

ERJI JIANZAOSHI ZHIYE
ZIGE KAOSHI YONGSHU

二级建造师执业资格考试用书

电力工程 管理与实务

本书编委会 编写

DIANLI GONGCHENG
GUANLI YU SHIWU

DIANLI GONGCHENG
GUANLI YU SHIWU



中国环境科学出版社

二级建造师执业资格考试用书

电力工程管理与实务

本书编委会 编写

中国环境科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电力工程管理与实务/刘学东主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2005. 1

二级建造师执业资格考试用书

ISBN 7-80209-050-4

I. 电... II. 山... III. 电力工程-工程施工-建筑师-资格考核-自学参考资料 IV. TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 006219 号

出版发行 中国环境科学出版社建筑图书出版中心
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)

网 址: <http://www.cesp.cn>

电子信箱: bianji3@cesp.cn

电话号码: 010-67112739

印 刷 北京中科印刷有限公司

经 销 各地新华书店

版 次 2005 年 1 月第一版

印 次 2005 年 1 月第一次印刷

印 数 1—5000

开 本 787×1092 1/16

印 张 10

字 数 237 千字

定 价 20.00 元

【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损, 倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

二级建造师考试用书

编 委 会

主 任：范素华

副主任：刘凤菊

委 员：徐 宁 李晓壮 彭 凌 邵 新

郭念峰 王 军 尹继宝 张 素

《电力工程管理与实务》

编 委 会

主 编：刘学东 赵 芳

主 审：韩同福 杜其伟

副 主 编：彭 凌

序

随着我国建设事业的迅速发展, 为了加强建设工程项目管理, 提高工程项目总承包及施工管理专业技术人员素质, 规范施工管理行为, 保证工程质量和施工安全, 根据《中华人民共和国建筑法》、《建设工程质量管理条例》、《建设工程安全生产管理条例》和国家有关执业资格考试制度的规定, 国家人事部、建设部联合颁发了《建造师执业资格制度暂行规定》, 对从事建设工程项目总承包及施工管理的专业技术人员实行建造师执业资格制度。

建造师是以专业技术为依托、以工程项目管理为主的执业注册人士。建造师注册受聘后, 可以担任建设工程总承包或施工管理的项目经理, 从事其他施工活动管理, 从事法律、行政法规或国务院建设行政主管部门规定的其他业务。实行建造师执业资格制度后, 我国大中型项目的建筑业企业项目经理将逐步由取得注册建造师资格的人士担任, 以提高项目经理素质, 保证工程质量。建造师执业资格制度的建立, 将为我国拓展国际建筑市场开辟广阔的道路。

本书编委会依据人事部、建设部联合发布的《二级建造师执业资格考试大纲》, 组织具有较高理论水平和丰富实践经验的专家、教授, 本着解放思想、求真务实、与时俱进、开拓创新的精神, 组织编写了《二级建造师执业资格考试用书》。本套考试用书包括《建设工程施工管理》、《建设工程法规及相关知识》、《房屋建筑工程管理与实务》、《公路工程施工管理与实务》、《市政工程施工管理与实务》、《装饰装修工程施工管理与实务》、《机电安装工程施工管理与实务》、《水利水电工程施工管理与实务》、《电力工程施工管理与实务》, 共 9 册。本套考试用书既可作为全国二级建造师执业资格考试学习用书, 也可供其他从事工程管理人员使用, 以及大中专院校专业师生教学参考。

本套考试用书在编写过程中, 得到了山东省建设厅执业资格注册中心的大力支持和指导, 同时也得到了其他高等院校、同行专家的关心和帮助, 在此一并致谢。

本套考试用书虽经过反复审核和修改, 但仍难免存在不足之处, 希望读者提出宝贵意见, 以便进一步完善。

编写委员会

2004 年 12 月

前 言

随着我国城乡建设事业的不断发展,我国基本电力工程建设无论在其规模、建筑形式、新型建筑材料和新工艺的应用等方面都发生着日新月异的变化。国家人事部、建设部为适应这种新的建设形式,联合发布了《建造师执业资格制度暂行规定》(人发[2002]111号),规定从事电力工程施工的管理人员实行执业资格制度。

出版本书的目的是为了满足电力工程管理人员考试复习的需要,也可以作为广大工程技术人员学习、理解、掌握规范的参考资料。

本书主要依据《二级建造师执业资格科目考试大纲(电力工程专业)》的要求编写的,充分考虑实际工程中规范的使用特点,注重实用性和灵活性。本书主要涉及两大部分的内容:电力工程施工技术与管理、电力工程法规及其相关知识。

应考生需要,在本书最后编写了两套模拟试题,以方便应试者参考。

本书由山东大学电力工程学院的刘学东和山东电力研究院的赵芳主编。编写过程中,编者查阅了大量的最新参考资料,对电力公司企业标准、规程和规范等相关文件进行了整理。

限于编写时间仓促,书中难免有错误或不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2004年12月

目 录

1 电力工程施工技术与管理	1
1.1 电力工程技术基础知识	1
1.1.1 建筑结构的基本知识	1
1.1.2 电力工程常用水泥混凝土的基本知识	5
1.1.3 土的基本性质和工程分类	8
1.1.4 火力发电厂(燃煤)主要生产设备的基本知识	12
1.1.5 送变电主要生产设备的基本知识	15
1.1.6 电力工程常用建筑钢材的类比及其选用原则	29
1.1.7 变电站(所)及送电线路常用材料的基本知识	31
1.1.8 梁、柱的内力和强度计算方法	37
1.1.9 电力工程防腐、保温及绝缘材料的基本知识	43
1.1.10 天然地基上浅基础和桩基础的基本知识	48
1.2 电力工程施工技术	52
1.2.1 土建工程的基本施工方法	52
1.2.2 送电线路及变电设施的施工方法	54
1.2.3 电气设备及主接线的基本知识	61
1.3 电力工程施工管理	72
1.3.1 电力工程施工组织设计的相关内容	72
1.3.2 电力工程施工方案的相关内容	85
1.3.3 电力工程质量管理的相关内容	88
1.3.4 工程项目材料管理的相关内容	93
1.3.5 工程项目施工阶段安全管理的相关内容	96
1.3.6 工程项目计划的相关内容	104
1.3.7 工程项目施工现场管理的相关内容	107
1.4 项目管理中的实际问题	111
1.4.1 施工进度控制	111
1.4.2 施工成本控制	115
1.4.3 施工质量控制	115
1.4.4 工程招标管理及合同管理	118
1.4.5 施工安全管理	120
2 电力工程法规及其相关知识	121
2.1 电力工程施工的相关规定	121

2.1.1 《中华人民共和国电力法》中有关电力建设的基本原则	121
2.2 电力建设施工及验收的有关规定	123
2.2.1 《电力建设施工及验收技术规范（锅炉机组篇）》 （DL/T5047—1995）的相关规定	123
2.2.2 《电力建设施工及验收技术规范（汽轮机组篇）》 （DL5011—1992）的相关规定	125
2.3 电力建设安全工作的有关规定	126
2.3.1 《电力建设安全工作规程（架空电力线路部分）》 （DL5009.2—94）的相关规定	127
2.3.2 《电力建设安全工作规程（变电所部分）》 （DL5009.3—1997）的相关规定	129
2.3.3 《电力建设安全工作规程（火力发电厂部分）》 （DL5009.1—92）的相关规定	131
附录 模拟试卷	138
模拟试卷一	138
模拟试卷二	144
参考文献	152

1 电力工程施工技术与管理

[学习指导]

本章重点介绍了有关电力工程技术基础知识、电力工程施工技术的内容、电力工程施工管理的相关内容,并以案例的方法,对施工进度控制、施工成本控制、施工质量控制、工程招标投标管理及合同管理、施工安全管理进行了分析阐述。

1.1 电力工程技术基础知识

[学习指导]

本节主要掌握钢筋混凝土中钢筋以及钢结构构件常用的连接方式,掌握电力工程中常用水泥混凝土的基本知识、土的基本性质及工程分类,掌握电力工程常用建筑钢材的类型及其选用原则,掌握火力发电厂及送变电的主要设备,如锅炉、汽轮机、发电机、变压器、断路器、隔离开关、互感器及杆塔的类型和特点。熟悉变电站及送电线路常用材料的基本知识。了解梁、柱的内力和强度计算方法,了解电力工程防腐、保温、绝缘材料的基本知识。

1.1.1 建筑结构的基本知识

(1) 钢筋混凝土中钢筋的连接方式

钢筋混凝土中钢筋的连接方式一般采用钢筋焊接和钢筋机械连接,通常有闪光对焊连接、电阻点焊连接、电弧焊连接、电渣压力焊连接、气压焊连接和埋弧压力焊连接。

1) 闪光对焊连接:

闪光对焊连接采用的设备有手动对焊机 and 自动对焊机。

闪光对焊可以分为连续闪光焊、预热闪光焊和闪光-预热-闪光焊等三种工艺。根据钢筋品种,直径和所用焊机功率等选用。

①连续闪光焊:连续闪光焊的工艺过程包括:连续闪光和顶锻过程。施焊时,先闭合一次电路,使两钢筋端面轻微接触,此时端面的间隙中即喷射出火花般熔化的金属微粒——闪光,接着徐徐移动钢筋使两端面仍保持轻微接触,形成连续闪光。当闪光持续到预定的长度,使钢筋端头加热到将近熔点时,就以一定的压力迅速进行顶锻。先带电顶锻,再无电顶锻到一定长度,焊接接头即告完成。

②预热闪光焊:预热闪光焊是在连续闪光焊前增加一次预热过程,以扩大焊接热影响区。其工艺过程包括:预热、闪光和顶锻过程。施焊时先闭合电源,然后使两钢筋端面交替地接触和分开,这时钢筋端面的间隙中即发出断续的闪光,而形成预热过程。当钢筋达到预热温度后进入闪光阶段,随后顶锻形成。

③闪光-预热-闪光焊:闪光-预热-闪光焊是预热闪光焊前加一次闪光过程,目的是使不平整的钢筋端面烧化平整,使预热均匀。其工艺过程包括:一次闪光、预热、二次闪光

及顶锻过程。施焊时，首先连续闪光，使钢筋端部闪平，然后同预热闪光焊。

钢筋直径较粗时，宜采用预热闪光焊与闪光-预热-闪光焊。

2) 电阻点焊连接：

电阻点焊连接采用的设备有单点点焊机、多头点焊机和悬挂式点焊机。

点焊过程可分为预压、加热熔化、冷却结晶三个阶段。

加热熔化阶段，包括两个过程：在通电初期，接触点扩大，固态金属因加热而膨胀。在焊接压力作用下，焊接处的金属产生塑性变形，并挤向工件间隙缝中。继续加热后，开始出现熔化点，并逐渐扩大成所要求的核心尺寸时，切断电流。

3) 电弧焊连接：

电弧焊连接采用的主要设备是弧焊机，分为交流弧焊机和直流弧焊机两类。

①帮条焊与搭接焊：

(a) 施焊前，钢筋的装配与定位应符合下列要求：

- 采用搭接焊时，钢筋的预弯和安装应保证两钢筋的轴线在同一直线上。
- 帮条和主筋之间用四点定位焊固定；搭接焊时，用两点固定；定位焊缝应离帮条或搭接端部 20mm 以上。
- 采用帮条焊时，两主筋端面之间的间隙应为 2 ~ 5mm。

(b) 施焊时，引弧应在帮条或搭接钢筋的一端开始，收弧应在帮条或搭接钢筋的端头上，弧坑应填满。多层施焊时，第一层焊缝应有足够的熔深，主焊缝与定位焊缝，特别是在定位焊缝的始端与终端，应熔合良好。

②坡口焊：

(a) 施焊时，焊缝根部、坡口端面以及钢筋与钢垫板之间均应熔合良好。为了防止接头过热，采用几个接头轮流焊接。

(b) 如发现接头有弧坑、未填满、气孔及咬边等缺陷时，应立即补焊。

③预埋件 T 形接头的钢筋焊接：预埋件 T 形接头电弧焊的接头形式分贴角焊和穿孔塞焊两种。施焊时，电流不宜过大，严禁烧伤钢筋。

④装配式框架结构接头的钢筋焊接：在装配式框架结构安装中，钢筋焊接应符合下列要求：

(a) 柱间节点采用搭接焊时，其伸出长度可以适当增加，以减少内应力和防止混凝土开裂。

(b) 两钢筋轴线偏移较大时，宜采用冷弯矫正，如冷弯矫正有困难可采用氧乙炔焰加热后矫正。

(c) 焊接时应选择合理的焊接顺序，对于柱间节点，可由两名焊工对称施焊，以减少结构的变形。

⑤电弧焊注意事项：

(a) 帮条尺寸、坡口角度、钢筋端头间隙以及钢筋轴线等均应符合有关规定。

(b) 焊接地线应与钢筋接触良好、防止因起弧而烧伤钢筋。

(c) 带有垫板或帮条的接头，引弧应在钢板或帮条上进行。无钢板或无帮条的接头，引弧应在形成焊缝部位，防止烧伤主筋。

(d) 根据钢筋级别、直径、接头形式和焊接位置，选择适宜的焊条直径和焊接电流，

保证焊缝与钢筋熔合良好。

(e) 焊接过程中及时清渣，焊缝表面光滑平整，加强焊缝应平缓过渡，弧坑应填满。

4) 电渣压力焊连接：

电渣压力焊是利用电流通过渣池产生的电阻热将钢筋端部熔化，然后施加压力使钢筋焊合。这种焊接方法比电弧焊节省钢材，工效高、成本低，适用于现浇钢筋混凝土结构中竖向或斜向钢筋的接长。

竖向钢筋电渣压力焊工艺过程包括：引弧、电弧、电渣和顶压过程，分为手工与自动两种。

①手工电渣压力焊：手工电渣压力焊，可采用直接引弧法。先将上钢筋与下钢筋接触，通电后，迅速将上钢筋提升 2~4mm 引弧，然后，继续缓提几毫米，使电弧稳定燃烧。之后，随着钢筋的熔化，上钢筋逐渐插入渣池中，此时电弧熄灭，转为电渣过程，焊接电流通过渣池而产生大量的电阻热，使钢筋端部继续熔化。钢筋端部熔化到一定程度后，在切断电源的同时，迅速进行预压。持续几秒钟后，方可松开操纵杆，以免接头偏斜或接合不良。

②自动电渣压力焊：自动电渣压力焊宜采用铁丝圈引弧法。焊接的引弧、电弧、电渣与顶压过程由凸轮自动控制。

钢筋电渣压力焊时，应扶持钢筋上端，以防止上、下钢筋错位和夹具变形。

5) 气压焊连接：

钢筋气压焊是利用氧-乙炔焰对钢筋端部加热到塑性状态，同时施加适当的压力使两根钢筋接合的固相焊接法。这种焊接工艺具有设备简单、操作方便、质量好、成本低等优点，适用于各种位置的钢筋焊接，但对焊工技能要求严，焊前对钢筋端面处理要求高。

①焊前准备：钢筋下料要用砂轮锯，不得使用切断机，以免钢筋端头呈马蹄形而无法压接。

钢筋端面在施焊前要用角向磨光机打磨见新。边棱要适当倒角，端面要平。不准有凹凸及中洼现象。端面基本上要与轴线垂直。

②焊接过程：钢筋气压焊的工艺过程包括：预压、加热与压接过程。钢筋加热初期，即压接面的间隙完全闭合前，要用强碳焰加热，这时火焰的中心不要离开钢筋接缝的部位。加热初期使用碳化焰，可使钢筋内外温度均匀并防止钢筋端面氧化。待钢筋端面间隙闭合后再改用中性焰加热，这时火焰在以焊缝为中心的两倍钢筋直径范围内均匀摆动。改用中性焰的目的是提高温度，加快加热速度。

6) 埋弧压力连接：

埋弧压力焊是利用焊剂层下的电弧燃烧将两焊件相邻部位熔化，然后加压顶锻使两焊件焊合。这种焊接方法工艺简单，比电弧焊工效高、质量好（焊后钢板变形小、抗拉强度高）、成本低（不用焊条），适用于钢筋与钢板作丁字形接头焊接。

施焊前，钢筋钢板应清洁。必要时除锈，以保证台面与钢板、钳口与钢筋接触良好，不致起弧。

(2) 钢结构构件常用的连接方式

1) 焊接连接：

焊接连接有气压焊、接触焊和电弧焊等方式。在电弧焊中又分手工焊、埋弧自动焊、

半自动焊和 CO_2 气体保护焊。目前，钢结构中常用的是手工焊。利用手工操作的方法，以焊接电弧产生的热量使焊条和焊件熔化，从而凝固成牢固接头的工艺过程，就是手工电弧焊。

①焊缝的形成与构造：

(a) 对接焊缝：对接焊缝的形成有直边缝、单边 V 形缝、双边 V 形缝、U 形缝、K 形缝、X 形缝等。

当焊件厚度很小。可采用直边缝。对于一般厚度的焊件，因为直边焊不易焊透，可采用有斜坡口的单边 V 形缝或双边 V 形缝，斜坡口和焊缝根部共同形成一个焊条能够运转的施焊空间，使焊缝易于焊透。对于较厚的焊件，则应采用 U 形缝、K 形缝或 X 形缝。其中 V 形缝和 U 形缝为单面施焊，但在焊缝根部还需要补焊，当焊件可随意反转施焊时，使用 K 形缝和 X 形缝较好。

焊缝的起点和终点处，常因不能熔透而出现凹形的焊口。为避免受力后出现裂纹及应力集中，施焊时应将两端焊至引弧板上，然后再将多余的部分切除，这样也就不致减小焊缝处的截面。

对接焊缝的优点是用料经济，传力均匀、平顺，无显著的应力集中，承受动力荷载的构件最适于采用对接焊缝。缺点是施焊的焊件应保持一定的间隙，板边需要加工，施工不便。

(b) 角焊缝：在相互搭接或丁字边接构件的边缘，所焊截面为三角形的焊缝，叫做角焊缝，角焊缝按外力作用方向可分为平行于外力作用方向的侧面角焊缝和垂直于外力作用的下面角焊缝。

钢结构中，最常用的是普通直角焊缝，其他形式主要是为了改变受力状态，避免应力集中，一半多用于只接受动力荷载的结构。

杆件与节点板的连接焊缝一般宜采用两面侧焊，也可采用三面围焊，对角钢杆间还可采用 L 形围焊，但为不引起偏心，角钢背焊缝长度常受到限制，所以一般只适用于受力较小的杆件。所有围焊的转角处必须连续施焊。

角焊缝的优点是焊件板边不必预先加工，也不需要校正焊距，施工方便。其缺点是应力集中现象比较严重，由于必须有一定的搭接长度，角焊缝连接在材料使用上不够经济。

②对接焊缝的形式及受力特点：对接焊缝有对接接头和 T 形接头两类。如按焊缝是否被焊透划分，又分焊透的对接焊缝和未焊透的对接焊缝两种。

焊透的对接焊缝，其焊条金属充满整个连接截面并和母材熔成一体，焊缝的强度与被焊构件的强度基本相同。但连接焊缝受力很小甚至不受力，但又要求焊接结构外观平齐时，或连接焊缝受力虽大，但采用未焊透的对接焊缝其强度不能充分利用时，则应采用焊透的对接焊缝。钢结构中采用最多的是焊透的对接焊缝。

2) 普通螺栓连接：

①粗制螺栓与精制螺栓：粗制螺栓是用圆钢热压而成，表面粗糙。由于螺杆与孔之间有空隙，所以受剪能力较差，一般用于安装连接中。

精制螺栓的杆件是在车床上加工而成，螺栓直径与孔基本相同，抗剪能力较好，但制造费工，成本较高，一般很少用。

粗制螺栓与精制螺栓不仅螺杆不同，孔壁也不同，螺栓孔壁按质量可分为一类孔与二

类孔，粗制螺栓用二类孔，精制螺栓用一类孔。

②螺栓的排列：螺栓的排列有并列和错列两种形式，并列简单、整齐，比较常用。

螺栓在构件上的排列应满足如下要求：

(a) 受力要求：从受力要求出发，螺栓的距离不宜过大或过小。例如，受压构件顺着用力方向的螺栓间距过大时，构件宜压屈鼓出，间距过小时，前部钢材可能被挤压破坏等。

(b) 构件要求：螺栓间距过大时构件接触不严密。当空气湿度大时，容易造成钢材锈蚀，所以从构件出发，螺栓间距不能过大。

(c) 施工要求：布置螺栓时，还要考虑用扳手拧螺栓的可能性，按扳手尺寸的要求进行。

3) 高强度螺栓连接：

高强度螺栓是一种新的连接形式，它具有施工简单、受力性能好、可拆换、耐疲劳以及在动力荷载作用下不致松动的优点，是很有发展前途的连接方法。

高强度螺栓使用特制的扳手上紧螺帽，使螺栓产生巨大而又受控制的预拉力，通过螺帽和垫板，对被连接杆件也产生了同样大小的预压力。在预压力作用下，沿被连接件表面就会产生较大的摩擦力，显然，只要轴力小于此摩擦力，构件便不会滑移，连接就不会受到破坏，这就是高强度螺栓的连接原理。

高强度螺栓连接是靠连接件接触面间的摩擦力来阻止其相互滑移的，为使接触面有足够的摩擦力，就必须提高构件的加紧力和增大构件接触面的摩擦系数。构件间的加紧力是靠对螺栓施加预拉力来实现的，但由低碳钢制成的普通螺栓，因受材料强度限制，所能施加的预拉力是有限的，它所产生的摩擦力比普通螺栓的抗剪能力还小，所以如要靠螺栓预拉力所引起的摩擦力来传力，则螺栓材料的强度必须比构件材料的强度大的多才行，即螺栓必须采用高强度钢制造，这也就是称为高强度螺栓连接的原因。

高强度螺栓连接中，摩擦系数的大小对承载力的影响很大。试验表明，摩擦系数与构件的材质、接触面的粗糙程度、法向力的大小等都有直接关系，其中主要是接触面的形式和构件的材质。为了增大接触面的摩擦系数，施工时应将连接范围内的构件接触面进行处理，处理的方法有喷砂、用钢丝刷清理等。设计中，应根据工程情况，尽量采用摩擦系数较大的处理方法，并在施工图上清楚注明。

应当指出，高强度螺栓实际上有摩擦型和承压型之分。摩擦型高强度螺栓承受剪力的准则是设计荷载引起的剪力不超过摩擦力。而承压型高强度螺栓则是以杆身不被剪坏或板件不被压坏为设计标准，其受力特点及计算方法等与普通螺栓基本相同，但由于螺栓采用了高强度钢材，所以具有较高的承载能力。

1.1.2 电力工程常用水泥混凝土的基本知识

(1) 水泥的品种及其适用范围

水泥是一种呈粉末状态的无机胶凝材料，与水拌合后，经水化反应能由可塑浆体变成僵硬的石状体，并能将散粒状材料胶结成整体。水泥浆体不但能在空气中硬化，还能更好地在水中硬化，保持并继续发展其强度。故水泥是一种水硬性胶凝材料。

1) 水泥的品种及其性能：

①硅酸盐水泥:

(a) 硅酸盐水泥的性能: 强度等级高, 强度发展快; 抗冻性好; 耐腐蚀性差; 水化热好; 抗碳化性好; 耐热性差; 干缩小; 耐磨性好。

(b) 硅酸盐水泥的适用范围: 硅酸盐水泥强度等级较高, 适用于地上、地下和水中重要结构的高强度混凝土和预应力混凝土工程; 这种水泥硬化较快, 适用于要求早期强度高和冬期施工的混凝土工程; 硅酸盐水泥如采用较小的水灰比, 并经充分养护, 可获得密实的水泥石。因此, 这种水泥适用于严寒地区遭受反复冻融的混凝土工程; 硅酸盐水泥中含有较多的易受腐蚀的氢氧化钙和水化铝酸钙, 不宜用于受流动的和有压力的软水作用的混凝土工程。也不宜用于受海水及其他腐蚀性介质作用的混凝土工程; 硅酸盐水泥中含有大量的硅酸三钙和较多的铝酸三钙, 其水化放热速度快, 放热量高, 对大型基础、水坝、桥墩等大体积混凝土工程, 由于水化热聚集在内部不易散发, 而形成温差应力, 可导致混凝土产生裂纹。所以, 硅酸盐水泥不得用于大体积混凝土工程; 硅酸盐水泥中含较多的氢氧化钙, 碳化时碱度不易降低, 这种水泥制成的混凝土抗碳化性好, 适用于空气中二氧化碳浓度较高的环境, 如翻砂、铸造车间; 硅酸盐水泥不耐热, 不得用于耐热混凝土工程; 硅酸盐水泥硬化时干缩小, 不易产生干缩裂纹, 可用于干燥环境下的混凝土工程; 硅酸盐水泥的耐磨性好, 且干缩小, 表面不易起粉, 可用于地面和道路工程。

②掺混合材料的普通硅酸盐水泥:

(a) 掺混合材料的普通硅酸盐水泥的性能是: 早期硬化速度较慢, 强度略低; 抗冻性、耐磨性及抗碳化性稍差; 耐腐蚀性稍好, 水化热略有降低。

(b) 掺混合材料的普通硅酸盐水泥的适用范围: 普通硅酸盐水泥适用于地上、地下、水中的不受侵蚀性水作用的混凝土工程; 配置高强度等级混凝土及早强工程; 不适用于大体积混凝土工程、冬期施工工程及高温环境的工程。

③快硬硅酸盐水泥:

(a) 快硬硅酸盐水泥的性能: 快硬早强, 水化放热量较大; 抗腐蚀能力较差; 因颗粒较细, 易受潮变质, 保管期较短。

(b) 快硬硅酸盐水泥的适用范围: 适用于早强、高强混凝土工程, 以及紧急抢修工程和冬期施工等工程。不得用于大体积混凝土工程和与腐蚀介质接触的混凝土工程。

④大坝水泥: 包括硅酸盐大坝水泥、普通硅酸盐大坝水泥、矿渣硅酸盐大坝水泥。

(a) 大坝水泥的性能: 以上三种大坝水泥都有较强的耐淡水侵蚀性和较低的水化热; 硅酸盐大坝水泥和普通硅酸盐大坝水泥抗冻性、耐磨性较好, 早期强度较高, 但抗腐蚀性较差。矿渣硅酸盐大坝水泥性能正好与硅酸盐大坝水泥和普通硅酸盐大坝水泥的性能相反。

(b) 大坝水泥的适用范围: 三种大坝水泥都适用于要求水化热较低和大体积的混凝土工程; 硅酸盐大坝水泥与普通硅酸盐大坝水泥更适用于有抗冻性与耐磨性要求的水中大体积混凝土工程及构件的表层的结构, 矿渣硅酸盐大坝水泥更适用于水下工程及大体积混凝土工程的内部结构。

(2) 混凝土的基本要求及强度等级

混凝土是由水泥、水、砂及石子组成的。水和水泥混合成为水泥浆, 砂子和石子混合成为混凝土的骨料 (砂为细骨料, 石子为粗骨料)。水泥浆填充砂子的空隙并包裹在石子

颗粒的周围而成为砂浆，砂浆又填充石子的空隙并把石子颗粒包裹起来。在混凝土的组成中，骨料一般占混凝土体积的 70% ~ 80%；水泥石占 20% ~ 30%，其中尚有少量的空气。

建筑工程中所使用的混凝土，一般必须满足以下 4 项基本要求：

1) 混凝土拌合物的和易性：

和易性也称工作特性，是指混凝土拌合物是否易于施工操作和获得均匀密实混凝土的性能。和易性的好坏将直接影响到硬化后混凝土的质量，所以，混凝土拌合物必须具有与施工条件相适应的和易性。混凝土拌合物是否易于施工操作的具体表现为：是否易于搅拌和自搅拌机中均匀卸出；运输过程中是否分层、泌水；浇灌时是否离析；振捣时是否易于添满模型等。和易性是一项综合性能，它包括流动性、粘聚性和保水性等三方面的含义。

①流动性：指混凝土拌合物在本身自重或外力作用（人工插捣或机械振动）下产生流动，能均匀密实地添满模型的性能。它反映混凝土拌合物的稠度，并直接影响施工时振捣的难易和成型的质量。

②粘聚性：指混凝土拌合物各组成材料之间具有一定的粘聚力，使骨料在水泥浆中均匀分布，在运输和浇灌过程中不至于出现分层、离析的性能。它反映混凝土拌合物保持整体均匀性的能力。

③保水性：指混凝土拌合物在施工过程中能够保持一定的水分，不至于产生严重泌水的性能。保水性差，泌水倾向加大，振捣后混凝土拌合物中的水分泌出、上浮，致使水分上升的通道形成毛细孔隙，成为混凝土内部的渗水道路；上浮到表面的水分，形成疏松层，如上面继续浇灌混凝土，则新旧混凝土之间形成薄弱的夹层；上浮过程中积聚在石子和钢筋下面的水分，形成水隙，影响水泥砂浆与石子和钢筋的粘接。

2) 强度：

混凝土经养护至规定龄期（天数），应达到设计要求的强度。包括抗压抗拉、抗弯及抗剪等，其中抗压强度为最高，所以混凝土主要用于承受压力。混凝土的抗压强度与其他各种强度和性质之间有一定的相关性，可以根据抗压强度来估计其他强度及性质。因此，混凝土的抗压强度是最重要的一项性能指标，它是结构设计的主要参数，也常用作评定混凝土质量的指标。

3) 耐久性：

硬化后的混凝土，应具有适应于所处环境条件下的耐久性，如抗渗性、抗冻性、抗侵蚀性、抗碳化性以及防止碱-骨料反应等，使混凝土经久耐用。

①抗渗性：抗渗性对有抗渗要求的混凝土是一项基本性能，此外，它还直接影响混凝土的抗冻性和抗侵蚀性。混凝土的抗渗性用抗渗等级 P 表示。它是以 28d 龄期的标准试件，按规定方法试验，以试件不渗水时所能承受的最大水压来确定。抗渗等级有 P2、P4、P6、P8、P10 以及 P12 六个等级，分别表示可承受 0.2MPa、0.4MPa、0.6MPa、0.8MPa、1.0MPa 及 1.2MPa 的水压。

②抗冻性：对于长期受冻融循环及干湿循环作用的混凝土，容易受到破坏，因此，要求具有一定的抗冻性，以提高混凝土的耐久性。混凝土抗冻性常以抗冻等级来表示。抗冻等级是用 28d 龄期的混凝土试件，在水饱和状态下进行冻融循环试验以同时满足强度损失率不超过 25%，质量损失率不超过 5% 的最多循环次数来确定。混凝土的抗冻等级共分为 F25、F50、F100、F150、F200、F250、F300 七个等级。

③抗侵蚀性：当所处的环境水有侵蚀性时，对混凝土必须提出抗侵蚀性要求。混凝土的抗侵蚀性取决于水泥品种及混凝土的密实性。密实度高及具有封闭孔隙的混凝土，环境水不易侵入，所以，抗侵蚀性好。

④碳化：空气中的二氧化碳气体渗透到混凝土内，与混凝土中氢氧化钙起化学反应后生成碳酸钙和水，使混凝土碱度降低，此过程称为混凝土的碳化，又称中性化。水泥水化生成大量的氢氧化钙，在混凝土的孔隙中也存在氢氧化钙饱和溶液，pH 值为 12~13。碱性介质能使钢筋表面生成难溶的三氧化二铁及四氧化三铁，称钝化膜，它对钢筋起保护作用。当碳化深度超过钢筋保护层时，即保护层已中性化，则在水和空气的作用下，钢筋开始锈蚀。钢筋锈蚀还会引起体积膨胀，使混凝土保护层出现裂缝及剥离等破坏现象。此外，碳化还能引起混凝土收缩（即碳化收缩），易使混凝土表面产生微细裂缝。

⑤碱-骨料反应：水泥中的碱与骨料中的活性二氧化硅反应，在骨料表面生成复杂的碱-硅酸凝胶。碱-硅酸凝胶具有吸水膨胀（体积可增大 3 倍）的特性，当膨胀时，会使包围骨料的水泥石胀裂。这种使混凝土产生破坏作用的化学反应通常称作碱-骨料反应。发生碱-骨料反应的必要条件有三：一是水泥中碱的含量大于 0.6%；二是骨料中含有活性氧化硅；三是存在水分。

4) 经济性：

在保证上述三项要求的前提下，混凝土中各项材料的组成应该经济合理，应尽量节省水泥，以降低成本。

1.1.3 土的基本性质和工程分类

(1) 土的三相组成及其物理性质

1) 土的三相组成：

土由固体矿物、液体水和气体三部分组成，称为土的三相组成。土中的固体矿物构成骨架，骨架之间贯穿着孔隙，孔隙中充满着水和空气。随着环境的变化，例如天气的晴雨、季节变化、温度高低、地下水的升降以及建造建筑物施加的荷重等等，都会引起土的三相比例的变化。土的三相比例不同，土的状态和工程性质也不同。

例如：

固体 + 气体（液体 = 0）为干土，干黏土坚硬，干砂松散；

固体 + 液体 + 气体为湿土，湿的黏土多为可塑状态；

固体 + 液体（气体 = 0）为饱和土，饱和粉细砂受振动可能产生液化，饱和黏土地基沉降需很长时间才能稳定。

由此可见，研究土的工程性质，首先从最基本的土的三相组成开始研究。

①土的固体颗粒：土的三相组成中，固体颗粒是决定土的工程性质的主要成分。

(a) 土的矿物质成分：

• 原生矿物：由岩石经物理分化而成，其成分与母岩相同。包括：

单矿物颗粒——如常见的石英、长石、云母、角闪石与辉石等，砂土为单矿物颗粒。

多矿物颗粒——母岩碎屑，如漂石、卵石与砾石等颗粒为多矿物颗粒。

• 次生矿物：岩屑经化学分化而成，其成分与母岩不同，为一种新矿物，颗粒细、主要是黏土矿物，肉眼看不清，用电子显微镜观察为鳞片状。