

杨电功 主编
杨盼红 荆博 邵作轮 副主编



电气控制从理论到实践

变频器应用

一点通



电气控制从理论到实践

变频器应用一点通

主 编 杨电功
主 审 杨德印
副主编 杨盼红 荆 博 邵作轮
参 编 张海杰 董建华 王道川 贺国强
李欣科 崔 靖 夏 华 杨 鲁
赵晨昱 黄丽文



机械工业出版社

本书用通俗化的语言对变频器的知识进行解说,将变频器的内、外主电路、变频器对电动机的控制方式、变频器的功能参数及设置方法等知识给予介绍,并通过问答的形式,对一些变频器应用过程中常见的理论与实践问题以及关于时间和频率的名词术语给予简单明了的解答,以期对读者学习变频调速技术有所帮助。附录中还提供了诸多实用的信息技术资料。

本书可供工矿企业及农村机电运行维护人员阅读,也可供相关专业的大中专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制从理论到实践:变频器应用一点通/杨电功主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 6

ISBN 978-7-111-42447-5

I. ①电… II. ①杨… III. ①变频器—电气控制 IV. ①TN773

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第097152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:吕潇 责任编辑:吕潇 版式设计:霍永明
责任校对:张征 封面设计:路恩中 责任印制:张楠
北京京丰印刷厂印刷

2013年6月第1版第1次印刷

148mm×210mm·10.75印张·316千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-42447-5

定价:35.00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

前 言

电动机的变频调速技术经过多年的推广普及，应用范围已经相当广泛，发挥了其无级调速、节约电能、改进生产工艺、提高产品质量的巨大效果，培养和造就了无数的专业技术人才。随着变频调速技术本身在不断地提高进步，应用变频器的技术人员队伍中又不断有新生力量进入，这些新生力量除了在学校掌握一定的专业知识外，在应用变频器的社会实践活动中，了解这一技术的重要途径可能就是阅读产品的使用手册或使用说明书。遗憾的是这些技术资料都是基于专业工程师和熟练技术人员的水平编写的，有的产品说明书，尤其是国外品牌的变频器，往往用词过于专业，甚至生涩难懂。这些问题不会给专业工程师理解变频器说明书的内容造成困难，而对于新进入这一行业的人来说可能就是障碍。本书针对这些问题，用通俗化的语言对变频器的知识进行解说，将变频器的内、外主电路，变频器对电动机的控制方式、功能参数及设置方法等知识给予介绍，并通过问答的形式，对一些应用过程中常见的理论与实践问题以及关于时间和频率的名词术语给以简单明了的解答，以期对读者学习变频调速技术有所帮助。

本书分为五章，另有内容丰富实用的若干附录。

第一章介绍变频器的基本结构与原理，包括变频器的内部主电路结构，外部主电路接线，变频器中使用的电力电子器件 IGBT 与功能模块，变频器配套使用的电抗器、滤波器以及变频器的功能参数等知识。

第二章主要介绍变频器对异步电动机的控制方式，变频器的电磁兼容性、制动方式、PID 控制、多段速运行以及变频器故障的显示、诊断与维护等方面的知识。本章还介绍了低压变频器和高压变频器的应用实例各一例。

第三章从变频器的应用实践出发，对变频器常用的功能及相关参数、应用技巧和操作技能进行剖析及介绍，试图帮助读者详尽地了解

相关知识，解决应用实践中遇到的技术难题。

第四章变频器实用技术问答是本书的特色内容，它通过六个主题用 41 个问答题的形式对变频器在操作、应用等实践活动中经常遇见的问题给予了解答，对变频器中大量与频率相关的概念、与时间相关的概念都给出了通俗易懂的解释。非常具有针对性地解决读者遇到的一些疑难问题。

第五章通过对三款国内外常见品牌系列变频器功能参数的通俗化描述与介绍，使读者对变频器的功能参数了解地更准确，更细致。有些名称相同或相近的功能参数在不同的变频器中定义区别较大；而有些定义与内涵相同的功能参数在几种变频器中却使用不同的参数名称。阅读本章内容可以将几种变频器的功能参数互相对比，举一反三，有利于正确地理解和设置功能参数。

附录中有较多实用知识内容及参考资料，均有重要参考价值。其中附录 B 二次回路接线图简介的意义在于，一些初学者，掌握了一些简单电路原理，也能画出或借鉴、读懂某资料中的电路图，但是如何将这些电路图转变成一个可以实际运行的产品往往比较困难。如果根据本文介绍的知识，把原理图先转换成盘后接线图，可能将电路图转变成一个可以实际运行产品的工作就简单多了。实际上附录 B 就是给初学者递上一根拐杖，使之向前迈出了一大步。附录 C 是电路简图常用图形符号和文字符号，其中图形符号摘自最新版本的国家标准 GB/T 4728—2005 ~ 2008 《电气简图用图形符号》，以及国家标准 GB/T 5465—2008 ~ 2009 《电气设备用图形符号》；文字符号摘自新版单字母代号国家标准 GB/T 5094—2003 ~ 2005 《工业系统、装置与设备以及工业产品 结构原则和参照代号》，以及双字母代号国家标准 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》。上述字母代号标准不但适用于电气行业，也适用于结构、工艺、发电、配电、加工机械、造船工业、海洋工程等。通过附录 C 可使读者对这些标准有一个较全面的了解，以便学习与使用。本书中尽可能地使用了这些国家标准，但由于本书的技术信息来源广泛，原产品的图样资料使用了不同的图形符号和文字符号，对于一些过于陈旧的符号，本书基本上用最新或

较新的标准符号给予替换，同时考虑到读者维修某些设备时对照参考的需求，保留了部分原有符号。附录 D 介绍了多个系列电动机的技术参数，可供电动机的运行控制维修人员及变频器专业的技术人员参考。附录 E 是 DW15 系列万能断路器的变通合闸解决方案，对于某些停电后再来电时允许自动合闸的场合实现自动合闸具有参考价值。附录 F 电动机整体结构的防护等级，是国家标准 GB/T 4942.1—2006《旋转电机整体结构的防护等级（IP 代码） 分级》的内容摘录（摘编），并给以必要的说明，供电动机运行和维护人员查阅。附录 G 是国家标准 GB/T 12668—2002《调速电气传动系统》的内容简介，可供变频器运行维护及操作人员阅读参考。

本书的姊妹篇《电气控制从理论到实践——电动机控制一点通》一书，对电动机起动控制使用的电器元件、一次主电路、二次控制保护电路，电动机的结构原理，高、低压电动机的各种起动控制方式及保护进行了较为详尽的介绍。感兴趣的朋友可以去阅读这本书。

本书由杨电功主编。杨德印为本书的编写提出了重要的指导性意见，并审读了全部书稿内容。副主编杨盼红、荆博、邵作轮为本书的编写付出了辛勤工作和巨大努力。参加本书编写的还有张海杰、董建华、王道川、贺国强、李欣科、崔靖、夏华、杨鲁、赵晨昱、黄丽文。

大连普传科技有限公司为本书提供了重要技术信息和图片资料。

张文生、杨永江等为本书的编写发挥了重要建设性作用。

本书可供工矿企业及农村机电运行维护人员阅读，也可供相关专业的大中专院校师生参考。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2013 年 4 月

目 录

前言

第一章 变频器的基本知识	1
第一节 变频器的分类	2
一、按工作电源的电压等级分类	2
二、按直流电源的性质分类	2
三、按电压的调制方式分类	3
四、按电能变换的方式分类	3
第二节 变频器的内部主电路	3
一、内部主电路结构	3
二、均压电阻和限流电阻	4
三、主电路的对外连接端子	4
四、变频系统的共用直流母线	5
第三节 变频器的外接主电路	6
一、外接主电路结构	6
二、相关元件的选择	7
三、变频器与电动机之间的允许距离	7
第四节 变频器中使用的电力电子器件 IGBT 与功能模块	9
一、IGBT 简介	9
二、变频器中的模块逆变电路	11
第五节 变频器配套使用的电抗器、滤波器	18
一、三相输入电抗器	18
二、三相输出电抗器	19
三、直流电抗器	21
四、能量回馈电抗器	21
五、输入、输出滤波器	21
第六节 变频器的功能参数	24
一、功能参数设置的意义	24
二、功能参数设置的方法	27

第二章 变频器对电动机的控制	30
第一节 变频器对异步电动机的控制方式	30
一、V/F 恒定控制	30
二、转差频率控制	30
三、矢量控制	31
四、转矩控制	31
五、直接转速控制	32
第二节 变频器的电磁兼容性	32
一、变频器的谐波和电磁干扰	32
二、变频系统中的抗干扰措施	33
第三节 变频器的制动方式	34
一、变频器的再生制动	34
二、变频器的直流制动	35
三、变频器电容反馈制动	36
第四节 变频器的 PID 控制	37
一、如何使 PID 控制功能有效	37
二、目标信号与反馈信号	38
三、目标信号的输入通道与数值大小	38
四、PID 的反馈逻辑	39
五、反馈信号输入通道	40
六、参数值的预置与调整	41
第五节 变频器的多段速运行	41
一、端子控制的多段速运行	41
二、程序控制的多段速运行	44
第六节 变频器应用实例	46
一、变频器的广泛应用	46
二、具体应用案例	47
第七节 变频器故障的显示、诊断与维护	52
一、变频器故障的显示	52
二、变频器故障的逻辑图诊断	53
三、变频器主电路故障诊断	54
四、变频器的维护	58
第三章 变频器应用实践电路	60
第一节 变频器中闭环控制功能的应用	60

一、PID 控制的效能	60
二、PID 控制的实现	60
三、PID 应用实例	65
第二节 变频器的制动电阻与制动单元	67
一、制动电路工作原理	67
二、制动电阻的阻值和功率	68
三、制动电路异常的处理	69
第三节 变频器功率因数的改善	70
一、变频器的无功功率与功率因数	70
二、提高功率因数的措施	71
三、电抗器的选用	71
四、交流电抗器的相关应用	72
第四节 变频器的多挡频率运行实例	72
一、如何实现多挡频率控制	73
二、多挡频率运行的实例	74
第五节 变频器的频率检测	77
一、频率检测功能简介	78
二、频率检测的功能参数	79
三、频率检测的应用实例	81
第六节 变频器的跳跃频率	82
一、跳跃频率	83
二、跳跃频率幅度	84
三、应用举例	86
第七节 变频器的 V/F 控制	86
一、变频器的 U/f 曲线	87
二、V/F 控制的参数表	89
三、通过功能参数选用 U/f 曲线	91
第八节 变频器的显示功能	93
一、博世力士乐 CVF-G3 系列变频器	93
二、富士 G11S 系列变频器	94
三、森兰 SB61 系列变频器	95
第九节 变频器的故障查询	96
第十节 变频器的过载保护	99
一、过载保护的特点	100

二、过载保护的参数设置	101
第四章 变频器应用答疑	104
第一节 基本知识	104
一、什么是变频器?	104
二、变频器的内部主电路由几部分组成?	104
三、输出部分的每个逆变管两端,为什么都要反并联一个二极管?	105
四、变频器主电路对外连接有哪些端子?	105
五、变频器的控制端子有哪些?	106
六、使用变频器可以实现哪些功能?	106
七、变频器的主要技术参数有哪些?	107
第二节 变频器的键盘与功能预置	107
一、变频器键盘上配置有哪些按键?	107
二、如何预置变频器的功能参数?	109
三、变频器在运行状态下,能设置修改参数值吗?	109
第三节 变频器应用知识	109
一、为什么变频启动能减小起动电流?	109
二、什么是加速时间?如何设定?	110
三、什么是减速时间?如何设定?	110
四、什么是S形加速方式?如何设定?	111
五、什么情况需要设置起动频率?	112
六、什么是直流制动?意义如何?怎样设置相关参数?	112
七、一台风机采用变频调速运行,要求在现场和控制室都能调速, 怎样实现?	113
八、怎样用变频器实现电动机的点动控制?	113
九、什么情况需要使用变频器的下垂功能?	114
十、下垂功能的控制原理是什么?如何设置变频器的下垂功能 参数?	114
第四节 变频器的特殊功能应用	115
一、怎样使没有正反转功能的变频器驱动电动机正反转?	115
二、预置变频器的“自动节能”功能有效时节能吗?	117
三、什么是变频器瞬时停电后的再起动功能?如何设置参数?	118
四、什么是变频器故障跳闸后的再起动(重合闸)功能?	119
五、55kW的风机采用变频调速后,最大工作频率在45Hz以下, 能否采用45kW的变频器?	120

六、电动机能否在变频调速和工频定速之间切换运行？	120
第五节 变频器在恒压供水中的应用	121
一、离心式水泵是否属于二次方率负载？其特点是什么？	121
二、单台水泵的变频调速恒压供水系统是如何工作的？	121
三、单泵恒压供水系统中用水量与 PID 调节量之间的关系如何？	122
四、多台水泵变频调速恒压供水系统是如何工作的？	123
五、多泵变频恒压供水系统的二次控制电路如何接线？	125
六、变频恒压供水的休眠与唤醒是怎么回事？	126
七、变频器能否进行供水定时控制？	128
第六节 综合应用知识	129
一、变频器接收到起动脉令后电动机不转动，或一加负载就停机是何原因？如何处理？	129
二、变频器的模拟给定信号，电压范围是 1 ~ 5V，电流范围是 4 ~ 20mA，为什么不从 0 开始？	130
三、什么是变频器的频率给定线和基本频率给定线？	130
四、什么是变频器的偏置频率和频率增益？作用如何？	130
五、某控制器的输出信号为 2 ~ 8V，要求变频器的对应频率是 0 ~ 50Hz，如何处理？	132
六、有一用户要求，当模拟量电流给定信号为 4 ~ 20mA 时，变频器输出频率为 50 ~ 0Hz，如何设置参数？	133
七、各种变频器说明书中有很多与频率有关的概念与术语，它们的定义是什么？	134
八、各种变频器说明书中有很多与时间有关的概念与术语，它们的定义是什么？	137
第五章 常用变频器功能参数	141
第一节 森兰 SB12 系列变频器功能参数	141
一、森兰 SB12 系列变频器功能参数表	141
二、森兰 SB12 系列变频器功能参数说明	141
第二节 普传变频器功能参数	161
一、普传 PI7800、PI7600 系列变频器功能参数表	161
二、普传 PI7800、PI7600 系列变频器功能参数说明	180
第三节 富士 5000G11S/P11S 系列变频器基本功能参数	229
一、富士 5000G11S/P11S 系列变频器基本功能参数表	229

二、富士 5000G11S/P11S 系列变频器基本功能参数说明	229
附录	243
附录 A 国际单位制词头表	243
附录 B 二次回路接线图简介	244
一、原理接线图	244
二、展开接线图	246
三、安装接线图	247
附录 C 电路简图用图形符号与文字符号	251
一、电气简图用图形符号	253
二、电气简图用文字符号	282
附录 D 电动机技术参数	289
一、Y 系列 380V 笼型异步电动机技术参数	289
二、YR (IP23) 系列 380V 绕线转子异步电动机	291
三、YR (IP44) 系列 380V 绕线转子异步电动机	292
四、Y 系列 6kV 三相笼型异步电动机	293
五、YR (YRKS) 系列 10kV 三相绕线转子异步电动机	298
六、TK、TDK 系列同步电动机	301
七、MCBP 系列 380V 变频异步电动机	307
八、YVF 系列变频调速三相异步电动机	311
附录 E DW15 系列万能断路器的变通合闸	312
一、操作按钮即可合闸的万能断路器	313
二、较大电流容量万能断路器来电时的自动合闸	314
附录 F 电动机整体结构的防护等级	317
一、防护等级中第一位表征数字的具体含义	318
二、防护等级中第二位表征数字的具体含义	319
三、第一位表征数字的试验	320
四、第二位表征数字的试验条件与认可条件	322
附录 G 变频器的国家标准 GB/T 12668《调速电气传动系统》	328
参考文献	331

第一章 变频器的基本知识

在 20 世纪初期乃至其后的数十年时间里，直流调速一直统治着电气传动领域的电动机调速技术，但由于直流电动机使用换相器，使其维护工作量较大，而且它的单机容量和最高转速等技术性能在许多生产环境下都不能满足要求，于是从 20 世纪 30 年代开始，人们开始了交流调速技术的研究。直至 20 世纪 60 年代，电力电子技术开始快速发展，电力电子器件从 SCR（晶闸管）、GTO（门极可关断晶闸管）、BJT（双极型晶体管）、MOSFET（金属氧化物场效应管）、MCT（MOS 控制晶闸管），发展到后来的 IGBT（绝缘栅双极型晶体管）、HVIGBT（耐高压绝缘栅双极型晶体管），这一进程极大地促进了电力变换技术的发展。在电力电子元器件制造技术快速发展的同时，微电子技术，信息与控制等多个学科领域也成为变频技术发展的重要推动力。20 世纪 70 年代，脉宽调制变压变频（PWM—VVVF）调速的研究引起了人们的重视。20 世纪 80 年代，科研人员对作为变频技术核心的 PWM 模式优化问题做了进一步研究，得出诸多优化模式，其中以鞍形波 PWM 模式效果最佳。在此研究成果的基础上，美、日、英、德等发达国家的 VVVF 变频器在 20 世纪 80 年代后期开始投放市场，并逐渐得到广泛推广和应用。

我国的变频调速技术紧跟世界科技发展潮流，在 20 世纪 90 年代以后获得了突飞猛进的发展，各种通用、专用变频器纷纷面市，规格齐全，性能优异。目前功率可以做到几千千瓦，工作电压最高可达 10kV，基本可以满足国民经济各行各业对变频调速装置的不同需求。变频器在调整电动机转速满足生产工艺要求的同时，还有明显的节电效益，尤其是在风机、水泵类负载的应用中。风机/水泵类负载在使用中，一般都需要经常调整其风量/水量，传统的方法是采用机械式风闸门/水闸门进行调节，这会带来很大的功率损耗，使用变频器之后，可以直接通过改变电动机转速达到调节目的，有效地减少了机械

闸门调节损耗，最佳效果可节能达 30% 左右，是国家重点推广的节能技术。变频器还兼有软起动和软停机功能，可以节约软起动设备的投资，消除设备起动时的机械冲击，延长设备寿命和维修周期；降低起动电流，消除起动时对相邻设备的影响；降低起动时对供电容量的要求。因此，变频器的应用具有节约运行成本、节能减排等综合社会效益。

第一节 变频器的分类

一、按工作电源的电压等级分类

变频器的工作电源分高压和低压两大类。高压变频器的电压等级有 3kV、6kV 和 10kV 等几种；低压变频器的电压等级有 220V、380V、660V 和 1140V 等几种。其中大部分变频器的输入和输出都是三相交流电，仅有少量小功率变频器采用单相输入、三相输出的结构形式。

上述低压变频器的电压规格中，任意相邻两种电压规格的数值关系都是相差 $\sqrt{3}$ 或 $1/\sqrt{3}$ 倍。

二、按直流电源的性质分类

1. 电压型变频器

电压型变频器的中间直流环节采用大电容器滤波，在波峰（电压较高）时，电容器储存电场能；波谷（电压较低）时，电容器释电场能进行补充，从而使直流环节的电压比较平稳，内阻较小，相当于电压源，常应用于负载电压变化较大的场合。其电路结构示意图如图 1-1 所示。

2. 电流型变频器

电流型变频器的中间直流环节采用电抗器作为储能元件进行滤波。在波峰（电流较大）时，电抗器储存磁场能；波谷（电流较小时），电抗器释放磁场能进行补充，从而使直流电流保持平稳。由于这种直流环节内阻较大，有近似电流源的特性，故将采用这种直流环节的变频器称做电流型变频器。常应用于负载电流变化较大的场合。其电路结构示意图如图 1-2 所示。

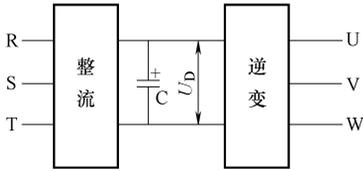


图 1-1 电压型

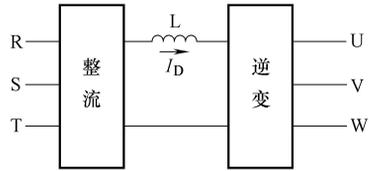


图 1-2 电流型

三、按电压的调制方式分类

1. 脉宽调制 (SPWM) 变频器

脉宽调制 (SPWM) 变频器电压的大小是通过调节脉冲占空比来实现的。中、小容量的通用变频器几乎全部采用这种调制方式。

2. 脉幅调制 (PAM) 变频器

脉幅调制 (PAM) 变频器电压的大小是通过调节直流电压的幅值来实现的。

四、按电能变换的方式分类

1. 交-直-交变频器

交-直-交变频器先把工频交流电通过整流器变换成直流电，然后再把直流电变换成频率电压可调的交流电。交-直-交变频器是目前广泛应用的通用型变频器。

2. 交-交变频器

交-交变频器中不设置整流器，它将工频交流电直接变换成频率电压可调的交流电，所以又称直接式变频器。

第二节 变频器的内部主电路

一、内部主电路结构

采用“交-直-交”结构的低压变频器，其内部主电路由整流和逆变两大部分组成，如图 1-3 所示。从 R、S、T 端输入的三相交流电，经三相整流桥（由二极管 VD1 ~ VD6 构成）整流成直流电，电压为 U_D 。电容器 C1 和 C2 是滤波电容器。6 个 IGBT（绝缘栅双极性晶体管）V1 ~ V6 构成三相逆变桥，把直流电逆变成频率和电

压任意可调的三相交流电。

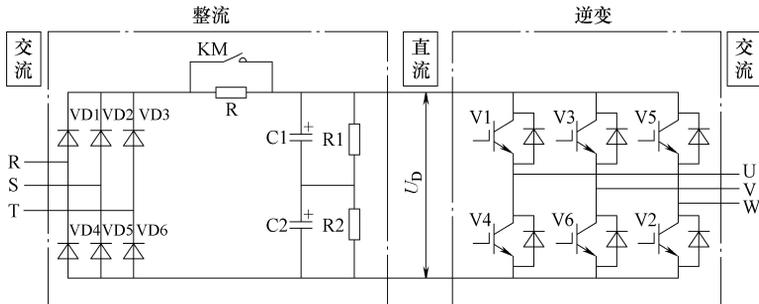


图 1-3 变频器内部主电路

二、均压电阻和限流电阻

图 1-3 中，滤波电容器 C1 和 C2 两端各并联了一个电阻，是为了使两只电容器上的电压基本相等，防止电容器在工作中损坏（目前，由于技术的进步，低压（380V）变频器的电解电容大多数可以不需要串联使用了）。在整流桥和滤波电容器之间接有一个电阻 R 和一接触器触头 KM，其缘由是：变频器刚接通电源时，滤波电容器上的电压为 0V，而电源电压为 380V 时的整流电压峰值是 537V，这样在接通电源的瞬间将有很大的充电冲击电流，有可能损坏整流二极管；另外，端电压为 0 的滤波电容器会使整流电压瞬间降低至 0V，形成对电源网络的干扰。为了解决上述问题，在整流桥和滤波电容器之间接入一个限流电阻 R，可将滤波电容器的充电电流限制在一个允许范围内。但是，如果限流电阻 R 始终接在电路内，其电压降将影响变频器的输出电压，也会降低变频器的电能转换效率，因此，滤波电容器充电完毕后，由接触器 KM 将限流电阻 R 短接，使之退出运行。

三、主电路的对外连接端子

各种变频器主电路的对外连接端子大致相同，如图 1-4 所示。

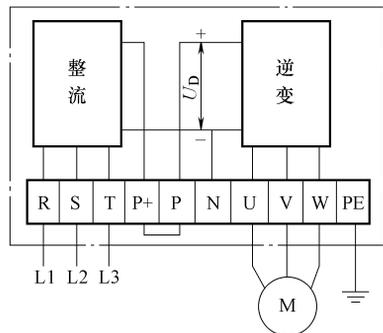


图 1-4 主电路对外连接端子

其中，R、S、T是变频器的电源端子，接至交流三相电源；U、V、W为变频器的输出端子，接至电动机；P+是整流桥输出的+端，出厂时P+端与P端之间用一块截面积足够大的铜片短接，当需要接入直流电抗器DL时，拆去铜片，将DL接在P+和P之间；P、N是滤波后直流电路的+、-端子，可以连接制动单元和制动电阻；PE是接地端子。

四、变频系统的共用直流母线

电动机在制动状态时，变频器从电动机吸收的能量都会保存在变频器直流环节的电解电容中，并导致变频器中的直流母线电压升高。如果变频器配备制动单元和制动电阻（这两种元件属于选配件），变频器就可以通过短间接通电阻，使再生电能以热方式消耗掉，称做能耗制动。当然，采取再生能量回馈方案也可解决变频调速系统的再生能量问题，并可达到节约能源的目的。而标准通用PWM变频器没有设计使再生能量反馈到三相电源的功能。如果将多台变频器的直流环节通过共用直流母线互连，则一台或多台电动机产生的再生能量就可以被其他电动机以电动的方式消耗吸收。或者，在直流母线上设置一组一定容量的制动单元和制动电阻，用以吸收不能被电动状态电动机吸收的再生能量。若共用直流母线与能量回馈单元组合，就可以将直流母线上的多余能量直接反馈到电网中来，从而提高系统的节能效果。综上所述，在具有多台电动机的变频调速系统中，选用共用直流母线方案，配置一组制动单元、制动电阻和能量回馈单元，是一种提高系统性能并节约投资的较好方案。

图1-5所示为应用比较广泛的公用直流母线方案，该方案包括以下几个部分。

1. 三相交流电源进线

各变频器的电源输入端并联于同一交流母线上，并保证各变频器的输入端电源相位一致。图1-5中，断路器QF是每台变频器的进线保护装置。LR是进线电抗器，当多台变频器在同一环境中运行时，相邻变频器会互相干扰，为了消除或减轻这种干扰，同时为了提高变频器输入侧的功率因数，接入LR是必须的。

2. 直流母线

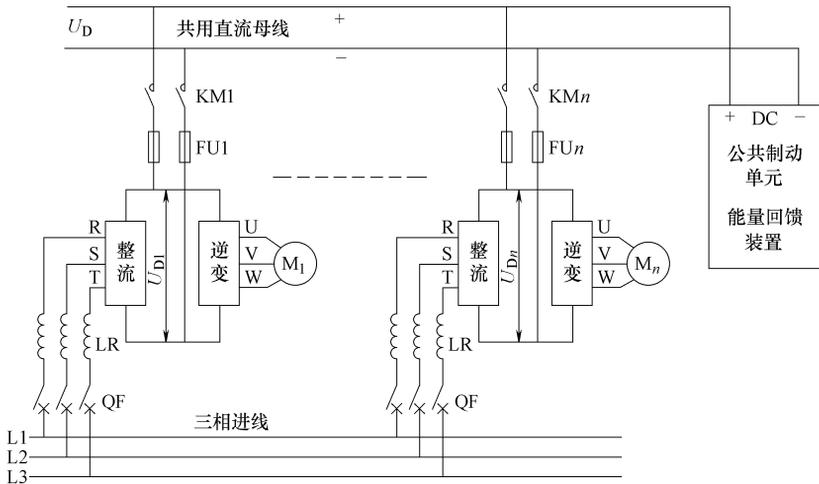


图 1-5 变频器的公用直流母线

KM 是变频器的直流环节与公用直流母线连接的控制开关。FU 是半导体快速熔断器，其额定电压可选直流 700V，额定电流必须考虑驱动电动机在电动或制动时的最大电流，一般情况下，可以选择额定负载电流的 125%。

3. 公共制动单元和（或）能量回馈装置

回馈到公共直流母线上的再生能量，在不能完全被吸收的情况下，可通过共用的制动电阻消耗未被吸收的再生能量。若采用能量回馈装置，则这部分再生能量将被回馈到电网中，从而提高节能的效率。

4. 控制单元

各变频器根据控制单元的指令，通过 KM 将其直流环节并联到公用直流母线上，或是在变频器故障后快速地与公用直流母线断开。

第三节 变频器的外接主电路

一、外接主电路结构

变频器的外接主电路如图 1-6 所示。三相交流电源经断路器 QF、交流接触器 KM 与变频器的电源输入端 R、S、T 连接；变频器的输

出端 U、V、W 则与电动机直接相连，这时电动机的保护由变频器完成。这里的断路器作用有：一是变频器停用或维修时，可通过断路器切断与电源之间的连接；二是断路器具有过电流和欠电压等保护功能，可对变频器起一定的保护作用。而接触器可通过按钮开关方便地控制变频器的通电与断电，同时，当变频器或相关控制电路发生故障时可自动切断变频器的电源。

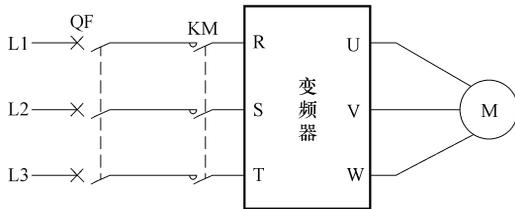


图 1-6 变频器的外接主电路

二、相关元件的选择

变频器输出端与电动机之间是否需要配置交流接触器，这要根据具体的应用环境来确定。一般情况下，一台变频器控制一台电动机，且不要求与工频进行切换时，变频器与电动机之间不要使用接触器，如图 1-6 所示。而一台变频器驱动多台电动机时，则每台电动机必须有单独控制的接触器，并选配合适的热继电器 FR 对电动机进行保护，具体电路如图 1-7 所示。有时虽然一台变频器仅驱动一台电动机，但有可能在变频与工频之间切换运行，这时也应在变频器与电动机之间配置接触器 KM3 和热继电器 FR，如图 1-8 所示。接触器 KM3 在电动机工频运行时用于切断变频器输出端与电源之间的连接；热继电器 FR 可在工频运行时对电动机进行保护。

三、变频器与电动机之间的允许距离

变频器的输出电压宣称是正弦交流电，而实际上输出的是电压脉冲序列，其频率等于载波频率，为几 kHz ~ 20kHz，幅值等于直流回路电压平均值，当变频器与电动机之间的连接线很长时，导线的分布电感和线间分布电容的作用将不可忽视，线间分布电容与电动机的漏磁电感之间有可能因接近于谐振点而导致电动机的输入电压偏高，使电动机损坏，或运行时发生振动。因此，变频器与电动机之间的允许

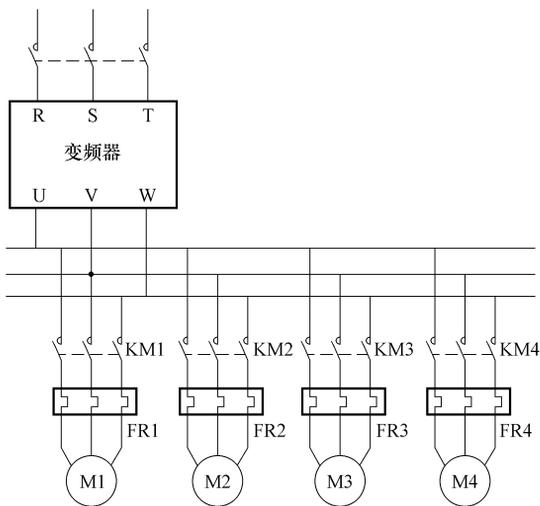


图 1-7 一台变频器驱动多台电动机

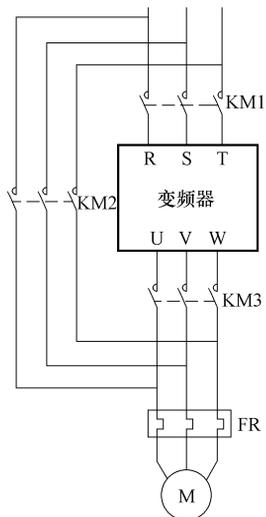


图 1-8 变频与工频切换

距离（允许导线长度）受到了限制。由于各种变频器内部采用了不同的技术方案，所以其允许距离也有区别。表 1-1 是几种变频器与电动机之间导线允许长度规定值。

表 1-1 几种变频器与电动机之间导线允许长度规定值

变频器型号	相关条件	规定距离/m
施耐德 ATV31H		50
森兰 SB12	载波频率 $\leq 9\text{kHz}$	< 50
	载波频率 $\leq 7\text{kHz}$	< 100
	载波频率 $\leq 3\text{kHz}$	≥ 100
博世力士乐 CVF-G3		≤ 30
富士 G11S	$P_N \leq 3.7\text{kW}$	< 50
	$P_N > 3.7\text{kW}$	< 100
艾默生 TD3000		≤ 100
英威腾 INVT-G9	载波频率 $\leq 5\text{kHz}$	≤ 100
	载波频率 $\leq 10\text{kHz}$	< 100
	载波频率 $\leq 15\text{kHz}$	< 100

(续)

变频器型号	相关条件	规定距离/m
格立特	载波频率 < 4kHz	≤ 50
	载波频率 ≥ 4kHz	< 50
日立 SJ300		< 20
三菱 FR-S540E		< 100
安川 CIMR-G7	载波频率 ≤ 5kHz	≤ 100
	载波频率 ≤ 10kHz	< 100
	载波频率 ≤ 15kHz	< 50
瓦萨 CX	$P_N \leq 1.1 \text{ kW}$	≤ 50
	$P_N = 1.5 \text{ kW}$	≤ 100
	$P_N \geq 2.2 \text{ kW}$	≤ 200
德力西 CDI9100	载波频率 ≤ 3kHz	> 100
	载波频率 ≤ 5kHz	≤ 100
	载波频率 ≤ 10kHz	≤ 50

第四节 变频器中使用的电力电子器件 IGBT 与功能模块

变频器的应用技术及维修等方面的知识内容在电子类报刊上已有较多介绍，这对变频器技术的快速推广与普及发挥了重要的积极作用。随着国家大中专教育、高职、中职教育普及程度的提高，很多接受过专业教育的大中专毕业生走进了工厂企业，充实了企业的电气运行人员队伍，使这支队伍的素质有了大幅度的提高。这些高素质的电气运行人员希望在掌握上述常规知识技术的基础上，进一步学习变频器内部电路的结构形式、元器件特点，以便更好地驾驭这款高科技产品，创造出更好更强的社会效益。本节内容权作抛砖引玉，希望有更多的同行专家携手努力，共同培育这块必将丰富多彩的知识园地。

一、IGBT 简介

1. IGBT 的技术特点

GTO（门极关断晶闸管）和 GTR（电力晶体管）是电流驱动器

件，具有很强的通流能力，而它们的开关速度较慢，所需驱动功率大，驱动电路复杂。电力 MOSFET（金属氧化物半导体场效应晶体管）是单极型电压驱动器件，它的开关速度快，输入阻抗高，热稳定性好，所需驱动功率小，驱动电路简单。因此这两种器件各有其优缺点。

IGBT（绝缘栅双极型晶体管）综合了 GTR 与 MOSFET 的优点，是以达林顿结构组成的一种新型电力电子器件。其主体部分与晶体管相同，有集电极 C 和发射极 E，具有通流电流大，驱动功率小，驱动电路简单，开关速度快等良好的特性，自从 20 世纪 80 年代开始投入市场，应用领域迅速扩展，目前已经取代 GTR 和 GTO，成为大、中功率电力电子设备的主导器件。该器件的工作电压和电流容量也在逐渐提高。

IGBT 是 GTR 和 MOSFET 相结合的一种新器件，它的输入端和场效应晶体管相同，是绝缘栅结构，图 1-9 所示为 IGBT 的内部等效电路及图形符号。

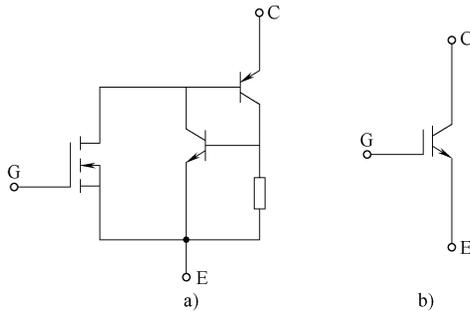


图 1-9 IGBT 内部等效电路及图形符号

a) 等效电路 b) 图形符号

2. IGBT 的技术参数

IGBT 的主要技术参数有如下几个：

1) 集电极最大允许电流 I_{CM} ：IGBT 在饱和导通状态下，允许持续通过的最大电流。

2) 栅极驱动电压 U_{GE} ：施加在栅极与发射极之间的电压。在变

变频器应用电路中，使 IGBT 饱和导通的 U_{GE} 为 12 ~ 20V，而当 IGBT 截止时， U_{GE} 为 -15 ~ -5V。

3) 集电极-发射极额定电压 U_{CEX} ：IGBT 的栅极-发射极短路、管子处在截止状态下集电极与发射极之间能承受的最大电压。

4) 开通时间与关断时间：电流从 10% I_{CM} 上升到 90% I_{CM} 所需要的时间，称作开通时间，用 t_{ON} 表示；电流从 90% I_{CM} 下降到到 10% I_{CM} 所需要的时间，称作关断时间，用 t_{OFF} 表示。 I_{CM} 是 IGBT 集电极最大允许电流值。

5) 集电极-发射极饱和电压 U_{CES} ：IGBT 在饱和导通状态下，集电极与发射极之间的电压降。

6) 漏电流 I_{CEO} ：IGBT 在截止状态下的集电极电流。

3. IGBT 的使用注意事项

随着电子技术及计算机控制技术的发展，IGBT 正日益广泛地应用于小体积、低噪声、高性能的电源、通用变频器和电机控制、伺服控制、不间断电源（UPS）等场合。IGBT 在使用过程中，应注意如下问题：

1) 一般 IGBT 的驱动级正向驱动电压 U_{GE} 应保持在 15 ~ 20V，这样可使 IGBT 的饱和电压较小，损耗降低，避免损坏管子。

2) 关断 IGBT 的栅极驱动电压 - U_{GE} 应大于 5V，若这个负电压值太小，集电极电压变化率 du/dt 可能使管子误导通或不能关断。

3) 栅极和驱动信号之间应加一个栅极驱动电阻 R_G ，该电阻的阻值与管子的额定电流有关，可以在 IGBT 使用手册中查到。如果不加这个电阻，管子导通瞬间，可能产生电流和电压颤动，增加开关损耗。

4) 设备短路时， I_C 电流会急剧增加，使 U_{GE} 产生一个尖脉冲，这个尖脉冲会进一步增加 I_C 电流，形成正反馈。为了保护管子，可在栅极—发射极间加一个稳压二极管，钳制 G-E 电压突然上升。当驱动电压为 15V 时，稳压管的稳压值可以为 16V。

二、变频器中的模块逆变电路

在变频器中，由 IGBT 以及相应的驱动控制、保护电路构成完整的逆变电路，实现将直流电逆变为交流电的功能。逆变电路可以由分

分立元器件或具有各种功能的模块电路构成。随着技术的发展和进步，分立元器件构成的逆变电路已经退出历史舞台。

1. IGBT 模块

在变频器的应用电路中，通常在 IGBT 的旁边反向并联一个二极管，而且经常做成模块形式，图 1-10 所示就是各种结构的 IGBT 模块。

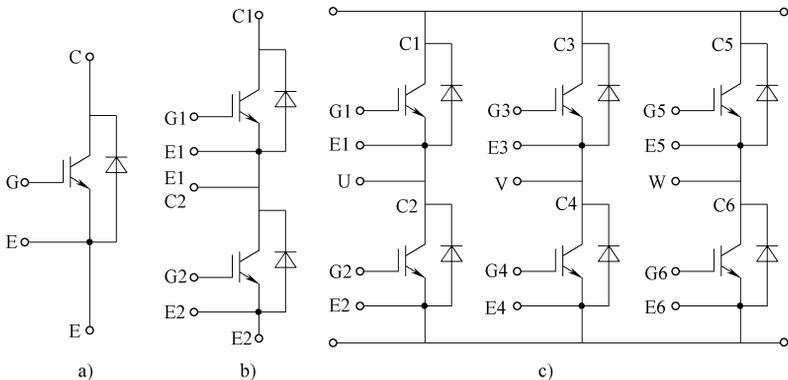


图 1-10 几种结构的 IGBT 模块

a) 单管模块 b) 双管模块 c) 六管模块

2. EXB 系列 IGBT 驱动模块及其应用

富士 EXB 系列 IGBT 驱动模块是目前国内市场应用较多的驱动模块，该系列中的一款驱动模块与 IGBT 管的连接电路如图 1-11 所示，图中方框内的电路就是 EXB 驱动模块，方框边线上的数字是模块的引脚编号。模块的 2 脚和 9 脚是 20V 的工作电源，2 脚为正；3 脚是模块的驱动输出端，在模块内连接由晶体管 V1、V2 组成的推挽电路的中点，对外经栅极电阻 R_G 连接 IGBT 的栅极；在 2 脚和 9 脚之间，电阻 R1 和稳压管 VS 稳压一个 5V 电压，经模块 1 脚与 IGBT 的发射极连接；模块的 6 脚与 IGBT 的集电极连接，用于进行过电流保护。

CPU 的控制信号从 15 脚和 14 脚输入。当 15 脚和 14 脚之间有输入信号时，该输入信号经隔离、放大器 A 放大，在 a 点形成高电位，

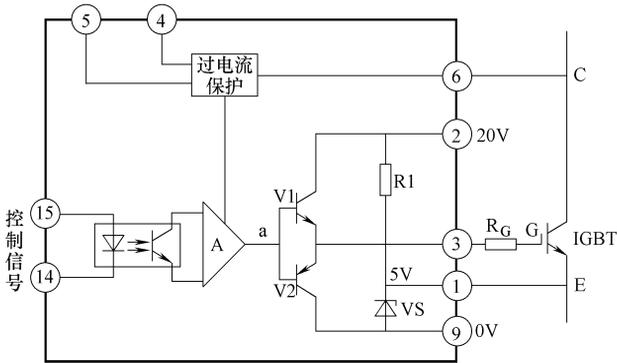


图 1-11 富士 EXB 系列驱动模块与 IGBT 的连接电路

使 V1 导通，V2 截止，此时 2 脚的 20V 电压经 V1、3 脚、 R_G 连接到 IGBT 的栅极 G，使栅极 G 的电位为 20V，而发射极 E 与 1 脚的 5V 连接，所以 IGBT 的栅极与发射极之间电压 $U_{GE} = +20V - 5V = +15V$ ，IGBT 饱和导通。

当 15 脚和 14 脚之间的输入信号为 0 时，a 点为低电位，此时 V1 截止，V2 导通，模块的 3 脚经 V2 与 9 脚的 0V 连接，这时的情况相当于 IGBT 的栅极为 0V，发射极为 5V，因此 $U_{GE} = -5V$ 。IGBT 截止。

以上过程实现了驱动模块对 IGBT 的驱动控制。

3. IGBT 的栅极电阻 R_G

在图 1-11 中，IGBT 的栅极接有一个电阻 R_G ，这个电阻的选择非常重要，这是因为 IGBT 的栅极 G 和发射极 E 之间存在着寄生的结电容 C_{GE} ，这个电容的充放电将影响到 IGBT 的工作。 R_G 阻值大，将延长 IGBT 的开通和关断时间； R_G 阻值太小，IGBT 关断太快，将使 IGBT 的 C、E 极电压迅速从饱和导通状态时的低于 3V 上升到为 500V 以上，这将通过集电极和栅极之间的结电容电压 U_{CC} 产生反馈电流 i_{CC} ，对 IGBT 的关断起到阻碍作用，甚至发生误导通。因此，栅极电阻 R_G 的连接必须的，不可缺少的。

栅极电阻的大小应严格按照 IGBT 的说明书选取。

4. 驱动模块输出信号的放大

IGBT 是电压控制型器件，其栅极与发射极之间的输入阻抗很大，吸收信号源的电流和消耗的驱动功率也很小，但由于栅极 G 与发射极 E 之间存在着结电容 C_{GE} ，在驱动信号作用下，也会吸收电流。容量越大的 IGBT， C_{GE} 也越大，吸收的电流也越大，而驱动模块输出电流有时不足 20mA，甚至只有几毫安，所以对于在大容量变频器中使用的 IGBT，驱动模块输出的驱动信号需要进行放大，如图 1-12 所示。

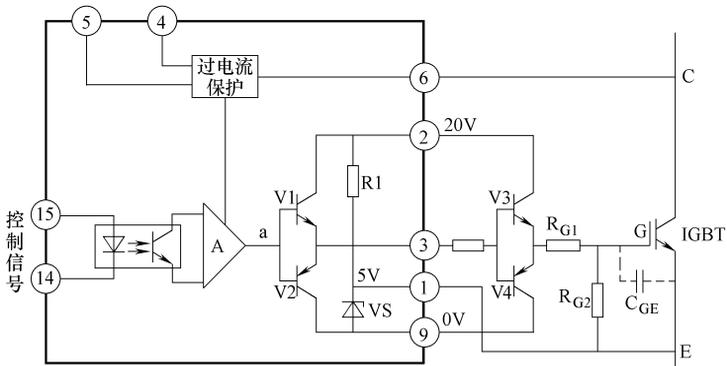


图 1-12 驱动模块输出驱动信号的放大电路

在图 1-12 中，驱动模块输出端 3 脚与 IGBT 栅极之间接入了由 V3 和 V4 组成的推挽放大电路，将驱动信号进行再次放大，从而满足大容量 IGBT 的驱动需求。

5. 智能电力模块 IPM

智能电力模块 IPM 是电力集成电路的一种，有时也称作智能电力集成电路 SPIC。

电力电子器件和配套的控制电路，过去都是分立元器件的电路装置，而今随着半导体技术及其相应工艺技术的成熟，已经可以将电力电子器件及其配套的控制电路集成在一个芯片上，形成所谓的电力集成电路。这种电路能集成电力电子器件、有源或无源器件、完整的控制电路、检测与保护电路，由于它结构紧凑、集成化程度高，从而避免了分布参数、保护延迟等一系列技术问题。



图 1-13 富士智能电力模块 IPM 型号含义

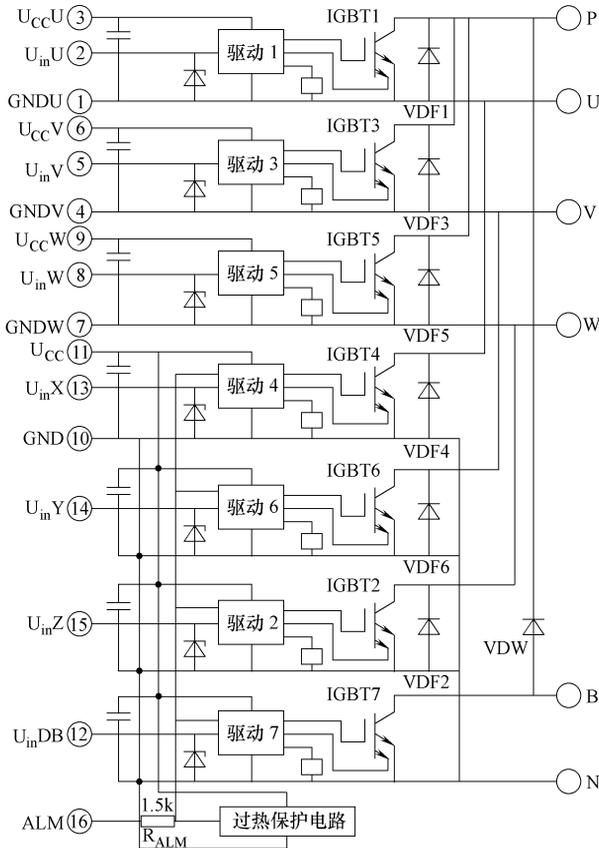


图 1-14 富士 7MBP100RA060 智能电力模块内部结构图

下面介绍变频器中较常用的以 IGBT 为主开关器件的 IPM。目前几十千瓦以下的变频器已经开始采用这种集成度高、功能强大的器件 IPM。富士公司 R 系列 IPM 的型号含义如图 1-13 所示。

图 1-14 所示为富士 7MBP100RA060 智能电力模块的内部结构图。模块内部包含 7 个 IGBT 和 7 个功率二极管。其中 IGBT1 ~ IGBT6 构成三相逆变桥，VDF1 ~ VDF6 是与 6 个 IGBT 反向并联的回馈二极管。动力制动由 IGBT7 作为开关管，VDW 是它的续流二极管。模块的 16 脚 ALM 端是报警信号输出端，可对模块的短路、控制电源欠电压、IGBT 及 VDF 过电流、VDW 过电流、IGBT 芯片过热、外壳过热等各种运行异常实施保护，当 ALM 端有报警信号输出时，IGBT 的电流通路被封锁，IPM 受到保护。

由于 IPM 内部的驱动电路是专门针对内部的 IGBT 设计的，因此具有最佳的驱动条件。IPM 还内含制动电路，即由 IGBT7 等电路组成，只要在外电路端子 P 与 B 之间接入制动电阻，就能实现制动。

7MBP100RA060 智能电力模块的接线端子使用的符号及其含义如表 1-2 所示。

表 1-2 7MBP100RA060 智能电力模块的接线端子符号及其含义

端子编号	端子符号	端子含义
	P, N	变频器整流滤波后的主电源 U_d 输入端, P: + 端; N: - 端
	B	制动输出端子, 减速时用以释放再生能量
	U, V, W	变频器三相输出端
1	GNDU	上桥臂 U 相驱动电源 U_{cc} 输入端
3	$U_{cc}U$	$U_{cc}U$: + 端; GNDU: - 端
4	GNDV	上桥臂 V 相驱动电源 U_{cc} 输入端
6	$U_{cc}V$	$U_{cc}V$: + 端; GNDV: - 端
7	GNDW	上桥臂 W 相驱动电源 U_{cc} 输入端
9	$U_{cc}W$	$U_{cc}W$: + 端; GNDW: - 端
10	GND	下桥臂共用驱动电源 U_{cc} 输入端
11	U_{cc}	U_{cc} : + 端; GND: - 端
2	U_mU	上桥臂 U 相控制信号输入端

(续)

端子编号	端子符号	端子含义
5	$U_{in} V$	上桥臂 V 相控制信号输入端
8	$U_{in} W$	上桥臂 W 相控制信号输入端
13	$U_{in} X$	下桥臂 X 相控制信号输入端
14	$U_{in} Y$	下桥臂 Y 相控制信号输入端
15	$U_{in} Z$	下桥臂 Z 相控制信号输入端
12	$U_{in} DB$	下桥臂制动单元控制信号输入端
16	ALM	保护电路动作时的输出控制信号

使用 IPM 模块构成的变频器应用系统如图 1-15 所示。图中方框

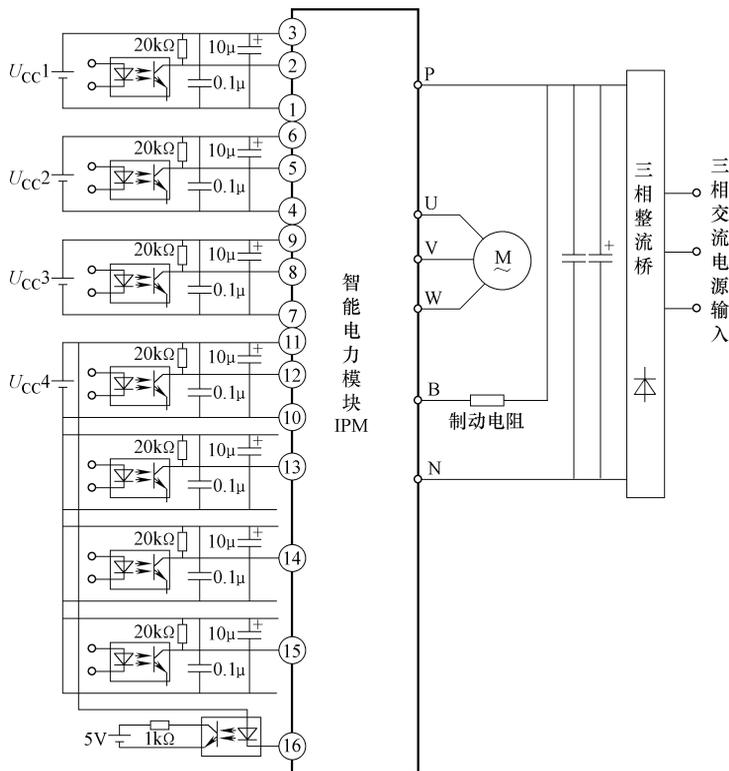


图 1-15 IPM 模块在变频器中的应用电路

内是 IPM 模块，模块内的电路见图 1-14。模块 IPM 右侧画出的是连接电动机、制动电阻的电路，以及整流滤波电路。制动电阻连接在端子 P 与 B 之间。模块左侧连接的是控制信号电路和报警输出电路。

图 1-15 中的应用系统使用 4 组相互绝缘的控制电源，即 U_{CC1} 、 U_{CC2} 、 U_{CC3} 和 U_{CC4} 。其中逆变桥的上桥臂使用 3 组，下桥臂和制动单元共用 1 组。这 4 组控制电源还必须与主电源之间具有良好地绝缘。

下桥臂控制电源的 GND 和主电源的 GND 已经在 IPM 内连接好，在 IPM 外部绝对不允许再连接，否则将会产生环流，引起 IPM 的误动作，甚至可能破坏 IPM 的输入电路。

第五节 变频器配套使用的电抗器、滤波器

变频器配套使用的电抗器，通常是由变频器生产厂商或其他生产厂商生产的变频器专用配套产品，它是变频器产品的选购件。所谓变频器选购件，就是变频器正常销售出厂时并不一定向用户提供的配件，即标配以外的器件。而标配包括可以独立运行的变频器整机、变频器说明书、变频器合格证、包装箱以及一些必要的专用工具等。这些作为选购件的电抗器在变频器运行现场应用很多，可以解决一些运行现场的复杂技术问题。当然有些运行现场可以不使用电抗器。

一、三相输入电抗器

将三相输入电抗器 L 接在电源和变频器之间，如图 1-16 所示，能限制电网电压突变和操作电压引起的电流冲击，有效地保护变频器并能够改善变频器的功率因数，抑制变频器输入电网的谐波电流。三相输入电抗器的外形如图 1-17 所示。

一般出现如下情况时应使用三相输入电抗器：

1) 一条电源供电线路上有多台变频器同时运行，这时变频器相互之间会有明显的干扰。为了滤除或减轻这种干扰，可使用三相输入电抗器。

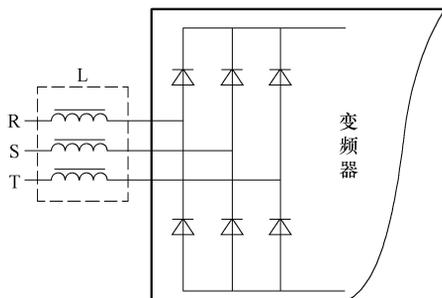


图 1-16 变频器接入三相输入电抗器

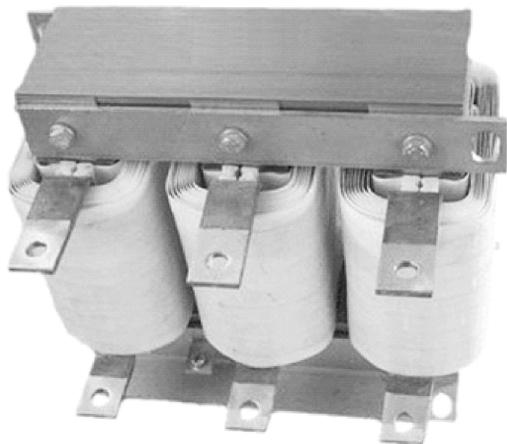


图 1-17 三相输入电抗器

- 2) 电源相间电压不平衡度超过额定电压的 1.8%。
- 3) 给变频器提供电源的变压器容量较大, 数值达到变频器容量的 10 倍以上时。
- 4) 其他应该使用输入电抗器的情况。

二、三相输出电抗器

与输入电抗器一样, 三相输出电抗器的结构也是在三相铁心上绕制三相线圈, 如图 1-18 所示。由于电抗器是长期接入电路的, 所以

导线截面积应足够大，允许长时间流过变频器的额定电流。电抗器的电感量以基波电流流经电抗器时的电压降不大于额定电压的 3% 为宜。



图 1-18 三相输出电抗器

如果电动机与变频器之间的距离无法减小到规定的数值以内，可以采取在变频器输出侧接入输出电抗器的方法，如图 1-19 所示。这时可以适当延长电动机与变频器之间的距离。输出电抗器可以补偿长线分布电容的影响，并能抑制输出谐波电流，提高输出高频阻抗，有效抑制 dv/dt ，减低高频漏电流，起到保护变频器，减小设备噪声的作用。

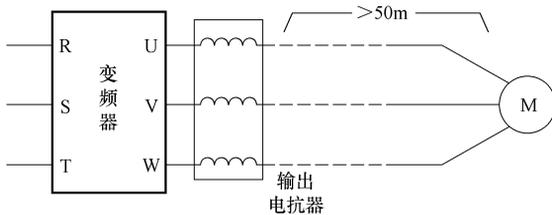


图 1-19 输出电抗器的连接

三、直流电抗器

直流电抗器又称平波电抗器，主要用于变频器的直流侧，将叠加在直流电流上的交流分量限定在某一规定值，保持整流电流连续性，减小电流脉动值，改善输入功率因数。一种直流电抗器的外形如图 1-20 所示。图 1-21 所示是接入变频器电路中的直流电抗器。



图 1-20 直流电抗器

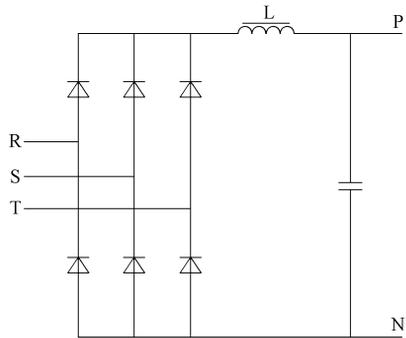


图 1-21 直流电抗器接入

四、能量回馈电抗器

经常工作在发电状态的变频调速系统中，为更好地实现节能，把这部分能量进行并网或直接通过变频器直流母线被其他变频器负载吸收利用，在此过程中电抗器主要起到滤波、降压、防止涌流冲击以及最大限度输出正弦波电压和电流的作用，一般用在电梯、港口吊机、煤矿井架等负载可能具有位能的场合，能量回馈电抗器采用优质冷轧硅刚片和高温导线制作，具有耐动热稳定能力强，电感稳定、噪声小等特点。图 1-22 所示为一款回馈电抗器的外形图。

五、输入、输出滤波器

变频器滤波器是一种无源低通滤波器，它是基于变频器在工作时，对电网及其他数字电子设备产生干扰的频谱分量电磁兼容性特点而专门设计的。能有效抑制沿电源线传播的传导干扰。

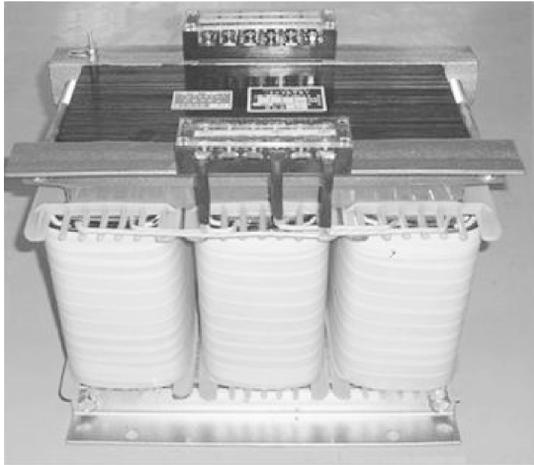


图 1-22 回馈电抗器

变频器滤波器有输入滤波器和输出滤波器两种。一种常用的输入滤波器内部电路结构如图 1-23 所示。由图中可见其主要由线圈、电容器和电阻等构成。一种输入滤波器的外形见图 1-24。输出滤波器的外形与此类似。

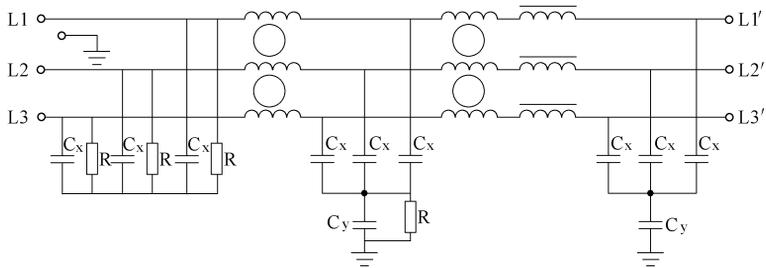


图 1-23 输入滤波器内部电路结构图

输出滤波器与输入滤波器有一定的区别，一是线圈的匝数不同，输入滤波器线圈的匝数稍多，这是由于输出电流中的高次谐波分量频率较高，等于载波频率；输入端的谐波是由于二极管整流电



图 1-24 输入滤波器外形图

路、电容充电电路形成的，电源对变频器的输入电流实际上就是电容器的充电电流，这里的谐波频率略低，因此，绕制输入滤波器线圈的圈数稍多于输出滤波器。两者之间的第二个区别是电路结构不同，各滤波器生产厂商都会在滤波线圈两端加接电容器，但在输出滤波器的电路结构中，靠近变频器的一侧不允许有电容器，在电动机一侧连接的电容器应该串入限流电阻。输出滤波器的内部电路如图1-25所示。

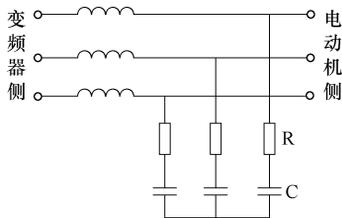


图 1-25 输出滤波器内部电路结构图

输入电抗器、输入滤波器、直流电抗器、变频器、输出滤波器、输出电抗器以及与电动机之间的连接关系如图 1-26 所示。当然对于一个具体的变频器应用系统来说，最终使用哪些非标配的选购件应由设计人员根据安装场所的需求决定。

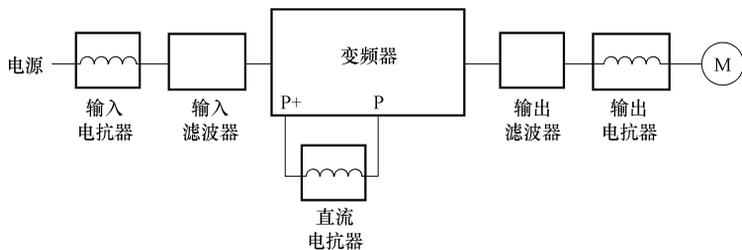


图 1-26 电抗器、滤波器与变频器的连接关系

第六节 变频器的功能参数

一、功能参数设置的意义

变频器是当今先进科技的重要成果之一，其核心控制技术是微电子技术。变频器通常选用国际上档次较高的 16 位或 32 位单片机作为主控芯片，所以必须要有合理的硬件电路，以及性能优异的控制程序软件。由于变频器面对众多需求各异的用户，所以其程序设计时，某些程序语句的赋值是不确定的，要求用户根据应用需求，从多个赋值中选择一个适合自己项目运行要求的给予确认。这就是变频器应用时必须事先根据项目要求进行功能参数设置的缘由。例如，富士 G11S 型变频器的功能参数 F01，其名称是“频率设定”，即由谁来决定变频器运行的频率。变频器给出了 0~11 共 12 种选择，根据设计和运行要求，选择 0~11 中的一个数字，即选择了变频器输出频率变化的依据。这种对变频器功能参数进行赋值选择的过程，就是对变频器功能参数的设置。

变频器的功能参数很多，通常有上百个，甚至几百个。为了调试和设置方便，有的变频器将自己的参数分成几个组，例如，基本功能参数组，辅助功能参数组，高级功能参数组等。每种变频器的参数分组方法、分组数量、分组名称各不相同。详细情况可查阅产品说明书。表 1-3 是几种低压变频器的功能参数代码表。

表 1-3 几种低压变频器的功能参数代码表

功能参数类别	变频器型号					
	博世力士乐 CVF-G3	英威腾 INVT-G9	普传 PI7100	德力西 CDI9100	森兰 SB12	富士 G11S
频率给定方式	b-1 ~ b-2	2-00	F04	P00.01	F01	F01
最大频率		1-00	F13	P00.04	F04	F03
频率给定线的调整功能	L-49 ~ 50	4-00 ~ 03				F17 ~ 18
模拟量给定的滤波时间	L-55	4-04	o00 o03		F23	C33
点动频率	L-15		F31	P01.20		C20
频率的上限	L-3	1-00	F17	P00.14	F12	F15
频率的下限	L-4	1-10	F16	P00.15	F13	F16
回避频率	H-36 ~ 41	9-00 ~ 03	F37 ~ 39	P01.29 ~ 32	F14 ~ 17	C01 ~ 04
载波频率	L-57	2-02	F15	P03.01	F24	F26 ~ 27
控制方式选择	L-0	1-01			F02	F42
最大输出电压		1-03			F06	F06
基本频率		1-02	F14		F05	F04
U/f 比的选择	L-1 ~ 2	1-04 ~ 07	F67			F09
自动转矩补偿		9-05	F07	P03.05	F07	F09(= 0.0)
节能运行	H-3	9-06	F57	P03.00		H10
转差补偿	H-0		F11	P01.16		P09
电动机额定参数设定		1-08		P03.18	F40	P01 ~ 03
电动机参数自测定						P04 ~ 05
转矩控制功能						H18
下垂功能						H28
加速时间	b-7 ~ 8 H-42 ~ 47	1-11 ~ 1-14	F09	P00.12	F08	F07
减速时间			F10	P00.13	F09	F08
点动加减速时间	L-16 ~ 17	1-17 ~ 18	F28 ~ 29	P01.21 ~ 22		
加减速方式	b-9	1-15 ~ 16				
起动能	L-6 ~ 10	2-03	F43	P01.18 ~ 19	F21 ~ 22	F23 ~ 24
停机功能	L-11 ~ 14	2-04	F27	P01.03	F76	F25
直流制动功能		2-05 ~ 09	F47	P01.04 ~ 06		F20 ~ 22

(续)

功能参数类别	变频器型号					
	博世力士乐 CVF-G3	英威腾 INVT-G9	普传 PI7100	德力西 CDI9100	森兰 SB12	富士 G11S
操作方式选择	b-3	2-01	F05	P00.00		F02
旋转方向选择	b-4	2-10、4-05	F54 ~ 55	P00.03	F27	H08
自锁控制功能	L-33	4-14				
输入端子功能	L-63 ~ 69	4-06 ~ 13	F63	P02.00 ~ 07		E01 ~ 09
多挡速频率设定	L-18 ~ 32	5-00 ~ 06				C05 ~ 19
模拟量输出端子功能	b-10 ~ 14	3-00 ~ 03		P02.18 ~ 19	F28 ~ 29	F30 ~ 35
开关量输出端子功能	b-15 ~ 16	3-08 ~ 09		P02.09 ~ 11	F33 ~ 34	E20 ~ 25
程序控制选择	H-14	5-07	F50	P02.20		C21
程序段预置功能	H-15 ~ 35	5-08 ~ 16	H00 ~ 34	P02.21 ~ 48		C22 ~ 28 E10 ~ 15
系统闭环控制	H-48	6-00	F72	P03.08		H20
目标给定选择	H-49	6-01 ~ 06	P03	P03.09	F47	
反馈选择功能	H-50 ~ 52	6-07 ~ 12	P02	P03.11	F50 ~ 52	H21
比例增益选择	H-55	6-13	P07	P03.12	F60	H22
积分时间选择	H-56	6-14	P05	P03.13	F61	H23
微分时间选择	H-57		P06	P03.14		H24
反馈信号异常功能	H-60 ~ 61	6-15 ~ 18	P00			
过载保护功能	H-1 ~ 2	7-09 ~ 11	F45 ~ 46	P00.17 ~ 18	F10 ~ 11	F10 ~ 12 E33 ~ 35
过电流保护功能	H-9					H12
过电压保护功能		7-00 ~ 02		P03.02 ~ 03		
自动电压调整	H-8	7-03	F41	P01.36	F37	
断相保护功能		7-12 ~ 15				
加速中防止跳闸		7-04				
运行中防止跳闸		7-05				
瞬时停电的重合闸功能	H-4 ~ 5	8-00 ~ 04		P01.35		F14 H13 ~ 16

(续)

功能参数类别	变频器型号					
	博世力士乐 CVF-G3	英威腾 INVT-G9	普传 PI7100	德力西 CDI9100	森兰 SBI2	富士 G11S
故障跳闸的重合闸功能	H-6 ~ 7	7-16 ~ 17	F48	P01.12 ~ 13	F35 ~ 36	H04 ~ 05
过转矩保护功能	L-61 ~ 62	7-06 ~ 08				
显示内容选择		0-01 ~ 02	F65 ~ 66	P03.23		E40 ~ 47
通信功能	H-78 ~ 83	A-00 ~ 02		P03.19 ~ 21		H30 ~ 39
语言选择功能						E46
数据的初始化功能	L-73			P03.25	F38	H03
数据的锁定与密码	L-72			P03.24	F39	F00
冷却风扇控制功能			F53	P03.07		H06

二、功能参数设置的方法

变频器、电动机软起动器以及各种数显仪表都是以单片机为核心控制单元的智能化设备，使用前均应对其功能参数进行设置，这已成为电子电气技术人员的一项基本功。变频器功能参数的设置，通常通过操作控制面板上的按键来完成。因此应对变频器控制面板上的按键安排及其基本功能有所了解。图 1-27 所示为创世变频器面板按键及显示屏排列示意图，表 1-4 是面板上的按键名称及功能说明。

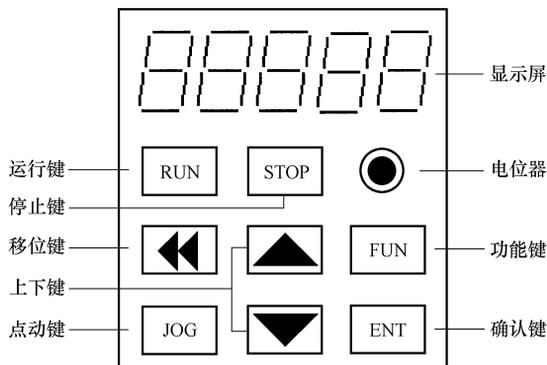
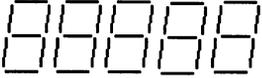


图 1-27 创世变频器面板按键及显示屏排列图

表 1-4 图 1-27 中按键名称及功能说明

按 键	功 能
 键	运行键,用于启动运行的指令键
 键	停止/复位键,用于停止运行,或者因为保护功能动作停止运行时复位变频器
 键	功能键。运行监测模式(显示变频器运行参数模式)与编程模式(设置功能参数模式)的切换键。在运行监测模式下,按一下该键进入编程模式,配合其他键设置完参数后,按该键返回监测模式
 键	确认键。在运行监测模式下,连续多次按该键,可依次循环显示变频器输出频率、输出电流、输出电压、直流母线电压、输入信号、模块温度等。在参数设定模式下,按一下该键显示当前参数内容(参数值),配合其他键修改完参数后,按该键将修改后的数据存入 EEPROM 中保存
 键	点动键。按下此键 2s 后,执行点动频率指令
 键	按此键可连续增加频率值 在编程模式中按此键,可增大参数值
 键	按此键可连续减小频率值 在编程模式中按此键,可减小参数值
 键	移位键。参数码及参数值的位数选择键
	电位器。用于设定频率值
	显示屏。显示参数代码、参数值或故障码

现以创世变频器为例,介绍功能参数的设置方法。上电后变频器进入运行监测模式并显示频率值,然后按以下步骤进行设置:

- 1) 按一下功能键 FUN, 进入编程模式, 显示屏显示功能码 $P \times \times \times$ 。
- 2) 用 ▼ 键、▲ 键和 ◀◀ 键配合选择所需设定的参数代码号, 例

如 P005，用确认键 ENT 确认后，显示屏显示内容由参数代码号 P005 变为 P005 的参数值。

3) 再用▼键、▲键和◀◀键三键配合修改参数值，修改完毕按确认键 ENT 键保存，显示屏显示下一个参数代码号。

4) 重复上述 2)、3) 两项操作，直至将所有需要修改设置的参数设置完毕。

5) 按功能键 FUN 返回运行监测模式。

参数设置工作结束。

对于型号各异的变频器，参数设置的方法大同小异。一个基本思想是：首先按一下功能键（有的变频器是按模式键或其他类似功能键，有的是按两下或 n 下），使变频器进入参数设置状态，显示屏上会显示一个参数代码；接着用▼键、▲键和◀◀键三个键配合修改，使显示的参数代码变成欲修改的代码（这三个键在所有变频器中都有配置），这时按确认键（所有变频器都配置具有确认功能的按键），显示内容变成欲修改代码的参数值；然后用▼键、▲键和移位◀◀键三个键配合修改代码的参数值；最后确认保存。如此反复操作直至设置完全部参数，并返回运行状态。

第二章 变频器对电动机的控制

第一节 变频器对异步电动机的控制方式

目前变频器对电动机的控制方式有如下几种：V/F 恒定控制，转差频率控制，矢量控制，转矩控制，直接转速控制，非线性控制，自适应控制，滑模变结构控制等。其中前五种控制方式已经获得成功应用，并有商品化的产品，所以下面讨论前五种控制方式。

一、V/F 恒定控制

V/F 控制方式是在改变电动机电源频率的同时，也改变电动机电源的电压，使电动机磁通保持一定，在较宽的调速范围内，电动机的效率、功率因数不下降。因为控制的是电压和频率之比 (U/f)，所以称作 V/F 控制。这种控制方式比较简单，常用于节能型变频器，如风机、泵类机械的节能运转及生产流水线的工作台传动等。另外，空调器等家用电器也采用 V/F 控制的变频器。

U/f 一定的控制常用在通用变频器上，主要用于风机、水泵的调速节能，以及对调速范围要求不高的场合。其突出的优点是可以进行电动机的开环速度控制。 U/f 一定的控制存在的主要问题是低速性能较差，原因是低速时异步电动机定子电压降所占比重增大，已不能忽略，最终造成电动机的电磁转矩减小。 U/f 一定的控制存在的缺点可以采用补偿低端电压的方法解决，即在低速时适当提升电压，以补偿定子电阻电压降的影响。

二、转差频率控制

转差频率控制需要在电动机转子上安装测速发电机等速度检测器，用以检测电动机的速度，然后以电动机速度与转差频率之和作为变频器的输出频率。这种控制方式与 V/F 控制相比，其加减速特性和限制过电流的能力得到提高。

三、矢量控制

矢量控制是一种高性能异步电动机控制方式，它基于电动机的动态数学模型，分别控制电动机的转矩电流和励磁电流，具有与直流电动机相类似的控制性能。

直流电动机具有励磁和电枢两套绕组，工作时由不同的电源供电。当励磁电流恒定时，直流电动机所产生的电磁转矩与电枢电流成正比，控制直流电动机的电枢电流就可以控制电动机的转矩，因而直流电动机具有良好的控制性能。

异步电动机也有两套多相绕组（定子绕组和转子绕组），其中定子绕组与外部电源相连，在定子绕组中流过定子电流。定子电流一方面将电磁能量转变为机械能供给负载，另一方面通过电磁感应在转子绕组中产生感应电动势，并流过电流。因此异步电动机的定子电流中包括了励磁电流分量和转子电流分量。由于励磁电流是异步电动机定子电流的一部分，因此，很难像直流电动机那样仅仅控制异步电动机的定子电流，达到控制电动机转矩的目的。但是异步电动机的动态数学方程具有和直流电动机的动态方程式相同的形式，因而可以选择合适的控制策略，使异步电动机得到与直流电动机相类似的控制性能，这就是矢量控制。关于矢量控制具体的工作原理，在有关专业书籍中有详细的介绍，这里因为篇幅关系不再赘述。

四、转矩控制

转矩控制的对象是电动机的转矩，而不是转速。传送给变频器的目标信号（给定信号）最终控制的是电动机的电磁转矩，而不是频率。在转矩控制方式下，电动机转速的大小，取决于电磁转矩和负载转矩较量的结果，可能加速，也可能减速，其频率不可调节。有时转矩控制用于起动或停止的过渡过程中，当拖动系统起动结束后，即切换到转速控制方式，以便控制转速。

转矩控制常用于牵引和起重装置的起动，以及恒张力控制等。以电梯控制为例，如果采用转速控制，起动转矩是恒定的，故在起动瞬间容易产生冲击。而采用转矩控制模式时，可以使电动机的电磁转矩逐渐增大，直至克服负载转矩时开始缓慢加速，可使起动过程十分平稳。

五、直接转速控制

直接转速控制（DSC）对变频器的输出电压、电流进行检测，经坐标变换处理后，送入电动机模型，推算出电动机的磁通、瞬时转速，在保持磁通闭环的同时，每秒钟对电动机的转速进行高达数千次的校正，所以称为直接转速控制。这种控制方式具有更快的响应速度、更小的转矩脉动、更稳定的准确度，同时还能补偿线路电压降、线路电阻及定子电阻温升带来的影响。

第二节 变频器的电磁兼容性

国际电工委员会（IEC）对电磁兼容性的定义是：“电磁兼容性是电子设备的一种功能，电子设备在电磁环境中能完成其功能，而不产生不能容忍的干扰”。我国颁布的“电磁兼容性”国家标准对电磁兼容性作出如下定义：“设备或系统在其电磁环境中能正常工作且不对该环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力”。这里所讲的电磁环境是指存在于给定场所的所有电磁现象。这表明电磁兼容性有双重含义：设备或系统不仅应具有抑制外部电磁干扰的能力，而且所产生的电磁干扰应不影响同一电磁环境中其他电磁设备的正常工作。显然，电磁兼容性与抗干扰能力的含义是有明显区别的。

变频器作为电力电子设备，内部由电子元器件、计算机芯片等组成，易受外界的电气干扰；其输入侧和输出侧的电压、电流含有丰富的高次谐波，变频器既要防止外界干扰信号干扰变频系统的运行，又要防止变频系统产生的干扰信号影响其他电气控制系统，即所谓电磁兼容性。

一、变频器的谐波和电磁干扰

变频器的主电路一般为交-直-交结构，外部输入的 380V/50Hz 工频电源经三相整流桥不可控整流成直流电压。变频器采用的这种二极管不可控整流电路，中间滤波部分采用大电容作为滤波器，因此整流器输入的电流实际上是电容器的充电电流，其谐波分量较大。在变频器的输出回路中，输出电流信号是受 PWM 载波信号调制的脉冲信号，对于 GTR 大功率逆变器件，其 PWM 的载波频率为 2 ~ 3kHz，而

IGBT 大功率逆变器件的 PWM 最高可达 15kHz，所以输出回路电流信号中也含有正弦波的基波和其他各次谐波。

电磁干扰也称电磁骚扰 (EMI)。外部噪声和无用信号在接收中所造成的电磁干扰通常是通过电路传导和以场的形式传播的。变频器的逆变器大多采用 PWM 技术，当其工作在开关模式并作高速切换时，产生大量耦合性噪声，因此，它对系统内其他的电子、电气设备来说是一个电磁干扰源。电网中存在的各种整流设备、交直流互换设备、电子电压调整设备、非线性负载及电子照明设备等，都是电网中的谐波污染源，会使电网中的电压、电流产生波形畸变，影响和干扰相邻的电气设备运行。受污染的电源对变频器的干扰主要有：过电压、欠电压、瞬时掉电、浪涌、跌落、尖峰电压脉冲和射频干扰等。其次，共模干扰通过变频器的控制信号线也会干扰变频器的正常工作。

二、变频系统中的抗干扰措施

变频系统中的抗干扰措施可以采用隔离、滤波、屏蔽、接地等方法。

所谓干扰的隔离，是指从电路上把干扰源和易受干扰的部分隔离开来，使它们不发生电的联系。具体措施有：使所有的信号线很好的绝缘，保证其不漏电，防止由于接触引入的干扰；将不同种类的信号线分别敷设；模拟量信号，特别是低电平信号，采用屏蔽双绞线连接，且单独占用电缆管或电缆槽；低电平的开关信号，数据通信线路 (RS-232) 等，其抗干扰能力略强，但也要采用屏蔽双绞线，至少用双绞线，并单独走线，不可与动力线、大负荷信号线平行敷设；高电平或大电流的开关量输入、输出以及其他继电器输入、输出信号，它们会干扰别的弱小信号，因此应采用双绞线连接，并单独走电缆管或电缆槽；还有一种方法是将外部信号与变频器内部通过隔离变压器、继电器或光电耦合器进行隔离，效果很好，已被变频器生产厂商广泛采用。

屏蔽就是用金属导体，把相关的元器件、组合件、控制线及信号线包围起来。屏蔽干扰源是抑制干扰最有效的方法，通常变频器本身用铁壳屏蔽，不让其电磁干扰泄漏。屏蔽线的正确使用也是变频器正常运行的重要技术手段之一。

为了抑制变频器输入侧的谐波电流，改善功率因数，可在变频器输入端加装具有滤波效果的交流电抗器；为了改善变频器输出电流的波形，减小电动机的噪声，可在变频器输出端也加装交流电抗器。系统中设置滤波电抗器可以抑制干扰信号从变频器通过电源线传导干扰到供电网络。有更高要求时还可在电源线上设置电源噪声滤波器。

变频器本身有专用接地端子 PE 或 G 端，从安全和降低噪声的需要出发，该端必须接地。可用较粗并尽量短的导线，一端接到变频器接地端子 PE 上，另一端与接地极相连，不能接在零线上。接地电阻应小于 1Ω ，接地线长度应小于 20m。实践证明，接地往往是抑制噪声和防止干扰的重要手段，良好的接地方式可在很大程度上抑制内部噪声的耦合，防止外部干扰的侵入，提高系统的抗干扰能力。

第三节 变频器的制动方式

一、变频器的再生制动

电压型的交-直-交通用变频器，对三相交流电源进行不可控桥式整流，再经电解电容滤波稳压，最后由无源逆变环节输出频率可调的交流电供给电动机。这种通用型变频器用于矿用提升机、轧钢机、大型龙门刨床、卷绕机及机床主轴驱动等系统时，由于要求电动机四象限运行，所以当电动机减速、制动或者带位能性负载重物下放时，电动机将处于再生发电状态。

当变频器输出频率降低时，电动机的同步转速随之下降，而由于机械惯性的作用，这时同步转速可能小于转子转速，电动机从电动状态转变为发电状态，处于再生制动状态。由图 1-3 可见，电动机再生的电能经并联在 V1 ~ V6 上的续流二极管全波整流后反馈到直流电路，使电容器 C1 和 C2 两端电压升高，形成“泵升电压”。过高的泵升电压有可能损坏开关器件、电解电容，甚至破坏电动机的绝缘。为使系统在发电制动状态能正常工作，必须采取适当的制动方式。

1. 能量消耗型

这种制动方法是在变频器直流电路中并联制动单元和制动电阻，通过检测直流母线上的电压来控制制动单元 IGBT 的导通与否，从而

实现制动电阻的接入和断开，如图 2-1 所示，点划线框内是制动单元，DR 是制动电阻。当直流母线上的电压，即电容器 C 两端的电压达到或超过门槛电压（例如 700V）时，IGBT 导通，制动电阻 DR 接入电路，再生能量在制动电阻上以热能的形式被消耗掉，从而防止直流电压的上升。由于再生能量未能得到利用，因此属于能量消耗型。当直流母线上的电压低于门槛电压时，制动过程结束。

2. 并联直流母线吸收型

适用于多台电动机传动系统，在这种系统中，每台电动机配置一台变频器，所有变频器的逆变单元都并联在一对共用直流母线上。系统中往往有一台或数台电动机工作于制动状态，处于制动状态的电动机产生再生能量，这些能量通过并联于直流母

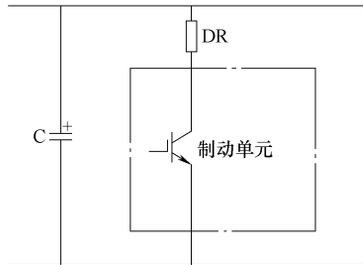


图 2-1 制动单元与制动电阻

线上处于制动状态的电动机所吸收。在不能完全吸收的情况下，则通过共用的制动单元控制，使未被完全吸收的再生能量消耗在制动电阻上。这种方式有部分再生能量被吸收利用，具有一定的节能效益。

3. 能量回馈型

能量回馈型变频调速系统要求变频器网侧变流器是可逆的。当有再生能量产生时，可逆变流器将再生能量回馈给电网，使再生能量得以完全利用。但这种方法对电源的稳定性要求较高。

二、变频器的直流制动

所谓“直流制动”，一般指当变频器的输出频率接近为零，电动机的转速降低到一定数值时，变频器输出直流至异步电动机的定子绕组。由于异步电动机的定子绕组因直流电流而形成静止磁场，转动着的转子切割该静止磁场而产生制动转矩，此时电动机处于能耗制动状态使旋转的转子存储的动能转换成电能，以热损耗的形式消耗于异步电动机的转子回路中，从而使电动机迅速停止。采用直流制动的变频调速系统，仍应在变频器直流环节接入制动单元和制动电阻。

实现变频调速系统的直流制动，应对变频器的相关功能参数进行

设置。

三、变频器电容反馈制动

上面介绍了通用变频器传动系统中对再生能量的常用的处理方法，即能耗制动法和能量回馈法等。前者利用设置在变频器直流回路中的制动单元控制制动电阻吸收再生电能，即所谓能耗制动。这种方法的优点是结构简单，成本低廉，缺点是运行效率低，产生的热量大，使变频器的运行环境劣化。后者可将再生电能回馈至电网，且回馈电能的电压、频率、相位与电网相同。优点是运行效率高，且能四象限运行；缺点是对电网的运行稳定性要求较高，即只能应用于不易发生故障的稳定电网，另外再生能量回馈电网时，对电网有谐波污染，同时，回馈制动的控制技术复杂，成本较高。

这里介绍的电容反馈制动是在电阻制动的基础上使一部分再生能量得到利用的一种控制方式。有较高的能源利用率。

电容反馈制动的充电反馈回路是采用可逆晶闸管斩波器实现的，其主电路如图 2-2 所示。整流部分是由普通二极管 VD1 ~ VD6 构成的不可控整流桥电路；电解电容 C1、C2 是滤波元件；S1 是由晶闸管组成的延时开关，变频器通电瞬间断开，待电容器 C1、C2 充电至一定幅度时导通，用于限制变频器通电瞬间过大的充电涌流；由 IGBT 功率模块 V1、V2、充电反馈电抗器 L 及法拉级大容量电解电容器 C 构成充电、反馈回路；逆变部分由 IGBT 功率模块 V5 ~ V10 组成。

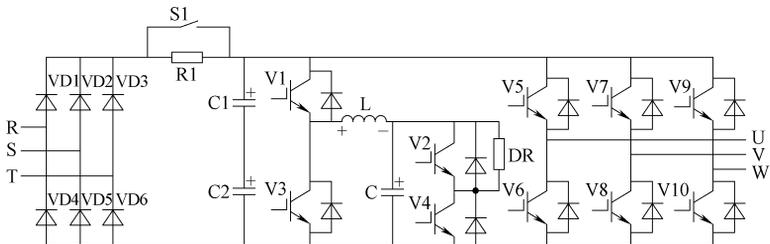


图 2-2 电容反馈制动电路

控制电路对输入交流电压和直流电路电压实时进行监控，并决定是否向 V1 发出充电信号。当变频调速系统的电动机工作在发电运行状态，输入交流电压以及所对应的直流电压达到设定值时（例如交

流 380V 和直流 530V。直流 530V 是交流 380V 输入电压经三相桥整流后的电压峰值，变频器驱动电动机运行在电动状态时，通常只能达到平均值，低于直流 530V），控制电路使 V3 关断，V1 导通，发电状态的再生能量对电解电容器 C 进行充电，此时电抗器 L 与电解电容器 C 分压，从而确保电解电容器 C 工作在安全电压范围内。当电容器 C 上电压达到设定值（例如直流 370V），而系统仍处于发电状态时，控制电路使 V4 导通，启动制动单元，通过制动电阻 DR 实现能耗制动，消耗多余的能量。

电动机运行在电动状态时，控制电路通过对电容器 C 上的电压以及直流回路电压的检测，控制功率模块 V3 的开关频率及占空比，使电抗器 L 上形成一个瞬时左正、右负的电压，再加上电容器 C 上的电压，就能实现从电容器到直流回路的能量反馈过程，并控制反馈电流，确保直流电路电压不出现过高的值。

第四节 变频器的 PID 控制

PID（比例-积分-微分）调节属于闭环控制，是过程控制中应用得相当普遍的一种控制方式。PID 控制是使控制系统的被控物理量能够迅速而准确地尽可能接近控制目标的一种手段。

一、如何使 PID 控制功能有效

要实现闭环的 PID 控制功能，首先应将 PID 功能预置为有效。具体方法有如下两种：一是通过变频器的功能参数码预置，例如艾默生 TD3000 型变频器，其功能参数 F7.00 是“闭环控制功能选择”，将 F7.00 参数设为“0”时，则不选择 PID 闭环控制功能；设为“1”时为选择模拟闭环控制功能；设为“2”时选择采用 PG 的速度闭环。二是由变频器的外接多功能端子的状态决定，例如富士 G11S 系列变频器，如图 2-3 所示，在多功能输入端子 X1 ~ X9 中任选一个，将功能码 E01 ~ E09（与端子 X1 ~ X9 相对应）预置为“20”，则该端子即具有决定 PID 控制是否有效的功能，该端子与公共端子 CM“ON”时无效，“OFF”时有效。应注意的是，大部分变频器兼有上述两种预置方式，但有少数品牌的变频器只有其中的一种方式。

二、目标信号与反馈信号

欲使变频系统中的某一个物理量稳定在预期的目标值上，变频器的 PID 功能电路将反馈信号与目标信号不断地进行比较，并根据比较结果来实时地调整输出频率和电动机的转速。所以，变频器的 PID 控制至少需要两种控制信号：目标信号和反馈信号。这里所说的目标信号是某物理量预期稳定值所对应的电信号，亦称为目标值或给定值；而该物理量通过传感器测量到的实际值对应的电信号称为反馈信号，亦称为反馈量或当前值。

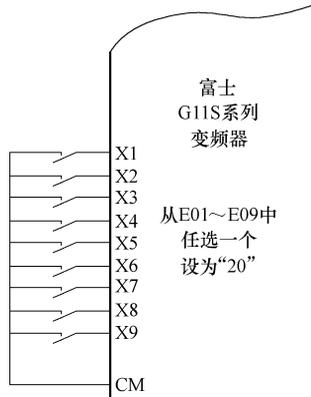


图 2-3 用外接端子设置
PID 功能有效

三、目标信号的输入通道与数值大小

实现变频器的闭环控制，对于目标信号来说，有两个问题需要解决：一是选择将目标值（目标信号）传送给变频器的输入通道；二是确定目标值的大小。对于第一个问题，各种变频器大体上有如下两种方案。一是自动转换法，即变频器预置 PID 功能有效时，其开环运行时的频率给定功能自动转为目标值给定，见表 2-1 中的安川 CIMR-G7A 型与富士 G11S 系列变频器。二是通道选择法，见表 2-1 中的博世力士乐 CVF-G3 系列与格力特 VF-10 系列变频器。

表 2-1 变频器目标值输入通道举例

变频器型号	功能码	功能名称	设定值及相应含义
博世力士乐 CVF-G3 系列	H-49	PID 设定通道 选择	0: 面板电位器 1: 面板数字设定 2: 外部电压信号 1 (0 ~ 10V) 3: 外部电压信号 2 (- 10 ~ 10V) 4: 外部电流信号 5: 外部脉冲信号 6: RS485 接口设定

(续)

变频器型号	功能码	功能名称	设定值及相应含义
格立特 VF-10	FC2	PID 给定量 选择	0: 键盘数字给定 1: 键盘电位器 2: 模拟端子 VS1: 0 ~ 10V 给定 3: 模拟端子 VS2: 0 ~ 5V 给定 4: 模拟端子 IS: 4 ~ 20mA 给定
安川 CIMR-G7A	b5-01 b1-01	选择 PID 功 能是否有效	当通过 b5-01 选择 PID 功能有效时, b1-01 的各 项频率给定通道均转为目标值输入通道
富士 G11S 系列	H20	选择 PID 功 能是否有效	当通过 H20 选择 PID 功能有效时, 目标值即可 按“F01 频率设定 1”选定的通道输入

第二个问题是确定目标值的大小。由于目标信号和反馈信号有时不是同一种物理量, 难以进行直接比较, 所以, 大多数变频器的目标信号都用传感器量程的百分数来表示。例如, 某储气罐的空气压力要求稳定在 5MPa, 压力传感器的量程为 10MPa, 则与 5MPa 对应的百分数为 50%, 目标值就是 50%。而有的变频器的参数列表中, 有与传感器量程上下限值对应的参数, 例如富士 G11S 变频器, 将参数 E40 (显示系数 A) 设为“2”, 即压力传感器的量程上限 2MPa; 参数 E41 (显示系数 B) 设为“0”, 即量程下限为 0; 则目标值为 1.2, 即压力稳定值为 1.2 MPa。目标值即是预期稳定值的绝对值。

四、PID 的反馈逻辑

所谓反馈逻辑, 是指被控物理量经传感器检测到的反馈信号对变频器输出频率的控制极性。例如中央空调系统在夏天制冷时, 如果循环水回水温度偏低, 经温度传感器得到的反馈信号减小, 说明房间温度过低, 从节约能源的角度考虑, 可以降低变频器的输出频率和电机转速, 减少冷水的流量。而冬天制热时, 如果回水温度偏低, 反馈信号减小, 说明房间温度低, 要求提高变频器输出频率和电机转速, 加大热水的流量。由此可见, 同样是温度偏低, 反馈信号减小, 但要求变频器的频率变化方向却是相反的。这就是引入反馈逻辑的缘由。变频器反馈逻辑的功能选择举例见表 2-2。

表 2-2 变频器反馈逻辑的功能选择举例

变频器型号	功能码	功能名称	设定值及相应含义
格立特 VF-10	FC1	PID 运行选择	0: 模拟闭环反作用 1: 脉冲编码器的闭环控制 2: 模拟闭环正作用
富士 G11S 系列	H20	PID 模式	0: 不动作 1: 正动作(正反馈) 2: 反动作(负反馈)
博世力士乐 CVF—G3 系列	H-51	反馈信号特性	0: 正特性(正反馈) 1: 逆特性(负反馈)
普传 PI7100	P00	PID 调节方式	1: 负作用 2: 正作用

五、反馈信号输入通道

通常变频器都有若干个反馈信号输入通道，表 2-3 介绍了几种变频器的反馈信号输入通道供参考。由表可见，海利普变频器只指定 4 ~ 20mA 的模拟量电流信号通道为唯一的反馈信号输入通道，是一个例外。

表 2-3 几种变频器反馈信号输入通道

变频器型号	功能码	功能含义	数据码及含义
博世力士乐 CVF-G3 系列	H-50	PID 反馈 通道选择	0: 外部电压信号 1(0 ~ 10V) 1: 电流输入 2: 脉冲输入 3: 外部电压信号 2(-10 ~ 10V)
安川 CIMR-G7A	H3-05	模拟量输入端子 A3 功能选择	B: PID 反馈信号输入通道
	H3-09	电流信号输入端 子 A2 功能选择	
富士 G11S 系列	H21	反馈选择	0: 控制端子 12 正动作(电压输入 0 ~ 10V) 1: 控制端子 C1 正动作(电流输入 4 ~ 20mA) 2: 控制端子 12 反动作(电压输入 10 ~ 0V) 3: 控制端子 C1 反动作(电流输入 20 ~ 4mA)
海利普 HLP			反馈信号的唯一输入通道: 指定为模拟量 电流信号 4 ~ 20mA

六、参数值的预置与调整

一般在调试刚开始时，“P”可按中间偏大值预置，或者暂时默认出厂值，待设备运转时再按实际情况细调。开始运行后如果被控物理量在目标值附近振荡，首先加大积分时间“I”，如仍有振荡，可适当减小比例增益“P”。被控物理量在发生变化后难以恢复，首先加大比例增益“P”，如果恢复仍较缓慢，可适当减小积分时间“I”，还可加大微分时间“D”。

第五节 变频器的多段速运行

电动机拖动的生产机械，有时根据加工工艺的要求，需要先后以不同的转速运行，即多段速运行。传统技术是采用齿轮换挡的方法，但这种方法使得设备结构复杂，体积较大，故障率高，维修难度大。使用变频器则方便得多，无须增加或改造硬件设备即可实现多段速运行。

实现变频器多段速运行大体上有两种方法。

第一种方法称为端子控制法。这种方法首先要通过参数设置使变频器工作在端子控制的多段速运行状态，并使变频器的若干个输入端子成为多段速频率控制端，然后对相关功能参数进行设置，预置各挡转速对应的工作频率，以及加速时间或减速时间。之后即可由逻辑控制电路、PLC 或上位机给出频率选择命令，实现多段速频率运行。

另一种方法不使用多功能输入端子，仅对相关功能参数进行设置，虽然涉及参数较多，但运行方式灵活，且可重复循环运行。为了区别前一种控制方法，称这种方式为程序控制法。

一、端子控制的多段速运行

在变频器外接输入多功能控制端子中，通过功能预置，将若干个（通常为 2~4 个）输入端指定为多挡（3~16 挡）转速控制端。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。转速的挡次按二进制的顺序排列，所以两个输入端最多可以组合成 4 挡转速，三个输入端最多可以组合成 8 挡转速，四个输入端最多可以组合成 16 挡转速。

下面以博世力士乐 CVF-G3 系列变频器为例，介绍具体的操作方法。首先将功能参数 b-1（频率输入通道选择）预置为“9”，即把运行频率和方式的控制权交给了“外部多功能输入端子”。接着把 L-63 预置为“1”，L-64 预置为“2”，L-65 预置为“3”，L-66 预置为“4”；这几个参数预置的意义在于：一是确定了变频器运行在多段速方式；二是外部输入端子 X1、

X2、X3、X4 成为多挡转速输入控制端子，而且确定了 X1 对应着 4 位二进制数中的最低位，X4 对应着 4 位二进制数中的最高位。转速的切换由指定控制端上外接开关的通断状态及其组合来实现。图 2-4 是指定了 4 个多段速控制端的示意图，每个继电器触头的通断状态对应着 4 位二进制数中的一个位，开关闭合（on）相应位为 1，开关断开（off）相应位为 0。

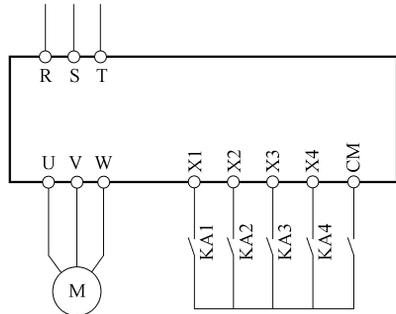


图 2-4 设置多段速控制端

有的变频器在设置多段速运行挡次时，其“0”、“1”的定义与开关状态的对应关系与此相反，具体应用应以说明书的介绍为准。开关的通断状态及其组合对应的频率（转速）挡次见表 2-4。

表 2-4 端子开关状态与转速挡次对应关系

指定端子接点输入信号组合				对应的二进制数	选择的频率挡次
X4	X3	X2	X1		
off	off	off	on	0001	1
off	off	on	off	0010	2
off	off	on	on	0011	3
off	on	off	off	0100	4
off	on	off	on	0101	5
off	on	on	off	0110	6

(续)

指定端子接点输入信号组合				对应的 二进制数	选择的 频率档次
X4	X3	X2	X1		
off	on	on	on	0111	7
on	off	off	off	1000	8
on	off	off	on	1001	9
on	off	on	off	1010	10
on	off	on	on	1011	11
on	on	off	off	1100	12
on	on	off	on	1101	13
on	on	on	off	1110	14
on	on	on	on	1111	15

接着预置各挡转速对应的工作频率以及加速时间或减速时间。

例如，博世力士乐 CVF-G3 系列变频器通过 L-18 ~ L-32 这 15 个功能参数，可分别对多段速频率 1 ~ 多段速频率 15 进行设置，频率设定范围为 0.00Hz ~ 上限频率，各段速的运行频率可以互不相同。

博世力士乐 CVF-G3 系列变频器各挡转速的加减速时间设置见表 2-5。

表 2-5 博世力士乐 CVF-G3 系列变频器各挡转速的加减速时间设置

参数代码	速度段别	设置内容	设置范围/s
H-17	多段速 1	多段速 1 加减速时间	0.1 ~ 6000
H-20	多段速 2	多段速 2 加减速时间	0.1 ~ 6000
H-23	多段速 3	多段速 3 加减速时间	0.1 ~ 6000
H-26	多段速 4	多段速 4 加减速时间	0.1 ~ 6000
H-29	多段速 5	多段速 5 加减速时间	0.1 ~ 6000
H-32	多段速 6	多段速 6 加减速时间	0.1 ~ 6000
H-35	多段速 7	多段速 7 加减速时间	0.1 ~ 6000
b-7, b-8	多段速 8	加减速时间 1	0.1 ~ 6000
H-42, H-43	多段速 9	加减速时间 2	0.1 ~ 6000
H-44, H-45	多段速 10	加减速时间 3	0.1 ~ 6000

(续)

参数代码	速度段别	设置内容	设置范围/s
H-46,H-47	多段速 11	加减速时间 4	0.1 ~ 6000
b-7,b-8	多段速 12	加减速时间 1	0.1 ~ 6000
b-7,b-8	多段速 13	加减速时间 1	0.1 ~ 6000
b-7,b-8	多段速 14	加减速时间 1	0.1 ~ 6000
b-7,b-8	多段速 15	加减速时间 1	0.1 ~ 6000

在上述博世力士乐 CVF-G3 系列变频器中，我们通过功能参数码 b-1 的设置，确定了变频器的运行频率和运行方式由外部多功能输入端子控制；通过 L-63 ~ L-66 设置了多功能输入端子 X1 ~ X4 为多挡转速控制端；通过 L-18 ~ L-32 这 15 个功能参数码预置了 15 挡转速的运行频率；通过表 2-5 中的功能参数码预置了各挡转速的加减速时间，之后即可由逻辑控制电路、PLC 或上位机给出频率选择命令，控制图 2-4 中触头 KA1 ~ KA4 的通断状态及其组合，实现多段速频率运行。每个段速运行时间的长短由触头 KA1 ~ KA4 的状态确定，一旦状态变化，就意味着结束上一个段速而开始新一个段速的运行。

二、程序控制的多段速运行

欲使变频器进入程序控制的多段速运行状态，首先要将变频器进行设置，使其工作在该状态，然后对相关参数进行设置，并启动设备运行。下面仍以博世力士乐 CVF-G3 变频器为例介绍具体操作方法。

首先通过高级参数 H-14 将可编程多段速运行的方式进行设置，使其工作在多段速运行的某一模式下。设置选择见表 2-6。

接着通过功能参数 L-18 ~ L-24 分别对多段速频率 1 ~ 多段速频率 7 进行设置，频率设定范围为 0.00Hz ~ 上限频率，各段速的运行频率可以互不相同。这里应注意，在程序控制的多段速运行状态，与端子控制方式不同，最多只能控制 7 段频率转速，而不是端子控制的 15 段。

然后通过功能参数对各挡转速的运行时间和运行方向进行设置。如果生产工艺过程所需的转速档次少于 7 挡，可将不需要的转速档次运行时间设置为零，这样变频器运行时就将零运行时间的转速档次跳过。详见表 2-7 和表 2-8。

表 2-6 博世力士乐 CVF-G3 变频器可编程多段速运行方式设置选择

参数代码	参数名称	设置选择	设置含义
H-14	可编程多段速运行设置	0	可编程多段速功能关闭
		1	单循环,各段速只运行一次
		2	连续循环,各段速连续循环运行
		3	保持最终值,单循环结束后以最后一个运行时间不为零的段速持续运行
		4	摆频运行,以预先设定的加减速时间使设定频率周期性的变化
		5	单循环停机模式,运行完每一段速度后,先减速到零频率,再从零频率加速到下一段频率运行,其他动作同方式 1 单循环
		6	连续循环停机模式,运行完每一段速度后,先减速到零频率,再从零频率加速到下一段频率运行,其他动作同方式 2 连续循环
		7	保持最终值停机模式,运行完每一段速度后,先减速到零频率,再从零频率加速到下一段频率运行,其他动作同方式 3

表 2-7 博世力士乐 CVF-G3 变频器各挡转速的运行时间设置

参数代码	设置内容	设置范围/s
H-15	多段速 1 运行时间	0.1 ~ 6000
H-18	多段速 2 运行时间	0.1 ~ 6000
H-21	多段速 3 运行时间	0.1 ~ 6000
H-24	多段速 4 运行时间	0.1 ~ 6000
H-27	多段速 5 运行时间	0.1 ~ 6000
H-30	多段速 6 运行时间	0.1 ~ 6000
H-33	多段速 7 运行时间	0.1 ~ 6000

表 2-8 博世力士乐 CVF-G3 变频器各挡转速的运行方向设置

参数代码	设置内容	设置范围
H-16	多段速 1 运行方向	0:正转;1:反转
H-19	多段速 2 运行方向	0:正转;1:反转

(续)

参数代码	设置内容	设置范围
H-22	多段速 3 运行方向	0:正转;1:反转
H-25	多段速 4 运行方向	0:正转;1:反转
H-28	多段速 5 运行方向	0:正转;1:反转
H-31	多段速 6 运行方向	0:正转;1:反转
H-34	多段速 7 运行方向	0:正转;1:反转

最后对多段速 1 ~ 多段速 7 的加减速时间进行设置,可参见表 2-5。对变频器的上述设置完成后,即可起动运行,实现程序控制的多段速运行。

第六节 变频器应用实例

一、变频器的广泛应用

变频器的应用范围极其广泛,已经普及到国民经济的各行各业。表 2-9 给出了部分具有成功案例的具体应用项目名称。

表 2-9 变频器在国民经济各行业中的应用

应用领域	具体应用
钢铁	轧钢机、辊道、鼓风机、泵、起重机、搬运车
水泥	回转炉、起重机、鼓风机、泵
石油	游梁式抽油机、输油泵、注水泵
纤维	纺纱机、精纺机、织机、空调、鼓风机
汽车	传送带、搬运车、涂料搅拌、空调
装卸搬运	自动仓库、搬运车、粉体送料器(输出传送带)
机床	车床、立车、旋转平面磨床、机械加工中心、剃齿机
食品	制面机、制点心机、传送带、搅拌机
造纸	造纸机、风机、泵、粉碎机、搅拌机、鼓风机
矿业	提升机、传送带、掘削机、起重机、鼓风机、泵、压缩机
轧制铜线	拉线机、卷绕机、鼓风机、泵、起重机

(续)

应用领域	具体应用
煤气	压缩机、鼓风机、泵、搬运机
交通	电车、电力机车、汽车、船舶推进、装卸机械、飞机
化学	挤压机、胶片传送带、搅拌机、离心分离机、压缩机、喷雾器、鼓风机
工厂建筑	电梯、传送带、空调器、鼓风机、泵
农业	养猪、养鸡、养鱼、制茶机、灌溉用泵、空调器
生活服务	空压机、缝纫机、电风扇、陈列柜用泵、工业及家用洗衣机
电力	锅炉用鼓风机、泵、扬水发电站、飞轮
实验研究	风洞试验、主轴试验、离心分离机
电机、机械	泵、起重机、传送带、空调、鼓风机

二、具体应用案例

1. 变频器在中央空调冷冻水循环泵中的应用

中央空调夏天可以制冷，冬天可以制热。实现稳定制冷或制热的关键是控制循环水泵让适当流量的热水（冬天）或冷水（夏天）流经所有受益房间，当受益房间的控制开关打开时，盘管风机即向室内释放热空气（冬天）或冷空气（夏天），使室内稳定在一个令人舒适的温度范围内。以冬天为例，中央空调系统向所有房间提供的热量，与循环水的流量以及出水、回水的温差有直接关系。为了保证室内温度稳定，应保证出水、回水的温差相对稳定。如果温差值过大，说明室内温度偏低，需要加大循环水的流量；如果温差值过小，情况刚好相反。传统的方法是在循环水泵始终全速运转的情况下，根据出水、回水的温差用手动方式或电动装置调节管道中阀门的开度，控制循环水的流量。这样操作既浪费人力，又不能保证温度的稳定，并且浪费电能，与当前积极倡导的创建节约型社会的国情格格不入。

某公司办公大楼的中央空调系统，选用富士 FRN30P11S-4CX 型 45kW 风机水泵专用变频器，配合 LU-906H 型智能化仪表温差仪对中央空调的循环水进行控制，实现了节约人力，节约能源，稳定室内温度的积极效果。电路控制方案如图 2-5 所示。

变频器与智能化仪表温差仪配合，控制中央空调系统的自动运

(续)

参数	意义	设定范围	设定值	设定目的
r t	控制参数	0 ~ 9999	150	响应时间设定
dAL	温差值设定	±0 ~ 9999	5 或 -5	制冷或制热
Sn	输入类型	0 ~ 17	8	传感器为 Pt100
FiL	输入滤波系数	0 ~ 100	1	
ctrL	控制方式	oN. oF bPid tune	bPid	PID 控制
oP	输出方式	SSr 0 ~ 10 4 ~ 20	4 ~ 20	4 ~ 20mA 输出

说明：温差仪由 LED 显示，受显示效果限制，参数符号为大小写混合使用。

表 2-11 变频器的现场参数设置

功能码	参数名称	单位	设置值	注释
F00	数据保护		0	可修改参数
F01	频率设定		2	由 4 ~ 20mA 设定频率
F02	运行操作		0	键盘操作运行
F03	最高输出频率	Hz	50	
F05	额定电压	V	380	
F07	加速时间	S	30	
F08	减速时间	S	35	
F09	转矩提升		0.1	水泵用转矩特性
F10	热继电器动作选择		1	选择有热继电器保护
F11	热继电器动作值	A	82.6	电动机参数值
F12	热继电器热时间常数	min	10	
F14	停电再起动		3	电源瞬停再起动作
F15	上限频率	Hz	50	
F16	下限频率	Hz	25	
F23	起动频率	Hz	5.0	
F24	启动频率保持时间	s	0.0	
F25	停止频率	Hz	4.0	
F26	载频	kHz	3	可调整电动机噪声
F27	音调		0	调整电动机噪声音调
F36	报警继电器动作模式		0	报警时 30B-30C 断开

(续)

功能码	参数名称	单位	设置值	注释
P01	电动机极数	极	4	电动机参数
P02	电动机容量	kW	45	电动机参数
P03	电动机电流	A	82.6	电动机参数

变频器的参数中，“下限频率”不能设置为零（见表2-11），因为这样水泵电机有可能停转。空调循环水一旦停止流动，温度传感器 t1 和 t2 测值经温差仪处理后输出的 PID 控制信号即丧失了实用意义。“下限频率”参数设置的原则是：水泵电机在“下限频率”持续运行，制热时尚不足以使空调房间的温度达到需要的温度，同样制冷时不能使房间温度降到合适值，这时，t1 和 t2 的温差值增大，温差仪输出的控制信号增大，变频器输出频率上升，循环水流量增加，室内温度得到调节。其后，变频器根据出水、回水温差的变化，温差仪输出信号的大小，随时调整水泵的转速和流量，控制空调房间温度的稳定。

本案例成功地将变频器和温差仪应用到中央空调的循环水流量控制中。水泵属于二次方率负载，在忽略空载功率的情况下，负载的功率与转速的三次方成正比，所以，只要转速稍微降低一点，负载功率就会下降很多。相对于传统方案，电动机始终全速运行，用阀门调节流量，具有很大的节能空间。经过实际测算，本方案的节电效果达到了28%。同时，还具有节约人力，稳定空调房间温度，以及延长设备使用寿命等诸多效益。

2. 高压变频器在煤矿主扇风机中的应用

煤矿开采遵循以风定产的要求，煤炭开采量与需风量有一定对应关系，用风量随煤炭产量的增加而增加，而保障煤矿工人正常工作所需的新鲜空气也与煤炭的开采量成正比，因此为了煤矿生产安全，风机供给的风量和风压应随着开采和掘进的不断延伸，巷道延长，及开采量的增加而及时调节，传统的调节方法有以下几种：

- 1) 阀门调节；
- 2) 改变通风机速度；
- 3) 改变前导器叶片角度；

- 4) 轴流式通风机改变动叶安装角;
- 5) 离心式通风机调节尾翼摆角;
- 6) 轴流式通风机改变动叶数目;
- 7) 轴流式通风机改变静叶角度。

其中以阀门调节效率最差，它是人为地改变阻力曲线，通过增加风阻的方法调节风量；前导器调节和尾翼摆角调节效率比阀门要高；改变动叶安装角和动叶数目，可改变风机的特性曲线，使风机在较大范围内以较高的效率运行，能在一定程度上达到节能降耗的目的。为了避免风机发生喘振现象，并使风机在各种风量工况下都具有最高的运行效率和节能效果，在当前的技术条件下，采用变频调速方案是最佳的选择。由于煤矿在风机投运的初始阶段所需风量，相对于风机可供最大风量明显较小，甚至小很多，因此在风机投运的初始阶段节能效果尤其明显。

某煤矿的2台BD-II-10-NO:32对旋式轴流通风主扇风机，共有4台400kW的6kV电动机，选用4台JD-BP37-560F型高压变频器。变频器的主要技术参数如下：变频器功率560kW；工作频率50Hz；输入电压 $6.0\text{kV} \pm 20\%$ ；输出电压为三相正弦波电压 $0 \sim 6\text{kV}$ ；输出频率 $0 \sim 60\text{Hz}$ 。该高压变频调速系统采用直接“高-高”变换形式，为单元串联多电平拓扑结构，主体结构有多组功率模块并联而成。变频装置控制采用LED键盘控制和人机界面控制两种控制方式，两种方式互为备用，两种方式从就地界面上可以进行增、减负荷，开停机等操作。装置保存至少一年的故障记录。变频器能提供两种通信功能：标准的RS-485和有触摸屏处理器扩展的通信接口。在20%~100%的调速范围内，变频系统在不加任何功率因数补偿的情况下，本机输入端功率因数可以达到0.95。变频装置对输出电缆的长度无任何要求，变频装置保护电动机不受共模电压及 dv/dt 应力的影响。变频装置输出电流谐波不大于2%，符合IEEE 519 1992及中国电力部门要求，高于国标GB 14549—1993对谐波失真的要求。变频装置输出波形不会引起电机的谐振，转矩脉动小于0.1%。变频器可自动跳过共振点。变频装置对电网电压的波动有较强的适应能力，在-10%~+10%电网电压波动时仍能满载输出。变频装置设有完善

的保护功能和故障自诊断功能。

图 2-6 所示为变频装置与一台主扇风机的两台电动机的连接示意图。6kV 电源经高压开关 K1 (K4) 输入到高压变频装置, 变频装置输出经出线高压开关 K2 (K5) 送至电动机; 6kV 电源还可以经旁路高压开关 K3 (K6) 后由高压真空接触器 KM1 (KM2) 直接起动电动机, K1 (K4)、K2 (K5) 与 K3 (K6) 具有机械互锁装置, 当 K1 (K4)、K2 (K5) 在合闸位置时 K3 (K6) 不能操作, 反之亦然。当系统工作在变频状态时, 变频器开机后, K1 (K4)、K2 (K5) 操作失效; 当系统工作在工频状态时, 工频运行后 K3 (K6) 操作失效。这种设计可以防止操作人员误操作, 避免带电拉闸带来的严重后果。工频运行是变频运行出现异常时的一种应急工作模式。

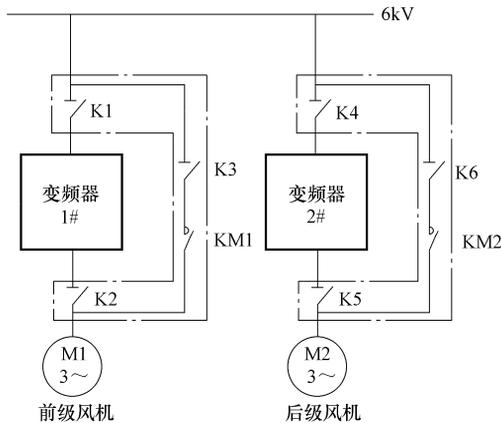


图 2-6 变频器与主扇风机电动机的连接

变频器于 2005 年 4 月完成安装并投入运行。投运以来输出频率、电压和电流持续稳定, 变频器网侧实测功率因数为 0.976, 运行效率高于 96%。配合风机动叶角度的调整, 综合节电率达到 30%。

第七节 变频器故障的显示、诊断与维护

一、变频器故障的显示

变频器如果出现异常或故障致使保护功能动作, 变频器会立即跳

闸，电动机处于自由停车状态，LCD 或 LED 显示故障名称。只有消除了故障，并用 RESET 键或控制电路端子 RST 复位，变频器才能退出跳闸状态。

变频器故障时显示的故障名称及保护内容见表 2-12。

表 2-12 变频器故障时的显示内容

保护功能	面板显示		保护内容
	LED	LCD	
过电流保护	OCP	过电流保护	电动机过电流或输出端短路等原因致使变频器输出电流的瞬时值达到过电流检测值，保护功能动作
主器件自保护	EL	自保护	电源欠电压、短路、接地、过电流、散热器过热等
过电压保护	OUD	直流过电压	来自电动机的再生电流增加，主电路直流电压超过过电压检测值，则保护功能动作
欠电压保护	LU	欠电压保护	电源电压降低后，主电路直流电压降到欠电压检测值以下 瞬间停电（未选择瞬间停电再启动功能） 电压降到不能维持变频器控制电路正常工作，则全部保护功能自动复位
变频器过载保护	OL	变频器过载保护	输出电流超过反时限特性过载电流额定值，或者变频器容量相对偏小，导致保护功能动作
外部报警输入	OLE	外部报警	电动机过载等报警

二、变频器故障的逻辑图诊断

根据变频器面板上显示的故障提示字符或文字，结合平时积累的维修实践经验，可以方便地判断出故障的原因或范围。对于用户现场有条件处理解决的故障，应慎重、积极、迅速处理，以便尽快恢复设备运行。有些运行故障是因为功能参数设置不当造成的，可重新预置。

图 2-7 所示为判断过电流保护故障的逻辑框图。

图 2-8 所示为判断过电压保护故障的逻辑框图。

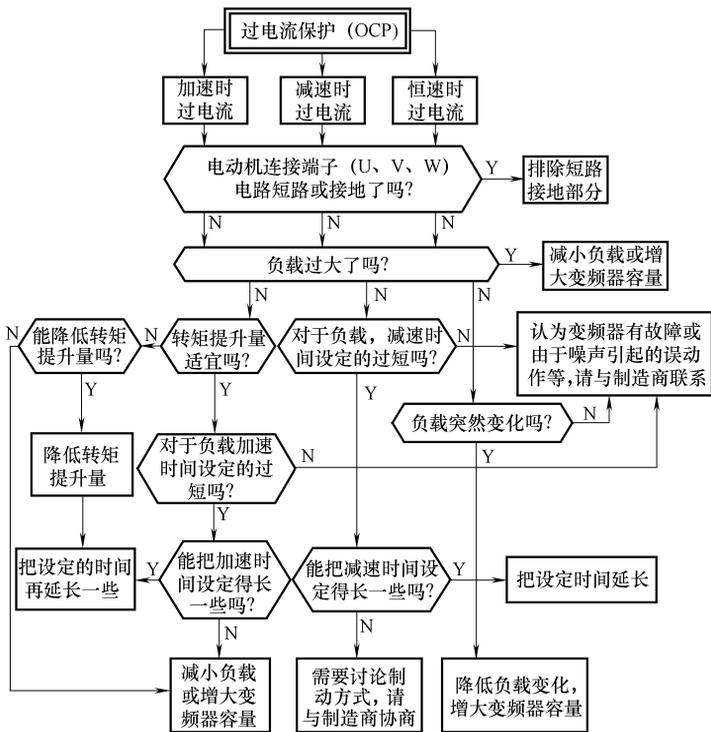


图 2-7 判断过电流保护故障的逻辑框图

判断欠电压保护故障的逻辑框图如图 2-9 所示。

判断变频器和电动机过载故障的逻辑框图如图 2-10 所示。

变频器显示外部故障报警时, 其故障分析判断的逻辑框图如图 2-11 所示。

三、变频器主电路故障诊断

这里仅对电源电压为 380V 的变频器主电路硬件故障进行讨论。

1. 整流模块的检测与诊断

整流模块的基本电路如图 2-12a 所示, 内部的二极管是否损坏, 可用万用表的电阻挡进行测试, 测量方法如图 2-12b 所示。测量应在变频器与电源已经断开、且滤波电容器已充分放电后进行。测量时应注意, 使用指针式万用表的电阻挡, 其负表笔(黑表笔)接表内电池的正

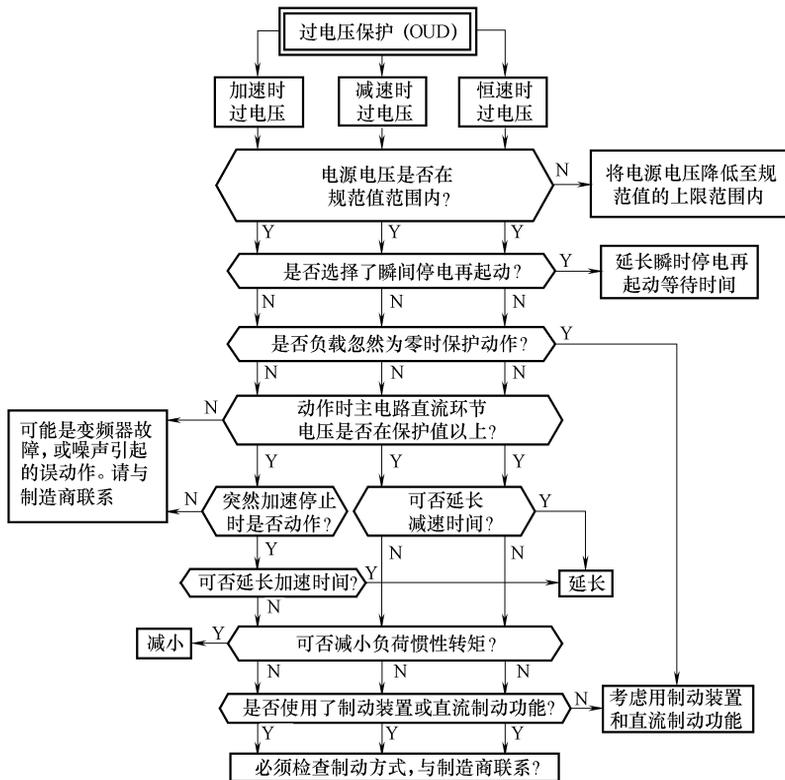


图 2-8 判断过电压保护故障的逻辑框图

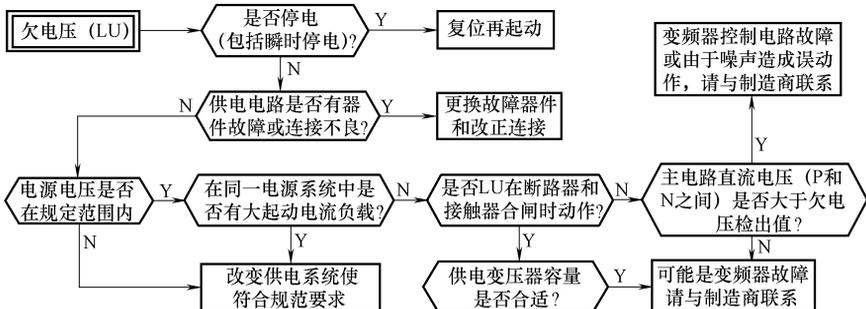


图 2-9 判断欠电压保护故障的逻辑框图

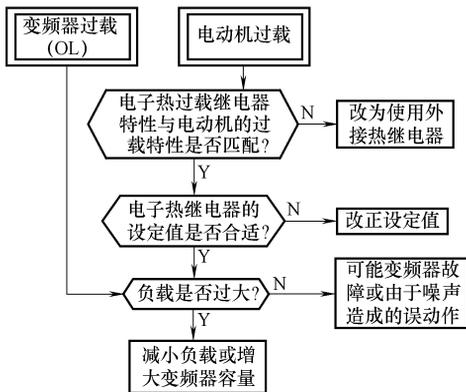


图 2-10 判断过载故障的逻辑框图

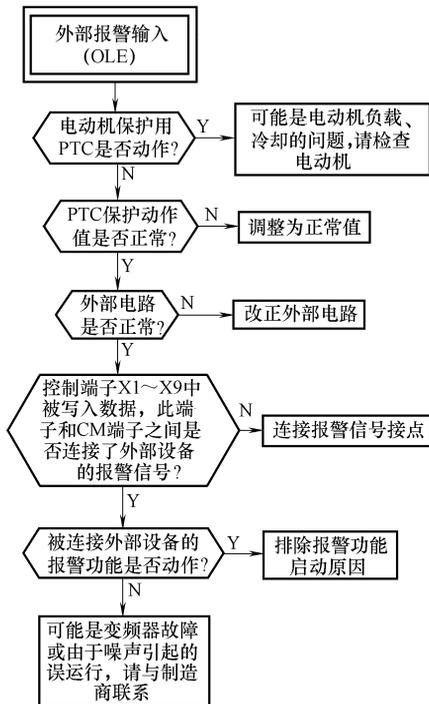


图 2-11 判断外部故障报警的逻辑框图

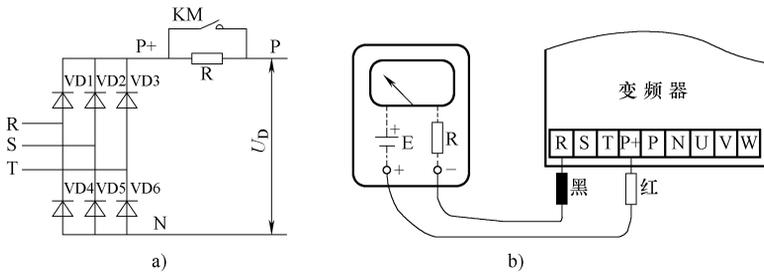


图 2-12 整流模块的测量

极，而正表笔（红表笔）接表内电池的负极。测量结果如果与表 2-13 一致，表明模块完好无损。

表 2-13 整流模块完好时的测量结果

二极管符号	万用表表笔		测量结果	二极管符号	万用表表笔		测量结果
	红表笔	黑表笔			红表笔	黑表笔	
VD1	R	P+	×	VD4	R	N	√
	P+	R	√		N	R	×
VD2	S	P+	×	VD5	S	N	√
	P+	S	√		N	S	×
VD3	T	P+	×	VD6	T	N	√
	P+	T	√		N	T	×

注：√表示二极管导通，×表示二极管截止。

2. 逆变模块的检测与诊断

逆变模块的内部电路如图 2-13a 所示。一般情况下，逆变管（IGBT）损坏的原因，不外乎电压击穿和因电流过大而“烧坏”两种情形。绝大多数情况下，损坏后其正、反向都呈导通状态，且其正、反向电阻值要小于二极管正向导通时的电阻值。因此，可用万用表进行测量判断。测量方法如图 2-13b 所示。如果逆变模块完好无损，其测量结果应与表 2-14 中记录相一致。

3. 驱动模块的检测与诊断

检查驱动模块最好的方法是用示波器测量其输入端和输出端的波形。测量时必须注意：由于驱动模块的输出端与变频器的直流环节相

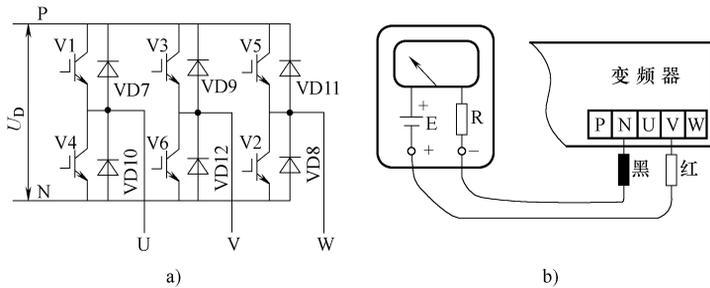


图 2-13 逆变模块的测量

连，而直流环节又与三相交流电源连接，如图 2-14 所示。当三相电源中任意一相（R、S、T）为“-”时，示波器的地端都将通过二极管和电源的相线相连，形成短路。因此，示波器和驱动模块的输出端之间应通过隔离器隔离。如无隔离器，至少也应将示波器的地端用电容器隔离，见图 2-14。

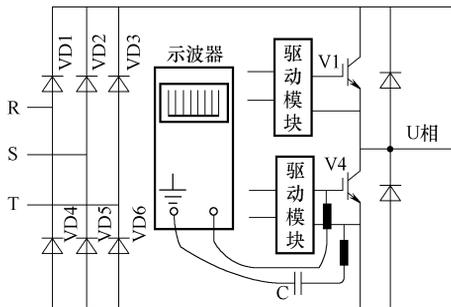


图 2-14 驱动模块的测量

四、变频器的维护

变频器的技术含量较高，维护人员应该熟悉了解变频器的基本工作原理，经过专业培训并合格；会使用万用表、示波器、钳形电流表，有基本的装配工具和良好的焊接技能；手头备有变频器和元器件的相关资料；有分析能力；能及时与制造商技术部门进行交流与沟通；维护前应认真阅读相关产品说明书，并熟悉各标志端子的功能。

在根据上述故障分析逻辑图的判断或使用万用表、示波器检测并

判明故障元件、部件时，如果确认现场的工具、仪表、材料足以支持开始维修时，即应尽快开始修理，保证设备能迅速恢复正常运行。否则应与制造商在当地的售后人员联系处理。下面以更换高压变频器功率单元为例，介绍其操作程序。

表 2-14 逆变模块完好时的测量结果

逆变管 符号	万用表表笔		测量结果	逆变管 符号	万用表表笔		测量结果
	红表笔	黑表笔			红表笔	黑表笔	
V1	U	P	×	V4	U	N	√
	P	U	√		N	U	×
V3	V	P	×	V6	V	N	√
	P	V	√		N	V	×
V5	W	P	×	V2	W	N	√
	P	W	√		N	W	×

注：√表示导通，×表示不通。

高压变频器的所有功率单元是完全相同的，为了加大电流容量，提高工作电压，通常采取并联、串联的方法。例如一台 10kV、560kW 变频器，使用 24 只功率单元。更换故障功率单元的操作程序如下：使变频器退出运行状态；切断输入变频器的高压电源；打开单元柜门，等待 5min 使电容器放电；拔掉故障单元上的所有光纤头；用扳手卸下故障单元的 3 根输入线和 2 根输出连线；拆下故障单元与轨道的固定螺钉；将故障单元沿轨道拔出；按与上述拆卸相反的顺序将备用单元装上并接线；系统重新上电投入运行。故障功率单元更换完毕，变频器重新投入运行后，即可考虑维修故障单元。毕竟这样的部件价格很贵，同时它的故障也不至于使其完全报废。可以与生产厂商联系，寻求支持，或直接交由厂商维修及测试。

第三章 变频器应用实践电路

本章内容从变频器的应用实践出发，对实现变频器功能的各种单元电路的结构、工作原理、参数设置等知识和操作技能进行剖析及介绍，并通过实例给出应用电路、参数设置表和使用注意事项等。

第一节 变频器中闭环控制功能的应用

PID 闭环控制功能是变频器应用技术的重要领域之一，也是变频器发挥其卓越效能的重要技术手段。变频调速产品的设计、运行、维护人员应该充分熟悉并掌握 PID 控制的基本理论、积累丰富的实践经验为变频调速技术的推广应用做出贡献。

一、PID 控制的效能

在企业生产或某些运转着的系统装置中，往往需要有稳定的压力、温度、流量、液位或转速，以此作为保证产品的质量、提高生产效率、满足工艺要求的前提，这就要用到变频器的 PID 控制功能。所谓 PID 控制，就是在一个闭环控制系统中，使被控物理量能够迅速而准确地无限接近于控制目标的一种手段。

二、PID 控制的实现

1. 打开 PID 功能

要实现闭环的 PID 控制功能，首先应将 PID 功能预置为有效。具体方法有如下两种：一是通过变频器的功能参数码预置，例如康沃 CVF-G2 系列变频器，将参数 H-48 设为“0”时，则无 PID 功能；设为“1”时，为普通 PID 控制；设为“2”时为恒压供水 PID。二是由变频器的外接多功能端子的状态决定，例如安川 CIMR-G7A 系列变频器，如图 3-1 所示，在多功能输入端子 S1 ~ S10 中任选一个，将功能码 H1-01 ~ H1-10（与端子 S1 ~ S10 相对应）预置为“19”，则

该端子即具有决定 PID 控制是否有效的功能，该端子与公共端子 SC “ON” 时无效，“OFF” 时有效。应注意的是，大部分变频器兼有上述两种预置方式，但有少数品牌的变频器只有其中的一种方式（另一个例子参见第二章第四节的内容）。

在一些控制要求不十分严格的系统中，有时仅使用 PI 控制功能、不启动 D 功能就能满足需要，这样的系统调试过程比较简单。

2. PID 的反馈逻辑

各种变频器的反馈逻辑称谓各不相同，甚至有类似的称谓而含义相反的情形。系统设计时，应以所选用变频器的说明书介绍为准。第二章第四节中对 PID 的反馈已做过讲解，读者可参考学习。几种变频器反馈逻辑的功能选择见表 3-1。

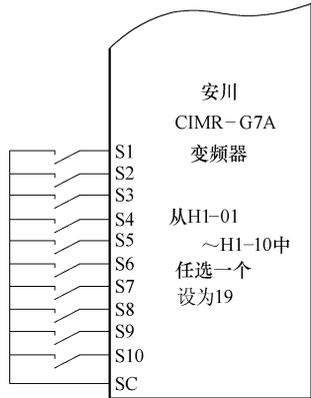


图 3-1 用端子决定 PID 功能有效

表 3-1 几种变频器反馈逻辑的功能选择

变频器型号	功能码	功能含义	数据码及含义
安川 CIMR-G7A	b5-09	选择 PID 的正反特性	0:PID 输出为正特性(负反馈) 1:PID 输出为反特性(正反馈)
富士 P11S	H20	PID 模式	0:不动作 1:正动作(正反馈) 2:反动作(负反馈)
康沃 CVF-G2	H-51	反馈信号特性	0:正特性(正反馈) 1:逆特性(负反馈)
森兰 SB12	F51	反馈极性	0:正极性(负反馈) 1:负极性(正反馈)

(续)

变频器型号	功能码	功能含义	数据码及含义
创世 CSBG	P98	PID 控制模式	0:不动作 1:正动作 2:反动作
传动之星 P 系列	F0-092	变速器模式	0:正作用 1:反作用

3. 目标信号与反馈信号

PID 控制的功能示意图如图 3-2 所示，图中有一个 PID 开关，可通过变频器的功能参数设置使 PID 功能有效或无效，PID 功能有效时，开关合向下方，由 PID 电路决定运行频率；PID 功能无效时，开关合向上方，由频率设定信号决定运行频率。PID 开关、动作选择开关和反馈信号切换开关均由功能参数的设置决定其工作状态。

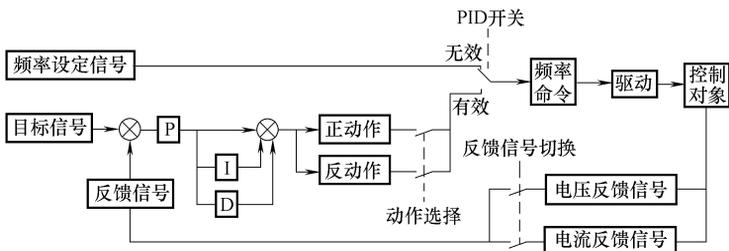


图 3-2 PID 控制的功能示意图

4. 目标值给定

如何将目标值（目标信号）的命令信息传送给变频器，各种变频器选择了不同的方法，而归结起来大体上有如下两种方案：一是自动转换法，即变频器预置 PID 功能有效时，其开环运行时的频率给定功能自动转为目标值给定，见表 3-2 中的安川 CIMR-G7A 与富士 P11S 变频器。二是通道选择法，见表 3-2 中的康沃 CVF-G2、森兰 SB12 和普传 PI7000 系列变频器。

表 3-2 几种变频器的目标值给定功能

变频器型号	功能码	功能含义	数据码及含义
安川 CIMR-G7A	b5-01 b1-01	选择 PID 功能是否有效	当通过 b5-01 选择 PID 功能有效时, b1-01 的各项频率给定通道均转为目标值输入通道
富士 P11S	H20	选择 PID 功能是否有效	当通过 H20 选择 PID 功能有效时, 目标值即可按“F01 频率设定 1”选定的通道输入
康沃 CVF-G2	H-49	设定通道选择	0: 面板电位器 1: 面板数字设定 2: 外部电压信号 1(0 ~ 10V) 3: 外部电压信号 2(-10 ~ 10V) 4: 外部电流信号 5: 外部脉冲信号 6: RS-485 接口设定
森兰 SB12	F47	目标给定方式	0: 面板给定 1: 外部端子 VRF 给定 2: 外部端子 IRF 给定
普传 PI7000	P03	给定信号选择	0: 外接端子 I2; 0 ~ 20mA 1: 外接端子 I2; 4 ~ 20mA 2: 外接端子 V2; 0 ~ 10V 3: 键盘输入 4: RS-485 输入 5: 键盘电位器给定

以上介绍了目标信号的输入通道, 接着要确定目标值的大小。由于目标信号和反馈信号通常不是同一种物理量, 难以进行直接比较, 所以大多数变频器的目标信号都用传感器量程的百分数来表示。例如, 某储气罐的空气压力要求稳定在 1.2MPa, 压力传感器的量程为 2MPa, 则与 1.2MPa 对应的百分数为 60%, 目标值就是 60%。而有的变频器的参数列表中, 有与传感器量程上下限值对应的参数, 例如富士 P11S 变频器, 将参数 E40 (显示系数 A) 设为“2”, 即压力传感器的量程上限 2MPa; 参数 E41 (显示系数 B) 设为“0”, 即量程下限为“0”; 则目标值为 1.2, 即压力稳定值为 1.2MPa。目标值即是预期稳定值的绝对值。

5. 反馈信号的连接

各种变频器都有若干个频率给定输入端，在这些输入端子中，如果已经确定一个为目标信号的输入通道，则其他输入端子均可作为反馈信号的输入端。可通过相应的功能参数码选择其中的一个使用。比较典型的几种变频器反馈信号通道选择见表 3-3。

表 3-3 几种变频器反馈信号通道选择

变频器型号	功能码	功能含义	数据码及含义
康沃 CVF-G2	H-50	反馈通道 选择	0:外部电压信号 1(0~10V) 1:电 流输入 2:脉冲输入 3:外部电压信号 2 (-10~10V)
森兰 SB12	F50	反馈方式	0:模拟电压 0~5V(0~10V) 1:模拟电流 0~20mA 2:模拟电压 1~5V(2~10V) 3:模拟电流 4~20mA
普传 PI7000	P02	反馈信号 选择	0:外接端子 IF;0~20mA 1:外接端子 IF;4~20mA 2:外接端子 VF;0~10V 3:外接端子 VF;1~5V
瓦萨 CX	2.16	PI 控制器实 际值输入	0:实际值 1 1:实际值 1 + 实际值 2 2:实际值 1 - 实际值 2 3:实际值 1 × 实际值 2
	2.17	实际值 1 的输入	0:无 1:电压输入 2:电流输入
	2.18	实际值 2 的输入	0:无 1:电压输入 2:电流输入

6. P、I、D 参数的预置与调整

(1) 比例增益 P 变频器的 PID 功能是利用目标信号和反馈信号的差值来调节输出频率的，一方面，我们希望目标信号和反馈信号无限接近，即差值很小，从而满足调节的精度；另一方面，我们又希望调节信号具有一定的幅度，以保证调节的灵敏度。解决这一矛盾的方法就是事先将差值信号进行放大。比例增益 P 就是用来设置差值信号的放大系数的。任何一种变频器的参数 P 都给出一个可设置的数

值范围，一般在初次调试时，P可按中间偏大值预置，或者暂时默认出厂值，待设备运转时再按实际情况细调。

(2) 积分时间 I 如上所述，比例增益 P 越大，调节灵敏度越高，但由于传动系统和控制电路都有惯性，调节结果达到最佳值时不能立即停止，导致“超调”，然后反过来调整，再次超调，形成振荡。为此引入积分环节 I，其效果是，使经过比例增益 P 放大后的差值信号在积分时间内逐渐增大（或减小），从而减缓其变化速度，防止振荡。但积分时间 I 太长，又会当反馈信号急剧变化时，被控物理量难以迅速恢复。因此，I 的取值与传动系统的时间常数有关：传动系统的时间常数较小时，积分时间应短些；传动系统的时间常数较大时，积分时间应长些。

(3) 微分时间 D 微分时间 D 是根据差值信号变化的速率，提前给出一个相应的调节动作，从而缩短了调节时间，克服因积分时间过长而使恢复滞后的缺陷。D 的取值也与传动系统的时间常数有关：传动系统的时间常数较小时，微分时间应短些；反之，传动系统的时间常数较大时，微分时间应长些。

(4) P、I、D 参数的调整原则 P、I、D 参数的预置是相辅相成的，运行现场应根据实际情况进行如下细调：被控物理量在目标值附近振荡，首先加大积分时间 I，如仍有振荡，可适当减小比例增益 P。被控物理量在发生变化后难以恢复，首先加大比例增益 P，如果恢复仍较缓慢，可适当减小积分时间 I，还可加大微分时间 D。

三、PID 应用实例

1. 项目描述

选用创世 CSBG 型变频器，并利用其 PID 功能对某市检察院办公楼中央空调的冷冻水循环系统进行自动控制。对于冷冻水循环系统的控制方式，有以下几种方案可供选择：一是恒温差控制，就是以回水温度和出水温度之差作为控制依据，利用温差控制器的 PID 功能，输出变频器的频率给定信号，这种方案无须启用变频器的 PID 功能；二是恒压差控制，即根据冷冻水泵的出水压力和进水压力之差进行控制；三是恒温度控制。如果冷冻主机的出水温度比较稳定，只要测量系统的回水温度，利用变频器的 PID 功能，即可实现与恒温差

控制相同的控制效果。本实例选用的就是这种方案，应用于夏天制冷。

2. 应用电路

应用电路如图 3-3 所示。图中的变频器为创世 CSBG 型、规格为 30kW 的产品，其参数设置见表

3-4。设置时首先通过 P126（见表 3-4）使所有参数恢复出厂值，这样做的好处是，尽管该变频器的参数有一百多个，但有相当一部分在本实例中并无实际意义；而有用的参数又有一部分可以默认使用出厂值，这使得参数设置变得相对简单。参数 P98 的设置（见表 3-4）使 PID 功能有效，反馈逻辑为正动作。创世变频器有专用的反馈信号输入通道，即 PID/FB1 和 GND 端子（见图 3-3），由参数 P99 设定反馈信号为电压输入 0 ~ 5V。目标信号由参数 P03 设定，由于参数 P103 和 P104 已设定了温度传感器的量程上限和下限，所以这里可设定回水期望的温度绝对值，具体数值，可比出水温度高 5 ~ 10℃，根据空调房间的降温要求确定。冷冻水循环水泵在运行中不允许停机，所以对参数 P16 和 P105 进行了设置。变频器的其他有效应用参数在表 3-4 中没有列出，默认使用出厂值。

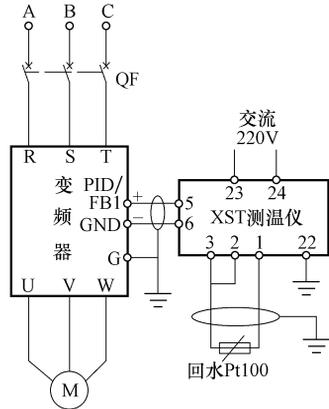


图 3-3 中央空调系统的恒温控制

变频器的其他有效应用参数在表 3-4 中没有列出，默认使用出厂值。

表 3-4 实例中变频器参数的设置

参数码	名称	出厂值	设定值	注释
P126	数据保护选择	0	2	恢复出厂值
P00	运转指令选择	0	0	RUN/STOP 面板控制
P03	设定频率	0.00	XX	目标信号,XX 为回水管温度设定值
P16	下限频率	0.00	20	水泵最低运转频率
P98	PID 控制模式	0	1	PID 正动作

(续)

参数码	名称	出厂值	设定值	注释
P99	PID 反馈信号选择	0	0	电压输入 0~5V
P100	比例增益 P	50	50	比例增益 P 可选范围的中间值
P101	积分时间	1	1	1s 时间
P103	PID 显示数据最大值	1.0	100	温度传感器量程上限
P104	PID 显示数据最小值	0.0	0	温度传感器量程下限
P105	下限频率模式	0	1	频率降至下限时维持运转

测温仪为厦门恩莱公司的 XST 型自动化仪表, 将仪表的温度测量范围设置为 0~100℃, 相应的输出信号为 0~5V, 即温度为 100℃ 时输出 5V 电压信号, 0℃ 时输出 0V 电压信号, 这与参数 P99 设定的反馈信号选择相吻合。这个测温输出信号就是对变频器的反馈信号。

3. 应用效果

变频器与空调系统安装完成后, 通电进行试运行, 按下变频器面板上的 RUN 键 (表 3-4 中参数 P00 将运转指令选择为面板 RUN/STOP 键控制), 电动机开始起动运转, 之后对参数 P100 比例增益 P、P101 积分时间 I、P21 加速时间、P22 减速时间等进行适当调整, 投入正式运行, 获得节约电能 25% 与房间温度稳定的良好效果。

第二节 变频器的制动电阻与制动单元

变频器在运行中有时起动和制动比较频繁, 有时要求快速制动, 有时拖动具有位能的负载, 例如起重机械在降落时制动, 这将导致直流电路的电压 U_D 增高, 从而产生过电压, 因此必须配接制动电阻, 将滤波电容器 C 上多余的电荷释放掉。

一、制动电路工作原理

如图 3-4 所示, 图中 DR 是制动电阻, V 是制动单元。制动单元是一个控制开关, 当直流电路的电压 U_D 增高到一定限值时, 开关接通, 将制动电阻并联到电容器 C 两端, 泄放电容器上存储的过多电荷。其控制原理如图 3-5 点划线框内电路所示。电压比较器的反向输

入端接一个稳定的基准电压，而正向输入端则通过电阻 R_1 和 R_2 对直流电路电压 U_D 取样，当 U_D 数值超过一定限值时，正向端电压超过反向端，电压比较器的输出端为高电平，经驱动电路使 IGBT 导通，制动电阻开始放电。当 U_D 电压数值在正常范围时，IGBT 截止，制动电阻退出工作。

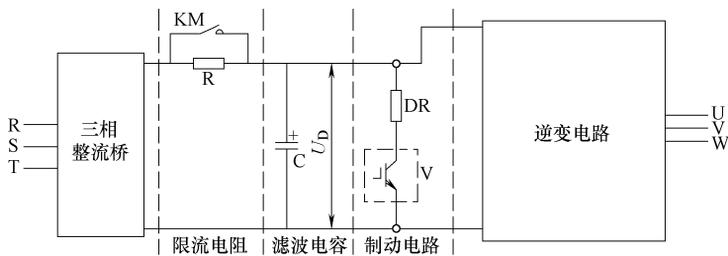


图 3-4 变频器的制动电路

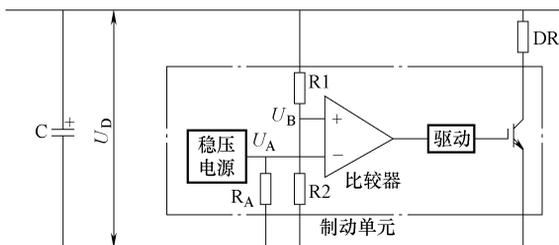


图 3-5 制动单元

IGBT 是一种新型电力半导体器件，它兼有场效应晶体管输入阻抗高、驱动电流小和双极型晶体管增益高、工作电流大和工作电压高的优点，在变频器中被普遍使用，除了制动电路外，其逆变电路中的开关管几乎清一色地选用 IGBT。

图 3-4 中的电阻 R 是限流电阻，可以限制开机瞬间电容器 C 较大的充电涌流。适当延时后，交流接触器 KM 触头接通，将电阻 R 短路。有的变频器在这里使用一只晶闸管，作用与此类似。

二、制动电阻的阻值和功率

准确计算制动电阻值的方法比较麻烦，必要性也不大。作为一种

选配件，各变频器的制造厂家推荐的制动电阻规格也不是很严格，而为了减少制动电阻的规格档次，常常对若干种相邻容量规格的电动机推荐相同阻值的制动电阻。取值范围如下：

$$DR = \frac{2.5U_{DH}}{I_{MN}} \sim \frac{U_{DH}}{I_{MN}} \quad (3-1)$$

式中 DR ——制动电阻的阻值 (Ω)；

U_{DH} ——直流电压的上限值，即制动电阻投入工作的门槛电压 (V)；

I_{MN} ——电动机的额定电流 (A)。

由式 (3-1) 可见，制动电阻值的大小，有一个允许的取值范围。

制动电阻工作时消耗的功率，可按式计算：

$$P_{DR} = \frac{U_{DH}^2}{DR} \quad (3-2)$$

式中 P_{DR} ——制动电阻工作时消耗的功率 (W)；

U_{DH} ——直流电压的上限值，即制动电阻投入工作的门槛电压 (V)；

DR ——制动电阻的阻值 (Ω)。

由式 (3-2) 计算出的制动电阻功率值是假定其持续工作时的值，但实际情况绝非如此，因为制动电阻只有变频器和电动机在停机或制动时才进入工作状态，而有的电动机甚至连续多天运行都不停机，即便是制动较频繁的电动机，它也是间断工作的，因此，式 (3-2) 计算出的结果应进行适当修正，根据电动机制动的频繁程度，修正系数可在 0.15 ~ 0.4 之间选择。制动频繁或电动机功率较大时，取值大些；很少制动或电动机功率较小时，取值小些。

变频器说明书中都会推荐不同功率电动机应该选择的制动电阻规格，一般情况下选用推荐规格是没有问题的。但是，生产机械的运行状况千变万化，推荐值对一种具体应用来说，不一定是最佳值。运行中若有异常，可根据上述原则进行适当调整。

三、制动电路异常的处理

1) 电动机刚开机，制动电阻就发烫。因为刚开机时，直流电路的电压不会偏高，制动电阻不应该通电，也不会发热。出现这种情况

应认定是制动单元已经损坏，可能内部的 IGBT 已经击穿，或者控制电路异常，使 IGBT 误导通了。

2) 制动单元出现故障损坏，采购配件需要时日，为了尽量减少停产损失，可采取如下应急措施：制动单元是制动电阻的控制开关，制动单元损坏后，可临时用一只三相交流接触器代替。变频器直流电路的电压约为电源电压的 $\sqrt{2}$ 倍，即 $\sqrt{2} \times 380\text{V} = 537\text{V}$ ，从承受电压和灭弧的角度考虑，应将接触器的三个主触头串联起来，控制制动电阻的接入与否。接触器线圈的通电，可由下述方法之一控制：

对于一般生产机械，或频繁起动、制动的生产设备，由停机按钮通过中间继电器进行控制，这样，每当生产设备停机时，制动电阻就处于放电状态。

对于起重机械，可由控制吊钩下行的接触器的辅助触头进行控制，这样，每次吊钩向下运行时，制动电阻同样处于放电状态。

第三节 变频器功率因数的改善

变频器运行时其输入侧的功率因数一般较低，通常都要采取一些措施予以改善。

一、变频器的无功功率与功率因数

变频器输入侧功率因数偏低的原因，与工频电动机的运行功率因数低有着重要的区别。后者由于电动机是感性负载，运行电流的相位滞后于电压，功率因数的高低取决于电流与电压之间的相位关系，如图 3-6 所示。而前者功率因数低是由其电路结构造成的。变频器通常是“交-直-交”式结构，即三相交流电源经三相整流桥和滤波电容器变为直流，再经控制电路和 IGBT 转换为频率可调的交流电。在整流过程中，如图 3-7 所示，只有当交流电源的瞬时值大于直流电压 U_D 时，整流二极管才会导通，整流桥中才有充电电流，显然，充电电流总是出现在电源峰值附近的有限时间内，呈不连续的脉冲波形。这种非正弦波具有很

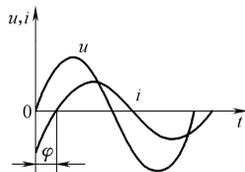


图 3-6 电压与电流的相位关系

强的高次谐波成分。高次谐波的瞬时功率一部分为“+”，另一部分为“-”，属于无功功率。这种无功功率使得变频调速系统的功率因数较低，为0.7~0.75。

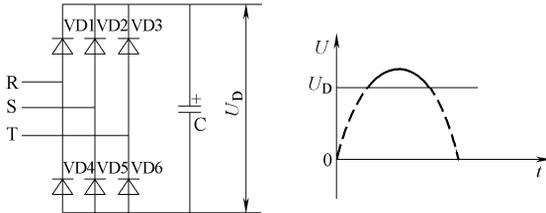


图 3-7 整流波形

二、提高功率因数的措施

变频器输入侧功率因数较低的原因，不是电流波形滞后于电压，而是高次谐波电流造成的，所以不能通过并联补偿电容器来提高功率因数，而应设法减小高次谐波电流，具体措施就是接入电抗器，如图 3-8 所示。图中 AL 是交流电抗器，接在三相电源与整流桥之间。DL 是直流电抗器，接在整流桥与滤波电容器之间。使用其中一种就有明显效果，两种共同使用可将功率因数提高到 0.95 以上。直流电抗器除了提高功率因数外，还能限制接通电源瞬间的充电涌流。另外，不允许在变频器输出端，即与电动机的连接端并接电容器。因为变频器输出的所谓正弦波，实际上是脉冲宽度和占空比的大小按正弦规律分布的脉宽调制波，这个脉冲序列是变频器中 IGBT 不断交替导通形成的，如果在输出端接入电容器，则逆变管在交替导通过程中，不但要向电动机提供电流，又增加了电容器的充电电流和放电电流，会导致 IGBT 损坏。

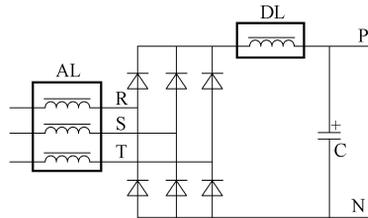


图 3-8 接入电抗器 AL 和 DL

三、电抗器的选用

电抗器对大部分变频器来说不是标准配置，是选配件。应根据需要选用。常用的直流电抗器规格见表 3-5，交流电抗器规格见表 3-6。

表 3-5 常用的直流电抗器规格

电动机容量/kW	30	37 ~ 55	75 ~ 90	110 ~ 132	160 ~ 200	220
允许电流/A	75	150	220	280	370	560
电感量/ μ H	600	300	200	140	110	70

表 3-6 常用交流电抗器规格

电动机容量/kW	30	37	45	55	75	90	110	132	160	200
允许电流/A	60	75	90	110	150	170	210	250	300	380
电感量/mH	0.32	0.26	0.21	0.18	0.13	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05

四、交流电抗器的相关应用

有时为了降低设备投资的成本而不接交流电抗器，容忍变频调速系统在低功率因数下运行。但在下列运行环境中连接交流电抗器则是必须的。

1) 与变频器在同一供电系统中的电子设备较多，变频器的高次谐波影响电子设备正常工作，这时应在变频器输入侧连接交流电抗器，同时用 1000V、100 ~ 220nF 的电容器进行滤波，尽量减小谐波的干扰，如图 3-9 所示。

2) 同一供电系统中有容量较大的晶闸管设备，由于晶闸管设备也会导致电压波形的畸变，与变频器相互产生影响，因此，两种设备的输入端都应接入交流电抗器。

3) 多台变频器运行于同一供电系统中，除了变频器之间互相影响外，还会导致相邻设备工作失常，这时每台变频器输入端都应接入交流电抗器。

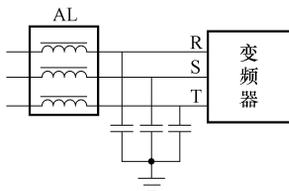


图 3-9 电抗器、滤波电容的连接

第四节 变频器的多挡频率运行实例

许多电力拖动设备需要根据运行状态随时调整运行频率，例如，电梯先以低速起动，稍后转为高速上升（或下降），将要到达停靠楼

层时，再次变为低速，最后停止。变频器的多挡频率控制能够方便地实现这些功能。本文通过应用实例介绍多挡频率控制的相关电路和参数设置方法。

一、如何实现多挡频率控制

要实现多挡频率控制（多段速控制），必须预置与多挡频率控制相关的功能参数，直白地说，就是将多挡频率控制的指令传送给变频器的 CPU。实现多挡频率控制的过程，就是 CPU 执行相关指令的过程。

首先要通过功能参数预置，将变频器外接多功能控制端子（各种变频器都有若干个多功能端子，例如，富士 G11S 变频器中的 X1 ~ X9）中的 2~4 个（依频率挡次的多少确定）指定为多挡频率（转速）控制端。被指定的每一个控制端与公共端 CM 之间各连接一个开关（例如继电器的触头），如图 3-10 所示。转速的切换由指定控制端上外接开关的通断状态及其组合来实现。图 3-10 所示为指定了 2 个多段速控制端的示意图，每个继电器触头的通断状态对应着 2 位二进制数中的一个位，开关闭合（on）相应位为 1，开关断开（off）相应位为 0。图中两个开关均断开，即这个二进制数为 00。参数预置还要确定每个多功能控制端子连接的开关对应着二进制数中的哪一位。例如，富士 G11S 变频器可将参数 E01 预置为 0，把端子 X1 指定为 2 位二进制数中的低位 SS1；将参数 E02 预置为 1，把端子 X2 指定为 2 位二进制数中的高位 SS2。开关的通断状态及其组合对应的频率（转速）挡次见表 3-7。图 3-10 中端子 FWD 与 CM 连接表示各种转速均为正转。由表 3-7 可见，富士 G11S 变频器通过功能参数预置指定 2 个多功能控制端子为多挡频率（转速）控制端时，共可设定 4 个频率（转速）挡次。

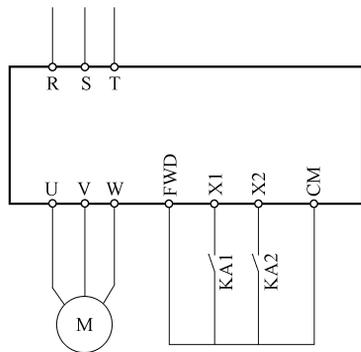


图 3-10 多段速的设置

表 3-7 频率挡次的选择

指定接点输入信号组合		相应的二进制数	选择的频率档次
1(SS2)	0(SS1)		
off	off	00	1
off	on	01	2
on	off	10	3
on	on	11	4

接着预置各挡转速对应的工作频率，运行时间长短以及加速时间或减速时间。

例如，富士 G11S 变频器通过 C05 ~ C08 功能参数预置各挡（4 挡）转速对应的频率，这时对于外接端子控制应用，可由 PLC 或上位机给出频率选择命令，即选择性接通、断开图 3-10 中 KA1 ~ KA2 的触头，即可改变运行频率并确定运行时间（触头状态转换即意味着上一个转速段时间结束）。加/减速时间则执行参数 F07（加速时间 1）和参数 F08（减速时间 1）设定的数值。对于程序控制的应用，可通过参数 C22 ~ C25 设定每个转速挡次的运行时间，旋转方向和加/减速时间。如将 C22 设定为 100F2，指令含义为转速档次 1 的运行时间为 100s（含加速时间），F 指定旋转方向为正转，2 指定加速时间为参数 E10 设定的加速时间 2。

康沃 CVF-G2 系列变频器可通过参数 L-18 ~ L-32 预置各挡（15 挡）转速对应的频率。安川 CIMR-G7A 系列变频器可通过参数 d1-01 ~ d1-08 预置各挡（8 挡）转速对应的频率。

变频器的多挡频率控制（多段速控制）有外接端子控制和程序控制两种方式，每种控制方式需要设定的参数略有不同，下面通过一个实例给以介绍。

二、多挡频率运行的实例

一台搅拌机的运转控制要求是：开机首先以 40Hz 的频率正转 10min，再以 30Hz 频率反转运行 8min，每次改变运转方向时应先将频率降至 8Hz 运行 1min，停止运行 1min，如此反复循环直至按下停止按钮。

对于这种多挡转速运行要求，如果选用富士 G11S 变频器，可有两种控制方案。一种是多功能端子控制法，即如上所述，首先指定几个多功能端子用作多段速端子，接着预置各挡转速对应的工作频率，如表 3-8 所示。每挡转速的运行时间在 PLC 或上位机上按照搅拌机的运转控制要求设定。设置完成后即可通过 PLC 或上位机控制运行。由于搅拌机对加/减速时间没有提出要求，所以可以使用变频器默认的加/减速时间参数 F07（加速时间 1）和参数 F08（减速时间 1）设定的数值。这种方案的优点是设置的参数数量较少，相对比较简单。

表 3-8 外接端子控制的多段速运行功能参数设置

参数码	参数名称	预置值	说 明
E01	端子 X1 功能设定	0	将端子 X1 功能设定为多段速二进制码的低位 SS1
E02	端子 X2 功能设定	1	将端子 X2 功能设定为多段速二进制码的中位 SS2
E03	端子 X3 功能设定	2	将端子 X3 功能设定为多段速二进制码的高位 SS4
C05	转速挡次 1	40	第 1 挡转速对应的频率是 40Hz
C06	转速挡次 2	8	第 2 挡转速对应的频率是 8Hz
C07	转速挡次 3	0	第 3 挡转速对应的频率是 0Hz
C08	转速挡次 4	30	第 4 挡转速对应的频率是 30Hz
C09	转速挡次 5	8	第 5 挡转速对应的频率是 8Hz
C10	转速挡次 6	0	第 6 挡转速对应的频率是 0Hz

第二种方案是程序控制法。这种方案适用于转速转换顺序固定的单循环或无限反复循环的运行场合。下面仍以富士 G11S 系列变频器为例给以介绍。

根据运行要求，作出运行程序图如图 3-11 所示。

转速挡次 1：加速时间设定为 30s；运行频率设定为 40Hz；运行时间（包括加速时间）设定为正转 10min。

转速挡次 2：减速时间设定为 25s；运行频率设定为 8Hz；运行

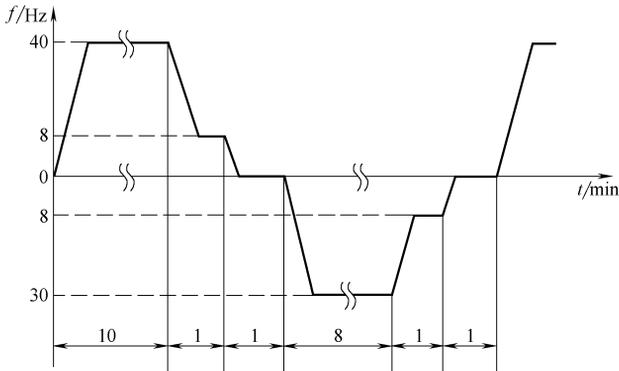


图 3-11 多段速运行程序图

时间（包括减速时间）设定为正转 1min。

转速挡次 3：减速时间设定为 20s；运行频率设定为 0Hz；运行时间（包括减速时间）设定为正转 1min。

转速挡次 4：加速时间设定为 28s；运行频率设定为 30Hz；运行时间（包括加速时间）设定为反转 8min。

转速挡次 5：减速时间设定为 20s；运行频率设定为 8Hz；运行时间（包括减速时间）设定为反转 1min。

转速挡次 6：减速时间设定为 20s；运行频率设定为 0Hz；运行时间（包括减速时间）设定为反转 1min。

相关功能参数设定见表 3-9。

表 3-9 程序控制的多段速运行功能参数设置

参数码	参数名称	预置值	说 明
E10	加速时间 2	30.0	加速时间 2 设定为 30s
E11	减速时间 2	25.0	减速时间 2 设定为 25s
E12	加速时间 3	28.0	加速时间 3 设定为 28s
E13	减速时间 3	20.0	减速时间 3 设定为 20s
C05	转速挡次 1	40	第 1 挡转速对应的频率是 40Hz
C06	转速挡次 2	8	第 2 挡转速对应的频率是 8Hz

(续)

参数码	参数名称	预置值	说 明
C07	转速挡次 3	0	第 3 挡转速对应的频率是 0Hz
C08	转速挡次 4	30	第 4 挡转速对应的频率是 30Hz
C09	转速挡次 5	8	第 5 挡转速对应的频率是 8Hz
C10	转速挡次 6	0	第 6 挡转速对应的频率是 0Hz
C21	运行方式	1	反复循环,有停止命令输入时即刻停止
F01	频率设定 1	10	多段速设定为程序运行
C22	1 挡运行参数	600F2	1 挡运行 600s,正转,加速时间执行 E10 设定
C23	2 挡运行参数	60.0F2	2 挡运行 60s,正转,减速时间执行 E11 设定
C24	3 挡运行参数	60.0F3	3 挡运行 60s,按 E13 设定减速至 0Hz
C25	4 挡运行参数	480R3	4 挡运行 480s,反转,加速时间执行 E12 设定
C26	5 挡运行参数	60.0R3	5 挡运行 60s,反转,减速时间执行 E13 设定
C27	6 挡运行参数	60.0R3	6 挡运行 60s,按 E13 设定减速至 0Hz

这里要注意：参数 C22 和 C23 预置值中的末尾数字 2，它是选择加速或减速时间的，刚开机或由某频率向更高同转向频率换挡时，选择加速时间；向相反转向换挡，或者向更低频率换挡，则变频器自动选用减速时间。所以参数 C22 预置值中的“2”规定了 1 挡转速为加速时间；而参数 C23 预置值中的“2”规定了 2 挡转速为减速时间。另外，加、减速时间和各挡转速运行时间的预置值应为 3 位数，例如，30 秒应设置 30.0，不能设置为 30。如果设置为 4 位数，则变频器仍然只读取前 3 位，然后乘以 10。

第五节 变频器的频率检测

各种品牌型号的变频器，包括国际品牌和国产品牌，都有自己的频率检测功能。正确使用这些功能，可使变频器的控制更加灵活方便。

一、频率检测功能简介

归纳起来，变频器的检测频率有两种类型，一种是检测由给定信号设定的输出频率，当输出频率达到设定频率值时，由相应输出端给出一个动作信号。这种检测无须专用的参数码去设定检测频率，当运行频率由某参数码设定后，自动成为这种检测的阈值。另一种是检测任意设定的频率，由于该检测值可任意设定，所以有的变频器参数表中给出检测频率 1 和检测频率 2 共两个频率检测点，如图 3-14 所示。当输出频率达到或超过检测频率时，也由相应输出端给出一个动作信号。这里所说的动作信号，一般由变频器的集电极开路输出端子给出。这种端子的电气参数典型值，电压为 24V，电流为 50mA。内部结构及外部应用电路示例如图 3-12 和图 3-13 所示。图 3-12 使用外部直流电源驱动继电器，继电器线圈两端须连接续流二极管 VD；图 3-13 使用变频器内部电源驱动继电器，由于内部已有二极管，外部无须再用。变频器内部电源容量有限，当该类端子使用不止一个时，最好选用外部电源。变频器一般有多个集电极开路输出端子，分别标记为 OC1、OC2 等，而有的变频器则标记为 Y1、Y2 等。

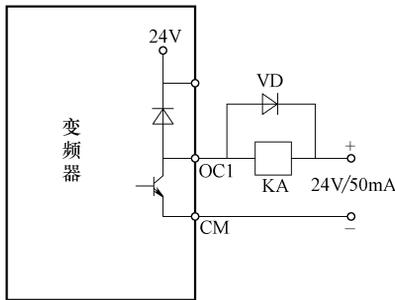


图 3-12 频率检测动作
信号接线一

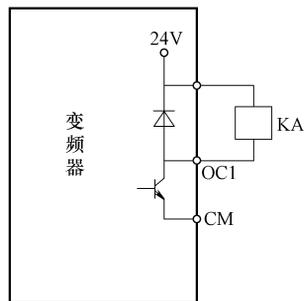


图 3-13 频率检测动作
信号接线二

变频器在进行频率检测时，通常设定一个正负双向检测范围或单向检测滞后值，输出频率在该范围内小幅度变化时，相应端子输出的信号稳定不变，如图 3-14 所示。图中频率检测信号为“ON”状态时，相当于图 3-12 和图 3-13 中的 OC1 端为低电平，继电器得电吸

合。应该说明,各种变频器的类似名称参数码,其实际控制功能可能不同,或有一定差异,具体应用时应以变频器说明书的介绍为准。

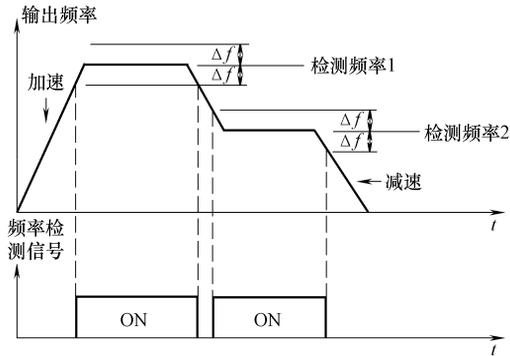


图 3-14 频率检测的范围

二、频率检测的功能参数

实现变频器的频率检测,必须对相关功能参数进行设置。各种品牌、型号变频器提供的参数码不尽相同。功能说明也各有差异,但其基本功能是类似的。表 3-10 列出了几种变频器的频率检测功能参数及说明供参考。

表 3-10 几种变频器的频率检测功能参数

变频器型号	参数码	名称	设定值或范围	说 明
普传 PI7000	o13	输出信号选择 1	14	将集电极开路输出端输出信号 1 设定为 FDT 频率设定 1 的响应端
	o14	输出信号选择 2	15	首先检测 [F58], 到达或超过 [F58] 时, 相应端子动作, 之后检测 [F59], 低于 [F59] 时解除动作
	F58	FDT 频率设定 1	[F59] ~ 最大频率	输出频率达到或超过 [F58] 时, 相应端子动作, 低于 [F58] 时不动作
	F59	FDT 频率设定 2	0.00 ~ [F58]	输出频率达到或超过 [F58] 时, 相应端子动作, 低于 [F59] 时不动作
	F60	频率检测幅度	0.00 ~ 5.00Hz	定义频率检测的幅度

(续)

变频器型号	参数码	名称	设定值或范围	说 明
富士 G11S/P11S	E30	FAR 幅值	0.00 ~ 10.0Hz	该参数调整输出频率达到设定频率值时的检测幅值,进入幅值内时动作
	E31	FDT1 频率	0 ~ 400Hz/120Hz	输出频率超过设定的 FDT1 频率值时,相应端子有信号输出
	E32	FDT 滞后值	0.0 ~ 30.0Hz	FDT 频率检测的滞后值,即检测幅度,适用于参数 E31 和 E36
	E36	FDT2 频率	0 ~ 400Hz/120Hz	输出频率超过设定的 FDT2 频率值时,相应端子有信号输出
海利普 HOLIP	CD061	频率一致 1	0.00 ~ 400.00Hz	输出频率大于一致频率一时,在〔CD063〕范围内相应端子有信号输出
	CD062	频率一致 2	0.00 ~ 400.00Hz	输出频率大于一致频率二时,在〔CD063〕范围内相应端子有信号输出
	CD063	频率一致范围设定	0.10 ~ 10.00Hz	一致频率的检测范围
华科 HI3 系列	F160	开路集电极输出方式	Run/Arr/o. L. Ar	该参数选择“Run”时,开路集电极输出运转频率信号
	F161	运转信号频率	0.01 ~ 最高频率	设定运转信号频率,超过时开路集电极有输出
创世 CSBG 系列	P32	多功能输出 Y1	0 ~ 4	设定为“2”时,输出频率达到〔P34〕并在〔P35〕范围内,Y1 有输出
	P33	多功能输出 Y2	0 ~ 4	设定为“2”时,输出频率达到〔P34〕并在〔P35〕范围内,Y2 有输出
	P34	任意频率到达检测	0.00 ~ 200.00Hz	输出频率达到〔P34〕时,开路集电极输出端有输出
	P35	频率到达检测范围	0.00 ~ 10.0Hz	频率到达检测范围

(续)

变频器型号	参数码	名称	设定值或范围	说 明
博世力士乐 CVF-G3/P3	b-15	OC1 输出 设定	0 ~ 17	设为“1”时输出频率到达信号,设为“2”时输出频率水平检测信号(FDT)
	b-16	OC2 输出 设定	0 ~ 17	设为“1”时输出频率到达信号,设为“2”时输出频率水平检测信号(FDT)
	L-58	频率到达 检出幅度	0.00 ~ 20.00Hz	频率到达检测幅度
森兰 SB12 系列	F30	频率到达 宽度	0.00 ~ 10.0Hz	到达设定频率的正负检测宽度,进入检测范围时相应端子有输出
	F31	检出频率 1	0.10 ~ 120.0Hz	输出频率达到设定的检出频率 1 时,相应端子有输出
	F32	检出频率 1 宽度	0.00 ~ 10.0Hz	相应端子有输出对应的频率宽度
	F80	检出频率“2”	0.10 ~ 120.0Hz	输出频率达到设定的检出频率“2”时,相应端子有输出
	F81	检出频率 “2”宽度	0.00 ~ 10.0Hz	相应端子有输出对应的频率宽度

注: [F59] 表示参数 F59 的设定值;表中其他将参数码置于方括号内的,含义与此相同。

三、频率检测的应用实例

搅拌机与传输带间联动,要求传输带工作频率大于 35Hz 时,搅拌机才能起动,如传输带工作频率小于 30Hz,搅拌机必须停机。选用富士 G11S 变频器。

搅拌机与传输带的相关应用电路如图 3-15 所示。其中 KA 是中间继电器,它的常开触头闭合时变频器 2 开机正转运行,断开时停止。

根据控制要求,对两台变频器进行参数设置,其中直接与上述控制要求相关的参数设置见表 3-11。

由表 3-11 可见,变频器 1 将集电极开路输出端子 Y1 设为频率检测信号输出端,当输出频率达到或超过参数 E31 设定的 35Hz 时,端

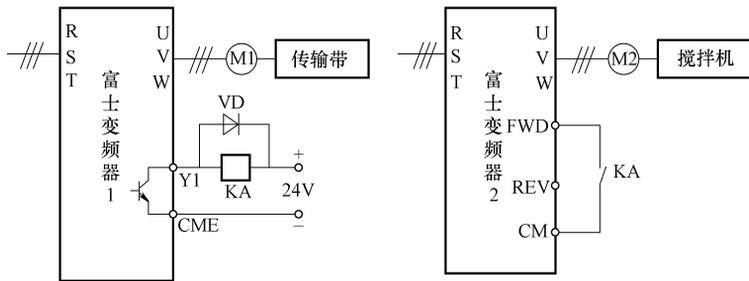


图 3-15 频率检测应用实例

子 Y1 变为低电平，继电器 KA 线圈得电吸合，其常开触头闭合，变频器 2 的 FWD 与 CM 端接通从而开始运行。变频器 1 的输出频率如果下降到 ($[E31] - [E32] = 35 - 5 = 30$) Hz 时，端子 Y1 变为高电平，继电器 KA 释放，变频器 2 停止运行。这种效果已经满足了应用实例的控制要求。

表 3-11 应用实例参数设置

变频器	参数码	名称	设定值	说 明
1	E20	频率检测 (FDT)	2	将集电极开路输出端子 Y1 设为频率检测信号输出端
	E31	频率检测 1	35	输出频率达到或超过 35Hz 时, 端子 Y1 变为低电平
	E32	频率检测滞后值	5	输出频率比 $[E31]$ 低 5Hz 或更多, 端子 Y1 变为高电平
2	F02	运行操作	1	由外部端子 FWD、REV 输入运行命令

注: $[E31]$ 表示参数 E31 的设定值。

第六节 变频器的跳跃频率

变频器有一组功能参数称作跳跃频率 (回避频率) 及跳跃频率幅度。顾名思义, 变频器的输出频率在接近这些频率点时应绕过、跳跃过去。

一、跳跃频率

任何机械设备都有自己的固有谐振频率，当变频器的输出频率与机械设备的固有谐振频率相同或相近时，机械设备将会产生较强的振动，影响设备正常运行，情况严重时还会导致设备损坏。变频器的这组功能参数就是为了解决这个问题而设置的。表 3-12 列出了几种变频器的频率跳跃功能参数，供参考。

表 3-12 几种变频器的频率跳跃功能参数

变频器型号	参数码	名称	设定范围	说 明
森兰 SB12 系列	F14	回避频率 1	0.00 ~ 120.0Hz	设置回避频率 1
	F15	回避频率 2		设置回避频率 2
	F16	回避频率 3		设置回避频率 3
	F17	回避频率范围	0.00 ~ 10.00Hz	设置回避频率范围,实际是 [F17] 的 2 倍,在回避频率点上下各半
富士 G11S/ P11S 系列	C01	跳跃频率 1	G11S:0 ~ 400Hz P11S:0 ~ 120Hz	设置跳跃频率 1
	C02	跳跃频率 2		设置跳跃频率 2
	C03	跳跃频率 3		设置跳跃频率 3
	C04	跳跃幅值	0 ~ 30Hz	设定跳跃频率的幅值
普传 PI7000 系列	F37	回避频率 1	0.00 ~ 最大 频率	设置回避频率 1,加减速时输出频率可正常穿越回避频率区
	F38	回避频率 2		设置回避频率 2,加减速时输出频率可正常穿越回避频率区
	F39	回避频率 3		设置回避频率 3,加减速时输出频率可正常穿越回避频率区
	F40	回避频率范围	0.00 ~ 5.00/50.0	以回避频率为基准向上和向下回避的频率范围
海利普 HOLIP	CD044	跳跃频率 1	0.00 ~ 400.00Hz	设置跳跃频率 1
	CD045	跳跃频率 2		设置跳跃频率 2
	CD046	跳跃频率 3		设置跳跃频率 3
	CD047	跳跃频率范围	0.10 ~ 2.00Hz	实际跳跃频率是 [CD047] 的 2 倍, [CD047] = 0 时,所有跳跃频率无效

(续)

变频器型号	参数码	名称	设定范围	说 明
华科 H13 系列	F156	跳跃频率 1	0.00 ~ 最高 频率	设置跳跃频率 1, 在 3 个跳跃频率中, 其频率值应最小
	F157	跳跃频率 2		设置跳跃频率 2, 在 3 个跳跃频率中, 其频率值应居中
	F158	跳跃频率 3		设置跳跃频率 3, 在 3 个跳跃频率中, 其频率值应最大
	F159	跳跃频率范围	0.00 ~ 10.00 Hz	设置跳跃频率范围, 若设置为 0, 则所有跳跃频率无效
创世 CSBG 系列	P115	跳跃频率 1	0.00 ~ 最高频率	设置跳跃频率 1
	P116	跳跃频率 2		设置跳跃频率 2
	P117	跳跃频率 3		设置跳跃频率 3
	P118	跳跃频率范围	0.00 ~ 10Hz	设置跳跃频率范围, 若设置为 0, 则所有跳跃频率无效
博世力士乐 CVF-G3/P3	H36	跳跃频率 1	0.00 ~ 上限频率	设置跳跃频率 1
	H37	跳跃频率 1 幅度	0.00 ~ 5.00Hz	设置跳跃频率 1 幅度, 若设置为 0, 则该跳跃频率无效
	H38	跳跃频率 2	0.00 ~ 上限频率	设置跳跃频率 2
	H39	跳跃频率 2 幅度	0.00 ~ 5.00Hz	设置跳跃频率 2 幅度, 若设置为 0, 则该跳跃频率无效
	H40	跳跃频率 3	0.00 ~ 上限频率	设置跳跃频率 3
	H41	跳跃频率 3 幅度	0.00 ~ 5.00Hz	设置跳跃频率 3 幅度, 若设置为 0, 则该跳跃频率无效

注: [F17] 表示参数 F17 的设定值; 表中其他将参数码置于方括号内的, 含义与此相同。

二、跳跃频率幅度

由表 3-12 可见, 变频器通常设有 3 个跳跃频率参数, 以及 1 个 (多数变频器) 或几个 (例如博世力士乐 CVF-G3/P3 系列变频器) 跳跃频率幅度参数。只有 1 个跳跃频率幅度参数时, 它对各个跳跃频率均有效; 如果有多个跳跃频率幅度参数, 则每个跳跃频率的跳跃幅度可以独立设定。跳跃频率参数的功能示意图如图 3-16 所示。应注意的是, 有的变频器其跳跃频率幅度定义为在跳跃频率上下的全部跳跃范围; 而有的变频器其跳跃频率幅度定义为在跳跃频率上、下各自跳跃

的范围，比如表 3-12 中的森兰和海利普变频器，如图 3-17 所示。

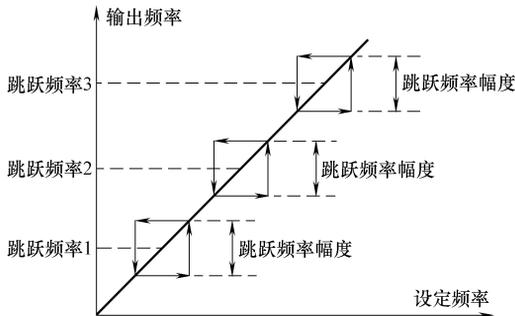


图 3-16 跳跃频率参数功能示意

跳跃频率点的设置，一般应将跳跃频率 1 安排在较低的频率点上，跳跃频率 3 安排在较高的频率点上，如图 3-16 所示。有的变频器说明书中对此有明确规定，例如华科 HI3 系列通用变频器。

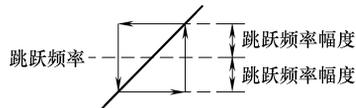


图 3-17 另一种跳跃频率范围设定

变频器的跳跃频率功能不影响其加速和减速过程，即在加速和减速过程中，输出频率可以穿越、经过跳跃频率及其跳跃幅度范围内的频率。因为这时输出频率在频率共振点及其附近频率区并不停留，引起共振产生的影响很小，同时，这种设计也使加速和减速过程更加平稳。

使用频率跳跃功能时，除设置频率跳跃参数外，频率跳跃幅度参数必须同时设置，否则有的变频器频率跳跃幅度参数出厂值为 0（如博世力士乐 CVF-G3/P3 系列变频器），如果不设置频率跳跃幅度参数，变频器将默认数值为 0 的出厂值，这会导致频率跳跃功能无效；有的出厂值数值很小（如海利普变频器出厂值为 0.5），不能保证有效规避共振。

变频器的 3 个跳跃频率范围允许重叠，重叠的跳跃频率区域将合并，如图 3-18 所示。

当变频器驱动电动设备运转，发现在某个频率点或几个频率点发

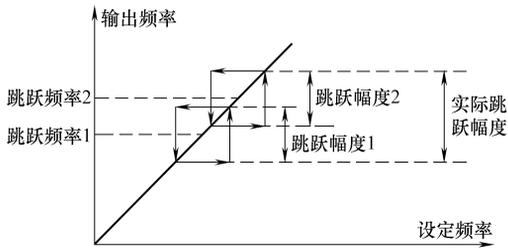


图 3-18 跳跃频率的重叠

生了共振，应观察变频器显示的共振点频率，并记录，然后尽快对跳跃频率功能组的参数进行设置，有的变频器允许在运行中设置这些参数。

三、应用举例

一台风机由博世力士乐 CVF-P3 型变频器驱动，当运行至 38Hz 时振动剧烈，如何规避。

查阅博世力士乐 CVF-P3 型变频器参数表，将相关参数设置见表 3-13。

表 3-13 跳跃频率参数设置

参数码	名称	设定值/Hz	说明
H-36	跳跃频率 1	38	将跳跃频率 1 设置为 38Hz
H-37	跳跃频率 1 幅度	3	将跳跃频率 1 幅度设置为 3Hz

参数设置完成后，变频器跳过了 36.5 ~ 39.5Hz 的频率共振区，风机振动消除。

第七节 变频器的 V/F 控制

所谓 V/F 控制，就是通过调整变频器输出侧的电压频率比（ U/f 比）的方法，来改变电动机在调速过程中机械特性的控制方式。

异步电动机是通过电磁感应来传递能量的，在负载转矩不变的情

况下, 频率下降致使电动机转速下降, 将导致输出功率下降; 而电动机的输入功率与频率之间并无直接联系, 即电动机的输入功率并不因为频率下降而自动下降。因此, 频率下降时将导致输入功率与输出功率之间的严重失衡, 使传递能量的电磁功率和磁通相对大幅增加, 电动机的磁路严重饱和, 励磁电流的波形畸变严重, 产生很大的尖峰电流。因此, 变频器必须在降低频率的同时, 相应地降低输出电压, 才能维持输入功率与输出功率之间的平衡。

既要在低频运行时同时降低输出电压, 又要保证此时电动机能输出足够的转矩以拖动负载, 这就要求我们根据不同的负载特性适当地调整 U/f 比, 以得到需要的电动机机械特性。

一、变频器的 U/f 曲线

1. 频率调节比和电压调节比

变频器的输出频率与额定频率之比称为频率调节比, 其表达式如下:

$$k_F = \frac{f_X}{f_N}$$

式中 k_F ——频率调节比;

f_X ——变频器的输出频率 (Hz);

f_N ——额定频率 (Hz)。

变频器的实际输出电压与额定电压之比称为电压调节比, 其表达式如下:

$$k_U = \frac{U_X}{U_N}$$

式中 k_U ——电压调节比;

U_X ——变频器的实际输出电压 (V);

U_N ——额定电压 (V)。

2. U/f 曲线的选用依据

变频器可以提供多条 U/f 曲线供用户选用, 或者通过功能参数的设置得到所需的 U/f 曲线。变频器应用时应根据负载的低速特性选用或设置相应的 U/f 曲线。

对于恒转矩负载, 即不论转速高低, 负载的阻转矩都不变。例如

带式输送机，它要求电动机在低频运行时也有较大的转矩，如图3-19所示。这种情况 U/f 比应该选大一些，如图3-22中 U/f 曲线1，当频率为 f_{X1} 时，把电压提升到 U_{X1} ，即在低频运行时进行转矩补偿和提升。

另一种负载在高低转速时阻转矩变化明显，例如离心浇铸机。这种设备只有在具有一定转速时才能把铁水灌入模具实施浇铸，浇铸完毕转为低速时由于没有了铁水，负载很轻。其转矩特性如图3-20所示，电动机在低频运行时不需要太大的转矩， U/f 比可以选小一些，如图3-22中的 U/f 曲线2，当频率为 f_{X1} 时，电压为 U_{X2} 就够了。

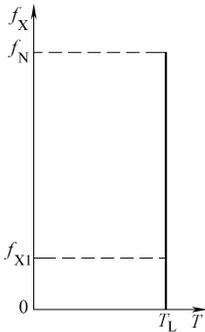


图 3-19 恒转矩负载曲线

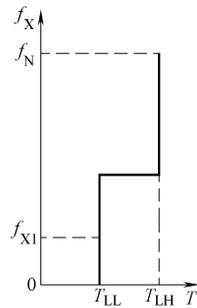


图 3-20 明显变化的转矩曲线

第三种是二次方率负载，例如离心式水泵、风机，其负载机械特性如图3-21所示，低速运行时阻转矩很小，所以 U/f 比可以选更小一些，如图3-22中 U/f 曲线3，当频率为 f_{X1} 时，把电压降低为 U_{X3} 。即在低频运行时对转矩实施负补偿。

以上实例说明，不同负载在低频运行时对 U/f 比的要求是不一样的。用户应根据负载的具体要求，通过预置或直接从变频器提供的多种 U/f 曲线中选择一种使用。

在图3-22中，曲线2是电压与频率成正比例变化的 U/f 曲线，称为基本 U/f 曲线，其特点是：

$$\frac{U_X}{f_X} = \text{常数} (k_F = k_U)$$

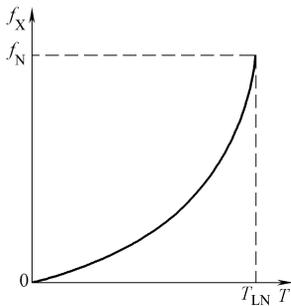


图 3-21 二次方率负载曲线

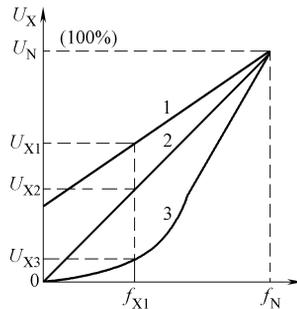


图 3-22 转矩补偿曲线

若欲加大低频时的带负载能力，可在基本 U/f 曲线的基础上加大低频时的 U/f 比，使 $k_U > k_F$ ，称为转矩补偿或转矩提升。对于离心式水泵、风机类二次方率负载，变频器提供若干条负补偿 ($k_U < k_F$) 的“低减 U/f 曲线”。图 3-22 中的曲线 3 就是一条具有一定负补偿效果的低减 U/f 曲线。

二、V/F 控制的参数表

V/F 控制的参数见表 3-14。

表 3-14 几种变频器的转矩提升功能参数表

变频器型号	参数码	名称	设定范围	设定值	说 明
森兰 SB12 系列	F07	转矩提升	0 ~ 50	0	自动提升，变频器根据负载情况将输出转矩调到最佳值
				1 ~ 50	手动提升
博世力士乐 CVF-G3/P3	L-0	V/F 曲线类型选择	0, 1, 2		“0”表示恒转矩曲线；“1”表示递减转矩曲线 1；“2”表示递减转矩曲线 2
	L-1	转矩提升	0 ~ 20		提升电压 = $\{[(L-1)/200] \times \text{电动机额定电压}\}$
	L-2	转矩提升方式	0, 1		“0”表示手动提升；“1”表示自动转矩提升

(续)

变频器型号	参数码	名称	设定范围	设定值	说 明
创世 CSBG 系列	P11	中间频率 (MF)	LLF ~ 基本 频率		设定任意 U/f 曲线的中间频率值,用以决定最低频率与该频率间的 U/f 曲线
	P12	中间电压 (MV)	LLV ~ 100% 额定电压		设定任意 U/f 曲线中与中间频率对应的中间电压值
	P13	最低频率 (LLF)	0.00 ~ 10.00Hz		用于设定任意 U/f 曲线的最低频率
	P14	最低电压 (LLV)	0 ~ 10% 额定电压		用于设定任意 U/f 曲线的最低电压
	P108	手动转矩提升	OFF/H-1 ~ 16/P1 ~ 16		用于 U/f 曲线的选择,该功能优先于P11 ~ P14 设定的任意 U/f 曲线
	P109	自动转矩提升	ON, OFF		ON: 选择自动转矩提升功能; OFF: 禁止自动转矩提升功能
富士 G11S/ P11S	F09	转矩提升 1	0.0, 0.1 ~ 20.0	0.0	自动转矩提升特性,即自动调整恒转矩负载转矩提升值
				0.1 ~ 0.9	风机和泵负载用的二次方率递减转矩特性
				1.0 ~ 1.9	二次方率递减转矩和恒转矩特性两者中间的比例转矩特性
				2.0 ~ 20.0	恒转矩特性
A05	转矩提升 2	0.0, 0.1 ~ 20.0		电动机 2 的转矩提升功能,与 F09 转矩提升进行相同动作	
华科 HI3 系列	F002	转矩补偿模式	d, P1, P2		“d”为恒转矩特性,“P1”为递减转矩特性,“P2”为二次递减转矩特性
	F003	转矩补偿电压值	0 ~ 30%		在低频工作区对输出电压进行提升补偿,设定不为 0 时有效

(续)

变频器型号	参数码	名称	设定范围	设定值	说 明
海利普 HOLIP	CD003	中间电压 设定	0.1 ~ 500.0V		设定任意 U/f 曲线中的中 间电压值
	CD004	中间频率 设定	0.01 ~ 400.00Hz		设定任意 U/f 曲线中的中 间频率值
	CD005	最低电压 设定	0.1 ~ 50.0V		设定 U/f 曲线中的最低起 动电压值
	CD006	最低频率 设定	0.1 ~ 2Hz		决定 U/f 曲线中最低起动 频率值
	CD043	自动转矩 补偿	0.1 ~ 10.0%		设定变频器在运转时自动 补偿额外的电压,以得到较 高的转矩
普传 PI7000 系列	F07	自动转 矩提升	0 ~ 10%		按一既定公式在低频运 转时对变频器输出电压进行提 升补偿
	F08	U/f 提升 方式	0 ~ 61	0 ~ 20	恒转矩负载时,可在 0 ~ 20 这 21 条 U/f 曲线中选择一 条使用
				21 ~ 40	适合 1.5 次方递减转矩负 载,可在 21 ~ 40 这 20 条 U/f 曲线中选择一条使用
				41 ~ 50	适合平方递减转矩负载, 可在 41 ~ 50 这 10 条 U/f 曲 线中选择一条使用
				51 ~ 60	适合 3 次方递减转矩负 载,可在 51 ~ 60 这 10 条 U/f 曲线中选择一条使用
			61	用户自定义	

注: [L-1] 表示参数 L-1 的设定值。

三、通过功能参数选用 U/f 曲线

任何特性的 U/f 曲线选用,都必须通过功能参数的设置来实现。下面以富士 G11S 系列变频器为例介绍参数设置的方法,图 3-23、图 3-24 和图 3-25 所示为几种转矩 U/f 曲线的示意图。由图中可见,图 3-25 下部(低频区)的曲线陡度介于图 3-23 和图 3-24 相应部位之间,

即比图 3-24 低频区更陡，而较图 3-23 低频区平缓些。图中“#2.0”标注的 U/f 曲线，是将参数 F09 设置为 2.0 时的曲线，其他前缀为“#”号的数字，含义与此相同。

该变频器的 F09 参数名称是“转矩提升 1”，将其设置成 0.0，为自动转矩提升特性，即自动调整恒转矩负载的转矩提升值，使之在 #2.0 与 #20.0 U/f 曲线之间自动调整变化。

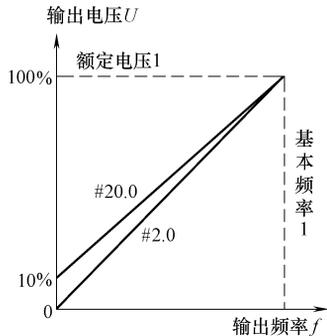


图 3-23 U/f 曲线示例一

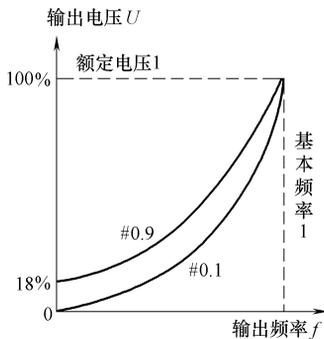


图 3-24 U/f 曲线示例二

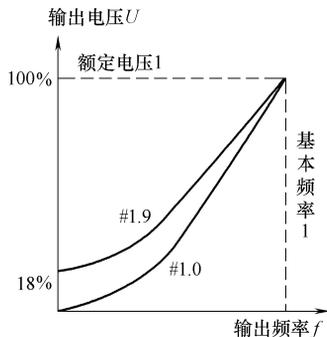


图 3-25 U/f 曲线示例三

如果负载是离心风机、水泵类二次方律递减转矩设备，则 F09 设定值应为 0.1 ~ 0.9。由于设定值可按 0.1 的间隔递增，所以这里共有 9 条 U/f 曲线可供选择，见图 3-24。具体设置时应首先取较小值，若起动转矩不足，再逐渐增大，以免发生低频过激磁，甚至起动过程中跳闸。

如果负载具有恒转矩特性，又不准备使用自动转矩提升功能，可将参数 F09 设置为 2.0 ~ 20.0 范围的某值，参见图 3-23。这里共有 181 条 U/f 曲线供选择。设置原则依然是数值由小渐大，保证满足起动转矩即可。

如果是介于二次方律递减转矩和恒转矩特性之间的其他负载，如图 3-25 所示，参数 F09 应在 1.0 ~ 1.9 之间选择。这组 U/f 曲线共有 10 条。

有的变频器，例如表 3-14 中的创世和海利普品牌，可将 U/f 曲线设置成折线形式，将它们的中间电压和中间频率参数设置好后，这两个参数在 U/f 曲线上的对应点就是曲线的转折点。

第八节 变频器的显示功能

变频器在运行中，可以自行测量并显示各种运行参数，如输出频率、电压、电流、功率、负载率等，其中频率还可转换成线速度或转速显示。

变频器最少有一个 LED 显示器，而有的变频器有两个 LED 显示器，或者一个 LED 显示器加一个 LCD 显示器。LED 显示器每次只能显示一种数据，而 LCD 显示器可同时显示几种数据。变频器显示的内容可以方便地进行切换，而各种变频器切换显示内容的方法不尽相同。本文介绍几种变频器的显示功能。

一、博世力士乐 CVF-G3 系列变频器

博世力士乐 CVF-G3 系列变频器通过 LED 屏显示的状态监控参数见表 3-15。由参数 L-71、L-51 和 L-52 选择显示的具体内容。其中 L-71 选择初上电时显示的内容，以及运行时第一个希望显示的内容；L-51 和 L-52 分别选择运行时第二个及第三个希望显示的内容。例如，将 L-71 设定为“0”（d-0），L-51 设定为“1”（d-1），L-52 设定为“2”（d-2），那么，初上电时显示的输出频率为“0”，开始运行后显示的是实际输出频率；按压面板上的“SHIFT”键可循环显示当前的输出频率、输出电流和输出电压。尽管可选择显示的监控参数多达 20 个（见表 3-15），但能方便地切换显示的参数只有 3 个。您要选择 3 个对运行安全至关重要的参数或您较关心的参数进行设置。运行中若欲查看其他运行参数，可通过重新设定上述 3 个参数码的方法来实现。变频器的这种功能规范是为了使运行人员能方便快捷地查阅电动机最重要的运行参数。

表 3-15 博世力士乐变频器状态监控参数

功能码	显示内容	单位	功能码	显示内容	单位
d-0	当前的输出频率	Hz	d-10	输入交流电压	V
d-1	当前的输出电流	A	d-11	模块的温度	°C
d-2	当前的输出电压	V	d-12	运行时间累计	h
d-3	当前的电动机转速	Rpm	d-13	输入端子状态	
d-4	当前的设定频率	Hz	d-14	模拟输入 VI1	V
d-5	直流母线电压	V	d-15	模拟输入 VI2	V
d-6	PID 设定值	%/MPa	d-16	模拟输入 II	mA
d-7	PID 反馈值	%/MPa	d-17	外部脉冲输入	kHz
d-8	运行线速度		d-18	AM 输出	V
d-9	设定的线速度		d-19	AO 输出	

以上所说的显示，能看到的是参数的数值，参数的计量单位在面板上有相关符号。切换显示某个参数时，相关符号下方或上方会有指示灯点亮或者用其他方式给以提示。这里的说明适用于各种变频器。

二、富士 G11S 系列变频器

富士 G11S 系列变频器的 LED 显示器能显示运行中、停止中、频率设定时以及 PID 设定时的数据。具体显示的内容由参数 E43 和 E44 的设定值确定，见表 3-16。其中，E43 设定为 10 ~ 12 时，则仅在变频器的 PID 功能有效时显示。

表 3-16 富士 G11S 系列变频器 LED 显示器显示内容表

E43 设定值	E44 = 0		E44 = 1	
	停止中	运行中	停止中	运行中
0	频率设定值 (Hz)	输出频率值(转差补偿前, Hz)		
1	频率设定值 (Hz)	输出频率值(转差补偿后, Hz)		
2	频率设定值 (Hz)			
3	输出电流 (A)			
4	输出电压(命令值) (V)			
5	同步速度设定值 r/min	同步速度 r/min		
6	线速度设定值 m/min	线速度 m/min		
7	负载速度设定值 r/min	负载速度 r/min		

(续)

E43 设定值	E44 = 0		E44 = 1	
	停止中	运行中	停止中	运行中
8	转矩计算值%			
9	输入功率 kW			
10	PID 命令(键盘面板直接输入)			
11	PID 远程命令(由 F01 频率 1 选择设定值)			
12	PID 反馈量			

富士 G11S 系列变频器的 LCD 显示器显示的内容可由参数 E45 的设定值选择, 见表 3-17。显示使用的语种由参数 E46 的设定值决定, 见表 3-18。

表 3-17 富士 G11S 系列变频器 LCD 显示器显示内容表

E45 设定值	显示内容
0	运行状态、旋转方向、操作信息
1	输出频率值(转差补偿前)、输出电流和转矩计算值的棒图显示

表 3-18 语种选择

E46 设定值	语 种
0	中文
1	英文
2	日文

三、森兰 SB61 系列变频器

森兰 SB61 系列变频器的显示内容可以通过面板上的“>>”键进行直接切换, 也可经过功能参数的设置进行程序切换。

1) 直接切换。对于六种经常需要查看的数据(运行频率、运行电流、运行电压、PID 目标值、PID 反馈值和负荷率), 可以通过面板上的“>>”键进行直接切换, 如图 3-26 所示。显示数据的下方有三只 LED 指示灯, 它们的亮灭状态按照二进制组合的关系, 提示当前显示数据的属性。

2) 程序切换。对于不经常查看的数据, 可以通过功能参数的设置进行程序切换显示, 见表 3-19。

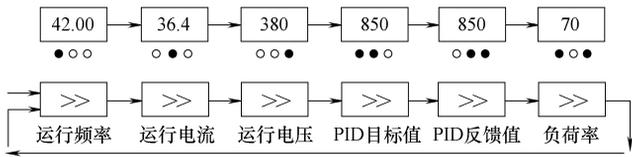


图 3-26 森兰变频器显示的数据

表 3-19 森兰变频器程序切换显示内容

功能码	显示内容	单位
FA01	线速度显示系数	
FA02	变频器输出功率	kW
FA03	散热器温度	℃
FA04	电度表值	kWh
FA05	累计运行时间	h
FA06	电度表清零	
FA07	累计运行清零	

第九节 变频器的故障查询

变频器有完善的保护功能，出现故障时会自动跳闸，并显示跳闸原因，以使用户检查。LED 显示屏通常用各种特定的代码来表示跳闸原因，LCD 显示屏则可以直接用文字来表述故障原因。本文以博世力士乐 CVF-G3 系列变频器为例，介绍变频器故障代码的定义、故障原因、处理对策以及查询故障记录的方法。

博世力士乐 CVF-G3 系列变频器在故障跳闸停机时，会同时在 LED 显示屏上显示一个故障代码，操作人员根据这个代码可以大概判断故障的原因，并采取相应的处理措施。故障代码对应的故障原因以及应该采取的对策见表 3-20。

表 3-20 保护功能及对策

故障代码	故障说明	可能原因	对 策
Er. 01	加速中过电流	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加速时间过短 2. 转矩提升过高或 U/f 曲线不合适 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 延长加速时间 2. 降低转矩提升电压, 调整 U/f 曲线
Er. 02	减速中过电流	减速时间太短	增加减速时间
Er. 03	运行中过电流	负载发生突变	减小负载波动
Er. 04	加速中过电压	<ol style="list-style-type: none"> 1. 输入电压太高 2. 电源频繁开关 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查电源电压 2. 用变频器的控制端子控制变频器的起、停
Er. 05	减速中过电压	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减速时间太短 2. 输入电压异常 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 增加减速时间 2. 检查电源电压 3. 安装或重新选择制动电阻
Er. 06	运行中过电压	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压异常 2. 有能量回馈性负载 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查电源电压 2. 安装或重新选择制动电阻
Er. 07	停机时过电压	电源电压异常	检查电源电压
Er. 08	运行中欠电压	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压异常 2. 电网中有大的负载启动 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查电源电压 2. 分开供电
Er. 09	变频器过电流	<ol style="list-style-type: none"> 1. 负载过大 2. 加速时间过短 3. 转矩提升过高或 U/f 曲线不合适 4. 电网电压过低 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减小负载或更换成较大容量变频器 2. 延长加速时间 3. 降低转矩提升电压, 调整 U/f 曲线 4. 检查电网电压
Er. 10	电动机过载	<ol style="list-style-type: none"> 1. 负载过大 2. 加速时间过短 3. 保护系数设定过小 4. 转矩提升过高或 U/f 曲线不合适 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减小负载 2. 延长加速时间 3. 加大电动机过载保护系数 4. 降低转矩提升电压, 调整 U/f 曲线
Er. 11	变频器过热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 风道堵塞 2. 环境温度过高 3. 风扇损坏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 清理风道或改善通风条件 2. 降低载波频率 3. 更换风扇

(续)

故障代码	故障说明	可能原因	对策
Er. 12	输出接地	1. 变频器的输出端接地 2. 变频器与电动机的连线过长且载波频率过高	1. 检查连接线 2. 缩短接线,降低载波频率
Er. 13	干扰	由于周围电磁干扰而引起的误动作	给变频器周围的干扰源增加吸收电路
Er. 14	输出断相	变频器与电动机之间的接线不良或断开	检查接线
Er. 15	IPM 故障	1. 输出短路或接地 2. 负载过重	1. 检查接线 2. 向厂商寻求服务
Er. 16	外部设备故障	变频器的外部设备故障输入端子有信号输入	检查信号源及相关设备
Er. 17	电流检测错误	1. 电流检测器件或电路损坏 2. 辅助电源有问题	向厂家寻求服务
Er. 18	RS485 通信故障	串行通信数据的发送和接收发生错误	1. 检查接线 2. 向厂家寻求服务
Er. 19	PID 反馈故障	1. PID 反馈信号线断开 2. 用于检测反馈信号的传感器发生故障 3. 反馈信号与设定不符	1. 检查反馈通道 2. 检查传感器有无故障 3. 核实反馈信号是否符合设定要求
Er. 20	与供水系统专用附件的连接故障	1. 没有选用专用附件,但选择了多泵恒压供水 PID 方式 2. 与附件的连接发生问题	1. 改用普通 PID 或单泵恒压供水方式 2. 选购专用附件 3. 检查主控板与附件的连接是否牢固

博世力士乐 CVF-G3 系列变频器除了在故障跳闸时显示表 3-20 中相应的故障代码外,其存储器还会保存有最后六次故障的代码信息,以及最后一次故障时的运行参数,是变频器监控参数组的重要组成部分,见表 3-21。

下面介绍博世力士乐 CVF-G3 系列变频器查询表 3-21 中故障记录信息的方法。这种变频器的面板状态有监控模式、监控参数查询模式、基本运行参数设置模式、中级运行参数设置模式和高级运行参数

设置模式。查询故障记录信息必须在监控参数查询模式下进行。

表 3-21 变频器监控参数中的故障记录信息

监控项目	内 容	监控项目	内 容
d-20	第一次故障记录	d-27	最近一次故障时的设定频率
d-21	第二次故障记录	d-28	最近一次故障时的输出电流
d-22	第三次故障记录	d-29	最近一次故障时的输出电压
d-23	第四次故障记录	d-30	最近一次故障时的直流电压
d-24	第五次故障记录	d-31	最近一次故障时的模块温度
d-25	第六次故障记录	d-32	最近一次故障时的输入端子状态
d-26	最近一次故障时的输出频率	d-33	最近一次故障时的累计运行时间

当面板当前状态在监控模式时，LED 显示屏显示参数 L-71 选择的内容（参数 L-71 用于选择操作面板上的显示屏在状态监控模式时的显示内容），例如当前输出频率“50.00”Hz，这时按一下面板上的“MODE”键，即进入监控参数查询模式，LED 屏显示第一个监控参数的代码 d-20。若欲查询的是最近一次故障时的输出频率，其监控代码是 d-26，可按压数据修改键“▲”，每按一次代码数加 1，也可持续按住“▲”键，变化速度加快，直至监控代码变为 d-26 停止，接着按一下确认键“ENTER”，LED 屏就显示出故障时的输出频率，另纸记录之。这时按一下模式切换键“MODE”，显示返回“d-26”，可以通过数据修改键“▲”和“▼”重新选择欲查询的监控代码号继续，直至查询完毕。查询结束后按四次“MODE”键，跳过基本运行参数设置模式，中级运行参数设置模式，高级运行参数设置模式，返回监控模式。根据查询结果，分析、检查、处理故障，使变频器尽快恢复正常运行。

第十节 变频器的过载保护

变频器过载保护的對象是电动机，过载保护的目的是使电动机不因过热而烧毁。

电动机运行时，其损耗功率（包括铜损和铁损）必然要转换成热能，使电动机的温度升高。在电动机温度升高的过程中，同时要向周围散热，温升越大，散热也越快，所以温升不能按线性规律变化，而是越升越慢。当电动机产生的热量和发散的热量相平衡时，温升不再增加，处于稳定状态。电动机运行在额定状态时的温升称作额定温升。

变频器根据上述发热机理，通过检测电动机运行时出现过电流值的大小、持续的时间以及电动机的类型（普通电动机或变频专用电动机）等信息，经过运算，适时发出控制命令，使电动机断电停机或限制运行电流，达到保护电动机运行安全的目的。

一、过载保护的特点

1. 过载保护具有反时限特性

电动机过载电流越大，允许运行的时间越短，其保护曲线如图 3-27 所示。图中纵坐标是变频器的跳闸时间 t_T ，横坐标是电动机的电流负载率 β 。

$$\beta = \frac{I_M}{I_{MN}}$$

式中 β ——电动机的负载率；

I_M ——电动机的实际运行电流（A）；

I_{MN} ——电动机的额定电流（A）。

当电动机的实际运行电流大于额定电流，即 $\beta > 1.0$ 时，如果负载率 $\beta_3 > \beta_2 > \beta_1$ ，则跳闸时间 $t_3 < t_2 < t_1$ ，具有反时限的动作特性。

2. 跳闸时间与工作频率有关

变频器最好与专用的变频电动机（例如 YVP 系列变频电动机）配套运行。变频电动机的功率等级、安装尺寸以及机座中心高等参数均符合国际 IEC 标准，与对应的国产 Y 系列（IP44）三相异步电动机相一致，互换性通用性强，并且装有独立的冷却风机，保证电动机在不同的转速下均具有较好的冷却效果。而目前有相当多用户为了降低设备投资成本，选用普通电动机与变频器配套工作，这也是可以的。但普通电动机采用安装在输出轴上的风扇散热，当工作频率降低时，风扇转速同时降低，散热效果随之下降。当变频器的电动机类型选择参数预置为普通电动机时（例如富士 G11S 系列变频器的参数

F10 设定为“1”，为通用电动机；F10 设定为“2”，为变频专用电动机)，随着电动机运行频率的变化，其过载保护曲线会如图 3-28 所示有相应的变化，即工作频率越低，电动机散热条件越差，在过载程度相同的情况下，允许运行的时间（跳闸时间）越短。图 3-28 中， f_A 、 f_B 和 f_C 对应不同的运行频率，纵坐标上的 t_A 、 t_B 和 t_C 与 0 点之间的线段长度代表跳闸时间的长短。当电流负载率同为 β_X 时，工作频率较低（例如 f_C ）对应的跳闸时间较短（例如 t_C ），反则反之。这种保护效果是由变频器内部的单片机根据程序命令和参数设置的条件经过判断和运算实现的。

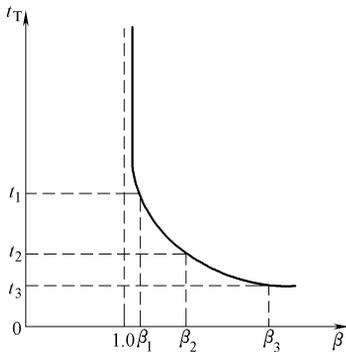


图 3-27 过载保护的反时限特性

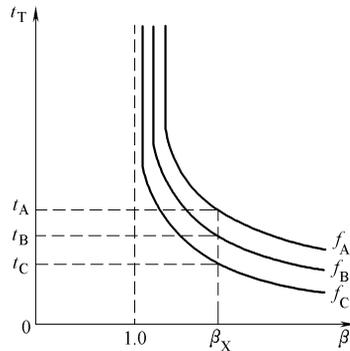


图 3-28 保护动作时间与运行频率的关系

二、过载保护的参数设置

要实现变频器对电动机的过载保护，必须对变频器的相关参数进行设置。

1. 保护动作与电动机类型的设定

一台变频器只控制一台电动机，应设定过载保护动作有效；如果一台变频器控制多台电动机时，应设定过载保护无效，这时应根据每台电动机的容量各自采取保护措施。需要保护动作时，应选择电动机的类型，是通用电动机还是变频专用电动机。

2. 保护方式的设定

过载时可供选择的保护方式有：

- 1) 电动机减速停机;
 - 2) 电动机立即断电自由停机;
 - 3) 电动机继续运行, 给出报警信号;
 - 4) 电动机限流运行。
3. 保护电流定值的设定

将电动机的额定电流通过相关参数设置到变频器, 作为过载保护的定值。方法有两种: 有的变频器可以直接将“电动机额定电流”进行设定, 例如英威腾 INVT-G9 系列变频器和艾默生 TD3000 系列变频器。有的变频器通过“电流取用比”、“电动机保护系数”间接进行设定。其定义为:

$$\text{电流取用比(电动机保护系数)} = \frac{\text{电动机额定电流}}{\text{变频器额定电流}} \times 100\%$$

例如, 变频器额定电流为 100A, 电动机额定电流为 80A, 则电流取用比为 80%。

4. 过载保护延迟时间

过载电流达到保护定值时允许继续运行的时间, 超过则实施保护; 延迟时间内电流值恢复正常值则退出保护; 过载电流超过保护定值时按反时限特性实施保护。

几种变频器过载保护参数设置见表 3-22。

表 3-22 几种变频器过载保护参数设置表

变频器型号	功能码	功能名称	功能码及定义
博世力士乐 CVF-G3 系列	H-1	过载过热保护动作方式	“0”表示变频器立即封锁输出 “1”表示限流运行并报警
	H-2	电动机过载保护系数	50 ~ 110(%)
富士 G11S 系列	F10	热继电器 1	“0”表示不动作 “1”表示动作(通用电动机) “2”表示动作(变频专用电动机)
	F11	OL 设定值 1	电流取用比在 20% ~ 135% 之间设定
	F12	热时间常数 t1	0.5 ~ 75.0min

(续)

变频器型号	功能码	功能名称	功能码及定义
安川 CIMR-G7A	L1-01	选择电动机保护功能	“0”表示无效 “1”表示通用电动机保护 “2”表示变频专用电动机保护 “3”表示矢量控制专用电动机保护
	L1-02	电动机保护动作时间	0.1 ~ 5.0min
	L1-03	选择电动机过热时的报警动作	“0”表示减速停止 “1”表示自由滑行停止 “2”表示非常停止 “3”表示继续运行(显示闪烁)
	L1-04	选择电动机过热动作	“0”表示减速停止 “1”表示自由滑行停止 “2”表示非常停止
	L1-05	温度输入延迟时间	0.00 ~ 10.00s
英威腾 INVT-G9	7.09	电动机过载保护模式	“0”表示标准电动机 “1”表示变频电动机 “2”表示无
	7.10	电动机额定电流	0 ~ 900.0A
	7.11	电动机过载保护时间	30 ~ 250s
VACON-CX	7.5	电动机热保护	“0”表示无动作 “1”表示报警 “2”表示跳闸
	7.6	电动机热保护电流	50.0 ~ 150.0(%)
	7.7	零频率热保护电流	5.0 ~ 150.0(%)
	7.8	热保护时间常数	0.5 ~ 300.0min
	7.9	热保护转折点频率	10 ~ 500Hz

第四章 变频器应用答疑

第一节 基本知识

一、什么是变频器？

变频器是利用电力半导体器件的通断作用，将工频电源变换成另一频率电源的电控制装置。或者说，变频器是一种能改变施加于交流电动机的电源频率值和电压值的调速装置。

二、变频器的内部主电路由几部分组成？

变频器的内部主电路由整流部分、直流滤波环节和输出逆变等几部分组成。如图 4-1 所示。

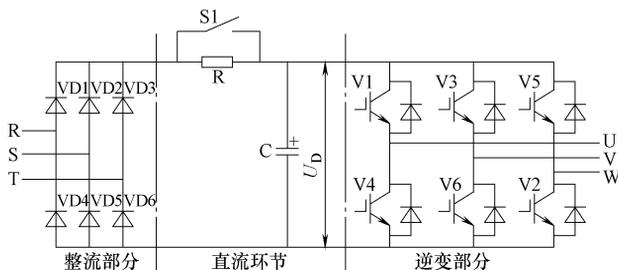


图 4-1 变频器的内部主电路

图 4-1 中二极管 VD1 ~ VD6 是三相整流全桥，将由 R、S、T 端输入的三相交流电整流成脉动直流；电容器 C 是滤波电容，滤波后的电压为 U_D ；电阻 R 可在通电瞬间限制电容器 C 的充电电流，将其控制在一个安全数值范围内；开关 S1 可以是接触器触头，也可以是可控硅元件，其作用是，当电容器上电压充到一定数值时短路电阻 R，使之退出运行；IGBT（绝缘栅双极型晶体管）V1 ~ V6 是逆变输出管，它在驱动电路控制下，将滤波后的直流电转换成频率和电压都可调的交流电供给电动机，实现变频调速。

三、输出部分的每个逆变管两端，为什么都要反并联一个二极管？

逆变电路的每个逆变管两端，都要反并联一个二极管，如图4-2a所示。其作用描述如下：异步电动机的定子电路是感性电路，其电流的变化滞后于电压，如图4-2b所示。图中：

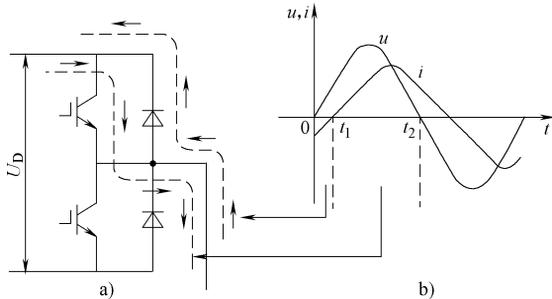


图4-2 逆变管两端并联二极管

$0 \sim t_1$ 段，电流 i 与电压 u 的方向相反，是绕组的自感电动势克服电源电压在做功（磁场做功）。这时的电流将通过反并联二极管流向直流回路。

$t_1 \sim t_2$ 段：电流 i 与电压 u 的方向相同，是电源电压克服绕组的自感电动势在做功（电源做功）。这时的电流是通过逆变管流向电动机的。

如果没有反并联二极管，则因为逆变管只能单方向导通，绕组的磁场无法与电源（变频器中的直流电路）交换能量，电路的工作将发生畸变。

四、变频器主电路对外连接有哪些端子？

变频器主电路对外连接端子的标记符号、端子名称以及连接去向见表4-1。

表4-1 变频器的主电路端子

端子或端子组	端子名称	功能说明
R、S、T	交流电源输入端子	连接三相交流电源
U、V、W	变频器输出端子	连接三相交流电动机
P+、P-	直流电抗器连接端子	连接直流电抗器,不选电抗器时用铜片短接
P、N	制动电路端子	连接制动单元和制动电阻
PE	接地端子	用较粗和尽量短的导线与接地极连接

五、变频器的控制端子有哪些？

不同变频器配置的控制端子数量及标记名称略有不同，但其基本功能大体类似。表 4-2 给出了各种变频器几乎都在使用的控制端子，变频器独有的控制端子可参阅产品说明书。

表 4-2 变频器的控制端子

类别	端子标记	端子名称	功能说明
模拟量输入输出	V+	直流电源正端	DC + 10V 端, 频率设定电位器的电源正端
	VI	电压输入信号	DC 0 ~ 10V 可调电压, 可用于频率设定
	II	电流输入信号	0 ~ 20mA 可调
	IF	电流反馈输入信号	0 ~ 20mA/4 ~ 20mA
	VF	电压反馈输入信号	0 ~ 10V/1 ~ 5V
	FMA	模拟监视输出	输出 0 ~ 10V 模拟电压, 根据预置, 用来监视输出频率、电压、电流、负载率等
	11	模拟信号公共端	模拟输入、输出信号公共端
控制输入	FWD	正转指令	与 COM 端接通正向运转, 断开后减速停止
	REV	反转指令	与 COM 端接通反向运转, 断开后减速停止
	JOG	点动指令	与 COM 端接通按设定频率运转, 断开后停止
	RST	复位按钮端	按一下解除变频器跳闸后的保持状态
	COM	公共端	公共端子
	X1 ~ X9	多功能输入端子	根据参数预置, 输入各种命令信号
报警	30A	报警继电器触头	一组报警继电器转换触头, 触头容量为 250V, 0.3A
	30B		
	30C		

六、使用变频器可以实现哪些功能？

1) 使用变频器可以实现电动机的无级变频调速，从而满足生产工艺对传动电动机的调速要求。

2) 电动机启动时可实现软启动，减小电动机的启动电流，避免电网受到大电流的冲击，防止负载受到过强的机械冲击。

3) 使用变频调速具有良好的节能效果，尤其是风机、水泵类二次方率负载，节能效果特别明显。通常可节电 20% ~ 30%。

4) 实现多台电动机以比例速度运转或同步运转，提高生产效率

和产品质量,延长设备维修周期,降低维修成本。

七、变频器的主要技术参数有哪些?

(1) 电源输入侧的额定参数

额定电压:低压变频器的额定电压有 220V、380V、660V 和 1140V 等几种,高压变频器额定电压有 3kV、6kV 和 10kV 等几种。

额定频率:在我国市场上流通和现场运行的变频器,其额定频率为 50Hz。

(2) 变频器输出侧的额定参数

输出电压:变频器运行中的输出电压是随频率变化的,最大值通常与输入侧的额定电压相等为 380V (低压标准型),因此,变频器的输出电压是 0~380V。

额定输出电流:指变频器允许持续输出的最大电流,是用户选择变频器的重要依据。

额定输出容量:不同变频器使用不同的单位来定义容量规格。有的变频器用有功功率单位 kW 表示,例如富士 G11S 系列变频器;有的用视在功率单位 kVA 表示,例如博世力士乐 CVF-G3 系列变频器。

输出频率:变频器的输出频率最低可为 0Hz,最高频率则各不相同,但都超过了我国的工频频率,可达 120Hz,甚至几百赫兹。

配用电动机容量:变频器说明书中规定的配用电动机容量,是按带动稳定不变负载的情况计算得到的最大 4 极电动机容量。当变频器的额定容量以视在功率表示时,应使电动机所需视在功率小于变频器所能提供的视在功率。

另外,还有过载能力、低频时的起动转矩等参数,可参阅说明书。

第二节 变频器的键盘与功能预置

一、变频器键盘上配置有哪些按键?

各种不同品牌的变频器其键盘配置略有区别,现以海利普变频器的一种控制面板为例,介绍其按键安排。该面板按键排列见图 4-3。

面板上部有 5 位 LED 数码管,下部匀称布置了 8 只按键。其中“△”键和“▽”键是数字变更键,按一下“△”键可使数码管显

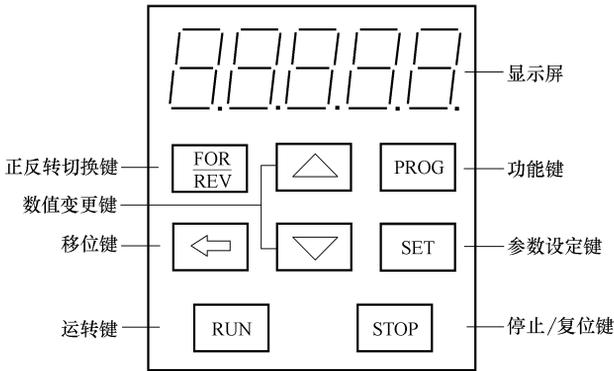


图 4-3 变频器面板布置图示例

示的数字加 1，按一下“ ∇ ”键可使数码管显示的数字减 1，这些数字可能是参数代码的编号，也可能是参数的设定值。“ \leftarrow ”键是移位键，在选择参数代码或修改参数值时，可用该键移动选择欲操作的位，被选定的待操作位数字闪烁，提示可以对其进行加减修改。“PROG”键是功能键，按下它可在运行参数监控状态和参数编程状态之间转换；有的变频器类似功能按键称作模式键，操作这个键可在运行监控和参数设置模式之间转换。“SET”键是参数设定键（确认键），运行监控状态时按下“PROG”键进入参数编程状态，数码管显示参数代码，例如 CD000，这时再按“SET”键，其效果对变频器来说就是：“是的，现在确认修改参数 CD000 的参数值！”变频器接收到这一指令后，令显示器显示 CD000 的参数值，随后就可以用“ Δ ”键、“ ∇ ”键和“ \leftarrow ”键修改 CD000 的参数值，修改完毕用“SET”键确认保存。

“RUN”键是运转键，按下可起动电动机并逐渐加速运行。“STOP”是停止/复位双功能键：运行中按该键，电动机减速停机；设备因故保护停机，故障排除后按该键退出保护状态，之后可以重新起动电动机。“FOR/REV”是正反转切换键，可以改变电动机运转方向。“ \leftarrow ”键的第二功能是在运行状态切换监视画面的内容，可在输出频率、输出电流和电动机转速等参数之间切换。

二、如何预置变频器的功能参数？

变频器的型号规格及电路方案确定后，根据设备运行要求，确定哪些参数可以默认变频器出厂值，哪些参数值需要修改。对于需要修改的参数，列出一个表格，表格内容包括参数代码，参数名称，参数设定值，说明备注等。之后就可进行参数的设置操作，具体步骤如下：

1) 用功能键使变频器进入参数设置状态，例如富士 G11S 系列变频器按一下 PRG 键，海利普变频器按一下 PROG 键，博世力士乐 CVF-G3 系列变频器按 MODE 键，都会使变频器进入参数设置状态，这时显示屏上显示一个参数代码。

2) 用▼键（“▽”键）、▲键（“△”键）和移位◀◀键（“◀”键）三个键配合修改，使显示的参数代码变成欲修改的代码。

3) 按确认保存键（例如博世力士乐 CVF-G3 系列变频器的 ENTER 键，海利普变频器的“SET”键，富士 G11S 系列变频器的 FUNC/DATA 键），确认当前显示的参数代码就是要预置修改的参数码，这时显示屏上显示的内容变更为待预置参数码的参数值。

4) 用▼键（“▽”键）、▲键（“△”键）和移位◀◀键（“◀”键）三个键配合修改参数值，并按确认保存键将修改结果保存在 EEPROM 中。这时显示屏上显示下一个功能参数码。

5) 重复进行 2) ~4)，直至设置完所有需要设置的参数。

6) 按功能键使变频器返回运行监控状态。

三、变频器在运行状态下，能设置修改参数值吗？

变频器在运行状态只能对部分参数进行修改，有相当一部分参数必须在上电后的停机状态才能进行设置和修改，各种变频器的说明书对此都有明确规定，查阅说明书就能知道哪些功能参数可以在运行状态进行修改。

第三节 变频器应用知识

一、为什么变频起动能减小起动电流？

工频起动时，电动机一接上工频电源，旋转磁场即以额定同步转速旋转，而电动机转子尚处于静止状态，转子绕组与旋转磁场的相对

速度很高，所以感应电动势和感应电流都很大，定子电流可达额定电流的 5~7 倍。变频启动时，启动瞬间变频器的输出频率很低，之后从较低频率开始，按预置的加速时间逐渐上升，这样旋转磁场的转速以及转子绕组与旋转磁场的相对速度也都很低，所以启动电流很小，一般可控制在额定电流上下。

二、什么是加速时间？如何设定？

加速时间是变频器的工作频率从 0Hz 上升到基本频率（50Hz）所需的时间。这一规定同时适用于加速终止频率为任意值的情况。例如，多段速运行中，某一转速挡次的运转频率设定为 30Hz，加速时间设定为 30s，则这一转速挡次的实际加速时间（加速到 30Hz 的时间）是 $(30\text{Hz}/50\text{Hz}) \times 30\text{s} = 18\text{s}$ ，而不能理解为加速到 30Hz 需要 30s。

设定加速时间时应考虑如下问题：加速过程需要时间，过长的加速时间会降低工作效率，尤其是频繁起停的设备，但加速时间过短会使启动电流变大，因此，应在启动电流和生产效率之间寻求一个平衡点，在启动电流允许的前提下，尽量缩短加速时间。另外，负载设备的惯性较大时加速时间应适当加长，负载设备的惯性较小时加速时间可适当缩短。

三、什么是减速时间？如何设定？

减速时间是变频器的工作频率从基本频率（50Hz）降低到 0Hz 所需的时间。这一规定同时适用于减速从任意频率值开始的情况。例如，多段速运行中，某一时段的运转频率为 40Hz，减速时间设定为 45s，则这一转速挡次运转结束时的实际减速时间（减速到 0Hz 的时间）是 $(40\text{Hz}/50\text{Hz}) \times 45\text{s} = 36\text{s}$ ，而不是 45s。

设定减速时间的原则类同于设定加速时间，同时还要考虑如下问题：如果减速时间设置过短，会使变频器直流环节电压升高，形成泵升电压，这时需要采取相应技术措施吸收这种再生电能，使设备复杂化，且投资会有增加。原因是：减速时间设置过短，将使旋转磁场转速下降过快，而电动机转子因负载惯性的作用，不能快速下降，导致电动机转子转速高于旋转磁场转速，电动机处于发电状态，所以变频器直流环节电压升高。因此，减速时间的设定应在生产效率、泵升电

压和设备投资之间寻求平衡点。

四、什么是 S 形加速方式？如何设定？

所谓 S 形加速，是相对于图 4-4a 所示的线性加速而言的，S 形加速是在加速过程的起始阶段和终了阶段，使变频器的输出频率上升速率变得缓慢一些，如图 4-4b 中曲线 t_s 段所示。

S 形加速方式适用于对加速度反应比较敏感的地方，如玻璃瓶传

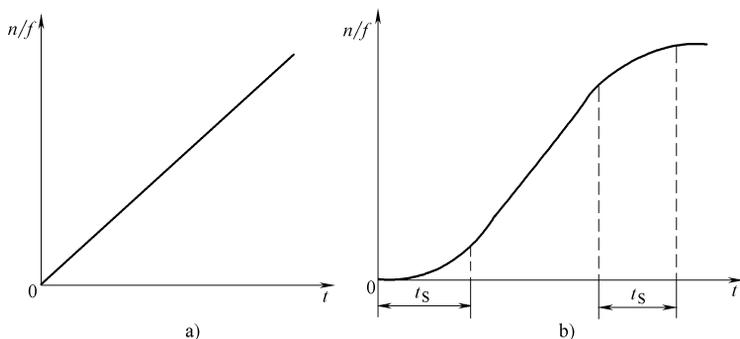


图 4-4 变频器的 S 形加速曲线

送带，载客电梯等；以及惯性较大的拖动系统。

设置 S 形加速方式的方法：从变频器说明书中找到相关参数，进行设置选择即可，见表 4-3。

表 4-3 变频器 S 形加减速方式参数举例

变频器型号	参数码	参数名称	设定范围
安川 CIMR-G7A	C2-01	加速开始时的 S 形时间	0.00 ~ 2.50s
	C2-02	加速结束时的 S 形时间	0.00 ~ 2.50s
	C2-03	减速开始时的 S 形时间	0.00 ~ 2.50s
	C2-04	减速结束时的 S 形时间	0.00 ~ 2.50s
富士 G11S 系列	H07	加速/减速方式	“0”表示线性方式 “1”表示弱 S 形方式 “2”表示强 S 形方式 “3”表示曲线加减速
德力西 CD19000	01-37	加减速 S 曲线	“0”表示线性方式 “1”表示 S 曲线(开始时) “2”表示 S 曲线(结束时) “3”表示 S 曲线(全部)

五、什么情况需要设置起动频率？

电动机起动时，一般从 0Hz 开始加速，而有些情况却需要直接从某一频率开始加速，这时变频器起动瞬间输出的频率就是起动频率。需要设置起动频率的情况如下：

1) 在多台水泵同时供水的系统里，由于管路内已经存在一定的水压，后起动的水泵如果从 0Hz 起动，将难以旋转起来，所以电动机需要直接从一定频率起动。

2) 有些负载的静态摩擦力较大，难以从 0Hz 开始起动，设置起动频率可在起动瞬间产生一定起动冲力，使系统顺利旋转起来。

3) 锥形电动机起动时，定子、转子之间有一定摩擦，设置了起动频率，可以在起动时很快建立起足够的磁通，使转子和定子间保持一定的空气隙。

六、什么是直流制动？意义如何？怎样设置相关参数？

向电动机定子绕组通入直流电流，使电动机处于稳定停机状态，称作直流制动。分起动前的直流制动和停机时的直流制动两种应用。例如，鼓风机之类的负载，即使停机不通电，在风的作用下，也会自行反向转动，假如这时起动，由于电动机已有一定的反向转速，将会导致变频器过电流或过电压跳闸。如果起动前施以直流制动，就能保证电动机在完全停车的状态下从零速开始起动。而惯性较大的负载机械，停机后常常停不住，有蠕动、爬行现象，有可能对传动设备或生产工艺造成不良后果。停机时，变频器的输出频率低至设定的直流制动起始频率时，向电动机定子绕组通入直流电流，电动机能够迅速停机，这就是电动机停机时的直流制动。

下面以博世力士乐 CVF-G3 变频器为例，介绍直流制动参数的设置方法。该款变频器的直流制动参数共有 3 个：L-12，停机直流制动起始频率；设定范围为 0.00 ~ 15.00Hz，当变频器的输出频率低于参数 L-12 设定值时，变频器将启动直流制动功能。L-13，停机直流制动动作时间指直流制动的持续时间；当该参数设置为零时，停机时的直流制动功能关闭。L-14，停机直流制动电压。

七、一台风机采用变频调速运行，要求在现场和控制室都能调速，怎样实现？

如图 4-5 所示，首先将多功能输入端子 X1 和 X2 分别预置为升速端子和降速端子，然后按图将控制线接好。由图中可见，按钮 SB1 和 SB3 分别是现场和控制室的升速按钮，SB2 和 SB4 分别是现场和控制室的降速按钮；端子 FWD 与 CM1 连接决定了运转方向为正转；F1 和 F2 是两只频率表。将按钮 SB1、SB2 以及频率表 F1 安装在现场操纵盒内，按钮 SB3、SB4 以及频率表 F2 安装在控制室操纵盒内。这样，无论是在现场，还是控制室，都能方便地对风机进行调速操作。

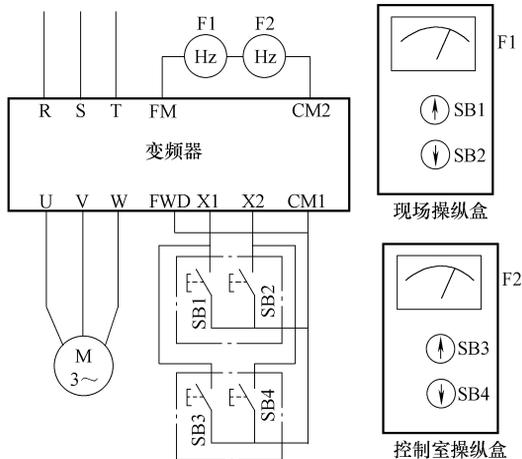


图 4-5 变频器的两地操作

八、怎样用变频器实现电动机的点动控制？

所谓点动，就是按下点动按钮或按键，电动机就按参数预置的点动方向、点动频率以及点动加速时间开始运行，松开点动按钮或按键就按参数预置的点动减速时间停止的一种运行方式。适用于短时运行需求，或者正式投运前对转向的确认、对起动电流和起动转矩的估测等。

若是偶然进行点动操作，可在预置了相关参数后操作变频器控制面板上的点动键（JOG 键）实现，这种办法不用增加任何元器件和

接线，相对比较简单。

对于生产工艺需要频繁点动操作，又希望将操作按钮安排在顺手方便的地方，可以使用外接输入端子控制。在多功能输入端子中，任选两个端子（如 X1、X2）作为正、反转点动信号输入端，以博世力士乐 CVF-G3 系列变频器为例，按照表 4-4 预置相关参数后，分别按压正转点动按钮和反转点动按钮，就可实现点动操作。具体接线如图 4-6 所示。

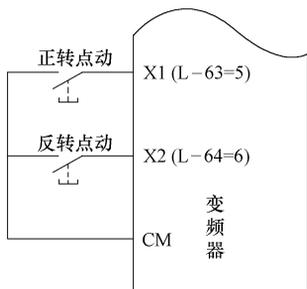


图 4-6 变频器的点动控制

表 4-4 博世力士乐 CVF-G3 系列变频器点动运行参数设置

参数码	参数名称	设定值	说明
L-15	点动频率		按需设置
L-16	点动加速时间		按需设置
L-17	点动减速时间		按需设置
L-63	输入端子 X1 功能选择	5	正转点动控制
L-64	输入端子 X2 功能选择	6	反转点动控制

九、什么情况需要使用变频器的下垂功能？

有的生产机械需要两台或两台以上的电动机同时拖动，例如桥式起重机的吊车，它由设在两侧的两台容量相同的电动机同时拖动，这两台电动机由同一台变频器供电，使它们同时升速和降速。这种情况不但要求两台电动机的转速同步，而且要求它们的负荷分配尽量均衡。变频器的下垂功能可以较好地满足这种应用需求。

十、下垂功能的控制原理是什么？如何设置变频器的下垂功能参数？

图 4-7a 所示为电动机处于自然特性时的转速、转矩关系曲线，图 4-7b 所示为电动机具有下垂特性时的转速、转矩关系曲线。

1) 下垂功能可以自动调整负载分配。图 4-7 中 n_1 是电动机 M1 的转速，其值较大； n_2 是电动机 M2 的转速，其值小于 n_1 。比较图 4-7a 和图 4-7b 可见，当两台电动机的转速差几乎相同时，有下垂特

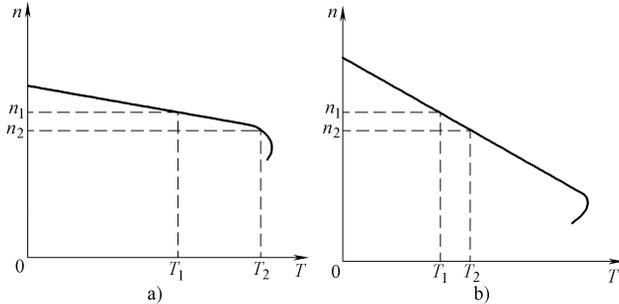


图 4-7 变频器的转速、转矩关系曲线

性的图 4-7b 所示的转矩差别明显减小，即两台电动机的负载差异减小了。

2) 下垂功能可以自动调整转速。当两台电动机转速不一致时，转速较高的，负载必然偏重，下垂特性将使其转速迅速下降；相反，转速较低的，负载必然偏轻，下垂特性将使其转速迅速上升，结果是两台电动机的转速趋于一致。

设置变频器的下垂功能时，应根据不同的应用需求，预置不同的“下垂增益”，而有的变频器，例如艾默生 TD3000 系列变频器，可通过功能码 F2.44 直接预置一个频率值（0.00 ~ 9.99Hz）。总而言之，都是通过参数预置，改变转速、转矩关系曲线的陡度，来满足下垂功能的应用需求。

第四节 变频器的特殊功能应用

一、怎样使没有正反转功能的变频器驱动电动机正反转？

部分变频器控制面板上没有正反转选择按键，也不能通过多功能输入端子控制电动机正反转，这时只能在一次电路上想办法。如同普通工频运行一样，只要将电动机三条电源线中的任意两条交换相序即可。如图 4-8 所示，接触器 KM1 得电吸合后，电动机正转；KM1 释放后，如果接触器 KM2 吸合，则由于加到电动机 M 上的电源相序已经发生变化，所以电动机反转。因此，只要能选择性控制 KM1 或 KM2 的得电与否，就能通过变频器驱动电动机正反转。

欲正转时，按一下图 4-8 中的正转按钮 SB1，中间继电器 KA1 动作吸合，并经触头 KA1-1 自保持；KA1 的触头 KA1-4 接通变频器的 FWD 和 COM 端，使变频器启动，其 U、V、W 端有电压输出；KA1 的触头 KA1-3 使时间继电器 KT 的线圈得电，待其延时闭合触头 KT1-2 闭合后，接触器 KM1 线圈得电吸合（中间继电器触头 KA1-2 已先期闭合）并自保持，这时接触器 KM1 的主触头闭合，电动机开始正向运转。

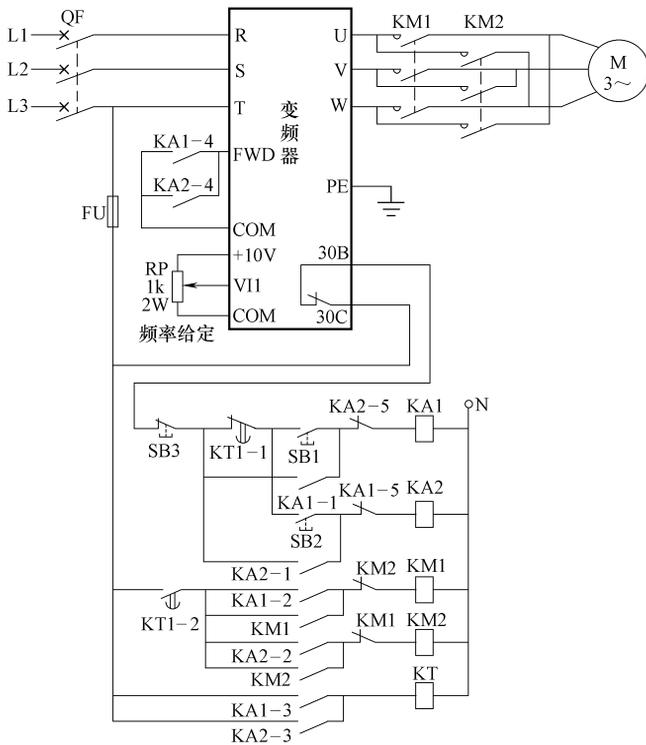


图 4-8 正反转控制电路接线

如果需要反转运行，按一下停机按钮 SB3，这时中间继电器 KA1、时间继电器 KT 以及交流接触器 KM1 几乎同时断电释放，电动机逐渐减速停止运行。此后按一下反转按钮 SB2，与正转情况类似，继电器 KA2、时间继电器 KT 以及接触器 KM2 相继动作，电动机开

始反转运行。

本控制电路有多重防止接触器 KM1、KM2 线圈同时吸合的措施，一是中间继电器 KA1 和 KA2 互相闭锁；二是接触器 KM1 和 KM2 互相闭锁；三是使用了时间继电器 KT，其作用机理是：按压按钮 SB1 起动正转后，须待时间继电器 KT 延时结束后，其延时闭合触头 KT1-2 才闭合，电动机才能开始运转。时间继电器延时时间调整得大于电动机的减速停机时间或自由停机时间，可以保证上一种转向已经完全停稳才能开始新的转向。另外，在延时闭合触头 KT1-2 闭合的同时，延时断开触头 KT1-1 断开，这时，如果错误操作反转按钮试图起动反转，则由于 KT1-1 已经断开，使得误操作不能得逞。采取这些技术措施的目的是，正在运转的电动机不能通过操作 SB1（或 SB2）使电动机改变运转方向，必须停机，并待电动机完全停稳后才能起动相反方向的运行。否则有可能导致过电流保护停机，甚至造成设备事故。

图 4-8 中电位器 RP 是频率给定元件；30B 和 30C 是变频器的保护出口继电器触头。

二、预置变频器的“自动节能”功能有效时能节能吗？

变频器的自动节能功能预置有效时，具有一定的节能效果。预置的方法很简单，一般只要预置动作或不动作，有效或无效即可。例如富士 G11S 系列变频器，将参数 H10 设置为 0，则自动节能不动作，设置为 1 则自动节能动作有效。

自动节能大致有以下两种工作原理：

一是自动降压法，即电动机的电流减小到一定程度时，变频器自动降低输出电压，以达到节能的效果。目前多数变频器的自动节能机理都属于这一种。

二是自动搜索法。对于电动机来说，其运行于某一频率时，工作电流与工作电压之间的关系，如图 4-9 所示，呈 U 形，在 U 形的底部，有一个最佳工作点 A，转速变化时，最佳工作点也将转移。根据这一原理，部分变频器设计了能够自动搜索最佳工作点的节能功能，其节能效果明显高于一般变频器，但由于自动搜索需要时间，就降低了变频器的动态响应能力，适用于对动态响应要求不高的场合，例如

风机、水泵类负载中。

自动节能功能并不能适用于任意一种运行工况，应根据工程项目的运行需求，参考所选变频器说明书中关于自动节能应用的限制条件，正确设置参数，才能实现最佳的节能效果。

三、什么是变频器瞬时停电后的再起功能？如何设置参数？

所谓瞬时停电，是指电源电压由于某种原因突然下降为0V，但很快又恢复的情况，一般停电的时间 t_0 很短，如图4-10a所示。

根据停电时间的长短、系统运行的要求以及变频器参数的设置，为了减轻或防止停机对生产造成不良影响，在条件允许时变频器对电动机实施再起动的功能称作瞬时停电后的再起功能。

变频系统断电后，变频器内部有三种电源的电压会发生变化。

1) 主电路直流电压 U_D ，如图4-10b所示，停电瞬间，逆变电路还在工作，所以电压下降较快，主电路直流电压 U_D 从额定值 U_{DN} 下降至欠电压保护动作值 U_{DL} 所需时间为 t_{od} 。当电压降至 U_{DL} 之前，变频器如同瞬停前一样正常工作。如果电压 U_D 一旦降至 U_{DL} 值，变频器立即启动欠电压保护而跳闸。

2) 控制电路的直流电压，该直流电压给单片机及相关电路供电，对电压的稳定度要求较高，时间常数较长，所以断电后

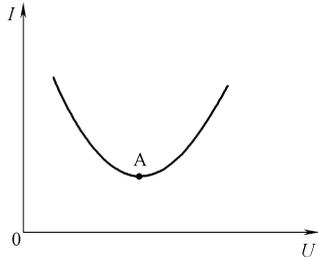


图 4-9 节能的最佳工作点

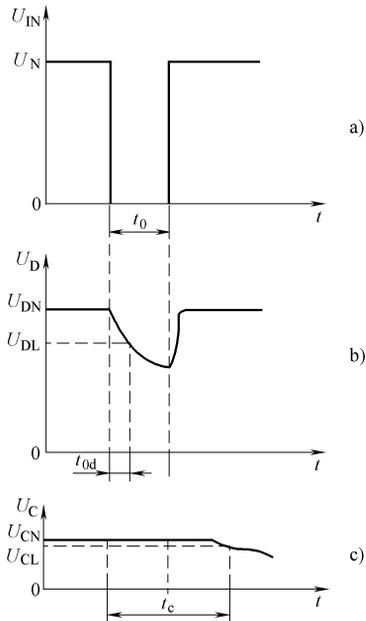


图 4-10 瞬时停电后的电压变化

电压下降较慢,如图4-10c所示。控制电压 U_C 从正常值 U_{CN} 下降至必须跳闸的下限电压值 U_{CL} 所需时间为 t_c 。如果变频器因为主回路欠电压跳闸(电压低于 U_{DL} ,见图4-10b),而控制电路电压尚高于 U_{CL} (见图4-10c),这时变频器允许再启动;如果停电时间 $t_0 > t_c$,则变频器跳闸后不允许再启动。

3) 逆变管驱动电路的电压,由于现代低压变频器逆变用的IGBT是电压控制器件,驱动电流相当小,短时间内下降的幅度有限,同时,驱动电路对电压的要求也不十分严格,因此,对变频器工作的影响可以不予考虑。

瞬时停电再起动的功能参数设置见表4-5。

表4-5 瞬时停电再启动功能参数设置

变频器型号	功能码	功能名称	数据码
博世力士乐 CVF-G3 系列	H-4	停电再启动设置	“0”表示无效 “1”表示有效
	H-5	停电再启动等待时间	0.0 ~ 10.0s
富士 G11S 系列	F14	瞬时停电再启动 动作选择	“0”表示不动作(瞬停当时报警) “1”表示不动作(电源恢复时报警) “2”表示不动作(减速停止后报警) “3”表示电源恢复后继续运行 “4”表示电源恢复后按停电时频率升速 “5”表示电源恢复后按启动频率升速
德力西 CDI9000	02-11	瞬时停电再启动选择	“0”表示不启动 “1”表示电压恢复后重启动运行
	02-12	允许停电的最大时间	0.0 ~ 60.0s
海利普 HOLIP-A	CD145	瞬停再启动选择	“0”表示无效 “1”表示频率跟踪
	CD146	允许停电时间	0.1 ~ 5.0s

四、什么是变频器故障跳闸后的再启动(重合闸)功能?

变频器的保护功能十分齐全,单片机的运算速度也很快,能够实现可靠保护。但保护灵敏度的提高,又容易使变频器受到外界干扰,存在着误动作的可能。因此,变频器因故障跳闸后,可以自动重新合

闸一次或多次，从而避免不必要的停机。该功能的主要作用有二：一是当拖动系统因误动作而跳闸时，通过重合闸功能迅速恢复开机，减少停机带来的不良后果；二是防止电网的不重复电冲击导致的跳闸。例如电源变压器功率因数补偿柜电容器投入的瞬间，电压波形将发生畸变，出现尖峰电压，如图 4-11 所示。对于这样的过电压，如果变频器跳闸，可以重合闸。

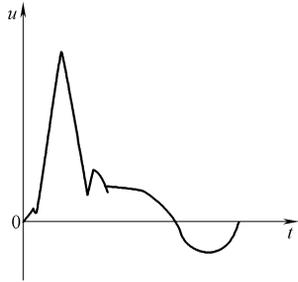


图 4-11 畸变的波形

变频器可以通过预置功能参数，设置故障自恢复（重合闸）次数以及故障自恢复间隔时间。

五、55kW 的风机采用变频调速后，最大工作频率在 45Hz 以下，能否采用 45kW 的变频器？

风机与水泵一样，都是二次方率负载，在损失功率忽略不计时，风机的功率与转速的三次方成正比。当风机以 45Hz 频率运转时，其转速与额定转速之比为 $45/50 = 0.9$ ，风机消耗的功率为 $0.9^3 \times 55 = 40.095\text{kW}$ 。考虑到电动机的损失功率，采用 45kW 变频器可能在允许的临界点上，因此，应在运行之初测量电动机 45Hz 时的实际电流。最终根据实际电流的大小以及变频器的额定电流来作出决策。

六、电动机能否在变频调速和工频定速之间切换运行？

答案是肯定的，可以。不过这里讨论的仅仅是变频器故障时切换为工频运行的情况。

有些生产机械在运行过程中是不允许停机的，如中央空调的冷却水泵，锅炉的鼓风机等。这些机械设备在变频运行过程中，一旦变频器因故障而跳闸，必须能够自动地切换为工频运行，同时进行声光报警。切换的主电路如图 4-12 所示。图中 KM1 用于将电源接到变频器输入端；KM2 用于将变频器的输出端接至电动机；KM3 用于将工频电源接至电动机。因为工频运行时变频器不能对电动机进行过载保护，所以必须使用热继电器对工频运行的电动机进行保护。

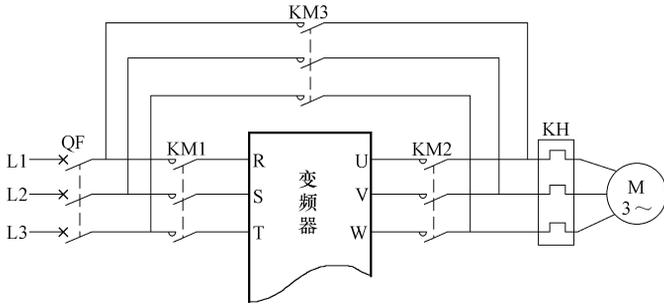


图 4-12 变频运行与工频运行的切换电路

电动机在变频运行中如果因变频器故障跳闸，需要切换至工频运行，控制电路应首先使接触器 KM1 和 KM2 释放，将电动机与变频器断开；经适当延时后合上 KM3，这样电动机即与工频电源连接并开始工频运行。接触器 KM2 和 KM3 绝对不允许同时接通，两者之间除了使用电气闭锁外，最好同时采用机械闭锁。这种切换应该是自动进行的。

第五节 变频器在恒压供水中的应用

一、离心式水泵是否属于二次方率负载？其特点是什么？

供水系统中普遍使用的离心式水泵确实属于二次方率负载，它是以获得一定的液体流量为运行目的的。其转矩特点是，在忽略空载转矩的情况下，负载转矩与转速的二次方成正比。其功率特点是，在忽略空载功率的情况下，负载功率与转速的三次方成正比。由于离心式水泵的上述特点，使得供水系统中的变频调速应用获得了非常明显的节电效益。

二、单台水泵的变频调速恒压供水系统是如何工作的？

实现单台水泵的变频调速恒压供水有一个前提，就是水泵电动机以额定转速运行（工频 50Hz 运行）时提供的水量，能够满足该供水系统的最大用水需求，否则应该选用出水量更大的水泵，或采用多泵供水方案。

单泵恒压供水系统示意图如图 4-13 所示。采用 PID 控制的闭环控制模式。水泵电动机 M 由变频器供电；SP 是压力变送器，它与变频器之间使用一条三芯屏蔽线连接，其中红线和黑线由变频器向 SP 提供 24V 工作电源，绿线和黑线向变频器传送压力变送信号，即 PID 反馈信号 X_F ，送到变频器的 VPF 端；而恒压供水的目标信号 X_T 则由电位器 RP 调整设定后送到变频器的 VRF 端。

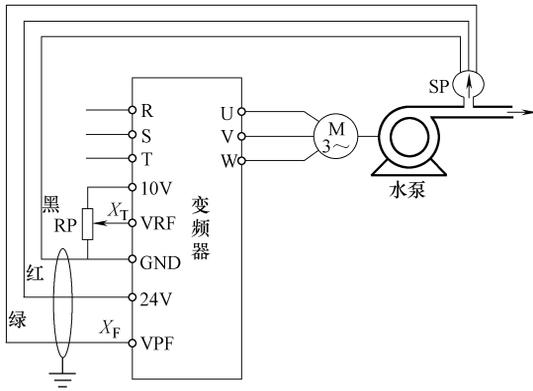


图 4-13 单泵恒压供水系统

起动运行后，如果用水量逐渐增大，则水泵出水压力就有所降低，压力变送器 SP 输出信号减小，即变频器输入的反馈信号 X_F 减小，在变频器的 PID 控制作用下，变频器输出频率升高，电动机转速加快，水泵出水量增加，迅速使出水压力恢复到目标信号给定的水平上。运行中如果用水量有所减少，出水压力升高，通过与上相反的控制过程，同样可以使出水压力得以稳定，实现恒压供水的目标。

三、单泵恒压供水系统中用水量与 PID 调节量之间的关系如何？

这里以图示的方法介绍两者之间的关系，如图 4-14 所示。在时间 $0 \sim t_1$ 阶段，供水系统用水量 Q 持续稳定，供水压力稳定，反馈信号 X_F 没有变化，PID 控制信号为 0，水泵电动机以既有速度运转。在时间 $t_1 \sim t_2$ 阶段，用水量 Q 上升，压力下降，反馈信号 X_F 减小，PID 控制电路迅速作出反应，输出一个正向的 PID 控制信号（见图 4-14c），使变频器输出频率 f_x 增高，水泵出水量增大，维持了水压的稳定。由图 4-14 可见，在 $t_1 \sim t_2$ 时间段，流量有较大的变化（见

图 4-14a)，而供水压力变化却很小（见图 4-14b），这就是所谓恒压供水控制效果。用水量变化时供水压力的变化量能不能控制为零呢？答案是否定的。因为压力变化量如果为零，则图 4-14b 中的反馈信号的变化量以及图 4-14c 中的 PID 控制信号也将为零，这样变频器输出频率也就不能调节变化，导致用水量变化时供水压力的相应波动，显然这不是我们所期望的。一个性能优异的 PID 闭环控制系统，其被控物理量的变化越小越好。

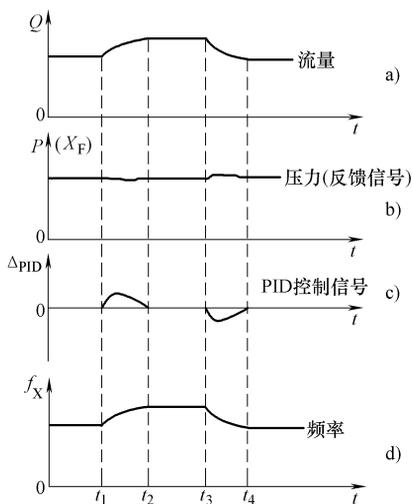


图 4-14 PID 调节示意图

在 $t_2 \sim t_3$ 时间段，用水量 Q 不再增加，压力 P 也已经恢复到目标值，PID 的调节信号为零，变频器输出频率 f_x 停止变化。在 $t_3 \sim t_4$ 时间段，用水量 Q 减少，压力 P 有所增加（见图 4-14b），PID 产生负的调节信号（见图 4-14c），变频器输出频率 f_x 下降（见图 4-14d），同样保持了供水压力的稳定。

四、多台水泵变频调速恒压供水系统是如何工作的？

当供水系统消耗水量较大，单台水泵以最高转速运行仍不足以维持供水压力时，应当采用多泵变频供水系统。多泵系统的方案很多，其中一台变频器配合三台水泵运行方案的主电路如图 4-15 所示。仍然采用 PID 控制的闭环控制模式。

由于在不同时间、不同季节，用水量的变化是很大的，因此，在多泵供水系统中应本着多用多开、少用少开的原则，既满足系统对供水压力的需求，又尽可能地节约能源。

运行中首先让 1 号泵运行在变频调速状态，如果用水量增大，1 号泵已经运行在上限频率，并在此上限频率持续运行了一定时间，可以确认系统用水量已经增大，这时将 1 号泵切换为工频运行，同时，变

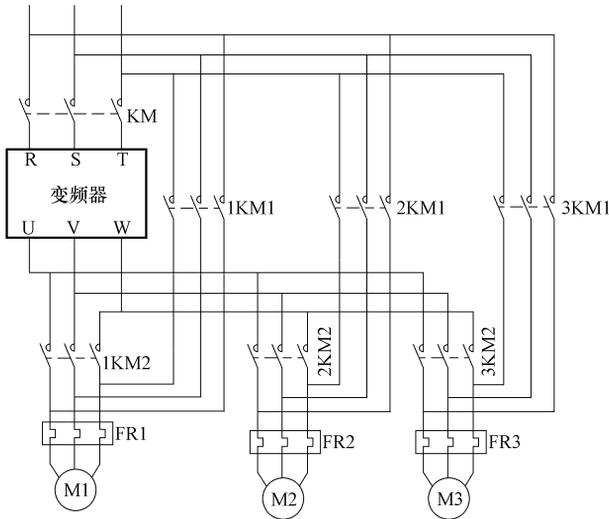


图 4-15 多泵恒压供水电路

变频器的输出频率迅速降为 0Hz，然后将 2 号泵投入变频运行。当 2 号泵也达到上限运行频率，而水压仍不足时，将 2 号泵切换为工频运行，3 号泵投入变频运行。当 3 号泵运行在上限频率时，供水系统的供水能力达到极限，系统的用水量应该在工程设计阶段事先经过测算小于该极限值，否则应该增加水泵数量。

以上讨论的是加泵过程，如果用水量减少，变频泵经过 PID 控制运行频率已经降至下限频率，而供水管网压力依然偏高时，则各泵应依次退出运行。这里介绍一种先开先停、后开后停的循环运行方式，即首先将 1 号泵从工频运行状态直接停机，之后系统根据管网压力，自动确定一台工频运行、一台变频运行，或者仅使用一台变频运行。这种控制方式通常用于各台水泵容量相等的供水系统中，优点是各台水泵运行时间比较均衡。

图 4-15 中，接触器 KM 用于将电源接至变频器；1KM1、2KM1 和 3KM1 用于将水泵电动机 M1、M2 和 M3 接至工频电源；1KM2、2KM2 和 3KM2 用于将水泵电动机 M1、M2 和 M3 接至变频器。

接触器 1KM1 和 1KM2、2KM1 和 2KM2、3KM1 和 3KM2 绝对不

允许同时接通，否则将使工频电源与变频器的输出端相连接，使变频器的逆变桥迅速损坏。所以必须可靠互锁，最好选用具有机械连锁的接触器。

因为水泵电动机有可能工频运行，变频器不能对其进行保护，所以应使用热继电器 FR1、FR2 和 FR3 进行过载保护。

五、多泵变频恒压供水系统的二次控制电路如何接线？

现以森兰 SB12 系列风机、水泵专用型变频器为例，介绍多泵变频恒压供水系统的二次接线，如图 4-16 所示。图中 J2 是变频器与继电器扩展板相互连接的接口，其间用 16 线专用电缆连接。接触器 1KM1 和 1KM2、2KM1 和 2KM2、3KM1 和 3KM2 的互锁以及控制驱动，均由扩展板内部电路来完成。变频器在多泵变频恒压供水系统应用时的参数设置见表 4-6，参数设置完成后，系统就能自动实现恒压供水了。

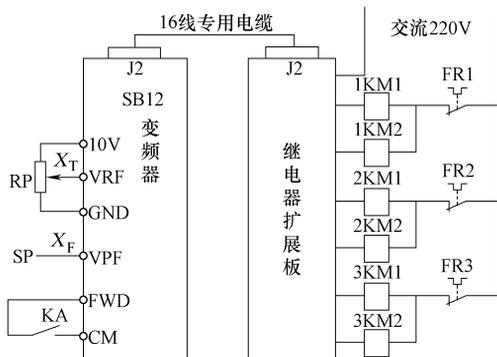


图 4-16 多泵恒压供水的二次电路

表 4-6 森兰 SB12 变频器多泵恒压供水功能参数设定

功能码	功能名称	设定值
F53	电动机台数	“2”表示一拖三模式
F54	预置起动顺序	“0”表示 1KM 控制的电动机首先起动
F55	附属小泵控制方式	“0”表示无附属小泵
F56	换机间隙时间	0.1s
F57	切换频率上限	50Hz
F58	切换频率下限	20Hz

六、变频恒压供水的休眠与唤醒是怎么回事？

在生活供水系统中，夜间的用水量往往很少，如果容量较大的水泵继续处于运行状态，势必造成能源的浪费。为了节约能源，通常在用水量较少时让主泵暂停运行而进入休眠状态，起动容量较小的辅助小泵来维持管网中的压力。当用水量增加时，再将主泵唤醒投入运行。下面用两个实例给以介绍。

1. 艾默生 TD2100 系列变频器

该变频器可以在一天 24 小时中设置一个休眠时间区间 t_s ，在休眠区间里，主泵停机休眠，起动辅助小泵运行。辅助小泵只要将管网压力保持在休眠压力就可以了，同时，设置一个休眠压力的允许偏差。这里所说的休眠压力不是正常供水时段由给定目标值设置的压力，而是前者小于后者。由给定目标值设置的压力为 P_C ，休眠压力设定值为 P_S ，休眠压力的允许偏差在 P_{SH} 和 P_{SL} 之间，如图 4-17 所示。

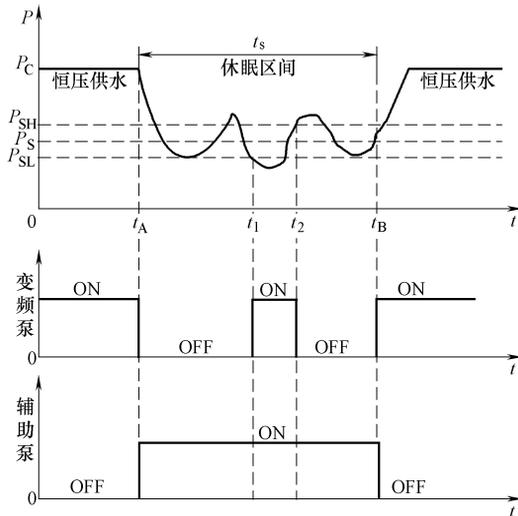


图 4-17 变频恒压供水的休眠与唤醒

在休眠时间区间内，如果管网压力低于休眠压力的下限值 P_{SL} ，则主泵被唤醒，这时主泵与辅助小泵同时运行，直至管网压力恢复到

高于休眠压力的上限值时，主泵再次休眠，见图 4-17 中的 $t_1 \sim t_2$ 时间段。

为了实现上述功能，应对相关参数进行设置如下：

- 1) 功能码 F49 预置休眠区间的开始时间，数据码范围是 00:00 ~ 23:59；
- 2) 功能码 F50 预置休眠区间的结束时间，数据码范围是 00:00 ~ 23:59；
- 3) 功能码 F51 预置休眠压力，数据码范围是 0.000 ~ 9.999 MPa；
- 4) 功能码 F52 预置休眠压力的容许偏差，数据码范围是 0.0 ~ 20.0%，是以休眠压力 P_S （F51 的预置压力）为基准，允许上下偏差范围的百分数。

2. ABB ACS800 系列变频器

该变频器采用 PID 调节功能实现恒压供水，当用水量很小时，变频器的输出频率会相应下降，频率降至某一极限频率并持续一定时间后时，主泵停机进入休眠状态。相关功能参数设置如下：

功能码 81.06 预置睡眠延迟时间（确认时间），数据码范围是 0.0 ~ 3600.0s；

功能码 81.07 预置睡眠前的极限频率，数据码范围是 0.0 ~ 120.0Hz；

功能码 81.08 预置管网压力的下限值，用目标压力的百分数表示，数据码范围是 0.0 ~ 100.0%。

如果主泵的运行频率已经下降到极限频率 f_{SL} （功能码 81.07 预置的频率），但其持续时间小于功能码 81.06 预置的延迟确认时间 t_d ，变频器可以不予理会；而当低于极限频率 f_{SL} 的时间大于确认时间 t_d 时，变频器使主泵暂停运行进入睡眠状态，同时起动辅助小泵，使管网维持必要的压力。这种变频器的独特之处是辅助小泵也能进行变频调速。

主泵休眠后，如果由于用水量增加而使管网压力低于下限值 P_L （功能码 81.08 预置）时，主泵将被重新唤醒。

由以上分析可知，主泵进入休眠状态的判断条件是运行频率低于极限频率 f_{SL} 并持续了确认时间 t_d ；而唤醒条件是管网压力低于下限值 P_L ，从图 4-18 可见，在主泵休眠期间，管网压力可能会有稍许变

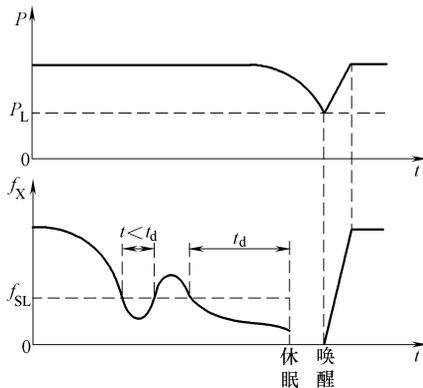


图 4-18 ACS800 系列变频器的休眠与唤醒

化，但只要功能码 81.08 预置得当，对用户用水不会产生影响。当然这也是获得最佳用水压力和节约电能相互妥协的结果。

七、变频器能否进行供水定时控制？

可以。有两种控制方式。一是将一天分成若干个时段，根据每个时段用水量大小的不同，提供不同的供水压力。二是根据节假日、周六周日用水量的不同变化，分别设置不同日期、不同时段供水压力。下面以艾默生 TD2100 系列变频器为例，介绍第一种控制方式的应用。

艾默生变频器最多可以将一天设定为 6 个时段，每个时段的供水压力各不相同，用水量小时，供水压力也大些；用水量小时，供水压力也小些。图 4-19 所示为用水量（流量）变化曲线和设定的压力变化曲线。变频器相关功能参数设置介绍如下。

- 功能码 F53 预置供水定时控制是否有效，设为 1 选择有效；
- 功能码 F54 预置 t_1 时刻，设定范围为 0 ~ 23 时 0 ~ 59 分；
- 功能码 F55 预置 0 ~ t_1 时刻的时间段内，压力的目标值 P_{T1} ；
- 功能码 F56 预置 t_2 时刻，设定范围为 0 ~ 23 时 0 ~ 59 分；
- 功能码 F57 预置 $t_1 \sim t_2$ 时刻的时间段内，压力的目标值 P_{T2} ；
- 功能码 F58 预置 t_3 时刻，设定范围为 0 ~ 23 时 0 ~ 59 分；
- 功能码 F59 预置 $t_2 \sim t_3$ 时刻的时间段内，压力的目标值 P_{T3} ；

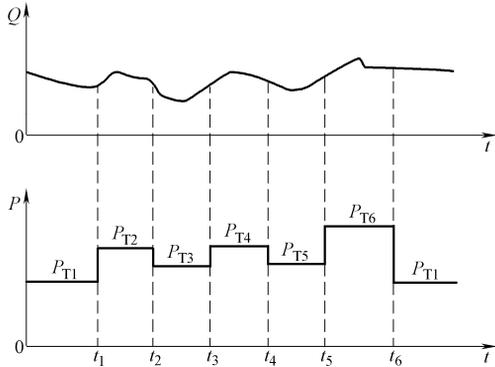


图 4-19 各时段设置不同的供水压力

功能码 F60 预置 t_4 时刻，设定范围为 0 ~ 23 时 0 ~ 59 分；
 功能码 F61 预置 $t_3 \sim t_4$ 时刻的时间段内，压力的目标值 P_{T4} ；
 功能码 F62 预置 t_5 时刻，设定范围为 0 ~ 23 时 0 ~ 59 分；
 功能码 F63 预置 $t_4 \sim t_5$ 时刻的时间段内，压力的目标值 P_{T5} ；
 功能码 F64 预置 t_6 时刻，设定范围为 0 ~ 23 时 0 ~ 59 分；
 功能码 F65 预置 $t_5 \sim t_6$ 时刻的时间段内，压力的目标值 P_{T6} 。
 预置的各个时刻，必须满足：

$$t_1 \leq t_2 \leq t_3 \leq t_4 \leq t_5 \leq t_6$$

P_{T1} 、 P_{T2} 、 P_{T3} 、 P_{T4} 、 P_{T5} 、 P_{T6} 的设置范围都是 0.000 ~ 9.999 MPa。

第六节 综合应用知识

一、变频器接收到起动指令后电动机不转动，或一加负载就停机是何原因？如何处理？

变频器接收到起动指令后电动机不转动，原因可能是变频器的电源主电路没有接通，这时变频起动柜上的电源指示灯点亮，给人一种错觉。应重点检查给变频器供电的断路器、熔断器和接线端子等，发现缺陷给以处理。该故障也可能是二次控制电路未按说明书要求接线，应该认真检查并给以纠正。

电动机能空载运行，但一加上负载就停机，这种故障是电源断相

造成的，例如有一只熔断器熔断所致。变频器的输入断相时，整流桥仍然有直流电压输出，电动机空载时，变频器的逆变部分可以工作，电动机可以旋转；但带上负载后，逆变部分的工作电流明显增大，直流电压迅速下降，变频器因欠电压而保护停机。这种故障只要更换熔断器解决电源断相就可以了。

二、变频器的模拟给定信号，电压范围是 1 ~ 5V，电流范围是 4 ~ 20mA，为什么不从 0 开始？

这样安排是为了方便判断给定信号是否缺失。

如果给定信号从 0 开始，我们测量给定信号为 0V 或 0mA 时，将不能判断当前信号确实为 0，还是信号回路出现故障导致信号缺失。

如果给定信号从 1V 或 4mA 开始，我们测量给定信号为 0V 或 0mA 时，就能准确判断信号回路已经出现故障，应该及时解决处理。

三、什么是变频器的频率给定线和基本频率给定线？

变频器由外接模拟量信号给定频率时，其未经补偿的输出频率（给定频率） f_x 与对应的给定信号 X 之间的关系曲线，称作频率给定线。这里的给定信号，可以是电压信号，也可以是电流信号。

如图 4-20 所示，当给定信号 X 从 0 增大至最大值 X_{\max} 的过程中，给定频率 f_x 线性地从 0 增大到最大频率 f_{\max} 的频率给定线称作基本频率给定线。其起点为 $(X=0, f_x=0)$ ；终点为 $(X=X_{\max}, f_x=f_{\max})$ 。

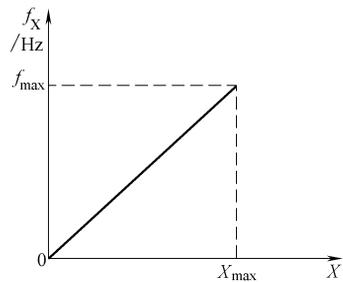


图 4-20 基本频率给定线

四、什么是变频器的偏置频率和频率增益？作用如何？

部分变频器把与给定信号为 0 时的对应频率称为偏置频率，用 f_{BI} 表示，如图 4-21 所示。由图可见，给定信号 X 为 0 时，变频器的频率并不为 0，这与图 4-20 中基本频率给定线的情形是不同的。

偏置频率可以直接用频率值表示，也可以用偏置频率与最大频率比值的百分数表示。

频率增益可参见图 4-22，当给定信号为最大值 X_{\max} (10V) 时，变频器的最大给定频率与实际最大输出频率之比的百分数，用 $G\%$

表示:

$$G\% = \frac{f_{XM}}{f_{\max}} \times 100\%$$

式中 $G\%$ —— 频率增益;

f_{\max} —— 变频器预置的最大频率, 单位是 Hz;

f_{XM} —— 虚拟的最大给定频率, 单位是 Hz。

在这里, 当 $G\% < 100\%$ 时, 变频器实际输出的最大频率等于 f_{XM} , 如图 4-22 中的曲线②所示。当 $G\% > 100\%$ 时, 变频器实际输出的最大频率只能与 $G\% = 100\%$ 时相等, 如图 4-22 中的曲线③所示。

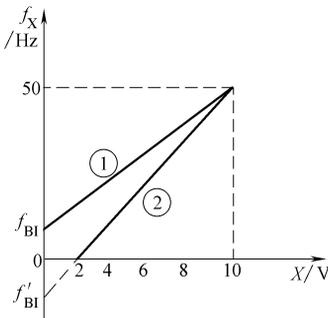


图 4-21 偏置频率示意图

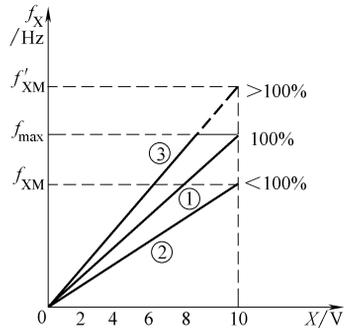


图 4-22 频率增益示意图

在生产实践中, 有时生产机械要求的最低频率和最高频率与基本频率给定线并不一致, 所以需要调整频率给定线, 使之符合生产实际的要求。所谓调整频率给定线, 实际上就是调整频率给定线的起点和终点。偏置频率可以用来调整频率给定线的起点, 而频率增益可以用来调整频率给定线的终点。

表 4-7 是几种变频器偏置频率和频率增益功能码举例。

表 4-7 几种变频器偏置频率和频率增益功能码举例

变频器型号	功能码	功能名称	数据码	说明
德力西 CD19100	P00.04	最高频率	50.0 ~ 400.0Hz	参考图 4-20 ~ 图 4-22
	P01.14	偏置频率	-50.0 ~ +50.0Hz	
	P01.15	频率设定增益	1 ~ 200%	

(续)

变频器型号	功能码	功能名称	数据码	说 明	
富士 G11S 系列	F03	最高输出频率	50 ~ 400Hz	参考图 4-20 ~ 图 4-22	
	F17	频率设定信号增益	0.0 ~ 200.0%		
	F18	频率偏置	-400.0 ~ 400.0Hz		
海利普 HOLIP-A	CD066	模拟量低端频率	0.00 ~ 400.00Hz		
	CD067	低端频率偏置方向	“0”表示不能为负 “1”表示可以为负		
	CD068	模拟量高端频率	0.00 ~ 400.00Hz		
	CD069	高端频率偏置方向	“0”表示不能为负 “1”表示可以为负		
格立特 VF-10	F22	偏置频率	0.00 ~ 400.00Hz	参考图 4-20 ~ 图 4-22	
	F23	频率设定信号增益	0 ~ 200.0%		
森兰 SB12	F18	频率增益	50 ~ 200%		
	F19	偏置频率	0.00 ~ 120.00Hz		
	F20	偏置极性	“0”表示正偏 “1”表示负偏		
松下 VF0	P55	选择偏置/增益功能	“0”表示无偏置/增益功能 “1”表示有偏置/增益功能		
	P56	设定偏置频率	-99 ~ 250Hz		模拟给定最小值 时的输出频率
	P57	设定增益频率	0.5 ~ 250Hz		模拟给定最大值时 的输出频率

五、某控制器的输出信号为 2 ~ 8V，要求变频器的对应频率是 0 ~ 50Hz，如何处理？

下面以选用富士 G11S 系列变频器为例，介绍相关参数的设置方法。

功能码 F01 “频率设定” 预置为 “1”，确定输出频率由 0 ~ +10V 的电压信号调整；

功能码 F03 “最高输出频率” 预置为 50Hz。

以上两个参数的设置确定了基本频率给定线如图 4-23 中的曲线②。

根据问题的要求，当给定信号 $X = 2V$ 时，频率 $f_X = 0Hz$ ，如图 4-23 中的 A 点；当给定信号 $X = 8V$ 时，频率 $f_X = 50Hz$ ，如图 4-23 中

的 B 点。直线 AB 就是所需的频率给定线。要想设置这条频率给定线，可以使用偏置频率和频率增益的功能。

给定信号 $X=0$ 时的对应频率称为偏置频率，用 f_{BI} 表示，在图 4-23 中，直线 BA 延长与纵轴相交于 D 点，则 D 点对应的频率便是偏置频率，经过计算得出： $f_{BI} = -16.7\text{Hz}$ ，将富士 G11S 系列变频器的功能码 F18 “偏置频率” 预置为 -16.7Hz 。

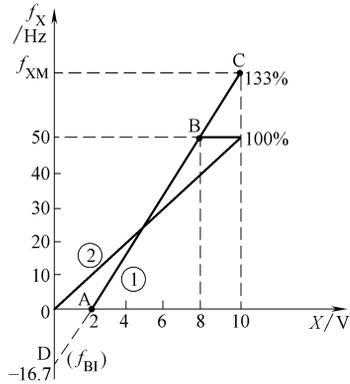


图 4-23 偏置频率与频率增益的应用

将参数 F01 设定的最大给定信号（+10V）对应的频率定义为最大给定频率，即图 4-23 中 C 点对应的频率 f_{XM} ，则最大给定频率与最高频率之比定义的频率增益，经过计算为 133%。将富士 G11S 系列变频器的功能码 F17 “频率增益” 预置为 133%。

经过以上相关参数的设置，就能满足问题提出的控制要求了。

六、有一用户要求，当模拟量电流给定信号为 4~20mA 时，变频器输出频率为 50~0Hz，如何设置参数？

根据用户要求，作出频率给定线如图 4-24 所示。

1) 选用富士 G11S 变频器。将功能码 F01 “频率设定” 预置为 2，则频率给定信号范围为 4~20mA。

将功能码 F17 “频率设定信号增益” 预置为 0，使给定信号为 20mA 时对应的频率为 0Hz。

将功能码 F18 “频率偏置” 预置为 62.5Hz，则 0mA 时的偏置频率 f_{BI} 为 62.5Hz，4mA 时对应频率就是 50Hz。

2) 选用博世力士乐 CVF-G3 系列变频器。

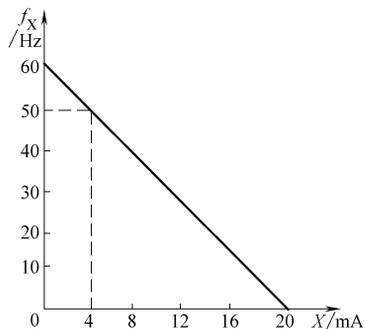


图 4-24 需求的频率给定线

将功能码 b-1 “频率输入通道选择” 预置为 4，则给定信号从端子 II 输入，电流信号输入范围为 0 ~ 20mA。

将功能码 L-43 “最小模拟输入电流” 预置为 4mA，把功能码 b-1 确定的电流输入范围修改为 4 ~ 20mA。

将功能码 L-49 “输入下限对应设定频率” 预置为 50，则与 4mA 输入对应的频率为 50Hz。

将功能码 L-50 “输入上限对应设定频率” 预置为 0，则与 20mA 输入对应的频率为 0Hz。

以上设定可见，博世力士乐 CVF-G3 变频器采用直接设定输入给定信号上下限对应的频率来确定频率给定线，与富士 G11S 变频器采用频率偏置、频率增益功能码设定频率给定线的方法有所不同，但它们具有异曲同工之效，都能满足用户的运行需求。

七、各种变频器说明书中有很多与频率有关的概念与术语，它们的定义是什么？

基本频率：与变频器的最大输出电压对应的频率称为基本频率。在大多数情况下，基本频率等于电动机的额定频率。

基底频率：同基本频率，松下 VFO 变频器使用该术语。

上限频率：变频器允许运行的最高频率。

下限频率：变频器允许运行的最低频率。变频器的下限频率仅在运行时有效，在起动与停机过程中不影响起动频率和停止频率的效力。

频率限制：上限频率与下限频率统称为受限制的频率。

切换频率上限/切换频率下限：在变频器一拖多应用时，例如多泵恒压供水的一泵变频运行、其余工频运行系统中，当变频泵运行频率达到或接近工频时，将该泵切换为工频运行，并起动另一台泵进入变频运行状态，这个所谓“接近工频”的频点（可设置）称为切换频率上限。当变频泵运行到一个较低频点时，停止一台工频电机，这个所谓的“较低频点”（可设置）称为切换频率下限。

点动频率：变频器在点动状态下的工作频率称为点动频率。生产机械在调试过程中常常需要点动操作。点动频率一般较低，例如森兰 BT40 变频器的点动频率出厂值设定为 5.00Hz。

载波频率：变频器的输出电压是一系列脉冲，这个脉冲序列的频率就是载波频率。变频器输出电压的高低，输出电流的大小，与脉冲的占空比相关。

频率给定线：变频器由外接模拟量进行频率给定时，其给定信号与对应的给定频率之间的关系曲线称为频率给定线。这里的给定信号可以是电压信号，例如 1 ~ 5V，0 ~ 10V；也可以是电流信号，例如 4 ~ 20mA。

基本频率给定线：在给定信号从 0 增大至最大值的过程中，给定频率线性地从 0 增大到最大频率的频率给定线称为基本频率给定线。基本频率给定线是一条直线。

最高频率：在数字量给定（包括键盘给定、外接升速/降速给定、外接多档转速给定等）时，变频器允许输出的最大频率。在模拟量给定时，是与最大给定信号对应的频率。

最大输出频率：同最高频率。

输出频率：变频器施加到电动机上的电源频率。

回避频率：禁止变频器运行的频率点，一般变频器的回避频率不止一个，通常有 2 ~ 3 个回避频率点。

回避频率宽度：禁止变频器运行的频率范围，该范围以回避频率点为中心，上下有相等的频率幅度，上下两个频率幅度之和，就是回避频率宽度。当多个回避频率的宽度范围相互重叠时，变频器将其确认为一个新的回避频率宽度执行回避。

跳跃频率：同回避频率。

跳跃频率宽度：同回避频率宽度。

频率到达/频率检测：变频器的频率检测有两种类型，一种是检测由给定信号设定的输出频率，当输出频率达到设定频率值时，由相应输出端给出一个动作信号。“频率到达”的检测功能属于这种检测类型。这种检测无须专用的参数码去设定检测频率，当运行频率由某参数码设定后，自动成为这种检测的阈值。另一种是检测任意设定的频率，由于该检测值可任意设定，所以有的变频器参数表中给出检测频率 1 和检测频率 2 共两个频率检测点。当输出频率达到或超过检测频率时，也由相应输出端给出一个动作信号。“频率检测”的检测功

能属于这种检测类型。

偏置频率：变频器外接的模拟量频率给定信号为 0 时的输出频率叫做偏置频率，用于调节频率给定线的起点。偏置频率可以大于 0，如图 4-25 中的曲线 1；也可以小于 0，如图 4-25 中的曲线 2。

频率增益：当变频器外接模拟频率给定信号为最大值（5V，10V，20mA）时，变频器的最大给定频率与实际最大输出频率（基本频率）之比的百分数，称作频率增益。如图 4-26 所示。当外接模拟频率给定信号最大值确定之后，频率增益用来调节频率给定线的终点。

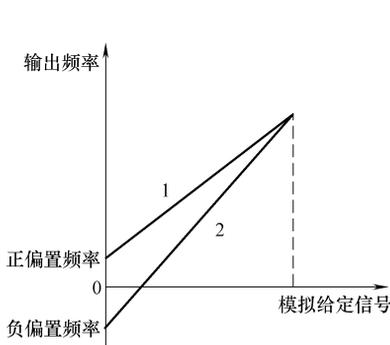


图 4-25 偏置频率图

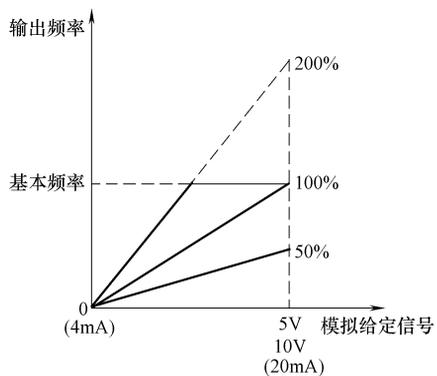


图 4-26 频率增益图

起动频率：起动时变频器开始有电压输出的频率称为起动频率。参见图 4-27。

起动频率保持时间：电动机起动时，以起动频率运行的时间为起

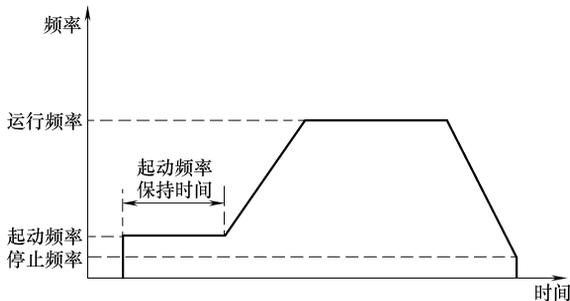


图 4-27 起动频率及保持时间示意图

动频率保持时间。根据需要可以设置为 0 或者一个适当时长。这个时间不包含在加速时间内。参见图 4-27。

停止频率：电动机在降频减速停机过程中，当降至某一频率点时，频率瞬间降低至 0，这个产生频率瞬变的频点称为停止频率。见图 4-27。应注意设置起动频率和停止频率的参数值时，起动频率应大于停止频率，否则电动机不能起动。

摆频运行：某些特殊生产机械，例如纺丝卷绕机械，要求变频器的输出频率能在一定范围内摆动，如图 4-28 所示，称作摆频运行，或称往复运行，三角波运行。可以通过功能参数的设置得到相应形状的摆频曲线。

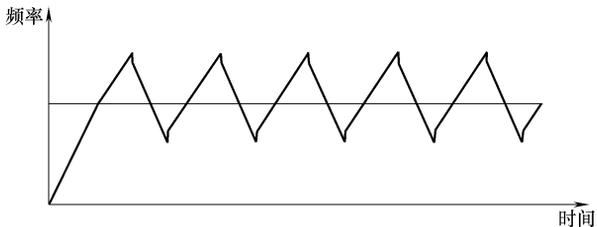


图 4-28 摆频运行图

休眠频率：受变频器驱动的电动机停止运行进入休眠状态的频率。变频器在恒压供水系统应用中，当变频器的输出频率达到或者小于休眠频率同时反馈回来的供水压力仍然高于变频器睡眠值，变频器持续运行一段确认时间后，电动机停机。

多步频率运行：由功能参数设置每一个时段的运行频率、运行时长、加减速时间等运行参数，并按照程序确定、或者多功能端子确定的时段排列顺序运行的工作模式，称作多步频率运行。

多段速运行：同多步频率运行。

八、各种变频器说明书中有很多与时间有关的概念与术语，它们的定义是什么？

加速时间：电动机起动时频率从 0Hz 加速到 50Hz 的时间称作加速时间。当起动的终止频率小于 50Hz 时，实际需要的加速时间会相应的缩短。

减速时间：电动机停机时频率从 50Hz 降低到 0Hz 的时间称作减速时间。当停机瞬间的运行频率小于 50Hz 时，实际需要的减速时间会相应的缩短。

起动直流制动时间：变频器在起动过程中，输出直流制动电压的持续时间。

停机直流制动时间：变频器在停机过程中，输出直流制动电压的持续时间。

正反转死区时间：变频器在运行中，接收到反向运行命令，由当前运转方向过渡到相反运转方向的过程中，变频器输出频率下降为 0 后的等待保持时间，如图 4-29 中的 T_0 时段所示。

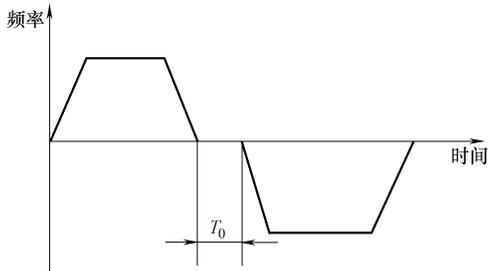


图 4-29 正反转死区时间

故障试恢复等待时间：运行中出现故障时，变频器停止输出，经过一段等待时间后，变频器自动复位故障并继续运行，这段时间就是故障试恢复等待时间。

寸动加速时间：点动运行时的加速时间。

寸动减速时间：点动运行时的减速时间。

加速时间 2/减速时间 2：按照程序确定、或者多功能端子的选择，用于多段速运行时的加减速时间。加速时间 3/减速时间 3 等与此定义类似。

瞬时停电再起动等待时间：瞬时停电后允许再起动的最短时间。在该时间内，电动机断电后的残留电压消失。

长时间加速：有的变频器，例如富士 G11S 系列变频器，可以对 60s 以上的加速过程自动延长加速时间。当该功能设置有效时，加速

时间自动延长为设定加速时间的3倍，目的是防止由于过电流使变频器内部温度上升而跳闸。

积分时间：PID三个闭环控制参数中的“I”。可以影响PID控制效果的大小。积分时间大，对反馈信号的响应迟缓，对外部扰动的控制能力变差；积分时间小，对反馈信号的响应速度快，但过小时将发生振荡。

微分时间：PID三个闭环控制参数中的“D”。微分时间大时，能使振荡较快衰减，但过大时反而引起振荡；微分时间小时，衰减作用减小。

加泵延时时间：在多泵恒压供水系统中，如果已经起动了主泵，则需延缓一段时间才能起动其他主泵，以保证供水系统压力的稳定，这里的延缓时间就是加泵延时时间。

减泵延时时间：在多泵恒压供水系统中，如果已经停运了某台主泵，则需延缓一段时间才能停运其他主泵，以保证供水系统压力的稳定，这里的延缓时间就是减泵延时时间。

休眠等待时间：在多泵恒压供水系统中，当变频器的输出频率达到或者小于休眠频率同时反馈压力高于变频器睡眠值，并持续运行一段确认时间后，电动机停机进入休眠状态。这里所谓持续运行的那一段确认时间就是休眠等待时间。

换机间隙时间：电动机由变频运行切换到工频运行的间隙时间称作换机间隙时间。

反馈采样周期：变频器摄取传感器反馈信号的时间周期。可以根据系统时间常数设定。

定时换机时间：变频器一拖多时，多台电动机轮流工作的时间。可以保证每台电动机具有大体相同的工作时间。例如变频器共拖动3台电动机，且3台电动机控制同一对象，定时换机时间为24h。当前实际运行1#、2#电动机，则当运行24h后，3#电动机起动，而1#和2#电动机中运行时间较长的电动机停运。显然，这种定时换机模式是有条件的，即系统允许有电动机轮换休息。

定时器：定时器的概念很直白，它在变频器中由外部端子触发，从接收到外部触发信号起开始计时，定时时间到后，在相应的OC端

输出一个宽度几百毫秒的有效脉冲信号。所谓“OC 端输出”就是集电极开路输出，这在电子技术中应用很多。恕不赘述。

转差频率补偿：从功能效果角度讲，转差频率补偿可以使变频器的输出频率随负荷的变化做适当的调整，以动态地补偿异步电动机的转差频率，从而将频率控制在定值。许多变频器具有这一功能，但小有差异，例如博世力士乐 CVF-G3 系列变频器出厂时将转差频率补偿设定为 0，没有转差频率补偿功能；如果用户将其设定为 100%，而变频器输出额定电流时，则实际输出频率 = 给定频率 + 2.50Hz。

电磁开关切换延迟时间：指电动机从工频到变频或从变频到工频切换时电磁开关动作的延迟时间。它可以防止由于电磁开关动作的延迟而使变频器的输出端与电源短路。

第五章 常用变频器功能参数

变频器的型号规格很多，每一种变频器都有很多功能参数，通常都有几十个至几百个之多。这些功能参数都是厂家自行命名定义的。还有大量的国外品牌变频器挤进国内市场。由于文化上的巨大差异，国外变频器的功能参数说明理解起来更加困难。本章通过介绍和解说几种常用的变频器功能参数，以期对变频器用户学习理解变频器的工作原理和功能参数设置方法提供帮助。当阅读一种变频器说明书中有关功能参数定义有困难时，可以找其他品牌变频器的相同或类似参数说明，进行对照参考，分析对比，举一反三，也许能取得事半功倍的学习效果。

变频器的功能参数在出厂时均有出厂值。这些出厂设定值可以满足一般应用需求。若有特殊需求，仅需对部分参数进行修改。这就大大提高了工作效率和设备运行的安全可靠性能。

本章介绍森兰、普传和富士等几个品牌变频器的功能参数。

第一节 森兰 SB12 系列变频器功能参数

一、森兰 SB12 系列变频器功能参数表

森兰变频器的功能参数介绍时，经常涉及变频器的基本接线以及变频器对外的接线端子。图 5-1 所示的森兰 SB12 系列变频器基本接线图可供学习功能参数内容时参考。

森兰 SB12 系列变频器功能参数见表 5-1。表中“更改”一栏中的“√”记号表示相关参数在变频器运行时可以更改，“×”记号为变频器运行时不可更改。

二、森兰 SB12 系列变频器功能参数说明

表 5-1 中介绍的功能参数，有的含义比较模糊，下面对其给以说明。

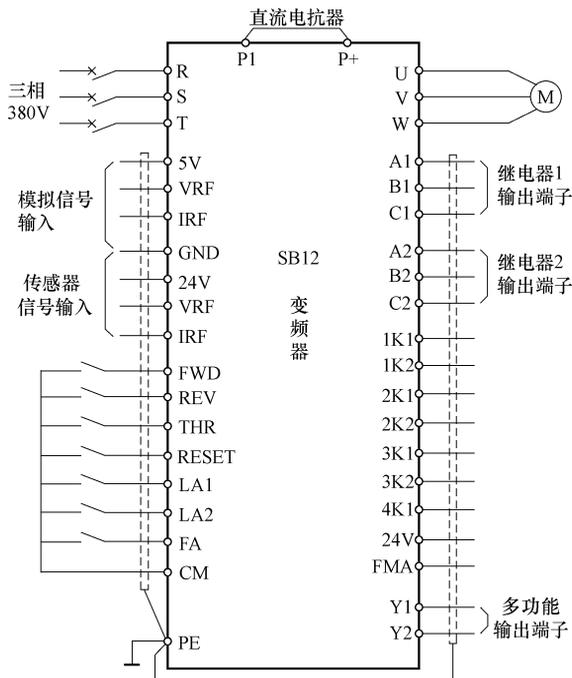


图 5-1 森兰 SB12 系列变频器基本接线图

表 5-1 森兰 SB12 系列变频器功能参数表

参数码	参数名称	设定范围	更改	出厂值
F00	频率给定	0.10 ~ 120.0Hz	√	50.00
F01	频率给定方式	0: 频率由 F00 或面板 \wedge 、 \vee 键设定 1: 频率由面板电位器设定 2: 频率由外控 VRF 端子设定 3: 频率由外控 IRF 设定	×	0
F02	运转指令来源	0: 触摸面板控制 1: 外控 FWD、REV 控制, STOP 键有效 2: 外控 FWD、REV 控制, STOP 键无效	×	0
F03	电动机停车方式选择	0: 以减速刹车方式停止 1: 以自由制动方式停止	√	0
F04	最大频率	50.00 ~ 120.0Hz	×	50.00
F05	基本频率	10.00 ~ 120.0Hz	×	50.00

(续)

参数码	参数名称	设定范围	更改	出厂值
F06	最高输出电压	220 ~ 380V	×	380
F07	转矩提升	0 ~ 50 0 自动提升	×	10
F08	加速时间	0.1 ~ 3600s	√	20.0
F09	减速时间	0.1 ~ 3600s	√	20.0
F10	电动机过载保护	0:均不动作 1:电动机过载保护不动作,过载预报动作 2:均动作	√	0
F11	电动机过载保护值	25 ~ 105	√	100
F12	上限频率	0.50 ~ 120.0Hz	√	60.00
F13	下限频率	0.10 ~ 120.0Hz	√	0.50
F14	回避频率 1	0.00 ~ 120.0Hz	√	0.00
F15	回避频率 2	0.00 ~ 120.0Hz	√	0.00
F16	回避频率 3	0.00 ~ 120.0Hz	√	0.00
F17	回避频率宽度	0.00 ~ 10.00Hz	√	0.50
F18	频率增益	50% ~ 200%	√	100
F19	偏置频率	0.00 ~ 120.0Hz	√	0.00
F20	偏置极性	0:正偏 1:负偏	√	0
F21	起动频率	0.10 ~ 50.00Hz	√	1.00
F22	起动频率时间	0.0 ~ 20.0s	√	0.5
F23	滤波时间常数	0 ~ 100	√	0
F24	载波频率设定	0 ~ 7	×	2
F25	电流显示校正	0.1 ~ 520.0A	√	30.0
F26	LED 显示选择	0 ~ 5	√	0
F27	转向锁定	0:正反转均可 1:正转有效 2:反转有效	×	0
F28	FMA 功能	0:频率 1:电流 2:负载率	√	0

(续)

参数码	参数名称	设定范围	更改	出厂值
F29	FMA 电平	50% ~ 200%	√	100
F30	频率到达宽度	0.00 ~ 10.00Hz	√	1.00
F31	检出频率 1	0.00 ~ 120.00Hz	√	40.00
F32	检出频率 1 宽度	0.00 ~ 10.00Hz	√	1.00
F33	Y1 输出功能	0:运行中 1:停止中 2:频率到达 3:检出频率 1 到达 4:过载报警 5:外部报警 6:面板操作 7:附属电动机睡眠运行中	×	0
F34	Y2 输出功能	8:压力上限报警输出 9:压力下限报警输出 10:检出频率 2 到达	×	1
F35	自动复位次数	0 ~ 7	×	0
F36	自动复位时间	1.0 ~ 20.0s	×	5.0
F37	自动稳压 AVR	0:禁止自动稳压功能 1:允许自动稳压功能	×	0
F38	数据初始化	0:禁止数据初始化 1:容许数据初始化	×	0
F39	数据锁定	0:禁止数据锁定 1:容许数据锁定	√	0
F40	电动机极数	2,4,6,8,10,12	×	4
F41	速度显示系数	0.01 ~ 10.00	√	1.00
F42	加泵延时时间	0 ~ 60.0s	√	0.0
F43	减泵延时时间	0 ~ 60.0s	√	0.0
F44	控制对象	0:通用变频器 1:水位 2:压力	×	0
F45	负载选择	0:恒转矩负载 1:递减转矩负载	×	0

(续)

参数码	参数名称	设定范围	更改	出厂值
F46	保留参数			
F47	目标给定方式	0:触摸面板控制 1:外控 VRF 端子设定 2:外控 IRF 端子设定	×	0
F48	目标给定值	0.1% ~ 100.0%	√	50.0
F49	消防设定值	0.1 ~ 100.0	√	100.0
F50	反馈方式	0:模拟电压 0 ~ 5V(0 ~ 10V) 1:模拟电流 0 ~ 20mA 2:模拟电压 1 ~ 5V(2 ~ 10V) 3:模拟电流 4 ~ 20 mA	×	3
F51	反馈极性	0:正极性 1:负极性	×	0
F52	反馈增益	25% ~ 200%	√	100
F53	电动机台数	0:一拖一模式 1:一拖二模式 2:一拖三模式 3:一拖二模式,0#电动机变频运行 4:一拖三模式,0#电动机变频运行 5:一拖四模式,0#电动机变频运行	×	0
F54	休眠频率	10.00 ~ 100.00Hz	√	40.00
F55	休眠等待时间	3.0 ~ 180.0s	√	30.0
F56	换机间隙时间	0.1 ~ 5.0s	×	0.5
F57	切换频率上限	0.50 ~ 120.0Hz	√	50.00
F58	切换频率下限	0.10 ~ 120.0Hz	√	10.00
F59	附属电动机	0:无附属电动机 1:附属电动机变频运行	×	0
F60	比例常数	1 ~ 8000	√	1000
F61	积分时间	1.0 ~ 500.0s	√	5.0
F62	反馈采样周期	0.1 ~ 100.0s	√	5.0
F63	偏差范围	0.1 ~ 100.0	√	0.2
F64	报警上限	100% ~ 150%	√	120

(续)

参数码	参数名称	设定范围	更改	出厂值
F65	报警下限	10% ~ 150%	√	40
F66	睡眠值	20% ~ 150%	√	110
F67	苏醒值	10% ~ 120%	√	50
F68	定时换机时间	0 ~ 1000h	√	0
F69	定时开机时间	0.0 ~ 24.0h	√	0.0
F70	定时关机时间	0.0 ~ 24.0h	√	0.0
F71	故障记录 1	corr:无故障记录	×	corr
F72	故障记录 2	OL:过载	×	corr
F73	故障记录 3	OH:过热 OU:过电压 FL:模块故障	×	corr
F74	故障记录清除	0:禁止清除故障记录 1:允许清除故障记录	√	0
F75	故障停机方式	0:变频及工频运转电动机均停止 1:变频运转电动机停止,工频运转电动机继续运转	√	0
F76	下限停机选择	0:停机 1:不停机,以切换频率下限运行	√	0
F77	FMA 偏置量	0 ~ 100	√	0
F78	继电器 1 输出功能	0:运行中 1:停止中 2:任意频率到达 3:检出频率 1 到达 4:过载预报 5:外部报警	×	0
F79	继电器 2 输出功能	6:面板操作 7:附属电动机睡眠运行中 8:压力上限报警输出 9:压力下限报警输出 10:故障报警输出 11:检出频率 2 到达	×	10
F80	检出频率 2	0.00 ~ 120.0Hz	√	40.00
F81	检出频率 2 宽度	0.00 ~ 10.00Hz	√	1.00

F00 频率给定 出厂设定值：50.00

设定变频器输出频率的值。设定范围 0.10 ~ 120Hz。注意输出频率受最大频率、上、下限频率以及起动频率、回避频率限制。

F01 频率给定方式 出厂设定值：0

本功能参数选择变频器频率的设定方式，或者说设定频率命令的来源。设定范围 0 ~ 3。

F01 = 0（即将 F01 参数值设定为 0，下类同）时，变频器上电时将 F00 功能的频率值作为设定频率，在运行和停止时，均可以用面板上的 \wedge 键、 \vee 键或修改 F00 功能的内容来改变变频器的设定频率。

F01 = 1 时，频率由面板电位器设定。变频器将面板电位器对应的频率值作为设定频率，在运行和停止时，均可以用调节面板电位器来改变变频器的设定频率。

F01 = 2 时，频率由外控端子 VRF（参见图 5-1）信号设定。变频器将外控端子 VRF 输入信号对应的频率值作为设定频率，在运行和停止时，均可以用调节 VRF 输入信号改变变频器的设定频率，VRF 可以通过 SW2 短接针开关选择 0 ~ 5V 或 0 ~ 10V 信号模式。

F01 = 3 时，频率由外控端子 IRF（参见图 5-1）信号设定。变频器将外控端子 IRF 输入信号对应的频率值作为设定频率，在运行和停止时，均可以用调节 IRF 输入信号改变变频器的设定频率。

F02 运转指令来源 出厂设定值：0

本功能参数主要选择变频器运行控制模式，设定范围 0 ~ 2。

F02 = 0（即将 F02 参数值设定为 0，下类同）时，变频器操作面板上的 RUN（起动运行键）、STOP（停止键）控制变频器运行。按面板 RUN 键时，变频器由起动频率运行到设定频率；按 STOP 键时，变频器由设定频率下降到 0。

F02 = 1 时，端子 FWD、REV（参见图 5-1）控制变频器运行，面板 STOP 有效。短接 FWD 与 CM（CM 是公共端子）时，变频器驱动电动机正转；短接 REV 与 CM 时，变频器驱动电动机反转；FWD 与 REV 同时短接 CM 时，变频器停止；在变频器运行过程中，按 STOP 键，变频器停止。

F02 = 2 时，端子 FWD、REV 控制变频器运行，面板 STOP 无效。

短接 FWD 与 CM (CM 是公共端子) 时, 变频器驱动电动机正转; 短接 REV 与 CM 时, 变频器驱动电动机反转; FWD 与 REV 同时短接 CM 时, 变频器停止; 在变频器运行过程中, 按面板上的 STOP 键无效。

F03 电动机停车方式选择 出厂设定值: 0

本功能参数主要选择电动机停机方式, 设定范围 0 ~ 1。

F03 = 0 时, 电动机以减速刹车方式停止, 电动机以设定的减速时间减速至 0。

F03 = 1 时, 电动机以自由制动方式停止, 选择这种方式停车时, 变频器立即停止输出, 电动机以负载惯性自由运转至停止。

F04 最大频率 出厂设定值: 50.00

设定变频器的最大输出频率。设定范围 50.00 ~ 120.0Hz, 最小设定量: 0.01Hz。

F05 基本频率 出厂设定值: 50.00

该功能参数值必须根据电动机铭牌上的额定频率设定。设定范围 10.00 ~ 120.0Hz。

F06 最高输出电压 出厂设定值: 380

设定范围 220 ~ 380V, 该参数设定变频器最高输出电压, 此值必须小于或等于电动机额定电压。

F07 转矩提升 出厂设定值: 10

该参数用于提高低频转矩特性, 0: 为自动提升, 变频器根据情况将输出转矩调到最佳值; 1 ~ 50 为手动提升, 可根据运行需要设置, 每一个设定值均对应一个转矩提升曲线。

F08 加速时间 出厂设定值: 20.0

F09 减速时间 出厂设定值: 20.0

加速时间是频率增加 50Hz 所需的时间, 如果受某些条件限制, 频率增加的范围不足 50Hz 时, 则加速时间会相应缩短; 减速时间是频率减少 50Hz 所需的时间, 如果受某些条件限制, 频率减少的范围不足 50Hz 时, 则减速时间会相应缩短。设定范围: 0.1 ~ 3600s。

F10 电动机过载保护模式 出厂设定值: 0

参数 F10 设定电动机过载保护的 mode, 设定范围 0 ~ 2。

F10 = 0 时, 电动机过载保护和变频器过载预报均不动作。

F10 = 1 时, 电动机过载保护不动作, 变频器过载预报动作。

F10 = 2 时, 电动机过载保护和变频器过载预报均动作。

F11 电动机过载保护值 出厂设定值: 100

当变频器与电动机容量相同时, F11 设为 100; 当变频器容量大于电动机容量时, 需要合理设定电动机过载保护值以保护电动机。

F12 上限频率 出厂设定值: 60.00

上限频率是变频器允许运行的最高频率, 设定范围: 0.50 ~ 120.0Hz。

F13 下限频率 出厂设定值: 0.50

下限频率是变频器允许运行的最低频率, 设定范围: 0.10 ~ 120.0Hz。

F14 回避频率 1 出厂设定值: 0.00

F15 回避频率 2 出厂设定值: 0.00

F16 回避频率 3 出厂设定值: 0.00

回避频率是禁止变频器运行和输出的频率, 设定范围: 0.00 ~ 120.0Hz。

F17 回避频率宽度 出厂设定值: 0.50

回避频率的宽度是禁止变频器输出的频率范围, 实际宽度范围为 F17 的两倍, 即在回避频率点的上下两侧各有一个 F17 的频率宽度。若 F17 = 0, 则所有回避频率无效。回避频率宽度的设定范围: 0.00 ~ 10.00Hz。

F18 频率增益 出厂设定值: 100

该参数对输出频率与外控频率信号 (0 ~ 5V、0 ~ 10V、4 ~ 20mA) 的比率 (斜率) 进行设定, 参数设定范围: 50% ~ 200%。该参数的应用说明可参阅第四章第六节中的相关内容。

F19 偏置频率 出厂设定值: 0.00

端子 VRF 或 IRF 输入的模拟给定信号为 0 时的输出频率称为偏置频率, 该参数的设定范围: 0.00 ~ 120.00Hz。

F20 偏置极性 出厂设定值: 0

F20 = 0 时, 偏置频率大于 0, 属正极性。

F20 = 1 时，偏置频率小于 0，属负极性。

F20 的参数值设定范围：0 ~ 1。

参数 F19 和 F20 主要用于调节模拟给定信号对应的频率范围，这两个参数的应用说明可参阅第四章第六节的相关内容。

F21 起动频率 出厂设定值：1.00

起动频率为变频器开始有电压输出的频率，参数设定范围：0.10 ~ 50.00Hz。

F22 起动频率时间 出厂设定值：0.5

起动时起动频率持续运行的时间为起动频率时间，这个时间不包含在加速时间内。参数设定范围：0.0 ~ 20.0s。

F23 滤波时间常数 出厂设定值：0

适当设定滤波器的时间常数，可以消除外部信号对模拟给定和传感器反馈信号的干扰；但 F23 设定太大，可能降低给定信号的响应速度。参数设定范围：0 ~ 100。

F24 载波频率设定 出厂设定值：2

该参数设定变频器的载波频率。如果需要静音运行，可设置 $F24 \geq 5$ 。森兰 SB12 系列变频器采用 IGBT 作主开关器件，载波频率可设定为 2 ~ 9kHz，采用较高载波频率时，电流波形好，低频时转矩大，噪声小，但载波频率增加将使 IGBT 器件功耗增大，效率降低，电动机转矩减小。载波频率过低，低频时可能使变频器运行不稳定。该参数设定范围：0 ~ 7。

如果在出厂设定载波频率以上运行，F24 每增加 1（比出厂设定值 2），变频器需降额 5% 使用。

F25 电流显示校正 出厂设定值：30

当 LED 显示输出电流时，用此功能对其显示值进行校正，在设定 F38 = 1，初始化变频器后，其值必须设定为变频器额定电流。例如，15kW 变频器额定电流为 30A，则此值设定为 30.0A。该参数设定范围：0.1 ~ 520.0A。

F26 LED 显示选择 出厂设定值：0

该参数的设定范围为 0 ~ 5，面板上 LED 显示器的显示内容由设定的参数值选择确定，详见表 5-2。

表 5-2 参数设定

设定值	运行中		停止中	
	F44 > 0	F44 = 0	F44 > 0	F44 = 0
0	输出频率		设定频率	
1	输出电流			
2	输出电压			
3	设定值	同步转速	设定值	同步转速
4	反馈值	线速度	反馈值	线速度
5	电动机状态	过载率	电动机状态	设定频率

注：当使用面板上的“SET/ > >”键进行显示切换时，将直接修改此设定值。

F27 转向锁定 出厂设定值：0

该参数设定电动机运行的方向。当设定为反转有效时，输入正转指令也只是反转运行；当设定为正转有效时，输入反转指令也只是正转运行。设定范围：0~2。

F27 = 0 时，电动机正反转均可。

F27 = 1 时，电动机正转有效。

F27 = 2 时，电动机反转有效。

F28 FMA 功能 出厂设定值：0

FMA 是变频器的输出端子，参数 F28 选择 FMA 端子的输出对象。设定范围：0~2。

F28 = 0 时，FMA 端子上是变频器的输出频率信号。

F28 = 1 时，FMA 端子上是变频器的输出电流信号。

F28 = 2 时，FMA 端子上是变频器的输出负载率信号。

F29 FMA 电平 出厂设定值：100

F29 设定 FMA 端子的输出电平值。

F30 频率到达宽度 出厂设定值：1.00

设定变频器到达设定频率的正负检测宽度，当变频器的输出频率在设定频率的正负检测宽度内，多功能输出端子输出一个控制信号用于外部设备的控制。设定范围：0.00~10.00。

F31 检出频率 1 出厂设定值：40.00

F80 检出频率 2 出厂设定值：40.00

F31 和 F80 的设定范围：0.00 ~ 120.0Hz。

F32 检出频率 1 宽度 出厂设定值：1.00

F81 检出频率 2 宽度 出厂设定值：1.00

当输出频率达到用户设定的检出频率 1（或 2），而且输出频率的变化范围在检出频率 1 宽度（或检出频率 2 宽度）的范围以内时，多功能输出端子输出一个控制信号用于外部设备的控制。

变频器的频率检测有两种类型，一种是检测由给定信号设定的输出频率，当输出频率达到设定频率值时，由相应输出端给出一个动作信号。森兰变频器的参数 F30“频率到达宽度”中的所谓“频率到达”的检测功能，就属于这种检测类型。这种检测无须专用的参数码去设定检测频率，当运行频率由某参数码设定后，自动成为这种检测的阈值。另一种是检测任意设定的频率，由于该检测值可任意设定，所以森兰变频器参数表中给出检出频率 1（F31）和检出频率 2（F80）共两个频率检测点。当输出频率达到或超过检测频率时，也由相应输出端给出一个动作信号。

F33 Y1 输出功能 出厂设定值：0

F34 Y2 输出功能 出厂设定值：1

这两个参数选择的是 Y1 和 Y2 的输出对象。Y1 和 Y2 是变频器的集电极开路输出型端子，该端子可承受 DC24V/50mA 以下的负载。这种端子的电路连接可参阅第三章第五节图 3-13 等内容。F33 和 F34 设定范围为 0 ~ 10。设定不同参数值时的结果说明如下。

0：当变频器处于运行状态时，Y1 或 Y2 输出信号。

1：当变频器处于停止状态时，Y1 或 Y2 输出信号。

2：当变频器输出频率到达设定频率时，Y1 或 Y2 输出信号。

3：当变频器输出频率到达检出频率 1（F31）设定值时，Y1 或 Y2 输出信号。

4：当变频器输出电流超过电动机过载保护值所设定的值且 F10 设定为 1、2 时，Y1 或 Y2 输出信号。

5：当外控端子 THR—CM 之间断开时，Y1 或 Y2 输出信号。

6: 当设置为面板实现运行操作时, Y1 或 Y2 输出信号。

7: 当 F59 = 1, 变频器处于睡眠运行时, Y1 或 Y2 输出信号。

8: 当变频器检测压力到达压力上限设定值时, Y1 或 Y2 输出信号。

9: 当变频器检测压力到达压力下限设定值时, Y1 或 Y2 输出信号。

10: 当变频器输出频率到达检出频率 2 (F80) 设定值时, Y1 或 Y2 输出信号。

F35 自动复位次数 出厂设定值: 0

F36 自动复位时间 出厂设定值: 5.0

设定故障后变频器自动复位的次数和每次复位的等待时间。自动复位仅在外控, 即 F02 设定为 2 或 3 和 F44 > 0 时有效。如果故障已消失, 则复位后自动再启动, 不作故障记录。F35 的设定范围为 0 ~ 7, F36 的设定范围为 1.0 ~ 20.0s。

F37 自动稳压 AVR 出厂设定值: 0

设定变频器中的稳压模式。当变频器的电源输入电压和额定输入电压有偏差时, 该功能通过自动调整 PWM 的宽度来稳定变频器的输出电压。设定范围为 0 ~ 1。

F37 = 0 时, 禁止自动稳压功能。

F37 = 1 时, 允许自动稳压功能。

F38 数据初始化 出厂设定值: 0

设定范围为 0 ~ 1。

F38 = 1 时, 允许数据初始化, 将变频器全部功能参数恢复为出厂值。

F38 = 0 时, 禁止数据初始化。

F39 数据锁定 出厂设定值: 0

设定变频器数据锁定模式。设定范围为 0 ~ 1。

F39 = 0 时, 禁止数据锁定。

F39 = 1 时, 允许数据锁定, 可以保护变频器功能数据, 但用 \wedge 键和 \vee 键修改频率以及功能参数 F26 不受限制。

F40 电动机极数 出厂设定值：4

设定变频器所带电动机的极数。该参数的设定值与同步速度的显示有关。设定范围为2、4、6、8、10、12。

F41 速度显示系数 出厂设定值：1.00

需要面板上的LED显示器显示线速度或负载转速时，以此设定速度显示系数，显示的线速度 = 频率 × 速度显示系数。设定范围为0.01 ~ 10.00。

F42 加泵延时时间 出厂设定值：0.0

F43 减泵延时时间 出厂设定值：0.0

当变频器一拖多（F53 > 0）时，需设定F42功能延缓其他主电机起动时间，保证水压稳定；设定F43功能延缓其他主电动机停止时间，保证水压稳定。这两个参数的设定范围为0.0 ~ 60.0s。

F44 控制对象 出厂设定值：0

该参数用来设定变频器的控制对象。设定范围为0 ~ 2。

F44 = 0 时，作通用变频器使用，端子VPF、IPF、FA、LA1、LA2、+24V不用；功能参数F46 ~ F70无效。

F44 = 1 时，控制对象为水位。此时端子VRF、IRF、VPF、IPF、FA、+24V不用；功能参数F46 ~ F52、F54 ~ F55、F59 ~ F67、F69 ~ F70无效。

F44 = 2 时，控制对象为压力。此时端子LA1、LA2不用；功能参数F46无效。

变频器一拖多控制和休眠运行时，必须设定F44 = 2。

F45 负载选择 出厂设定值：0

设定变频器外接负载最适合的输出特性。设定范围为0 ~ 1。

F45 = 0 时，恒转矩负载。

F45 = 1 时，递减转矩负载。

F46 保留参数

F47 目标给定方式 出厂设定值：0

在F44 > 0 时选择给定值的设定模式。设定范围：0 ~ 2。

F47 = 0 时，操作面板控制。变频器上电时将参数F48的值作为

给定值，在运行和停止时，均可以用操作面板上的 \wedge 键和 \vee 键或修改参数 F48 的参数值来改变变频器的给定值。

F47 = 1 时，外控 VRF 端子设定。变频器将外控端子 VRF 输入信号对应的值作为给定值，在运行和停止时，均可以用调节 VRF 输入信号来改变变频器的给定值。VRF 可以通过 SW2 短接针开关选择 0 ~ 5V 与 0 ~ 10V 信号模式。

F47 = 2 时，外控 IRF 端子设定。变频器将外控端子 IRF 输入信号对应的值作为给定值，在运行和停止时，均可以用调节 IRF 输入信号来改变变频器的给定值。

当选择 F47 = 1 或 2 时，滤波时间常数由 F23 功能设定。

F48 目标给定值 出厂设定值：50.0

当 F44 = 1 或 2 时，此功能参数用于选择水位、压力设定值，在显示设定值状态下可以用操作面板上的 \wedge 键和 \vee 键直接设定 F48 的值。F48 的设定范围：0.1% ~ 100.0%。

实际给定值 = 传感器最大量程 $\times \frac{F48}{100}$ 。

例如，现有传感器量程为 0 ~ 10MPa，实际需要 5MPa，则 F48 = 50。

F49 消防设定值 出厂设定值：100.0

如果端子 FA 与 CM 短接，变频器以消防压力供水。F49 用来设定消防压力的值。设定范围：0.1 ~ 100.0。

实际设定值 = 传感器最大量程 $\times \frac{F49}{100}$ 。

F50 反馈方式 出厂设定值：3

选择传感器信号的输入模式。设定范围：0 ~ 3。

VPF 输入可以通过 SW3 短接针开关选择 0 ~ 5V 与 0 ~ 10V 信号模式。

F50 = 0 时，传感器反馈输入信号以 0 ~ 5V 或 0 ~ 10V 的电压信号由端子 VPF 输入。

F50 = 1 时，传感器反馈输入信号以 0 ~ 20mA 的电流信号由端子

IPF 输入。

F50 = 2 时，传感器反馈输入信号以 1 ~ 5V 或 2 ~ 10V 的电压信号由端子 VPF 输入。

F50 = 3 时，传感器反馈输入信号以 4 ~ 20mA 的电流信号由端子 IPF 输入。

F51 反馈极性 出厂设定值：0

设定所使用的传感器反馈信号的极性。设定范围：0 ~ 1。

F51 = 0 时，反馈信号为正极性，电动机转速随反馈信号减小而上升。

F51 = 1 时，反馈信号为反极性，电动机转速随反馈信号减小而下降。

F52 反馈增益 出厂设定值：100

设定所使用的传感器反馈信号的比率。设定范围：25% ~ 200%。

F53 电动机台数 出厂设定值：0

选择变频器一拖多工作模式。设定范围：0 ~ 5。

F53 = 0 时，变频器一拖一模式，即变频器只带一台电动机。

F53 = 1 时，变频器一拖二模式，变频器通过一拖多控制盒（SK1 扩展单元）控制 2 台主电动机工作，由一拖多控制盒（SK1 扩展单元）上的工频控制信号（1K2、2K2、3K2）和变频控制信号（1K1、2K1、3K1）根据实际情况选择电动机工作在工频或变频工况，变频工频自动切换。

F53 = 2 时，变频器一拖三模式，变频器通过一拖多控制盒（SK1 扩展单元）控制 3 台主电动机工作，其他同 F53 = 1。

F53 = 3 时，变频器一拖二模式，附属电动机变频运行。变频器通过一拖多控制盒（SK1 扩展单元）控制 1 台主电动机和一台附属电动机工作。附属电动机由一拖多控制盒上的 4K1 控制，固定变频运行，其余电动机由一拖多控制盒（SK1 扩展单元）上的工频控制信号（1K2、2K2、3K2）根据实际情况选择电动机工作在工频工况或停止。

F53 = 4 时，变频器一拖三模式，附属电动机变频运行。变频器通过一拖多控制盒（SK1 扩展单元）控制 2 台主电动机和一台附属

电动机工作，其他同 F53 = 3。

F53 = 5 时，变频器一拖四模式，附属电动机变频运行。变频器通过一拖多控制盒（SK1 扩展单元）控制 3 台主电动机和一台附属电动机工作，其他同 F53 = 3。

F 54 休眠频率 出厂设定值：40.00

F 55 休眠等待时间 出厂设定值：30.0

F54 设定主电动机休眠的频率，F55 设定主电动机休眠前的等待时间。当变频器运行频率达到或小于休眠频率同时反馈压力高于变频器睡眠值时，变频器继续运行 F55 设定的一段时间后，主电动机休眠，附属电动机运行。F54 的设定范围：10.00 ~ 100.00Hz，F55 的设定范围：3.0 ~ 180.0s。

F 56 换机间隙时间 出厂设定值：0.5

设定电动机由变频运行切换到工频运行的间隙时间。根据电动机功率设定。设定范围：0.1 ~ 5.0s。

F 57 切换频率上限 出厂设定值：50.00

F 58 切换频率下限 出厂设定值：10.00

变频器一拖多时，对变频器进行工频切换时的频率上、下限值进行设定。在 F53 = 1 ~ 2 时，当变频器运行到切换频率上限值，将变频电动机切换到工频工况，同时起动另一台电动机变频运行；当变频器运行到切换频率下限值，停止一台工频电动机。F53 = 3 ~ 5 时，当变频器运行到切换频率上限值，通过软起动器起动一台电动机后，将其切换到工频运行；当变频器运行到切换频率下限值，停止一台工频电动机。F57 的设定范围是 0.50 ~ 120.0Hz，F58 的设定范围是 0.10 ~ 120.0Hz。

F 59 附属电动机 出厂设定值：0

设定附属电动机运行模式。变频器在一拖多模式下，附属电动机变频运行，附属电动机运行到切换频率上限，起动一台主电动机工频运行，同时附属电动机继续变频运行；附属电动机运行到切换频率下限，停止一台主电动机，同时附属电动机继续变频运行。F59 的设定范围：0 ~ 1。

F59 = 0 时，变频器在一拖多模式下，附属电动机不工作。

F59 = 1 时，附属电动机变频运行。

F60 比例常数 出厂设定值：1000

比例系数设定误差值的增益，此参数越大，比例调节越强。设定范围：1 ~ 8000。

F61 积分时间 出厂设定值：5.0

此功能参数用于为解除 PID 控制所产生的残留偏差而对积分时间进行设置。当用于水位控制时，此功能用于调节运行电动机切换时间。设定范围：1.0 ~ 500.0s。

F62 反馈采样周期 出厂设定值：5.0

该参数设置传感器反馈信号采样的周期，根据系统时间常数设定。设定范围：0.1 ~ 100.0s。

F63 偏差范围 出厂设定值：0.2

闭环系统的相对偏差值 = | 给定值 - 反馈值 |，如果此相对偏差大于偏差范围的设定值，则 PID 系统进行调节；如果此相对偏差小于或等于偏差范围的设定值，则 PID 系统停止调节，输出保持不变。设定范围：0.1 ~ 100。

F64 报警上限 出厂设定值：120

F65 报警下限 出厂设定值：40

F64 和 F65 用于目标给定值的上、下限报警设置，从端子 A2、B2、C2（变频器内部继电器 2 的一组转换接点）输出报警信号，但不停机。

$$\text{实际报警值} = \text{F64 或 F65} \times \frac{\text{目标给定值}}{100}$$

F64 的设定范围为：100% ~ 150%；F65 的设定范围为：10% ~ 150%。

F66 睡眠值 出厂设定值：110

F67 苏醒值 出厂设定值：50

休眠运行时，F53 必须选择 0 ~ 2。

深夜用水量减少时，主电动机变频运行，当反馈压力高于睡眠值，且运行频率低于休眠频率，等待一段时间（F55）后，主电动机休眠，附属电动机运行；当附属电动机运行到切换频率上限且反馈压力低于苏醒值时，附属电动机停止，主电动机苏醒，当反馈压力高于睡眠值时，且运行频率低于休眠频率，变频器重复上一循环。在整个

过程中，系统始终保持恒压状态。系统通过监视反馈压力，调整变频器的运行频率，实现休眠控制，达到节水节电的目的。

F66 的设定范围为：20% ~ 150%，F67 的设定范围为：10% ~ 120%。

F68 定时换机时间 出厂设定值：0

在一拖多时，设置多台电动机轮流工作的时间。设定范围为：0 ~ 1000h。

例如，变频器共拖动 3 台电动机，且 3 台电动机控制同一对象，实际运行行为 1#、2#电动机，为了让每台电动机处于平均工作状态，设定 F68 = 72h，则当运行时间达到 72h 时，3#电动机起动，同时 1#、2#电动机中运行时间最长的电动机停止。

F69 定时开机时间 出厂设定值：0.0

F70 定时关机时间 出厂设定值：0.0

设置定时开机、关机时间。当设定值为 0 时，相应功能无效。设定范围为：0.0 ~ 24.0h。

F71 故障记录 1 出厂设定值：corr

F72 故障记录 2 出厂设定值：corr

F73 故障记录 3 出厂设定值：corr

F74 故障记录清除 出厂设定值：0

F71、F72、F73 可记录最近 3 次故障信息，若故障已排除，可将 F74 设定为 1 消除异常记录。corr 为无异常。过电压（OU）、过载（OL）、过热（OH）和 FL 故障后，可以作为故障记录存储在 F71、F72、F73 中。

F74 的设定范围：0 ~ 1。

F74 = 0 时，禁止清除故障记录。

F74 = 1 时，允许清除故障记录。

F75 故障停机方式 出厂设定值：0

F75 设定变频器故障时的工作方式，F44 > 0 时有效。设定范围：0 ~ 1。

F75 = 0 时，故障时变频及工频运转电动机均停止。

变频器出现故障，关闭变频器 U、V、W 输出，同时关闭变频器扩展板工频（1K2、2K2、3K2）和变频控制信号（1K1、2K1、3K1、

4K1) 输出。

F75 = 1 时, 故障时变频运转电动机停止。工频运转电动机运转。

变频器出现故障, 关闭变频器 U、V、W 输出, 同时关闭变频器扩展板变频控制信号 (1K1、2K1、3K1、4K1) 输出, 变频器扩展板工频 (1K2、2K2、3K2) 有输出。

F76 下限停机选择 出厂设定值: 0

当输出频率等于或小于切换频率下限 (F58) 值时, 该参数选择变频器是否停机。设定范围: 0 ~ 1。

F76 = 0 时, 变频器停机。

F76 = 1 时, 变频器不停机, 以切换频率下限频率运行。

F77 FMA 偏置量 出厂设定值: 0

调整 FMA 端子输出信号的范围, 0 ~ 100 对应 FMA 输出 0 ~ 20mA 或 0 ~ 10V, 如果需要 FMA 输出 4 ~ 20mA, 则 F28 = 1、F29 = 200 (实际为 140 可以达到 20mA), F40 = 20 (实际为 6 可以达到 4mA), 带额定负载, 调节频率使变频器输出在 0 ~ 50Hz 变化, 可以在 FMA 得到 4 ~ 20mA 模拟电流信号。

F77 的设定范围: 0 ~ 100。

F78 继电器 1 输出功能 出厂设定值: 0

F79 继电器 2 输出功能 出厂设定值: 10

继电器 1 和继电器 2 是可编程输出端子, 可参见图 5-1, 其中 A、B 两点间是常开触头, B、C 两点间是常闭触头。

F78 和 F79 的设定范围: 0 ~ 11。

设定为 0 时, 运转中。变频器处于运行状态时, 常开触头闭合。

设定为 1 时, 停止中。变频器处于停止状态时, 常开触头闭合。

设定为 2 时, 频率到达。变频器输出频率到达设定频率时, 常开触头闭合。

设定为 3 时, 检出频率 1 到达。变频器输出频率到达检出频率 1 设定值 (F31) 时, 常开触头闭合。

设定为 4 时, 过载预报。变频器输出电流超过电动机过载保护电平所设定的值且 F10 设定为 1、2 时, 常开触头闭合。

设定为 5 时, 外部报警。当外控端子 THR—CM 之间断开时, 常

开触头闭合。

设定为 6 时，面板操作。当设置为面板实现运行操作时，常开触头闭合。

设定为 7 时，附属电动机睡眠运行中。变频器处于睡眠运行时，常开触头闭合。

设定为 8 时，压力上限报警。当变频器检测压力到达压力上限设定值时，常开触头闭合。

设定为 9 时，压力下限报警。当变频器检测压力到达压力下限设定值时，常开触头闭合。

设定为 10 时，故障报警。当变频器有故障时，常开触头闭合。

设定为 11 时，检出频率 2 到达。变频器输出频率到达检出频率 2 设定值（F80）时，常开触头闭合。

第二节 普传变频器功能参数

一、普传 PI7800、PI7600 系列变频器功能参数表

普传变频器的功能参数分基本参数组和其他参数组，在其他参数组中又有 F67 V/F 曲线设置、F68 MSS 速度控制、F69 输入/输出参数、F70 电流环参数、F71 速度环参数、F72 PID 参数、F73 系统参数、F74 电动机参数等若干个参数。

图 5-2 所示为普传 PI7800 系列变频器的端子及配线图，熟悉功能参数时可与该图对照参考。

1. 普传 PI7800、PI7600 系列变频器基本参数组

基本参数组的参数见表 5-3。

下列表格中，☆表示该参数出厂值与功率或型号有关；*表示只有 o13 ~ o16 可以设为 31、32，o17 ~ o18 最大只能设为 30；更改限制指运行期间参数是否可调整：“√”记号表示可调整，“×”记号表示不可调整。

2. 普传 PI7800、PI7600 系列变频器的其他参数组

其他参数组中的 F67 U/f 曲线设置、F68 MSS 速度控制、F69 输入/输出参数、F70 电流环参数、F71 速度环参数、F72 PID 参数、F73 变频器系统参数、F74 电动机参数等分别见表 5-4 ~ 表 5-11。

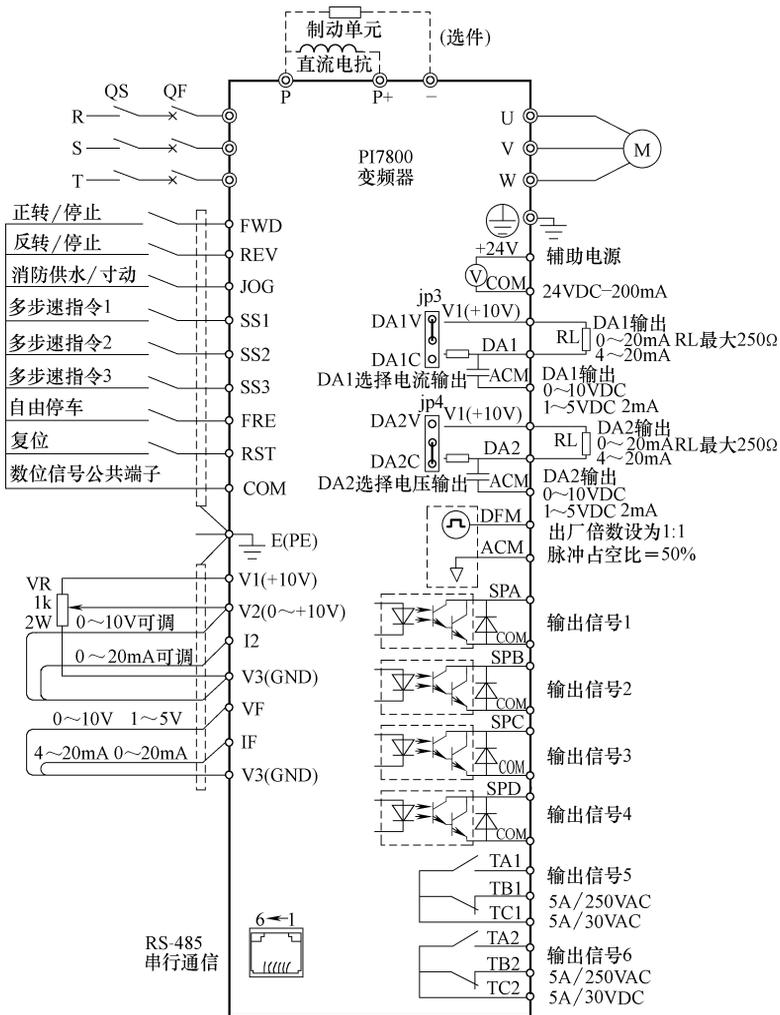


图 5-2 普传 PI7800 系列 30 ~ 160kW 变频器端子及配线图

表 5-3 基本参数组

功能代码	功能描述	设定范围		单位	出厂设定	更改限制
F00	监视选择	给定频率	0	—	0	√
		实际频率	1			
		电动机实际电流	2			
		电流百分比	3			
		直流母线电压	4			
		输出电压	5			
		电动机实际转速	6			
		累计运行时间	7			
		IGBT 温度	8			
		PID 给定值	9			
		PID 反馈值	10			
		电机输出功率	11			
		励磁给定值	12			
		励磁实际值	13			
		转矩给定值	14			
转矩实际值	15					
F01	控制模式	无 PG V/F 控制	0	—	0	×
		带 PG V/F 控制	1			
		带 PG 矢量控制	2			
F02	给定频率	下限频率 ~ 上限频率	F03 = 0	Hz	50.00	√
			F03 = 1		500.0	
F03	频率倍数设置	× 1	0	—	0	×
		× 10	1			

(续)

功能代码	功能描述	设定范围		单位	出厂设定	更改限制
F04	频率设定模式	键盘或 RS485	0	—	0	×
		V2	1			
		I2	2			
		V2 和 I2	3			
		上升/下降控制方式 1	4			
		程序运行	5			
		摆频运行	6			
		PID 调节方式	7			
		键盘电位器给定	8			
		V2 正反转给定	9			
		键盘电位器正反转给定	10			
		V2 比例联动微调	11			
		I2 比例联动微调	12			
		上升/下降控制方式 2	13			
		上升/下降控制方式 3	14			
		上升/下降控制方式 4	15			
		上升/下降控制方式 5	16			
		上升/下降控制方式 6	17			
		V2 + PID 调节方式	18			
I2 + PID 调节方式	19					
F05	运行控制模式	键盘 + RS485/CAN	0	—	0	√
		键盘 + 端子台	1			
		RS485/CAN	2			
		端子控制	3			
		比例联动控制	4			

(续)

功能代码	功能描述	设定范围		单位	出厂设定	更改限制	
F06	波形产生模式	异步空间矢量 PWM	0	—	1	×	
		分段同步空间矢量 PWM	1				
		两相优化空间矢量 PWM	2				
F07	自动转矩提升	0 ~ 10		%	0	√	
F08	V/F 提升方式	0 ~ 61		—	2	×	
F09	加速时间	0.1 ~ 3200.0		s	10.0	√	
F10	减速时间	0.1 ~ 3200.0		s	10.0	√	
F11	转差补偿	0 ~ 10		%	0	×	
F12	输出电压百分比	50 ~ 110		%	100	×	
F13	最大频率	10.00 ~ 300.00	F03 = 0	Hz	50.00	×	
		100.0 ~ 800.0	F03 = 1		500.0		
F14	基本频率	5.00 ~ 最大频率	F03 = 0	Hz	50.00	×	
		50.0 ~ 最大频率	F03 = 1		500.0		
F15	载波频率	1.0 ~ 16.0		kHz	☆	√	
F16	下限频率	0.00 ~ 上限频率	F03 = 0	Hz	0.00	×	
		0.0 ~ 上限频率	F03 = 1		0.0		
F17	上限频率	下限频率 ~ 最大频率		Hz	F03 = 0	50.00	×
					F03 = 1	500.0	
F18	S 曲线加速起始段	0.0 ~ 50.0		%	0.0	√	
F19	S 曲线加速停止段	0.0 ~ 50.0		%	0.0	√	
F20	S 曲线减速起始段	0.0 ~ 50.0		%	0.0	√	
F21	S 曲线减速停止段	0.0 ~ 50.0		%	0.0	√	
F22	最小运行频率	0.00 ~ 最大频率	F03 = 0	Hz	0.00	×	
		0.0 ~ 最大频率	F03 = 1		0.0		
F23	直流制动电流	0 ~ 135		%	100	√	
F24	起动力制动时间	0.0 ~ 60.0		s	0.0	×	
F25	停止制动时间	0.0 ~ 60.0		s	0.0	×	

(续)

功能代码	功能描述	设定范围				单位	出厂设定	更改限制
F26	制动起始频率	0.00 ~ 最大频率		F03 = 0	Hz	0.00	√	
		0.0 ~ 最大频率		F03 = 1		0.0		
F27	停止方式设定	减速停车		0	—	0	×	
		自由停车		1				
F28	寸动加速时间	0.1 ~ 3200.0				s	10.0	×
F29	寸动减速时间	0.1 ~ 3200.0				s	10.0	×
F30	寸动功能设置	寸动结束方式	十位	方向	个位	—	00	×
		停止运行	0	正向	0			
		恢复寸动前状态	1	反向	1			
F31	寸动频率设定	下限频率 ~ 上限频率			F03 = 0	Hz	6.00	√
					F03 = 1		60.0	
F32	摆频运行频率 1	F33 ~ 上限频率			F03 = 0	Hz	40.00	√
					F03 = 1		400.0	
F33	摆频运行频率 2	下限频率 ~ F32			F03 = 0	Hz	20.00	√
					F03 = 1		200.0	
F34	摆频运行差频 1	0.00 ~ 5.00			F03 = 0	Hz	2.00	√
					0.0 ~ 50.0			
F35	摆频运行定时 T_1	0.0 ~ 3200.0						s
F36	摆频运行定时 T_2	0.0 ~ 3200.0				s	2.0	√
F37	回避频率 1	0.00 ~ 最大频率		F03 = 0	Hz	0.00	√	
		0.0 ~ 最大频率		F03 = 1		0.0		
F38	回避频率 2	0.00 ~ 最大频率		F03 = 0	Hz	0.00	√	
		0.0 ~ 最大频率		F03 = 1		0.0		
F39	回避频率 3	0.00 ~ 最大频率		F03 = 0	Hz	0.00	√	
		0.0 ~ 最大频率		F03 = 1		0.0		
F40	回避频率范围	0.00 ~ 5.00		F03 = 0	Hz	0.00	√	
		0.0 ~ 50.0		F03 = 1		0.0		

(续)

功能代码	功能描述	设定范围		单位	出厂设定	更改限制		
F41	自动稳压功能	无		0	—	0	√	
		有		1				
		有,但减速时不用		2				
F42	过电压失速保护	无		0	—	1	√	
		有		1				
F43	电流限幅功能	无		0	—	0	√	
		有		1				
F44	转速追踪选择	无		0	—	0	×	
		掉电追踪方式		1				
		起动追踪方式		2				
F45	电子热保护选择	否		0	—	1	√	
		是		1				
F46	电子热保护等级	120 ~ 250		%	☆	×		
F47	能耗制动选择	无		0	—	0	√	
		安全式		1				
		一般式		2				
F48	故障重置次数	0 ~ 10		—	0	×		
F49	故障重置时间	0.5 ~ 20.0		s	1.0	×		
F50	程序运行方式	单循环		0	—	0	×	
		连续循环		1				
		单循环命令运行		2				
F51	程序运行再起动	程序运行停止方式 (十位)		程序运行起动方式 (个位)		—	0	×
		以停机前段参数 设置停机	0	以第一段速度 运行	0			
		以第一段参数 设置停机	1	以停机前段 速度运行	1			

(续)

功能代码	功能描述	设定范围						单位	出厂设定	更改限制
F52	RST 输入信号选择	复位				0		—	0	√
		外部故障/复位				1				
F53	风扇起动温度(可选)	0.0 ~ 60.0						℃	0.0	√
F54	电动机运行方向	正转命令电动机正转				0		—	0	×
		正转命令电动机反转				1				
F55	电动机反转禁止	可以反转				0		—	0	×
		禁止反转				1				
F56	时间单位设置	减速时间	百位	加速时间	十位	保留	个位	—	0	×
		× 1s	0	× 1s	0					
		× 30s	1	× 30s	1					
		× 600s	2	× 600s	2					
		× 3600s	3	× 3600s	3					
F57	节能运行百分比	30 ~ 100						%	100	×
F58	FDT 频率设定 1	F59 ~ 最大频率				F03 = 0		Hz	0.00	√
		F59 ~ 最大频率				F03 = 1			0.0	
F59	FDT 频率设定 2	0.00 ~ F58				F03 = 0		Hz	0.00	√
		0.0 ~ F58				F03 = 1			0.0	
F60	频率检测幅度	0.00 ~ 5.00				F03 = 0		Hz	0.00	√
		0.0 ~ 50.0				F03 = 1			0.0	
F61	负载类型	通用				0		—	0	×
		水泵				1				
		风机				2				
		注塑机				3				
		纺织机				4				
		提升机				5				
磕头机				6						

(续)

功能代码	功能描述	设定范围		单位	出厂设定	更改限制
F61	负载类型	皮带输送机	7	—	0	×
		变频电源	8			
		双泵恒压供水	9			
		三泵恒压供水	10			
		四泵恒压供水	11			
		转矩控制	12			
		稳压电源	13			
		恒流电源	14			
F62	端子控制模式	标准运行控制	0	—	0	×
		二线制运行控制	1			
		三线制运行控制方式 1	2			
		三线制运行控制方式 2	3			
		三线制运行控制方式 3	4			
F63	MSS 端子功能选择	无功能	0	—	0	×
		MSS 多段速度控制	1			
		MSS 多段加速度控制	2			
		寸动正反转控制 + PID 正反转切换	3			
		频率设定模式切换	4			
		转矩上限切换	5			
		MSS 定时运行	6			
		控制模式切换	7			
		程序运行段复位	8			
PID 调节模式切换	9					
F64	输入端子极性	0 ~ 255		—	0	×
F65	监视选择 2	给定频率	0	—	1	×
F66	监视选择 3	实际频率	1	—	2	×
		电动机实际电流	2			

(续)

功能代码	功能描述	设定范围		单位	出厂设定	更改限制
F65 F66	监视选择 2 监视选择 3	电流百分比	3	— —	1 2	× ×
		直流母线电压	4			
		输出电压	5			
		电动机实际转速	6			
		累计运行时间	7			
		IGBT 温度	8			
		PID 给定值	9			
		PID 反馈值	10			
		电动机输出功率	11			
		励磁给定值	12			
		励磁实际值	13			
		转矩给定值	14			
		转矩实际值	15			

表 5-4 F67 U/f 曲线设置

功能代码	功能描述	设定范围		单位	出厂设定	更改限制
U00	U/f 设定频率 1	0.00 ~ U02	F03 = 0	Hz	5.00	×
		0.0 ~ U02	F03 = 1		50.0	
U01	U/f 设定电压 1	0 ~ U03		%	5	×
U02	U/f 设定频率 2	U00 ~ U04	F03 = 0	Hz	10.00	×
			F03 = 1		100.0	
U03	U/f 设定电压 2	U01 ~ U05		%	10	×
U04	U/f 设定频率 3	U02 ~ U06	F03 = 0	Hz	15.00	×
			F03 = 1		150.0	
U05	U/f 设定电压 3	U03 ~ U07		%	15	×
U06	U/f 设定频率 4	U04 ~ U08	F03 = 0	Hz	20.00	×
			F03 = 1		200.0	

(续)

功能代码	功能描述	设定范围	单位	出厂设定	更改限制
U07	U/f 设定电压 4	U05 ~ U09	%	20	×
U08	U/f 设定频率 5	U06 ~ U10	F03 = 0	25.00	×
			F03 = 1	250.0	
U09	U/f 设定电压 5	U07 ~ U11	%	25	×
U10	U/f 设定频率 6	U08 ~ U12	F03 = 0	30.00	×
			F03 = 1	300.0	
U11	U/f 设定电压 6	U09 ~ U13	%	30	×
U12	U/f 设定频率 7	U10 ~ U14	F03 = 0	35.00	×
			F03 = 1	350.0	
U13	U/f 设定电压 7	U11 ~ U15	%	35	×
U14	U/f 设定频率 8	U12 ~ 最大频率	F03 = 0	40.00	×
			F03 = 1	400.0	
U15	U/f 设定电压 8	U13 ~ 100	%	40	×

表 5-5 F68 MSS 速度控制

功能代码	功能描述	设定范围	单位	出厂设定	更改限制
H00	1 段速度设定 1X	下限频率 ~ 上限频率	F03 = 0	5.00	√
			F03 = 1	50.0	
H01	2 段速度设定 2X	下限频率 ~ 上限频率	F03 = 0	30.00	√
			F03 = 1	300.0	
H02	3 段速度设定 3X	下限频率 ~ 上限频率	F03 = 0	20.00	√
			F03 = 1	200.0	
H03	4 段速度设定 4X	下限频率 ~ 上限频率	F03 = 0	30.00	√
			F03 = 1	300.0	
H04	5 段速度设定 5X	下限频率 ~ 上限频率	F03 = 0	40.00	√
			F03 = 1	400.0	

(续)

功能代码	功能描述	设定范围	单位	出厂设定	更改限制	
H05	6段速度设定 6X	下限频率 ~ 上限频率	F03 = 0	Hz	45.00	√
			F03 = 1		450.0	
H06	7段速度设定 7X	下限频率 ~ 上限频率	F03 = 0	Hz	50.00	√
			F03 = 1		500.0	
H07	1段运行时间 T1	0.0 ~ 3200.0	s	2.0	√	
H08	2段运行时间 T2	0.0 ~ 3200.0	s	2.0	√	
H09	3段运行时间 T3	0.0 ~ 3200.0	s	2.0	√	
H10	4段运行时间 T4	0.0 ~ 3200.0	s	2.0	√	
H11	5段运行时间 T5	0.0 ~ 3200.0	s	2.0	√	
H12	6段运行时间 T6	0.0 ~ 3200.0	s	2.0	√	
H13	7段运行时间 T7	0.0 ~ 3200.0	s	2.0	√	
H14	1段加速时间 at1	0.1 ~ 3200.0	s	10.0	√	
H15	1段减速时间 dt1	0.1 ~ 3200.0	s	10.0	√	
H16	2段加速时间 at2	0.1 ~ 3200.0	s	10.0	√	
H17	2段减速时间 dt2	0.1 ~ 3200.0	s	10.0	√	
H18	3段加速时间 at3	0.1 ~ 3200.0	s	10.0	√	
H19	3段减速时间 dt3	0.1 ~ 3200.0	s	10.0	√	
H20	4段加速时间 at4	0.1 ~ 3200.0	s	10.0	√	
H21	4段减速时间 dt4	0.1 ~ 3200.0	s	10.0	√	
H22	5段加速时间 at5	0.1 ~ 3200.0	s	10.0	√	
H23	5段减速时间 dt5	0.1 ~ 3200.0	s	10.0	√	
H24	6段加速时间 at6	0.1 ~ 3200.0	s	10.0	√	
H25	6段减速时间 dt6	0.1 ~ 3200.0	s	10.0	√	
H26	7段加速时间 at7	0.1 ~ 3200.0	s	10.0	√	
H27	7段减速时间 dt7	0.1 ~ 3200.0	s	10.0	√	

(续)

功能代码	功能描述		设定范围						单位	出厂设定	更改限制	
H28	1 段速度加减速时间和运行方向	减速时间	千位	加速时间	百位	运行时间	十位	运行方向	个位	—	0	√
		×1s	0	×1s	0	×1s	0	正向	0			
		×30s	1	×30s	1	×10s	1					
		×600s	2	×600s	2	×100s	2	反向	1			
×3600s	3	×3600s	3	×1000s	3							
H29	2 段速度加减速时间和运行方向	减速时间	千位	加速时间	百位	运行时间	十位	运行方向	个位	—	0	√
		×1s	0	×1s	0	×1s	0	正向	0			
		×30s	1	×30s	1	×10s	1					
		×600s	2	×600s	2	×100s	2	反向	1			
×3600s	3	×3600s	3	×1000s	3							
H30	3 段速度加减速时间和运行方向	减速时间	千位	加速时间	百位	运行时间	十位	运行方向	个位	—	0	√
		×1s	0	×1s	0	×1s	0	正向	0			
		×30s	1	×30s	1	×10s	1					
		×600s	2	×600s	2	×100s	2	反向	1			
×3600s	3	×3600s	3	×1000s	3							
H31	4 段速度加减速时间和运行方向	减速时间	千位	加速时间	百位	运行时间	十位	运行方向	个位	—	0	√
		×1s	0	×1s	0	×1s	0	正向	0			
		×30s	1	×30s	1	×10s	1					
		×600s	2	×600s	2	×100s	2	反向	1			
×3600s	3	×3600s	3	×1000s	3							
H32	5 段速度加减速时间和运行方向	减速时间	千位	加速时间	百位	运行时间	十位	运行方向	个位	—	0	√
		×1s	0	×1s	0	×1s	0	正向	0			
		×30s	1	×30s	1	×10s	1					
		×600s	2	×600s	2	×100s	2	反向	1			
×3600s	3	×3600s	3	×1000s	3							

(续)

功能代码	功能描述		设定范围						单位	出厂设定	更改限制	
			千位	百位	十位	个位	运行方向	个位				
H33	6 段速度加减速时间和运行方向	减速时间	千位	加速时间	百位	运行时间	十位	运行方向	个位	—	0	√
		×1s	0	×1s	0	×1s	0	正向	0			
		×30s	1	×30s	1	×10s	1	反向	1			
		×600s	2	×600s	2	×100s	2	反向	1			
		×3600s	3	×3600s	3	×1000s	3					
H34	7 段速度加减速时间和运行方向	减速时间	千位	加速时间	百位	运行时间	十位	运行方向	个位	—	0	√
		×1s	0	×1s	0	×1s	0	正向	0			
		×30s	1	×30s	1	×10s	1	反向	1			
		×600s	2	×600s	2	×100s	2	反向	1			
		×3600s	3	×3600s	3	×1000s	3					

表 5-6 F69 输入/输出参数

功能代码	功能描述	设定范围		单位	出厂设定	更改限制	
o00	V2 输入滤波时间	2 ~ 200		ms	10	√	
o01	V2 输入最小电压	0.00 ~ o02		V	0.00	√	
o02	V2 输入最大电压	o01 ~ 10.00		V	10.00	√	
o03	I2 输入滤波时间	2 ~ 200		ms	10	√	
o04	I2 输入最小电流	0.00 ~ o05		mA	0.00	√	
o05	I2 输入最大电流	o04 ~ 20.00		mA	20.00	√	
o06 o07	DA1 输出端子 DA2 输出端子	不动作		0	—	0	√
		给定频率		1			
		实际频率		2			
		实际电流		3			
		输出电压		4			
		母线电压		5			
		IGBT 温度		6			

(续)

功能代码	功能描述	设定范围		单位	出厂设定	更改限制
o06 o07	DA1 输出端子 DA2 输出端子	输出功率	7	—	0	√
		输出转速	8			
		转矩实际值	9			
o08	DA1 输出下限调整	0.0 ~ o09		%	0.0	√
o09	DA1 输出上限调整	o08 ~ 100.0		%	100.0	√
o10	DA2 输出下限调整	0.0 ~ o11		%	0.0	√
o11	DA2 输出上限调整	o10 ~ 100.0		%	100.0	√
o12	DFM 倍数调整	1 ~ 20		—	1	√
o13 o14 o15 o16 o17 o18	输出信号选择 1 输出信号选择 2 输出信号选择 3 输出信号选择 4 输出信号选择 5 输出信号选择 6	无功能	0	—	0	√
		故障报警	1			
		过电流检测	2			
		过载检测	3			
		过电压检测	4			
		欠电压检测	5			
		低载检测	6			
		过热检测	7			
		有命令运行状态	8			
		PID 反馈信号异常	9			
		电动机反转状态	10			
		设定频率到达	11			
		上限频率到达	12			
		下限频率到达	13			
		FDT 频率设定 1 到达	14			
		FDT 频率水平检测	15			
		零速运行	16			
		位置到达	17			
		PG 错误	18			
程序运行一周完成	19					

(续)

功能代码	功能描述	设定范围		单位	出厂设定	更改限制			
o13 o14 o15 o16 o17 o18	输出信号选择 1 输出信号选择 2 输出信号选择 3 输出信号选择 4 输出信号选择 5 输出信号选择 6	速度追踪模式检测	20	—	0	√			
		无命令运行状态	21						
		变频器命令反转	22						
		减速运行	23						
		加速运行	24						
		高压力到达	25				—	0	√
		低压力到达	26				—	0	√
		变频器额定电流到达	27				—	1	√
		电机额定电流到达	28				—	8	√
		输入下限频率到达	29						
		FDT 频率设定 2 到达	30						
		L/O 故障代码输出	31 *						
		DFM 位数频率输出	32 *						
o19	最小输入频率	0.00 ~ F13	F03 = 0	—	0.00	√			
		0.0 ~ F13	F03 = 1		0.0				
o20	最大输入频率	0.00 ~ F13	F03 = 0	—	50.00	√			
		0.0 ~ F13	F03 = 1		500.0				

表 5-7 F70 电流环参数

功能代码	功能描述	设定范围	单位	出厂设定	更改限制
C00	检测滤波时间	2 ~ 200	ms	10	√
C01	参考值滤波时间	2 ~ 200	ms	10	√
C02	电流环积分时间	0 ~ 9999	ms	500	√
C03	电流环比例增益	0 ~ 1000	%	100	√
C04	转矩上限值	0.0 ~ 200.0	%	80.0	√
C05	励磁给定值	0.0 ~ 100.0	%	☆	√

表 5-8 F71 速度环参数

功能代码	功能描述	设定范围	单位	出厂设定	更改限制
d00	速度环滤波时间	2 ~ 200	ms	10	√
d01	速度环积分时间	0.01 ~ 100.00	s	0.25	√
d02	速度环微分时间	0.000 ~ 1.000	s	0.000	√
d03	速度环比例增益	0 ~ 1000	%	100	√

表 5-9 F72 PID 参数

功能代码	功能描述	设定范围				单位	出厂设定	更改限制
		异常处理	十位	调节方式	个位			
P00	PID 调节方式	警告继续运行	1	负作用	0	—	10	×
		警告减速停车	2	正作用	1			
		警告自由停车	3					
P01	输出频率限制	0 ~ 110				%	100	×
P02	反馈信号选择	外接端子 IF;0 ~ 20mA			0	—	2	×
		外接端子 IF;4 ~ 20mA			1			
		外接端子 VF;0 ~ 10V			2			
		外接端子 VF;1 ~ 5V			3			
P03	给定信号选择	外接端子 I2;0 ~ 20mA			0	—	3	×
		外接端子 I2;4 ~ 20mA			1			
		外接端子 V2;0 ~ 10V			2			
		键盘输入			3			
		RS485 输入			4			
		键盘电位器给定			5			
P04	键盘给定信号值	0.0 ~ 100.0				%	50.0	√
P05	PID 积分时间	0.01 ~ 100.00				s	0.25	√
P06	PID 微分时间	0.000 ~ 1.000				s	0.000	√
P07	PID 比例增益	0 ~ 1000				%	100	√
P08	PID 故障检测时间	0.0 ~ 3200.0				s	300.0	√

表 5-10 F73 变频器系统参数

功能代码	功能描述	设定范围		单位	出厂设定	更改限制	
y00	出厂值重置	不恢复	0	—	0	×	
		恢复	1				
y01	故障历史记录 1	通过按下[PRG]和[▲/▼]键， 可以查询故障发生时刻的频率、 电流和运行状态		—	—	×	
y02	故障历史记录 2						
y03	故障历史记录 3						
y04	故障历史记录 4						
y05	故障历史记录 5						
y06	故障记录复位	无动作	0	—	0	√	
		复位	1				
y07	额定输出电流	0.1 ~ 1000.0		A	☆	×	
y08	额定输入电压	100 ~ 1140		V	☆	×	
y09	产品系列	70	0	3	—	☆	×
		家族代号 产品系列 输入电压等级					
y10	软件版本	—		—	—	×	
y11	波特率	波特率是 1200	0	—	3	×	
		波特率是 2400	1				
		波特率是 4800	2				
		波特率是 9600	3				
		波特率是 19200	4				
		波特率是 38400	5				
y12	本机通信地址	1 ~ 128		—	8	×	
y13	累计时间设定	开机后自动清零	0	—	1	√	
		开机后继续累加	1				
y14	累计时间单位	小时	0	—	0	√	
		天	1				
y15	产品日期 - 年	YYYY		—	—	×	
y16	产品日期 - 月日	MMDD		—	—	×	

(续)

功能代码	功能描述	设定范围		单位	出厂设定	更改限制	
y17	管理员解码输入	0 ~ 9999		设定范围	—	—	√
		记录密码输入 错误次数		显示内容			
y18	管理员密码输入	0 ~ 9999		设定范围	—	—	√
		未设定密码 或解码 输入正确	deco	显示内容			
		参数已经 锁定	code				

表 5-11 F74 电动机参数

功能代码	功能描述	设定范围		单位	出厂设定	更改限制
b00	电动机极对数	1 ~ 8		—	2	×
b01	电动机额定电流	$y07 \times (30\% \sim 120\%)$		A	☆	×
b02	电动机额定电压	100 ~ 1140		V	☆	×
b03	电动机额定转速	500 ~ 5000		rpm	1500	×
b04	电动机额定频率	0.00 ~ F13	F03 = 0	Hz	50.0	×
		0.0 ~ F13	F03 = 1		500.0	
b05	电动机空载电流	0.0 ~ b01		A	☆	×
b06	定子电阻	0.000 ~ 30.000		Ω	☆	×
b07	转子电阻	0.000 ~ 30.000		Ω	☆	×
b08	漏感	0.0 ~ 3200.0		mH	☆	×
b09	互感	0.0 ~ 3200.0		mH	☆	×
b10	PG 脉冲数	100 ~ 9999		—	2048	×
b11	PG 断线时动作	继续运行	0	—	0	×
		警告减速停车	1			
		警告自由停车	2			
b12	PG 转动方向	电动机正转时 A 相	0	—	0	×
		电动机正转时 B 相	1			

(续)

功能代码	功能描述	设定范围		单位	出厂设定	更改限制
b13	电动机参数测量	不进行测量	0	—	0	×
		运行前进行测量	1			
b14	转速监视增益	0.1 ~ 2000.0		%	100.0	√
b15	比例联动系数	0.10 ~ 10.00		—	1.00	√
b16	Reserved	0		—	0	×
b17	Reserved	0		—	0	×

二、普传 PI7800、PI7600 系列变频器功能参数说明

1. 基本参数组

F00 监视选择 出厂设定值：0

可设置为 0 ~ 15，分别对应于以下 16 种监视对象：

0：给定频率，频率设定方式下设定的频率。

1：实际频率，变频器当前的输出频率。

2：电动机实际电流，电动机电流的检测值。

3：电流百分比，电动机实际电流和额定电流的百分比。

4：直流母线电压，直流母线上电压的检测值。

5：变频器输出电压，变频器的实际输出电压。

6：电动机实际转速，电动机实际运行速度。运行状态下，电动机实际转速 = $60 \times \text{实际输出频率} \times \text{转速监视增益} / \text{电动机极对数}$ 。

例如：实际输出频率 50.00Hz，转速监视增益 b14 = 100.0%，电动机极对数 b00 = 2，则电动机实际转速 = 1500rpm。

停止状态下，根据残压检测电动机转速，刷新速度 500ms。

电动机实际转速 = $60 \times \text{残压频率} \times \text{转速监视增益} / \text{电动机极对数}$ 。

7：累计运行时间

变频器每次运行时间的累计和，以小时或天为单位。

例如：如果 LED 显示值为 10.31，y14 设为 0（以小时为单位），则表示该机器运行实际时间是 10 小时 18 分 36 秒；如果 LED 显示值是 20.03，y14 设为 1，（以天为单位）则表示该机器运行实际时间是 20 天 43 分 12 秒。

- 8: IGBT 温度 $^{\circ}\text{C}$ ，检测到的变频器内 IGBT 的温度。
- 9: PID 给定值，PID 调节运行时的给定值百分比。
- 10: PID 反馈值，PID 调节运行时的反馈值百分比。
- 11: 电机输出功率，电动机实际输出功率百分比。
- 12: 励磁分量给定值，电动机给定励磁分量百分比。
- 13: 励磁分量实际值，电动机实际励磁分量百分比。
- 14: 转矩分量给定值，电动机给定转矩分量百分比。
- 15: 转矩分量实际值，电动机实际转矩分量百分比。

F01 控制模式 出厂设定值: 0

控制模式的选择，可设置为 0~2。

0: 无 PG V/F 控制，V/F 空间电压矢量控制。

1: 带 PG V/F 控制，V/F 空间电压矢量控制 + 转速传感器。

2: 带 PG 矢量控制，矢量控制 + 转速传感器。

F02 给定频率 出厂设定值: 50.00/500.0Hz

设定的运行频率，可以是下限频率到上限频率之间的任意一个频率。

F03 频率倍数设置 出厂值设定: 0

由相关参数 (F02、F13、F14、F16、F17、F22、F26、F31、F32、F33、F34、F37、F38、F39、F40、F58、F59、F60、H00、H01、H02、H03、H04、H05、H06 等) 设定的频率，实际执行时还应考虑和计算 F03 设置的倍数。F03 = 0 时，倍数为 1；F03 = 1 时，倍数为 10。例如 F13 最大频率这个参数的设定范围为 10.00 ~ 300.00Hz。如果 F03 = 0，则倍数为 1，设定范围维持不变。如果 F03 = 1，则倍数为 10，设定范围变为 100.0 ~ 800.0Hz。注意此处其中的 300Hz 并没有增大 10 倍成为 3000Hz，这是因为变频器最大输出频率只能达到 800.00Hz 的缘故。

F04 频率设定模式 出厂设定值: 0

频率的设定方式，可设定为 0~19，分别对应如下：

0: 键盘或 RS485 设定。

1: 模拟输入 V2 设定频率。

2: 模拟输入 I2 设定频率。

3: 模拟输入 V2 和 I2 同时作用。

4: 上升/下降控制方式 1。

5: 程序运行。

不受反转禁止限制，其运行方向由多段速度运行方向（H28 ~ H34）的设定和端子 FWD/REV 来确定，见 H28 ~ H34 多段速度运行方向的相关说明。

6: 摆频运行，按摆频运行设置运行。

7: PID 调节方式。

8: 键盘电位器给定，频率通过键盘电位器进行设定。

9: V2 正反转给定，模拟输入信号 V2 用作正反转频率给定信号，当 V2 大于 o01（V2 输入最小电压）时，该信号设定正转频率；当 V2 小于 o01 时，该信号设定反转频率。V2 正反转给定的示意图如图 5-3 所示。

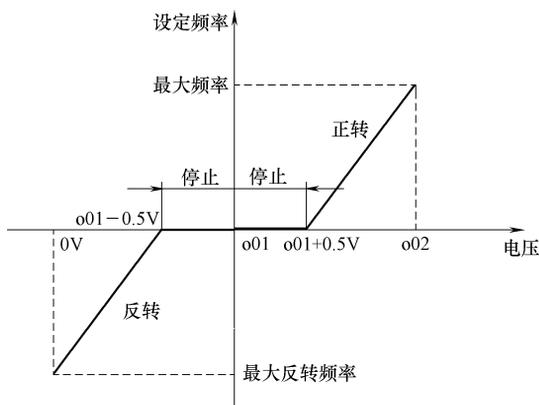


图 5-3 V2 正反转给定

10: 键盘电位器正反转给定。

11: V2 比例联动微调，见比例联动相关说明。

12: I2 比例联动微调，见比例联动相关说明。

13: 上升/下降控制方式 2，见上升/下降控制方式 1 中的相关说明。

14: 上升/下降控制方式 3，见上升/下降控制方式 1 中的相关

说明。

15: 上升/下降控制方式 4, 见上升/下降控制方式 1 中的相关说明。

16: 上升/下降控制方式 5, 见上升/下降控制方式 1 中的相关说明。

17: 上升/下降控制方式 6, 见上升/下降控制方式 1 中的相关说明。

18: V2 + PID 调节方式, 见 PID 调节方式相关说明。

19: I2 + PID 调节方式, 见 PID 调节方式相关说明。

F05 运行控制模式 出厂设定值: 0

停止和运行指令的控制方式。

0: 键盘 + RS485/CAN 控制。

1: 键盘 + 端子 + RS485/CAN 控制。

外部信号对端子的控制, 边沿触发有效, 下降沿执行正/反转命令, 上升沿执行停止命令。

注意, 此时 F62 = 0 即端子控制模式选择标准运转控制有效。

2: RS485/CAN 控制。

3: 端子控制, 电平触发。F62 = 0/1/2 有效。

4: 比例联动控制

使用比例联动功能, 主机需要将本机通讯地址设置为 128。即将变频器设定为比例联动中的主变频器, 一个比例联动应用中, 只有一台主变频器。

使用比例联动功能, 从机需要将本机通信地址设置为 0 ~ 127, 从变频器的运行状态受主变频器控制。

从变频器设定频率 = 比例联动系数 × 主变频器频率 + 电位器微调值。

从变频器设定频率范围: F22 最小运行频率 ~ F13 最大频率。

F06 波形产生模式 出厂设定值: 1

PWM 波形的产生方式。

0: 异步空间矢量 PWM。

1: 分段同步空间矢量 PWM, 谐波最小化。

2: 两相优化空间矢量 PWM, 开关损耗最小化。

F07 自动转矩提升 出厂设定值: 0%

该参数用于改善变频器低频特性, 在低频段运行时对变频器输出电压进行提升补偿。

提升电压计算公式如下:

提升电压 = 电机额定电压 × (变频器当前输出电流 / 2 倍电机额定电流) × F07。

转矩提升后的曲线如图 5-4 所示。

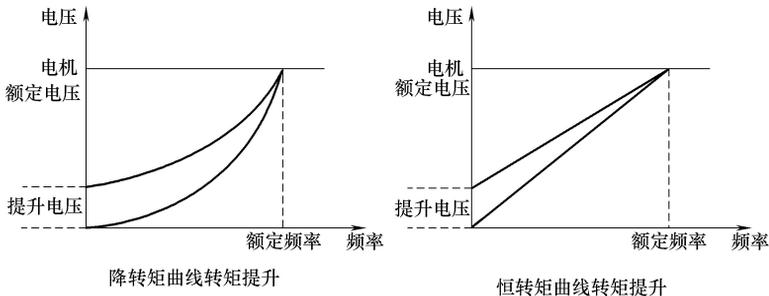


图 5-4 转矩提升后的曲线

F08 V/F 提升方式 出厂设定值: 2

所谓“V/F 提升”, 就是在变频器输出频率较低时, 相应提升输出电压, 从而调整负载转矩。本参数可设置 0 ~ 61 共 62 种 V/F 提升方式, 其中, 0 ~ 20 适合恒转矩负载, 21 ~ 40 适合 1.5 次方递减转矩负载, 41 ~ 50 适合平方递减转矩负载, 51 ~ 60 适合三次方递减转矩负载, 61 用户自定义。转矩提升示意图如图 5-5 所示。图中 f_{base} 是基本频率, U_n 额定电压。

F09 加速时间 出厂设定值: 10.0s

从 0Hz 到最大频率的加速时间, 见图 5-6。

F10 减速时间 出厂设定值: 10.0s

从最大频率到 0Hz 的减速时间, 见图 5-6。

实际的加减速时间还要在该设定的加减速时间基础上乘以一个时间倍数, 该时间倍数由时间单位设置 F56 的十位决定, 见 F56 相关说明。

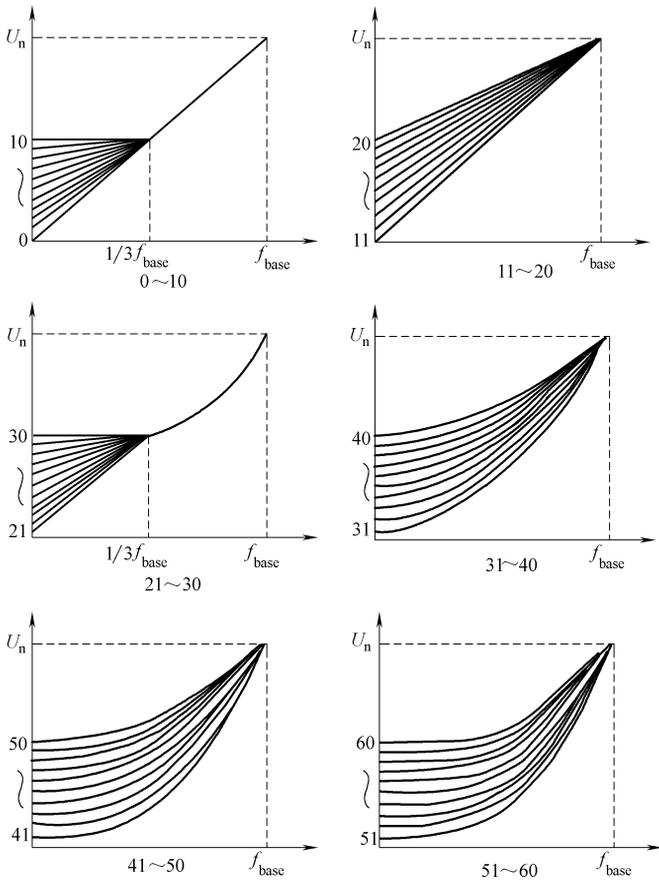


图 5-5 V/F 提升方式示意图

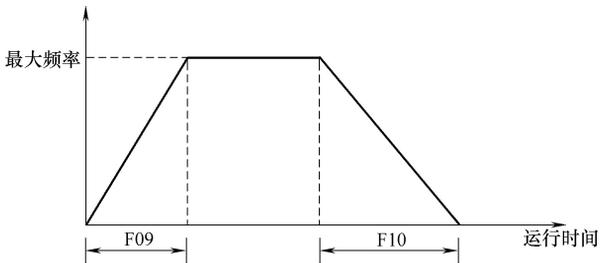


图 5-6 加速时间和减速时间

F11 转差补偿 出厂设定值: 0%

当变频器驱动异步电机时，负载增加，滑差增大，该参数可设定补偿频率，降低滑差，使电机在额定电流下运转速度更接近同步转速。设定值为0，无转差补偿功能。

使用转差补偿功能需正确设定 b01 电机额定电流、b05 电动机空载电流。

计算公式如下：补偿频率 = 转差补偿 × 额定频率 × $(I_{MX} - I_{M0}) / (I_{MN} - I_{M0})$

其中：

I_{MX} 电动机实际工作电流

I_{MN} 电动机额定电流

I_{M0} 电动机空载电流

F12 输出电压百分比 出厂设定值：100%

实际输出电压和额定输出电压的百分比。

用于调整输出电压，输出电压 = 变频器额定输出电压 × 输出电压百分比。

F13 最大频率 出厂设定值：50.00/500.0Hz

变频器调速所允许输出的最大频率，也是加/减速时间设定的依据。

此参数的设定，应考虑电机的调速特性及能力。

F14 基本频率 出厂设定值：50.00/500.0Hz

对应不同基频的电动机选用此功能。基本 V/F 特性曲线如图 5-7 所示。

F15 载波频率 出厂设定值：见表 5-12。

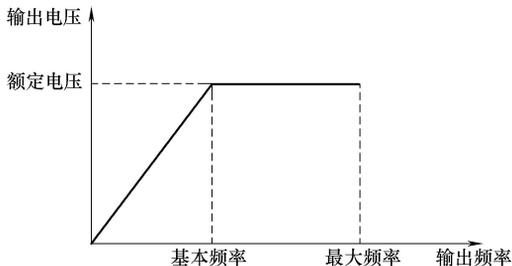


图 5-7 基本 V/F 特性曲线

此功能主要用于改善变频器运转中可能出现的噪声及振动现象。载波频率较高时，电流波形比较理想，电动机噪声小。在需要静音的场所非常适用。但此时主元器件的开关损耗较大，整机发热较多，效率下降，出力减小。与此同时无线电干扰较大，高载波频率运用时的另一问题就是电容性漏电流增大，装有漏电保护器时可能引起其误动作，也可能引起过电流的发生。

当低载波频率运行时，则与上述现象大体相反。

不同的电动机对载波频率的反应也不相同。最佳的载波频率也需按实际情况进行调节而获得。但随着电动机容量的增大，载波频率应该选得较小。

载波频率出厂值与功率的关系如表 5-12。

表 5-12 载波频率出厂值与功率的关系

功率/kW	0.4 ~ 18.5	22 ~ 30	37 ~ 55	75 ~ 110	132 ~ 200	220 以上
载波/kHz	8.0	7.0	4.0	3.6	3.0	2.5

注意：载波频率越大，整机的温升就越高。

载波频率与电动机噪声、电气干扰、开关损耗的关系如表 5-13 所示。

表 5-13 载波频率与电动机噪声、电气干扰、开关损耗的关系

电动机噪声	电气干扰	载波频率/kHz	开关损耗
大	小	1.0	小
↓	↓	8.0	↓
小	大	16.0	大

F16 下限频率 出厂设定值：0.00/0.0Hz

输出频率的下限。

F17 上限频率 出厂设定值：50.00/500.0Hz

输出频率的上限。

当频率设定指令高于上限时，运转频率为上限频率；当频率设定指令低于下限频率时，运转频率为下限频率。起动处于停止状态的电机时，变频器输出从 0Hz 开始按照一段加速时间向着上限或设定的

频率加速。停止电动机时，从运行频率开始按照减速时间向 0Hz 作减速。示意图如图 5-8 所示。

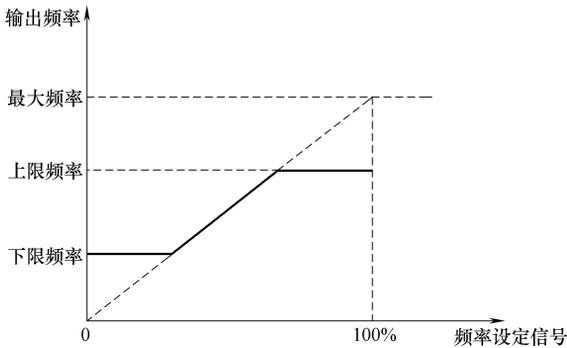


图 5-8 下限频率和上限频率

F18 S 曲线加速起始段 出厂设定值：0.0%

F19 S 曲线加速停止段 出厂设定值：0.0%

F20 S 曲线减速起始段 出厂设定值：0.0%

F21 S 曲线减速停止段 出厂设定值：0.0%

正常的变频器有多种加减速模式，变频器厂家在产品出厂时给出的是最基本的一种直线模式，其他的模式就要用户根据现场的要求来设定。例如：单 S 线，双 S 线，单倒 L 线，双倒 L 线等；那么，F18 ~ F21 的参数就是调整以上几种模式的参数，这 4 个参数调整的时间区间依次对应着图 5-9 中 T_1 （加速时间）的 1 段、3 段和 T_2 （减速时间）的 3 段、1 段时间， T_1 和 T_2 的 2 段时间都为直线的加、减速的时间，不可改变。

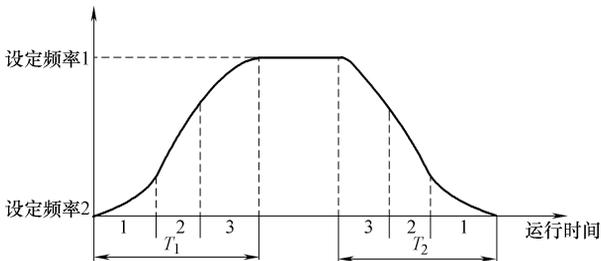


图 5-9 参数 F18 ~ F21 调整后双 S 形加减速曲线

如果仅加速时需要单 S 线模式，减速还是直线的模式，只需将 F18 和 F19 的参数更改就行。图 5-9 是双 S 线的加减速模式，此时上述 4 个参数均需设定。双倒 L 加减速模式的参数只需更改 F19 和 F20 的参数，其他的两个参数不动。

图 5-9 中的设定频率 2 是起始的 0Hz 或下限的设定频率，设定频率 1 就是恒速的频率。加减速的时间都是从最小到最大频率之间的所用的时间，而不是一段频率内的时间。

F22 最小运行频率 出厂设定值：0.00/0.0Hz

设定频率低于最小运行频率时，变频器将停止运转，也就是说，当设定频率小于最小运行频率时，都判定设定频率为零。

“最小运行频率”较“下限频率”具有优先权。仅当最小运行频率设为 0Hz 时，下限频率具有优先权。具体如图 5-10 所示。

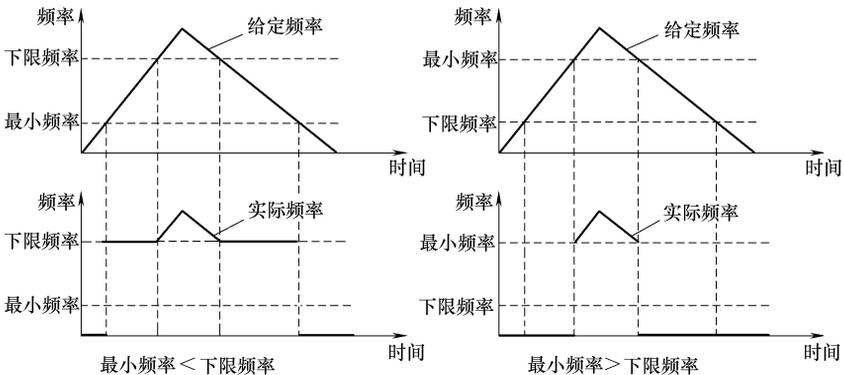


图 5-10 最小运行频率

F23 直流制动电流 出厂设定值：100%

参数设定直流制动时送入电动机的直流制动电流值的百分比。此数值是以变频器额定电流为基准，即变频器额定电流对应 100%。设置过程中，务必由小慢慢增大，直到得到足够的制动转矩，而且不能超过电动机的额定电流。

F24 起动制动时间 出厂设定值：0.0s

起动时直流制动电压的持续时间，如图 5-11a 所示。

F25 停止制动时间 出厂设定值：0.0s

停止时直流制动电压的持续时间，如图 5-11b 所示。

F26 制动起始频率 出厂设定值：0.00/0.0Hz

变频器在减速到此频率时，停止输出 PWM 波形，开始输出直流制动波形，如图 5-11b 所示。

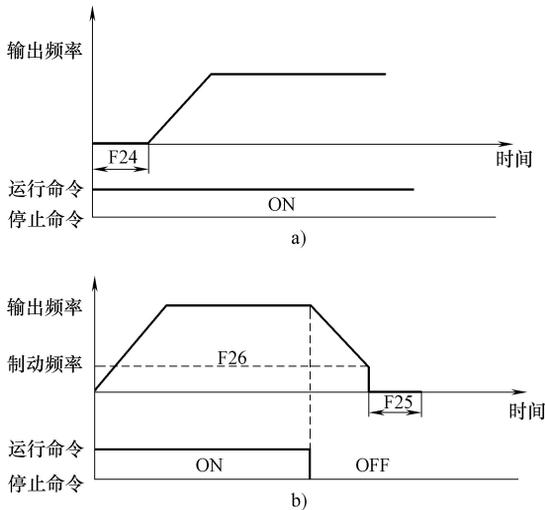


图 5-11 参数 F24、F25 和 F26 的功能示意图

a) 启动制动时间 F24 b) 制动起始频率 F26 和停止制动时间 F25

F27 停止方式设定 出厂设定值：0

当变频器接收到“停止”的指令后，变频器将依此参数的设定控制电机的停止方式。

0：减速停车方式，变频器根据参数所设定的减速时间，以设定的减速模式减速至最低频率后停止。

1：自由停车方式，变频器接收到“停止”的指令后立即停止输出，电机依负载惯性自由运转至停止。

F28 寸动加速时间 出厂设定值：10.0s

从 0Hz 加速到最大频率的时间。变频器从 0Hz 加速到寸动频率所需的时间小于寸动加速时间，如图 5-12 所示。

F29 寸动减速时间 出厂设定值：10.0s

从最大频率到 0Hz 的减速时间，变频器从寸动频率减速到 0Hz

所需的时间小于寸动减速时间，见图 5-12。

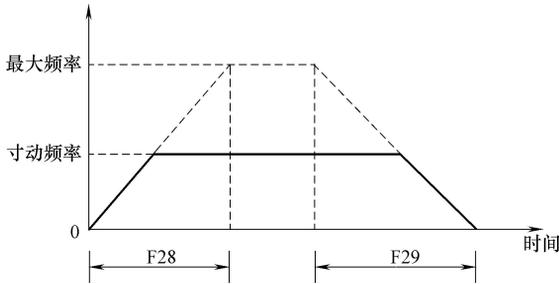


图 5-12 寸动加减速时间

实际的寸动加减速时间还要在该设定的加减速时间基础上乘以一个时间倍数，该时间倍数由时间单位设置 F56 的十位（加速时）和百位（减速时）决定，详见 F56 相关说明。

F30 寸动功能设置 出厂设定值：00

寸动功能设置的方法见表 5-14。

表 5-14 寸动功能设置的方法

寸动结束方式	十位	说明
停止运行	0	寸动结束时停止运行
恢复寸动前状态	1	寸动结束时恢复寸动前状态
方向	个位	说明
正向	0	寸动正向运行
反向	1	寸动反向运行

F31 寸动频率设定 出厂设定值：6.00/60.0Hz

寸动频率设定范围为下限频率到上限频率。

F32 摆频运行频率 1 出厂设定值：40.00/400.0Hz

F33 摆频运行频率 2 出厂设定值：20.00/200.0Hz

F34 摆频运行差频 1 出厂设定值：2.00/20.0Hz

F35 摆频运行定时 T_1 出厂设定值：2.0s

F36 摆频运行定时 T_2 出厂设定值：2.0s

根据摆频 f_1 、摆频 f_2 、 Δf 、 T_1 、 T_2 计算加减速时间，如图 5-13

所示。

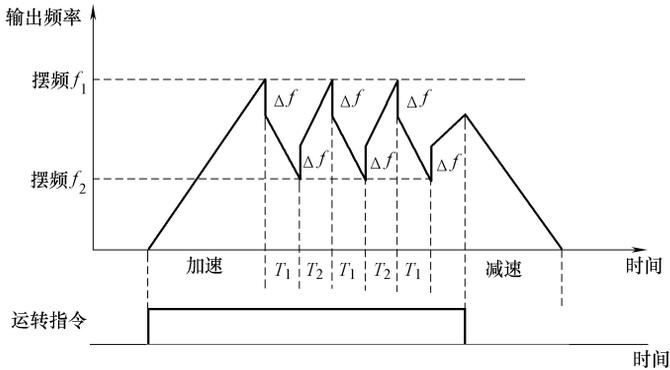


图 5-13 摆频运行

F37 回避频率 1 出厂设定值：0.00/0.0Hz

F38 回避频率 2 出厂设定值：0.00/0.0Hz

F39 回避频率 3 出厂设定值：0.00/0.0Hz

F40 回避频率范围 出厂设定值：0.00/0.0Hz

运转中要避免机械系统固有有振动点所致共振时，可使用回避方式跳过此共振频率。最多可设置 3 个共振频率点执行回避。

回避频率范围是以回避频率为基准向上和向下回避的频率范围。

在加减速过程中，变频器的输出频率可正常穿越回避频率区。

回避频率和回避频率范围示意图如图 5-14 所示。

F41 自动稳压功能 出厂设定值：0

CPU 自动检测变频器直流母线电压并做出实时优选处理，当电网电压波动时，输出电压波动很小，其 V/F 特征始终接近额定输入电压时的设定状态。

0：无该功能。

1：有该功能。

2：有该功能，但减速时不用。

F42 过电压失速保护 出厂设定值：1

0：此功能无效

1：此功能有效

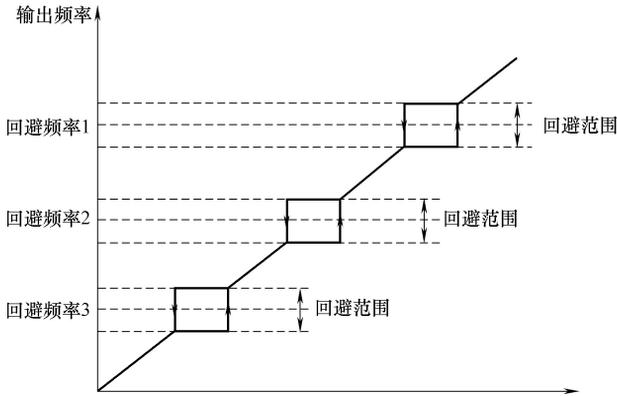


图 5-14 回避频率和回避频率范围

当变频器减速时，由于电动机负载惯量的影响，电动机会产生回馈电压至变频器内部，导致直流侧电压升高并超过最大允许值。当选择过电压失速保护功能有效时，变频器对直流侧电压进行检测，如果该电压过高，变频器会停止减速（输出频率保持不变），直到直流侧电压低于设定值时，变频器才会再执行减速。

带制动的机种及外接能耗制动单元时此功能应设为“0”。

过电压失速保护功能示意图如图 5-15 所示。由该图可见，图 5-15a 中的直流电压超过基准线时，图 5-15b 中的输出频率停止变化；图 5-15a 中的直流电压低于基准线时，图 5-15b 中的输出频率执行降频减速。

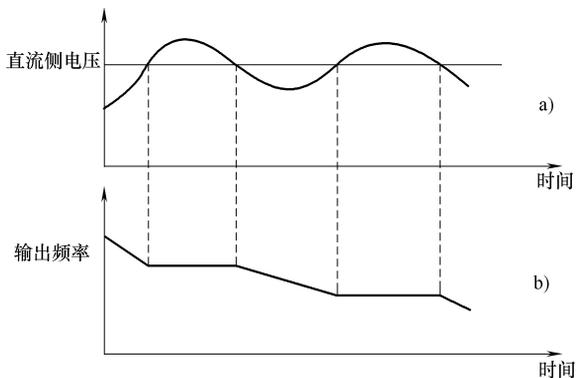


图 5-15 过电压失速保护

F43 电流限幅功能 出厂设定值：0

0：此功能无效

1：此功能有效

此功能设定有效时，当变频器执行加速时，由于加速过快或电动机负载过大，变频器输出电流会急速上升，超过电流限幅值时（G/S型为额定电流的140%，F型为120%，Z/M/T型为170%，H型为230%），变频器会停止加速，当电流低于电流限幅值时，变频器才继续加速。

此功能设定有效时，当变频器执行稳速运行时，由于电动机负载过大，变频器输出电流会急速上升，超过电流限幅值时（G/S型为额定电流的140%，F型为120%，Z/M/T型为170%，H型为230%），变频器会降低输出频率，当电流低于电流限幅值时，变频器重新加速至设定频率。

电流限幅功能示意图见图5-16。由图5-16a可见，当变频器输出电流大于某一数值时，输出频率停止升高保持不变，输出电流减小后，输出频率继续升高。由图5-16b可见，当变频器执行稳速运行致使变频器输出电流大于某一数值时，变频器会降低输出频率，当电流低于电流限幅值时，变频器重新加速至设定频率。

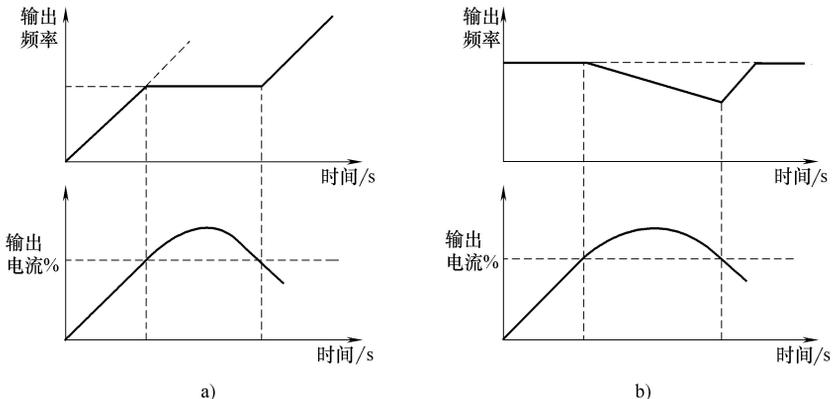


图 5-16 电流限幅功能

F44 转速追踪选择 出厂设定值：0

该参数用于选择变频器追踪方式。

0: 无转速追踪, 即从 0Hz 或起动频率开始起动。

1: 掉电追踪, 当变频器瞬间掉电重新起动时, 以电动机当前速度和方向继续运行。参见图 5-17a。

2: 起动追踪, 在上电时先检测电动机速度和方向, 直接以电动机当前的速度和方向运行。参见图 5-17b。

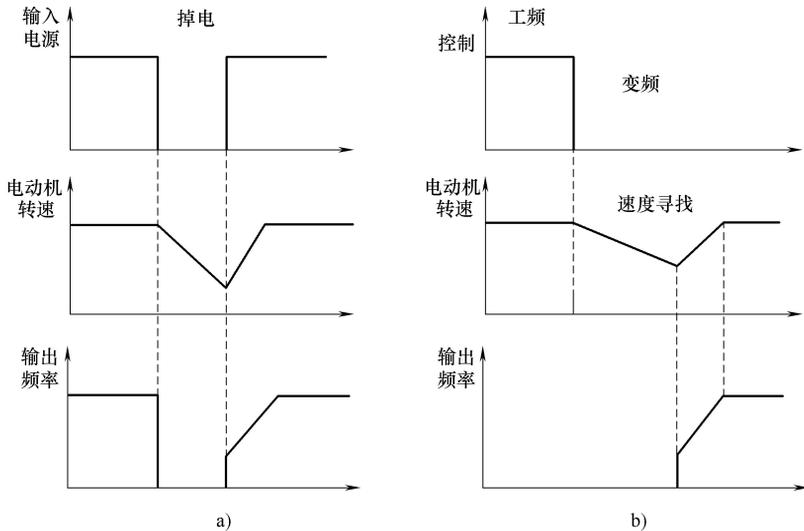


图 5-17 转速追踪选择功能

a) 掉电追踪状态 b) 起动追踪状态

F45 电子热保护选择 出厂设定值: 1

该功能是在电动机没有使用其他热继电器的情况下, 出现过热时保护电动机。变频器使用一些参数计算电动机的温升, 同时判断使用的电流是否造成电动机过热。当选择电子热保护功能时, 变频器在检测到过热后关断输出同时显示保护信息。

0: 不选择该功能

1: 选择该功能

F46 电子热保护等级 出厂设定值: 见下文

该参数出厂值 F 型为 120%, G/S 型为 150%, Z/M/T 型为 180%, H 型为 250%。

这是变频器诊断电动机过热时设定的电流等级。当电流为额定电

动机电流与该参数的乘积时，变频器在 1min 之内保护，即 1min 内过热保护的实际控制电流为额定电流的 F46 倍。参见图 5-18。

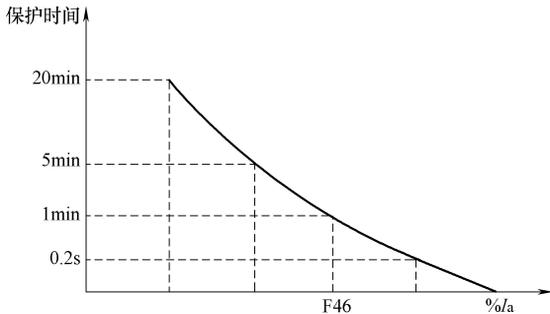


图 5-18 电子热保护等级

F47 能耗制动选择 出厂设定值：0

0：无。

1：安全式，只在变频器减速过程中，且检测到直流母线高压超过预定值时，实行能耗制动。

2：一般式，变频器在任何状态下，只要检测到直流母线高压超过预定值时，实行能耗制动。

当变频器运行于急减速状态或负载较大波动时，可能出现过电压或过电流。这种现象在负载惯量相对较大时更容易发生。变频器内部检测到直流母线高压超过一定值时，输出制动信号通过外接制动电阻实行能耗制动。用户可以选择带制动功能选件的机种来应用此功能。

F48 故障重置次数 出厂设定值：0

变频器运行中，发生过电流（OC）、过电压（OU）时，可以自动复位后重新以故障前设定状态运行。重置次数以此参数设定为准，最多可设定 10 次，当设定为 0 时，则故障后不执行自动重置功能。但若为直流主电路主继电器故障（MCC）或欠电压（LU）故障，此故障重置次数为无效。

当故障重启正常运行时间超过 36s 后，恢复原设定的故障重置次数。

当故障发生时间超过 10s，则不再执行故障重置功能。

F49 故障重置时间 出厂设定值：1.0s

设定故障自动重置的时间间隔。故障停机后，检测到无故障时间

大于故障重置时间，则执行故障自动重置。

F50 程序运行方式 出厂设定值：0

0：单循环后停车。

1：连续无限循环，接收到 STOP（停止）指令后停车。

2：单循环结束后依最后的段速连续运行，接收到 STOP（停止）指令后停车。

程序运行三种方式分别介绍如下：

F50 设置为 0 时为程序运行单循环模式，该模式功能为按照参数设定的各段运行频率及加减速时间，运行一个循环后停机结束。如图 5-19 所示。

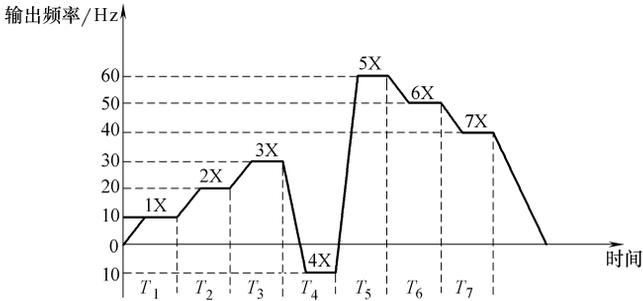


图 5-19 程序运行单循环模式

F50 设置为 1 时为程序运行连续循环模式，该模式功能为按照参数设定的各段运行频率及加减速时间，运行一个循环后接着运行下一个循环，直至接收到停机指令，如图 5-20 所示。

F50 设置为 2 时为程序运行中单循环结束后，依最后一段（图 5-21 中为第七段）速度持续运行的模式，该模式功能是，按照参数设定的各段运行频率及加减速时间，运行一个循环后，继续以最后一段的速度持续运行，直至接收到停机指令，如图 5-21 所示。

F51 程序运行再启动 出厂设定值：00

程序运行中，停机和停机后再启动的方式（包括正常停机和故障重置）。

F51 设置为 00：以停机前段参数设置停机；再启动时以第一段速度运行，如图 5-22 所示。

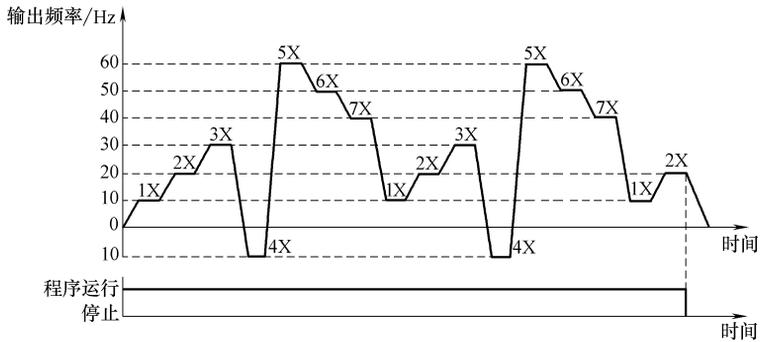


图 5-20 程序运行连续循环模式

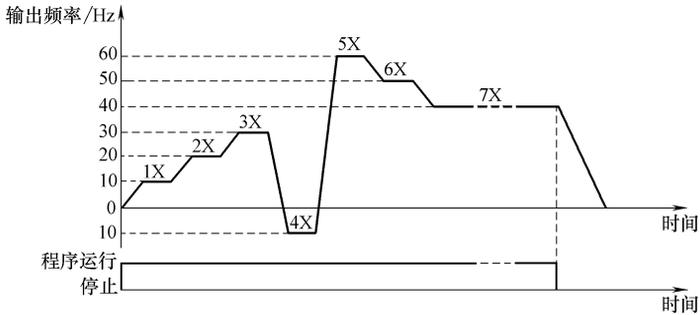


图 5-21 程序运行单循环后按七段速度运行模式

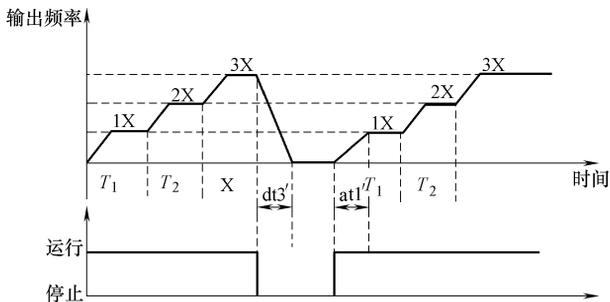


图 5-22 F51 设置为 00 时

F51 设置为 01：以停机前段参数设置停机；再起动时以停机前所运行的段速运行，如图 5-23 所示。

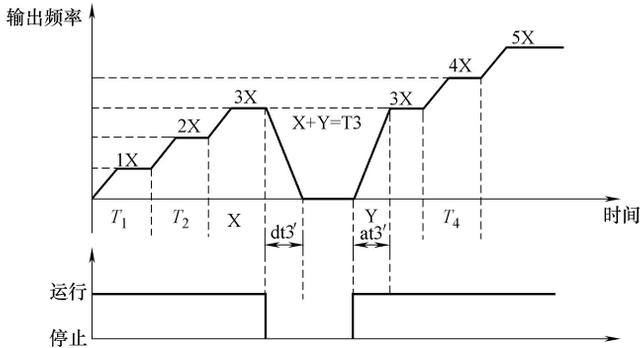


图 5-23 F51 设置为 01 时

F51 设置为 1X (十位设成 1, 个位无效): 以第一段参数设置停机; 再起动时以第一段速度运行, 如图 5-24 所示。

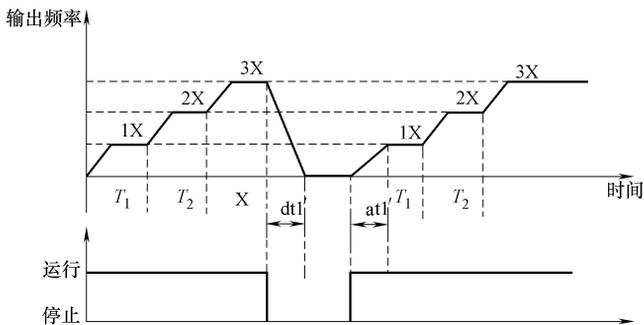


图 5-24 F51 设置为 1X 时

注: 在图 5-22 ~ 图 5-24 中, 有

at1': 以一段加速时间加速所用的时间。

dt1': 以一段减速时间减速所用的时间。

at3': 以三段加速时间加速所用的时间。

dt3': 以三段减速时间减速所用的时间。

F52 RST 输入信号选择 出厂设定值: 0

0: 仅故障状态下作为复位输入信号, 正常状态下无效。

1: 正常状态下作为外部故障输入信号, 故障状态下作为复位输

入信号。

作为外部故障输入信号时，RST 端子与 COM 闭合即认为外部故障有效；作为复位信号时先闭合，再断开。

F53 风扇起动温度（可选）出厂设定值：0.0℃

设定风扇起动温度。当实际温度高于此设定温度时风扇动作。

F54 电动机运行方向 出厂设定值：0

0：正转命令使电动机逆时针转。

1：正转命令使电动机顺时针转。

F55 电动机反转禁止 出厂设定值：0

0：可以反转。

1：禁止反转。

F56 时间单位设置 出厂设定值：0

实际运行时间单位调整。其中个位定义运行时间单位，十位定义加速时间（加速时间 F09、寸动加速时间 F28）单位，百位定义减速时间（减速时间 F10、寸动减速时间 F29）单位，具体定义见表 5-15。

表 5-15 时间单位设置定义

加减速时间	十、百位	表示范围(比如 F09, F10 = 3200.0)
× 1s	0	3200.0s
× 30s	1	3200.0 × 30 = 96000 秒 = 1600min
× 600s	2	3200.0 × 600 = 32000 分 = 533.33h
× 3600s	3	3200.0 × 3600 = 192000 分 = 3200h

F57 节能运行百分比 出厂设定值：100%

该参数描述节能运行最小输出电压百分比。在恒速运转中，变频器可以由负载状况自动计算最佳输出电压供给负载。在加减速过程中不进行此类计算。节电功能通过降低输出电压，提高功率因数达到节电的目的，此参数确定输出电压最小降低值；如此参数设定为 100%，则表示节电运转方式关闭。

节能有效时，变频器的实际电压输出值 = 变频器的额定输出电压 × 输出电压百分比 × 节能运转时节能输出电压百分比。

F58 FDT 频率设定 1 出厂设定值: 0.00/0.0Hz

F59 FDT 频率设定 2 出厂设定值: 0.00/0.0Hz

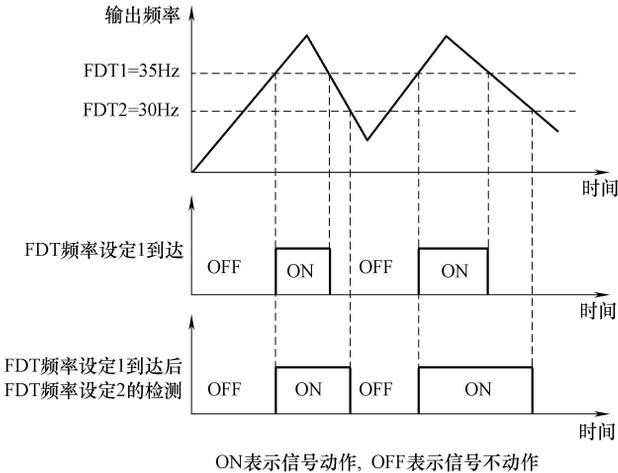


图 5-25 F58、F59 功能说明

当输出信号选择 (o13 ~ o18, 详见“其他参数组”中“F69-输入/输出参数组”关于 o13 ~ o18 的说明) 设为 14 时, 变频器输出频率到达或超过 FDT 频率设定 1 时, 相应输出信号端子动作; 变频器输出频率低于此参数所设定的频率时, 相应输出信号端子不动作。参见图 5-25。

当输出信号选择 (o13 ~ o18) 设为 15 时, 首先检测 FDT 频率设定 1, 当变频器输出频率到达或超过 FDT 频率设定 1 时, 相应输出信号端子动作; 端子动作后, 检测 FDT 频率设定 2, 当变频器输出频率低于 FDT 频率设定 2 时, 相应输出信号端子不动作。

例如: 设 FDT 频率设定 1 为 35Hz, FDT 频率设定 2 为 30Hz, 则输出信号端子如图 5-25 所示。

F60 频率检测幅度 出厂设定值: 0.00/0.0Hz

该参数定义频率检测幅度, 用于调整 I/O 输出功能。此功能是在 o13 ~ o18 项设定为 11 (设定频率到达) 时, 依据 F02 给定的频率使相应输出信号端子动作。例如: F60 = 3.00Hz, F02 = 40.00Hz 时, 则

频率升至 37.00Hz 时就会有信号端子动作。也就是说在达到设定频率的前 3.00Hz 的时候就有信号输出了，一直到所设定的频率都一直保持信号的输出。此参数应根据运行现场的技术要求来决定是否设定。无需设定时则执行出厂默认值。

F61 负载类型 出厂设定值：0

该参数定义负载类型，系统根据负载类型自动调整参数，以满足不同负载的特殊控制要求。负载类型设定不当，可能会造成设备损坏。

0：通用

1：水泵

2：风机

3：注塑机

4：纺织机

5：提升机

6：磕头机

7：皮带输送机

8：变频电源

9：双泵恒压供水

10：三泵恒压供水

11：四泵恒压供水

12：转矩控制

13：稳压电源

14：恒流电源

F62 端子控制模式 出厂设定值：0

该参数设定端子运行控制模式。

0：标准运行控制。

1：二线制运行控制。

2：三线制运行控制 1。

3：三线制运行控制 2。

4：三线制运行控制 3。

F62 = 0 时的标准运行控制方式见图 5-26，触头短接时运行，断

开时停车。触头 FWD/STOP 短接时为正转运行，触头 REV/STOP 短接时为反转运行。

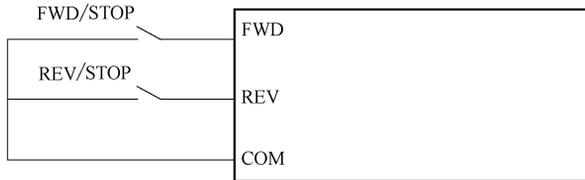


图 5-26 标准运行控制方式

F62 = 1 时的二线制运行控制方式如图 5-27 所示，触头短接时运行，断开时停车。触头 RUN/STOP 短接为正转运行，在没有断开触头 RUN/STOP 时，要反转运行可以直接短接 FWD/REV。变频器有正转直接转换成反转运行的功能。

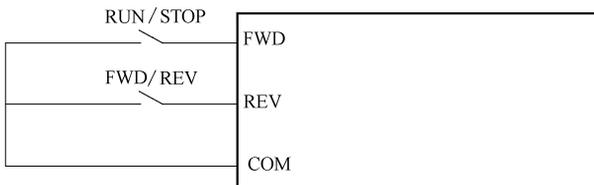


图 5-27 二线制运行控制方式

F62 = 2, 3, 4 时的三线制运行控制方式 1、2、3 如图 5-28 所示。这几种控制方式为电平触发，无需将触头持续短接。按一下 RUN 为正转运行；按一下 REV/FWD 为反转运行，按一下 STOP 停车。

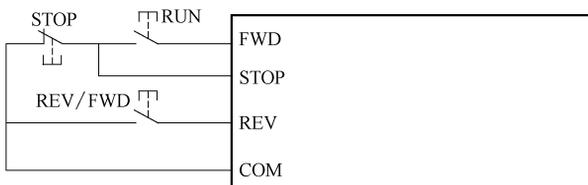


图 5-28 三线制运行控制方式 1、2、3

F63 MSS 端子功能选择 出厂设定值：0

该参数定义 SS1、SS2、SS3 端子功能。

0: 无功能。

1: MSS 多段速度控制。仅 F04 为 0, 1, 2, 3, 8, 9, 10 时 MSS 多段速度有效, 多段速度优先。

电平触发, 低电平有效, MSS 端子功能选择参照 F68 参数组。

2: MSS 多段加速度控制。仅 F04 为 0, 1, 2, 3, 8, 9, 10 时 MSS 多段加速度有效。

电平触发, 低电平有效, MSS 端子功能选择参照 F68 参数组。

3: 寸动正反转控制 + PID 正负作用切换。

4: 频率设定模式切换, 见表 5-16。

表 5-16 频率设定模式切换

SS3	SS2	SS1	频率设定模式切换
OFF	OFF	OFF	程序运行(F04 = 5)以第一段速度运行(F51 = 0)
OFF	OFF	ON	I2(F04 = 2)
OFF	ON	OFF	V2(F04 = 1)
OFF	ON	ON	PID 调节方式(F04 = 7)
ON	OFF	OFF	程序运行(F04 = 5)以停机前段速度运行(F51 = 1)
ON	OFF	ON	V2 + I2(F04 = 3)
ON	ON	OFF	键盘或 RS485
ON	ON	ON	键盘电位器

注: SS1、SS2、SS3 与 COM 断开为 OFF, SS1、SS2、SS3 与 COM 短接为 ON。

5: 转矩上限切换 (在 F61 = 12 转矩控制模式下有效), 见表 5-17。

表 5-17 转矩上限切换

SS3	SS2	SS1	转矩上限切换
ON	OFF	OFF	转矩上限由 C04 定义
ON	OFF	ON	转矩上限由 H00 和 C04 定义
ON	ON	OFF	转矩上限由 H01 和 C04 定义
ON	ON	ON	转矩上限由 H02 和 C04 定义

H00, H01, H02 定义转矩上限百分比:

转矩上限 = $[\text{H00}(\text{或 H01、H02})/\text{最大频率}] \times \text{C04} \times 100\%$

例如：最大频率 = 130Hz，C04 = 200%

H00 = 100Hz，则转矩上限 = $(100/130) \times 200\% = 153.8\%$

H01 = 80Hz，则转矩上限 = $(80/130) \times 200\% = 123.0\%$

H02 = 40Hz，则转矩上限 = $(40/130) \times 200\% = 61.5\%$

如果给定 20Hz，则对应的转矩给定值见表 5-18。

表 5-18 转矩给定值

SS3	SS2	SS1	转矩上限	转矩给定值
ON	OFF	OFF	200.0%	$(20/130) \times 200.0 = 30.7$
ON	OFF	ON	153.8%	$(20/130) \times 153.8 = 23.6$
ON	ON	OFF	123.0%	$(20/130) \times 123.0 = 18.9$
ON	ON	ON	61.5%	$(20/130) \times 61.5 = 9.4$

注意：在 F01 = 2 矢量控制方式并且 F61 = 12 转矩控制模式下，SS3 端子可以用来切换矢量速度控制与矢量转矩控制（F63 可以为 0 ~ 5）。

SS3 = ON：矢量转矩控制。

SS3 = OFF：矢量速度控制。

6：MSS 定时运行功能。

利用 MSS 端子的脉冲信号进行运行时间设定。运行时间随最后到达的端子脉冲信号进行更新，不累积。运行时间包括加速时间，不包括减速时间。

7：控制模式切换功能，见表 5-19。

表 5-19 控制模式切换功能

相关运行参数		SS1	SS2	SS3
控制模式 F01 = 0: VF 方式 (SS3 停机有效)	0 键盘或电位器	0	0	0
	1 段速度	1	0	0
	2 段速度	0	1	0
	3 段速度	1	1	0

(续)

相关运行参数		SS1	SS2	SS3
控制模式 F01 = 2: 矢量控制 + PG (SS3 停机有效)	0 键盘或电位器	0	0	1
	1 段速度	1	0	1
	2 段速度	0	1	1
	3 段速度	1	1	1

8: 程序运行段复位。

F04 = 5 程序运行模式下，利用端子 SS3 复位当前程序运行的段数，见表 5-20 和图 5-29。

表 5-20 程序运行段复位

SS3	程序运行段复位
OFF	程序运行正常运行
ON	程序运行段复位到第一段参数设置

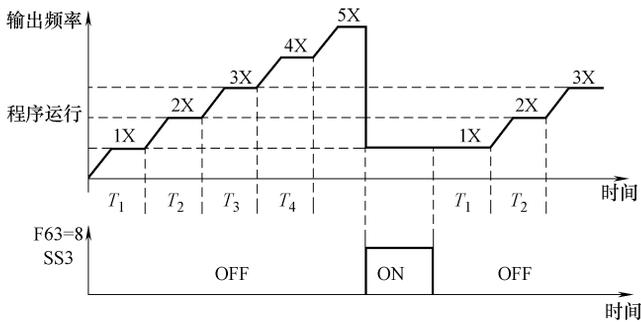


图 5-29 程序运行段复位

9: PID 调节模式切换，见表 5-21。

表 5-21 PID 调节模式切换

SS3	SS2	SS1	功能说明	
无作用	OFF	OFF	F04 = 1	V2 频率设定方式
无作用	OFF	ON	F04 = 18	V2 + PID 调节方式
无作用	ON	OFF	F04 = 2	I2 频率设定方式
无作用	ON	ON	F04 = 19	I2 + PID 调节方式

F64 输入端子极性 出厂设定值: 0

该参数用于选择每一个端子在哪种极性下有效和配置上电时端子运行命令是否有效。

变频器的功能端子 SS1、JOG、FWD、REV、SS2、SS3、FRE 和 RST 与一个二进制数列各位的对应关系如图 5-30。该数列从右至左共 9 位，每一位都有自己的权，即 2 的 n 次方。根据各位的权可以计算出这个二进制数列的十进制对应值，这个十进制的对应值就是参数 F64 的设置值。图 5-30 方框中的 0~8 只是这个二进制数列从右至左的序号，它的实际值只能是 0 或者 1。这 9 位二进制数的设置原则可参见表 5-22 和表 5-23。

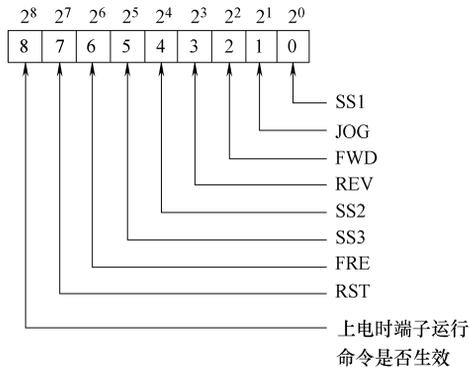


图 5-30 功能端子与二进制数列各位的对应关系

表 5-22 0~7 位设置

设置 0~7 位	输入端子极性	设置 0~7 位	输入端子极性
0	低电平有效(闭合)	1	高电平有效(断开)
	下降沿有效,上升沿无效		上升沿有效,下降沿无效

表 5-23 第 8 位设置

设置 8 位	上电时端子运行命令是否生效
0	变频器上电过程中,即使检测到 FWD/REV/JOG 运行命令端子有效,变频器也不会运行,系统处于运行保护状态,直到全部撤销运行命令端子。再次使能运行命令端子 FWD/REV/JOG,变频器才会运行。
1	变频器上电过程中,检测到 FWD/REV/JOG 运行命令端子有效,变频器会按命令运行。注意,用户一定要慎重选择该功能,可能会造成严重的后果。

图 5-31 是根据表 5-22、表 5-23 的设置原则和现场的应用需求作出的设置结果，据此我们可以计算 F64 的设置值：

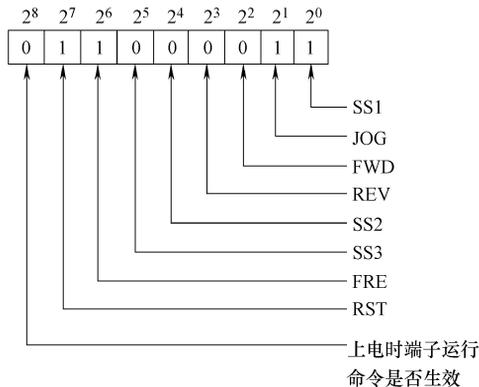


图 5-31 F64 参数设置举例

$$\begin{aligned}
 F64 &= \text{bit}8 \times 2^8 + \text{bit}7 \times 2^7 + \text{bit}6 \times 2^6 + \cdots + \text{bit}1 \times 2^1 + \text{bit}0 \times 2^0 \\
 &= 0 \times 2^8 + 1 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\
 &= 128 + 64 + 2 + 1 \\
 &= 195
 \end{aligned}$$

因此，可以将 F64 设置为 195。

费了这么多周折将一个 9 位的二进制数转换为 3 位的十进制数，是因为操作面板上的显示器显示位数有限，不能显示 9 位二进制数。

F65 监视选择 2 出厂设定值：1

F66 监视选择 3 出厂设定值：2

这两个参数用于选择第二和第三监视对象，范围是 0 ~ 15（同 F00 监视对象），在使用 JP6E7800 和 JP6C7800 型键盘时有效。

2. 其他参数组

其他参数组涉及如下参数，下面给以介绍。

F67 U/f 曲线设置

F68 MSS 多段速度控制

F69 输入/输出参数组选择

F70 电流环参数组选择

- F71 速度环参数组选择
- F72 PID 组选择
- F73 变频器系统参数组选择
- F74 电动机参数组选择

在这几个参数组下，选择期望的组后，按操作面板上的 PRG 键进入。

1) F67 U/f 曲线设置

本参数组通过 U00 ~ U15 对变频器的 U/f 曲线进行设置，可对照图 5-32。

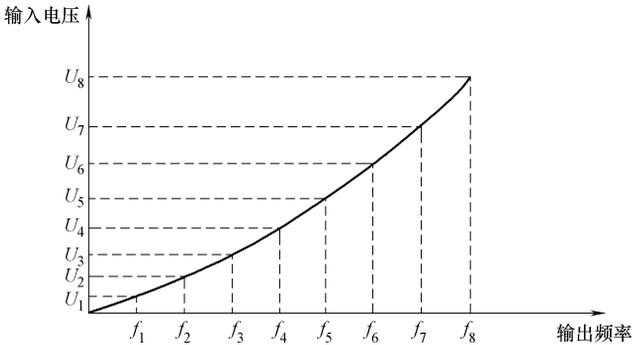


图 5-32 U/f 曲线设置

U00 U/f 设定频率 1 出厂设定值：5.00/50.0Hz

用户设定 U/f 曲线的第一个频率值，与图 5-32 中的 U_1 对应。

U01 U/f 设定电压 1 出厂设定值：5%

用户设定 U/f 曲线的第一个电压百分比，以变频器额定输出电压 100% 为参考依据，与图 5-32 中的 f_1 对应。

U02 U/f 设定频率 2 出厂设定值：10.00/100.0Hz

用户设定 U/f 曲线的第二个频率值，与图 5-32 中的 U_2 对应。

U03 U/f 设定电压 2 出厂设定值：10%

用户设定 U/f 曲线的第二个电压百分比，以变频器额定输出电压 100% 为参考依据，与图 5-32 中的 f_2 对应。

U04 U/f 设定频率 3 出厂设定值：15.00/150.0Hz

用户设定 U/f 曲线的第三个频率值，与图 5-32 中的 U_3 对应。

U05 U/f 设定电压 3 出厂设定值：15%

用户设定 U/f 曲线的第三个电压百分比，以变频器额定输出电压 100% 为参考依据，与图 5-32 中的 f_3 对应。

U06 U/f 设定频率 4 出厂设定值：20.00/200.0Hz

用户设定 U/f 曲线的第四个频率值，与图 5-32 中的 U_4 对应。

U07 U/f 设定电压 4 出厂设定值：20%

用户设定 U/f 曲线的第四个电压百分比，以变频器额定输出电压 100% 为参考依据，与图 5-32 中的 f_4 对应。

U08 U/f 设定频率 5 出厂设定值：25.00/250.0Hz

用户设定 U/f 曲线的第五个频率值，与图 5-32 中的 U_5 对应。

U09 U/f 设定电压 5 出厂设定值：25%

用户设定 U/f 曲线的第五个电压百分比，以变频器额定输出电压 100% 为参考依据，与图 5-32 中的 f_5 对应。

U10 U/f 设定频率 6 出厂设定值：30.00/300.0Hz

用户设定 U/f 曲线的第六个频率值，与图 5-32 中的 U_6 对应。

U11 U/f 设定电压 6 出厂设定值：30%

用户设定 U/f 曲线的第六个电压百分比，以变频器额定输出电压 100% 为参考依据，与图 5-32 中的 f_6 对应。

U12 U/f 设定频率 7 出厂设定值：35.00/350.0Hz

用户设定 U/f 曲线的第七个频率值，与图 5-32 中的 U_7 对应。

U13 U/f 设定电压 7 出厂设定值：35%

用户设定 U/f 曲线的第七个电压百分比，以变频器额定输出电压 100% 为参考依据，与图 5-32 中的 f_7 对应。

U14 U/f 设定频率 8 出厂设定值：40.00/400.0Hz

用户设定 U/f 曲线的第八个频率值，与图 5-32 中的 U_8 对应。

U15 U/f 设定电压 8 出厂设定值：40%

用户设定 U/f 曲线的第八个电压百分比，以变频器额定输出电压 100% 为参考依据，与图 5-32 中的 f_8 对应。

2) F68: MSS 多段速度控制

H00 1 段速度设定 1X 出厂设定值：5.00/50.0Hz

H01 2 段速度设定 2X 出厂设定值：30.00/300.0Hz

- H02 3 段速度设定 3X 出厂设定值: 20.00/200.0Hz
 H03 4 段速度设定 4X 出厂设定值: 30.00/300.0Hz
 H04 5 段速度设定 5X 出厂设定值: 40.00/400.0Hz
 H05 6 段速度设定 6X 出厂设定值: 45.00/450.0Hz
 H06 7 段速度设定 7X 出厂设定值: 50.00/500.0Hz

分别设定程序运行和多段速度控制中的七段速度运行的频率, 通过端子 SS1、SS2、SS3 与 COM 短接编码组合实现七段速度/加速度。

端子台多段速度定义见表 5-24 (与 COM 短接为 ON, 断开为 OFF)。

表 5-24 端子台多段速度定义

速度 端子	1X	2X	3X	4X	5X	6X	7X
SS1	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
SS2	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON
SS3	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON

当 SS1, SS2, SS3 同时与 COM 断开时见表 5-25。

表 5-25 SS1, SS2, SS3 同时与 COM 断开时的情况

F04	设定频率	加速时间	减速时间
0	键盘给定	F09	F10
1	V2 给定	F09	F10
2	I2 给定	F09	F10
3	V2/I2 给定	F09	F10

- H07 1 段运行时间 T1 出厂设定值: 2.0s
 H08 2 段运行时间 T2 出厂设定值: 2.0s
 H09 3 段运行时间 T3 出厂设定值: 2.0s
 H10 4 段运行时间 T4 出厂设定值: 2.0s
 H11 5 段运行时间 T5 出厂设定值: 2.0s
 H12 6 段运行时间 T6 出厂设定值: 2.0s

H13 7 段运行时间 T7 出厂设定值：2.0s

实际的运行时间在该设定的多段运行时间的基础上还要乘以一个速度运行时间倍数，该时间倍数由时间单位设置 H28 ~ H34 的十位设定，见 H28 ~ H34 相关说明。

H14 1 段加速时间 at1 出厂设定值：10.0s

H15 1 段减速时间 dt1 出厂设定值：10.0s

H16 2 段加速时间 at2 出厂设定值：10.0s

H17 2 段减速时间 dt2 出厂设定值：10.0s

H18 3 段加速时间 at3 出厂设定值：10.0s

H19 3 段减速时间 dt3 出厂设定值：10.0s

H20 4 段加速时间 at4 出厂设定值：10.0s

H21 4 段减速时间 dt4 出厂设定值：10.0s

H22 5 段加速时间 at5 出厂设定值：10.0s

H23 5 段减速时间 dt5 出厂设定值：10.0s

H24 6 段加速时间 at6 出厂设定值：10.0s

H25 6 段减速时间 dt6 出厂设定值：10.0s

H26 7 段加速时间 at7 出厂设定值：10.0s

H27 7 段减速时间 dt7 出厂设定值：10.0s

分别设定七段速度的加/减速时间。每段加/减速时间决定到达该段速度的时间，加速则由该段速度的加速时间决定，减速则由该段速度的减速时间决定。实际每段加减速时间在该设定值的基础上还要乘以一个加减速时间倍数，该倍数由时间单位设置 H28 ~ H34 的千、百位决定，见 H28 ~ H34 相关说明。

多段速度加/减速时间定义如图 5-33 所示，即加减速的时间是从最小频率加速到最大频率之间，或从最大频率减速到最小频率之间所用的时间，而不是从一段频率加速（或减速）到另一个段速所需的时间。

图 5-33 中 at1 为一段加速时间，at2 为二段加速时间，dt2 为二段减速时间，dt3 为三段减速时间。

H28 1 段速度运行方向 出厂设定值：0000

H29 2 段速度运行方向 出厂设定值：0000

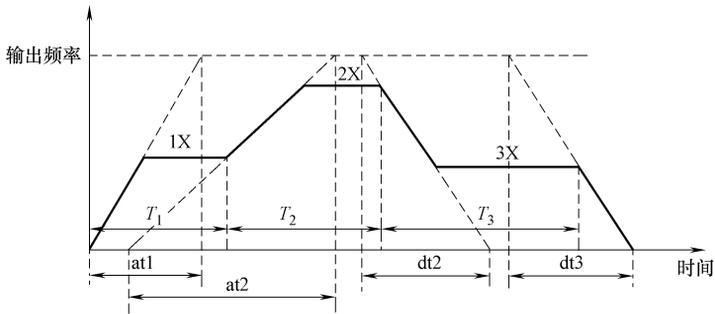


图 5-33 多段速运行时的加减速时间

H30 3 段速度运行方向 出厂设定值: 0000

H31 4 段速度运行方向 出厂设定值: 0000

H32 5 段速度运行方向 出厂设定值: 0000

H33 6 段速度运行方向 出厂设定值: 0000

H34 7 段速度运行方向 出厂设定值: 0000

程序运行多段速度运行时, 设定值中的个位设定每段速度运行的方向, 见表 5-26。

表 5-26 个位设定值的定义

个位设定值	运行方向
0	正向
1	反向

程序运行多段速度运行时, 千, 百, 十位定义加减速及运行时间的单位。其中千位定义减速时间单位, 百位定义加速时间单位, 十位定义运行时间单位。以一段速度为例, 具体定义见表 5-27。

表 5-27 千、百、十位设定值的定义

千, 百位设定值	加、减速时间	表示范围 (比如 H14, H15 = 3200.0)
0	$\times 1s$	3200.0s
1	$\times 30s$	$3200.0 \times 30 = 96000s = 1600min$
2	$\times 600s$	$3200.0 \times 600 = 32000min = 533.33h$
3	$\times 3600s$	$3200.0 \times 3600 = 192000min = 3200h$

(续)

十位设定值	运行时间	表示范围(比如 H07 = 3200.0)
0	× 1s	3200.0s
1	× 10s	3200.0 × 10 = 32000s = 533.33min
2	× 100s	3200.0 × 100 = 320000s = 5333.33min
3	× 1000s	3200.0 × 1000 = 3200000s = 888.88h

3) F69 输入/输出参数组

o00 V2 输入滤波时间 出厂设定值：10ms

V2 信号输入的滤波时间常数，可以是 2 ~ 200ms。时间参数设定过大，给定频率变化稳定，但响应速度变差；时间参数设置过小，给定频率显示不稳定，但响应速度变快。

o01 V2 输入最小电压 出厂设定值：0.00V

输入端子 V2 的最小输入电压，可以是 0 ~ V2 输入最大电压 (o02) 之间的任何一个值。

o02 V2 输入最大电压 出厂设定值：10.00V

输入端子 V2 的最大输入电压，可以是 V2 输入最小电压 (o01) 到 10V 之间的任何一个值。

o03 I2 输入滤波时间 出厂设定值：10ms

I2 信号输入的滤波时间常数，可以是 2 ~ 200ms。时间参数设定过大，给定频率变化稳定，但响应速度变差；时间参数设置过小，给定频率显示不稳定，但响应速度变快。

o04 I2 输入最小电流 出厂设定值：0.00mA

输入端子 I2 的最小输入电流，可以是 0 ~ I2 输入最大电流 (o05) 之间的任何一个值。

o05 I2 输入最大电流 出厂设定值：20.00mA

输入端子 I2 的最大输入电流，可以是 I2 输入最小电流 (o04) 到 20.00mA 之间的任何一个值。

例如：如果 V2 要求输入 1 ~ 5V 的电压，设置参数如下：o01 = 1V，o02 = 5V

如果 I2 要求输入 4 ~ 20mA 的电流，设置参数如下：o04 = 4mA，

o05 = 20mA

o06 DA1 输出端子 出厂设定值: 0

o07 DA2 输出端子 出厂设定值: 0

DA1 输出端子和 DA2 输出端子可参见图 5-2, 用来设定这两个端子输出信号的内容, 详见表 5-28。

表 5-28 DA1 和 DA2 的设定

设定值	输出内容	输出信号范围定义
0	不动作	无输出
1	给定频率	0 ~ 最大频率
2	实际频率	0 ~ 最大频率
3	实际电流	G/S:2 倍额定电流,F:1.5 倍额定电流, M/T/Z:2.5 倍额定电流,H:3 倍额定电流
4	输出电压	0 ~ 1.35 倍额定输入电压
5	母线电压	0 ~ 1.35 倍母线电压
6	IGBT 温度	0 ~ 80.0℃
7	输出功率	0 ~ 200%
8	输出转速	0 ~ 最大转速
9	转矩实际值	0 ~ 200% 转矩

o08 DA1 输出下限调整 出厂设定值: 0.0%

o09 DA1 输出上限调整 出厂设定值: 100.0%

o10 DA2 输出下限调整 出厂设定值: 0.0%

o11 DA2 输出上限调整 出厂设定值: 100.0%

此参数用于设定 DA1、DA2 输出信号的上下限值。

例如: 如果 DA1 要求输出 1 ~ 5V 的电压, 设置参数如下: o08 = 10.0%, o09 = 50.0%。

如果 DA2 要求输出 4 ~ 20mA 电流, 设置参数如下: o10 = 20.0%, o11 = 100.0%。

DA1 和 DA2 的输出示意图见图 5-34。

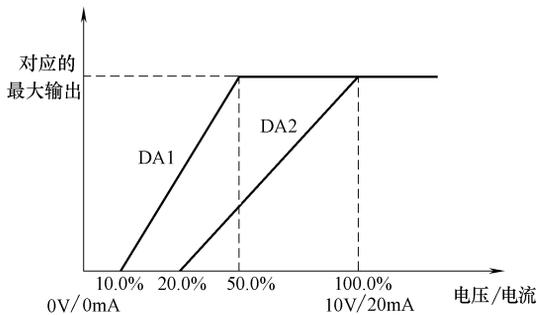


图 5-34 DA1 和 DA2 输出示意图

DA1 和 DA2 端子各有一个跳线选择插口 JP3 和 JP4，可选择电压输出或电流输出，见图 5-35。

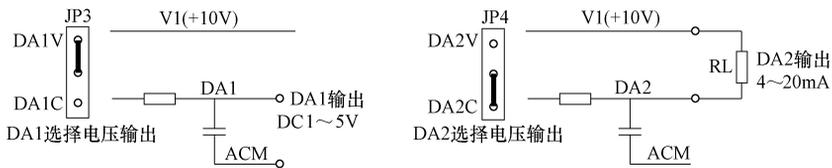


图 5-35 DA1 和 DA2 的输出信号

o12 DFM 倍数调整 出厂设定值：1

此参数可设定驱动器数位输出端子（DFM、ACM，见图 5-2）数位频率输出的信号（脉冲占空比为 50%）和输出信号端子 SPA、SPB、SPC、SPD（见图 5-2）的数位频率输出的信号。每秒钟输出的脉冲 = 输出频率 × o12。

DFM 倍数设定必须满足：最大输出频率 × o12 < 5000Hz。

- o13 输出信号选择 1 出厂设定值：0
- o14 输出信号选择 2 出厂设定值：0
- o15 输出信号选择 3 出厂设定值：0
- o16 输出信号选择 4 出厂设定值：0
- o17 输出信号选择 5 出厂设定值：1

o18 输出信号选择 6 出厂设定值：8

o13 ~ o18 用来选择输出信号 1 至输出信号 6（可参见图 5-2）的输出内容，见表 5-29。

当 o13 ~ o16 = 31 时，SPA、SPB、SPC、SPD 端子的输出状态见表 5-30。

表 5-29 o13 ~ o18 的设定

LED 设定值	输出内容	LED 设定值	输出内容
0	无功能	18	PG 错误
1	故障跳脱时报警	19	程序运行一周完成
2	过电流检测	20	速度追踪模式检测
3	过载检测	21	无命令运行状态
4	过电压检测	22	变频器命令反转
5	欠电压检测	23	减速运行
6	低载检测	24	加速运行
7	过热检测	25	高压力到达(F61 = 1, F04 = 7 时有效)
8	有命令运行状态		
9	PID 反馈信号异常	26	低压力到达(F61 = 1, F04 = 7 时有效)
10	电动机反转		
11	设定频率到达	27	变频器额定电流到达
12	上限频率	28	电机额定电流到达
13	下限频率	29	输入下限频率到达
14	FDT 频率设定 1 到达	30	FDT 频率设定 2 到达
15	FDT 频率水平检测	31	故障代码输出(限 o13 ~ o16 有效)
16	零速运行	32	位数频率输出(限 o13 ~ o16 有效)
17	位置到达		

当 o13 ~ o16 = 32 时，SPA、SPB、SPC、SPD 端子输出数位频率（集电极开路，工作周期 = 50%，即脉冲占空比为 50%）的信号，见图 5-36。每秒钟输出的脉冲 = 输出频率 × o12。

表 5-30 SPA、SPB、SPC、SPD 的端子输出状态

序号	LED 显示	故障信息	输出端子			
			SPD	SPC	SPB	SPA
1	OC_C	过电流信号来自电流检测电路	OFF	OFF	OFF	ON
2	OCFA	过电流信号来自驱动电路	OFF	OFF	ON	OFF
3	OC_2	输出过电流,电流超过电机额定电流的 1.5 ~ 3 (G/S;2;F;1.5;Z/M/T;2.5;H;3) 倍时保护	OFF	OFF	ON	ON
4	OU	过电压	OFF	ON	OFF	OFF
5	OL	过负载	OFF	ON	OFF	ON
6	PH_O	电源断相	OFF	ON	ON	OFF
7	OH	过热	OFF	ON	ON	ON
8	LU	欠电压	ON	OFF	OFF	OFF
9	UL	轻载预警	ON	OFF	OFF	ON
10	EEPr	EEPROM 错误	ON	OFF	ON	OFF
11	OC_P	系统受到干扰或瞬间过电流冲击	ON	OFF	ON	ON
12	E_FL	外部故障	ON	ON	OFF	OFF
13	PG	PG 错误	ON	ON	OFF	ON
14	PID	PID 调节故障	ON	ON	ON	OFF
15	DATE	超过使用期限	ON	ON	ON	ON

DFM 倍数设定必须满足：

最大输出频率 $\times \alpha 12 < 5000\text{Hz}$ 。

DFM 数位频率输出准确度：1%。

注意：对 PI7600 系列变频器，由于没有相应的输出端口，所以参数 $\alpha 15$ 、 $\alpha 16$ 、 $\alpha 18$ 无效。

$\alpha 19$ 最小输入频率 出厂设定值：0.00/0.0Hz

$\alpha 20$ 最大输入频率 出厂设定值：50.00/500.0Hz

定义模拟量输入量与频率的对应关系， $\alpha 19$ 最小输入频率为模拟量 V2，I2 给定最小电压/电流对应的频率， $\alpha 20$ 最大输入频率为模拟量 V2，I2 给定最大电压/电流对应的频率，此关系在 F04 设定为 1、

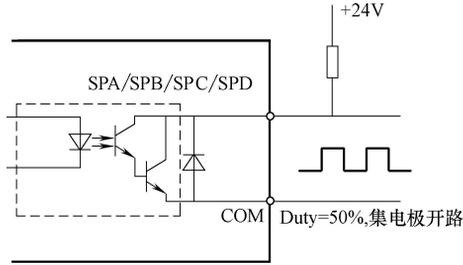


图 5-36 SPA/SPB/SPC/SPD 的输出信号

2、3 时有效。

当 $o19 < o20$ ，为正特性输入，当 $o19 > o20$ ，为逆特性输入。

如果 V2 要求输入 1 ~ 5V 的电压，对应 0.00 ~ 50.00Hz，设置参数如下：

$o01 = 1V$ ， $o02 = 5V$ ， $o19 = 0.00Hz$ ， $o20 = 50.00Hz$ 。

如果 I2 要求输入 4 ~ 20mA 的电流，对应 45.00 ~ 30.00Hz，设置参数如下：

$o04 = 4mA$ ， $o05 = 20mA$ ， $o19 = 45.00Hz$ ， $o20 = 30.00Hz$ 。

由上述参数设定的输入模拟量与输出频率的对应关系如图 5-37 所示。

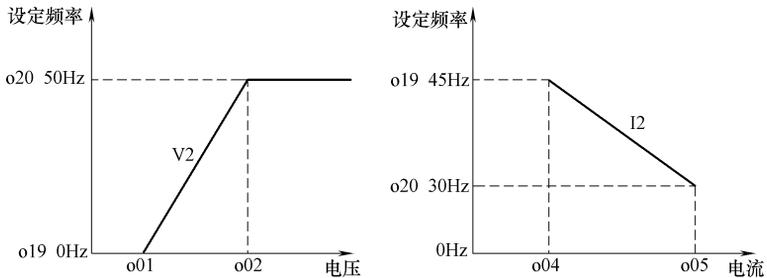


图 5-37 输入模拟量与输出频率的对应关系

4) F70 电流环参数组

C00 检测滤波时间 出厂设定值：10ms

检测到的滤波时间常数。该值过大，控制稳定，但反应慢；过小，系统反应快，但可能不稳定。设置该值时要同时考虑控制的稳定

性和反应速度。

C01 参考值滤波时间 出厂设定值：10ms

参考值滤波时间常数。该值过大，控制稳定，但反应慢；过小，系统反应快，但可能不稳定。

C02 电流环积分时间 出厂设定值：500ms

定义电流环积分时间。积分时间过大，反应迟钝，对外部干扰的控制能力变差；积分时间小时，反应速度快，过小时发生振荡。

C03 电流环比例增益 出厂设定值：100%

定义电流环比例增益。增益取大时，反应快，但过大将产生振荡；增益取小时，反应滞后。

C04 转矩上限值 出厂设定值：80.0%

该参数为一个比值，即用户可设置的最大的给定转矩。

C05 励磁给定值 出厂设定值：☆

该参数为一个比值，即电动机给定励磁分量/电动机的额定励磁分量。

设置b01电动机额定电流后，用于矢量控制的C04转矩上限值与C05励磁给定值会根据缺省的标准Y系列四极异步电动机参数进行计算。

5) F71 速度环参数组

d00 速度环滤波时间 出厂设定值：10ms

定义速度环滤波时间。范围是2~200ms。该值设置过大，控制稳定，但反应慢；设置过小，反应快，但可能不稳定。设置该值时要同时考虑控制的稳定性和反应速度。

d01 速度环积分时间 出厂设定值：0.25s

定义速度环的积分时间。范围是0.01~100.00s。积分时间过大，反应迟钝，对外部干扰的控制能力变差；积分时间小时，反应速度快，过小时发生振荡。

d02 速度环微分时间 出厂设定值：0.000s

定义速度环的微分时间。范围是0.000~1.000s。微分时间增大时，能使发生偏差时P动作引起的振荡很快衰减，但过大时，反而引起振荡；微分时间小时，发生偏差时的衰减作用小。

d03 速度环比例增益 出厂设定值：100%

定义速度环比例增益，范围是 0 ~ 1000%。增益取大时，反应快，但过大将产生振荡；增益取小时，反应滞后。

矢量控制 + PG 模式下，当输出频率 > 5.00Hz 时采用速度环 PID 参数；当输出频率 < 5.00Hz 时采用表 5-31 中的 PID 参数。

表 5-31 输出频率 < 5.00Hz 时的 PID 参数

功能代码	功能描述	设定范围	单位	出厂设定	更改限制
P05	PID 积分时间	0.01 ~ 100.00	s	0.25	是
P06	PID 微分时间	0.000 ~ 1.000	s	0.000	是
P07	PID 比例增益	0 ~ 1000	%	100	是

6) F72 PID 参数组

P00 PID 调节方式 出厂设定值：10

该参数十位选择 PID 反馈信号异常处理方式：

- 1：警告继续运行，反馈信号异常后继续运行。
- 2：警告减速停车，反馈信号异常后减速停车。
- 3：警告自由停车，反馈信号异常后自由停车。

该参数个位定义 PID 调节方式：

0：负作用，当 $\Delta > 0$ ，频率上升；当 $\Delta < 0$ ，频率下降。

1：正作用，当 $\Delta > 0$ ，频率下降；当 $\Delta < 0$ ，频率上升。

以上描述中， $\Delta = \text{给定信号} - \text{反馈信号}$ 。

当变频器接收到运行开始指令，变频器按 PID 调节控制方式对给定信号与端子台上的反馈信号比较后自动控制输出频率，如图 5-38 所示。

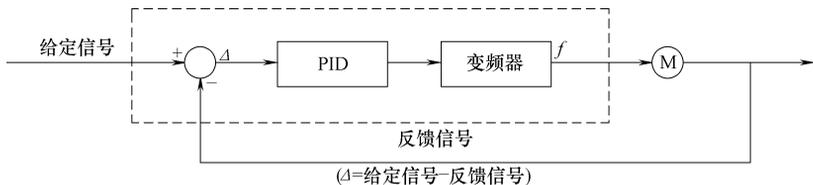


图 5-38 PI7600/PI7800 系列变频器 PID 调节流程

P01 输出频率限制 出厂设定值：100%

此值定义 PID 控制时输出频率的限制范围。

P02 反馈信号选择 出厂设定值：2

为 PID 控制选择反馈信号。

0：外接端子 IF，范围是 0 ~ 20mA，该反馈信号的滤波时间由 o03 控制。

1：外接端子 IF，范围是 4 ~ 20mA，该反馈信号的滤波时间由 o03 控制。

2：外接端子 VF，范围是 0 ~ 10V，该反馈信号的滤波时间由 o00 控制。

3：外接端子 VF，范围是 1 ~ 5V，该反馈信号的滤波时间由 o00 控制。

P03 给定信号选择 出厂设定值：3

为 PID 控制选择给定信号。

0：外接端子 I2，范围是 0 ~ 20mA。

1：外接端子 I2，范围是 4 ~ 20mA。

2：外接端子 V2，范围是 0 ~ 10V。

3：给定信号来自键盘输入。

4：给定信号来自 RS-485 输入。

5：给定信号来自键盘电位器。

P04 键盘给定信号值 出厂设定值：50.0%

当 P03 设置为 3 时，此参数为通过键盘设定给定压力值。0.0 ~ 100.0% 对应 0 到最大压力。

P05 PID 积分时间 出厂设定值：0.25s

设置范围为 0.01 ~ 100.00s。

积分时间决定 PID 调节器对 PID 反馈值和给定值的偏差进行积分调节的快慢。

积分时间定义为 PID 反馈值和给定值的偏差为 100% 时，积分调节器经过该时间连续调整输出为 $(P01 \times F13 \times 12.5\%)$ Hz（单向 PID 调节，忽略比例与微分作用）。

积分时间越大，响应越迟缓，对外部扰动的控制能力变差。积分

时间较小时，响应速度快。过小时，将发生振荡。

P06 PID 微分时间 出厂设定值：0.000s

设置范围为 0.000 ~ 1.000s。

微分时间决定 PID 调节器对 PID 反馈值和给定值的偏差的变化率进行调节的强度。

微分时间定义为 PID 反馈值和给定值的偏差的变化率在该时间内变化 100% 时，微分调节器的调节输出为 $(P01 \times F13 \times 12.5\%)$ Hz (单向 PID 调节，忽略比例与积分作用)。

微分时间越大，调节强度越大，系统越容易振荡。

P07 PID 比例增益 出厂设定值：100%

设置范围为 0 ~ 1000%。

比例增益决定 PID 调节器的调节强度，设置值越大，调节强度越大。

比例增益定义为 100%，PID 反馈值和给定值的偏差为 100% 时，PID 调节器的输出为 $(P01 \times F13 \times 12.5\%)$ Hz (单向 PID 调节，忽略积分与微分作用)。

比例增益是决定 PID 调节器对偏差响应程度的参数。增益取大时，响应快，但过大将产生振荡；增益取小时，响应滞后。

P08 PID 故障检测时间 出厂设定值：300.0s

设定范围为 0.0 ~ 3200.0s。

该值定义 PID 调节连续积分饱和的最长时间，超过此时间视为 PID 调节故障。

该参数设置为 0.0 表示无故障检测。

7) F73 变频器系统参数组

y00 出厂值重置 出厂设定值：0

0：不恢复

1：恢复

此参数设定有效时，所有功能参数均恢复到出厂前的设定值。

没有出厂值的参数项将继续保留原有设定值。

y01 故障历史记录 1

y02 故障历史记录 2

y03 故障历史记录 3

y04 故障历史记录 4

y05 故障历史记录 5

记录最近几次发生的故障，通过 PRG 键和增减键可查询故障发生时监视对象的数值。

故障状态下监视对象：

0：故障类型。由 LED 显示的故障代码查询故障类型见表 5-32 所示。

表 5-32 故障代码

序号	LED 显示	故障信息
0	OC-C	过电流信号来自电流检测电路
1	OCFA	过电流信号来自驱动电路
2	OC-2	输出过电流, 电流超过电动机额定电流的 1.5 ~ 3 (G/S;2;F;1.5;Z/M/T;2.5;H;3) 倍时保护
3	OU	过电压
4	OL	过载
5	PH-O	电源断相
6	OH	过热
7	LU	欠电压
8	UL	轻载预警
9	EEPr	EEPROM 错误
10	OC-P	系统受到干扰或瞬间过电流冲击
11	E-FL	外部故障
12	PG	PG 错误
13	PID	PID 调节故障
14	DATE	超过使用期限

1：故障时输出频率。故障发生时变频器的输出频率。

2：故障时输出电流。故障发生时实际输出电流。

3：故障时输出电压。故障发生时实际输出电压。

4：故障时运行状态。故障时电动机运行状态。

LED 显示的字符所表示的运行状态，见表 5-33。

表 5-33 LED 显示的字符所表示的运行状态

LED 第一位		LED 第二位		LED 第三位	LED 第四位	
F	正转命令	F	正转状态	分隔符	A	加速运行中
R	反转命令	R	反转状态		D	减速运行中
S	停止命令	S	停止状态		E	匀速运行中
					S	停止状态

y06 故障记录复位 出厂设定值：0

0：无动作，故障记录保持。

1：故障记录复位。

y07 额定输出电流 出厂设定值：☆

变频器额定输出电流。

y08 额定输入电压 出厂设定值：☆

变频器额定输入电压，出厂前按变频器输入电压等级设定。

y09 产品系列（只能查询） 出厂设定值：☆

产品系列的序号含义如图 5-39 所示。

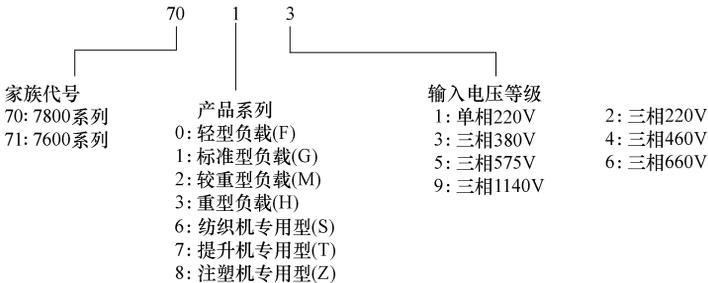


图 5-39 变频器的产品系列

y10 软件版本（只能查询）

y11 波特率 出厂设定值：3

0：1200 1：2400 2：4800 3：9600 4：19200 5：38400

y12 本机通信地址 出厂设定值：8

区分其他变频器的唯一编号。主变频器地址为 128，从变频器地

址设定范围是 1 ~ 127。

从变频器的运行状态受主变频器控制。

y13 累计时间设定 出厂设定值：1

对每次使用该机器的时间是否进行累加的设定。

0：开机后自动清零。

1：开机使用后继续累加。

y14 累计时间单位 出厂设定值：0

对累计时间单位的设定。

0：以小时为单位。

1：以天为单位。

y15 产品日期 - 年（只能查询） 出厂设定值：根据出厂时间调整

y16 产品日期 - 月日（只能查询） 出厂设定值：根据出厂时间调整

y17 管理员解码输入

在参数锁定状态下，显示密码输入的错误次数。密码有三次输入限制，连续三次输入错误，系统不允许继续输入密码，以防止乱试密码，需重新开机，才能再次输入；在这三次限定输入当中，只要有一次输入正确，参数解锁。

y18 管理员密码输入

此参数为设定密码保护，密码范围是 0 ~ 9999。设置密码后，参数锁定，键盘显示 code；解除密码或密码输入正确，键盘显示 deco。

8) F74 电动机参数组

b00 电动机极对数 出厂设定值：2

电动机的极对数，如 4 极电动机，极对数设置为 2。

b01 电动机额定电流 出厂设定值：☆

电动机额定电流可以设定，但不能超过变频器的额定电流。此参数可用于确定变频器对电动机的过载保护容量和节能运行。

为预防自冷式电动机在低速运转时发生电机过热现象或当电动机特性变化不大而电动机容量变化时（比变频器额定容量变小），也可用此功能进行修正以达到保护电动机的目的。

其出厂值视功率大小而定，默认为 y07。

b02 电动机额定电压 出厂设定值：☆

电动机额定条件下的工作电压。若电动机额定电压低于电源电压，应检查电动机的绝缘强度是否合适。

b03 电动机额定转速 出厂设定值：1500rpm

电动机工作在额定功率下的转速。

b04 电动机额定频率 出厂设定值：50.0/500.0Hz

电动机在额定状态下的输出频率。

b00 ~ b04 是电动机铭牌参数，影响参数测定的准确程度。请按照电动机的铭牌参数进行设置。

b05 电动机空载电流 出厂设定值：☆

设定电动机空载电流，直接影响转差补偿的程度。

其出厂值视功率大小而定，默认为 $y07 \times 40\%$ 。

b06 定子电阻 出厂设定值：☆

定子电阻，当 b13 设置为 1 时，系统自动测量。

b07 转子电阻 出厂设定值：☆

转子电阻，当 b13 设置为 1 时，系统自动测量。

b08 漏感 出厂设定值：☆

电动机线组的漏感，当 b13 设置为 1 时，系统自动测量。

b09 互感 出厂设定值：☆

电动机线组的互感，当 b13 设置为 1 时，系统自动测量。

b05 ~ b09 是电动机的基本电气参数，这些参数是完成矢量控制算法所必需的。

每次设定 b01 电动机额定电流后，变频器将 b05 ~ b09 自动恢复到缺省的标准 Y 系列四极异步电动机参数。变频器可以不进行自动参数测定得到电动机参数。

当变频器运行性能不能满足要求时，可以使用 b13 电动机参数自动测定功能，得到准确的电动机参数。如果已知正确的电动机参数，可以手动输入。

b10 PG 脉冲数 出厂设定值：2048

所使用的 PG 脉冲数，设定值为电动机旋转一圈所对应的脉

冲数。

b11 PG 断线时动作 出厂设定值：0

设置检测到 PG 断线时的停止方法。

0：继续运行。

1：警告减速停车。

2：警告自由停车。

b12 PG 转动方向 出厂设定值：0

编码器旋转方向，以电动机正转方向为参考。

0：电动机正转时 A 相超前，见图 5-40a。

1：电动机正转时 B 相超前，见图 5-40b。

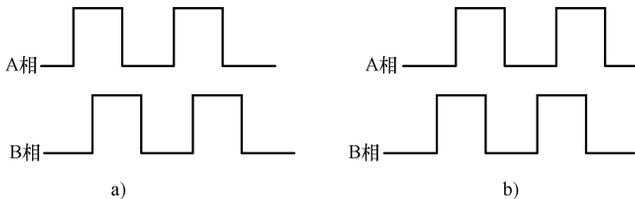


图 5-40 编码器信号的相位

a) A 相超前 b) B 相超前

注意：以上几个参数（b10，b11，b12）在带编码器（PG）时有效，编码器需配置 PG 卡，不是标准配置。

b13 电动机参数测量 出厂设定值：0

设定是否对电动机参数进行测量。

0：不进行测量。

1：运行前进行测量。

设定该参数，电动机将动态进行参数测定。必须将电动机和负载脱开即空载运行状态才能测量。

将 b13 设定为 1 后，变频器开始自动进行参数测定。

键盘数字显示区域显示“CAL1”：定子电阻测量，电动机静止。

键盘数字显示区域显示“CAL2”：转子电阻，漏感测量，电动机静止。

键盘数字显示区域显示“CAL3”：互感测量，电动机会高速运行，注意安全。

测定过程可以通过 STOP 键停止。

设定前，请务必做好运行准备，测定过程中电动机会高速运行，“CAL3”消失，测定过程结束。

测定完成后，b13 恢复到 0。测定好的参数会自动储存在 b05 ~ b09。

b14 转速监视增益 出厂设定值：100.0%

用于调整电动机实际运行转速的显示，见 F00 监视选择：6 电动机实际转速。

b15 比例联动系数 出厂设定值：1.00

在比例联动应用中，用于设定当从变频器接收到主变频器设定频率命令时所乘以的比例联动系数。

本变频器设定为比例联动系统中的一台从变频器，即 y12 本机通信地址设定在 1 ~ 127。

设定频率 = 比例联动系数 × 主变频器频率

b16 Reserved 出厂设定值：0 备用参数。

b17 Reserved 出厂设定值：0 备用参数。

第三节 富士 5000G11S/P11S 系列变频器基本功能参数

一、富士 5000G11S/P11S 系列变频器基本功能参数表

富士 5000G11S/P11S 系列变频器的功能参数较多，包括基本功能参数（F 系列参数）、扩展端子功能参数（E 系列参数）、功率控制功能参数（C 系列参数）、高级功能参数（H 系列参数）、用户功能参数（U 系列参数）等。这里介绍使用频度较高的基本功能参数。详见表 5-34。表中“运行变更”一栏中的“×”记号表示变频器运行中该参数不可变更，“√”记号表示运行中可以变更。

二、富士 5000G11S/P11S 系列变频器基本功能参数说明

富士 5000G11S/P11S 系列变频器的基本功能参数见表 5-34，这里对表中相关参数进行较详细的说明。

变频器的功能参数介绍时，经常涉及到变频器的基本接线以及变频器对外的接线端子。图 5-41 的端子图可供学习功能参数内容时参考。

表 5-34 富士 5000G11S/P11S 系列变频器的基本功能参数

功能代码	名称	设定范围	单位	出厂设定		运行变更	
				22kW 以下	30kW 以上		
F00	数据保护	0,1	-	0		×	
F01	频率设定 1	0 ~ 11	-	0		×	
F02	运行操作	0,1	-	0		×	
F03	最高输出频率 1	G11S:50 ~ 400Hz P11S: 50 ~ 120Hz	Hz	60		×	
F04	基本频率 1	G11S:25 ~ 400Hz P11S: 25 ~ 120Hz	Hz	50		×	
F05	额定电压 1	0:(输出电压正比于输入电压) 320 ~ 480V	V	380		×	
F06	最高输出电压 1	320 ~ 480 V	V	380		×	
F07	加速时间 1	0.01 ~ 3600s	s	6.0	20.0	√	
F08	减速时间 1						
F09	转矩提升 1	0.0,0.1 ~ 20.0	-	G11S:0.0,P11S:0.1		√	
F10	热继电器 1	0,1,2	-	1		√	
F11	热继电器 1 设定值 1	20% ~ 135% 变频器额定电流	A	与变频器规格有关		√	
F12	热继电器时间常数 t1	0.5 ~ 75.0 min	min	5.0	10.0	√	
F13	电子热继电器 (制动电阻用)	G11S	7.5kW 以下;0,1,2	-	1		√
			11kW 以上;0	-	0		
		P11S	11kW 以下;0,2	-	0		
			15kW 以上;0	-	0		
F14	瞬时停电再启动	0 ~ 5	-	1		×	
F15	上限频率	G11S:0 ~ 400Hz	Hz	70		√	
F16	下限频率	P11S: 0 ~ 120Hz		0		√	
F17	频率设定增益	0.0 ~ 200.0%	%	100	√		

(续)

功能代码	名称	设定范围	单位	出厂设定		运行变更
				22kW 以下	30kW 以上	
F18	频率偏置	G11S: -400.0 ~ +400.0Hz P11S: -120.0 ~ +120Hz	Hz	0.0		√
F20	直流制动频率	0.0 ~ 60.0Hz	Hz	0.0		√
F21	直流制动值	G11S: 0 ~ 100% P11S: 0 ~ 80%	%	0		√
F22	直流制动时间	0.0 ~ 30.0s	s	0.0		√
F23	起动频率	0.1 ~ 60.0 Hz	Hz	0.5		×
F24	起动频率保持时间	0.0 ~ 10.0s	s	0.0		×
F25	停止频率	0.1 ~ 60.0 Hz	Hz	0.2		×
F26	载波频率	0.75 ~ 15kHz	kHz	2		√
F27	电动机音调	0 ~ 3	-	0		√
F30	FMA 电压	0 ~ 200%	%	100		√
F31	FMA 功能	0 ~ 10	-	0		√
F33	FMP 脉冲率	300 ~ 6000p/s(100%时的脉冲数)	p/s	1440		√
F34	FMP 电压	0% , 1% ~ 200%	%	0		√
F35	FMP 功能	0 ~ 10	-	0		√
F36	总报警继电器动作模式	0,1	-	0		×
F40	驱动转矩 1	G11S: 20% ~ 200% , 999 P11S: 20% ~ 150% , 999	%	999		√
F41	制动转矩 1	G11S: 0% , 20 ~ 200% , 999 P11S: 0% , 20 ~ 150% , 999	%	999		√
F42	转矩矢量 1	0,1	-	0		×

F00 数据保护 出厂设定值: 0

此功能可以保护已设定在变频器内的数据, 使之不能轻易被改变。设定范围: 0, 1。

0: 可改变数据。

1: 不可改变数据, 即对数据进行保护。

F01 频率设定1 出厂设定值: 0

此功能参数用来选择频率设定命令的来源。设定范围: 0 ~ 11。

0: 键盘面板上的 \wedge 、 \vee 键设定。

1: 电压输入 (从端子“12”输入 0 ~ +10V 信号) 设定。

2: 电流输入 (从端子“C1”输入 4 ~ 20mA 信号) 设定。

3: 电压输入 + 电流输入 (从端子“12” + 端子“C1”输入信号) 设定, 即由这两个端子输入的电压信号和电流信号共同确定频率设定值。

4: 有极性的电压输入 (从端子“12”输入 -10 ~ +10V 信号) 设定。

5: 有极性的电压输入 (从端子“12”输入) + 频率命令辅助输入 (从选件卡 OPC-G11S-AIO 的端子“22, 32, C2”输入, 选件卡 OPC-G11S-AIO 是一种称作模拟量接口卡的选配件) 设定。即将端子“12”和端子“22, 32, C2”两者相加确定频率设定值。

6: 电压输入反动作 (从端子“12”输入 +10 ~ 0 V 信号) 设定。

7: 电流输入反动作 (从端子“C1”输入 20 ~ 4mA 信号) 设定。

8: 增/减 (UP/DOWN) 控制模式 (初始值 = 0), 由端子“UP”和“DOWN”设定。

将参数“E01”设置为 17, 则多功能端子 X1 即设置成为增命令 UP 端子。将参数“E02”设置为 18, 则多功能端子 X2 即设置成为减命令 DOWN 端子。

X1 和 X2 是富士变频器的接点输入端子, 可参见图 5-41。

9: 增/减 (UP/DOWN) 控制模式 2 (初始值 = 上次设定值), 由端子“UP”和“DOWN”设定。

将参数“E01”设置为 17, 则多功能端子 X1 即设置成为增命令 UP 端子。将参数“E02”设置为 18, 则多功能端子 X2 即设置成为减命令 DOWN 端子。

10: 程序运行设定。

11: 数字输入或脉冲列输入设定。

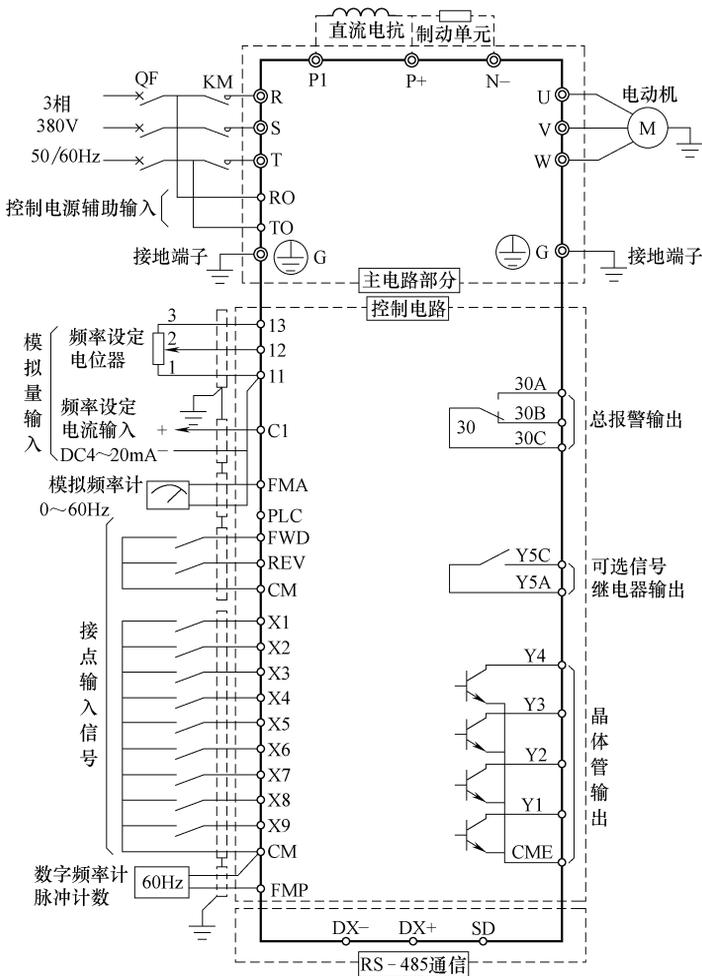


图 5-41 富士 5000G11S/P11S 系列变频器端子图

F02 运行操作 出厂设定值：0

该参数用来设定运行操作命令的输入方式。设定范围 0，1。

0：用键盘面板上的按键 FWD、REV 和 STOP 操作变频器运行。其中，操作 FWD 键，变频器正转运行；操作 REV 键，变频器反转运行；操作 STOP 键，变频器减速停止。

1：由外部端子 FWD 和 REV 输入运行命令。

参见图 5-41，将端子 FWD 与 CM 间的接点闭合，变频器正转；断开，减速停机。

将端子 REV 与 CM 间的接点闭合，变频器反转；断开，减速停机。

F03 最高输出频率 1 出厂设定值：60Hz

该参数设定变频器输出的最高频率。变频器可以驱动一台以上的电动机，F03 是电动机 1 的设定值。

以下参数中，参数名称后面标注“1”的，其含义与上相同，即该参数是电动机 1 的设定值。

设定范围：G11S：50 ~ 400Hz；

P11S：50 ~ 120Hz。

F04 基本频率 1 出厂设定值：50Hz

设置电动机 1 的额定频率。该设置值应与电动机铭牌上记载的额定频率值相同。

设定范围：G11S，25 ~ 400Hz；

P11S，25 ~ 120Hz。

F05 额定电压 1 出厂设定值：380V

设定电动机 1 的额定输出电压。但变频器不能输出比输入电压更高的电压。

设定范围：0，320 ~ 480V。

设定为 0 时，没有自动电压调整功能（AVR），输出电压正比于输入电压。

F05 还可设定为 320 ~ 480V 之间的任意电压值。

F06 最高输出电压 1 出厂设定值：380V

变频器向电动机输出的电压最高值。但不能输出比输入电压更高的电压。

设定范围：320 ~ 480V。

注意，将 F05 额定电压 1 设置为 0 时，F06 的设置无效。

F07 加速时间 1 出厂设定值与变频器的容量有关

F08 减速时间 1 出厂设定值与变频器的容量有关

输出频率从 0Hz 加速到最高频率所需的时间是加速时间。

输出频率从最高频率减速到 0Hz 所需的时间是减速时间。

设定范围：加速时间 1，0.01 ~ 3600s。

减速时间 1，0.01 ~ 3600s。

加、减速时间是以最高频率为基准设定的，加、减速时间的实际动作时间与设定频率有关，说明如下。

设定频率 = 最高频率时，实际动作的加、减速时间与 F07、F08 的设置时间一致，如图 5-42 所示。

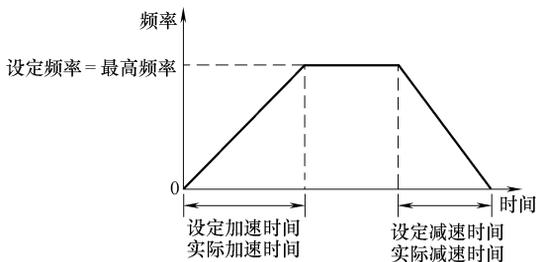


图 5-42 实际加、减速时间与设定加、减速时间相同

设定频率小于最高频率时，实际动作的加、减速时间与 F07、F08 的设置时间不一致，而是相应减小，如图 5-43 所示。具体动作时间可用下式计算：

加、减速实际动作时间 = F07 或 F08 设定值 × (设定频率/最高频率)

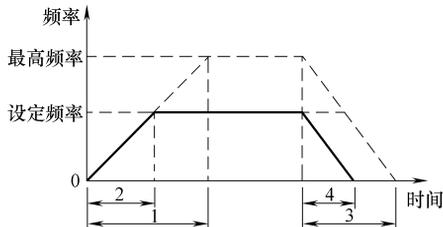


图 5-43 实际加、减速时间与设定加、减速时间不相同

1—设定加速时间 2—实际加速时间

3—设定减速时间 4—实际减速时间

F09 转矩提升 1 出厂设定值：G11S, 0.0；P11S, 0.1。

电动机 1 的驱动转矩特性有以下各种选择。即自动转矩提升，二次方递减转矩负载，比例转矩负载和恒转矩负载等特性。

设定范围：0.0, 0.1 ~ 20.0。

0.0：自动转矩提升特性，即自动调整恒转矩负载线性变化的转矩提升值。

0.1 ~ 0.9：风机和泵类负载用的二次方递减转矩特性。

1.0 ~ 1.9：二次方递减转矩和恒转矩特性两者中间的比例转矩特性。

2.0 ~ 20.0：恒转矩特性。

F10 热继电器 1 动作选择 出厂设定值：1

F11 热继电器 1 设定值 出厂设定值与变频器规格有关

F12 热继电器 1 时间常数 出厂设定值：5.0 ~ 10.0min

热继电器的功能是按照变频器的输出频率、输出电流和运行时间来保护电动机，从而防止电动机过热。当电流达到参数 F11 设定电流值的 150%、且持续时间达到参数 F12 设定的时间时，即符合热继电器动作条件。具体保护动作与否由参数 F10 设定。

参数 F10 的设定范围：0 ~ 2。

0：保护不动作。

1：保护动作，适用于通用电动机。

2：保护动作，适用于变频专用电动机。

参数 F11 的设定范围：为变频器额定电流的 20% ~ 135%。

参数 F12 的设定范围：0.5 ~ 75.0min。

F13 制动电阻用热继电器 出厂设定值：1

该热继电器的功能是按制动电阻的使用频度、连续使用时间保护制动电阻，防止其过热。

参数设置见表 5-35。

F14 瞬时停电再起动 出厂设定值：1

变频器检测到停电后作为欠电压保护动作，报警有输出，有显示，并且关闭输出；也可以等待电源恢复后，不关断正在自由旋转的电动机，而是进行自动再起动，实现瞬时停电再起动功能。

表 5-35 参数设置

变频器容量	设置选择
G11S:7.5kW 以下	0:不动作 1:动作(内装制动电阻) 2:动作(外部制动电阻)
P11S:11kW 以下	0:不动作 2:动作(外部制动电阻)
G11S:11kW 以上 P11S:15kW 以上	0:不动作

该参数设定范围为 0~5, 详见表 5-36。

表 5-36 参数范围 0~5 的定义

设定值	功能名称	停电时的动作	电源恢复时的动作	
0	瞬停再起不动作,报警动作	检测出欠电压后,保护功能动作,停止输出	不再起动	输入保护功能复位命令和运行命令后,才可再起
1	瞬停再起不动作,电源恢复时报警动作	检测出欠电压后,保护功能不动作,停止输出	保护功能动作,不再起动	
2	瞬停再起不动作,瞬停时减速停止后跳闸	瞬停后变频器直流主电压降低,低到继续运行的 DC 电压值(由参数 H15 设定)后,减速停止	保护功能动作,不再起动	
3	瞬停再起动作,适用重惯量负载	变频器直流主电压降低到继续运行值后,靠负载惯量返回能量,延长继续运行时间。检出欠电压后,保护功能不动作,停止输出	自动再起	
4	瞬停再起动作,按停电时的频率再起	检出欠电压后,保护功能不动作,停止输出	按停电时的输出频率自动再起	
5	瞬停再起动作,按起动频率再起	检出欠电压后,保护功能不动作,停止输出	按“F23 起动频率”设定值自动再起	

F15 上限频率 出厂设定值：70Hz

F16 下限频率 出厂设定值：0Hz

这两个参数设定输出频率的上限值和下限值。设定范围，G11S：0~400Hz；P11S：0~120Hz。

F17 频率设定增益 出厂设定值：100%

该参数设定模拟设定频率输入信号对设定频率值的比率。设定范围为0.0~200%。

F18 频率偏置 出厂设定值：0.0

该参数的功能是，将偏置频率加在模拟设定频率值上作为输出频率设定值。设定范围，G11S：-400.0~+400.0Hz；P11S：-120.0~+120.0Hz。

F20 直流制动开始频率 出厂设定值：0.0Hz

设定减速停止时直流制动开始动作的频率。设定范围为0.0~60Hz。

F21 直流制动动作值 出厂设定值：0

设定直流制动时的输出电流。变频器额定输出电流作为100%。设定范围，G11S：0~100%；P11S：0~80%。

F22 直流制动时间 出厂设定值：0.0s

设定直流制动的动作时间。设定范围为0.0~30.0s。

F23 起动频率 出厂设定值：0.5Hz

设定起动时的频率值。设定范围为0.1~60Hz。

F24 起动频率保持时间 出厂设定值：0.0s

设定起动时起动频率的保持时间。保持时间不包括在加速时间内。设定范围为0.0~10.0s。

F25 停止频率 出厂设定值：0.2Hz

设定停止时的频率值。设定范围为0.1~60.0Hz。

为确保起动时的起动转矩，设定合适的起动频率。另外，为等待电动机起动时建立磁通，使起动频率保持一定时间后开始加速。

起动频率小于停止频率，或者设定频率小于停止频率时，变频器不能起动。

参数 F23、F24 和 F25 的功能示意图如图 5-44 所示。

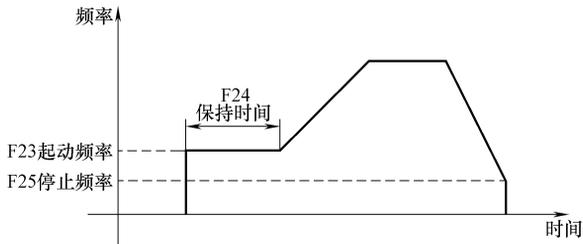


图 5-44 参数 F23、F24 和 F25 功能示意图

F26 载波频率 出厂设定值：2kHz

该参数用来设定变频器的载波频率。正确调整载波频率可以降低电动机噪声，避开机械系统共振，减小输出电路配线对地漏电流，以及减小变频器发生的干扰。

载波频率参数的设置可参见表 5-37。

表 5-37 载波频率参数的设置

变频器系列	适配电动机功率	F26 设定范围
G11S	55kW 以下	0.75 ~ 15 kHz
	75kW 以上	0.75 ~ 10kHz
P11S	22kW 以下	0.75 ~ 15 kHz
	30 ~ 75kW	0.75 ~ 10kHz
	90kW 以上	0.75 ~ 6kHz

F27 电动机音调 出厂设定值：0

载波频率小于 7kHz 时，能由本参数改变电动机噪声的音调。可按要求适当设置。设定范围：0，1，2，3。

F30 FMA 端子电压调整 出厂设定值：100%

F31 FMA 端子功能选择 出厂设定值：0

端子 FMA（见图 5-41 富士变频器端子图）能输出直流电压，这个电压可以用来作为诸多模拟输出的监视信号，具体监视的模拟信号种类由参数 F31 选择设定。输出直流电压的配合端子是公共端子 11，如图 5-41 所示。

参数 F30 输出的直流电压的调整范围为 0 ~ 200%。

参数 F31 对监视对象的选择见表 5-38。

F33 FMP 端子脉冲率 出厂设定值：1440p/s

F34 FMP 端子电压调整 出厂设定值：0%

F35 FMP 端子功能选择 出厂设定值：0

表 5-38 F31 对监视对象的选择

设定值	监视对象	左栏中监视对象满量程定义
0	输出频率 1(转差补偿前)	最高输出频率
1	输出频率 2(转差补偿后)	最高输出频率
2	输出电流	变频器额定输出电流 × 2
3	输出电压	500V
4	输出转矩	电动机额定转矩 × 2
5	负载率	电动机额定负载 × 2
6	输入功率	电动机额定功率 × 2
7	PID 反馈量	反馈量 100%
8	PG 反馈量(有选件卡时)	最高频率的同步速度
9	直流中间电路电压	1000V
10	万能 AO	从通信可向 FMA, FMP 发出任意输出。 具体依据通信规范。

端子 FMP 与端子 CM 间（参见图 5-41）输出脉冲电压，这个脉冲电压可以用来作为诸多脉冲输出的监视信号，具体监视的脉冲信号种类由参数 F35 选择设定。这里的脉冲信号也能连接模拟指示仪表，以脉冲电压的平均电压值作为监视信号。

对于 FMP 端子连接数字计数器等场合，参数 F33 的脉冲率可以任意设定，这时 F34 电压应设为 0%。

参数 F33 的设定范围为 300 ~ 6000p/s。

以平均电压输出连接模拟指示仪表时，平均电压值取决于参数 F34 电压调整的设定数据。这时，参数 F33 的脉冲率应固定为 2670p/s。F34 设定为 0% 时，脉冲频率对应参数 F35 所选监视量而变化；F34 设定为 1% ~ 200% 时，F35 所选择的监视对象的监视量 100% 时

的平均电压值，在 1% ~ 200% 之间变化。这种变化是因为调整了 FMP 端子输出脉冲的占空比。

参数 F35 用来选择 FMP 输出信号所监视的对象。设定值以及监视内容与参数 F31 的设定选择相同。

F36 总报警继电器动作模式 出厂设定值：0

选择总报警继电器 30Ry 的动作模式，即变频器正常时动作，还是异常时动作。设定范围 0，1。见表 5-39 和图 5-45。

表 5-39 F36 设置

设定值	动作内容
0	正常时接点 30A-30C 断开,30B-30C 闭合; 异常时接点 30A-30C 闭合,30B-30C 断开。
1	正常时接点 30A-30C 闭合,30B-30C 断开; 异常时接点 30A-30C 断开,30B-30C 闭合。

F40 驱动转矩限制 1 出厂设定值：999

F41 制动转矩限制 1 出厂设定值：999

转矩限制动作过程如下：按输出电压和电流以及电机一次电阻等计算电机负载转矩，控制输出频率使计算值不超过限制值。按此作用，即使负载急剧变化，变频器不跳闸，能维持在转矩限制值下继续运行。

此功能动作时，实际的加、减速时间将比其设定值长。

参数 F40 和 F41 的设定值与作用效果见表 5-40。

F42 转矩矢量控制 1 出厂设定值：0

该参数仅在变频器连接一台电动机时设置效果最佳。

转矩矢量控制能最大限度地发挥电动机的转矩。控制过程是计算对应负载的转矩，按转矩计算值控制最佳电压和电流矢量。

参数 F42 设置为 0 时，转矩矢量控制功能不动作，设置为 1 时，转矩矢量控制功能动作。

使用转矩矢量控制功能时，应符合以下运行条件。

1. 变频器仅连接一台电动机。连接多台电动机则难以正确控制。

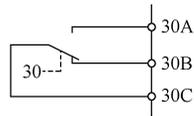


图 5-45 总报警继电器的接点

表 5-40 F40 和 F41 的设定值与作用效果

参数功能	设定值	作用效果
F40 驱动转矩限制	G11S;20% ~ 200% P11S;20% ~ 150%	按设定值限制转矩
	999	转矩限制不动作
F41 制动转矩限制	G11S;20% ~ 200% P11S;20% ~ 150%	按设定值限制转矩
	0	自动防止由于电能再生的过电压 OU 跳闸
	999	转矩限制不动作

2. 电动机 1 的相关参数额定电流、空载电流等，应能正确录入变频器。

3. 电动机的额定电流不能比变频器的额定电流小很多，要求电动机的容量比变频器适配电动机的容量不宜小 2 级以上。

4. 为防止过大的漏电流和保证准确控制，变频器和电动机之间的电缆长度应不大于 50m。配线较长时，将增加对地的分布电容，影响漏电流，不能保证正确控制。

5. 变频器和电动机之间有电抗器时，就不能忽视配线阻抗，应使用相关参数（例如 P04）改写数据。

如果不能满足上述运行条件，则应将 F42 设置为 0（不动作）。

附 录

附录 A 国际单位制词头表

所表示的因数	词头名称	词头符号
10^{-24}	幺[科托]	y
10^{-21}	仄[普托]	z
10^{-18}	阿[托]	a
10^{-15}	飞[母托]	f
10^{-12}	皮[可]	p
10^{-9}	纳[诺]	n
10^{-6}	微	μ
10^{-3}	毫	m
10^{-2}	厘	c
10^{-1}	分	d
10^1	十	da
10^2	百	h
10^3	千	k
10^6	兆	M
10^9	吉[咖]	G
10^{12}	太[拉]	T
10^{15}	拍[它]	P
10^{18}	艾[可萨]	E
10^{21}	泽[它]	Z
10^{24}	尧[它]	Y

附录 B 二次回路接线图简介

在发电厂、变电所、配电系统和电动机起动控制电路中，通常将电气部分分为一次接线和二次接线两部分，属于一次接线的设备有：发电机、变压器、断路器、隔离开关、电抗器、电力电缆以及母线、输电线路等，在电动机起动控制装置中，有隔离开关、断路器、交流接触器、热继电器及负载设备等。这些设备是电能由发电厂输送给用户所经过的设备，或者是电力系统将电能输送给用电负载的导线或设备；由这些设备相互连接构成的电路称为一次接线、主接线或一次回路。同时，为了保证主接线系统的安全运行，实现控制、测量、信号、保护等功能的设备称为二次设备，由二次设备相互连接构成的电路称为二次接线或二次回路。根据二次回路绘制的电路图称做二次接线图。二次接线的图样常见的有三种形式：原理接线图、展开接线图和安装接线图。这里对二次回路接线图进行简单介绍。

一、原理接线图

原理接线图是用于表示继电保护、测量仪表和自动装置等的工作原理的。通常将二次接线和一次接线中的有关部分画在一起。在原理接线图上，所有仪表、继电器和其他电器都是以整体的形式表示的，其相互联系的电流回路、电压回路和直流回路，都综合在一起。这种接线图的特点是能够给看图者对整个装置的构成有一个明确的整体概念。

图 B-1 所示为 10kV 线路过电流保护原理接线图，由图可见，该电路共使用了五只继电器，其中 4、5（KA1、KA2）是电流继电器，连接于电流互感器 9、10（TAa、TAc）的二次电路；当流过电流继电器的电流超过整定动作值时，其触点动作闭合，将直流操作电源的正端加在时间继电器 6（KT）的线圈上，时间继电器线圈的另一端直接接在操作电源的负端，这时时间继电器 6 启动，经过一定延时后，其延时触点闭合，信号继电器 7（KX）和中间继电器 8（K）被串联在直流操作电源中，由于信号继电器所

需的驱动功率很小，其线圈直流电阻也很小，中间继电器的线圈成为该串联电路的主要降压元件，因此，这两只继电器都能正常工作。信号继电器动作后，其触点向公用的信号小母线发送一个指令以便启动灯光或音响信号，同时有一个机械指示牌动作。运行人员注意到信号灯光或音响后，经过巡视可以发现那一只信号继电器“掉牌未复归”，从而判断发生了什么异常或故障。确定了故障原因后即可手动复归信号继电器。中间继电器动作后，其常开触点闭合，将断路器的跳闸线圈（YR）电路接通（断路器的辅助触点3在断路器合闸后是接通的），断路器瞬间动作跳闸，实现过电流保护。

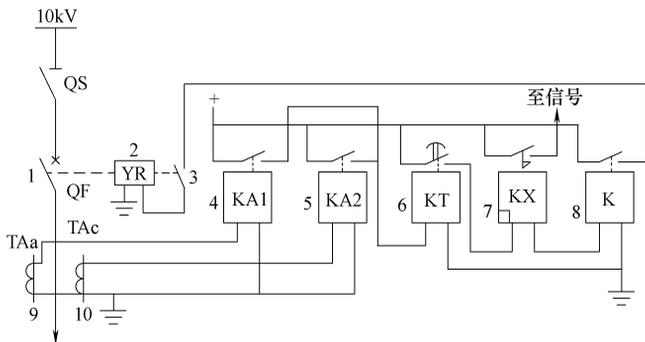


图 B-1 原理接线图

- 1—断路器主触点 2—断路器跳闸线圈 3—断路器的辅助触点
4、5—电流继电器 6—时间继电器 7—信号继电器
8—中间继电器 9、10—电流互感器

由图 B-1 可见，原理接线图没有给出元件的内部接线，没有元件引出端子的编号和回路编号，直流部分仅标出电源的极性，没有具体表示出是从哪一组熔断器下引来的。另外，信号部分在图中只标出了“至信号”，而没有画出具体的接线。因此，只有原理接线图是不能进行二次接线的施工的。为了解决这些问题，另一种形式的图样，即展开接线图得到了广泛的应用。

二、展开接线图

展开接线图的特点是按供电给二次接线的每个独立电源来划分的，即将每套装置的直流回路、交流电流回路、交流电压回路分成几个主要组成部分，每一部分又分成许多行。交流回路按 a、b、c 的相序，直流回路按继电器的动作顺序从上往下依次排列。每一行中各元件的线圈和触点是按实际连接顺序排列的。在每一回路的右侧通常有文字说明，以便于阅读。

二次接线图中所有开关电器和继电器的触点都是按照它们的正常状态表示的。所谓正常状态是指开关电器在断路位置或继电器线圈中没有电流时的状态。因此，通常所说的常开触点就是继电器线圈不通电时，该触点是断开的，为了更加形象准确地描述，这种触点又称做动合触点，即继电器线圈一旦通电，导致触点动作，该触点即闭合。常闭触点是指继电器线圈不通电时该触点是闭合的，常闭触点又称动断触点。

图 B-2 所示为按照图 B-1 的原理图绘制的展开图。由于展开图是按照相序和继电器的动作顺序依次排列的，所以读图时更容易理解其原理。在展开图的右侧有文字说明框，对理解工作过程有一定帮助。图 B-2 展开图的工作过程与图 B-1 相同，这里不再赘述。

二次展开图中通常有回路标号，而且这些编号是遵循相关规范或规程标注的。根据等电位的原则，将所有连接于一点的导线都用同一个数码表示。在交流电流回路中，常用标号有 A411 ~ A419，B411 ~ B419，C411 ~ C419，N411 ~ N419，L411 ~ L419 等，如图 B-2b 所示。在交流电压回路中，常用标号有 A601 ~ A609，B601 ~ B609，C601 ~ C609，N601 ~ N609，L601 ~ L609 等。在直流操作回路中，通常将控制小母线的正极 + KM 标记为 1，将控制小母线的负极 - KM 标记为 2，如图 B-2c 所示，其他电路连接点的编号，可从电源正极开始，以奇数顺序编号，直到最后一个有压降的元件为止。如果最后一个有压降的元件后面不是直接连接在负极 - KM 上，而是通过连接片或继电器触点接在负极上，则下一步应从负极开始，以偶数顺序编号至上述已有编号的接点为止。

在工程实践中，有时并不对展开图中的所有节点进行编号，

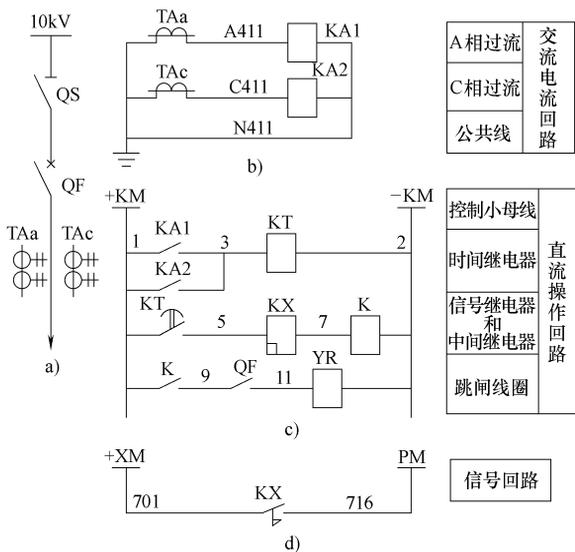


图 B-2 展开接线图

- a) 一次示意图 b) 交流电回路图
c) 直流操作回路图 d) 信号回路图

而只对引至端子排上的回路加以编号。对于同一屏柜上互相连接的设备，在盘后（屏背面）接线图中有相应的标志方法，详见后述。

三、安装接线图

安装接线图是成套配电装置安装制作现场必不可少的图样，也是运行、检修等工作的主要参考图样。安装接线图包括屏面布置图、端子排图和盘后接线图等几个组成部分。

屏面布置图是决定屏上各个设备的排列位置及相互间距离尺寸的图样。盘后接线图是在屏上配线所必须的图样，其中应标明屏上各个设备在屏背面的接线端子之间的连接情况，以及屏上设备与端子排的连接情况。端子排图是表示屏上需要装设的端子数目、类型、排列次序，以及它与屏上设备、屏外设备连接情况的图纸。有时也将端子排图包含在盘后接线图内。

1. 屏面布置图

屏面布置图是表示屏上各个设备的排列位置及相互间距离尺寸的，其功能很直白，为了节约篇幅，此处不再有附图示例。

2. 端子排图

成套装置往往使用多种类型的接线端子组成端子排，常用的接线端子类型有：

1) 一般端子，用于接通两侧的导线。

2) 试验端子，用于需要接入试验仪表的电流回路中，这种端子可以很方便地将标准仪表串联在回路中，用于校准回路中正在运行的仪表，校准时不影响原有仪表的运行，且能保证电流互感器二次在全部操作过程中不开路。

3) 连接端子，上下或左右相邻可以互相连接的端子。

4) 特殊端子，用于需要很方便地断开的回路中；另外还有终端端子、隔板等。

端子排的设计，应使运行、检修、调试方便，并适当照顾设备与端子排位置相对应，即当设备位于屏的上部时，其端子排最好也排在上部。

应经过端子排连接的回路有：

1) 屏内设备与屏外设备之间的连接，必须经过端子排。

2) 屏内设备与直接接至小母线的设备如附加电阻、熔断器或小刀闸等的连接，一般应经过端子排。

3) 电流互感器二次、电压互感器二次与仪表之间的连线应经过端子排。

4) 保护回路的正电源（+KM）一般应通过端子排引接，保护的负电源应在屏内设备之间接成环形，环的两端分别接至端子排。

5) 同一屏上各安装单位之间的连接应经过端子排。

6) 需要经过本屏转接的回路应经过端子排。

端子排的排列从上至下，首先排列交流电流回路、交流电压回路，之后排列控制回路，接着排列其他回路。在图 B-3 右侧示出的端子排图中，1~4 号端子编号旁边画有一条竖线，表示这 4 位端子

是试验端子。3~4 和 6~7 号端子编号左边的符号表示这些端子是连接端子。端子排图右侧是电缆线或导线的去向指示。

3. 盘后接线图

盘后接线图也称屏背面接线图。盘后接线图是以展开图、屏面布置图和端子排图为原始资料绘制的。在盘后接线图上，设备的排列是与平面布置图相对应的。由于看图者相当于站在盘（屏）后，所以左右方向正好与屏面布置图相反。图 B-3 是按照图 B-4 所示的展开图绘制的盘后接线图和端子排图。盘后接线图在每个设备图形的上方应加以标号，标号的内容有：安装单位编号及设备顺序号，如图 B-3 中的 I₁、I₂、I₃、I₄，其中的“ I ”是罗马数字，相当于阿拉伯

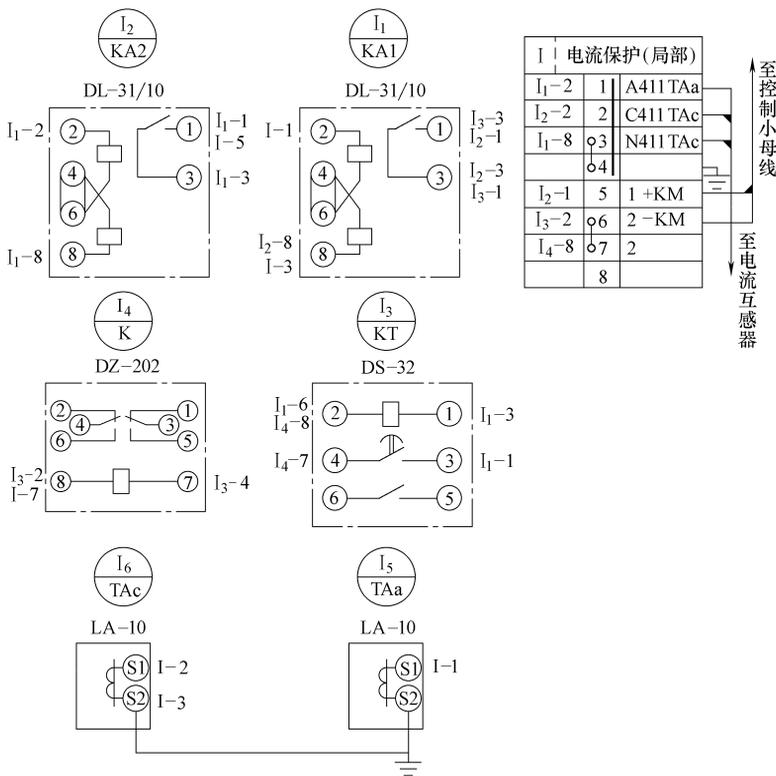


图 B-3 盘后接线图和端子排图

数字的 1，指出这是第一个安装单位；“ I ” 右下角的数字是设备在该安装单位中的顺序号；标号内容还应有该设备的文字符号和型号。对于安装在盘（屏）正面的设备，从盘后看不见轮廓者，其边框应用虚线表示。

这时即可根据展开图对各设备之间的连接线及屏上设备至端子排间的连接线进行标号。为了简单起见，目前广泛采用“相对标号法”。所谓“相对标号法”，就是将需要连接的甲乙两个端子，在甲端子旁标注乙端子的号，在乙端子旁标注甲端子的号。如果某个端子旁边没有标号，就说明该端子是空着的，没有连接对象；如果有两个标号，就说明该端子有两个连接对象，配线时应用两根导线接到两处去。每个端子上最多只能连接两根导线。由于在每个端子旁标明的是它所连接的对象，所以称这种标记方法为“相对标号法”。下面用“相对标号法”对所连接的端子加以标志。

端子排图中 1 号端子旁标注“ I_{1-2} ”，是将 1 号端子接至第一安装单位的 1 号设备（即“ I_1 ”所指）的 2 号端子（即“-2”所指）；我们在第一安装单位的 1 号设备（电流继电器 KA1，型号 DL-31/10）的 2 号端子旁标注“ $I-1$ ”，将 1 号设备的 2 号端子连接至第一安装单位端子排（端子排图左上角标注的“ I ” 表示该端子排属于第一安装单位）的 1 号端子上。至此，图 B-4 中 A411 号线即已连通。用与此类似的方法将端子排与屏内设备各端子一一对应标注好。接着标志屏内设备之间的连线。例如设备 I_1 （型号为 DL-31/10 的电流继电器 KA1）的 3 号端子旁标注有“ I_{2-3} 和 I_{3-1} ”，表示该端子有两

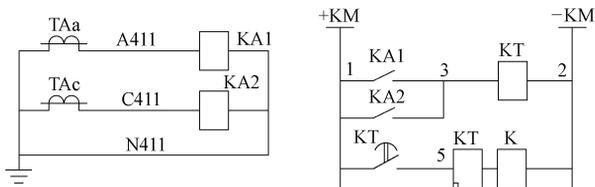


图 B-4 电流保护展开接线图

条连线，一条连至 I_2 的 3 号端子，另一条连至 I_3 的 1 号端子；而在 I_2 的 3 号端子和 I_3 的 1 号端子旁均标注有“ I_1-3 ”，表示这两个端子都与 I_1 的 3 号端子连接。如此继续标注，直至将所有需要连接的端子标注完毕。

也可如图 B-3 那样，将元件 I_5 和 I_6 的 S2 端子直接用导线连接起来，这适用于两只元件安装位置较近，导线直接连接看起来更简洁、更明了的情况。

有了盘后接线图就能很方便地将一个设计完成的原理图，安装成一台可以操作运行的电器产品。对于专业的、熟练的接线工人，他们甚至可以不用研究、读懂电气原理图，依赖盘后接线图就能完成电气控制装置的装配任务。因此，盘后接线图是电气设计人员将设计成果转化成为实际产品，由熟练接线工完成产品装配所必需的重要技术载体。

附录 C 电路简图用图形符号与文字符号

电气简图用图形符号和文字符号是绘制电路图的重要组成部分，只有正确理解和使用现行有效的标准图形符号和文字符号，才能绘制出便于共同交流的电路图。绘制电路图使用的图形符号和文字符号是由相关国家标准规定的，而国家标准的一个基本属性是随着技术的发展和进步，将落后的、不能适应技术进步要求的标准随时更新淘汰，并制定新的标准取而代之。国家标准更新、改进或淘汰的周期通常为几年至十几年时间，因此，学习和研究与自己工作性质有关的国家标准，就成为设计、制造、施工、操作、维修、管理人员，以及大专院校师生、行业标准制定人员、企业标准制定人员等广大标准使用者的重要课题。

电子和电工知识的交流与传播离不开电路图，而绘制电路图所依据的国家标准则随着技术的进步不断更新变化，这就给绘制电路图以及阅读电路图带来了困难，例如，晶体管的文字符号在一些电子报刊的电路图中，有的标注为 V，有的则标注为 Q、T 或者 BG，可谓五花八门。有些符号的使用不但不符合现行有效的国家标准，

就连最后被淘汰的标准也与它们不沾边，只有一代一代地往前追溯，在最原始的标准中间才可能找到它们的踪迹。为此，笔者参照最新的相关国家标准将常用的图形符号和文字符号介绍出来供学习参考。这些标准包括：GB/T 4728—2005 ~ 2008 《电气简图用图形符号》，GB/T 5094—2002 ~ 2005 《工业系统、装置与设备以及工业产品 结构原则和参数代号》，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》。应该说明的是，作为一项国家标准，只有最后一个发布年号的标准版本是有效的，之前年号的相同名称的标准版本在新版本生效后立即废止。上列标准中 GB/T 4728 的发布年号为 2005 ~ 2008，这是因为这个标准中有多个分支部分，每一部分的修改、改进不一定同时进行，各个分支部分的发布年号可能不同，因此现行有效标准 GB/T 4728 就有了多个发布年号，而且同时有效。其实每一部分的标准内容有更细化的标准编号，例如 GB/T 4728.3 是《电气简图用图形符号》第三部分《导体与连接体》等，不过这里没有将它们全部罗列出来而已。

国家标准 GB/T 4728 《电气简图用图形符号》等同采用了 IEC 60617 数据库标准（IEC 是国际电工委员会的名称缩写），信息量大大增加。文字符号标准，有单字母代号标准 GB/T 5094 《工业系统、装置与设备以及工业产品 结构原则和参数代号》，和 2007 年开始执行的适用于一切工业领域的双字母代号标准 GB/T 20939，原来仅用于电气技术领域的双字母代号标准 GB 7159-87 《电气技术中的文字符号制定通则》于 2004 年废止。原标准 GB 7159 按拉丁字母将各种电气设备、装置和元器件划分为 23 大类，例如用字母 K 表示设备、装置和元器件种类里的继电器、接触器，KM 是接触器，KT 是时间继电器，KH 是热继电器等等；而新标准 GB/T 5094 和 GB/T 20939 则按照功能、用途和任务划分类别，字母 K 表示闭合、开断、切换、同步等。由于分类依据不同，有些项目的文字符号有了明显的改变。

上述标准的信息体系非常庞大，下面仅就常用的图形符号和文字符号给以介绍，并将其与旧的标准符号以表格的形式对照列出。旧的

标准符号可以用来阅读过去的图纸，绘制新图纸时则应使用现行有效的标准符号。其中图形符号部分的小标题名称、顺序与相关标准的内容相对应。

一、电气简图用图形符号

1. 相关术语及标准应用说明

(1) 相关术语

图形符号：以图形或图像为主要特征的、表达一定事物或概念的符号。

简图：以图形符号表示项目及它们之间关系的图示形式。

符号要素：图形符号的组成部分，是有确定意义的简单图形，但不能单独使用，必须同其他图形组合才能构成事物或概念的完整符号。如“屏蔽”的符号要素与“导线”组合成“屏蔽导体”，如图 C-1 所示。

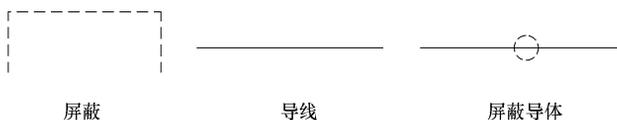


图 C-1 符号要素使用示意

限定符号：附加于一般符号或其他符号之上，以提供某种确定或附加信息的图形符号的组成部分，它不能单独使用。一般符号也可作为限定符号使用。

一般符号：表示一类事物或其特征，或作为成组符号中各个图形符号的组成基础的较简明的图形符号。一般符号是同一类产品中各种产品的通用符号，可单独使用，可加限定符号组成一特定产品的图形符号，还可作为限定符号。如图 C-2 所示，“电容器一般符号”加限定符号“可调节性”组成“可调电容器”，缩小尺寸后，用作限定符号组成“变容二极管”。

(2) 标准应用说明

1) 符号形式的选用。表示同一对象的图形符号可能不止一个形式，如有“形式 1”、“形式 2”、“推荐形式”、“一般形式”、“简化

形式”等，如图 C-3 所示。一般来说，符号形式可以任意选用，当同样能够满足使用要求时，最好选用“推荐形式”或“简化形式”。但无论选用了哪一种形式，对同一套图中的同一个对象，都要用该种形式表示。



图 C-2 一般符号使用示意



图 C-3 符号形式的选用

2) 符号选用及组合。表示同一含义，只能选用同一个符号，如果标准中有所需符号，应直接选用；如果标准中没有，应根据符号的功能组图原则，用符号要素、一般符号加限定符号组合。两个或多个图形符号可组合成一个新的图形符号。新组合成的图形符号的含义应与其各组成部分所表示的含义一致。

3) 网格和模数。电气图形符号是在 1M 的网格系统中设计的， $M=2.5\text{mm}$ 。每一个图形符号的尺寸与比例是确定的。但如果符号比例调整后仍能够传递与原符号相同的信息，则可根据需要调整符号的比例。据此，此处介绍的图形符号没有网格。

4) 图形符号的取向。图形符号可采用不同的取向形式以满足有关流向和阅读方向的不同需求。符号的不同取向形式仍认为是同一个符号。取向形式可通过旋转或镜像的方式生成，例如图 C-4 中，取向形式 A 依次逆时针方向旋转 90° ，即可得到取向形式 B、C 和 D；取向形式 E 是由取向形式 A 的 y - y 轴镜像得到，取向形式

E 再依次按逆时针方向旋转 90° 即可得到取向形式 F、G 和 H。如果图形符号中包含文字，则应调整文字的阅读方向和文字所在的位置。

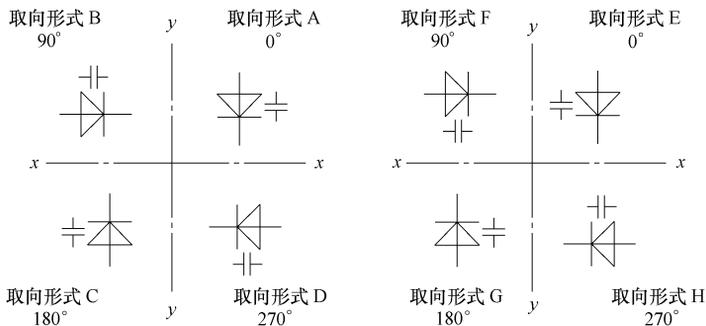


图 C-4 图形符号的取向

2. 符号要素、限定符号和其他常用符号

符号要素、限定符号和其他常用符号见表 C-1。

3. 导体和连接件

导体和连接件的常用图形符号见表 C-2。

4. 基本无源元件

基本无源元件包括电阻、电容器和电感等元件，其常用图形符号见表 C-3。

5. 半导体管和电子管

半导体管和电子管等器件的常用图形符号见表 C-4。

6. 电能的发生与转换

电能的发生与转换常用图形符号见表 C-5。

7. 开关、控制和保护器件

开关、控制和保护器件常用图形符号见表 C-6。

8. 测量仪表、灯和信号器件

测量仪表、灯和信号器件常用图形符号见表 C-7。

9. 电信：交换和外围设备

电信交换和外围设备常用图形符号见表 C-8。

表 C-1 符号要素、限定符号

GB/T 4728—2005 ~ 2008 年新版符号				GB/T 4728—1996 ~ 2000 年版符号	
标识号	图形符号	名称或含义	文字符号	图形符号	说明及应用
S00065		屏蔽			屏蔽 护罩
S01401		直流(形式1)			直流
S01402	DC	直流(形式2)			
S01403		交流(形式1)			交流
S01404	AC	交流(形式2)			
S00069	~50Hz	交流(示出频率) 注:示出 50Hz 交流		~50Hz	交流 50Hz
S00073		交流(示出频率范围,低频) 不同频率范围,相对低频(工频或亚音频)			相对低频(工频或亚音频)
S00074		交流(示出频率范围,中频) 不同频率范围,中频(音频)			中频(音频)
S00075		交流(示出频率范围,高频) 不同频率范围,相对高频(超音频,载频)			相对高频(超音频,载频或射频)
S00077	+	正极性		+	正极性
S00078	-	负极性		-	负极性
S00079	N	中性		N	中性(中性线)
S00080	M	中间线		M	中间线

和其他常用符号

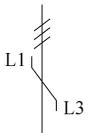
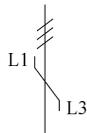
GB/T 4728—1984 ~ 1985 年版符号		GB 312 ~ 314—1964 年版符号	
图形符号	说明	图形符号	名称
	屏蔽(护罩)		屏蔽
— 或 ---	直流	—	直流电
	交流		交流电的一般符号
~50Hz	示例： 交流 50Hz		
	相对低频(工频或亚音频)		工频
	中频(音频)		音频
	相对高频(超音频,载频或射 频)		超音频,载频或 射频
+	正极	+	正极
-	负极	-	负极
N	中性(中性线)	N	中性线
M	中间线		

GB/T 4728—2005 ~ 2008 年新版符号				GB/T 4728—1996 ~ 2000 年版符号	
标识号	图形符号	名称或含义	文字符号	图形符号	说明及应用
S00081		可调节性,一般符号			可调节性,一般符号
S00085		预调			预调
S00120		热效应			热效应
S00121		电磁效应			电磁效应
S00124		延时			延时(延迟)
S00132		正脉冲			正脉冲
S00133		负脉冲			负脉冲
S00137		锯齿波			锯齿波
S00148		延时动作(形式1)			延时动作(形式1)
S00149		延时动作(形式2)			延时动作(形式2)
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(按动操作)			按动操作
S00192		操作件(电动机操作)			电动机操作
S00200		接地,一般符号地,一般符号保护接地端子			接地,一般符号地,一般符号
S01410		功能等电位联结;功能联结导体;功能联结端子	W(导引或输送), X(连接)		接机壳接底板

(续)

GB/T 4728—1984 ~ 1985 年版符号		GB 312 ~ 314—1964 年版符号	
图形符号	说明	图形符号	名称
	非内在的可变性		调节, 一般符号
	预调, 微调		微调
	热效应		发热元件
	电磁效应		
	延时、延迟		
	正脉冲		
	负脉冲		
	锯齿波		
	延时动作(形式1)		
	延时动作(形式2)		
	拉拔操作		
	旋转操作		
	推动操作		
	电动机操作		电动机控制
	接地一般符号		接地一般符号
形式1 形式2	接机壳或接底板	 	机壳接地

表 C-2 导体和连接件的

GB/T 4728—2005 ~ 2008 年新版符号				GB/T 4728—1996 ~ 2000 年版符号	
标识号	图形符号	名称或含义	文字符号	图形符号	说明及应用
S00001		连线,一般符号 导线;电缆;电线;传 输线路;电信线路	W(导引 或输送)		导线;电缆; 电 线; 传 输 线路
S00002		导线组(示出导线 数)(形式1) 注:示出三根导线		形式1 	可标注附加 信息
S00003		导线组(示出导线 数)(形式2) 注:示出三根导线		形式2 	导线数后面 标其截面积, 并用“×”隔开
S00007		屏蔽导线			屏蔽导线
S00019		T形连接(形式1)	W(导引 或输送) X(连接)	形式1 	T形连接 T形连接 示出连接 符号
S00020		T形连接(形式2) 注:示出连接符号		形式2 	
S00021		导线的双T连接(形 式1)		形式1 	导线的双重 连接 仅在设计认 为必要时使用
S00022		导线的双T连接(形 式2)		形式2 	
S00025		相序变更			相序变更
S00044		接通的连接片(形式 1)	X(连接)	形式1 	接 通 的 连 接 片
S00045		接通的连接片(形式 2)		形式2 	
S00046		断开的连接片			断 开 的 连 接 片

常用图形符号

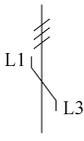
GB/T 4728—1984 ~ 1985 年版符号		GB 312 ~ 314—1964 年版符号	
图形符号	说明	图形符号	名称
	导线、导线组、电线、电缆、电路、传输,一般符号	(1)  (2) 	导线、电缆一般符号
	三根导线	 	三根导线或 n 根导线的单线表示
	三根导线		
	屏蔽导线		屏蔽导线
形式 1  形式 2 	导线的连接		导线的单分支母线
形式 1  形式 2 	导线的多线连接	或  	导线的双分支
	示出相序的变更		
形式 1  形式 2 	接通的连接片		连接片
	断开的连接片		换接片

表 C-3 电阻、电容器和电感

GB/T 4728—2005 ~ 2008 年新版符号			GB/T 4728—1996 ~ 2000 年版符号		
标识号	图形符号	名称或含义	文字符号	图形符号	说明及应用
S00555		电阻器,一般符号	R(限制或稳定)		电阻器,一般符号
S00557		可调电阻器			可调电阻器
S00558		压敏电阻器 变阻器			压敏电阻器 变阻器
S00559		带滑动触点的电阻器			带滑动触点的电阻器
S00561		带滑动触点的电位器			带滑动触点的电位器
S00566		加热元件			电热元件
S00567		电容器,一般符号	C(存储)		电容器,一般符号
S00571		极性电容器 电解电容器			极性电容器, 例如电解电容器
S00573		可调电容器			可调电容器
S00575		预调电容器			预调电容器
S00583		线圈、绕组,一般符号 电感器、扼流圈	R(限制或稳定)		电感器、线圈、 绕组、扼流圈 示例:带磁心的电感器
S00585		带磁心的电感器			磁心有间隙的电感器
S00586		磁心有间隙的电感器			穿在导线上的铁氧体磁珠
S00592		铁氧体磁珠 穿在导线上的铁氧体磁珠			具有两个电极的压电晶体
S00600		两电极压电晶体			

等元件常用图形符号

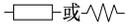
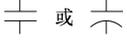
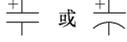
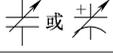
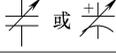
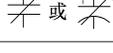
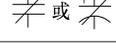
GB/T 4728—1984 ~ 1985 年版符号		GB 312 ~ 314—1964 年版符号	
图形符号	说明	图形符号	名称
	电阻器, 一般符号		电阻器
	可变电阻器 可调电阻器		变阻器, 一般符号
	压敏电阻器 变阻器		压敏电阻
	滑线式变阻器		可断开电路的变阻器
	滑动触点电位器		电位器的一般符号
	电热元件		
	电容器一般符号		电容器的一般符号
	极性电容器		有极性的电解电容器
	可变电容器 可调电容器		可变电容器
	微调电容器		微调电容器
	电感器、线圈、绕组、扼流圈 示例: 带磁心的电感器		电感线圈变压器绕组 有铁心的电感线圈
	磁心有间隙的电感器		空气隙电感线圈
	穿在导线上的磁珠		
	具有两个电极的压电晶体		两个电极的压电元件

表 C-4 半导体管和电子管

GB/T 4728—2005 ~ 2008 年新版符号				GB/T 4728—1996 ~ 2000 年版符号	
标识号	图形符号	名称或含义	文字符号	图形符号	说明及应用
S00057		三极闸流晶体管, 未规定类型	Q(受控切 换或改变)		无指定形式的 三极晶体闸流管
S00641		半导体二极管,一 般符号	K(处理信号 或信息)		半导体二极管 一般符号
S00642		发 光 二 极 管 (LED),一般符号	E(提供辐射 能或热能)		发 光 二 极 管 (LED),一 般 符号
S00644		变容二极管	K(处理信号 或信息)		变容二极管
S00645		隧道二极管 江崎二极管			隧道二极管 江崎二极管
S00646		单向击穿二极管 齐纳二极管、电压 调整二极管	R(限定或 稳定)		单向击穿二 极管 电压调整二 极管 齐纳二极管
S00647		双向击穿二极管			双向击穿二 极管
S00649		双向二极管	K(处理信号 或信息)		双向二极管
S00653		反向阻断三极闸 流晶体管,N栅(阳 极侧受控)	Q(受控切换 或改变)		反向阻断三极 闸流晶体管,N 栅(阳极侧受控)
S00654		反向阻断三极闸 流晶体管,P栅(阳 极侧受控)			反向阻断三极 闸流晶体管,P 栅(阳极侧受控)
S00659		双向三极闸流晶 体管			三端双向晶体 闸流管

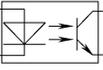
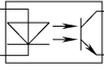
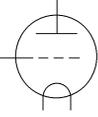
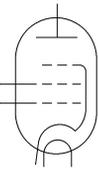
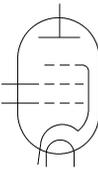
等器件的常用图形符号

GB/T 4728—1984 ~ 1985 年版符号		GB 312 ~ 314—1964 年版符号	
图形符号	说明	图形符号	名称
	三极闸流晶体管		
	半导体二极管一般符号		半导体二极管
	发光二极管 (LED), 一般符号		半导体器件光电效应
	用作电容性器件的二极管		变电容二极管
	隧道二极管		隧道二极管
	单向击穿二极管 电压调整二极管 齐纳二极管		雪崩二极管
	双向击穿二极管		
	双向二极管		
	反向阻断三极闸流晶体管, N 栅 (阳极侧受控)		
	反向阻断三极闸流晶体管, P 栅 (阳极侧受控)		
	三端双向晶体闸流管		

GB/T 4728—2005 ~ 2008 年新版符号				GB/T 4728—1996 ~ 2000 年版符号	
标识号	图形符号	名称或含义	文字符号	图形符号	说明及应用
S00663		PNP 晶体管	K(处理信号 或信息)		PNP 半导体管
S00665		NPN 晶体管			NPN 半导体管
S00666		具有 P 型双基极 的单结晶体管			具有 P 型双基极 的单结晶体管
S00667		具有 N 型双基极 的单结晶体管			具有 N 型双基极 的单结晶体管
S00671		N 型沟道结型场 效应晶体管	K(处理信号 或信息)		N 型沟道结型场 效应晶体管
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
S00677		绝缘栅场效应晶 体管(IGFEI), 耗尽 型, 单栅, N 型沟道, 衬底无引出线			IGFET 耗尽型, 单栅, N 型沟道, 衬底无引 出线
S00678		绝缘栅场效应晶 体管(IGFEI), 耗尽 型, 单栅, P 型沟道, 衬底无引出线			IGFET 耗尽型, 单栅, P 型沟道, 衬底无引 出线
S00680		绝缘栅双极晶体 管(IGBT)增强型, P 型沟道			IGBT 增强型, P 沟道
S00681		绝缘栅双极晶体 管(IGBT)增强型, N 型沟道			IGBT 增强型, N 沟道
S00682		绝缘栅双极晶体 管(IGBT)耗尽型, P 型沟道			IGBT 耗尽型, P 沟道
S00683		绝缘栅双极晶体 管(IGBT)耗尽型, N 型沟道			IGBT 耗尽型, N 沟道

(续)

GB/T 4728—1984 ~ 1985 年版符号		GB 312 ~ 314—1964 年版符号	
图形符号	说明	图形符号	名称
	PNP 半导体管		P-N-P 半导体管
	NPN 半导体管		
	具有 P 型基极的单结型半导体管		
	具有 N 型基极的单结型半导体管		
	N 型沟道结型场效应晶体管		
	P 型沟道结型场效应晶体管		
	IGFET 耗尽型,单栅,N型沟道,衬底无引出线		
	IGFET 耗尽型,单栅,P型沟道,衬底无引出线		

GB/T 4728—2005 ~ 2008 年新版符号				GB/T 4728—1996 ~ 2000 年版符号	
标识号	图形符号	名称或含义	文字符号	图形符号	说明及应用
S00684		光敏电阻 (LDR), 光敏电阻器	B(把变量转换为信号)		光敏电阻 具有对称导电性的光电导器件
S00685		光敏二极管			光敏二极管
S00686		光生伏打电池			光电池
S00687		光敏晶体管 注: 示出 PNP 型			光敏半导体管 注: 示出 PNP 型
S00691		光耦合器 光隔离器 注: 示出发光二极管和光电晶体管	T(保持性质不变的变换)		光耦合器 光隔离器 示出发光二极管和光电半导体
S00744		直热式阴极三极管	K(处理信号或信息)		直热式阴极三极管
S00746		五极管 注: 抑制极与阴极间有内连接的间接式阴极五极管			抑制极与阴极间有内连接的间接式阴极五极管

(续)

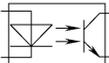
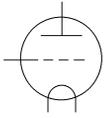
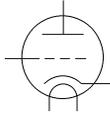
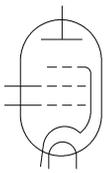
GB/T 4728—1984 ~ 1985 年版符号		GB 312 ~ 314—1964 年版符号	
图形符号	说明	图形符号	名称
	光敏电阻 具有对称导电性的光电导器件		光敏电阻
	光敏二极管		光敏二极管
	光电池		光电池
	光电半导体管 注:示出 PNP 型		
	光耦合器 光隔离器 示出发光二极管和光电半导体		
	直热式阴极三极管		三极管
	间热式阴极五极管(抑制极与阴极间有内连接)		

表 C-5 电能的发生

GB/T 4728—2005 ~ 2008 年新版符号				GB/T 4728—1996 ~ 2000 年版符号	
标识号	图形符号	名称或含义	文字符号	图形符号	说明及应用
S00808		星形联结的三相绕组			星形联结的三相绕组
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三相绕组
S00836		三相笼型异步电动机	M(提供机械能)		三相笼型异步电动机
S00837		单相笼型异步电动机 注:有绕组分相引出端头			单相笼型有分相绕组引出端的异步电动机
S00838		三相绕线转子异步电动机			三相绕线转子异步电动机
S00481		双绕组变压器,一般符号(形式1)	T(保持性质的变换)	形式1 	双绕组变压器
S00842		双绕组变压器,一般符号(形式2)		形式2 	双绕组变压器

与转换常用图形符号

GB/T 4728—1984 ~ 1985 年版符号		GB 312 ~ 314—1964 年版符号	
图形符号	说明	图形符号	名称
	星形联结的三相绕组		星形联结的三相绕组
	中性点引出的星形联结三相绕组		同左
	三相笼型异步电动机		三相笼型异步电动机
	单相笼型有分相绕组引出端的异步电动机		
	三相绕线转子异步电动机		三相集电环异步电动机
形式 1 	双绕组变压器	单线表示 	双绕组变压器
形式 2 	双绕组变压器	多线表示 	

GB/T 4728—2005 ~ 2008 年新版符号				GB/T 4728—1996 ~ 2000 年版符号	
标识号	图形符号	名称或含义	文字符号	图形符号	说明及应用
S00848		电抗器,一般符号 扼流圈(形式1)	R(限制 或稳定)	形式1 	扼流圈 电抗器
S00849		电抗器,一般符号 扼流圈(形式2)		形式2 	
S00850		电流互感器,一般 符号(形式1)	B(变量转 换为信号)	形式1 	电流互感器 脉冲变压器
S00851		电流互感器,一般 符号(形式2)		形式2 	
S00858		星形-三角形联结 的三相变压器	T(保持性 质的变换)		星形-三角 形联结的三相 变压器
S00878		电压互感器 仪用互感器 (形式1)	B(变量转换 为信号)	形式1 	电压互感器
S00879		电压互感器 仪用互感器 (形式2)		形式2 	
S00895		桥式全波整流器	T(保持性 质的变换)		桥式全波整 流器

(续)

GB/T 4728—1984 ~ 1985 年版符号		GB 312 ~ 314—1964 年版符号	
图形符号	说明	图形符号	名称
形式1  形式2 	扼流圈 电抗器		电抗器
形式1  形式2 	电流互感器 脉冲变压器	单线表示  多线表示 	单次级绕组电流互感器
	三相变压器 星形-三角形联结		可带负载调整有铁心的三相双绕组变压器
(未列出, 可选用前述的适当符号)			
	桥式全波整流器		

表 C-6 开关、控制和保护

GB/T 4728—2005 ~ 2008 年新版符号				GB/T 4728—1996 ~ 2000 年版符号	
标识号	图形符号	名称或含义	文字符号	图形符号	说明及应用
S00218		接触器功能			接触器功能
S00219		断路器功能			断路器功能
S00221		隔离开关功能			隔离开关功能
S00223		位置开关功能			位置开关功能
S00227		动合(常开)触点 一般符号;开关一般符号	K(处理信号或信息) Q(受控切换或改变)	形式 1	形式 2 动合(常开)触点
S00229		动断(常闭)触点			
S00230		先断后合的转换触点	K(处理信号或信息)		先断后合的转换触点
S00243		延时闭合的动合触点 注:当带该触点的器件被吸合时,此触点延时闭合			当操作器件被吸合时延时闭合的动合触点
S00244		延时断开的动合触点 注:当带该触点的器件被释放时,此触点延时断开			当操作器件被释放时延时断开的动合触点
S00245		延时断开的动断触点 注:当带该触点的器件被吸合时,此触点延时断开			当操作器件被吸合时延时断开的动断触点
S00246		延时闭合的动断触点 注:当带该触点的器件被释放时,此触点延时闭合			当操作器件被释放时延时闭合的动断触点

器件常用图形符号

GB/T 4728—1984 ~ 1985 年版符号		GB 312 ~ 314—1964 年版符号	
图形符号	说明	图形符号	名称
	接触器功能		
	断路器功能		
	隔离开关功能		
	位置限制开关功能		
形式 1  形式 2 	动合(常开)触点	 或 	动合触点
	动断(常闭)触点	 或 	继电器的动断触点
	先断后合的转换触点	 或 	继电器的切换触点
形式 1  形式 2 	当操作器件被吸合时延时闭合的动合触点		延时闭合的动合触点
形式 1  形式 2 	当操作器件被释放时延时断开的动合触点		延时断开的动合触点
形式 1  形式 2 	当操作器件被吸合时延时断开的动断触点		延时断开的动断触点
形式 1  形式 2 	当操作器件被释放时延时闭合的动断触点		延时闭合的动断触点

GB/T 4728—2005 ~ 2008 年新版符号				GB/T 4728—1996 ~ 2000 年版符号	
标识号	图形符号	名称或含义	文字符号	图形符号	说明及应用
S00254		自动复位的手动按钮开关	S(把手动操作转换为信号)		具有动合触点且自动复位的按钮开关
S00255		自动复位的手动拉拨开关			具有动合触点且自动复位的拉拨开关
S00256		无自动复位的手动旋转开关			具有动合触点但无自动复位的旋转开关
S00259		带动合触点的位置开关	K(处理信号或信息)		位置开关, 动合触点
S00260		带动断触点的位置开关			位置开关, 动断触点
S00265		带动断触点的热敏自动开关 双金属片动断触点 注:注意区别此触点和热继电器的触点	S(把输入变量转换为信号)		热敏自动开关(例如双金属片)的动断触点 注意区别此触点和热继电器触点
S00284		接触器,接触器的主动合触点 注:在非操作位置上触点断开	Q(受控切换或改变)		接触器,接触器的主动合触点(在非动作位置触点断开)
S00286		接触器,接触器的主动断触点 在非操作位置上触点闭合			接触器,接触器的主动断触点
S00287		断路器			断路器
S00288		隔离开关,隔离器			隔离开关

(续)

GB/T 4728—1984 ~ 1985 年版符号		GB 312 ~ 314—1964 年版符号	
图形符号	说明	图形符号	名称
	按钮开关(不闭锁)		带动合触点能自动返回的按钮
	拉拔开关(不闭锁)		
	旋钮开关、旋转开关(闭锁)		
	位置开关, 限制开关 动合触点		与工作机械联动的动合触点
	位置开关, 限制开关 动断触点		与工作机械联动的动断触点
	热敏开关,动断触点		
	接触器,接触器的主动合触点 (在非动作位置触点断开)		接触器动合触点
	接触器(在非动作位置触点闭合)		接触器动断触点
	断路器		二极自动空气断路器
	隔离开关		三极高压隔离开关

GB/T 4728—2005 ~ 2008 年新版符号				GB/T 4728—1996 ~ 2000 年版符号	
标识号	图形符号	名称或含义	文字符号	图形符号	说明及应用
S00290		隔离开关, 负荷隔离开关	Q(受控切换或改变)		负荷开关(负荷隔离开关)
S00305		驱动器件一般符号; 继电器线圈一般符号	K(处理信号或信息)	形式1	操作件一般符号 继电器线圈一般符号
S00311		缓慢释放继电器线圈			
S00312		缓慢吸合继电器线圈			缓慢释放继电器的线圈
S00313		延时继电器线圈			缓慢吸合继电器的线圈
S00325		热继电器驱动器件			缓慢释放继电器的线圈
S00362		熔断器, 一般符号		F(防护)	
S00363		熔断器 注: 熔断器烧断后仍带电的一端用粗线表示			熔断器一般符号
S00368		熔断器开关	F(防护) Q(受控切换或改变)		熔断器烧断后仍可使用, 一端用粗线表示的熔断器
S00370		熔断器负荷开关组合电器			熔断器式开关
S00373		避雷器	F(防护)		熔断器式负荷开关
S00373		避雷器	F(防护)		避雷器

(续)

GB/T 4728—1984 ~ 1985 年版符号		GB 312 ~ 314—1964 年版符号	
图形符号	说明	图形符号	名称
	负荷开关(负荷隔离开关)		三极高压负荷开关
形式1  形式2 	操作件一般符号 继电器线圈一般符号	 或 	继电器、接触器线圈一般符号
	缓慢释放继电器的线圈		带时限的电磁继电器释放线圈
	缓慢吸合继电器的线圈		带时限的电磁继电器缓吸线圈
	缓吸缓放继电器的线圈		
	热继电器驱动器件		
	熔断器一般符号		熔断器
	供电端用粗线表示的熔断器		
	熔断器式开关		刀开关-熔断器
	熔断器式负荷开关		
	避雷器		避雷器

表 C-7 测量仪表、灯和信号

GB/T 4728—2005 ~ 2008 年新版符号				GB/T 4728—1996 ~ 2000 年版符号	
标识号	图形符号	名称或含义	文字符号	图形符号	说明及应用
S00913		电压表	P(提供信息)		电压表
S00917		功率因数表			功率因数表
S00919		频率计			频率计
S00927		转速表			转速表
S00933		电度表(瓦时计)			电度表(瓦时计)
S00965		灯,一般符号 信号灯,一般符号	E(提供辐射能或热能) P(提供信息)		灯,一般符号 信号灯,一般符号
S00966		闪光型信号灯	P(提供信息)		闪光型信号灯
S00972		报警器			报警器
S00973		蜂鸣器			蜂鸣器
S01417		音响信号装置,一般符号,或电喇叭、电铃、单击电铃、电动汽笛			电铃

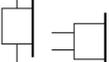
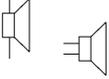
表 C-8 电信交换和外国

GB/T 4728—2005 ~ 2008 年新版符号				GB/T 4728—1996 ~ 2000 年版符号	
标识号	图形符号	名称或含义	文字符号	图形符号	说明及应用
S01056		受话器,一般符号	P(提供信息)		受话器,一般符号
S01059		扬声器,一般符号			扬声器,一般符号

器件常用图形符号

GB/T 4728—1984 ~ 1985 年版符号		GB 312 ~ 314—1964 年版符号	
图形符号	说明	图形符号	名称
	电压表		伏特表
	功率因数表		功率因数表
	频率表		赫兹表
	转速表		转速表
	电度表(瓦时计)		瓦时表
	灯,一般符号 信号灯,一般符号	 	照明灯一般符号 信号灯一般符号
	闪光型信号灯		
	报警器		报警器
	蜂鸣器		蜂鸣器
	电铃		电铃一般符号

设备常用图形符号

GB/T 4728—1984 ~ 1985 年版符号		GB 312 ~ 314—1964 年版符号	
图形符号	说明	图形符号	名称
	受话器,一般符号		受话器,一般符号
	扬声器,一般符号		扬声器,一般符号

二、电气简图用文字符号

文字符号现行标准有单字母代号标准 GB/T 5094 和双字母代号标准 GB/T 20939，现行标准与旧标准有两点重要的变化：一是旧标准按电气设备、装置和元器件即产品种类划分类别，而现行标准则根据国际标准统一的原则按功能（用途和任务）划分类别；二是将标准的适用范围由电气技术领域扩大到一切工业领域。由于发生了这些变化，因此有些项目的文字符号有了明显的改变。表 C-9 列出的是常用的现行标准和旧标准双字母代号，现行标准的常用单字母代号除在图形符号表格中给出外，在表 C-9 中也对其用途和任务进行了对应功能的描述。双字母代号中的第一位是主类，第二位是子类，是在第一位基础上的细分。如一位不能满足需要时选用两位代号。表中所示项目均为示例，实际应用中可根据功能（用途和任务）对号选用相应代号。表 C-9 中有些单元格为空格，是因为现行标准或旧标准对其没有功能定义，暂时不用或以前没有使用过这些符号。

表 C-9 电气简图用文字符号

现行标准 GB/T 20939—2007			原 GB/T 7159—1987	
字母代号	用途或任务	组件示例	字母代号	设备元器件名称
A	两种或两种以上的用途或任务			
AB	由电能获得的项目、任务的细分		AB	电桥
AD			AD	晶体管放大器
AJ	由信息、信号获得的项目、任务的细分		AJ	集成电路放大器
AP	机械、结构项目		AP	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			
BB	输入变量转换用于保护目的	保护继电器,热过载继电器,布彻霍尔兹继电器		

(续)

现行标准 GB/T 20939—2007			原 GB/T 7159—1987	
字母代号	用途或任务	组件示例	字母代号	设备元器件名称
BE	电气元器件	电流互感器,测量继电器,电压互感器,测量变送器,测量电阻(分流)		
BP	压力,真空	压力传感器,压力计	BP	压力变换器
BT	温度	温度传感器,温度计	BT	温度变换器
BX	其他设备	摄像机,麦克风		
C	材料、能量或信息的存储		C	电容器
CA	电能的电容存储	电容器		
CF	信息的存储	RAM、EPROM、CDROM、事件记录器、硬盘、磁带记录仪、电压记录器		
E	提供辐射能或热能			
EA	用电能产生用于照明目的的电磁辐射	白炽灯、荧光灯、紫外灯		
EB	通过转化电能制热	电热丝、电热棒、电热、电煮器、电蒸汽锅炉、电炉、红外加热元件、电暖炉		
EC	通过转化电能制冷	制冷元件、冷冻单元、电冰箱、冷冻器、压缩冷冻机、涡轮驱动冷冻机		
EH			EH	发热器件
EL	用燃烧石油产生用于照明目的的电磁辐射	煤气灯、瓦斯灯	EL	照明灯

(续)

现行标准 GB/T 20939—2007			原 GB/T 7159—1987	
字母代号	用途或任务	组件示例	字母代号	设备元器件名称
EV			EV	空气调节器
F	直接防止(自动)能量流、信息流、人身或设备发生危险的或意外的情况,包括用于防护的系统和设备		F	过电压放电器件 避雷器
FA	保留用于基于电能的项目、任务的细分	熔断器、避雷器、法拉第笼、微型断路器、电涌保护器、热过载脱扣器	FA	具有瞬时动作的限流保护器件
FB				
FC				
FD				
FE				
FU			FU	熔断器
FV			FV	限压保护器件
G	启动能量流或材料流,产生用做信息载体或参考源的信号		G	旋转发动机振荡器
GA	利用机械能产生电能流	发电机、直流发电机、电动发电机组	GA	异步发电机
GB	利用化学转换产生电能流	燃料电池、蓄电池、干电池	GB	蓄电池
GC	利用光能产生电能流	太阳能电池		
GF	产生作为信息载体的信号	信号发生器、转换器	GF	旋转式或固定式变频器
GQ	产生气态物质流动(运输)及(连续地)压缩	吹风机(空调、风扇)、压缩机、真空泵、吸气器		
GS	产生液态和气态材料(传动件驱动式)流动(运输)	排气器、注射器、喷射器	GS	发生器 同步发电机

(续)

现行标准 GB/T 20939—2007			原 GB/T 7159—1987	
字母代号	用途或任务	组件示例	字母代号	设备元器件名称
H	产生新类型材料或产品		H	信号器件
HA			HA	声响指示器
HL	用分类法把混合物分离	筛子、耙子、筛子	HL	光指示器 指示灯
K	处理(接收、处理和提供)信号或信息(用于保护目的的项目除外,见F类)			
KA			KA	瞬时接触继电器 瞬时有或无继电器 交流继电器
KF	产生电气和电子信号	继电器、晶体管、二进制元件、延时系统、控制器、输入/输出模块、接收机、发射机、光耦器		
KM			KM	接触器
KT			KT	延时有或无继电器
L			L	感应线圈 线路陷波器 电抗器
M	提供用于驱动的机械能量(旋转或线性机械运动)			
MA	电动机驱动	电动机、直线电动机		
MG			MG	可用做发电机或电动机的电机
MS	化学转化驱动	燃气轮机	MS	同步电动机
N			N	运算放大器 混合模拟/数字器件

(续)

现行标准 GB/T 20939—2007			原 GB/T 7159—1987	
字母代号	用途或任务	组件示例	字母代号	设备元器件名称
P	信息表述		P	指示器件、记录器件、识算测量器件、信号发生器
PA			PA	电流表
PG	信息表述(非永久性的)	检波器、监视器、电压表、告警灯		
PJ			PJ	电度表
PV			PV	电压表
Q	受控切换或改变能量流、信号流或材料流(对于控制电路中的开/关信号,见K类或S类)			
QA	电路的通断和变换	断路器、接触器、闸流晶体管、电动机起动器		
QB	电能回路的隔离	隔离开关、负载断路开关		
QC	电能回路的接地	接地开关		
QD	电能回路的旁路	旁路断路器		
QF			QF	断路器
QM	限制液态物质在封闭壳内的流量	关断阀(或溢流阀)、截止板、截止、插板阀	QM	电动机保护开关
QS			QS	隔离开关
R	限制或稳定能量、信息或材料的运动或流动		R	电阻器 变阻器
RA	限制电能的流动	电阻、电抗线圈、二极管		
RF	信号的稳定	低通、均衡器、滤波器		
RP	噪声的防护和隔离	噪声防护、声音吸收器	RP	电位器

(续)

现行标准 GB/T 20939—2007			原 GB/T 7159—1987	
字母代号	用途或任务	组件示例	字母代号	设备元器件名称
RT	光的防护和隔离	百叶窗、帘、屏风	RT	热敏电阻器
RV			RV	压敏电阻器
SA			SA	控制开关 选择开关
SB			SB	按钮开关
SF	手动操作到电信号的转换	开关、光笔、键盘、控制开关、差异开关、按钮开关、选择开关、定点调节器		
SG	手工操作到电磁、光学、声学信号的转换	无线鼠标		
SP			SP	压力传感器
ST			ST	温度传感器
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,材料形态或形状的转换			
TA	维持能量类型和形态的电能转化	变压器、DC/DC变换器、频率变换器	TA	电流互感器
TB	保持能量性质不变及改变能量形式的能量变换	整流器、变换器		
TC			TC	控制电路电源用变压器
TF	(保持信息内容的)信号转换	放大器、隔离转换器、电传感器、脉冲放大器、天线		
TM	成形、加工	机床、剪、锯	TM	电力变压器
TV			TV	电压互感器

(续)

现行标准 GB/T 20939—2007			原 GB/T 7159—1987	
字母代号	用途或任务	组件示例	字母代号	设备元器件名称
U	保持物体在指定位置		U	鉴频器、解调器、变频器、编码器、变压器、逆变器、整流器、电板译码器
UB	电缆和导体的支持和支撑	门形架、杆、绝缘子、电缆桥架、线槽、保护管、电缆托盘、支柱绝缘子		
UF	支持、支撑、封装仪控和通信项目	传感器架、子架、印制电路板		
V	材料或产品的处理(包括预处理和后处理)			
VC			VC	控制电路用电源的整流器
VE			VE	电子管
W	从一地到另一地导引或输送能量、信号、材料或产品		W	导线、电缆、母线、波导、波导定向耦合器、偶极天线、抛物天线
WF	电气或电子信号分配	数据总线		
WG	电气或电子信号传输	控制电缆、测量电缆、数据线		
X	连接物			连接插头和插座、接线柱、电缆封端和接头、焊接端子板
XB	不小于 1kV 的连接	端子、电缆密封端、接线盒	XB	连接片

(续)

现行标准 GB/T 20939—2007			原 GB/T 7159—1987	
字母代号	用途或任务	组件示例	字母代号	设备元器件名称
XE	导通至地电位或参考电位	接地端子、屏蔽接地端子		
XG	(电)信号连接	信号分配器、插头连接器、连接元件		
XJ			XJ	测试插头
XP	传输机械能的连接	分离耦合、控制耦合	XP	插头
XS			XS	插座
XT			XT	端子板
YC			YC	电磁离合器

附录 D 电动机技术参数

电动机的型号系列较多，这里给出常用的下列型号的电动机的技术参数：

Y 系列 380V 笼型异步电动机技术参数

YR (IP23) 系列 380V 绕线转子异步电动机技术参数

YR (IP44) 系列 380V 绕线转子异步电动机技术参数

Y 系列 6kV 笼型异步电动机技术参数

YR (YRKS) 系列 10kV 绕线转子异步电动机主要技术数据

TK、TDK 系列同步电动机主要技术参数

MCBP 系列 380V 变频异步电动机技术参数

YVF 系列变频调速三相异步电动机技术参数

一、Y 系列 380V 笼型异步电动机技术参数

Y 系列 380V 笼型异步电动机技术参数见表 D-1。

表 D-1 中型号含义示例：

型号 Y80M1-2 中，“Y”表示异步电动机；“80”表示机座中心高；“M1”表示机座号（中机座）；“2”表示电动机极数。

表 D-1 Y 系列 380V 笼型异步电动机主要技术参数

型号	额定功率 /kW	满 载 时				堵转转矩 额定转矩 (倍)	堵转电流 额定电流 (倍)	最大转矩 额定转矩 (倍)
		电 流 /A	转 速 /(r/min)	效 率 (%)	功率因数 $\cos\varphi$			
Y80M1-2	0.75	1.8	2830	75.0	0.84	2.2	6.5	2.3
Y80M2-2	1.1	2.5	2830	77.0	0.86	2.2	7.0	2.3
Y90S-2	1.5	3.4	2840	78.0	0.85	2.2	7.0	2.3
Y90L-2	2.2	4.7	2840	80.5	0.86	2.2	7.0	2.3
Y100L-2	3	6.4	2870	82.0	0.87	2.2	7.0	2.3
Y112M-2	4	8.2	2890	85.5	0.87	2.2	7.0	2.3
Y132S1-2	5.5	11	2900	85.5	0.88	2.0	7.0	2.3
Y132S2-2	7.5	15	2900	86.2	0.88	2.0	7.0	2.3
Y160M1-2	11	22	2930	87.2	0.88	2.0	7.0	2.3
Y160M2-2	15	29	2930	88.2	0.88	2.0	7.0	2.3
Y160L-2	18.5	36	2930	89.0	0.89	2.0	7.0	2.2
Y180M-2	22	42	2940	89.0	0.89	2.0	7.0	2.2
Y200L1-2	30	57	2940	90.0	0.89	2.0	7.0	2.2
Y220L2-2	37	70	2950	90.5	0.89	2.0	7.0	2.2
Y225M-2	45	84	2970	91.5	0.89	2.0	7.0	2.2
Y250M-2	55	103	2970	91.5	0.89	2.0	7.0	2.2
Y280S-2	75	140	2970	92.0	0.89	2.0	7.0	2.2
Y280M-2	90	167	2970	92.5	0.89	2.0	7.0	2.2
Y315S-2	110	200	2980	92.5	0.89	1.8	6.8	2.2
Y315M-2	132	237	2980	93.0	0.89	1.8	6.8	2.2
Y315L1-2	160	286	2980	93.5	0.89	1.8	6.8	2.2
Y315L2-2	200	356	2980	93.5	0.89	1.8	6.8	2.2
Y80M1-4	0.55	1.5	1390	73.0	0.76	2.4	6.0	2.3
Y80M2-4	0.75	2.0	1390	73.0	0.76	2.4	6.0	2.3
Y90S-4	1.1	2.8	1400	78.0	0.78	2.3	6.5	2.3
Y90L-4	1.5	3.7	1400	79.0	0.79	2.3	6.5	2.3

(续)

型号	额定功率 /kW	满 载 时				堵转转矩 额定转矩 (倍)	堵转电流 额定电流 (倍)	最大转矩 额定转矩 (倍)
		电 流 /A	转 速 /(r/min)	效 率 (%)	功率因数 $\cos\varphi$			
Y100L1-4	2.2	5.0	1400	81.0	0.82	2.2	7.0	2.3
Y100L2-4	3	6.8	1430	82.5	0.81	2.2	7.0	2.3
Y112M-4	4	8.8	1400	84.5	0.82	2.2	7.0	2.3
Y132S-4	5.5	12	1400	85.5	0.84	2.2	7.0	2.3
Y132M-4	7.5	15	1400	87.0	0.85	2.2	7.0	2.3
Y160M-4	11	23	1460	88.0	0.84	2.2	7.0	2.3
Y160L-4	15	30	1460	88.5	0.85	2.2	7.0	2.3
Y180M-4	18.5	36	1470	91.0	0.86	2.0	7.0	2.2
Y180L-4	22	43	1470	91.5	0.86	2.0	7.0	2.2
Y200L-4	30	57	1470	92.2	0.87	2.0	7.0	2.2
Y225S-4	37	70	1480	91.8	0.87	1.9	7.0	2.2
Y225M-4	45	84	1480	92.3	0.88	1.9	7.0	2.2
Y250M-4	55	103	1480	92.6	0.88	2.0	7.0	2.2
Y280S-4	75	140	1480	92.7	0.88	1.9	7.0	2.2
Y280M-4	90	164	1480	93.5	0.89	1.9	7.0	2.2
Y315S-4	110	201	1480	93.5	0.89	1.8	6.8	2.2
Y315M-4	132	241	1490	94.0	0.89	1.8	6.8	2.2
Y315L1-4	160	291	1490	94.5	0.89	1.8	6.8	2.2
Y315L2-4	200	354	1490	94.5	0.89	1.8	6.8	2.2

二、YR (IP23) 系列 380V 绕线转子异步电动机

YR (IP23) 系列 380V 绕线转子异步电动机技术参数见表 D-2。

表 D-2 中介绍的电动机防护等级为 IP23。

表 D-2 中型号含义示例说明：

在型号 YR355M1-4 中，“Y”表示异步电动机；“R”表示绕线转子型；“355”表示机座中心高；“M1”表示机座号；“4”表示电动机极数。

表 D-2 YR (IP23) 系列 380V 绕线转子异步电动机技术参数

型 号	额定功率 /kW	额定电流 /A	转 速 /(r/min)	转子电压 /V	转子电流 /A	重量 /kg
YR355M1-4	250	455	1480	328	457	1520
YR355M2-4	280	505	1480	327	514	1550
YR355M3-4	315	565	1480	371	508	1620
YR355L1-4	355	636	1480	370	575	1720
YR355M1-6	185	342	980	208	534	1470
YR355M2-6	200	367	891	224	534	1540
YR355M3-6	220	404	981	243	542	1610
YR355M4-6	250	456	981	265	566	1730
YR355L1-6	280	509	981	294	570	1800
YR355M1-8	132	264	733	278	298	1480
YR355M2-8	160	316	732	306	329	1540
YR355M3-8	185	366	733	341	343	1590
YR355M4-8	200	394	734	383	326	1680
YR355L1-8	220	432	734	419	328	1740
YR355L2-8	250	490	736	333	449	1790
YR355L1-8	355	636	736	370	575	1720
YR355M1-10	90	179	590	179	302	1550
YR355M2-10	110	216	590	192	346	1610
YR355M3-10	132	261	590	228	349	1670
YR355L1-10	160	314	590	279	344	1825
YR355L2-10	185	363	590	314	353	1905
YR355M4-12	90	193	490	178	306	1660
YR355L1-12	110	235	490	203	327	1720
YR355L2-12	132	280	490	248	320	1890

三、YR (IP44) 系列 380V 绕线转子异步电动机

YR (IP44) 系列 380V 绕线转子异步电动机技术参数见表 D-3。

表 D-3 中介绍的电动机防护等级为 IP44。

表 D-3 中型号含义示例说明：

在型号 YR355M1-4 中，“Y”表示异步电动机；“R”表示绕线转子型；“355”表示机座中心高；“M1”表示机座号；“4”表示电动机极数。

表 D-3 YR (IP44) 系列 380V 绕线转子异步电动机技术参数

型号	额定功率 /kW	额定电压 /V	满 载 时				最大转矩 额定转矩	转 子	
			转速 /(r/min)	定子 电流 /A	效率 (%)	功率 因数 $\cos\varphi$		电流 /A	电压 /V
YR355M1-4	200	380	1480	357	92.8	0.87	2.8	322	378
YR355M2-4	220	380	1480	392	93.0	0.87	2.8	364	368
YR355L1-4	250	380	1480	447	93.2	0.87	2.8	415	365
YR355L2-4	280	380	1480	492	93.4	0.87	2.8	443	378
YR355M1-6	160	380	980	292	93.0	0.86	2.8	356	276
YR355M2-6	200	380	980	361	93.2	0.86	2.8	463	263
YR355L1-6	220	380	980	397	93.3	0.86	2.8	517	258
YR355L2-6	250	380	980	450	93.5	0.86	2.8	587	258
YR355M1-8	132	380	740	257	92.4	0.81	2.4	327	249
YR355M2-8	160	380	740	312	92.5	0.81	2.4	392	251
YR355L1-8	185	380	740	358	92.7	0.81	2.4	453	251
YR355L2-8	200	380	740	388	92.9	0.81	2.4	490	250
YR355M1-10	90	380	585	185	91.0	0.77	2.0	261	330
YR355M2-10	110	380	585	223	91.3	0.78	2.0	283	327
YR355L2-10	132	380	585	266	91.5	0.78	2.0	307	320

四、Y 系列 6kV 三相笼型异步电动机

Y 系列 6kV 三相笼型异步电动机技术参数见表 D-4。

电动机的防护等级为 IP23，定额是连续工作制 (S1)，电动机的额定频率为 50Hz。

型号含义说明：

在型号 Y 3551-2 中，“Y”表示笼型转子异步电动机；“3551”表示机座中心高 355mm，1 号铁心长；“4”表示极数。

表 D-4 Y 系列 6kV 三相笼型异步电动机技术参数

型号	额定功率 /kW	额定电流 /A	转速 / (r/min)	效率 (%)	功率因数 $\cos\varphi$	起动电流 / 额定电流 (倍)	起动转矩 / 额定转矩 (倍)	最大转矩 / 额定转矩 (倍)	重量 /kg	
Y3551-2	220	26.7	2975	92.8	0.86	7.0	0.6	1.8	1780	
Y3552-2	250	30.1		92.9					1790	
Y3553-2	280	33.7		93.1					1800	
Y3554-2	315	37.7		93.4					1895	
Y3555-2	355	42.4		93.7					1955	
Y3556-2	400	47.6		94.1					2065	
Y4001-2	450	53.3		94.4					2300	
Y4002-2	500	58.5	94.6							
Y4003-2	560	65.4	94.7							
Y4004-2	630	73.4	2980	94.9	2600					
Y4501-2	710	82.7	2975	95.0						
Y4502-2	800	92.9		95.2						
Y4503-2	900	104.5		95.3						
Y4504-2	1000	114.6	2975	95.4		2980	7.0	0.6	1.8	4100
Y5001-2	1120	128.2	95.5	4250						
Y5002-2	1250	143.0	95.6	4400						
Y5003-2	1400	159.9	95.7	0.88	4600					
Y5004-2	1600	182.6	95.8		4800					
Y5601-2	1800	205.2	95.9		6250					
Y5602-2	2000	227.8	96.0		6550					
Y5603-2	2240	254.9	96.1		6950					
Y6301-2	2500	281.0	96.2		0.88	7600				
Y6302-2	2800	314.4	96.3			7900				
Y6303-2	3150	353.7	96.3	8300						

(续)

型号	额定功率 /kW	额定电流 /A	转速 / (r/min)	效率 (%)	功率因数 $\cos\varphi$	起动电流 / 额定电流 (倍)	起动转矩 / 额定转矩 (倍)	最大转矩 / 额定转矩 (倍)	重量 /kg			
Y3551-4	220	26.3	1480	93.3	0.88	6.5	0.8	1.8	1710			
Y3552-4	250	29.6		93.4					1760			
Y3553-4	280	33.0		93.5	1800							
Y3554-4	315	37.1		93.6	1860							
Y4003-4	355	41.5	1485	93.8	0.88				6.5	0.8	1.8	2280
Y4004-4	400	46.4		94.0								2350
Y4005-4	450	52.1		94.2								2420
Y4006-4	500	57.6		94.3								2510
Y4007-4	560	64.5		94.5	2600							
Y4505-4	630	72.2		94.8	3092							
Y4506-4	710	81.6		95.0	0.87							3180
Y4507-4	800	91.6		95.1								3300
Y4509-4	900	102.6		95.2		3520						
Y5006-4	1000	113.7		95.3		0.88	6.0	0.6				1.8
Y5007-4	1120	126.7	95.4	4160								
Y5009-4	1250	139.9	95.5	4470								
Y50010-4	1400	157.2	95.6	4620								
Y5601-4	1600	180.8	1485	95.7	0.89	6.0	0.6	1.8	6400			
Y5602-4	1800	203.2		95.8					6700			
Y5603-4	2000	225.5		95.9					7000			
Y6301-4	2240	252.3		96.0					7600			
Y6302-4	2500	281.3		96.1					7900			
Y6303-4	2800	314.7		96.2					8300			
Y3555-6	220	27.3	985	93.0	0.82				0.8	1.8	1870	
Y3556-6	250	30.8		93.3							1930	
Y4004-6	280	33.8		93.5	0.83						2310	
Y4005-6	315	37.8		93.7							2380	

(续)

型号	额定功率/kW	额定电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数 $\cos\varphi$	起动电流/额定电流(倍)	起动转矩/额定转矩(倍)	最大转矩/额定转矩(倍)	重量/kg
Y4006-6	355	42.5	985	93.9	0.83	6.0	0.8	1.8	2460
Y4007-6	400	47.7		94.0					2550
Y4505-6	450	52.8	990	94.3	0.84	6.0	0.8	1.8	3050
Y4506-6	500	58.7		94.5					3140
Y4507-6	560	65.7		94.7					3240
Y4509-6	630	73.3	990	94.8	0.85	6.0	0.8	1.8	3470
Y5006-6	710	81.6		95.0					3910
Y5007-6	800	91.2		95.1					4050
Y5009-6	900	102.3		95.2					4330
Y50010-6	1000	113.6		95.3					4480
Y5601-6	1120	131.4		95.4	0.86	6.5	0.7	1.8	6300
Y5602-6	1250	146.5		95.5					6600
Y5603-6	1400	163.9		95.6					7000
Y6301-6	1600	187.1		95.7					7600
Y6302-6	1800	210.2		95.8					7900
Y6303-6	2000	233.3	95.9	8300					
Y4005-8	200	26.3	740	92.8	0.78	5.5	0.8	1.8	2360
Y4006-8	220	28.7		92.9					2440
Y4007-8	250	32.2		93.0	0.79				2520
Y4008-8	280	35.8		93.2					2620
Y4506-8	315	39.8		93.4	0.80				3120
Y4507-8	355	44.5		93.5					3230
Y4508-8	400	50.0		93.7					3350
Y4509-8	450	56.3		93.8	0.81				3460
Y5005-8	500	61.7		94.3					3790
Y5007-8	560	68.1		94.4	0.83				4030
Y5008-8	630	76.5		94.5					4180

(续)

型号	额定功率 /kW	额定电流 /A	转速 /(r/min)	效率 (%)	功率 因数 cosφ	起动电流 额定电流 (倍)	起动转矩 额定转矩 (倍)	最大转矩 额定转矩 (倍)	重量 /kg			
Y50010-8	710	86.1	740	94.6	0.83	5.5	0.8		4460			
Y5601-8	800	96.8		94.7					6300			
Y5602-8	900	108.8		94.8					6500			
Y5603-8	1000	120.7		94.9					6900			
Y6301-8	1120	135.1		95.0					0.84	6.0	0.7	7500
Y6302-8	1250	150.6		95.1								7800
Y6303-8	1400	168.5		95.2								8200
Y6304-8	1600	192.3		95.3								8500
Y4504-10	200	26.2	91.9	0.77	5.5	0.8	1.8	2870				
Y4505-10	220	28.6	92.1					2940				
Y4506-10	250	32.3	92.3	0.78				3030				
Y4507-10	280	35.9	92.5					3120				
Y4508-10	315	40.3	92.6	0.79				3230				
Y4509-10	355	45.5	92.8					3310				
Y5005-10	400	49.4	590	93.3				0.80			3720	
Y5006-10	450	55.5		93.4							3830	
Y5007-10	500	61.5		93.6	3960							
Y5008-10	560	69.0		93.7	4090							
Y50010-10	630	77.0		93.8	4320							
Y5601-10	710	88.6		94.0	0.82	6.0	0.7					6300
Y5602-10	800	99.7		94.2								6500
Y5603-10	900	112.0		590	94.3	0.82	6.0				0.7	1.8
Y6301-10	1000	124.3	94.4		7400							
Y6302-10	1120	138.9	94.6		7700							
Y6303-10	1250	154.7	94.8		8100							
Y6304-10	1400	173.1	94.9		8500							
Y4507-12	200	28.4	495		91.2			0.72	5.5	0.8		

(续)

型号	额定功率/kW	额定电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数 $\cos\varphi$	起动电流/额定电流(倍)	起动转矩/额定转矩(倍)	最大转矩/额定转矩(倍)	重量/kg
Y4508-12	220	30.7	495	91.4	0.73	5.5	0.8	1.8	3190
Y4509-12	250	34.2		91.7					3280
Y5006-12	280	38.4		92.7					3760
Y5007-12	315	42.4		92.8	0.75				3900
Y5008-12	355	47.1		93.0					4040
Y5009-12	400	52.8		93.3					4180
Y50010-12	450	59.3		93.4	4320				
Y5601-12	500	65.0		93.7	0.79	6.0	0.7	6000	
Y5602-12	560	72.7		93.8				6200	
Y5603-12	630	81.7		93.9				6400	
Y6301-12	710	92.0		94.0				7400	
Y6302-12	800	103.4		94.2				7700	
Y6303-12	900	116.3		94.3				8100	
Y6304-12	1000	129.0		94.4	8500				

五、YR (YRKS) 系列 10kV 三相绕线转子异步电动机

YR (YRKS) 系列 10kV 三相绕线转子异步电动机主要技术参数见表 D-5。

表 D-5 中的“型号”一栏列出的是“YR 系列”三相绕线转子异步电动机，与其每一种规格相对应的还有一款“YRKS 系列”三相电动机，后者是空-水冷却绕线转子异步电动机。两个系列的电动机除了“重量”以外，相应规格的技术参数完全相同。

型号含义示例说明：

在型号“YR 4501-4”中，“YR”表示绕线转子异步电动机；“4501”表示机座中心高 450mm，1 号铁心长；“4”表示极数。

在型号“YRKS 4501-4”中，“YR”表示绕线转子异步电动机；“KS”表示空-水冷却；“4501”表示机座中心高 450mm，1 号铁心长；“4”表示极数。

表 D-5 YR (YRKS) 系列 10kV 三相绕线转子异步电动机技术参数

型号	额定功率 /kW	额定电流 /A	同步转速 / (r/min)	效率 (%)	功率因数	转子电压 /V	转子电流 /A	最大转矩 额定转矩	重量 /kg
YR4501-4	315	23.4	1500	92.5	0.84	519	379	1.8	3450
YR4502-4	355	26.3		92.8	0.84	567	390		3510
YR4503-4	400	29.2		93.1	0.85	518	485		3570
YR4504-4	450	32.8		93.3	0.85	567	497		3660
YR4505-4	500	36.3		93.6	0.85	625	500		3730
YR4506-4	560	40.6		93.8	0.85	696	500		3830
YR5001-4	630	45.4	1500	94.2	0.85	566	691	1.8	4700
YR5002-4	710	51.0		94.6	0.85	610	722		4850
YR5003-4	800	56.7		94.7	0.86	663	749		5000
YR5004-4	900	63.7		94.8	0.86	725	770		5230
YR5005-4	1000	70.7		94.9	0.86	790	770		5380
YR5601-4	1120	78.2	1500	95.1	0.87	1264	501	1.8	6540
YR5602-4	1250	87.1		95.2	0.87	1532	496		6800
YR5603-4	1400	97.5		95.3	0.87	1480	576		7030
YR6301-4	1600	110	1500	95.4	0.88	1693	1693	1.8	8850
YR6302-4	1800	124		95.5	0.88	1826	1826		9090
YR6303-4	2000	137		95.6	0.88	1983	1983		9470
YR4503-6	280	21.6	1000	92.2	0.81	493	358	1.8	3670
YR4504-6	315	24.3		92.4	0.81	535	371		3750
YR4505-6	355	27.3		92.6	0.81	584	383		3850
YR4506-6	400	30.7		92.8	0.81	643	391		3970
YR5001-6	450	34.5	1000	93.1	0.81	588	481	1.8	4570
YR5002-6	500	38.2		93.4	0.81	645	486		4650
YR5003-6	560	42.6		93.6	0.81	719	486		4730
YR5004-6	630	47.3		93.8	0.82	809	484		4930
YR5005-6	710	53.2		94.0	0.82	1132	385		5120

(续)

型号	额定功率/kW	额定电流/A	同步转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	转子电压/V	转子电流/A	最大转矩 额定转矩	重量/kg
YR5601-6	800	58.3	1000	94.3	0.84	1245	394	1.8	6500
YR5602-6	900	65.5		94.5	0.84	1385	398		6660
YR5603-6	1000	71.7		94.7	0.85	1130	549		6850
YR5604-6	1120	80.2		94.9	0.85	1245	557		7150
YR6301-6	1250	89.3		95.1	0.85	1383	558	1.8	8330
YR6302-6	1400	99.8	95.3	0.85	1557	553	8550		
YR6303-6	1600	114	95.4	0.85	1730	560	8920		
YR5001-8	280	23.4	750	92.2	0.75	457	385	1.8	3850
YR5002-8	315	26.3		92.3	0.75	492	403		4030
YR5003-8	355	29.5		92.5	0.75	533	418	1.8	4180
YR5004-8	400	33.2		92.8	0.75	581	432		4320
YR5005-8	450	36.2		93.1	0.77	640	441		4410
YR5006-8	500	40.2	750	93.3	0.77	711	439	1.8	4390
YR5601-8	560	43.7	750	93.6	0.79	914	381	1.8	6060
YR5602-8	630	49.1		93.8	0.79	985	398		6170
YR5603-8	710	55.2		94.0	0.79	1068	415		6300
YR5604-8	800	62.1		94.2	0.79	1062	465	6470	
YR6301-8	900	67.1	750	94.4	0.82	1160	479	1.8	7970
YR6302-8	1000	74.4		94.6	0.82	1278	483		8210
YR6303-8	1120	83.2		94.8	0.82	1421	485		8500
YR5003-10	250	21.9	600	91.4	0.72	511	307	1.8	4500
YR5004-10	280	24.5		91.7	0.72	550	320		4630
YR5005-10	315	27.4		92.1	0.72	597	331		4770
YR5006-10	355	30.9		92.2	0.72	653	342		4980
YR5601-10	400	33.8	600	92.4	0.74	717	350	1.8	6010
YR5602-10	450	37.3		92.8	0.75	797	353		6140

(续)

型号	额定功率 /kW	额定电流 /A	同步转速 /(r/min)	效率 (%)	功率因数	转子电压 /V	转子电流 /A	最大转矩 额定转矩	重量 /kg
YR5603-10	500	41.4	600	93.0	0.75	922	341	1.8	6320
YR5604-10	560	45.6		93.2	0.76	1007	349		6510
YR5605-10	630	51.2		93.4	0.76	1108	357		6840
YR6301-10	710	56.1	600	93.7	0.78	1159	385	1.8	7850
YR6302-10	800	63.1		93.8	0.78	1275	393		8100
YR6303-10	900	70.9		93.9	0.78	1419	396		8390
YR6304-10	1000	78.7		94.1	0.78	1598	389		8760
YR5601-12	280	24.6	500	91.4	0.72	648	274	1.8	5930
YR5602-12	315	27.6		91.5	0.72	713	280		6000
YR5603-12	355	31.1		91.6	0.72	786	283		6080
YR5604-12	400	34.9		91.8	0.72	841	299		6170
YR5605-12	450	39.1		92.2	0.72	906	312		6300
YR6301-12	500	42.8	500	92.4	0.73	938	333	1.8	7880
YR6302-12	560	47.1		92.8	0.74	1023	341		8080
YR6303-12	630	52.8		93.1	0.74	1127	348		8340
YR6304-12	710	59.3		93.4	0.74	1255	352		8730

六、TK、TDK 系列同步电动机

TK、TDK 系列同步电动机主要技术参数见表 D-6。

型号含义示例说明：

在型号“TK (TDK) 220-10/990”中，“TK (TDK)”是同步电动机系列号；“220”是电动机的功率千瓦数值；“10”是电动机极数；“990”是电动机定子铁心外径，单位为毫米。

表 D-6 TK、TDK 系列同步电动机主要技术参数

型号	额 定 值			功率 因数	效率 (%)	堵转 电流 /额 定电 流	堵转 转矩 /额 定转 矩	牵入 转矩 /额 定转 矩	失步 转矩 /额 定转 矩	转动 惯量 /kg· m ²	重量 /t
	功率 /kW	电压 /V	电流 /A								
TK220-10/990	220	3000	51.2	0.9	91.0	6.5	0.9	0.8	1.8	60	2.19
TK220-10/990	220	6000	25.6	0.9	91.0	6.5	0.9	0.8	1.8	60	2.19
TK250-10/990	250	380	456.3	0.9	91.0	6.5	0.9	0.7	1.8	55	2.21
TK250-10/990	250	6000	29.1	0.9	91.0	7.0	0.9	0.7	1.8	55	2.27
TK250-10/990A	250	10000	17.5	0.9	90.5	7.0	0.9	0.7	1.8	55	2.75
TK250-10/990C	250	10000	17.5	0.9	90.5	7.0	0.9	0.7	1.8	55	3.55
TK280-10/990	280	380	519.5	0.9	91.0	6.0	0.9	0.7	1.8	55	2.21
TK280-10/990	280	6000	32.5	0.9	91.0	6.5	0.9	0.7	1.8	55	2.26
TK315-10/1180	315	6000	37	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	85	2.67
TK355-10/1180	355	10000	25	0.9	91.0	6.5	0.9	0.7	1.8	100	3.03
TDK118/30-10	450	6000	52	0.9	92.0	6.0	1.0	0.5	1.8	125	3.00
TDK118/30-10	450	6000	52	0.9	92.0	6.0	1.0	0.5	1.8	125	4.00
T500-10/1180	500	6000	56.7	0.9	92.0	6.0	1.0	0.6	1.8	125	5.39
T600-10/1180	600	4160	88.1	1.0	92.5	6.0	0.9	0.7	1.8	125	4.82
T630-10/1180	630	6000	71.3	0.9	93.0	6.0	1.0	0.6	1.8	125	5.39
T800-10/1180	800	6000	90.1	0.9	93.0	6.0	1.0	0.6	1.8	125	6.20
TK220-12/1180	220	6000	26.0	0.9	90.5	6.0	1.0	0.5	1.8	87.5	2.55
TK250-12/1180	250	380	464	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	87.5	2.68
TK250-12/1180A	250	380	464	0.9	91.0	6.0	1.0	0.6	1.8	87.5	4.00
TK250-12/1180	250	380	464	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	87.5	4.00
TK250-12/1180	250	3000	58.4	0.9	90.5	6.5	1.0	0.6	1.8	87.5	4.44
TK250-12/1180C	250	6000	29.5	0.9	90.5	6.0	1.0	0.5	1.8	87.5	2.55
TK250-12/1180	250	6000	29.2	0.9	90.5	6.5	1.0	0.6	1.8	87.5	4.44
TK250-12/1180A	250	6000	29.2	0.9	90.5	6.5	1.0	0.6	1.8	87.5	4.41
TK250-12/1180	250	10000	17.7	0.9	90.5	6.5	1.0	0.5	1.8	112.5	2.86

(续)

型号	额 定 值			功率 因数	效率 (%)	堵转 电流 /额 定电 流	堵转 转矩 /额 定转 矩	牵入 转矩 /额 定转 矩	失步 转矩 /额 定转 矩	转动 惯量 /kg· m ²	重量 /t
	功率 /kW	电压 /V	电流 /A								
TK260-12/1180	260	6000	30.0	0.9	90.5	6.0	1.0	0.6	1.8	112.5	2.86
TK280-12/1180	280	380	513.8	0.9	92.0	6.0	0.8	0.5	1.8	87.5	2.62
TK280-12/1180A	280	380	517	0.9	91.5	6.0	1.0	0.6	1.8	87.5	4.00
TK280-12/1180C	280	6000	32.7	0.9	90.5	6.0	1.0	0.5	1.8	112.5	2.86
TK280-12/1180	280	10000	19.7	0.9	91.0	6.5	1.0	0.5	1.8	112.5	2.88
TK300-12/1180	300	380	554	0.9	91.5	6.0	1.0	0.6	1.8	87.5	4.00
TK300-12/1180	300	3000	69.7	0.9	91.0	6.5	0.6	0.6	1.8	87.5	4.45
TK300-12/1180	300	6000	34.9	0.9	91.0	6.5	0.6	0.6	1.8	87.5	4.45
TK320-12/1180	320	380	574.7	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	87.5	2.69
TK320-12/1180B	320	380	590	0.9	91.5	6.0	1.0	0.6	1.8	87.5	4.00
TK320-12/1180	320	380	590	0.9	91.5	6.0	1.0	0.6	1.8	87.5	4.00
TK320-12/1180	320	6000	37.2	0.9	91.0	6.5	1.0	0.5	1.8	112.5	2.89
TK350-12/1180	350	380	629.4	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	87.5	2.69
TK350-12/1180	350	3300	74.8	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	112.5	2.88
TK350-12/1180	350	6000/ 3000	40.7/ 81.4	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	125	3.10
TK400-12/1180A	400	6000	46.7	0.9	91.5	6.0	1.0	0.5	1.8	125	3.10
TK400-12/1180	400	6000	46.7	0.9	91.5	6.0	1.0	0.5	1.8	125	4.50
TK250-14/1180	250	380	462	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	125	2.72
TK250-14/1180D	250	380	462	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	87.5	4.03
TDK118/20-14	250	380	462	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	125	4.00
TK250-14/1180	250	415	420	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	125	2.77
TK250-14/1180	250	420	415	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	125	2.77
TK1-250-14/1180	250	3000	59	0.9	90.5	6.0	0.9	0.8	1.8	125	3.00
TK1-250-14/1180	250	6000	29.5	0.9	90.5	6.0	0.9	0.8	1.8	125	3.00
TK250-14/1180	250	6000	29.5	0.9	90.5	6.0	1.0	0.6	1.8	125	2.98

(续)

型号	额 定 值			功率 因数	效率 (%)	堵转 电流 /额 定电 流	堵转 转矩 /额 定转 矩	牵入 转矩 /额 定转 矩	失步 转矩 /额 定转 矩	转动 惯量 /kg· m ²	重量 /t
	功率 /kW	电压 /V	电流 /A								
TK260-14/1180	260	380	480	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	125	2.72
TK260-14/1180	260	6000	30.4	0.9	90.5	6.0	1.0	0.6	1.8	125	2.98
TK280-14/1180	280	380	519.5	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	100	4.24
TK320-14/1180	320	6000	37.0	0.9	91.0	6.0	1.0	0.6	1.8	125	4.83
TDK118/30-14	350	3000	81.4	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	125	3.20
TDK118/30-14	350	6000	40.7	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	125	3.20
TK350-14/1180	350	6000	41	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	125	4.82
TK250-16/1180	250	220	792	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	125	2.81
TK250-16/1180	250	380	459	0.9	91.0	6.0	0.7	0.5	1.8	125	2.81
TK250-16/1180	250	440	396	0.9	91.0	6.0	0.7	0.6	1.8	125	2.81
TK250-16/1180	250	3000	59	0.9	90.0	6.0	1.0	0.7	1.8	125	3.15
TK250-16/1180	250	3300	54	0.9	90.0	6.0	1.0	0.7	1.8	100	2.82
TK260-16/1180	260	380	487.7	0.9	90.0	6.0	0.7	0.5	1.8	100	2.62
T1000-10/1430	1000	6000	113.1	0.9	94.0	6.0	0.6	0.8	1.8	352.5	8.30
TK250-12/1430B	250	10000	17.8	0.9	90.0	6.5	0.9	0.6	1.8	125	5.69
TK250-12/1430A	250	10000	17.7	0.9	90.0	7.5	1.0	0.6	1.8	125	5.79
TK280-12/1430	280	10000	20	0.9	90.0	6.5	0.9	0.6	1.8	125	5.69
TK320-12/1430A	320	10000	22.7	0.9	90.5	6.5	0.9	0.7	1.8	250	3.62
TK320-12/1430	320	10000	22.3	0.9	91.0	6.5	0.9	0.7	1.8	225	6.18
TK350-12/1430	350	10000	24.8	0.9	90.5	6.5	0.9	0.7	1.8	250	3.63
TK400-12/1430	400	10000	28.0	0.9	91.5	6.0	1.0	0.7	1.8	200	3.71
TK450-12/1430	450	6000	51.7	0.9	91.5	6.0	0.9	0.7	1.8	200	3.88
TK450-12/1430	450	10000	31.4	0.9	92.0	6.5	0.9	0.7	1.8	250	3.86
TK500-12/1430	500	10000	34.9	0.9	92.0	6.5	0.9	0.7	1.8	250	4.16
TK550-12/1430	550	6000/ 3000	63.2/ 126.5	0.9	92.5	6.0	0.9	0.7	1.8	225	4.12

(续)

型号	额 定 值			功率 因数	效率 (%)	堵转 电流 /额 定电 流	堵转 转矩 /额 定转 矩	牵入 转矩 /额 定转 矩	失步 转矩 /额 定转 矩	转动 惯量 /kg· m ²	重量 /t
	功率 /kW	电压 /V	电流 /A								
TK550-12/1430V	550	6000	63.6	0.9	92.5	6.0	0.9	0.7	1.8	250	4.11
TK550-12/1430	550	6600	57.8	0.9	92.5	6.0	0.9	0.7	1.8	250	4.15
TK550-12/1430	550	6000/ 10000	63.9/ 38.4	0.9	92.0	6.5	0.9	0.8	1.8	250	4.16
TK550-12/1430	550	10000	37.7	0.9	92.5	6.5	0.9	0.7	1.8	250	4.52
TK630-12/1430	630	6000	72.4	0.9	92.5	6.0	1.0	0.5	1.8	262.5	4.40
TK630-12/1430	630	10000	43	0.9	92.5	6.0	1.0	0.6	1.8	262.5	4.57
TK250-14/1430	250	10000	17.6	0.9	90.5	7.0	0.9	0.8	1.8	200	3.74
TK250-14/ 1430A	250	10000	17.6	0.9	90.5	7.0	0.9	0.8	1.8	200	5.90
TK280-14/1430	280	10000	19.6	0.9	90.5	7.0	0.8	0.6	1.8	200	3.76
TK320-14/1430	320	10000	22.6	0.9	91.0	6.5	1.0	0.7	1.8	250	6.25
TK350-14/1430	350	10000	24.7	0.9	91.0	6.5	1.0	0.7	1.8	250	4.13
TK400-14/1430	400	6000	47	0.9	91.0	6.0	0.9	0.7	1.8	250	3.99
TK400-14/1430	400	10000	28.2	0.9	91.0	6.5	1.0	0.7	1.8	250	4.01
TK450-14/1430V	450	10000	31.4	0.9	92.0	6.5	0.9	0.8	1.8	325	4.79
TK500-14/1430	500	3300	105.7	0.9	92.0	6.0	0.9	0.8	1.8	325	4.62
TK500-14/1430	500	6000	56.6	0.9	92.0	6.0	0.8	0.7	1.8	250	4.72
TK500-14/1430V	500	6000	58.1	0.9	92.0	6.0	0.9	0.8	1.8	325	4.63
TK500-14/1430V	500	10000	34.9	0.9	92.0	6.5	0.9	0.8	1.8	325	4.67
TK550-14/1430	550	6000	62.6	0.9	92.0	6.0	0.8	0.7	1.8	250	4.59
TK550-14/1430	550	10000	37.6	0.9	92.0	6.5	0.8	0.7	1.8	250	4.92
TK550-14/ 1430A	550	6000	62.6	0.9	92.0	6.0	0.8	0.7	1.8	250	6.83
TK550-14/ 1430C	550	10000	38.4	0.9	92.0	6.5	0.9	0.8	1.8	325	6.89
TK600-14/1430	600	6000	69.0	0.9	93.0	6.0	0.9	0.8	1.8	325	5.04
TK600-14/1430	600	10000	41.8	0.9	92.0	6.5	0.9	0.8	1.8	325	5.14

(续)

型号	额 定 值			功率 因数	效率 (%)	堵转 电流 /额 定电 流	堵转 转矩 /额 定转 矩	牵入 转矩 /额 定转 矩	失步 转矩 /额 定转 矩	转动 惯量 /kg· m ²	重量 /t
	功率 /kW	电压 /V	电流 /A								
TK630-14/1430	630	6000	72.4	0.9	93.0	6.0	0.9	0.8	1.8	250	4.86
TK630-14/1430	630	10000	43.9	0.9	92.0	6.5	0.9	0.8	1.8	325	5.14
TK1250-14/ 2150A	1250	6000	141.5	0.9	94.0	6.0	1.0	0.8	1.8	750	15.10
TK350-16/1430	350	3300	74.8	0.9	91.0	6.0	1.0	0.5	1.8	265	3.89
TK450-16/ 1430A	450	10000	31.7	0.9	92.0	6.5	0.9	0.8	1.8	250	4.88
TK450-16/1430	450	10000	31.0	0.9	91.5	6.5	0.9	0.8	1.8	260	7.14
TK600-16/1430	600	6000	67.6	0.9	93.0	6.0	0.8	0.7	1.8	300	5.34
TK630-14/1730	630	10000	43.9	0.9	92.0	6.5	0.9	0.8	1.8	600	5.62
TK500-16/1730	500	3300	105.7	0.9	92.0	6.0	0.7	0.8	1.8	525	5.52
TK500-16/1730	500	6000	58.1	0.9	92.0	6.0	0.7	0.8	1.8	525	5.48
TK500-16/1730	500	10000	34.9	0.9	92.0	6.0	0.7	0.8	1.8	525	5.60
TK550-16/1730	550	6000	62.9	0.9	92.0	6.5	0.9	0.8	1.8	525	5.35
TK550-16/ 1730A	550	6000	63.9	0.9	92.0	6.0	0.7	0.8	1.8	525	5.47
TK550-16/1730	550	10000	37.5	0.9	92.0	6.5	0.7	0.8	1.8	600	6.03
TK600-16/1730	600	6000	68.0	0.9	92.0	6.5	0.7	0.8	1.8	525	5.42
TK630-16/1730	630	10000	42.8	0.9	92.0	6.5	0.7	0.8	1.8	600	6.51
TK800-16/1730	800	6000	92.5	0.9	92.5	6.0	0.9	0.7	1.8	750	10.99
TK800-16/2150	800	10000	54.9	0.9	92.5	7.0	0.7	0.8	1.8	1450	14.51
TK1250-16/2150	1250	6000	141.5	0.9	94.5	6.0	1.1	0.9	1.8	750	14.60
TK350-18/1730	350	10000	24.7	0.9	91.0	6.5	0.9	0.7	1.8	500	5.99
TK420-18/1730	420	10000	29.5	0.9	91.5	6.0	0.9	0.7	1.8	450	8.53
TK800-18/1730	800	6000	90.5	0.9	92.5	6.5	0.7	0.8	1.8	875	7.95
TK450-20/1730	450	10000	31.4	0.9	92.0	6.5	0.9	0.7	1.8	600	6.07
TK630-20/1730	630	6000	72	0.9	92.0	6.5	0.7	0.8	1.8	875	7.05
TK630-20/ 1730A	630	6000	72	0.9	93.0	6.5	0.9	0.8	1.8	875	11.50

七、MCBP 系列 380V 变频异步电动机

MCBP 系列 380V 变频异步电动机的型号编制规则如图 D-1 所示；技术规范见表 D-7；技术参数见表 D-8。

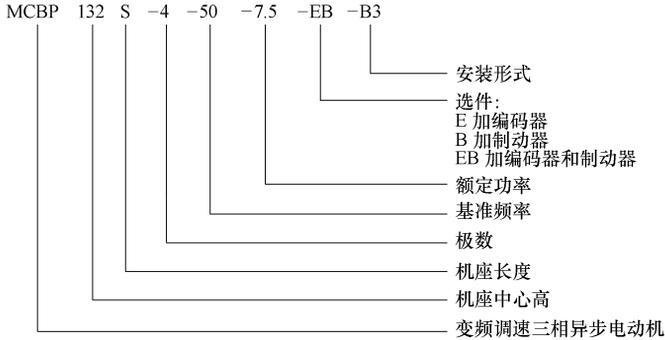


图 D-1 MCBP 系列三相变频异步电动机型号编制说明

表 D-7 MCBP 系列 380V 变频器技术规范

项 目		技 术 范 围			
基准频率		25	33.3	50	87
恒转矩 范围	Hz	2 ~ 25	3 ~ 33.3	5 ~ 50	8 ~ 87
	r/min	60 ~ 750	90 ~ 1000	150 ~ 1500	240 ~ 2610
恒功率 范围	Hz	25 ~ 100/120	33.3 ~ 120/150	50 ~ 150/200	87 ~ 200
	r/min	750 ~ 3000/3600	1000 ~ 3600/4500	1500 ~ 4500/6000	2610 ~ 6000
工 作 制		额定 S1-100% 连续运行			
绝缘等级		F			
防护等级		IP54; IP55			
冷却方式		IC416A 强迫风冷			
振动等级		R 级(低振动)			
安装方式		IMB3、IMB5、IMB35			
过载能力		额定 120%，短时 30min			
控制方式		V/F 控制模式，矢量控制模式			
可 选 件		编码器；制动器；热敏电阻过热保护			
使用 环境	海拔	1000m 以下			
	温度	-5 ~ +40℃			
	湿度	80% RH 以下			

表 D-8 MCBP 系列 380V 变频异步电动机技术参数

型 号	基准 频率 /Hz	额定 功率 /kW	额定 电流 /A	额定 转矩 /N· m	基准 转速 /(r/ min)	恒功 率调 速 /(r/ min)	恒转 矩调 速 /(r/min)
MCBP90S-4-25-0.55	25	0.55	1.68	7.00	750	60 ~ 750	750 ~ 3000/3600
MCBP90L-4-25-0.75		0.75	2.21	9.55			
MCBP100L1-4-25-1.1		1.1	2.74	14.00			
MCBP100L2-4-25-1.5		1.5	3.66	19.10			
MCBP112M-4-25-2.2		2.2	5.2	28.00			
MCBP132S-4-25-3		3	6.74	38.20			
MCBP132M-4-25-4		4	8.8	50.93			
MCBP160M-4-25-5.5		5.5	11.7	70.03			
MCBP160L-4-25-7.5		7.5	15.7	95.50			
MCBP180M-4-25-11		11	23.6	140.0			
MCBP200L-4-25-15		15	29.1	191.0			
MCBP225S-4-25-18.5		18.5	37	235.6			
MCBP225M-4-25-22		22	44	280.0			
MCBP250M-4-25-30		30	53.7	382.0			
MCBP280S-4-25-37		37	73.8	471.1			
MCBP280M-4-25-45		45	87	587			
MCBP315S-4-25-55		55	103	713			
MCBP315M-4-25-75		75	140	819			
MCBP315L1-4-25-90		90	167	1168			
MCBP315L2-4-25-110		110	203	1431			
MCBP355M2-4-25-132	132	246	1708				
MCBP355L2-4-25-160	160	320	2062				
MCBP90S-4-33.3-0.75	33.3	0.75	2	7.16	1000	90 ~ 1000	1000 ~ 3600/4500
MCBP90L-4-33.3-1.1		1.1	2.73	10.51			
MCBP100L1-4-33.3-1.5		1.5	3.6	14.33			
MCBP100L2-4-33.3-2.2		2.2	5.1	21.01			

(续)

型 号	基准 频率 /Hz	额定 功率 /kW	额定 电流 /A	额定 转矩 /N· m	基准 转速 /(r/ min)	恒功 率调 速 /(r/ min)	恒转 矩调 速 /(r/min)
MCBP112M-4-33.3-3	33.3	3	6.9	28.65	1000	90 ~ 1000	1000 ~ 3600/4500
MCBP132S-4-33.3-4		4	8.7	38.2			
MCBP132M-4-33.3-5.5		5.5	11.5	52.53			
MCBP160M-4-33.3-7.5		7.5	16.5	71.63			
MCBP160L-4-33.3-11		11	22.5	105.1			
MCBP180M-4-33.3-15		15	32.6	143.3			
MCBP200L-4-33.3-18.5		18.5	36	176.7			
MCBP225S-4-33.3-22		22	44	210.1			
MCBP225M-4-33.3-30		30	59.1	286.5			
MCBP250M-4-33.3-37		37	72.6	353.4			
MCBP280S-4-33.3-45		45	88	429.8			
MCBP280M-4-33.3-55		55	105	535			
MCBP315S-4-33.3-75	75	140	727	1000	90 ~ 1000	1000 ~ 3600/4500	
MCBP315M-4-33.3-90	90	170	871				
MCBP315L1-4-33.3-110	110	207	1064				
MCBP315L2-4-33.3-132	132	240	1282				
MCBP355M2-4-33.3-160	160	310	1548				
MCBP355L2-4-33.3-200	200	410	1939	50	150 ~ 1500	1500 ~ 4500/6000	
MCBP80M1-4-50-0.55	0.55	1.58	3.50				
MCBP80M2-4-50-0.75	0.75	2.11	4.78				
MCBP90S-4-50-1.1	1.1	2.8	7.00				
MCBP90L-4-50-1.5	1.5	3.58	9.55				
MCBP100L1-4-50-2.2	2.2	4.98	14.00				
MCBP100L2-4-50-3	3	6.7	19.10				
MCBP112M-4-50-4	4	8.8	25.47				
MCBP132S-4-50-5.5	5.5	11.24	35.00				

(续)

型 号	基准 频率 /Hz	额定 功率 /kW	额定 电流 /A	额定 转矩 /N· m	基准 转速 /(r/ min)	恒功 率调 速 /(r/ min)	恒转 矩调 速 /(r/min)
MCBP132M-4-50-7.5	50	7.5	15.06	47.75	1500	150 ~ 1500	1500 ~ 4500/6000
MCBP160M-4-50-11		11	21.48	70.00			
MCBP160L-4-50-15		15	28.6	95.50			
MCBP180L-4-50-18.5		18.5	35.34	117.8			
MCBP180M-4-50-22		22	41.45	140.0			
MCBP200L-4-50-30		30	55.5	191.0			
MCBP225S-4-50-37		37	69.17	235.6			
MCBP225M-4-50-45		45	82.8	286.5			
MCBP250M-4-50-55		55	100.1	350.2			
MCBP280S-4-50-75		75	136.5	490			
MCBP280M-4-50-90		90	162.4	580			
MCBP315S-4-50-110		110	197.4	707			
MCBP315M-4-50-132		132	236	846			
MCBP315L1-4-50-160		160	284	1029			
MCBP315L2-4-50-200		200	366	1285			
MCBP355M1-4-50-220		220	415	1409			
MCBP355M2-4-50-250		250	457	1708			
MCBP355L1-4-50-280		280	550	1793			
MCBP355L2-4-50-315		315	576	2019			
MCBP80M1-4-87-0.95		87	0.95	2.36			
MCBP80M2-4-87-1.3	1.3		3.13	4.76			
MCBP90S-4-87-1.9	1.9		4.31	6.95			
MCBP90L-4-87-2.6	2.6		5.91	9.51			
MCBP100L1-4-87-3.8	3.8		7.85	13.90			
MCBP100L2-4-87-5.2	5.2		11.0	19.03			
MCBP112M-4-87-7	7		14.5	25.61			

(续)

型 号	基准 频率 /Hz	额定 功率 /kW	额定 电流 /A	额定 转矩 /N· m	基准 转速 /(r/ min)	恒功 率调 速 /(r/ min)	恒转 矩调 速 /(r/min)
MCBP132S-4-87-9.5	87	9.5	19.5	34.76	2610	240- 2610	2610-600
MCBP132M-4-87-13		13	24.18	47.57			
MCBP160M-4-87-19		19	35.54	69.52			
MCBP160L-4-87-26		26	48.21	95.13			

八、YVF 系列变频调速三相异步电动机

1. YVF 系列变频调速三相异步电动机简介

YVF 系列变频调速三相异步电动机由笼型变频调速电动机与尾部独立风机组成；适用于各种需要调速的传动装置。

电动机外壳防护等级为 IP44。

电动机冷却方法为 IC416。

电动机额定电压 380V、额定频率 50Hz；风机额定电压 380V、额定频率 50Hz，风机罩上附有独立接线盒，其电源由工频电网直接供给，不能由变频器供给。

电动机采用 F 极绝缘。

电动机定子绕组接线，功率在 55kW 及以下为 Y 联结，功率在 55kW 以上为 Δ 接法。

2. 额定使用条件

海拔不超过 1000m。

环境空气温度最高不超过 40℃，最低不低于 -15℃。

相对湿度不超过 90%。

YVF 系列变频调速三相异步电动机技术参数见表 D-9。

表 D-9 YVF 系列变频调速三相异步电动机技术参数

型号	标称功率 /kW	额定转矩 /N·m	恒转矩变 频范围/Hz	恒功率调 频范围/Hz
YVF801-4	0.55	3.50	5 ~ 50	50 ~ 100
YVF 802-4	0.75	4.70		

(续)

型号	标称功率 /kW	额定转矩 /N·m	恒转矩变 频范围/Hz	恒功率调 频范围/Hz
YVF 90S-4	1.10	7.00	5 ~ 50	50 ~ 100
YVF 90L-4	1.50	9.50		
YVF 100L1-4	2.20	14.0		
YVF 100L2-4	3.00	19.0		
YVF 112M-4	4.0	25.4		
YVF 132S-4	5.50	35.0		
YVF 132M-4	7.50	47.7		
YVF 160M-4	11.0	70.0		
YVF 160L-4	15.0	95.5		
YVF 180M-4	22	140.9		
YVF 200L-4	30	190.9		
YVF 225S-4	37	235.5		
YVF 225M-4	45	286.4	3 ~ 50	
YVF 250M-4	55	350.1		
YVF 280S-4	75	477.7		
YVF 280M-4	90	572.9		
YVF 315S-4	110	700.2		
YVF 315M-4	132	840.3		
YVF 315L1-4	160	1018.5		
YVF 315L2-4	200	1273.2		

附录 E DW15 系列万能断路器的变通合闸

万能式断路器通常作为配电装置的主开关，或电动机的保护控制开关。有时为了防止停电后再来电时的电动机自启动，选用了断路器的失压断电保护功能，这样系统停电后万能断路器会因失电压而跳闸。但在实际的电动机控制电路或配电系统中，万能断路器的失压跳

闸可能会给操作运行人员增加操作工作量。例如居民小区在用电高峰期被限电，运行人员只能在无奈中等待，来电后去配电室操作送电。而电动机可能还有保护功能更完善的器件进行细密和准确的保护，并配有相应的开关无须使用断路器的失压断电功能。

因此，对于一些来电后允许自动合闸的场合，可以考虑选用下面介绍的万能断路器停电后再来电时的自动合闸电路，

这种所谓的自动合闸应有选择性，应能识别是准备检修时的人工跳闸、故障保护跳闸、还是失电跳闸。对于前两种情况是不允许自动合闸的；只有停电后再来电时才允许，否则有可能影响正常检修工作的安全，或者在故障保护后自动合闸酿成重大事故。

一、操作按钮即可合闸的万能断路器

这类断路器电流容量较小，例如 630A 及以下的断路器。合闸时按压按钮，通过电磁铁即可使断路器合闸，无需事先储能。

图 E-1 所示为 DW15-630 型断路器分、合闸控制与“断电后再来电自动合闸”的完整电路，图中虚线框内是断路器 QF1 内部结构或元件，标注的符号参照了产品说明书。与没有“断电后再来电自动合闸”功能的电路相比仅增加了一只中间继电器 KA、一只时间继电器 KT 和一只手动旋转式操作开关 SK（其他带锁定功能的按钮也行）。断路器能够合闸向外送电的前提是隔离开关 QS 和二次回路的控制开关 QF2（DZ47 系列小型断路器）均已合闸，之后若欲手动分、合闸，则旋转开关 SK 暂不闭合，这时电路可用按钮 SB1 合闸，用按钮 SB2 分闸。若欲断电后再来电时能够自动合闸送电，则操作旋转开关 SK 使其触点闭合。系统停电后，一次回路和二次回路均失去电源，断路器因失压线圈 Q1 的保护作用而跳闸，断路器的常开辅助接点 QF-5 断开，中间继电器 KA 线圈失电，其常闭触点 KA-1 闭合，时间继电器线圈经过触点 KA-1、旋转开关 SK 的触点与控制电源接通（但无电），为来电后自动合闸做好准备。系统一旦来电，时间继电器 KT 线圈得电并开始延时，待延时结束，时间继电器的延时闭合触点 KT（与合闸按钮 SB1 并联）接通，与合闸按钮作用相同，断路器合闸。之后断路器的辅助触点 QF-5 闭合，中间继电器 KA 线圈得电，其常闭触点 KA-1 断开，时间继电器线圈断电暂时退出运

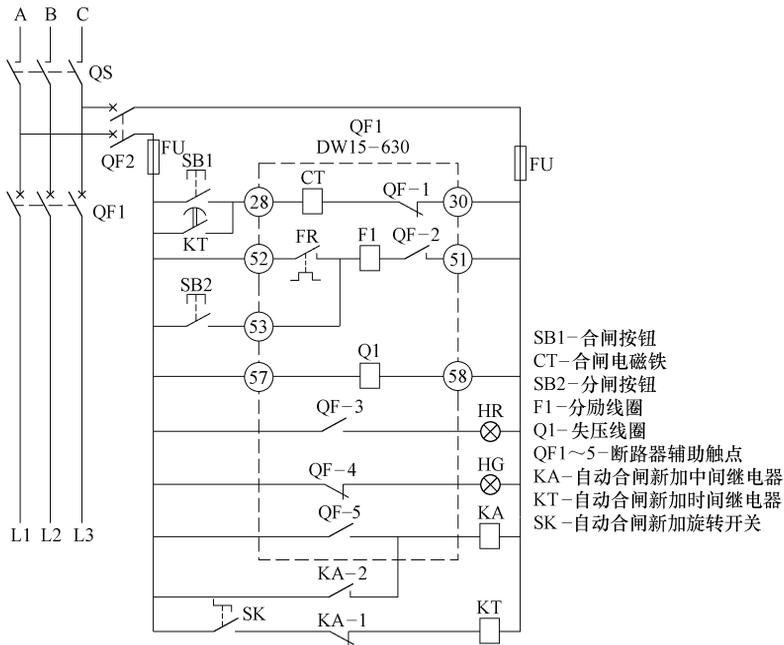


图 E-1 DW15-630 型断路器来电后自动合闸控制电路

行。中间继电器 KA 的另一对常开接点 KA-2 闭合，实现 KA 的自保持。旋转开关 SK 是启动或暂停“自动合闸”的控制元件，可根据需要进行操作。

如果断路器是人为跳闸停电，或故障保护跳闸，这时二次控制电路仍然有电，中间继电器 KA 线圈因自保持继续有电，其常闭触点继续断开，时间继电器线圈无电，所以此时断路器不能合闸，这就实现了自动合闸或拒绝合闸的选择性。

二、较大电流容量万能断路器来电时的自动合闸

对于 1600A 及其以上电流规格断路器，启动合闸时有“预储能”和“无预储能”两种方式。所谓有预储能方式，就是合闸时先按下储能按钮，储能电动机开始运转并储能，待储能元件储能完毕，机构自动断开行程开关的常闭触点，储能电动机断电，储能结束。欲使断路器合闸须按压合闸按钮，之后电磁铁触动储能元件释放能量，断路

器完成合闸。所谓无预储能方式，就是合闸时按压起动按钮，断路器储能直至完成合闸一次连续完成，无需操作其他按钮。可见所谓无预储能方式，合闸时也是需要储能的，只是储能结束随即合闸，操作程序简单一些而已。这种分类方法是断路器生产厂家定义的，仅是为了区分两种合闸方式。

对于无预储能方式断路器的合闸，可选用图 E-1 介绍的方案。电路连接时无需考虑按钮和时间继电器的触点容量是否满足大电流容量万能断路器的合闸需求，因为这些触点不去直接控制储能电动机的电流通断，而是通过断路器内部的中间继电器实现的。

对于预储能方式的断路器，电力系统停电后再来电时的自动合闸，接线稍微复杂些，下面给以介绍。

图 E-2 所示为 DW15-1600A 型断路器的分、合闸控制与“断电后再来电自动合闸”的完整电路，该电路适用于 DW15-1600A ~ 4000A 的断路器。图中虚线框内是断路器 QF1 内部结构或元件，标注的符号参照了产品说明书。与没有“断电后再来电自动合闸”功能的电路相比增加了两只中间继电器 KA1 和 KA2、两只时间继电器 KT1 和 KT2、以及一只手动旋转式操作开关 SK。断路器能够合闸向外送电的前提是隔离开关 QS 和二次回路的控制开关 QF2（DZ47 系列小型断路器）均已合闸，此时若需人工合闸则旋转开关 SK 暂不闭合，这时电路可用按钮 SB1 起动电动机 M 储能，储能过程中断路器 QF1 内部的继电器 K1 线圈得电，其触点实现自保持，使储能得以继续，直至储能结束。储能完成后，行程开关的常闭触点 XK1 断开，继电器 K1 线圈断电，触点释放，储能电动机停止运转。与此同时，行程开关的常开触点 XK2 闭合，但由于旋转开关 SK 未闭合，所以 XK2 闭合为无效动作。储能结束后按压按钮 SB2，电磁铁 DT 得电动作，触动储能元件释能使断路器合闸。按压按钮 SB3 可通过分励线圈使断路器分闸。合闸和分闸时分别有指示灯 HR 和 HG 点亮。

断路器断电后再来电自动合闸功能是这样实现的：操作旋转开关 SK 使其触点闭合。系统停电后，一次回路和二次回路均失去电源，断路器跳闸，断路器的常开辅助触点 QF-6 断开，中间继电器 KA1 线圈失电，其常闭触点 KA1-1 闭合，时间继电器 KT1 线圈经过触点

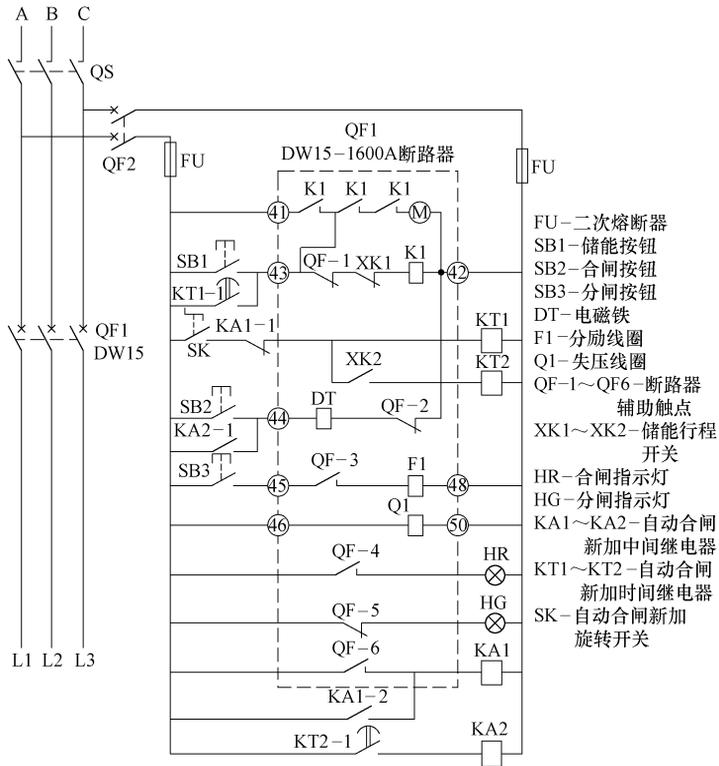


图 E-2 1600A 及以上规格万能断路器来电后的自动合闸控制电路

KA1-1、旋转开关 SK 的触点与控制电源接通（但无电），为来电后自动合闸做好准备。系统一旦来电，时间继电器 KT1 线圈得电并开始延时，待延时结束，时间继电器的延时闭合触点 KT1-1（与储能按钮 SB1 并联）接通，与储能按钮作用相同，储能电动机得电运转开始储能。储能结束后，行程开关的常闭触点 XK1 切断储能电动机的电源；储能行程开关的常开触点 XK2 闭合，时间继电器 KT2 的线圈得电，经过延时后，其触点 KT2-1 接通，中间继电器 KA2 线圈得电，其触点 KA2-1 闭合（与合闸按钮 SB2 并联），电磁铁通电，断路器合闸。之后断路器的辅助触点 QF-6 闭合，中间继电器 KA1 线圈得电，其常闭触点 KA1-1 断开，时间继电器 KT1、KT2 和中间继电器 KA2 的线圈先后断电并退出运行。中间继电器 KA1 的常开触点 KA1-2 闭

合,实现 KA1 的自保持。旋转开关 SK 是启动或暂停“自动合闸”功能的控制元件,可根据需要进行操作。

使用时间继电器 KT1 的机理:有时上一级送电开关可能会合闸到故障电路上并在继电保护作用下再次跳闸,使用 KT1 延时 5 ~ 10 秒钟可防止出现这种情况时本地断路器的无效空操作。时间继电器 KT2 的作用是储能结束且状态已经稳定才实施合闸,延时时间 1 ~ 2 秒。

如果断路器是人为跳闸停电,或过流、短路故障保护跳闸,这时二次控制回路仍然有电,中间继电器 KA1 线圈因自保持继续有电,其常闭触点继续断开,时间继电器 KT1、KT2 线圈无电,断路器此时不能合闸,这就实现了有选择性地自动合闸,即只有停电后再来电时才能实现自动合闸。

附录 F 电动机整体结构的防护等级

电动机有时会运行在露天情况下,有时会运行在雨雪风霜甚至水中(例如潜水泵电机),为了保证电动机在任何运行环境中都能安全无故障,应该按照国家标准 GB/T 4942.1—2006《旋转电机整体结构的防护等级(IP 代码) 分级》的规定,选择具有适当整体结构防护等级的电动机。

电动机整体结构的防护等级在上述标准中称作 IP 防护等级,该标准是由 IEC(国际电工委员会)起草的,IEC 的标准号和标准名称为 IEC60034-5:2000《旋转电机整体结构的防护等级(IP 代码) 分级》。结合国内国情,我国等同采用了 IEC 的标准,并于 2006 年公布了最新修订版的、标准号为 GB/T 4942.1—2006 的国家标准。标准将电动机依其防尘、防止外物侵入、防湿气之特性加以分级。IP 防护等级的标志由表征字母“IP”及附加在其后的两位表征数字组成,表征数字中的第一位数字表示电动机防止外物侵入的等级,第二位数字表示电动机防湿气、防水侵入的密闭程度,数字越大表示其防护等级越高。这里所指的外物含工具、人的手指等,外物均不可接触到电动机内之带电部分,以免触电。

当只需用一位表征数字表示某一防护等级时，被省略的数字应以字母“X”代替，例如 IPX5，IP2X。

表示电机防护等级的表征字母和数字应标在电动机的铭牌上，若有困难，可标在外壳上。

一、防护等级中第一位表征数字的具体含义

第一位表征数字的具体含义如表 F-1 所示。表中使用的术语“防止”表示能防止人体某一部分、手持的工具或导体进入外壳，即使进入，也能与带电或危险的转动部件（光滑的旋转轴和类似的部件除外）之间保持足够的间隙。

表 F-1 第一位表征数字表示的防护等级

第一位 表征数字	防护等级		试验条件
	简述	含义	
0	无防护电动机	无专门防护	不做试验
1	防护大于 50mm 固体的电动机	能防止大面积的人体（如手）偶然或意外触及、接近壳内带电或转动部件（但不能防止故意接触） 能防止直径大于 50mm 的固体异物进入壳内	见表 F-3
2	防护大于 12mm 固体的电动机	能防止手指或长度不超过 80mm 的类似物体触及或接近壳内带电或转动部件 能防止直径大于 12mm 的固体异物进入壳内	
3	防护大于 2.5mm 固体的电动机	能防止直径大于 2.5mm 的工具或导线触及或接近壳内带电或转动部件 能防止直径大于 2.5mm 的固体异物进入壳内	
4	防护大于 1mm 固体的电动机	能防止直径或厚度大于 1mm 的导线或片条触及或接近壳内带电或转动部件 能防止直径大于 1mm 的固体异物进入壳内	

(续)

第一位 表征数字	防护等级		试验条件
	简述	含义	
5	防尘电动机	能防止触及或接近壳内带电或转动部件 虽不能完全防止灰尘进入,但进尘量不足以影响电机的正常运行	见表 F-3
6	尘密电动机	完全防止尘埃进入	

- 注: 1. 第一位表征数字为 1、2、3、4 的电机所能防止的异物系包括形状规则或不规则的物体, 其三个相互垂直的尺寸均超过“含义”栏中相应规定的数值。
2. 表中的防尘等级是一般的防尘, 当尘的颗粒大小、属性(如纤维状或颗粒)已做规定时, 试验条件按生产厂商和用户协议。

二、防护等级中第二位表征数字的具体含义

第二位表征数字的具体含义如表 F-2 所示。

表 F-2 第二位表征数字表示的防护等级

第二位 表征数字	防护范围		试验条件
	简述	含义	
0	无防护电动机	无专门防护	不做试验
1	防滴电动机	垂直滴水应无有害影响	见表 F-4
2	15°防滴电动机	当电动机从正常位置向任何方向倾斜至 15°以内任一角度时, 垂直滴水应无有害影响	
3	防淋水电动机	与铅垂线成 60°角范围内的淋水应无有害影响	
4	防溅水电动机	承受任何方向的溅水应无有害影响	
5	防喷水电动机	承受任何方向的喷水应无有害影响	
6	防海浪电动机	承受猛烈的海浪冲击或强烈喷水时, 电动机的进水量应不达到有害的程度	

(续)

第二位 表征数字	防护范围		试验条件
	简述	含义	
7	防浸水电动机	当电动机浸入规定压力的水中经规定时间后,电机的进水量应不达到有害的程度	见表 F-4
8	持续潜水电动机	电动机在制造厂规定的条件下能长期潜水	

注:电动机一般为水密型,但对某些类型电机也可允许水进入,但应不达到有害的程度。

三、第一位表征数字的试验

第一位表征数字的试验和认可条件按表 F-3 的规定执行。

表 F-3 第一位表征数字的试验和认可条件

第一位 表征数字	试验和认可条件
0	无需试验
1	<p>用直径为 $50^{+0.05}$ mm 的刚性试球对外壳各开启部分施加 45 ~ 55 N 的力做实验</p> <p>如试球未能穿过任一开启部分并与电机内运行时带电部件或转动部件保持足够的间隙,则认为符合防护要求</p>
2	<p>a) 试指试验</p> <p>用图 F-1 所示的金属试指做实验。试指的两个关节可绕其轴线向同一方向弯曲 90°,用不大于 10 N 的力将试指推向外壳各开启部分,如能进入外壳,应注意活动至各个可能的位置</p> <p>如试指与壳内带电或转动部件保持足够的间隙,则认为符合防护要求。但允许试指与光滑旋转轴及类似的非危险部件接触</p> <p>试验时,如可能,可使壳内转动部件缓慢的转动</p> <p>试验低压电动机时,可在试指和壳内带电部件之间接入一个串接有适当指示灯的低压电源(不低于 40 V)。对仅用清漆、油漆、氧化物及类似方法涂覆的导电部件,应用金属箔包覆,并将金属箔与运行时带电的部件连接。试验时如指示灯不亮,则认为符合防护要求</p> <p>试验高压电动机时,用耐压试验来检验足够的间隙或测量间隙尺寸</p> <p>b) 试球试验</p> <p>用直径为 $12.5^{+0.05}$ mm 的刚性试球对外壳各开启部分施加 27 ~ 33 N 的力做实验</p> <p>如试球未能穿过任一开启部分,且进入的一部分与电动机内带电或转动部件保持足够的间隙,则认为符合防护要求</p>

(续)

第一位 表征数字	试验和认可条件
3	<p>用直径为 $2.5^{+0.05}$ mm 直的硬钢丝或棒施加 2.7 ~ 3.3N 的力做实验。钢丝或棒的端面应无毛刺,并与轴线垂直</p> <p>如钢丝或棒不能进入壳内,则认为符合防护要求</p>
4	<p>用直径为 $1^{+0.05}$ mm 直的硬钢丝施加 0.9 ~ 1.1N 的力做实验。钢丝的端面应无毛刺,并与轴线垂直</p> <p>如钢丝不能进入壳内,则认为符合防护要求</p>
5	<p>a) 防尘试验</p> <p>用基本原理如图 F-2 所示的设备做试验,在一适当密封的试验箱内盛有悬浮状态的滑石粉,滑石粉应能通过筛丝间名义宽度为 $75\mu\text{m}$、筛丝名义直径为 $50\mu\text{m}$ 金属方孔筛。滑石粉的用量按每立方米试验箱内体积为 2kg,使用次数应不超过 20 次</p> <p>电动机的外壳属于第一种类型的外壳,即经正常工作循环会使壳内的气压低于周围大气压,这种压力差可能是由于热循环效应引起的</p> <p>试验时,电动机支承于试验箱内,用真空泵抽气使电动机壳内气压低于环境气压。如外壳只有一个泄水孔,则抽气管应接在专为试验而开的孔上,但对在运行地点封闭的泄水孔除外</p> <p>试验是利用适当的压差将箱内空气抽入电动机,如有可能,抽气量至少为 80 倍壳内空气体积,抽气速度应不超过每小时 60 倍壳内空气体积。在任何情况下,压力计上的压差应不超过 2kPa(20mbar)</p> <p>如抽气速度达到每小时 40 至 60 倍壳内空气体积,则试验进行至 2h 为止</p> <p>如抽气速度低于每小时 40 倍壳内空气体积且压差已达 2kPa(20mbar),则试验应持续到抽满 80 倍壳内空气体积或试满 8h 为止</p> <p>如不能将整台电动机置于试验箱内做实验,可采用下述任一种方法代替:</p> <ul style="list-style-type: none"> ——用电动机各封闭的独立部件,如接线盒、集电环罩壳等做实验 ——用有代表性的电动机部件,其中包括如盖板、通风孔、垫片以及轴封等构件做实验。试验时,这些部件上密封薄弱部位所装的零件,如端子、集电环等均应安装就位 ——用与被试电动机有相同结构比例的较小电机做实验 ——按制造商与用户协议规定的条件做实验 <p>对上述第 2 和第 3 两种方法,试验时抽入电机的空气体积应为原电动机所规定的数值</p> <p>试验后,如滑石粉积聚的量和部位如同一般尘埃(如不导电、不易燃、不易爆或无化学腐蚀的尘埃)集聚的情况一样不足以影响电动机的正常运行,则认为符合防护要求</p> <p>b) 钢丝试验</p> <p>如电动机运行中泄水孔是开启的,则应按第一位表征数字为 4 的试验方法,用直径为 1mm 的钢丝做实验</p>

(续)

第一位 表征数字	试验和认可条件
6	按本表 5a) 的方法试验 试验后经检查,如无滑石粉进入,则认为符合防护要求

四、第二位表征数字的试验条件与认可条件

1. 试验条件

第二位表征数字的试验条件按表 F-4 的规定执行。

试验应用清水进行。在试验过程中,壳内的潮气可能部分凝结,应避免将冷凝的露水误认为进水。按试验要求,表面积计算的误差应不大于 10%。

如可能,电动机应以额定转速运行,以机械方式和通电方式均可。如在电动机通电情况下做实验时,应采取充分的安全措施。

表 F-4 第二位表征数字的试验条件

第二位 表征数字	试验条件
0	无需试验
1	<p>用滴水设备进行试验,其原理如图 F-3 所示。设备整个面积的滴水应均匀分布并应产生每分钟为 3~5mm 的降水量(如用相当于图 F-3 的设备,即每分钟水位降低 3~5mm)</p> <p>被试电动机按正常运行位置放在滴水设备下面,滴水区域应大于被试电动机。除预定为墙上安装或倒置安装的电动机外,被试电动机的支撑物表面应小于电动机的底部尺寸</p> <p>对墙上安装或倒置安装电动机,应按正常使用位置安装在木板上,木板的尺寸应等于电动机在正常使用时间与墙或顶板的接触面积</p> <p>试验时间为 10min</p>
2	<p>滴水设备和降水量与第二位表征数字为 1 所示的相同</p> <p>在电动机四个固定的倾斜状态各试验 2.5min,这四个状态在两个相互垂直的平面上与铅垂线各倾斜 15°</p> <p>全部试验时间为 10min</p>

(续)

第二位 表征数字	试 验 条 件
3	<p>当被试电动机的尺寸和轮廓能容纳于图 F-4 所示的半径不超过 1m 的摆管下时,则用此设备做实验,如不可能,则用图 F-5 的手持式淋水器做实验</p> <p>a) 用图 F-4 设备时的试验条件: 总流量应调整至每孔平均 0.067 ~ 0.074L/min 乘以孔数,总流量应以流量计测量</p> <p>摆管在中心点两边各 60°角的弧段内布有喷水孔,并固定在垂直位置上。被试电动机置于具有垂直轴的回转台上并靠近半圆摆管的中心</p> <p>试验时间至少为 10min</p> <p>b) 用图 F-5 设备时的试验条件: 试验时应装上活动挡板</p> <p>水压调整到水流量为 (10 ± 0.5) L/min,压力约为 80 ~ 100kPa (0.8 ~ 1.0bar)</p> <p>试验时间按被试电动机计算的表面积(不包括任何安装表面和散热片)每平方米为 1min,但至少为 5min</p>
4	<p>采用图 F-4 或图 F-5 设备的条件与第二位表征数字为 3 所示的相同</p> <p>a) 用图 F-4 设备时的试验条件: 摆管在 180°的半圆内应布满喷水孔。试验时间及总水流量与第三级相同</p> <p>被试电动机的支承物应开孔,以免挡住水流。摆管以 60°/s 的速度向每边摆动至最大限度,使电动机在各个方向均受到喷水</p> <p>b) 用图 F-5 设备时的试验条件: 拆去淋水器上的活动挡板,使电机在各个方向均受到喷水</p> <p>喷水率与每单位面积的喷水时间与第三级相同</p>
5	<p>用图 F-6 所示的标准喷嘴做实验。自喷嘴中喷出的水流从各个可能的方向喷射电动机,应遵守的条件如下:</p> <ul style="list-style-type: none"> ——喷嘴内径:6.3mm ——水流量:11.9 ~ 13.2L/min ——喷嘴水压:约 30kPa(0.3bar) ——被试电动机表面积每平方米试验时间:1min ——最短试验时间:3min ——喷嘴距被试电动机表面距离:约 3m(如有必要,当向上喷射电动机时,为保证适当的喷射量,此距离可缩短)

(续)

第二位 表征数字	试验条件
6	<p>用图 F-6 所示的标准喷嘴做实验。自喷嘴中喷出的水流从各个可能的方向喷射电动机,应遵守的条件如下:</p> <ul style="list-style-type: none"> ——喷嘴内径:12.5mm ——水流量:95 ~ 105L/min ——喷嘴水压:约 100kPa(1bar) ——被试电动机表面积每平方米试验时间:1min ——最短试验时间:3min ——喷嘴距被试电动机表面距离:约 3m
7	<p>将电动机完全浸入水中做实验,并满足下列条件:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 水面应高出电动机顶点至少为 150mm b) 电动机底部应低于水面至少为 1m c) 试验时间应至少为 30min d) 水与电动机的温差应不大于 5K <p>如生产厂商与用户达成协议,试验可用下述方法代替: 电动机内部充气,使气压比外部高 10kPa(0.1bar),试验时间为 1min,如试验过程中无空气漏出,则认为符合要求;检查漏气的方法可将电动机恰好淹没于水中或用肥皂水涂在电机表面</p>
8	试验条件按生产厂商与用户的协议,但应不低于第七级的要求

注:水压的测量,可以喷嘴喷出水的高度代替:水压 30kPa (0.3bar),高度 2.5m;水压 100kPa (1bar),高度 8m。

2. 认可条件

第二位表征数字的试验按表 F-4 的规定试验结束后,应检查电动机进水情况并作下述检验和试验。

1) 电动机的进水量应不足以影响电动机的正常运行;不是预定在潮湿状态下运行的绕组和带电部件应不潮湿,且电动机内的积水应不浸及这些部件。

电动机内部的风扇叶片允许潮湿;同时,如有排水措施,允许水沿轴端漏入。

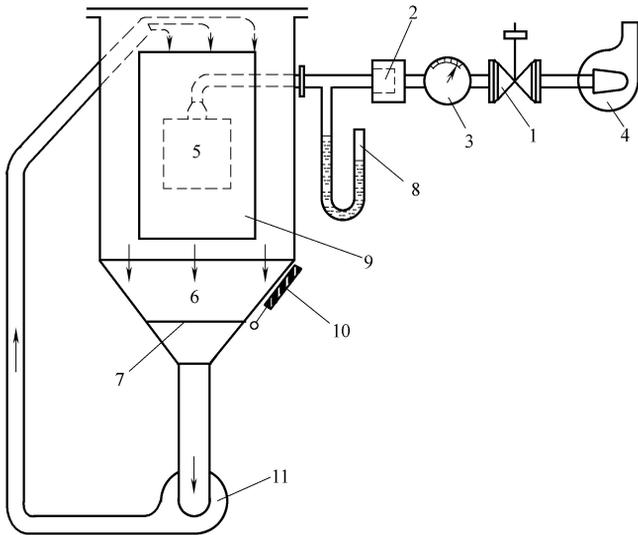


图 F-2 防尘试验设备

- 1—阀门 2—滤尘器 3—空气流量计 4—真空泵 5—被试电动机 6—滑石粉
7—筛网 8—压力计 9—监察窗 10—振动器 11—循环泵

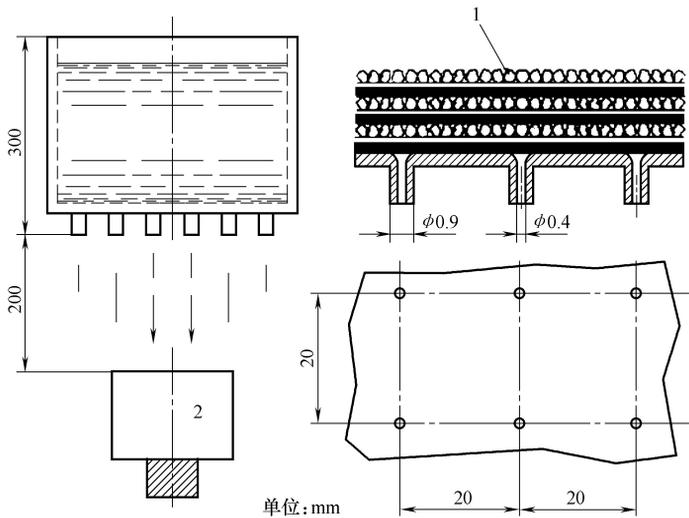


图 F-3 滴水试验设备

- 1—砂和砂砾层是调节水流量的，层与层之间用金属网和吸水纸隔开 2—被试电动机

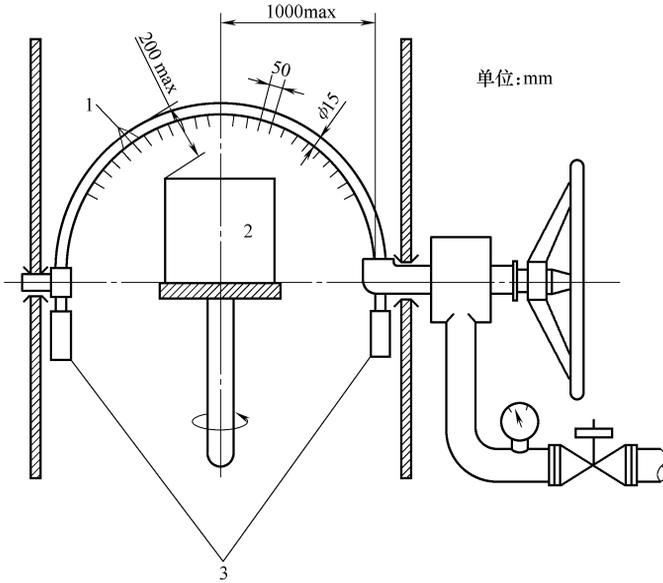


图 F-4 淋水和溅水试验设备

1—孔 $\phi 0.4$ 2—被试电动机 3—平衡锤

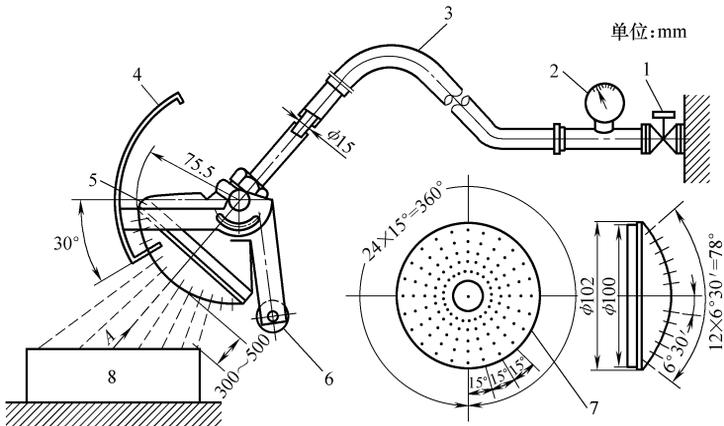


图 F-5 手持式淋水和溅水试验设备

1—阀门 2—压力计 3—软管 4—铝质活动挡板 5—喷头 6—平衡锤
7—喷嘴, 共有 121 个孔, 每孔 $\phi 0.5$ 8—被试电动机

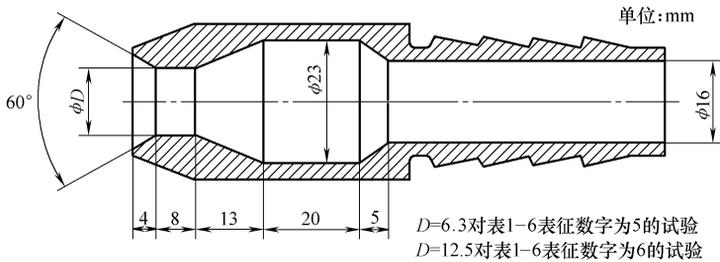


图 F-6 软管标准喷嘴

附录 G 变频器的国家标准

GB/T 12668 《调速电气传动系统》

全国电力电子学调速电气传动系统标准化技术委员会成立于2000年，全称为“全国电力电子学调速电气传动系统半导体电力变流器标准化技术委员会”，秘书处挂靠于天津电气传动设计研究所，负责国家电气传动调速系统技术领域内的标准化技术工作。制定的与变频器产品技术相关的国家标准为 GB/T 12668—2002《调速电气传动系统》，该标准由6部分组成，分别介绍如下。

GB/T 12668.1—2002《调速电气传动系统 第1部分：一般要求 低压直流调速电气传动系统额定值的规定》。本部分是 GB/T 12668《调速电气传动系统》的第一部分，给出了低压直流调速电气传动系统额定值的规定。适用于一般用途的直流调速传动系统，包括电力变流器、控制设备和一台或数台电动机，不适用于牵引传动和电动车辆传动。这一部分给出了变流器的特性及其与整个直流传动系统的关系，同时说明了关于变流器额定值、正常使用条件、过载情况、浪涌承受能力、稳定性、保护、交流电源接地和试验等性能的要求。此外，本标准还论述了诸如控制方案、诊断和拓扑的应用。这一部分等同采用 IEC 61800-1:1997，在技术内容和编写格式上完全一致。

GB/T12668.2—2002《调速电气传动系统 第2部分：一般要求

低压交流变频调速电气传动系统额定值的规定》。本部分是 GB/T 12668《调速电气传动系统》的第二部分，给出了低压交流变频电气传动系统额定值的规定。适用于一般用途的交流调速传动系统，即由电力设备（包括变流器部分、交流电动机和其他设备，但不限于馈电部分）和控制设备（包括开关控制—如通/断控制，电压、频率或电流控制，触发系统、保护、状态监控、通信、测试、诊断、生产过程接口/端口等）组成的系统。本标准不适用于牵引传动和电动车辆传动；适用于连接交流电源电压 1kV 以下、50Hz 或 60Hz、负载侧频率达 600Hz 的电气传动系统。本标准给出了关于变频器额定值、正常使用条件、过载情况、浪涌承受能力、稳定性、保护、交流电源接地和试验等性能的要求。

这一部分等同采用 IEC 61800-2: 1998。

GB12668.3—2003《调速电气传动系统 第3部分：电磁兼容性要求及其特定的试验方法》。本部分是 GB 12668《调速电气传动系统》的第三部分，给出产品的电磁兼容性标准及其特定的实验方法。规定了电气传动系统（PDS）的电磁兼容性（EMC）要求，包括调速的交流电动机传动和直流电动机传动，特指安装在工业环境和民用环境的 PDS，同样不包含牵引应用和电动车辆。其中 PDS 的抗干扰—抗扰度要求与安全性的最低要求是国家质量监督检验检疫局规定的强制性要求，其余部分为推荐性要求。这一部分等同采用 IEC 61800-3: 1996。

GB/T 12668.4—2006《调速电气传动系统 第4部分：一般要求 交流电压 1000V 以上但不超过 35kV 的交流调速电气传动系统额定值的规定》。本部分是 GB/T 12668《调速电气传动系统》的第四部分，给出交流电压 1000V 以上但不超过 35kV 的交流调速电气传动系统额定值的规定。适用于包括电力变流设备、控制设备和电动机的交流调速电气传动系统，但不包括牵引传动和电动车辆传动。对于电压 1kV 以上、采用与低压变流器（低于 1kV）连接的降压输入变压器和/或升压输出变压器的电气传动系统，适用 GB/T 12668.2。这一部分对变流器的特性、拓扑结构及其与整个交流电气传动系统的关系做了说明，同时还说明了关于额定值、正常使用条件、过载情况、浪涌承

受能力、稳定性、保护、交流电源接地、拓扑结构和试验等性能的要求。此外，本部分还给出了诸如控制方案、扭振分析的应用指南以及电气传动系统部件集成的推荐方法。这一部分等同采用 IEC 61800-4: 2002，在技术内容和编写格式上完全一致。

GB 12668. 5：给出与电气、热量及其他功能相关的安全要求。适用于包括电力变流设备、传动控制设备和电动机的调速电气传动系统。但不包括牵引传动和电动车辆传动；适用于连接交流电源电压 1kV 以下、50Hz 或 60Hz 的直流传动系统以及变流器输入或输出电压 35kV 下、50Hz 或 60Hz 的交流传动系统。规定了对调速电气传动系统或其元件有关电气、热和能量安全方面的要求。就本标准而言，所指能量危险可以指部件爆炸或电容器储能。除接口要求外，本部分不覆盖被传动设备。这一部分等同采用 IEC61800-5-1。

GB 12668. 6—2011《调速电气传动系统 第 6 部分：确定负载工作制类型和相应电流额定值的导则》。本部分给出了带负载运行和对应额定电流形式测量导则。本部分为调速电气传动系统（PDS）额定值的规定，尤其是基本传动模（BDM）额定值的规定方面提供可供选择方法。因为直流、交流 PDS 的系统额定值已经在 GB/T 12668. 1 和 GB/T 12668. 2 中给出，这里也可以看成是对 GB/T 12668. 1 和 GB/T 12668. 2 的补充。对于所有变流器、不管带不带变压器，都应当选定下列六种负载工作之中的一种来规定额定值，即均匀负载工作制、间歇峰值负载工作制、间歇负载工作制、有空载时间间隔的间歇负载工作制、重复性负载工作制、非重复性负载工作制。对于调速传动系统来说负载电流-时间曲线图虽然复杂，但通常能确定出最适合于用作额定电流基础的负载工作制。这一部分等同采用 IEC61800-6。

参 考 文 献

- [1] 张燕宾. 常用变频器功能手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [2] 张燕宾. 变频调速 600 问 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [3] GB/T 4942. 1—2006, 旋转电机整体结构的防护等级 (IP 代码) 分级 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [4] 森兰变频器制造有限公司. 森兰 SB12 系列变频调速器使用手册.
- [5] 普传科技有限公司. 普传变频调速器 PI7800 系列使用说明书.
- [6] 富士电机株式会社. 富士 5000G11S/P11S 系列变频器操作说明书.
- [7] 郭汀. 新旧电气简图用图形符号对照手册 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [8] 郭汀. 电气图形符号文字符号便查手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [9] 杨德印. 电动机的起动控制与变频调速 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [10] 杨德印. 电动机的控制与变频调速原理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [11] 方大千. 变频器、软起动器及 PLC 实用技术问答 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.
- [12] 张选正. 变频器故障诊断与维修 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [13] 周志敏, 等. 变频器工程应用. 电磁兼容. 故障诊断 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [14] 中国起重机械网. MCBP 变频电机技术参数 [J/OL].



DIANQI KONGZHI CONG LILUN DAO SHIJIAN BIANPINQI YINGYONG YIDIANTONG

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

上架指导 工业技术/电气控制

ISBN 978-7-111-42447-5

策划编辑◎吕潇

ISBN 978-7-111-42447-5



9 787111 424475 >

定价:35.00元