

★ 扫封面二维码，免费提供作者
精彩视频讲座。

 Education
昆明樂寧教育
www.lenignedu.com

2016年全国造价工程师
执业资格考试考点速记速查

全国注册造价工程师 执业资格考试 通过必备高效记忆图表

建设工程技术与计量 (土木建筑工程)

刘 杨◎主编



精炼教材内容，浓缩图表三百
历年真题标注，重要考点总结
千万考生亲证，效果事半功倍
历经三年成书，名师倾力力作
远离盗版，支持正版



2016年造价工程师免费视频

 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS



刘杨，男，1981年出生，天津市人。博士，讲师，全国注册造价工程师考前培训名师，中国可持续发展学会会员、中国建筑学会建筑施工分会BIM应用专业委员会委员、全国BIM技能等级考试考评员。现就职于云南大学建筑与规划学院，从事教学与科研工作。主要研究方向为建设项目工程管理、BIM建模与应用、工程造价管理与控制、风险管理等。公开发表论文30余篇，主编全国造价工程师考试教材5部，副主编全国造价工程师考试教材2部，参与云南省“十三五规划”造价专业系列教材——主编2部，副主编1部，参编5部。

2016 年全国造价工程师执业资格考试考点速记速查

全国注册造价工程师执业资格考试通过必备高效记忆图表

建设工程技术与计量 (土木建筑工程)

主 编 刘 杨

副主编 王丽娟

参 编 李 燕 杜欣然 熊彩艳

涂兴剑 黄水琼



机械工业出版社

本书通过作者对《建筑工程技术与计量（土木建筑工程）》教材内容的深入熟悉和透彻理解，结合考试大纲要求的知识点和历年考试考点，将该科目的知识点加以归纳总结并高度提炼，按照知识点内在的逻辑性和相关性，绘制成便于考生记忆的、一张张简洁清晰的高效记忆图表，从而使考生能在最短的时间内掌握考试要求的知识点，大大提高复习效率，顺利通过考试。

图书在版编目（CIP）数据

全国注册造价工程师执业资格考试通过必备高效记忆图表.
建设工程技术与计量：土木建筑工程/刘杨主编. —北京：
机械工业出版社，2016.5

2016年全国造价工程师执业资格考试考点速记速查
ISBN 978-7-111-53769-4

I. ①全… II. ①刘… III. ①土木工程-计量-资格考试-自学参考资料 IV. ①TU723.3

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第103791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：薛俊高 责任编辑：薛俊高

封面设计：马精明 责任校对：任秀丽

责任印制：常天培

北京京丰印刷厂印刷

2016年5月第1版·第1次印刷

169mm×239mm·7.75印张·149千字

标准书号：ISBN 978-7-111-53769-4

定价：29.00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

服务咨询热线：010-88361066

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294

机工官博：weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网：www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网：www.cmpedu.com

前言

经过 2014 年和 2015 年两年的市场检验与打磨，这套丛书终于正式出版了。其间的个中滋味，如鱼饮水冷暖自知。在成书之际，不免会想起 2014 年设计第一份《建设工程技术与计量（土建）》记忆图表的时候，那份执着与坚持。历经 5 个半月，初稿才完成，经过后来的打磨，才与昆明面授班的学员们第一次见面，而后笔者抱着“好东西应与人分享”之态度，将这份图表通过网络分享给全国的考生们，没想到这份资料引起了大家的关注和广泛好评，甚至帮助了很多“技术计量困难户”顺利通过了考试。2015 年，这份记忆图表改动很小，并作为《2015 年全国造价工程师执业资格考试历年真题同步新解》系列教材的附加值，让全国的读者免费下载。在盗版横行的今天，正版的价值越来越难以体现，教师们的创新动力被一点一点地蚕食。在一些读者的来信中，无意中得知了某些机构盗用笔者的名义，将本来免费的资料卖给全国的考生。现如今，一些盗版机构通过一些非法手段获得很多网校的视频、资料和全国一些名师的讲义，再将这些资源整合后卖给全国的考生。此举从表面看是一个多赢的局面：盗版机构获利、消费者省钱、被盗版的机构扩大市场占有率。可是，从深层次想下去，长此以往，创新将会枯竭，几家大机构疯抢市场，盗版机构坐收渔人之利，这将是一个什么样的局面。想必大家都能想象到这样的社会会是一个什么样子的社会。

希望大家支持正版，不要让我们的后代生活在一个没有诚信的社会里。

今年，在机械工业出版社的大力支持下，本书终得以与大家见面。这本书和以往的图表相比，做了以下修订：

1. 更改了原来错误的地方。
2. 增加了 2015 年考试涉及的内容。

3. 图表中的内容作了红色加粗标记，更方便读者阅读与记忆；真题出现的地方还加入了上角标，括号内的年份代表该知识点曾经出现的考试年份，这样有助于考生从整体上把握全书的概要和精髓。

4. 图表按章的顺序排列，可以让读者有任务感，例如第一章共计有图表 37 个，图 2 个，这样，考生就可以从整体上把握复习进度，对于学习效率的提高有一定帮助。

5. 由于第五章的建筑面积以及工程量计算在历年考试中占的比重非常大,因此这两个部分图表中的知识点要求考生必须完全掌握,没有做任何标记。

6. 为了方便大家学习,本书还为广大读者配备了随书配套的免费视频,大家可以通过网盘下载或者扫描二维码获得视频的信息。

在此成书之际,我要感谢我的家人给予我的关怀与帮助。感谢我的两位恩师在人生道路上给我的指引。感谢蒋利华女士、张彦民先生、黄水琼女士以及昆明的各位朋友对我的启迪、关心和帮助。此外,我要特别感谢杜欣然女士、熊彩艳女士和涂兴剑先生,他们在昆明乐宁教育创业之初能够不畏艰险,义无反顾地加入团队,这份信任和友情值得我永远铭记在心。最后感谢昆明培训班里以及全国各地的学员们,感谢大家的信任与支持。感谢来自设计院、造价咨询公司、工程咨询公司、招投标代理公司以及施工企业的朋友们给予的建议与帮助。

由于本人水平有限,书中难免有诸多不足之处,望各位前辈、同行以及广大考生们不吝指教。

刘杨 云南大学

myresearch_1981@163.com

目 录

前言

第一章 工程地质	1
第一节 岩体的特征	1
一、岩体的结构	1
表 1.1 岩体的结构	1
表 1.2 岩石的物理性质	1
表 1.3 岩浆岩的性质	2
表 1.4 沉积岩的性质	2
表 1.5 变质岩的性质	2
表 1.6 土的组成、结构及构造	3
表 1.7 土按颗粒级配和塑性指数分类	3
表 1.8 结构面发育程度等级分类	3
表 1.9 褶皱构造的特征	3
表 1.10 路线与岩层的关系	4
表 1.11 裂隙的特征	4
表 1.12 裂隙发育程度分级表	4
表 1.13 断层的分类	4
表 1.14 岩体的结构类型	5
二、岩体的力学特征	5
表 1.15 岩体的变形及强度特征	5
三、岩体的工程地质性质	5
表 1.16 岩石的物理力学性质	5
表 1.17 岩石的主要力学性质	5
表 1.18 土的物理力学性质	6
图 1.1 土的缩限、塑限、液限及塑性指数、液性指数示意图	6
表 1.19 特殊土的工程性质	6
表 1.20 结构面的工程地质性质	7
图 1.2 地震的主要参数示意图 ^[2009,2011,2012]	7
第二节 地下水的类型与特征	7

一、地下水的类型	7
表 1.21 地下水的分类	7
二、地下水的特征	8
表 1.22 包气带水、潜水、承压水的特点	8
第三节 常见工程地质问题及其处理方法	8
一、特殊地基	8
表 1.23 松散、软弱土层的问题及处理方法	8
表 1.24 风化、破碎岩层的问题及处理方法	8
表 1.25 断层、泥化软弱夹层的问题及处理方法	9
二、地下水	9
表 1.26 地下水的作用	9
三、边坡稳定	10
表 1.27 地层岩性的记忆要点	10
表 1.28 地下水对边坡稳定性的影响	10
表 1.29 不稳定边坡的防治措施	10
表 1.30 地质构造条件对地下工程选址的影响	11
表 1.31 围岩的破坏与变形形式	11
表 1.32 提高围岩稳定性的措施	11
表 1.33 喷锚支护中喷混凝土的作用	12
第四节 工程地质对工程建设的影响	12
一、工程地质对工程选址的影响	12
表 1.34 工程选址的注意事项	12
表 1.35 工程地质对工程选址的影响	12
二、工程地质对建筑结构的影响	12
表 1.36 工程地质对建筑结构的影响	12
三、工程地质对工程造价的影响	13
表 1.37 工程地质对工程造价的影响	13
第二章 工程构造	14
第一节 工业与民用建筑工程的分类、组成及构造	14
一、工业与民用建筑工程的分类及应用	14
表 2.1 工业建筑的分类	14
表 2.2 民用建筑按层数和高度分类	15
表 2.3 民用建筑按耐久年限分类	15
表 2.4 民用建筑按施工方法分类	15
表 2.5 民用建筑按承重结构材料分类	15

表 2.6 民用建筑按承重体系分类	16
二、民用建筑构造	16
表 2.7 地基的分类及处理方法	16
表 2.8 刚性基础与柔性基础	17
表 2.9 基础的构造形式分类	17
图 2.1 基础的构造形式分类	18
表 2.10 地下室防潮与防水	18
表 2.11 墙的类型	18
表 2.12 墙体构造	19
表 2.13 钢筋混凝土现浇楼板的适用范围	20
表 2.14 板式楼板的类型及特征	20
表 2.15 梁板式肋形楼板	20
表 2.16 预制钢筋混凝土楼板的类型	20
表 2.17 钢筋混凝土预制板的细部构造	21
表 2.18 阳台的结构形式	21
表 2.19 雨篷的记忆要点	22
表 2.20 楼梯的记忆要点	22
表 2.21 台阶与坡道	22
表 2.22 门与窗	22
表 2.23 屋顶的类型	23
表 2.24 平屋顶的排水	23
表 2.25 平屋顶柔性防水构造	24
表 2.26 隔汽层的设置	24
表 2.27 涂膜防水层构造	24
表 2.28 平屋顶防水细部构造	25
表 2.29 坡屋顶的承重结构	25
表 2.30 坡屋顶屋面	25
表 2.31 墙体饰面装修构造	25
表 2.32 楼地面装饰构造	26
表 2.33 天棚装饰构造	26
三、工业建筑构造	26
图 2.2 工业建筑三维坐标示意图	26
表 2.34 承重结构的构成与作用	26
表 2.35 屋盖结构类型	27
表 2.36 屋架的类型及适用范围	27

表 2.37 柱·····	27
图 2.3 牛腿的构造示意图·····	27
表 2.38 吊车梁·····	28
表 2.39 支撑的作用·····	28
表 2.40 屋架支撑的类型·····	28
第二节 道路、桥梁、涵洞工程·····	28
一、道路工程·····	28
表 2.41 道路的分类·····	28
表 2.42 道路的组成·····	28
表 2.43 机动车道的最小宽度设置·····	29
表 2.44 人行道的最小宽度设置·····	29
表 2.45 路基形式·····	29
表 2.46 路面结构·····	30
表 2.47 坡度与路面排水·····	30
表 2.48 路面基层类型·····	30
表 2.49 路面面层类型·····	30
表 2.50 停车场的构造要求·····	31
表 2.51 道路照明·····	31
表 2.52 人行天桥和地道·····	31
表 2.53 道路交通管理设施·····	32
二、桥梁工程·····	32
表 2.54 桥梁的基本组成·····	32
表 2.55 桥梁的分类·····	32
表 2.56 桥面铺装·····	32
表 2.57 桥面坡度·····	32
表 2.58 桥面排水和防水·····	33
表 2.59 伸缩缝的类型·····	33
表 2.60 人行道、栏杆、灯柱·····	33
表 2.61 梁式桥·····	34
表 2.62 其他形式桥·····	34
表 2.63 桥墩·····	34
表 2.64 桥台·····	35
表 2.65 墩台基础·····	35
三、涵洞工程·····	35
表 2.66 涵洞的分类·····	35

表 2.67 洞底纵坡坡度·····	36
表 2.68 涵洞的洞身·····	36
表 2.69 涵洞的洞口建筑·····	36
表 2.70 涵洞的洞身基础·····	36
第三节 地下工程·····	37
一、地下工程的分类·····	37
表 2.71 地下工程按开发深度分类·····	37
二、地下交通工程·····	37
表 2.72 地下铁路建设的前提条件·····	37
表 2.73 地下铁路路网的类型·····	37
表 2.74 地下公路的记忆要点·····	37
表 2.75 地下停车场·····	38
三、地下市政管线工程·····	38
表 2.76 地下市政管线·····	38
四、地下工业工程·····	38
表 2.77 地下工业工程的分类及布置·····	38
五、地下公共建筑工程·····	39
表 2.78 城市地下综合体·····	39
六、地下贮库工程·····	39
表 2.79 城市地下贮库的布局·····	39
第三章 工程材料·····	40
第一节 建筑钢材·····	40
一、钢材·····	40
表 3.1 钢筋类型及特点对比·····	40
表 3.2 钢结构用钢·····	40
二、钢材性能·····	41
图 3.1 钢筋的应力-应变曲线及记忆要点·····	41
表 3.3 钢材的性能·····	41
表 3.4 化学成分对钢材性能的影响·····	41
第二节 木材·····	42
表 3.5 木材的记忆要点·····	42
第三节 气硬性胶凝材料·····	42
一、石灰·····	42
表 3.6 石灰的一些记忆点·····	42
二、石膏·····	42

表 3.7	石膏的一些记忆点	42
三、水玻璃		43
表 3.8	水玻璃的性质和应用	43
第四节 水泥		43
表 3.9	硅酸盐、普通硅酸盐水泥的技术性质	43
表 3.10	五种主要水泥品种的性质对比	43
表 3.11	水泥的应用	44
表 3.12	水泥的主要技术参数对比	44
第五节 混凝土		44
一、普通混凝土组成材料		44
表 3.13	水泥	44
表 3.14	砂（细骨料）	45
表 3.15	石子（粗骨料）	45
表 3.16	外加剂的分类	45
表 3.17	六种主要的外加剂	46
二、混凝土的技术性质		46
表 3.18	混凝土的强度	46
表 3.19	混凝土的和易性	47
表 3.20	混凝土的耐久性	47
三、特种混凝土		47
表 3.21	特种混凝土的分类及特点	47
表 3.22	高强混凝土	48
第六节 砌筑材料		48
一、砖		48
表 3.23	砖的种类及记忆要点	48
二、砌块		49
表 3.24	常用砌块的特性与应用	49
三、石材		49
表 3.25	常用岩石的特性与应用	49
表 3.26	天然石材	49
表 3.27	人造石材	49
四、砌筑砂浆		50
表 3.28	砌筑砂浆材料要求	50
表 3.29	砂浆制备与使用	50
表 3.30	预拌砂浆	50

第七节 装饰材料	51
一、饰面材料	51
表 3.31 饰面石材的种类及特点	51
表 3.32 饰面陶瓷	51
二、建筑玻璃	51
表 3.33 玻璃的种类及特点	51
三、建筑装饰涂料	52
表 3.34 涂料的基本组成	52
表 3.35 内外墙及地面对涂料的要求	53
四、建筑塑料	53
表 3.36 塑料管材及配件	53
第八节 防水材料	54
一、防水卷材	54
表 3.37 聚合物改性沥青防水卷材的分类	54
表 3.38 合成高分子防水卷材的分类	54
二、刚性防水材料	54
表 3.39 刚性防水材料的分类及特征	54
三、防水涂料	55
表 3.40 防水涂料的分类及特征	55
四、建筑密封材料	55
表 3.41 建筑密封材料的分类及特征	55
第九节 功能材料	56
一、保温隔热材料	56
表 3.42 保温材料的分类及特征	56
二、吸声隔声材料	56
表 3.43 吸声隔声材料的分类及特征	56
第四章 工程施工技术	57
第一节 建筑工程施工技术	57
一、土石方工程施工技术	57
表 4.1 基坑开挖	57
表 4.2 基坑支护的类型及特点	57
表 4.3 明排水法	57
表 4.4 井点降水施工	58
表 4.5 土石方工程机械化施工	58
表 4.6 土石方的填筑	59

二、地基与基础工程施工	59
表 4.7 地基加固处理的方法	59
表 4.8 桩基础施工的方法	59
表 4.9 钢筋混凝土预制桩施工	60
表 4.10 混凝土灌注桩施工	60
三、建筑工程主体结构施工技术	61
表 4.11 砌筑砂浆的要求	61
表 4.12 砖砌体	61
表 4.13 混凝土小型空心砌块	61
表 4.14 填充墙砌体工程	62
表 4.15 钢筋的加工	62
表 4.16 受力钢筋的弯折与弯曲	62
表 4.17 箍筋和拉筋的弯曲	62
表 4.18 钢筋的连接方式	62
表 4.19 模板的类型	63
表 4.20 模板的安装与拆除	63
表 4.21 底模及支架拆除的要求	63
表 4.22 新模板技术	64
表 4.23 混凝土原材料的质量要求	64
表 4.24 混凝土的配合比	64
表 4.25 混凝土的搅拌和运输	64
表 4.26 混凝土的浇筑	65
表 4.27 混凝土密实成型	65
表 4.28 施工缝的处理	65
表 4.29 混凝土的养护	66
表 4.30 新型混凝土技术	66
表 4.31 混凝土冬期施工	66
表 4.32 高温施工	66
表 4.33 预应力钢筋的种类和混凝土使用	67
表 4.34 先张法施工	67
表 4.35 后张法的特点及张拉	67
表 4.36 钢构件制孔	68
表 4.37 钢构件的弯曲成型与矫正	68
表 4.38 钢构件的连接	68
表 4.39 钢构件的组装与预拼装	68

表 4.40	钢结构厂房及多层、高层、高耸结构安装	68
表 4.41	压型金属板	69
表 4.42	轻型钢结构材料类型	69
表 4.43	钢结构涂装	69
表 4.44	起重机械种类	69
表 4.45	混凝土结构吊装	70
表 4.46	起重机的选择与布置	70
表 4.47	大跨度结构吊装	70
表 4.48	升板法施工	71
四、建筑装饰装修工程施工技术		71
表 4.49	装饰装修工程施工技术	71
五、建筑工程防水工程施工技术		72
表 4.50	卷材防水屋面施工	72
表 4.51	涂膜防水层施工	72
表 4.52	刚性防水屋面	73
表 4.53	防水混凝土的原理	73
表 4.54	表面防水层防水	73
表 4.55	外贴法与内贴法的优缺点	73
表 4.56	防水层的厚度总结	73
表 4.57	止水带	74
第二节 道路、桥梁与涵洞工程施工技术		74
一、道路工程施工技术		74
表 4.58	填料的选择	74
表 4.59	填筑的方法	74
表 4.60	路堑的开挖方法	74
表 4.61	软土路基施工	75
表 4.62	路基石方施工	75
表 4.63	沥青路面面层施工	75
表 4.64	筑路机械	75
二、桥梁工程施工技术		76
表 4.65	桥梁墩台施工	76
表 4.66	墩台基础施工	76
表 4.67	桥梁承载结构的施工方法	77
表 4.68	梁式桥的施工方法	77
表 4.69	拱式桥施工方法	77

表 4.70 悬索桥与斜拉桥施工·····	78
三、涵洞工程施工技术·····	78
表 4.71 盖板涵与箱涵的施工要点·····	78
表 4.72 混凝土拱涵和石砌拱涵施工·····	78
表 4.73 涵洞附属工程·····	79
第三节 地下工程施工技术·····	79
一、建筑工程深基坑施工技术·····	79
表 4.74 深基坑土方开挖施工方法·····	79
表 4.75 深基坑支护的基本形式·····	79
表 4.76 深基坑支护技术·····	80
二、地下连续墙施工技术·····	80
表 4.77 地下连续墙的优缺点·····	80
表 4.78 挖槽方法·····	81
表 4.79 地下连续墙混凝土的浇筑·····	81
三、隧道工程施工技术·····	81
表 4.80 隧道工程施工方法·····	81
表 4.81 混凝土一次喷射厚度·····	82
表 4.82 喷射混凝土含水量的控制·····	82
表 4.83 采用树脂药包时的时间·····	82
表 4.84 隧道工程零散知识点总结·····	83
四、地下工程特殊施工技术·····	83
表 4.85 长距离顶管技术·····	83
表 4.86 气动夯管锤铺管的特点·····	83
表 4.87 导向钻进法施工钻头的选择·····	84
表 4.88 逆作法施工·····	84
表 4.89 沉井法的定位垫木·····	84
表 4.90 沉井的挖土下沉·····	84
第五章 工程计量·····	85
第一节 工程计量概述·····	85
一、工程量的作用与计算依据·····	85
表 5.1 工程量的作用及计算依据·····	85
二、工程量计算规范·····	85
表 5.2 分部分项工程项目内容·····	85
表 5.3 工程量清单计量与定额工程量计量的区别联系·····	86
三、工程量计算的方法·····	86

表 5.4	工程量计算的顺序及目的	86
表 5.5	统筹法的记忆要点	86
第二节	建筑面积计算	87
一、	建筑面积的概念	87
表 5.6	建筑面积的概念	87
二、	建筑面积的作用	87
表 5.7	建筑面积的几个指标	87
三、	建筑面积计算规则与方法	88
表 5.8	不计算建筑面积的范围	88
表 5.9	建筑面积计算规则与方法	88
第三节	建筑与装饰工程的工程量计算规则与方法	90
一、	土石方工程	90
表 5.10	土方工程的工程量计算	90
表 5.11	石方工程的工程量计算	91
表 5.12	回填工程量计算	91
二、	地基处理与边坡支护工程	91
表 5.13	地基处理的工程量计算	91
表 5.14	基坑与边坡支护	92
三、	桩基础工程	92
表 5.15	桩基础工程计算规则	92
四、	砌筑工程	93
表 5.16	砖基础工程计算规则	93
表 5.17	实心砖墙、多孔砖墙、空心砖墙、砌块墙、石墙工程计算规则	93
表 5.18	其他砖砌体工程的工程量计算规则	94
表 5.19	石砌体基础工程量计算规则	95
表 5.20	其他石砌体工程的工程量计算规则	95
五、	混凝土及钢筋混凝土工程	96
表 5.21	现浇混凝土工程的工程量计算规则	96
表 5.22	现浇混凝土其他构件的工程量计算规则	97
表 5.23	楼梯的工程量计算规则	97
表 5.24	预制混凝土构件的工程量计算规则	98
表 5.25	钢筋工程的工程量计算规则	98
表 5.26	混凝土保护层最小厚度	98
六、	金属结构	99
表 5.27	金属结构的工程量计算规则	99

七、木结构	100
表 5.28 木结构的工程量计算规则	100
八、门窗工程	100
表 5.29 门窗工程的工程量计算规则	100
九、屋面及防水工程	101
表 5.30 屋面工程的工程量计算规则	101
表 5.31 防水及防潮工程的工程量计算规则	101
十、保温、隔热、防腐工程	102
表 5.32 保温隔热工程的工程量计算规则	102
表 5.33 防腐工程的工程量计算规则	102
十一、楼地面装饰工程	103
表 5.34 楼地面装饰工程	103
十二、墙、柱面装饰与隔断、幕墙工程	103
表 5.35 墙、柱装饰工程的工程量计算规则	103
表 5.36 幕墙及隔断工程的工程量计算规则	104
十三、天棚工程	104
表 5.37 天棚工程的工程量计算规则	104
十四、油漆、涂料、裱糊工程	105
表 5.38 油漆、涂料、裱糊工程的工程量计算规则	105
十五、其他装饰工程	105
表 5.39 其他装饰工程的工程量计算规则	105
十六、拆除工程	106
表 5.40 拆除工程的工程量计算规则	106
十七、措施项目	107
表 5.41 脚手架工程量计算规则	107
表 5.42 混凝土模板及支架工程量计算规则	107
表 5.43 垂直运输计算规则	107
表 5.44 超高施工增加计算规则	108
表 5.45 大型机械设备进出场、安拆及施工排水、降水的计算规则	108
表 5.46 安全文明施工的计算规则	108
表 5.47 其他措施项目的计算规则	108

第一章 工程地质

第一节 岩体的特征

一、岩体的结构

表 1.1 岩体的结构

概念	工程影响范围内的岩石综合体称为工程岩体。 岩石强度 > 岩体强度
分类	①地基岩体 ：作为建筑物地基的岩体 ②边坡岩体 ：巨块状整体边坡岩体结构、块状边坡岩体结构、碎裂状边坡岩体结构和散体粒状边坡岩体结构 ③地下工程围岩 ：地下隧道、竖井、地铁、厂房、储库、车库、车站、商场等地下工程的边壁周围的岩体
作用	在工程施工和使用过程中，承受工程建筑传来的荷载作用下工程岩体的 稳定性 ， 直接关系到施工期间和使用期间工程的安全 ，关系着工程建设的成败。

表 1.2 岩石的物理性质

石英	在行业定额中，对岩石中石英含量相差 10 % 就会做出定额调整 ^{[2015]⊙}
物理性质	作用：是 鉴别矿物的主要性质
颜色	①矿物最明显、最直观的物理性质。 ②根据成色原因，分为自色和他色 ③自色：矿物本身固有的颜色，具有鉴定意义 ④他色：某些透明矿物混有不同杂质或其他原因引起的
光泽	①矿物表面的反光能力 ②金属光泽、半金属光泽、金刚光泽、玻璃光泽 ③表面不平、内部裂纹等形成了丝绢、油脂、蜡状、珍珠等光泽 ④矿物遭受风化后，光泽强度会有不同程度的降低
硬度	①矿物抵抗外力刻划、压入或研磨等机械作用的能力 ②鉴定硬度的方法：互相刻划，分为 10 个等级 ③常见硬度：1 ~ 10 级。石英 7 级

⊙ 该标注指出现该考点考题的年份，余同。

表 1.3 岩浆岩的性质

岩浆岩（火）		特 征
喷出岩		①原生孔隙和节理发育，产状不规则，厚度变化大 ②岩性不均一，比侵入岩强度低 ③透水性强，抗风能力差 ④代表：流纹岩、粗面岩、安山岩、玄武岩、火山碎屑岩
侵入岩	深成岩	①形成深度超过 5km ②形成岩基，岩性单一，中、粗粒结构为主 ③致密坚硬，孔隙率小，透水性弱，抗水性强 代表：花岗岩、正长岩、闪长岩、辉长岩
	浅成岩	①形成深度小于 5km ②形成岩床、岩脉。颗粒细小，岩石强度高，不易风化 ③岩性不均一，节理；裂隙发育 ④岩石破碎，风化蚀变严重，透水性大 ⑤代表：花岗斑岩、闪长玢岩、辉绿岩、脉岩

表 1.4 沉积岩的性质

沉积岩分类	常温常压，风化、搬运、沉积、成岩的作用 ^[2013]
结构分类	①碎屑：碎屑物被胶结物粘结起来 ②泥质：小于 0.005mm 的黏土颗粒组成的结构 ③晶粒：岩石颗粒在水溶液中结晶或呈胶体形态沉淀 ④生物：生物遗体组成
构造分类	①层理构造：沉积岩最重要标志，也是区别于岩浆岩和变质岩的重要标志 ②层面构造：在沉积岩层面上保留有自然作用产生的一些痕迹，反应沉积岩形成的环境 ③结核构造：与周围不同的、规模不大的团块体 ④生物成因：生物礁体、叠层构造、虫迹、虫孔
分类	①碎屑岩：砾岩、砂岩、粉砂岩 ②黏土岩：泥岩、页岩 ③化学及生物化学岩：石灰岩、白云岩、泥灰岩

表 1.5 变质岩的性质

变质岩	岩浆岩或变质岩 + 各种作用→变化
结构分类	①变余结构：重结晶或变质结晶作用不完全造成原来岩体结构特征保留 ②变晶结构：岩石发生重结晶所形成的结构 ③碎裂结构：岩石受定向压力作用发生碎裂，形成碎块甚至粉末重新胶结在一起形成的结构

(续)

构造分类	①板状构造：平行、较密集而平坦的破裂面分裂岩石成板块状 ②千枚状构造：薄板状 ③片状构造：大量呈平行定向排列的片状矿物 ④片麻状构造：粒状变晶矿物间夹杂鳞片状以及柱状变晶矿物并呈大致平行的断续带状 ⑤块状构造：均匀分布、结构单一、无定向排列，如大理石 ^[2010] 、石英岩
------	--

表 1.6 土的组成、结构及构造

组成	①颗粒（固相）、水溶液（液相）和气（气相）组成 ②固体颗粒矿物分为：原生矿物、不溶于水的次生矿物、可溶盐类及易分解的矿物、有机质
结构	①单粒结构：对土的工程性质影响主要在于松密程度；碎石、卵石、砂土 ②集合体结构：黏性土特有，颗粒间引力大于重力，形成结合水膜连接
构造	①不均匀性包括：层理、夹层、透镜体、结合、颗粒大小悬殊及裂隙特征与发育程度 ②土体的构造在水平方向或竖直方向变化往往较大，受成因控制

表 1.7 土按颗粒级配和塑性指数分类

按颗粒级配和塑性指数分类	标 准	种 类
碎石土	粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重 50%	漂石、块石、卵石 碎石、圆砾、角砾
砂土	①粒径大于 2mm 的颗粒含量≤全重的 50% ②粒径大于 0.075mm 的颗粒含量超过全重的 50%	
黏性土	①塑性指数大于 10 ②塑性指数 = 液限与塑限的差	粉质黏土和黏土
粉土	①粒径大于 0.075mm 的颗粒不超过全重的 50% ②塑性指数≤10	

表 1.8 结构面发育程度等级分类

等级	节理数/组	延伸长度/m	特 征
不发育	1 ~ 2	< 3	多闭合、无填充
较发育	2 ~ 3，规则	< 10	多闭合、无填充或有少量细碎填充物
发育	> 3，较多不规则	不均匀，多数 > 10	风化者多张开、夹泥
很发育	规则的 > 3，较多不规则	较长的大裂隙	杂乱无章、裂隙张开、夹泥

表 1.9 褶皱构造的特征

褶皱的定义	受构造力作用而形成的一系列波状弯曲而未丧失其连续性的构造 ^[2010]		
分类	形状	新岩层	老岩层
背斜	向上拱起	两翼	轴部
向斜	向下凹弯	轴部	两翼

表 1.10 路线与岩层的关系

路线与走向	边坡与岩层倾向	边坡倾角与岩层倾角	图 例	结 果
垂直				最有利 ^[2010,2014]
平行	相反			较有利
平行	一致			不利
平行	一致	更大		最不利 ^[2015]

注：——表示岩层边坡 - - - - -表示路线边坡 ←——路线走向 ⊗路线走向

表 1.11 裂隙的特征

裂隙（节理）	裂隙率 = 裂隙面积与岩石总面积之比。裂隙率越大，裂隙越发育
构造裂隙	①张性裂隙：发育在背斜向斜轴部 ^[2015] ，张开较宽，断层面粗糙，擦痕少，裂隙间距大分布不匀，沿走向和倾向延伸不远 ②扭（剪）裂隙：发育在褶皱翼部和断层附近，多平直闭合，分布较密，走向稳定，延伸深远，裂隙面光滑，有擦痕。扭性裂隙常沿剪切面成群平行分布，将岩体切割成板状。 ③两组不同裂隙作用：交叉成“×”形，将岩体切割成菱形块体
非构造裂隙	成岩作用、外动力、重力作用，风化裂隙具有普遍意义
不利情况	裂隙发育方向与路线走向平行，倾向与边坡一致时，不论岩体产状如何，路堑边坡都容易发生崩塌等不稳定现象

表 1.12 裂隙发育程度分级表

	不发育	较发育	发 育	很发育
数量（组）	1~2	2~3	≥3	
产状	规则	X形，较规则	不规则	杂乱
构造	构造型	构造型为主	以构造型和风化型为主	以风化型和构造型为主
间距	≥1m	多数≥0.4m	<0.4m	<0.2m
宽度	密闭	多密闭，少填充	大部分张开，部分有填充	以张开为主，一般有填充
岩体形状	巨块状	大块状	小块状	碎石状
影响	无	基础工程不大， 其他工程可能 ^[2014]	很大	严重

表 1.13 断层的分类

类型	升 降	成 因	位 置
正	上盘下降下盘上升	水平张应力或垂直作用力	垂直于张应力或已有剪节理
逆 ^[2010]	上盘上升下盘下降	水平强烈挤压力	与岩层走向和褶皱轴方向一致，垂直压应力方向
平推	水平位移	水平扭应力	与褶皱轴斜交，与X节理平行，倾角近于直立

表 1.14 岩体的结构类型

岩体结构	岩体中结构面与结构体的组合方式
整体块状	整体性好,强度高,块大,承载力好。理想的工程岩体
层状结构 ^[2011]	层状,变形模量及承载力较高 ①沿层面方向的抗剪强度 < 垂直层面方向低 ②有软弱夹层时,这种现象更加明显 ③结构面倾向坡外比倾向坡里差得多
碎裂结构	碎裂。夹杂的硬质岩石尚可。但碎裂体承载力不高,工程地质性质差
散体结构	手捏即碎。裂隙很发育

二、岩体的力学特征

表 1.15 岩体的变形及强度特征

变形特征	岩体的变形参数	由变形模量或弹性模量反映 ^[2010]
	流变特性	蠕变: 应力一定, 变形增加
		松弛: 变形一定, 应力减小
强度性质	岩体的强度	结构完整: 岩石强度可以视为岩体强度
		沿结构面滑动: 岩体强度完全受结构面控制 ^[2011]
	岩石的强度	抗压强度 > 抗剪强度 > 抗拉强度
		①抗剪强度 = 10% ~ 40% 抗压强度 ^[2009] ②抗拉强度 = 2% ~ 16% 抗压强度 ^[2009]

三、岩体的工程地质性质

表 1.16 岩石的物理力学性质

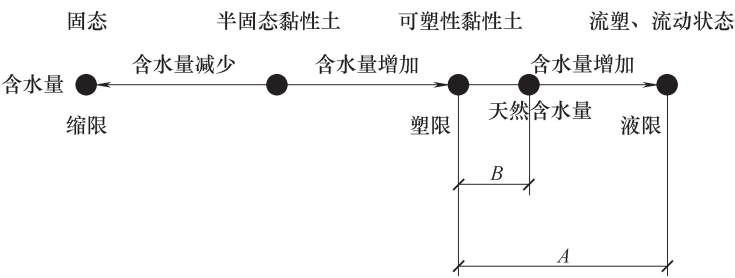
比重	岩石固体单位体积的重量。矿物越多比重越大
容重	岩石单位体积的重量。重度大, 则结构致密、孔隙性小, 强度稳定性越高
孔隙性	孔隙度 = 孔隙总体积/岩石总体积。影响强度和稳定性, 反向
吸水性	吸水率表示。吸水率越大, 软化作用越强, 受水作用越显著
软化性	加水作用后强度丧失多少。值越小, 表示受水作用越大。1 弱, <0.75 强 ^[2011]
抗冻性	受冻后强度降低率。<25%。抗冻; >25%, 不抗冻

表 1.17 岩石的主要力学性质

变形	①弹性模量和泊桑比 ②弹性模量越大, 变形越小, 抵抗变形能力越高
强度	抗压强度、抗拉强度、抗剪强度、抗剪断强度
	抗压强度 > 抗剪强度 > 抗拉强度
	抗剪强度 = 10% ~ 40% 抗压强度 抗拉强度 = 2% ~ 16% 抗压强度

表 1.18 土的物理力学性质

性能参数	含水量	①土中水的重量/土粒重量 ②随之增大，强度降低
	饱和度	①被水充满的孔隙体积/孔隙总体积。 饱和度越大，充水越多 ②<50%，稍湿；50%~80%，很湿；>80%， 饱水
	孔隙比	①孔隙体积/土粒体积。评价天然土层密实度 ②<0.6， 密实低压缩性 ；>1， 疏松高压缩性
	孔隙率	土中孔隙体积/土的总体积
	两指数	① 塑性指数 =液性-塑限。 指数越大，可塑性越强 ② 液性指数 =(天然含水量-塑限)/塑性指数。 指数越大，土越软
力学性质	压缩性	① 饱和的黏性土压缩性低，排水时间长 ②透水性大的饱和和无黏性土，压缩性高，排水快
	抗剪强度	土对剪切破坏的极限抗力。实践中会影响边坡



塑性指数 = $A = \text{液限} - \text{塑限}$ ，表示黏性土在可塑状态的含水量变化范围
液性指数 = $B/A = (\text{天然含水量} - \text{塑限}) / (\text{液限} - \text{塑限})$ ，指数越大，土质越软

图 1.1 土的缩限、塑限、液限及塑性指数、液性指数示意图

表 1.19 特殊土的工程性质

特殊土	特 点	关 键 词
软土	絮状和蜂窝状,显著蠕变	高含水量,高孔隙性,高压缩性,低渗透性
湿陷性黄土	遇水沉陷	地面下沉、大裂缝 ^[2009] 、砖墙倾斜等
红黏土	厚度不均匀,伴有石芽、溶洞	不具有湿陷性,塑性高
膨胀土	失水张开,浸泡闭合	具有膨胀收缩性。造成崩塌、滑坡、地裂等
素填土	可以作为一般建筑物的天然地基 ^[2012] ： ①堆填>10年的黏性土 ②>5年的粉土 ③>2年的砂土	
杂填土	①生活垃圾和腐蚀性、易变性工业废料 不宜作为建筑物地基 ②建筑垃圾及一般性工业废料组成的杂填土经适当措施处理后可做建筑地基	
充填土	含水量大、透水性弱、排水固结差、压缩性高、强度低	

表 1.20 结构面的工程地质性质

对岩体影响较大的结构面的物理力学性质主要是结构面的产状、延续性和抗剪强度 ^[2014]		
等级	特征	作用及影响
I 级	大断层或区域性断层	控制地区稳定性，影响工程岩体稳定性
II 级	延伸长而宽度不大的区域性地质截面	工程岩体力学和对岩体破坏方式有控制意义的边界条件
III 级	长度数十米至数百米的断层、区域节理	
IV 级	延伸较差的节理、层面、次生裂隙	控制岩体的结构、完整性和物理力学性质
V 级	微结构面	控制岩块的力学性质，影响物理力学性质

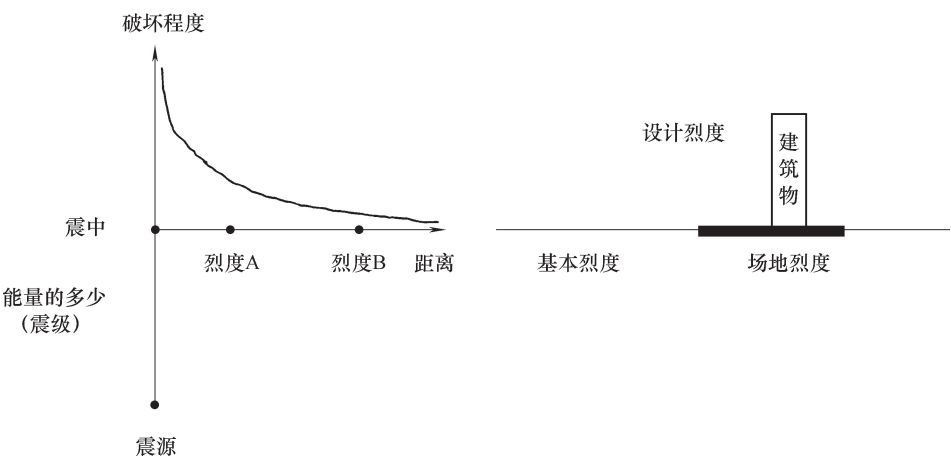


图 1.2 地震的主要参数示意图^[2009,2011,2012]

第二节 地下水的类型与特征

一、地下水的类型

表 1.21 地下水的分类

分类方法	分 类	记忆方法
埋藏条件	①包气带水 ②潜水 ③承压水	①水在地下土层中的深浅位置，位置越深越稳定 ②包气带水与潜水的补给区域分布区一致 ③承压水的补给区与分布区不一致 ^[2015]

(续)

分类方法	分 类	记忆方法
空隙性质	①孔隙水 ②裂隙水 ③岩溶水	空隙的大小，空隙越大，水越多

二、地下水的特征

表 1.22 包气带水、潜水、承压水的特点

潜水	①潜水面以上无稳定的隔水层存在，大气降水和地表水可直接渗入，作为补充 ②自水位较高处向水位较低处渗流，潜水面坡度经常小于当地的地面坡度
承压水	①承压水不受气候的影响 ^[2013] ②构造形式有两种：向斜构造盆地（自流盆地）与单斜构造盆地
裂隙水	①风化裂隙水：受大气降水的补给，有明显季节性循环交替 ^[2014] ；泉水 ②成岩裂隙水：多呈层状，在一定范围内相互连通 ③构造裂隙水和层状裂隙水：可以是潜水，也可以是承压水 ④脉状构造裂隙水：储存于张开裂隙中，系统独立，水位不一致，压力分布不均匀，水量少，水位和水量变化大

第三节 常见工程地质问题及其处理方法

一、特殊地基

表 1.23 松散、软弱土层的问题及处理方法

名称	问 题	措 施
松散土层	不满足承载力要求	挖除、固结灌浆、预制桩或灌注桩、地下连续墙、沉井
	不满足抗渗要求	灌注水泥浆或水泥黏土浆、地下连续墙 ^[2010]
	影响边坡稳定	喷混凝土护面和打土钉支护
软弱土层	不满足承载力要求	浅层：挖除
		深层：振冲等方法置换 ^[2013]

表 1.24 风化、破碎岩层的问题及处理方法

问 题	措 施
地基表层或较浅	挖除
埋藏较深	水泥浆灌浆加固或防渗

(续)

问 题	措 施
影响边坡稳定的	喷混凝土、挂网喷混凝土护面，必要时配合灌浆和锚杆加固；采用砌体、混凝土和钢筋混凝土、钢板衬砌
结构面切割和软弱破碎的地下围岩	①开挖后，及时支撑、支护、衬砌 ②支撑由柱体、钢管排架发展为钢筋或型钢拱架 ^[2015]
裂隙发育影响地基承载力及抗渗的	水泥灌浆加固或防渗

表 1.25 断层、泥化软弱夹层的问题及处理方法

问题	措施
充填胶结差 影响承载力及抗渗的断层	①浅层：挖除 ②深层：灌水泥浆处理
泥化夹层影响承载力	①浅层：挖除 ②深层：无影响
断层、泥化软弱夹层	不便清除回填的，采用锚杆、抗滑桩、预应力锚索
滑坡	①滑坡上方：修筑截水设施 ②滑坡下方：修筑排水设施 ③经过论证：在滑坡上部刷方减重，未经论证，不得妄动 ④不能削方减重：坡脚修挡土墙、抗滑桩，或固结灌浆 ^[2013]
地下水发育影响边坡或地下围岩	采用洞、井、沟等措施导水、排水、降低地下水位

二、地下水

表 1.26 地下水的作用

主要影响	主要问题
地下水对土体和岩石的软化	降低粘结力和摩擦角，抗剪强度降低，降低强度和稳定性
水位下降引起软土地基沉降	降水不当，造成土粒流失，引起不均匀沉降
动水压力产生流砂和潜蚀	①流砂：动水压力大于颗粒有效重度 ②机械潜蚀：细小颗粒穿越粗颗粒之间的孔隙被渗流带走 ^[2014]
地下水的浮托作用	静水压力产生浮托力 ①粉、砂、碎土：按 100% 设计 ^[2015] ②裂隙不发育：按 50% 设计 ^[2015] ③基础位于黏性土地基上：浮托力较难确定，结合地区实际考虑 ^[2015]
承压水对基坑作用	压力平衡
地下水对钢筋的腐蚀	化学反应

三、边坡稳定

表 1.27 地层岩性的记忆要点

岩 性	特 点
深成侵入岩 厚层坚硬的 沉积岩 片麻岩、石英岩	①通常稳定性很高 ②节理发育、有软弱结构面穿插且 边坡高陡 时才容易发生崩塌或滑坡
玄武岩、 凝灰岩 ^[2015] 火山角砾、安山岩	柱状节理发育时， 容易形成直立边坡并易发生崩塌 ^[2009]
黏土质页岩 、泥岩 煤层、 泥灰岩 、石膏	易发生顺层滑动 ^[2010,2011] 、或下部蠕滑造成上部岩体崩塌
千枚岩、板岩、片岩	①岩层软弱易风化，在产状 陡立地段 ， 临近斜坡容易出现蠕动变形 ②受到节理切割遭风化后，常常出现顺层滑坡
黄土	①具有垂直节理、疏松透水时，浸水后容易崩解湿陷 ②当水浸泡或作为水库岸边时，极易发生崩塌或塌滑现象
崩塌堆积、坡积、残积区	地下水受阻并有黏土质成分时，易形成滑动面

表 1.28 地下水对边坡稳定性的影响

主要影响 ^[2009,2011,2012]	产生的问题 ^[2009,2011,2012]
使岩石软化或溶蚀	上覆岩体塌陷，发生崩塌或滑坡
产生静水压力或动水压力	促使岩体下滑或崩倒
增加了岩体重量	使 下滑力增大
寒冷地区，渗入裂隙的水结冰	产生膨胀压力，促使岩体破坏倾倒
产生浮托力	使岩体 有效重量减轻，稳定性下降

表 1.29 不稳定边坡的防治措施

防渗和排水	①滑坡体外围设置排水沟 ②已经渗入的水流，采取地下排水廊道 ③也可使用钻孔排水的方法
削坡	将上部岩体挖除，使坡度变缓并减轻重量， 削减的坡体填在坡脚
支挡建筑	支挡建筑物的基础砌在滑动面以下，若增加排水措施效果更好
锚固	锚杆、锚索和混凝土锚固桩，原理是提高岩体抗滑的能力

表 1.30 地质构造条件对地下工程选址的影响

地质构造	影 响
褶皱	①背斜核部，拱形受力合理，但外缘受拉，内缘受压，加上风化，不宜选址 ②向斜核部，容易积水，地下工程开挖容易出水 ③地下工程布置，应避开核部 ^[2011] ，如必须在褶皱岩层修建则放在褶皱的两侧 ^[2013]
断裂	地下工程开挖容易塌方冒顶，选址应尽量避免大断层
岩层产状	①地下工程轴线与岩层走向垂直，围岩稳定性较好，对边墙稳定有利 ②岩层较陡时稳定性较好 ③岩层倾角平缓且节理发育，洞顶易发生局部岩块塌落，出现阶梯形超挖 ④地下工程走向与岩层走向平行，岩层较薄，常发生顶板坍塌 ⑤软硬不同岩层组合，将较硬的岩层作为顶板
地下水	地下工程的塌方或冒顶，常常与地下水活动有关。选址时最好选在地下水位以上的干燥岩体内，或地下水量不大、无高压含水层的岩体内
地应力	初始应力状态是决定围岩应力重分布的主要因素

表 1.31 围岩的破坏与变形形式

脆性破坏	高应力地区卸荷，能量突然释放
块体滑移	块状围岩常见，块体滑移、塌落
岩层的弯曲折断	层状围岩失稳，边墙凸起弯曲
碎裂结构	在张力和振动作用下容易松动、解脱，在洞顶则产生崩落，边墙上则表现为滑塌或碎块坍塌。当结构面间夹泥时，往往会产生大规模的塌方，如不及时支护，将愈演愈烈，甚至冒顶 ^[2013]
风化、构造、围岩应力、地下水	产生冒顶或塑性变形。边墙挤入、底部起鼓、洞径收缩

表 1.32 提高围岩稳定性的措施

主要措施	支护	临时性措施。及时支撑、防止松动
	衬砌	永久性结构。承受围岩压力机内水压力
	喷锚	及时向围岩表面喷混凝土（5~20cm），有时加锚杆
具体情况	坚硬的整体围岩	不用支护。可喷混凝土 3~5cm，出现拉应力，地下围岩用锚杆 ^[2014]
	块状围岩	一般喷混凝土，部分岩块滑动用锚杆加固
	层状围岩	以锚杆为主要手段，联结各层锚杆，提高抗弯刚度
	软弱围岩	立即喷混凝土，有时还要加锚杆和钢筋网

表 1.33 喷锚支护中喷混凝土的作用

提高速度	紧跟工作面，速度快，缩短了开挖与支护的时间间隔
改善应力	填补围岩表面裂隙，防止碎块松动脱落，改善应力状态
加固岩体	利用喷射速度和压力，浆液填充裂隙，加固岩体，提高强度和整体性
承载拱	结合紧密，有较高的粘结力和抗剪强度，传递各种应力，起到承载拱的作用

第四节 工程地质对工程建设的影响

一、工程地质对工程选址的影响

表 1.34 工程选址的注意事项

一般中小型工程	在工程建设一定影响范围内，地质构造和灾害问题
大型建设工程	还要考虑区域地质构造和地质岩性 ^[2014] 形成的整体滑坡、地下水的性质、状态和活动对地基的灾害
特殊重要项目	地区的地震烈度，尽量避免在高烈度地区建设
地下工程	区域稳定性问题

表 1.35 工程地质对工程选址的影响

道路选线	① 尽量避开断层裂谷边坡，尤其是不稳定边坡 ② 避开岩层倾向于坡面倾向一直的顺向坡，尤其是岩层倾角小于坡面倾角 ③ 避免路线与主要裂隙发育方向平行，尤其是裂隙倾向于边坡倾向一致的 ④ 避免经过大型滑坡体、不稳定岩堆和泥石流地段及其下方
裂隙影响	① 裂隙对工程建设的影响主要表现在破坏岩体的整体性 ^[2015] ，促使岩体风化加快、增强岩体的透水性，使岩体的强度和稳定性降低 ② 裂隙发育方向与建筑边坡走向平行，容易发生坍塌 ③ 间距越小，密度越大，影响越大
断层影响	① 路线与断层走向平行，路基靠近断层破碎带，容易引发大规模坍塌 ② 隧道轴线与断层走向平行，尽量避免与断层破碎带接触

二、工程地质对建筑结构的影响

表 1.36 工程地质对建筑结构的影响

主要影响 ^[2015]	表 现
建筑结构选型	砖混—框架；框架—筒体
建筑材料选择	钢筋混凝土结构—钢结构；砌体—混凝土或钢筋混凝土

(续)

主要影响 ^[2015]	表 现
基础选型和结构尺寸	基础承载力提高，结构尺寸增大
结构尺寸和钢筋配置	提高钢筋混凝土的配筋率
地震烈度	烈度越高，构造柱和圈梁的布置密度、断面尺寸和配筋率要相应增大

三、工程地质对工程造价的影响

表 1.37 工程地质对工程造价的影响

影响方面	具体表现
选择工程地质条件有利的路线	对工程造价起着决定性作用
勘察资料的准确性	直接影响工程造价
施工阶段 ^[2009] 对特殊不良工程地质问题认识不足	工程造价增加

第二章 工程构造

第一节 工业与民用建筑工程的分类、组成及构造

一、工业与民用建筑工程的分类及应用

表 2.1 工业建筑的分类

按厂房层数分	①单层^[2007] ②多层 ③混合层数
按用途分	①生产厂房：电镀车间、热处理车间^[2008,2013]、加工车间、装配车间 ②生产辅助厂房：修理车间、工具车间 ③动力用厂房：发电站、变电所、锅炉房 ④仓储建筑：仓库 ⑤仓储用建筑：车库 ⑥其他建筑：水泵房、污水处理
按车间生产状况分	①冷加工车间：常温状态下 ②热加工车间：锻造、锻压、热处理车间 ③恒温湿车间：稳定的温度、湿度；精密仪器、纺织 ④洁净车间：空气净化、无尘菌；药品、集成电路 ⑤其他特种状况车间：防放射性、电磁波干扰等
按主要承重结构形式分	①排架结构：柱脚刚接，柱顶铰接 ➤ 钢筋混凝土柱厂房：柱间距 6 ~ 12m，跨度 12 ~ 30m ➤ 钢结构厂房：钢柱 + 钢屋架，跨度和柱距布置灵活^[2010] ②刚架结构：柱脚铰接或刚接，柱顶刚接 ➤ 钢筋混凝土刚架：跨度 ≤ 18m，檐高 ≤ 10m，吊重 ≤ 10t ➤ 门式刚架：刚度好、自重轻、省钢材，用于轻型厂房和物流中心；包括等截面和变截面，变截面受弯好；等截面制作施工方便^[2015] ③空间结构：发挥材料强度、多向受力、提高稳定性。膜、网架、索

表 2.2 民用建筑按层数和高度分类

住宅	低层：1~3 层；多层：4~6 层；中高层：7~9 层；高层：≥10 层
非住宅	①高度≤24m：看层数，分为单层和多层 ②高度>24m：高层建筑 ③建筑高度>24m 的单层公共建筑：单层建筑 ^[2008]
超高层	建筑高度>100m 的民用建筑

表 2.3 民用建筑按耐久年限分类

级别	耐久年限/年	建筑物重要性
一级	>100	重要、高层 ^[2011,2012]
二级	50~100	一般性
三级	25~50	次要的
四级	≤15	临时性

表 2.4 民用建筑按施工方法分类

分类	现场浇筑	现场砌筑	装配
现浇、现砌	主要承重构件		
部分现浇、部分装配 ^[2009]	内墙（钢筋混凝土）		外墙、楼板、屋面板
部分现砌、部分装配		墙体	楼板、楼梯、屋面板
全装配			主要承重构件

表 2.5 民用建筑按承重结构材料分类

请注意：在一般民用建筑中，除了空间结构外，承重结构基本就是竖向和水平方向。这种分类指的就是不同方向上面使用的不同材料。一般情况下，竖向承重结构指墙、柱等；水平方向指梁、楼板、屋架等。

木结构	用于民用建筑和小型工业厂房屋盖中
砖木结构	竖向砖砌，水平木材。用于低层建筑（1~3 层）
砖混结构	①竖向砖砌，水平钢筋混凝土 ②适合开间进深小、房间面积小、多层或低层建筑
钢筋混凝土结构	梁板柱承重，为钢筋混凝土材料
钢结构	强度高、整体性好、抗震、抗变形能力好。用于大跨度、超高、超重
型钢混凝土结构	①与钢筋混凝土比：承载力大、刚度大、抗震性能好 ^[2013] ②与钢结构相比：防火性能好，稳定性好，节约钢材 ^[2013] ③用于大型结构，力求截面最小化 ^[2014] ，承载力最大，节约空间 ④缺点：造价高

表 2.6 民用建筑按承重体系分类

混合结构体系	①分为横墙承重和纵墙承重体系 ②横墙承重：横向刚度大、整体性好，平面布置不灵活 ③纵墙承重：整体性差，平面布置灵活
框架结构体系	①同时承受竖向和水平两方向荷载 ②平面布置灵活，侧向刚度小。一般不超过 15 层
剪力墙体系	①剪力墙承受竖向及水平荷载，高层主要承受水平荷载，受剪受弯 ②一般为钢筋混凝土墙，厚度≥140mm，间距 3～8m ^[2015] ③侧向刚度大，但间距小，平面布置不灵活，自重较大
框架—剪力墙体系	①水平荷载：剪力墙；竖向荷载：框架；用于 10～20 层的建筑 ②横向剪力墙布置：建筑物端部附近，平面形状变化处 ③纵向剪力墙布置：房屋两端附近
筒体结构体系 ^[2014]	分为：框架—核心筒、筒中筒、多筒结构。用于 30～50 层
桁架结构体系	①屋架的高跨比为 1/6～1/8。大跨度屋架吊装需验算稳定性 ②屋架的弦杆外形和腹杆布置对内力变化规律起决定性作用 ③上下弦为三角形：弦杆内力最大 ④上弦节点在拱形线上：内力最小
网架结构体系	①性能好。分为：交叉桁架和角锥体系。角锥受力合理，刚度大 ②网架高度与短跨比一般为 1/15。安装分为：高空拼装和整体安装 ③优点：空间受力、杆件主要承受轴向力，受力合理，节约材料，整体性能好，刚度大，抗震性能好。杆件类型少，适合工业化 ^[2014]
拱式结构体系	受力合理。用于体育馆、展览馆
悬索结构体系	①跨度可达 160m，主要用于体育馆、展览馆中 ^[2015] ②跨中垂度越小，索拉力越大。垂度为跨度的 1/30 ③可分为单曲面和双曲面。单曲拉索体系构造简单，稳定性差
薄壁空间结构体系	①筒壳：跨度在 30m 以内是有利的 ②双曲壳：直径已经达到 200 多米

二、民用建筑构造

表 2.7 地基的分类及处理方法

地基的分类	①天然地基：不经处理，有足够承载力 ②人工地基：需经过人工处理
人工地基处理方法	压实法：不耗材料，经济；但收效慢
	换土法：强度高，见效快，成本高 ^[2006]
	化学处理法
	打桩法

表 2.8 刚性基础与柔性基础

	刚性基础 ^[2006,2013]	柔性基础 ^[2010,2011,2012,2014]
受力状况	抗压能力强，底部不能受拉	底部可以受拉
外形特征	高而深	薄而长
控制因素	刚性角（由材料决定，最好让大放脚 = 刚性角）	无
种类	①砖基础：大放脚 ②灰土基础：用于地下水位低的地区。每层 22 ~ 25cm 夯至 15cm 一步，三层以下两步，三层以上三步 ^[2009] ③三合土基础：宽 $\geq 600\text{mm}$ ；高 $\geq 300\text{mm}$ ^[2012] 。 用于地下水位低或 4 层以下民用建筑 ④毛石基础：宽度及高度 $\geq 400\text{mm}$ ^[2007] ⑤混凝土基础：宽高比 1:1 ~ 1:1.5 ⑥毛石混凝土基础：毛石粒径 $\leq 300\text{mm}$ ，体积 $\leq$ 总体积的 20% ~ 30%，高度 $\geq 300\text{mm}$	钢筋混凝土基础 ^[2008] ①锥形：最薄处高度 $\geq 200\text{mm}$ ②阶梯形：每踏步高 300 ~ 500mm ③素混凝土垫层厚度为 100mm ④无垫层，钢筋保护层不宜小于 70mm
效果	挖土深，但不一定造价高，因为没有用钢筋	挖土浅，节约混凝土 ^[2012]

表 2.9 基础的构造形式分类

独立基础	①柱下独立基础 ②墙下独立基础：地梁跨度 3 ~ 5m
条形基础 ^[2009]	①墙下条形基础 ②柱下条形基础
柱下十字交叉基础	用于荷载大的高层建筑
片筏基础	基础软弱荷载较大时使用。分为平板式和梁板式
箱形基础	用于地基软弱土层厚，荷载大，建筑面积不太大的重要建筑
桩基础	①软弱土层厚度 $\geq 5\text{m}$ ，人工换土不经济时使用 ②按施工方法分为：预制桩和灌注桩 ③按荷载传递方式分为：端承桩和摩擦桩 ④节约材料，减少挖填土方量，改善劳动条件，缩短工期

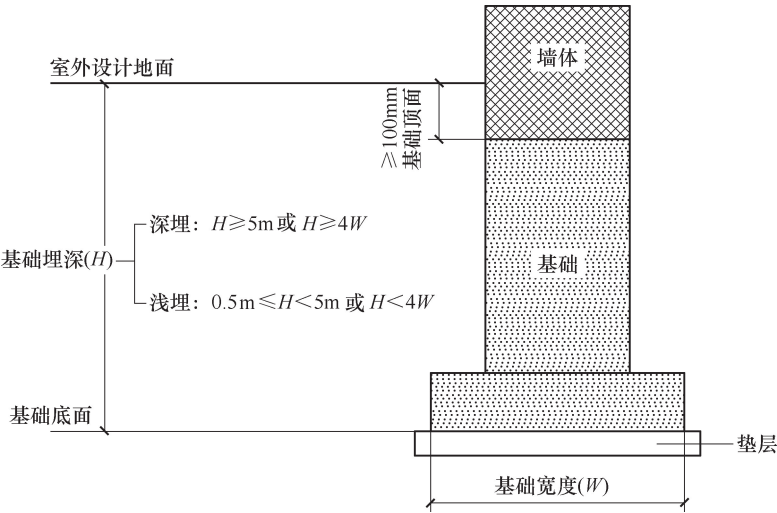


图 2.1 基础的构造形式分类

表 2.10 地下室防潮与防水

防潮	①判断标准：地下室地坪位于常年地下水位以上 ②构造要求：水泥砂浆砌筑、灰缝饱满；墙外侧设垂直防潮层；防潮层外侧需回填低渗透土并逐层夯实，土层宽度 500mm ③设置位置：地下室墙体必须设两道防潮层；一道在地下室地坪附近，另一道设置在室外地面散水以上 150 ~ 200mm 位置
防水	①判断标准：地下室地坪位于常年地下水位以下 ②构造方法：防水卷材或者加防水剂的钢筋混凝土

表 2.11 墙的类型

特殊材料墙体	现浇与预制混凝土墙	承重
	加气混凝土墙	承重或非承重；没有切实有效措施，不得在建筑物 ±0.00 以下；不得处于长期浸水、干湿交替部位；不能受化学侵蚀；不得使制品表面长期处于 80℃ 以上高温环境
	压型金属板墙	轻质高强，分为保温与非保温两种
	石膏板墙	适用于中低档民用和工业建筑中的非承重内隔墙
	舒乐舍板墙	轻质高强、保温隔热、防火抗震性能好，用途广
隔墙	块材隔墙	①半砖隔墙：120mm 厚，砌筑砂浆强度等级宜大于 2.5M ②砌块隔墙：90 ~ 120mm 厚，质轻、孔隙率大，隔热性能好，吸水性强，下部先砌 3 ~ 5 皮黏土砖
	轻骨架隔墙	先立强筋（骨架）后做面层
	板材隔墙	①加气混凝土条板隔墙 ②碳化石灰板隔墙 ③增强石膏空心板隔墙
	复合板隔墙	强度高、耐火性、防水性、隔声性能好、拆卸方便，有利于工业化

表 2.12 墙体构造

防潮层 ^[2011,2012]	①室内地面实铺：外墙墙身防潮层在室内地坪以下 60mm 处 ②建筑物墙体两侧不等高：每侧地表下 60mm 处分别设置，两个防潮层之间的墙体上加设垂直防潮层 ③室内地面采用架空地板：外墙防潮层设置在室外地坪与木格栅垫木之间
勒脚	防水、保护墙面、提高耐久性和美观；高度为室内外地坪高度差
散水和暗沟 ^[2012]	①降水量 < 900mm 的地区：可以只设置散水 ②降水量 ≥ 900mm 的地区：同时设置散水和暗沟^[2011]；暗沟纵坡 0.5% ~ 1%；散水宽度 600 ~ 1000mm^[2011]，坡度 3% ~ 5%
窗台	①外窗台：防止窗洞底部积水，流向室内 ②内窗台：为了排除窗上的凝结水，保护室内墙面^[2007] ③做法：平砌挑砖和立砌挑砖，坡度 10%
过梁	宽度超过 300mm 的洞口上应设置过梁
圈梁	①多层砌体且层数为 3 ~ 4 层，应在底层和檐口标高处各设置一道圈梁^[2015]当层数超过 4 层时，除上述设置外，至少应在所有纵、横墙上隔层设置 ②宽度一般同墙厚，墙厚较大的墙体做到墙厚的 2/3，高度 ≥ 120mm^[2008] ③附加梁的尺寸：截面面积 ≥ 圈梁截面面积；搭接长度 ≥ 1m 且 > 两梁高差的 2 倍
构造柱	①最小截面：240 × 180；竖向钢筋 4φ12；箍筋 @ ≤ 250mm 柱端加密 ②抗震设防 6、7 度超过 6 层、8 度设防超过 5 层、9 度设防时，纵向钢筋用 4φ14；外墙转角的构造柱可适当加大截面和配筋 ③可不单独设基础，但应伸入室外地面以下 500mm，或与埋深小于 500mm 的基础圈梁相连
变形缝	①伸缩缝：基础不断开^[2006]，地面以上断开，宽度 20 ~ 30mm ②沉降缝：基础也断开；2 ~ 3 层缝宽 50 ~ 80mm，4 ~ 5 层缝宽 80 ~ 120mm，5 层以上缝宽 ≥ 120mm ③防震缝：基础顶部以上断开；多层砌体缝宽 50 ~ 100mm；多层钢筋混凝土且建筑高度 ≤ 15m，缝宽 70mm；建筑高度超过 15m，按烈度增加
三道	①烟道设于厨房内，通风道设于暗厕；两者不能共用 ②烟道靠墙下部，距楼地面 600 ~ 1000mm ③通风道靠墙上方，比楼板低约 300mm ④垃圾道设置在公共卫生间或楼梯间两侧

表 2.13 钢筋混凝土现浇楼板的适用范围

板式楼板	跨度小的房间 ^[2008] 、雨棚、遮阳
梁板式肋形楼板	开间、进深较大；弯矩大
井字形肋楼板	①平面近似正方形，跨度 $\leq 10\text{m}$ ^[2009,2010] ；天棚整齐美观，有利于提高房屋净空，常用于门厅、会议厅 ②肋与肋之间通常为 1.5~3m，肋高只有 180~250mm ^[2015]
无梁楼板 ^[2010,2013]	跨度 $\leq 6\text{m}$ ，板厚 $\geq 120\text{mm}$ ；底面平整，增加净空高度，有利于通风和采光，板厚较大；适用于荷载大、管线多的商店和仓库

表 2.14 板式楼板的类型及特征

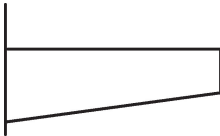
	单向板	双向板	悬挑板
记忆图形			
判断标准	长边/短边 ≥ 3	长边/短边 < 3	单边支撑
受力方向	短边	双边	
钢筋布置	短受力长分布	双向受力	上受力下分布
板厚	跨度的 1/40~1/35，且 $\geq 80\text{mm}$		挑长的 1/35，根部 $\geq 80\text{mm}$ ^[2010]

表 2.15 梁板式肋形楼板

	主梁	次梁	板
布置方向	短边	长边	
经济跨度	5~8m	4~6m	短边 1.7~3.0m
高度	跨度的 1/14~1/8	跨度的 1/18~1/12	
宽度	高度的 1/3~1/2		
厚度			跨度的 1/40~1/35，常用 60~80mm
搁置长度	梁高 $\leq 500\text{mm}$ 时， $\geq 180\text{mm}$ 梁高 $> 500\text{mm}$ 时， $\geq 240\text{mm}$ 通常为 370mm	梁高 $\leq 500\text{mm}$ 时， $\geq 180\text{mm}$ 梁高 $> 500\text{mm}$ 时， $\geq 240\text{mm}$ 通常为 240mm	$\geq 120\text{mm}$

表 2.16 预制钢筋混凝土楼板的类型

实心平板 ^[2010]	①跨度小，一般为 2.4m，预应力构件可达 2.7m ②厚度为跨度的 1/30，一般为 50~100mm，宽度为 600~900mm ③制作方便，造价低，隔声效果不好
槽形板	①正槽板：肋在板下，受理合理，天棚凹凸不平 ②反槽板：肋在板上，受力不合理，天棚平整，用于有保温、隔热要求的建筑
空心板 ^[2010]	①抗震好、强度高、自重小，多为圆孔 ②厚度 110~240mm；宽度 500~1200mm；跨度 2.4~7.2m；经济跨度 2.4~4.2m

表 2.17 钢筋混凝土预制板的细部构造

搁置构造	①搁置形式：板式结构和梁板式结构 ②搁置长度：外墙≥120mm；内墙≥100mm；梁≥80mm ③坐浆厚度：不小于 10mm ④板在梁上的搁置方式：梁的顶面（矩形梁）和梁挑出的翼缘上（花篮梁）
板的侧缝	①三种形式：V 形缝、U 形缝、凹槽缝 ②0mm < 缝差 < 60mm，调整板缝宽度 ③60mm ≤ 缝差 < 120mm，沿墙边挑两皮砖 ④缝差 ≥ 200mm，重新选择板的规格

表 2.18 阳台的结构形式

墙承式	结构简单、施工方便，多用于凹阳台
悬挑式	悬挑长度 1.0 ~ 1.5m，1.2m 最常见；分为挑梁式与挑板式 ①挑梁式：挑梁压入墙内长度为悬挑长度的 1.5 倍左右 ^[2006] ，应用广泛 ②挑板式： 1) 将阳台板与墙梁整体现浇，底部平整，梁受力复杂，悬挑受限 2) 将房间楼板直接向外悬挑，构造简单，板受力复杂，不利排水
栏杆	①按形式分为：空花栏杆、实心栏杆以及混合栏杆 ②按材料分为：金属栏杆和预制混凝土栏杆 ③金属栏杆的连接：预埋铁件焊接；预留孔洞插接 ④预制混凝土栏杆的连接：现浇；预埋铁件焊接；预留孔洞插接
栏板	①分为：预制混凝土栏板、现浇混凝土栏板以及砖砌栏板 ②砖砌栏板厚度 120mm ③阳台栏板或栏杆净高： 1) 六层及以下 ≥ 1.05m 2) 七层及以上 ≥ 1.10m ④七层及以上住宅和寒冷、严寒地区住宅宜采用实体栏板
阳台排水	①阳台地面低于室内地面 30 ~ 50mm，并应沿排水方向做排水坡 ②泄水管可采用镀锌钢管或塑料管，管口外伸 ≥ 80mm ③高层建筑应将雨水导入雨水管排出

表 2.19 雨篷的记忆要点

支撑方式	悬挑，悬挑长度 0.9 ~ 1.5m
分类	按结构形式分为：板式、梁式
构造形式	①板式雨棚多为变截面：根部厚度≥70mm；端部厚度≥50mm ②梁板式雨棚采用翻梁形式 ③当雨棚伸出尺寸较大时，其支承方式可采用立柱式，结构形式为梁板式
防水和排水	①顶面防水为柔性防水 ②排水分为：有组织排水和无组织排水 ③上表面向外侧或向滴水管处或向地漏处应做 1% 的排水坡度

表 2.20 楼梯的记忆要点

构成	楼梯踏步一般不宜超过 18 级，且不少于 3 级 ^[2010]
净高	楼梯梯段净高≥2.2m；平台过道处净高≥2m
现浇钢筋混凝土楼梯	①板式楼梯：跨度不大时使用；底面平整，外形简洁 ②梁式楼梯：荷载较大或梯段跨度大时使用
预制装配式钢筋混凝土楼梯	①小型：将梯段、平台分割成若干部分，分别预制 1) 悬挑式：净空高度大 2) 墙承式：阻挡行人视线，不利于搬运大件物品 3) 梁承式 ②中型：由楼梯段和带有平台梁的休息平台组合而成 ③大型：楼梯段与休息平台组成一个构件 ^[2015]

表 2.21 台阶与坡道

室外台阶	①踏步高度 100 ~ 150mm，宽度 300 ~ 400mm ②在严寒地区，为防止冻害，在基层与混凝土垫层之间应设砂垫层 ^[2009]
坡道	①应采用耐久、耐磨和抗冻性好的材料 ②对防滑要求高或坡度大时，可设置防滑条或做成锯齿形

表 2.22 门 与 窗

分类	①木门窗 ②钢门窗：强度大，便于拼接组合，易锈蚀 ③铝合金门窗：强度高、质量轻、耐腐蚀，但是安装高度有限制 ④塑料门窗：保温效果好，经济 ⑤钢筋混凝土门窗：耐久性好，价格低，但密闭性及表面光洁度差
----	--

(续)

门的尺度	① 最小宽度：700mm ，厕所、浴室 ②卧室：900mm；厨房：800；住宅入户：1000mm；教室、办公室：1000mm ③ 门宽大于1000mm时^[2013] ， 设双扇或多扇门 ④双扇门：1200～1800mm；四扇门：2400～3600mm ⑤ 当房间使用人数≥50人，面积≥60m²时 ，至少需要设两个门 ⑥ 公共建筑和人流量大的建筑 ，门的数量和总宽度按每100人600mm计算，且每扇门宽度≥1400mm
窗的尺度	①平开木窗：高度800～1200mm，宽度≤500mm ②上下悬窗：高度300～600mm ③中悬窗：高度≤1200mm，宽度≤1000mm ④推拉窗：高度≤1500mm

表 2.23 屋顶的类型

平屋顶	坡度<10% ，常用坡度2%～3%；面积小，构造简单，较常使用
坡屋顶	坡度≥10% ；坡度大，排水快
曲面屋顶	工艺复杂，外形独特

表 2.24 平屋顶的排水

起坡方式	① 材料找坡 ：保温层或找平层找坡， 最薄处≥20mm，坡度2% ② 结构找坡 ：将房屋顶层构件上表面做成一定坡度， 坡度3% ③檐沟、天沟纵向找坡≥1%，沟底水落差≤200mm
排水方式	①高层建筑：内排水 ②多层建筑：有组织外排水 ③底层建筑及檐高小于10m的屋面：无组织排水 ④多跨及汇水面积较大的屋面：天沟排水 ⑤天沟找坡较长：中间内排水和两端外排水 ⑥屋面每个汇水面积内，雨水排水管≥2根 ⑦暴雨强度较大地区的大型屋面：虹吸式屋面雨水排水系统 ⑧严寒及寒冷地区：内排水 ⑨湿陷性黄土地区：有组织排水，并将雨雪水直接排进排水管
排水管的布置	① $F = 438 \times D^2 / H^{[2011]}$ D —落水管管径，单位 cm； H —每小时最大降水量，单位 mm/h； F —单根落水管允许集水面积，单位 m ² ②实践证明， 落水管的间距以10～15m为宜

表 2.25 平屋顶柔性防水构造

项目			I 级	II 级
设防要求			两道	一道
防水做法			卷材防水层 + 卷材防水 卷材防水层 + 涂膜防水 复合防水层	卷材防水层 涂膜防水层 复合防水层
卷材防水层最小厚度/mm	合成高分子		1.2	1.5
	高聚物改性	聚酯胎、玻纤胎、聚乙烯胎	3.0	4.0
		自粘聚酯胎	2.0	3.0
		自胎无胎	1.5	2.0
涂膜防水层最小厚度/mm	合成高分子防水涂膜		1.5	2.0
	聚合物水泥防水涂膜		1.2	2.0
	高聚物改性沥青防水涂膜		2.0	3.0
复合防水层最小厚度/mm	合成高分子卷材 + 合成高分子防水涂膜		1.2 + 1.5	1.0 + 1.0
	自粘聚合物改性沥青防水卷材 + 合成高分子防水涂膜		1.5 + 1.5	1.2 + 1.0
	高聚物改性沥青防水卷材 + 高聚物改性沥青防水涂膜		3.0 + 1.2	3.0 + 1.2
	聚乙烯丙纶卷材 + 聚合物水泥防水胶结材料		(0.7 + 1.3) × 2	0.7 + 1.3

表 2.26 隔汽层的设置

设置目的	防止防水层出现龟裂，阻断室内的水蒸气
设置环境	北纬 40° 以北地区；室内湿度 > 75%；其他地区室内空气湿度常年 > 80%

表 2.27 涂膜防水层构造

	正置式	反置式
构造顺序	1. 保护层 2. 涂膜防水层 3. 基层处理剂 4. 找平层 5. 保温层 6. 结构层	1. 保护层 2. 保温层 3. 涂膜防水层 4. 基层处理剂 5. 找平层 6. 结构层
特点	吸水率大，可能导致保温隔热性能下降	防水层无热胀冷缩，延长使用寿命
厚度要求	涂膜防水层平均厚度应符合设计要求，且最小厚度 ≥ 设计厚度的 80%	

表 2.28 平屋顶防水细部构造

滴水槽	宽度 $\geq 10\text{mm}$ ；深度 $\geq 10\text{mm}$
檐口	①卷材防水：檐口 800mm 范围内满粘，收头用金属压条钉压，密封材料封严 ②涂膜防水：檐口用涂膜收头，防水涂料多遍涂刷
檐沟和天沟	①防水层下应增设附加层，附加层伸入屋面的宽度 $\geq 250\text{mm}$ ②卷材防水收头用金属压条钉压，密封材料封严；涂膜防水收头用涂料多遍涂刷
女儿墙	①压顶向内排水坡度 $\geq 5\%$ ②泛水处的防水层下应增设附加层，附加层在平面和立面的宽度均应该 $\geq 250\text{mm}$ ③高女儿墙泛水处的防水层泛水高度 $\geq 250\text{mm}$ ④卷材防水收头用金属压条钉压，密封材料封严；涂膜防水收头用涂料多遍涂刷

表 2.29 坡屋顶的承重结构

砖墙承重	适合开间较小的房屋；木檩条跨度 $\leq 4\text{m}$ ；檩条斜距 $\leq 1.2\text{m}$
屋架承重	①屋架形式多样（三、梯、矩、多） ^[2015] ②屋架支撑主要有垂直剪刀撑和水平系杆
梁架结构	由木柱、木梁和木枋构成，也称穿斗结构
钢筋混凝土梁板承重	①分为现浇和预制两种 ②钢筋混凝土折板结构式应用最普遍，整个结构层整体现浇 ^[2014]

表 2.30 坡屋顶屋面

平瓦屋面	防水垫层的最小厚度	①自粘聚合物沥青防水垫层：1mm ②聚合物改性沥青防水垫层：2mm
	防水垫层的搭接宽度	①自粘聚合物沥青防水垫层：80mm ②聚合物改性沥青防水垫层：100mm ^[2013]
	檩条、屋面板平瓦屋面	受力小，厚度薄
	屋面板平瓦屋面	为受力构件，厚度较大
	冷摊瓦屋面	构造简单，只用于简易或临时建筑
波形瓦屋面	分类	大波瓦、中波瓦、小波瓦
	特点	重量轻、耐火性好，易折断破碎，强度较低
小青瓦屋面	特点	①断面弧形，搭接铺设 ②可直接铺于檩条上，也可直接铺在屋面板上

表 2.31 墙体饰面装修构造

抹灰类	砂浆、灰	造价低、来源广；耐久性差、易开裂、档次低、工效低
贴面类	板、块	耐久性好、装饰性强、质量高；大理石室内，花岗岩室外
涂料类	涂料	装饰性好，造价低，前景好。性能因地制宜（外，内，冷，热）
裱糊类	墙纸、墙布	操作在基层上，要求基层表面平整，阴阳角顺直
铺钉类	骨架、面板	先立骨架后铺装；木骨架截面 50mm $\times$ 50mm

表 2.32 楼地面装饰构造

整体式	水泥砂浆	低档次、易起灰、无弹性、热传导性高、装饰效果差
	水磨石	坚硬耐磨、不透水、不起灰、施工复杂、无弹性、吸热好、人流量大的空间
	菱苦土	易清洁、有弹性、不耐水、不耐高温，不宜用于水及 35℃以上房间
块料	陶瓷板块	坚硬耐磨、色泽稳定、易于清洁、耐水好、耐酸碱腐蚀 ^[2012]
	石材	天然（贵）：大理石、花岗石；人造：水磨石、大理石
	塑料板块	日益广泛。规格（mm）：100×100～500×500；厚度：1.5～2.0mm
	木楼地面	实铺与空铺。弹性好，吸声好，低吸热，易清洁，耐火差，易腐朽，贵
卷材		塑料地毯、油地毯、橡胶地毯、地毯
涂料		溶剂型、水溶型、水乳型。踢脚线高度 120～150mm

表 2.33 天棚装饰构造

天棚	直接式	直接喷、刷涂料、抹灰装修、贴面式装修
	悬吊式	吊顶。木质骨架和金属骨架

三、工业建筑构造

工业建筑中请注意区分空间中的方向及术语。一般情况下，我们首先将空间分为竖直方向和水平方向。大家可以这样记忆，我们站起来身高的方向就是竖直方向，脚下的大地就是水平方向。然后，由于建筑物通常有长边和短边之分，我们又将水平方向分为横向和纵向。请大家注意，我们通常所说的横向就是建筑物较短的方向，而纵向就是较长的方向，如图 2.2 所示。

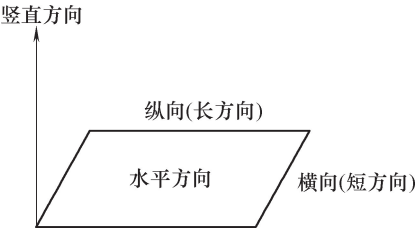


图 2.2 工业建筑三维坐标示意图

表 2.34 承重结构的构成与作用

承重结构	构成	作用
横向排架	基础、柱、屋架	承受各种竖向荷载
纵向联系构件	吊车梁、圈梁、连系梁、基础梁	保证厂房整体性和稳定性
支撑系统构件	柱间支撑和屋盖支撑	传递水平荷载，保证刚度和稳定性 ^[2006,2009]

表 2.35 屋盖结构类型

结构类型	特点	适用
有檩结构体系	刚度差、配件多、质量轻	中小型厂房，小型机具吊装
无檩结构体系	整体性好，刚度大	大中型厂房

表 2.36 屋架的类型及适用范围

钢筋混凝土屋架	①跨度 <9m 用单坡形，跨度 12 ~ 18m 用双坡 ②普通梁跨度 ≤15m，预应力梁跨度 ≤18m ③预制两铰或三铰拱刚度差，不宜用于重型和振动大的厂房，跨度 9 ~ 15m ④三角形桁架重量轻，弦杆受力差；拱形受力最合理；折线形兼而有之
钢屋架	①无檩方案：跨度 6m，刚度大，整体性好，不利于抗震，适用重型厂房 ②有檩方案：跨度 4 ~ 6m，重量轻，刚度差，适用于无保温层的中小厂房
木屋架	跨度 ≤12m，相对湿度 ≤70%，温度 ≤50℃，起重量 ≤5t，悬挂吊车 ≤1t
钢木屋架	全木屋架跨度 ≤15m；钢木屋架适用跨度 18 ~ 21m

表 2.37 柱

钢筋混凝土柱	①矩形截面：受弯性能好，自重较大，适用于小型厂房 ②工字形截面：节约混凝土，制作复杂，用于大、中型厂房 ③双肢柱：高度荷载较大，吊车起重量 ≥30t，截面大于 600mm × 1500mm 选用 ④管柱：分为单肢和双肢，与墙连接较困难
钢—钢筋混凝土柱	柱子较高，自重较大选用。上柱为钢柱，下柱为钢筋混凝土柱
钢柱	分为变截面和等截面，可以是实腹也可以是格构的。吊车吨位大的重型厂房选用

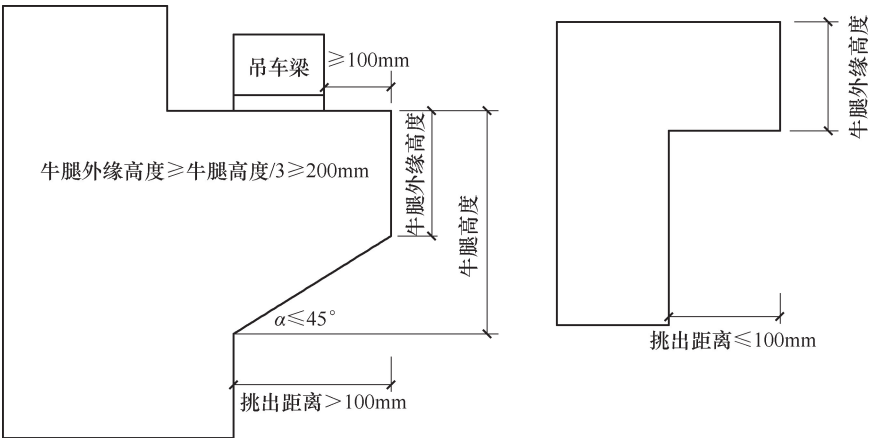


图 2.3 牛腿的构造示意图

表 2.38 吊 车 梁

吊车梁种类	柱距/m	跨度/m	吨位/t
非预应力混凝土 T 形截面吊车梁	6	30	10
预应力钢筋混凝土 T 形截面吊车梁			10 ~ 30
工字形吊车梁		12 ~ 33	5 ~ 25
鱼腹式吊车梁	≤12		15 ~ 150

表 2.39 支撑的作用

屋架支撑	承受和传递吊车纵向制动力、山墙风荷载、纵向地震力等水平荷载
柱间支撑	将吊车纵向制动力和风荷载传递至基础

表 2.40 屋架支撑的类型

支撑类型	位置	摆设方向	构件方向
上弦横向水平支撑	屋架上弦	沿短轴方向	水平方向
下弦横向水平支撑	屋架下弦	沿短轴方向	水平方向
上弦纵向水平支撑	屋架上弦	沿长轴方向	水平方向
下弦纵向水平支撑	屋架下弦	沿长轴方向	水平方向
横向垂直支撑	两屋架之间	沿短轴方向	竖直方向
纵向水平系杆	两屋架之间	沿长轴方向	竖直方向

第二节 道路、桥梁、涵洞工程

一、道路工程

表 2.41 道路的分类

	设计年限/年	功能定位
快速路	20	中央分隔，控制出入，交通连续通行
主干路	20	交通功能为主
次干路	15	集散交通为主，兼有服务功能
支路	10 ~ 15	解决局部交通，服务功能为主

表 2.42 道路的组成

机动车道	最小宽度 ^[2015] 详见教材表 2.2.1
非机动车道	①与机动车道合并设置：单向≥2 条，宽度≥2.5m ②专用设置（包括路缘）：单向≥3.5m，双向≥4.5m ③一条非机动车道最小宽度：自行车≥1m，三轮车≥2m

(续)

人行道	最小宽度详见教材表 2.2.2
绿化带	最小宽度 1.5m
设施带	可与绿化带结合设置，但应避免设施与树木间相互干扰
应急车道	①快速路单向机动车道 <3 条：应急车道≥3m ②连续设置有困难，应设应急港湾，间距≤500m，宽度≥3m
保护性路肩	快速路≥0.75m；其他道路≥0.5m；有少量行人≥1.5m
结构组成	①一般：路基、垫层、基层和面层 ②高级：路基、垫层、底基层、基层、联结层和面层 ^[2006,2014]

表 2.43 机动车道的最小宽度设置

车型及车道类型	设计速度/（km/h）	
	≤60	>60
小客车专用车道/m	3.25	3.50 ^[2015]
大型车或混行车道/m	3.50	3.75

表 2.44 人行道的最小宽度设置

所处位置	最小值/m	一般值/m
各级道路	2.0	3.0
长途汽车站	3.0	4.0
商业、公共场所集中路段	4.0	5.0
火车站、码头附近路段		

表 2.45 路基形式

填方路基 ^[2009,2012]	填土路基	分层填筑，每层同料
	填石路基	
	砌石路基 ^[2006]	①外砌内填；顶宽 0.8m，基底面 1:5 向内倾斜，砌石高度 2 ~ 15m ②每隔 15 ~ 20m 设伸缩缝。地质变化时，应分段砌筑并设沉降缝 ③当地基为整体岩石，可将地基做成台阶形
	护肩路基 ^[2007]	①坚硬岩石，陡坡，半填半挖 ②高度≤2m ^[2015] ，内外坡直立，基底面 1:5 内向倾斜
	护脚路基	山坡上的填方路基有沿斜坡下滑倾向或为了加固、收回填方路基时选用，高度≤5m ^[2013]
挖方路基		分为土质挖方和石质挖方
半填半挖路基 ^[2012]		在地面自然横坡陡于 1:5 的斜坡上修筑路堤时，路堤基底应挖台阶，台阶宽度≥1m，台阶底有 2% ~ 4% 向内倾斜坡度

表 2.46 路面结构

基本构成	面层、基层、垫层
中高级路面	面层、联结层、基层、底基层、垫层 ^[2006,2014]
尺寸规定	面层、基层、垫层是最基本的构成，下一层比上一层的每边宽出 0.25m ^[2008]

表 2.47 坡度与路面排水

路拱	定义	道路横断面中央高于两侧具有坡度的起拱形式
	类型	抛物线、屋顶线、折线、直线（最常用）
横坡	通常采用	1.0%~2%
	快速路及降雨大	1.5%~2%
	严寒地区、透水路	1.0%~1.5%
	路肩及保护路肩	比横坡大 1% ^[2012]
排水	高速公路、一级公路	路肩+中央分隔带
	二级及以下公路	路拱坡度+路肩横坡+边沟排水

表 2.48 路面基层类型

基层类型	特点	基层	底基层	禁忌
水泥稳定土	级配、性能优良	各级级别		
水泥土	细粒、易干缩开裂		高级沥青路面	高级沥青路面基层 高速公路一级公路基层
石灰稳定土	性能低于水泥稳定土	二级及以下公路	各级公路路面	高级路面基层
石灰工业废渣	早强低，易抗裂	各级路面		
二灰土	早强低，施工季节性			高级沥青路面、高速公路和一级公路上水泥混凝土路面
级配碎石	强度高、稳定性好	各级公路 较薄沥青面层与半刚性基层之间		
级配砾石	强度低、稳定性差	二级及以下公路	各级公路	
填隙碎石 ^[2015]	增加密实性稳定性	二级公路以下	各级公路	

注：该知识点是必考考点，2007、2011、2012、2013、2014、2015 年该考点均出了考题，广大考生一定要掌握每种材料的用途。

表 2.49 路面面层类型

公路等级	采用的路面等级	面层类型
高速、一级、二级公路 ^[2007,2008,2009,2011]	高级路面	①沥青混凝土 ②水泥混凝土

(续)

公路等级	采用的路面等级	面层类型
二级、三级公路	次高级路面	①沥青贯入式 ②沥青碎石 ③沥青表面处治
四级公路	中级路面 ^[2013]	①碎石、砾石（泥结或级配） ②半整齐石块 ③其他粒料
	低级路面	①粒料加固土 ②其他当地材料加固或改善土

表 2.50 停车场的构造要求

出入口数量	①大中型不少于 2 个 ②特大型不少于 3 个并设置专用人行出入口，两个出入口之间净距≥15m
出入口宽度	①单向行驶：≥5m ②双向行驶：≥7m ③一个出入口：≥9m
出入口位置	①距离道路交叉口：≥80m ②距离人行天桥、地道、桥梁、隧道等引道口：≥50m ③距离学校、医院、公交车站等人流集中地点：≥30m
坡度要求	①停放场的最大纵坡与通道平行方向为 1%，与通道垂直方向为 3% ^[2009] ②出入通道最大纵坡为 7%，一般≤2%，最小纵坡为 0.4%~0.5%

表 2.51 道路照明

照明类型	高压钠灯	金属卤化物灯	荧光灯	自镇流高压汞灯	白炽灯
快速路、主干路、次干路和支路	✓				
居住区机动车和行人混合通道	✓	小功率			
市中心、商业中心等机动车通道		✓			
商业步行街、居住区人行道、机动车道两侧人行道		小功率	细管或紧凑		
道路照明（不应采用）				×	×

表 2.52 人行天桥和地道

人行天桥	①交通量大 ②行人或自行车需要横过行车带的地段或交叉口上 ③城市商业网点集中的地段 ④旧城商业街道不一定修建人行天桥
------	---

(续)

人行地道 ^[2010]	①重要建筑物及风景区附近 ②横跨的行人特别多的站前道路 ③修建人行地道比修建人行天桥在工程费用和施工方法上有利 ④有障碍物影响, 修建人行天桥需要显著提高桥下净空
------------------------	--

表 2.53 道路交通管理设施

交通标志 ^[2011]	①分为: 主标志和辅助标志, 辅助标志不得单独使用 ②排列顺序: 警告、禁令、指示; 先上后下, 先左后右
交通标线	主要是路面标线, 包括: 文字、图形、画线
交通信号灯 ^[2011]	①红、黄、绿或绿、黄、红自上而下或自左向右排列 ②竖向排列用于路幅较窄的旧城路口, 横向用于路幅较宽的城镇道路 ③信号灯设在进口端右侧人行道边

二、桥梁工程

表 2.54 桥梁的基本组成

上部结构	桥面构造、桥梁跨越部分的承载结构、桥梁支座
下部结构	桥墩、桥台、墩台基础

表 2.55 桥梁的分类

判断标准	特大桥	大桥	中桥	小桥
跨径总长/m	$L > 1000$	$100 \leq L \leq 1000$	$30 < L < 100$	$8 \leq L \leq 30$
单孔跨径/m	$L_K > 150$	$40 \leq L_K \leq 150$	$20 \leq L_K < 40$	$5 \leq L_K < 20$

表 2.56 桥面铺装

水泥混凝土或沥青混凝土铺装	①厚度 60 ~ 80mm, 强度 $\geq$ 行车道混凝土强度等级 ②单层式: 50 ~ 80mm ③双层式: 底层 40 ~ 50mm, 面层 30 ~ 40mm
防水混凝土铺装	①厚度 80 ~ 100mm, 强度 $\geq$ 行车道混凝土强度等级 ②混凝土中铺设直径 4 ~ 6mm 的钢筋网的目的 ^[2007] : 1) 使铺装层具有足够的强度和良好的整体性 2) 联系各主梁共同受力作用

表 2.57 桥面坡度

纵坡	①机动车道 $\leq 4\%$ ②非机动车道 $\leq 2.5\%$ ③桥头引道机动车道 $\leq 5\%$ ④高架桥桥面 $\geq 0.3\%$
----	--

(续)

横坡	①1.5%~3% ^[2012,2013] ②横坡直接设在墩台顶部做成倾斜桥面板：节省材料，减轻重力 ③设置三角垫层：行车道板可做成双向，但混凝土用量多，恒荷载大，主梁的构造和施工复杂 ^[2009]
----	--

表 2.58 桥面排水和防水

排水口设置	①行车道较低处设置排水口 ②纵断面为凹形竖曲线时：在凹形竖曲线最低点及其前后 3~5m 处分别设置
排水管设置	①坚固、抗腐蚀性能良好，管径≥150mm ②纵坡>2%的桥面：排水管截面积≥60mm ² /m ² ③纵坡<1%的桥面：排水管截面积≥100mm ² /m ² ④中小桥桥面设有≥3%的纵坡：桥上可不设排水口，在桥头引道两侧设雨水口 ⑤高架桥桥面：设置横坡以及≥0.3%的纵坡 ⑥条件受限且桥面为平坡时：沿主梁纵向设置排水管，排水管纵坡≥3%
防水层	①桥面防水层设在铺装层下面，透过铺装层渗下来的雨水汇集到排水设施排出 ②沥青混凝土铺装：采用柔性防水卷材或涂料 ③水泥混凝土铺装：采用不影响铺装受力性能的防水涂料

表 2.59 伸缩缝的类型

伸缩缝的设置	为满足桥面变形的要求，通常在两梁之间、梁端与桥台之间或桥梁的铰接位置上设置伸缩缝 ^[2008]
镀锌薄钢板伸缩缝	①简易，中小跨径的装配式简支梁桥使用 ②梁的变形量在 20~40mm 以内时常常选用
钢伸缩缝	①构造复杂，在温差较大的地区或跨径较大的桥梁上使用 ^[2007] ②跨径很大时，一方面要加厚钢板，另一方面需要梳形钢板伸缩缝
橡胶伸缩缝	①构造简单，使用方便，效果好 ②变形量很大的大跨度桥上，采用橡胶与钢板结合的变形缝

表 2.60 人行道、栏杆、灯柱

人行道	①选用 0.75m、1m，大于 1m 按 0.5m 倍数递增；行人稀少可用安全带 ②高出行车道 0.25~0.35m，面层铺设 20mm 厚的水泥砂浆或沥青混凝土 ③做成倾向桥面 1%的排水横坡
安全带	不设人行道的桥上，两边设安全带；宽度≥0.25m，高 0.25~0.35m ^[2006]
栏杆	高度 0.8~1.2m；标准设计 1m；栏杆间距 1.6~2.7m，标准设计 2.5m ^[2012]
灯柱	可设在栏杆扶手位置或较宽人行道靠近缘石处，高出车道 5m 左右

表 2.61 梁 式 桥

简支梁	简支板桥 (小跨径)	整体式简支桥： ①正交简支板：板厚为跨径的 $1/20 \sim 1/15$ ， $\geq 100\text{mm}$ ②斜交简支板 装配式简支桥： ①钢筋混凝土实心板：跨径 $1.5 \sim 8\text{m}$ ，板厚 $0.16 \sim 0.32\text{m}$ ②钢筋混凝土空心板：跨径 $6 \sim 13\text{m}$ ，板厚 $0.4 \sim 0.8\text{m}$ ③ 预应力混凝土空心板：跨径 $8 \sim 16\text{m}$^[2011]，板厚 $0.4 \sim 0.7\text{m}$
	肋梁式简支梁桥 (中等跨度)	① 钢筋混凝土简支梁桥：中小跨径 $8 \sim 12\text{m}$ ② 预应力混凝土简支梁桥：跨径 $20 \sim 50\text{m}$
	箱形简支梁桥	① 用于预应力混凝土梁桥 ② 适用于桥面较宽的桥梁结构和跨度较大的斜交桥和弯桥
	连续梁	用于大跨度，一般为预应力混凝土结构
	悬臂梁	

表 2.62 其他形式桥

拱式桥	在竖向荷载作用下，两拱脚处不仅产生竖向反力，还产生水平推力^[2008]
组合体系拱桥	① 分为桁架拱桥、刚架拱桥、桁式组合拱桥和拱式组合体系桥^[2010] ②拱式组合体系桥分为有推力和无推力两种，也可分为上承式、中承式和下承式 ③ 无推力拱式组合体系由：拱肋、系杆、横向联结系和桥面系组成^[2009] ④ 目前出现的大跨径系杆拱桥大多采用钢筋混凝土或钢管混凝土结构^[2015]
悬索桥	① 桥塔：垂跨比 $1/9 \sim 1/12$。刚架式桥塔通常采用箱形截面^[2014] ② 锚碇：重力式和隧洞式 ③ 主缆索：钢丝绳钢缆、平行丝束钢缆（大跨度常采用） ④ 吊索：上端与主缆索相连（鞍挂式和销接式），下端与加劲梁相连（锚固式和销接固定） ⑤ 加劲梁：承受风荷载和其他横向水平力的主要构件 ⑥ 索鞍：支承主缆的重要构件，分为塔顶索鞍和锚固索鞍
斜拉桥	①典型的悬索结构和梁式结构组合而成 ②包括： 主梁、拉索及索塔 ③主梁的最大跨度与索塔高度的比为 $3.1 \sim 6.3$ ，一般为 5.0

表 2.63 桥 墩

实体桥墩	①分为：重力式桥墩和薄壁桥墩 ② 墩帽厚度：大跨径 $\geq 0.4\text{m}$；中小跨径 $\geq 0.3\text{m}$ 并设有 $50 \sim 100\text{mm}$ 的檐口^[2013]
------	---

(续)

空心桥墩	① 厚壁 ：壁厚与中面直径比值 $\geq 1/10$ ② 薄壁 ：壁厚与中面直径比值 $< 1/10$ ③ 墩身最小壁厚 ：钢筋混凝土 $\geq 30\text{cm}$ ；素混凝土 $\geq 50\text{cm}$ ^[2010] ④ 对 40m 以上的高墩 ，无论壁厚如何，均按 6 ~ 10m 间距设置横隔板 ⑤ 薄壁空心墩 按计算配筋，一般配筋率为 0.5%，也有按构造要求配筋的
柱式桥墩	①纵向受力钢筋： 直径$\geq 12\text{mm}$ ；截面面积 $\geq$ 混凝土计算截面面积的 0.4% ^[2012] ②纵向受力 钢筋净间距$\geq 50\text{mm}$ ，净保护层 $\geq 25\text{mm}$ ；箍筋直径 $\geq 6\text{mm}$ ^[2012] ③ 受力钢筋的接头处 ，箍筋间距 $\leq$ 纵向钢筋直径的 10 倍或构件截面的较小尺寸，亦 $\leq 400\text{mm}$ ^[2012]
柔性墩	①柔性排架墩用于墩台高度 5 ~ 7m，跨径 $\leq 13\text{m}$ 的中、小型桥梁上 ②单排架墩适用于墩高度 $\leq 5\text{m}$ ；双排架墩用于墩高度 $> 5\text{m}$
框架墩	由钢筋混凝土或预应力混凝土构件组成

表 2.64 桥 台

重力式	① U 形桥台、埋置式桥台、八字式桥台和耳墙式桥台 ② 埋置式桥台 将台身埋置于前台溜坡内，不需要另设翼墙，由台帽两端耳墙与路堤相连 ^[2015]
轻型	①适用于 小跨径 桥梁，桥跨孔数与轻型桥墩配合使用时不宜超过 3 个 ②单孔跨径 $\leq 13\text{m}$ ，多孔全长 $\leq 20\text{m}$
框架式	①承受土压力小， 适用于地基承载力较低、台身较高、跨径较大的桥梁 ^[2014] ②常见的有：柱式、肋墙式、半重力式、双排架式和板凳式
组合式	①目的是为了是 桥台轻型化 ②常见的有：锚定板式、过梁式、框架式以及桥台与挡土墙组合式

表 2.65 墩 台 基 础

扩大基础	最常用形式，属于直接基础，将基础底板直接设在承载地基上
桩基础	地基浅层土质差，持力层埋藏深，需要深基础满足要求时使用
管柱基础	水文地质条件复杂，特别是深水岩面不平，无覆盖层或覆盖层很厚时使用
沉井基础	既是基础，又是施工时的挡土和挡土围堰结构物

三、涵洞工程

表 2.66 涵洞的分类

按构造形式分 ^[2007,2011]	① 圆管涵 ：圬工少，造价低， 低路堤使用受到限制 ② 盖板涵 ： 有利于在低路堤上使用 ③ 拱涵 ： 超载潜力大 ，便于修建，使用普遍 ④ 箱涵 ： 适用于软土地基 ，施工困难，造价高，使用较少
-------------------------------	---

(续)

按洞顶填土分	① 明涵 ：洞顶无填土，适用于低路堤及浅沟渠 ② 暗涵 ：洞顶有填土，最小填土厚度>50cm，适用于高路堤和深沟渠
按水利性能分	①无压力式：水流在涵洞全部长度上保持自由水面 ②半压力式：涵洞进口被水淹没，洞内水全部或一部分为自由睡眠 ③压力式：涵洞进口和出口都被淹没，涵洞全场范围内以全部断面泄水

表 2.67 洞底纵坡坡度

一般规定	最小值 0.4%，一般不宜大于 5% ^[2006]
洞底纵坡 >5%	基础底部每隔 3~5m 设防滑横墙，或将基础做成阶梯形 ^[2014]
洞底纵坡 >10%	①洞身及基础均应该分段做成阶梯形 ②前后两端涵洞盖板或拱圈的搭接高度不得小于其厚度的 1/4

表 2.68 涵洞的洞身

圆管涵	混凝土用量少，便于制作，构造简单。分为刚性管涵和四铰式管涵
拱涵	泄水能力大，工期长，钢材用量少，对地基承载力要求高
矩形涵洞 ^[2008]	①盖板涵最常用 ②泄水能力大，工期短，钢材用量多，对地基承载力要求低 ③排洪量大，地质条件差，路堤高度较小的设涵处，且采用明涵

表 2.69 涵洞的洞口建筑

涵洞与路线正交	端墙式	构造简单，泄水能力小
	八字式	泄水能力较端墙式好，用于较大孔径的涵洞
	井口式	洞身低于路基边沟底时采用
涵洞与路线斜交 ^[2009]	斜洞口	①涵洞端部与线路中线平行 ②能适应水流条件，外形美观，费工较多，常被采用
	正洞口	①涵洞端部与线路中线垂直 ②在管涵或斜度较大的拱涵为避免端部施工困难时采用

表 2.70 涵洞的洞身基础

圆管涵基础	分为有基和无基，有下列情况的不得采用无基： ①除岩石地基外，洞顶填土高度超过 5m ②最大流量时，涵前积水深度超过 2.5m ③经常有水的河沟，沼泽地区 ④沟底纵坡大于 5%
-------	---

(续)

拱涵基础	分为整体式和非整体式两种 ① 整体式 ：适用于小孔径涵洞 ② 非整体式 ：适用于涵洞孔径 $\geq 2\text{m}$ 、地基允许承载力 $\geq 300\text{kPa}$ 、压缩性好的土 ^[2010]
盖板涵基础	① 一般都采用整体式基础 ②当基岩表面接近涵洞流水槽面标高时， 孔径$\geq 2\text{m}$的盖板涵 ，可采用分离式

第三节 地下工程

一、地下工程的分类

表 2.71 地下工程按开发深度分类

	深度	用途
浅层地下工程	地表 ~ -10m	商业、文娱、部分业务空间
中层地下工程	-10 ~ -30m	地下交通、地下污水处理、城市水电气、通信
深层地下工程	-30m 以下	高速地下轨道交通， 危险品仓库 ^[2006] 、冷库、油库

二、地下交通工程

表 2.72 地下铁路建设的前提条件

城市人口	≥ 100 万人 ^[2010,2013]
城市交通流量	城市交通干道 单向流量≥ 2 万人·次/h （现状和近期预测） ^[2010,2013]
城市地面和上部空间	建设和发展调整空间不大，只能利用地下空间 ^[2010,2013]

表 2.73 地下铁路路网的类型

单线式	仅在客运最繁忙的地段重点修建一、二条线路
单环式	闭合成环，便于车辆运行， 减少折返设备
多线式	线路在市中心交汇 ，便于换乘，有利于线路的沿线扩建
蛛网式	辐射线状与环线结合 ，减少换乘，避免客流堵塞，减轻市中心的换乘负担 ^[2009]
棋盘式	路网密度大，客流量分散， 但换乘次数多，车站设备复杂

表 2.74 地下公路的记忆要点

地下公路的形式	地下越江公路、地下立交公路、地下快速公路、半地下公路
地下公路隧道纵坡	$0.3\% \leq \text{纵坡} \leq 3\%$ ^[2008,2012]
地下公路 隧道净空 (衬砌的内轮廓) ^[2007,2014]	① 建筑限界 ：车道、路肩、路缘带、人行道的宽度以及车道人行道的高度 ② 设备空间 ：管道、照明、防灾、监控、运行管理等 ③ 其他空间 ：富裕量和施工允许误差

表 2.75 地下停车场

车道宽度	双向汽车道：>5.5m；单向行驶道：>3.5m
梁下有效高度	车道位置：≥2.3m；停车位置：≥2.1m ^[2007,2012]
弯曲段回转半径	单向车道有效宽度：3.5m；双向车道宽度：≥5.5m ^[2006,2011]
斜道坡度	一般≤17%；与出入口相连尽可能采取缓坡，如 13% ~ 15%

三、地下市政管线工程

表 2.76 地下市政管线

种类	供水、能源供应、通信、废弃物的排除
按覆土深度分类	以覆土深度是否超过 1.5m ^[2011] 作为深埋和浅埋的分界线 北方地区 ①深埋：给水、排水、含水分的煤气管道 ②浅埋：热力管道、电力、电信 南方地区 ①深埋：排水管道 ②浅埋：给水、煤气、热力、电力、电信
市政管线布置原则 ^[2008,2009,2014]	①建筑物与红线之间敷设电缆 ②人行道：敷设热力管网或通行式综合管道 ③分车带：敷设自来水、污水、煤气管及照明电缆 ④街道宽度超过 60m，自来水和污水管道应设在街道内两侧

四、地下工业工程

表 2.77 地下工业工程的分类及布置

分类	地下轻工业与机械工业工程、地下能源工业工程、地下食品工业工程、地下电力工业工程
布置 ^[2010]	①遵循厂房工艺流程的基本要求 ②流程简单，布置没有严格要求 ③流程顺序严格，布置灵活性大 ④流程有固定程序或主要在大型设备或管道中进行 ⑤满足要求的交通运输条件 ⑥根据生产特点合理进行分区

五、地下公共建筑工程

表 2.78 城市地下综合体

道路交叉口型	解决行人过街交通为主，中小型初级地下综合体
车站型	多功能整合，整体规划设计。提高地下交通综合效益，新型探索
站前广场型	城市大型交通枢纽地段，增设商业、休闲、小型广场
副都心型	满足大城市中心智能疏散，城市部分重点地区新建反磁力中心，功能齐全
中心广场型	城市起居室，利用地下空间修建大型地下综合体，补充地面单一功能

六、地下贮库工程

表 2.79 城市地下贮库的布局

贮库布置与交通的关系	①小城市的贮库布置：对外运输设备的位置是关键 ②大城市的贮库布置：考虑对外交通，室内供应线的长短 ③贮库不应直接布置在铁路干线两侧，应布置在生活区边缘
贮库的布置与各区域关系	①危险品：布置在离城 10km 以外的地上与地下 ②食品库：布置在城市交通干道上，不要在居住区内 ^[2015] ③地下贮库：洞口周围不能设置对环境有污染的任何贮库 ④冷库：设备多、容积大，需要铁路运输，设在郊区或码头 ^[2013]
地下贮库的技术要求 ^[2006,2012]	①应设置在地质条件较好的地区 ②靠近市中心的一般性地下贮库，除满足货运方便还应与环境相协调 ③郊区的大型贮能库、军事用地下贮库，注意对洞口的隐蔽，多设绿化 ④与城市关系不大的转运贮库，应布置在城市下游 ⑤有条件的城市，应沿着江河多布置贮库，但应保证堤岸的稳定性

第三章 工 程 材 料

第一节 建 筑 钢 材

一、钢材

表 3.1 钢筋类型及特点对比

类型	种类	特 点
热轧	预应力	HPB300、HRB335、HRB400 ^[2011,2012]
	非预应力	HRB500、HRB400、HRB335 ^[2007,2009]
	特点	随钢筋级别提高，屈服强度和极限强度逐渐增加，塑性下降 ^[2006,2008]
冷加工	冷拉热轧钢筋	提高钢筋强度、降低塑性和韧性；冷拉时效 ^[2014]
	冷轧带肋钢筋	①强度高、握裹力强、节约钢材、质量稳定 ②CRB550 用于普通钢筋混凝土 ③CRB650、CRB800 ^[2012] 、CRB970 用于预应力
	冷拔低碳钢丝	①甲级用于预应力混凝土结构构件中 ^[2012] ②乙级用于非预应力混凝土结构构件 ^[2012]
热处理钢筋 ^[2007,2013,2015]		强度高，用材省，锚固性好，预应力稳定，用于预应力轨枕、板、吊车梁
预应力混凝土用钢丝		适用于大跨度屋架、薄腹梁、吊车梁
预应力混凝土钢绞线		适用于大跨度屋架、薄腹梁、大跨度桥梁等大负荷构件

表 3.2 钢结构用钢

类 型		特 点
热轧型钢		各种型钢
冷弯薄壁型钢		2 ~ 6mm 薄钢板冷弯模压制成。用于轻型钢结构
钢板材	钢板	冷轧和热轧两种。组合成工字钢、箱型等结构
	钢带	装配石膏板、吸声板，用作墙体和吊顶的龙骨支架
	花纹钢板	用于平台、过道及楼梯的铺板
	压型钢板	用作屋面板、墙板、楼板和装饰板
	彩色涂层钢板	用于建筑物的围护和装饰
钢管和棒材	钢管	适用高耸结构。桁架、塔桅、网架、网壳、钢管混凝土
	棒材	螺栓、扶梯、桥梁、栅栏、杆件、连接件

二、钢材性能

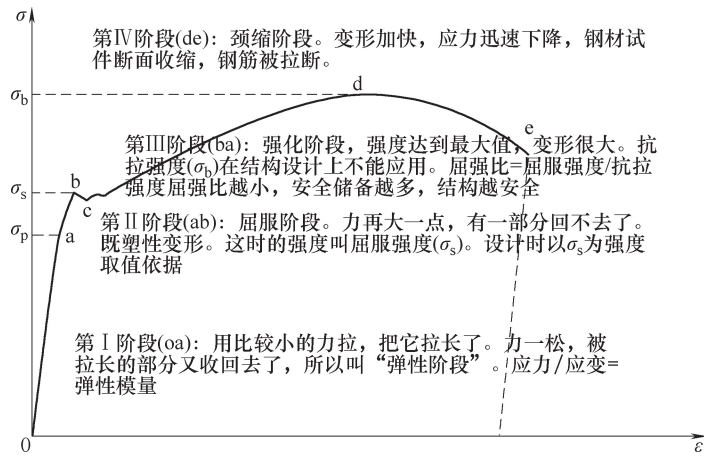


图 3.1 钢筋的应力-应变曲线及记忆要点

表 3.3 钢材的性能

性 能		特 点
抗拉性能	屈服强度	塑性变形的屈服下限, σ_s ^[2010]
	抗拉强度	曲线中最高点的应力, σ_b 。屈服比越小, 结构安全储备越大
	伸长率	同一种材料, 直径越大伸长率越小 ^[2008]
冷弯性能		弯曲角度越大、弯心直径越小, 冷弯性能越好
冲击韧性		脆性临界温度越低, 钢材的低温冲击韧性越好。承受动载的结构应选择时效敏感性小的钢材
硬度		表面抵抗硬物压入的能力。数值越大, 钢材越硬
耐疲劳性		交变应力与断裂时交变循环次数成反比。应力过低不会破坏
焊接性能		含碳超过 0.3% 或含硫过多会影响焊接。材料、工艺是主要因素

表 3.4 化学成分对钢材性能的影响

毁(有害)	硫	加大热脆性, 降低钢材各方面性能
	磷	加大冷脆性, 降低钢材性能, 但可以提高强度
	氮	增加时效敏感性和冷脆性, 降低其他性能, 但可以提高强度
	氧	增加热脆性, 降低其他性能
誉(有益)	钛	强脱氧剂, 改善各种性能, 塑性略微降低
参半(看含量)	碳	小于 0.8% 为有益, 超过则使钢材力学性能下降
	硅	小于 1% 时为有益; 1% ~ 1.2%, 性能下降
	锰	小于 1% 时为有益; 1% ~ 2%, 性能下降

第二节 木 材

表 3.5 木材的记忆要点

木材中的水	自由水、吸附水、化合水
	吸附水是影响木材强度和湿胀干缩的主要因素，不影响变形
	纤维饱和点是木材物理力学性质发生变化的转折点
强度排序	顺纹抗拉 > 抗弯强度 > 顺纹抗压

第三节 气硬性胶凝材料

一、石灰

表 3.6 石灰的一些记忆点

几种石灰	石灰、生石灰(CaO)、熟石灰 Ca(OH) ₂
硬化过程	结晶作用和碳化作用
石灰的技术特性	①石灰砂浆可塑性较好，在水泥砂浆中掺入是为了提高可塑性 ②空气中硬化速度慢，硬化后强度低。受潮后放热，体积膨胀 ③不宜受潮，不宜单独用于基础，不宜单独使用
用途	石灰乳涂料、配置砂浆、拌制灰土或三合土、生产硅酸盐制品

二、石膏

表 3.7 石膏的一些记忆点

原材料	二水石膏：CaSO ₄ ·2H ₂ O ^[2006]
两种半水石膏	①β型：建筑石膏，晶粒细，需水量大，强度低 ②α型：高强石膏，晶粒粗，需水量小，强度高
石膏硬结	①加水拌合，很快失去塑性、产生强度 ②初凝：浆体可塑性减小，石膏开始凝结 ③终凝：石膏开始产生结构强度
石膏性能	①色白质轻、凝结硬化快、装饰性和可加工性 ②微膨胀性：表面光滑细腻无裂纹 ③多孔性：保温隔热吸声性能好，抗渗性、抗冻性和耐水性差 ④防火性：有一定防火作用，但是不宜长期处于 65℃ 以上高温环境

三、水玻璃

表 3.8 水玻璃的性质和应用

性质	①超强耐酸性， 仅仅不能抵抗氢氟酸、热磷酸和高级脂肪酸 ② 不燃烧 ，高温强度再增加，可以配置耐热混凝土和耐热砂浆 ③ 可溶于碱，不能在碱性环境使用 ④ 不耐水 ，可用中等浓度的酸对已经硬化的水玻璃进行酸洗处理，提高耐水性
应用	①配制特种混凝土和砂浆(耐酸、耐热) ②涂刷材料表面(与石膏反应，不能涂刷或浸渍石膏制品) ③配制速凝防水剂，但不宜用于配制防水砂浆 ④加固地基基础，用于防腐工程

第四节 水 泥

表 3.9 硅酸盐、普通硅酸盐水泥的技术性质

细度	比表面积 $>300\text{m}^2/\text{kg}$
凝结时间 ^[2010]	① 初凝 ：加水拌合→开始失去塑性，不能太短；不合要求，报废 ② 终凝 ：加水→完全失去塑性并开始产生强度，不能太长；不合要求，不合格
体积安定性	硬化过程中，体积变化是否均匀。安定性不合格不得使用，应废弃^[2010]
强度	指的是胶砂强度而非净浆强度
碱含量	不能太高，太高容易引起工程质量事故
水化热	早期大，后期少。 水化热大对大体积混凝土浇筑不利

表 3.10 五种主要水泥品种的性质对比

主要特性		硅酸盐	普通硅酸盐	矿渣硅酸盐	火山灰质硅酸盐	粉煤灰质硅酸盐
共性	强度	早期较高 ^[2007,2009,2015]		早期低，后期增长较快		
	水化热	大		小		
	耐冻性	好		差		
	耐热性	差		好 ^[2006,2008,2011]	差	
	耐腐蚀性			好		
	耐水性			好		
特性	抗碳化能力			差		
	干缩性			大		小
	抗渗性				好	

表 3.11 水泥的应用

硅酸盐水泥		适用	高强混凝土、早强混凝土、预应力、反复冻融、抗冻工程 ^[2013,2014]
普通硅酸盐水泥		不适用	大体积混凝土 ^[2012] 、化学侵蚀、压力水作用及海水侵蚀
掺入 混合 料类	矿渣	适用	高温、耐热、耐火环境、大体积、蒸汽养护、抗硫酸盐
		不适用	早强、严寒、水位升降范围内
	火山灰	适用	矿渣 + 抗渗性要求
		不适用	矿渣 + 干燥环境 + 耐磨要求
	粉煤灰	适用	与矿渣相同
		不适用	矿渣 + 抗碳化要求
铝酸盐 水泥 ^[2011,2012]		适用	高温耐热材料、紧急工程、国防、道路抢修、抗硫酸盐腐蚀、冬季施工
		不适用	大体积、碱溶液、未硬化的硅酸盐水泥、石灰、蒸汽、高温季节
硫铝酸盐水泥		适用	早强、抗渗、抗硫酸盐、喷锚支护、抢修、海洋建筑
		不适用	高温
膨胀水泥		适用	补偿收缩混凝土、防渗混凝土、填灌接缝、加固、修补、自应力压力管
自应力水泥		适用	自应力钢筋混凝土压力管道及配件
道路硅酸盐水泥		适用	公路路面、机场跑道、要求较高的工厂地面及停车场

表 3.12 水泥的主要技术参数对比

系列	名 称	比表面积/(m ² /kg)	初凝时间	终凝时间
硅酸盐	硅酸盐水泥	≥300	≥45min	≤6.5h
	普通硅酸盐水泥		≥45min	≤10h
	白色和彩色硅酸盐水泥		≥45min	≤10h
铝酸盐	CA-60	≥300	≥60min	≤18h
	CA-50		≥30min	≤6h
	CA-70			
	CA-80			
硫酸盐	硫铝酸盐水泥	≥380	≥25min	≤3h
道路	道路硅酸盐水泥	300~450	≥90min	≤10h

第五节 混 凝 土

一、普通混凝土组成材料

表 3.13 水泥

作用	是影响混凝土强度、耐久性和经济性的重要因素 ^[2011]
混凝土强度≤C30	水泥强度等级是混凝土设计强度等级的1.5~2.5倍
C30<混凝土强度≤C50	水泥强度等级是混凝土设计强度等级的1.1~1.5倍
混凝土强度≥C60	水泥强度等级与混凝土设计强度等级比值<1.0，但不低于0.7

表 3.14 砂(细骨料)

砂的种类 ^[2013]	山砂	棱角多，颗粒粗糙，需水量大，和易性差，砂砾与水泥间胶结力强
	河海湖砂	表面光滑，需水量少，胶结力弱，建设中以河砂为细骨料
技术要求分类	I 类	用于强度等级 > C60 的混凝土
	II 类	用于强度等级 C30 ~ C60 及有抗冻、抗渗或其他要求的混凝土 ^[2013]
	III 类	用于强度等级 < C30 的混凝土
细度模数	粗砂	3.7 ~ 3.1
	中砂	3.0 ~ 2.3 混凝土用砂，中砂为佳 ^[2015]
	细砂	2.2 ~ 1.6
颗粒级配区	1 区	较粗，用于配制水泥用量多、低流动性的普通混凝土
	2 区	粗细适宜，配制混凝土应该优先选择
	3 区	偏细，黏聚性大，保水性好，干缩性大，易生裂缝，适当降低砂率

表 3.15 石子(粗骨料)

拌制效果	碎石	表面粗糙，与水泥粘结力强，混凝土强度高，水泥用量多，和易性差
	卵石	表面光滑，与水泥粘结力差，混凝土强度低，水泥用量少，和易性好
技术要求分类	I 类	用于强度等级 > C60 的混凝土
	II 类	用于强度等级 C30 ~ C60 及有抗冻、抗渗或其他要求的混凝土
	III 类	用于强度等级 < C30 的混凝土
最大粒径	一般规定	≤ 结构截面最小尺寸的 1/4，且 ≤ 钢筋间最小净距的 3/4
	混凝土实心板	≤ 板厚的 1/3，且 ≤ 40mm
颗粒级配	连续	水泥用量多，混凝土流动性和黏聚性较好，现浇中常用 ^[2010]
	间断	节约水泥，拌合物产生离析现象。适用于机械振捣流动性低的干硬性拌合物
技术指标	强度	压碎指标 = (试样质量 - 压碎后剩余质量) / 试样质量 ^[2011]
	坚固性	硫酸钠溶液浸泡法，根据质量损失确定等级

表 3.16 外加剂的分类

功 能	外加剂种类
改善流变性能	减水剂、引气剂、泵送剂
调节凝结时间、硬化性能	缓凝剂、早强剂、速凝剂
改善耐久性	引气剂、防水剂、防冻剂、阻锈剂
改善其他性能	加气剂、膨胀剂、着色剂

表 3.17 六种主要的外加剂

外加剂	作用、功能及要点	种 类
减水剂 ^[2010]	减水、增强、节约水泥、提高耐久性	木质素磺酸钙(木钙粉)、 NNO(高效) ^[2009,2015]
早强剂	提高早期强度，可和减水剂混合	氯盐： CaCl_2 ， NaCl
		硫酸盐： Na_2SO_4 ，元明粉
		三乙醇胺：对钢筋无锈蚀 ^[2013]
引气剂	改善和易性和抗冻性 ^[2012,2014]	松香热聚物、松脂皂，效果最好，最常用 ^[2008]
		烷基苯磺酸类
		脂肪醇磺酸盐类、蛋白质盐、石油磺酸盐
引气减水剂	不宜用于蒸压和预应力混凝土	改性木质素磺酸盐类、烷基芳香磺酸盐类
缓凝剂	延缓混凝土凝结时间，不影响后期强度。用于大体积混凝土，长距离运输，不宜单独用于蒸压混凝土	糖类：糖钙
		木质素磺酸盐类： 木质素磺酸钙
		常用糖蜜和木质素磺酸钙， 糖蜜效果最好
泵送剂	改善泵送性能，使混凝土顺利输送	① 泵送剂温度不宜高于 35℃ ② 水灰比：0.45 ~ 0.6 ^[2010] ③ 砂率：38% ~ 45% ④ 最小水泥用量：≥0.3t/m³
膨胀剂	补偿混凝土的收缩；掺硫铝酸盐膨胀剂的混凝土，不能长期处于 80℃ 以上环境；掺硫铝酸钙或石灰类混凝土不宜使用氯盐类外加剂	硫铝酸盐系、石灰系、铁粉系、氧化镁型

二、混凝土的技术性质

表 3.18 混凝土的强度

几种强度	立方体抗压强度	一组试件抗压强度的算术平均值 ^[2012]
	立方体抗压强度标准值	数理统计方法确定的
	抗拉强度	抗压强度的 1/10 ~ 1/20，强度等级越高，比值越小 ^[2009]
	抗折强度 ^[2007]	公路和机场工程中为主要指标，抗压强度为参考
影响强度因素 ^[2008,2009,2013]	水泥强度等级	同向变化
	水灰比	水灰比越小，水泥强度越高，混凝土强度越高
	养护的温度	温度升高，强度发展快；温度降低，强度发展慢
	养护的湿度	湿度不够，严重降低混凝土强度，形成干缩裂缝
	龄期	随龄期增高而增高，前 7 ~ 14d 快，28d 以后慢

表 3.19 混凝土的和易性

和易性 指标 ^[2012]	流动性	流动并均匀充满模板的能力
	黏聚性	不出现分层离析，保持整体均匀性的能力 ^[2009]
	保水性	施工中不致发生严重的泌水现象
		黏聚性好，保水性也好，流动性差；增大流动性，黏聚性和保水性变差
影响因素	水泥浆	最敏感的影响因素 ^[2012]
	骨料	级配好的粗骨料，中粗砂，砂率稍高，和易性较好
	砂率	存在最佳砂率，使得和易性最好
	水泥	采用矿渣水泥和火山灰水泥的混凝土拌合物流动性较小
	外加剂	可改变流动性
	温度	流动性随温度升高而降低
	时间	随着时间延长，混凝土坍落度逐渐减小

表 3.20 混凝土的耐久性

指标	抗冻性	评定耐久性的主要指标。密实度、孔隙构造特征是影响因素
	抗渗性	水灰比是决定性因素
	抗侵蚀性	密实度、水泥品种、混凝土内部孔隙特征是影响因素
	碳化	环境中二氧化碳浓度、湿度、密实度、水泥品种等是影响因素
提高 措施 ^[2010,2011,2015]		根据工程，合理选用水泥品种
		控制水灰比，保证足够的水泥用量
		选择质量好、级配合理的骨料和合理的砂率
		产用合适的外加剂

三、特种混凝土

表 3.21 特种混凝土的分类及特点

轻骨料混凝土 ^[2009]	表观密度小、耐久性好、保温隔热性能好、导热系数小、弹性模量低
防水混凝土 ^[2007,2011]	减小水灰比、提高水泥用量、砂率和灰砂比，改善颗粒级配，以提高密实度
	掺入外加剂以提高密实度：减水剂、三乙醇胺早强剂或氯化铁防水剂
	使用膨胀水泥提高密实度
	改善混凝土内部孔隙结构，加引气剂或引气减水剂
碾压混凝土	骨料最大粒径以 20mm 为宜，当分为上下两层摊铺时，下层集料最大粒径为 40mm ^[2015]
	当混合料掺入量较高时，宜选用普通硅酸盐或硅酸盐水泥
	当不用或混合材料用量较少时，宜选用矿渣、火山灰或粉煤灰水泥 ^[2009,2010]
	密实强度高；干缩性小，耐久性好；节约水泥，水化热低 ^[2006]

(续)

纤维混凝土	控制和减少裂缝；微观补强；提高防渗耐磨能力；提高抗破损和抗冲击能力可代替焊接钢丝网 ^[2010,2014]
-------	--

表 3.22 高强混凝土

优点	强度高、节约钢材、增加空间；性能好；刚度大，可以用于更大预应力 ^[2011]
性能 ^[2014]	抗压：比普通混凝土好
	强度：早期发展快，后期增长小
	抗拉强度：随抗压强度增加而增加，但是比值小于普通混凝土
	收缩：初期较大，但最终收缩量与普通混凝土大体相同
	耐久性：明显优于一般混凝土
材料要求 ^[2006,2010,2011]	质量稳定，强度等级≥42.5 级的硅酸盐或普通硅酸盐水泥
	粗骨料最大粒径：C60 的混凝土，≤31.5mm；>C60 的混凝土，≤25mm
	砂率、外加剂、矿物掺合料应经过试验确定
	水泥用量≤550kg/m ³ ；水泥和掺和物总量≤600kg/m ³

第六节 砌 筑 材 料

一、砖

表 3.23 砖的种类及记忆要点

烧结砖	普通砖	公称尺寸：240mm×115mm×53mm
	多孔砖	①M 型：190mm×190mm×90mm，符合建筑模数，设计规范化
		②P 型：240mm×115mm×90mm，与普通砖配套使用
		③表观密度：1000kg/m ³ 、1100kg/m ³ 、1200kg/m ³ 、1300kg/m ³ ④孔洞率：≥28%
蒸压砖	空心砖	①孔洞率：≥40% ②规格：290mm×190mm×90mm ^[2007] 和 240mm×180mm×115mm ③表观密度：800kg/m ³ 、900kg/m ³ 、1000kg/m ³ 、1100kg/m ³ ④用于非承重墙 ^[2008,2013]
	种类	粉煤灰砖、灰砂砖和炉渣砖
	强度	①MU10：用于防潮层以上的建筑部位
		②MU15，MU20，MU25：用于基础及其他建筑部位

二、砌块

表 3.24 常用砌块的特性与应用

粉煤灰砌块	粉煤灰 + 石灰 + 石膏 + 水，振动成型，蒸汽养护
中型空心砌块	分为水泥混凝土型及煤矸石硅酸盐型。空心率≥25%
混凝土小型空心砌块	
蒸压加气混凝土砌块	多孔轻质，也可用作隔热材料 ^[2006,2014]

三、石材

表 3.25 常用岩石的特性与应用

种类	名称	特性 ^[2008]	用 途
岩浆岩	花岗岩	孔隙率小，耐磨，耐酸，耐久；不耐火，磨光性好	基础、地面、路面、室内外装饰、混凝土集料
	玄武岩	硬度大、细密、耐冻、抗风化	高强混凝土集料、道路路面
沉积岩	石灰岩	耐久性及耐酸性差	基础、墙体、路面、桥墩、集料
	砂岩	坚硬、耐久、耐酸性好	基础、墙体、衬面、踏步、纪念碑
变质岩	大理石	致密、硬度不高；磨光性好；易风化，不耐酸	室内墙面、地面、柱面、栏杆
	石英岩	硬度大，加工困难，耐酸，耐久	基础、栏杆、踏步、饰面、耐酸材料

表 3.26 天然石材

分类	三类 6 种	见教材 P142 ~ 143 表 3.6.1
技术性质	表观密度	轻质石材和重质石材，以 1.8t/m ³ 为界
	抗压强度	9 个等级
	耐水性	$K_R > 0.9$ ，高； $K_R = 0.7 \sim 0.9$ ，中； $K_R = 0.6 \sim 0.7$ ，低；建筑用石材， $K_R > 0.8$ ^[2006]
	吸水性	孔隙率越大，吸水率越大，对耐久性等性能影响越大
	抗冻性	吸水率大的石材，抗冻性差

表 3.27 人造石材

种类	记 忆 点
水泥型	各种水磨石制品
聚酯型	人造大理石、花岗石 ^[2007]
复合型	无机和有机材料共同组合而成
烧结型	高温焙烧。仿花岗石瓷砖、仿大理石陶瓷

四、砌筑砂浆

表 3.28 砌筑砂浆材料要求

分类	水泥砂浆	①主要用途：砌筑基础 ②强度等级：M5、M7.5、M10、M15、M20、M25、M30
	水泥石灰混合砂浆	①主要用途：砌筑主体及砖柱 ②强度等级：M5、M7.5、M10、M15
	石灰砂浆	用于砌筑简易工程
材料	水泥	常用：普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥 ①强度等级≤M15 的砌筑砂浆宜选用 32.5 级的通用硅酸盐水泥 ②强度等级 > M15 的砌筑砂浆宜选用 42.5 级普通硅酸盐水泥
	砂	宜选用中砂，且应全部通过 4.75mm 筛孔
	石灰膏	①生石灰熟化成石灰膏，熟化时间≥7d；磨细生石灰粉的熟化时间≥2d ②严禁使用脱水硬化的石灰膏
	水	食用水可拌制各种砂浆，工业废水和矿泉水必须化验合格

表 3.29 砂浆制备与使用

强度等级	水泥/kg	水泥强度等级	砂	用水量/kg
M5	200 ~ 230	32.5 级	砂的堆积密度值	270 ~ 330
M7.5	230 ~ 260			
M10	260 ~ 290			
M15	290 ~ 330 ^[2015]			
M20	340 ~ 400	42.5 级		
M25	360 ~ 410			
M30	430 ~ 480			

表 3.30 预拌砂浆

	普通	特种
湿拌砂浆	砌筑、抹灰、地面、防水	
干拌砂浆	砌筑、抹灰、地面、普通防水	具有特种性能

第七节 装 饰 材 料

一、饰面材料

表 3.31 饰面石材的种类及特点

种类	产品	性能及应用
天然饰面石材	花岗岩	①各种性能优良，但耐火性差 ^[2007] ②剁斧板：用于室外地面、台阶、基座 ^[2009] ③机刨板：用于地面、踏步、檐口、台阶 ^[2014] ④花岗石粗磨板：用于墙面、柱面、纪念碑 ⑤磨光板：用于室内外墙面、地面、柱面
	大理石	①结构致密、强度高、硬度低、易加工、耐磨、抗风化能力差 ^[2006] ②不宜用作室外装饰
人造饰面石材	水磨石板材	①强度高、耐久美观、不易起灰、防水耐磨(因为加入了高铝水泥 ^[2014]) ②用于墙面、地面、窗台、踢脚、台面、踏步、水池
	合成石面板	①强度高、厚度薄、耐酸碱、抗污染 ②主要有仿大理石和仿花岗石板 ③用于室内外立面、柱面装饰；室内墙面与地面装饰；楼梯面板

表 3.32 饰面陶瓷

共性	构造致密、耐久性好、比较脆、抗冲击性能差 ^[2007]	
种类	釉面砖	正面挂釉，背面有凹凸纹，不应用于室外 ^[2008]
	墙地砖	背面常常有凹凸不平的沟槽，可用于室内外墙面和地面
	陶瓷锦砖	俗称马赛克，抗冻性能好，造价低，适用于室内地面铺装 ^[2012]
	瓷质砖	①又称同质砖、抗折强度高、耐磨损、耐酸碱、有保温隔热的作用 ②性能优良，逐渐成为天然石材装饰材料的替代产品

二、建筑玻璃

表 3.33 玻璃的种类及特点

平板玻璃	普通平板玻璃	透光度高、耐酸能力强，不耐碱
	磨砂玻璃 ^[2006]	透光不透视，用于卫生间、浴室门窗
	压花玻璃 ^[2007]	①表面凹凸不平，透光不透视，安装时花纹朝内 ②用于办公室、会议室、卫生间门窗
	彩色玻璃	原料中加入金属氧化物，用于建筑物内外墙面、门窗

(续)

安全玻璃	钢化玻璃	①强度高，抗冲击性和抗弯性好，不能切割磨削 ②破碎不伤人，用于高层建筑门窗、隔墙等
	夹丝玻璃 ^[2008]	①抗冲击性能好，耐温度剧变、性能好，抗折强度高 ②破碎不伤人，用于公共建筑的走廊、防火门、楼梯间、工业厂房天窗
	夹层玻璃	①抗冲击性和耐热性好，破碎不伤人 ②适用于高层建筑门窗、工业厂房天窗及水下工程
其他玻璃	热反射玻璃	高热反射性，镜面玻璃，内看外清晰，外看内不见，用于高层幕墙
	吸热玻璃	吸热性能好，用于商品陈列窗、冷库、仓库、炎热地区大型公共建筑
	光致变色玻璃	光强变暗，停照复原；用于对光线有特殊要求的建筑
	中空玻璃	保温、绝热、吸声性能好
	玻璃空心砖	强度高、绝热隔声耐火性能好。用于砌筑透光墙或彩灯地面
	镭射玻璃	又称光栅玻璃，用于高档建筑及娱乐建筑的墙面或装饰

三、建筑装饰涂料

表 3.34 涂料的基本组成

成膜物质	种类	特 点
主要	油料	干性油(桐油)；半干性油(大豆油)；不干性油(花生油)
	树脂	①天然树脂：虫胶、松香 ②合成树脂：酚醛醇酸、硝酸纤维
	实践	现代涂料，多用树脂，尤其是合成树脂
次要	颜料	作用：不溶于水和油，赋予涂料美观的色彩
	填料	①作用：增加涂膜厚度，提高耐磨性和硬度，减少收缩 ②常用：碳酸钙、硫酸钡、滑石粉
	实践	不能单独成膜
辅助	助剂	种类：催干剂：铝、锰氧化物及其盐类；增塑剂
	溶剂	①作用：溶解成膜物质、降低黏度、利于施工 ②种类：苯、丙酮、汽油
	实践	不能构成涂膜

表 3.35 内外墙及地面对涂料的要求

用途	基本要求	主 要 品 种
外墙 ^[2011]	①装饰性 ②耐久性、耐候性、耐污染性 ③涂刷方便、重涂容易	苯乙烯—丙烯酸酯乳液涂料丙烯酸
		酸酯系外墙涂料
		聚氨酯系外墙涂料
		合成树脂乳液砂壁状涂料
内墙 ^[2009,2010]	①色彩 ②耐碱性、耐水性、耐粉化性 ③透气性 ④涂刷方便、重涂容易	聚乙 烯醇水玻璃涂料(106 涂料)
		聚酯酸乙 烯乳液涂料
		醋酸乙 烯—丙烯酸酯有光乳液涂料
		多彩涂料
地面	①耐碱性 ②耐水性、耐磨性、抗冲击性 ③与水泥砂浆有好的粘结性能 ④涂刷方便、重涂容易	木质：聚氨酯漆、钙酯地板漆、酚醛树脂地板漆
		地面：过氯乙烯、聚氨酯地面涂料、环氧树脂厚质地面涂料

四、建筑塑料

表 3.36 塑料管材及配件

产品	特 点	用 途
硬聚氯乙烯管 (PVC-U)	①不结垢，无毒，耐腐蚀 ②温度不大于 400℃，冷水管 ③抗老化性能好、难燃	①非饮用水给水管道 ②排水、雨水管道
氯化聚氯乙烯管 (PVC-C)	耐高温，力学强度高，适于受压 阻燃、防火、导热性能低 产品尺寸全、安装附件少	冷热水管、消防水管、工业管道
无规共聚聚丙烯管 (PP-R)	各种性能良好，尤其防腐防氯；光照 易老化，属于可燃性材料；绿色环保， 无污染，价格适中	①主要用于饮用水管、冷热水管 ②不得用于消防给水系统
丁烯管 (PB)	高强无毒，韧性好，价格高	①用于饮用水管、冷热水管 ②特别适用于薄壁小口径压力管道
交联聚乙烯管 (PEX)	①无毒透明、具有弯折记忆性 ②不可热熔连接，光照易老化	可输送冷、热水、饮用水及其他液体 用于地板辐射采暖系统的盘管

第八节 防 水 材 料

一、防水卷材

表 3.37 聚合物改性沥青防水卷材的分类

主要施工方法	热熔法、冷粘法、自粘法
SBS ^[2006,2008,2010]	①各类建筑防水、防潮；尤其适用寒冷地区和结构频繁变形的建筑物防水 ②热熔法施工
APP ^[2011,2012]	各类建筑防水、防潮；尤其适用高温或强烈太阳辐射地区的建筑物防水
沥青复合胎柔性	工业与民用建筑的屋面、地下室、卫生间的防水防潮；桥梁、停车场、隧道等防水

表 3.38 合成高分子防水卷材的分类

三元乙丙橡胶 (EPDM)	防水要求高，耐用年限长的土木建筑防水 ^[2015]
聚氯乙烯 (PVC)	各类建筑的屋面防水和水池、堤坝等防水防渗
氯化聚乙烯	各类工业、民用建筑防水；冶金、化工、水利、环保。采矿业防水防渗工程
氯化聚乙烯—橡胶 共混合型	寒冷地区或变形较大的建筑防水

二、刚性防水材料

表 3.39 刚性防水材料的分类及特征

防水混凝土	途径：提高密实度、加入外加剂
沥青油毡瓦	质轻美观，适用于各种屋面
混凝土屋面瓦	水泥 + 金属氧化物 + 化学增强剂
金属屋面	彩色涂层钢板、镀锌钢板成型，环保，节能，标准化，装配化
聚氯乙烯瓦	新型材料
铝合金防水卷材	防水性能好、延展性和可焊性良好，具有抗 X 射线和抗老化能力 ^[2008,2013]
阳光板	高强、防水、透光、节能，装饰效果好
膜结构防水屋面	造型美观、结构简单、广泛用于体育场馆、展厅 ^[2006,2007]

三、防水涂料

表 3.40 防水涂料的分类及特征

品种	特 点	种 类
高聚物改性沥青防水涂料	柔韧性、抗裂性、拉伸强度均提高 耐高温低温性能、使用寿命均提高	①再生橡胶改性防水涂料 ②氯丁橡胶改性沥青防水涂料 ③SBS 橡胶改性沥青防水涂料 ④聚氯乙烯改性沥青防水涂料
合成高分子防水涂料 ^[2014]	①高弹性、高耐久性 ②优良的耐高低温性能	①聚氨酯防水涂料 ②丙烯酸酯防水涂料 ③环氧树脂防水涂料 ④有机硅防水涂料

四、建筑密封材料

表 3.41 建筑密封材料的分类及特征

分类	种类	性能及用途
不 定 型	沥青嵌缝油膏	屋面、墙面、沟槽的防水嵌缝
	聚氯乙烯接缝膏	①防水、弹塑性、耐热、耐寒、耐腐蚀、抗老化
	塑料油膏	②各种嵌缝和表面涂布，用于水渠、管道接缝
		③工业厂房自防水屋面嵌缝、大型屋面板嵌缝
	丙烯酸类密封膏	①黏性、弹性和低温柔性、耐候性，无毒，耐候性，抗紫外线 ②用于屋面、墙板、门、窗嵌缝 ^[2009] ③耐水性差，不能用于与水有关的环境或建筑接缝 ④不能用于广场、公路、桥面等有交通往来的接缝中 ^[2011]
	聚氨酯密封膏	①弹性、粘结性及耐候性特别好，无需打底 ②适用于游泳池、公路、机场跑道接缝、屋面墙面水平垂直接缝 ③用于玻璃、金属材料的嵌缝 ^[2012]
定 型	硅酮密封膏	耐热、耐寒性好、耐候性好，粘结性好、耐疲劳、耐水性好 ①F 类：建筑接缝使用密封膏 ②G 类：镶装玻璃使用密封膏
	材料分类	密封条带和止水带
	密封机理分类	遇水膨胀型和遇水非膨胀型

第九节 功能材料

一、保温隔热材料

表 3.42 保温材料的分类及特征

种类	特 点	用 途
岩棉、矿渣棉	吸水性大、弹性小	墙体、屋顶、天花板、热力管道
石棉	耐火、耐腐蚀、绝热、防腐、隔声	民用建筑很少使用，工业使用多
玻璃棉	良好的吸声材料	温度较低的热力设备和房屋保温隔热
膨胀蛭石 ^[2015]	保温隔热需要注意防潮	墙、楼板、屋面板等构件的隔热
玻化微珠 ^[2014]	防火、吸引、隔热、性能良好	拌制砂浆，保温隔热，抗老化
聚苯乙烯板 ^[2013]	模塑板(EPS)和挤塑板(XPS)	①模塑：吸水性高，延性好 ②挤塑：保温效果好，目前更常用于墙体、机场跑道、高速公路、低温储藏

二、吸声隔声材料

表 3.43 吸声隔声材料的分类及特征

吸声材料	薄板振动吸声结构	低频吸声特性
	柔性吸声结构	在一定频率范围内出现一个或多个吸声频率
	悬挂空间吸声结构	增加有效面积、提高吸声效果
	帘幕吸声结构	对中、高频有一定的吸声效果
隔声材料	密实、质量大的材料	黏土砖、钢板、混凝土、钢筋混凝土
	结构间加弹性垫	毛毡、软木、橡胶

第四章 工程施工技术

第一节 建筑工程施工技术

一、土石方工程施工技术

表 4.1 基坑开挖

	开挖深度/m
深基坑 ^[2008]	≥5
浅基坑	<5

表 4.2 基坑支护的类型及特点

横 撑 式	水平挡	间断式	湿度小的黏性土挖土深度≤3m
	土式	连续式	松散湿度大的土，挖土深度≤5m ^[2010]
	垂直挡土式 ^[2015]		松散和湿度很高的土，挖土深度不限
	特点		水泥搅拌土桩 ^[2006] ；挡土+隔水；适用4~6m；最大深度7~8m
重 力 式	一次喷浆，二次搅拌		水泥掺量较小，土质较松
	二次喷浆，三次搅拌		水泥掺量较多，土质坚硬
板 式	构成 系统	挡墙系统	立于坑壁；槽钢、钢板桩、钢筋混凝土桩、灌注桩、地下连续墙
		支撑系统	支撑挡墙系统；单支点或多支点。悬臂式不设支撑
	悬臂式		基坑较浅、挡墙具有一定刚度时使用，且不设支撑点

表 4.3 明排水法

适用范围	粗粒土层；渗水量小的黏土层 ^[2011,2013]
不适用范围	细砂和粉砂，地下水渗出会带走细粒，发生流砂，导致坍塌，应采用井点降水法
集水坑	①应设置在基础范围以外，地下水走向的上游 ^[2014] ②直径或宽度一般为0.6~0.8m，经常低于挖土面0.7~1m ③当基础挖至设计标高后，坑底应低于基础底面标高1~2m，并铺碎石滤水层

表 4.4 井点降水施工

类别	渗透系数	降水深度/m	记忆点 ^[2006,2007,2008,2009,2012,2013,2015]
轻型井点 ^[2008]	0.1 ~ 50	3 ~ 6	①单排布置：基坑宽度 < 6m，降水深度 ≤ 5m；井点管布置在地下水的上游一侧，两端延伸长度 ≥ 基坑宽度 ②双排布置：基坑宽度 ≥ 6m 或土质不良 ③环形布置：大面积基坑 ④U 形布置：不封闭的一段设在地下水的下游方向 ⑤冲孔后应立即拔出冲管，插入井点管，紧接着就灌填砂滤料，以防塌孔 ^[2010]
喷射井点	0.1 ~ 50	8 ~ 20	①单排布置：基坑宽度 ≤ 10m ②双排布置：基坑宽度 > 10m ③环形布置：基坑面积较大
电渗井点	< 0.1		适用于透水性差的土质，如饱和黏土、淤泥、淤泥质黏土
管井井点	20 ~ 200	3 ~ 5	土的渗透系数大、地下水量大的土层
深井井点	10 ~ 250	> 15	降水深度几十米甚至上百米

表 4.5 土石方工程机械化施工

推土机	①经济运距 ≤ 100m，30 ~ 60m 为最佳运距 ②下坡推土法：借助重力作用，推土丘、回填管沟时使用 ③分批集中，一次推送法：提高生产效率 ④并列推土法：并列推土时，铲刀间距 15 ~ 30m，并列台数 ≤ 4 台 ^[2012] ⑤沟槽推土法：与分批集中一次推送联合使用 ⑥斜角推土法：在管沟回填且无倒车余地时采用 ^[2014]
铲运机	①适宜运距 600 ~ 1500m，运距 200 ~ 350m 时效率最高 ②开行路线：环形和 8 字形 ③下坡铲土：利用地形，利用重力 ④跨铲法：预留土埂，间隔铲土。土埂高度 ≤ 300mm，宽度 ≤ 拖拉机履带净间距 ^[2013] ⑤助铲法：每 3 ~ 4 台铲运机配 1 台推土机助铲 ^[2007]
挖掘机	①正铲：前进向上，强制切土；适用 I ~ IV 级土，适宜土质好，无地下水地区 ②反铲：后退向下，强制切土；适用 I ~ III 级砂土或黏土，适宜开挖深度 4m 以内的基坑，地下水位较高处也适用 ③拉铲：后退向下，自重切土 ^[2011] ；适用 I ~ II 级土，挖掘半径和深度较大；适宜大型基坑及水下挖土 ④抓铲：直上直下，自重切土 ^[2014] ；适用 I ~ II 级土，适宜挖掘独立基坑和沉井，特别适合水下挖土

表 4.6 土石方的填筑

施工要求	不同透水性的土分层填筑时， 下层宜填筑透水性较大，上层填筑透水性小的填料
土料选择	①碎石类土、砂土、爆破石渣及含水量符合要求的黏性土可作为填方土料 ② 淤泥、冻土、膨胀性土及有机物含量大于 8% 的土不能做填土 ③ 硫酸盐含量大于 5% 的土不能做填土 ④含水量大的黏土不宜做填土
填土压实	① 碾压法 ：羊足碾用于碾压黏性土， 不适于砂性土 ；松土不宜直接用重压 ② 夯实法 ： 用于面积小的回填土 ；常用的有夯锤、内燃夯土机和蛙式打夯机 ③ 振动压实法 ： 对于振实填料为爆破石渣、碎石类土、杂填土和粉土效果好 ^[2009]

二、地基与基础工程施工

表 4.7 地基加固处理的方法

重锤夯实法 ^[2013]	①适用：稍湿的黏土、砂土、湿陷性黄土、杂填土和分层填土 ② 不适用 ： 有效夯实深度内存在软黏土层 ^[2015]
强夯法	①适用：十分广泛 ② 不适用 ： 对建筑物和设备有一定振动影响的地基加固
砂桩、碎石桩	适用：在软弱地基中成孔
水泥粉煤灰碎石桩	适用：多层和高层建筑地基，近年来一种新技术
土桩、灰土桩 ^[2012,2015]	① 适用 ： 地下水位以上，深度 5 ~ 15m 的湿陷性黄土或人工填土地基 ② 不适用 ： 地下水位以下或含水量超过 25% 的土 ③ 土桩 ： 用于消除湿陷性黄土地基的湿陷性 ④ 灰土桩 ： 用于提高人工填土地基的承载力
深层搅拌法施工	适用 ： 淤泥质土、黏土和粉质黏土；增加软土地基承载力、减少沉降、提高边坡稳定性、各种坑槽工程施工时的挡水帷幕 ^[2010]
高压喷射注浆桩	①分为： 旋喷法、定喷法和摆喷法 ② 单管法 ：成桩直径小，0.3 ~ 0.8m ③ 二重管法 ： 喷射高压水泥浆 + 压缩空气 ，成桩直径 1m 左右 ④ 三重管法 ： 水 + 气 + 浆 ，成桩直径 1 ~ 2m，桩身强度低 ⑤ 多重管法 ： 最大直径 4m

表 4.8 桩基础施工的方法

钢筋混凝土预制桩施工	混凝土灌注桩施工
①锤击沉桩 ②静力压桩 ③射水沉桩 ④振动沉桩	①泥浆护壁成孔灌注桩 ②干作业成孔灌注桩 ③人工挖空灌注桩 ④套管成孔灌注桩（锤击、振动） ⑤爆扩成孔灌注桩

表 4.9 钢筋混凝土预制桩施工

制作和堆放	①现场预制采用重叠法，重叠≤4 层 ^[2013] ②上层或邻近桩的制作应在下层或邻近桩的混凝土达到设计强度的 30 % 后方可进行 ^[2014] ③堆放层数≤4 层
起吊和运输	混凝土达到设计强度的 70 % 后方可起吊 ^[2015] ，达到 100 % 才可运输和打桩
锤击沉桩	①适用于桩径较小，可塑性黏土、砂性土、粉土、细砂及松散的碎卵石类土 ②施工速度快，机械化程度高，现场文明程度高，但城市中心和夜间受限制 ③当桩锤大于桩重的 1.5 ~ 2 倍时，能取得较好效果。不能过重以免打坏。当桩重大于 2t 时，可采用比桩轻的桩锤，亦不能小于桩重的 75 % ^[2015] ④当基坑不大时，打桩从中间向两边或四周进行；当桩的设计标高不同时，打桩顺序先深后浅；当规格不同时，宜先大后小、先长后短 ^[2015]
静力压桩	①适用于软土地区、城市中心或建筑物密集的桩基础以及精密工程的扩建 ②噪声和振动小，桩顶不易损坏，无污染，对周围环境干扰小 ③工艺流程：定位—压桩机就位—吊桩、插桩—对中调直—静压沉桩—接桩—再静压沉桩—送桩—终止压桩—切割桩头 ^[2015]
射水沉桩	①适用于砂土和碎石土 ②在砂夹卵石层或坚硬土层中，以射水为主，锤击或振动为辅 ③在亚黏土或黏土中，以锤击振动为主，射水为辅
振动沉桩	①适用于砂土、砂质黏土、亚黏土，含水砂层中效果更显著 ^[2009] ，砂砾层使用需配以水冲法 ②不宜用于黏性土以及土层中夹有孤石的情况 ^[2007]
接桩	①常用方法：焊接、法兰接、硫黄胶泥锚接 ②焊接与法兰接适用于各种土层，硫黄胶泥锚接只适用于软弱土层 ^[2008]

表 4.10 混凝土灌注桩施工

泥浆护壁成孔灌注桩	①正循环钻孔灌注桩：适用桩径小于 1.5m，孔深≤50m 的场地 ②反循环钻孔灌注桩：适用桩径小于 2.0m，孔深≤60m 的场地 ③钻扩扩底灌注桩：孔深≤40m 的场地 ④冲击成孔灌注桩：对厚砂层软塑—流塑状态的淤泥及淤泥质土慎重使用
干作业成孔灌注桩	在没有地下水的情况下进行施工；振动小，噪声小，污染少
人工挖空灌注桩	承载力高、沉降小；质量可靠，可直接检查；设备简单，占地小；无振动
套管成孔灌注桩	①锤击沉管灌注桩：单打法 and 复打法 ②振动沉管灌注桩：单打法、复打法和反插法
爆扩成孔灌注桩	①方法简单，降低成本；只是不能用于软土和新填土 ②分为一次爆扩法和两次爆扩法。利用爆炸的力量形成扩大头 ^[2015]

三、建筑工程主体结构施工技术

表 4.11 砌筑砂浆的要求

水泥	①复查时间：水泥出厂超过 3 个月，快硬硅酸盐水泥超过 1 个月 ②抽检数量：袋装水泥≤200t 为一批，散装水泥≤500t 为一批
石灰	①建筑生石灰熟化为石灰膏不得少于 7d；建筑生石灰粉熟化为石灰膏不得少于 7d ② 严禁使用脱水硬化的石灰膏；生石灰粉和消石灰粉不得替代石灰膏配置砂浆
限时	拌制的砂浆在 3h 内使用完毕；最高气温超过 30℃时，2h 内使用完毕
搅拌	水泥砂浆和水泥混合砂浆≥120s；水泥粉煤灰砂浆和掺用外加剂的砂浆≥180s
强度	①同一验收批次的强度平均值≥设计强度等级值的 1.1 倍 ②同一验收批次试块的抗压强度的最小一组的平均值≥设计强度等级值的 85%

表 4.12 砖砌体

产品龄期	砖砌体的产品龄期≥28d
材料	① 有冻胀环境的地区，地面以下或防潮层以下的砌体，不应采用多孔砖 ② 不同品种的砖不得在同一层混合砌筑
铺浆长度	一般情况：≤750mm；施工期间气温超过 30℃：≤500mm
灰缝宽度	一般为 10mm，且≥8mm，≤12mm
斜槎	①抗震设防烈度≥8 度时设置 ② 普通砖砌体斜槎的水平投影长度≥2/3 斜槎高度 ③多孔砖砌体斜槎的长高比≥1/2
直槎拉结筋	① 每 120mm 墙厚放置 1Φ6 拉结钢筋，120mm 厚墙放置 2Φ6 拉结钢筋 ②间距沿墙高≤500mm，竖向间距偏差≤100mm ③ 埋入长度从留槎处算起每边≥500mm，抗震烈度 6、7 度地区≥1000mm ④末端有 90°弯钩
构造柱 ^[2011,2012]	① 先砌墙体，后立构造柱 ② 马牙槎凹凸尺寸≥60mm，高度≤300mm，先退后进，对称砌筑 ③ 拉结钢筋沿墙高每隔 500mm 设 2Φ6，伸入墙内≥600mm ④ 竖向移位≤100mm，且竖向移位每一个构造柱不得超过 2 处

表 4.13 混凝土小型空心砌块

产品龄期	≥28d
搭接长度	①单排孔小砌块：搭接长度为块体长度的 1/2 ②多排孔小砌块：搭接长度≥砌块长度的 1/3，且≥90mm
灰缝饱满度	水平和竖向灰缝的砂浆饱满度，按净面积计算≥90%

表 4.14 填充墙砌体工程

产品龄期	≥28d, 蒸压加气混凝土砌块的含水率宜小于 30%
堆置	分类堆放, 堆置高度≤2m; 蒸压加气砌块防止雨淋
浇水润湿	轻骨料混凝土小型空心砌块; 砌筑前不应对其浇水湿润, 炎热天气需要提前浇水
砌筑	蒸压加气和轻骨料混凝土砌块不与其他砌块混砌, 不同强度等级的同类砌块不得混砌
混凝土坎台	高度 150mm

表 4.15 钢筋的加工

冷拉	可采用控制应力或控制冷拉率的方法
调直	HPB235 与 HPB300 光圆钢筋的冷拉率≤4%; 其余带肋钢筋的冷拉率≤1%
剪切 ^[2012]	①手动剪切器: 剪切直径 <12mm 的钢筋 ②钢筋剪切机: 剪切直径 <40mm 的钢筋 ③锯床或氧—乙炔焰或电弧: 剪切直径 ≥40mm 的钢筋

表 4.16 受力钢筋的弯折与弯曲

末端弯钩	弯弧内直径	弯钩的弯后平直长度
180° ^[2007]	≥2.5 倍钢筋直径	≥3 倍钢筋直径
135° ^[2009]	≥4 倍钢筋直径	符合设计要求 (5d)
≤90° ^[2008]	≥5 倍钢筋直径	符合设计要求 (3d)

表 4.17 箍筋和拉筋的弯曲

弯钩的弯弧内直径	满足规定, 且≥受力钢筋直径
弯钩的弯折角度	①一般结构: ≥90° ②有抗震要求的: 135°
弯钩后平直部分长度	①一般结构: ≥箍筋直径的 5 倍 ②有抗震要求的: ≥箍筋直径的 10 倍

表 4.18 钢筋的连接方式

基本方法	焊接连接、绑扎搭接连接、机械连接
基本要求	①同一个纵向受力钢筋接头≤2 个, 接头端点至钢筋弯起距离≥10d ②纵向受力钢筋接头连接区段长度为 35d 且≥500mm ③接头面积百分率≤50% ④直接承受动力荷载的结构构件中, 不宜采用焊接接头 ^[2006, 2011]
焊接连接	①闪光对焊: 用于钢筋纵向连接及预应力与螺丝端杆的焊接 ^[2010] ②电弧焊: 用于钢筋的接头、骨架、钢板的焊接 ③电阻点焊: 用于小直径钢筋的交叉连接, 如钢筋网、钢筋骨架 ④电渣压力焊: 用于焊接钢筋混凝土结构中直径 14~40mm 的竖向或斜向钢筋 ⑤气压焊: 适用于各种方位布置的钢筋连接, 不同钢筋焊接时直径差≤7mm

(续)

绑扎搭接	①接头连接区段长度为 1.3 倍搭接长度 ②纵向钢筋搭接接头百分率：梁、板、墙$\leq 25\%$；柱$\leq 50\%$；梁最大$\leq 50\%$ ③箍筋要求： 1) 箍筋直径$\leq$搭接钢筋较大直径的 0.25 倍 2) 受拉区箍筋间距$\leq$搭接钢筋较小直径的 5 倍，且$\leq 100\text{mm}$ 3) 受压区箍筋间距$\leq$搭接钢筋较小直径的 10 倍，且$\leq 200\text{mm}$ ④柱中纵向受力钢筋直径 $> 25\text{mm}$ 时，在接头两端外 100mm 范围内各设置两个箍筋，间距 50mm
机械连接	①钢筋套筒挤压连接：适用于竖向、横向及其他方向较大直径变形的钢筋连接 ②钢筋螺纹套管连接：对中性好，用于连接同径、异径的各个方向的钢筋连接

表 4.19 模板的类型

木模板	钢框木模板取而代之
组合模板	使用最广泛，可以拼接成各种形状和尺寸的模板
大模板	剪力墙和筒体体系的高层建筑使用较多，有利于建筑工业化 ^[2007]
滑升模板	用于高耸构筑物 and 高层建筑，如烟囟、电视塔、竖井、剪力墙和筒体体系高层 ^[2008]
爬升模板	施工剪力墙和筒体体系的钢筋混凝土结构高层建筑一种有效的模板体系
台模	用于浇筑平板式或带边梁的楼板 ^[2012]
隧道模板	用于同时整体浇筑墙体和楼板的大型模板；整体性好，抗震性能好，施工速度快
永久式模板	模板浇筑后形成结构的一部分，在高层钢结构施工中应用广泛，施工速度快，耗钢量大

表 4.20 模板的安装与拆除

起拱高度	①跨度$\geq 4\text{m}$ 的钢筋混凝土梁板：按设计要求起拱 ②无设计要求时：起拱高度宜为跨度的 $1/1000 \sim 3/1000$
预应力构件拆除 ^[2009]	①侧模宜在预应力张拉前拆除 ②底模支架不应在结构构件建立预应力之前拆除
拆除顺序	①先非承重后承重；先侧模后底模；大型结构事先制定详细方案 ②框架结构拆除顺序：柱、楼板、梁侧模、梁底模

表 4.21 底模及支架拆除的要求

构件类型	构件跨度/m	达到强度的百分比（%）
板	≤ 2	≥ 50
	$2 < L \leq 8$	≥ 75
	> 8	≥ 100
梁、拱、壳	≤ 8	≥ 75
	> 8	≥ 100
悬臂构件		≥ 100

表 4.22 新模板技术

清水混凝土模板技术	表面平整、模板分块，多次周转；保证质量和外观
早拆模板技术	混凝土浇筑 3~4d 强度可达到设计强度的 50% 以上
液压自动爬升模板技术	①适用于高层建筑全剪力墙结构、框架结构核心筒、钢结构核心筒、高耸构造物、桥墩、巨形柱 ②由模板系统、液压提升系统和操作平台系统组成

表 4.23 混凝土原材料的质量要求

水泥	钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构，严禁使用含氯化物的水泥
外加剂	①预应力混凝土结构：严禁使用含氯化物的外加剂 ②钢筋混凝土结构：含氯化物的外加剂中，氯化物总含量应符合要求
粗集料	①混凝土：最大颗粒粒径≤构件截面尺寸的 1/4，且≤钢筋最小净距的 3/4 ②混凝土实心板：最大粒径≤板厚的 1/3，且≤40mm
水	宜采用饮用水。其他水质应符合相应标准
氯化物和碱含量	符合国家设计标准

表 4.24 混凝土的配合比

基本要求	满足强度等级、和易性、耐久性、节约材料、降低成本
三大参数	水灰比、单位用水量、砂率
配合比的计算 ^[2006,2007,2008,2013,2014]	①确定混凝土的施工配置强度（两种情况，判断标准为强度等级 C60） ②计算水灰比：W/C（两种情况） ③确定单位用水量 ④计算单位水泥用量（超过 550kg/m ³ 需提高水泥强度等级） ⑤确定砂率 ⑥计算砂和石子用量（重量法和体积法）

表 4.25 混凝土的搅拌和运输

搅拌机类型	①自落式：适用于搅拌塑性混凝土 ②强制式：搅拌作用更强烈，适于搅拌干硬性混凝土和轻集料混凝土 ^[2011]
进料容量	根据施工配合比以及施工现场搅拌机的型号来确定 ^[2011]
搅拌时间	以强制式搅拌机为参照，有外加剂或矿物掺合料时应延长，自落式延长 30s
投料顺序	①一次投料法：先装石子、再加水泥、最后加砂 ②二次投料法：可提高混凝土强度，在强度相同的情况下，节约水泥 ^[2011]
混凝土的运输	地面水平运输、垂直运输、高空水平运输

表 4.26 混凝土的浇筑

一般规定	①运输、浇筑及间歇的全部时间≤初凝时间 ②同一施工段的混凝土应连续浇筑，底层初凝前应将上一层浇筑完毕 ③混凝土自高出倾落的自由高度≤2m；竖向结构中限制自由高度≤3m ④混凝土拌合物入模温度≥5℃，且≤35℃ ⑤运输、输送、浇筑过程中严禁加水；散落的混凝土严禁用于结构浇筑
梁板柱墙的浇筑	⑥先浇柱子或墙，柱或墙连续浇筑到顶，浇筑完毕后停歇 1 ~ 1.5h ⑦梁板同时浇筑；梁高 > 1m 时，可单独浇筑，施工缝设置在楼板下 20 ~ 30mm 处
大体积混凝土浇筑	入模温度≤30℃；最大绝热温升≤50℃；内部温差≤25℃；降温速率≤2℃/d ①优先选用水化热低的水泥，尽可能减少水泥用量 ②掺入适量粉煤灰 ③计算并取得设计单位同意后可以留后浇带或施工缝，分层分段浇筑 ④浇筑方案：全面分层（强度大）、分段分层、斜面分层（强度小）

表 4.27 混凝土密实成型

振动密实成型	①内部振动器：用于基础、柱、梁、墙等深度或厚度大的构件 ②外部振动器：适用于断面较小或钢筋较密的柱、梁、墙等构件 ③振动棒：移动方式有行列式和交错式 ④表面振动器：适用于楼板、地面和薄壳构件；振捣两遍，方向垂直 ⑤振动台：振实预制构件
真空作业法	①分为表面真空作业和内部真空作业 ②上表面真空作业：适用于楼板、预制混凝土平板、道路、机场 ③下表面真空作业：适用于薄壳、隧道顶板 ④侧表面真空作业：适用于墙壁、水池、桥墩

表 4.28 施工缝的处理

一般原则	留置在结构受剪力较小且便于施工的部位
具体位置	①柱子：留置在基础顶面 ②梁或吊车梁牛腿：下面 ③吊车梁：上面 ④无梁楼盖：柱帽的下面 ⑤与板连成整体的大断面梁：板底面以下 20 ~ 30mm ⑥板下有梁托：留置在梁托下面 ⑦单向板：留在平行于板短边的任何位置 ⑧次梁：跨度中间 1/3 跨度范围内 ⑨楼梯：长度中间 1/3 长度范围内 ⑩墙：门洞口过梁跨中 1/3 跨度范围内，或纵横墙交界处
施工缝的浇筑	待已浇筑的混凝土强度≥1.2N/mm ² 时才允许继续浇筑

表 4.29 混凝土的养护

标准养护	温度：20℃ ±3℃；相对湿度：90% 以上
加热养护	常用方法：蒸汽养护
自然养护	①洒水养护：草帘覆盖，洒水保湿 ②喷涂膜养护：适用于高耸构筑物和大面积混凝土
养护时间	①3d：地下室底层和上部结构首层柱、墙混凝土带模养护 ②7d：硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥配置的混凝土 ③14d：缓凝剂、矿物掺合料配置的混凝土；抗渗混凝土、强度等级≥C60 的混凝土；后浇带混凝土
强度要求	混凝土强度达到 1.2N/mm ² 以前，不得踩踏、堆放荷载、安模及支架

表 4.30 新型混凝土技术

高性能混凝土技术	耐久性为设计的主要指标；包括良好性能的各种等级的混凝土
超高泵送混凝土技术	水泥考虑流变性，细集料选用不同细度模数的中砂
自密实混凝土技术	水泥选用硅酸盐或普通水泥，外加剂选用高性能减水剂
抗氯盐高性能混凝土技术	①水泥选用强度等级≥42.5MPa 的硅酸盐水泥或普通水泥 ②细集料选用细度模数 2.6 ~ 3.2 的中粗砂 ③粗集料选质地坚硬、级配良好，孔隙率小的碎石

表 4.31 混凝土冬期施工

水泥的选用	一般宜选用硅酸盐水泥或普通水泥；蒸汽养护时宜选用矿渣硅酸盐水泥
受冻强度损失	水灰比越大，强度损失越多，反之越少；受冻时间越早，受冻前强度越低
冬期施工措施	①采用高活性、高强度水泥，快硬水泥 ②降低水灰比和用水量，使用低流动性或干硬性混凝土 ③浇筑前加热，提高混凝土入模温度 ④对已浇筑的混凝土保温加热，进行养护 ⑤掺入外加剂，加速硬化或提高抗冻性
冬期养护方法	①蓄热法：宜用酸水泥或普通硅酸盐水泥，掺入早强剂 ②掺外加剂：抗冻剂、早强剂、减水剂、加气剂 ③电热法：电极法（较常用）、电炉法和综合法 ④蒸汽加热法：湿热养护和干热养护 ⑤暖棚法：用于建筑物面积不大而混凝土工程又很集中的工程

表 4.32 高温施工

原则	宜采用低水泥用量原则，可采用粉煤灰取代部分水泥，选用水化热低的水泥
要求	坍落度≥70mm；混凝土浇筑入模温度≤35℃

表 4.33 预应力钢筋的种类和混凝土使用

预应力钢筋种类	特 点	混凝土的强度等级
冷拔低碳钢丝	强度提高，塑性降低，适用于小型构件	≥C30 ^[2008]
冷拉钢筋	模量降低，强度硬度提高，直接使用	
高强度钢丝	常用直径 4~9mm	≥C40 ^[2008]
钢绞线	适用于先张法和后张法，使用最广	
热处理钢筋	直径 6~10mm，分为带纵肋和无纵肋	

表 4.34 先张法施工

原理	固定钢筋—浇筑混凝土—成型后放张 ^[2015]
用途	预制生产定型的中小型构件，预应力桥跨结构 ^[2008]
超张拉	目的是为了减少预应力的松弛损失
养护	可采用自然养护与湿热养护；湿热养护的目的是减少温差引起的应力损失 ^[2011]
放张	预应力筋张拉时，混凝土强度≥设计强度标准值的 75% ^[2009,2014] ，先张法≥30MPa

表 4.35 后张法的特点及张拉

特点	在构件上直接张拉预应力钢筋，锚具留在构件上，不能重复使用
用途	用于现场生产大型构件、特种结构和构筑物、预应力构件的拼装 ^[2008]
张拉机具	①拉杆式千斤顶：适用于带有螺杆式和墩式锚具的粗钢筋、钢筋束和钢丝束 ②穿心式千斤顶：适用于张拉各种形式的预应力钢筋 ③锥锚式千斤顶：能完成张拉和顶锚两个动作
张拉方案	有粘结预应力 ①钢筋长度≤20m，采用一端张拉 ②钢筋长度>20m，采用两端张拉 ③钢筋为直线形，一端张拉的长度可延长至 35m 无粘结预应力 ①钢筋长度≤40m，采用一端张拉 ②钢筋长度>40m，采用两端张拉
无粘结预应力	①不需要预留孔道和灌浆，施工简单，适用于曲线配筋的结构 ②在双向连续平板和密肋板中经济合理，多跨连续桥中也有发展前途
有粘结预应力	①用于多层、高层建筑的楼板、转换层和框架结构 ②用于电视塔、核电站、安全壳、水泥仓以及大跨度桥梁

表 4.36 钢构件制孔

钻孔	用于任何规格的钢板、型钢
冲孔	用于较薄的钢板或型钢
铰孔	对粗加工的孔进行精加工
扩孔	用于构件的拼装和安装

表 4.37 钢构件的弯曲成型与矫正

按加工方法 分类	①压弯：直角弯曲及适合弯曲的构件 ②滚弯：圆筒形构件和弧形构件 ③拉弯：将长条板材拉制成不同曲率的弧形构件
按加热程度 分类	①冷弯：常温下进行，用于薄板、型钢的加工 ②热弯：加热至 950 ~ 1100℃，用于厚板及较复杂形状的构件，型钢
钢构件矫正	矫直、矫平、矫形

表 4.38 钢构件的连接

焊接	对几何形体适应性强，易于自动化。但是要求高，质检工作量大
螺栓连接	普通螺栓不宜受剪；高强螺栓优点多，但安装工艺复杂，造价高
铆接	传力可靠，韧性和塑性好，抗动力荷载好；但由于工艺问题已不使用

表 4.39 钢构件的组装与预拼装

组装	分类	①部件组装：两个及以上零件→半成品 ②组装：零件或半成品→构件 ③预总装：构件→总装
	方法	地样组装法和胎膜组装法
预拼装	平装法	适用于跨度小、相对刚度大的构件（18 柱，6 天窗架，21 钢屋架） ^[2014]
	立拼法	适用于跨度大、侧向刚度差的构件（18 柱，9 天窗架，24 钢屋架）
	模具法	产品质量好，生产效率高

表 4.40 钢结构厂房及多层、高层、高耸结构安装

钢结构厂房	钢屋架侧向刚度差，安装前需要进行吊装稳定性验算 ^[2013]
多层级高层	整个流水段内或局部吊装顺序为先柱后梁，单柱不得长时间处于悬臂状态
高耸结构	高空散件法、整体起扳法、整体提升（顶升）法

表 4.41 压型金属板

类型	镀锌压型钢板、涂层压型钢板、锌铝复合涂层压型钢板
选用	①高波板：波高>50mm，用于单坡长度大的屋面 ②中波板：波高>35~50mm，用于屋面板 ③低波板：波高12~35mm，用于墙面板和现场复合的保温屋面，墙面内板

表 4.42 轻钢结构材料类型

彩色涂层钢板	种类较多
H 型钢	①侧向刚度大、抗弯能力强、强度高、自重轻 ②占地面积小、适合全天候施工；便于机械加工、连接、再利用
冷弯薄壁型钢	轻质高强，便于施工；适合大型工业厂房、车间、库房、维修库

表 4.43 钢结构涂装

涂装顺序	先上后下、先左后右、先里后外、先难后易
不涂装区域宽度	①钢板厚度 $t < 50\text{mm}$ ：区域宽度 50mm ②钢板厚度 $50\text{mm} \leq t \leq 90\text{mm}$ 时，区域宽度 70mm ③钢板厚度 $t > 90\text{mm}$ ：区域宽度 100mm
涂料选用	①B 类：厚度 2~7mm，耐火隔热，耐火极限 0.5~1.5h，钢结构膨胀防火涂料 ②H 类：厚度 8~50mm，粒状表面，密度小，热导率低，耐火极限 0.5~3.0h
时间参数	①涂装后 4h 内应采取保护措施，避免淋雨和沙尘侵扰 ②风力超过 5 级，室外不宜喷涂作业 ③表面除锈与涂装的时间间隔宜在 4h 之内，在车间内作业或湿度较低的晴天不应超过 12h ④钢结构表面处理与热喷涂施工的间隔时间，晴天或湿度不大的气候条件下在 12h 以内，雨天、潮湿、有盐雾时不应超过 2h

表 4.44 起重机械种类

履带式起重机	用于装配式单层工业厂房吊装中。稳定性差，未经验算不宜超负荷吊装
汽车起重机	灵活性好，能够迅速转移，但是不能负荷行驶
轮胎起重机	移动速度快，对路面破坏小；不适合在松软或泥泞的地面上工作
塔式起重机	①轨道式：可带重行走，作业范围大，效率高 ②爬升式：以建筑物作支承，起重高度大，不占用建筑物外围空间 无法看到吊装全过程，需要信号指挥，拆卸复杂 ③附着式：司机能够看到吊装全过程，自身安装拆卸不妨碍施工过程

表 4.45 混凝土结构吊装

构件的制作	尽可能采用叠浇法 ^[2010] ；一般不超过 4 层；下层达到设计强度的 30 % 方可浇筑上层
构件的运输	构件运输时，要求强度≥设计的混凝土强度标准值的 75 %
柱的绑扎	中小型柱可只绑扎一点，绑扎一点时应绑扎在牛腿下面 重型柱或配筋少而细长的柱常绑扎两点甚至两点以上以减小起吊时产生的弯矩
柱的起吊	旋转法：吊点、柱脚中心、杯口中心三点共圆；所受震动小，对起重机灵活性要求高 滑行法：吊点布置在杯口旁，与杯口中心两点共圆弧；滑行过程中受震动
吊车梁的吊装	必须在柱子最后固定好，接头混凝土达到 70 % 的设计强度后才能进行
屋盖的吊装	一般都按节间逐一采用综合吊装法

表 4.46 起重机的选择与布置

起重机的选择	①履带式起重机：4 层以下结构 ②塔式起重机：4 ~ 10 层结构 ③自升式塔式起重机：10 层以上结构
起重量的计算	起重机的起重量≥构件的重量 + 索具的重量
起重高度	$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$ ^[2012]
起重机的布置	①单侧布置： $R \geq a + b$ ②双侧布置： $R \geq a + b/2$ ^[2008] ③跨内单行 ④跨内环形
吊装方法	①分件吊装：每次吊装同类构件，减少索具更换次数，提高效率 不能为后续工作提供工作面，起重机开行路线长 ^[2006] ②综合吊装：分节吊装所有构件开行路线短，可平行流水作业，工期短 更换索具频繁，工作效率低，校正困难，使用较少

表 4.47 大跨度结构吊装

整体吊升法	①是焊接球节点网架吊装的一种常用方法 ^[2013] ②多机抬吊法：适用于重量和高度不大的中小型网架结构（40m × 40m 以内） ③桅杆吊升法：适合吊装高、重、大的屋盖结构，特别是网架
滑移法	场地狭窄时使用，常用于大跨度桁架结构和网架结构
高空拼装法	高空作业量大；用于螺栓连接的非焊接节点的各种类型网架，尤其是钢网架
整体顶升法 ^[2009]	顶升能力大，设备简单；用于净空不高和尺寸不大的薄壳结构吊装中 ①上顶升法：稳定性好，高空作业较多 ②下顶升法：高空作业少，稳定性差

表 4.48 升板法施工

特点 ^[2014]	①柱网布置灵活，设计结构单一 ②节约模板，设备简单，施工安全，机械化程度高 ③节约场地，适宜狭窄场地施工；用钢量大，造价高
----------------------	---

四、建筑装饰装修工程施工技术

表 4.49 装饰装修工程施工技术

抹灰工程 ^[2012]	①水泥宜为硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，强度等级 ≥ 32.5 MPa ②抹灰用石灰膏的熟化期 ≥ 15 d；水泥砂浆在抹灰后 24h 后进行养护 ^[2009] ③大面积抹灰前应设置标筋 ^[2011] ；分层抹灰，每层 5~7mm；抹石灰砂浆和水泥混合砂浆每遍厚度 7~9mm；厚度超过 35mm，应采取加强措施
吊顶工程	①吊点间距 < 1.2 m，按房间短向跨度 1%~3%起拱 ②固定板材的次龙骨间距 ≤ 600 mm，潮湿地区间距为 300~400mm ③纸包边 10~15mm；切割边 15~20mm；水泥加压板螺钉与板边距离 8~15mm ④板周边钉距 150~170mm，板中钉距 ≤ 200 mm ⑤采用钉固法安装时，螺钉与板边距离 ≥ 15 mm，螺钉间距宜为 150~170mm
轻质隔墙	①潮湿房间和钢板网抹灰墙，龙骨间距 ≤ 400 mm；玻璃砖墙以 1.5m 高为一个施工段 ②安装贯通龙骨时，低于 3m 的隔墙安装 1 道，3~5m 隔墙安装 2 道 ③沿石膏板周边钉间距 ≤ 200 mm；板中钉间距 ≤ 300 mm；螺钉与板边距离 10~15mm
墙面铺装	①每面墙不宜有两列非整砖，非整砖宽度不宜小于整砖的 1/3 ②结合砂浆宜采用 1:2 水泥砂浆，砂浆厚度宜为 6~10mm ③水泥砂浆应满铺在墙上，一面墙不宜一次铺贴到顶，以防塌落 ④龙骨横向间距 300mm，竖向间距 400mm
涂饰工程	溶剂型涂料：含水量 $\leq 8\%$ ；水性涂料，含水率 $\leq 10\%$ ；木质基层：含水率 ≤ 1 ^[2014]
地面铺装 ^[2007]	①基层平整度误差 ≤ 5 mm；木龙骨与基层连接牢固，固定点间距 ≤ 600 mm ②地板与墙之间应留 8~10mm 的缝隙；房间长度或宽度超过 8m，应设置伸缩缝
玻璃幕墙	有框玻璃幕墙；全玻璃幕墙；点支承玻璃幕墙

五、建筑工程防水工程施工技术

表 4.50 卷材防水屋面施工

铺贴材料	①一般屋面：二毡三油，两层油毡三层沥青 ②重要部位及寒冷地区：三毡四油
铺贴方法	③卷材防水层：满粘法、点粘法、条粘法、空铺法 ^[2012] ④卷材防水层上有重物：空铺法、点粘法、条粘法、机械固定法 ⑤高聚物改性沥青防水卷材：热熔法、冷粘法、自粘法 ⑥合成高分子防水卷材：冷粘法、自粘法、焊接法、机械固定法
铺贴方向 ^[2014]	①屋面坡度 <3%：卷材平行屋脊铺贴 ②屋面坡度为 3% ~15%：卷材平行或垂直屋脊铺贴，平行优先 ③屋面坡度 >15% 或屋面受振动：卷材垂直屋脊铺贴 ④合成高分子和聚合物改性沥青防水卷材：平行垂直皆可 ⑤屋面坡度 >25%：不宜用卷材，避免短边搭接 ^[2006] ⑥采用叠层卷材组成防水层时，上下层卷材不允许相互垂直铺贴
搭接方法和 铺贴顺序	①平行于屋脊的搭接缝，应顺水流方向搭接 ②垂直于屋脊的搭接缝，应顺年最大频率风向搭接 ③搭接缝留在屋面或天沟两侧，不宜留在沟底；上下及相邻卷材应错缝搭接 ④防水由屋面最低处向上进行，由最低标高向最高标高处铺贴

表 4.51 涂膜防水层施工

用途	①用于Ⅰ级防水屋面时可单独一道设防，用于Ⅱ级防水多道设防中的一道 ②涂膜防水层与刚性防水层之间应设隔离层
施工要求 ^[2010]	③先高后低、先远后近 ④涂膜防水涂料按照不同品种分层涂布，前后两边涂料方向应相互垂直 ⑤铺设胎体增强材料时，屋面坡度 <15% 平行铺设，≥15% 垂直铺设 ⑥胎体长边搭接宽度 ≥50mm；短边搭接宽度 ≥70mm ⑦采用两层胎体增强材料时，上下层不得相互垂直，错缝间距 ≥1/3 幅宽 ⑧应沿找平层分隔缝增设空铺附加层，空铺宽度 100mm ⑨涂层间的接槎，每遍涂刷时退槎 50 ~ 100mm，接槎应超过 50 ~ 100mm
涂层厚度	最上面土层厚度，高聚物改性沥青 ≥1mm；合成高分子涂料 ≥0.5mm
收头处理	为防止收头部位出现翘边，所有收头应密封压边，压边宽度 ≥10mm

表 4.52 刚性防水屋面

用途	①适用于屋面防水等级为Ⅲ级，无保温层的工业与民用建筑屋面防水 ^[2007] ②防水等级大于Ⅱ级的重要建筑物，需要刚柔结合做两道以上防水层 ③不适用于有松散保温层的屋面以及较大振动和冲击以及坡度≥15%的建筑屋面
其它	①细石混凝土防水层厚度≥40mm ②刚性防水层屋面坡度一般为2%~5% ③找坡厚度≥20mm时，为防止开裂、起壳，宜采用细石混凝土 ④防水层内配双向钢筋网片的目的：抵御温度应力，使防水层自由伸缩

表 4.53 防水混凝土的原理

普通防水混凝土	选择材料，减少混凝土内部空隙
外加剂防水混凝土	三乙醇胺、加气剂、减水剂、氯化铁
膨胀水泥防水混凝土	水泥硬化过程中形成大量体积增大的结晶，改善孔结构
施工注意事项	机械振捣；自落高度≤1.5m；自然养护，时间≥14d ^[2008,2009,2013]
施工缝的预留位置	不应留在剪力与弯矩最大处或者底板与侧墙的交接处 留在高出底板表面≥300mm的墙体上

表 4.54 表面防水层防水

防水层厚度	①聚合物水泥砂浆防水层单层：6~8mm；双层：10~12mm ②掺外加剂的水泥砂浆防水层：18~20mm
混凝土强度等级	水泥砂浆防水层基层的混凝土强度等级≥C15
砂浆强度等级	砌体结构砌筑用的砂浆强度等级≥M7.5

表 4.55 外贴法与内贴法的优缺点

	优 点	缺 点
外贴法 ^[2011]	①不均匀沉降对防水层影响小 ②方便进行漏水试验，修补方便	①工期长、占地大 ②底板与墙身接头卷材易受损
内贴法	①施工方便，不必留接头 ②施工占地面积小	①不均匀沉降对防水层影响大 ②保护墙稳定性差，漏水修补不便

表 4.56 防水层的厚度总结

防水层种类	防水层名称	单层/mm	双层/mm
卷材防水	高聚物改性沥青(≥3mm)	≥4	≥6
	合成高分子	≥1.5	≥2.4
水泥砂浆防水层	聚合物	6~8	10~12
	掺外加剂、掺合料	18~20	

表 4.57 止水带

止水带材料	①橡胶及塑料止水带：柔性材料、抗渗及适应变形能力强 ②氯丁橡胶止水带：新型材料，施工简便、防水效果好、造价低、易修补 ③金属止水带：高温环境下，无法使用橡胶和塑料止水带时使用
构造形式	粘贴式、可卸式、埋入式(使用较多)

第二节 道路、桥梁与涵洞工程施工技术

一、道路工程施工技术

表 4.58 填料的选择

采用程度	砂石类别	原 因
优先采用	碎石、卵石、砾石、粗砂 ^[2007,2012,2014]	强度高、稳定性好、透水性好
也可采用	亚砂土、亚黏土	有足够的强度
不宜采用	粉性土	稳定性差
慎重采用	重黏土、黏性土、捣碎后的植物土	透水性差

表 4.59 填筑的方法

填筑方法	适用范围
水平分层填筑	基本方法 ^[2011] ；弱透水性土在上层，透水性土在下层 ^[2015]
纵向分层填筑	地面纵坡>12%的地段采用，依纵坡方向分层，逐层向上填筑
竖向填筑	地面纵坡>12%的深谷陡坡地段采用；选用高效能机械，沉陷量小的土或废石方
混合填筑法	地形限制或堤身较高时采用 ^[2010] ，下层竖向填筑，上层水平填筑

表 4.60 路堑的开挖方法

开挖方法	适用范围
横挖法	短而深的路堑
纵挖法	分层纵挖法 沿路堑全宽以深度不大的纵向分层掘进，适用于较长的路堑开挖 ^[2015]
	通道纵挖法 适用于路堑较长、较深、两端地面纵坡较小的路堑开挖
	分段纵挖法 适用于路堑过长、弃土运距过长的傍山路堑，一侧堑壁不厚的路堑开挖
混合法	先纵后横，再纵横同时掘进

表 4.61 软土路基施工

垂直排水法	用于解决软土地基的沉降问题
稳定剂处置法	工地存放的水泥、石灰不可太多，以一天量为宜，最长不宜超过 3 天
开挖换填法	分为全面开挖换填和局部开挖换填
反压护道法	应急处理施工中 明显不稳定的填方或发生了滑塌破坏填方
振冲置换法	适用软弱黏性土地基，对于抗剪强度低的软黏土慎重采用

表 4.62 路基石方施工

装药方式	①集中药包：工作面较高的岩石崩落效果好，不能保证均匀破碎 ②分散药包：可以使岩石均匀地破碎，适于高作业面的开挖段^[2011] ③药壶药包：适于结构均匀致密的硬土、次坚石和坚石、量大而集中的石方施工 ④坑道药包：适于土石方大量集中、地势险要、工期紧迫路段，特殊爆破
清方机械的选择^[2008,2013,2015]	①工期要求的生产能力和单价 ②岩石特征、机械运输条件、爆破时机械撤离和重新进入工作面是否方便 ③推土机：运距在 30 ~ 40m ④装载机：运距在 40 ~ 60m ⑤挖掘机配合自卸汽车：运距 > 100m

表 4.63 沥青路面面层施工

施工方法^[2010]	①层铺法：简单、高效、造价低、成型期长 ②路拌法：要求沥青稠度低，混合料强度低；适于就地取材 ③厂拌法：混合料质量高、路面寿命长、一次性投资高
热拌沥青混合料路面^[2010]	初压轻型无振动 2 遍；复压重型振动 4 ~ 6 遍；终压无振动 2 遍
乳化沥青碎石混合料路面	宜采用拌合场机械拌和，条件受限时可采用现场人工拌制
沥青贯入式路面	深贯入：6 ~ 8cm；浅贯入：4 ~ 5cm
沥青表面处置	①常用层铺法 ②单层厚度：1 ~ 1.5cm；双层厚度：1.5 ~ 2.5cm；三层厚度：2.5 ~ 3cm

表 4.64 筑路机械

土石方施工	平地机	
	破碎筛分机	

(续)

压实机械 ^[2009,2014]	静力压路机	光轮压路机	轻型：6 ~ 8t，用于城市道路、简易公路、临时场地、养护
			中型：8 ~ 10t，10 ~ 12t；压实压平路基路面
			重型： > 12t，用于最终压实路基和其他基础层
		轮胎压路机	市政、公路、水利工程不可或缺的机械
	压实砂质土壤和黏性土壤效果良好		
	振动压路机		分为拖式、手扶式和自行式；适于公路工程的碾压
夯实机械		适用于对黏性土壤和非黏性土壤进行夯实作业，厚度 1 ~ 1. 5m	
路面施工	摊铺机	沥青混凝土	对路基不平敏感性差，稳定性好，牵引力大，很少出现打滑。 用于新建公路及大规模城市道路施工
		水泥混凝土	用于适用于水泥混凝土路面，分为轨道式和滑模式
	沥青洒布机		分为自行式和拖式

二、桥梁工程施工技术

表 4.65 桥梁墩台施工

整体式墩台 ^[2006,2013]	①分为：石砌墩台与混凝土墩台 ②墩台高度<30m；采用固定模板 ③墩台高度≥30m；采用滑动模板 ④水泥优先选用矿渣水泥、火山灰水泥，普通水泥强度不能太高 ^[2008] ⑤墩台截面面积≤100m ² ；连续浇灌混凝土；墩台面积>100m ² 可分段浇筑
装配式墩台	①分为：砌块式墩台与柱式墩台 ②适用于山谷架桥、跨越平缓无漂流物的河沟、河滩的桥梁 ③工地干扰多、场地狭窄、缺水与砂石供应困难的地区，效果显著

表 4.66 墩台基础施工

明挖扩大基础	基底尺寸应比设计平面尺寸各边增宽0.5~1m
桩与管柱基础	①锤击沉桩：适用于中密类砂土、黏性土 ②射水沉桩：砂夹卵石层或坚硬土中，以射水为主，振动为辅 ^[2011,2014] 亚黏土或黏性土中，以振动为主，射水为辅 ③振动沉桩：适用于砂质土、硬塑及软塑的黏性土和中密或较松散的碎卵石 ^[2009] ④静力压桩：适用于高压缩性黏土或砂性较轻的亚黏土层 ⑤水中沉桩：水浅用脚手架搭设操作平台；水深用固定平台或打桩船

(续)

沉井基础施工	①一般采用不排水下沉，但土量不大、水量不多时可采用排水法下沉 ②应根据土质确定挖土深度，最深不允许低于刃脚标高 2m ③粉砂土不适宜以降低井内水位的办法作为减少浮力、促使下沉的手段 ④砂质土中，应保持井内水位高于井外 1 ~ 2m
--------	---

表 4.67 桥梁承载结构的施工方法

支架现浇法	整体性好，工期长，搭设支架容易影响排洪、通航，受洪水和漂流物威胁
预制安装法 ^[2006,2009]	平行作业，缩短工期，降低造价；适用紧急工程；减少混凝土收缩和徐变
悬臂施工法	大跨径连续梁桥常常采用^[2013]，可不用或少用支架，不影响通航和桥下交通 ①悬臂浇筑：用于跨径 > 100m 的桥梁^[2012] ②悬臂拼装：用于跨径 ≤ 100m 的桥梁，施工快，可平行作业，施工精度高
转体施工法 ^[2011]	①不断航、省工省料、高空作业少、工序简单、施工速度快 ②适用于平原地区、城市跨线桥、大跨及特大桥
顶推法施工 ^[2010]	①设备简单、费用低、无噪声，结构整体性好，用钢量较多 ②用于水深、山谷和高桥墩；曲率相同的弯桥和坡桥；等截面梁和中跨桥梁
移动模架逐步孔施工 ^[2010,2013,2014]	①不影响通航、安全可靠、平行作业、缩短工期 ②用于跨径 < 50m 的多跨桥；用于中等跨径预应力混凝土连续梁桥
横移法施工	用于正常通车线路上的桥梁工程的换梁
提升与浮运施工	常选取整体结构，重量很大

表 4.68 梁式桥的施工方法

类型	施工方法
简支梁桥	支架现浇、预制安装
等截面连续梁桥	逐孔现浇法、先简支后连续法、顶推法
预应力混凝土变截面连续梁桥	支架现浇法、悬臂施工法
预应力混凝土连续刚构桥	悬臂施工法
钢梁桥	拖拉法与悬臂拼装法

表 4.69 拱式桥施工方法

类 型	施工方法
石拱桥主拱圈施工	拱架法(满堂式和撑架式)
系杆拱桥施工	支架法和预制拼装法

(续)

类 型	施 工 方 法
整体型上承式拱桥施工	①普通中小跨径：支架安装、无支架吊装、转体、悬臂安装 ②大跨径桁式组合：悬臂安装
普通型钢筋混凝土拱桥	有支架施工、无支架施工、转体施工、悬臂施工

表 4.70 悬索桥与斜拉桥施工

悬索桥	①锚碇：重力式锚和隧道锚 ②主缆架设：空中纺丝法(AS)和预制平行索股法(PPWS)
斜拉桥	①混凝土斜拉桥：悬臂浇筑法 ②结合斜拉梁桥：悬臂拼装法 ③钢斜拉桥：悬臂拼装法 ^[2015]

三、涵洞工程施工技术

表 4.71 盖板涵与箱涵的施工要点

盖板涵	砌筑基础	挖基	基底高程须严格控制，局部超挖不得用松土填补
		砌筑基础	基础是浆砌片石，沉降缝应垂直、整齐方正，不得交错
		沉降缝	基础不厚：在砌完后用黏土填满沉降缝
			基础厚：边砌边填黏土，以 1:3 水泥砂浆填塞
	砌筑边墙	混凝土	边墙顶部与盖板接触面以下范围内，用 C15 混凝土
		砂浆	此部分以下及翼墙均用 M10 水泥砂浆砌片石
箱涵	不同点	盖板涵分开浇筑，简支结构；箱涵连续浇筑，刚性结构	

表 4.72 混凝土拱涵和石砌拱涵施工

钢拱架	①涵洞孔径≤3m：用 12~18kg 型钢轨 ②涵洞孔径为 3~6m：用 18~32kg 轻型便轨
拱架放样	①涵洞孔径≥3m：预加 2~3cm 的高度 ②涵洞孔径<3m：可不预留
拱圈施工	①当拱涵用钢筋混凝土预制拱圈安装时，成品达到设计强度的 70%方可搬运安装 ②混凝土砌块宜比封顶时间提前 4 个月
拆除填土	①砂浆强度达到设计强度的 70%，才可拆除拱圈支架；达到 100%时，方可填土 ②拱圈支架未拆除时，砂浆强度达到设计强度的 70%方可填土，达到 100%方能拆除拱圈

表 4.73 涵洞附属工程

沉降缝 施工	位置	结构分段处设置，贯穿整个断面、缝宽
		涵身每隔一段设一道沉降缝
		土质变化，深度不一，压力变化，填挖交界，填石抬高基础的涵洞
		斜交正做：与涵洞中心线垂直；斜交斜做，与路基中心线平行
防水层 施工	钢筋混凝土涵洞	热沥青两道，每道厚 1~1.5cm，不另抹砂浆
	混凝土及石砌涵洞	将圬工表面做平，没有凹入存水部位可不设防水层
	钢筋混凝土明涵	厚的防水砂浆或厚的防水混凝土
涵洞 进出水口	平原地区	沟床应整理顺直，与上下排水系统的连接应圆顺，稳固
	山丘地区	当涵洞底纵坡 >5% 时，还应对沟床进行干砌或浆砌片石防护

第三节 地下工程施工技术

一、建筑工程深基坑施工技术

表 4.74 深基坑土方开挖施工方法

放坡挖土	最经济的方案；软土区挖深≤4m，地下水位低、土质好的区域采用
中心岛式挖土	①先撑后挖、分层开挖、严禁超挖 ②同一基坑：先浅后深；不同基坑：先深后浅；深度较大：先加固后开挖
盆式挖土	周边土坡对围护墙有支撑作用，有利于减少变形；但土方不能直接外运

表 4.75 深基坑支护的基本形式

形 式	特 点	适 用
水泥挡土墙 式 ^[2013]	具有挡水、截水双重功能 设备简单、速度快、造价低	①基坑护壁安全等级二、三级 ②地基承载力≤150kPa ③基坑深度≤6m
排桩与板墙式	刚度大、变形小、振动噪声小 排桩墙不能止水，连续墙需要机械多	①基坑护壁安全等级一、二、三级 ②悬臂式结构在软土地场中≤5m ③地下水位高于基坑底面时采用组合截水帷幕或地下连续墙 ④逆作法施工

(续)

形 式	特 点	适 用
边坡稳定式 ^[2010]	承载力高、安全可靠 噪声小、造价低	①基坑护壁安全等级二、三级，非软土 ②土钉墙基坑深度≤12m ③喷锚支护用于无流砂、含水量不高、不是淤泥的基坑，开挖深度≤18m ④地下水位高于基坑底面，降水截水
逆作挡墙式	简单可靠、费用低 施工方便速度快	①基坑护壁安全等级二、三级 ②淤泥和淤泥质土不宜采用 ③基坑深度不宜大于12m ④地下水位高于基坑底面，降水截水
放坡开挖式	不用支撑支护，土方量大，需外运	①基坑护壁安全等级三级 ②基坑周围满足放坡条件，土质较好 ③地下水位高于坡脚，采取降水

表 4.76 深基坑支护技术

复合土钉墙支护	①支护能力强，可做超前支护、并兼备支护截水效果 ②用于回填土、淤泥质土、黏性土、砂土、粉土等 ③施工时可不降水，用于深度>16m的深基坑
组合内支撑	①截面灵活多变、加工方便；计算理论成熟、可重复使用、节约投资 ②适用于建筑物密集、相邻建筑物基础埋深较大，周围土质情况复杂、施工场地狭小、软土地带等深大基坑
型钢水泥土复合搅拌桩支护(SMW)	①也称加筋地下连续墙法，是一种地下连续墙施工技术 ②目前用于软土地区以及开挖深度>15m的基坑围护工程
冻结排桩法基坑支护 ^[2013]	①将冻结施工技术与排桩支护技术合理结合运用 ②用于大体积深基础开挖施工；含水量高、软土和地下水丰富的地基基础

二、地下连续墙施工技术

表 4.77 地下连续墙的优缺点

用途	深基坑支护结构，建筑物地下室外墙(更经济) ^[2006]
优点 ^[2011, 2014]	①机械化施工、速度快、振动小，适用于城市密集建筑群及夜间施工 ②功能多，强度可靠，承载力大；适用于各种复杂地质条件和各种复杂施工条件 ③无须放坡，土方量小，可在低温下施工，降低成本，缩短时间 ④施工安全可靠，不会引起水位降低造成周围地基沉降 ⑤可用于深基础多层地下室施工

(续)

缺点 ^[2008]	①每段连续墙之间接头质量难以控制，易形成结构薄弱点 ②墙面粗糙，需加工处理或做衬壁；施工技术要求高，控制点多 ③制浆及处理系统占地大，管理难度大
----------------------	--

表 4.78 挖槽方法

多头钻施工法	①采用全断面钻进方式，槽壁平整，效率高，对周围建筑物影响小 ②适用于黏性土、砂质土、砂砾层和淤泥等土层
钻抓式施工法	①构造简单，出土方便，能抓出障碍物；深度>15m 或坚硬土层效率和精度降低 ②适用于黏性土和 N 值小于 30 的砂性土，不适用于软黏土
冲击式施工法	①设备简单、操作容易，功效低、槽壁平整度差 ②适用于黏性土、硬土和夹有孤石等地层，多用于排桩式地下连续墙成孔

表 4.79 地下连续墙混凝土的浇筑

混凝土材料的要求	①强度等级： $\geq C20$ ^[2014] ②水灰比： ≤ 0.6 ，0.6 是临界值 ^[2015] ③水泥用量： $\geq 400\text{kg/m}^3$ ④入槽坍落度：15~20cm
浇筑的要求	①混凝土应连续浇筑，一般允许中断 5~10min，最长 20~30min ②混凝土搅拌好以后，以 1.5h 内浇筑完毕为原则，夏天必须在 1h 内浇筑完 ③应保持浇筑的同步性，各点混凝土高度差不得大于 300mm ④槽内混凝土上升速度以为 3~4m/h

三、隧道工程施工技术

表 4.80 隧道工程施工方法

钻爆法 ^[2008]	①对通风要求高，钻头推进长度 $\leq 2\text{km}$ ，城市人口密集区域不能使用 ②常用于一般短洞、地下大洞室、非圆形的隧洞、地质条件变化大的地方 ③不能用于长洞、没施工条件的、地质条件差、特别软弱的地方 ④目前常用机械为气腿式风钻；回转钻机有时采用，孔径 50~200mm 甚至更大
TBM	①全断面掘进机 ^[2010] ：适宜打长洞 ^[2013] 、通风要求低、洞壁光滑稳定、超挖少 ②独臂钻：适宜开挖软岩；不适宜开挖地下水较多、围岩不稳定的地层 ③天井钻：开挖竖井或斜井 ^[2013] ；直径 1.5~3.5m 甚至更大，深度几十米至二三百米 ④带盾构：用于围岩为软弱破碎带，盾构前进后在间隙中填小豆石用水泥浆灌实

(续)

盾构法 ^[2007]	①分为开放式、部分开放式和封闭式 ②掌握好各种盾构机的特征是确定盾构工法的关键 ^[2011]
明挖法	简单成熟、能耗低、费用低;但受气象条件和环境影响大
盖挖法	①水平位移小、安全系数高;对地面影响小,受气候影响小 ②出土不方便,作业空间小,施工速度慢,费用高 ③分为逆作法和顺做法
浅埋暗挖法	①用于距离地表较近的地下进行各种类型地下洞室暗挖施工,土质隧道中应用较广 ②对地面影响小,不扰民,不影响交通,不污染城市,简单易行,专用设备少
沉管法	分为钢壳方式和干船坞方式

表 4.81 混凝土一次喷射厚度

喷射方向	掺加速凝剂/mm	不掺加速凝剂/mm
拱部	50 ~ 70	30 ~ 50
边墙	70 ~ 100	60 ~ 70

表 4.82 喷射混凝土含水量的控制

含水量	结果
≤4%	搅拌、上料机喷射过程中,易使尘土飞扬
≥8%	容易发生喷射机料管钻料和堵管现象
5% ~ 7%	最佳

表 4.83 采用树脂药包时的时间

树脂药包的时间参数	温度/℃	时 间
固化时间	20	5min
	15	10min
	10	20min
搅拌时间	正常温度	30s ^[2013]
	≤10	45 ~ 60s

表 4.84 隧道工程零散知识点总结

喷射混凝土工艺	喷嘴处的水压必须大于工作风压
锚杆施工要点	①砂浆强度等级不低于 M20，水灰比 0.45 ~ 0.5，砂粒径≥3mm ②锚杆杆体一般采用 $\phi 3$ 钢筋，直径 14 ~ 22mm，长度 2 ~ 3.5mm ③钻孔方向宜尽量与岩层主要结构面垂直 ④砂浆随伴随用，一次拌和的砂浆应在初凝前用完
早强药包	①药包应缓慢推入孔底，不得中途爆裂 ②药包直径宜比钻孔直径小 20mm 左右，药卷长度 20 ~ 30cm ③锚杆药包主要有硅酸盐与硫酸盐两个系列，分为速凝型、早强型、速凝早强型 ④孔眼应比锚杆长度短 4 ~ 5cm
缝管式摩擦锚杆	安设锚杆前应吹孔，并核对孔深是否符合设计要求，安设前应检查风压，不得小于 0.4MPa

四、地下工程特殊施工技术

表 4.85 长距离顶管技术

技术特点	无须挖槽或在水下开挖土方，施工速度快，降低造价，能穿越河流湖海
顶进长度	最佳施工条件下，一次顶进长度为 100m
关键技术	①顶力问题：采用润滑剂减阻或中继接力技术 ^[2017,2009] ②方向控制：长距离顶管技术成败的关键之一 ③制止正面塌方：本质是制服地下水问题 ④中继接力顶进：管道中设置中继环，分段克服摩擦阻力，解决顶力不足问题

表 4.86 气动夯管锤铺管的特点

适用范围广	几乎适应除了岩层以外的所有地层
精度高	可击碎穿越障碍物，具有较好的目标准确性
地表影响小	地表不会产生隆起或沉降
铺管长度短	适合较短的管道铺设，铺管长度(m) = 钢管直径(mm)/10
材料有要求	管道材料必须是钢材，其他材料需外套钢管
投资成本低	施工简单、进度快、耗材少，成本低
工作坑要求低	需要很小的施工深度，无须复杂的深基坑支护技术
安全可靠	穿越河流时，无须清理管内土体，无渗水现象

表 4.87 导向钻进法施工钻头的选择

地质条件	小钻头	中钻头	大钻头	其他
淤泥质黏土			✓	
干燥软黏土		✓		
硬质黏土	✓			钻头比探头外筒尺寸大 12mm 以上
钙质土层	✓			
粗粒砂层		✓		
砂质淤泥		✓		
较软土层			✓	
致密砂层	✓			确保钻头尺寸大于探头筒尺寸
砾石层	✓			镶焊小尺寸硬质合金钻头
骨节岩层				使用孔内动力钻具

表 4.88 逆作法施工

特点及适用	高层建筑、多层地下室、建筑群密集、相邻建筑物、地下水位高、场地狭小
分类	全逆作法、部分逆作法、分层逆作法

表 4.89 沉井法的定位垫木

圆形沉井	对称设置在 4 个支点上
矩形沉井	设置在两个长边上，每边 2 个
沉井长短边之比： $2 \leq l/b \leq 1.5$	两个定位点之间的距离为 0.71
沉井长短边之比： $l/b \geq 2$	两个定位点之间的距离为 0.61

表 4.90 沉井的挖土下沉

排水挖土下沉	土层透水性差、用水量不大、排水不致产生流砂现象时采用 ^[2013]
不排水挖土下沉	①土层中有较厚的亚砂土和粉砂土，地下水丰富，土层不稳定，有产生流砂的可能性时采用 ②下沉中要使井内水面高出井外水面 1 ~ 2m，以防流砂

第五章 工 程 计 量

第一节 工程计量概述

一、工程量的作用与计算依据

表 5.1 工程量的作用及计算依据

工程量的作用	①是确定建筑安装工程造价的重要依据 ②是承包方生产经营管理的重要依据 ③是发包方管理工程建设的重要依据
工程量计算的依据 ^[2008]	①经审定的施工设计图纸及其说明 ②工程施工合同、招标文件的商务条款 ③经审定的施工组织设计、项目管理实施规划或施工技术方案 ④工程量计算规则；2013 年最新规则

二、工程量计算规范

表 5.2 分部分项工程项目内容

项目编码	12 位：1~2 专业；3~4 分类；5~6 分部；7~9 分项；10~12 清单项目
项目名称	以形成工程实体为原则
项目特征 ^[2013,2014]	①主要意义：区分清单项目的依据；确定综合单价的前提；履行合同义务的基础 ②必须描述：涉及正确计量的内容，如门以“樘”或以“m ² ”为计量单位 涉及结构要求的内容，如混凝土强度等级 涉及材质要求的内容，如各种材料品种 涉及安装方式的内容，如钢管连接是螺纹还是焊接 ③可不描述：无实质影响的内容，如混凝土柱的断面尺寸 由投标人根据施工方案确定的内容 由投标人根据当地材料和施工要求确定的内容 由施工措施解决的内容，如现浇混凝土梁、板标高 采用标准图集或施工图样可满足描述要求的 注明由投标人根据施工现场实际自行决定报价的

(续)

计量单位 ^[2006,2008]	①所有单位均为基本单位 ②t：保留小数点后三位数字 ③m，m ² ，m ³ ，kg：保留小数点后两位数字 ④个、件、根、组、系统：取整数
计算规则	按施工图图示尺寸(数量)计算工程实体工程数量的净值 ^[2007,2008,2010]
工作内容	为了完成分部分项工程项目或措施项目需要发生的具体施工作业的内容
清单补充	编制人补充，报省级或行业工程造价管理机构备案，汇总后报住建部标准定额研究所 ^[2013]

表 5.3 工程量清单计量与定额工程量计量的区别联系

	定 额	清 单
项目设置	定额子目，较死板	分实体和非实体，较灵活
专业划分		9 大专业，可操作性强
工作内容	定额列项	综合多项定额
计算口径	考虑施工方案及加工余量	施工图中注明的净量
计量单位 ^[2012]	基本的物理计量单位或自然计量单位	扩大的物理计量单位或自然计量单位

三、工程量计算的方法

表 5.4 工程量计算的顺序及目的

顺序	①顺时针 ②先横后竖、先上后下、先左后右 ③按图纸分项编号顺序计算
目的	防止漏项少算或重复多算 ^[2006]

表 5.5 统筹法的记忆要点

线	三线：建筑物外墙中心线、外墙外边线和内墙净长线
面	一面：建筑物的底层建筑面积 ^[2011]
册	①不能以线面为基数计算的项目，如门窗、屋架、钢筋混凝土预制标准构件 ②规律明显的工程量，如槽、沟断面
特殊情况	①分段计算：基础断面不同 ②分层计算：各层建筑面积或材料不同 ③补加计算：保留相同的，增加不同的 ④补减计算：保留相同的，扣除不同的

(续)

统筹图的含义	①“三线一面”为基数，连续计算与之有共性关系的分部分项工程量 ②与基数无共性关系的分部分项工程量用“册”或图示尺寸计算
统筹图的内容 ^[2012]	① 主要程序线 ：在“线、面”基数上连续计算的程序线 ② 次要程序线 ：在分部分项项目上连续计算的程序线 ③ 基数 ：线、面 ④ 分部分项工程量计算公式 ⑤ 计算单位
统筹法的计算步骤	详见教材图 5.1.2，尤其要注意第三项——计算分项工程量的顺序 ^[2010]

第二节 建筑面积计算

一、建筑面积的概念

表 5.6 建筑面积的概念

建筑面积	定义：建筑物水平平面面积，外墙勒脚以上各层水平投影面积的总和 包括： 有效面积(使用面积 + 辅助面积) ^[2012] + 结构面积
使用面积	定义：直接为生产和生活使用的净面积总和 包括：居室、客厅、书房
辅助面积	定义：辅助生产或生活所占净面积的总和 包括： 楼梯、走道、卫生间、厨房 ^[2009]
结构面积	定义：建筑物中各层平面中墙体、柱等结构所占面积的总和 注意：不包括抹灰的厚度

二、建筑面积的作用

表 5.7 建筑面积的几个指标

规模控制指标	施工图的建筑面积不得超过初步设计的 5%，否则必须重新报批 ^[2013]
技术经济指标	①单位面积工程造价 = 工程造价/建筑面积 ②单位建筑面积的材料消耗指标 = 工程材料消耗量/建筑面积 ③单位建筑面积的人工用量 = 工程人工工日消耗量/建筑面积
方案评价指标	① 容积率 = 建筑总面积/建筑占地面积 ^[2014] ② 建筑密度 = 建筑物底层面积/建筑占地总面积 ^[2014]

三、建筑面积计算规则与方法

表 5.8 不计算建筑面积的范围

序号	内 容
1	设计不加以利用的建筑范围
2	与建筑物内不相连通的建筑部件
3	骑楼、过街楼底层的开放公共空间和建筑物通道
4	舞台及后台悬挂幕布和布景的天桥、挑台
5	露台、露天游泳池、花架、屋顶的水箱及装饰性结构构件
6	建筑物内的操作平台、上料平台、安装箱和罐体的平台
7	勒脚、附墙柱、垛、台阶、墙面抹灰、装饰面、镶贴块料面层、装饰性幕墙，主体结构外的空调室外机搁板(箱)、构件、配件
8	挑出宽度 <2.10m 的无柱雨篷和顶盖高度达到或超过两个楼层的无柱雨篷
9	窗台与室内地面高差在 0.45m 以下且结构净高在 2.10m 以下的无柱雨篷；窗台与室内地面高差 ≥0.45m 的凸(飘)窗
10	室外爬梯、室外专用消防钢楼梯
11	无围护结构的观光电梯
12	建筑物以外的地下人防通道，独立的烟囱、烟道、地沟、油(水)罐、气柜、水塔、贮油(水)池、贮仓、栈桥等构筑物

表 5.9 建筑面积计算规则与方法

序号	规 则	面积计算			高度判断				
		围护结构 外围水 平投影	围护设施 底板水 平投影	顶盖(板) 水平投影	层高(平) /m		净高 h (坡) /m		
					≥2.2	<2.2	≥2.1	$1.2 \leq h < 2.1$	<1.2
1	建筑物	✓			1	0.5			
2	建筑物内局部楼层	✓	✓		1	0.5			
3	建筑空间内坡屋顶						1	0.5	0
4	场馆看台下的建筑空间						1	0.5	0
	室内单独设置的悬挑看台		1						
	有顶盖无围护结构的场馆看台			0.5					
5	地下室、半地下室	✓			1	0.5			
6	出入口外墙外侧坡道有顶盖的部位	0.5							

(续)

序号	规 则	面积计算			高度判断				
		围护结构 外围水 平投影	围护设施 底板水 平投影	顶盖(板) 水平投影	层高(平) /m		净高 h (坡) /m		
					≥ 2.2	< 2.2	≥ 2.1	$1.2 \leq h < 2.1$	< 1.2
7	建筑物架空层及坡地 建筑物吊脚架空层			✓	1	0.5			
8	门厅、大厅内的走廊		✓		1	0.5			
9	建筑物的架空走廊	1	0.5						
10	立体书库、仓库、车库	✓	✓		1	0.5			
11	有围护结构的舞台灯光控制室	✓			1	0.5			
12	附属在建筑物外墙的落地橱窗	✓			1	0.5			
13	凸(飘)窗: 高差 ≤ 0.45 ; 结构净高 $\geq 2.1\text{m}$	0.5							
14	有围护设施的室外走廊(挑廊)		0.5						
	有围护设施(或柱)的檐廊		外围水 平 0.5						
15	门斗	✓			1	0.5			
16	门廊			0.5					
	有柱雨篷			0.5					
	无柱雨篷(悬挑 $\geq 2.1\text{m}$)			0.5					
17	楼梯间、水箱间、电梯间	✓			1	0.5			
18	围护结构不垂直于 水平面的楼层	按底板面的外墙外围 水平面积计算					1	0.5	0
19	有顶盖的采光井按	按一层计算面积					1	0.5	
	室内楼梯、井、烟道	按建筑物的自然层计算面积							
20	室外楼梯并入所依附 建筑物自然层		0.5						
21	主体结构内的阳台	1							
	主体结构外的阳台		0.5						
22	车棚、货棚、站台、 加油站、收费站			0.5					

(续)

序号	规 则	面积计算			高度判断				
		围护结构 外围水 平投影	围护设施 底板水 平投影	顶盖(板) 水平投影	层高(平) /m		净高 h (坡) /m		
					≥ 2.2	< 2.2	≥ 2.1	$1.2 \leq h < 2.1$	< 1.2
23	以幕墙作为围护结构的建筑物	幕墙 外边线							
24	建筑物的外墙外保温层	按其保温材料的水平截面积计算							
25	与室内相同的变形缝	按自然层合并在建筑面积内							
	高低连跨的建筑物， 高低跨内部连通	变形缝计算在低跨内							
26	设备层、管道层、避难层	√			1	0.5			

第三节 建筑与装饰工程的工程量计算规则与方法

一、土石方工程

表 5.10 土方工程的工程量计算

内容名称	判断条件	计算方法	单位
平整场地	建筑物场地厚度 $\leq \pm 300\text{mm}$ 的挖、填、运、平	设计图示尺寸以建筑物首层建筑面积	m^2
挖一般土方	建筑物场地厚度（平均厚度） $> \pm 300\text{mm}$	设计图示尺寸以体积计算，按挖掘前的天然密实体积计算	
挖沟槽土方	底宽 $\leq 7\text{m}$ 且底长 >3 倍底宽	基础垫层底面积 $\times$ 挖土深度	m^3
挖基坑土方	底长 ≤ 3 倍底宽且底面积 $< 150\text{m}^2$		
挖一般土方	超出上述范围		
冻土开挖		设计图示尺寸开挖面积 $\times$ 厚度	
挖淤泥流砂		设计图示位置、界限以体积计算	
管沟土方	两种计算方法：长度或体积	设计图示以管道中心线长度计算	m
		设计图示管底垫层面积 $\times$ 挖土深度	m^3
		无垫层按管外径水平投影面积 $\times$ 挖土深度	

表 5.11 石方工程的工程量计算

内容名称	判断条件	计算方法	单位
挖一般石方	挖土厚度 > ±300mm 的竖向布置挖石或山坡凿石	设计图示尺寸以体积计算，按挖掘前的天然密实体积计算	m ³
挖沟槽石方	底宽≤7m 且底长 > 3 倍底宽	沟槽(基坑)底面积 × 挖石深度	
挖基坑石方	底长≤3 倍底宽且底面积 < 150m ²		
挖一般土方	超出上述范围		
管沟土方	两种计算方法：长度或体积	设计图示以管道中心线长度计算	m
		设计图示截面积 × 长度	m ³

表 5.12 回填工程量计算

内容名称	计算方法	单位
回填	场地回填：回填面积 × 平均回填厚度	m ³
	室内回填：主墙间净面积 × 回填厚度，不扣除间隔墙	
	基础回填：挖方清单项目工程量 - 自然地坪以下埋设的基础体积(包括垫层及其他构筑物)	
余方弃置	按挖方清单项目工程量减去利用回填方体积(正数)计算	

二、地基处理与边坡支护工程

表 5.13 地基处理的工程量计算

内容名称	计算方法	单位
换填垫层	按设计图示尺寸以体积计算	m ³
铺设土工合成材料	按设计图示尺寸以面积计算	m ²
预压及强夯地基	按设计图示处理范围以面积计算	
振冲密实(不填料)		
砂石桩	设计桩截面×桩长(包括桩尖)以体积计算	m ³
水泥粉煤灰碎石桩	按设计图示以桩长(包括桩尖)计算	m
水泥土桩、石灰桩、灰土桩		
深层搅拌桩、粉喷桩、柱锤冲扩桩		
注浆地基	按设计图示以钻孔深度计算	m
	按设计图示以加固体积计算	m ³
褥垫层	按设计图示以铺设面积计算	m ²
	按设计图示尺寸以体积计算	m ³

表 5.14 基坑与边坡支护

内容名称	计算方法	单位
地下连续墙	按设计图示墙中心线长度×厚度×槽深	m ³
咬合灌注桩、圆木桩、 预制钢筋混凝土板桩	按设计图示尺寸以桩长计算	m
	按设计图示数量计算	根
型钢装	按设计图示尺寸以质量计算	t
	按设计图示数量计算	根
钢板桩	按设计图示尺寸以质量计算	t
	按设计图示墙中心线长度×桩长	m ²
锚杆、锚索、土钉	按设计图示尺寸以钻孔深度计算	m
	按设计图示数量计算	根
喷射混凝土、喷射水泥砂浆	按设计图示尺寸以面积计算	m ²
钢筋混凝土支撑	按设计图示尺寸以体积计算	m ³
钢支撑	按设计图示尺寸以质量计算 不扣除孔眼质量，焊条、铆钉、螺栓不另增加	t

三、桩基础工程

表 5.15 桩基础工程计算规则

分类	种类	计算方法	单位
打桩	预制钢筋混凝土 土方(管)桩	按设计图示尺寸以桩长(包括桩尖)计算	m
		按设计图示截面面积×桩长(包括桩尖)以体积计算	m ³
		按设计图示数量计算	根
	钢管桩	按设计图示尺寸以质量计算	t
		按设计图示数量计算	根
	截(凿)桩头	按设计截面面积×桩头长度以体积计算	m ³
		按设计图示数量计算	根
灌注桩	泥浆护壁成孔 沉管灌注桩	按设计图示尺寸以桩长(包括桩尖)计算	m
		不同截面在桩上范围内以体积计算	m ³
	干作业成孔灌注桩	按设计图示数量计算	根
	挖孔桩土(石)方	设计图示尺寸(含护壁)截面面积×挖孔深度	m ³
	人工挖孔灌注桩	桩芯混凝土体积	m ³
		按设计图示数量计算	根
	压浆桩	按设计图示以桩长计算	m
		按设计图示数量计算	根

四、砌筑工程

表 5.16 砖基础工程计算规则

计算规则	①按设计图示尺寸以体积计算，单位： m^3 ②包括附墙垛基础宽出部分体积，靠墙暖气沟的挑檐不增加
扣除体积	地梁、圈梁、构造柱所占体积
不扣除体积	①基础大放脚 T 形接头处的重叠部分 ②嵌入基础内的钢筋、铁件、管道、基础砂浆防潮层 ③单个面积 $\leq 0.3\text{m}^2$ 的孔洞所占体积
基础长度	①外墙：按外墙中心线计算 ②内墙：按内墙净长线计算
基础与墙分界	材料相同： ①无地下室者，以设计室内地面为界，以下为基础，以上为墙身 ②有地下室，以地下室室内设计地面为界，以下为基础，以上为墙身 材料不同： ①位于设计室内地面高度 $\leq \pm 300\text{mm}$ ，以不同材料为界线 ②位于设计室内地面高度 $> \pm 300\text{mm}$ ，以设计室内地面为界线 砖围墙： 以设计室外地坪为界，以下为基础，以上为墙身

表 5.17 实心砖墙、多孔砖墙、空心砖墙、砌块墙、石墙工程计算规则

计算规则	按设计图示尺寸以体积计算，单位：m^3 需要并入墙体体积计算的包括： ①凸出墙面的砖垛体积并入墙体体积计算 ②附墙烟囱、通风道、垃圾道，按设计图示尺寸以体积计算(扣除空洞体积) 不需要另外增加的体积： 凸出墙面的腰线、挑檐、压顶、窗台线、虎头砖、门窗套的体积
扣除体积	①门窗洞口、过人洞、空圈、嵌入墙内的柱、梁、圈梁、挑梁、过梁的体积 ②凹进墙内的壁龛、管槽、暖气槽、消火栓箱的体积
不扣除体积	①梁头、板头、檩头、垫木、木楞头、沿椽木、木砖、门窗走头的体积 ②砖墙内加固钢筋、木筋、铁件、钢管及单个面积 $\leq 0.3\text{m}^2$ 的孔洞的体积
墙的长度	①外墙：按外墙中心线长度计算 ②内墙：按内墙净长线长度计算

(续)

墙的高度	外墙: ①斜屋面无檐口者算至屋面板底 ②有屋架且室内外均有天棚者算至屋架下弦底 + 200mm ③无天棚者算至屋架下弦底 + 300mm ④出檐宽度超过 600mm, 按实砌高度计算 ⑤有钢筋混凝土楼板隔层者, 算至板顶 ⑥平屋面算至钢筋混凝土板底 内墙: ①位于屋架下弦者, 算至屋架下弦底 ②无屋架者算至天棚底 + 100mm ③有钢筋混凝土楼板隔层者, 算至楼板顶 ④有框架梁者, 算至框架梁底 女儿墙: ①从屋面板上表面算至女儿墙顶面 ②有混凝土压顶时, 算至压顶下表面 内外山墙: 按平均高度计算
围墙	①高度算至压顶上表面, 如有混凝土压顶时算至压顶下表面 ②围墙柱并入围墙体积内计算
框架间墙	不分内外墙按墙净尺寸, 以体积计算

表 5.18 其他砖砌体工程的工程量计算规则

空斗墙	①设计图示尺寸, 以空斗墙外形体积计算, 单位: m^3 ②墙角、内外墙交接处、门窗洞口立边、窗台砖、屋檐处的实砌部分体积并入计算
空花墙	①设计图示尺寸, 以空花部分外形体积计算, 单位: m^3 ②不扣除空洞部分体积
填充墙	设计图示尺寸, 以填充墙外形体积计算, 单位: m^3
实心砖柱 多孔砖柱 砌块柱	①设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3 ②扣除混凝土及钢筋混凝土梁垫、梁头、板头所占体积
零星砌筑	①砖砌锅台、炉灶: 按外形尺寸以设计图示数量计算, 单位: 个 ②砖砌台阶: 按图示尺寸水平投影面积计算, 单位: m^2 ③小便槽、地垄墙: 按图示尺寸以长度计算, 单位: m ④其他工程: 按图示尺寸截面面积 $\times$ 长度计算, 单位 m^3

(续)

砖砌检查井	按设计图示数量计算，单位：座
砖散水、地坪	按设计图示尺寸以面积计算，单位：m ²
砖地沟、明沟	按设计图示中心线长度计算，单位：m
砖砌挖孔桩护壁	按设计图示尺寸以体积计算，单位：m ³

表 5.19 石砌体基础工程量计算规则

计算规则	①按设计图示尺寸以体积计算，单位：m ³ ②包括附墙垛基础宽出部分体积，靠墙暖气沟的挑檐不增加
不扣除体积	①基础砂浆防潮层 ②单个面积≤0.3m ² 的孔洞所占体积
基础长度	①外墙：按外墙中心线计算 ②内墙：按内墙净长线计算
界线划分	①基础与勒脚应以设计室外地坪为界 ②勒脚与墙身应以设计室内地坪为界 ③石围墙内外地坪标高不同：以较低地坪标高为界，以下为基础，以上为墙 ④内外标高之差为挡土墙时：挡土墙以上为墙身 ⑤基础垫层包括在基础项目内，不计算工程量

表 5.20 其他石砌体工程的工程量计算规则

内容名称	计算规则	单位
石勒脚	按设计图示尺寸以体积计算。扣除单个面积 >0.3m ² 的孔洞面积	m ³
石挡土墙	按设计图示尺寸以体积计算	
石柱		
石护坡		
石台阶		
石栏杆	按设计图示尺寸以长度计算	m
石地沟、石明沟	按设计图示尺寸以中心线长度计算	
石坡道	按设计图示尺寸以水平投影面积计算	m ²

五、混凝土及钢筋混凝土工程

表 5.21 现浇混凝土工程的工程量计算规则

基础	①按设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3 ②不扣除: 构件内钢筋、预埋铁件和伸入承台基础的桩头体积
柱	按设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3 不扣除: 构件内钢筋、预埋铁件的体积 高度: ①有梁板: 自柱基上表面(或楼板上表面)至上一层楼板上表面之间的高度 ②无梁板: 自柱基上表面(或楼板上表面)至柱帽下表面之间的高度 ③框架柱: 自柱基上表面至柱顶高度 ④构造柱: 按全高计算, 嵌接墙体部分(马牙槎)并入柱身体积计算 ⑤依附于柱上的牛腿和升板的柱帽, 并入柱身体积计算
梁	按设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3 不扣除: 构件内钢筋、预埋铁件的体积 并入计算: 深入墙内的梁头、梁垫 梁长: ①梁与柱连接时: 长度算至柱的侧面 ②主梁与次梁连接时: 次梁长度算至主梁侧面
墙	①按设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3 ②不扣除: 构件内钢筋, 预埋铁件的体积 ③扣除: 门窗洞口及单个面积 $> 0.3\text{m}^2$ 的孔洞体积 ④墙垛及凸出墙面部分并入墙体体积计算
板	按设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3 不扣除: 构件内钢筋、预埋铁件及单个面积 $\leq 0.3\text{m}^2$ 的柱、垛及孔洞体积 压型钢板混凝土楼板: 扣除构件内压形钢板所占体积 有梁板: 按梁、板体积之和计算 无梁板: 按板、柱帽体积之和计算 并入计算: ①各类板伸入墙内的板头并入板的体积内计算 ②薄壳板的肋、基梁并入薄壳体积内计算
天沟 檐沟 挑檐板	①按设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3 ②与板连接时: 以外墙外边线为分界线 ③与圈梁连接时: 以梁外边线为分界线

(续)

雨棚 悬挑板 阳台板	①按设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3 ②包括伸出墙外的牛腿和雨棚反挑檐的体积 ③与板连接时: 以外墙外边线为分界线 ④与圈梁连接时: 以梁外边线为分界线
空心板	按设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3 。应扣除空心部分体积
其他板	按设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3
后浇带	

表 5.22 现浇混凝土其他构件的工程量计算规则

散水、坡道、室外地坪	①按设计图示尺寸以面积计算, 单位: m^2 ②不扣除单个面积 $\leq 0.3\text{m}^2$ 的孔洞所占的面积、构件内钢筋、预埋铁件
电缆沟、地沟	按设计图示以中心线长度计算, 单位: m
台阶	按设计图示尺寸水平投影面积计算, 单位: m^2
	按设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3
扶手、压顶	按设计图示的中心线延长米计算, 单位: m
	按设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3
化粪池、检查井	按设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3
	按设计图示数量计算, 单位
小型池槽、垫块、门框	按设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3

表 5.23 楼梯的工程量计算规则

现浇	①计算规则: 按设计图示尺寸以水平投影面积计算, 单位: m^2 按设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3 ②不扣除: 宽度 $\leq 500\text{mm}$ 的楼梯井 ③不计算: 伸入墙内部分 ④整体楼梯: 包括休息平台、平台梁、斜梁和楼梯的连接梁 ⑤整体楼梯与现浇楼板无梯梁连接时, 以楼梯的最后一个踏步边缘 + 300mm 为界
预制	①计算规则: 按设计图示尺寸以体积计算, 单位: m^3 按设计图示数量计算, 单位: 段 ②应该扣除: 空心踏步板空洞体积

表 5.24 预制混凝土构件的工程量计算规则

梁、柱	①计算规则：按图示设计尺寸以体积计算，单位： m^3 按图示设计尺寸以数量计算，单位：根 ②不予扣除：构件内钢筋、预埋铁件的体积
屋架	①计算规则：按图示设计尺寸以体积计算，单位： m^3 按图示设计尺寸以数量计算，单位：榀 ②不予扣除：构件内钢筋、预埋铁件的体积
板	③计算规则：按图示设计尺寸以体积计算，单位： m^3 按图示设计尺寸以数量计算，单位：块 ④不予扣除：构件内钢筋、预埋铁件及单个尺寸 $\leq 300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的孔洞体积
沟盖板、井盖板、井圈	计算规则：按设计图示尺寸以体积计算，单位： m^3 按设计图示尺寸以数量计算，单位：块
其他构件	①计算规则：按设计图示尺寸以体积计算，单位： m^3 不予扣除：单个尺寸 $\leq 300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的孔洞体积 ②计算规则：按设计图示尺寸以面积计算，单位： m^2 不予扣除：单个尺寸 $\leq 300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的孔洞面积 ③计算规则：按设计图示尺寸以数量计算，单位：根

表 5.25 钢筋工程的工程量计算规则

工程量计算方法	图示钢筋长度 $\times$ 单位理论质量
图示钢筋长度	构件尺寸 - 保护层厚度 + 弯起钢筋长度 + 弯钩长度 + 搭接长度
钢筋的单位质量	$7850\text{kg}/\text{m}^3$
弯起的增加	$30^\circ: 0.268h$; $45^\circ: 0.268h$; $60^\circ: 0.268h$
弯钩的增加	$45^\circ: 4.9d$; $90^\circ: 3.25d$; $180^\circ: 6.25d$
箍筋长度	构件截面周长 - $8 \times$ 保护层厚度 - $4 \times$ 箍筋直径 + $2 \times$ 钩长
箍筋根数	(箍筋分布长度/箍筋间距) + 1，计算结果取整 + 1
螺栓、预埋铁件	①按设计图示尺寸以质量计算，单位：t ②机械连接按数量计算，单位：个

表 5.26 混凝土保护层最小厚度

环境等级	板墙壳/mm	梁柱/mm
一	15	20
二 a	20	25
二 b	25	35
三 a	30	40
三 b	40	50

注：1. 混凝土强度等级 $\leq \text{C}25$ ，表中保护层厚度数值增加 5mm。
2. 钢筋混凝土基础宜设置混凝土垫层，其受力钢筋的混凝土保护层厚度应从垫层顶面算起，且不应小于 40mm。

六、金属结构

表 5.27 金属结构的工程量计算规则

钢网架	①按设计图示尺寸以质量计算，单位：t ②不扣除：孔眼质量；不增加：焊条、铆钉、螺栓质量
钢屋架	①按设计图示尺寸以数量(质量)计算，单位：榀(吨) ②不扣除：孔眼质量；不增加：焊条、铆钉、螺栓质量
钢托架、钢桁架、钢架桥	①按设计图示尺寸以质量计算，单位：吨 ②不扣除：孔眼、切边、切肢质量；不增加：焊条、铆钉、螺栓质量 ③不规则或多边形钢板：外接矩形面积×厚度×单位理论质量
实腹柱 空腹柱 钢管柱	①按设计图示尺寸以质量计算，单位：吨 ②不扣除：孔眼、切边、切肢质量；不增加：焊条、铆钉、螺栓质量 ③不规则或多边形钢板：外接矩形面积×厚度×单位理论质量 ④依附在钢柱上的牛腿及悬臂梁等并入钢柱工程量内
钢梁、吊车梁	①按设计图示尺寸以质量计算，单位：吨 ②不扣除：孔眼、切边、切肢质量；不增加：焊条、铆钉、螺栓质量 ③不规则或多边形钢板：外接矩形面积×厚度×单位理论质量 ④制动梁、制动板、制动桁架、车档并入钢吊车梁工程量内
压型钢板楼板	①按设计图示尺寸以铺设的水平投影面积计算，单位： m^2 ②不扣除单个面积 $\leq 0.3m^2$ 的柱、垛及空洞所占面积
压型钢板墙板	③按设计图示尺寸以铺挂面积计算，单位： m^2 ④不扣除：单个面积 $\leq 0.3m^2$ 的梁、孔洞面积；不增加：包角、包边、窗台泛水
钢构件	①按设计图示尺寸以质量计算，单位：t ②不扣除：孔眼、切边、切肢质量；不增加：焊条、铆钉、螺栓质量
百叶护栏、 栅栏、网栏	按设计图示尺寸以框外围展开面积计算，单位 m^2
成品雨棚	①按设计图示接触边以长度计算，单位：m ②按设计图示尺寸以展开面积计算，单位： m^2
钢丝网	按设计图示尺寸以面积计算，单位： m^2

七、木结构

表 5.28 木结构的工程量计算规则

木屋架	①按设计图示数量计算，单位：榀 ②按设计图示的规格尺寸以体积计算，单位： m^3
钢木屋架	按设计图示数量计算，单位：榀
木柱、木梁	按设计图示尺寸以体积计算，单位： m^3
木檩条及其他木构件	①按设计图示尺寸以体积计算，单位： m^3 ②按设计图示尺寸以长度计算，单位：m
木楼梯	①按设计图示尺寸以水平投影面积计算，单位： m^2 ②不扣除宽度 $\leq 300mm$ 的楼梯井；不计算：伸入墙内部分
屋面木基层	①按设计图示尺寸以斜面积计算，单位： m^2 ②不扣除：房上烟囱、风帽底座、风道、小气窗、斜沟的面积 ③不增加：小气窗的出檐部分

八、门窗工程

表 5.29 门窗工程的工程量计算规则

门	①通用：按设计图示数量计算，单位：樘 ②有洞口尺寸：按设计图示洞口尺寸以面积计算，单位： m^2 ③无洞口尺寸：按设计图示门框或扇以面积计算，单位： m^2
窗	①通用：按设计图示数量计算，单位：樘 ②有洞口尺寸：按设计图示洞口尺寸以面积计算，单位： m^2 ③无洞口尺寸：按设计图示以框外围面积计算，单位： m^2
门窗套	①按设计图示数量计算，单位：樘 ②按设计图示尺寸以展开面积计算，单位： m^2 ③按设计图示中心以延长米计算，单位：m
门窗贴脸	①按设计图示数量计算，单位：樘 ②按设计图示中心以延长米计算，单位：m
窗台板	按设计图示尺寸以展开面积计算，单位： m^2
窗帘	①按设计图示尺寸以成活后长度计算，单位：m ②按设计图示尺寸以成活后展开面积计算，单位： m^2
窗帘盒、窗帘轨	按设计图示尺寸以长度计算，单位：m

九、屋面及防水工程

表 5.30 屋面工程的工程量计算规则

瓦屋面、 型材屋面	①按设计图示尺寸以斜面积(屋面水平投影面积×屋面延迟系数)，单位： m^2 ②不扣除：烟囱、风帽底座、风道、小气窗、斜沟的面积 ③不增加：小气窗的出檐部分
阳光板、 玻璃钢屋面	①按设计图示尺寸以斜面积计算，单位： m^2 ②不扣除：屋面面积 $\leq 0.3\text{m}^2$ 孔洞所占面积
膜结构屋面	按设计图示尺寸以需要覆盖的水平投影面积计算，单位： m^2

表 5.31 防水及防潮工程的工程量计算规则

部位	内容	计算规则(按设计图示尺寸)	单位
屋面	卷材、涂膜	①按面积计算，斜屋顶用斜面积；平屋顶用水平投影面积 ②不扣除：烟囱、风帽底座、风道、屋面小气窗和斜沟 ③并入计算：女儿墙、伸缩缝、天窗等处弯起部分	m ²
	刚性防水	按面积计算；不扣除：烟囱、风帽底座、风道	
	天沟、檐沟	按展开面积计算	
	排水管	①按长度计算 ②如未标注尺寸，以檐口至设计室外散水上表面垂直距离计算	m
	排(透)气管	按长度计算	
	变形缝		
	泄水管	按数量计算	
墙面	卷材、涂膜、砂浆	按面积计算	m ²
	变形缝	按面积计算；若做双面，工程量乘系数2	m
楼(地)面	卷材、涂膜、砂浆	按面积计算；搭接及附加层用量不另行计算	m ²
	楼地面防水	①按主墙间净空面积计算 ②扣除凸出地面的构筑物、设备基础面积 ③不扣除：间壁墙、单个面积≤0.3m ² 柱、垛、烟囱及孔洞	
	反边	①高度≤300mm：按地面防水计算 ②高度>300mm：按墙面防水计算	
	变形缝	按长度计算	m

十、保温、隔热、防腐工程

表 5.32 保温隔热工程的工程量计算规则

部位	计算规则(按设计图示尺寸)	单位
屋面	①按面积计算 ②扣除 $>0.3\text{m}^2$ 的孔洞所占面积	m^2
天棚	①按面积计算 ②扣除 $>0.3\text{m}^2$ 的柱、垛、孔洞所占面积 ③与天棚相连接的梁按展开面积,并入天棚工程量内	
墙面	①按面积计算 ②扣除门窗洞口,以及 $>0.3\text{m}^2$ 的柱、垛、孔洞所占面积 ③门窗洞口侧壁以及与墙相连的柱,并入保温墙体工程量内	
柱	①按柱断面保温层中心线展开长度 $\times$ 保温层高度 ②扣除 $>0.3\text{m}^2$ 的梁所占面积 ③适用于不与墙、天棚相连的独立柱	
梁	①按梁断面保温层中心线展开长度 $\times$ 保温层长度 ②适用于不与墙、天棚相连的独立梁	
楼地面	①按面积计算 ②扣除 $>0.3\text{m}^2$ 的柱、垛、孔洞所占面积	

表 5.33 防腐工程的工程量计算规则

内容	计算规则(按设计图示尺寸)	单位
基本面层、 隔离层及涂料	①按面积计算 ②平面防腐:扣除凸出的构筑物、设备基础 $>0.3\text{m}^2$ 的孔洞、柱、垛面积; 不增加门洞、空圈、暖气包槽、壁龛的开口部分面积 ③立面防腐:扣除门、窗洞口面积 $>0.3\text{m}^2$ 的孔洞、柱、垛面积; 门、窗、洞口侧壁、垛凸出部分按展开面积计算	m^2
池、槽快料	按展开面积计算	
砌筑沥青浸渍砖	按体积计算	m^3

十一、楼地面装饰工程

表 5.34 楼地面装饰工程

内容名称	计算规则(按设计图示尺寸)	单位
整体面层	①按面积计算 ②扣除：凸出地面构筑物、设备基础、室内铁道、地沟面积 ③不扣除：间壁墙 $\leq 0.3\text{m}^2$ 的柱、垛、附墙烟囱及孔洞面积 ④不增加：门洞、空圈、暖气包槽、壁龛的开口部分增加面积	m^2
块料、橡塑及其他面层	①按面积计算 ②门洞、空圈、暖气包槽、壁龛的开口部分并入相应的工程量	
找平层	按面积计算	
楼梯面层	按水平投影面积计算(包括踏步、休息平台及 $\leq 500\text{mm}$ 的楼梯井)	
台阶装饰	按台阶水平投影面积计算	
零星装饰	按面积计算	
踢脚线	按长度 $\times$ 高度计算	m
	按延长米计算	

十二、墙、柱面装饰与隔断、幕墙工程

表 5.35 墙、柱装饰工程的工程量计算规则

部位	内容名称	计算规则(按设计图示尺寸)	单位
墙	抹灰	①按面积计算 ②扣除：墙裙、门窗洞口及 $> 0.3\text{m}^2$ 的孔洞面积 ③不扣除：踢脚线、挂镜线以及墙与构件交接处的面积 ④不增加：门窗洞口和孔洞侧壁及顶面 ⑤附墙柱、梁、垛、烟囱侧壁并入墙面面积 ⑥飘窗凸出外墙增加抹灰并入外墙	m^2
	外墙抹灰	按外墙垂直投影面积计算	
	外墙裙抹灰	按长度 $\times$ 高度计算	
	内墙抹灰	①按主墙间的净长 $\times$ 高度计算 ②无墙裙的内墙高度：按室内楼地面至天棚底面计算 ③有墙裙的内墙高度：按墙裙顶至天棚底面计算 ④有吊顶的内墙高度：算至天棚底	
	内墙裙抹灰	按内墙净长 $\times$ 高度计算	

(续)

部位	内容名称	计算规则(按设计图示尺寸)	单位
墙	饰面	①按墙净长×净高计算 ②扣除：门窗洞口及单个面积>0.3m ² 的孔洞面积	m ²
柱(梁)	抹灰	按柱(梁)断面周长×高度计算	
	柱(梁)面装饰	①按饰面外围尺寸以面积计算 ②柱帽、柱墩并入相应工程量内	根
	成品装饰柱	按数量计算	
		按长度计算	m
共同	镶贴块料	按镶贴面积计算	m ²
	干挂石材钢骨架	按质量计算	t
	零星抹灰、镶贴块料	按面积计算，工程量≤0.5m ²	m ²

表 5.36 幕墙及隔断工程的工程量计算规则

部位	内容名称	计算规则(按设计图示尺寸)	单位
幕墙	带骨架	①按图示框外围尺寸，以面积计算 ②不扣除：与幕墙同材质的窗的面积	m ²
	全玻璃幕墙	①按面积计算 ②带肋全玻璃幕墙按展开面积计算	
隔断	木、金属隔断	①按设计图示框外围尺寸，以面积计算 ②不扣除：单个面积<0.3m ² 的孔洞所占面积 ③浴厕门的材质与隔断相同时，并入隔断面积	m ²
		①按设计图示框外围尺寸，以面积计算 ②不扣除：单个面积<0.3m ² 的孔洞所占面积	
	成品隔断	按设计图示框外围尺寸，以面积计算	间
		按设计间的数量计算	

十三、天棚工程

表 5.37 天棚工程的工程量计算规则

内容名称	计算规则(按设计图示尺寸)	单位
抹灰	①以水平投影面积计算 ②不扣除：间壁墙、垛、柱、附墙烟囱、检查口和管道面积 ③带梁天棚、梁两侧抹灰面积并入天棚面积内 ④板式楼梯地面抹灰按斜面积计算；锯齿形楼梯底板抹灰按展开面积计算	m ²

(续)

内容名称	计算规则(按设计图示尺寸)	单位
吊顶	①按水平投影面积计算 ②扣除单个>0.3m ² 的孔洞、独立柱及与天棚相连的窗帘盒的面积	m ²
采光天棚	按框外围展开面积计算	
其他装饰	灯带(槽):按框外围面积计算	
	送风口、回风口:按设计图示以数量计算	个

十四、油漆、涂料、裱糊工程

表 5.38 油漆、涂料、裱糊工程的工程量计算规则

内容	部位	计算规则(按设计图示尺寸)	单位
油漆	门、窗	以数量或单面洞口面积计算	樘/m ²
	木扶手	以长度计算	m
	其他板条、线条		
	木材面	以面积(外围、展开)计算	m ²
	金属面	以质量计算或按设计展开面积计算	t/m ²
	抹灰面、满刮腻子	以面积计算	m ²
	抹灰线条	以长度计算	m
涂料	墙面、天棚	以面积计算	m ²
	空花格、栏杆	以单面外围面积计算	
	线条	以长度计算	m
	金属构件	以质量计算或按设计展开面积计算	t/m ²
	木材构件	以面积计算	m ²
裱糊	墙纸、织锦缎	以面积计算	m ²

十五、其他装饰工程

表 5.39 其他装饰工程的工程量计算规则

内容名称	计算规则(按设计图示尺寸)	单位
柜类、货架	以数量/延长米/体积计算	个/m/m ³
装饰线	以长度计算	m
扶手、栏杆、栏板	以扶手中心线长度计算	m
暖气罩	以垂直投影面积(不展开)计算	m ²

(续)

内容名称	计算规则(按设计图示尺寸)	单位
浴厕配件	台面外按矩形面积/数量/边框外围面积计算	m ² /个/m ²
雨棚	以水平投影面积计算	m ²
旗杆	按设计图示以数量计算	根
招牌	①平面、箱式以正立面边框外围面积计算 ②复杂形的凹凸造型面积不增加	m ²
灯箱	按设计图示数量计算	个
美术字	按设计图示数量计算	个

十六、拆除工程

表 5.40 拆除工程的工程量计算规则

拆除工程的内容	拆除工程量计算规则				
	体积	面积	延长米	质量	数量
砖砌体	m ³		m		
混凝土及钢筋混凝土构件、木构件	m ³	m ²	m		
抹灰面、屋面、隔断横隔墙		m ²			
块料面层、龙骨、饰面、玻璃		m ²			
铲除油漆涂料裱糊面		m ²	m		
栏杆、栏板		m ²	m		
木及金属门窗		m ²			樘
钢网架				t	
钢梁、钢柱、钢支撑、钢墙架			m	t	
管道			m		
卫生洁具、灯具					套(个)
暖气罩、柜体			m		个
窗台板、筒子板			m		块
窗帘盒、窗帘轨			m		
开孔、打洞					个

十七、措施项目

表 5.41 脚手架工程量计算规则

内容名称	计算规则	单位
综合脚手架	①按建筑面积计算 ②特征包括：建筑结构形式、檐口高度	m ²
里、外脚手架，外装饰吊篮	按服务对象的垂直投影面积计算	
整体提升架(包括 2m 高的防护架体设施)	按服务对象的垂直投影面积计算	
悬空脚手架、满堂脚手架	按搭设的水平投影面积计算	
外挑脚手架	按搭设长度×层数，以延长米计算	m

表 5.42 混凝土模板及支架工程量计算规则

内容名称	计算规则	单位
基础、柱、梁、板、墙	①按模板与现浇构件的接触面积计算 ②墙板：不扣除单孔面积≤0.3m ² 的孔洞面积，侧壁模板不增加 扣除单孔面积 >0.3m ² 的孔洞面积，侧壁模板面积并入计算 ③梁板柱：附墙柱、暗梁、暗柱并入墙内工程量 ④构件相互连接的重叠部分：不计算模板面积 ⑤构造柱：按图示外露部分计算	m ²
沟、池、井、带、散水	按模板与现浇构件的接触面积计算	
雨棚、悬挑板、阳台板	按图示外挑部分尺寸的水平投影面积计算，挑出墙外的部分不计算	
楼梯	①按楼梯(包括休息平台、平台梁、斜梁和连接梁)水平投影面积计算 ②不扣除：宽度≤500mm 的楼梯井的面积，深入墙内部分不增加 ③楼梯踏步、踏步板、平台梁等侧面模板不另计算	

表 5.43 垂直运输计算规则

定义	施工工程在合理工期内所需垂直机械
计算规则	①按建筑面积计算，单位：m ² ②按施工工期日历天数计算，单位：天
项目特征	建筑类型及结构形式；地下室建筑面积；檐口高度；层数

表 5.44 超高施工增加计算规则

定义	单层建筑物檐口高度 >20m，多层建筑物 >6 层
计算规则	①按建筑物超高部分的建筑面积计算，单位：m ² ②同一建筑物有不同檐高时，按不同高度分别计算
工作内容	①由超高引起的人工工效降低以及由于人工工效降低引起的机械降效 ②高层施工用水加压水泵的安装、拆除及工作台班 ③通信联络设备的使用及摊销

表 5.45 大型机械设备进出场、安拆及施工排水、降水的计算规则

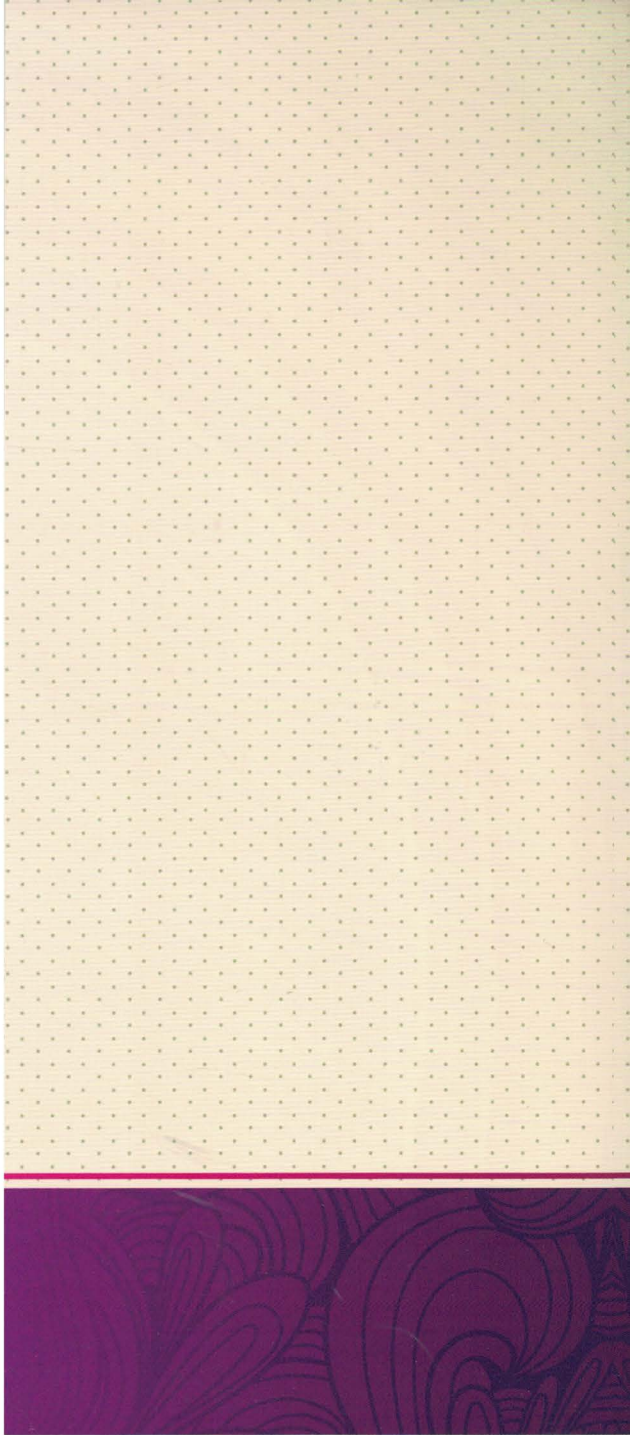
内容名称	计算规则	单位
大型机械设备进出场及安拆	按使用机械的数量计算	台次
成井	按设计图示尺寸以钻孔深度计算	m
排水、降水	按排水、降水的日历天数计算	昼夜

表 5.46 安全文明施工的计算规则

名称	具体内容
环境保护	防治噪声、扬尘、污染源、垃圾、排水、排污、其他环保措施
文明施工	五牌一图、美化装饰、卫生洁净、防蚊虫、场地硬化、绿化治安、医务防暑
安全施工	资料设备、用电起重、防护消防
临时设施	建筑物、水、路、排水沟

表 5.47 其他措施项目的计算规则

名 称	具体内容
夜间施工	夜间照明、警示、用电、夜班补助、施工劳动效率降低
非夜间施工照明	地下室等特殊部位的照明
二次搬运	场地限制，一次运输不能到达，必须二次或多次搬运
冬雨期施工	临时设施、保温加热、养护清雪、劳保用品、效率降低
地上、地下设施、建筑物的临时保护设施	遮盖、封闭、隔离
已完工程及设备保护	覆盖、包裹、封闭、隔离



电话服务

服务咨询热线: 010-88361066

读者购书热线: 010-68326294

010-88379203

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

金书网: www.golden-book.com

教育服务网: www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

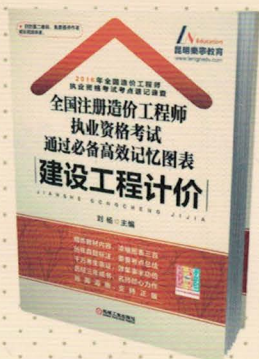
为中华崛起传播智慧

地址:北京市百万庄大街22号

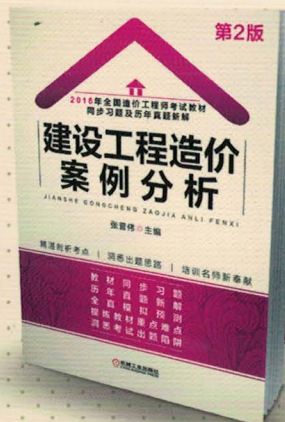
邮政编码:100037

策划编辑◎薛俊高 / 封面设计◎马精明

2016年全国造价工程师执业资格考试考点速记速查



2016年全国造价工程师考试教材 同步习题及历年真题新解



机械工业出版社微信公众号

上架指导 建筑工程/注册考试

建筑 设计 施工 造价 执业 教材 文化

责任编辑 微信号

扫一扫

享受更多优质服务
赢取精美建筑图书



ISBN 978-7-111-53769-4



9 787111 537694 >

ISBN 978-7-111-53769-4

定价：29.00元