

全国电力工人公用类培训教材

电力工程常用材料

水利电力出版社

全国电力工人
公 用 类
培 训 教 材

电力工程常用材料

高改莲 盛经文 合编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书是新颁《电力工人技术等级标准》配套教材之一。全书共十二章，主要讲述金属材料，钢的分类、牌号和常用钢种，钢材，有色金属材料，焊接材料，石油产品，化工原材料，塑料，涂料，火药，石棉及石棉制品，耐火材料和铸造制芯材料。为便于培训与考核，各章之后均附有复习题。

本书适用于火力发电、水力发电、供用电、机械修造、火电建设、水电建设和城镇（农村）工矿企业电气7个部分27个专业159个工种的初级、中级、高级工人培训考核使用。

全国电力工人公用类培训教材

电力工程常用材料

高改莲 盛经文 合编

*

水利电力出版社出版、发行

（现中国电力出版社）

（北京 里河路6号）

北京市地矿局印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 13.75印张 304千字

1994年12月第一版 1996年1月北京第二次印刷

印数 10101—30140册

ISBN 7-120-02282-2/TM · 599

定价 10.00元

努力搞好教材建設
為提高電業職工
素質服務

史大楨
丁巳年春

出版者前言

1991年12月能源部颁布的《电力工人技术等级标准》，是按照全国第三次修标工作的统一部署，对原标准进行修订后形成的。它将原八级制改为初、中、高三级制。这是一项重大突破。新标准颁布的文件中明确指出：工人技术等级标准是衡量工人技术水平和工作能力的客观尺度，是对工人进行培训、考核、使用和给予相应待遇的重要依据。

由于颁发了新标准和工人考核条例，所以培训工作必须适应这一改革的要求。为此，本社组织出版了这一套《全国电力工人公用类培训教材》，旨在为全国电力系统广大工人的技术定级、上岗、转岗、晋级及电力职业技能鉴定等的培训、考核工作服务。

在编写这套《全国电力工人公用类培训教材》时，首先对新标准的七大部分各专业的内容进行了逐条摘录和分类归纳，然后取其共性和通用部分，产生了教材目录，再经重点调查研究和广泛征求意见后才着手编写。初稿形成后，又广为征询修改意见，并进行了审稿和统稿。因此，定稿后的公用类培训教材内容，深信是紧扣新标准的实用性教材，它具有按照工人培训的特殊要求和规律建立的教材体系，以及重点突出、层次分明、深入浅出、易教易学、图文并茂等特点。各分册教材中还附有各工种培训、考核范围表。这可以指导工人自学和开展培训、考核时掌握教学和考核的范围。

在编写这套《全国电力工人公用类培训教材》的全过程中，得到了电力工业部领导的关怀和各有关司局的大力支持，

同时也取得了全国电力系统各有关单位和人员的关注、支持和帮助。山西省电力工业局的解一凯、关增荣二位同志也为此做了大量的工作。在此一并表示感谢。

《电力工程常用材料》是《全国电力工人公用类培训教材》之一，它适用于 7 部分 27 个专业 159 个工种的学习。本书由西北电力建设第一工程公司高改莲、盛经文合编，西北电力建设器材总厂沈亚君主审。

各单位和广大读者在使用本套教材过程中，如发现不妥之处或有修改意见，请随时函告，以便再版时修改。

水利电力出版社

1994 年 7 月

目 录

史大桢部长题词

出版者前言

第一章 金属材料	1
第一节 金属材料的一般知识	1
第二节 金属材料的性能	2
第三节 合金元素在钢中的作用	20
复习题	30
第二章 钢	33
第一节 钢的分类和牌号表示方法	33
第二节 普通钢	65
第三节 优质钢	70
复习题	83
第三章 钢材	85
第一节 钢材的分类	85
第二节 钢轨和配件	102
第三节 型钢和线材	105
第四节 钢板	112
第五节 钢管	118
第六节 金属制品	125
复习题	129
第四章 有色金属材料	132
第一节 有色金属材料的种类及牌号	132

第二节	铜及铜合金	141
第三节	铝及铝合金	148
第四节	其他有色金属材料及合金	152
复习题		154
第五章	焊接材料	156
第一节	电焊条的分类、型号及用途	156
第二节	电焊条的选择和使用	205
第三节	焊丝及钎料	217
复习题		220
第六章	石油产品	222
第一节	石油的炼制	222
第二节	石油产品的分类和代号	224
第三节	石油产品的主要特性	228
第四节	石油燃料	232
第五节	溶剂油类	235
第六节	润滑油	235
第七节	润滑脂	251
复习题		255
第七章	化工原材料	258
第一节	化工原材料的分类	258
第二节	化工原材料专用名词解释	260
第三节	电力工业常用的化工原材料	263
第四节	橡胶制品	287
复习题		317
第八章	塑料	320
第一节	塑料的组成成分	320
第二节	塑料的分类	321
第三节	常用塑料性能和用途	322
复习题		327

第九章 涂料	329
第一节 涂料的作用	329
第二节 涂料的组成	330
第三节 涂料产品的分类、命名和型号	332
第四节 常用油漆的组成、特性和用途	337
复习题	346
第十章 火药	348
第一节 火药的一般知识	348
第二节 火药的种类和性质	351
第三节 火药的运输	358
复习题	361
第十一章 石棉及石棉制品	363
第一节 石棉的分类、化学成分及主要性质	363
第二节 石棉制品	366
复习题	385
第十二章 耐火材料和铸造制芯材料	387
第一节 耐火材料的分类和质量指标定义	387
第二节 铸造制芯材料	405
复习题	412
附录 全国电力系统各工种培训考核范围表	414
参考文献	430

第一章 金属材料

第一节 金属材料的一般知识

在元素周期表中，凡具有良好的导电、导热和可锻性的元素称为金属。在通常温度下，除汞（水银）以液体形态存在外，其余均为固体。凡以金属物质制成的、可供社会再生产作原材料用的金属产品，称为金属材料。

金属材料通常分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属指铁、锰、铬和它们的合金，如生铁、铁合金、钢、金属锰、金属铬等。有色金属指除黑色金属以外的金属及其合金，如铜、铝、锡、铅、锌以及铜合金、铝合金、轴承合金和硬质合金等。

金属材料按其组成成分，一般可以分为纯金属与合金两大类。纯金属也称简单金属，指由一种金属元素组成的物质。目前已被发现的107种元素中，属纯金属的共86种。但工业上直接使用的为数不多，主要有铜、铝、铅、锌、锡等几种。合金又称复杂金属，指由一种为主的金属元素与另一种或几种金属或非金属元素组成的物质。如纯铁是指总杂质含量为0.1%的铁。而以铁为基础加入除铁以外的其它元素构成的金属材料叫铁合金。同样，以铝元素为基础加入其它合金元素所构成的材料，则称为铝合金。

由于合金的各项性能一般较优于纯金属，因此，在工业上合金的应用比纯金属广泛。合金的种类甚多，如工业上普

遍使用的钢铁，就是铁碳合金，黄铜就是铜锌合金等。

第二节 金属材料的性能

金属材料在工农业生产中应用极为广泛。电厂的锅炉、汽轮机、水轮机、发电机、各种辅助设备、管材与附件以及输变电工程中的变压器、铁塔和架构、导线与附件等均使用金属材料，水电站的大坝、厂房等也需用大量金属材料。选用的金属材料必须满足设计和制造上对其各种性能的要求。为了正确地使用和选择金属材料，必须了解金属材料的使用性能和工艺性能。

使用性能是指金属材料在使用条件下所表现的性能，即机械性能、物理性能和化学性能。工艺性能是指金属材料在冷热加工过程中所表现的性能，即铸造性、焊接性和热处理性以及切削性等。这些性能是衡量金属材料质量的标志。

一、金属材料的物理性能和化学性能

金属材料的物理性能，是指金属的密度、熔点、导电性、导热性、热膨胀性、磁性等物理特征。金属材料的化学性能，则主要是指金属或合金的化学稳定性，即抗氧化性和耐腐蚀性等。它大部分都与合金成分和组织状态有关。

(一) 密度

密度是指单位体积所具有的质量。其公式为

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

式中 m ——物质的质量 (kg 或 g);

V ——物质的体积 (m^3 或 cm^3);

ρ ——密度 (kg/m^3 或 g/cm^3)。

不同的金属材料，其密度不同。例如钢的密度为 7.85g/cm^3 ，铝的密度为 2.7g/cm^3 。

金属材料的密度直接关系到由它制成的机械设备、工程结构的质量和体积的大小。有不少精密机械和某些高速运转的零件，要求能尽量减轻其质量。一些高强度的轻合金，如铝合金、钛合金等，就由于其密度小而显示出很大的优越性。在金属材料供应和销售中，经常根据金属材料的密度来计算其质量，即质量=密度×体积，这样计算出来的质量称为理论质量。

在中华人民共和国法定计量单位中没有重量这一物理量，但人们日常生活中习惯将质量称为重量，而物质的重量又是通过“比重”来计算的，即物质的重量=比重×体积。故在此书中保留了“比重”这一名词术语。

(二) 导电性

金属和合金传导电流的能力，叫导电性。各种金属的导电性并不相同，同一金属的导电性与制成材料的长短、粗细、组成、纯度和本身温度都有关系。

金属的导电性以电导率 γ 表示。因为物体的导电能力与电阻成反比，因而电导率为电阻率 ρ 的倒数。用公式可将电阻率表示为

$$\rho = R \frac{S}{L}$$

式中 ρ ——电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 或 $\Omega \cdot \text{cm}$)；

R ——试样的电阻 (Ω)；

S ——试样的横截面积 (mm^2)；

L ——试样的长度 (m)。

则电导率为

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

式中 γ ——电导率 (S/m 或 S/cm)。

在常见金属中,导电性最好的是银(电阻率为 $1.5 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$)。因而,通常用银的电导率作为标准来衡量其它金属的导电能力。如将银的电导率定为 100%,则铜的电导率是 97%,铝的电导率是 57%……

但在实际应用上,因为银的价格高、强度低、塑性大,除少数电子产品使用银外,一般工业上用的不多,而铜和铝则是电力工业中大量使用的导电材料。

合金的导电性均比纯金属低,可以尽可能采用导电性较好的纯金属作导体,而采用电阻高的合金作电阻元件。如用铁铬铝合金和铬镍合金制造电阻丝等,就属这种情况。

有些金属的导电性很微弱(如锗、硅、硒等),介于导体和绝缘体之间,这样的金属称为半导体,它们是构成半导体工业的基础。

在通常情况下,金属的导电性随温度的升高而下降。

(三) 导热性

金属传导热量的能力称为导热性。一般来说,纯金属的导热性比合金好,各种金属材料的导热性比非金属材料好,锤锻金属的导热性比铸造金属好。多数金属都是热的良导体。一般导电性好的金属,导热性亦好。

金属的导热性愈差,在加热和冷却时,零件的表面和内部的温差就愈大,由此而产生的内应力就愈大,就愈易发生裂纹;反之,导热性好的金属就不易开裂。所以在选择有效的冷热加工方法时,导热性往往是不可忽视的因素。

在电力工业中,为了提高火力发电厂的热效率,很多设

备性能利用金属的导热性来实现。如各种加热器的管子，旋转式空气预热器的叶片及汽轮机冷凝器铜管等，都被用于热能交换。与此相反，很多设备及热力管道，又要采取保温措施，使用了大量的保温隔热材料。对保温隔热材料的要求则是应具备良好的热绝缘性，亦即要求材料的导热性越低越好。

衡量物质导热性的物理量是导热率，亦称导热系数，以符号 λ 表示，单位为 $W/(m \cdot K)$ 。

(四) 可溶性

当金属受热到一定程度时，因原子活动加剧而使晶体结构遭到破坏，从而使固态金属变为液态金属的现象，称为金属的可溶性。

金属由固态转变为液态时的温度称为熔点。不同的金属有不同的熔点。金属按熔点不同分为易熔金属（如锂、镁、锡、铅等）和难熔金属（如钨、钼、钽、铌、钛、锆等）。易熔金属具有很好的塑性、铸造性和焊接性；难熔金属则有很高的硬度、高温强度和耐腐蚀性能。

根据这些不同的特点，工业上常用易熔金属制作熔断件、防火安全阀和焊料等；难熔金属则用来制作各种耐高温器件，如过热器管卡、燃气轮机叶片、电热丝等。

合金的熔化（或凝固）与纯金属不同，它不是在一个单一的温度点上，而是在一个温度区域内进行的。这个温度区称之为该合金的熔流点。对于焊料合金，熔流点是表示其特性的重要物理参数。

(五) 胀缩性

金属因受温度升降的影响而使体积发生膨胀和收缩的性质，称为金属的胀缩性。不同的金属材料有不同的胀缩性，即使同一金属在不同温度范围内，其胀缩性也不一样。物体的

胀缩性可用线胀系数和体胀系数来表示。

线胀系数 α_l 是指金属温度每升高 1°C 所增加的长度与原来长度的比值。随温度增高，线胀系数值相应增大，钢的线胀系数值一般在 $(10\sim 20) \times 10^{-6}/\text{K}$ 的范围内。体胀系数等于 3 倍线胀系数。

金属材料的胀缩性，不仅在制造精密机械、仪器仪表和测量工具时是必须要考虑的重要因素，而且在不同金属零件的结合和装配时也要考虑这一因素，否则会因胀缩性不同而产生应力，造成工程或产品变形和损坏。

(六) 磁性

金属被磁场磁化的性能，称为磁性。根据磁性的不同，常把金属材料分为铁磁材料、顺磁材料和抗磁材料（或叫逆磁材料）三类。

铁磁材料有铁、钴、镍及某些稀土合金，它们在外加磁场作用下能强烈地被磁化。顺磁材料有锰、铬、钼、钨等，它们在外加磁场作用下，只微弱地被磁化。抗磁材料有铜、铝、锡、铅、锌等，它们能抗拒或削弱外加磁场对材料本身的磁化作用。通常说的磁性材料就是指铁磁材料，而弱磁性材料或无磁性材料则分别指顺磁材料或抗磁材料。

铁磁材料在电力工业中占有重要地位。如变压器和电机所用的硅钢片，直流发电机及电话机中的永久磁铁都是铁磁材料。仪表等的外壳和要求防电磁场干扰的零件等都是采用铜、铝等抗磁材料制造的。

(七) 抗氧化性

抗氧化性是指金属材料在高温下抗氧化的能力。火力发电厂的高温部件如过热器、再热器和水冷壁等在运行中，其外壁直接与高温火焰和烟气相接触，其内壁则与汽水相接触，

在接触时氧与金属化合成氧化膜，使金属得到保护；如果所生成的氧化膜不牢固、疏松，则氧化膜会不断剥落，钢材会产生起皮现象，氧化过程就会继续下去，最终将发生破坏性事故。在钢中加入铬、铝、硅等元素后，可使其氧化膜致密而牢固，增强钢材的抗氧化性。通常认为：温度愈高，时间愈长，气体介质中氧的分压愈高，流速愈快，则金属的氧化发展速度愈快。因此，对高参数汽轮机的高温用钢，必须考虑其抗氧化性。

(八) 耐腐蚀性

耐腐蚀性指金属和合金耐介质腐蚀的性能。电厂常见的腐蚀类型有以下几种：

1. 烟气腐蚀

燃烧含硫高的燃料时，在烟气中会生成较多的二氧化硫(SO_2)，它与烟气中的水蒸气化合成硫酸(H_2SO_4)溶液，能使锅炉尾部受热面(省煤器、空气预热器)的金属材料受到腐蚀损坏。

2. 应力腐蚀

应力腐蚀是介质与应力同时作用下所引起的一种腐蚀性破坏，常发生于锅炉管道及汽轮机的叶片和叶轮等。

3. 氢腐蚀

在高温高压下，氢与钢中的碳发生化学反应，导致钢材脆化的现象，称为氢腐蚀。

4. 腐蚀疲劳

火力发电设备的部件，如锅炉受热面管子，蒸汽管道，汽轮机叶片、叶轮、汽缸等，因受经常性的温度变化而引起交变热应力。在交变热应力和腐蚀性介质如蒸汽或烟气作用下，这些部件的金属材料会产生腐蚀疲劳。

5. 冲击腐蚀

冲击腐蚀指金属材料在使用过程中，受到腐蚀介质的不断冲击而产生的腐蚀和破坏。腐蚀介质的流速、含氧量、紊流程度均能加速冲击腐蚀的进行。用于热交换器的管材，在冷却水进口端，最容易发生冲击腐蚀，所以冲击腐蚀也称进口端腐蚀。

6. 晶间腐蚀

金属的腐蚀一般发生在表面上，这种腐蚀的危害并不大。钢腐蚀的主要危害是晶间腐蚀，它是在金属内部沿晶粒边界上进行的腐蚀。钢材受到晶间腐蚀后，外形虽未变化，但因破坏了晶粒联结，使钢材变脆，强度急剧下降，甚至会发生突然断裂的严重事故。

二、金属材料的机械性能

金属材料的机械性能也称力学性能，是指金属材料在外力作用下表现出来的特性，如强度、硬度、弹性、塑性、冲击韧性、疲劳强度等。

（一）强度和塑性

强度是指金属材料在外力作用下抵抗变形和破坏的能力。金属材料不发生断裂的最大应力值称为极限强度。按照外力作用的性质不同，强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗剪强度、抗弯强度和抗扭强度等，其中以抗拉强度应用较为普遍。塑性是指金属材料在外力作用下，产生永久变形而不发生断裂破坏的能力。

金属材料的强度和塑性，可以通过拉伸试验来确定。拉伸试验是在专门的拉伸试验机上进行的。为了便于评定和比较不同材料的实验结果，做拉伸试验时，对试样的形状和尺寸均有统一规定。常用的试样断面为圆形，如图 1-1 所示。