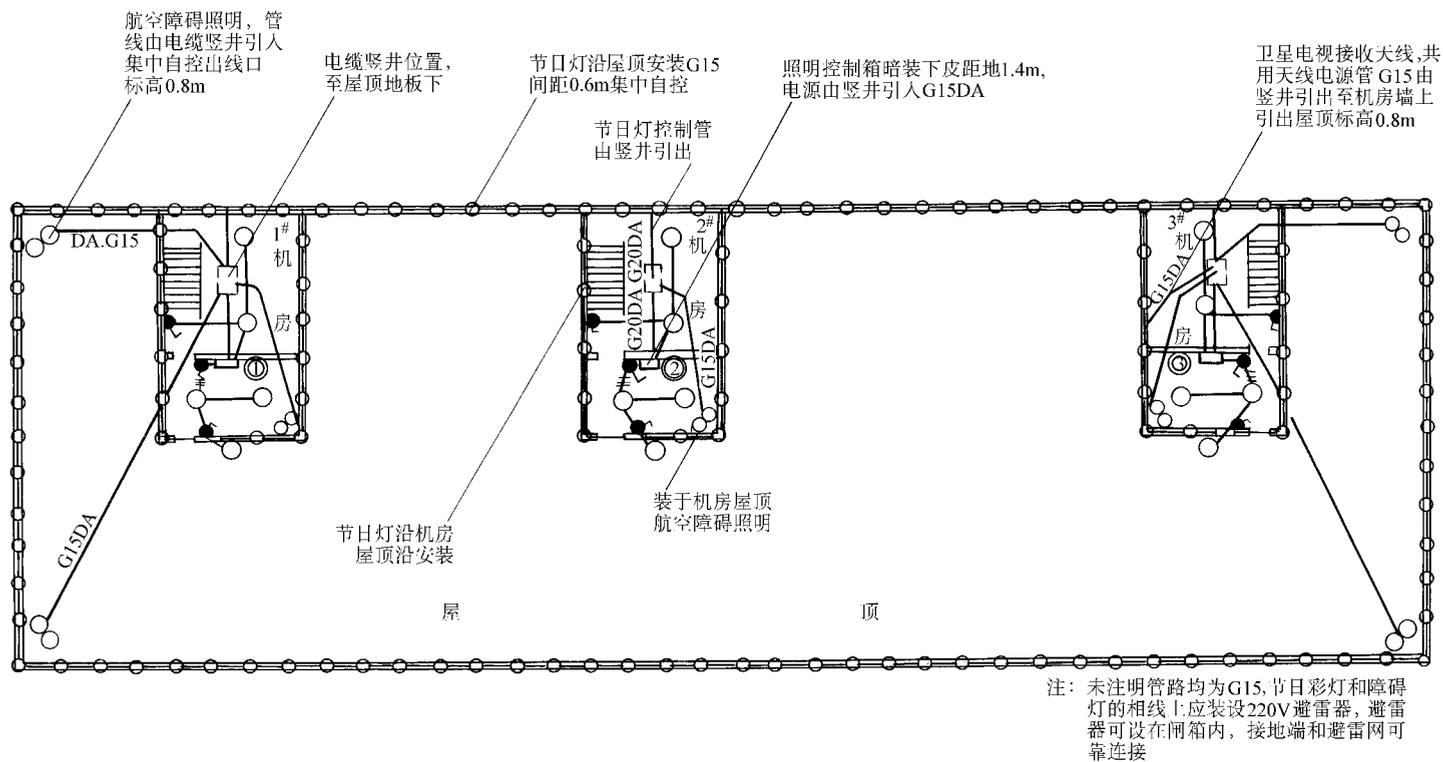


图 4-94 楼顶照明平面布置图

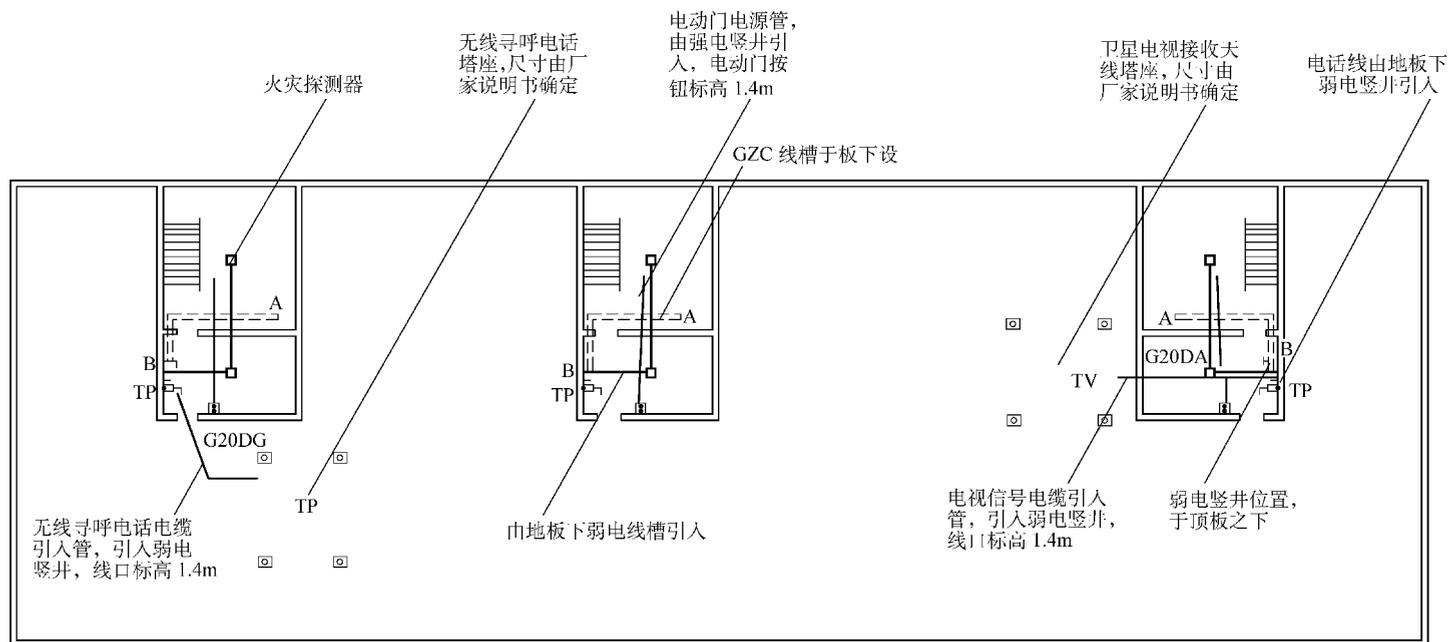


图 4-95 楼顶弱电管路平面图

(二) 电气竖井

竖井是高层建筑最主要的电气通道，竖井中敷有电缆、管线、插接母线、封闭母线、线槽等，且每层的竖井处又是该层的一个小配电间或为一接线箱。竖井有强电和弱电之分，本设计中有三个强电竖井，两个弱电竖井。掌握竖井是分析高层建筑线路分布的关键。

1. 分布及用途

1) 由图 4-82 可知，三个强电竖井分别位于③轴和④轴、⑦轴、⑩轴的交点上，并由地下二层一直通到地上九层。从十层开始强电竖井由上述的位置分别移至电梯间原 3# 电梯的位置，见图 4-90 和图 4-91，这个位移是在九层吊顶内用电缆由原来位置引至这里而完成的，这个电缆的始端是九层变配电间，电缆敷设在九层 5.50m 标高处的电缆槽内，见图 4-87。

强电竖井主要是用来传送交流电、高电压、大电流的动力及照明回路的线缆的。由图 4-83 及其他图可知以下内容：

① 1# 强电竖井有两路 10kV 电源进户，这是引至九层（第二设备层）变配电间的电源，同时由此引出立体仓库的电源，电缆保护管均采用 G150。由 1# 竖井引出的还有室外洗车泵、消防泵、楼梯间及立体仓库电动门和室内扶梯的电源。

② 2# 强电竖井也有两路 10kV 电源进户，这是引至地下二层（第一设备层）变配电间的电源，同时由此引出立体仓库的电源，还有楼梯间电动门及立体仓库电动门和扶梯的电源。

③ 3# 强电竖井向室外引出两路去锅炉房的电源和一路立体仓库的电源。同时还有引至室外消防泵、洗车泵及电动门和扶梯的电源。3# 竖井还有一路用电缆槽吊顶内敷设引至门口电动卷帘、电动空气幕、室外消防泵以及消防中心和保安中心的电源。

④ 前述各图样中，动力及照明的管线回路均由强电竖井引出，动力及照明装置的分布及管线的敷设读者可自行分析。

2) 由图 4-82 可知，两个弱电竖井分别位于③轴与③轴、⑪轴的交点上，并由地下二层一直通到地上九层。从十层开始弱电竖井由上述位置分别移至每层值班室内，即 1/2 ⑥轴与③轴、⑪轴的交点上的值班室内，见图 4-92。同样，这个位移是在九层吊顶内用电缆敷设在槽内完成的。

弱电竖井主要是用来传送直流或脉动交流、低电压、小电流的电话、广播、火灾报警、防盗报警、微机网络、电视及其他弱电信号的线缆的，由图 4-85、图 4-88、图 4-89、图 4-92、图 4-95 及其他弱电图样中可以知道以下内容：

① 延③轴顶内设置电缆线槽将两竖井连通，同时在①、②、④、⑦、⑩、⑫、⑬轴顶内设置部分电缆线槽，将主槽引入到门口、值班室等弱电集中部位，弱电元件的布置即可从槽引管接入，同时将消防中心和保安中心连接起来。

② 市话电缆由室外经顶板内线槽引入到弱电竖井，然后引至到九层的电话机房，经中继后再经竖井及管路引至用户盒处；如果是直拨电话不经中继，引入后经线槽及竖井直接引至用户盒处。

③ 消防中心、保安中心、中央调度室、计算机中心、电缆电视中心、电话总机房、广播机房、加压泵站、变配电间及第一设备层各个房间的所有弱电部位及其信号均可经管路、线槽、竖井联成一个立体网，在建筑物内上下左右、四通八达。

④ 屋顶无线寻呼电话电缆、电视信号电缆从天线塔用电缆经管路直接引入竖井，再引至机房。

2. 重点说明及注意事项

需要说明的是,线槽、管路、电缆、导线必须是阻燃型的,有的部位是防火电缆。无论是强电竖井,还是弱电竖井,竖井内的层与层之间必须用阻燃材料封堵严实,层与层之间是隔绝的,应有安装大样图或说明,详见标准图册。

(三) 设备层

设备层是高层建筑的关键部位,是建筑物功能能否实现的基本保证。本例中的第一设备层、第二设备层以及地上一层的消防中心、保安中心是该系统的设备集中部位,是高层建筑的读图重点。

1. 第一设备层

由图 4-82 可以知道以下内容:

(1) 变配电间

1) 设 3 台 1000kVA、10/0.4kV 干式变压器,电源由 2#强电竖井双回路引入,经 5 台高压手车柜接入变压器。其中两台柜分别是两路电源的总隔离开关柜,并设有总计量仪表及避雷器、电流互感器、电压互感器,另 3 台分别为 3 台变压器的开关柜,每路电源的高压母线共用,且总隔离开关柜互锁,两路电源相序相同,高压供电见系统图 4-82。

2) 设 42 台低压抽屉式配电柜,供 1~8 层用电,因篇幅关系,低压供电系统图没有列出。

3) 高压和低压设在同一房间内,变压器与柜之间设有 2.5m 高的金属防护网,金属网设有门,金属网可靠接地。

4) 变电间及全层设电缆沟,所有房间的电源均由沟内取得,有的则设管路从沟内取得电源。变配电间的柜体均设在电缆沟上,电缆将 3 个竖井沟通,地下一层到地上八层的负荷线均可由竖井引至用电部位。沟内设与柱子主筋可靠连接的接地母线,5×50mm 镀锌扁钢。

(2) 发电机房

1) 设 3 台 630kW、400V 柴油发电机组,供系统一级负荷当市电或电源故障时使用,⑱、⑲、⑳[#]柜是发电机的电源输出柜,该柜与变配电间低压柜的一级负荷回路是并联且互相联锁的,因篇幅关系,供电系统图未列出。为了保证一级负荷的正常用电,发电机组应保持热态,室内温度不得低于机组的要求,投入运行后,每月至少应起动一次,同时检查有无其他故障,并及时修理。

2) ㉑[#]柜列是机组的仪表、励磁柜,由设备自带,每台机组两台。所有的电气柜均安装在电缆沟上,经电缆引入到变配电间。

3) 机组及柜体应可靠接地。

(3) 通风机房

1) 设两个通风机房,每机房内设 4 台通风机组,每机组有 95kW 和 30kW 电动机各一台。每台机组设一台起动控制柜,并设一台备用柜,电源由电缆沟引入。每台电动机的负荷线穿管埋地引至接线盒处。

2) 起动控制柜设在电缆沟上,机组外壳、电动机外壳、柜体应可靠接地。

(4) 冷冻机房

1) 设冷冻机组 3 台,因机型未定,考虑其电气容量的通用性,每台设 75kW、11kW 的

预留容量。每台机组设起动控制柜一台，仪表继电器柜一台，并设备用柜一套，电源由电缆沟引入，负荷线穿管理地引至负荷处。

2) 电气柜设在电缆沟上，机组、柜体、电动机应可靠接地。

(5) 空调机房

1) 设空调机组 4 台，每台机组设 155kW、75kW、15kW 各一台，每台机组设起动控制柜 3 台，电源由电缆沟引入，负荷线除 155kW 采用电缆沟外，其他穿管理地引至负荷处。

2) 电气柜设在电缆沟上，机组、柜体、电动机应可靠接地。

(6) 水泵房 设 115kW 电动机 16 台，每台设起动控制柜一台，其他同冷冻机房。

(7) 冷却水处理间 设 75kW、55kW、15kW 电动机各一台，设起动控制柜 3 台，仪表柜 3 台，其他同水泵房。

(8) 锅炉房 锅炉房是设计变更后增加的项目，采用燃油锅炉，但设备未定型，只将电缆沟引至室内，设备到货后按设备要求设置控制柜、仪表柜及管线，但要求同上。

(9) 中央控制室

1) 中央控制室设各种电气柜 25 台，成 π 形安装在电缆沟上，柜体可靠接地。

2) 中央控制室监控本设备层所有设备的运行状况，所有信号的输出是经过电缆桥架敷设电缆而完成的，电缆桥架的设置见图 4-96。

3) 监控地下一层到地上八层主要设备的运行状况，信号是经电缆槽及竖井（直流信号经过弱电竖井）完成的。其中包括地上一层的消防中心和保安中心。

4) 与第二设备层的计算机中心、中央调度室、变配电间、电话总机房、电缆电视中心、加压泵站经过竖井及电缆槽或桥架敷设的电缆进行联络，其中电缆电视中心除收视电视信号外，还有防盗保安监控系统的功能。

(10) 修理间共设两处

1) 机钳修理设电源柜两台 ⑬，电源由沟内引入。设车床电源箱三台，⑪ ~ ⑬，墙上暗装，标高 1.4m，管路如图标注。

2) 铆焊修理设电源柜两台 ⑭。

(11) 电修间设电气柜 5 台 ⑰，其中 4 台柜是用来试验楼内各类电动机起动用的。

(12) 电梯及弱电系统后面统一叙述。

2. 第二设备层

由图 4-87 可以知道以下内容：

(1) 变配电间

1) 设 2 台 800kW、10/0.4kV 干式变压器，电源由 1#强电竖井双回路引入，经 4 台高压手车柜接入变压器，高压柜的设置与第一设备层变配电间相同，其中 2 台总隔离开关柜，2 台变压器开关柜。

2) 设 22 台低压抽屉式配电柜，供 9 ~ 36 层用电，低压系统图未列出。

3) 高低压开关设在同一房间内，并设金属网隔离，设置同第一设备层变配电间。

4) 变电间及全屋设电缆槽，高压电缆槽延地面敷设；低压电缆槽延墙敷设，敷设高度 5.50m，并与强电竖井连通，槽内设有接地网线的镀锌扁钢。

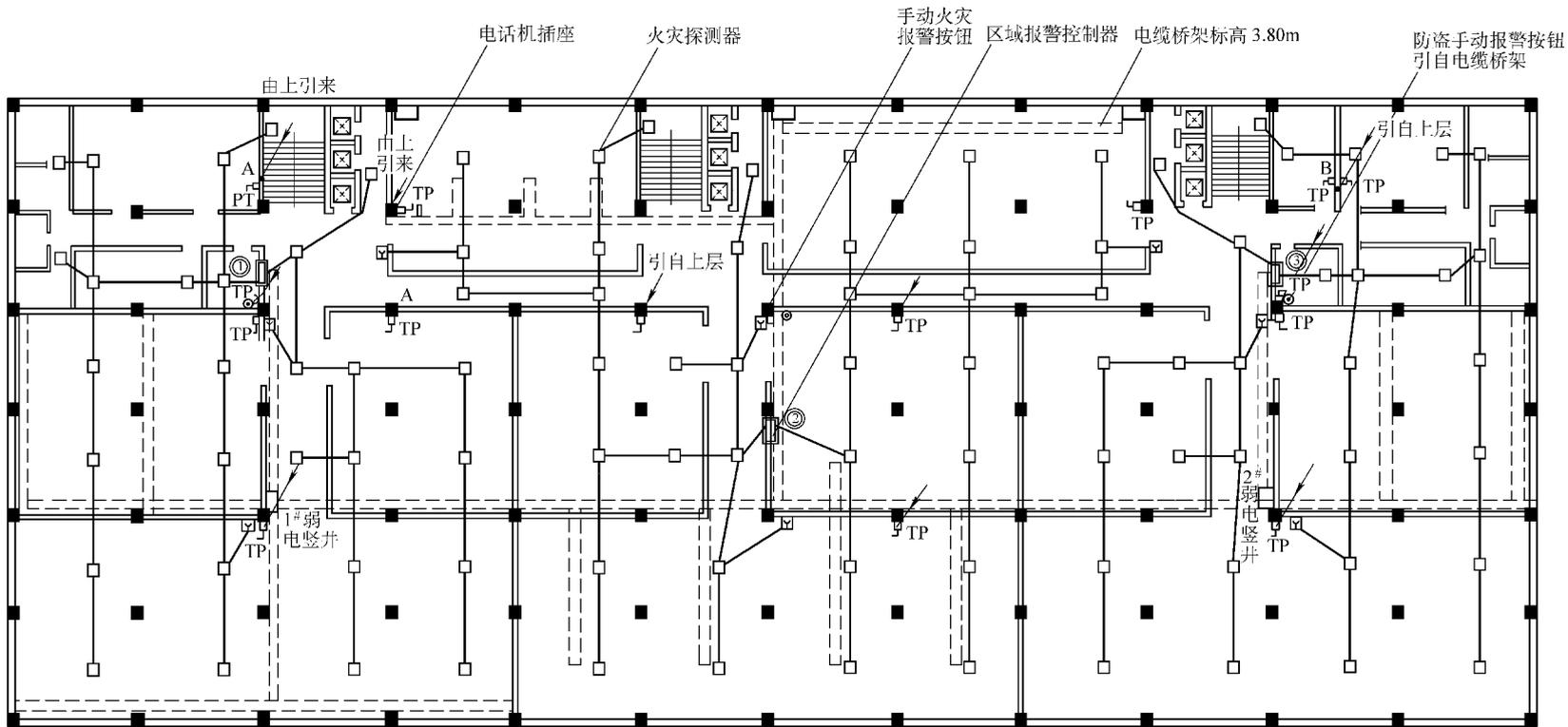


图 4-96 地下二层(第一设备层)弱电平面图

(2) 加压泵站

1) 设 75kW 电动机 4 台, 95kW 电动机 4 台, 分别由单独的控制柜起动, 见 ① 和 ② 柜组, 电源由电缆槽内取得。

2) 电动机负荷线穿管引入, 管设在防滑木板地面的夹层里, 起动柜、钢管、钢板可靠接地。

3) 设电动葫芦, 在柱内由第一台柜引管至 3.50m 处设盒。

(3) 电缆电视中心、广播机房、电话总机房、计算机中心均设电源柜 ③ ~ ⑥, 电源由电缆槽引入, 机房设施及木地板或防静电地板布置另列图样。

(4) 中央调度室设监控屏 21 台成弧形安装, 所有信号线分别由电缆槽及弱电竖井引入, 见图 4-88、图 4-89。中央调度室设防静电地板, 地板下面可设置电缆和接地铜排网, 接地铜排网的设置见图 4-97。

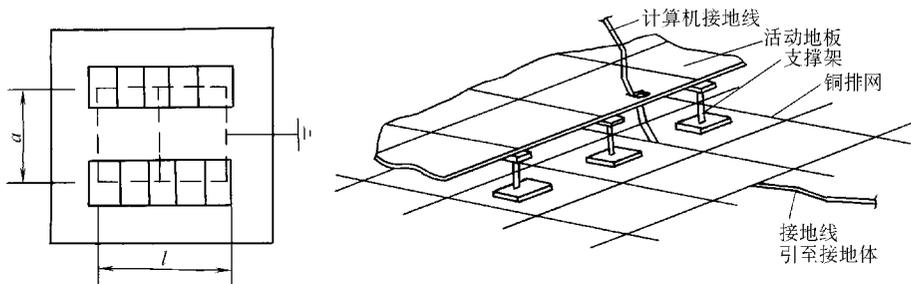


图 4-97 接地铜排网的设置

(四) 机房

高层建筑的机房内容很多, 除了设备层讲过的内容外, 还包括电梯机房、消防中心、保安中心等。

1. 电梯机房

本设计设置了九部直升电梯, 其中三个电梯间的 1#、2# 电梯是全程电梯, 而三个电梯间的 3# 电梯则是半程电梯, 它的行程是从地下二层到地上九层, 这样在九层电梯竖井的位置上就变成了 3# 电梯的机房 (上半部分) 和九层的厅门 (下半部分)。全程电梯的机房布置见图 4-93, 九层电梯机房布置见图 4-87 ~ 图 4-89。

1) 图 4-93 可以知道以下内容:

① 机房设电梯控制柜及不间断电源, 电源由竖井经地板穿管引至墙上 1.65m 标高处的极限开关上。由极限开关到控制柜以及控制柜到电动机的负荷线、控制线的布置见电梯安装相应图样。

② 机房门、楼道门、屋顶出口门均设电动门, 开门机安装标高 1.6m, 电动机容量为 0.3kW, 其开门按钮为密码式按钮。

2) 图 4-87 可以知道半程电梯机房同样设控制柜、UPS 柜各一台, 电缆由板下的电缆槽穿管沿墙引至室内 1.65m 标高处的极限开关上, 其他布置见电梯安装相应图样。在极限开关旁设照明小开关箱, 电源是由变配电间 A 点穿管沿墙由下引来的。

2. 消防中心

消防中心设在地上一层,见图4-83和图4-85,室内共设各种火灾集中报警柜、显示柜、操作柜、电源柜及UPS柜、控制柜、火警电话及总机柜、微机柜(台)20台,呈弧形布置,电源由顶内线槽引入。所有信号线、控制线、弱电缆均由顶内弱电线槽引出或引入并与弱电竖井相通。

3. 保安中心

保安中心设在地上一层,见图4-83、图4-85,室内共设各种监视屏、操作柜、电源柜及UPS柜、控制柜、微机柜(台)20台,呈弧形布置,电源及信号线、控制线、同轴电缆等线缆布置同消防中心。

(五) 电梯

本设计除了上述的9部直升梯外,还设置了斜梯(扶梯),从地下一层到地上四层每层8部,见图4-83。扶梯的控制较简单,一般只设短路、过载、相断、错相、堵转保护,因电动机容量较小,起动电路为直接起动,并为集中控制。电源是从强电竖井经敷设在顶板内的管路引入的。

(六) 火灾自动报警及自动消防系统

1. 火灾自动报警

这里仅以图4-85说明火灾自动报警的读图方法,其他图样,读者可自行分析。一般条件下,火灾自动报警的设计思路是由火灾探测器到区域报警器,然后将所有区域报警器的信号送至集中报警器,然后再由集中报警器发出信号进行自动灭火或消防。

1) 区域报警器的设置:本设计将每层分为两个报警区域,并在每层的值班室(图中两个侧门入口的值班室)设置火灾区域报警器,见图中的①和②。区域报警器的形式很多,可直接明装或暗装在墙上,距地1.2m,也可装在单独设立的柜或台上,也可落地安装,这是由设计及供货来决定的。敷设在吊顶内或顶板下的电缆线槽直接由线槽沿墙引至报警器的接线箱处。电缆线槽的设置已在“电气竖井”中进行了介绍。

2) 探测器的设置

① 探测器的设置是有一定规范标准要求的,详见国家标准,GB 50166—1992。图中“方框□”的位置即为探测器位置。□_Y的位置为火灾手动报警按钮。

② 房间吊顶时,探测器安装在装饰板上,并用GZC线槽沿板上敷设并由主电缆线槽引来;房间非吊顶时,探测器安装在建筑物的顶板上,并用钢管敷设于顶板内由主电缆线槽引来,这时线槽是明装的,而钢管是暗设的,因此与线槽的接口要处理好,一般伸出顶板的管口长度不超过30mm。

③ 图中大厅内的探测器管路均由主线槽引出,共21路。在图中左上角和右上角的会议室、办公室、值班室、卫生间及住宅、办公入口处的探测器这一路则由区域报警器直接接出,同样使用GZC线槽。

④ 区域报警器汇总了区域内火灾报警器的信号,经电缆线槽和弱电竖井引至消防中心。同样消防中心汇总了每层及每个区域的信号。

⑤ 区域报警器和集中报警器的电气原理图较为复杂,限于篇幅的关系这里没有列出,请读者参阅产品厂家提供的资料。

2. 火灾自动消防

火灾自动消防一般设置水喷淋、干粉、CO₂、Cl₄ 等专业消防设施，这些均由给水或管道专业完成，其中干粉、CO₂、Cl₄ 灭火通常只限于用在机房或库房灭火，它们的工作状态及起动则与消防中心的区域报警器或控制屏联动，这里没有列出图样。因此，阅读火灾自动报警及自动消防系统的图样时，必须阅读给水或管道专业的图样及其提出的连锁要求和信号。

同样，我们在阅读这些图样的时候还要注意到上下层配电系统、排烟、送风、防火门、电梯系统等与它的连锁要求和信号。有关内容详见《电气工程安装及调试技术手册》一书。

(七) 保安防盗系统

保安防盗系统的图样一般是保密的，这里仅以图 4-85 简要说明一下读图方法。图中管线槽的设置与火灾自动报警系统相同。

1) 在大门和侧门入口处及其他隐蔽部分设置防盗保安探测器（摄像头），经线槽及竖井引入到保安中心的监视屏上，并与录像机相接。

2) 在办公住宅入口处设置可视一对讲—电门锁系统的按钮盒。这个系统与电话、有线电视连接成网，在房间内可监视来访的客人，有关图样应以生产厂家提供的资料为准。

3) 在大厅、值班室及有关部位设置防盗报警按钮⊙，并用管线槽将其引至保安中心。

4) 在大厅巡更路线上设置电话机插孔，并用管线槽引至保安中心。

5) 保安中心的屏、柜及监视器的接线图应以生产厂商提供的资料为准，限于篇幅的关系，这里不再列出。

(八) 通信及电视系统

通信包括电话、电传、广播，电视指有线电视或闭路电视，这些内容在该项工程中是画在一张图上的。其中电话可分三个部分：一是市内直拨电话，即外线电话，是由电信局引来的；二是系统内部电话，即内线电话，除内部通话外，还可通过总机接通外线电话，亦可自动或手动，均由总机设置；三是移动电话，在楼顶设置发射接收天线，见图 4-95。

1. 电话及电传

(1) 市内直拨电话 由图 4-85 可知，市话电缆是从右下角引入弱电竖井的，室外应设置接线箱。市话电缆接在接线箱的进线端子上，而出线则分两个部分，其中直拨电话端子的电缆经线槽及竖井直接引至装设直拨电话房间的电话插座上（ \uparrow ），其中 TP 为电话插座，TX 为电传插座），但图中未标出哪部电话机是直拨电话及其部数，这应与建设单位协商并确定准确，一经确定便不得更改，进线电缆的线芯对数也由此确定，并有一部数量的备用线。

而另一部分为系统内部电话接通市内电话电缆的端子，这条电缆经线槽和竖井直接引至第二设备层的电话总机房进线接线架（柜）上，见图 4-89，但图中未画出接线架。

(2) 系统内部电话 系统内部电话均由九层的电话总机房引出，见图 4-89。

1) 九层顶内（标高 5m）设置电缆槽，这个电缆槽是弱电系统公用的，它经过走廊，把两个弱电竖井、值班室、三个机房以及监控信号较多的变配电间和一个强电竖井联络起来。

2) 图中 TP1 ~ TP7 是电话机插座，它是用管路从电缆槽引入的，同时从该插座盒处引管至八层同一标高处的电话机插座盒，同样方法一直到地下二层，见图 4-96 和图 4-98。

3) 图中未标注序号的 TP 只在本层设置并由电弱槽直接设管引入。

4) 在图 4-98 中, 我们可以看到以下内容与前述有所不同:

① ③轴的 TP1 由原来的位置移至 C 点, 并从该点引至四层, 然后直至地下二层。这是常用的位置平移变动方法。但是这里必须有隔断墙, 否则必须经竖井或电缆槽重新设置。

② ⑩轴增设电话机及电传 TP、TX 插座, 这是由八层顶内弱电电缆槽设管引入的, 并由此引至下层直到地上一层。

③ ④轴增设电话机及电传共三部, 同样由八层顶内弱电电缆槽引入, 但只引至五层。

5) 在图 4-85 中, 可以看到以下内容:

① ②轴增设及值班室的电话机插座是从四层开始引入的, 一直到一层, 四层的引入方法同上。

② ⑦轴增设的电话机同②轴, 但⑦轴值班室的电话机是从弱电电缆槽直接引入的且不下引或上引, 仅此一层。

③ ⑫轴值班室增设的电话机是从四层按上述方法引入的。

④ ③轴、⑪轴 TP1 和 TP2 是从四层按上述方法引入的, 直到一层。

⑤ ①轴、⑧轴的 TP 引入方法同上。

6) 图 4-92, 可以看到以下内容:

① 十层顶板下设电缆线槽并沿墙角敷设, 开口于侧面。

② 十层的电话机插座是用管埋于顶板经墙引至 1.20m 标高处的, 然后沿墙将管引至十一层、十二层直至顶层同一标高处。

2. 广播

广播仅在地下一层至地上九层设置, 广播线路的管路均由本层设置的弱电线槽用管或线槽引入并在吊顶内敷设, 除五层平台上的扬声器于墙上安装外, 吊顶上的一律口朝下安装, 见图 4-98。每层线缆均经线槽和竖井引至九层的机房。

3. 电视

电视插座的设置基本同电话, 读者可参照前述进行分析。电视信号的引入是从楼顶设置的卫星电视接收天线用电视信号电缆经弱电竖井及弱电线槽引入九层机房的, 见图 4-95。

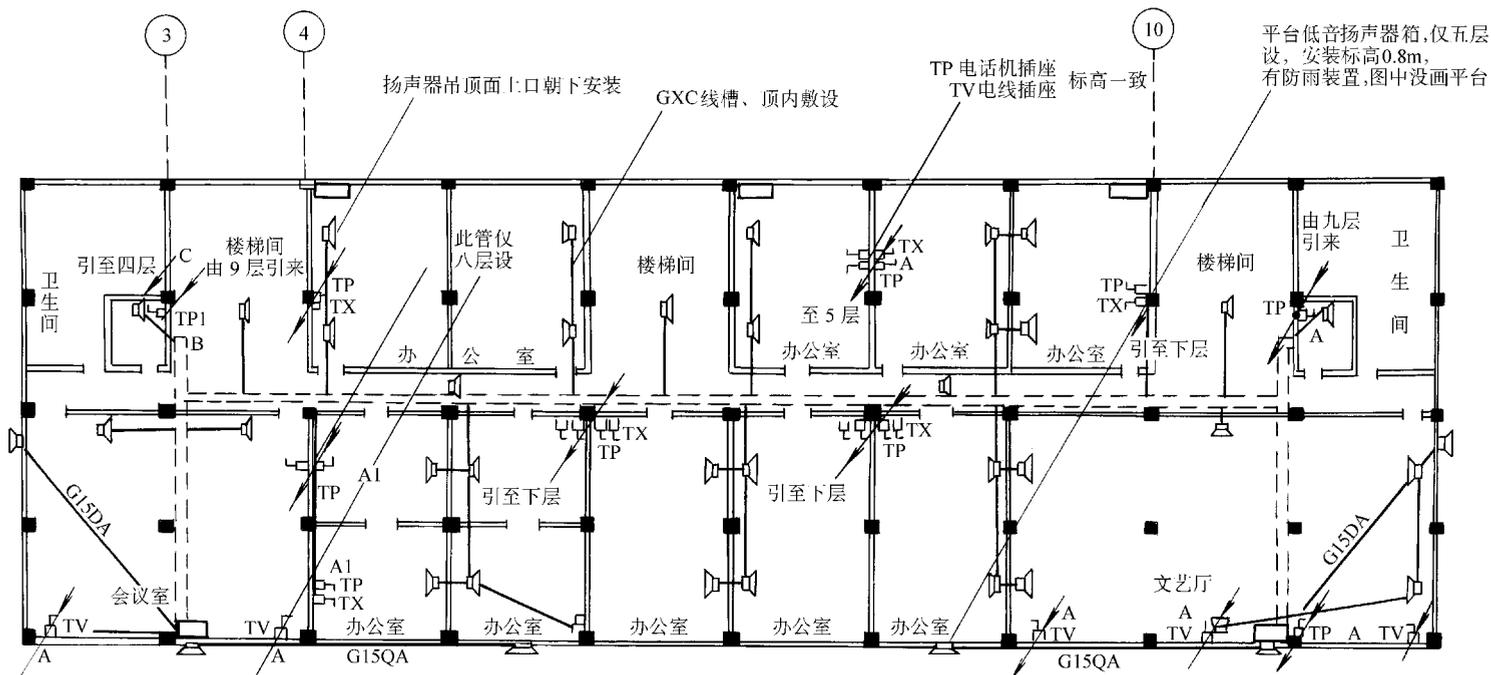
(九) 微机系统

设备层的中央控制室、中央调度室、计算机中心、各类机房、五~八层的办公间、地下一层至地上四层、保安中心、消防中心以及 10~36 层的有关房间内均设有微机或终端装置, 其线路的敷设基本同电话、广播和电视系统, 在终端位置一般用线槽从顶内的弱电电缆槽直接引下即可。

其中, 中央控制室、中央调度室、计算机中心、各类机房、保安中心、消防中心等弱电线路较集中的房间的地上均设有具有龙骨的木制或可消除静电的地板, 所有引入、引出的线缆均在板下敷设, 然后再引入弱电竖井, 当有电源引入时, 应与弱电线缆隔离。

(十) 屋顶设施

1) 电梯电源、电动门电源均由顶板下电气竖井直接引入, 因电梯设置极限开关, 因此两路电路管先引至墙上至极限开关, 详见图 4-93。



注: 凡在柱子上的插座则由下层引来, 凡在墙上的插座则应在第五层开始下盒下管并由此上引至九层机房。
微机联网线槽图中没有标出, 安装时根据房间内布置, 用线槽由顶内电缆槽引下即可。
八层不往上引的电话电视插座应在八层引入主电缆槽, 再经竖井进入机房。

a)

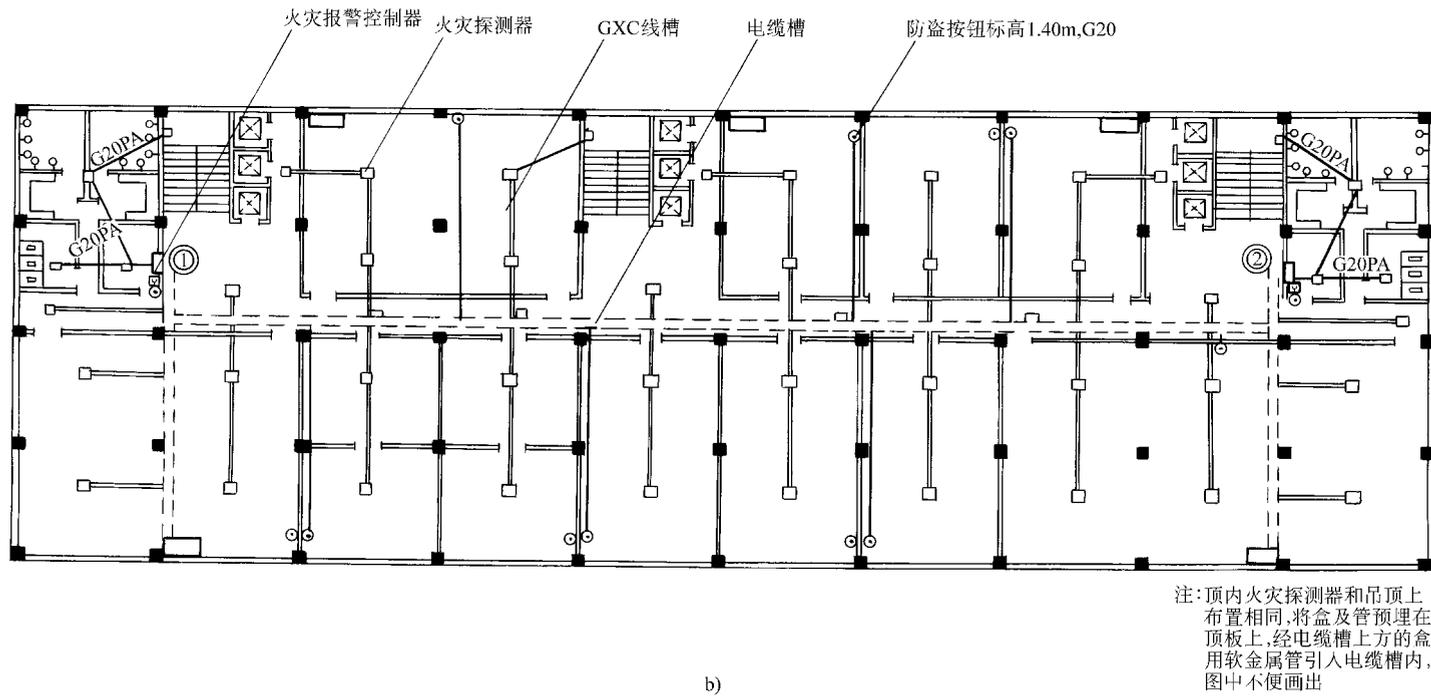


图 4-98 五~八层弱电系统平面布置图

2) 屋顶及电梯机房顶部设航空障碍照明, 屋顶四周及电梯机房四周设节日彩灯, 其电源均由竖井引入并集中自动控制。卫星电视接收天线的电源, 机房照明闸箱电源也由竖井直接引入, 见图 4-94 和图 4-95。

3) 屋顶板下 GZC 线槽的设置, 见图 4-95 的虚线, 是为了将电梯运行的信号引入中央调度室及消防中心, 图中 A 点为电梯控制柜的安装位置。无线巡呼的电话电缆、电视信号的电缆用钢管直接引入弱电竖井, 见图中 B 点。其塔座的尺寸必须由厂家提供的尺寸为准, 以免误购。

(十一) 室内吊顶及基础接地工程

室内吊顶及基础接地工程是电气工程, 特别是高层建筑的电气工程中与土建工程密切配合的工程项目, 其中, 吊顶的图样是土建图样的范围, 由土建人员掌握。电气人员主要是核对开孔的尺寸和轴线, 其开孔尺寸最好是用灯具或设备的实物进行比对, 在施工前和施工过程中与土建人员密切协商配合, 特别是在顶内安装管或槽时更要特别注意, 这里不再列出图样进行分析。

基础接地工程常用基础接地平面图表示, 金霞大厦基础接地平面图见图 4-99。由图可以知道以下内容。

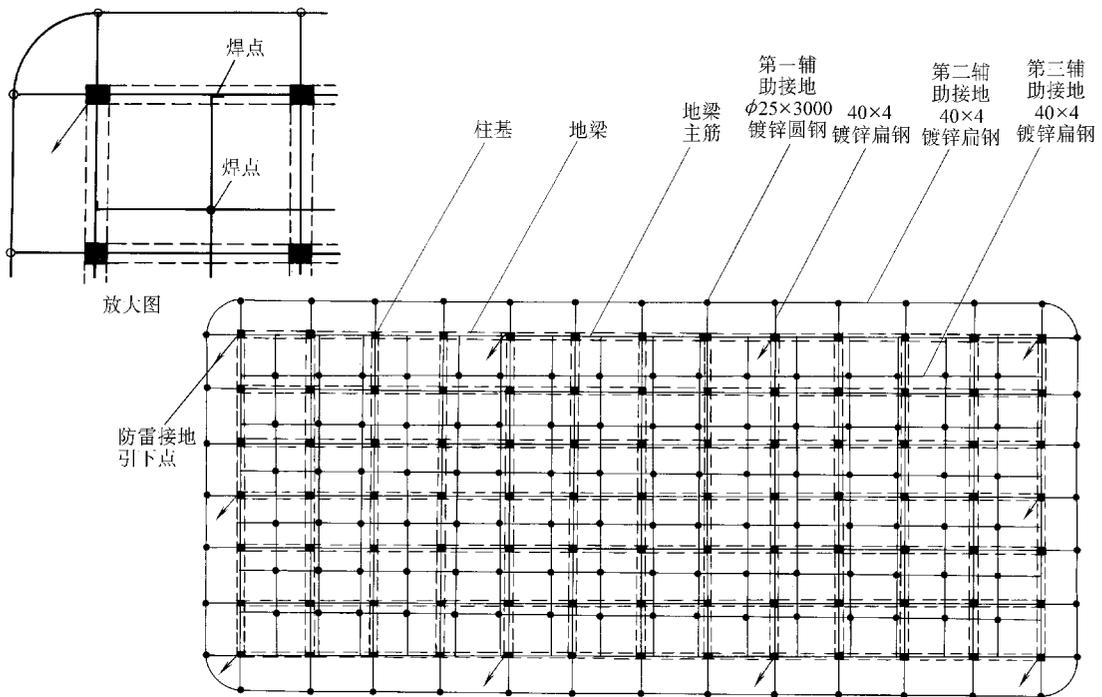


图 4-99 金霞大厦基础接地平面图

- 1) 图中柱基或桩基均由地梁连接, 柱基或桩基内的主筋必须与地梁内主筋可靠焊接。
- 2) 柱基或桩基的主筋作为垂直接地体, 其规格见土建图样。
- 3) 地梁的主筋作为水平接地线, 规格见土建图样。基础四角处应作成圆弧形水平接地线。
- 4) 柱基或桩基主筋与地梁主筋焊接后, 从地下二层开始向上层层柱内主筋必须用电焊

可靠焊接，一直到顶层，作为防雷接地的下引线。

5) 从地下二层开始向上层层圈梁内主筋的连接必须电焊焊接并与柱内主筋可靠焊接，一直到顶层，作为防侧雷的接闪器。

6) 地下二层最外圈柱内主筋用 $40\text{mm} \times 4\text{mm}$ 镀锌扁钢焊接后引出外缘 3.5m 并在此用一根 $\phi 25\text{mm} \times 3000\text{mm}$ 镀锌圆钢垂直打入地下，上端部与扁钢焊接，作为第一辅助接地，如果 $1 \sim 5$ 条可保证接地电阻在 1Ω 及以下时，可不采用第一辅助接地。

7) 地下二层外引垂直镀锌圆钢可用 $40\text{mm} \times 4\text{mm}$ 镀锌圆钢水平连接起来，全部采用焊接，作为第二辅助接地，如果 $1 \sim 6$ 条可保证接地电阻在 1Ω 及以下时，可不采用第二辅助接地。

8) 地下二层混凝土垫层之下，纵横方向每隔 5m 用一根 $\phi 25\text{mm} \times 3000\text{mm}$ 镀锌圆钢垂直打入地下，上端部用 $40\text{mm} \times 4\text{mm}$ 镀锌扁钢焊接连接，形成一网格接地网，该接地网与地梁主筋可靠焊接，焊接点一般选在最外缘的地梁内。该接地网为第三辅助接地，如果 $1 \sim 7$ 条可保证接地电阻在 1Ω 及以下时，可不采用第三辅助接地。

三、一般工业车间电气线路图的识读

工业车间的电气线路多种多样，根据其生产功能流程和产品类别的不同其复杂程度也不同。但是，工业车间电气线路又有很多相同的地方，工业车间是以动力线路为主的，辅以部分生产照明，有的还有自动化仪表。工业车间电路的敷设以电缆沟为主，并配以电缆桥架；多层结构时则以桥架、封闭插接母线和竖井为主，辅以部分照明管线；容量较大的工业车间均设变电室和控制室，电动机的容量有时很大，有时采用高压电动机，高压电源由厂区总变电所引来。这里我们以一实例说明工业车间电气线路的识读，需要说明的一点就是前面已详细讲过的系统图、自动化仪表、接线图等限于篇幅的关系不再介绍，只从动力和照明平面布置，有关电动机起动控制保护电路详见本丛书《低压动力电路及设备安装调试》分册。

(一) 动力线路工程设施概况

该车间单层框架结构，局部三层，设有室外变压器两台， $10\text{kV} 800\text{kVA}$ ，供低压动力照明用； 215kW 的电动机采用 10kV 高压电动机，电源由总变电电缆引来，并设有配电室、控制室，采用集中和就地控制，所有信号均引入控制室。系统采用柱内主筋为接地引线，接地体室外单设，接地电阻不大于 4Ω ，动力平面及设备布置见图 4-100。

(二) 动力线路的敷设

1) 电源电缆共 8 根，由厂区总变电所埋地引来，其中 $\text{VV} 29 (3 \times 25)$ 两根为变压器电源引至变压器高压侧， $\text{VV} 29 (3 \times 16)$ 两根为高压电动机电源，引入后沿电缆沟送至高压电动机起动柜处，见图中② ③ ⑤ ⑥柜，另外两根为备用，引入到电缆沟里即可。

2) 电缆沟把配电室、控制室及车间两边路连通，送往各柜、箱的电缆和导线均经过电缆沟敷设。通往 215kW 电动机的负荷电缆也是经电缆沟敷设的，这一段电缆沟是为其单独设置的，沟通了起动柜和电动机的连接。

3) 通往① ④ ⑦ ⑨ ⑫ ⑭开关箱的电源是穿管 $G32$ 和 $G50$ 由电缆沟引入的。由各开关箱到电动机的负荷管均为 $G20$ 埋地且穿过电缆沟引至电动机接线盒处，出线口标高由设备安装高度确定。由高压电动机起动柜引至 15kW 电动机的负荷管 $G20$ 直接埋地引至电动机接线盒处。

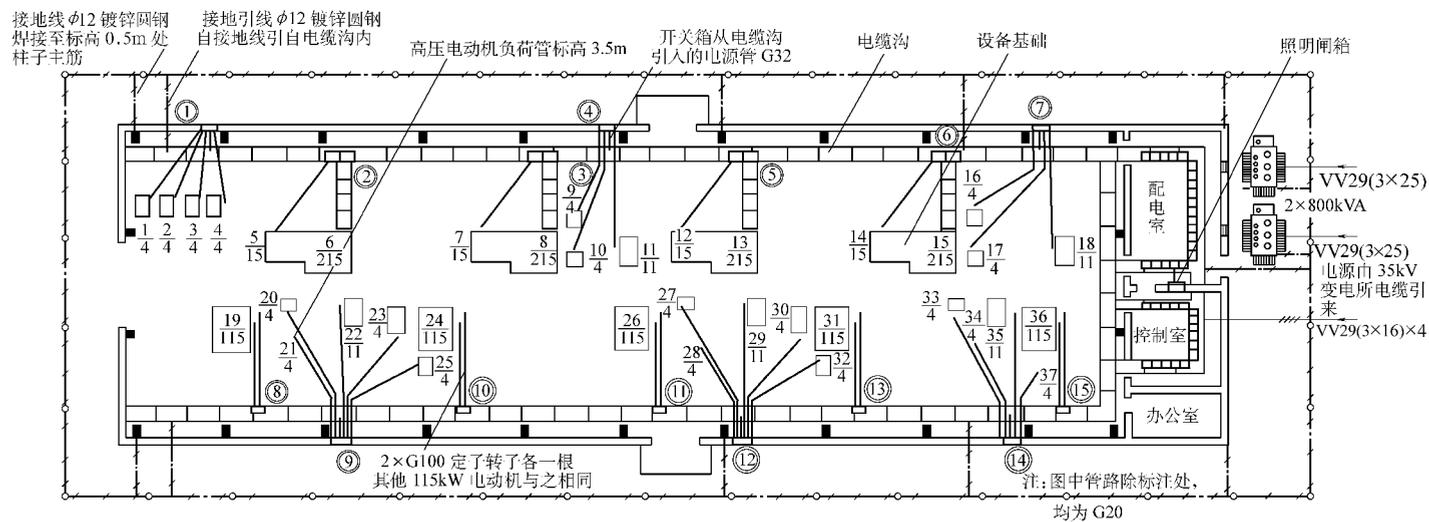


图 4-100 某车间动力平面及设备布置图

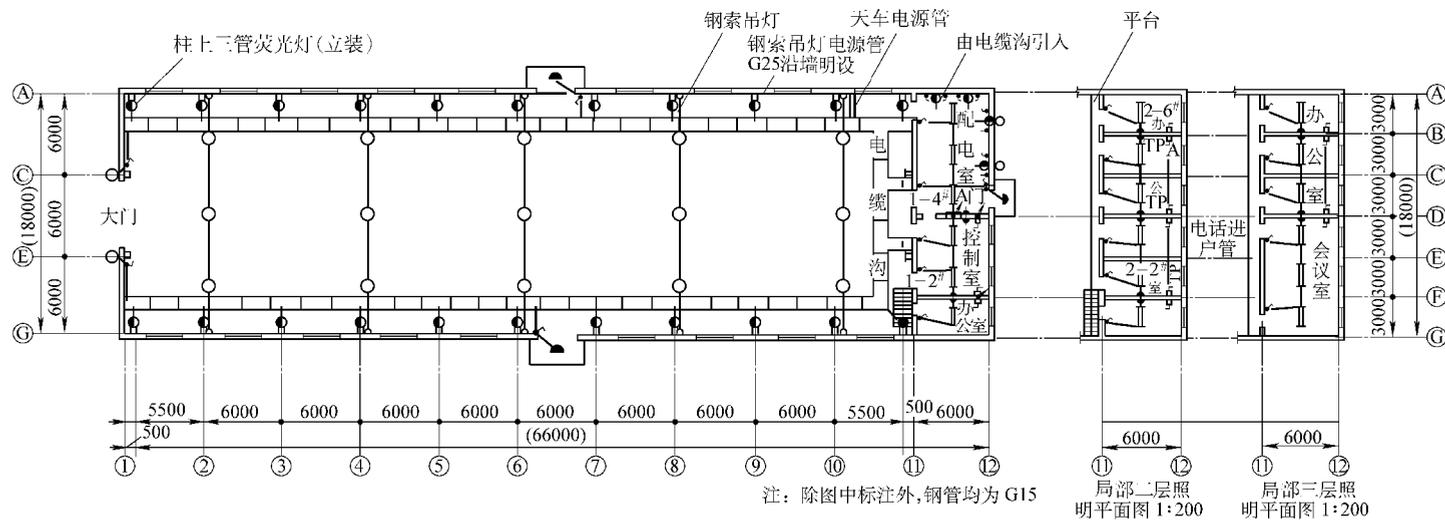


图 4-102 某车间照明、电话平面图

1) 每柱 2.5m 处设三管荧光灯, 电源由电缆沟穿管引入, 由控制室照明柜分相集中控制, 边门设雨篷吸顶灯, 单独控制, 电源由电缆沟引至门柱 1.4m 处的照明开关, 然后再引至雨篷。大门处设室外柱灯, 标高 3.5m, 电源由电缆沟引至门柱 1.4m 处的照明开关, 然后再上引至 3.5m 处。

2) 2、4、6、8、10 轴的 9.5m 处的柱上设钢索吊灯三套, 电源由 10 轴电缆沟穿管引至 9.5m 处并由此水平设管至 2 轴, 且上述各轴设接线盒, 钢索由每轴上的耳环牵引, 吊灯由控制室分三相集中控制。

3) 天车电源管由电缆沟穿管引至 7m 处的天车母线上。

2. 配电室、控制室、办公间的线路

1) 照明闸箱设在首层 D 轴墙上, 暗装距地 1.4m, 电源由电缆沟穿管从下皮引入, 见图 4-100。

2) 由闸箱引管至首层顶板, 设荧光灯和插座, 同时再引管至二层三层顶板并设荧光灯, 单独分相控制, 管线布置读者自行分析。

3) 电话进户管由二层顶上 0.8m 的 D 轴引入至距 12 轴 0.8m 处, 并由该处设管垂直下引至首层 0.8m 处, 同时上引至三层 0.8m 处。在二层地板设管将电话引至 B 轴、F 轴的 0.8m 处, 二层 B 轴、D 轴电话盒处设管上引至三层的 0.8m, 所有电话盒距地 0.8m。

其他读者可自行分析。

四、10kV 变配电装置微机继电保护装置电路解读

这里以四方公司生产的 CSL-2□A 型和 CSP-2□A 微机保护装置用于 10kV 配电装置的保护为例, 讲述该系统读图的方法。

CSL-216A 型微机保护装置, 具有三段式相间电流、电压保护及三相一次重合闸及分布式单相接地故障选线、低频减载功能, 并备有遥控、遥测、遥信接口。

CSP-25A 和 CSP-26A 型微机保护装置, 具有两段相间过电流保护、电流闭锁、失电压保护、过电压保护及不平衡电压保护 (25A 型)、不平衡电流 (26A 型) 保护, 同时具有遥控、遥测、遥信接口。

该保护装置在原开关柜上并联且接在总线网上, 通过总线网该装置上送有关运行状态及数据, 从而在主控室实现集中监控, 事故信号和预告信号一方面通过装置本身报警, 另一方面通过中央信号装置报警。

该保护装置及其技术仍在发展之中, 同时也存在着一些缺陷, 如抗低温问题。这需要制造厂商及有关设计、制造、运行人员总结经验, 不断完善产品的性能, 提高产品的质量及抗干扰能力, 使微机保护装置进入良好发展状态, 保证变配供电系统稳定安全运行。

微机保护装置在变电所二次回路中图样很多, 这里仅以 10kV 为例进行说明, 与前述内容相同部分不再重复。

1. 图 4-103 是某变电所 10kV 配电系统图, 该图与前述高压配电系统图基本相同, 所不同的是该系统采用的主变压器是三线圈电力变压器, 其中 110kV 为进线, 35kV 为第一出线, 是供距变电所较远的公共变电所 (35/10kV) 及 35kV 用户的; 10kV 为第二出线, 是供距变电所较近的公共变电所 (10/0.4kV) 及 10kV 用户的。该图也常用于集中监控调度画面模拟图, 并用监视器显示, 供运行人员监控。

2. 图 4-104 是图 4-103 配电系统保护测量配置一览表, 该图可表达以下内容。

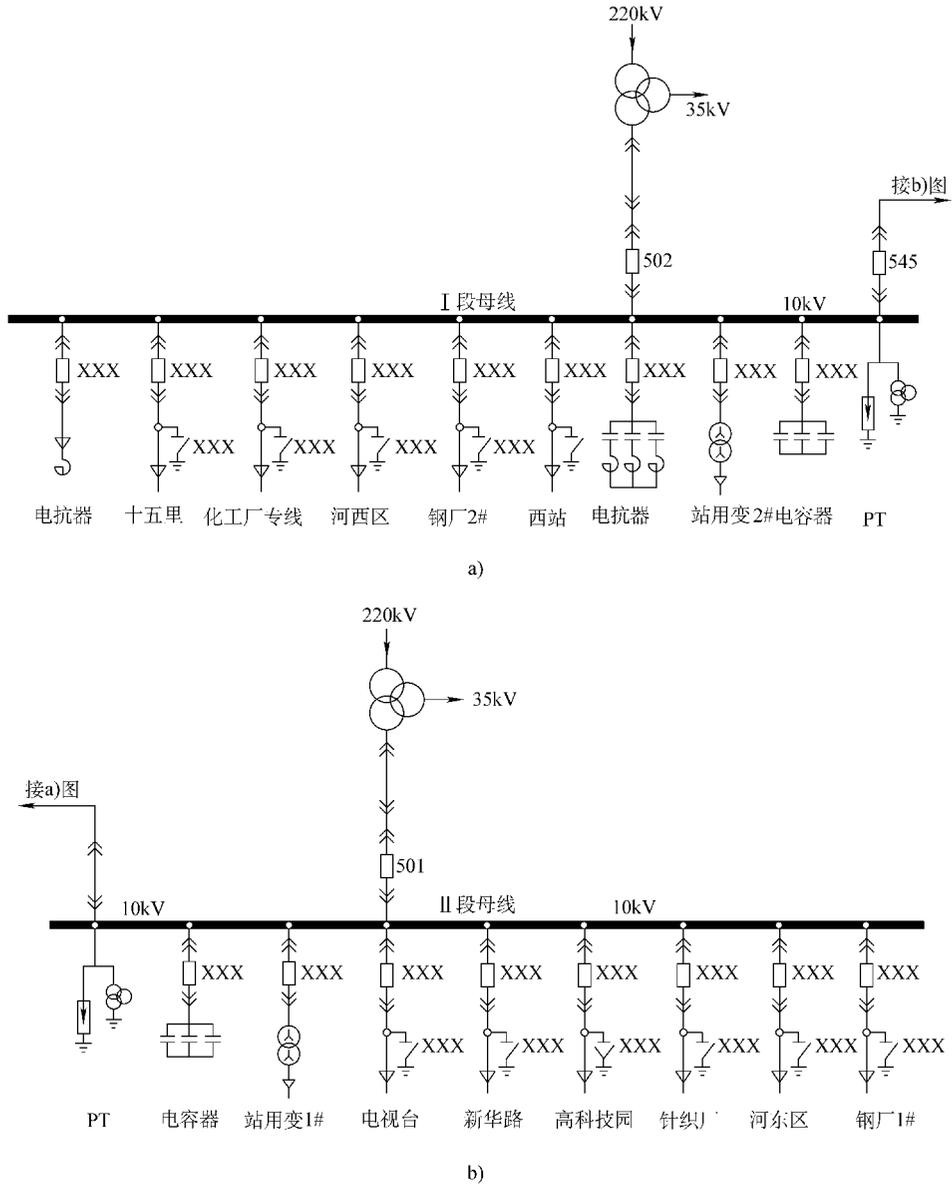


图 4-103 某变电所 10kV 配电系统图 (模拟版图)

a) I 段母线 b) II 段母线

- (1) 两路电容器回路采用 CSP-25A 微机保护装置, 一路电容器回路采用 CSP-26A 微机保护装置。
- (2) 两台主变压器的 10kV 出线采用纵联差动保护。
- (3) 两台站用变压器采用 CSL-216A 微机保护装置。
- (4) 两段 10kV 母线的联络开关回路采用 CSL-216A 微机保护装置。
- (5) 一路电抗器回路采用 CSL-216A 微机保护装置。
- (6) 10kV 母线送出的 11 个用电回路均采用 CSL-216A 微机保护装置。

说明:

控制, 保护分布在开关柜, 具有计算机集中监控功能, 并留有“三遥”接口。

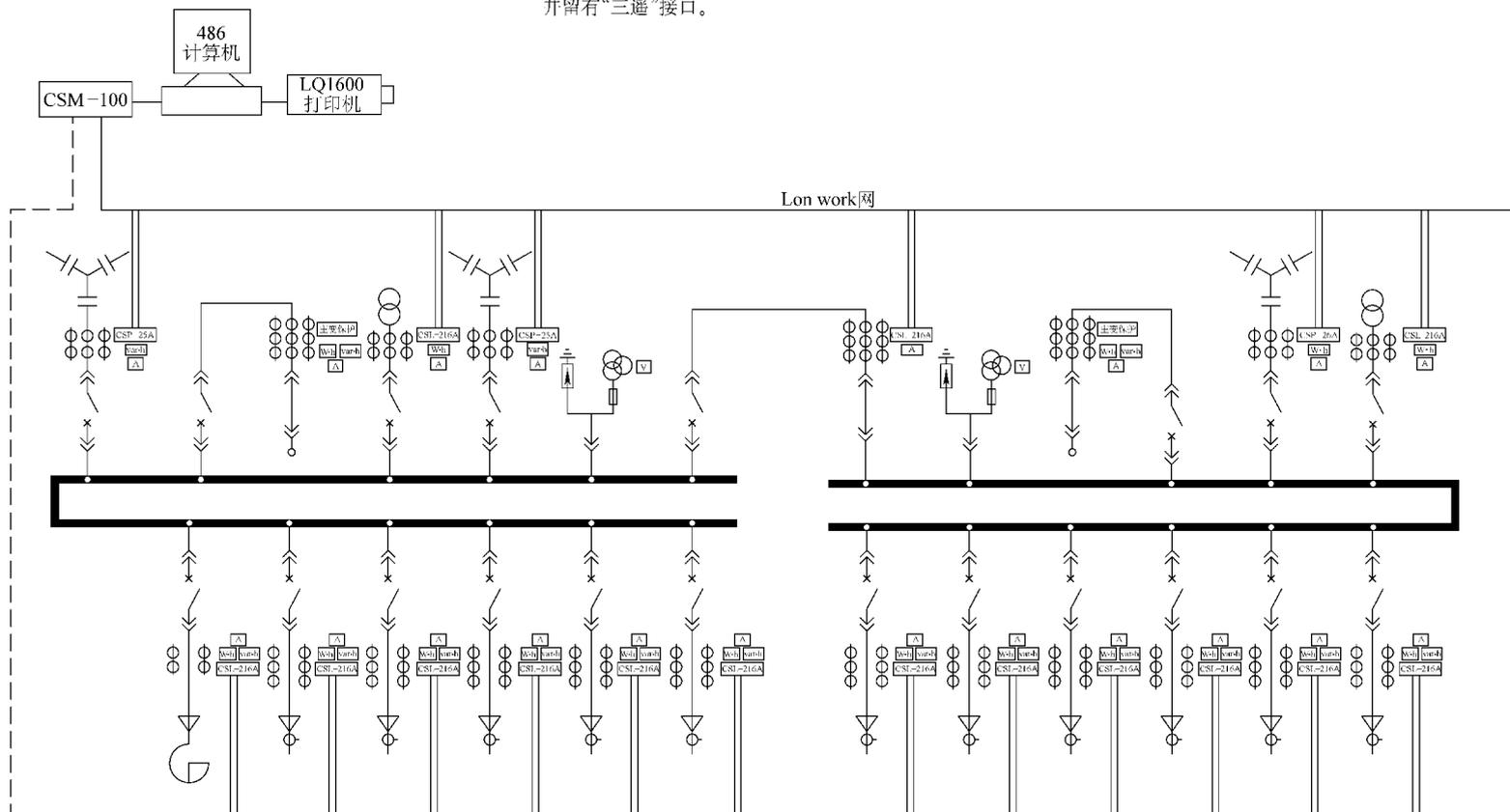


图 4-104 10kV 配电系统保护及测量配置一览图

(7) 所有微机保护装置的网络通信信号均引入 Lon Work (监控总线网) 并送至计算机中心且为闭环监控或调度。

3. 图 4-105 是该 10kV 配电系统交流控制及微机保护回路的接线图, 图中所示以下内容。

(1) 主回路采用断路器控制, 并设有测量用、保护用、接地选线用和备用四组电流互感器, 作为检测电流信号用。

(2) 电流回路中, 测量电流回路与前述相同, 而保护电流回路则将电流互感器的电流信号送到 CSL-216A 型微机保护装置的相应端子上。

(3) 电压回路中, 测量电压回路与前述相同, 而电压保护回路则将电压小母线的电压信号送到 CSL-216A 微机保护装置的相应端子上。

(4) 断路器的控制线路与前述相同, 所不同的是跳闸回路的跳闸信号是由微机保护装置提供的, 见图中 n35# ~ n55# 接点。

有关微机保护装置端子板接线图见图 4-106。

4. 图 4-106 是 10kV 开关柜端子板及微机保护装置端子板接线图, 图中有三种标号:

(1) nXX 为 CSL-216A 端子号;

(2) b × × 为 10kV 开关柜端子号;

(3) 控制回路中接点的编号, 如 A411、101、102 等。

读图时除注意编号外, 还应注意 CSL-216A 端子上的文字标注, 这对看懂图 4-106 有很大益处, 在读图时应一一对照, 并且能熟悉 CSL-216A 的功能。

这里我们仅用 10kV 微机保护装置简单地说明了微机在供配电系统中应用的一个侧面, 其实微机在电力系统中的应用是一专门的学科, 内容很多且很复杂, 有些内容已超出了本书的范围, 限于篇幅的关系, 其他有关内容请读者参阅计算机技术在电力系统中应用的其他专著。

五、继电保护及自动控制装置

继电保护及自动控制装置主要指高压变配电系统中的测量、保护、信号、控制、直流电源及自动装置等, 是主体变配电设备及装置的辅助电路, 也称为二次回路。

目前, 继电保护及自动装置可分为传统的继电器保护方式和现代的微机继电保护两种, 它们的取源部件是相同的, 由电流/电压互感器组成; 继电器保护主要由不同功能的继电器组成相应的逻辑电路, 对系统的短路、过电流、接地等进行保护。而微机保护系统是专门为电气系统保护制造的模块装置, 这个装置模拟了继电器保护装置, 具有保护、测控、遥控、通信、调度、记录、打印等功能, 可以把复杂的、技术含量极高的继电器保护装置简化, 并使其进入数字控制系统。在原继电器继保装置的基础上, 审阅这样的电路并不困难。

继电保护及自动装置的工作状态及其逻辑功能决定着电气系统的正常运行, 同时继电保护及自动装置的工作状态更是决定着主体设备的工作状态并监控和保护主体设备, 它们使用低电压、小电流却控制着主电路的高电压、大电流。它们构成了复杂的线路, 是变配电装置中的难点。

(一) 主控制室及小母线

1. 主控制室

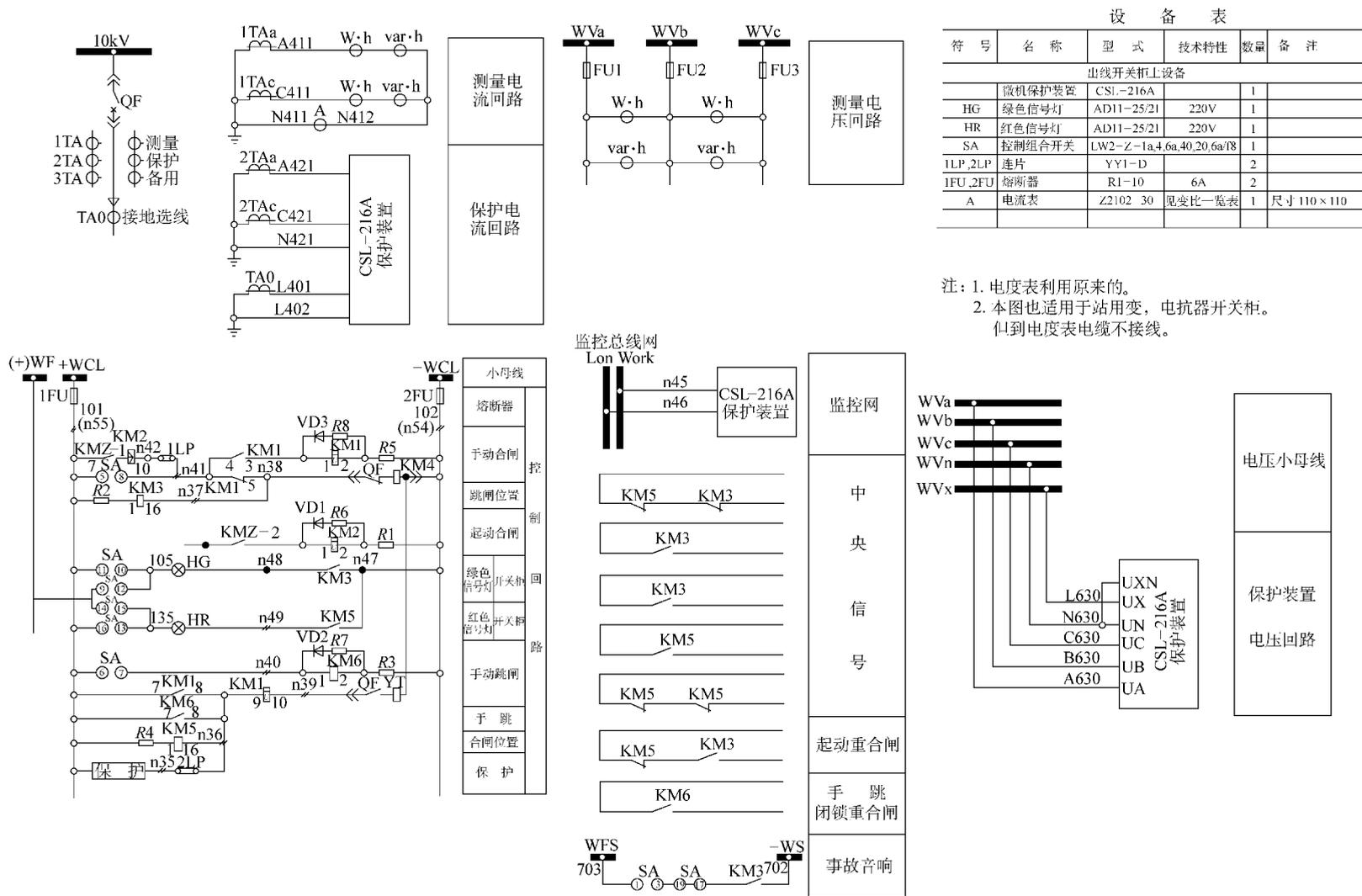
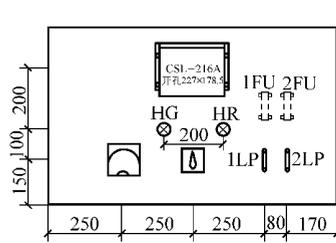


图 4-105 10kV 配电系统交流控制及微机保护回路接线图



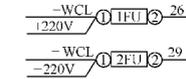
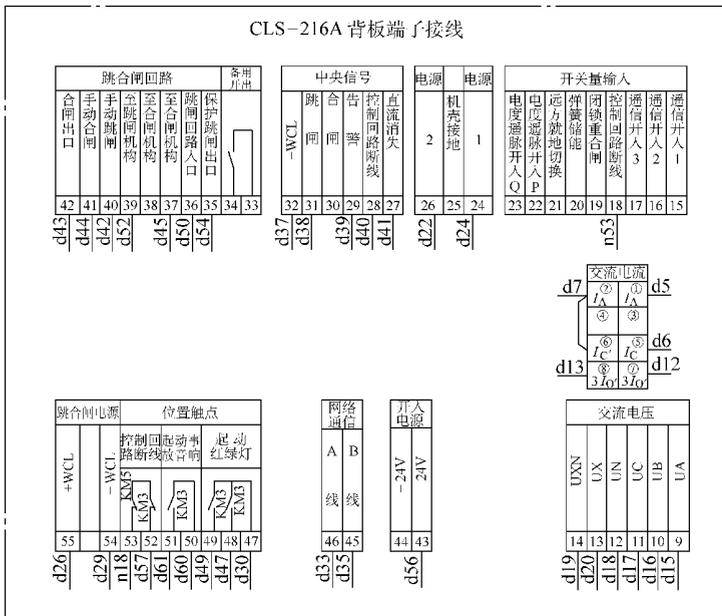
进线开关柜面板布置

设备表

符号	名称	型式	技术特性	数量	备注
出线开关柜上设备					
	微机保护装置	CSL 216A		1	
HG	绿色信号灯	AD11 25/2	220V	1	
HR	红色信号灯	AD11 25/2	220V	1	
SA	控制组合开关	LW2-Z-1a,4.6a,40,20,6a/18		1	
1LP,2LP	连片	YY1 D		2	
1FU,2FU	熔断器	R1-10	6A	2	装在继电器小室内
A	电流表	Z2102-30	见变比—览表	1	尺寸110×110
	合闸电流端子			4	



CLS-216A 背板端子接线



10kV 出线开关柜端子排

11Aa	Δ411	1	A411
11Ac	C411	2	C411
11An	N411	3	N411 Δ-1
A-2	N412	4	N412 Wh
2TAa	A421	5	A421 n1
2TAc	C421	6	C421 n5
2TAn	N421	7	N421 n2
		8	
31Aa		9	
31Ac		10	
31An		11	
1A01	L401	12	L401 n7
1A02	L402	13	L402 n8
		14	
n9	UA	15	WAA
n10	UB	16	WAB
n11	UC	17	WAC
n12	UN	18	WAN
n14	UXN	19	
n13	UX	20	WAX
		21	
n26		22	+220V
		23	
n24		24	-220V
		25	
n55	101	26	101 1FU-2
SA-5		27	
		28	
n54	102	29	102 2FU-2
n47		30	
HC		31	
		32	

10kV 线路电压互感器端子排

n46	33	A
	34	A
n45	35	B
	36	B
n32	37	-WS
n31	38	WTZ
n29	39	WGJ
n28	40	WKD
n27	41	ZLXS
KM6	n40	42 SA-7
KM2-10	n42	43 1LP-1
KM1-4	n41	44 1LP-2
KM3-16	n37	45 QF
SA-9	100	46 100 (+)WF
KM3	n48	47 HG-2
		48
KM5	n49	49 HR-2
	n36	50 2LP-2
		51
KM1-10	n39	52
QF		53
	n35	54
2LP-1		55
-24	n43	56
KM3	n52	57
		58
		59
KM3	n50	60 SA 17
KM3	n51	61 -WS
SA 1		62 WFS
		63

图 4-106 10kV 开关柜端子板及微机保护装置端子板接线图

注：1. 端子排中标号 n×× 为 CSL-216A 端子号；d×× 为开关柜端子号。 2. 本图也适用于站用变开关柜。

35kV 及以上的变配电装置均设置主控制室, 主控制室一般包括操作台、保护屏、控制屏、继电器屏、中央信号屏、计量屏、直流屏、所内装置模拟屏、UPS 屏等, 并配有电缆沟或电缆桥架, 见图 4-102 至图 4-106。主控室内均为低压设备, 它是通过电缆沟或电缆桥架将系统中的所有电气信号及参数引到主控室内相应的屏或柜内, 以便控制、保护、报警或计量。10kV 配电室一般不设控制室, 但有些设计也设置主控制室。主控制室是变配电装置的“心脏”。

2. 小母线

二次回路图样的识读必须弄清什么是小母线, 小母线是指配电装置中屏柜之间二次回路电源干线连接所采用的一种铜棒或铜管, 它是由直流屏引出的(指直流操作)供控制、保护、报警、计量用的一种特殊的母线。

(1) 小母线的类别及用途

1) 控制回路电源小母线 +WCL 和 -WCL, 是供操作回路使用的电源母线, 如断路器的控制回路及合闸接触器电源, 它是由直流屏直接供给的。

2) 闪光信号小母线 +WF, 是供系统闪光信号使用的电源, 它是由直流屏中闪光装置提供的。

3) 信号回路电源 +WS 和 -WS, 是供系统信号回路使用的电源母线, 如事故信号、预告信号等, 它是由直流屏直接提供的。

4) 预告信号小母线 WPS, 是由信号母线派生的小母线, 一般经预告信号接点接入, 如熔断器熔丝熔断接点, 变压器瓦斯或温度接点等, 作为信号预告母线。

5) 事故音响信号小母线 WFS、WAS, 是由信号母线派生的小母线, WFS 由 +WS 直接接入; WAS 由 WFS 经转换开关或断路器辅助触点接入, 它们是用来驱动音响信号直接报警的。

6) “掉牌未复归”光字牌小母线 WSF, 是由信号母线 +WS 派生的, 直接接入。

7) 电源电压小母线 WVa、WVb、WVc, 在 35/10kV 系统中设两组电源电压小母线, 用来指示电压和电能测量用, 它们分别由 35kV 和 10kV 电压互感器提供。

8) 合闸小母线 +WO 和 -WO, 是专供断路器合闸线圈工作的电源母线, 是由直流屏直接提供的。

其他小母线应参考图样中的标注及说明。

(2) 小母线的连接一般可用图 4-107 (见书后插页) 来表示, 该图与 1 中的内容是相符的。

(二) 35kV 主进线断路器控制及保护二次回路原理图

图 4-108 是 35kV 变电所主进线断路器控制保护二次回路原理图, 表 4-6 是该图的材料设备表。图 4-108 可表达五个方面的内容。

1. 电气主接线

断路器 QF 与母线的连接采用了高压插头和插座, 省略了隔离开关, 这说明 QF 是装设在柜内, 且为手车柜或固定式开关柜, 此结线适用于室内变电所。QF 下闸口设两组电流互感器, 其中 1TA 为测量回路所用, 2TA 为保护回路所用。

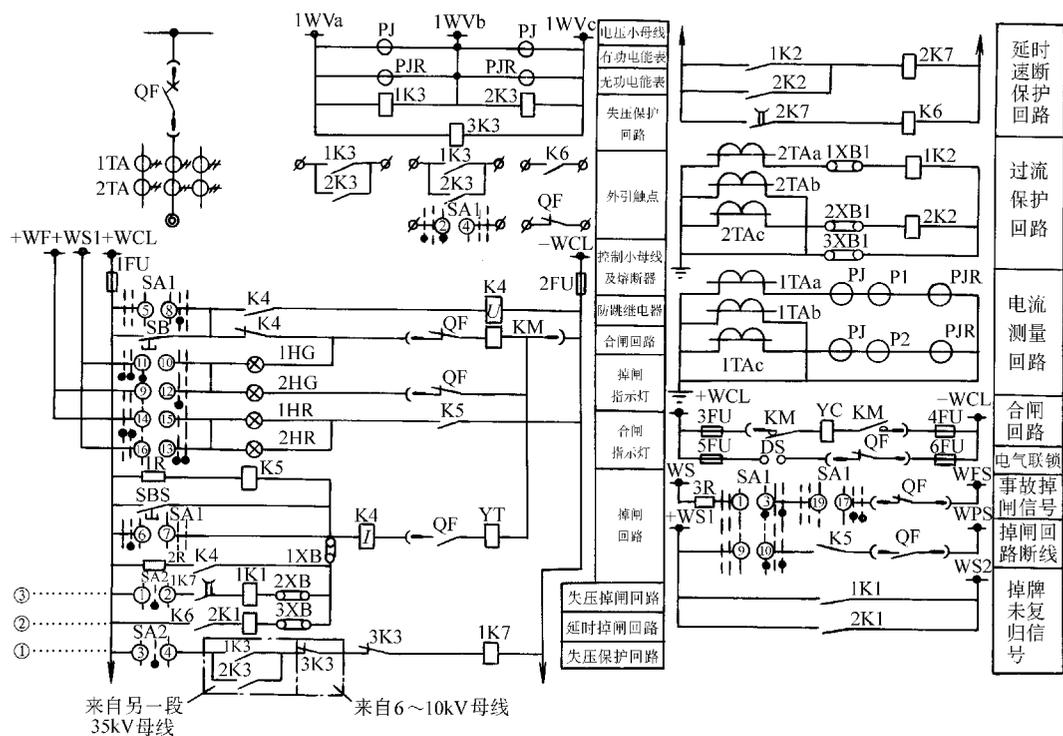


图 4-108 35kV 主进线断路器控制及保护二次回路原理图

表 4-6 图 4-108 设备表

符号	名称	规格	数量	符号	名称	规格	数量
安装在 35kV 柜上的设备				安装在保护屏上的设备			
2HG	指示灯	XD5 - □V, 绿	1	1 ~ 2K1	信号继电器	DX - 11/1A	2
2HR	指示灯	XD5 - □V, 红	1	1 ~ 2K2	电流继电器	DL - 11/□	2
P2	电流表	1T1 - A□A	1	1 ~ 2K3	电压继电器	DY - 37/160	2
SBS、SB	按钮	LA2	2	K4	中间继电器	DZB - 14B□	1
5 ~ 6FU	熔断器	R1 - 10/□A	2	K5	中间继电器	DZ - 51/220□V	1
KM	直流接触器	CZ0 - 40D/□V	1	K6	中间继电器	DZ - 17□V	1
3 ~ 4FU	熔断器	RL1 - 60/□A	2	1K7	时间继电器	DS - 113C□V	1
安装在控制屏上的设备				2K7	时间继电器	DS - 115□V	1
SA1	控制开关	LW2 - □	1	2R	电阻	ZG11 - 50, 1Ω	1
P1	电流表	16T2 - A□A	1	1R	电阻	ZG11 - 50, 5kΩ	1
3R	电阻	ZG11 - 50, 1kΩ	1	1 ~ 3XB	连接片	YY1 - D	3
1 ~ 2FU	熔断器	R1 - 10/□A	2	3K3	电压继电器	DY - 34/60C	1
1HG	指示灯	XD5 - □V, 绿	1	安装在 BZT 装置屏上的设备			
1HR	指示灯	XD5 - □V, 红	1	SA2	转换开关	LW5 - 15P0627/2	1
				安装在进线隔离开关操作机构上的设备			
				DS	电锁	BY1, 220V	1

2. 测量回路

测量回路是由电压继电器、电流互感器、表计和继电器组成的，该图测量回路分两部分。

(1) 电压测量回路的电源是由电压小母线 WVa、WVb、WVc 得到的，并用两元件的有功电能表 PJ 和两元件的无功电能表 PJR 的电压线圈并接在小母线上，作为电能表的电压信号。同时在电压小母线上分别并接三只电压继电器 1~3K3，作为失压保护的测量元件，其中 3K3 的动断触点串接在失压保护回路里，见图中标注①（这些标注原图没有，只是为了讲述的方便），当 3K3 失电时，动断触点闭合，使时间继电器 1K7 得电吸合并开始延时，准备掉闸回路动作。另外两只继电器 1K3、2K3 的动合触点并联后，接至另一段 35kV 母线的控制回路里，并与 10kV 母线段的电压继电器 3K3 的动断触点串联，作为失压保护的動作回路，见图中虚线框内图示。

(2) 电流测量回路的电源是由电流互感器 1TA 得到的，除了串接两元件电能表的电流线圈外，还串接两只电流表 P1 和 P2。

电压测量回路中，如在电压继电器 1~3K3 两端分别并联一只电压表（35000/100）即可测量三相的电压，图中没有标出。

3. 保护回路

保护回路由电流互感器 2TA 和电流继电器 1~2K2、时间继电器 2K7、中间继电器 K6 构成。1~2K2 分别串接在 2TAa、2TAc 的回路中，作为电流信号检测元件。当某相过流时，1K2 或 2K2 动作，其动合触点闭合，时间继电器 2K7 得电吸合并开始延时，准备掉闸回路动作。过流时间超过整定时间后，2K7 动合触点闭合，中间继电器 K6 得电吸合，其串接在延时掉闸回路里的动合触点闭合，见图中标注②，信号继电器 2K1 吸合其触点发出信号并使跳闸线圈 YT 动作。

4. 断路器控制回路

断路器的控制回路较为复杂，由控制开关 SA1、按钮 SB 和 SBS、直流接触器 KM、时间继电器 1K7、中间继电器 K4 和 K5、断路器跳闸线圈 YT 和合闸线圈 YC、各种熔断器和电阻器、电锁 DS、转换开关 SA2 等组成，其中 SA1 和 K4 为关键元件且功能独特。

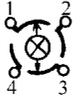
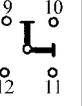
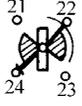
(1) SA1 是 LW2-Z 型控制开关，这是一种封闭式万能转换开关，其转动手柄有 6 个不同位置，在不同位置时，各触点有不同的通断情况。断路器在跳闸位置时，开关的手柄在水平位置即“跳闸后”位置，合闸时先将手柄顺时针转动 90°到垂直位置即“预备合闸”位置，然后再继续转动 45°即“合闸”位置，这时将手柄松开，手柄自动返回到垂直位置即称为“合闸后”位置。跳闸时先将手柄逆时针转动 90°到水平位置即“预备跳闸”位置，然后再继续转动 45°即“跳闸”位置，松开手柄后手柄自动返回到水平位置即“跳闸后”位置，详见表 4-7。

(2) K4 是一种特殊的中间继电器，它有两只线圈，其中电流起动线圈串联在跳闸回路中，额定电流与断路器跳闸线圈的动作电流匹配，灵敏度高于跳闸线圈。另外一只为电压保持线圈，经过自身的动合触点并联在合闸接触器 KM 的线圈上，其动断触点串联在 KM 的线圈回路里。无论哪组线圈得电都会使继电器的触点动作，因此常用在防跳回路中。

当断路器合闸时，由于种种原因造成 SA1 手柄未自动返回或触点粘连，此时如有短路存在，继电保护装置则使断路器自动跳闸，但合闸回路未断开，则会出现多次“跳—合”

现象，这种跳跃会使断路器损坏，造成事故扩大。K4 的设置则是为了防止这种跳跃的发生，因此称 K4 为跳跃闭锁继电器。

表 4-7 LW2 - YZ - 1a、4、6a、40、20/F1 触点图表

在“跳闸后”位置的手柄（正面）的样式和触点盒（背面）的接线图																
手柄和触点盒的形式		F1	灯	1a	4	6a	40	20								
触点号		—	—	5 - 7	6 - 8	9 - 12	10 - 11	13 - 14	13 - 16	14 - 15	17 - 18	18 - 19	17 - 20	21 - 23	21 - 22	22 - 24
位置	跳闸后		—	×	—	—	—	—	×	—	—	×	—	—	—	×
	预备合闸		×	—	—	—	×	—	—	×	—	—	—	—	×	—
	合闸		—	—	×	—	—	×	—	—	—	×	×	—	—	—
	合闸后		×	—	—	—	—	×	—	—	—	—	×	×	—	—
	预备跳闸		—	×	—	—	—	—	—	×	×	—	—	—	×	—
	跳闸		—	—	—	×	—	—	×	—	—	×	—	—	—	×

K4 在电路中是这样工作的：合闸时，如正逢短路，继保动作，YT 得电吸合，使断路器跳闸，这时串联在 YT 回路的 K4 电流线圈也通以电流则使 K4 吸合，其动断触点断开了 KM 的得电回路，使其不能得电，而动合触点闭合接通了 K4 的电压线圈，断开了 KM，使其不能得电再次吸合，防止了跳跃的发生。只有当 SA1 或合闸信号恢复正常后，K4 电压线圈断电，才能正常合闸起动。

(3) 断路器的合闸跳闸过程

1) SA1 的手柄在“跳闸后”位置且断路器 QF 也在跳闸位置时，其触点 10 - 11 闭合，绿灯 1HG 与 KM 串联，将信号小母线 + WS1 与控制小母线 - WCL 接通，1HG 点亮，表示断路器在跳闸位置，但 KM 不吸合，因为被 1HG 分压，KM 两端的电压不足以使其吸合。1HG 点亮一是说明 KM 回路完好，二是说明 1FU、2FU 完好。在触点 10 - 11 闭合的同时，2HG 经 QF 的辅助动断触点将闪光小母线 + WF 与 - WCL 接通，这时 2HG 将闪光，提醒运行人员注意。有关闪光小母线的内容将后面介绍。

2) 按 1. 中的要求将手柄经“预备合闸”位置转到“合闸”位置时，触点 5 - 8 闭合，KM 得到全部控制电压而吸合，其主触头闭合将合闸线圈 YC 与合闸母线 WO 连接，YC 动作，QF 合闸。1HG、2HG 熄灭。

3) 松开手柄，SA1 返回“合闸后”位置，触点 16 - 13 闭合，2HR、1HR 经 K5 常开点分别与 - WCL 和 + WF 连接。K5 为一中间继电器，其线圈经 1R、K4 电流线圈、YT 电流线圈及 QF 的辅助动合触点（QF 合闸后已闭合）接于控制母线上而吸合，其动合触点闭合，2HR 点亮，1HR 闪光，指示 QF 已合闸完毕。K5 的吸合还表示 YT 回路正常，但不足以 YT 动作。

4) 按 1. 中的要求将手柄转到“跳闸”位置时，触点 6 - 7 闭合，YT 经 K4 电流线圈和 QF 动合触点与控制电源连接，YT 动作，QF 跳闸。松开手柄后，手柄自动返回到“跳闸后”位置，1HG、2HG 重新点亮、闪光。

5. 信号装置

(1) 当失压保护回路 1K7 动作、当过流时间继电器 2K7 动作, 都能使 YT 得电跳闸, 并由信号继电器 1K1 和 2K1 发出跳闸信号, 掉牌未复归光字牌发光。因故障继保动作而使 QF 跳闸后, SA1 未动作, 由表 4-7 可知 SA1 的触点 9-10 在“预备合闸”及“合闸后”位置均为闭合, 这时 QF 辅助动断触点复位, 因此 1HG 点亮而 2HG 闪光, 表示 QF 事故跳闸。

(2) 事故跳闸还发出音响信号, 图 4-108 是利用“合闸后”SA1 的触点 1-3 和 19-17 的接通完成的, 但 QF 辅助动断触点合闸后是断开的, 但事故跳闸后, QF 辅助常闭复位, SA1 保持原合闸后位置, 这时事故掉闸音响回路接通起动, 发出音响, 表示事故跳闸, 有关事故音响小母线 WFS 的内容将在后面介绍。

(3) 掉闸回路断线报警信号, 图 4-108 是利用“合闸后”SA1 的触点 9-10 的接通和 K5 的常开完成的, 当事故发生时, 如①、②、③回路不足以引起 YT 动作时, K5 吸合, 这时 SA1 的 9-10 闭合、QF 闭合, 只要 K5 吸合, 便起动信号预告小母线 WPS, 发生警铃信号。有关 WPS 小母线将在后面介绍。

在跳闸、合闸控制回路有时可用按钮 SBS、SB 来实现, 直接将 YT、YC 接通, 使 QF 跳闸、合闸, 其他同前述。

(三) 35kV 主变压器控制及保护二次回路原理图

图 4-109 是 35kV 变电所主变压器控制保护二次回路原理图, 表 4-8 是该图的材料设备表。图 4-109 可表达五个方面的内容。

1. 电气主结线

主变压器 T 的一次用插头和插座式断路器 QF 与 35kV 母线连接, 一次侧设置两组电流互感器 1TA 和 2TA; 二次侧也设两组电流互感器 3TA 和 4TA, 其中 1TA 和 3TA 是构成差动保护的取样元件, 用来保护变压器内部、套管及引出线上的各种短路故障, 4TA 是构成 6~10kV 侧过电流、过负荷保护的取样元件, 用来保护低压侧母线、线路过负荷的。同时在变压器进口侧又设两组电流互感器 TA, 是用来计量电能的。

2. 差动保护的结线

一次侧电流互感器 1TAa、1TAb、1TAc 接成三角形后与差动继电器 1~3K2 连接, 二次侧电流互感器 3TAa、3TAb、3TAc 接成星形后与 1~3K2 连接, 相序与一次是对应的, 星点可靠接地。

过电流、过负荷保护回路的接线是与电流继电器 1~4K1 连接的, 其中 4K1 是保护过负荷的, 连接后的星点是接地的。

3. 控制合闸回路

控制合闸回路基本与图 4-108 相同, 可自行分析。

4. 保护回路

(1) 差动继电器 1~3K2 有一只动作时, 中间继电器 K5 动作, 串接在掉闸回路的动合触点闭合使跳闸线圈 1YT 动作跳闸, 同时信号继电器 1K7 发出掉闸信号, 2K7 发出差动信号。中间继电器 K5 是双线圈(电压、电流)继电器, 有防跳功能。

(2) 瓦斯继电器 K2 (装在变压器油管道上) 动作时也可使 K5 动作, 致使跳闸, 同时信号继电器 3K7 动作发出瓦斯信号; 如果 3K7 接在 XB 上, 6K7 动作发出瓦斯动作信号。

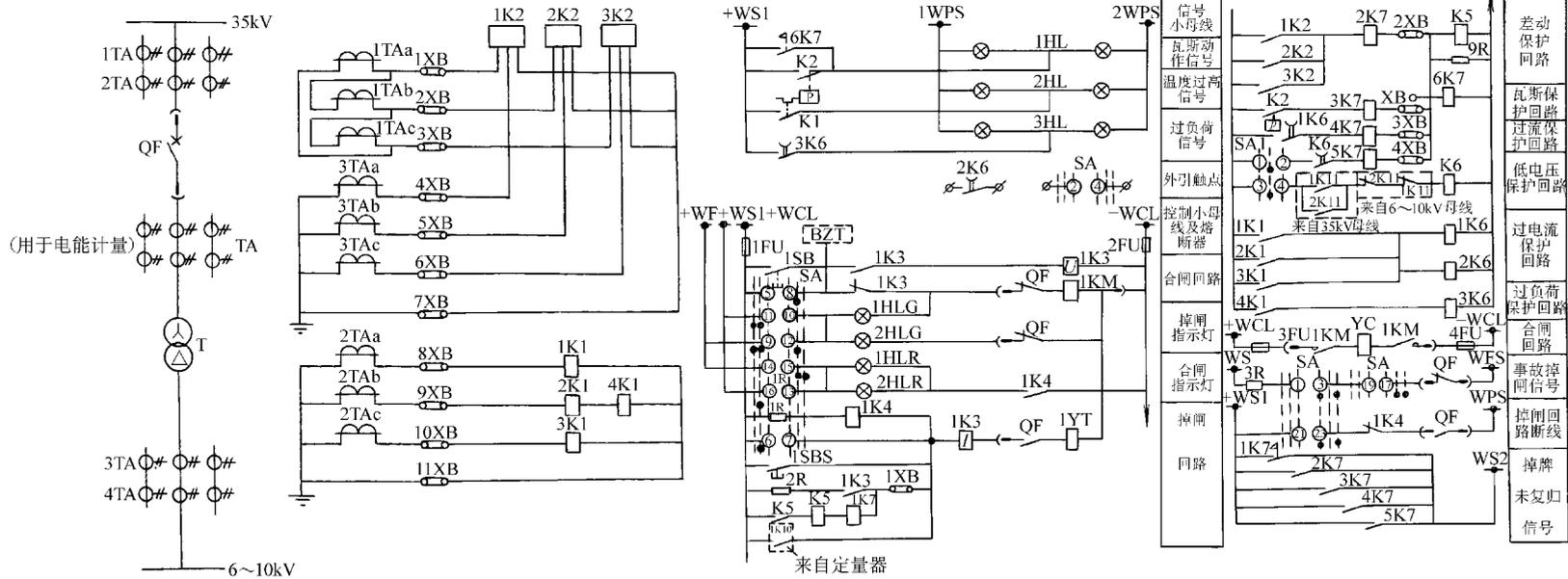


图 4-109 35kV 主变压器控制及保护二次回路原理图

(3) 过流继电器 1~3K1 有一动作时, 时间继电器 1K6 动作并开始延时, 当过流时间大于整定时间时, 其动合触点闭合, 也能使 K5 动作, 致使跳闸, 同时信号继电器 4K7 发出过流信号。同时会使时间继电器 2K6 的外引动合触点延时动作, 将信号引自别处。

表 4-8 图 4-109 设备表

符号	名称	规格	数量	符号	名称	规格	数量
安装在 35kV 开关柜上的设备				安装在变压器自投装置屏上的设备			
2HLG	指示灯	XD5 - □V, 绿	1	SA1	转换开关	LW2 - 111/F4	1
2HLR	指示灯	XD5 - □V, 红	1	安装在保护屏上的设备			
1KM	直流接触器	CZ0 - 40D□V	1	1K3	中间继电器	DZB - 14B□V	1
3~4FU	熔断器	RL1 - 60□A	2	1K4	中间继电器	DZ - 51/22□V	1
1SB	按钮	LA2	1	K5	中间继电器	DZB - 12B□V	1
1SBS	按钮	LA2	1	1~2K6	时间继电器	DS - 112□V	2
安装在控制屏上的设备				3K6、K6	时间继电器	DS - 113C□V	2
SA	控制开关	LW2 - □	1	1K7	信号继电器	DX - 11/1A	1
1HLG	指示灯	XD5 - □V, 绿	1	2~6K7	信号继电器	DX - 11/□A	4
1HLR	指示灯	XD5 - □V, 红	1	1~3K1	电流继电器	DL - 11/□	3
1~3HL	光字牌	XD10 - □V	3	4K1	电流继电器	DL - 11/□	1
1~2FU	熔断器	R1 - 10/□	2	1~3K2	差动继电器	BCH - 2	3
3R	电阻	ZG11 - 50, 1kΩ	1	XB	切换片	YY1 - S	1
变压器自带设备				1~4XB	连接片	YY1 - D	4
K1	温度继电器	WTZ - 288	1	1R	电阻	ZG11 - 15.5kΩ	1
K2	瓦斯继电器	QJ1 - 80	1	2R	电阻	ZG11 - 50, 1Ω	1

(4) 低电压保护回路动作时, 时间继电器 K6 动作, 当低电压时间大于 K6 整定时间时, K6 动合触点延时闭合, 也能使 K5 动作至使跳闸, 同时信号继电器 5K7 动作, 并发出低电压信号。

5. 其他信号报警回路读者可自行分析

(四) 35kV 电压互感器二次回路原理图

图 4-110 是 35kV 电压互感器二次回路原理图, 表 4-9 是该图的材料设备表, 图 4-110 可表达三个方面的内容。

1. 主结线

电压互感器 TV 与母线的连接是采用插头插座式并用熔断器 FU 进行保护。

2. 接线方式

(1) 电压互感器的一次接成星形, 二次有两组线圈, 一组线圈接成星形, 作为电压小母线的引出线。另一组线圈接成开口三角形, 作为绝缘监视回路。

(2) 电压小母线相与相间分别接一只电压继电器 1~3K1, 作为断相保护的检测原件, 每相接一只电压表, 监视电压是否正常, 绝缘监视回路在三角形开口处接一只电压继电器 K2, 监视母线是否有接地故障。正常运行时, 三相电压对称, 三只电压表读数相等, 电压

继电器 K2 不动作。当母线发生接地故障时，系统失去平衡，电压表指示不同且 K2 动作，发出接地故障信号，并转动 SA2 可找出接地故障相。

3. 信号回路

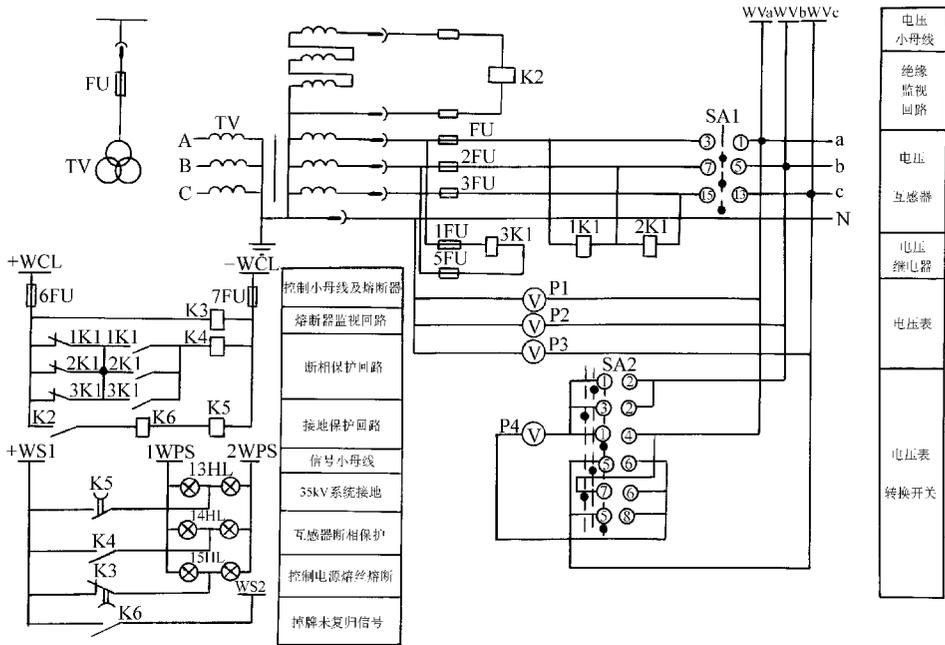


图 4-110 35kV 电压互感器二次回路原理图

表 4-9 图 4-110 设备表

符 号	名 称	规 格	数 量
安装在 35 千伏开关柜上的设备			
1 ~ 3K1	电压继电器	DJ - 132/160	3
K2	电流继电器	DJ - 131/60CN	1
K3	中间继电器	DZS - 115□V	1
K4	中间继电器	DZ - 15□V	1
K5	时间继电器	DS - 113C□V	1
K6	信号继电器	DX - 31/□	1
SA1	转换开关	LW2 - 111/F4	1
1 ~ 3、6 ~ 7FU	熔断器	R1 - 10/4A	5
P1 ~ P3	电压表	1T1 - V, 42/0.1kV	3
4 ~ 5FU	熔断器	R1 - 10/10A	2
安装在控制屏上的设备			
P4	电压表	16T2 - V, 42/0.1kV	1
SA2	电压表转换开关	LW2 - 5.5/F4	1
安装在中央信号屏上的设备			
13 ~ 15HL	光字牌	XD10 - □V, 白	

(1) K3 作为控制小母线熔丝熔断的检测元件,正常时 K3 吸合,其动断触点打开,信号灯 15HL 熄灭,当 6FU 或 7KU 有一熔断时, K3 失电,其动断触点延时闭合,15HL 点亮报警。

(2) K4 作为断相的检测元件,正常时 1~3K1 全部吸合,1~3K1 的常闭并联后与 1~3K1 的常开串联,有一相断相,其 1~3K1 则有一只失电,常闭有一只闭合复位,而对应的常开则有一只打开, K4 接通电源动作,其常开闭合,14HL 点亮报警。

(3) K2 动作时,其常开闭合,接通接地保护回路,时间继电器 K5 动作,其常闭延时闭合,使 13HL 点亮报警,同时信号继电器 K6 动作,发出掉牌未复归信号。

(五) 闪光装置原理图

图 4-111 是变配电装置中常用的闪光装置,当断路器 QF 和控制开关 SA 状态不对应时,信号灯被接到闪光母线 (+) WF 上,并开始闪光。

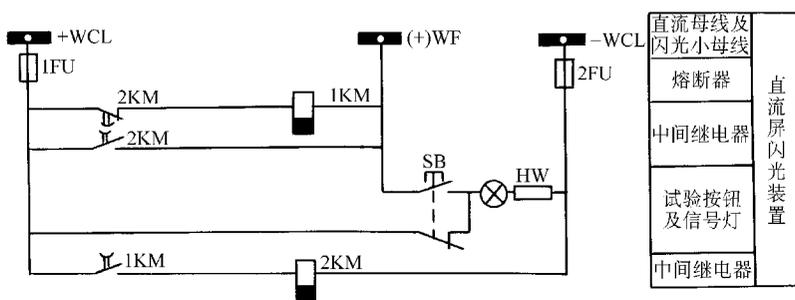


图 4-111 闪光装置原理图

1. 闪光装置一般由两个中间继电器、一个按钮、一个信号灯组成,其中中间继电器有延时功能,型号 JT3-11/1 型-220V。

2. 当 QF 的位置与 SA 的位置不对应时,负直流主电源 -W 即通过“不对应”回路与闪光母线 +WF 接通,使中间继电器 1KM 有电,1KM 动作电压较低,即使回路中有信号灯 1HG、1HR 及线圈,也能吸合。其动合触点闭合,接通 2KM,2KM 的常闭断开 1KM,2KM 的常开闭合将正直流主电源 +W 直接接到 +WF 上,使不对应回路的信号灯发出强光,1KM 失电后,其动合触点延时返回又切断了 2KM 的回路,这时 2KM 动合触点、动断触点延时切换,常开打开切断了正直流主电源 +W 与 WF 的连接,常闭复位使 1KM 再次通电,“不对应”回路中的信号灯由于 1KM 线圈的串联接入而变暗。这样连续重复下去,信号灯将明暗闪光。SB 是试验按钮,信号灯 HW 平时经 SB 常闭接于 ±W 之间,监视直流主电源 ±W 和 1FU、2FU。按下 SB 时,HW 接至 WF 上,SB 动合触点充当了不对应回路,HW 充当了断路器的位置指示灯,正常时 HW 应明显闪光。

3. 图 4-112 是闪光装置和“不对称”起动回路画在一起的原理图,供分析时参考。因为配电系统中有很多控制回路,有一个出现不对称,闪光装置将进入工作状态进行闪光。

(六) 直流系统绝缘监察装置原理图

图 4-113 是变配电装置中常用的直流系统绝缘监察装置原理图,它是利用电桥平衡的原理进行正常工作的。由图可知, $1R = 2R$, 调节 3R 使 V_1 的读数为零,信号继电器 KS 不动作,这时 V_2 的读数为母线电压。操作母线电压表转换开关时 V_2 应指示正母线或负母线的

电压，这两个电压应相等。

当正负母线有一接地时，电桥失去平衡，KS 动作，V₁ 有指示 1HL 点亮报警。将母线电压表转换开关打在测量位置 I 或 II，V₂ 的指示应为零，表示该母线已接地。这时先调节 3R，使 V₁ 读数为零，然后再把转换开关打在与前面操作相反的 II 或 I 上，这时 V₁ 的指示即为直流系统对地的总绝缘电阻。V₁ 采用有双刻度（电压、电阻）的电表。

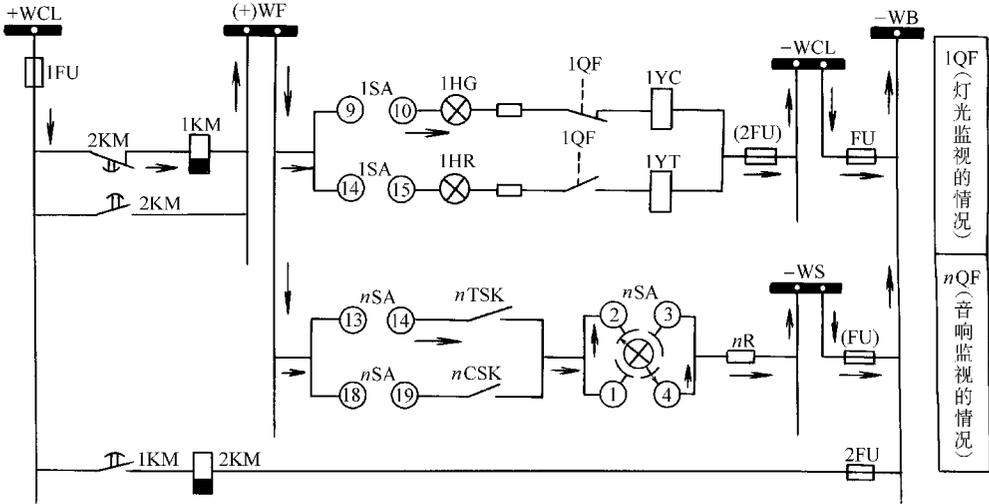


图 4-112 闪光装置及起动回路

(七) 直流母线电压监察装置原理图

其中低电压继电器 1KV 的返回电压整定为 $0.75U_N$ ，过电压继电器 2KV 的动作电压为 $1.25U_N$ ， U_N 为直流母线额定电压。当实际电压小于 $0.75U_N$ 时，1KV 失电，1KV (5 - 7) 动断触点复位，3HL 点亮报警；当大于 $1.25U_N$ 时，2KV (1 - 3) 动合触点闭合，2HL 点亮报警。

(八) 中央信号系统接线原理图

图 4-114 是变配电装置中央信号系统常用电路，可分两个部分的内容。

1. 事故信号

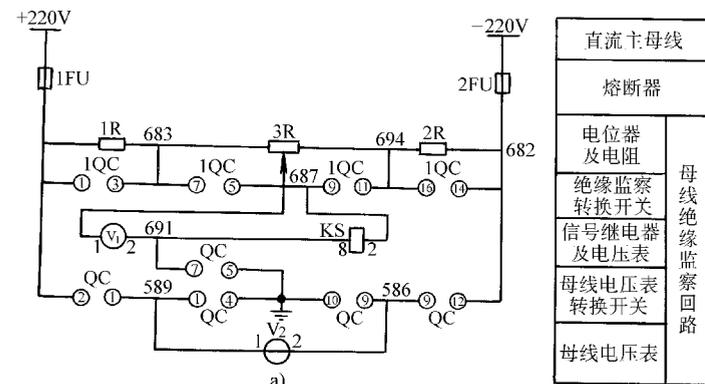
事故信号是指断路器因继电保护动作或其他原因使断路器误断开而发出的音响信号，一般是由蜂鸣器或电喇叭发出。

由图可以看出，断路器辅助触点 QF 与控制开关 1SA “不对应”回路是通过事故信号小母线 WFS、WAS 并联于音响试验按钮 2SB 上的，只要断路器事故跳闸，其辅助动断触点复位便接通 HA1 发出音响，同时可按动解除按钮 1SB，3KM 吸合后，其动断触点 3KM (727 - 731) 打开，可将音响切除。

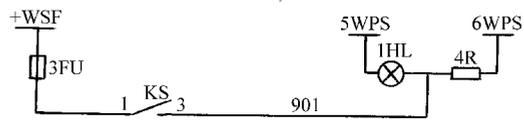
2. 预告信号

预告信号是指某些设备出现不正常工作情况时，如轻瓦斯、油温过高、接地等，而发出的音响信号，但是由警铃发出的，以便与事故信号区别。

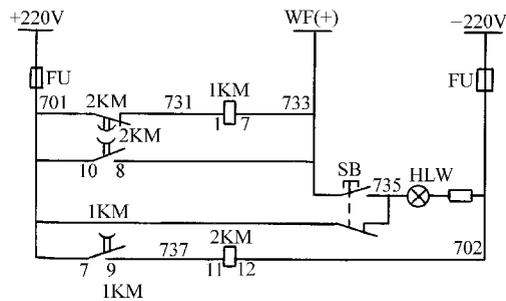
由图可以看出，起动警铃 HA2 的有关触点是经过预告信号小母线 WFS、WPS 并联在预告信号音响试验按钮上的，只要这些触点有一闭合，便接通 HA2，同样可用 3SB 解除。其中触点 6KM、5KM 是来自电压互感器回路的，KS 是来自母线绝缘监察回路信号继电器 KS



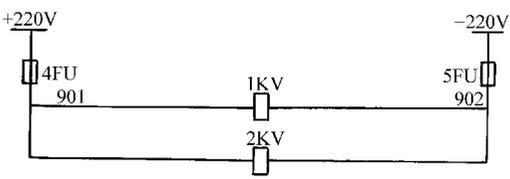
直流主母线	
熔断器	
电位器及电阻	母线绝缘监察回路
绝缘监察转换开关	
信号继电器及电压表	
母线电压表转换开关	
母线电压表	



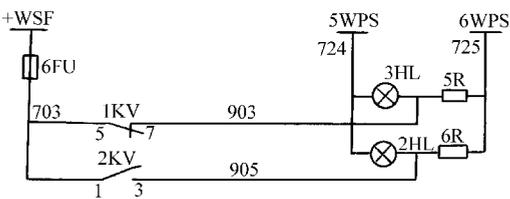
母线接地	预告信号
------	------



主母线及闪光小母线	直流屏闪光装置
熔断器	
直流中间继电器	
试验按钮及信号灯	
直流中间继电器	



直流主母线
熔断器
低电压继电器
过电压继电器



信号小母线	预告信号
熔断器	
电压过低	
电压过高	

1QC转换开关工作表
LW2-2111/F48X

触点编号	1	2	5	6	9	10	13	14
	4	3	8	7	12	11	16	15
位置	2	1					1	
	1~3	2~4	5~7	6~8	9~11	10~12	13~15	14~16
正常	↑		×		×		×	
测量 I	↗	×						
测量 II	↘			×		×		×

QC转换开关工作表
LW2-W6a16/F6

触点编号	1	2	5	6	9	10
	4	3	8	7	12	11
位置	6a	1	6			
	1~2	1~4	5~7	6~8	9~10	9~12
母线	↑	×	×			×
"-"对地	↗	×				×
"+"对地	↘	×		×		

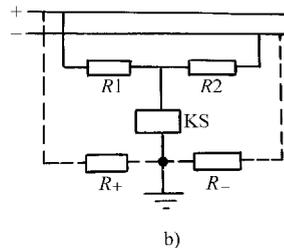


图 4-113 直流系统绝缘监察装置原理图

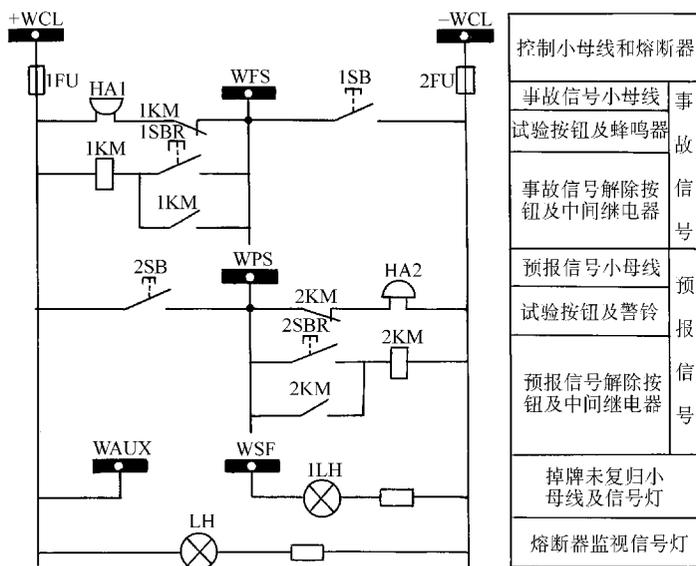


图 4-116 掉牌未复归信号起动回路

(九) 高压架空引出线路控制保护二次回路原理图

图 4-117 是 10kV 输电线路控制保护二次回路原理图，该图可分三部分内容。

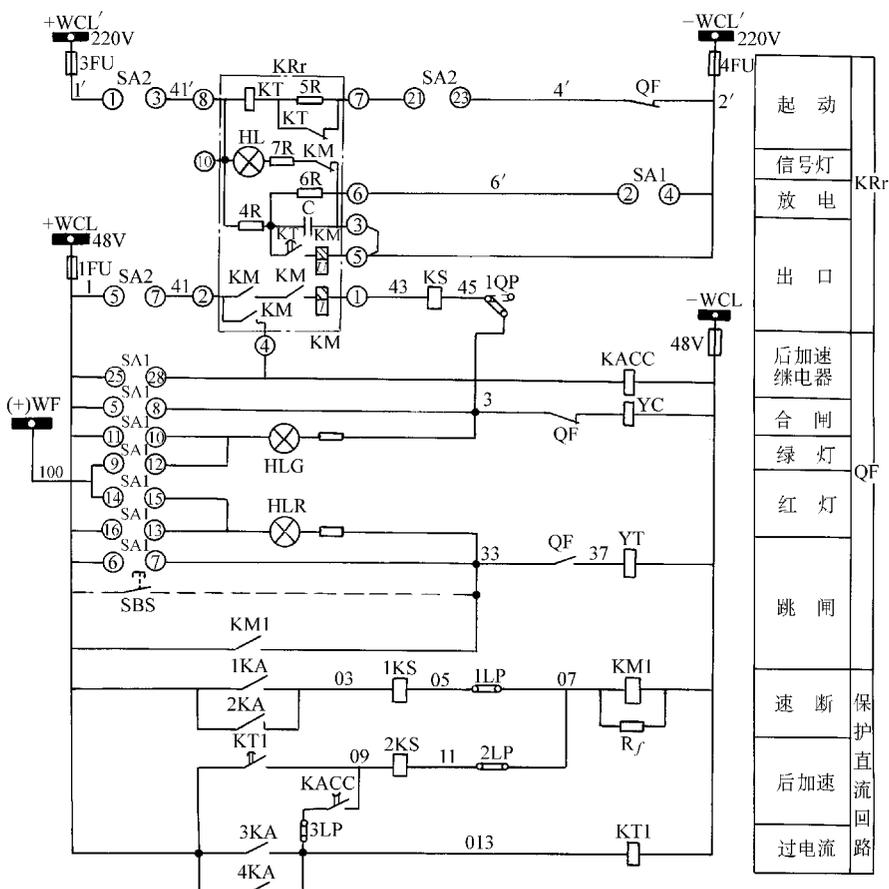


图 4-117 10kV 输电线路控制保护二次回路原理图

1. 自动重合闸回路

对于架空线路暂时性的故障，如雷电过电压、大风使导线短路、风筝或异物使导线短路等常采用自动重合闸继电器进行保护，这样当断路器跳闸后，由于故障被短路电路消除烧毁或过电压消失，重合闸继电器动作使断路器自动合闸。一般情况下，只重合一次，若为永久性故障，保护装置再次动作后将不再重合。

(1) 当线路正常工作时，断路器 QF 合闸，重合闸继电器 KRr 投入工作，转换开关 SA2 置于投入位置，KRr 中的电容 C 处于被充电状态，充电回路是经 SA2 (1-3) —4R—C—③到电源，同时信号灯 HL 继中间继电器 KM 的动断触点接通经 C 充电的回路到电源而使 HL 点亮，一方面监视电源电压及熔断器，同时说明 C 处于充电状态。

(2) 由于线路故障继保动作使断路器 QF 跳闸后，其辅助动断触点 QF (4'-2') 闭合，打破原来 SA2 与 QF 的不对应，使起动回路接通，回路是经 SA2 (1-3) —KT 线圈—5R 及并联的 KT 瞬时动断触点—SA2 (21-23) —QF (4'-2') 到电源，这时 KT 瞬时动断触点打开，时间继电器 KT 开始延时。当整定时间到达时，其延时闭合的动合触点闭合，将 DZB 型中间继电器 KM 的电压线圈与电容 C 并联接通，C 即向 KM 冲击放电，KM 吸合。

(3) KM 电压线圈吸合后，其动断触点打开，HL 熄灭，而动合触点（两个动合触点串联）闭合，将出口回路接通，回路是经 SA2 (5-7) —②—两个动合触点 KM 串联—KM 电流线圈—①—信号继电器 KS—1QP—QF 辅助常闭—合闸线圈 YC 到电源，YC 吸合后断路器重合。同时由于 KM 电流线圈的接入而实现了自保，而合闸后，QF 辅助常闭打开而解除自保，其中信号继电器 KS 的接入是为了记录 KRr 动作的继电信号。

(4) 中间继电器 KM 动作时，触点 KM②—④闭合接通了后加速继电器 KACC，其延时打开的动合触点立即闭合，如为永久性故障，电流继电器 3KA，4KA 动作，其触点直接起动出口中间继电器 KM1，使 QF 不经时间继电器 KT1 延时而迅速动作而跳闸。SA2⑤—⑦并联了 SA1⑮—⑳，该触点在 SA1 合闸位置上是接通的，它的作用是当线路上本来就有故障存在时，而操作 SA1 合闸则可使加速断开线路。

(5) 重合闸继电器只能动作一次，当故障为暂时性的断路器可重合闸，使线路恢复正常运行。若为永久性故障，一次重合闸再次由保护装置动而跳闸则不会重合，这是因为电容器 C 重新充足电需 15~20s 的时间，当重合闸继电器再次起动时 KT 动作，C 来不及充足电使 KM 冲击动作，故重合闸继电器的出口回路不会接通，这样保证了只能动作一次。

2. 断路器控制回路

断路器控制回路与前述基本相同，只是在 3~10kV 线路一般不设防跳回路，这里只将防跳回路的接线列出，用于 35kV 及以上的线路，断路器控制回路的接线请读者自行分析。

3. 继电保护回路

继电保护回路较简单，读者按前述方法自行分析。

(十) 二次回路的接线图

二次回路接线图是按照二次回路的原理图绘制的一种供二次回路安装时使用的施工图样，一般由盘面布置图、安装接线图、端子排接线图组成。

1. 盘面布置图

盘面布置图是表明二次设备元件（继电器、仪表、信号装置、主令开关等）在控制盘、保护盘、信号盘上安装排列位置和相互间距离尺寸以及盘面几何尺寸的图样，一般按一定的

比例画出，图 4-118 是某变电所继电器屏盘面布置图。盘面布置图直观简单，识读时要掌握元件的规格型号。

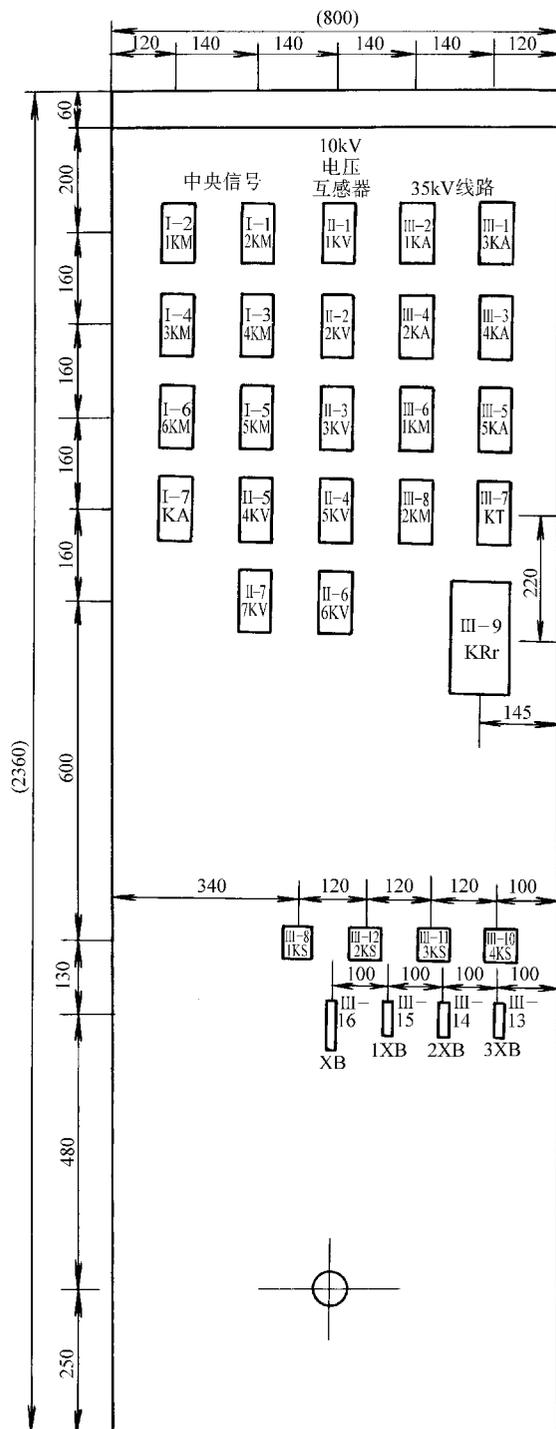


图 4-118 某变电所继电器屏盘面布置图

2. 安装接线图

安装接线图表明盘面布置图上二次设备元件内部接线及相互之间接线的图样，其中较简单的元件可不画出其内部接线。一般情况下，二次设备元件装设在盘的正面，但接线在盘的背面，因此安装接线图则是盘的背视图。元件之间的接线和元件与外部的接线是经过端子排进行的，因此，端子排的接线成了二次回路接线图的主要接线图。

3. 端子排接线图

(1) 端子排标注的意义及方法见图 4-119。

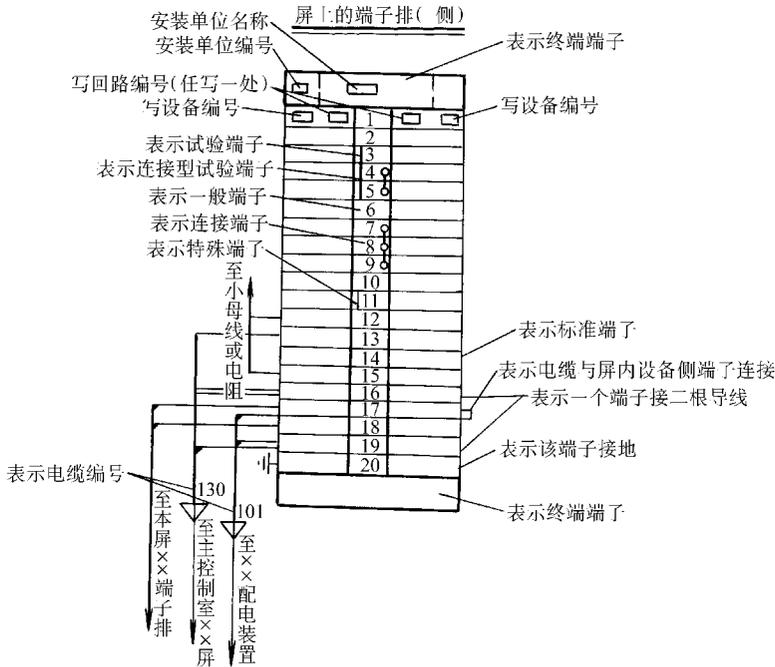


图 4-119 端子排标注的意义及方法

(2) 二次接线的标号 二次回路中，对所有二次设备、原理图中的所有连接导线、端子排及它们之间的连接导线，都要进行统一标号。标号可说明设备或回路的性质和用途。

1) 二次设备的标号 同一盘柜上常常安装着来自不同装置的二次设备，如发电机、变压器、线路、母线、断路器等装置，这些装置叫做安装单位。为了区分同一盘柜上不同安装单位的设备，采用罗马数字 I、II、III、……来表示安装单位的编号。同一安装单位的所有设备，则按其在盘上的位置，依次用阿拉伯数字编出顺序号，见图 4-120。

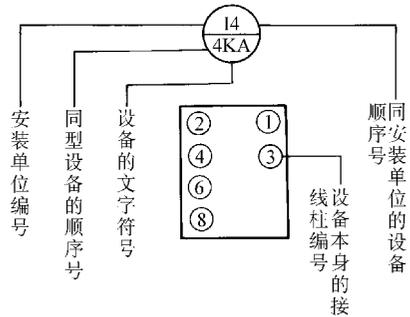


图 4-120 安装接线图中设备编号举例

2) 二次接线的回路标号实际上是对二次接线的导线进行编号，编号采用等电位原则，即在回路中连接到同一点的全部支路只使用同一数字编号，由二次设备的线圈、接点或电阻等元件所间隔的线段，要作为不同电位的线段，给以不同数字的编号。二次回路按用途分组，每组给以一定的数字范围，交流回路在数字前要加上相别 A、B、

C、N、P。数字编号一般不超过三位数，表 4-10 ~ 表 4-12 给出了不同用途和回路类别的编号数字范围，下面举例说明一下用法。

表 4-10 二次回路数字标号范围表

回路类别		标号范围
直流回路	保护回路	01 ~ 099 (或 J1 ~ J99)
	控制回路	1 ~ 599
	励磁回路	601 ~ 699
	信号及其他回路	701 ~ 999
交流回路	控制、保护及信号回路	1 ~ 399
	电流互感器回路	400 ~ 599
	电压互感器回路	600 ~ 799

表 4-11 交流回路数字标号组

回路名称	互感器的文字符号	回路标号组				
		A相	B相	C相	中线(N)	零序(L)
保护装置及测量表计的电流回路	TA	A401 ~ A409	B401 ~ B409	C401 ~ C409	N401 ~ N409	L401 ~ L409
	1TA	A411 ~ A419	B411 ~ B419	C411 ~ C419	N411 ~ N419	L411 ~ L419
	2TA	A421 ~ A429	B421 ~ B429	C421 ~ C429	N421 ~ N429	L421 ~ L429
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
保护装置及测量表计的电压回路	TV	A601 ~ A609	B601 ~ B609	C601 ~ C609	N601 ~ N609	L601 ~ L609
	1TV	A611 ~ A619	B611 ~ B619	C611 ~ C619	N611 ~ N619	L611 ~ L619
	2TV	A621 ~ A629	B621 ~ B629	C621 ~ C629	N621 ~ N629	L621 ~ L629
控制、保护及信号回路 绝缘监察电压表的公共回路		A1 ~ A399	B1 ~ B399	C1 ~ C399	N1 ~ N399	—
		A700	B700	C700	N700	—

表 4-12 直流回路数字标号组

回路名称	数字标号组			
	I	II	III	IV
控制回路“+”电源	1	101	201	301
控制回路“-”电源	2	102	202	302
合闸回路	3 ~ 31	103 ~ 131	203 ~ 231	303 ~ 331
绿灯或合闸回路监视继电器回路	5	105	205	305
跳闸回路	33 ~ 49	133 ~ 149	233 ~ 249	333 ~ 349
红灯或跳闸回路监视继电器回路	35	135	235	335
备用电源自动合闸回路	50 ~ 69	150 ~ 169	250 ~ 269	350 ~ 369
开关器具的信号回路	70 ~ 89	170 ~ 189	270 ~ 289	370 ~ 389
事故跳闸音响信号回路	90 ~ 99	190 ~ 199	290 ~ 299	390 ~ 399
信号回路“+”电源	701, 703, 705			
信号回路“-”电源	702, 704, 706			
事故跳闸信号小母线	707, 708			
预告信号小母线	709, 710, 711, 712			
掉牌未复归小母线	716			

① 表 4-10 中电流互感器回路的数字范围是 400 ~ 599，对于第二组电流互感器 2TA，A 相电流互感器的引出线段就记作 A421，经电流表线圈后记作 A412。C 相记作 C421、C422，地线记作 N421。

② 有两组电流互感器 1TA、2TA，1TA 的 A 相回路用 A411、A412……来标注，2TA 的 A 相则用 A421、A422……来标注，也就是同类电器的回路标号互用十位数或百位数来区别。

③ 某些主要回路则标以固定的编号，如控制回路正电源用 1，负电源用 2；信号回路正电源用 701，负电源用 702；直流正极回路按奇数顺序编号，负极回路按偶数顺序编号；回路中，从正电源开始每经过电压线圈、电容、电阻等，回路极性改变，编号则由奇变偶。

4. 二次回路接线图实例

这里仅以某 35kV 线路控制、保护、信号回路二次回路接线图为例，说明二次回路接线图的读图方法。图 4-121 是某 35kV 线路控制保护原理图，图 4-122 是该 35kV 线路控制屏盘面布置图，图 4-123 是该 35kV 线路控制屏端子排接线图。

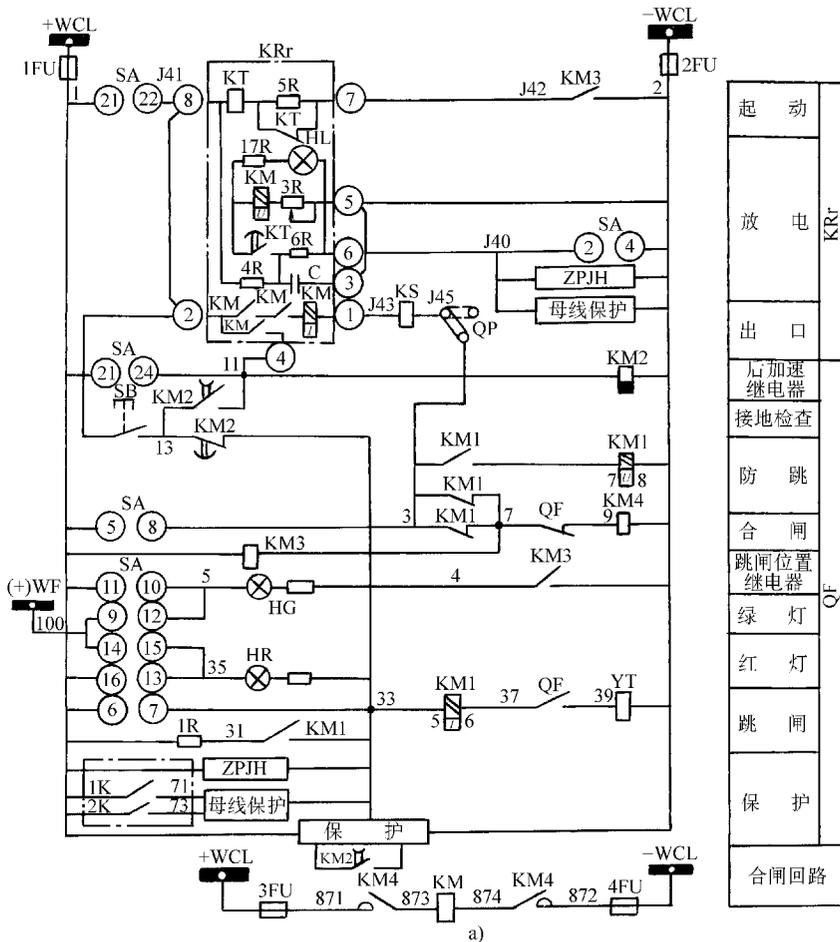


图 4-121 35kV 线路控制保护原理图

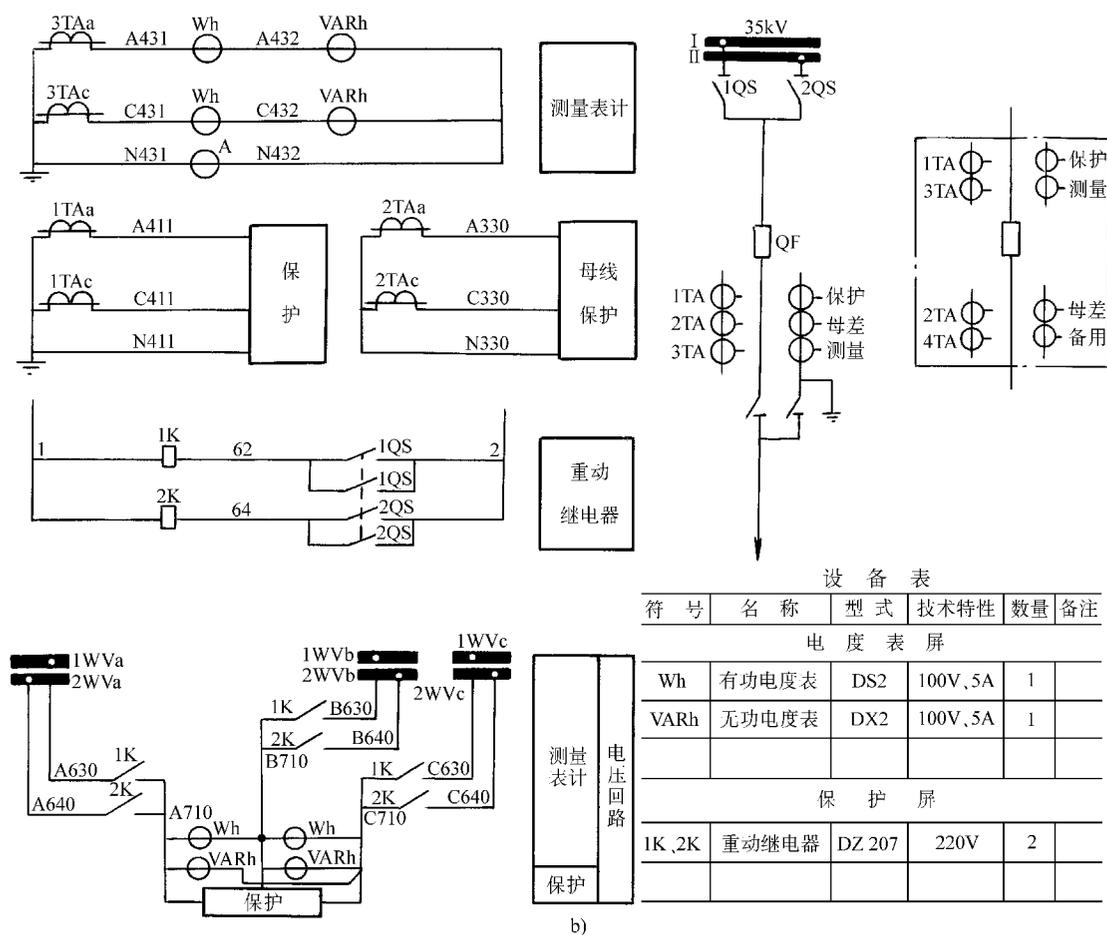


图 4-121 35kV 线路控制保护原理图 (续)

(1) 图 4-121 与图 4-117 有很多相同之处, 同时在前述内容中已详细介绍了电压、电流回路。因此, 这里不讲述其电路原理, 读者可参考前述内容看懂该图的每个部分。

(2) 图 4-122 是用于四条 35kV 线路控制屏的盘面控制图, 有四个安装单位 (I ~ IV), 图中只标出了 I# 安装单位设备的编号, 其他三个回路与之相同。而电阻、熔断器、刀开关、继电器等不在盘面上画出的设备则装在了屏的背面。

(3) 这里我们将详细介绍端子排接线图的识读, 前面就识图基本知识作了介绍, 这里要对照应用, 见图 4-121 和图 4-123。

1) 读端子排接线图时, 应先弄清端子排的用处, 是用于保护屏上、还是控制屏上、还是计量屏上或其他屏上, 然后看懂控制保护原理图, 并正确确定哪些元器件在控制屏上, 哪些在保护屏上, 哪些在计量屏上或其他屏上, 这两点结合起来就能看懂端子排接线图。这里还要注意屏与屏之间的联系, 有些元件是保护屏上的, 但是控制屏或计量屏上也要用到这些元件的端子, 这样就必须用电缆将这些不同屏上的相同端子连接起来, 这些电缆也有特定的编号, 编号方法见表 4-13。

2) 下列回路一般应经过端子排:

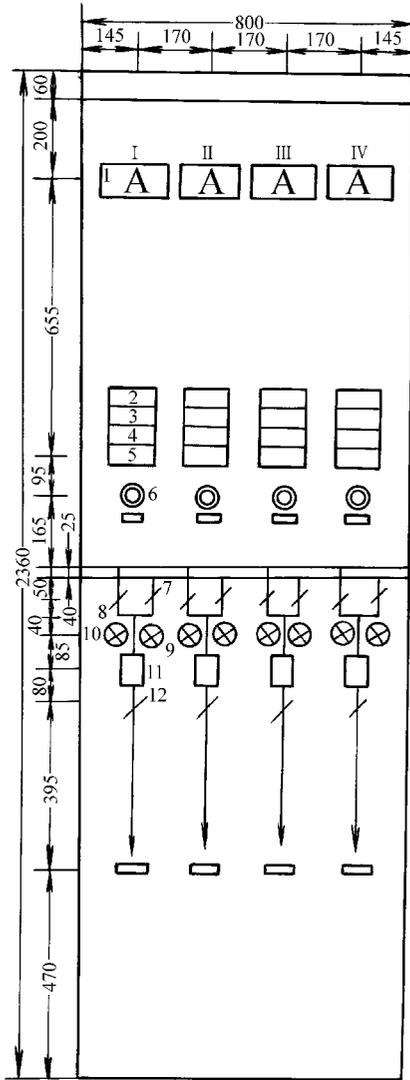


图 4-122 35kV 线路控制屏盘面布置图

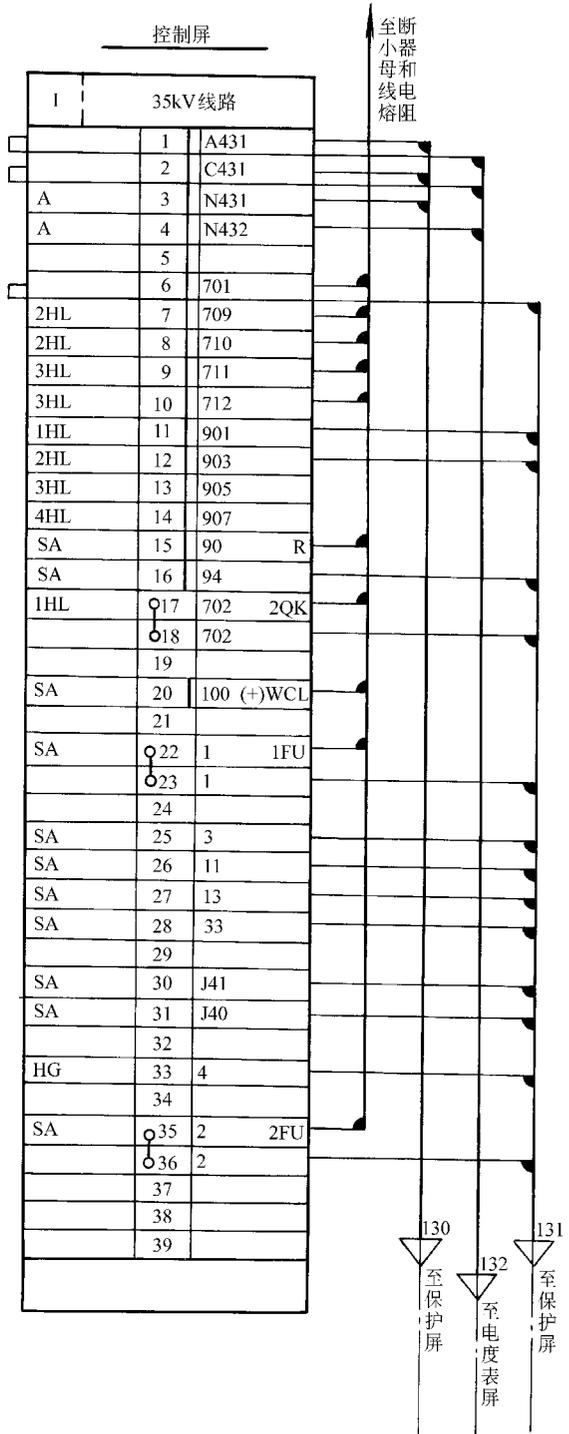


图 4-123 35kV 线路控制屏端子排接线图

① 屏内设备与屏外设备之间连接，其中交流回路应经过试验端子，事故音响信号回路及预告信号回路及其他在运行中需要方便断开的回路应经过特殊端子或试验端子；

② 屏内设备与直接接至小母线的元件（如附加电阻、熔断器或小断路器等）的连接；

表 4-13 电缆数字标号组

序 号	电 缆 起 止 点	电 缆 号
1	主控制室到汽机房	100 ~ 110
2	主控制室到 6 ~ 10kV 配电装置	111 ~ 115
3	主控制室到 35kV 配电装置	116 ~ 120
4	主控制室到 110kV 配电装置	121 ~ 125
5	主控制室到变压器	126 ~ 129
	其中:	
5.1	控制屏到变压器端子箱	126
5.2	控制屏到变压器调压装置	127
5.3	控制屏到变压器套管电流互感器	128
6	主控制室内屏间联系电缆	130 ~ 149
	其中:	
6.1	用于 6 ~ 10kV 母线保护屏	145
6.2	用于 35kV 母线保护屏	146
6.3	用于 110kV 母线保护屏	147
7	汽机间内联系电缆	150 ~ 159
8	35kV 配电装置内联系电缆	160 ~ 169
9	其他配电装置内联系电缆	170 ~ 179
10	110kV 配电装置内联系电缆	180 ~ 189
11	变压器处联系电缆	190 ~ 199

③ 各安装单位主要保护的电源应由端子排上接引保护的负电源则应在屏内设备元件间布置成环形，而环形的两端应接至端子排；

④ 同一屏上各安装单位之间的连接；

⑤ 为节约控制电缆，需要经本屏转接的回路等。

3) 由图可知，电流表 A 在控制屏上，有功表 Wh 和无功表 VARh 在计量屏上，中间继电器 1K、2K 在保护屏上，因此 A 的端子 N431、N432 在该屏端子排上，但是由于电流互感器的信号来自保护屏上，因此设 A431、C431 及 N432 并用电缆 130# 由保护屏引来，为了节约电缆再由此用电缆 132# 转接至计量屏上去。图中 1# ~ 4# 端子为交流回路，5# 空置备用。

4) 6# ~ 10#、15#、17#、20#、22#、35# 端子为接至屏顶小母线熔断器和电阻的端子，其中：

① 6# 端子接 701，控制屏上元件并不接至 701，信号继电器 KS 原本装在保护屏上，但保护屏上不设辅助母线 WAUX，这样 6# 端子引至屏顶经小开关 1SH 接至 +WAUX 上，然后再转接到保护屏上，KS 的触点一端也按图接在 701 上。

② 7~10#端子引至屏顶预告信号小母线 1~4WPS 上, 左侧接到光字牌 2~3HL 上。11#~14#端子为光字牌的回路, 编号 901、903、905、907, 虽 905、907 未用上但应引至端子排。

③ 15#~16#端子为事故音响信号回路端子, 编号 90 和 94, 电阻 R 和小母线 WFS 都在本屏屏顶, 而跳闸位置继电器 KM3 的触点在保护屏上, 因此要经端子排, 左侧接 SA。

④ 17#端经小开关 2QK 引至信号负电源 -WAUX 上, 编号 702、左侧接光字牌 1HL。利用 18#端子将 702 引至保护屏, 以便 KM3 触点接线。

⑤ 20#端子是接至闪光小母线 (+) WF 的编号 100, 左侧接 SA; 22#端子接控制正电源 +WCL, 左侧接 SA, 并经 23#端子引至保护屏, 保护屏也需要 +WCL。

⑥ 35#端子是接 -WCL 的, 编号 2, 左侧接 SA, 同样经 36#引至保护屏。

5) 6#、11#、12#、16#、18#、23#、25#~28#、30#、31#、33#、36#端子是引至保护屏的端子, 其中 6#、16#、18#、23#、36#已在 (4) 中转至保护屏。

① 11#端子编号 901 线是连接装在控制屏上的光字牌 HL 和装在保护屏上的 KS 的引出端子, 12#与 11#相同。

② 25#~28#端子分别接编号 3、11、13、33 线, 其中 25#端子 3#线是将保护屏上的中间继电器 KM1 的接点一端引入控制屏; 26#端子 11#线是把保护屏上的重合闸继电器 KRr 的端子④引入到控制屏; 27#端子 13#线和 28#端子 33#线是把保护屏上的中间继电器 KM2 的接点两端分别引入到控制屏, 同时 33#线也把其他的保护屏上的接点引入到控制屏。

③ 30#端子 J41#线是把 KRr 的端子⑧引入到控制屏上, 31#端子 J40#线把 KRr 的端子⑥引入到控制屏上。

④ 36#端子 2#线是把保护屏上的 KM3 接点的一端引入到控制屏上的 2FU 下端。

⑤ 5#、19#、24#、29#、32#、34#及 37#~39#端子为备用端子。前述端子可按组分开, 以便识别。

限于篇幅的关系, 有关 10kV 电容柜、10/0.4kV 变电室二次回路等内容, 读者可按前述的内容自行分析。这里需要特别指出的是, 对于复杂的线路, 尤其是二次回路, 读图时应先弄清元件本身的作用、功能和工作原理。如, 元件在什么条件下工作, 什么条件下不工作; 工作过程中, 条件变化了, 元件是何种状态, 非工作过程中, 条件变化了, 元件又是何种状态以及有无延时报警功能等。这样便要求读图时, 应备有元件手册, 以便及时查找或翻阅。

六、新型微机控制保护装置高压开关柜电路的识读

(一) KYN28A-12 (直流操作) 进出线开关柜

1) 图 4-124 是 KYN28A-12 (直流操作) 进出线柜二次原理图和接线图 (抽出式、继电器保护), 该图用电流互感器 2TA 采集系统电流信号, 并将其引入到电流继电器 KA 中去, 其中 1KA~3KA 为速断保护继电器, 当系统电流 (只要有一相) 突增到极限允许值时, KC 吸合, 立即发出信号, 信号继电器 1KS 动作, 光字牌显示速断信号, 同时 KC 动合触点 (1-03) 接通中间继电器 KCF 的回路, 使断路器 QF 分闸, 线闸 TQ 得电吸合, QF 分闸断开; 而 4KA~6KA 为过电流保护继电器, 当系统的电流达到过电流保护整定值时 (一般为额定电流的 1.3~1.5 倍), 时间继电器 1KT 吸合并开始延时, 当整定时间达到时, 1KT (1-07) 接通 2KS, 光字牌显示过电流信号, 同时 1KT 接通 KCF 的回路, 使断路器分闸。

这里要注意的是，KCF 是一种既具有电流线圈、又具有电压线圈的中间继电器，也称防跳继电器。（该电路点划线框内是断路器自身的电路，断路器用转换开关 SA 控制，可手动合闸、分闸。）

2) 图 4-125 是 KYN28A-12（交直流操作）进出线柜二次回路原理图（抽出式，综合微机保护）。图 4-124 和图 4-125 是两个功能完全相同的图样，但是图 4-125 却简单了许多，该图微机保护装置 ZWB 代替了复杂的继电器保护系统。

该图同样用电流互感器 2TA 采集电流信号，并引入到 ZWB，这里一定要注意 ZWB 虽然是微机保护装置，但能接收或输出强电信号（0~5A 电流信号），然后将其进行模/数（A/D）转换变成微机能接收和识别的数字信号，引入到计算和程序系统，按设定的程序再发出相应的信号。

这里一定要注意，综合微机保护装置是专门为该柜研制的继电保护装置，它是以计算机技术为主的，同时又设置了一些与继电器功能相同的强电装置，包括以模块为主的微型继电器和触点。该装置的抗干扰性能有很多，实践证明，在应用中还未发现过控制和继保方面的缺陷。

在读图时不要刻意去追寻它本身的构造和原理，因为这些知识用几本书是难以讲清楚的，有兴趣的读者应去阅读计算机原理结构及其在电力系统中应用方面的书籍，同样会找到答案的，但学习起来要比继电器保护复杂几百倍。这就是技术的一种进步，形式上简单了，功能上增加了，但原理上结构则更为复杂了。

图 4-125 中，ZWB 的 X2-7 和 X2-8 的 HJ 动合触点便是微机保护装置的合闸触点，可以遥控，而 ZWB 的 X2-9 和 X2-10 的 TJ 动合触点便是微机保护装置的分闸触点，可以遥控、也可在过流时自动切断断路器。同时，ZWB 设置了开关量输入触点，以确定断路器的位置（合或分）、手车工作位置（推进或推出）、手车试验位置（工作或试验）等。

图 4-125 同样应用了 KCF（双线图防跳继电器），其内容与图 4-124 相同。

有一个不同点，就是该图有一个电压回路，ZWB 接收电压信号，小母线电压信号经熔断器 3~5FU 接入到 ZWB 的 X2-1、X2-2、X2-3、X2-4 触点，这些信号同样要进行模/数（A/D）转换，引入到计算和程序系统，按设定的程序再发出相应的信号。

其他内容读者可沿用这样的分析方法去进行分析和解读。

（二）KYN28-12（直流操作）隔离联络柜

1) 图 4-126 是 KYN28A-12（直流操作、继电器）隔离联络柜（继电器保护）二次原理图。隔离联络柜是串联在同等电压两段母线之间以备其中一段母线由于停电、负荷过重或其他情况下另一段母线自动投入以保证故障段母线各路负载或重要负载正常工作的开关柜，它的工作状态可以是断开的也可以是闭合的，但其中一段母线出现故障时必须是闭合的。

图 4-126 与图 4-124 有很多相似之处，不同的是它只设置了过电流保护（1KA~3KA），有一相过载则经过时间继电器 KT 延时后分闸；该电路设置了重合闸继电器 KRr 和后加速继电器 KCC，用来解决由于两段母线出现短路故障时断路器 QF 的分闸。该图同样由转换开关 SA 进行主操作，点划线内为 QF 的内部线路。

2) 图 4-127 是 KYN28A-12（交直流操作微机、综合保护）隔离联络柜（微机综合保护装置）二次原理，与图 4-126 相比已简化了很多，而与图 4-125 则有很多相似之处，读者可自行分析解读。高科技产品帮助人们把复杂的继电器继保系统变得简单了。

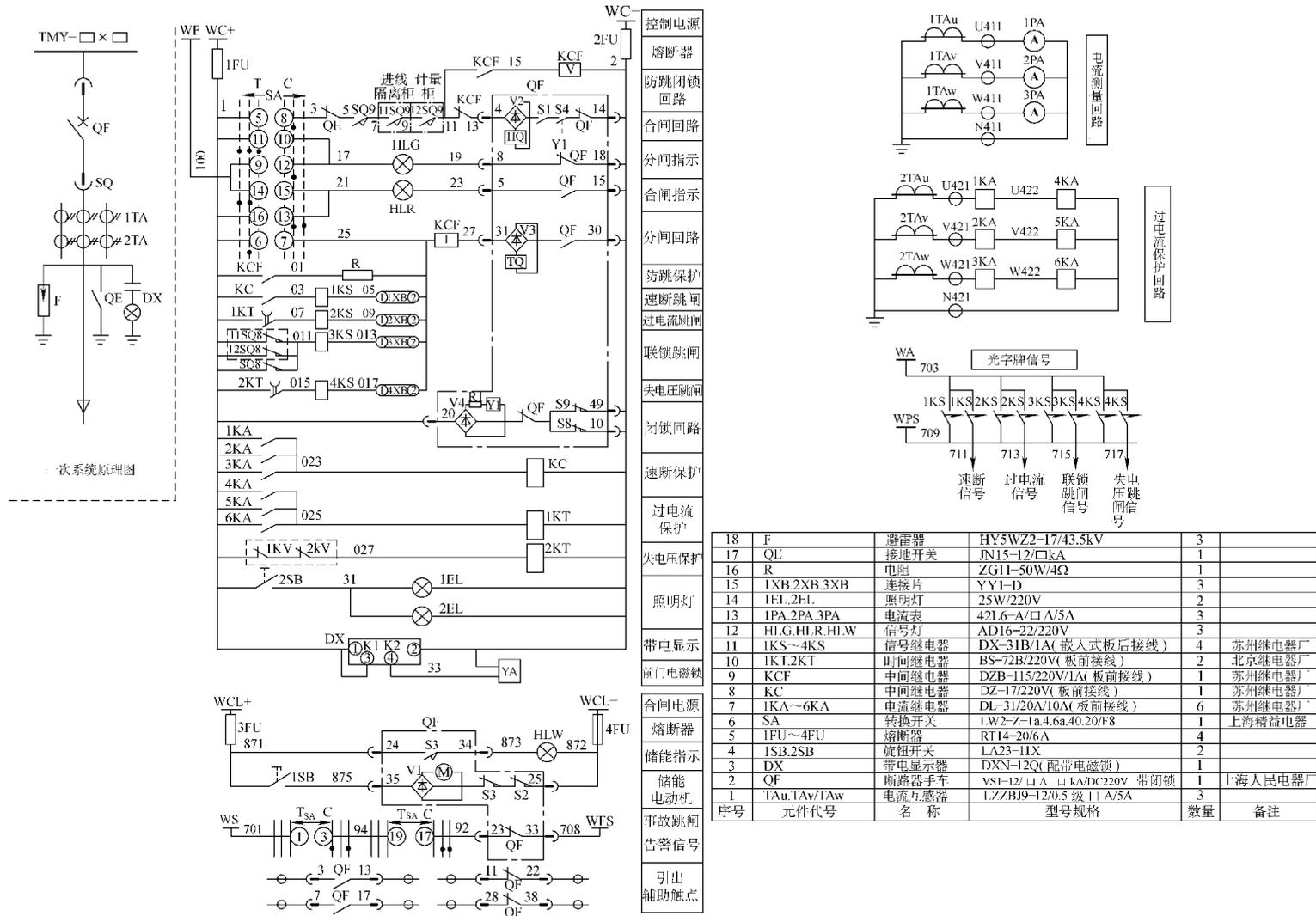


图 4-124 KYN28A-12(直流操作)进出线柜二次原理图和接线图(抽出式、继电器保护)

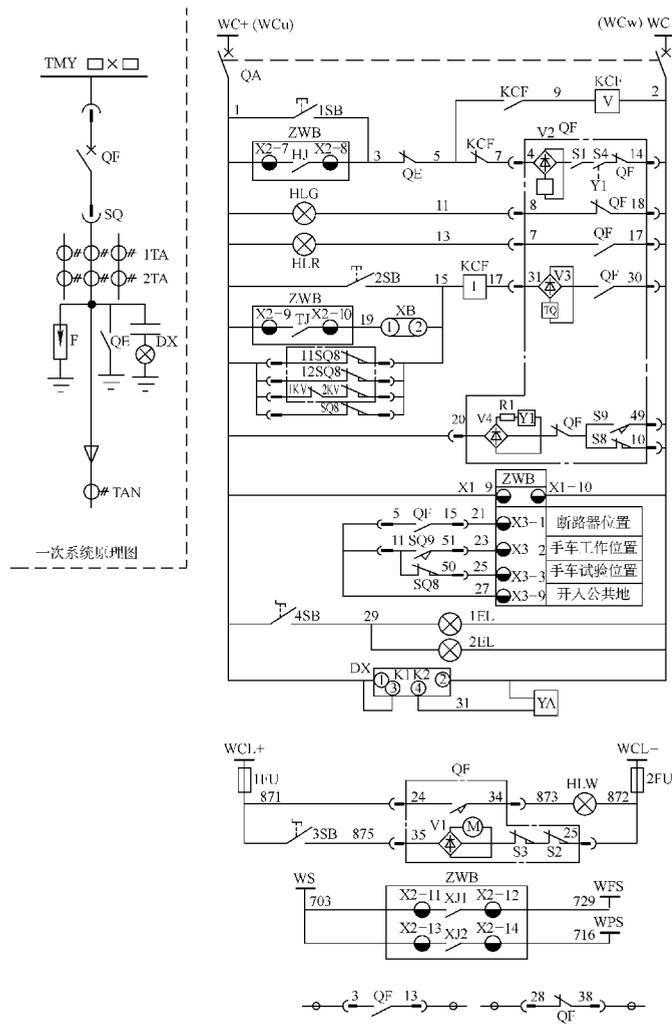
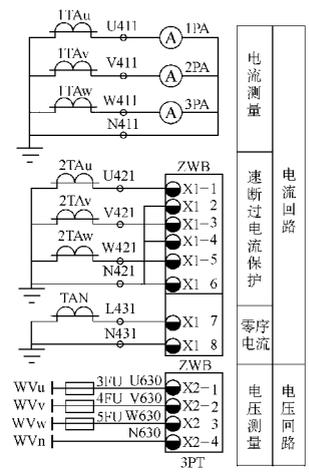


图 4-125 KYN28A-12(交直流操作)进出线柜二次回路原理图(抽出式、综合微机保护)

控制电源
控制开关
防跳闭锁
手动合闸
保护合闸
分闸指示
合闸指示
手动分闸
保护分闸
联锁跳闸
闭锁回路
继电器装置输入电源
开关量输入
照明灯
带电显示
前门电磁锁
合闸电源
熔断器
储能指示
储能电动机
事故跳闸信号
异常告警信号
引出辅助触点



电流测量
速断过电流保护
零序电流
电压测量
电压回路

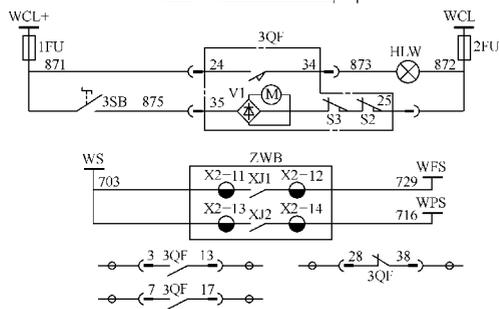
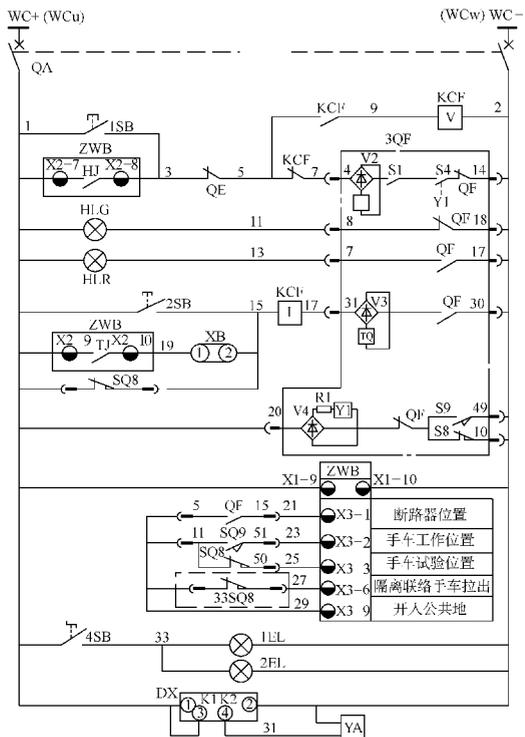
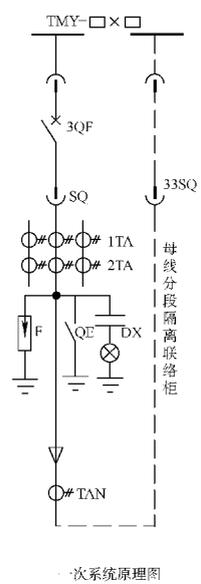
技术要求

1. 元器件的选用和安装应符合设计和标准要求。
2. 电流回路采用 2.5mm² 铜芯绝缘导线。
3. 电压回路采用 1.5mm² 铜芯绝缘导线。
4. 布线要横平竖直，线束扎紧无益导线，端头压紧牢固，元件代号标识清楚粘贴牢固。

注明：

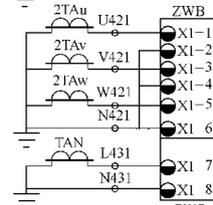
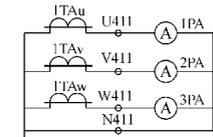
1. 接地开关要根据用户需求来设置，如不要，将二次原理号 3 与 5 短接。
2. 本二次方案也适用于其他各种类型移开式的进线柜。
3. 避雷器是否安装，可根据用户的需求来确定。
4. 零序电流保护可根据用户需求来确定，如不要，可将二次零保回路删除。

15	QA	控制开关	C45N 32/2P 10A	1	
14	TAN	零序电流互感器	LZX-Φ120□A/5A	1	
13	F	熔断器	HYSWZ2-1743.5kV	3	
12	QF	接地开关	JN15-12□kA	1	
11	XB	插接片	YY1-D	1	
10	1EL, 2EL	照明灯	25W/220V	2	
9	1PA, 2PA, 3PA	电流表	42L6-A/□A/5A	3	
8	HLR, HLG, HLW	信号灯	AD16-22/220V	3	
7	KCF	防跳继电器	DZB 115/220V/1A (板前接线)	3	苏州昆山厂
6	ZWB	综合微机保护装置	YZ300-CX	1	西安西研公司
5	1FU~5FU	熔断器	RT14-20/6A	5	
4	1SB~4SB	按钮、旋钮开关	LA23 11(2只), LA23-11X(2只)	4	
3	DX	带电显示器	DXN-12□□(配带电磁锁)	1	
2	QF	断路器手车	VSI-12□□-□kA/220V(带闭锁)	1	上海人民电
1	TAu, TAv, TAw	电流互感器	LZZBJ9 12/0.5级□A/5A	3	
序号	元件代号	名称	型号规格	数量	备注



- 控制电源
- 控制开关
- 防跳闭锁
- 手动分闸
- 保护分闸
- 分闸指示
- 合闸指示
- 手动分闸
- 保护分闸
- 联锁跳闸
- 闭锁回路
- 继保装置输入电源
- 开关量输入
- 照明灯
- 带电显示
- 前门电磁锁

- 合闸电源
- 储能指示
- 储能电动机
- 事故跳闸信号
- 异常告警信号
- 引出辅助触点



电流测量	速断过电流保护	电流回路
	零序电流	电压回路

- 技术要求
1. 元器件的选用和安装应符合设计和标准要求。
 2. 电压回路采用 2.5mm² 铜芯绝缘导线。
 3. 电压回路采用 1.5mm² 铜芯绝缘导线。
 4. 布线要横平竖直, 线束扎紧无益(俊)线, 端头压紧牢固, 元件代号标识清楚粘贴牢固。
- 注明:
1. 接地开关要根据用户需求来设置, 如不要, 将二次原理号 3 与 5 短接。
 2. 本二次方案也适用于其他各种类型移开式的母线分段联络柜。
 3. 避雷器是否安装, 可根据用户的需求来确定。
 4. 零序电流保护可根据用户需求来确定, 如不要, 可将二次零保回路删除。

序号	元件代号	名称	型号规格	数量	备注
15	QA	控制开关	C45N-32/2P-10A	1	
14	TAN	零序电流互感器	LZX Φ120□A/5A	1	
13	F	避雷器	HY5WZ2 17/43.5kV	3	
12	QE	接地开关	JN15-12□kA	1	
11	XB	连接片	YY1-D	1	
10	1EL, 2EL	照明灯	25W/220V	2	
9	1PA, 2PA, 3PA	电流表	42L6-A□A/5A	3	
8	HLR, HLG, HLW	信号灯	AD16 22/220V	3	
7	KCF	防跳继电器	DZB-115/220V/1A (板前接线)	3	浙江德力西
6	ZWB	综合微机保护装置	YZ300 MF	1	浙江德力西
5	1FU~5FU	熔断器	RT14 20/6A	5	
4	1SB~4SB	按钮、旋钮开关	LA23-11(2只) LA23-11X(2只)	4	
3	DX	带电显示器	DXN-12□(配带电磁锁)	1	
2	3QF	断路器手车	VSI-12□A-□kA/220V(带闭锁)	1	上海人民电器
1	1TA, 1AV, 1AW	电流互感器	1ZZB□9-12/0.5级□A/5A	3	

图 4-127 KYN28A-12(交直流操作微机、综合保护)隔离联络柜(微机综合保护装置)二次原理图

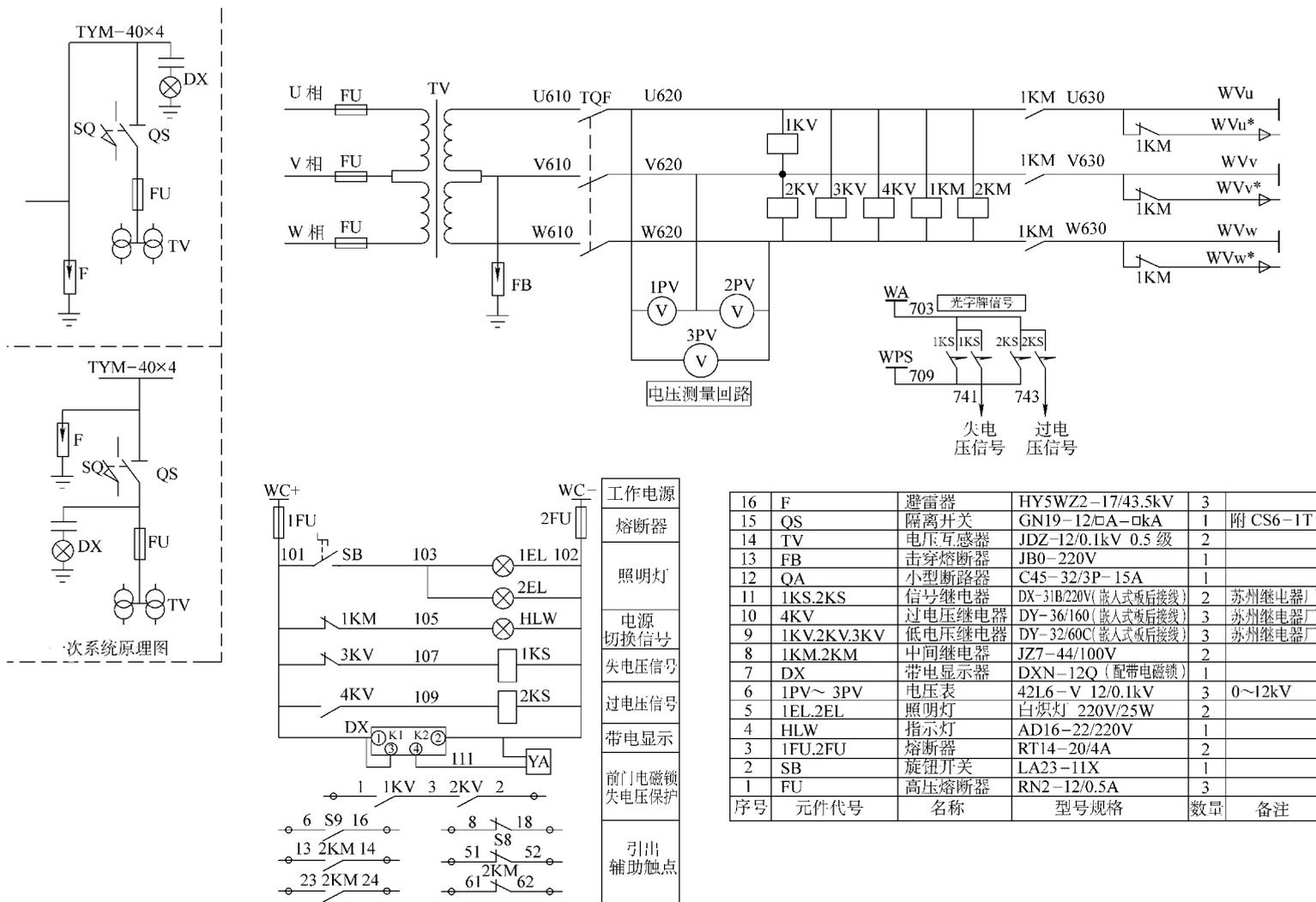


图 4-128 GG1A-12F(直流操作、继电器)电压互感器、避雷器柜二次原理图(固定式)

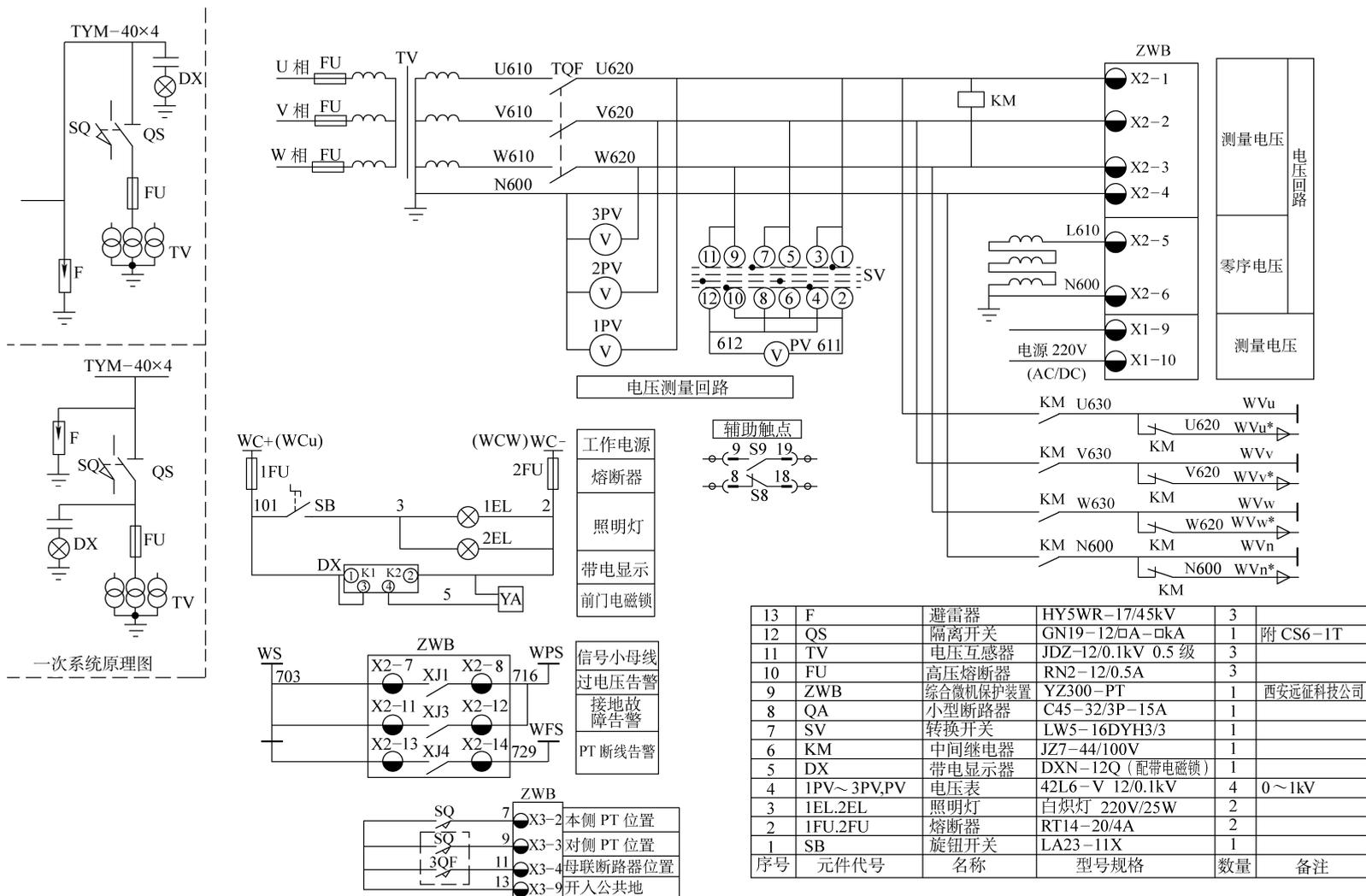


图 4-129 GG1A-12F (交直流操作、微机综合保护) 电压互感器、避雷器柜二次原理图 (固定式)

(三) GG1A - 12F (直流操作) 避雷柜

1) 图 4-128 是 GG1A - 12F (直流操作、继电器) 电流互感器、避雷器柜二次原理图, 是最常用的为系统提供电压信号的柜, 并将其引至电压小母线上 (WV), 系统中的电压信号、低压交流电源都是这里引接的, 在前述内容中已有详尽说明。同时在母线上设置避雷器。

2) 图 4-129 是与图 4-128 相同的避雷柜, 型号是 GG1A - 12F (交直流操作、微机综合保护), 不同的是采用了微机综合保护装置, 代替了继电器, 再是采用了三组电压互感器, 其中一组是零序电压互感器。

由图可知, 电流互感器经过断路器 TQF 引入到微机综合保护装置 ZWB, ZWB 同时接收零序电流互感器的信号, 并将电压小母线 (WV) 经中间继电器 KM 接引到电压互感器上, 作为系统的控制电源。

ZWB 输出过电压告警信号、接地故障告警信号, 电压互感器断线信号, 并确定电压互感器、母线断路器的信号, 供运行人员参考。

七、自动化仪表及自动装置线路图的识读

工业锅炉房自动化仪表及自动装置通常称为热工仪表, 主要包括温度、压力、流量、水位的测量及汽包水位自动调节、与电动机联锁、各类仪表接线等。此外, 还有除氧给水系统的仪表及电缆清册等。工业锅炉房的仪表装置很复杂, 也是一个难点, 它与电动机的联锁构成了锅炉房内复杂的控制系统。

(一) 热工测量控制系统图及仪表导管电缆连接图

热工测量控制系统和导管电缆连接图是热工测量中最重要的图样, 它给出了测量参数、仪表型式、安装位置、控制方式、管线缆型号规格、调节方式、工艺流程等重要数据。

1) 图 4-130 是锅炉房常用仪表及自动装置图例, 由图可以看出, 一般仪表均用一个圆

	热电偶		就地安装液位变送器
	热电阻		盘上安装带高、低信号液位记录表
	流量孔板		盘上安装信号灯、控制开关有联锁
	盘上安装电压指示表		盘上安装电流表、信号灯开关有联锁
	盘上安装温度指示表		盘上安装电流表控制设备
	盘上安装温度切换开关		电动调整门
	盘上安装带高信号温度指示表		电动调整挡板
	就地安装压力指示表		盘上安装信号灯控制按钮
	盘上安装压力指示表		盘上安装控制开关有联锁
	盘上安装带高信号压力指示表		盘上安装控制按钮报警
	就地安装流量变送器		盘上安装信号灯控制按钮报警
	盘上安装流量记录表		就地安装 (低读) 液位指示表

图 4-130 工业锅炉房常用仪表及自动装置图例

表示,其中在盘上安装的仪表均用 \ominus 表示,而在现场安装的仪表只用一个 \bigcirc 表示,并且用英文字母来表示仪表的用途,如,E表示电压或电源或元件,T表示温度(有时表示变送器)、P表示压力、F表示流量、L表示液(物)位、R表示记录、Q表示积算、A表示报警、S表示开关或按钮、I表示指示、C表示调节、H表示高、L表示低,M表示电动等。一般用这些字母的组合表示仪表或装置的功能,详见第3章第2节。

2) 图4-131是锅炉正面的热工测量控制系统图,图4-132是锅炉平面的热工测量控制系统图,图4-133是锅炉热工仪表导管电缆连接图,由图可以知道以下内容:

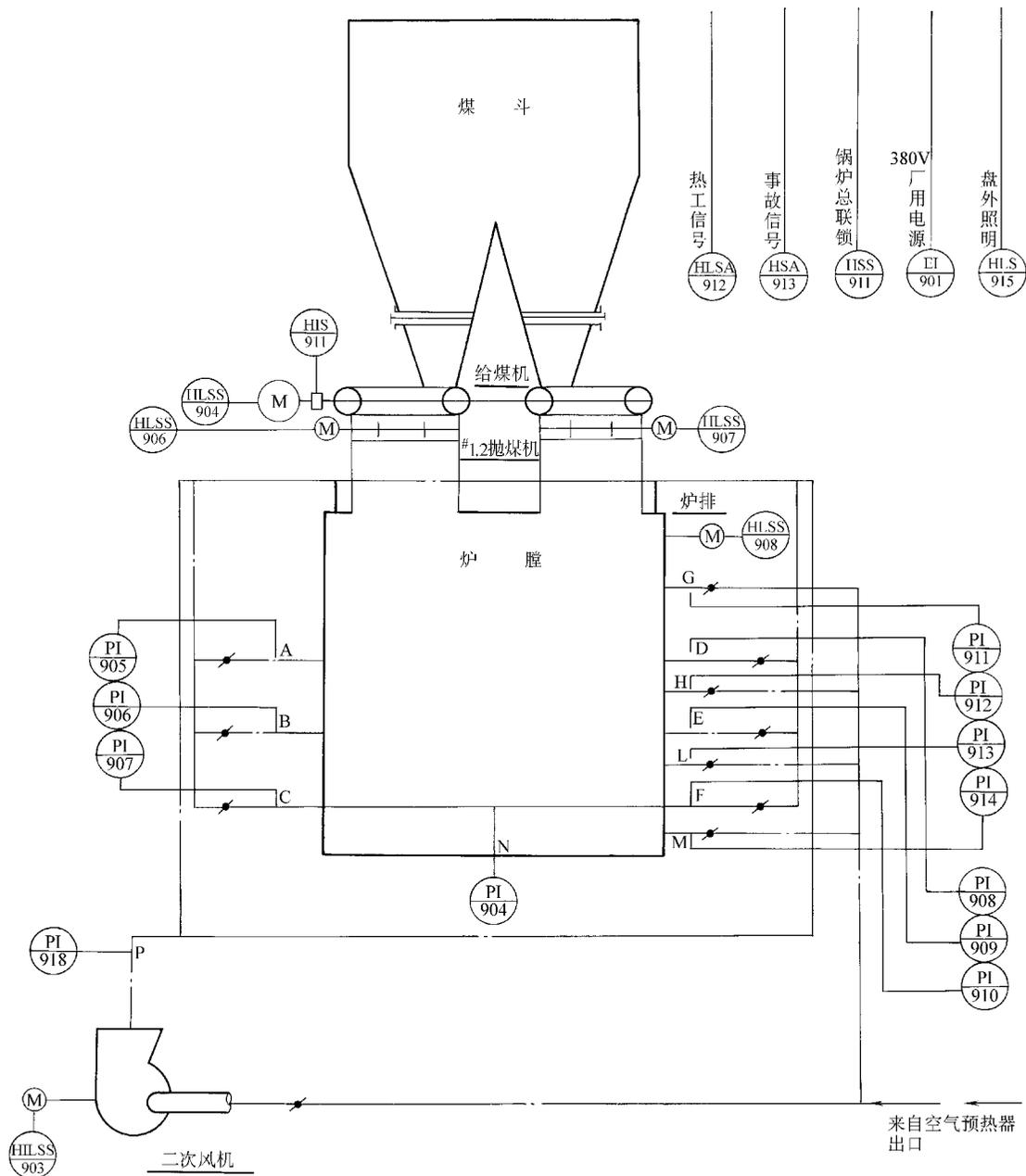


图 4-131 某工业锅炉正面热工测量控制系统图 (正面)

① 温度的测量有 4 个点

a. 主蒸汽温度的测量, 测量元件为热电偶, 热电偶编号 TE-902-1, 用补偿导线接至冷端补偿器 WPRB 上, 然后用控制电缆 KVV 将信号引至锅炉控制盘 (简称控制盘) 上的 $\text{TIA}_{902}^{\text{H}}$ 即带高信号报警的温度指示仪表上 (动圈指示仪)。其中, WPRB 的 ~220V 电源由控制电缆引入 (A63、N63), WPRB 和热电偶为就地现场安装, 热电偶的安装位置于主蒸汽管道出口后的水平直管段上, 见图 4-132 中的 A 点。

b. 给水温度的测量, 测量元件为热电阻, 编号 TE-901-1, 用塑铜线接至接线盒 WPX-12 上, 然后用控制电缆将信号引至控制盘上的 TI_{901} 即温度指示表上, 这个仪表是用切换开关控制制的, 切换开关为 TS_{901} 。热电阻和接线盒就地安装, 其中热电阻安装位置于给水进口孔板之后的直管段上, 见图 4-132 中的 B 点。

c. 烟道尾部烟气温度的测量, 测量元件为热电阻, 编号 TE-901-2, 其他与 b. 中给水温度的测量相同, 并与其共用一个切换开关, 共用一只温度指示仪表, 安装位置为烟道尾部, 见图 4-132 中的 C 点。

d. 空气预热出口风道空气温度的测量, 测量元件热电阻, 编号 TE-901-3, 其他与 c. 中烟气温度测量相同, 安装位置见图 4-132 中的 D 点。

② 流量的测量有两个点

a. 主蒸汽管道中蒸汽流量的测量, 测量元件为孔板——|——, 用导压管与冷凝器连接, 经阀门组用导压管引至流量变送器 FT_{902} , 流量变送器现场就地安装, 变送器输出的电信号用 BVV 铜塑线接至接线盒 WPX-12, 然而用控制电缆引至控制盘上的记录仪 FR_{901} 上并引至调节器。其中导压管为 10# 钢 $\phi 14$ 无缝管。为了保证测量的精度, 变送器放置于保温箱中, 保温箱由供电箱供电。变送器的电源是由控制盘经控制电缆得到的, 见 WPX-12 中的 FR901 A63 和 FR901 N63, 电压 220V, FR902-B1 和 FR902-B2 为变送器输出的信号线。孔板的安装位置应于水平直管段上, 见图 4-132 中的 E 点。

b. 给水管道中给水流量的测量, 测量元件为孔板, 其他与 D 中蒸汽流量测量相同, 变送器共用一个保温箱, 孔板安装位置于给水进口水平直管段上, 见图 4-132 中的 F 点。

③ 锅筒水位的测量只有一点, 直接将水位信号 (差压) 用导压管经平衡容器和阀门组引至液位变送器 LI_{901} , 变送器与流量变送器供同一个保温箱, 其他基本同流量变送器。变送器的输出信号用电缆引至控制盘上的有高低信号报警的液位记录仪 $\text{LRA}_{901}^{\text{H}}$ 上并引至调节器上。锅筒水位信号、给水流量信号和蒸汽流量信号引至调节器后构成了三冲量水位自动调节系统, 这是工业锅炉一个重要的调节方式。安装位置见图 4-132 锅筒两端, 另一端的变送器 LI_{902} 的设置是为了现场观察水位的, 直接用导压管引至现场的低读水位表。

④ 压力的测量有三个部分, 这就是给水压力、锅筒蒸汽压力和主蒸汽管道压力。压力的测量均用导压管经阀和环形管引至控制盘上的压力指示仪表, 其中主蒸汽管道的压力为带高位信号的压力表 $\text{PIA}_{902}^{\text{H}}$, 取压点位于主蒸汽管道温度测量点 A 和流量测量点 E 之间, 见

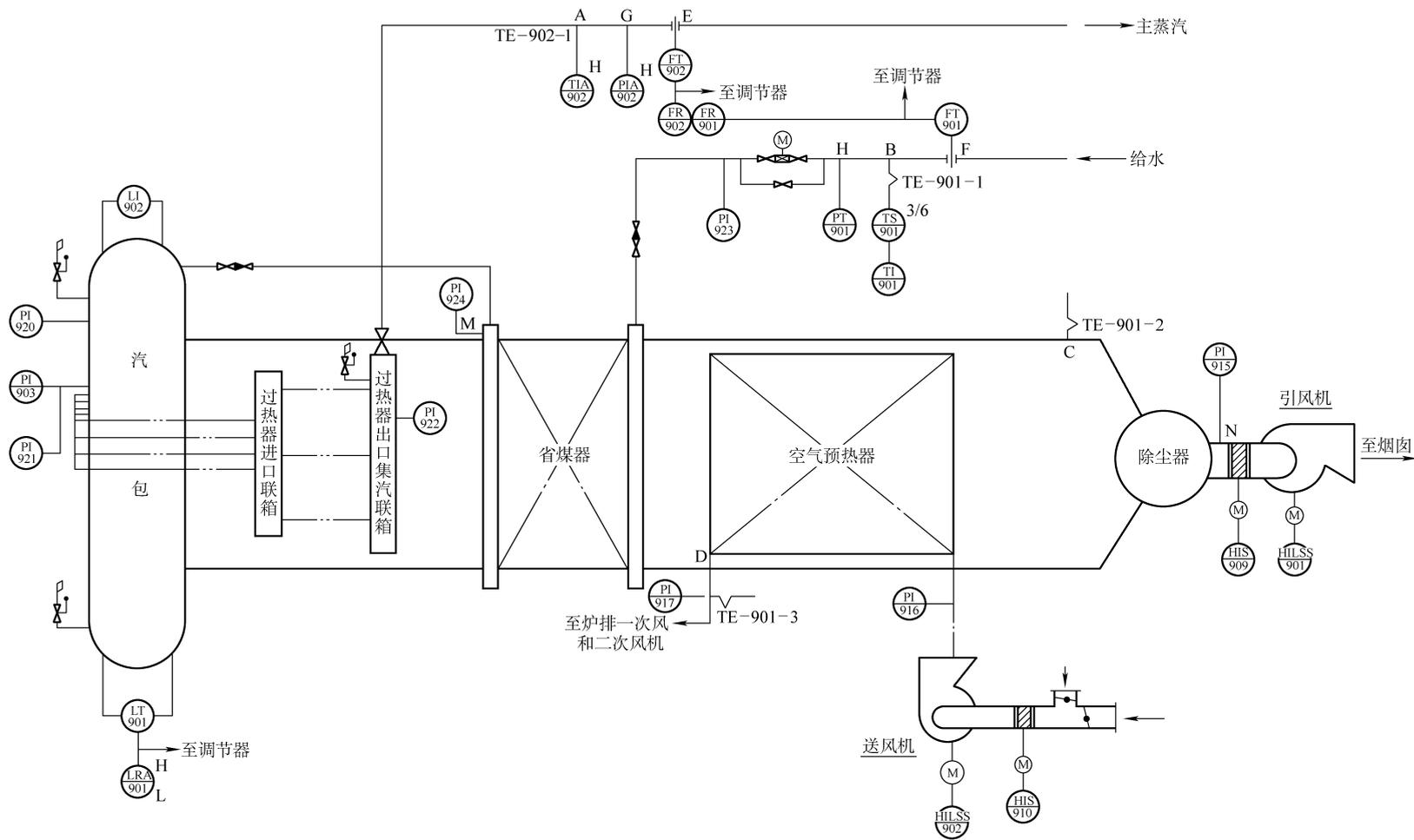


图 4-132 某工业锅炉平面热工测量控制系统图 (平面)

图 4-132 的 G 点。给水压力测量的取压点位于给水管道电动调整门的前端（进水端），是图 4-132 中的 H 点，同时其后端（出水端）安装就地压力表 PI_{923} 。而锅筒的蒸汽压力取压点设在锅筒的中部，同时设置了两块就地测量压力的仪表 PI_{920} 和 PI_{921} ，见图 4-132 中的锅筒。此外，在过热器出口集气联箱上设就地压力表 PI_{922} 一块，在省煤器上设就地压力表 PI_{924} 一块，见图 4-132 的 Z、M 点。

⑤ 二次风压的测量共有 6 个点，均为用导压管直接引至控制盘上的压力表上，其中取压点见图 4-131 中的 A、B、C、D、E、F 点。

⑥ 炉排一次风压的测量点共有 4 个点，用导压管直接引至控制盘上的压力表上，取压点见图 4-131 的 G、H、L、M 点。

⑦ 负压的测量共有两个点

a. 除尘器前烟道负压的测量，用导压管直接引至控制盘上的压力表上，取压点见图 4-132 的 N 点。

b. 炉堂负压的测量，用导压管直接引至控制盘上的压力表上，取压点见图 4-131 的 N 点。

⑧ 风压的测量共有三个点，均由导压管直接引至控制盘上的压力表上，其中空气预热器入口风压取样点见图 4-132 的送风机出口 PI_{916} ，空气预热器出口风压取样点见图 4-132 的 D 点 PI_{917} ，二次风机出口风压取样点见图 4-131 的 P 点 PI_{918} 。

⑨ 蒸汽流量、给水流量、锅筒水位三个参量经一个调节器进行自动调节，随时根据蒸汽流量的大小和锅筒水位的高低自动调节给水的流量，给水总阀门为电动调整门并受调节器的控制。

⑩ 送风机设有连锁的转换开关，手动操作并设电流表和信号灯监视，见图 4-132 送风机的标注 HILSS_{902} ，这个功能在实际中是由三个元件完成的，即转换开关、电流表和指示灯。送风机入口的挡板设电动调整挡板，设按钮操作，电流表监视，见图 4-132 送风机的标注 HIS_{910} 。

⑪ 引风机控制的设置与送风机相同，见图 4-132 的标注 HILSS_{901} 和 HIS_{909} 。

⑫ 二次风机控制的设置有连锁的转换开关，手动操作并设电流表和信号灯监视，见图 4-131 二次风机的标注 HILSS_{903} ，二次风机不设电动挡板。

⑬ 炉排控制的设置有连锁的按钮开关和信号灯监视，手动操作换速。

⑭ 给煤机控制的设置有连锁的转换开关，手动操作并设信号灯监视，见图 4-131 给煤机的标注 HILSS_{904} ，同时给煤机速度的控制由控制器完成，见图 4-131 的标注 HIS_{911} ，由手动控制。

⑮ 抛煤机由两台电动机拖动，分别设置有连锁的转换开关控制并设有信号灯监视，手动控制，见图 4-131 的标注 HILSS_{906} 和 HILSS_{907} 。

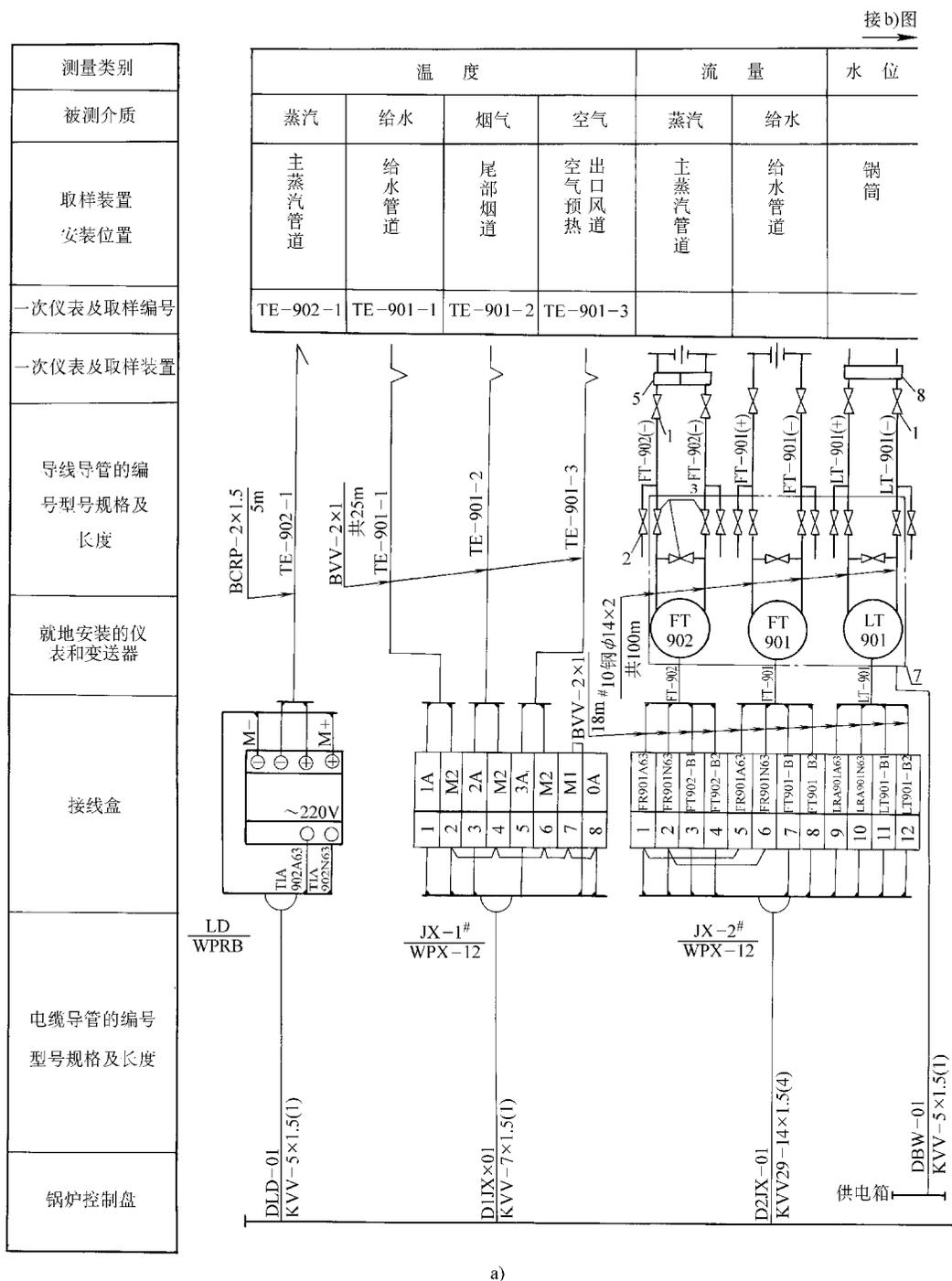


图 4-133 某工业锅炉热工仪表导管电缆连接图

接 a) 图

压 力			风 压					
给 水	饱和蒸汽	蒸 汽	二 次 风					
调整 管道 门前	锅 筒	主 蒸 汽 管	左 侧 第 一 点 二 次 风	左 侧 第 二 点 二 次 风	左 侧 第 三 点 二 次 风	右 侧 第 一 点 二 次 风	右 侧 第 二 点 二 次 风	右 侧 第 三 点 二 次 风

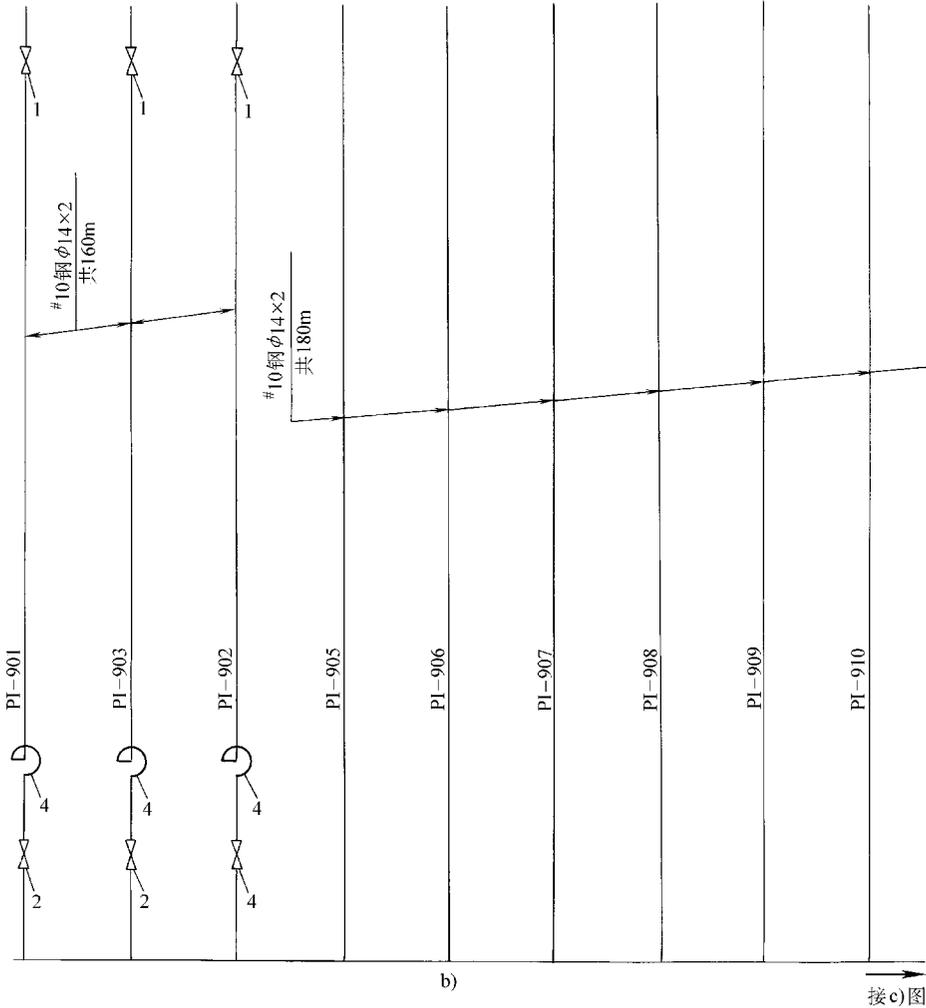


图 4-133 某工业锅炉热工仪表导

接b)图

风 压				负压	风 压			负压	水位
一次风				烟气	空 气				
炉排一次风 第一点	炉排一次风 第二点	炉排一次风 第三点	炉排一次风 第四点	除尘器前 烟道	送风道 风机出口	空气预热器 出口风道	二次风道 风机出	炉膛	锅筒



c)

管电缆连接图 (续)

(二) 锅炉控制盘正面元件布置图

图 4-134 是锅炉房热工仪表控制盘正面元件布置及柜体尺寸图，它给出了仪表及元件的

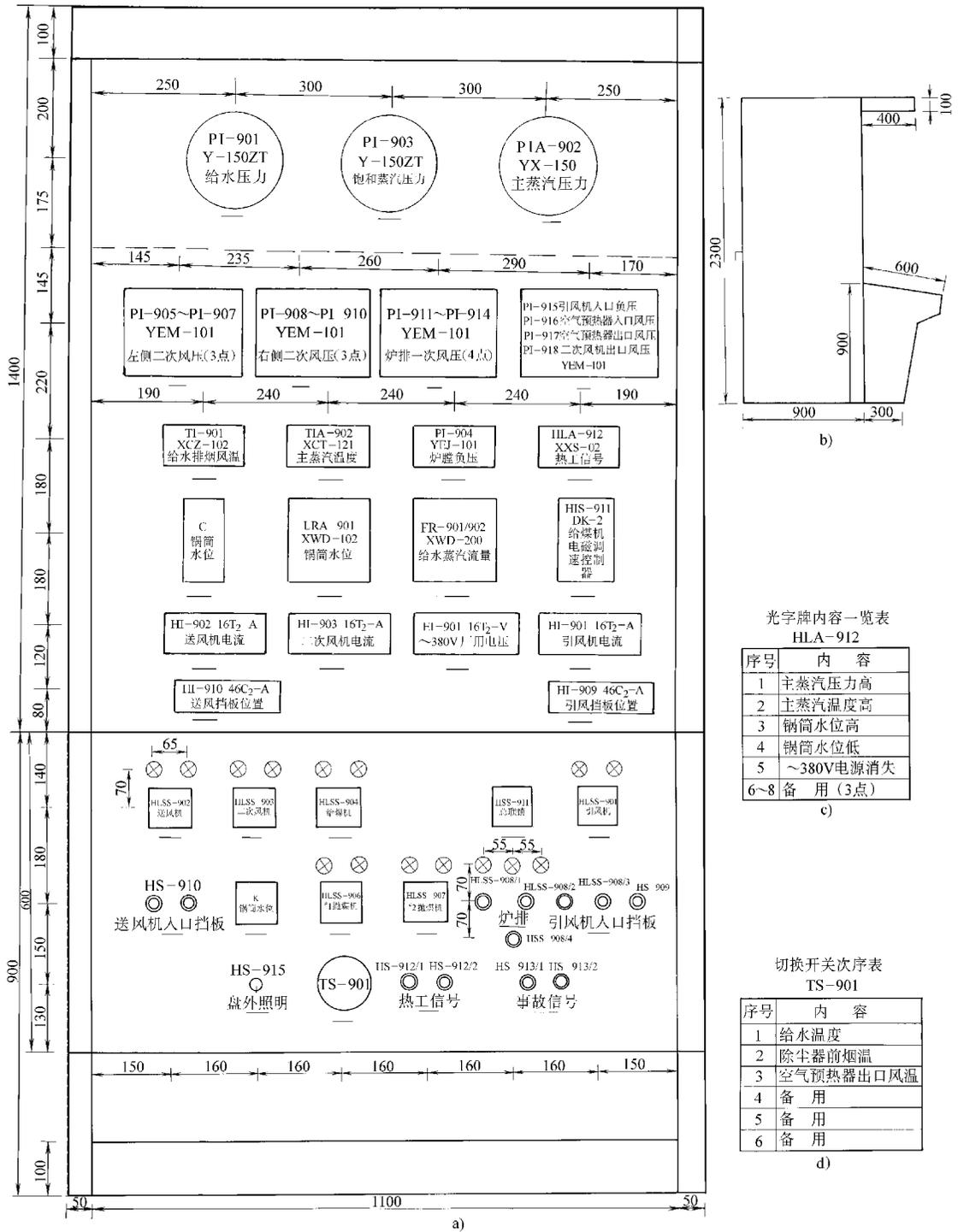


图 4-134 锅炉控制盘正面元件布置及柜体尺寸图

a) 正视图 b) 侧视图 c) 光字牌内容一览表 d) 切换开关次序表

规格型号及其控制单元的组合情况,读者可根据图 4-134 和表 4-14 分析上述内容,同时由图我们可知以下内容。

表 4-14 图 4-134 设备元件表 (仅供参考)

编号	名称	型式规格	数量	备注
PI-901	弹簧管压力表	Y-150ZT 0~4MPa	1	
PI-903	弹簧管压力表	Y-150ZT 0~2.5MPa	1	
PIA-902	电接点压力表	YX-150 0~2.5MPa	1	
PI-905-PI-907 PI-908-PI-910	集装式压力指示表	YEM-101 0~8kPa	2	3 台装
PI-911-PI-914	集装式压力指示表	YEM-101 0~4kPa	1	4 台装
PI-915-PI-918	集装式压力指示表	YEM-101PI-915-4~0kPa PI-916,917;0~4kPa, PI-918;0~8kPa	1	4 台装
LRA-901	小型长图平衡记录仪	XWD-102 0~10mA 0~2.5kPa	1	
FR-901/902	小型长图平衡记录仪	XWD-200 0~10mA 0~25t/h	1	
TI-901	动圈式温度指示仪	XCZ-102 0~300℃ BA2	1	
TIA-902	动圈式温度指示调节仪	XCT-121 0~400℃ EA-2	1	
PI-904	矩形膜盒压力表	YEJ-101 -3~+3kPa	1	
TS-901	切换开关	FK-6 切换六点	1	
C	比例积分调节器	DTL-231 0~10mA 四通道	1	
K	操作器	DFD-05 0~10mA	1	
HLA-912	闪光信号报警器	XXS-02	1	
	标志框		36	
HIS-911	控制器	DK-2	1	锅炉厂供
HSS-911	转换开关	LW5-P 1587/5	1	
HLSS-901~ 904,906~907	转换开关	LW5-15 B4815/5	6	
HI-909 HI-910	电流表	46C2-A 0~10mA 0~100%	2	
HI-901	电流表	16T2-A 300/5A	1	
HI-902	电流表	16T2-A 150/5A	1	
HI-903	电流表	16T2-A 75/5A	1	
EI-901	电压表	16T2-V 0~450V 380/100V	1	
HSS-908/4 HLSS-908/1,2,3	按钮	LA18-22 红、绿、白色	各 1	其中 1 个 HSS-908/4 为黑色按钮
HLS-909 HLS-910	按钮	LA18-22 红、绿色	各 2	
HS-912/1,2 HS-913/1,2	按钮	LA18-22 红、绿色	各 2	热工事故信号试验及解除
HS-915	钮子开关	KN3-A/1Z1D 单刀单掷	1	
	信号灯	XD5 红色、绿色	各 6	附 2.2kΩ 电阻灯泡 12V12W
	信号灯	XD5 蓝、黄、白色(控制炉排用)	各 1	
	电铃	~220V 75mm	1	
	蜂鸣器	DDZ1 --- 220V	1	
	荧光灯	~220V 100W 带灯具	2	用作盘外照明

1) 主蒸汽管道的温度测量信号经控制电缆 KVV-5 × 1.5 由冷端补偿器接至控制盘上主蒸汽温度仪表 XCT-121 上, 该表是动圈调节指示仪, 可高位报警, 测量范围 0 ~ 400℃, 分度号 EA-2, 与热电偶配套。

2) 给水管道给水温度测量信号、尾部烟道烟气温度信号、空气预热出口风道空气温度信号同时经控制电缆 KVV-7 × 1.5 由 1[#]接线盒接至控制盘上 TS-901 切换开关上, 型号 FK-6, 而后再接至温度仪表 XCZ-102 上, 该表是动圈指示仪, 测量范围 0 ~ 300℃, 分度号 BA2, 与热电阻配套。

3) 主管蒸汽道蒸汽流量、给水管道给流量和锅筒水位的测量信号经控制电缆 KVV29-14 × 1.5 由 2[#]接线盒引至控制盘上分别接至盘上的小型长图平衡记录仪 XWD-200、XWD-102 和锅筒水位调节器 DTL-231 上, 进行流量的记录、水位的记录和三冲量的比例积分调节(三冲量指蒸汽流量、给水流量和锅筒水位)。其中 XWD-200 是双笔记录仪, 可同时记录两个参数, 信号 0 ~ 20mA, 流量 0 ~ 25t/h; XWD-102 为单笔, 信号 0 ~ 10mA, 记录锅筒水位并设有高低水位报警。DTL-231 为比例积分调节器, 信号 0 ~ 10mA, 可进行 4 个参数的调节, 同时设 DFD-05 操作器一只。

4) 给水压力、锅筒蒸汽压力和主管道蒸汽压力由取样点经导压管分别直接引至盘上的压力表 Y-150ZT0 ~ 4MPa、Y-150ZT0 ~ 2.5MPa 和 YX-150 0 ~ 2.5MPa 上, 其中 Y-150ZT 为普通弹簧管压力表, 而 YX-150 为电接点压力表, 设有高位报警功能。

5) 风压和负压的测量信号均由取样点经导压管分别直接接至盘上的集装式压力指示仪表上, 其中二次风按左右用两块表、炉排一次风用一块表、空气出口风压和烟气负压共用一块表。集装式压力指示仪表型号 YEM-101, 是几块压力表装设在一起的压力测量装置, 其规格见表 4-14。

6) 炉膛负压的测量由取样点经导压管直接引至盘上的 YEJ-101 膜盒式压力表上, 规格 -3 ~ +3kPa。

7) 送风机电机的控制由 16T2-A、信号灯 XD₅ 和转换开关 LW5-15 B4815/5 组成, 电动调整挡板的控制由按钮 LA18-22 和电流表 46C₂-A 组成, 其中电流表 46C₂-A 是 0 ~ 10mA, 用 0 ~ 100% 来表示挡板的开度。

8) 引风机电机及其电动挡板与送风机相同, 其中电流表 16T2-A 为主机电流, 需配互感器。

9) 二次风机电机的控制与送风机相同。

10) 炉排电动机的控制由按钮 LA18-22 和信号灯 XD₅ 组成。

11) 给煤机电动的控制由转换开关 LW5-15、B4815/5、信号灯及控制器 DK-2 组成, 其中 DK-2 控制其转速, 是与电磁调速电动机配套的。

12) 抛煤电动机的控制由转换开关 LW5-15B₄815/5 和信号灯组成。

13) 控制盘设热工信号, 由闪光信号报警器 XXS-02 完成, 当主蒸汽压力或温度过高、锅筒水位过高或过低、电源消失均闪光报警, 并由热工信号按钮试验, 由事故信号按钮解除。

14) 控制盘设盘上照明, 220V100W 荧光灯。

15) 有关控制盘及其元件的接线见下述内容。

16) 控制盘设总联锁转换开关 LW5-P1587/5。

综上所述，在系统图中标注的一些复杂的控制及测量回路，有时不是由一个元件完成的，而是由几个元件的组合来完成，但各个元件的功能应符合控制回路的要求，如  则由 HI 和 HLSS 来完成。这是自动化仪表中常用的方法。

(三) 仪表及控制元件的接线图

锅炉控制盘上的诸多仪表除了各类压力仪表外大多为电动仪表，这类仪表必须按照接线图进行接线（包括电源的接线），才能正常工作，才能实现其显示、记录、调节、报警的功能。因此，接线图是自动化仪表的重要图样。这些图与前述的二次回路有着错综复杂的联系，并与其构成了复杂的控制系统。另外，接线图还包括控制盘本身的一些接线。

1. 锅筒水位自动调节接线图

锅筒水位的调节是锅炉运行时最重要的一项技术措施，它的目的和作用是为了保证运行的锅炉锅筒水位永远保持在安全的允许范围之内。它的工作原理见图 4-135，表 4-15 是主要设备表。由框图可以看出，蒸汽流量、锅筒水位、给水流量经变送器 T 变成 $0 \sim 10\text{mA}$ 的电信号后送入比例积分调节器，经比例积分运算后将 $0 \sim 10\text{mA}$ 的电信号送给伺服放大器和操作器，这个信号经放大器放大后，送给操作器，如果操作器在“自动”位置，电动执行器则按这个信号动作，加大或减小阀门的开度；如果在“手动”位置，执行器则由操作器的控制开关操作。这个过程中，执行器要把动作情况反馈给操作器和放大器，同时操作器也将把信号反馈给调节器，见图 4-135 的反馈信号线 fX1 和 fX2 。

图 4-135 是锅筒水位三冲量自动调节的原理接线图，图中将记录仪也画在一起，这是一种常用的接线方法。如果我们把开方器和记录仪取掉，得到的框图则和图 4-135 相同。图中的

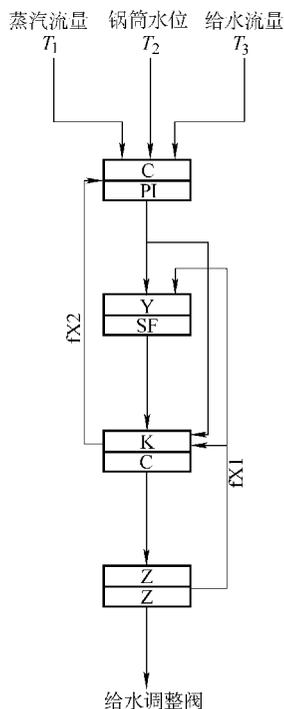


图 4-135 锅筒水位三冲量自动调节框图

“+”和“-”号表示信号的极性；“”号表示接地端子；“ $\sim 220\text{V}$ ”表示交流电源，

其附近的 $\underline{0}$ 则表示工作零线端子；“”则表示并接的电阻。这里我们介绍了另外一种三冲量调节原理图，见图 4-136b，读者可与图 4-136a 和图 4-135 进行比较，这是一种标准的图样。

图 4-137 是控制盘内锅筒水位调节的接线图，该图不包括记录仪和开方器的接线，图中 CA、CN、KA、KN 是交流 220V 电源，N 为工作零线，C-1 ~ C-6 信号线的引入是由 FR901 给水流量记录仪、FR902 蒸汽流量记录仪和 LRA901 锅筒水位记录仪引来的。我们把

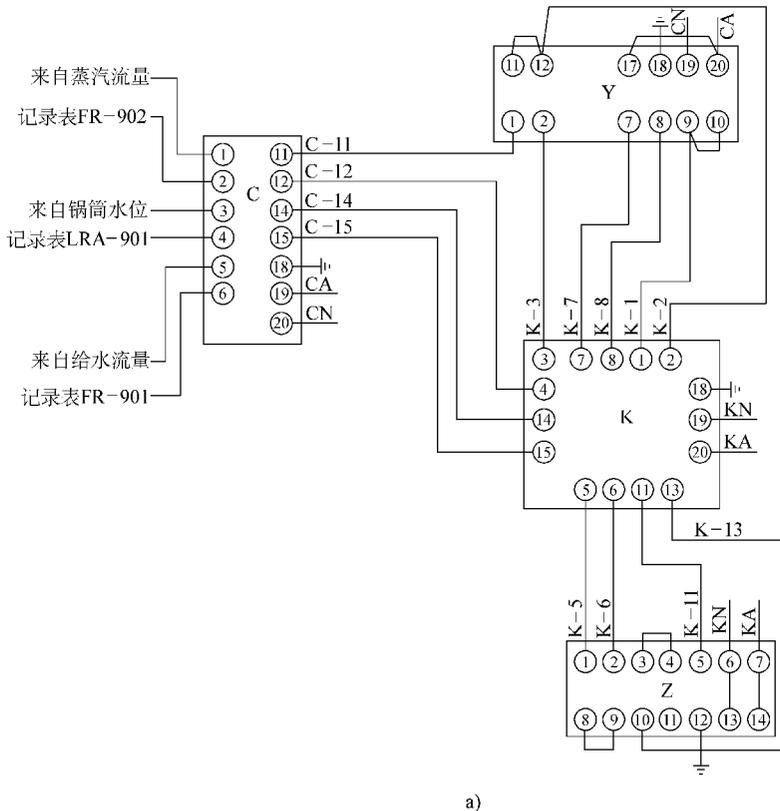
图 4-136 中开方器和记录仪的接线短接后所得到的图便是图 4-137。图中线束中的 、 表示线束导线的根数。

表 4-15 锅筒水位调节设备表

序号	符 号	名 称	型式规格	数量	备 注
控制盘上设备					
1	C	比例积分调节器 (PI)	DTL - 231 0 ~ 10mA	1	
2	K	操作器 (C)	DFD - 05 0 ~ 10mA	1	
3		普通端子	D - 1	19	
4		连接端子	D - 2/D - 3	5/5	
5		名牌端子	D - 9	1	
壁挂设备					
1	Y	伺服放大器 (SF)	FC - 01 0 ~ 10mA	1	
就地安装设备					
1	Z	电动机执行器 (Z)	ZKJ - 31F 250N · m 0 ~ 10mA	1	
2	J	端子盒	JD - 1	1	与执行器配套设备

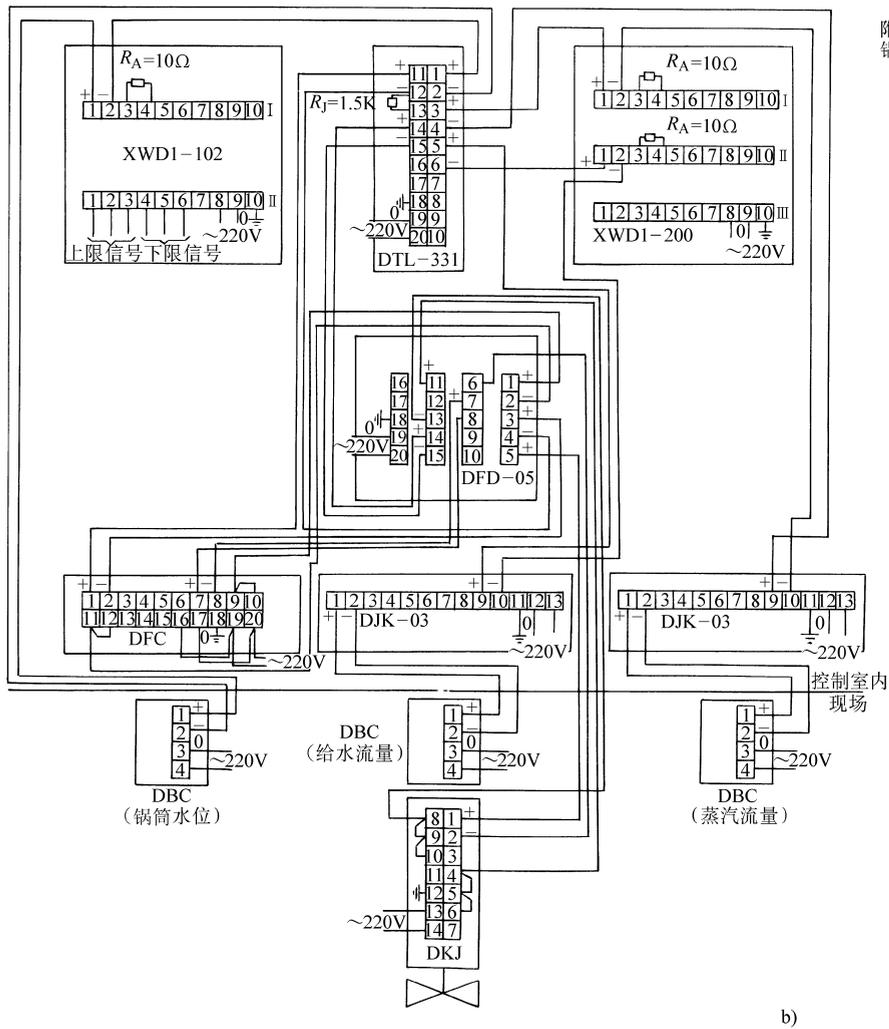
2. 记录仪接线图

该锅炉房蒸汽流量和给水流量是由 XWD - 200 双笔记录仪记录的, 接线图见图 4-138, 图中 1B1 和 1B3、2B1 和 2B3 并联的电阻 R_0 为调整电阻, 至调节器就是指接到调节器相应的端子上。

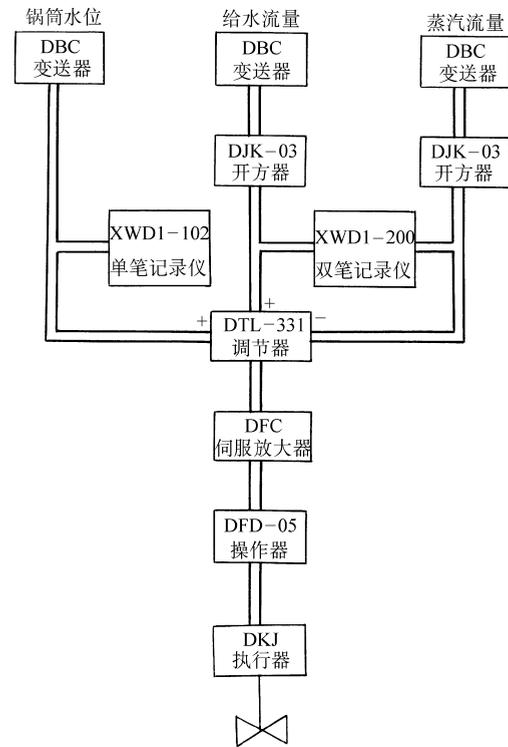


a)

图 4-136 锅筒水位三冲量自动调节原理图



附图
锅筒高低水位信号可用水位记录仪中上限和下限信号接点组成报警系统。



b)

图 4-136 锅筒水位三冲量自动调节原理图 (续)

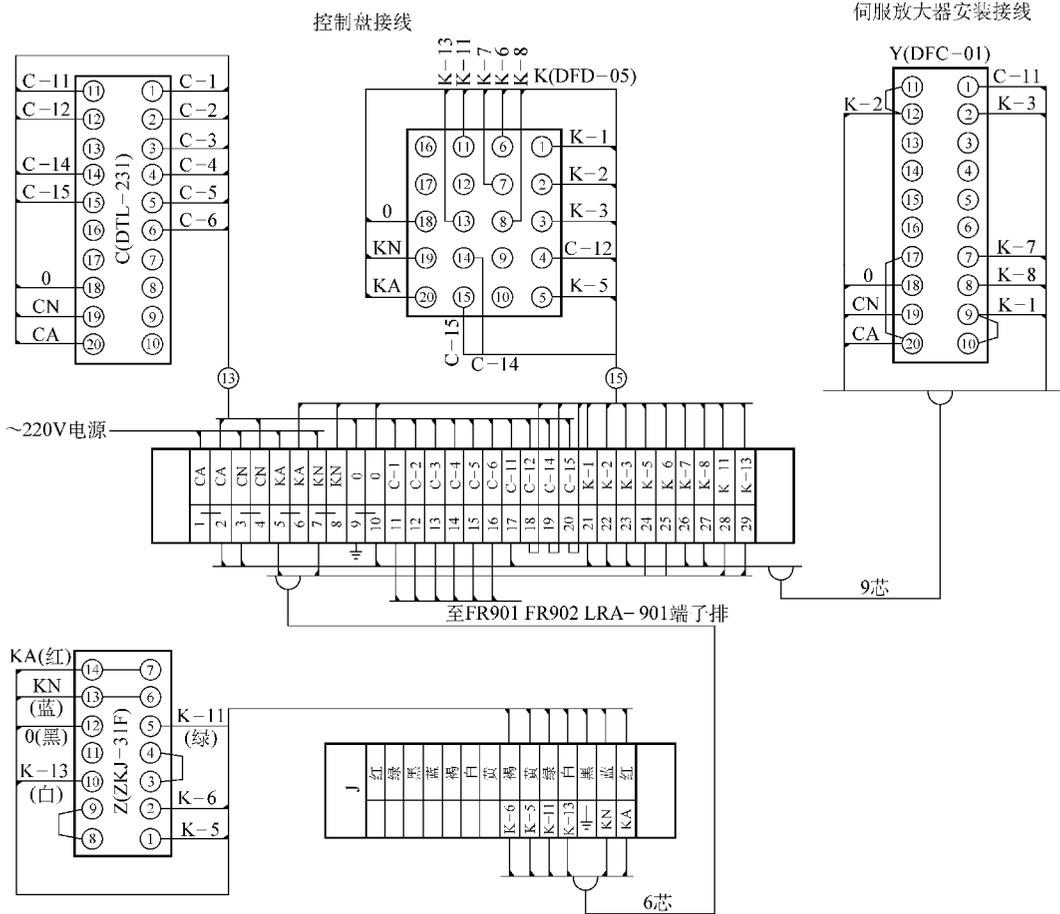


图 4-137 控制盘内锅筒水位调节接线图

锅筒水位是由 XWD - 102 单笔记录仪记录的，接线图见图 4-139，其中端子板上的 9 ~ 11 (G、D、Z) 端子是引至热工信号的报警信号，上限高位和下限低位均报警，其他同图 4-138。两台记录仪由现场到盘上的连接是用电缆完成的，电缆详见电缆清册。

3. 动圈温度仪表的接线

该锅炉房蒸汽温度的测量是由传感元件热电偶和动圈调节仪表完成的，其接线图见图 4-140，图中有上、下限报警功能，并由 8#、9# 端子引至热工报警信号。而给水温度、排烟温度、风温三个温度量则由三只热电阻和一只动圈表完成，接线图见图 4-141。该图是六只热电阻共用一块动圈温度表测量六个点的接线图，用 FK - 6 型切换开关单点显示，本锅炉只用三只热电阻。其中，XCZ - 102 动圈温度表画了两只，这是因为各地厂商制造时表的端子编号不一致而画的，A 端子为相线，N 端子为工作零线，O 端子为接地线，零位电阻和调整电阻是动圈表单独设置的。

4. 电动执行机构控制接线图

电动执行机构是控制风机电动调整挡板（门）的开闭程度并用 0 ~ 10mA 和 0 ~ 100% 双刻度盘的直流电流表显示其开闭程度（位置指示）。图 4-142 是 ZKJ 电动执行机构的原理接线图，图 4-143 是控制盘控制、显示及执行机构的接线图，表 4-16 是设备元件表。

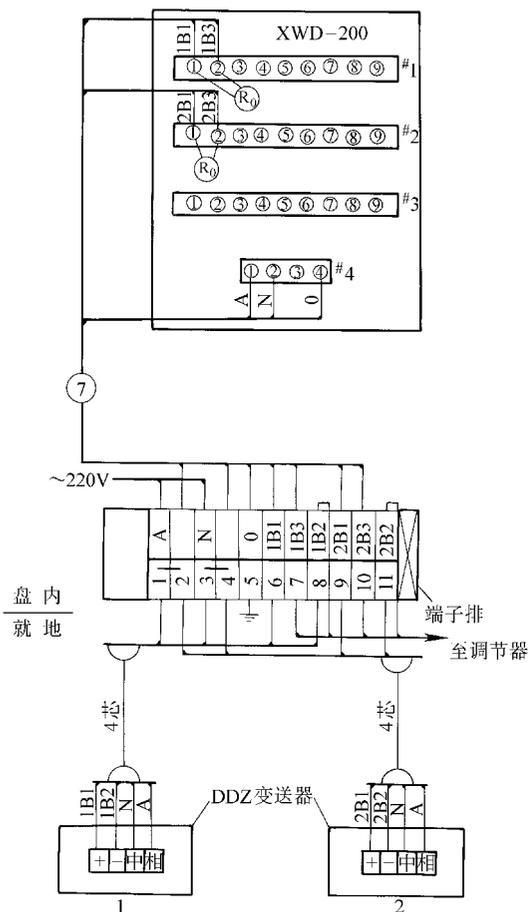


图 4-138 WXD-200 双笔记记录仪接线图

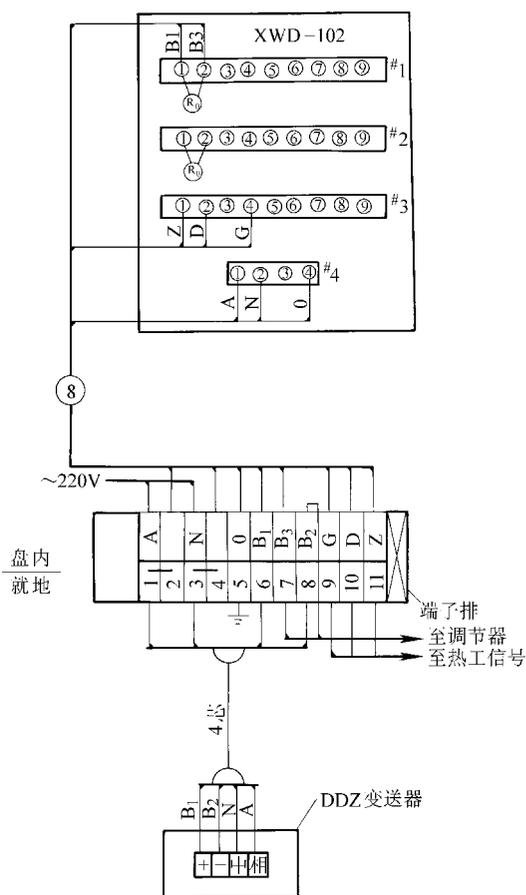


图 4-139 WXD-102 单笔记记录仪接线图 (上下限报警)

由图 4-142 可知, 执行机构本身设行程开关两只 STON (开) 和 STOF (关) 控制开度的极限, 并有直流电流输出以显示其开度的大小, 可用直流电流表显示。按钮 SBON 动作时电动机正转, 开度增大, 到极限位置行程开关动作, 电动机停转, 按钮 SBOF 动作时与上述相反。

图 4-143 中, A 为相线, N 为工作零线, 盘上与现场用 6 芯电缆连接。这根电缆详见电缆清册。

5. 给煤机电磁调速异步电动机控制器的接线图

给煤机是用可无级调速的电磁调速异步电动机拖动的, 该电动机的控制分两部分, 一部分是将三相交流电送入定子, 这与一般异步电动机相同; 另一部分是异步电动机同轴的离合器电磁线圈供电的晶闸管直流调速装置, 这就是电磁调速控制器, 其接线图见图 4-144。AN 为交流 220V 电源, O 为接地端子, DK-11、DK-13 为直流输出给电磁线圈, DK-6、DK-7、DK-8 为与异步电动机同轴的测速发电机 (三相) 的三相相线。

6. 锅炉机组总联锁及引风、送风机电动机控制接线图

引风机电动机是用转换开关 SA 控制的, 与其他机组是用联锁开关 SLA 联锁的, SA 和 SLA 均安装在控制盘上, 其接线图见图 4-145。

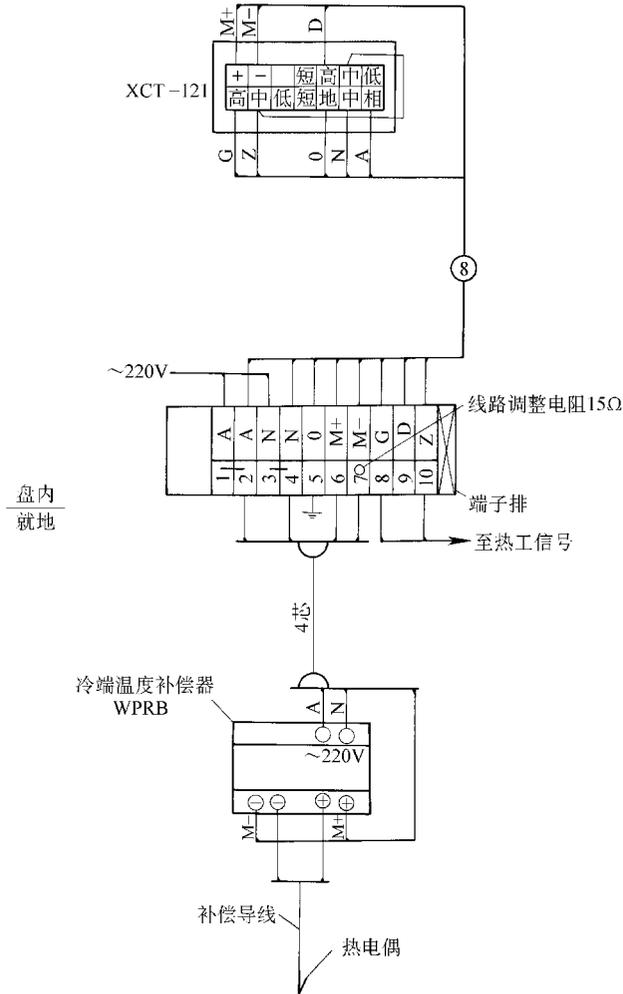


图 4-140 热电偶与动圈调节仪 XCT - 121 的接线图

由图可知，B412 和 N411 是由厂用配电装置的保护及测量表计引来的，电压 220V 是供电动机控制回路的电源，至邻近端子排是指事故音响的小母线电源 1WFS 和 2WFS，45 和 33 端子是连锁端子。因为送风机电动机与引风机电动机的二次回路相同，我们在前面省略了送风机电动机的二次回路。

7. 二次风机电动机控制接线图

见图 4-146，我们可用 6 中的方法分析，同样抛煤机和给煤机及给水泵电动机的控制接线图与之基本相同，因此也没有列出，主要区别是未装电流表。

8. 三速炉排电动机控制接线图

见图 4-147。

9. 锅炉热工信号接线图

见图 4-148，图中闪光信号报警器 HLA - 912 是显示锅炉运行中压力、温度、水位极限位置的装置，当出现极限位置时，报警器信号灯闪光且盘上电铃响动报警，其中主蒸汽压力

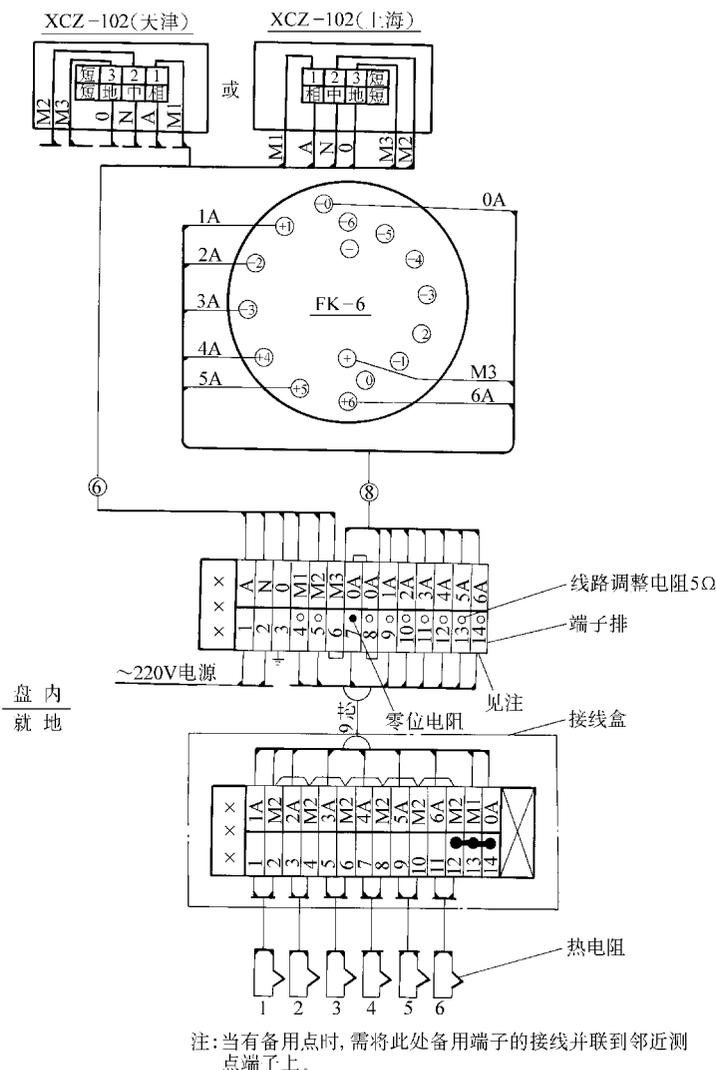


图 4-141 一只动圈表 XCZ-102 测量多点温度时的接线图 (六点)

高的信号来自控制盘上的高位信号压力表 YX-150, 主蒸汽温度信号来自盘上动圈温度表 XCT-121, 锅筒水位信号来自盘锅筒水位记录仪 XWD-102, 在前述我们已提到了这点, 其中两只按钮为试验按钮和消除按钮。

10. 锅炉事故信号回路及其安装接线图

锅炉设置事故信号回路, 见图 4-149, 其安装接线图见图 4-150, 信号回路将在变配电装置一章中讲述, 读者可用上述方法分析图 4-150, 进一步了解接线图与原理图的关系。

(四) 锅炉热工仪表及电缆主通道布置图

热工仪表与电气设备一样用电缆布置图来表达其安装位置及电缆、导压管的布置, 有关一次元件我们已在图 4-131 和图 4-132 中作了介绍, 其他设备及电缆、导压管及其桥架则用图 4-151 来表达。图中标明了伺服放大器、供电箱、锅炉控制盘、接线盒、保温箱、给水阀执行器、送风挡板和引风挡板执行器、冷端补偿器及给煤机电磁调速器的安装位置及标高, 同

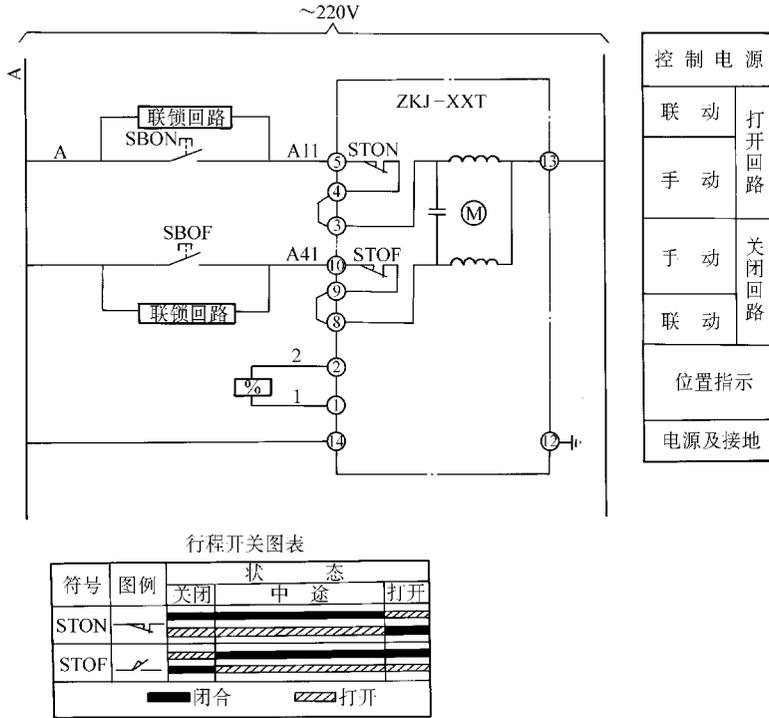


图 4-142 ZKJ 电动执行机构原理接线图

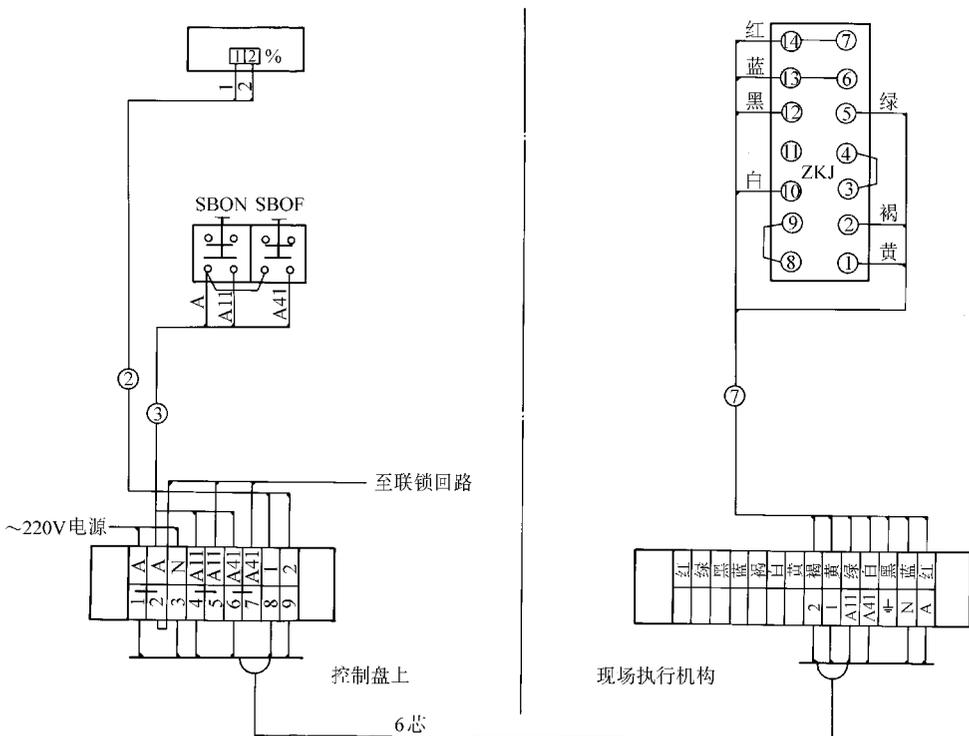


图 4-143 控制盘控制、显示及执行机构接线图

时给出双层桥架的安装位置和标高，注明了上层为导压管，下层为电缆。该图除与图 4-131 和图 4-132 有联系外，还应与图 4-152（见文后插页）、图 4-153 同时阅读，便能掌握更多的东西。

表 4-16 图 4-143 设备元件表

序号	符 号	名 称	型式规格	数量	备 注
控制盘(台)上的设备					
1	SBON SBOF	控制按钮(红、绿各一)	LA18-22	2	
2	%	位置指示	46C2-A, 0~100% 0~10mA	1	
3		名牌端子	D-9	1	
4		普通端子	D-1	3	
5		连接端子	D-2	3	
6		连接端子	D-3	3	
电动执行器处的设备					
1		电动执行器	ZKJ-XXT	1	
2	ZDK、ZDG	开向、关向行程开关		2	随电动执行器供货
3		端子盒	JD-1	1	与执行器配套设备
4		2号附件	AT-14-7 接线组件	1套	与执行器配套设备

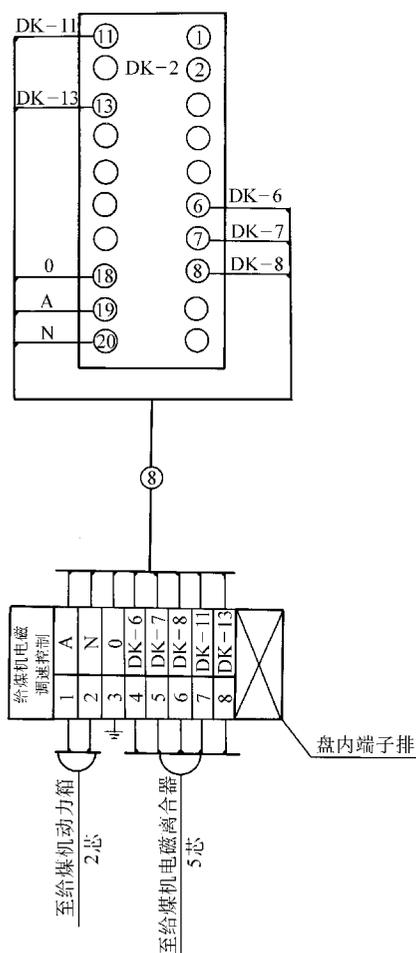


图 4-144 DK-2 型电磁调速控制器接线图

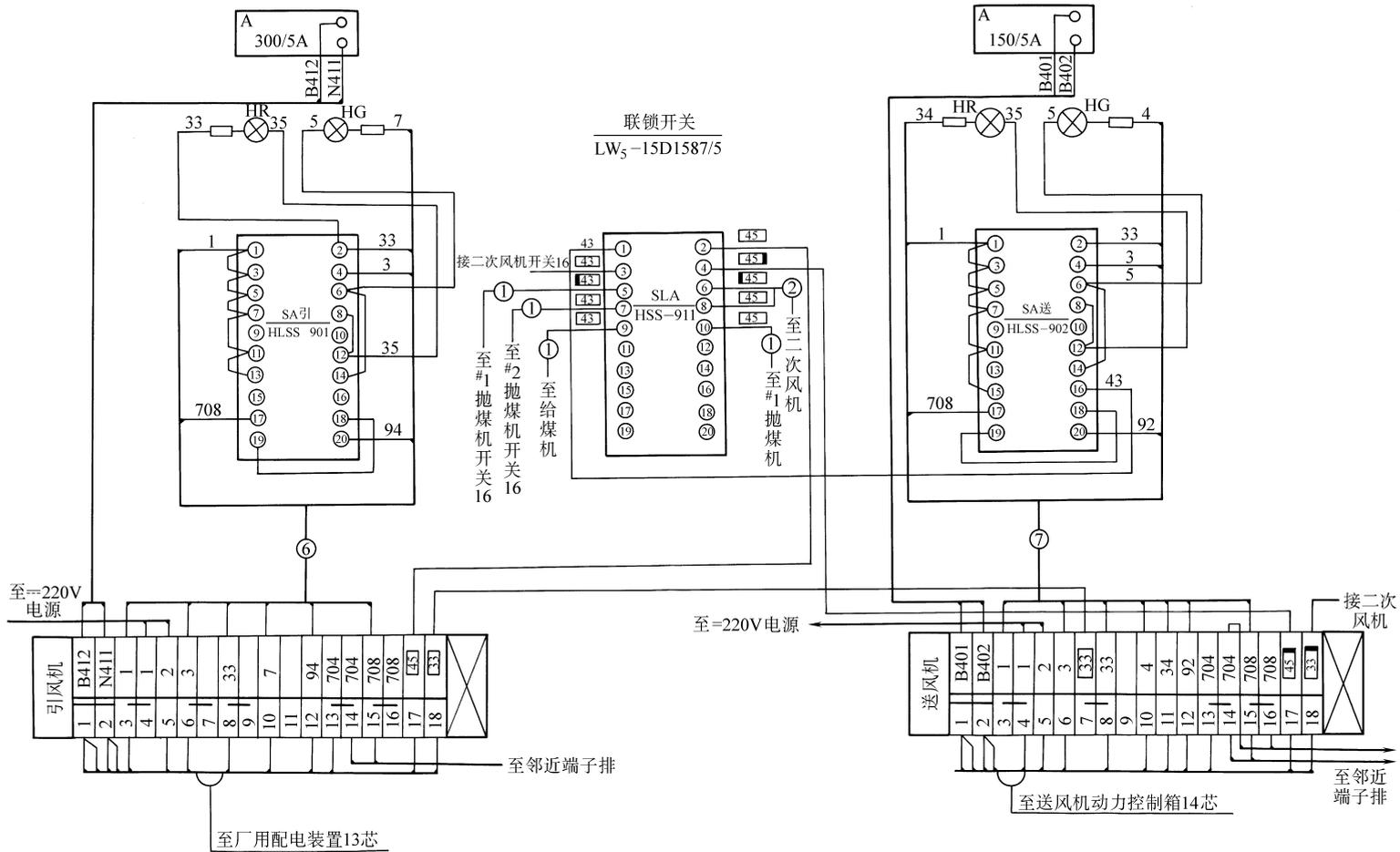


图 4-145 锅炉机组总联锁及引风、送风机电动机控制接线图

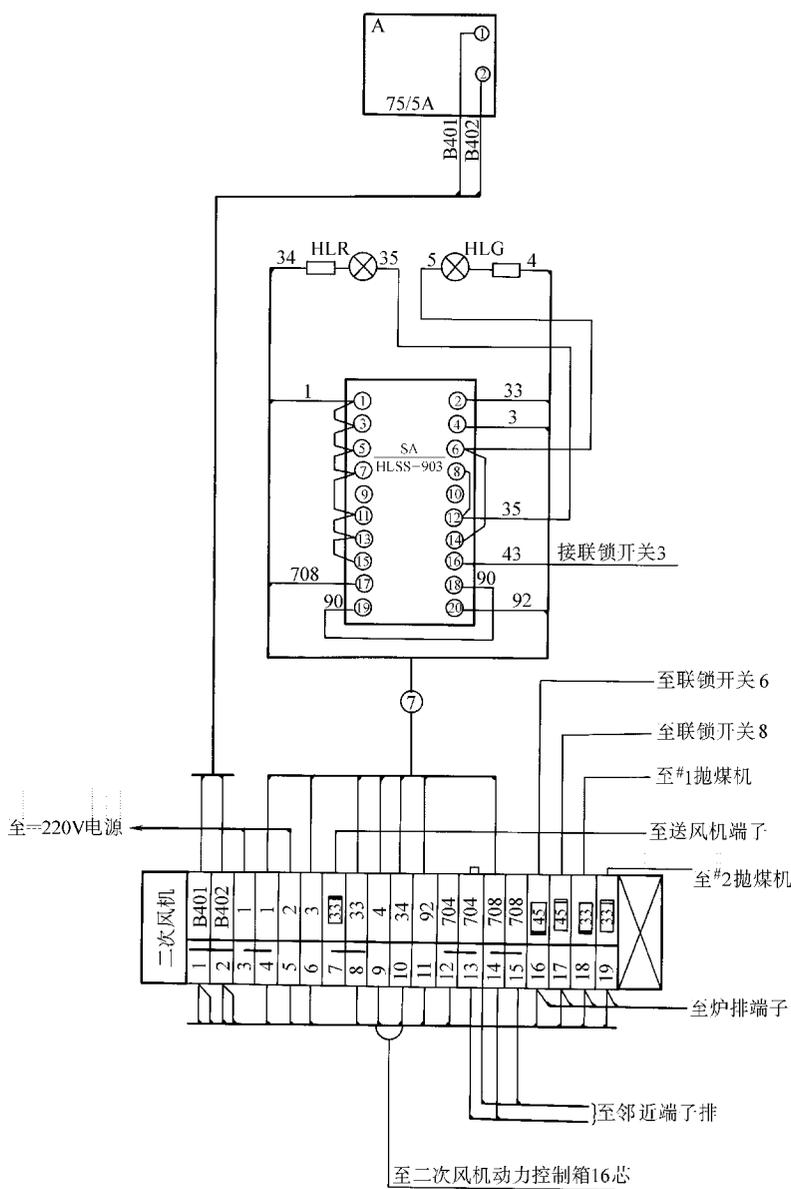


图 4-146 二次风机电动机控制接线图

(五) 电缆清册

热工仪表与电气设备一样用电缆清册来表达电缆的根数、型号、规格、起始位置，见表 4-17。

(六) 锅炉除氧给水系统图

工业锅炉房都设置了除氧给水系统，有时也称做水处理系统，这些图样与锅炉热工仪表的图样是对应一致的，只是测量的参数不同，管线不同，接线方法不同，限于篇幅的关系，这里不再一一列出讲述，读者可按前述方法和工程提供的图样进行分析，只要掌握了前述内容则是轻而易举之事。

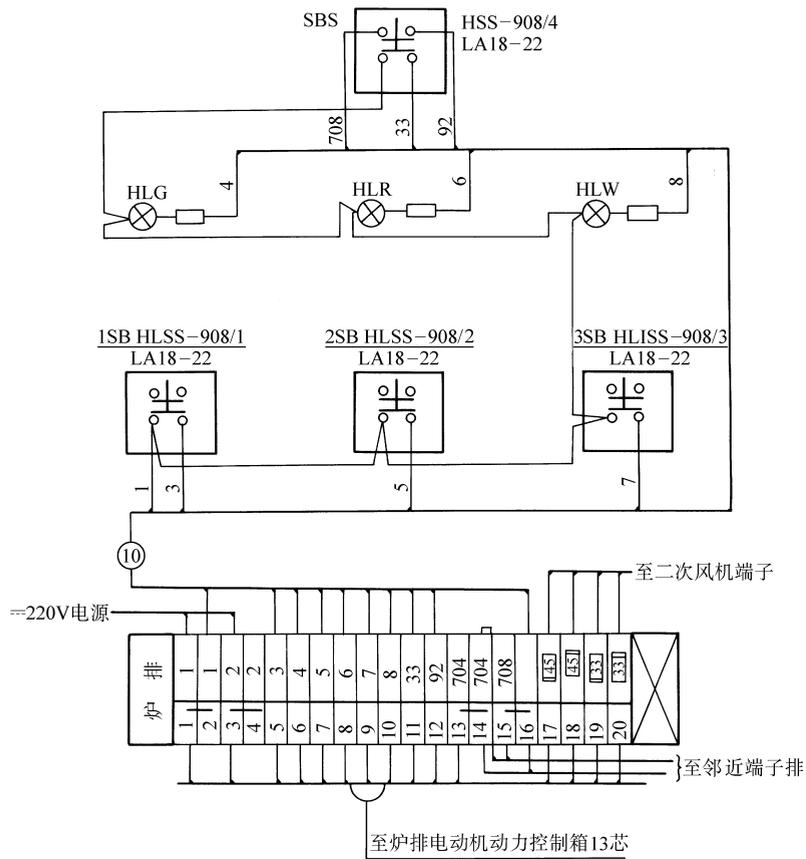


图 4-147 三速炉排电动机控制接线图

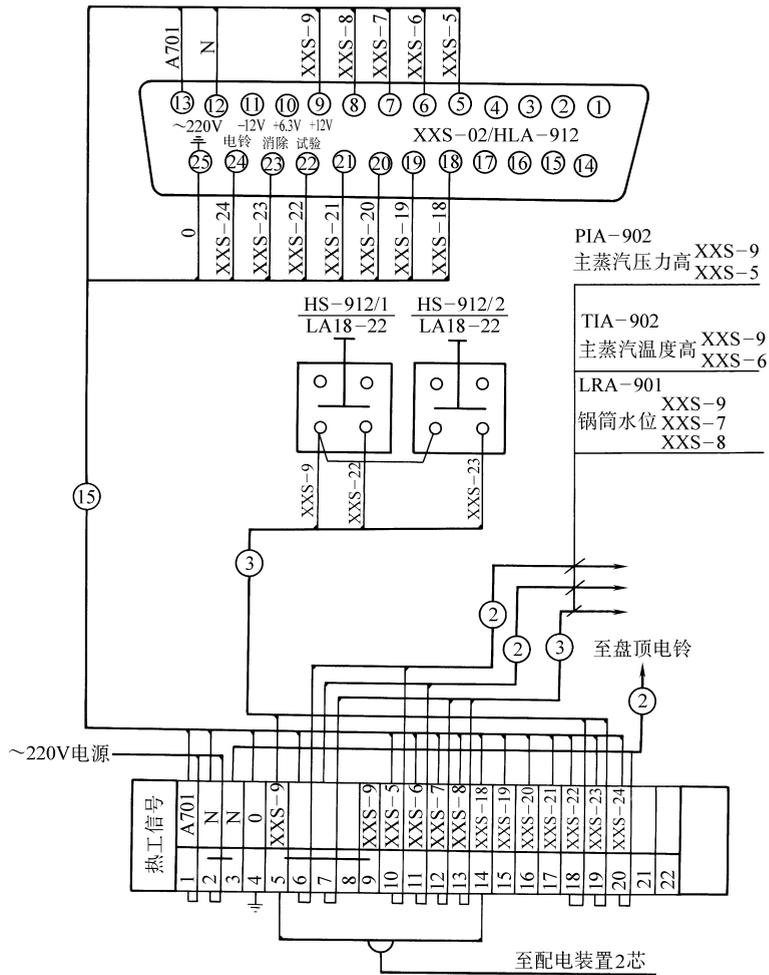


图 4-148 锅炉热工信号接线图

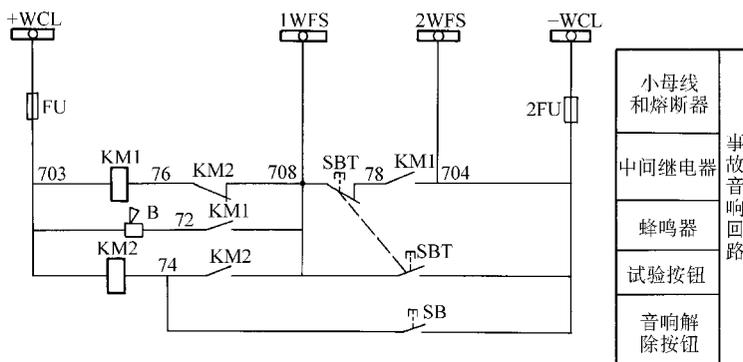


图 4-149 锅炉事故信号回路

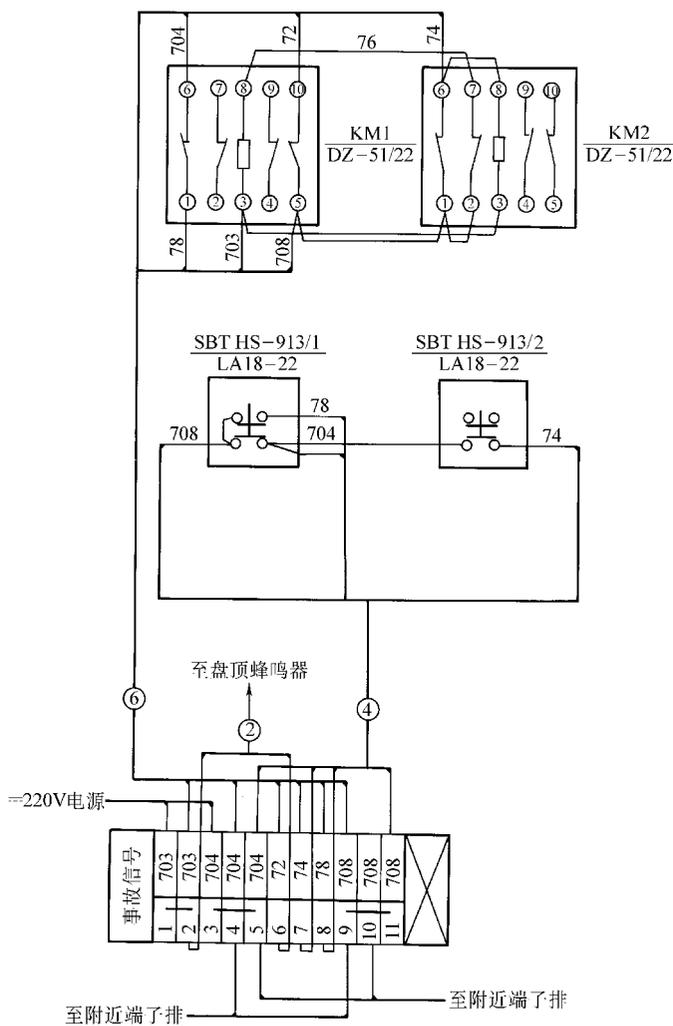


图 4-150 锅炉事故信号回路接线图

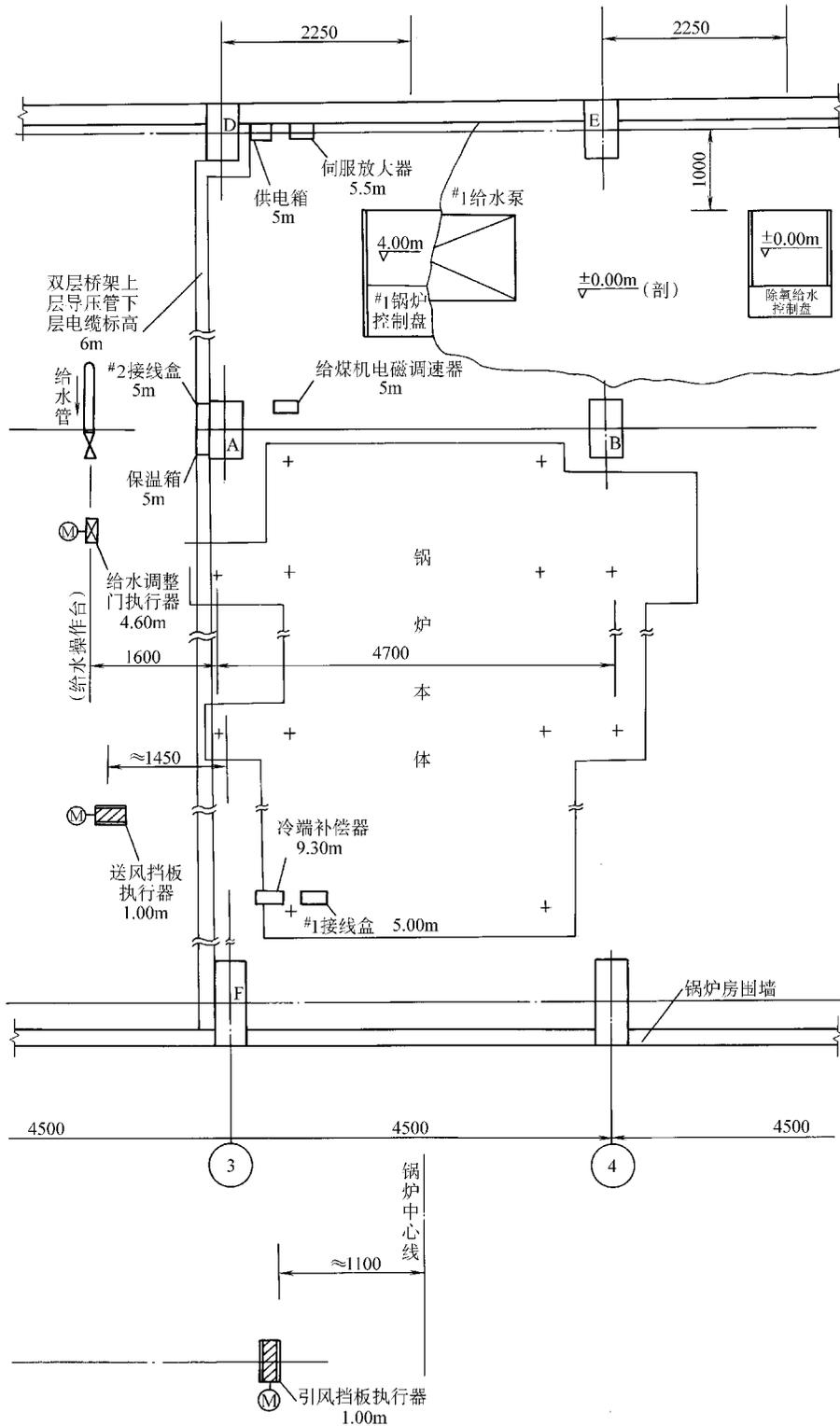


图 4-151 锅炉房热工仪表及电缆主通道布置图 (局部)

表 4-17 锅炉房热工仪表电缆清册 (局部)

序号	安装单位名称	电缆编号	电缆型号及截面	备用芯数	电缆去向		长度/m				
							KVV29		KVV		
					起 点	终 点	14 × 1.5	10 × 1.5	4 × 1.5	5 × 1.5	7 × 1.5
锅炉房热控 部分控制电缆											
1	主蒸汽温度	DLD-01	5 × 1.5	1	冷端补偿器	锅炉控制盘右侧				25	
2	给水、烟气、风温	D1JX-01	7 × 1.5	1	#1 接线盒	锅炉控制盘右侧					20
3	给水、蒸汽、流量、锅筒水位	D2JX-01	14 × 1.5	2	#2 接线盒	锅炉控制盘右侧	10				
4	给水、蒸汽、流量、锅筒水位	DBW-01	5 × 1.5	1	保温箱	供电箱				2	
5	锅筒水位调节	DZ-01	7 × 1.5	1	执行机构	锅炉控制盘右侧					15
6	送风远方操作	DZ-03	7 × 1.5	1	执行机构	锅炉控制盘右侧					30
7	引风远方操作	DZ-03	7 × 1.5	1	执行机构	锅炉控制盘右侧					50
8	盘间电缆	DP-01	4 × 1.5	2	供电箱	锅炉控制盘右侧			10		
9	盘间电缆	DP-02	10 × 1.5	1	伺服放大器	锅炉控制盘右侧		5			
10	除氧水箱水温	D3JX-01	7 × 1.5	1	#3 接线盒	除氧给水控制盘右侧					15
11	除氧水箱水位	D4JX-01	5 × 1.5	1	#4 接线盒	除氧给水控制盘右侧				15	
12	盘间电缆	DP-03	7 × 1.5	2	给煤机电磁离合器	锅炉控制盘右侧					15

第五章 电源进户和变配电装置审图要点

一、电源进户方式及其装置

电源进户是指把供电线路的电源引入用户变配电装置的第一个接线点的这段线路；电源进户装置是指这段线路所有设备元件、杆塔、导线或电缆等的总称。电源进户及装置应掌握以下内容：

1. 电源进户方式

电缆进户，架空线路进户。

2. 电压等级及型式

单相 220V、三相四线 220/380V、三相五线 220/380V、三相三线 380V、高压 6kV、10kV、35kV、110kV 等。

3. 接线部位

电源侧接线部位应位于供电线路杆塔标有编号或杆塔号侧。

负荷侧接线部位位于变配电装置的方位及标高、接户型式。

4. 接线型式

有否隔离开关、断路器、跌落式熔断器、避雷器，接地方式、接地电阻要求，电气元件、电瓷元件的规格、型号，接线装置的型式、金具的规格及构架的型式，图样能否说明是否采用标准图及图号，接线装置的标高、位置。

5. 电缆进户

进户时可用的电缆敷设方式包括直埋、电缆沟、架空。

对直埋、电缆沟敷设要看其途径情况、是否有采取技术措施的必要，如主要材料、构件、穿管规格。

对架空电缆要看其电杆距离，以及电杆、钢索或钢绞线的规格型号，必要时还要核算其强度；金工件及加工图是否齐全可行，如拉线结构型式及主要原材料的型号规格。电缆头、电缆中间接头的位置标高、个数、固定方式、技术要求，以及电缆的规格型号根数。

6. 架空线路进户及架空线路

要看其输电距离、采用的杆型或塔型、档距，导线和避雷线规格型号、垂度要求，拉线的位置、根数、型式结构，金具加工图是否齐全可行，电瓷元件规格、型号，接地方式及要求，平面图、标高图是否齐全，途径有否障碍或不利因素，必要时对垂度、导线、金具要重新计算或核算。

有关计算或核算的内容详见本丛书《电工常用计算及设备、元件、材料选择》分册。

二、变电装置及保护方式

变电装置是指电源进户第一个接线点经变压器到低压总柜（总开关）所有电气装置的总称。变电装置应掌握以下内容：

1) 是室内变电还是室外变电，室外变电是杆上变电还是落地变电；变压器的规格、型号、容量、电压等级及电压比、台数、是否有载调压、一次线路和二次线路的接线型式、继

保装置、计量方式、母线型式、操作方式、有否自动重合闸装置、信号系统以及变压器安装位置、标高、技术要求等。

2) 断路器、隔离开关、电流互感器、电压互感器、避雷器、电抗器、熔断器、操作机构、高压开关柜、墙上负荷开关、母线、电瓷件、补偿电容等设备的安装位置、标高、技术要求及规格、型号、数量、操作方式及控制电路。

3) 金具、金工件、避雷针(塔)加工图是否完整,按图加工是否有问题;是否采用标准图及其编号等。避雷针的个数、高度、重量、安装位置是否正确。

4) 变压器运行方式是单列运行还是并列运行,联络方式是自动还是手动以及控制电路是否可行,联络电路中设备的规格、型号、安装位置、是否符合技术要求。

5) 接地极及接地引线的敷设是否满足防雷接地的要求及材料规格、技术要求。

6) 室内外平面布置、电缆沟位置、变压器进入道路及条件、通信方式等是否符合要求。

7) 仔细分析继电保护、电能计量、控制电路的功能原理及其可靠性、稳定性、灵敏性。对变压器、断路器等主要设备的选择、继电保护的整定、避雷针的设置要进行核算。

8) 继电保护及自动化装置是否采用微机型继电保护及自动化装置,其接口电路及方式、电源设置、保护方式、信号指示的设置等。

三、配电装置及保护方式

配电装置是指变压器低压侧总开关到各路开关柜输出回路直至用电设备电源开关的上闸口(小容量系统指受电总开关到用电设备电源开关的上闸口)这段电气装置的总称。其作用是把变压器输出的电能根据负荷(用户)的需要按回路分配出去,送到用户。

一般大型企业供电电压为35kV,经变电所、站(简称一变)降压到10kV或6kV(10kV或6kV是由厂内高压电动机的电压决定的)。10kV或6kV有两种用途:一种是由电缆或架空线路将10kV或6kV电源送至车间或设备附近的变电室或变电台(简称二变)降压到380/220V,再分配到低压电气设备(用户)的电源开关上去;另一种为10kV或6kV高压电动机提供电源,往往高压电动机就在一变附近,直接由一变控制。另外,在变电站内设一台小容量的站用变压器,将35kV直接降为380/220V,供站内用电。

这种用户总容量很大,往往在2000kVA以上。

一般中型企业供电电压有两种,即35kV和10kV,大容量低压电动机较多的用户常采用35kV进户,经变电站直接降至380/220V,再经配电室分配出去,这种用户容量较大,在1600kVA以上。10kV进户经变电室(台)降至380/220V由配电室分配出去,这种用户容量不等,一般在1000kVA左右。

一般小型企业供电电压也有两种,即10kV和380/220V。容量稍大的用户由10kV进户经变压器降至380/220V,再经配电室分配给用户,容量一般在500kVA左右;容量较小的用户由低压380/220V直接进户,经配电盘分配出去,容量一般在200kVA以下。

熟悉配电装置时应掌握以下内容:

1) 输出回路个数、容量、用电单位、负荷性质,架空输出还是电缆输出,输电距离、回路中隔离开关(刀开关)、负荷开关、断路器、电流互感器、继电器、电工仪表的规格、型号、接线方式是否符合技术要求。

2) 开关柜的规格、型号、台数、平面布置型式(双列、单列), 联络开关的位置、柜的编号, 直接控制设备启动柜的位置、柜的编号、电压等级、启动方式、电动机容量、负载类别性质、电动机型号、控制原理、保护装置、是否调速、仪表检测装置及原理图和接线图、仪表盘面布置图、信号报警系统等, 要仔细分析控制原理图, 主要电气元件的规格、型号、接线方式是否符合技术要求。

3) 配电间平面布置、电缆沟位置及几何尺寸、沟内布置, 接地网布置及接地方式、接地要求, 母线或母线槽布置、母线的规格、型号、加工要求, 电瓷件规格、型号个数, 穿墙套管位置、标高、窗口材质、几何尺寸、套管安装方式及规格型号、个数, 直流装置、总控装置、模拟盘等柜、屏的位置、安装方式、型号、规格应符合技术要求, 进行接线图、原理图及与开关柜的联系、控制系统的可靠性、稳定性的分析; 配电室内管线布置、规格、型号、根数、标高、位置也应符合技术要求。

4) 高层建筑常采用 10kV 双回路供电(个别采用 35kV 或一路高压、一路低压备用电源供电)、一级配电, 变压器多为干式有载调压变压器, 变配电间力求简化, 减小平面面积。熟悉高层建筑供配电装置时除以上变电、配电装置的有关内容以外还应熟悉以下内容:

① 电缆竖井的位置、截面积、预埋附件的规格和位置或封闭式母线的位置。

② 变配电间的层次、个数、位置、平面布置、各个回路的供电范围。

③ 低压配电屏出线位置(从上出、从左出、从右出、从下出), 引至电缆竖井的方式(电缆隧道、电缆沟、电缆托架、托盘等)及托架、托盘的规格、型号、技术要求、安装方式、预埋件位置和材料。

④ 典型的低压配电系统如图 5-1 所示, 具有备用电源的配电系统如图 5-2 所示。

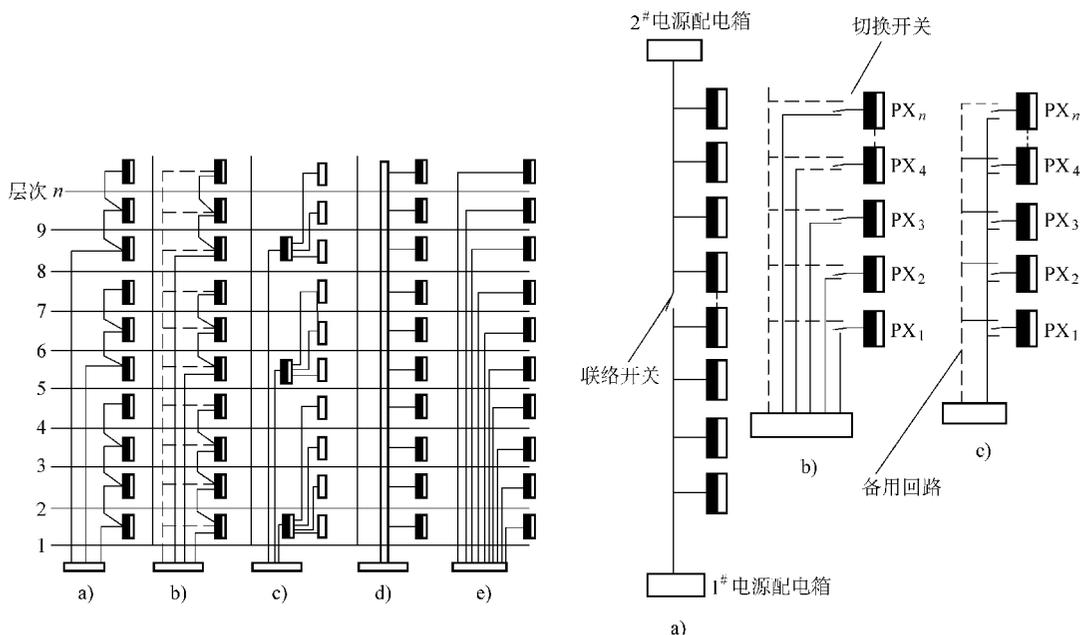


图 5-1 典型的低压配电系统

图 5-2 具有备用电源的配电系统

5) 必要时对重要负荷和大容量负荷回路的开关、导线或电缆进行核算。

四、电力系统通信方式

35kV 及以上的变配电（升压/降压）所均设置与电力系统的通信装置。通信方式应掌握以下内容：

1. 采用电信通信方式

通信线路或电缆进户方式、机型（一般为录音电话）、设置及要求等。

2. 采用电力载波通信

电力载波耦合装置型号，其中阻波器、耦合电容、结合滤波器、高频电缆的连接方式，耦合方式采用的是相地耦合、相相耦合还是线路间耦合及机房安装要求等。

3. 采用电力线复合光纤通信

光纤通信的光发送机、光接收机、光纤或光电缆的型号、连接方式、光纤电缆的架设方式，是否采用架空地线复合光缆等。其中应掌握太阳能电池、连接盒、终端盒、光中继器、电池组、机房及控制室的安装要求等。

4. 采用电力系统专用数据通信网

该数据通信网较为复杂，除通信功能外还有调度自动化计算机系统、能量管理系统、电能计量系统、继电保护和安全自动装置、电网保护及故障信息管理系统、计算机网络等。

应了解各个系统的设备、主机、光缆连接方式、接口电路及方式、设备型号及其电源设置和保护方式等。

第六章 动力电路及照明电路审图要点

一、动力电路及控制

动力电路一般指三相交流电动机和采用三相电源的电气设备及其开关、电气控制电路的总称。动力电路一般容量大、导线粗、三相电流易平衡、控制系统复杂。现在说明低压动力电路应该掌握的内容：

1) 电动机的安装位置、标高、编号、容量、台数、额定电流、接法、转速、起动方式、保安型式，被拖负载的名称、机械特性、重载起动还是轻载起动、传动方式是带传动还是联轴器传动，电动机型式是同步还是异步、交流还是直流、是否多速或调速电动机，调速方式是变极、转差、整流子、交磁放大机、变频等，同步电动机的励磁装置和直流电动机的整流装置是否和电动机配套，以及直流装置的规格、型号、原理等。

2) 电动机控制柜的安装位置、标高、编号、台数、排列方式，进出线位置方式编号，看懂控制原理图，是否多地控制、是否多台电动机联锁控制及控制方式、有否调速、制动、正反转功能及调速制动方式、有否和仪表联动控制和反馈装置、信号显示及报警装置、联动装置，有否程序控制及型式（矩阵、步进、时间、可编程）、是否微机控制及其传感器、传输电路、A/D 转换、D/A 转换、执行元件、主机型号、软件编制情况、附属部件接线方式和技术要求，柜内元件规格型号和调试要求等。

3) 管路布置情况、位置、标高、出线口标高，有否电缆沟及位置、几何尺寸，有否桥架、托架，托盘及其位置、标高、规格，了解土建地面、墙面保护层厚度且能否保护暗设管路，校对管径、线径、导线根数或电缆规格、根数，管路敷设要求、接地方式等。

管路布置是否有障碍，是否有与其他热力管道交叉并行以及管路较长时应考虑分线盒的设置等。

4) 有否起重机、龙门吊等起重设备及其吨位、吊高、跨度、行程，电动机型号、规格、台数、控制起动方式（凸轮控制器、按钮），变速装置、制动装置、直流装置，电源滑触线安装方式及其材质、位置、标高，电源引入方式，电气控制屏的功能原理及平面布置、看懂控制原理图，保护和控制继电器、限位开关规格、型号、个数、安装位置，管路布置及其固定方式、校对管径、线径、根数及导线规格，安装要求、调试要求等。

5) 有否自备电源，自备电源的型式是哪一种（柴油发电机组、汽油发电机组、静态不间断电源装置）。对发电机组应掌握机组的容量、型号、台数、机房布置、切换开关及切换要求、有否自动切换装置、主要负载的回路编号及位置、容量、控制柜引入引出的回路及管路布置、排气系统及结构，冷却系统及结构、消声系统及结构、防震设施，此外对控制柜要掌握其原理、元件的功能、盘面布置、仪表配置，核算回路的容量和电缆的规格。对静态不间断电源装置应掌握装置的型号规格、屏面个数、布置方式、投切方式、调试要求、供电范围、蓄电池个数及充电要求等。

6) 是否有电容补偿装置，电容器规格型号数量、连接方式、投切方式，是否有自动投切装置，电容补偿柜的规格型号、控制仪的型号规格及工作原理、保护装置，是否有集中补

偿及其安装方式等。

7) 有否集中空调机组, 规格型号、电动机起动方式、机房布置、有否自动装置或微机控制系统, 主机是否变频调速及变频装置的规格型号; 温度与湿度、空气含氧浓度检测元件型号规格、安装位置及方式, 信号传输线路的布置, 接口电路的安装方式; 有关冷却水循环泵、冷冻水循环泵、风机、风扇等设备的电动机平面布置、控制方式、联锁装置、管路布置; 控制原理图、自控原理图、仪表设置以及调试要求等。

8) 有否电热设备, 所谓电热设备是指用电能直接产生热量去完成某种功能或加工制造某种产品的装置, 对电热设备应看其规格、型号、加热方式(电阻加热、电弧加热、感应加热、红外加热或其他加热)、供电电压及型式, 有否专用变配电装置及其变压器、断路器、电抗器、控制装置、温度检测元件、温度控制仪表、自动装置、外围辅助设备的规格、型号、平面布置、管路分配、安装位置及标高、调试要求等。此外, 对电热设备应根据其加热方式的不同注意以下几点:

① 电阻加热炉与电网之间的连接有几种型式: 一般用铁铬铝合金或镍铬合金作加热元件的炉子大都和电网直接连接; 用碳化硅元件、二硅化钼元件、石墨、钼、钨等材料作加热元件的炉子和电极盐浴炉大都采用 380V 进户经专用变配电装置和炉子连接; 少数碳化硅烧结炉、石墨化炉等直接加热电阻炉则用高于 380V 电源经变压器降压供电。

功率小于 15kW 的加热炉常采用单相 380V 或 220V 供电, 15kW 以上的常采用三相 380V 供电。供电电路上应装有过电流保护, 必要时应有过热保护。对真空电阻炉工作电压一般应小于 100V, 通常不采用晶闸管功率调节器来控制输入功率。电阻加热炉供电主电路接线如图 6-1 所示。

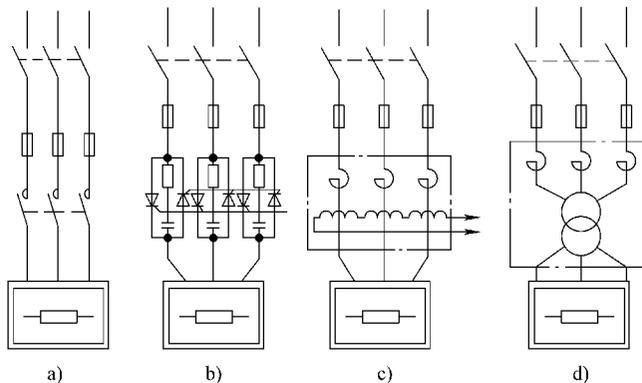


图 6-1 电阻加热炉供电主电路

a) 位式 b) 晶闸管式 c) 饱和电抗器式 d) 磁性调压器式

电阻加热炉炉温控制方式及特点见表 6-1。一次元件常用热电偶, 超过 1600℃ 时则采用光电高温计或辐射高温计, 仪表常用动圈式或电子电位差计式的指示调节仪, 也可用温度程序控制仪、微处理器测温控制仪及微机控温系统。

② 电弧炉都由专用的电炉变压器直接供电, 容量大、电流高, 一次电压为 10kV 或 35kV, 二次电压在 100 ~ 500V 内可调; 一次的开关配电装置同前, 二次侧一般没有配电装置, 把电炉变压器二次出线直接引至电炉电极, 这种方式叫做大电流线路或短网。这段线路长度一般为 10 ~ 15m, 母线的型式有矩型铜排、铜软电缆、水冷铜电缆、水冷铜管等。由于

表 6-1 电炉温度控制方式及特点

控制位式	调节规律	执行机构	温控精度	主要特点
位式	二位式	接触器或晶闸管	约 $\pm 10^{\circ}\text{C}$	系统简单、价格低;但温度控制精度低、炉温波动大、采用接触器时有噪声、通断频率高,接触器等开关元件寿命较短
	三位式			可实现部分切断输入功率或加热元件接法的Y- Δ 转换、温度控制精度稍高、炉温波动较二位式的小,其余同二位式
	时间-比例			温度控制精度比二位式的稍高,但通断频繁,对接触器要求较高
晶闸管移相触发式	比例(P)、比例-积分(PI)、比例-积分-微分(PID)	晶闸管	一般在 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 范围内	与位式控制相比,温度控制精度高、无噪声;与饱和电抗器式和磁性调压器式相比,体积小、重量轻、反映时间快,但对电网的干扰是各种控制方式中最严重的
晶闸管零位触发式		晶闸管		与晶闸管移相触发式相比,对电网的干扰要小得多,但电路较复杂,其他与晶闸管移相触发式相同
饱和电抗器式		饱和电抗器		比晶闸管移相触发式或晶闸管零位触发式简单,可靠性好,过载能力大,对电网的干扰很小,但体积、重量以及铜和钢的消耗量都大
磁性调压器式		磁性调压器		基本上与饱和电抗器式相同,但体积略小,材料消耗较少

电流很大,对电气参数影响严重,一般情况下要尽力缩短短网的长度,母线的厚度要小,矩形母线采用多片并联,电流方向不同的导线要尽量靠近,使其磁场相互抵消,母线支撑采用非磁性材料,母线应采用空间正三角形布置或修正型平面布置,以保证三相平衡。主电路见图 6-2。

电弧炉的控制系統主要是电极升降自动调节系統,其他同高压配电和动力电路。电极升降自动调节系統能自动点弧且能消除电极与炉料间的短路,能自动保持每相电弧功率为给定功率,任何一相调节系統发生故障时能迅速切换到备用相,电极升降自动控制 and 手动控制能相互迅速切换,該系統能与程序控制器或微机接口。其框图见图 6-3,要看懂并分析原理图。

③ 感应电炉由专用变压器或变频装置供电,辅助电气设备有补偿电容、控制设备、传动系統、三相平衡系統及冷却系統。工频电炉一般采用电力电容器,中频电炉一般采用电热电容器,高频电炉采用高频高压瓷介电容器。控制设备包括控制、操作、测量和保护设备。保护设备一般应有短路、过电流、过电压、水温、水压和漏炉报警系統。

④ 其他电子束炉、等离子炉、远红外加热装置、等离子热处理设备等应详细阅读设备说明书。

9) 是否为高层建筑。高层建筑是指 10 层及 10 层

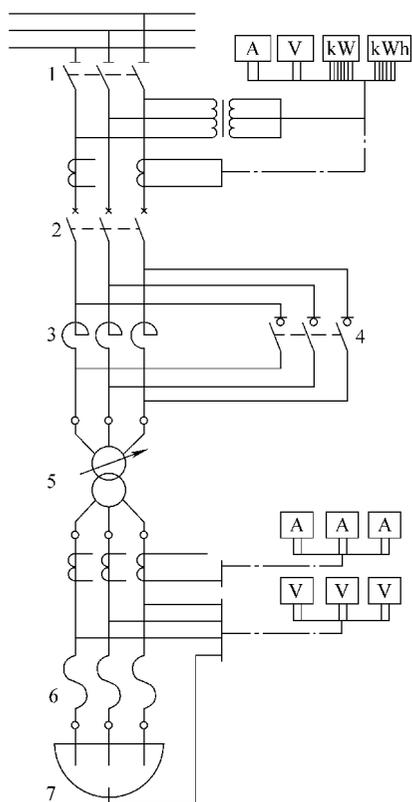


图 6-2 炼钢电弧炉主电路图

- 1—隔离开关 2—高压断路器 3—电抗器
4—电抗器短接开关 5—电炉变压器
6—软电缆 7—电弧炉炉体

以上的住宅及建筑高度超过 24m 的其他民用建筑物和工业厂房,其电气工程和常规电气工程相比,既有不少相似之处,又有其自身的特点。高层建筑消防要求高,设有火灾自动报警和自动消防系统,保安要求高,设有保安防盗自动报警系统,这些系统和管理系统有的用微机控制,形成了自动化很高的复杂的控制系统。高层建筑用电负荷量大,供电可靠性要求高,一般有两套独立高压进户,并设有自备发电机组或静态不间断电源装置。高层建筑人员密集、功能复杂、业务活动繁多,设有公用天线电缆电视系统、对讲系统、保安系统、广播音响系统、程控电话、电传等弱电工程及电梯系统。

上述特点决定了高层建筑电气工程的难度和复杂性,这是要引起高度重视的。高层建筑的电力设备主要有水泵、空调机组、电梯、锅炉设施、通风机、洗衣机、卷帘机、关门机、厨房设备等。在审阅高层电气动力电路时应注意以下几点:

① 看其电缆竖井的位置、大小,每层竖井位置是否一致,竖井小配电间平面布置,配电屏(板、箱)的规格、型号、数量、回路数,回路容量,电气元件的参数、控制电路的设置,是否有直接控制设备及其容量、起动方式、起动设备等。

② 从竖井小配电间看其通往本层各个动力配电箱和设备起动控制柜的管路桥架、线槽布置、敷设方式、管径、导线根数及规格,是否有伸缩缝和敷设障碍及特殊要求,敷设标高位置等。吊顶房间电缆线槽的敷设位置。

③ 每个动力配电箱控制的回路个数、控制元件、被控设备的容量、位置标高、管路布置、导线规格根数、起动方法、是否有控制柜及控制电路的主要元件及控制电路原理等。

10) 电梯系统。看其电梯台数、位置、提升层数或高度、用途、速度、曳引机类别、电动机型号规格、控制方式(继电器逻辑控制、微机控制、程序控制器控制),调速方式(变极、调压、变频)、电源位置、进户方式及其线路敷设型式、井道规格(几何尺寸、底坑深度、顶站高度、土建结构等)、厅门型式(中分、双折、直分、手动、自动等)、轿厢规格(包括载重、装饰、材质等)、安全装置及种类等。

机房布置方式以及曳引机、配电屏、控制柜、选层器,限速器等设备的具体安装位置和尺寸、固定方式及线路敷设方式(管、槽)、电源开关(即极限开关)的位置标高、导向轮的安装位置及穿通地板孔洞的位置。桥箱内操作盘位置标高、盘面布置、楼层显示器位置及管路布置、门行程开关安装位置、照明装饰灯具、排风扇、电话机安装位置及管路布置等。轿厢外各类保护开关、平层感应器、接线箱、极限开关碰铁等安装位置等。井道极限开关、每层的平层感应器、中间接线盒、线槽以及厅门呼梯按钮盒和厅门楼层显示器的接线盒位置等。

看懂电梯电气控制原理图,先分析电源及主电路,然后根据电梯控制方式和调速方式分析控制电路。目前,继电器逻辑控制系统,调压调速控制系统的电梯已被逐步淘汰,取而代之的是电梯程序控制系统和微机变频调速控制系统,特别是微机变频调速控制系统的应用越来越普及,这里就其典型电路进行分析,因各厂商图样上标注的符号不尽相同,这里我们采

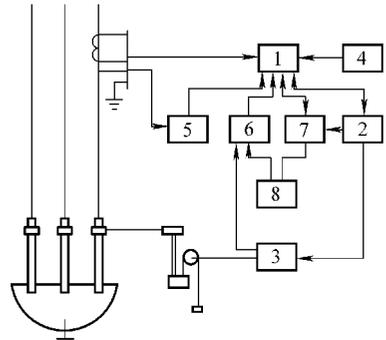


图 6-3 电极升降自动调节系统框图
1—测量比较环节 2—放大环节 3—执行环节 4—给定环节 5、6、7、8—反馈环节

用汉字英文双标注。

① 曳引电动机主变频器 (UFC): 除变频器外与其连接的还有主控电脑板 (SEC-01)、制动单元 (BKU) 包括其制动电阻 (RB)、旋转编码器 (PG) 及反馈卡 (PG-B2), 另外还有电源装置、接触器、继电器及曳引电动机以及这些设备元件的安装位置, 接线方式、管线敷设、规格型号、接线端子位置等。

② 控制电源接线图: 电源进线电压、出线端子及其交流/直流电压值及熔断器设置等。

③ 主控电脑板 (SEC-01) 接线图: 与主控板连接的元件主要有开关电源 (TPB)、上平层感应器 (SQU)、下平层感应器 (SQD)、抱闸接触器 (KMB) 线圈、抱闸强励接触器 (KMZ) 线圈、主接触器 (KMC) 线圈、辅助接触器 (KMY) 线圈、厅门锁继电器 (KAD) 线圈、关门继电器 (KAC) 线圈、串行通信线及相关开关的触点, 相关开关主要有上下强迫停车开关 (SLUT、SLDT)、上下强迫慢车开关 (SSU、SSD)、消防开关 (SWFI)、锁梯钥匙开关 (SRK) 及安全回路继电器 (KAS) 的常开触点、厅门锁继电器常开触点, 辅助继电器 (KMY) 常开触点、抱闸接触器 (KMB) 常开触点, 这些元件、触点的安装位置、接线方式、电源设置、线缆型式及安装方法等。

④ 检修回路接线图: 主控电脑板 (SEC-01) 引出的接线端子及与其连接的控制柜检修开关 (SRP)、控制柜上下行按钮 (SBPU、SBPD)、轿厢内检修开关 (SRC)、轿厢内上下行按钮 (SBCU、SBCD)、轿厅检修开关 (SRT)、轿厅上下行按钮 (SBTU、SBTD) 安装位置、接线方式、电源设置、线缆型式、管路设置及安装方法等。

⑤ 呼梯回路接线图: 呼梯回路均由主控电脑板 (SEC-01) 引出, 上下召唤按钮 (SBU、SBD)、上下召唤指示灯 (HU、HD) 的安装位置标高、个数 (层数)、接线方式、缆线及管路设置。

⑥ 显示回路接线图: 召唤和显示板 (SM-04)、厅外 7 段码显示板其安装位置、个数、接线方式、线缆布置及与主控电脑板 (SEC-01) 的接线方式。

⑦ 轿厢板 SM-02-B 接线图: 与 SM-02-B 板连接的主要元件有开关门到位开关 (SLO、SLC)、安全触板开关 (SQE)、超载开关 (SSOL)、满载开关 (SSFU)、司机/自动转换开关 (SWD)、独立运行开关 (SWV)、直驶按钮 (SBPS) 及上下站钟 (HAU、HAD)、蜂鸣器 (HAB)、超载警示灯 (HOL)、照明继电器 (KAE) 的线圈、开关门按钮和开关门指示灯 (SBOP、SBCL、HOP、HCL) 的安装位置、安装接线方式、管线缆设置等。同时串行通信的接线方式和与指令板 (SM-03-B) 的接入方式也在该图上。

⑧ 指令板 SM-03-B: SM-03-B 安装在轿厢内, 每块板控制点数、与指令灯及指令按钮 (HC、SBC) 接线方式, 缆线规格等。

⑨ 安全制动回路: 安全回路继电器 (KAS) 连接的控制保护触点主要有轿厢急停开关 (STC)、轿顶急停开关 (STT)、安全窗开关 (SSAW)、安全钳开关 (SSAN)、限速器开关 (SSLS)、底坑急停开关 (STL)、轿厢缓冲器开关 (SSCB)、对重缓冲器开关 (SSBB)、断绳保护开关 (SSRG)、上下极限开关 (SLUL、SLDL)、相序继电器 KAP 常开触点, 控制柜急停开关 (STP), 这些继电器、开关、触点的位置、线缆连接方式及保护原理。

与门锁继电器 (KAD) 连接的主要有轿门锁 (SMC)、1 ~ N 层厅门锁 (SMH1 ~ SMHn), 这些继电器、开关触点的位置、线缆连接方式及保护原理。

抱闸线圈 (YBK) 回路连接的主要元件和触点有抱闸维持电位器 (PZ1)、抱闸强激

接触器触点 (KMZ)、主接触器触点 (KMC)、辅助接触器 (KMY) 触点, 门锁继电器 (KAD) 触点及抱闸接触器 (KMB) 主触点。元件、触点位置、线缆连接方式及电源设置。

⑩ 照明回路: 插座 (XS)、风扇 (HFN) 照明灯 (EL) 的电压、安装位置、管线设置等。

⑪ 对讲机回路: 对讲母机 (PHO-M)、对讲子机 (PHO-S) 安装位置、电压设置、线缆及接线方式。

⑫ 门机接线图: 门机变频器 (UFD)、电源设置、去轿厢板 (SM-02-B) 线缆布置、接线方式, 与 UFD 连接的门锁继电器 (KAD)、关门继电器 (KAC)、门机电动机 (MDO)、安装位置、线缆及接线方式等。

⑬ 电缆布线图: 电梯图样中有很多电缆布线图, 如井道的、井道分支的, 厅门锁的、呼梯的、随行电缆的、轿顶的、轿厢的、机房的, 我们在前述中多次提到线缆布置及接线方式, 因此对这些图要掌握接线端子号、连接元件设备, 并与前述元件图一一对应。

⑭ 电梯系统结构图: 电梯系统图按机房、井道、轿厢厅门、底坑上下顺序详细描述了整个系统机房设备 (控制柜、电源、曳引主机、限速器、变频器、主控板等)、井道设备及线缆 (极限开关、安全元件、层门锁等)、轿厢 (轿顶控制箱、安全元件、门机、随行电缆、轿厢板、指令板等)、厅门 (外选召唤盒等)、底坑 (保护元件) 的布置、缆线走向和接口, 应与前述元件图一一对应。微机控制电梯系统结构图如图 6-4 所示。

⑮ 电梯的电气系统还应注意非电元件的布置, 如限速器、安全钳、缓冲器等, 应了解其工作原理、保护功能以及和电气系统的联系。

11) 其他方面。有无特殊类别的动力设备及其特殊要求, 其规格型号、安装位置、管线布置等, 必要时要进行导线、开关、保护的核算。

系统的接地方式、接地要求、接地极 (网) 的布置、接地电阻及主要材料的技术要求, 规格型号等。

二、照明电路

照明电路通常指照明灯具和采用单相电源的电气设备 (如单相电动机、电热设备等) 及其开关、电气控制回路的总称。照明电路容量较小、导线细、控制简单, 但三相电流不易平衡, 控制回路多, 管路复杂、装饰要求高, 给施工也带来了一定的难度。照明在工业生产车间占总耗电量的比率并不高, 但在民用建筑, 尤其是在高层建筑中, 它的耗电量已高达

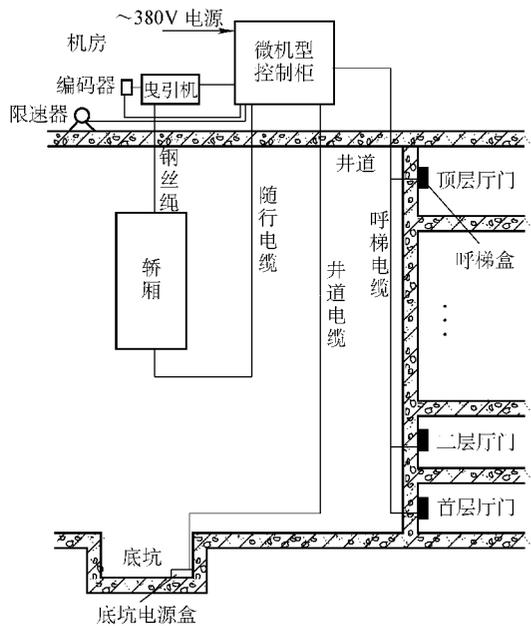


图 6-4 微机控制电梯系统结构图

50%，同样在安装中要引起重视。照明电路应掌握以下内容：

1) 供电方式。民用建筑常采用三相四线重复接地方式供电，也有的采用三相五线供电；工业建筑则根据其容量大小、电费结算方式等因素采用不同的供电方式，如和动力供电共用的三相四线重复接地方式供电、和动力供电分开单独的三相四线、三相五线供电方式。

进户方式要注意进户后的第一个接线点（总配电箱）的位置、标高、规格型号、控制回路个数、容量、主要开关元件等。工业建筑中有的和动力共用一个配电箱（柜），有的则单独设一个照明配电箱。

2) 从总配电箱送出的回路采用的敷设方式、标高位置、敷设材料的规格、导线根数、有无配电箱及其型号规格和控制回路个数，每个回路控制的灯具分布及个数，敷设途径有无障碍，并在平面图上标出分线盒或接线盒的位置标高。控制方式是集中控制还是单独控制，集中控制通常是一个回路只有一个控制开关，控制灯具的个数较多，这种方式一般用在车间、大厅、公共场所。单独控制通常是一个控制开关只控制一个灯具，一般不超过两个灯具，这种方式多用于住宅、办公室或小面积的房间。根据三相负载的容量看其是否平衡及电路分布的情况。

3) 灯具布置情况（包括插座、开关），看其安装方式、标高位置、容量型号、配线布置（管路、线槽、桥架、明敷及规格）、导线规格及根数，回路分布情况，并在图上标出接线盒的位置。管路布置有否交叉和障碍，地面敷设管路要根据管径参照土建施工图，看其水泥抹面厚度能否可靠保护管路，管路分布应参照设备专业图样，要避开热源、气源、水源的管路等。

4) 高层建筑主要是电缆竖井内照明配电箱（柜）的安装位置、回路个数容量、元件参数、通往本层配电箱的配线布置、规格、线径、标高、位置，有否伸缩缝或障碍。对于配电箱及其回路分布如前所述。对于一般的民用楼房主要是电源管路的上下敷设的位置、数量、管径、导线规格及根数，屋内灯具布置同前。

5) 照明电路应注意特殊房间和特殊灯具的布置及管路敷设方式、标高、电源的柜号、导线规格、安装要求等。特殊房间如楼梯间、卫生间、门厅、吊顶房间和大型豪华装饰的房间等；特殊灯具如障碍灯、诱导灯、节日灯、防潮灯、大型华灯、装饰灯、霓虹灯、探照灯等。大型重型灯具、广场照明灯具不但要考虑其管路、导线、控制，还要考虑吊装和安装方法及金工件的加工等。吊顶房间的灯具布置要参照土建图样、核实线槽位置、规格、出线口、导线根数及吊顶开孔的位置和几何尺寸等。

6) 对于重要照明、大容量照明，特别是荧光灯列（群）应对其导线规格、根数、管径、开关元件等进行核算。照明电路要注意系统采用的保安方式以及接地网的设置等。

三、特殊场所电气工程

特殊场所通常指有气体、蒸气、粉尘、静电、纤维等爆炸性混合物和火灾危险物质的场所。熟悉特殊场所电气工程的图样和前述基本相同，现在就几个特殊问题说明如下：

1) 特殊场所的管路或电缆一般为明设且密封良好，导线一般为铜线，电缆应用铠装，采用铝线或非铠装电缆时及整个工程应符合 GB 50257—1996 施工及验收规范和 GB 50058—1992 设计规范中的要求。

2) 设计提供的电气设备和材料的型号规格应和安装场所划分的等级相符，并应核实其生产厂家资质，为物资材料部门订货提供可靠的依据。爆炸危险环境电气设备的选择应符合

表 6-2 中的规定。火灾危险环境电气设备的选择应符合表 6-3 中的规定。其中爆炸性粉尘环境防爆电气设备的选型,除可燃性非导电粉尘环境和可燃纤维的 11 区环境采用防尘结构(标志为 DP)的粉尘防爆电气设备外,爆炸性粉尘环境 10 区及其他爆炸性粉尘环境的 11 区均采用尘密结构(标志为 DT)的粉尘防爆电气设备,并按粉尘的不同引燃温度选择不同引燃温度组别的电气设备。

3) 特殊场所对接地或接零的要求和常规场所不同,其要求应符合 GB 50257—1996 施工及验收规范和 GB 50058—1992 设计规范的要求。

表 6-2 爆炸危险环境电气设备选择表

电气设备种类		旋转电机									
防爆结构 / 爆炸危险区域 电气设备		1 区			2 区						
		隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	无火花型 ^② n			
笼型异步电动机		○	○	△	○	○	○	○			
绕线转子异步电动机 ^①		△	△		○	○	○	×			
同步电动机 ^①		○	○	×	○	○	○				
直流电动机		△	△		○	○					
电磁转差离合器(无电刷)		○	△	×	○	○	○	△			
电气设备种类		低压变压器									
防爆结构 / 爆炸危险区域 电气设备		1 区			2 区						
		隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	充油型 o			
变压器(包括起动用)		△	△	×	○	○	○	○			
电抗线圈(包括起动用)		△	△	×	○	○	○	○			
仪表用互感器		△		×	○		○	○			
电气设备种类		低压开关和控制电器									
防爆结构 / 爆炸危险区域 电气设备		0 区	1 区				2 区 ^⑤				
		本质安全型 ia	本质安全型 ia, ib	隔爆型 d	正压型 p	充油型 o	增安型 e	本质安全型 ia, ib	隔爆型 d	正压型 p	充油型 o
刀开关、断路器				○				○			
熔断器				△				○			
控制开关及按钮		○	○	○		○		○	○	○	
电抗起动器和起补偿器 ^③				△				○			○
起动用金属电阻器				△	△		×	○	○		○
电磁阀用电磁铁				○			×	○			○
电磁摩擦制动器 ^④				△			×	○			△
操作箱、柱				○	○			○	○		
控制盘				△	△			○	○		
配电盘				△				○			

(续)

电气设备种类		灯具							
防爆结构 / 爆炸危险区域 电气设备		1 区				2 区			
		隔爆型 d	增安型 e	隔爆型 d	增安型 e				
固定式灯		○	×	○	○				
移动式灯		△		○					
携带式电池灯		○		○					
指示灯类		○	×	○	○				
镇流器		○	△	○	○				

电气设备种类		信号、报警装置等电气设备								
防爆结构 / 爆炸危险区域 电气设备		0 区	1 区				2 区			
		本质安全型 ia	本质安全型 ia, ib	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	本质安全型 ia	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e
信号、报警装置		○	○	○	○	×	○	○	○	○
插接装置				○				○		
接线箱(盒)				○		△		○		○
电气测量表计				○	○	×		○	○	○

注：表中符号：○为适用；△为慎用；×为不适用。

- ① 绕线转子异步电动机及同步电动机采用增安型时，其主体是增安型防爆结构，发生电火花的部分是隔爆或正压型防爆结构。
- ② 无火花型电动机在通风不良及户内具有比空气重的易燃物质区域内慎用。
- ③ 电抗起动器和起动补偿器采用增安型时，是指将隔爆结构的起动运转开关操作部件与增安型防爆结构的电抗线圈或单绕组变压器组成一体的结构。
- ④ 电磁摩擦制动器采用隔爆型时，是指将制动片、滚筒等机械部分也装入隔爆壳体内部者。
- ⑤ 在 2 区内电气设备采用隔爆型时，是指除隔爆型外，也包括主要有火花部分为隔爆结构而其外壳为增安型的混合结构。

表 6-3 火灾危险环境电气设备防护结构的选型

防爆结构 / 火灾危险区域 电气设备		21 区	22 区	23 区
电机	固定安装	IP44	IP54	IP21
	移动式、携带式	IP54		IP54
电器和仪表	固定安装	充油型、IP54、IP44	IP54	IP44
	移动式、携带式	IP54		IP44
照明灯具	固定安装	IP2X	IP5X	IP2X
	移动式、携带式			
配电装置		IP5X		
接线盒				

- 注：1. 在火灾危险环境 21 区内固定安装的正常运行时有集电环等火花部件的电机，不宜采用 IP44 结构。
2. 在火灾危险环境 23 区内固定安装的正常运行时有集电环等火花部件的电机，不应采用 IP21 型结构，而应采用 IP44 型。
3. 在火灾危险环境 21 区内固定安装的正常运行时有火花部件的电器和仪表，不宜采用 IP44 型。
4. 移动式 and 携带式照明灯具的玻璃罩，应有金属网保护。
5. 表中防护等级的标志应符合现行国家标准中外壳防护等级分类的规定。

第七章 弱电系统审图要点

所谓弱电系统是相对交流电力电路和直流电力电路而言的，在实际生产当中，习惯上把传输电流或负载电流以安培（A）计的电路叫做强电系统，也就是三相或单相交流电路及直流电力电路。而把传输电流或负载电流以毫安（mA）计、电压以毫伏（mV）计或传输数字信号的电路并且往往是直流脉动信号的电路叫做弱电系统。弱电和强电经常是互相依存的，特别是在电气控制系统、电力保护系统和自动控制系统中用弱电（主要是电子技术、微机技术）控制强电，实现自动控制和继电保护的电路越来越多，有以弱控强的趋势，正如前面讲述的电力继电保护装置、电动机及电气控制系统和电梯电路，把强电和弱电有机地结合起来，实现自动控制和保护功能。而我们这里要讲述的弱电系统主要以弱电信号为主的工作系统，有火灾自动报警及消防系统、通信广播系统、有线电视系统、防盗报警系统、微机控制系统和管理系统。

弱电系统在现代建筑中占有很重要的地位，决定着建筑物功能的实现，读图时要参照照明电路，特别是各种设备、元件的电源和安装位置，避免混乱。弱电系统的新元件、新设备、新材料层出不穷，必须查看说明书等技术文件。

一、火灾自动报警及消防系统

该系统包括自动报警和自动消防两个子系统，自动报警是将探测器安装在现场，当有火灾即将发生时，探测器发出电信号给报警器，报警器则显示火灾地点并发出声光信号。自动消防系统是接受到报警器的火灾信号后由执行器开启现场的消防设施，将火熄灭。工作人员接到报警器的信号后可手动开动执行器，也可赶到火灾现场处理事故。熟悉图样有以下内容：

1) 消防中心在建筑物中的位置（一般设在首层）、电源进户方式、电源部位柜号及电缆规格型号、室内设备布置、是否有微机系统等。室内主要设备有集中报警装置、电源柜、直流柜、消防泵起动柜、操作信号柜、电话、广播设备等及其规格型号、接口电路及模块、安装要求。电缆沟布置、进出管路布置排列、照明空调布置，要注意弱电和强电管路的区分。

首层有否区域报警器，首层报警器一般由集中报警器代替，但往往大面积的建筑物，每层将分成几个火警区域，每个区域各设一个区域报警器。应看其位置、标高、安装方式（明、暗、落地、台上、墙内等），由集中报警器至区域报警器管路的敷设、标高位置、管径规格、导线型号规格及根数，有无敷设障碍、交叉、伸缩缝等。

2) 首层各个区域和房间火灾探测器的布置、型号、规格及数量、安装方式、接口电路及模块、标高位置、管路型号规格及布置、导线型号规格及根数、有无特殊房间及其探测器的布置排列、吊顶房间探测器的开孔位置大小及其顶内管路布置，吊顶层内有否探测器及其管路布置。有无自动消防装置，采用的自动灭火方式是洒水系统还是干粉系统，其管路布置、控制方式、和消防控制中心的联络方式等。洒水系统要看其与消防泵的通水管路和电路的联络及喷头、水流指示器、湿式报警阀的布置和安装要求等。干粉系统要看其灭火剂、贮

气瓶、选择器、手动阀等元件的安装位置、要求及和消防中心电气的联络等。

3) 再看由首层通往二层的电气管路及二层的区域报警器, 在高层建筑中通常将电缆直接敷设在电缆竖井中, 这个竖井是弱电竖井, 它和前面讲的强电竖井是分开设的, 一般的建筑由电气管路来完成。其他内容和首层相同, 不再赘述, 然后再看三层、四层……, 依此类推。在熟悉该类图样时还要结合给水专业的图样, 或与给水专业的技术人员一起读图, 这样更有助于对图的理解。有关消防泵等有关动力内容和前述动力电路相同。

火灾报警和消防系统的关键在于探测器和报警器产品本身的可靠性和系统设计方案选择的正确性, 因此要核实探测器的选择、报警器的选择、方案的选择以及管路、导线型号规格及根数等。对于探测器、报警器的生产厂家要核实其资质, 对其电路要看懂原理和功能, 特别是报警器, 它是一种逻辑电路, 元件多、电路复杂, 要有很好的电子技术基础才能看懂, 请读者参阅有关专著。另外, 要看清系统采用的是多线制还是少线制, 少线制系统还要熟悉元件的编码方法。

二、通信广播系统

通信广播系统分室内、室外两种。一般民用建筑只有室内一种, 而工业建筑既有室内部分又有室外部分。近几年通信广播设备越来越先进, 但其传送线路仍和照明线路基本相同。

1. 室内通信

先看机房位置、电源进户方式、供电方式、接地方式、机房设备布置、电缆沟布置、电话局通信外线进户方式和第一个接线点位置(室外交接箱、室内交接箱、电话分线盒)及接至主机的方式布置, 出线管路布置排列及敷设方法等。机房设备交换机、交流电源屏、直流屏、配线架、诊断台、打印机、话务台、自备电源等的规格型号, 了解其功能原理。

再看线路敷设方式、线槽管路布置、规格型号、导线对数、特别要注意上通下通线路的敷设。高层建筑弱电竖井对应每层有接线与分线处, 并且注意通往每个房间或电话间的管路布置敷设等。

最后看电话插座或用户盒的布置、位置、标高、个数、规格型号及安装方式等。

2. 室外通信

室外通信本书只讲述一般工业厂区, 市政通信网络不在本书讲述范围。室外通信主要是厂区线路部分, 进户后见室内通信, 通信线路有架空线路和通信电缆两种, 通信电缆又分架空电缆和地下电缆两种, 架空线路和架空电缆一般都和电力线路用杆架设, 在经过建筑物最近的杆上, 装有电话分线盒。地下电缆又分为直埋和电缆沟(或电缆隧道)两种, 在进户处有分线盒。要看电缆、电线、分线盒的规格型号, 数量、架设标高或埋设深度、途径及电缆沟(隧道)的结构布置、金工件规格数量及加工图等。

3. 室内广播音响

1) 先看机房位置、电源进户方式、接地方式、机房设备布置、电缆沟设置、出线管路布置、回路个数、高层建筑弱电竖井对应每层的分线盒及通往房间或用户的管路敷设, 机房设备扩声机、前级增音设备、音频处理设备等的规格型号, 有否不间断电源, 有否节目演播厅及其照明、电源插座布置等。回路控制板的结构加工图、盘面控制开关布置、安装位置标高及和管路的衔接等。

2) 再看每层扬声器或音响的布置、安装位置标高方式、个数、规格型号、房间的管路布置敷设方式及其和扬声器的衔接, 管路规格型号、层与层之间上下管路的布置及连接、导

线规格型号及根数等。对照回路控制板及系统图分清每个房间的回路、扬声器有否开关控制及其开关的安装位置和安装方式，公共场所和普通房间要分开，和照明及其他弱电系统要区分开等。

3) 看广播系统、信号传输系统采用的方式。通常将广播系统输出功率馈送方式分为有线 PA 式和 CAFM 式两种，其中 PA 式又分为高电平和低电平信号传输系统两类。

有线 PA 式高电平信号传输系统如图 7-1 所示。因为有功率放大器，则能直接驱动扬声器，且为定压输出，故为高电平信号传输系统。

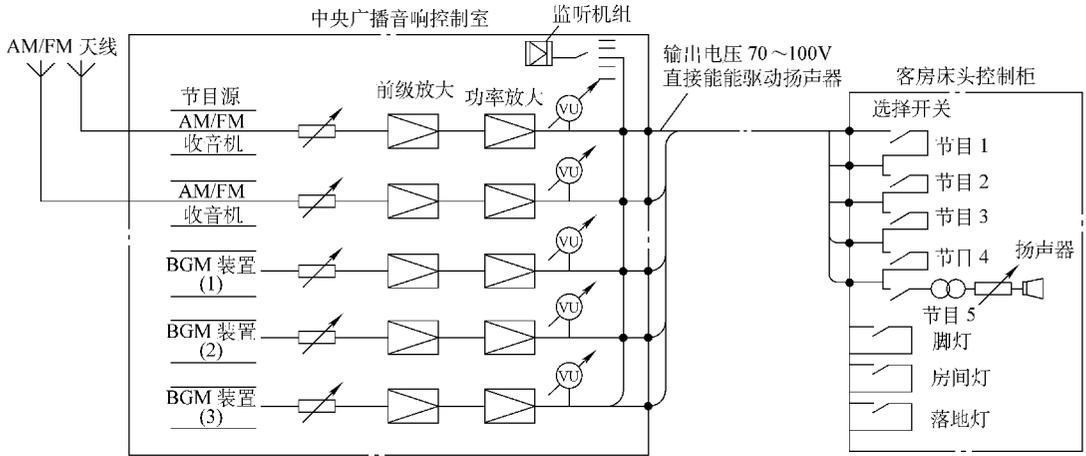


图 7-1 有线 PA 式高电平信号传输系统

有线 PA 式低电平信号传输系统如图 7-2 所示。系统将功率放大器设在用户终端，中央系统输出 0dB 不能直接驱动扬声器，故为低电平信号传输系统。该系统线路上不产生串音，但终端设有放大器，费用偏高。

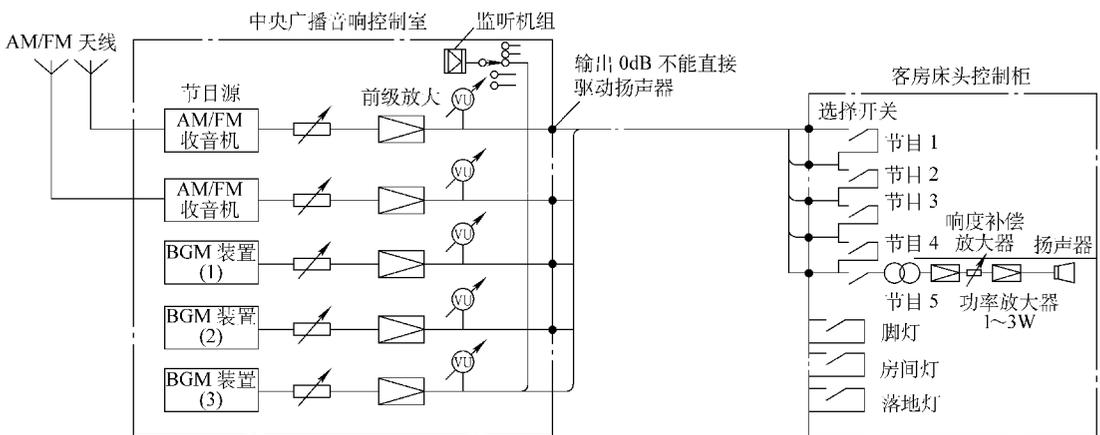


图 7-2 有线 PA 式低电平信号传输系统

CAFM 调频信号传输系统如图 7-3 所示。它是将节目源的输出信号，通过调制器将音频调制到射频并以调频频率 88 ~ 108MHz 按所规定的固定频段进行分配，将节目源的信号调制成 VHF（甚高频）频段的载波频率信号，再与电视频道信号混合后接到共用天线电视接收

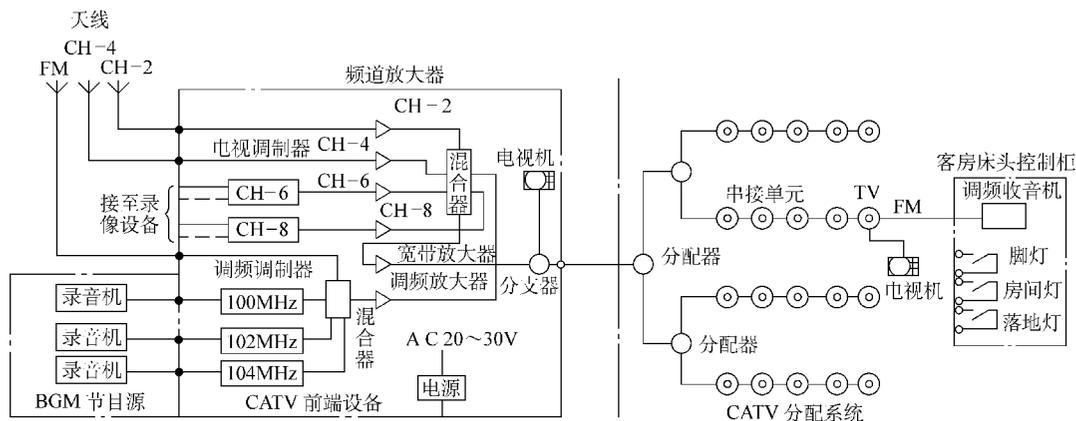


图 7-3 CAFM 调频信号传输系统

系统的电缆线路中去，用户终端设置调频收音机，将其天线插入电视机插座的 FM 孔内即可收听调频广播，电视机天线插入 TV 孔内可收看电视节目。

4. 室外广播音响

室外广播音响和室外通信基本相同，前有详述，现在说明一些未曾涉及的问题。主要是扬声器安装的杆号、数量、安装方式、线间变压器配置等，和电力线路同杆架设时要结合电力线路的杆型结构图查出广播通信线路横担的设置及标高及金具等。

对扩声机、扬声器、线间变压器主要元件要进行核算。

三、电缆电视系统

电缆电视系统是将共用天线接收来的电视信号先经过处理，然后由专用部件再将信号合理地分配给多台电视接收机。电缆电视分有闭路电视和无闭路电视两种。

1) 天线位置、高度、结构、形式、接收频道数量、引下电缆穿管的位置、管径、敷设方法、有无天线放大器及其设置位置方法、有无避雷装置及其引下线的敷设方法、缆风绳的设置、根数和材料等。

2) 机房设置、电视信号引下电缆的位置、敷设方法、电源引入方式及位置、设备平面布置、前端设备型号规格、安装方式（墙挂式、台式和立柜式）、电视信号输出电缆回路数、敷设方法、位置等。演播室的布置及和机房的联络、控制台、信号发生器、监视器、电影机、伴音设备、录像机、摄像机的位置及电源、灯光设置等。

3) 从顶层往下逐层查看各个房间分配器、分支器、线路放大器、电视插座的位置、安装方式、标高、个数、型号规格、电缆管路的敷设方法、走向、管径、型号规格及上下层穿引方法、位置等，高层建筑的弱电竖井及其在各层的分支设置和通至用户盒的管路布置等。标准房间和特殊房间的布置不同，要分别查看。

4) 一般无闭路电视的系统主要看其前端设备的安装位置、标高、引出电缆的根数和敷设方法等，其他同前。

电缆电视系统要核实设备、电缆、元件的选择。读图时要将需要加分线盒或接线盒的位置标出以便统计。

四、防盗保安系统

防盗保安系统种类很多，现以两种常见的为例，说明读图应掌握的内容。

1. 对讲机-电锁门保安系统

对讲机-电锁门保安系统如图 7-4 和图 7-5 所示。

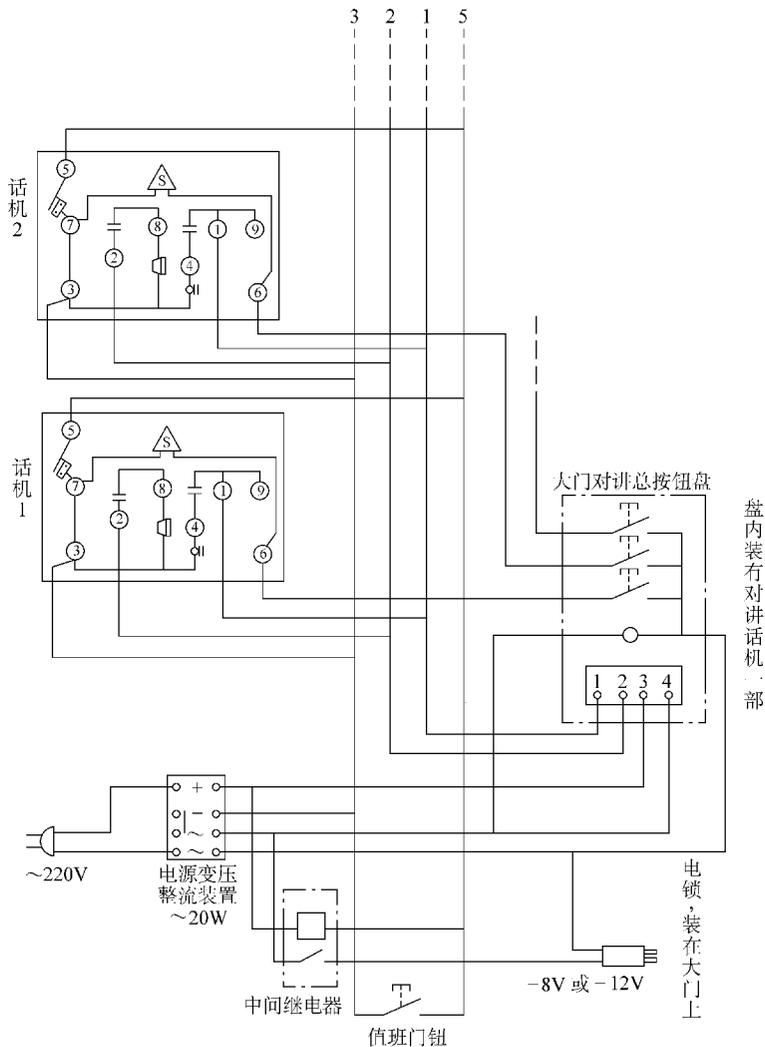


图 7-4 对讲机-电锁门保安系统原理图

1) 电锁、总按钮盘的位置、标高、安装方式、管路布置、导线根数、管路敷设有无障碍交叉；按钮盘的盘面布置、型号规格，回路个数、电源供电方式，分析按钮盘的功能原理。

2) 从首层向上逐层查看每个单元的对讲机插座的位置、标高、安装方式，一层中途接线箱的位置、标高、安装方式及其送出至该层每个对讲机的管路布置，直至二层、三层……。中途接线箱一般每十层设置一个，并且安装位置在纵向轴线上是相同的。

3) 有无电视摄像机和传声器，其安装位置、电源位置、安装方式、调制器箱安装位置及电源，其视频输出同轴电缆和音频输出电缆通往 CATV 前端的管路布置等。这样对讲机-电锁门保安系统便构成了可视-对讲-电锁门保安系统，在这个系统中，其用户对对讲机插座应

在电视天线插座同一标高且相隔不大于 30cm。

2. 闭路电视保安系统

1) 被监视目标个数（也就是摄像机台数）、安装位置、安装方式、管路敷设、电源位置、隐蔽方法、通往保安控制中心的途径有无障碍、注意标出中间分线盒和接线盒的位置及数量。

2) 监视器台数、集中监控还是分散监控；保安控制中心的位置、设备布置、电源入户供电方式、电缆及管路布置、电源柜、控制台、电话交换机、直流屏等设备的规格型号、进出管路布置及导线规格根数等。高层建筑要注意弱电竖井通往各层和保安中心的管路及线槽的布置。

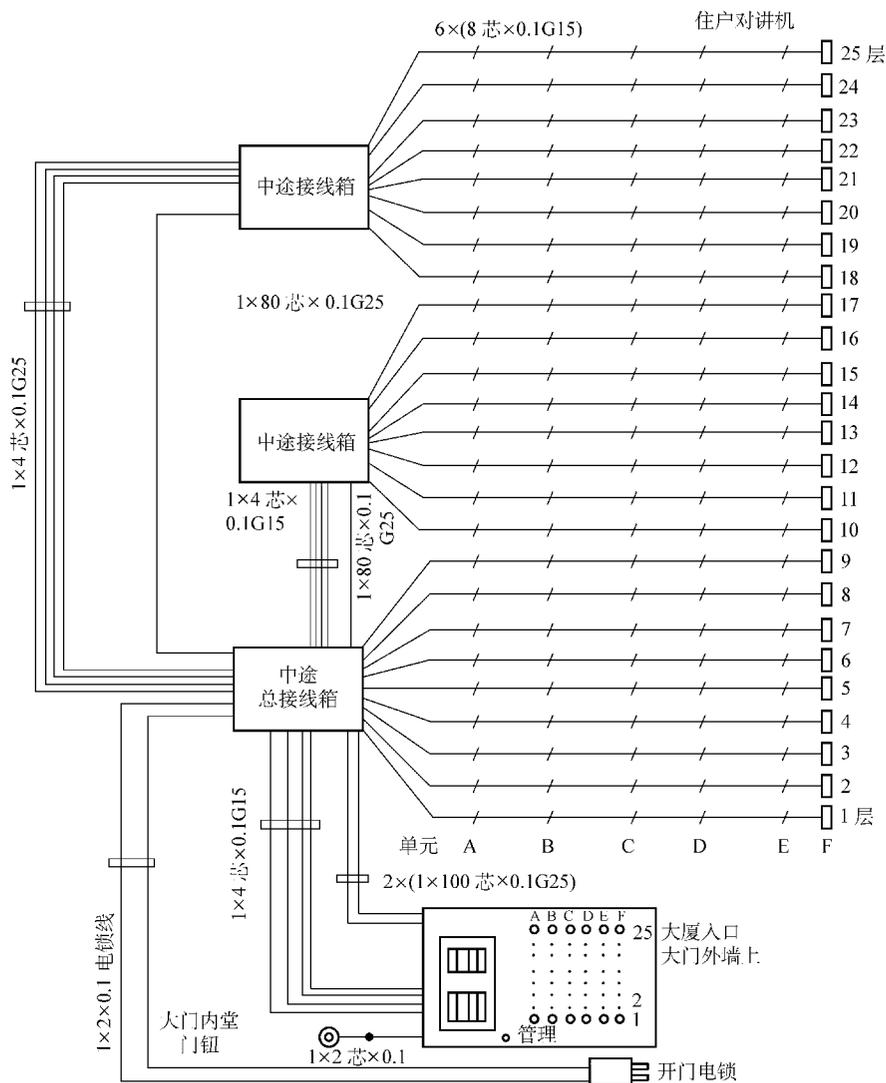


图 7-5 对讲机-电锁门保安系统线路布置图

五、网络系统

1) 光缆/电缆进线方式、标高位置，第一进户点位置及装置名称，线缆、装置的规格、

型号、数量。

2) 综合布线系统图及平面布置、层数、房号及进线方式, 调制解调器型号、电源及接线方式。

3) 机房布置、电源位置、进出线缆方式位置及数量, 计算机、网络管理站、UPS、服务器、数据存储设备、路由器、防火墙、交换机等的规格、型号、台数、接线方式、电源电压、连接线缆的型号和规格等。

4) 接地要求、方式, 网点、设备之间的通信方式及设备。

5) 综合布线系统使用的型材、管材、铁件、对绞电缆、光缆、光电转换器、接插件、机柜的规格、型号、敷设安装要求, 与机房接口电路及方式等。

六、楼宇/小区/厂区集中监控系统

1) 监控范围主要有变配电系统、防盗保安系统、火灾自动报警及消防系统、通风空调系统、公共照明系统、给排水系统、供热及其交换系统、冷冻及冷却水系统、电梯及扶梯系统、厂内主要设备运行状态等子系统。

2) 电气设备、材料、成品(半成品)、传感器、变送器、执行器、电动阀门、现场控制器、网络系统设备、接口电路或模块、线缆等的型号、规格、数量、安装/敷设方式、位置、标高、信号规范、接地方式及要求等。

3) 监控的主要要求及目的如下:

① 变配电系统主要有电压、电流、功率、功率因数、电能负荷及其曲线、大型电机、变压器、UPS、自备发电机组的运行温度、油位、工作状态等。

② 防盗保安系统各监测部位的人流、事态、有无异常等。

③ 火灾报警及消防系统各监测部位有无火灾信号、喷淋系统、消防系统工作状态、有无异常等。

④ 通风空调系统各部位的温度、湿度、新风量、预定时间自动启停、节能优化控制工作状态及重点测控点的温度、相对湿度、压差、压力、风机、风阀、百叶窗、加热器、电动阀门的工作状态。

⑤ 公共照明系统中公共区域、过道、园区、景观等监控部位的照度、时间控制准确度、开关动作正确性等。

⑥ 给排水系统的液位、压力、水流、水泵、电动机运行状态、报警功能及自动调节水泵转速、投运水泵切换、管道堵塞、溢流、故障报警、保护功能等。

⑦ 供热系统负荷调节、预定时间自动启停、节能优化控制状态及设备运行状态参数、故障异常状态、百叶窗开闭等。

⑧ 冷却及冷却水系统的系统负荷调节、预定时间自动启停、节能优化控制及设备运行状态参数、故障异常报警功能等。

⑨ 电梯及扶梯系统运行状态、故障异常、人流情况等。

⑩ 监控系统与子系统通信接口、连接方式、线缆的型号及规格等。

⑪ 主要设备及大中型电动机运行状态、振动、声音、转速、外壳温度、电流、功率, 主要系统的温度、压力、流量、液位、仪表指示及运行情况等。

⑫ 各类传感器、执行器、变送器、控制箱、变频器、接口电路及模块、电源设置、接线方式等。

⑬ 其他与监控系统相关的设备、线缆、管道、接口方式、电源设置等。

⑭ 系统接地方法及要求。

七、办公自动化系统

1) 有无局域网、总线设置敷设方式及距离、层数、房间数、接口电路及路由器、微机台数、机房设置、电源接地等。

2) 每层各房间引入线缆方式、调制控制器设置、电源及办公设备配置情况（如打印机、扫描仪、传真机等）。

3) 局域网涉及范围，如财务、设备、档案资料、工程预决算、会议或会话、人事管理、技术管理、安全管理、策划及投标、商务往来、技术开发、员工培训、工资管理、统计报表、自办节目、招商广告、招聘信息、客户来访等。

八、微机控制及管理系统

微机控制及管理系统主要指高层建筑或大型建筑物（群）中各种机电设备、消防系统、保安系统、办公作业系统、业务经营系统、通信系统等实现自动化管理和监控的系统；在工业生产中实现自动控制也常用微机来实现。

1. 微机管理和监控系统

1) 中央控制室的位置、地板结构、供电方式、接地方式及要求、室内设备布置。主要设备中央处理器（CPU），包括存储器、磁带机、数字输入/输出控制器、调制解调控制器、电源等）、CRT 屏幕显示器、CCRT 彩色图像显示器、PRT 打印机、记录仪、模拟显示板、不间断电源（UPS）、紧急广播系统、电梯监控台、闭路电视保安监控系统、紧急电话系统、对讲电话系统、柜式空调机组、可燃气体监控屏、电源柜等的规格型号及其进出管线电缆布置走向、回路，照明、火灾报警、防静电装置等设备的布置。

2) DGP 数据收集站的个数、分布位置、安装方式、输入和输出回路的电缆管线的敷设方式、管径及线径根数、了解 DGP 的功能等。DGP 主要是将传感器的模拟输入标准信号转换成数字信号送入主机 CPU。

3) 每个 DGP 的控制点数、检测元件、执行元件和变送器个数、分布、安装位置、安装方式、管线敷设，一般信号采用 $0.5 \sim 1.5\text{mm}^2$ 的铜芯导线或控制电缆，紧急广播、紧急电话火灾系统、电气设备系统一般用防火电缆或耐热电缆竖井的明设。

DGP 框图如图 7-6、图 7-7 和图 7-8 所示。

微机管理和监控系统根据建筑物的用途不同常对以下项目进行监控：消防系统、空调及通风系统、变配电及备用紧急电源、动力和照明系统、自动装置控制系统、电梯系统、紧急广播和电话系统、保安系统、给排水系统、锅炉运行系统、巡更对讲系统等。微机系统监控点多有的要上万点、管路复杂，与其他动力、照明、弱电混在一起形成了很大的繁杂网络，要分清每一管线的用途、规格、导线根数及应加设的分线盒，还有弱电竖井内各条电缆的走向及用途等，最后还应了解软件及操作系统。

2. 微机自动控制系统

微机自动控制系统和微机管理监控系统相比要简单得多，检测点多则几十个，少则几个，管线少而短，一般应掌握以下内容：有无控制室、电源位置、主机和主要设备（包括打印机、显示器、A/D 板、D/A 板、交流稳压电源）规格型号、安装位置及方式、信号回路的敷设方法及电缆导线型号规格、接地要求及方式等。

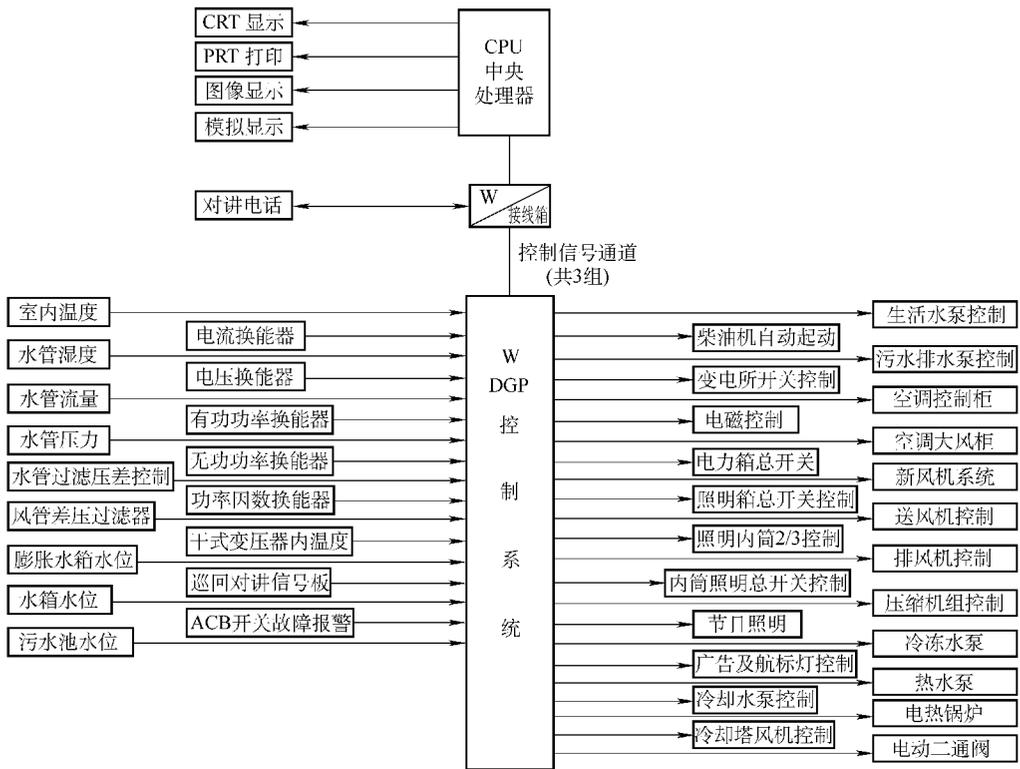


图 7-6 设备监控系统主框图

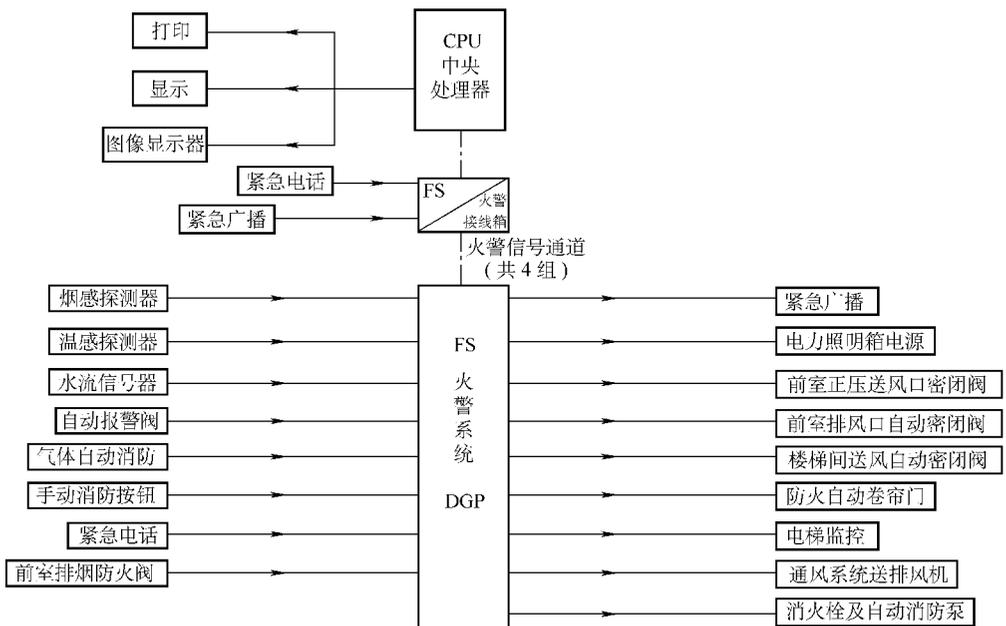


图 7-7 火灾报警系统监控框图

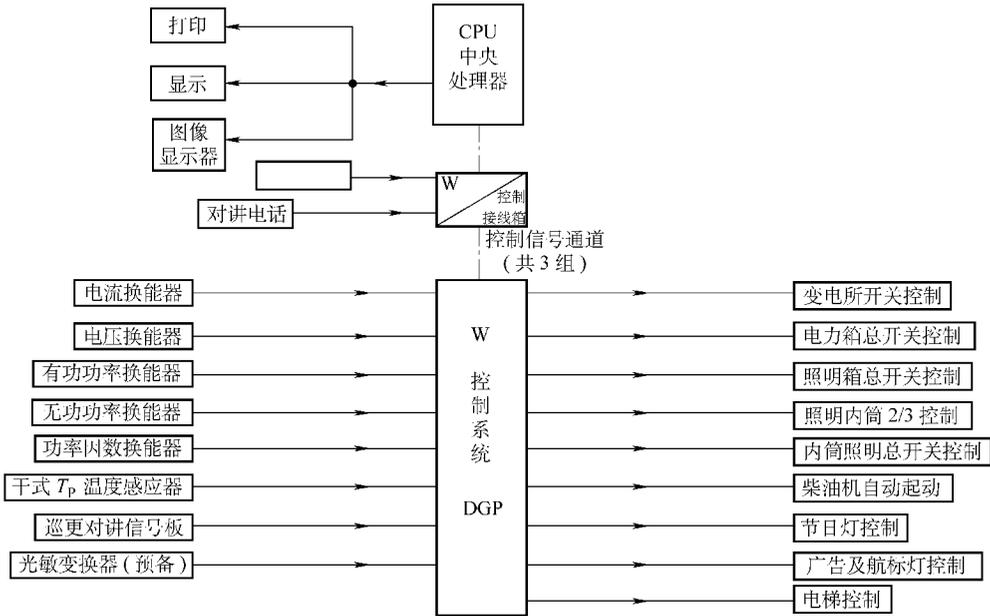


图 7-8 电气系统监控框图

传感器、变送器、执行器的型号、规格、个数、安装位置、传输管线的敷设走向、有无屏蔽保护等。

了解软件和操作系统，对照原理框图掌握系统的工作原理。

第八章 空调自控系统审图要点

空气调节自动控制系统对空气的风量、湿度、温度、二氧化碳浓度等参数或某些参数进行调节、指示报警而达到舒适要求；工艺上和给水专业密切联系，并配以传感器、变送器、电动阀、仪表装置，与电气装置组成闭环控制系统，实现对空气的自动调节。因此审阅这些图样时应与给水专业图样相结合，这里仅对电气及自控图样的审图要点加以说明。

一、风机盘管自控系统

1. 风机盘管自控系统的控制方式

我们把场所的温度测出（实际值）与场所需要温度（设定值）进行比较后去调节风机的转速和进水阀门的开度或通断，这样就构成了最简单的自动控制系统。风机盘管是空调系统的末端设备，其控制方式可分为三种：一是仅手动控制风机的风速；二是既控制风机的风速又控制供水阀门通断的位式调节；三是既控制风机的风速又控制供水阀门开度的比例调节。

2. 风机盘管自控系统采用的管制形式

1) 两管制手动控制风速控制。进出水管路共两根，可通热水（冬天）或冷水（夏天），管路无阀门控制，仅用三速开关控制风机的转速，分高、中、低人工调节温度。

2) 两管制送冷风控制。进出水管路共两根，只通冷水，管路水流由电动阀门控制，用温度三速开关控制器控制风机的转速和阀门的开度或通断，分高、中、低自动调节温度，适用于夏季。

3) 两管制送热风控制。与2)相同，但只通热水，适用于冬季。

4) 两管制送冷风/热风控制。进出水管路共两根，可通热水或冷水，管路设电动调节阀，用温度三速开关控制风机转速和阀门，并用工况转换开关确定冷热工作状态，也分高、中、低自动调节温度，可用于冬季或夏季。

5) 四管制送冷风/热风控制。进出水管路共四根，冷水、热水分别用其两根管进出，冷水管热水管分别设电动调节阀，用温度三速开关控制风速和阀门，分高、中、低自动调节，夏季开冷水，冬季开热水。

3. 两管制送冷风/热风控制

两管制送冷风/热风控制电气原理图如图 8-1 所示。

1) 风机电机容量、额定电压、电源及管路设置，盘管形式，温控三速开及接线方式和线缆规格，工况开关型号、接线方式及其管线设置，电动调节阀规格、电源电压及其管线设置。

2) 采用的调节方式，调节系统采用的电源电压、温度传感器型号及其信号性质，调节电源电压的线缆及管路设置。

3) 工况开关、温控三速开关安装位置，标高、线路设置。

4) 其他供水专业相关图样。

5) 四管制基本与上述内容相同。

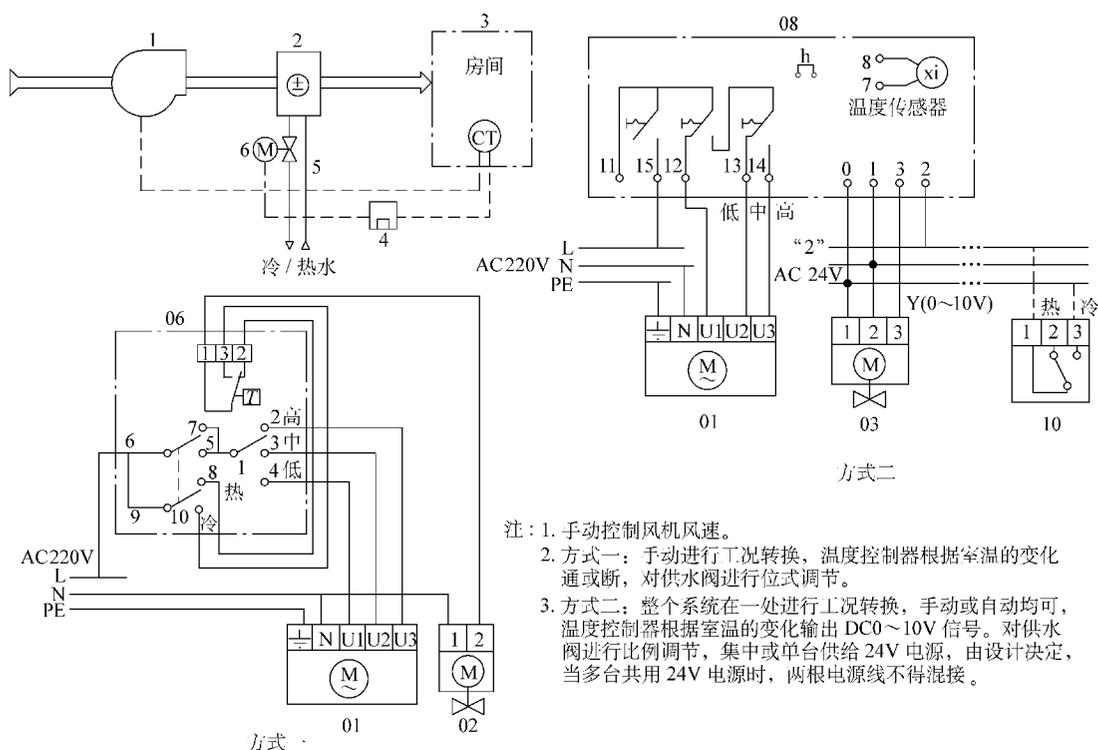


图 8-1 两管制送冷风/热风控制电气原理图

二、新风及空气处理机组自控系统

机组分两大类，即新风处理机组（简称新风机组）和空气处理机组，这两类有很多相同之处，所不同的是新风机组只设一路风管，即新风—送风管，而空气处理机组则设两路风管，即新风—送风管和回风—排风管。另外新风机组无二氧化碳浓度的测量，而空气处理机组设置了二氧化碳浓度的测量和调节装置，提高了空气品质，这也是空气处理名称的由来。在自动控制和调节上，两类机组也有较大的差异。

1. 新风机组按供水管路分类的形式

1) 两管制送冷风控制，冷冻水管共设两根，并由电动三通阀控制，风管设电动对开调节阀、空气过滤器、送风机、温度传感器等，并设有报警、联锁、信号及仪表装置。

2) 两管制送冷/热风控制，冷冻水和热水共用两根管路并由工况转换开关确定工况，增设温度限位装置，其他与 1) 基本相同。

3) 两管制送冷/热风且加湿控制，增设蒸气加湿器，并由电动阀门控制，其他基本与 2) 相同。

4) 四管制送冷风和热风控制，冷却水和热水分别由各自的两根管路输送到冷却器和加热器，均用电动阀控制，其他基本与 1) 相同。

5) 四管制送冷风和热风且加湿控制，基本与 3) 和 4) 相同，并设最大信号选择器。

2. 空气处理机组按供水管路分类的形式

1) 二管制送冷风控制，新风送风管上设置与新风机组 1) 相同，回风排风管上设排风机和排风电动对开调节阀，风管均设温度传感器。室内设温度、二氧化碳传感器，进行温

度、二氧化碳调节指示,系统进行自动调节。

2) 二管制送冷/热风控制,供水管路冷热水共用,工况由工况开关确定,其他与1)相同。

3) 二管制送冷/热风且加湿控制,新风送风管增蒸气加湿器,由电动阀控制,并设湿度传感器,其他与2)相同。

4) 四管制送冷和热风控制,冷却水和热水分别由各自的两根管道输送到冷却器和加热器,均用电动阀控制,其他与1)相同。

5) 四管制送冷风和热风且加湿控制,基本与3)和4)相同。

3. 新风机组两管制送冷/热风加温控制系统

1) 新风机组两管制送冷/热风加温控制系统如图8-2所示。

2) 电动对开多叶调节阀、送风电动机、温湿度传感器、温湿度调节器、电动风阀、压差开关、温度开关、湿度开关及其电气元件规格、电源电压及设置、管线敷设、接线方式、安装位置、输出信号和接口电路等,电动机控制方式、起动方式、保护装置、联锁装置等。

3) 空气处理机组除上述内容外,又增加了显示仪表、焓值调节器、补偿调节器、电压给定器等。参照前述内容记录相关数据。

三、制冷机组自控系统

制冷机组是为空气调节系统提供冷冻水及其他制冷装置提供冷源的机械装置,有着整套的自动控制系统。系统设置各类电动阀、电磁阀、调节器、传感器、压差或压力控制器、水流信号装置、仪表及配套元件等,加之常规的电气控制装置,构成了复杂的自动控制系统。

1. 机组的分类

机组一般是按机组的机械结构分类的,可分为活塞式、螺杆式、离心式、溴化锂吸收式及其他形式的制冷机组。其中活塞式、螺杆式、离心式机组一般由制冷机、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔风机组成机泵(附泵)系统,几个机泵系统又组成一个大系统,可分为:

1) 一台制冷机一套附泵系统(简称一台制)。

2) 两台制冷机两套附泵系统(简称两台制)。

3) 三台制冷机三套附泵系统(简称三台制)。

溴化锂吸收式制冷机组由发生泵、冷剂泵、真空泵及配套的冷却水泵、冷水泵及冷却塔风机组成。

2. 溴化锂吸收式制冷机组

1) 发生泵、冷剂泵、真空泵的容量、管线布置,规格型号,控制柜回路个数、安装位置、电源设置等。

2) 温度仪表、液位仪表、压差调节器、电动阀等型号、规格、台数、安装位置、管线设置、电源电压及设置等。

3) 信号装置及其管线设置电源电压、供水专业接口等。

溴化锂吸收式制冷机组示意如图8-3和图8-4所示。

3. 其他型式的制冷机组

除泵及其电气系统外,主要掌握仪表及自动装置方面的设置,如温度传感器、调节器、第二步继电器、差压控制器、水流开关等型号、规格、分数、安装位置、管线设置、电流装置及电压等。

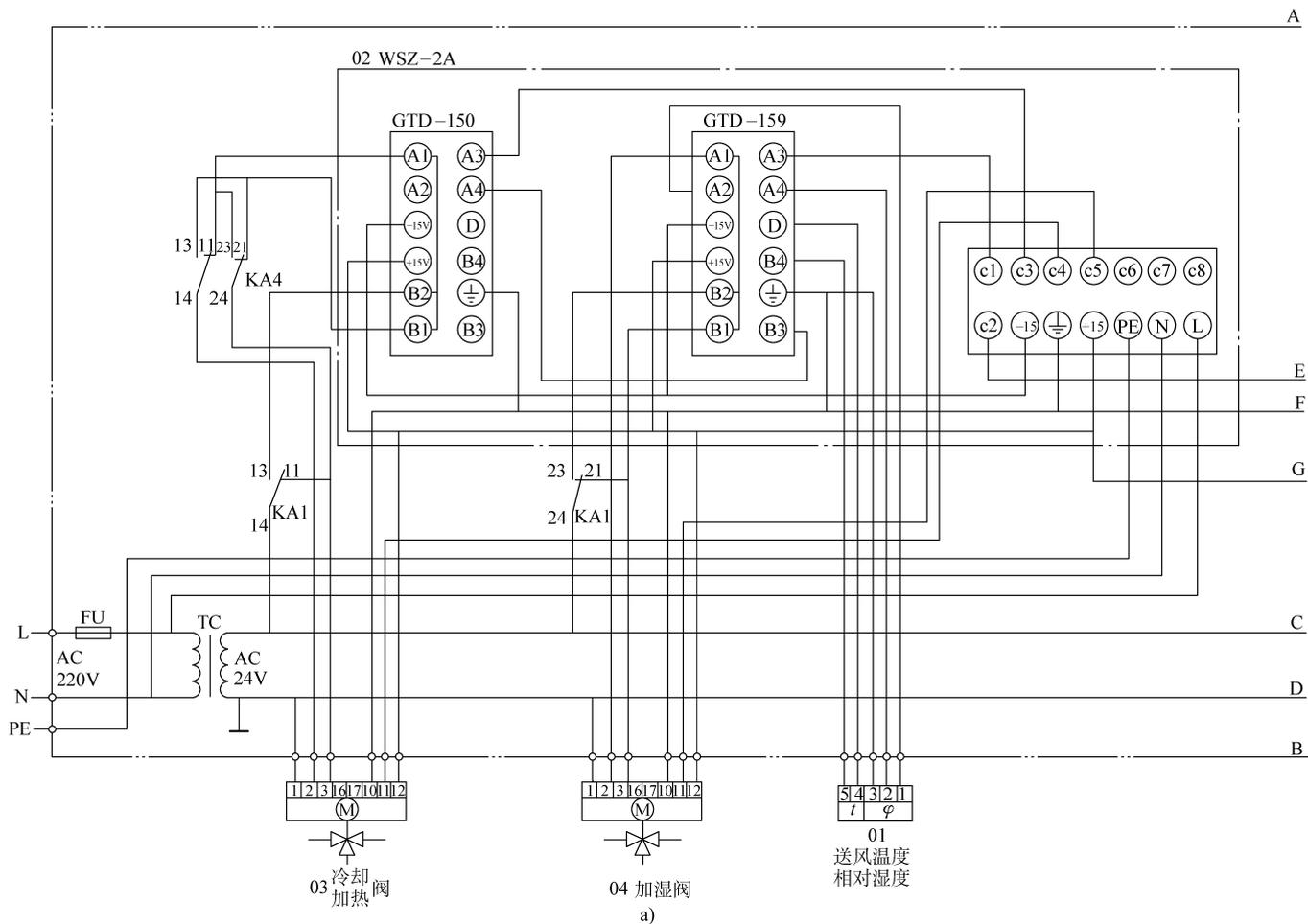


图 8-2 新风机组两管制送冷/热风加温控制系统图

a) 温度调节器接线图

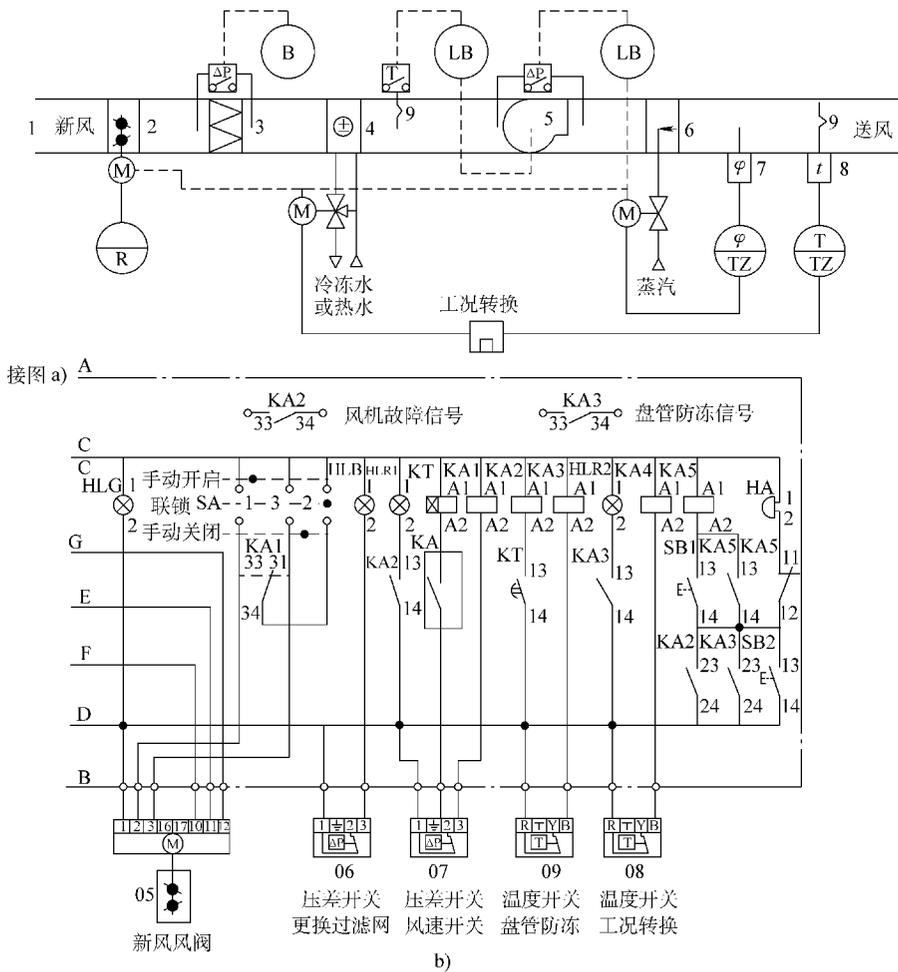


图 8-2 新风机组两管制送冷/热风加温控制系统图(续)

b) 系统及控制原理图

所需器件:

编号	器件名称	型号	符号	器件名称	型号
01	温湿度传感器 (送风)	DWS-6P (10-40℃ 30%-90%RH)	FU	熔断器	RT9-20/6A
02	温湿度调节器	WSZ-2A (GTD-150) (GTD-159)	TC	控制变压器	DBK2-250VA AC 220V/24V
03	电动调节阀 (冷却/加热)	ECSVD (AC 24V)	KA1 KA4	中间继电器	HH54W AC 24V
04	电动调节阀 (加湿)	ECSVD (AC 24V)	KA2 KA3 KA5	中间继电器	HH54 AC 24V
05	电动风阀 (新风)	ESM (AC 24V)	KT	时间继电器	JSF-12 AC 24V
06	压差开关 (过滤网)	CYM (AC 24V)	SB1	控制按钮	LA101-P11-2230
07	压差开关 (风机)	CYM (AC 24V)	SB2	控制按钮	LA101-P11-2250
08	温度开关 (工况转换)	A190HK	SA	主令开关	LS2-3
09	温度开关 (盘管防冻)	A11D-4	HLG	信号灯	AD11-10/11 绿色
			HLB	信号灯	AD11-10/11 蓝色
			HLLR1 HLLR2	信号灯	AD11-10/11 红色
			HA	电铃	UC4-75 AC 24V

注: 1. KA 为风机起动装置引来的风机起动信号。

2. 阀位显示信号电源为 DC +15V, 应将反馈电阻调整为输出 DC 0~10V。

3. 01 温湿度传感器接线应采用有绝缘护套的四芯屏蔽导线 (如 RVVP 型), 端子 3 接屏蔽层。

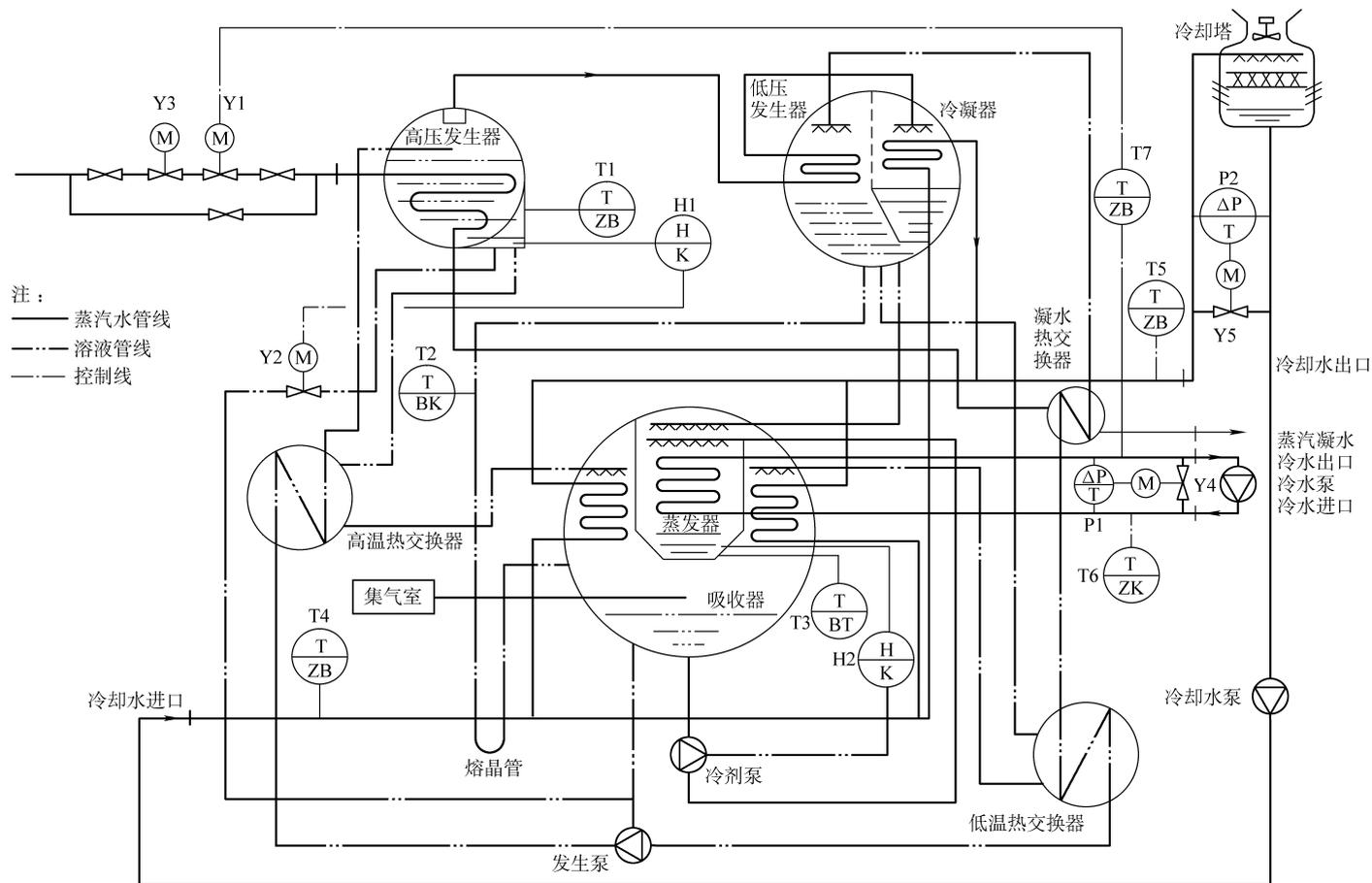


图 8-3 溴化锂吸收式制冷机组工艺流程及仪表配置图

文字符号	名称	型号	数量
FU1	熔断器	RT9-20/6A	1
QT	选择开关	LA101Z-FXB20	
QT1, QT2	主令开关	LS2-2	1
KA1~KA8	中间继电器	JDZ1-44	15
KT	时间继电器	JS23-31/2	5
SB1, SB3, SB5	控制按钮	LA101-P11-2220	3
SB2, SB4		LA101-P11-2230	2
HLG1	信号灯	AD11/21	1
HLR1~HLR4		AD11/21	3
HLY1~HLY6		AD11/21	2
HA	电铃	65-1-75	1
X1	接线座	JH2-2.5L/ =400mm	1

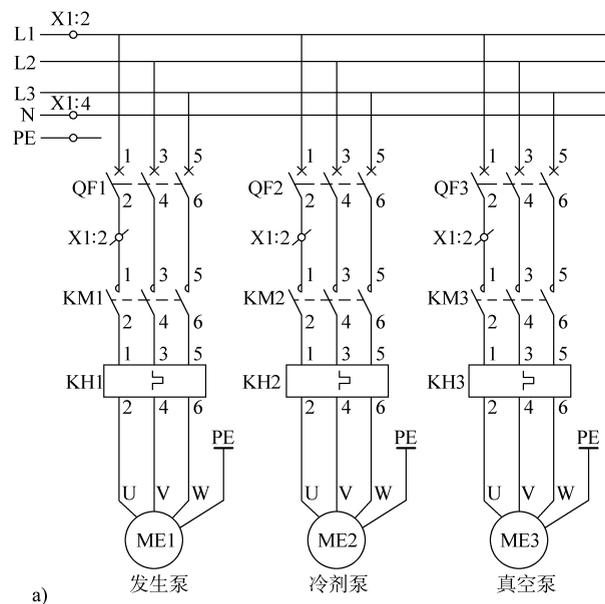
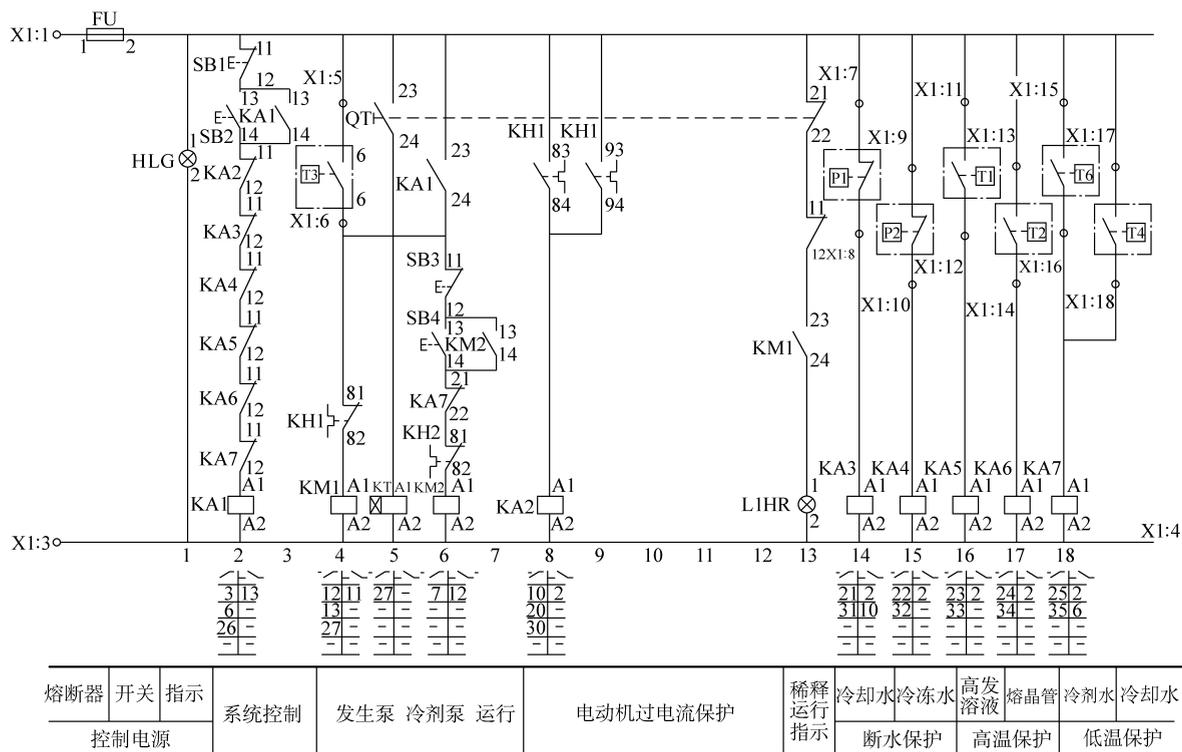


图 8-4 溴化锂吸收式制冷机组控制原理图

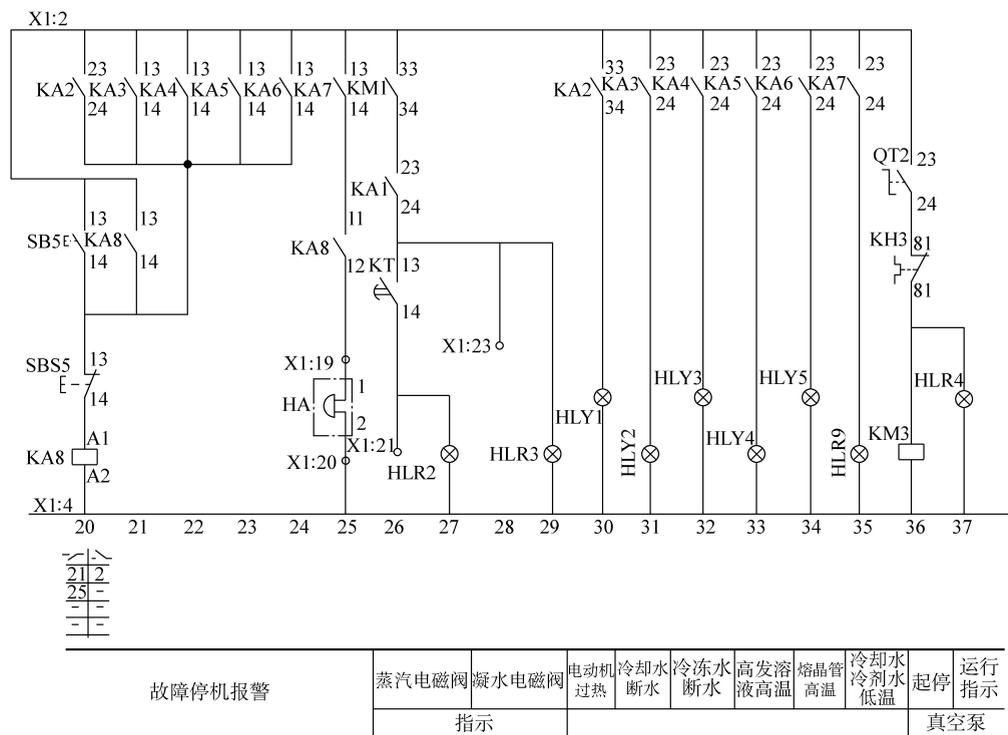
a) 主电路及元件表



b)

图 8-4 溴化锂吸收式制冷机组控制原理图 (续)

b) 控制原理图 (一)



c)

图 8-4 溴化锂吸收式制冷机组控制原理图 (续)

c) 控制原理图 (二)

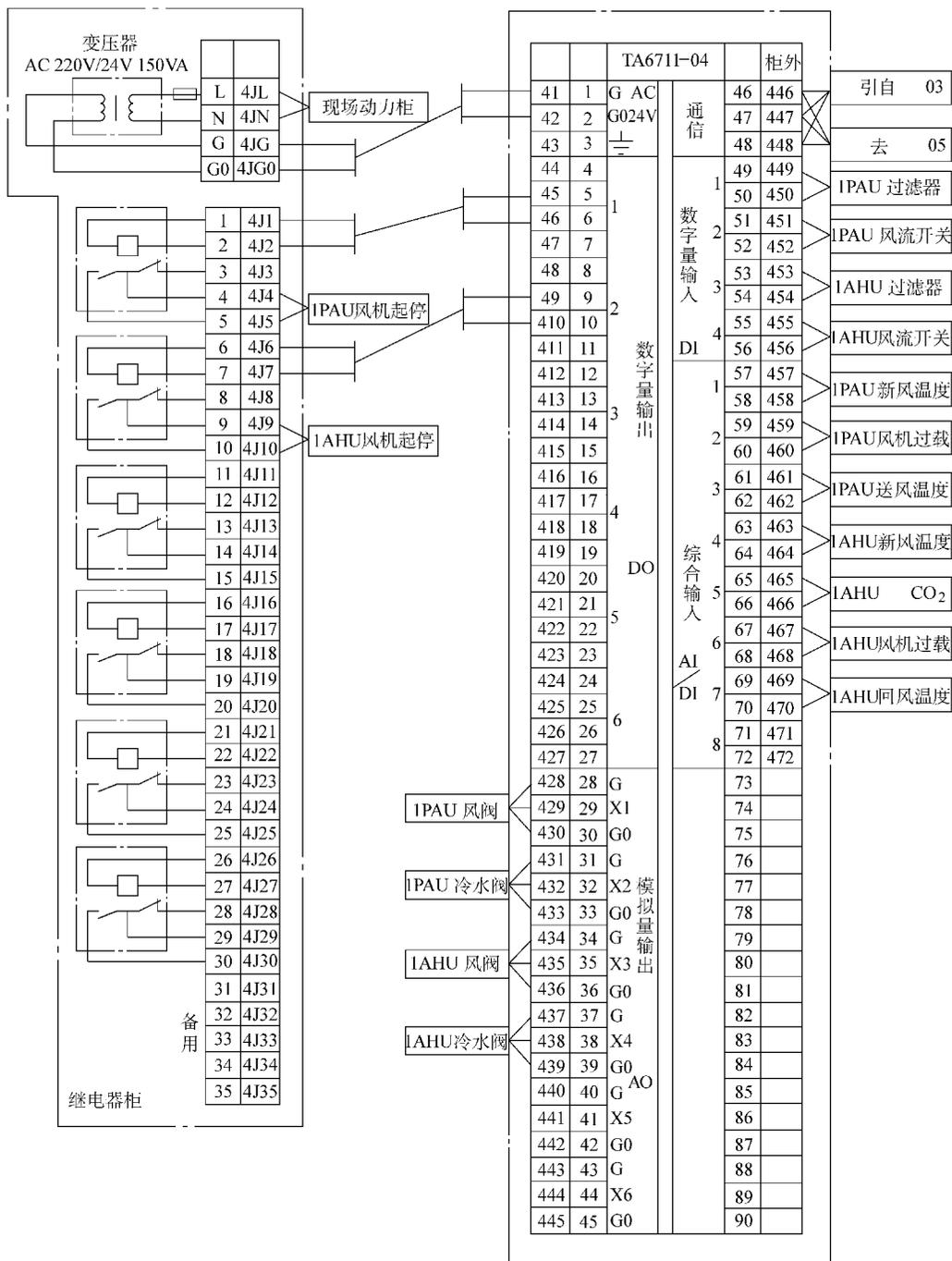


图 8-5 DDC 端子板接线图 (样图)

注: 本图为 4 号分站接线端子图。

四、空调系统的微机控制

1) 空调系统采用的 DDC (直接数字控制器) 控制系统由一个中央处理器 MPU 通过总线与各个区域的 DDC 构成, 被控参数的传感器、执行器是通过 DDC 与系统连接的, 既进行数据采集, 又进行闭环控制, 在 MPU 的控制下操纵系统协调工作, 同时可与中央计算机连接。DDC 之间可以进行点对点的通信并交换数据, 共用区域信息, 在无中央处理器时可单独工作。DDC 功能单一, 组合形式多样, 易于组合和扩展, 同时有丰富的软件及汉语编程。DDC 既识别数字信号, 又识别模拟信号, 在控制系统用途很广。DDC 采用后, 空调系统的工艺设置及电气系统变化不大, 只是用 DDC 代替了原系统的调节控制装置, 前述一~三的内容是识读微机控制系统的基础, 往往对前述内容掌握不够或将前述内容舍去直接去读微机控制系统的图样是困难的, 是不能完全掌握系统的内容和原理的, 对图样的识读是不利的, 就是说知识的积累必须循序渐进。

2) DDC (直接数字控制器) 台数、监控点数及监控位置、安装位置、电源及管线设置、系统要求、接线方式、接地方式及要求。

3) 识别运行信号。在微机监控系统中, 我们常把信号分为两种: 以数值表达的量叫做模拟量, 如温度、湿度、CO₂ 浓度、电动阀门的开度、压力及差压、电压、电流等; 以开关状态表达的量叫做数字量, 如电动机的起停、电动机的过载信号、各种参量的限位开关信号、蝶式阀门的开或关等。同时用英文字头 A 表示模拟量, 用 D 表示数字量, 用 IN (英语: 进入) 的字头 I 表示输入、用 OUT (英语: 引出) 的字头 O 表示输出。图中按上述的规定将信号接到 DDC 的输入、输出端。

4) 多变传感器、变送器、执行器、风流检测限位开关、低水位报警开关、泵及设备电动机的起停等信号与 DDC 的接线方式、线缆设置等。

DDC 端子板接线图如图 8-5 所示。

第九章 自动化仪表系统审图要点

自动化仪表系统主要是针对生产工艺过程或自动控制系统对非电量的测量、显示、调节及控制而言的。非电量主要包括温度、压力、流量、物位、机械量及其他非电量，这些量往往是通过一次仪表（也称传感器或检测元件）测量，并将其测量结果的模拟量送到变送器或调节器，转换为标准的电流或电压或数字信号，然后一方面由二次仪表显示记录测量结果，另一方面则由调节器发出调节信号到执行器，由执行器进行输入或输出量的调节，以达到自动控制的目的。微机的应用使自动化仪表系统如虎添翼，简化了系统设置，并且更完善、更及时、更全面、更精确。

一、温度测量及控制

1) 测量元件、变送器、测量点数、管线设置、指示记录仪表、补偿装置规格型号、安装地点及方式、电源及电压等。有无反馈装置或联锁装置。

2) 二次仪表、记录仪、调节仪表、反馈装置、切换开关、接线方式、安装位置、导线要求等。

二、压力测量及控制

1) 测量介质、测量元件、测量参数、变送器、测量点数、管路设置、有无补偿装置、有无反馈装置及联锁装置等。

2) 二次仪表、记录仪、调节仪表、反馈装置、切换开关、安装位置、接线方式等。

三、流量测量及控制

1) 测量介质、测量元件类别、安装位置、变送器、保温箱、管路设置、有无补偿、反馈及联锁装置、电源设置。

2) 二次仪表、记录仪、调节器、规格型号、接线方式、电源装置及电压。

四、物位测量及控制

1) 测量介质、测量元件、测点数量、变送器、测量参数（如差压）、管路设置、平衡容器、安装方式、线缆敷设等。

2) 液位记录仪、调节器、接线方式、电源等。

五、机械量测量及控制

1) 测量参数（长度、厚度、振幅、位移、弹性、硬度、力或重量、转矩、速度等）、传感器、管线设置、接线方式、安装位置等。

2) 显示器、测量电路、调节器、反馈装置、接线方式、电源设置等。

其他量的测量及控制可参照上述内容进行。

六、仪表柜及仪表室设置

1) 仪表室平面布置、盘柜安装方式、线缆及管路引入/引出形式（包括从测量现场到仪表室全部路径）、电缆清册（根数、型号、规格、起始位置、标高、敷设方式）、电源装置、盘柜元件布置、接线方式。

2) 仪表及控制元件接线图、如汽包水位自动调节接线图、记录仪接线图、动圈表接线

图、电动执行器接线图、调速系统接线图、设备之间联锁接线图、电动机与自动装置间接线图、信号/报警系统接线图等。

七、调节器及自控系统

调节器在自动控制系统中有着极为重要的作用，特别是多个参量控制的系统，如锅炉锅筒水位的控制是由蒸汽流量、锅筒水位、给水流量三个参数决定的，每个量的调节器是按设定的方式，由变送器将三种模拟信号都变成 $0 \sim 10\text{mA}$ 的电信号后输入比例积分调节器，经其运算后再将输出的 $0 \sim 10\text{mA}$ 电信号输入伺服放大器，而后由伺服放大器去开启操作器，最后由操作器去驱动执行器（电动阀门）加大/减小阀门的开度，去决定给水的流量，将水位保持在安全允许范围内，如图 4-135 所示。

调节器及自控系统给出了自动控制系统的详细控制方式，这对后面的微机加仪表控制系统是一个基础。

八、微机加仪表自动控制系统

微机技术引入到仪表自动控制后，电气部分基本与前述相同，而仪表及自动装置部分变化较大，变化最大的就是由变送器输出的 $0 \sim 10\text{mA}$ 信号要经过一个模/数转换器（配电器）变成数字信号后引入微机，由微机运算后输出控制信号，去使电动操作器、伺服放大器及执行器工作，以达到自动控制的目的。这里仅以工业锅炉微机控制系统为例加以说明。

1. 系统概况

1) 工业锅炉微机控制系统一般采用专为工业锅炉控制开发的微机控制系统。

2) 控制软件采用 C 语言，也可采用其他语言，运用模块化结构对锅炉和除氧器的运行进行检测、控制，控制周期 1s 。

3) 水位控制。通过传感器测量锅筒水位、蒸汽流量、给水流量，经过微机的运算后控制给水调节阀。由于采用了非线性及去耦合调节，使控制精度达到 $\pm 5\text{mm}$ 。

4) 锅筒压力与燃烧控制。通过传感器测量锅筒压力，用自适应算法，控制炉排给煤速度和送风量，保证蒸汽压力。并利用氧化锆氧量分析仪校正风量煤量的配比，实现最佳燃烧，压力控制精度 $\pm 0.05\text{MPa}$ ，对负荷较大时的调整具有很强的适应性。

5) 炉膛负压控制。通过传感器测量炉膛负压，控制鼓风量和引风量，炉膛负压控制精度为 $\pm 5\text{Pa}$ 。

6) 运行的监视。运行过程中随时可将运行模拟画面、参数报表、控制参数、直方图负荷曲线等画面在监视器上进行分析和监控，掌握锅炉的运行情况。

7) 测量参数有给水、蒸汽、压力、水位、氧含量、炉膛负压、阀门开度及各点温度以及除氧器的压力、温度、水位等，并对水位、压力、温度等参数的上下限报警。

8) 设置后备仪表，保证调试和检修时使用。

2. 温度的测量控制

带热电偶一体化温度变送器、配电器、数字显示仪表及微机控制装置的台数、测量点位置、安装位置、接线方式、接线要求及线缆布置、电源电压等。

3. 给水流量测量控制

$\sqrt{\Delta P}$ 流量变送器、模/数转换器、数显仪表及微机控制装置的台数、测量点位置、安装位置、接线方式、接线要求、电源及管线布置等。

4. 压力/差压的测量

压力/差压变送器、模/数转换器、显示仪表及微机控制装置的台数、测量点位置、安装位置、接线方式、电源及管线布置等。

5. 水位测量控制

单室平衡容器、差压变送器、电接点液位测量筒、电接点液位计、色带指示仪、模/数转换器及微机控制装置的台数、测量点数、安装位置、接线方式、电源及管线布置等。

6. 含氧量测量

氧化锆探测器、氧量变送器、模/数转换器、台数、点数、安装位置、接线方式、电源及管线等。

上述几点都是将被测信号转换后送入微机控制装置，然后由软件和程序支持去进行运算、判断，再发出控制信号。

7. 电动调节阀或电动执行器的控制

微机控制装置、电动操作器、伺服放大器、电动调节阀或电动执行器的台数、控制点数量、安装位置、接线方式、电源及管线布置等。

8. 炉排调速控制

微机装置、控制器、电磁调速电动机的控制点数、安装位置、接线方式、电源及管线布置等。

典型图样请读者参见本书图 4-154 ~ 图 4-163。

第十章 防雷与接地系统审图要点

防雷接地系统是保证建筑物及其电气系统正常运行的保安系统，从安装讲没有难度，没有复杂的设备，更没有高深的技术，但是它是一个很重要的系统。往往有些建筑物和电气系统在防雷和接地上没有处理好，造成了极大的损失。

一、防雷系统

1) 建筑物和电气系统无论采用哪种防雷方式，都应掌握其引下线的组数、引下方法、接地极根数及敷设方法、接地电阻要求以及材料加工防腐要求、焊接方法等。有些建筑物的引下线常采用建筑物的柱或剪力墙内主钢筋作为引下线，读图时应对照土建图样并指明主钢筋连接点要焊接成一整体，保证接地电阻符合要求。

2) 采用避雷针方式应看其高度、结构型式、材料规格、个数、有无铁塔、安装位置、加工精度、铁塔的加工图等。

3) 采用避雷网或避雷带方式应看其距屋顶高度、支撑的间距、屋顶网格布置、屋顶突出物（如烟窗等）防雷的处理、材料规格等。

4) 采用避雷器方式应看其电压等级、规格型号、安装方式、金工件或基础加工图等。

5) 采用避雷线方式应看其避雷距离、杆塔的档距、杆顶支持绝缘子的设置及型号、导线的规格型号、接地点设置、金工件加工图等，并应参照架空线路的图样查看有关内容。

二、接地系统

在电气系统中常将变压器二次侧中性点不接地系统中的电气设备的金属外壳、金属管路及构件和大地可靠的连接，其接地电阻不大于 4Ω ，这样的做法称做接地或保护接地。在变压器二次侧中性点接地系统中将电气设备的金属外壳、金属管路及构件和工作零线（中性线）可靠连接，其接地电阻不大于 4Ω ，这样的做法称做接零或保护接零。在接零系统中通常将工作零线在进户处或线路中再次多点接地，接地电阻不大于 10Ω ，这样的做法称做重复接地，并且接零系统必须重复接地。

此外还有为了消除雷电和过电压的危害而设置的过电压保护接地，为了消除在设备运行生产中的静电而设置的防静电接地，为了防止电磁感应而对电气设备的金属外壳、屏蔽罩、屏蔽线外皮或建筑物金属屏蔽体等进行的屏蔽接地。

在低压供电系统中以往常采用三相四线制配电系统，如图 10-1 所示。

近几年来为了改善和提高安全用电程度，在中性点接地配电系统中应采用三相五线制配电系统，如图 10-2 所示。

在住宅配电系统中常推荐使用漏电保护器。

对于接地系统应先看采用的方式是保护接地，还是保护接零，供电方式是三相四线制还是三相五线制，是否有漏电保护装置。

保护接地系统要看其接地极（网）的设置、根数、接地引线的敷设、连接要求、接地设备的接引装置、所有材料的加工要求、规格、加工图是否完整、系统的整体布置、敷设要求、防腐镀锌及接地电阻要求等。

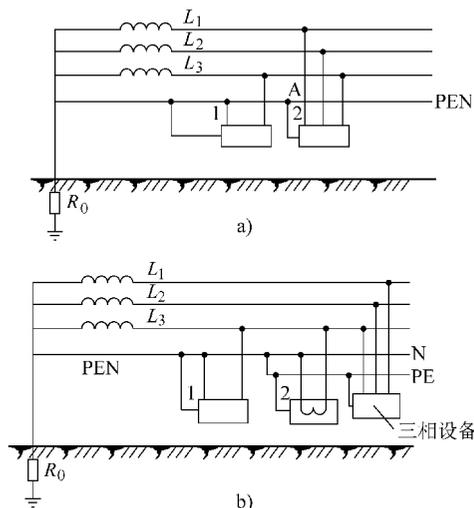


图 10-1 三相四线制配电系统

a) TN-C b) TN-C-S

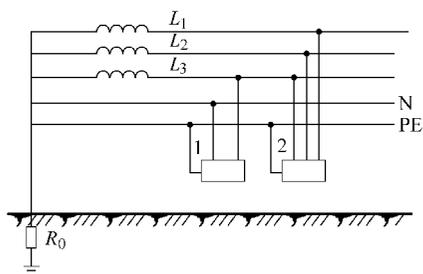


图 10-2 三相五线制配电系统 (TN-S)

1—单相设备 2—三相设备

保护接零系统除了上述内容外还要看其重复接地点的设置、接地零线的敷设、接零设备的接引装置等。

其他过电压保护接地、防静电接地、屏蔽保护和上述基本相同。

在熟悉图样的过程中，对图中不妥之处、存在问题和有碍施工的部位要做详细记录，对图中有怀疑或一时弄不清的部位要在图上用铅笔标出并做好记录，结合下节核算的内容，提出改进建议，以便在会审图样时提交给设计单位和建设单位。在熟悉图样时还应注意以下几点：

1) 图样与图样之间、图样与说明之间、图样或说明与国家标准、规程、规范之间有无矛盾之处。

2) 电气施工图样与土建、管道、通风、设备、机装等其他专业的施工图样有无矛盾之处，特别是电气管路、电气竖井在总体设置上和其他专业有无交叉、有无布置不合理之处，如管路的交叉影响结构强度或超越垫层所允许的厚度等。

3) 主要设备的几何尺寸、标高、位置有无差错，预埋管路和铁件及预留孔洞的位置尺寸是否正确，主要负重部位的土建结构是否合理，按图样施工有无实际困难等。

4) 主要设备材料的选择有无出入，控制电路是否正确，逻辑功能是否完善，继保系统设置是否正确，接地防雷系统是否可靠，和电气系统的负荷等级是相符。

5) “安全用电”是否安全；加工部件图及说明能否满足加工制作的要求等。

6) 设计说明是否详细，选用的标准图、图册是否正确可用；图样中有没有不能满足安装施工需要的部分等。

参 考 文 献

- [1] 天津电气传动设计研究所. 电气传动自动化技术手册 [M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [2] 而师玛乃·花铁森. 建筑弱电工程安装施工手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [3] 电梯工程监理手册编写组. 电梯工程监理手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [4] 余洪明, 章克强. 软起动器实用手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [5] 电力工程监理手册编写组. 电力工程监理手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [6] 河北省 98 系列建筑标准设计图集 [M]. 北京: 中国计划出版社, 1998.
- [7] 王建华. 电气工程师手册 [M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [8] 陕西省建筑工程局《安装电工》编写组. 安装电工 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1974.
- [9] 电工手册编写组. 电工手册 [M]. 上海: 上海人民出版社, 1973.
- [10] 第二冶金建设公司. 冶金电气调整手册 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1975.
- [11] 湘潭电机制造学校. 电力拖动自动控制: 上册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1979.
- [12] 潘品英, 等. 电动机修理 [M]. 上海: 上海人民出版社, 1970.
- [13] 阮通. 10~110kV 线路施工 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1983.
- [14] 潘雪荣. 高压送电线路杆塔施工 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1984.
- [15] 李柏. 送电线路施工测量 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1983.
- [16] 农村电工手册编写组. 农村电工手册 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1974.
- [17] 车导明, 等. 中小型发电厂和变电所电气设备的测试 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1986.
- [18] 庞骏骥. 电力变压器安装 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1975.
- [19] 庞骏骥. 高压开关设备安装 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1979.
- [20] 杜玉清, 等. 送电工人施工手册 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1987.
- [21] 建筑电气设备手册编写组. 建筑电气设备手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1986.
- [22] 冶金工业部自动化研究所. 大型电机的安装与维修 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1978.
- [23] 张学华, 等. 小型供热发电机组的安装、调试和运行 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1990.
- [24] 叶江祺, 等. 热工仪表和控制设备的安装 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1983.
- [25] 航空工业部第四规划设计研究院, 等. 工厂配电设计手册 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1983.
- [26] 牛宝元. 怎样安装与保养电梯 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1983.
- [27] 丁明往, 等. 高层建筑电气工程 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1988.
- [28] 陈一才. 高层建筑电气设计手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990.
- [29] 吴名江, 等. 共用天线电视 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1985.
- [30] 刘介才. 工厂供电 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1995.
- [31] 吕光大. 电气安装工程图集 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1987.
- [32] 李东明. 建筑弱电工程安装调试手册 [M]. 北京: 中国物价出版社, 1993.
- [33] 农电手册编写组. 农电手册 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1983.
- [34] 天津电气传动设计研究所. 半导体逻辑元件及其应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1975.
- [35] 本社. 电气装置安装工程施工及验收规范汇编 [M]. 北京: 中国计划出版社, 1996.
- [36] 姚炳华, 彭振民, 吴晋华. 电气调整工程便携手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [37] 张福恩, 等. 交流调速电梯原理、设计及安装维修 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1991.
- [38] 国家建委第一工程局. 电焊工 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1979.
- [39] 山东省工业设备安装公司. 气焊工 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1979.
- [40] 袁国汀. 建筑安装工程施工图集: 七常用仪表工程 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [41] 柳涌. 建筑安装工程施工图集: 六弱电工程 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.

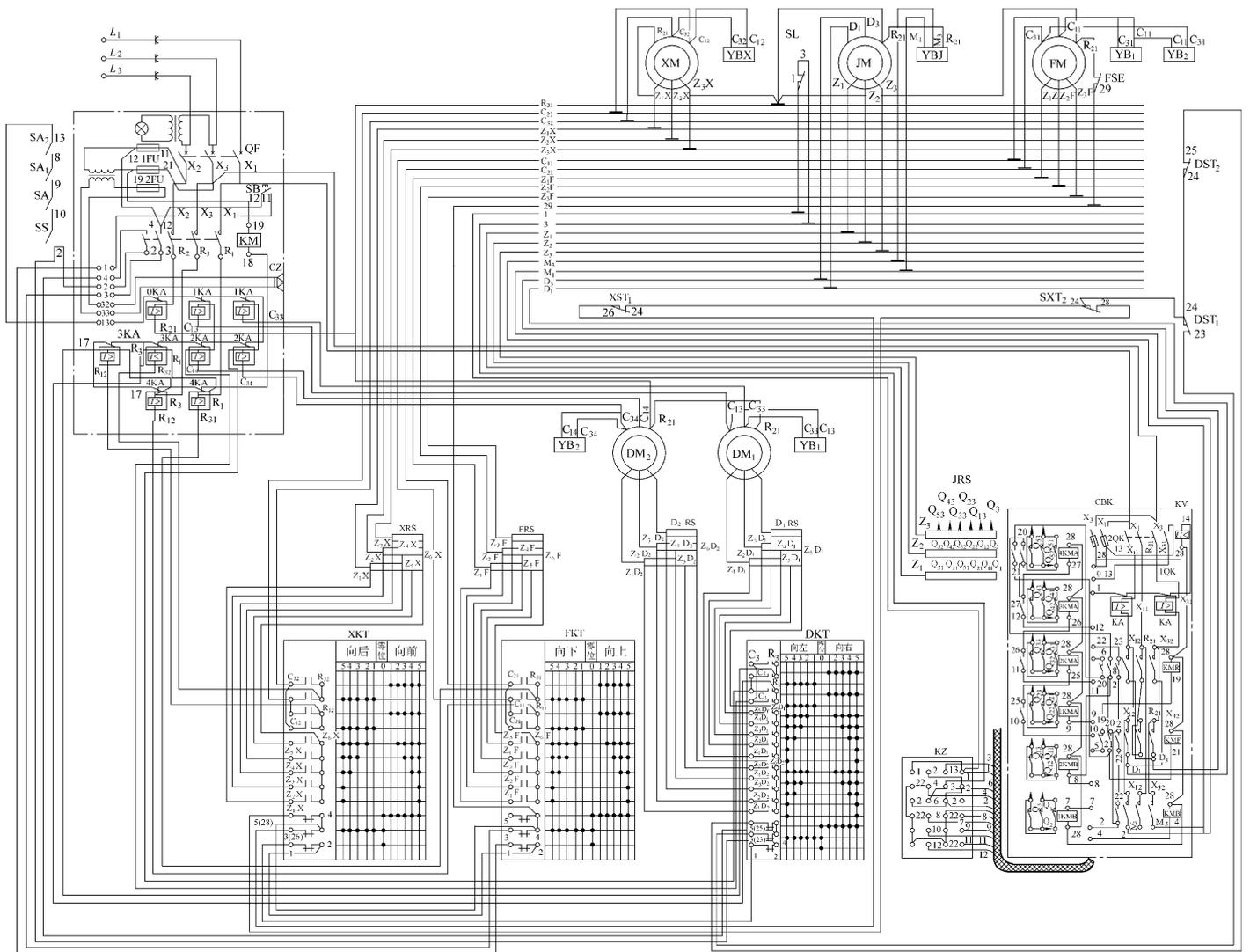


图 4-33 桥式起重机电气线路接线图

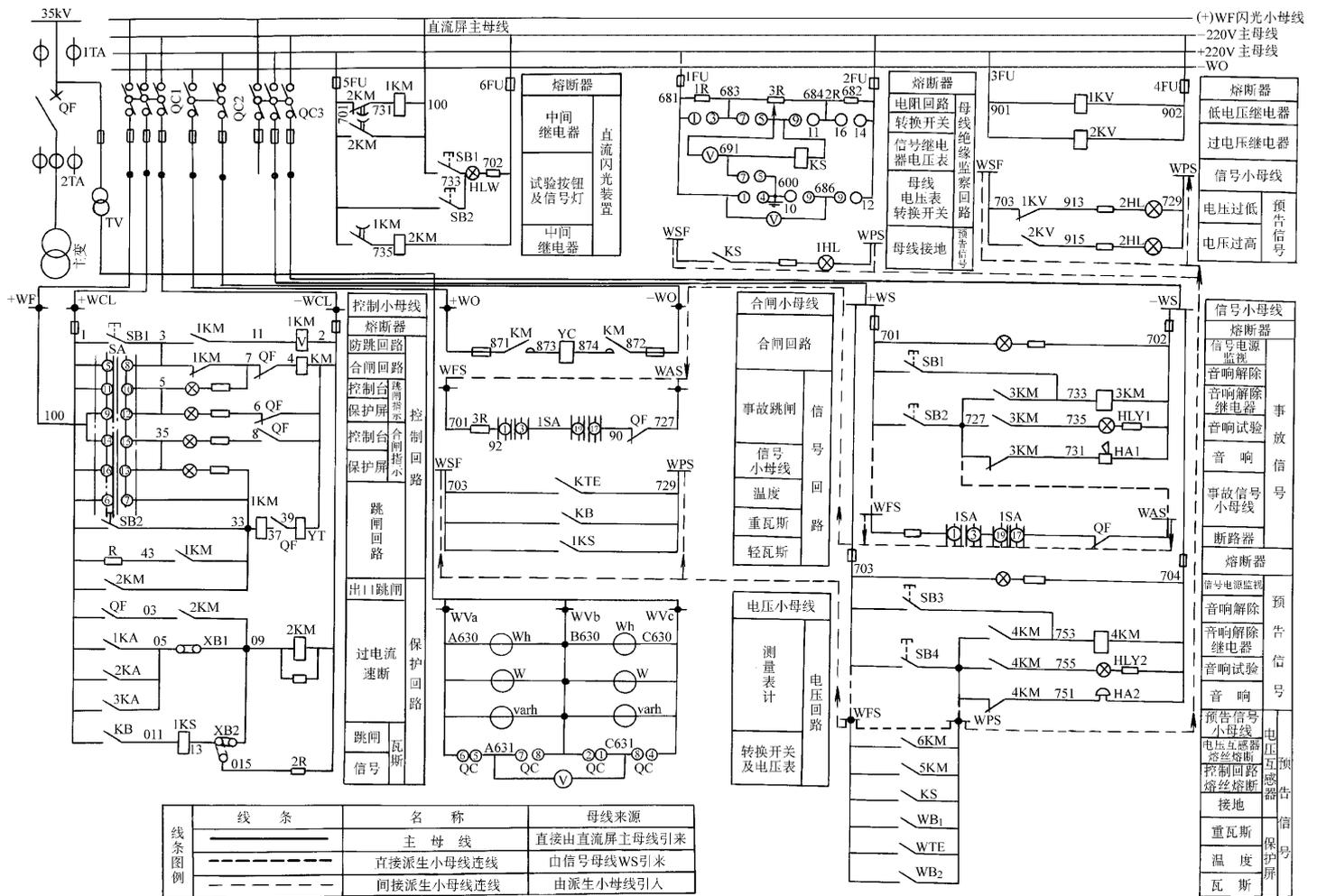


图 4-107 小母线连接示意图

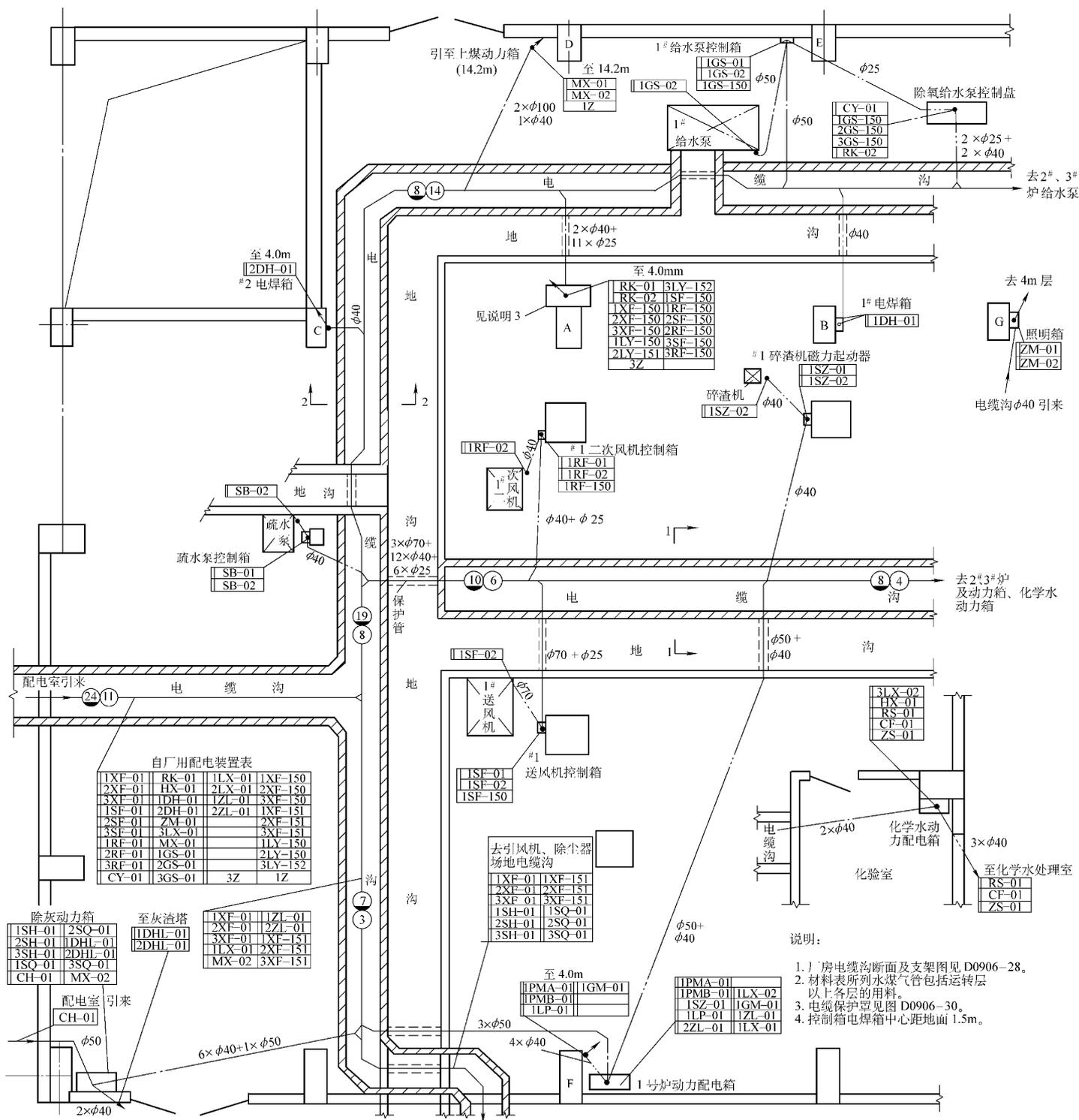


图 4-152 锅炉房 0m 标高电缆敷设平面图 (局部)

电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书

电气工作人员职业道德修养概论

电气工程及自动化工程概论

微机技术在电气工程中的应用

仪表电工实用技术技能

电工实用技术技能 第2版

照明电路及单相电气装置的安装 第2版

中小企业变电所运行值班电工技术技能

变配电装置及变配电所的安装调试 第2版

低压发电设备的安装调试

电动起重机械电气设备安装调试及运行维护

特殊环境电气工程的安装调试及运行维护

电气工程常用装置及开关控制柜制作加工技术

电缆的安装敷设及运行维护

电气工程安全技术及实施 第2版

电气工程及自动化工程质量管理及技术监督

电气及自动化工程预算及物资供应计划编制 第2版

弱电系统的安装调试及运行 第2版

电气工程及自动化工程的审图及读图 第2版

地址:北京市百万庄大街22号

邮政编码:100037

电话服务

社服务中心:010-88361066

销售一部:010-68326294

销售二部:010-88379649

读者购书热线:010-88379203

网络服务

教材网:<http://www.cmpedu.com>

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-40872-7

策划编辑◎牛新国 / 封面设计◎马精明

ISBN 978-7-111-40872-7



9 787111 408727 >

定价: 49.80元