

河南省机关事业单位  
技术工人考核培训 教材

# 水工知识(二)

河南省机关事业单位技术工人  
考核培训教材编委会



中国人事出版社

河南省机关事业单位  
技术工人考核培训 教材

# 水工知识(二)

河南省机关事业单位技术工人  
考核培训教材编委会

中国人事出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

水工知识 / 《河南省机关事业单位技术工人考核培训教材》编委会组织编写. - 北京: 中国人事出版社, 2006. 5  
河南省机关事业单位技术工人考核培训教材

ISBN 7 - 80189 - 506 - 1

I. 水… II. 河… III. 给排水系统—技术培训—教材  
IV. TU991

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 052949 号

中国人事出版社出版

(邮编 100101 北京市朝阳区育慧里 5 号)

新华书店经销

河南省郑州市运通印刷有限公司印刷

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

开本: 850mm × 1168mm 1/32 印张: 30(一、二)

字数: 779.52 千字(一、二) 印数: 1 000 册

定价: 50.00 元(一、二)

# 河南省机关事业单位技术工人考核 培训教材《水工知识(二)》编写委员会

主 任: 王 平

副主任: 陈根明

|      |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|
| 委 员: | 胡绍敏 | 闫英鸾 | 李保华 |
|      | 刘永根 | 关磊落 | 李宏武 |
|      | 郭中森 | 黄国强 | 朱立奎 |
|      | 胡国全 | 何 伟 | 刘 睿 |
|      | 沈怀勇 | 师 帅 |     |

主 编: 李守明

编 者: 张国路 罗 涛 李智君

## 编写说明

为了做好机关事业单位工人技术等级岗位考核培训工作,进一步提高技术工人的理论水平和业务素质,结合机关事业单位技术工人特点和岗位要求,我们受编委会委托,组织编写了《水工知识(二)》一书。

本书内容既包括应知的理论知识,还包括应会的操作技能指导,同时列出了工种岗位等级规范,晋升等级的技术工人,可根据列出的工种岗位相应等级规范学习本教材内容。为指导技术工人培训学习,保证培训效果,编者在教材内容上作了精心安排,每章前编写了内容要点、学习目标,在每章内容结束后,还附有一定数量的复习题。

本书的编写人员有:李守明、张国路、罗涛、李智君等同志。在编写过程中,编委会的有关领导对该书编者提出了具体要求,要求编写人员务必做到内容准确,不存在政策性、技术性的错误;务必做到认真审核校对,杜绝错误现象的发生。另外,编写过程中参阅借鉴一些有关著作和研究成果,受到了有关部门和同志们给予的大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢!

编写机关事业单位技术工人考核培训教材,由于任务重,加之编者自身水平有限,书中难免有疏漏、错误和不足之处,敬请专家、从事培训考核工作的同志及使用本书的同志不吝赐教,提出宝贵意见,以便日后进一步完善。

编 者

二〇〇六年四月

# 目 录

|      |                  |       |
|------|------------------|-------|
| 第十一章 | 坝工混凝土实验工 .....   | (1)   |
| 第一节  | 建筑材料的基本性质 .....  | (1)   |
| 第二节  | 水泥 .....         | (8)   |
| 第三节  | 混凝土的骨料 .....     | (17)  |
| 第四节  | 水泥混凝土 .....      | (26)  |
| 第五节  | 混凝土施工质量控制 .....  | (35)  |
| 第十二章 | 混凝土维修工 .....     | (40)  |
| 第一节  | 概述 .....         | (40)  |
| 第二节  | 混凝土施工工艺 .....    | (43)  |
| 第三节  | 混凝土建筑物缺陷修补 ..... | (50)  |
| 第十三章 | 土石维修工 .....      | (69)  |
| 第一节  | 土坝坝体维护 .....     | (69)  |
| 第二节  | 坝基与坝头的维护 .....   | (83)  |
| 第三节  | 坝内涵管(洞)维护 .....  | (90)  |
| 第四节  | 干砌石工程 .....      | (94)  |
| 第五节  | 浆砌石工程 .....      | (97)  |
| 第十四章 | 坝工模板工 .....      | (108) |
| 第一节  | 概述 .....         | (108) |
| 第二节  | 模板设计基本知识 .....   | (109) |
| 第三节  | 普通模板的安装与拆除 ..... | (113) |
| 第四节  | 模板工安全知识 .....    | (118) |
| 第十五章 | 闸门运行工 .....      | (124) |
| 第一节  | 闸门 .....         | (124) |
| 第二节  | 启闭机 .....        | (157) |

|      |                              |       |
|------|------------------------------|-------|
| 第三节  | 闸(阀)门与启闭机的运行 .....           | (169) |
| 第十六章 | 灌排工程工 .....                  | (179) |
| 第一节  | 灌排工程管理的基本任务 .....            | (179) |
| 第二节  | 灌排工程基本知识 .....               | (181) |
| 第三节  | 工程运行管理 .....                 | (194) |
| 第四节  | 排水沟道、机井泵站的管理养护及病害处理<br>..... | (212) |
| 第十七章 | 渠道维护工 .....                  | (221) |
| 第一节  | 渠道及渠系建筑物的管理 .....            | (221) |
| 第二节  | 渠道及渠系建筑物的检查观察及观测 .....       | (233) |
| 第三节  | 渠道防洪与抢险 .....                | (243) |
| 第四节  | 渠道及其建筑物的维修 .....             | (249) |
| 第十八章 | 河道修防工与防治工 .....              | (267) |
| 第一节  | 河道概述 .....                   | (267) |
| 第二节  | 堤防工程施工 .....                 | (269) |
| 第三节  | 堤防加固工程 .....                 | (279) |
| 第四节  | 新型加固措施 .....                 | (284) |
| 第五节  | 生物防护措施 .....                 | (297) |
| 第六节  | 巡堤查险 .....                   | (302) |
| 第七节  | 河道及河道整治工程管理 .....            | (306) |
| 第八节  | 河道工程的整治 .....                | (318) |
| 第九节  | 河道工程险情抢护 .....               | (323) |
| 第十九章 | 水工防腐工 .....                  | (348) |
| 第一节  | 概述 .....                     | (348) |
| 第二节  | 水工金属结构防护的表面预处理 .....         | (357) |
| 第三节  | 钢筋混凝土中钢筋的腐蚀与防护 .....         | (369) |
| 第二十章 | 砌筑工 .....                    | (374) |

|       |                        |       |
|-------|------------------------|-------|
| 第一节   | 砌砖工程 .....             | (374) |
| 第二节   | 砌石工程 .....             | (379) |
| 第三节   | 砌筑工程质量控制及安全技术 .....    | (383) |
| 第四节   | 装饰工程 .....             | (387) |
| 第二十一章 | 水工监测工 .....            | (394) |
| 第一节   | 监测工作的目的和意义 .....       | (394) |
| 第二节   | 土石坝变形观测 .....          | (398) |
| 第三节   | 土石坝渗流观测 .....          | (409) |
| 第四节   | 土石坝渗流观测资料整理分析 .....    | (418) |
| 第五节   | 土石坝变形观测资料分析 .....      | (423) |
|       | 《坝工混凝土实验工》技术等级标准 ..... | (433) |
|       | 《混凝土维修工》技术等级标准 .....   | (437) |
|       | 《土石维修工》技术等级标准 .....    | (441) |
|       | 《坝工模板工》技术等级标准 .....    | (445) |
|       | 《闸门运行工》技术等级标准 .....    | (451) |
|       | 《灌排工程工》技术等级标准 .....    | (455) |
|       | 《渠道维护工》技术等级标准 .....    | (458) |
|       | 《水工防腐工》技术等级标准 .....    | (462) |
|       | 《河道修防与防治工》技术等级标准 ..... | (466) |
|       | 《砌筑工》技术等级标准 .....      | (470) |
|       | 《水工监测工》技术等级标准 .....    | (473) |
|       | 参考文献 .....             | (477) |



## 第十一章 坝工混凝土实验工

### 内容要点:

主要学习建筑材料的一般特性;水泥的种类及物理力学性能;材料的类别与品质;水工混凝土的种类及特性;混凝土外加剂的应用。

### 学习目标:

通过对水利行业坝工混凝土实验工各等级的培训,提高他们的技术素质,分别达到劳动部、水利部颁发的《水利工人技术等级标准》中坝工混凝土实验工初、中、高级工、技师、高级技师专业知识及技术要求。

### 第一节 建筑材料的基本性质

建筑材料是构成各种建筑物的基本组成部分。它们在不同建筑物中,或者在同一建筑物的不同部位上,都程度不同地承受着力学的、化学的、物理的和热力学的作用。如果在建设过程中材料选用不当,或者施工方法违反了材料性质的要求,都将直接影响到建筑物的耐久性和安全性,达不到设计使用的要求,给国家和人民带来不同程度的损失。所以工程建设者都应该掌握材料的基本性质,合理地选用不同的建筑材料,以求达到最佳的使用效果。

#### 一、材料的密度、容重和孔隙率

材料的密度、容重和孔隙率决定于材料的组成、结构及构造。

##### 一) 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的重量。计算公式如下

$$\gamma = G/V$$

式中  $\gamma$  ——密度,  $\text{g/cm}^3$ ;

$G$  ——材料在干燥状态下的重量,  $\text{g}$ ;

$V$  ——材料在绝对密实状态下的体积, 或称为绝对体积,  $\text{cm}^3$

绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的体积。材料的密度( $\text{g/cm}^3$ )和 $4^\circ\text{C}$ 时水的密度( $1\text{g/cm}^3$ )之比值, 称为材料的相对密度。在测定有孔隙的材料密度时, 应把材料磨成细粉(颗粒越细, 结果越精确), 干燥后用比重瓶测定其体积。而对于形状不规则的密实材料, 可不必磨成细粉, 用排水法求得其实体积(近似值), 这样计算出的密度称为视密度。

## 二) 容重

容重是指材料在自然状态下单位体积的重量。计算公式如下

$$\gamma_0 = G/V_0$$

式中  $\gamma_0$  ——容重,  $\text{g/cm}^3$  或  $\text{kg/m}^3$ ;

$G$  ——材料的重量,  $\text{g}$  或  $\text{kg}$ ;

$V_0$  ——材料在自然状态下的体积,  $\text{cm}^3$  或  $\text{m}^3$ 。

材料在自然状态下的体积, 是指包含内部孔隙的体积。当材料含有水分时, 其重量和体积均发生变化, 从而影响了材料的容重。因此, 在测定容重时, 必须注明材料的含水状况。通常所说的材料的容重, 是指材料在气干状态下(长期在空气中干燥)的容重。如在烘干状态下测得的容重, 则称为干容重; 而砂、石子等散粒料则按自然堆积时的体积计算, 其单位体积的重量称为松散容重。

## 三) 孔隙率

孔隙率是指材料体积中孔隙体积所占的百分率, 以  $p$  表示, 其数学表达式为

$$\rho = (V_0 - V) / V_0 \times 100\% = (1 - V / V_0) \times 100\%$$

由于  $\gamma = G/V$ ,  $\gamma_0 = G/V_0$

所以  $\rho = (1 - \gamma_0/\gamma) \times 100\%$

如果已知材料的密度和容重,则可以利用上式计算出材料的孔隙率。其数值大小直接反映了材料的密实程度,影响材料的力学、热学和耐久性能。

对于散粒状材料,如砂、石、子等也可利用上式计算其孔隙率。

孔隙率是指材料颗粒之间的孔隙百分率。计算时,公式中的容重应代入材料的松散容重,密度则为视密度。

## 二、材料的力学性质

材料的力学性质,是指材料在外力作用下的有关变形性质和抵抗破坏的能力。

### 一) 材料的强度

材料在外力(荷载)作用下抵抗破坏的能力称为强度。当材料承受外力作用时,其内部就产生抵抗破坏的应力,随着外力的不断增加,该应力也相应地加大,直到质点间作用力不能承受时,材料就破坏了,这时的极限应力值就是材料的极限强度。根据外力作用方式的不同,材料强度有抗压强度、抗拉强度、抗弯强度以及抗剪强度等。

材料的抗压、抗拉及抗剪强度的计算公式如下

$$R = P/S$$

式中  $R$ ——材料极限强度, Pa 或 kPa、MPa;

$P$ ——破坏时最大荷载, N 或 kN;

$S$ ——受力截面面积,  $\text{cm}^2$

材料的抗弯强度与测试方法有关,一般测定方法是将被试件的长条形试件放在两个支点上,在试件中间加一个或两个集中荷载,直到试件破坏为止。

不同的材料具有不同的强度,同一材料也因制造方法和测试条件的不同而表现出不同的强度,因而要正确地测定某种材料的强度,就必须按照有关规定的要求进行测试。

## 二)材料的变形

材料在外力作用下就会产生不同程度的形状或体积的变化,这就是材料的变形。按照变形的特征,可将材料的变形分为弹性变形、塑性变形、黏性流动、徐变和松弛等。

### 1、弹性变形

材料在外力作用下产生变形,当外力取消后,能够完全恢复原来形状的性质称为弹性。这种能完全恢复的变形称为弹性变形(或瞬间变形),其变形与外力之间是成正比的。这种性质在物理学中被称为虎克定律。

### 2、塑性变形

材料在外力作用下产生变形,如果取消外力,材料仍然可以保持变形后的形状和尺寸,并且不产生裂缝的性质称为塑性。这种不能恢复的变形称为塑性变形(或永久变形)。根据材料在破坏前塑性变形的显著与否,将材料分为塑性材料和脆性材料两类。材料在破坏前有显著塑性变形者称为塑性材料,如低碳钢、有色金属及沥青等。反之,材料在破坏前无显著塑性变形者称为脆性材料,如石料、硬化混凝土及生铁等。

### 3、黏性流动

黏性流动是指材料在一定的剪切应力作用下,以一定的变形速度进行的流动,但这种变形是在作用力消除后不能复原的变形。

### 4、徐变和松弛

固体材料在长期不变的外力作用下,变形随着时间的延长而逐渐增长的现象称为徐变。产生徐变的原因是由于材料中某些非晶体物质具有类似于液体的黏性流动造成的。而晶体材料的徐变

则是由于在剪切应力作用下,出现晶格错动或滑移而造成的。

徐变的发展与材料所受应力和环境温度、湿度有关。当应力未超过某一极限值时,徐变的发展随着时间的延长而减小,直至停止发展;当应力接近或超过某一极限值时,徐变的发展随时间的延长而增大,直至材料破坏为止。而环境温湿度的增高又可以加大诸如混凝土、石材等的徐变量。尤其是高温可以显著增加金属材料的徐变。

材料在长期荷载作用下,如果总的变形量不变,但其中的塑性变形增加,弹性变形减小,从而引起弹性应力随时间的延长而逐渐降低的现象称为应力松弛。

产生松弛的原因是由于材料的部分弹性变形逐渐转变为塑性变形,在变形过程中贮存起来的弹性能逐渐转变成热能而渐渐散失掉,因而弹性应力逐渐降低。

### 三、材料与水有关的性质

#### 一)亲水性与憎水性

建筑物经常与水或者与大气中的水汽相接触。然而水分与固体材料表面之间相互作用的情况是不同的。在材料、水和空气的交点处,沿水滴表面的切线与水 and 固体接触面所成的夹角(润湿边角)愈小,浸润性愈好。

#### 二)吸水性与吸湿性

##### 1、吸水性

材料吸水率的大小,不仅取决于材料本身是亲水的还是憎水的,而且还取决于材料本身的孔隙率的大小及孔隙状态。一般情况下,孔隙率愈大的吸水率亦愈大。对于具有相同孔隙率的材料,如果材料内部具有细微而连通的孔隙,则其吸水率较大;若是封闭的孔隙,水分就不容易渗入。粗大的孔隙水分虽然容易渗入,但仅能润湿孔壁表面而不易在孔内存留。因此,封闭或粗大孔隙材料

的吸水率是较低的。

## 2、吸湿性

材料不但在水中可以吸收水分,而且在空气中也可以吸收空气中的水汽,并且随着空气湿度的大小而变化。即干燥的材料在湿度较大的空气中可以吸收水分,湿的材料在干燥的空气中失去水分,直至与空气湿度达到平衡。材料在潮湿空气中吸收水分的性质,称为吸湿性。材料孔隙中含有一部分水分时,则这部分水重占材料总重的百分数叫做材料的含水率。如果是与空气湿度达到平衡时的含水率则称为平衡含水率。平衡含水率并不是固定不变的,当环境温度与湿度改变时,它将随着改变。

## 三)耐水性

材料长期在饱和水作用下不破坏,其强度也不显著降低的性质称为耐水性。一般材料随着含水量的增加,都会减弱其内部结合力,强度都有不同程度的降低,即使致密的石料也不能完全避免这种影响。

## 四)抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性(或称不透水性)。材料抵抗其他液体渗透的性质,也属于抗渗性。如贮油罐材料要求具有良好的不渗油性。

材料抗渗性的高低取决于其孔隙率的大小和孔隙特征。绝对密实的材料、具有封闭孔隙或极细孔隙的材料,一般是不透水的。

## 四、材料的耐久性

### 一)材料的抗侵蚀性

材料在长期使用过程中除受到各种物理力学作用之外,还会受到环境介质的化学作用,如水的侵蚀作用,酸、碱、盐水溶液与材料发生化学反应,或是生成可溶性成分,或是生成难溶性物质而使材料内部产生有害应力,从而破坏了材料的稳定结构。此外,材料

在潮湿环境中还会受到二氧化碳的碳化作用,长期作用会使材料逐渐破坏。

在自然条件下,材料所受的化学侵蚀往往不是单一的,一般是以一种侵蚀为主、同时存在其他次要侵蚀作用。

## 二)材料的抗冻性

材料的抗冻性是指材料在吸水饱和状态下,能够经受住多次冻融循环而不破坏,同时也不严重降低强度的性质。

冻结破坏作用主要是由于材料毛细孔隙内的水结冰引起的。

在水利工程中,用于水位变化部位的建筑材料,在寒冷季节经常受到冻融作用;因此,其抗冻性的高低将直接影响到建筑物整体的使用寿命。

材料抗冻性的好坏,是用抗冻标号 D 来表示的。对于不同的建筑材料,国家都规定出了相应的抗冻要求。

## 三)材料的磨损与磨耗

材料受摩擦作用而使其重量和体积减小的现象称为磨损。材料同时受到摩擦和冲击两种作用而使其重量和体积减小的现象称为磨耗。在水利工程中,如大坝的溢流面、闸墩和闸底板部位经常受到挟砂、高速水流的冲刷作用,或者水底挟带石子的冲击作用而遭受破坏,这些部位都需要考虑材料抵抗磨损及磨耗的性能。

若要提高材料的抗冲耐磨性能,就必须提高材料抵抗其他较硬物体压入的能力(即硬度)和自身结构的密实性。

## 五、材料的热学性质

### 一)材料的导热性

材料传导热量的性质称为导热性。

影响材料导热性能的因素很多,其中最主要的有材料的孔隙率、孔隙特征和含水率等。材料的孔隙中含有空气,而空气的导热性很小,所以一般情况下,孔隙率愈大,材料的导热性愈小。空气

在粗大和连通的孔隙中较易发生对流现象,使导热性增大,故当孔隙率相同时,具有细微或封闭孔隙的材料,比具有粗大或连通孔隙的材料导热性低。由于水的导热性大大超过空气,所以当材料的含水率增大时,其导热性也相应增大。

材料的导热性对建筑物的隔热和保温具有重要意义,是建筑材料重要的热物理指标之一。在设计围护结构与窑炉设备时,都要正确地选用材料,满足隔热与传热的要求。

## 二) 材料的热容量

材料具有受热时吸收热量,冷却时放出热量的性质。材料温度每升高  $1^{\circ}\text{C}$  所需要的热量(或温度降低  $1^{\circ}\text{C}$  所放出的热量)称为该材料的热容量( $\text{J}/^{\circ}\text{C}$ )  $1\text{kg}$  材料的热容量称为该材料的比热。

在冬季施工或夏季施工计算材料的加热或冷却时,以及进行其他热工计算时,都需要考虑材料的热容量。砂、石、水泥及砖等矿物质材料的比热,介于  $0.18 \sim 0.22$  之间,松木约为  $0.65$ ,钢为  $0.115$ ,泡沫混凝土为  $0.18$ ,水的比热为  $1$  最大。因此,随着材料含水率的增大,材料的比热也应该相应地提高。

# 第二节 水泥

## 一、水泥的品种

水泥是一种水硬性胶凝材料,呈粉末状,与适量水混合成塑性浆体后,既能在空气中硬化,又能在水中硬化,而且它能把砂、石等散粒状材料或纤维牢牢地粘结在一起,承受一定的物理力学作用和化学作用而不发生破坏。它是极其重要的建筑材料和工程材料之一,和钢材、木材一起合称为基本建设的三大材料。它不但用于建筑、水利、道路、国防、石油开采、海洋开发等工程中,还可以用来制造铁路轨枕、坑木、水泥管、水泥桩、水泥船、水泥电线杆等,以节



约钢材和木材。

水泥的种类很多,按性质和用途可分为通用水泥、专用水泥和特种水泥。通用水泥有硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥;专用水泥有大坝水泥、油井水泥和砌筑水泥等;特种水泥有快硬硅酸盐水泥、膨胀水泥、白色硅酸盐水泥和彩色水泥等。此外,也可按水泥的成分为硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、氟铝酸盐水泥等。目前,水泥品种已达一百余种。

水泥品种虽然很多,但在水利工程上用量最大的是硅酸盐水泥、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硅酸盐大坝水泥以及普通硅酸盐大坝水泥等。此外,快硬硅酸盐水泥、抗硫酸盐硅酸盐水泥、膨胀水泥等在一些工程上也有一定的应用。

由于硅酸盐水泥是硅酸盐系列水泥的一个基本品种,其他品种的硅酸盐水泥都是在此基础上或者加入一定量的混合材料,或者适当改变水泥熟料的矿物组合而成的,因此,本章将着重讲述硅酸盐水泥的生产、凝结硬化和物理力学性能,在此基础上简述其他品种水泥的特点。

## 二、硅酸盐水泥

### 一)什么是硅酸盐水泥

国家标准 GB175—77 规定,凡以适当成分的生料烧至部分熔融,所得以硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料,加入适量的石膏,磨细制成的水硬性胶凝材料称为硅酸盐水泥。

### 二)硅酸盐水泥的生产

#### (一)生产硅酸盐水泥的原料

生产硅酸盐水泥的原料主要是石灰质原料和黏土质原料。石灰质原料主要提供氧化钙( $\text{CaO}$ ),它可以采用石灰石、白垩、石灰