



中等职业教育国家规划教材  
全国中等职业教育教材审定委员会审定

# 建筑电气工程

建筑设备安装专业

主编：傅正信



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)



中等职业教育国家规划教材  
全国中等职业教育教材审定委员

# 建筑电气工程

建筑设备安装专业

主 编 傅正信  
责任主审 李德英  
审 稿 蒋志坚 刘辛国



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

本书是教育部 80 个重点建设专业主干课程之一，是根据教育部最新颁布的中等职业学校建筑设备安装专业“建筑电气工程”课程教学大纲编写的。

本书分为基础模块和实验模块两大部分，主要内容包括电工材料、变配电系统、配线工程、电气照明工程与动力工程、建筑电气控制、接地与防雷和建筑弱电系统等。

本书可作为中等职业学校（普通中专、成人中专、技工学校、职业高中）教材，也可作为职工培训用书或供建筑设备安装人员的参考用书。

### 图书在版编目（CIP）数据

建筑电气工程/傅正信主编. —北京：中国电力出版社，2002

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-5083-1145-0

I. 建... II. 傅... III. 房屋建筑设备：电气设备-安装-专业学校-教材 IV. TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2002）第 088256 号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>）

北京密云红光印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

2003 年 3 月第一版 2003 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 21 25 印张 484 千字 1 插页

印数 0001—4000 册 定价 26.10 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

（本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换）

# 中等职业教育国家规划教材

## 出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编制，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

# 前 言

《建筑电气工程》是教育部 80 个重点建设专业主干课程之一，是根据教育部最新颁布的中等职业学校建筑设备安装专业“建筑电气工程”课程教学大纲编写的。

本书以培养学生的创新精神和实践能力为重点，以培养在生产、服务、技术和管理第一线工作的高素质劳动者和中初级专门人才为目标。教材的内容适应劳动就业，教育发展和构建人材成长“立交桥”的需要，使学生通过学习具有综合职业能力、继续学习能力和适应职业变化的能力。

全书分为基础模块和实验模块两大部分。其中，基础模块部分分 8 个单元，实验教学模块部分分 9 个单元。本书的主要内容有电工材料、变配电系统、配线工程、电气照明工程与动力工程、建筑电气控制、接地与防雷和建筑弱电系统。编者结合教学内容，还编写了与专业教学有关的实践教学内容。为了便于教学和学生掌握知识，在本书各单元后附有小结和习题。

本书由北京城市建设学校傅正信高级讲师主编。其中变配电系统、配线工程和弱电系统由北京城建职工中专徐第高级讲师编写；电工材料由北京城建职工中专孙俊英高级讲师编写；实践教学模块部分由天津市政教育中心王丽静讲师编写。其余部分由傅正信编写。本书由北京建筑工程学院樊伟良副教授主审。

本教材可供中等职业学校（普通中专、成人中专、技工学校、职业高中）建筑设备安装专业使用，也可作为职工培训用书或供建筑电气工程施工人员参考。

编 者

2002 年 12 月

### 电 工 材 料

电气工程中常将电工材料分为导电材料、半导体材料、绝缘材料、磁性材料和安装材料五大类。此外还有超导体材料、压电材料等。其中导电材料、绝缘材料和安装材料是建筑电气工程应用最广泛的电工材料。

#### 课题一 导 电 材 料

##### 一、导电材料的性能和分类

导电材料是电工材料中的主要材料之一，可分为普通导电材料和特殊导电材料。普通导电材料是专门用来传导电流的金属材料。特殊导电材料除了具有传导电流的功能外，同时还兼有其他特殊功能，如熔丝，电路正常工作时起导电作用，短路时起保护作用。

##### (一) 普通导电材料

建筑电气工程中常用的是金属导电材料，如铜和铝等。在实际应用中，导电材料除了具有良好的导电性能外，还应具有足够的机械强度，不易氧化、不易腐蚀、易加工和焊接，密度小、质量轻等特性，表 1-1-1 给出了部分金属导电材料的主要性能指标。

表 1-1-1 部分金属导电材料的主要性能指标表

名 称	电阻率 $\rho$ ( $0^\circ$ ) ( $\times 10^{-8}\Omega\cdot m$ )	抗拉强度 ( $N/mm^2$ )	热导率 $\lambda$ ( $W/mK$ )	密 度 ( $\times 10^3 kg/m^3$ )	线胀系数 $10^{-6}/^\circ C$
金 Au	2.40	130 ~ 140	296.4	19.30	14.2
银 Ag	1.59	160 ~ 180	418.7	10.50	18.9
铜 Cu	1.69	200 ~ 220	396.4	8.9	16.6
铁 Fe	9.78	250 ~ 330	61.7	7.8	117
锡 Sn	11.4	1.5 ~ 2.7	64.5	7.30	20
铝 Al	4.77	70 ~ 80	222	2.7	23.1
铅 Pb	21.9	10 ~ 30	35	11.37	29.1
钨 W	5.48	1000 ~ 1200	159.9	19.30	29.1
镍 Ni	6.9	400 ~ 500	87.9	8.9	13.5
铂 Pt	10.5	140 ~ 160	71.2	21.45	8.9

从表 1-1-1 可知：虽然金、银的导电性能好，但因其资源有限，价格昂贵，只能应用于特殊场合。而铜的电阻率是  $1.69 \times 10^{-8}\Omega\cdot m$ ，导电性能仅次于银，所以得到广泛使用。

虽然铝材料的导电性能比铜差，但密度小，质地较轻，铝资源丰富、价格低，选用铝材还可以降低成本。所以铝也成为广泛使用的导电材料。

在导电材料中，使用铝作导电材料，虽然能获得一定的经济效益，但下列场合不宜使用。

(1) 有爆炸危险的场所严禁使用铝导线，因铝在高温下能发生强烈氧化，甚至燃烧，增加了爆炸的危险。

(2) 起重机的电气设备不宜用铝线，因为铝的机械强度差，发生断裂会造成很大的危险。

(3) 发电厂及变电站的二次电路不宜用铝线，同样也是由于铝不具备足够的机械强度，断线时会影响供电的可靠性。

(4) 对可靠性要求较高的动力、控制电路及重要设备安装等场所也不适宜使用铝导线。

## (二) 特殊导电材料

特殊导电材料有熔体材料、电刷、电阻合金、电热合金、电触头材料、双金属片材料、弹性合金材料等。这里我们只介绍几种常用的特殊导电材料。

### 1. 熔体材料

熔体材料分为单金属熔体材料和合金熔体材料。

#### (1) 常用的单金属熔体材料。

1) 银熔体，具有很好的延展性，可加工成各种尺寸精确和外形复杂的熔体。常在高质量要求的电力及通信设备的熔断器中做熔体材料。

2) 铜熔体，熔断时间短，金属蒸汽少，有利于灭弧。常用于高压、大电流、小体积、封闭式的熔断器中。

3) 钨丝，可作自复式熔断器的熔体，电路出现故障时可熔断，切断电路起保护作用；故障消除后可自动恢复，并能多次使用。

#### (2) 合金熔体材料。

铅锡合金，用于照明和其他一般场合的短路保护元件。

### 2. 电刷

电刷是传导电流的滑动接触件。常用电刷可分为石墨型电刷、电化石墨型电刷和金属石墨型电刷三类。

(1) 石墨电刷是用天然石墨制成，质地较软，电阻系数小，富有润滑性，允许电流密度大。多用于中小容量的高速直流电机上。

(2) 电化石墨电刷是人造石墨制成的电刷，在制造过程中可对其电阻系数、接触电阻、硬度等的程度进行控制，从而使其性能良好，易于加工。常用于直流电机上。

(3) 金属石墨电刷是金属粉末与石墨混合制成的电刷。加入金属粉末是为了提高电刷的耐磨性及导电性。铜石墨电刷的电阻系数及接触电阻极小，允许电流密度很大，适用于低压大电流的直流电机和交流电机。

### 3. 电阻合金

电阻合金是用于制造各种电阻元件的合金材料，按用途可分为调节元件用合金和精密元件用合金两种。前者用于制造调节电流、电压的电阻器和控制元件的绕组，如康铜、锰

铜等合金材料，由于其电阻率较大、温度系数较小、价格低廉，多用于制做电阻、电位器和滑线电阻等元件；后者用于制造仪器中的精密电阻元件。

## 二、导线的类型和应用

电气工程所用的导线分为裸导线和绝缘导线。

### (一) 裸导线

#### 1. 绞合线

绞合线多用于架空线路，有铜线和铝线，铜线型号为 TJ，铝线型号为 LJ，其中 J 表示多股绞合线。由于铜线造价高，现在主要用铝绞线和钢芯铝绞线 (LGJ)。铝绞线标称截面积为  $10 \sim 600\text{mm}^2$ ，用于低压短距离的输电线路。钢芯铝绞线标称截面积 (铝) 为  $10 \sim 400\text{mm}^2$ ，用于高压长距离的输电线路。

#### 2. 硬母线

母线是通过总电流的导线。用于配电柜上的矩形截面的导线称为矩形母线，亦称为硬母线。制作硬母线的材料有铜、铝、铁三种，常用铝母线和铜母线，型号为 LMY (L 表示铝，M 表示母线，Y 表示硬) 和 MY。

### (二) 绝缘线

绝缘线是在导线外加一层绝缘层的导线，常用的有聚氯乙烯塑料绝缘导线和橡胶绝缘导线两大类。

#### 1. 塑料绝缘导线

塑料绝缘导线一般采用聚氯乙烯作绝缘层，简称塑料线。它具有防潮、耐油、耐酸碱等抗腐蚀特点。单股塑料绝缘线常用于交流 500V 以下、直流 1000V 以下，室内明配线或墙内、楼板穿管暗配线；多股塑料软线多用作小功率家用电器的电源线。常用塑料绝缘导线型号有如下几种：

(1) BV、BLV、BVV、BLVV、BVR 型聚氯乙烯绝缘导线。其中 B 表示布线用导线，L 表示铝导线 (没有 L 为铜导线)，V 表示聚氯乙烯塑料绝缘。BVV、BLVV 为护套线，BVR 为铜芯软导线。塑料线的标称截面积在  $1.0 \sim 185\text{mm}^2$  之间，最高工作温度为  $65^\circ\text{C}$ 。塑料绝缘导线的型号及主要用途见表 1-1-2。BV-105、BLV-105 型导线适用于高温场所，最高工作温度为  $105^\circ\text{C}$ 。

表 1-1-2 塑料绝缘导线的型号及主要用途

型 号	名 称	主 要 用 途
BV	铜芯聚氯乙烯绝缘电线	用于交流 500V 及以下或直流 1000V 及以下的电气线路，可明敷、暗敷，护套线可以直接埋地
BLV	铝芯聚氯乙烯绝缘电线	
BVV	铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电线	
BLVV	铝芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电线	
BVR	铜芯聚氯乙烯软电线	同 BV 型，安装要求柔软时用
BV-105	铜芯耐热 $105^\circ\text{C}$ 聚氯乙烯绝缘电线	同 BV 型，用于高温场所
BLV-105	铝芯耐热 $105^\circ\text{C}$ 聚氯乙烯绝缘电线	同 BV-105 型

(2) RV、RVV、RVB、RVS、RV-105 型塑料绝缘软线。用于各种交、直流移动电器、电工仪表、电器设备及自动化装置的接线。标称截面积为  $0.012 \sim 6\text{mm}^2$ 。长期工作温度一般不超过  $65^\circ\text{C}$ 。铜芯塑料绝缘软线的型号及主要用途见表 1-1-3。



表 1-1-3

铜芯塑料绝缘软线的型号及主要用途

型 号	名 称	主 要 用 途
RV	铜芯聚氯乙烯绝缘软线	} 供交流 250V 及以下各种移动电器接线
RVB	铜芯聚氯乙烯绝缘平型软线	
RVS	铜芯聚氯乙烯绝缘绞型软线	
RVV	铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套软线	同上, 额定电压 500V 及以下
RV-105	铜芯耐热聚氯乙烯软线	同 RV, 供高温场所用

## 2. 橡胶绝缘导线

用橡胶做绝缘的导线称为橡胶绝缘导线, 简称为橡皮线。它的应用与塑料线相同, 常用于交流 500V 以下、直流 1000V 以下的室内明配线和暗配线, 长期工作温度不超过 65℃。线芯有单芯和多芯两种, 材质有铜和铝两种, 常用橡胶绝缘导线标称截面在 10~400mm<sup>2</sup> 之间。型号有 BX、BLX、BXF、BLXF 等, 其中: B 表示布线用导线, X 表示橡胶绝缘, F 表示氯丁橡胶绝缘。常用橡胶绝缘导线的型号及主要用途见表 1-1-4。

表 1-1-4

橡胶绝缘导线的型号及主要用途

型 号	名 称	主 要 用 途	型 号	名 称	主 要 用 途
BLXF (BXF)	铝(铜)芯氯丁橡皮线	固定敷设, 尤其适用于户外	BXR	铜芯橡皮软线	室内安装, 要求较柔软时用
BLX (BX)	铝(铜)芯橡皮线	固定敷设			

橡胶绝缘导线不耐高温, 温度高时会加速老化、变硬、发脆并失去弹性; 同时遇到汽油、机油等会使橡胶溶解、变形, 因此橡胶绝缘线不能在高温和有机油的场合使用。

此外, 绝缘线中还有一种导线叫电磁线, 它是一种具有绝缘层的导电金属电线, 用以绕制电工产品的线圈或绕组。电磁线的线芯有铜芯和铝芯, 为了提高电磁线的抗拉强度, 可采用高导电、高强度的铝合金。

电磁线按绝缘层的特点和用途, 可分为漆包线、绕包线、无机绝缘电磁线和特种电磁线四类。

漆包线的绝缘层是漆膜, 漆膜较薄, 广泛应用于中小型或微型电工产品中。

绕包线是将合成树脂薄膜紧密地绕包在导电线芯上形成绝缘层的导线, 绝缘层较漆包线厚。这种电磁线机械性能和导电性能较好, 一般用于大中型电工产品中。

无机绝缘电磁线的绝缘层是无机材料, 如氧化铝膜, 其特点是耐高温、耐辐射。主要用于高温辐射的场合。

特种电磁线有独特的绝缘结构, 可用于制做潜水电机的绕组。

## 三、电缆

电缆是在绝缘导线的外面加上增强的绝缘层和保护层的导线。

### (一) 电缆的结构特征

电缆一般由导电线芯、绝缘层和保护层三个主要部分组成。导电线芯是用来传导电流的; 绝缘层用以隔离导电线芯, 其作用是使线芯与线芯、线芯与铝(铅)包之间有可靠的绝缘; 保护层可以防止绝缘层受潮及外界损伤, 所以电缆实质上是一种在绝缘导线外增加了绝缘层和防护层的导线。一根电缆内有若干根线芯, 如电力电缆, 有单芯、双芯、三

芯、四芯和五芯。图 1-1-1 所示为电缆的剖面图。

线芯的截面形状有圆形、半圆形、扇形等多种。线芯的外部是绝缘层。多芯电缆的线芯之间要加填料（黄麻或塑料），多线芯合并后外面再加一层绝缘层，其绝缘层外是铝或铅保护层，保护层外面是绝缘护套，护套外有时还要加钢铠，以增加电缆的抗拉和抗压强度，钢铠外还要加外层绝缘层。图 1-1-2 所示是两种电力电缆的结构。由于电缆具有较好的绝缘层和防护层，敷设时不需要再另外采用其他绝缘措施。

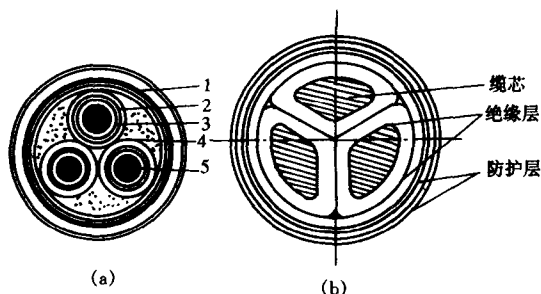


图 1-1-1 电缆剖面图

(a) 圆形线芯；(b) 扇形线芯

1—铝皮；2—缠带绝缘；3—芯线绝缘；4—填充物；5—导体

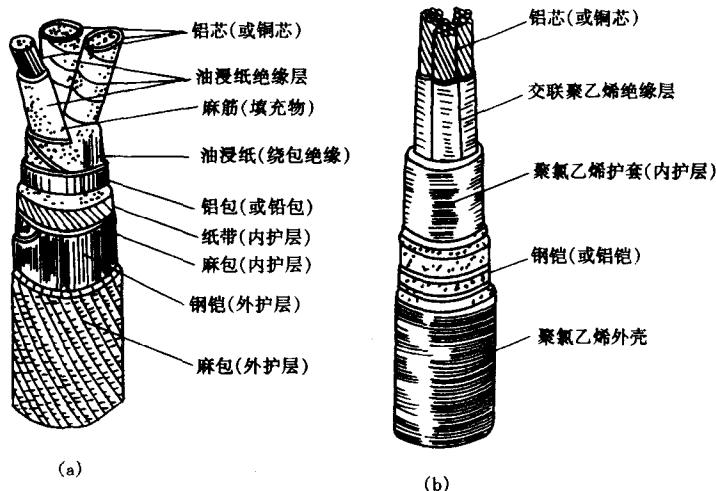


图 1-1-2 电力电缆的结构

(a) 油浸纸绝缘电力电缆；(b) 交联聚乙烯塑料绝缘电力电缆

## (二) 电缆的型号

电缆的型号反映电缆的用途、绝缘材料、导体材料的种类等。它是由许多字母和数字排列组合而成的。表 1-1-5 和 1-1-6 给出了字母的排列次序和字母含义。

表 1-1-5 电缆型号字母的含义

电缆类别	线芯材料	绝缘种类	内护层	其他特征	外护层
电力电缆 (不表示)		Z—纸绝缘	Q—铅包	D—不滴液	2个数字 (见表 1-1-6)
K—控制电缆	T—铜(一般不表示)	X—橡皮绝缘	L—铝包	F—分相护套	
P—信号电缆		V—聚氯乙烯	H—橡套		
Y—移动式软电缆	L—铝	Y—聚乙烯	V—聚氯乙烯套	P—屏蔽	
H—市内电话电缆		YJ—交联聚乙烯	Y—聚乙烯套	C—重型	

表 1-1-6

电缆外户层代号含义

第一个数字		第二个数字	
代 号	铠装层类型	代 号	外皮层类型
0	无	0	无
1	—	1	纤维绕包
2	双钢带	2	聚氯乙烯护套
3	细圆钢丝	3	聚乙烯护套
4	粗圆钢丝	4	—

例如：VV<sub>22</sub>—(4×50)—10 表示铜芯、聚氯乙烯绝缘双钢带铠装、聚氯乙烯护套、四芯，每芯截面为 50mm<sup>2</sup> 的电力电缆。使用电压为 10kV。

### (三) 电缆的种类及应用

#### 1. 电力电缆

电力电缆是用来输送和分配大功率电能的。根据电缆所使用绝缘材料的不同，常用电力电缆有以下几类：

(1) 油浸纸绝缘铝包电力电缆，这种电缆使用寿命长、耐压强度高、热稳定性好，分为普通型和点滴流型两类。多用于高压输配电线路中，其中普通型电缆不宜敷设于落差大的场合，点滴流型电缆对敷设落差无限制，甚至可以垂直敷设。工作电压为 1~35kV。

(2) 聚氯乙烯绝缘、聚氯乙烯护套电缆，即全塑电缆。这种电缆制作工艺简单，抗腐蚀，具有一定的机械强度。可敷设在室内、隧道及管道内，钢带铠装全塑的电缆也可直接埋地敷设。工作电压为 1~6kV。

(3) 橡胶绝缘、橡胶护套电缆，即橡套软电缆。其突出优点是柔软，可绕性好，可用于 500V 以下各种移动性电气设备的电源线。

(4) 交联聚乙烯绝缘、聚氯乙烯护套电力电缆。该系列电缆利用化学和物理的方法改善了电缆的绝缘性能，提高了电缆的耐热性和使用寿命，可用于 6~35kV 的输电线路。施工时，不受敷设高差的限制，目前广泛使用，可替代油浸纸绝缘电力电缆。

#### 2. 控制电缆

控制电缆是配电装置中传导操作电流、连接电气仪表、实现继电保护和自动控制的电缆。工作电压一般在交流 500V 以下、直流 1000V 以下。因工作电流不大，所以导线截面较小，一般为 1.5~10mm<sup>2</sup>。控制电缆的绝缘层有聚氯乙烯塑料绝缘和橡皮绝缘两种，其型号分别为 KVV 和 KXV (K 表示控制)。

#### 3. 电话电缆

电话电缆用于电话系统的干线。分为铠装电缆和普通电缆，室外埋地敷设时使用铠装电缆；架空敷设、室内安装时使用普通电缆。常用电缆有 HYA 型综合护层塑料绝缘电缆和 HPVV 铜芯聚氯乙烯电缆。电缆型号标注为 HYA10×2×0.5 的，其中 HYA 为型号，10 表示缆内有 10 对电话线，2×0.5 表示每对电话线为 2 根直径为 0.5mm 的导线。电缆的对

数从 5 对到 2400 对，线芯有直径 0.4mm 和 0.5mm 两种规格。

#### 4. 射频同轴电缆

射频同轴电缆用于传输和分配电视信号。特性阻抗为  $75\Omega$ ，其结构如图 1-1-3 所示。内导体为铜芯聚氯乙烯绝缘，外导体为金属网状线，内外导体之间由藕芯型或物理发泡型的绝缘材料隔离，最外层为聚氯乙烯护套。

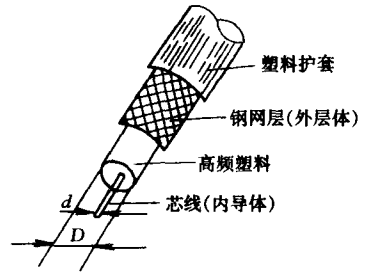


图 1-1-3 射频同轴电缆的结构

表 1-1-7 常用同轴电缆的种类和特点

种类	绝缘材料	产品型号示例	特点与应用
实芯同轴电缆	填充实芯聚乙烯绝缘材料	SYV 型	1. 介电常数高，传输损耗大 2. CATV 中基本被淘汰，但在 CCTV 中用作视频同轴电缆
藕芯同轴电缆	聚乙烯纵孔（藕芯）	SYKV 型 SDVC 型	1. 传输损耗较小，但防潮、防水性能较差 2. 目前在 CATV 中最常用
物理发泡同轴电缆	聚乙烯绝缘材料发泡	SDGFV 型 SYWFFV 型 美国 QR 型	1. 传输损耗小，不易受潮、老化 2. 用于较大型 CATV 中作干线
竹节同轴电缆	聚乙烯绝缘介质加工成竹节状	SYDV 型 美国 MC <sup>2</sup> 型	1. 有上述发泡电缆同样优点，但环境条件要求高 2. 一般作 CATV 干线用

表 1-1-8 常用同轴电缆的主要参数

电缆型号	绝缘形式	芯线外径 (mm)	绝缘外径 (mm)	电缆外径 (mm)	特性阻抗 ( $\Omega$ )	衰减常数 dB/100m		
						30 (MHz)	200 (MHz)	800 (MHz)
SYKV-75-5	藕芯式	1.10	4.7	7.3	$75 \pm 3$	4.1	11	22
SYKV-75-9	藕芯式	1.90	9.0	12.4	$75 \pm 2.5$	2.4	6	12
SYKV-75-12	藕芯式	2.60	11.5	15.0	$75 \pm 2.5$	1.6	4.5	10
SDVC-75-5	藕芯式	1.00	4.8	6.8	$75 \pm 3$	4	10.8	22.5
SDVC-75-7	藕芯式	1.60	7.3	10.0	$75 \pm 2.5$	2.6	7.1	15.2
SDVC-75-9	藕芯式	2.00	9.0	12.0	$75 \pm 2.5$	2.1	5.7	12.5
SDVC-75-12	藕芯式	2.60	11.5	14.4	$75 \pm 2.5$	1.7	4.5	10

同轴电缆按绝缘外径分为  $\phi 5$ 、 $\phi 7$ 、 $\phi 9$ 、 $\phi 12$  等规格，一般在用户端使用  $\phi 5$  的同轴电缆，楼与楼之间使用  $\phi 9$  的同轴电缆，大系统干线使用  $\phi 12$  的同轴电缆。

## 课题二 绝缘材料

### 一、绝缘材料的分类和性能

#### (一) 绝缘材料的作用

绝缘材料是一种导电能力很差的电工材料，又称为电介质。其电阻率大于  $10^{-9}\Omega\cdot m$ 。在电气工程中的主要作用是用来隔离带电体和隔离不同电位的导体。如电动机绕组和铁芯之间的绝缘，用以保证电动机的正常运行；电工钳手柄的绝缘用来隔离带电体和操作人员，以保证人身安全等。

在不同的电工产品中，根据产品技术要求的需要，绝缘介质除了具有绝缘作用外，同时还应兼有其他功能。例如：变压器油的冷却散热作用，绝缘子的支撑和固定作用，电容器油的储能作用，油断路器油的灭弧作用等。

#### (二) 绝缘材料的性能

能使绝缘材料击穿的最大电场强度称为其绝缘强度，又称为介电强度。它反映绝缘材料在施加电压时保持绝缘性能的极限能力。绝缘强度越大，使之击穿的场强或电压就越高，即越不易击穿。绝缘材料击穿后，导电能力显著增大。因此绝缘材料正常情况下导电能力很差，但在任何情况下都保持良好的绝缘性能。所以任何绝缘材料都有一个耐压极限值，若加在绝缘材料上的电压超过这一极限值时，过强的电场超过了绝缘材料的绝缘强度，就会使绝缘材料的绝缘性能破坏，电流剧增，使绝缘材料发生破裂或分解，丧失绝缘能力，我们把这种现象称为电介质击穿。

此外，绝缘材料在电压的作用下，绝缘介质中消耗的电能要转变为热能损耗，称为介质损耗。绝缘体由于温度升高，使绝缘强度降低，绝缘强度的降低直接影响到电机、变压器和其他电力装置的允许负荷。因此绝缘材料的性能不仅有耐压极限值，还有一个重要参数，即极限温度。若工作温度超过极限温度，会使绝缘材料的绝缘性能降低，缩短其寿命，甚至损坏。

#### (三) 绝缘材料的种类

绝缘材料的种类很多，一般按形态可分为以下三类：

##### 1. 固体绝缘材料

常用的绝缘漆、胶、纸等纤维制品，绝缘漆布、漆管和绑扎带等绝缘浸渍纤维制品、云母制品、电工塑料、橡胶等。

##### 2. 液体绝缘材料

常用有变压器油、开关绝缘油、电容器油、电缆油等矿物性绝缘油。

##### 3. 气体绝缘材料

常用的有空气、氮、氢、二氧化碳和六氟化硫等气体。

以上三类绝缘材料除具备前面谈到的特性和功能外，不同的材料有其不同的特点。固体绝缘材料的机械性能要优于其他两类绝缘材料。而液体绝缘材料的导电性能要胜于固体

绝缘材料。气体绝缘材料，尤其是空气，成本低，而且流动性好，击穿后能自动恢复其绝缘性能，是最常用的气体绝缘介质。

## 二、固体绝缘材料的绝缘等级和应用

固体绝缘材料的耐压强度和耐热性能对电气产品能否正常运行起着非常重要的作用。尤其耐热性能是选择绝缘材料必须考虑的因素。绝缘材料的耐热性能是按其长期正常运行所允许的最高工作温度来区分的，可分为 Y、A、E、B、F、H、C 七个级别，见表 1-1-9。

表 1-1-9 固体绝缘材料的耐热等级

耐热等级	极限温度 (°C)	材料举例	耐热等级	极限温度 (°C)	材料举例
Y	90	未浸渍过的棉纱、丝及纸等材料或其组合物所组成的绝缘结构	F	155	以合适的树脂粘合或浸渍、涂覆后的云母、玻璃纤维、石棉等，以及其他无机材料、合适的有机材料或其组合物组成的绝缘结构
A	105	浸渍过的或浸在液体电介质中的棉纱、丝及纸等材料或其组合物所组成的绝缘结构			
E	120	合成的有机薄膜、合成的有机磁漆等材料或其组合物所组成的绝缘结构	H	180	以合适的树脂（如硅有机树脂）粘合或浸渍、涂覆后的云母、玻璃纤维、石棉等材料或其组合物所组成的绝缘结构
B	130	以合适的树脂粘合或浸渍、涂覆后的云母、玻璃纤维、石棉等，以及其他无机材料、合适的有机材料或其组合物所组成的绝缘结构	C	> 180	以合适的树脂（如热稳定性特别优良的硅有机树脂）粘合或浸渍、涂覆后的云母、玻璃纤维等以及未经浸渍处理的云母、陶瓷、石英等材料或其组合物所组成的绝缘结构

使用绝缘材料时必须注意，过高的工作温度将使绝缘寿命缩短。如 A 级绝缘工作温度超过最高允许温度增加 8°C、B 级绝缘增加 12°C、H 级绝缘增加 12°C，则绝缘寿命就要缩短一半。

随着电工技术的发展，电力设备容量和电压等级不断提高。这不但要求绝缘材料能承受电、热和各种机械力的作用，而且根据需要还应具有耐受不同外界因素（如高温、腐蚀、高能辐射等）作用的能力。

## 课题三 安 装 材 料

安装材料是用来安装、固定电气设备和电气线路，并保证其正常运行的重要材料。按其作用可分为支撑材料和敷设材料两大类。

### 一、支撑材料

支撑材料常用的有电杆、绝缘子、型钢、角钢等。

### (一) 电杆

电杆按材质分为木杆、水泥杆和铁塔。木杆现已不常使用，铁塔主要用于 35kV 以上架空线路，低压架空线路常用水泥杆。

水泥电杆都采用环形截面，分为上下截面相同的等径杆和上细下粗的拔梢杆。等径杆一般用来接超长杆或组杆塔用，平常用的多为拔梢杆。常用拔梢杆的规格及埋设深度见表 1-1-10。

表 1-1-10 常用拔梢杆规格及埋设深度

杆长 $H$ (m)	7	8		9		10		11	12	13
梢径 $D_1$ (mm)	150	150	170	150	190	150	190	190	190	190
底径 $D_2$ (mm)	240	256	277	270	310	283	323	337	350	363
埋设深度 $H_1^{①}$ (mm)	1200	1500		1600		1700		1800	1900	2000

注 ①埋设深度  $H_1$  系指一般土质情况。

### (二) 绝缘子

绝缘子俗称瓷瓶，是用来固定导线并使导线与导线间、导线与横担、导线与电杆间保持绝缘；同时也承受导线的垂直荷重和水平荷重。因此，要求绝缘子必须具有良好的绝缘性能和足够的机械强度。

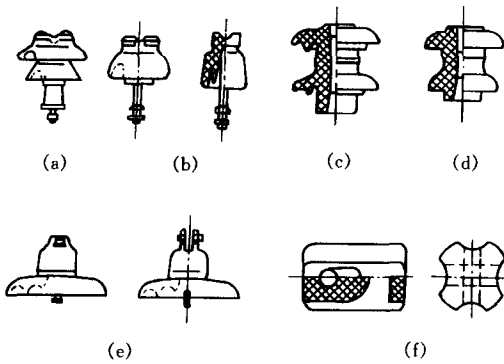


图 1-1-4 常用绝缘子外形

- (a) 针式瓷绝缘子 (高压); (b) 针式瓷绝缘子 (低压);  
(c) 蝴蝶形瓷绝缘子 (高压); (d) 蝴蝶形瓷绝缘子 (低压);  
(e) 悬式瓷绝缘子; (f) 拉线绝缘子

绝缘子按工作电压等级分有低压绝缘子和高压绝缘子两种。按外形分有针式绝缘子、蝶式绝缘子、悬式绝缘子和拉线用的菱形或蛋形拉线绝缘子。安装前，应按有关电气试验规程，对绝缘子进行交流耐压试验，安装后，将每个绝缘子表面的污垢用干布擦净，以防止送电后发生闪络和击穿。常用绝缘子外形，如图 1-1-4 所示。

### (三) 型钢

长度和截面周长之比相当大的直条钢材，统称为型钢。按型钢的截面形状可分为简单截面和复杂截面两大类。简单截面的，主要有扁钢、圆钢，如图 1-1-5 所示。复杂

截面的钢材主要有角钢、工字钢和槽钢，如图 1-1-6 所示。

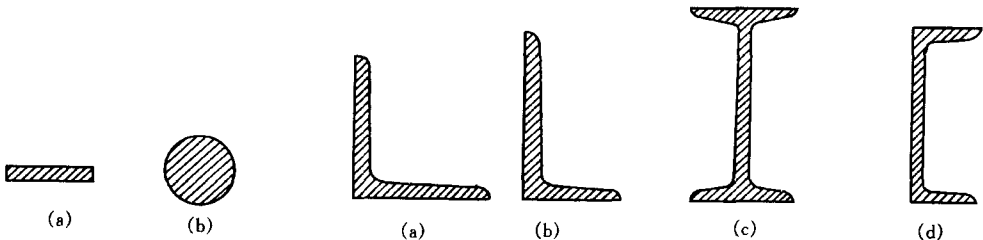


图 1-1-5 简单截面型钢的截面

- (a) 扁钢; (b) 圆钢

图 1-1-6 角钢、工字钢和槽钢的截面形状

- (a) 等边角钢; (b) 不等边角钢; (c) 工字钢; (d) 槽钢

各种型钢在建筑电气工程中起支承和固定电气线路、电气设备的作用。各种型钢的尺寸规格见表 1-1-11。

表 1-1-11 各种型钢的尺寸规格

型钢名称	表示规格的主要尺寸	尺寸范围 (mm)
扁 钢	宽 度	10 ~ 150
	厚 度	3 ~ 60
圆 钢	直 径	5.5 ~ 250
等边角钢	按边宽度的厘米数划分型号 (或以边宽度 × 边宽度 × 边厚度标记)	边宽度: 20 ~ 200 边厚度: 3 ~ 24
不等边角钢	按长边宽度/短边宽度厘米数划分型号 (或以长边宽度 × 短边宽度 × 边厚度标记)	长边宽度: 25 ~ 200 短边宽度: 16 ~ 125 边厚度: 3 ~ 18
工 字 钢	按高度的厘米数划分型号 (或以高度 × 腿宽度 × 腰厚度标记)	高度: 100 ~ 630 腿宽度: 68 ~ 180
槽 钢	按高度的厘米数划分型号 (或以高度 × 腿宽度 × 腰厚度标记)	高度: 50 ~ 300 腿宽度: 37 ~ 89

## 二、敷设材料

敷设材料主要用于电气线路的敷设，并对电气线路起一定的保护作用。常用的敷设材料分为导管和线槽两大类。

### (一) 导管

在建筑电气工程中，为了保证导线不被破坏，便于日后的维修、更新，一般把导线敷设在管内，称为管内敷设。常用的管材有两大类：钢管和塑料管。

#### 1. 钢管

钢管按壁厚的不同，分为薄壁管和厚壁管，薄壁管也称电线管，是专门用来穿电线用的，其内外均已做过防腐处理，不论管径大小，管壁厚度相同，均为 1.6mm。厚壁管又分为焊接钢管和水煤气钢管。焊接钢管的管壁比电线管厚，按管径分成两个厚度 2.5mm 和 3mm；水煤气钢管主要用于通水与煤气，管壁厚度随管径增大而加厚。厚壁管分为镀锌管和不镀锌黑管，电气施工常使用黑管，在使用前需先做防腐处理。在现场浇注的混凝土结构中要使用厚壁钢管。在有轻微腐蚀性气体的场所必须使用水煤气钢管。

钢管规格，见表 1-1-12。钢管长度一般每根 6m。

表 1-1-12 钢 管 规 格

管材种类 (图注代号)	公称口径 (mm)	外径 (mm)	壁厚 (mm)	内径 (mm)	内孔总面积 (mm <sup>2</sup> )	占内孔%时截面积 (mm <sup>2</sup> )		
						33%	27.5%	22%
电线管 (TC)	16	15.87	1.6	12.67	126	42	35	28
	20	19.05	1.6	15.85	197	65	54	43
	25	25.40	1.6	22.20	387	128	106	85
	32	31.75	1.6	28.55	640	211	176	141
	40	38.10	1.6	34.90	957	316	263	211
	50	50.80	1.6	47.60	1780	587	490	392



续表

管材种类 (图注代号)	公称口径 (mm)	外径 (mm)	壁厚 (mm)	内径 (mm)	内孔总面积 (mm <sup>2</sup> )	占内孔%时截面积 (mm <sup>2</sup> )		
						33%	27.5%	22%
焊接钢管 (SC)	15	20.75	2.5	15.75	194	64	53	43
	20	26.25	2.5	21.25	355	117	97	78
	25	32.00	2.5	27.00	573	189	157	126
	32	40.75	2.5	35.75	1003	331	276	221
	40	46.00	2.5	41.00	1320	436	363	290
	50	58.00	2.5	53.00	2206	728	607	485
	70	74.00	3.0	68.00	3631	1198	998	798
	80	86.50	3.0	80.50	5089	1679	1399	1119
水煤气钢管 (RC)	100	112.00	3.0	106.00	8824	2911	2426	1941
	15	21.25	2.75	15.75	195	64	54	43
	20	26.75	2.75	21.25	355	117	97	78
	25	33.50	3.25	27.00	573	189	158	126
	32	42.25	3.25	35.75	1003	331	276	221
	40	48.00	3.50	41.00	1320	436	363	290
	50	60.00	3.50	53.00	2206	728	607	485
	70	75.50	3.75	68.00	3631	1198	998	798
	80	88.50	4.00	80.50	5089	1679	1399	1119
	100	114.00	4.00	106.00	8824	2911	2426	1941
	125	140.00	4.50	131.00	13478	4447	3706	2965
150	165.00	4.50	156.00	19113	6307	5256	4204	

## 2. 塑料管

塑料管有聚氯乙烯硬管、半硬管、波纹管、改性聚氯乙烯硬管。为了保证建筑电气线路安装符合防火规范要求,各种塑料管均采用阻燃性材料,称为阻燃管。但防火工程线路一律使用水煤气钢管。

(1) 聚氯乙烯硬质管。硬质管是灰色塑料管,强度较高。

(2) 聚氯乙烯半硬质管。半硬质管又叫流体管,如图 1-1-7 所示。由于半硬质管易弯曲,主要用于砖混结构建筑照明工程的开关、灯具、插座线路敷设。



图 1-1-7 难燃型半硬质管

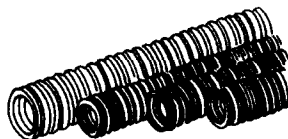


图 1-1-8 波纹管外形

(3) 聚氯乙烯波纹管。波纹管也叫可挠管,波纹管的外形,如图 1-1-8 所示。波纹管的抗压性和易弯曲性优于半硬质管。

(4) 改性聚氯乙烯硬质管。改性聚氯乙烯硬质管也叫 PVC 管,白颜色。PVC 管绝缘性能好、耐腐蚀、抗冲击、抗拉、抗弯强度大(可以冷弯)、不燃烧、附件种类多,是建筑物中暗敷施工最常用的管材。

聚氯乙烯管的规格见表 1-1-13。