

国家中等职业教育改革发展示范校建设系列教材

水利工程施工

主 编 刘彦君



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

国家中等职业教育改革发展示范校建设系列教材

水利工程施工

主 编 刘彦君



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是“国家中等职业教育改革发展示范校建设计划项目”中央财政支持重点建设“水利水电工程施工”专业课程改革系列教材。本书按照水利水电工程施工各工序的内在联系,结合水利工程施工的施工特点,将教学内容分为土方工程施工、混凝土工程施工、爆破工程施工、基础工程施工、施工导流等几大基础部分,同时还包含了施工法规、施工监理、施工组织设计等施工规范性内容。

本书从实际出发,通俗易懂,语言平实。在理论讲解的同时,引用了近年来一些著名工程的实例,使学生在在学习过程中能够更好地理解所学知识。

本书既可作为中等职业教育水利水电工程施工专业及专业群的教材,也可作为水利工程施工员、水利工程施工内业员等水利行业培训教材,同时也可供其他建筑企业有关施工技术人员和管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

水利工程施工 / 刘彦君主编. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2014.5

国家中等职业教育改革发展示范校建设系列教材

ISBN 978-7-5170-1994-7

I. ①水… II. ①刘… III. ①水利工程—工程施工—中等专业学校—教材 IV. ①TV5

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第096083号

书 名	国家中等职业教育改革发展示范校建设系列教材 水利工程施工
作 者	主编 刘彦君
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 10.25印张 243千字
版 次	2014年5月第1版 2014年5月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	24.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

黑龙江省水利水电学校教材编审委员会

主 任：刘彦君（黑龙江省水利水电学校）

副主任：王永平（黑龙江省水利水电学校）

张 丽（黑龙江省水利水电学校）

赵 瑞（黑龙江省水利水电学校）

委 员：张 仁（黑龙江省水利水电学校）

王 安（黑龙江省水利水电学校）

袁 峰（黑龙江省水利水电学校）

魏延峰（黑龙江省水利第二工程处）

马万贵（大庆防洪工程管理处）

吕海臣（齐齐哈尔中引水利工程有限责任公司）

张 娜（哈尔滨第一工具厂）

李状桓（黑龙江傲立信息产业有限公司）

杨品海（广州数控设备有限公司）

武彩清（山西华兴科软有限公司）

周广艳（北京斐克有限公司）

陈 侠（湖北众友科技实业有限公司）

凌 宇（哈尔滨东辰科技股份有限公司）

石 磊（哈尔滨工业大学软件工程股份有限公司）

本书编写人员：刘彦君（黑龙江省水利水电学校）

前 言

本书是“国家中等职业教育改革发展示范校建设计划项目”中央财政支持重点建设“水利水电工程施工”专业课程改革系列教材。

本书结合中职学生的特点和知识层面,针对学生知识基础较薄弱,思考不够深入的现状,遵循逐步、逐层、深入、细致的渐进式认识规律,又考虑到水利水电工程施工周期长、投资多、规模大、工程结构复杂、涉及工种多、影响因素多等特点,编者从基础入手,即首先介绍水利工程建筑材料特点,进而从材料本身的性质、特点出发,讲述何种施工方法适用于何种材料,使学生明白采用某种工艺进行工程施工的原因,并且力求使学生自己能总结出施工中的注意事项,避免在施工中违规操作。

本书按照水利水电工程施工各工序的内在联系,结合水利水电工程施工的特点,将教学内容分为土石工程施工、混凝土工程施工、爆破工程施工、基础工程施工、施工导流等几大基础部分,同时还包含了施工组织、施工管理、施工监理等施工规范性内容。

本书从实际出发,通俗易懂,语言平实。在理论讲解的同时,引用了近年来一些著名工程的实例,使学生在过程中能够更好地理解所学知识。

本书既可作为中等职业教育水利水电工程施工专业及专业群的教材,也可作为水利工程施工员、水利工程施工内业员等水利行业培训教材,同时也可供其他建筑企业有关施工技术人员和管理人员参考使用。

本书系国家示范性中职学校建设的成果之一,是由该课程的建设团队完成的。

由于编者水平有限,书中难免存在不足和缺点,恳请读者不吝赐教,提出宝贵意见或建议。编者在此谨表衷心感谢。

编 者

2014年2月

目

录

前言

绪论	1
项目一 土石基础知识讲解	3
任务一 土的工程分类与性质	3
任务二 石的工程分类与性质	7
任务三 寒冷地区施工	10
项目二 土石工程施工	13
任务一 土石坝工程	13
任务二 堤防工程	19
任务三 渠道工程	23
任务四 砌石工程	28
任务五 软排施工	33
任务六 抛石施工工法	38
项目三 混凝土工程施工	40
任务一 混凝土的施工工艺	40
任务二 混凝土的质量监控	54
任务三 模板作业施工	57
任务四 水闸施工	61
任务五 重力坝施工	67
项目四 爆破工程施工	68
任务一 爆破工程的应用	68
任务二 常见爆破问题的解决	72
项目五 基础工程施工	81
任务一 岩基灌浆	81
任务二 防渗墙施工	85
项目六 施工导流	87
任务一 施工导流	87

任务二	围堰工程	92
任务三	施工导流水力计算	97
任务四	导流方案选择	101
任务五	截流	103
任务六	基坑排水	105
项目七	施工组织	109
任务一	施工组织设计	109
任务二	施工进度计划	110
任务三	施工总体布置	114
项目八	施工管理	119
任务一	施工进度控制	119
任务二	施工成本控制	121
任务三	施工质量控制	125
任务四	施工安全管理	130
任务五	工程招投标与合同管理	133
任务六	施工信息管理	136
任务七	施工沟通与协调	140
项目九	施工监理	143
任务一	建设监理概述	143
任务二	堤防施工环节的质量监理要点	150
任务三	堤防工程施工的质量评定标准及验收程序	154
任务四	砂质土堤施工的质量监理要点	156
参考文献		157

绪 论

“水利工程施工”是一门理论与实践紧密结合的专业课程。它是在总结国内外水利水电建设先进经验的基础上，从施工机械、施工技术、施工组织与管理等方面，研究又好又快地进行水利水电建设基本规律的一门科学。

一、水利工程施工的任务和特点

水利工程施工的主要任务可归纳如下：

(1) 依据设计、合同任务和有关部门的要求，根据工程所在地区的自然条件，当地社会经济状况，设备、材料和人力等的供应情况以及工程特点，编制切实可行的施工组织设计方案。

(2) 按照施工组织设计，做好施工准备，加强施工管理，有计划地组织施工，保证施工质量，合理使用建设资金，多快好省地全面完成施工任务。

(3) 在施工过程中开展观测、试验和研究工作，促进水利水电建设科学技术的发展。

水利工程施工的特点，突出地反映在对水流的控制上。

二、我国水利工程施工的成就与展望

在我国历史上，水利建设成就卓著。公元前 250 年以前修建的四川省都江堰水利工程，按“乘势利导，因时制宜”的原则，发挥了防洪和灌溉的巨大效益。用现代系统工程的观点来分析，该工程在结构布局、施工措施、维修管理制度等方面都是相当成功的。此外，在截流堵口工程中所使用的多种施工技术至今还为全国各地水利工程所沿用。

1949 年新中国成立后，在党和政府的正确领导下，我国的水利水电事业取得了辉煌的成就。有计划、有步骤地开展了大江大河的综合治理；修建了一大批综合利用的水利枢纽工程和大型水电站；建成了一些大型灌区和机电灌区；中、小型水利水电工程也得到了蓬勃的发展。

随着水利水电事业的发展，施工机械的装备能力迅速增长，现在已经具有实现高强度快速施工的能力；施工技术水平不断提高，先后进行了长江、黄河等大江大河的截流，采用了很多施工的新技术、新工艺；土石坝工程、混凝土坝工程和地下工程的综合机械化组织管理水平逐步提高。水利工程施工科学的发展，为水利水电事业展示出了一片广阔的前景。

在取得巨大成就的同时，我国的水利水电建设也付出过沉重的代价。如由于违反基本建设的程序，不遵循施工的科学规律，不按照经济规律办事，使水利水电建设事业遭受相当大的损失。我国目前大容量、高效率、多功能的施工机械，其通用化、系列化、自动化的程度还不高，利用并不充分；新技术、新工艺的研究推广和使用不够普遍；施工组织管理水平不高；各种施工规范、规章制度、定额法规等的基础工作还比较薄弱。



为了实现我国经济建设战略目标,加快水利水电建设的步伐,必须认真总结过去的经验和教训,在学习和引进国外的先进技术、科学管理方法的同时,发扬自力更生、艰苦创业的精神,走出一条适合我国国情的水利水电工程施工科学技术的发展道路。

三、水利工程施工组织与管理的基本原则

总结过去水利工程施工的经验,在施工组织与管理方面,必须遵循以下的主要原则:

(1) 全面贯彻多快好省的施工原则,即在工程建设中应该根据需求和可能,尽快地完成优质、高产、低消耗的工程,任何片面强调某一个方面而忽视另一个方面的做法都是错误的,都会造成不良的后果。

(2) 按基本建设程序办事。

(3) 按系统工程的原则合理组织工程施工。

(4) 实行科学管理。

(5) 一切从实际出发,遵从施工的科学规律。

要做好人力物力的综合,平衡、连续、有节奏地施工。

四、本课程的主要内容和特点

本课程是一门实践性综合性很强的专业课。根据这一特点,本书着重阐述水利水电工程及其有代表性的水工建筑物的施工程序、施工方案、施工方法和施工组织管理等方面的基本原理。

本书的主要内容如下:

(1) 土石工程和混凝土工程这两个项目是从材料角度出发,教授施工工艺,同时列举了几个水工建筑物施工中的应用实例。

(2) 爆破工程和基础工程这两个项目,由于和水利水电枢纽工程、各单项工程的施工都有联系,故集中阐明其原理和方法,至于它们的应用,则应与具体的工程对象联系起来进行考虑。

(3) 项目五介绍了常见的两种基础处理方法,不仅仅适用于水利工程,同样也适用于道路桥梁等行业基础处理。

(4) 项目六施工导流,是以整个枢纽工程为对象,介绍枢纽工程的施工程序的基本内容和要求。施工导流也是本书的核心内容之一。

本教材以阐述施工技术、施工组织管理的基本原则和基本方法为主,对于施工机械,由于学时和篇幅的限制,仅结合施工技术、施工方案的论述作适当介绍。

根据教材的内容和特点,学习时应着眼于掌握基本概念、基本原理、基本方法,并配合生产实习、课堂作业、视频教学等其他教学环节来运用所学的知识,这样才能有效地掌握本课程的内容。

项目一 土石基础知识讲解

土石材料是日常生活中最常见的工程材料，几乎所有的水利工程都与土石材料有关。因其造价相对较低，储量丰富，故此被广泛采用于工程建设中。本项目首先分别介绍土、石材料的特点及其各项评价指标，后续课程再从实际出发，讲解常见的土石工程施工工艺。

任务一 土的工程分类与性质

一、土的组成

土是风化的产物，是由固体颗粒、水和空气组成的三相体系。在外力作用下，土体并不显示为一般固体的特性，也不表现为一般液体的特性，因此，在研究土的工程性质时，既有别于固体力学，也有别于液体力学。

自然界中存在的土，都是由大小不同的土粒组成的。土粒的粒径由粗到细逐渐变化时，土的性质也相应地发生变化。例如，土的性质随着粒径的变细，可由无黏性变化到有黏性。因此可以将土中各种不同粒径的土粒，按适当的粒径范围，分为若干组，各个粒组，随着分界尺寸的不同而呈现一定质的变化，划分粒组的分界尺寸称为界限粒径。

目前我国常用的土粒粒组划分方法，按照界限粒径的大小，将土粒分为以下六个组：漂石（块石）（大于 200mm）、卵石（碎石）（60~200mm）、圆砾（角砾）（2~60mm）、砂粒（0.075~2mm）、粉粒（0.005~0.075mm）和黏粒（小于 0.005mm）（漂石、卵石、圆砾是一定磨圆形状、圆形或亚圆形）。

土中土粒的大小及其组成情况，通常以土中各个粒组的相对含量来表示，称为土的颗粒级配。

如何来分析土中的颗粒级配情况，通常用筛分法与水分法两种。

筛分法适用于粒径大于 0.075mm 的粗颗粒。如果粒径小于 0.075mm，可以采用水分法测出土颗粒的含量，然后画出颗粒的级配曲线。如果级配曲线平缓，表示土中各种大小粒径均有，颗粒不均匀，级配良好。如曲线较陡，则表示土粒均匀，级配不好。

衡量颗粒级配好坏的指标为不均匀系数，不均匀系数反映大小不同粒组的分布情况。不均匀系数越大，土粒径的分布范围越大，土粒越不均匀，曲线越平缓，级配良好。

一般认为，不均匀系数小于 5，称为均质土，其级配不好；不均匀系数大于 10，称为级配良好的土。

土中总含有水，土中水以三种状态出现：液态、固态、气态。土中水的存在会影响到



土的物理性质和力学性质，尤其是当固体颗粒愈小时，水的影响愈大。

存在于土中的液态水可分为结合水和自由水两大类。

土中的气体存在于未被水占据的土孔隙中。与大气相连的气体对土的力学性质影响不大。在细黏土中存在与大气隔绝的气泡，使土具有弹性，受压时气体体积缩小，卸荷后体积又恢复，不易压缩，只有强夯时才能压缩。

二、土的特征指标

1. 土粒比重

土粒质量与同体积 4°C 时的水的质量之比称为土粒比重。

土粒比重通常在 $2.65\sim 2.80$ 之间，它的大小决定于土的矿物成分。砂土的比重约为 2.65 ，黏土约为 $2.70\sim 2.80$ 。土中含有大量有机质时，土粒比重显著减小。同一种类的土，其比重值的变化幅度很小。土粒比重可在试验室内用比重瓶法测定。

2. 土的含水量

土中含水的质量与工程质量之比称为土的含水量。

含水量是表示土湿度的一个重要物理指标。天然土层含水量变化范围很大，砂土为 $0\sim 40\%$ ；黏性土为 $20\%\sim 100\%$ ，有的甚至达到百分之几百。

土的含水量一般采用烘干法测定。将土样在 $100\sim 105^{\circ}\text{C}$ 恒温下烘干，这时土中的自由水与结合水排走了，根据烘干前后的质量差，可知水的含量及土粒质量，即可求出。

3. 土的密度

单位体积土的质量称为土的密度。

天然状态下土的密度范围较大，其具体情况如下。

砂土： $1.6\sim 2.0\text{g}/\text{cm}^3$ 。

黏土： $1.8\sim 2.0\text{g}/\text{cm}^3$ 。

腐殖土： $1.5\sim 1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 。

土的密度一般用“环刀法”测定。

4. 土的干密度、饱和密度和有效密度

单位土体积固体颗粒的质量称为干密度。干密度可以用来评价土的紧密程度，工程上作为人工填土压实质量的控制指标。

土孔隙充满水时，单位体积土体质量称为饱和密度。

在地下水位以下，土受到浮力作用后，单位土体积中土颗粒的有效质量称为有效密度。

5. 土的孔隙比和孔隙率

土的孔隙比是土中孔隙体积与土的颗粒体积之比，无量纲，是表明土密集程度的一个很重要的物理指标。

土的孔隙率是土中孔隙体积与土总体积之比，以百分数表示。

6. 土的饱和度

土中水的体积与孔隙总体积之比称为土的饱和度。饱和度说明土的潮湿程度。



三、土的工程分类 (表 1-1)

表 1-1 土 的 工 程 分 类

土的分类	土、石名称	开挖方法及工具
一类土 (松软土)	略有黏性的砂土、粉土、腐殖土及疏松的种植土，泥炭（淤泥）	用锹，少许用脚蹬或用板锄挖掘
二类土 (普通土)	潮湿的黏性土和黄土，软的盐土和碱土，含有建筑材料碎屑、碎石、卵石的堆积土和种植土	用锹、条锄挖掘，需用脚蹬，少许用镐
三类土 (坚土)	中等密实的黏性土或黄土，含有碎石、卵石或建筑材料碎屑的潮湿的黏性土或黄土	主要用镐、条锄，少许用锹
四类土 (砂砾坚土)	坚硬密实的黏性土或黄土，含有碎石、砾石（体积在 10%~30%，重量在 25kg 以下的石块）的中等密实黏性土或黄土，硬化的重盐土，软泥灰岩	全部用镐、条锄挖掘，少许用撬棍挖掘
五类土 (软石)	硬的石灰纪黏土，胶结不紧的砾岩，软的、节理多的石灰岩及贝壳石灰岩，坚实的白垩，中等坚实的页岩、泥灰岩	用镐或撬棍、大锤挖掘，部分使用爆破方法
六类土 (次坚石)	坚硬的泥质页岩，坚实的泥灰岩，角砾状花岗岩，泥灰质石灰岩，黏土质砂岩，云母页岩及砂质页岩，风化的花岗岩、片麻岩及正长岩，滑石质的蛇纹岩，密实的石灰岩，硅质胶结的砾岩，砂岩，砂质石灰质页岩	用爆破方法开挖，部分用风镐
七类土 (坚石)	白云岩，大理石，坚实的石灰岩、石灰质及石英质的砂岩，坚硬的砂质页岩，蛇纹岩，粗粒正长岩，有风化痕迹的安山岩及玄武岩，片麻岩，粗面岩，中粗花岗岩，坚实的片麻岩，辉绿岩，玢岩，中粗正长岩	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	坚实的细粒花岗岩，花岗片麻岩，闪长岩，坚实的玢岩、角闪岩、辉长岩、石英岩、安山岩、玄武岩，最坚实的辉绿岩、石灰岩及闪长岩，橄榄石质玄武岩，特别坚实的辉长岩、石英岩及玢岩	用爆破方法开挖

注 表中的前四类是土，后四类是石。在预算基价中，将一至三类土划分为一般土，砂砾坚土即四类土。

四、土的性质

1. 土的天然含水量

水的质量与固体颗粒质量之比称为土的天然含水量，以百分数表示，即

$$\omega = \frac{m_w}{m_s} \times 100\%$$

式中 m_w ——土中水的质量，kg；

m_s ——土中固体颗粒的质量，kg。

ω 越大，越不利。当 $\omega < 5\%$ 时为干土； $\omega = 5\% \sim 30\%$ 为湿土； $\omega > 30\%$ 为饱和土。

含水量影响挖土的难易、边坡坡度、回填压实程度。

2. 土的密度

(1) 土的天然密度。

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中 m ——土的总质量，kg；

V ——土的天然体积， m^3 。

(2) 土的干密度。



$$\rho_d = \frac{m_s}{V}$$

式中 m_s ——土中固体颗粒的质量, kg;

V ——土的天然体积, m^3 。

ρ_d 越大, 土越密实。土的干密度影响基坑底及回填土压实程度。

3. 土的可松性

可松性是自然状态土经开挖后, 体积增大、回填压实后, 其体积仍不能恢复原状的性质, 用可松性系数表示, 即

$$k_s = \frac{V_2}{V_1}$$

$$k'_s = \frac{V_3}{V_1}$$

式中 k_s ——土的最初可松性系数;

k'_s ——土的最终可松性系数;

V_1 ——土在天然状态下的体积, m^3 ;

V_2 ——土被挖出后在松散状态下的体积, m^3 ;

V_3 ——土经压实后的体积, m^3 。

可松性影响平衡调配、场地设计标高、机具数量。

4. 土的渗透性

渗透性是指水流通过土中孔隙的难易程度, 即水在单位时间内穿透土层的能力。

5. 土方边坡

土方边坡坡度是以其挖土深度和放坡宽度的比值表示, 即

$$\text{土方边坡坡度} = \frac{h}{b} = \frac{1}{\frac{b}{h}} = 1 : m$$

式中 h ——挖土深度, m;

b ——放坡宽度, m。

土方边坡大小与以下因素有关, 如土质、开挖深度、开挖方法、边坡留置时间长短、坡顶有无荷载以及排水情况等。

五、压实的意义

1. 非黏性土(无黏性土)的密实度

非黏性土的密实度与过程性质有密切关系, 当密实状态时, 强度较大, 可作为良好的天然地基; 当软弱状态时, 则是一种软弱地基。非黏性土的密实度与孔隙比有密切的关系。因此可以用孔隙比来表示密实度, 它是确定砂土地基承载力的主要根据。

孔隙比评定砂土密实性虽然简单, 但没有考虑到颗粒级配的因素, 所以还可用相对密度来表示砂的密实程度。

相对密度是无黏性粗粒土密实度的指标, 对判断地基稳定性和强度, 以及抗震稳定性方面具有重要的意义。

另外, 天然孔隙比虽然是评价非黏性土的一个重要物理指标, 但在具体工程中, 难于



取得原样,因此可以用标准贯入试验或静力触探试验来判别砂土的密实度。

2. 黏性土的物理特征

黏性土的含水量低时,强度高;含水量高时,强度低。并且随着含水量的变化,黏性土会呈现出不同的物理状态,即:固态、半固态、可塑状态、流动状态。

单介绍可塑状态来说,所谓可塑状态,就是当黏性土在某含水量范围内,可用外力塑成任何形状而不发生裂纹,并当外力移去后仍然能保持既得的形状。

黏性土的工程性质与土的成因、生成年代的关系很密切,不同成因和年代的黏性土,尽管其某些物理指标值可能很接近,但其工程性质可能相差很悬殊。

3. 压实的意义

在工程中有时要进行填土,为了提高填土的强度,增加密实性,通常要分层压实。土体压实后可以更好地抵御水对土体的冲刷。实践经验证明,对过湿的土进行夯压或碾压时会出现软弹现象;对很干的土进行夯实或碾压时,显然也不能把土充分压实。所以,要使土的压实效率最好,其含水量要适当。在一定的压实能量下,使土最容易压实,并能达到最大密实度的含水量称为最优含水量,相对应的干密度为最大干密度。实验证明,在一定压实能量下,一种类型的土,其压实曲线呈山峰形分布,当含水量低时,随着含水量的增大,土的干密度也增大,当含水量超过某一限值时,干密度随着含水量的增大而减小。

任务二 石的工程分类与性质

一、岩石的基本性质

岩石和土一样,也是由固体、液体和气体组成的。工程分类可参照表 1-1。

岩石的物理性质是岩石的基本工程性质,主要指岩石的重量性质和孔隙性质,包括岩石的比重、重度、密度、孔隙度、孔隙比等指标。

(1) 比重。岩石的固体部分(不含孔隙)的质量与同体积的水在 4°C 时质量的比值称为岩石的比重。

(2) 重度。也即岩石的重力密度,是指岩石单位体积的重力。数值上等于岩石试件的总重力(含孔隙中水的重力)与其总体积(含孔隙体积)之比,其单位为 N/m^3 。

(3) 密度。岩石的密度指的是单位体积岩石的质量,其单位为 kg/m^3 或 g/cm^3 。

1. 岩石的孔隙性质

岩石的孔隙性反映的是岩石中各种孔隙(包括裂隙)的发育程度,一般用孔隙度表示。岩石的孔隙性对岩块及岩体的水理、热学性质影响很大。一般说来,孔隙率愈大,岩块的强度愈低、塑性变形和渗透性愈大,反之亦然。同时岩石由于空隙的存在,使之更易遭受各种风化应力作用,导致岩石的工程地质性质进一步恶化。对可溶性岩石来说,孔隙率大,可以增强岩体中地下水的循环与联系,使岩溶更加发育,从而降低了岩石的力学强度并增强其透水性。当岩体中的孔隙被黏土等物质充填时,则又会给工程建设带来诸如泥化夹层或夹泥层等岩体力学问题。

岩石的孔隙度指的是岩石中孔隙(含裂隙)的体积与岩石总体积的比值,常用百分数表示。



岩石的工程地质性质包括岩石的物理性质、水理性质和力学性质。影响岩石工程地质性质的因素主要是岩石的矿物成分、结构、构造及岩石的风化程度等方面。

2. 岩石的吸水性

(1) 吸水率。岩石在常压下的吸水能力称为岩石的吸水率。在常压下,将岩石浸入水中充分吸水,被岩石吸收的水分的重力与干燥岩石的重力之比的百分数即表示吸水率,其符号为 W_a 。

(2) 饱水率。岩石在高压 (15MPa) 或真空条件下的吸水能力称为岩石的饱水率。也是以岩石吸收的水分的重力与干燥岩石的重力之比的百分数来表示,其符号为 W_p 。

(3) 饱水系数。岩石的吸水率与饱水率之比称为饱水系数,其符号为 K_w 。

3. 岩石的透水性

岩石允许水透过的能力称岩石的透水性。岩石的透水性可用渗透系数 (K) 来表示。渗透系数一般由室内或野外试验所测得。

4. 岩石的溶解性

岩石溶解于水的性质称为岩石的溶解性。岩石的溶解性常用溶解度或溶解速度来表示。

5. 岩石的软化性

岩石浸水后强度和稳定性降低的性质称为岩石的软化性。岩石的软化性可用软化系数来表示。软化系数等于岩石在饱水状态下的极限抗压强度与风干状态下的极限抗压强度的比值。

6. 岩石的抗冻性

岩石的这种抵抗水冻结所造成破坏的能力称为岩石的抗冻性。表示抗冻性的指标可用岩石的强度损失率和重量损失率来表示。通常是岩石的饱水系数小,则抗冻性就强;而岩石的软化系数大,则抗冻性也强。

7. 岩石的变形指标

(1) 弹性模量。应力与弹性应变的比值称为弹性模量,其符号为 E ,单位为 MPa。

(2) 变形模量。应力与总应变的比值称为变形模量,其符号为 E_0 ,单位为 MPa。

(3) 泊松比。岩石在轴向压力的作用下,既产生纵向压缩,又产生横向膨胀。则横向应变与纵向应变的比值称为泊松比,其符号为 μ 。

8. 岩石的强度指标

(1) 抗压强度。岩石试样在单向压力作用下的抵抗压碎破坏的能力称为岩石的抗压强度,其符号为 R ,单位为 MPa。

(2) 抗拉强度。岩石试样在单向拉伸作用下的抵抗拉断破坏的能力称为岩石的抗拉强度,其符号为 R_m ,单位为 MPa。一般以拉断破坏时的最大张应力来表示。

(3) 抗剪强度。岩石抵抗剪切破坏的能力称为岩石的抗剪强度。以岩石被剪切破坏时的极限应力来表示,其符号为 τ_f ,单位为 MPa。

二、施工常用石材

1. 毛石

毛石是不成形的石料,处于开采以后的自然状态。它是岩石经爆破后所得形状不规则



的石块，是天然或从石矿里刚开采出来未经加工的石块，也被称为乱石，一般块较大（300mm 以上），常用于填方、砌筑基础、挡土墙等。建筑用毛石，一般要求石块中部厚度不小于 150mm，长度为 300~400mm，质量约为 20~30kg。根据其平整度，可细分为乱毛石、平毛石。形状不规则的叫乱毛石；有两个大致平行面的称为平毛石。

2. 碎石

经过破碎加工的碎石，一般直径为 13~80mm；经过筛分，直径为 40~80mm 的碎石常用于垫层，直径为 13~40mm 的碎石常用于水泥混凝土等，更小的石屑、石粉常作沥青混凝土的材料。

3. 块石

叫法较多，体积较大。一般指稍做加工的（区别于方整石，料石）石材，主要用于砌墙。

4. 料石

一般指较规则的六面体石块。加工成比较方整、至少有一个平面是平整的石块，又分细料石、粗料石。

5. 片石

片石，一般指刚开采出来的小石片，用作垫层或填充石墙，定额中易与毛石块石搞混。片石还指的是符合工程要求的岩石，经开采选择所得的形状不规则的、边长一般不小于 15cm 的石块。毛石与片石在外形上有差别，但在混凝土中的作用是一样的。毛石的价格比片石应该便宜一些。应该说片石在外形上接近于平面，而毛石的空间形状更明显一些。碎石是由毛石或片石破碎而成的。

片石分许多种，如高速路护坡、河道（渠道）护堤片石是把大块的石头利用工具分解成大体呈长方体的小块石，大致是长为 30cm，宽为 50cm，厚为 10~30cm，或者是长为 30cm，宽为 40cm，厚为 10~30cm 的方块。也可以根据施工要求进行加工。此种片石大致要求有一个比较平整的面，长宽误差一般在 2cm 左右，厚度一般要求是在一定范围之内。

三、石材的判断

在工地上可通过看、听、称来判定石材质量。看，即观察打裂开的破碎面，颜色均匀一致，组织紧密，层次不分明的岩石为好；听，就是用手锤敲击石块，听其声音是否清脆，声音清脆响亮的岩石为好；称，就是通过称量计算出其表观密度和吸水率，看它是否符合要求，一般要求表观密度大于 2650kg/m³，吸水率小于 10%。

四、岩石的风化（表 1-2）

表 1-2

岩石的风化

风化程度	野外特征	风化程度参数指标		
		压缩波速度 $v_p / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	波速比 K_v	风化系数 K_f
未风化	岩质新鲜，偶见分化痕迹	>5000	0.9~1.0	0.9~1.0
微风化	结构基本未变，仅节理面有渲染或略有变色。有少量风化裂隙	4000~5000	0.8~0.9	0.8~0.9
中等风化	结构部分破坏，沿节理面有次生矿物。风化裂隙发育，岩体被切割成岩块。用镐难挖，岩芯钻方可钻进	2000~4000	0.6~0.8	0.4~0.8



续表

风化程度	野外特征	风化程度参数指标		
		压缩波速度 $v_p/(m \cdot s^{-1})$	波速比 K_v	风化系数 K_f
强风化	结构大部分破坏, 矿物成分显著变化, 分化裂隙发育, 岩体破碎。用镐可挖掘, 干钻不易钻进	1000~2000	0.4~0.6	<0.4
全风化	结构基本破坏, 但尚可辨认, 有残余结构强度, 可用镐挖, 干钻可钻进	500~1000	0.2~0.4	—
残积土	组织结构已全部破坏, 已风化成土状, 锹镐易挖掘, 干钻易钻进, 具可塑性	<500	<0.2	—

注 1. 波速比 K_v 为风化岩石与新鲜岩石压缩波速度之比。

2. 风化系数 K_f 为风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比。

3. 岩石风化程度, 除按表列野外特征和定量指标划分外, 也可根据当地经验划分。

4. 花岗岩类岩石, 可采用标准贯入试验划分, 即 $N \geq 50$ 为强风化; $50 > N \geq 30$ 为全风化; $N < 30$ 为残积土。

5. 泥岩和半成岩, 可不进行风化程度划分。

任务三 寒冷地区施工

一、冻土的工程性质

地面下一定深度的土温, 随大气温度而改变。当地层温度降至摄氏零度以下时, 土体便会因土中水冻结而形成冻土。冻土是一种温度强敏感土体土质, 含有地下水, 这是与其他岩土最为本质的区别。温度的变化会导致冻土一系列的力学行为变化, 这种变化常常是复杂的, 并直接影响到以冻土为载体的工程建筑物的稳定性。具体地讲, 温度的正负变化可使得土体中水分发生相变, 这一过程对于土体的强度和变形特性而言, 可导致质的变化, 并直接引发建筑物地基失稳。

二、冻土引发的工程问题

由多年冻土引起的特殊工程地质问题, 主要有融沉、冻胀、冰锥、冻胀丘、融冻泥流、热融滑塌、热融湖塘、沼泽湿地、厚层地下冰等不良地质现象, 现主要介绍以下两项。

(1) 融沉是指多年冻土融化, 使建在多年冻土区的建筑物地基变形和破坏, 主要表现为基础下沉、基础向阳侧边坡和建筑物肩开裂及下滑、边坡溜塌等。

(2) 冻胀是土体冻结时产生的最重要的物理力学过程, 是因为水由液体变成了固体, 体积膨胀增大而产生的, 表现为地表的不均匀升高变形。

冻胀的原因有二: ①由于土中水变成冰时, 体积增大 (约为水体积的 9%); ②由于冻结过程中水分子转移和重新分布, 形成冰夹层使体积增大, 这是冻胀的主要原因。由前一原因引起的冻胀大致为土总体积的 1% 左右, 而后一原因引起的冻胀可达土总体积的 10%~20% 甚至更大。

当土的温度降到 0°C 以下时, 土孔隙中的自由水首先在接近 0°C 时冻结。土内出现小的冰晶, 它与土粒之间由结合水膜隔开。当土的温度继续降低, 最外层的结合水开始冻结, 它们参与到冰晶体中去, 冰晶体变大。这时冰晶体周围的结合水膜比别处薄, 阳离子