

ERJI JIANZAOSHI ZHIYE ZIGE
KAOSHI PEIXUN JIAOCAI

二级建造师执业资格考试培训教材

水利水电工程 管理与实务

SHUILI SHUIDIAN
GONGCHENG GUANLI YU SHIWU

本书编委会 编写

SHUILI SHUIDIAN
GONGCHENG GUANLI
YU SHIWU



中国环境科学出版社

二级建造师执业资格考试培训教材

水利水电工程管理与实务

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

水利水电工程管理与实务/苗兴皓主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2005.6

二级建造师执业资格考试培训教材

ISBN 7-80209-145-4

I. 水... II. 苗... III. ①水利工程-工程施工-建筑师-资格考核-自学参考资料②水力发电工程-工程施工-建筑师-资格考核-自学参考资料 IV. TV51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 057602 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: 010—67112739

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2005 年 6 月第一版
印 次 2005 年 6 月第一次印刷
印 数 1—3 000
开 本 787×1092 1/16
印 张 17.25
字 数 409 千字
定 价 34.00 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

《水利水电工程管理与实务》

编 委 会

主 编：苗兴皓

副 主 编：李传奇 彭 凌

编写人员：苗兴皓 李传奇 张启海 王 薇

孙秀玲 李振佳 王艳玲 彭 凌

序

二级建造师是从事中型施工管理的主体，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。二级建造师考试是面向中专及以上学历的施工管理人员。二级建造师注册受聘后，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。

本书编委会依据全国二级建造师执业资格考试大纲和国家人事部与建设部颁布的《建造师执业资格制度暂行规定》（人发〔2002〕111号）编写了《二级建造师执业资格考试培训教材》。二级建造师执业资格考试大纲由综合科目考试大纲和专业科目考试大纲两个部分组成，其中综合科目考试大纲包括二个科目，即：《建设工程施工管理》和《建设工程法规及相关知识》。专业科目考试大纲为《专业工程管理与实务》。

本套培训教材包括《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》、《公路工程管理与实务》、《市政工程管理与实务》、《装饰装修工程管理与实务》、《机电工程管理与实务》、《水利水电工程管理与实务》、《电力工程管理与实务》、《矿山工程管理与实务》共10册。本套培训教材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。

本套培训教材在编写过程中，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。

本套培训教材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

2005年6月

前 言

本书根据《二级建造师执业资格考试大纲（水利水电工程专业）》编写，包括水利水电工程施工技术与管理与水利水电工程法规及相关知识两部分内容。

第一部分“水利水电工程施工技术与管理”主要介绍了水利水电工程施工技术和施工管理的基本知识。主要包括：工程概论、土石方工程、土石坝及堤防工程、混凝土工程、水电站与泵站、水闸和渠系建筑物、水利水电工程项目管理专业知识及检验应试者解决实际问题的能力等内容。

第二部分“水利水电工程法规及相关知识”主要介绍了与水利水电工程建设有关的法律法规。主要包括水利工程法规和水利水电工程建设强制性标准等内容。

为了使知识结构更加合理，使应试者系统地掌握所学知识，本书在编写过程中，根据大纲要求的内容，作了适当整合，针对大纲要求的内容作了较详细的介绍；同时为便于读者复习和查阅，本书章节名称以大纲条目编写。

为了使应试者能更好地把握知识要点，本书每节都编写了学习指导。

本书既可作为二级建造师执业资格考试水利水电工程管理与实务科目的考试用书，也可作为相关专业的教学参考用书和从事水利水电工程项目法人、勘察设计、施工监理、咨询、质量监督、安全管理等工作人员的参考用书。

本书由山东大学张云鹏副教授、刘建华副教授和于翠松副教授审稿，并提出了许多改进意见。

对所有关心、支持本书编写的人员，在此一并表示衷心地感谢！

由于时间仓促，编者水平有限，缺点和错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2005年6月

目 录

第一篇 水利水电工程施工技术与管理	1
第一章 工程概论	1
第一节 水工建筑材料应用的知识	1
第二节 水利水电工程基础知识	10
第二章 土石方工程	29
第一节 土石分级	29
第二节 土方开挖	31
第三节 石方开挖及爆破	33
第三章 土石坝及堤防工程	35
第一节 土石坝施工技术	35
第二节 堤防及护岸工程施工技术	49
第四章 混凝土工程	56
第一节 混凝土拌和与运输	56
第二节 混凝土的浇筑与养护	58
第三节 混凝土的施工质量控制要点	61
第五章 水电站与泵站	63
第一节 水电站的布置及水轮机的类型	63
第二节 泵站的布置及机组类型	71
第六章 水闸和渠系建筑物	75
第一节 水闸施工技术	75
第二节 渠系主要建筑物的施工技术	92
第七章 水利水电工程项目管理专业知识	101
第一节 水利水电工程招标投标基本知识	102
第二节 水利水电工程施工分包中双方的基本职责	125
第三节 水利工程质量管理的的基本要求	127
第四节 水电建设工程质量管理的基本要求	132
第五节 水利水电工程质量评定的基本要求	136
第六节 水利水电工程施工组织设计及施工进度计划	140
第七节 水利水电工程造价与成本管理的基本要求	153
第八节 《水利水电工程施工合同和招标文件示范文本》的主要内容	170
第九节 水利工程质量事故处理的基本要求	174
第十节 水电建设工程施工安全的基本要求	179
第十一节 水利工程验收的基本要求	182

第十二节	水电工程验收的基本要求	189
第十三节	水利工程建设程序的主要内容与建设项目管理“三项”制度	193
第八章	应用所学知识解决实际问题	207
第二篇	水利水电工程法规及相关知识	223
第一章	水利水电工程法规	223
第一节	《水法》与工程建设有关的规定	223
第二节	《防洪法》与工程建设有关的规定	225
第三节	《水土保持法》与工程有关的规定	227
第四节	《水污染防治法》与工程建设有关的规定	228
第二章	水利水电工程建设强制性标准	230
第一节	《工程建设标准强制性条文》(水利工程部分)	
	施工方面的主要内容	230
第二节	《工程建设标准强制性条文》(电力工程部分) 第二篇水力	
	发电工程之2 工程施工及验收主要内容	251
参考文献		265

第一篇 水利水电工程施工技术与工程概论

第一章 工程概论

【基本要求】 熟悉水工建筑材料应用的知识：主要材料的类型及应用条件。了解水利水电工程基础知识：洪水标准及工程等级划分；水工建筑物的分类及特点；导截流的基本知识。

【重要概念提示】 熟悉水工建筑材料的类型、天然石料的性质与技术要求、硅酸盐水泥的主要技术性质、建筑砂浆的强度等级、普通混凝土的组成材料、混凝土的主要性能、钢材的抗拉性能和冷弯性能。了解水利水电工程等级的划分及洪水标准；水工建筑物的分类和特点；水利工程施工导流的基本概念；导流的基本方法；各种导流方式的适用条件和技术要点；施工截流的基本概念；截流的基本方法及优缺点；截流设计流量的确定及龙口位置的选择等。

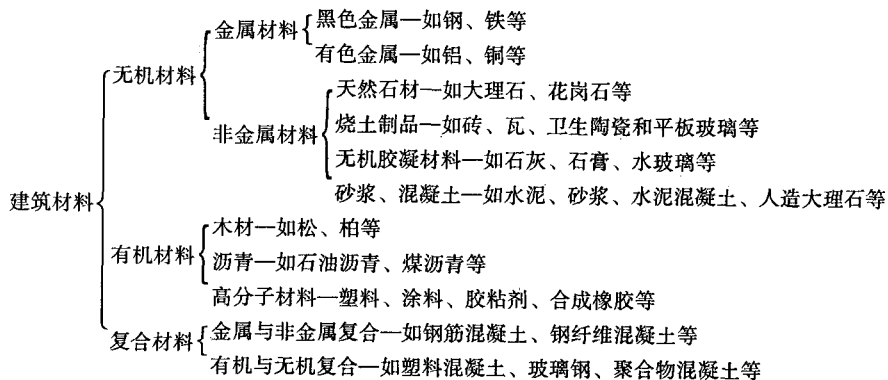
第一节 水工建筑材料应用的知识

1 水工建筑主要材料的类型

建筑材料是指各种建筑工程中所应用的材料，它是一切建筑工程的物质基础。建筑材料的种类繁多、组分各异、用途不一，可按多种方法进行分类。

1.1 按照化学成分分类

通常可分为有机材料、无机材料和复合材料三大类。



1.2 按建筑材料的使用功能分类

- (1) 结构材料：如混凝土、钢材、木材。
- (2) 防水材料：如防水砂浆、防水混凝土、紫铜止水片、膨胀水泥防水混凝土等。
- (3) 胶凝材料：如石膏、石灰、水玻璃、水泥、混凝土等。

(4) 装饰材料：如天然石材、建筑陶瓷制品、装饰玻璃制品、装饰砂浆、装饰水泥、塑料制品等。

(5) 防护材料：如钢材覆面、码头护木等。

(6) 隔热保温材料：如石棉纸、石棉板、矿渣棉、泡沫混凝土、纤维板等。

1.3 按照材料来源分类

(1) 天然材料：是指对自然界中的物质只进行简单的形状、尺寸、表面状态等物理加工，而不改变其内部组成和结构，如天然石材、木材、土、砂等。

(2) 人工材料：是对自然界中取得的素材进行煅烧、冶炼、提纯或合成等加工而得到的材料，如石灰、水泥、沥青、钢材、土工合成材料、高分子聚合物等。

2 水工建筑主要材料的应用条件

在水利工程中，应用较多的材料是水泥、混凝土、钢材、木材、天然石料及沥青材料等。

2.1 天然石料

天然岩石经机械或人工开采、加工（或不经加工）获得的各种块料或散粒状石料，统称为天然石料。天然石料的抗压强度高，坚固耐久，分布广泛，可就地取材，在水利、道路、房屋等工程中应用很广。

2.1.1 岩石的分类

岩石由于形成条件不同，分为岩浆岩（火成岩）、沉积岩（水成岩）和变质岩三大类。

(1) 岩浆岩：岩浆岩又叫火成岩，是地壳深处的熔融岩浆上升冷却而成的，根据形成条件可分为以下三类。

①深成岩 深成岩是岩浆在地壳深处，在上部覆盖层的巨大压力作用下，缓慢且比较均匀地冷却而形成的岩石。深成岩的特点是矿物全部结晶，晶粒较粗，呈致密块状构造，具有抗压强度高，吸水率低，密度大，耐磨性、耐水性高等优点。

常用的有花岗岩、辉长岩、闪长岩等。

②喷出岩 喷出岩为岩浆喷出地表冷凝而成。岩浆喷出地表时，由于压力骤减和迅速冷却，所以大部分结晶不完全，多呈细小结晶或玻璃质结构。当喷出岩形成较厚的岩层时，其结构和性能与深成岩相似；当形成较薄的岩层时，则冷却较快，且岩浆中气体由于压力减低而膨胀，形成多孔结构，其强度等性能一般低于深成岩。

常用的有玄武岩、辉绿岩、安山岩等。

③火山岩 火山岩也称火山碎屑岩，是火山爆发时喷到空中的岩浆经急速冷却后而形成的。常见的有火山灰、火山砂、浮石及火山凝灰岩等。

(2) 沉积岩：沉积岩又称为水成岩，是由位于地壳表面的岩石经风化、破碎后，在水流、风或冰川作用下搬运、堆积、再经胶结、压密等成岩作用而成的岩石。由于沉积岩是逐渐沉积而成的，有明显的层理，故垂直层理与平行层理方向的性质不同。沉积岩一般都具有比较多的孔隙，不如深成岩密实。

根据成因和物质成分，沉积岩可分为化学沉积岩、机械沉积岩和有机沉积岩。根据胶结物质的性质，沉积岩可分为硅质的、泥质的和灰质的。硅质的代表性岩石如石灰岩、砂岩、砾岩等。泥质的如泥岩、页岩和油页岩等。灰质的如石灰岩、白云岩、泥灰岩等。

(3) 变质岩：变质岩是岩浆岩或沉积岩在地质条件发生剧烈变化时，在高温、高压或其他因素作用下，经过变质作用后形成的岩石。代表性的岩石如片麻岩、大理岩、板岩和石英岩等。

2.1.2 天然石料的主要技术性质

天然石料的技术性质决定于其组成矿物的种类、特性和它的结合状态，即构造形式。

(1) 物理性质：

①表观密度 石料表观密度的大小常间接反映出石材的致密程度及孔隙多少。通常，同种石材表观密度越大，其抗压强度越高，吸水率越小，抗冻性和耐久性越好。故可用表观密度作为对石材品质评价的粗略指标。石材根据表观密度可分为：轻质石材，表观密度小于 $1800\text{kg}/\text{m}^3$ ，一般用于墙体材料；重质石材，表观密度大于 $1800\text{kg}/\text{m}^3$ ，主要用作建筑物的基础、地面、路面、桥梁、挡土墙及水工建筑物等。

②吸水性 石材的吸水性与其孔隙率和孔隙特征有关。

深成岩及许多变质岩，它们的孔隙率很小，因而吸水率也较小，如花岗岩吸水率通常小于 0.5% ，而多孔贝类石灰岩吸水率可高达 15% 。

③耐水性 石料的耐水性用软化系数来表示。当岩石中含有较多的粘土或易溶于水的物质时，在水饱和状况下，强度会明显下降。在经常与水接触的建筑物中，石料的软化系数一般不应低于 $0.75\sim 0.90$ 。

④抗冻性 抗冻性是指石料抵抗冻融破坏的能力，是衡量石料耐久性的一个重要指标。石材的抗冻性与吸水率大小有密切关系。一般吸水率大的石料，抗冻性也差。另外，抗冻性还与石料吸水饱和程度、冻结温度和冻融次数有关。

按石料在水饱和状态下所能经受的冻融循环次数，可将其抗冻性分为5、10、15、25、50、100及200等标号。

⑤抗风化性 水、冰、化学因素等造成岩石开裂或剥落的过程，称为岩石的风化。孔隙率的大小对风化有很大影响。

所用的石料，应该是质地均匀、没有显著的风化迹象、没有裂缝、不含易风化石物的坚硬岩石。

(2) 力学性质：

①抗压强度 根据国家标准 GBJ3—88《砌体结构设计规范》，石料的抗压强度采用边长为 70mm 的立方体试件进行测试，并以三个试件破坏强度的平均值表示。石料的强度等级是由抗压强度值来划分的，分为MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30、MU20、MU15和MU10等9个等级。

在水利工程中，将天然石料按 $\phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ 圆柱体或 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ 棱柱体试件，浸水饱和状态的极限抗压强度，划分为100、80、70、60、50、30等6个标号。并按其抗压强度分为硬质岩石、中硬岩石及软质岩石3类。水利工程中所用石料的标号一般均应大于30号。中、小型水工建筑物应选用30~50号以上的石料；用于堆石坝的石料，一般选用60~80号以上的中硬或硬质岩石；用于砌石坝的石料，一般应选用60号以上的岩石。

②其他力学性质 根据天然石料的用途，对其技术要求还有冲击韧性、耐磨性、硬度等。由石英、长石组成的岩石，其硬度和耐磨性大，如花岗岩、石英岩等。由白云石、方

解石组成的岩石，其硬度和耐磨性较差，如石灰岩、白云岩等。晶粒细小或含有橄榄石、角闪石等成分时，冲击韧性较好。

2.1.3 工程中常用的天然石料

(1) 岩浆岩：

①花岗岩 主要由石英、长石和少量云母所组成，有时还含有少量的暗色矿物如角闪石、辉石等。呈等粒结晶质结构，十分致密。由于有立方体节理的存在，故可开采成整齐大块的石料。

花岗岩的表观密度为 $2500 \sim 2800\text{kg/m}^3$ ，干燥抗压强度为 $80 \sim 250\text{MPa}$ ，吸水率一般小于 1.0% ，抗冻标号可达 $100 \sim 200$ 号，耐风化、耐酸和耐碱性能良好，并有良好的耐磨性，是十分优良的建筑石料。多用于基础、桥墩、堤坝、路面、海港结构和基座等。

②辉绿岩 辉绿岩是由长石、辉石或橄榄石等矿物组成，为全结晶的中粒或细粒结构，呈块状构造。其表观密度为 $2500 \sim 3000\text{kg/m}^3$ ，抗压强度为 $150 \sim 250\text{MPa}$ ，吸水率小于 1% ，抗冻性能良好。可锯成板材，经磨光后，表面光泽明亮，是很好的饰面材料。

③玄武岩 玄武岩主要由斜长石、辉石及橄榄石组成，呈玻璃质或隐晶质结构，并常存在气孔及块状或杏仁状构造。致密玄武岩的表观密度可达 $2900 \sim 3300\text{kg/m}^3$ ，抗压强度因构造不同而波动较大，约为 $100 \sim 500\text{MPa}$ ，致密玄武岩的强度和耐久性都很好，但因硬度高、脆性大，加工困难，主要用作筑路材料、堤岸的护坡材料等。

(2) 沉积石：

①石灰岩 石灰岩的矿物成分主要是方解石，此外尚有氧化硅、白云石及粘土等。石灰岩一般为结晶粒状结构，呈层状构造。石灰岩的强度和耐久性均不如花岗岩，表观密度 $2000 \sim 2600\text{kg/m}^3$ ，抗压强度为 $20 \sim 120\text{MPa}$ ，吸水率为 $0.1\% \sim 4.5\%$ 。石灰岩分布广，硬度小，开采加工容易，广泛用于建筑工程及水利工程中。

石灰岩中常含有少量粘土矿物，当其含量超过 25% 时，称为泥灰岩、钙质粘土岩等，其强度低、耐水性差、易风化，不能作为建筑石材。

②砂岩 砂岩是由石英砂经天然胶结物胶结而成的。有时在其中也有长石、云母和其它矿物颗粒。砂岩一般为粒状结构，并呈层状构造。不同的砂岩其性质差异甚大，主要是胶结物质和构造不同所造成的。致密的硅质砂岩坚硬耐久，性能接近花岗岩，表观密度可达 2700kg/m^3 ，抗压强度可达 250MPa ，但较难加工。在建筑工程中，砂岩常用于基础、墙身、人行道、踏步等。

(3) 变质岩：

①片麻岩 常用的片麻岩是花岗片麻岩，由花岗岩变质而成。矿物成分与花岗岩相似，结晶颗粒是等粒的或斑状的，呈片麻状或带状构造。

花岗片麻岩的表观密度为 $2300 \sim 3000\text{kg/m}^3$ ，由于有片理存在，其强度各向不同。优质花岗片麻岩的用途与花岗岩基本相同。

②石英岩 石英岩是由砂岩变质而成的。石英岩质地均匀密实，强度可达 $250 \sim 400\text{MPa}$ ，耐久性很高。但硬度大，开采加工很困难，常以不规则的块状石料应用于建筑物中。

③大理岩 大理岩由石灰岩或白云岩变质而成，主要矿物成分是方解石或白云石。大理岩抗压强度高，为 $120 \sim 300\text{MPa}$ 。大理岩构造致密而硬度不大，易于加工及磨光，适宜

用作建筑物内部装饰。大理岩不宜用作城市内建筑物的外部装饰。

④板岩 板岩由粘土或页岩变质而成。板岩比页岩坚硬，且极易劈成薄板，主要用于覆盖屋顶。

(4) 常用建筑石材：天然石料须经开采、加工后，制成各种石材应用于建筑工程。根据加工精细程度的不同，石材分为以下几种。

①毛石 无一规则形状，单块质量大于 25kg，中部厚度不小于 15cm。主要用于堆石坝、堤岸护坡等。

②块石 上下两面大致平整，无尖角，块厚宜大于 20cm。主要用于建筑物基础、挡土墙及浆砌石坝和闸墩等大体积结构的内部。

③粗料石 棱角分明，六面大致平整，同一面最大高差宜小于石料长度的 1%~3%，石料长度宜大于 50cm，块高宜大于 25cm，长厚比不宜大于 3:0。主要用于建筑拱桥、闸、坝及桥墩等的砌石工程。

④建筑板材 岩石经锯解、刨平、粗磨及磨光等工序，加工制成的具有规定尺寸的板材。主要用于建筑物的内外饰面。常用的有天然花岗岩建筑板材和天然大理石建筑板材。

2.2 水泥

水泥是重要的建筑材料之一。水泥加水拌和后，经过物理化学反应过程能由可塑性浆体变为坚硬的石状体，它不仅能在空气中硬化，而且能更好地在水中硬化，保持并继续发展其强度，因此，水泥属于水硬性胶凝材料。水泥在水利工程中应用极广，常用来拌制混凝土及砂浆，也常用作灌浆材料。

2.2.1 水泥的分类

水泥在建设工程中使用量大，应用范围广，品种繁多。水泥可按下述方法分类。

(1) 按照用途与性能分类：将水泥分为通用水泥、专用水泥和特性水泥三大类。

①通用水泥 指一般土木建筑工程中通常使用的水泥。主要包括：硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥六个品种。

②专用水泥 指专门用途的水泥，如砌筑水泥、道路水泥等。

③特性水泥 指某种性能比较突出的水泥，如快硬硅酸盐水泥、白色硅酸盐水泥、抗硫酸盐硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥、硅酸盐膨胀水泥等。

(2) 按照主要水硬性物质分类：分为硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、铁铝酸盐水泥、氟铝酸盐水泥及少熟料或无熟料水泥等。

水泥的种类、品种繁多，从生产量和工程实际使用量来看，硅酸盐类水泥是使用最普遍、产量最多、占主导地位的水泥品种。

2.2.2 硅酸盐水泥的主要技术性质

水泥是混凝土的重要原材料之一，对混凝土的性能具有决定性的影响。为了保证混凝土材料的性能满足工程要求，国家标准对水泥的各项性能指标有严格的规定，出厂的水泥必须经检验符合这些性能要求；同时在工程中使用水泥之前，还要按照规定对水泥的一些性能进行复试检验，以确保工程质量。硅酸盐水泥的主要技术性质如下。

(1) 密度与堆积密度：在进行混凝土配合比计算和储运水泥时需要知道水泥的密度和

堆积密度。硅酸盐水泥的密度一般在 $3100 \sim 3200\text{kg}/\text{m}^3$ 之间。水泥在松散状态时的堆积密度，一般在 $900 \sim 1300\text{kg}/\text{m}^3$ 之间，紧密堆积状态可达 $1400 \sim 1700\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(2) 细度：细度是指水泥颗粒的粗细程度，它是鉴定水泥品质的主要项目之一。水泥颗粒越细，凝结硬化速度越快，早期和后期强度都较高，但硬化时收缩也较大。

水泥的细度有两种表示方法，其一是采用筛析法，以 0.080mm 方孔筛的筛余量表示水泥的细度；其二是用比表面积法，即单位质量的水泥所具有的总的表面积来表示。按照国家标准的规定，硅酸盐水泥的细度用比表面积表示，要求比表面积大于 $300\text{m}^2/\text{kg}$ 。细度不符合规定的，为不合格品。

(3) 标准稠度用水量：由于加水量的多少，对水泥的一些技术性质（如凝结时间等）的测定值影响很大，故测定这些性质时，必须在一个规定的稠度下进行。这个规定的稠度，称为标准稠度。水泥净浆达到标准稠度时，所需的拌和水量（以占水泥重量的百分比表示），称为标准稠度用水量（也称需水量）。

一般硅酸盐水泥的标准稠度用水量为 $24\% \sim 30\%$ 。

(4) 凝结时间：水泥的凝结时间分初凝时间和终凝时间。初凝时间是指自水泥加水时起至水泥浆开始失去可塑性和流动性所需的时间；终凝时间是指水泥自加水时起至水泥浆完全失去可塑性并开始产生强度所需的时间。

水泥的凝结时间在施工中具有重要的意义。初凝不宜过快，以便有足够的时间在初凝之前完成混凝土各工序的施工操作；终凝也不宜过迟，使混凝土在浇捣完毕后，尽早完成凝结并开始硬化，具有一定的强度，以利下一步施工工作的进行。

我国水泥标准规定，硅酸盐水泥的初凝时间不得早于 45min ，终凝时间不得迟于 6.5h 。凡初凝时间不符合规定的水泥，为废品；终凝时间不符合规定的水泥，为不合格品。

(5) 体积安定性：水泥的体积安定性，是指水泥在凝结硬化过程中，体积变化的均匀性。

引起水泥体积安定性不良的原因是水泥熟料中含有过量的游离氧化钙或游离氧化镁，以及在水泥粉磨时掺入的石膏超量等。

国家标准规定，水泥安定性不合格者，为废品。

(6) 强度：强度是水泥的重要力学性能指标，是划分水泥强度等级的依据。水泥强度等级按规定龄期的抗压强度和抗折强度来划分，硅酸盐水泥强度等级分为 42.5 、 42.5R 、 52.5 、 52.5R 、 62.5 、 62.5R ，共六个等级。

(7) 水化热：水泥在水化过程中所放出的热量，称为水泥的水化热 (kJ/kg)。水泥水化热的大部分是在水化初期 (7d 内) 放出的，后期放热逐渐减少。

水泥水化热的大小及放热速率，主要决定于水泥熟料的矿物组成及细度等。通常强度等级高的水泥，水化热较大。

水泥的这种放热特性，对大体积混凝土建筑物是不利的。它能使混凝土内部与表面之间产生较大的温差，引起局部拉应力，使混凝土发生裂缝。因此，大体积混凝土工程应采用放热量较低的水泥。

2.2.3 水泥的应用

由于不同品种的水泥在性能上各有其特点，因此在应用中，应该根据工程所处的环境

条件、建筑物特点及混凝土所处的部位，选用适当的水泥品种，以满足工程的不同要求。

水位变化区的外部混凝土，建筑物的溢流面和耐磨要求的混凝土，有抗冻性要求的混凝土，应优先选用中热硅酸盐水泥、硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

大体积建筑物内部的混凝土，位于水下的混凝土和基础混凝土，宜选用低热矿渣硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥。

当环境水对混凝土有硫酸盐侵蚀时，应选用抗硫酸盐水泥。

水泥强度等级的选用原则，应根据混凝土的性能要求来考虑。高强度等级的水泥，适用于配制高强度的混凝土或对早强有特殊需要的混凝土；低强度等级的水泥，宜用于配制低强度的混凝土或配制砌筑砂浆等。水泥强度等级越高，其抗冻性及耐磨性越高，为了保证混凝土的耐久性，对于建筑物外部水位变化区、溢流面和经常受水流冲刷的混凝土，以及受冰冻作用的混凝土，其水泥强度等级不宜低于 42.5MPa。

2.3 砂浆

建筑砂浆是由胶凝材料、细骨料和水按一定比例配制而成的建筑材料。砂浆按其用胶凝材料的不同，可分为水泥砂浆、石灰砂浆和混合砂浆等。

水利工程中应用的主要为水泥砂浆。

2.3.1 建筑砂浆的基本性能

建筑砂浆的技术性能包括新拌砂浆的和易性及硬化砂浆的性质两个方面。

(1) 新拌砂浆和易性：新拌砂浆的和易性是指砂浆是否便于施工并保证质量的性质。新拌砂浆的和易性包括流动性和保水性两方面。

①流动性 砂浆流动性又称稠度，表示砂浆在自重或外力作用下可流动的性能。砂浆流动性的大小用“稠度值”表示，通常用砂浆稠度测定仪测定。稠度值大的砂浆表示流动性较好。

②保水性 砂浆保水性是指砂浆能保持水分的能力。即指搅拌好的砂浆在运输、停放、使用过程中，水与胶凝材料及骨料分离快慢的性质。

砂浆保水性以“分层度”表示，用砂浆分层度测量仪测定。建筑砂浆的分层度一般在 10~20mm 之间为宜。分层度大于 30mm 的砂浆，保水性不良，容易产生离析，不便于施工；分层度接近于 0 的砂浆，容易产生干缩裂缝。

(2) 硬化砂浆的性质：

①砂浆抗压强度 砂浆抗压强度采用边长为 70.7mm 的立方体试件，在规定条件下养护 28d 后测定。砂浆的强度等级分为 M2.5, M5, M7.5, M10, M15, M20 等 6 个等级。

②耐久性 经常与水接触的水工砌体有抗渗及抗冻要求，故水工砂浆应考虑抗渗、抗冻、抗侵蚀性。其影响因素与混凝土大致相同，但因砂浆一般不振捣，所以施工质量对其影响尤为明显。

2.4 水泥混凝土

混凝土是由胶凝材料、水和粗、细骨料按适当比例配合、拌制成混合物，经一定时间硬化而成的人造石材。

2.4.1 混凝土的分类

(1) 按表观密度分类：

①重混凝土 干表观密度大于 2600kg/m³。系采用重晶石、铁矿石或钢屑等作骨料制

成，对 X 射线、 γ 射线有较高的屏蔽能力。

②普通混凝土 干表观密度在 $1900 \sim 2500\text{kg}/\text{m}^3$ 。系采用天然砂、石作骨料制成。

③轻混凝土 干表观密度小于 $1900\text{kg}/\text{m}^3$ 。包括轻骨料混凝土、多孔混凝土和无砂大孔混凝土，这类混凝土多用于有保温绝热要求的部位，强度等级高的轻骨料混凝土也可用于承重结构。

(2) 按用途分类：按照在工程中的用途或使用部位，混凝土可分为结构混凝土、防水混凝土、耐热混凝土、耐酸混凝土、修补混凝土等。

2.4.2 混凝土的基本组成材料及其作用

混凝土是由水泥、水、砂及石子四种基本材料所组成。为节约水泥或改善混凝土的某些性能，常掺入一些外加剂及掺合料。水泥和水构成水泥浆。水泥浆包裹在砂颗粒的周围并填充砂的空隙形成砂浆；砂浆包裹石子颗粒并填充石子的空隙组成混凝土。在混凝土拌和物中，水泥浆在砂、石颗粒之间起着润滑作用，使拌和物便于浇筑施工。水泥浆硬化后形成水泥石，将砂、石胶结成为一个整体。混凝土中的砂称为细骨料，石子称为粗骨料。粗、细骨料一般不与水泥起化学反应，其作用是构成混凝土的骨架，并对水泥石的体积变形起一定的抑制作用。

2.4.3 混凝土的主要性能

新拌混凝土是一种将水泥、砂及粗骨料用水拌和而成的尚未凝固的混合物，也称为混凝土拌和物。

混凝土的主要技术性质包括混凝土拌和物的和易性、凝结特性、硬化混凝土的强度、变形及耐久性等。

(1) 混凝土拌和物的和易性：和易性是指混凝土拌和物在一定的施工条件下，便于施工操作并能获得质量均匀、密实混凝土的性能。和易性包括流动性、粘聚性及保水性三方面的含义。

①流动性 流动性是指混凝土拌和物在自重或施工机械振捣的作用下产生流动，并均匀、密实地填满模型的性能。

②粘聚性 粘聚性亦称抗离析性，指混凝土拌和物有一定的粘聚力，在运输及浇筑过程中不致出现分层离析，使混凝土拌和物保持整体均匀的性能。粘聚性不好的拌和物，砂浆与石子容易分离，振捣后出现蜂窝、空洞等现象，严重影响工程质量。

③保水性 保水性指混凝土拌和物具有一定的涵养内部水分的能力，在施工过程中不致产生严重的泌水的性能。

混凝土拌和物的流动性、粘聚性及保水性三者是相互联系的。一般来说，流动性大的拌和物，其粘聚性及保水性相对地较差。

通常采用坍落度来定量地测量流动性，粘聚性与保水性主要通过目测来判定。

坍落度的测定是将混凝土拌和物按规定的方法装入标准截头圆锥筒内，将筒垂直提起后，拌和物在自重作用下产生一定的坍落，坍落的毫米数称为坍落度。坍落度越大，表明流动性越大。坍落度大于 10mm 的称为塑性混凝土，其中 $10 \sim 30\text{mm}$ 的常称为低流动性混凝土。坍落度小于 10mm 的称为干硬性混凝土。

(2) 混凝土的强度：混凝土强度分为抗压强度、抗拉强度、抗弯强度及抗剪强度等。其中以抗压强度最大，故混凝土主要用于承受压力。

①混凝土抗压强度 抗压强度是混凝土的重要质量指标，它与混凝土的其它性能指标有密切关系。我国现行标准规定以混凝土的立方体抗压强度值作为混凝土强度等级的依据。

混凝土立方体试件抗压强度（常简称为混凝土抗压强度）是指以边长为 150mm 的立方体试件，在标准养护条件下（温度为 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度大于 90%），养护至 28d 龄期，在一定条件下加压至破坏，以试件单位面积承受的压力作为混凝土的抗压强度。

目前混凝土的强度划分为 12 个等级：即 C7.5、C10、C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60，单位为 MPa (N/mm^2)。如强度等级 C20 系指立方体抗压强度标准值为 20MPa。

②混凝土的抗拉强度 混凝土的抗拉强度比其抗压强度小得多，一般只有抗压强度的 1/10 ~ 1/13。水泥的强度等级、水灰比及骨料的性质是影响混凝土强度的主要因素，此外，混凝土强度还受到施工质量、养护条件及龄期的影响。

(3) 混凝土的变形性能：混凝土在硬化和使用过程中，由于受物理、化学及力学等因素的影响，常会发生各种变形，这些变形是导致混凝土产生裂缝的主要原因之一，从而影响混凝土的强度及耐久性。混凝土的变形包括化学收缩、湿胀干缩、温度变形、荷载作用下的变形等。

(4) 混凝土的耐久性：混凝土除要求具有设计的强度外，还应具有抗渗性、抗冻性、抗冲磨性、抗侵蚀性及抗风化性等，统称为混凝土的耐久性。

混凝土的抗渗性是指抵抗水、油等液体在压力作用下渗透的性能。抗渗性是混凝土的一项重要性质，除关系到混凝土的挡水及防水作用外，还直接影响混凝土的抗冻性及抗侵蚀性。

混凝土的抗冻性，是指混凝土在水饱和状态下能经受多次冻融作用而不破坏，同时也不严重降低强度的性能。

混凝土的抗侵蚀性主要决定于水泥的抗侵蚀性。

2.4.4 混凝土的配合比设计

所谓混凝土配合比，是指单位体积的混凝土中各组成材料的重量比例，确定这种数量比例关系的工作，就称为混凝土配合比设计。混凝土配合比要满足以下几方面的要求：

- (1) 满足结构设计的强度要求。
- (2) 满足施工和易性要求。
- (3) 满足混凝土耐久性要求。
- (4) 在满足以上要求的同时，尽量降低成本。

2.5 钢材

建筑钢材是指建筑工程中所用的各种钢材。包括钢结构用的各种型钢（圆钢、角钢、槽钢和工字钢）、钢板和钢筋混凝土中用的各种钢筋和钢丝等。

2.5.1 建筑钢材的技术性质

建筑钢材作为主要的受力结构材料，不仅需要具有一定的力学性能，同时还要求具有容易加工的性能。其主要的力学性能有抗拉性能、抗冲击性能、耐疲劳性能及硬度。而冷弯性能和可焊接性能则是钢材重要的工艺性能。

- (1) 力学性能：