

水电中级工培训教材

水工建筑物维修材料

东北电业管理局
水电中级工培训教材编审委员会

辽宁省职工教育教材编审委员会



职工教育出版社

水电中级工培训教材

水工建筑物维修材料

江苏工业学院图书馆

藏书章

职工教育出版社

编 著 者：杨金诚

审 稿 者：薛世福

责任编辑：吴惠民

责任校对：张磊英

东北电业管理局水电中级工培训教材编审委员会

主 任：沈 磊

副主任：杨同勋

编 委：康春生

孙亦林

田东民

张宝光

刘洪汉

郭绍周

高 莉

水工建筑物维修材料

杨金诚编

职工教育出版社(北京西皇城根南街 9 号东院)

职工教育出版社出版发行

沈阳市第五印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 印张：10.375 字数：218千字

1988年1月第1版 1988年1月第1次印刷

印数：1—6000册

ISBN 7-80059-035-6/TH·009 定价：2.40元

前 言

为适应电力工业中级技术培训的需要，水电生产类中级工技术培训教材和读者见面了。这套教材是受水电部教育司的委托，经水电部农电司、生产司推荐，由东北电业管理局水电中级工培训教材编审委员会组织丰满水电技术学校、丰满发电厂、云峰发电厂、白山发电厂和东北电业管理局的讲师、工程师、高级工程师编写、审定，由辽宁省职工教育教材编审委员会编辑、发行，分别由工人出版社、职工教育出版社出版。全套教材包括：《数学》、《机械制图》、《电工基础》、《电子技术基础》、《工程力学》、《高电压技术》、《电气仪表》、《变压器》、《电气设备》、《继电保护及自能装置》（以上采用供电中级工培训教材）和《机械基础》、《水力学基础》、《水轮机调节》、《水轮机及其检修》、《水轮发电机组运行》、《水轮发电机及其检修（电气部分）》、《水轮发电机及其检修（机械部分）》、《电气运行》、《电气设备的检修》、《水工观测》、《水工机械设备及其检修》、《水工建筑物的维修机械》、《水工建筑物及其检修》、《水工建筑物维修材料》等共二十四种，供不同专业、工种选用。

这套教材适用于水利电力系统大、中、小型水力发电厂和地方中、小型水力发电厂（站）十四个主要技术工种开展中级工培训的需要，也可作为水电技校、职业学校有关专业的参用教材及从事水电厂电气、水动、水工专业的技术工人自学。

《水工建筑物维修材料》由丰满发电厂工程师杨金诚主编，由白山发电厂工程师薛世福审阅、校订。在编写过程中，得到了有关部门领导和同志们的大力支持，在此致以衷心感谢。由于时间仓促和我们的水平有限，书中不妥之处在所难免，欢迎读者批评指正。

东北电业管理局
水电中级工培训教材编审委员会
辽宁省职工教育教材编审委员会

一九八七年十二月

目 录

第一章 材料的基本性质	1
§ 1-1 材料的物理性质	1
§ 1-2 材料的力学性质	8
§ 1-3 材料的耐久性	13
第二章 常用材料	16
§ 2-1 天然土、石料	16
§ 2-2 砖、瓦及砌块	40
§ 2-3 无机胶凝材料	59
§ 2-4 混凝土	78
§ 2-5 砂浆	129
§ 2-6 钢材	144
§ 2-7 木材	170
§ 2-8 爆破材料	187
第三章 防渗材料	204
§ 3-1 沥青及沥青防水材料	204
§ 3-2 橡胶类防水材料	225
§ 3-3 合成高分子类防水材料	232
§ 3-4 其它防水材料	247

第四章 灌浆材料..... 254

§ 4-1 概述..... 254

§ 4-2 固粒浆材..... 256

§ 4-3 固粒浆液的配制与试验..... 263

§ 4-4 化学灌浆材料..... 286

第五章 材料的腐蚀及防护..... 309

§ 5-1 钢材的腐蚀及防护..... 309

§ 5-2 木材的腐蚀及防护..... 319

第一章 材料的基本性质

§1-1 材料的物理性质

一、材料与重量有关的性质

1. 比重

比重是材料在绝对密实状态下，单位体积的重量。可按下式计算：

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-1)$$

式中 γ ——材料的比重（牛顿/米³）；

G ——干燥材料的重量（牛顿）；

V ——材料在绝对密实状态下的体积（米³）。

所谓绝对密实状态下的体积，是指材料内部完全没有孔隙的体积。对于砂子或石子等散粒材料，在测定它们的比重时，计算的体积 V ，是砂子或石子的颗粒（颗粒内部包含着孔隙）体积，不是绝对密实状态下的体积。所算得的砂子或石子的比重也不是定义所要求的比重，而是颗粒容重或称视比重。

2. 容重

容重是材料在自然状态下单位体积的重量。按下式计算：

$$\gamma_0 = \frac{G}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 γ_0 ——容重 (牛顿/米³) ;

G ——材料的重量 (牛顿) ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积 (米³) 。

材料在自然状态下的体积包括材料内部的孔隙。当材料含有水分时, 其重量和体积均能发生变化, 影响材料的容重, 故对测定的材料容重, 必须注明其含水情况。为便于比较, 各种容重值都取烘干状态下测得的容重, 称为干容重。测定散粒材料的容重时, 式 (1-2) 中的体积 V_0 是包含颗粒之间的空隙在内的, 算得的容重称为疏松容重。

3. 孔隙率

孔隙率是指材料中孔隙体积与材料总体积的百分比。按下式计算:

$$\text{孔隙率 } p = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma} \right) \times 100\% \quad (1-3)$$

材料孔隙率大小, 表明材料疏松或致密的程度。利用公式 (1-3) 计算散粒材料的空隙率时, 公式中的容重以材料的疏松容重代入, 比重以材料的颗粒容重代入, 则所算得的空隙率是指材料颗粒之间的空隙百分率, 而不是材料颗粒内部的孔隙率。

几种常用材料的比重、容重及孔隙率的约值见 表 1-1。

表1-1 常用材料比重、容量和孔隙率表

材料名称	比重 (牛顿/米 ³)	容重 (牛顿/米 ³)	孔隙率 (%)
石灰岩	25480	17640~25480	0.50~1.00
花岗岩	25480~28420	24500~27440	
水泥	30380	11760~15680	
砂子	25480	14210~16170	
碎(卵)石	25480	13720~16660	5.00~20.00
普通混凝土	—	22540~24500	
沥青混凝土	—	22540~23520	
普通粘土砖	24500~27440	14700~18620	
沥青	9800~10780	9800~10780	20.00~40.00
木材	15190	3920~8820	
生石灰	31360	7840~10280	
钢材	76930	76930	
水(4℃)	9800	9800	0

二、材料与水有关的性质

1. 吸水性和吸湿性

材料在水中吸收水分的性质称为吸水性，以吸水率表示；材料在空气中吸收空气中的水分的性质称为吸湿性，以含水率表示。吸水性指吸水饱和状态，吸湿性则指非饱和状态。

吸水率分为重量吸水率和体积吸水率。

材料吸收水分的重量占材料重量的百分数叫重量吸水率。按下式计算：

$$W_{\text{重}} = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 $W_{\text{重}}$ ——材料的重量吸水率(%)；
 $G_{\text{湿}}$ ——材料吸水至饱和时的重量(牛顿)；
 $G_{\text{干}}$ ——材料烘干至恒重时的重量(牛顿)。

材料吸收水分的体积占材料体积的百分数叫体积吸水率。由于水的比重为1克/厘米³，所以材料吸收水分的体积在数值上等于其重量。按下式计算：

$$W_{\text{体}} = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{V_1} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中 $W_{\text{体}}$ ——材料的体积吸水率(%)；
 V_1 ——材料在自然状态下的体积(米³)；
 $G_{\text{湿}}$ ——材料吸水至饱和时的重量(牛顿)；
 $G_{\text{干}}$ ——材料烘干至恒重时的重量(牛顿)。

一般在湿重为干重的两倍以上时，最好用体积吸水率表示。

含水率为材料在潮湿空气中吸收空气中水分的重量与材料烘干至恒重时的重量百分数。按下式计算：

$$W_{\text{含}} = \frac{G_{\text{含}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 $W_{\text{含}}$ ——材料含水率(%)；
 $G_{\text{含}}$ ——材料含水时的重量(牛顿)；
 $G_{\text{干}}$ ——材料烘干至恒重时重量(牛顿)。

干的材料在空气中能吸收空气中水分，而逐渐变湿；湿

的材料在空气中能失去水分,而逐渐变干。最终将使材料中的水分与周围空气中的湿度达到平衡,这时的材料处于气干状态。材料在气干状态时的含水率,称为平衡含水率。平衡含水率将随空气的温度与湿度变化而变化。

材料的吸水性和吸湿性主要取决于材料本身组织构造及与水分的相互吸引力的大小,还与其孔隙率的大小及孔隙特征有关。一般孔隙率愈大,吸水性与吸湿性也愈强,孔隙微小和开口孔者吸水性与吸湿性亦大。所以,各种材料的吸水率相差很大。见表1-2

表1-2 几种材料吸水率比较表

材 料 名 称	花岗岩等密实岩石	普通混凝土	普通粘土砖	木材及多孔轻质材料
重 量 吸水率 (%)	0.1~0.7	2~3	8~20	大于100

水在材料中对材料性质将产生影响。如使材料容重和导热性增大,强度降低,体积膨胀等不利影响。又如木材浸在水中耐久性反而好,混凝土浸没在无压淡水中,强度会随时间增长而增长等有利影响。

2. 耐水性

材料在水的作用下不会破坏,其强度也不显著降低的性质称为耐水性。材料的耐水性用软化系数表示:

$$K = \frac{R_{\text{饱}}}{R_{\text{干}}} \quad (1-6)$$

式中 K ——材料的软化系数;
 $R_{\text{饱}}$ ——材料在饱和水状态下的抗压强度(帕 斯

卡)；

$R_{干}$ ——材料在干燥状态下的抗压强度(帕斯卡)。

软化系数的大小，有时成为选择材料的重要依据。经常位于水中或受潮严重的重要结构物的材料，其软化系数不宜小于0.85~0.90；受潮较轻的或次要结构物的材料，其软化系数不宜小于0.7~0.85。经常处于干燥环境中的结构，可不必考虑软化系数。

3. 抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性。材料抗渗性的大小，与其孔隙率及孔隙特征有关。绝对密实的或具有封闭孔隙的材料，实际上是不透水的。

材料的抗渗性常用渗透系数来表示：

$$K = \frac{Q}{At} \cdot \frac{d}{H} \quad (1-7)$$

式中 K ——渗透系数(米/秒)；

Q ——透水量(米³)；

A ——透水面积(米²)；

d ——试件高度(米)；

H ——水头差(米水柱)；

t ——透水时间(秒)。

材料的抗渗性也可用抗渗标号来表示。如：混凝土的抗渗标号是按标准试件在28天龄期所能承受的最大水压确定。

水工建筑物、地下建筑、基础、管道等因常受压力水的作用，所用材料应具有一定的抗渗性。用于防水层的防水材料，一般要求具有较高的不透水的性质。

三、材料与热有关的性质

1. 导热性

材料传导热量的性质称为导热性。

材料导热性的大小以导热系数 λ 表示。导热系数是在规定的传热条件下，当温度差为 1°C 时，在1小时内通过厚度为1米、面积为1平方米的热量的焦耳数。单位是焦耳/米·秒·度。

材料的导热性与材料的成分、构造、孔隙率、孔隙特征、含水率及发生热传导时的平均温度等因素有密切关系。

材料受潮湿或受冻后，导热系数会大大提高，因为水和冰的导热系数分别为0.582和2.326焦耳/米·秒·度。而孔隙中空气的导热系数仅为0.024焦耳/米·秒·度。因此，用于保温的材料，除选用导热系数小的材料外，还应要求材料尽量干燥不受潮，而吸水受潮后尽量不受冰冻。

2. 热容量

热容量是指材料在受热（或冷却）时能吸收（或放出）热量的性质。热容量的大小用比热表示。比热是1千克的材料温度升高（或降低）1度所吸收（或放出）的焦耳热量。单位是焦耳/千克·度。

在冬季或夏季施工计算材料的加热或冷却时，及进行其它热工计算时，均需要考虑材料的热容量。

常用材料的导热系数和比热见表1-3

表1-3 常用材料的导热系数和比热

材料名称	导热系数 (焦耳/米·秒·度)	比热 (焦耳/千克·度)	材料名称	导热系数 (焦耳/米·秒·度)	比热 (焦耳/千克·度)
水	0.582	4186.8	空心砖	0.465~ 0.640	921.1
钢	5.820	481.5	砖砌体	0.814	879.2
松木(顺纹)	0.349	2721.4	土坯墙	0.698	1046.7
(横纹)	0.174	2721.4	草泥	0.349	1046.7
软木	0.035~ 0.081	1674.7~ 2093.4	石棉水泥板	0.349	837.4
石膏板	0.233~ 0.465	837.4	矿渣棉	0.056~ 0.070	753.6
泡沫塑料	0.023~ 0.047	1507.2	锅炉矿渣	0.221~ 0.291	753.6
玻璃	0.756	837.4	水泥砂浆	0.930	837.4
油毡、油纸	0.174	1465.4	钢筋混凝土	1.512	837.4
膨胀蛭石	0.070~ 0.093	7339.8	轻骨料混凝土	0.407~ 0.689	753.6~ 795.5
普通粘土砖	0.814	879.2	泡沫混凝土	0.116~ 0.291	753.6

§1-2 材料的力学性质

一、材料的强度

材料抵抗外力破坏的能力称为强度。当材料承受外力作用时，材料内部就产生应力（应力指单位面积上的力），当应力增大至超过材料本身所能承受的极限值时，材料就要产生破坏，此时的极限应力值就是材料的极限强度。

由于外力作用方式主要有压、拉、弯、剪四种。所以，把强度分为抗压强度、抗拉强度、抗弯强度和抗剪强度四

种。

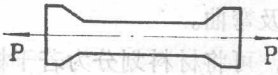
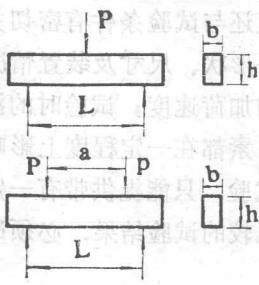
一般，材料的强度是在静力试验中测定的，所以总称为静力强度。各种静力强度的试验装置和加荷方式、计算公式汇总于表(1-4)中。

各种材料表现出的各种静力强度性质是很不相同的，脆性材料如石料、混凝土、砖等，其抗压强度要比抗弯、和抗拉强度高很多。抗拉强度只相当于抗压强度的 $1/5 \sim 1/50$ 。因此，脆性材料只适用于承受压力荷载的部位。弹塑性材料如钢材等，其抗压强度和抗拉强度就较接近。它们既可用于承受压力，也可用于承受拉力及弯曲。

根据材料静力强度的高低，可将材料划分为若干标号。对于砖、石、水泥及混凝土等脆性材料主要根据抗压强度来划分；钢材则按抗拉强度来划分。几种常用材料的静力强度约值见表1-5。

材料的强度主要取决于材料的成份、结构和构造。成分相同的材料，如果其孔隙率和构造特征不同，强度差异也很大；孔隙率越大材料强度越低，强度与孔隙率具有近似的线性比例关系。同时，材料强度值还与试验条件有密切关系，如试验时所用试件的表面状态、形状、尺寸及装置情况；材料内部各种构造缺陷；试验时的加荷速度；试验时的温度及材料的含水状态等。上述种种因素都在一定程度上影响强度试验结果，所以，材料的强度试验，只能提供带有一定条件性的强度指标。为了得到可以比较的试验结果，必须严格遵照规定的标准方法进行试验。

表1-4 各种强度试验和计算公式

强度类别	试验装置示意图	计算公式	备 注
抗压强度		$R_h = \frac{P}{A}$	P——破坏荷载 (牛顿)
抗拉强度		$R_L = \frac{P}{A}$	A——受荷面积 (米 ²)
抗剪强度		$R_z = \frac{P}{A}$	
抗弯强度		$R_w = \frac{3PL}{2bh^2}$ $R_w = \frac{3P(L-a)}{bh^2}$	P——破坏荷载 (牛顿) L——跨度(米) b——断面宽度 (米) h——断面高度 (米) a——两个荷载间 距离(米)