

袖珍电工知识丛书

电工常用器材及应用

程逢科 李公静 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

袖珍电工知识丛书

电工常用器材及应用

程逢科 李公静 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内容提要

本书为《袖珍电工知识丛书》之一，主要内容有：常用绝缘材料、常用导电材料、常用低压电器、主要线路器材、主要照明器材以及电工新材料等有关知识与资料。它可作为从事电力系统电气专业的技术人员、技术工人以及社会电工的常备工具书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工常用器材及应用/程逢科, 李公静编. —北京:
中国电力出版社, 2005
(袖珍电工知识丛书)
ISBN 7-5083-2135-9

I. 电… II. ①程…②李… III. 电工材料
IV. TM2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 137664 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 4 月第一版 2006 年 6 月北京第二次印刷
787 毫米×1092 毫米 64 开本 6.625 印张 201 千字
印数 5001—8000 册 定价 12.00 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)

前 言

为了方便广大电气工作者查找、学习和使用电工常用器材，以便提高工效和保证质量。我们编写了这本《电工常用器材及应用》一书。

本书主要介绍了电工常用绝缘材料、常用导电材料、常用低压电器、主要线路器材、主要照明器材以及电工新材料等有关知识。本书内容丰富、数据准确、资料较新较全，具有一定的通用性，适用于广大电工在工作中使用。

本书由全国电力职业教育研究所程逢科和国电集团太原第一热电厂李公静编写。其中第一、六章由程逢科编写，第二、三、四、五章由李公静编写。

由于编者水平有限，以及编写时间紧张，本书可能存在不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2004 年 8 月

目 录

前言

第一章 常用绝缘材料	1
第一节 概述	1
第二节 气体和液体绝缘介质	5
第三节 绝缘纸与绝缘纸板	10
第四节 绝缘漆、胶和熔敷粉末	17
第五节 绝缘漆布、漆管与绑扎带	26
第六节 层压制品类绝缘材料	33
第七节 橡胶制品类绝缘材料	40
第八节 云母制品类绝缘材料	44
第九节 电工用薄膜、复合制品及粘带 ...	57
第十节 电工塑料	65
第二章 常用导电材料	78
第一节 导电金属	78
第二节 绝缘电线	81
第三节 裸导线和母线排	143
第四节 电缆	160
第五节 光缆	195
第六节 电刷	200

第三章	常用低压电器	209
第一节	类别、型号和技术指标	209
第二节	隔离开关和负荷开关	218
第三节	熔断器	227
第四节	断路器和漏电断路器	244
第五节	接触器	265
第六节	继电器	283
第七节	主令电器和信号灯	302
第四章	主要线路器材	317
第一节	电杆	317
第二节	绝缘子	321
第三节	电力金具	338
第四节	保护器材	347
第五章	主要照明器材	362
第一节	电光源	362
第二节	穿电线管	390
第六章	电工新材料简介	397
第一节	无机绝缘新材料	397
第二节	磁记录材料	399
第三节	特殊磁性材料	402
第四节	光电材料	405

第五节	压电材料	408
第六节	发光材料	410
参考文献		414

常用绝缘材料

第一节 概 述

在各种电气设备中，绝缘材料的作用是使带电部件与其他部件相互隔离，并起着机械支撑、固定，以及灭弧、散热、改善电场的电位分布和保护导体的作用。

一、绝缘材料的分类

1. 按物理状态

绝缘材料按物理状态来分类，可分为气体、液体和固体。空气、氮气、氢气、六氟化硫气体和氟化烃气体都是良好的气体绝缘材料。各种矿物油如变压器油、断路器油、电容器油和电缆油等都是优良的液体绝缘材料。绝缘漆、纸、纸板及纤维制品、漆布、漆管和绑扎带等绝缘纤维浸渍制品、云母制品、塑料、橡胶、玻璃和电工陶瓷等都是良好的固体绝缘材料。

2. 按耐热程度

绝缘材料在使用中，受温度、湿度、氧化、机械振动、电动力和电场等各种因素的影响，将逐渐老化，且其老化的主要因素为过热老化。因此，为了保证绝缘材料的合理使用寿命，对绝缘材料按其正常运行条件下的允许最高工作温度分级，称为耐热等级。绝缘材料的耐热等级见表 1-1。

表 1-1 绝缘材料的耐热等级

耐热等级	极限工作温度 (°C)	耐热等级定义
Y	90	经过试验证明，在 90°C 极限温度下能长期使用的绝缘材料或其组合物所组成的绝缘结构
A	105	经过试验证明，在 105°C 极限温度下能长期使用的绝缘材料或其组合物所组成的绝缘结构
E	120	经过试验证明，在 120°C 极限温度下能长期使用的绝缘材料或其组合物所组成的绝缘结构
B	130	经过试验证明，在 130°C 极限温度下能长期使用的绝缘材料或其组合物所组成的绝缘结构
F	155	经过试验证明，在 155°C 极限温度下能长期使用的绝缘材料或其组合物所组成的绝缘结构
H	180	经过试验证明，在 180°C 极限温度下能长期使用的绝缘材料或其组合物所组成的绝缘结构
C	> 180	经过试验证明，在超过 180°C 的温度下能长期使用的绝缘材料或其组合物所组成的绝缘结构

二、绝缘材料的型号编制

电工绝缘材料的产品种类很多,为此,在 JB/T 2197—1996《电气绝缘材料产品分类命名及型号编制方法》中规定了电工绝缘材料的产品分类命名及型号编制方法。

电工绝缘材料的产品分类命名及型号编制方法见表 1-2。

表 1-2 电工绝缘材料的产品分类命名及型号编制方法

项 目		说 明										
型号的组成格式		□ □ □ □ □ 大类 小类 参考 工作 顺 序 号 专 用 代号 代号 温度 温度 序 号 附 加 号										
大类代号		1	2		3		4		5		6	
		漆、树脂和胶类	浸渍纤维制品类		层压制品类		塑料类		云母制品类		薄膜、粘带和复合制品类	
小类代号	漆、树脂和胶类	0	1	2	3	4	5	6	7	8		
		有溶剂浸渍漆类	无溶剂浸渍漆类	覆盖漆类	瓷漆类	胶粘漆、树脂类	熔敷粉末类	硅钢片漆类	漆包线漆类	胶类		
	浸渍纤维制品类	0	1	2	3	4	5	6	7	8		
		棉纤维漆布类		漆绸类	合成纤维漆布类	玻璃纤维漆布类	混织纤维漆布类	防电晕漆布类	漆管类	绑扎带类		

续表

项 目		说 明									
小 类 代 号	层压 制品类	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
		有机底 材层压 板类		无机 底材层 压板类	防电晕 及导磁 层压板 类	覆铜 箔层压 板类	有机 底材层 压管类	无机 底材层 压管类	有机底 材层压 棒类	无机底 材层压 棒类	
	塑料类	0	1	2	3	4	5	6			
		木粉填 料塑料 类	其他有机 物填料 塑料类	石棉 填料 塑料类	玻璃纤 维填料 塑料类	云母 填料 塑料类	其他矿 物填料 塑料类	无填料 塑料类			
	云母 制品类	0	1	2	4	5	7	8	9		
		云母 带类	柔软云 母板类	塑料云 母板类	云母 带类	换向器 云母板 类	衬垫云 母板类	云母 箔类	云母 管类		
	薄膜、 黏带和 复合制 品类	0	2	3	5	6	7				
		薄膜 类	薄膜黏 带类	橡胶及 织物黏 带类	薄膜绝 缘纸及 薄膜玻 璃漆布 复合箔 类	薄膜合 成纤维 纸复合 箔类	多种材质 复合箔类				
	参考工作 温度	1	2	3	4	5	6				
		105℃	120℃	130℃	155℃	180℃	180℃以上				
专用附加号	1	2	3	T							
	粉云母 制品	金云母制品	鳞片云 母制品	含杀菌剂或防霉剂产品							

注 1. 型号的组成必要时在第四位数字后面增加一位数字, 表示产品品种顺序号。

2. 不附加数字的云母制品为白云母制品。

4 电工常用器材及应用

第二节 气体和液体绝缘介质

一、气体绝缘介质

1. 天然气体介质

常用的天然气体介质有空气、氮气、氢气、二氧化碳气体等。天然气体介质的性能见表 1-3。

表 1-3 天然气体介质的性能

性 能	空 气	氮 气	氢 气	二氧化碳 气体
分子量	29	28	2	44
密 度 [g/L (20℃、98kPa)]	1.17	1.25	0.08	—
沸 点 (℃)	-196	-195.6	-252.8	-78.7
黏 度 (Pa·s)	1.8×10^{-5}	1×10^{-5}	8.6×10^{-4}	1.4×10^{-5}
热导率 [W/(m·K) (100℃)]	0.0314	0.0256 (30℃)	0.043	—
临界温度 (℃)	-140.7	-147.1	-240	31
临界压力 (kPa)		3394.38	1296.96	7396.73
电容率	1.00059	1.00058	1.00027	1.00096
直流介电强度 (kV/cm)	33	33	19.8	29.7

(1) 空气。空气是一种混合气体，含有氮气、氧气、氩气、二氧化碳气体和其他少量稀有气体。随地区的不同还含有水蒸气、工业废气等。常态下空气的击穿强度约为 30kV/cm 。当其压力增大时，击穿电压明显升高。因此，压缩空气可作电气设备的绝缘或灭弧介质。而当空气的压力降至 $10^{-3} \sim 10^{-5}\text{Pa}$ 的高真空状态时，即成为真空间隙绝缘，故其应用于高压真空开关、真空断路器和各种电子管等。

(2) 氮气。氮气是不活泼的中性气体，电器常用氮气的纯度应在 99.5% 以上。它主要用作标准电容器的介质以及变压器、电力电缆和通信电缆的保护气体，以防止绝缘油氧化、潮气侵入，并抑制热老化。

(3) 氢气。氢气的密度最小，所以具有很高的导热性，但其绝缘强度仅为空气的 60%，又易燃易爆，故主要用作汽轮发电机的冷却介质。为了防止氢气发生爆燃，通常氢气的纯度应为 95% 以上。

2. 合成气体介质

电工常用的合成气体介质有六氟化硫 (SF_6) 和氟化烃 (氟里昂) 气体。

(1) 六氟化硫 (SF_6)。六氟化硫是一种无色、无味、不燃不爆、无毒和化学性能稳定的气体。它是一种电负性强的合成气体，具有良好的绝缘和灭弧性能，在电场中其击穿强度约为空气的三倍。若在 3~4 个大气压下，其击穿强度不小于变压器油。在单断口的灭弧室中，其灭弧能力约为空气的 100 倍。因此，六氟化硫气体在电气设备中得到广泛应用。对电工用 SF_6 ，其纯度应在 99.95% 以上。

(2) 氟化烃气体。这类气体的特点是：不燃、无毒、无腐蚀性、化学和热稳定性好、击穿强度高，但会对环境造成污染，使用时需注意。

二、液体介质

液体介质主要用于变压器、油断路器、电缆和电容器等电气设备中。它的作用是通过液体介质的浸渍和填充，消除了空气和气隙，从而提高了击穿强度，并改善了设备的散热条件。另外，在油断路器中，液体介质还起到了灭弧作用。

液体介质可分为矿物绝缘油、合成油和植物油三大类。矿物油是用量最多的液体介质，表 1-4 列出了国产矿物油的类型、性能及应用范围。

表 1-4 国产矿物油的类型、性能及应用范围

项 目		变压器油			电容器油		电 缆 油	
		10 型	25 型	45 型	1 型	2 型	高压充油	35kV 油
运动黏度 ($\times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$)	20℃	≤ 30	≤ 30	≤ 30	30~45	37~45	8~18	
	50℃	7.5~9.6	8.5~9.6	6~9.6	9~12	9~12	3.5~6	
闪点 (闭口杯) (℃, 不低于)		135	135	135	135	135	125	250
凝点 (℃, 不高于)		-10	-25	-45	-45	-45	-60	-12
酸 值 [mg(KOH)/g, 不大于]		0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.008	0.01
灰分 (% , 不大于)		0.005	0.005	0.005	0.005	0.004		
体积电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$)						$10^{10} \sim 10^{13}$ (20℃)		

续表

项 目		变压器油			电容器油		电 缆 油	
		10 型	25 型	45 型	1 型	2 型	高压充油	35kV 油
介质损耗 角正切值 (50Hz)	20℃	≤ 0.005	0.0005 ~ 0.005	0.005 (70℃)	≤ 0.005	≤ 0.005	≤ 0.0015	0.01 ~ 0.013
	100℃	0.0025 ~ 0.025	0.001 ~ 0.025		≤ 0.002 (10^3 Hz)	≤ 0.002 (10^3 Hz)		
介电常数 (50Hz, 20℃)						2.1 ~ 2.3		
介电强度 ($\text{kV} \cdot \text{mm}^{-1}$, 20℃)		16 ~ 18	18 ~ 21		20 ~ 23	20 ~ 23	≥ 20	14 ~ 16
应用范围		油浸式变压器、互感器用, 应根据环境温度选择不同凝点的相应型号。45型变压器油通常又作为油断路器的绝缘和灭弧介质			用于充灌和浸渍电力电容器		用于110~330kV级充油电力电缆	用于35kV油浸纸绝缘电力电缆

第三节 绝缘纸与绝缘纸板

一、绝缘纸与绝缘纸板的分类

纸是由植物纤维、矿物纤维和合成纤维或这些纤维的混合物，通过一定的工艺加工成型，标准重量小于 $225\text{g}/\text{m}^2$ 的称为纸，标准重量大于 $225\text{g}/\text{m}^2$ 的称为纸板。

电工用绝缘纸与绝缘纸板的分类见表 1-5。

表 1-5 绝缘纸与绝缘纸板的分类

植物纤维 绝缘纸与 纸板	绝缘纸	电缆纸	低压电缆纸
			高压电缆纸
			超高压电缆纸
		电容器纸	A 型、B 型和低损耗纸
		卷缠用绝缘纸	变压器纸
			电话纸
			卷缠纸
		浸渍纸	硫酸盐木浆纸
			亚硫酸盐木浆纸
			棉浆纸
		其他电器用纸	云母带纸
			皱纹绝缘纸
			电解电容器纸
	电绝缘 纸板	电绝缘纸板	
		成型绝缘件	
	钢 纸	硬钢纸板、管、棒	
		软钢纸板	