

维修电工工艺学

电气检修工人中级技术培训教材



成都科技大学出版社

张有权 主编

内 容 简 介

本教材主要包括常用电工材料、常用高低压电器、常用交直流电机、继电保护、电力拖动自动控制及电缆安装与运行六个部分，共十章。着重于化工企业常用电气设备和电气装置的主要原理、特性及应用知识。教材内容，以定性分析为主，由浅入深。每章后面都附有习题，一些常用设备的主要技术数据也列入章节，便于学习和实用参考。各单位维修电工专业范围不尽相同，对教材部分讲授内容，可根据实际情况酌情增减。

维 修 电 工 工 艺 学

张有权 主编

成都科技大学出版社出版、发行
四川省新华书店经销
成都科技大学印刷厂印刷
开本：787×1092 1/16 印张：18.25
1988年11月第1版 1988年11月第一次印刷
印数：1—17000册 字数：421千字

ISBN7-5616-0151-4/TM·6(课)

定价：5.80元



前 言

受“全国化工技术培训教材编审委员会”的委托，由吉林化学工业公司负责，组织了有关学校、科研、生产等单位的教师、工程技术人员，根据1988年1月化工部教育司、劳资司（88）化教培字第004号文批准的《化工维修电工中级技术理论培训教学计划、教学大纲》，以及部颁的《化工工人技术等级标准》中维修电工四至六级工应知应会的要求，编写了这套教材。

全教材共有五本书：包括《电工数学》、《电工机械基础》、《电工学基础》、《电子基础》、和《维修电工工艺学》。各本书在内容上经过科学分工有机联系，相互配套使用。本套教材以专业课为主体，课程量占总课时的38%。考虑了化工生产易燃、易爆、易腐蚀的特点，并具有通俗易懂，便于自学，有较强的针对性和实践性。知识起点适度。本套教材也是化工部指定的电气工人岗位培训教材。也可作化工中等学校、化工技校及职业技术学校师生的参考书。

本教材大纲经化工部《化工中级技术工人培训教学计划、教学大纲审稿会议》审定。初稿第一、二、八、九章由吉林化学工业公司化肥厂张有权同志编写，第三、四、十章由该厂顾文俊同志编写，第五、六、七、章由该厂王金权同志编写，第十一、章由该厂苗继扬同志编写。由张有权同志主编，该厂邓绍庚同志主审。

由于时间仓促，我们的水平有限，难免有不少缺点和错误，敬请读者批评指正。

编者 1988.1.1

目 录

第一章 常用电工材料

第一节	绝缘材料	(1)
第二节	导电材料	(8)
第三节	电热和电阻合金材料	(22)
第四节	磁性材料	(23)
第五节	电机用电刷	(24)

第二章 低压电器

第一节	概述	(27)
第二节	低压电器的灭弧知识	(30)
第三节	熔断器和刀开关	(33)
第四节	接触器	(42)
第五节	自动开关	(50)
第六节	起动器	(58)
第七节	电磁铁	(60)
第八节	其它低压电器	(63)

第三章 常用继电器

第一节	概述	(70)
第二节	电磁型继电器	(72)
第三节	感应型继电器	(82)
第四节	其它继电器	(85)
第五节	继电器的选择、使用和维护	(88)

第四章 常用高压电器

第一节	高压熔断器	(90)
第二节	断路器	(91)
第三节	隔离开关	(104)
第四节	负荷开关	(105)
第五节	避雷器	(106)
第六节	电流互感器	(110)
第七节	电压互感器	(114)

第五章 变压器

第一节	变压器的分类	(120)
第二节	变压器的工作原理	(128)
第三节	变压器的铭牌值	(132)
第四节	变压器的极性和连接组别	(133)
第五节	变压器的一般维护与检修	(145)

第六章 三相异步电动机

第一节	三相异步电动机的种类和结构	(150)
第二节	三相异步电动机的工作原理	(154)
第三节	电动机三相绕组的基本知识	(158)
第四节	电动机三相绕组的接线	(161)
第五节	三相异步电动机的运行特性	(169)
第六节	三相异步电动机的起动	(175)
第七节	三相异步电动机的调速	(183)
第八节	三相异步电动机的制动	(188)
第九节	三相异步电动机常见故障的分析和处理	(191)
第十节	三相异步电动机检修后的一般试车	(196)

第七章 三相同步电动机

第一节	同步电动机的结构	(202)
第二节	同步电动机的工作原理	(205)
第三节	同步电动机的运行特性	(207)
第四节	同步电动机的励磁系统	(209)
第五节	同步电动机的一般故障分析和处理	(210)

第八章 直流电动机

第一节	主要结构	(213)
第二节	基本原理	(214)
第三节	运行特性	(218)
第四节	常见故障检查分析	(224)

第九章 其它常用电机

第一节	电容分相电动机	(227)
第二节	罩极电动机	(230)
第三节	单相串励电动机	(231)
第四节	伺服电动机	(234)
第五节	测速发电机	(236)
第六节	电磁调速电动机	(238)

第七节	直流弧焊机.....	(240)
-----	------------	---------

第十章 6~10千伏继电保护装置

第一节	继电保护装置的任务和要求.....	(243)
第二节	继电保护装置的操作电源.....	(244)
第三节	电流互感器的误差及接线方式.....	(247)
第四节	工厂单端供电线路的保护.....	(249)
第五节	变压器保护.....	(258)
第六节	电动机保护.....	(259)

第十一章 电缆的敷设和运行

第一节	电缆敷设.....	(265)
第二节	电缆终端头制作.....	(269)
第三节	电缆中间接头制作.....	(278)
第四节	电缆运行.....	(284)

第一章 常用电工材料

第一节 绝缘材料

一、概述

绝缘材料的主要作用是隔离带电导体或不同电位的导体，使电流按规定的路线流动。在电气设备中它还起机械支撑、防电晕和灭弧等作用。

常用绝缘材料的品种繁多，但按其化学性质的不同可分为下列三大类。

（一）无机绝缘材料

如云母、石棉、瓷器、玻璃、大理石、硫黄等。这类材料主要用作电机和电器绕组的绝缘，以及用来制做开关底座和绝缘瓷瓶等。

（二）有机绝缘材料

如虫胶、树脂、橡胶、棉、麻、丝、绸等。这类材料大多用来制做绝缘漆或导线的覆盖绝缘。

（三）混合绝缘材料

是由以上两种材料制成的各种绝缘材料、电器底座和外壳等。

不同化学性质的绝缘材料具有不同的使用性能。使用绝缘材料时，应根据电气设备对绝缘性能的要求进行适当选用。其主要性能有以下几种。

1. 介电性能 介电性能俗称绝缘性能。它包括电击穿强度（耐压强度），介质损耗和绝缘电阻等。当对绝缘体施加的电压升高到某一数值时，使之击穿而失去绝缘作用，这个击穿电压叫耐压强度，通常用1毫米厚的绝缘材料所能承受的电压千伏值表示。当绝缘材料受潮、受到过高的温度或加上超过其允许的工作电压时，可能会失去应有的绝缘能力，这种现象称为绝缘损坏。

2. 耐热性能 绝缘材料在使用过程中，由于各种因素的长期作用，会发生化学变化和物理变化，使绝缘发脆、出现裂纹，绝缘性能和机械强度下降，这种现象称为绝缘老化。引起绝缘老化的因素很多，但主要是热的因素。电气设备的寿命直接决定于它的绝缘寿命。例如，对于A级绝缘材料。当超过它的最高允许温度 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$ 时，它的绝缘寿命就会减少一半。所以，使用温度过高，会加速绝缘材料的老化过程。为此，对各类绝缘材料都规定了它们的最高允许使用温度，以延缓绝缘材料的老化过程，保证电工产品的使用寿命。

电工绝缘材料按其极限温度划分为七个耐热等级，见表1-1。按其应用或工艺特征又可划分为六大类，见表1-2。

二、绝缘漆

绝缘漆的种类较多，常用的有以下几种

（一）浸渍漆

浸渍漆主要用来浸渍电机、电器线圈和绝缘零件，以填充其间的间隙和微孔，提高

表1-1 绝缘材料的耐热等级和极限温度

耐热等级	Y	A	E	B	F	H	C
极限温度	90℃	105℃	120℃	130℃	155℃	180℃	180℃以上
材 料 简 述	未经浸渍 的棉纱、 丝和纸等	经浸渍过 的或浸在 液体绝缘 物（如绝 缘油）的 棉纱、丝、 纸等	合成有机薄 膜（如聚脂 薄膜、合成 有机瓷漆等）	用合适的树 脂（如环氧树 脂）粘合或 浸渍、涂敷 后的云母、 玻璃纤维、 石棉等	用合适的树 脂（如F级 绝缘用环氧 树脂）粘合 或浸渍、涂 敷后的云 母、玻璃纤 维、石棉等	用合适的树 脂（如硅有 机树脂）粘 合、浸渍或 涂敷后的云 母、玻璃纤 维、石棉等	用合适的树 脂（如聚酰 亚胺树脂） 粘合、浸渍 或涂敷后的 云母、玻璃 纤维、石棉 等

表1-2 绝缘材料的分类

分 类 代 号	分 类 名 称
1	漆、树脂和虫胶
2	浸渍纤维制品
3	层压制品
4	压塑料类
5	云母制品类
6	薄膜、粘带和复合制品

电气和机械性能。常用的有1030醇酸浸渍漆、1032三聚氰胺醇酸浸渍漆。这两种都是烘干漆，漆膜平滑光泽，具有较好的耐油性和耐电弧性。

(二) 覆盖漆

覆盖漆有清漆和瓷漆两种，是用来涂覆经浸渍处理过的线圈和绝缘零部件，作为绝缘保护层，以防止大气、油类及其它腐蚀性物质的侵蚀和机械损伤。

常用的覆盖清漆是1321醇酸凉干漆，漆膜坚硬有弹性，电气性能较好。常用的覆盖瓷漆有1320和1321醇酸灰瓷漆。1320是烘干漆，1321是凉干漆。它们的漆膜坚硬光滑，耐电弧性较好。

(三) 硅钢片漆

这种漆是用来涂覆硅钢片表面，降低铁芯涡流损耗，增强防锈及耐腐蚀能力的。常用的是1611油性硅钢片漆。它的附着力强、漆膜薄、坚硬、耐油、防潮。

三、浸渍纤维制品

浸渍纤维制品常用的有以下三种。

(一) 玻璃纤维漆布（带）

这种制品主要用作电机、电器的衬垫和线圈绝缘。常用的是 2432 醇酸玻璃漆布

(带)。它的电气性能较好，并且有耐油、耐潮和一定的防霉性能，机械强度也高。可用于油浸变压器及热带型电工产品。

(二) 玻璃漆管

这种漆管主要用作电机连接线和引出线的绝缘套管。常用的2730醇酸玻璃漆管具有良好的电气性能和机械强度。它的耐油、耐潮性较好，但弹性较差，可用于油浸变压器及热带型电工产品。

(三) 绑扎带

这种绑扎带主要用于绑扎变压器铁芯及代替合金钢丝绑扎电机转子端部绕组。常用的B17玻璃纤维无纬胶带（即无纬玻璃丝带），较之合金钢丝绑扎有更多的优点，已在电机工业中获得广泛应用。

四、层压制品

常用的层压制品有3240层压玻璃杆板，3640层压玻璃布管及3840层压玻璃布棒。这三种层压玻璃制品适合做电机、电器的绝缘构件。具有良好的机械和电气性能。耐油、耐潮、加工方便，可在变压器油中和潮湿环境中使用。

五、压塑料

常用的压塑料有4013酚醛木粉压塑料和4330酚醛玻璃纤维压塑料。它们具有良好的电气性能，防潮、防霉菌、机械强度高，适于制作电机、电器的绝缘零件，并可用于热带型电工产品。

六、云母制品

(一) 柔软云母板

这种云母板在室温时较柔软，可以弯曲。主要用于电机槽绝缘、匝间和相间绝缘。常用的有5131醇酸玻璃柔软云母板及5131-1醇酸玻璃柔软粉云母板。

(二) 塑型云母板

这种云母板在室温时较硬，加热后可压制各种形状的绝缘零件。主要用来制作直流电机换向器的U型环和其它绝缘零件。常用的有5230及5235醇酸塑型云母板。但后者含胶量少，可用于温升及转速较高的电机。

(三) 云母带

云母带在室温时较柔软，适于做高压电机线圈及连接线等的绝缘。常用的有5434醇酸玻璃云母带和5438-1环氧玻璃粉云母带。后者厚度均匀、柔软、固化后电气及机械性能良好，现已获得广泛应用。但必须要求在低温下保存。

(四) 换向器云母板

这种云母板含胶量少，室温时较硬，主要用作电机换向器片的片间绝缘。常用的有5535虫胶换向器云母板和5536-1环氧换向器粉云母板。后者仅用于中小型电机。

(五) 衬垫云母板

衬垫云母板主要用作电机、电器的绝缘衬垫。常用的有5730醇酸衬垫云母板和5737-1环氧衬垫粉云母板。

七、薄膜和薄膜复合制品

(一) 薄膜

电工用薄膜要求厚度薄、柔软、电气性能及机械强度高。常用的是6020聚酯薄膜。这种薄膜适于做电机的槽绝缘、匝间及相间绝缘。还可做其它电工产品的线圈绝缘。

(二) 薄膜复合制品

薄膜复合制品要求电气性能好，机械强度高。常用的有6520聚酯薄膜绝缘纸复合箔及6530聚脂薄膜玻璃漆布复合箔，适于做电机槽绝缘、匝间和相间绝缘以及其它电工产品的线圈绝缘。6530复合箔耐潮性好，可用于热带型产品。

八、绝缘油

(一) 绝缘油的用途和基本化学组成

绝缘油是从天然石油中提炼出来的一种较高级的绝缘材料。它主要由碳氢化合物及其它杂质和灰分组成(碳含量占85~87%；氢含量占11~14%；杂质和灰分占5%)。由于它具有可靠的绝缘强度和良好的散热、消弧能力，广泛用于电力变压器和开关设备。

(二) 绝缘油的物理性质和电气绝缘强度

1. 比重 一定体积的绝缘油和水在20℃与4℃时之比称为比重。一般油轻于水，随着油中杂质和灰分的增加，比重也相应增加。

2. 粘度 油的粘度随温度升高而降低，一般在20~50℃时变化较大，50~100℃时变化微小。绝缘油经过长期使用之后，随着油质的劣化，粘度也相应增加。

3. 闪点 在常温下对绝缘油加热，当油温升高到发生闪火时的温度称为闪点。

绝缘油的闪点随设备的运行情况而变化。如油开关在多次故障分断之后，由于电弧作用使油受热分解，产生大量的游离碳和油烟，将会降低油的闪点。严重时，可使油开关在切断故障过程中引起开关爆炸事故。故闪点是绝缘油中被严格控制的物理性能之一。

4. 凝固点 绝缘油凝固点的高低取决于它的精炼程度。如油中的石蜡含量多则易凝固(即凝固点高)。胶质多也影响凝固点。45号绝缘油的凝固点为-45℃；25号绝缘油的凝固点为-25℃。

5. 电气绝缘强度 绝缘强度的高低取决于油中的杂质(空气、水分、纤维等)含量。由于这些杂质的存在，在电场作用下它们开始聚集为漏电通道，最后构成击穿回路。事实上，当油中含有水分时，电气绝缘强度会大大降低。但当含水量超过0.2%时，则绝缘强度几乎保持不变，这是因为只有一定数量的水分才能悬浮于油中，而多余的水分则沉积于底部而不影响油的绝缘强度。

当油中同时存在着水分和纤维时，对降低油的绝缘强度要比水分和纤维单独存在时的影响严重得多。可见绝缘油的过滤处理是十分重要的。

(三) 绝缘油的劣化原因和劣化生成物

绝缘油的劣化取决于下列因素。

1. 水分 水分在油中会破坏油的绝缘强度，并促使其它因素起作用。

2. 温度 绝缘油的氧化过程随温度升高而加快。一般

在30℃以下时氧化性较小;
在50~60℃时氧化速度加快;
在60~70℃时氧化速度加快一倍;
在80℃时氧化速度最快。

可见,油的劣化与温度升高有关。油被氧化后酸值增加,产生油泥(胶质和沥青质),并且由于油温升高易与空气中的氮化合,促使油的颜色加深。

3. 金属 绝缘油内混入铜、铁及其它合金微粒本身就能增加油的导电能力。特别是已氧化生锈的金属,更能加剧氧化。如果油中含有水分,更将使油变成各种金属的皂化物。

用水,碱水或硼砂和绝缘油一起装入试管内,剧烈摇幌三分钟,然后静置一分钟,如试管中的油全部分解为油层和水层,则说明是好油。若发现油层和水层之间有一层白膜,则说明油中含有皂化物,不是好油。含有皂化物时会影响绝缘强度,促使酸值增加,大量生成油泥,加快设备的绝缘老化速度。

4. 气压影响 绝缘油与大气的接触面积愈大,氧化速度愈快。如电力变压器的呼吸器失效后,会增加绝缘油的胶质和沥青质。

5. 光线影响 绝缘油防止阳光直射,因紫外线可促使绝缘油分解、变质。

6. 检修影响 如变压器抽芯检查时,倒油桶不干净,油箱清洗不彻底或根本没清洗,或清洗不当(如使用火碱清洗盛油容器,会对金属起大量腐蚀作用),都会促使油质劣化。

7. 绝缘材料低劣的影响 如油浸设备的绝缘纸板质量不好,绝缘漆质量不好等,其后果是增大吸收水分的程度,促使酸质增加,降低绝缘强度。

8. 不同牌号绝缘油混合使用的影响 不同牌号的绝缘油,要经化验分析,证明确是好油,比重和粘度等都在合格的范围内时,才能混合使用。否则将使好油变坏。

9. 事故影响 油浸设备发生故障时,由于过热及电弧的高温作用,促使绝缘油分解变质。

绝缘油劣化变质后,油中有以下物质产生。

1. 油泥沉淀物 (1) 皂化油泥:绝缘油在高温和水分影响下,有机酸与金属作用,产生皂化沉淀物。通常以呈深红色的铁质皂化物为最多。(2) 炭质油泥:是由于电弧的高温作用,使油过热分解,生成黑色的游离碳而沉淀。(3) 沥青质油泥:绝缘油在运行过程中逐渐老化而产生氧化物(呈红色的沥青质,不溶于水)。

2. 油溶性劣化生成物 由于有机酸在油中起酸性反应,生成一种油溶性胶质,使油的粘度增大,影响散热和消弧。

3. 油烟 是由于设备的线圈绝缘击穿或切断较大故障电流时,强大的电弧使油分解产生油烟。

(四) 绝缘油的试验项目和标准

绝缘油的试验项目和标准,见表1-3

表1-3 所列为绝缘油的全部分析试验项目和标准,对新油或运行中的油认为有必要的情况下进行这项试验。

如按主要的和特征性的参数来检查油质的老化情况,可作简化试验,简化试验的项

表1-3 绝缘油的试验项目和标准

序号	试 验 项 目	试 验 标 准	
		新 油	运 行 中 油
1	5℃时的外观	透 明	透 明
2	50℃时的粘度(恩格勒)	不大于1.8	
3	闪 点 (℃)	不低于135	与新油比较, 不应低于5℃以上
4	凝 固 点	户外油开关用: 气温不低于-10℃ 地区, 规定为-25℃ 气温低于-10℃ 地区, 规定为-45℃ 变压器用: 气温不低于-10℃ 地区, 规定为-10℃ 气温低于-10℃ 地区, 规定为-45℃	
5	机 械 混 合 物	无	无
6	游 离 炭	无	无
7	灰 分 (%)	无	无
8	活 性 硫	不大于0.005	不大于0.01
9	酸价(KOH毫克/克油)	无	无
10	钠试验的等级	不大于0.05	不大于0.4
11	20℃/40℃时的比重	2	
12	安 定 性	不超过0.895	
	(1) 氧化后的酸价(KOH毫克/克油)	不大于0.35	
	(2) 氧化后沉淀物含量(%)	0.1	
13	电气绝缘强度(千伏)		
	(1) 用于6千伏及以下的设备	不低于25	不低于20
	(2) 用于6~35千伏的设备	不低于30	不低于25
	(3) 用于35千伏以上的设备	不低于40	不低于35
14	水溶性酸碱	无	无
15	水 分	无	无
16	介质损失角正切值(有条件时做)	20℃时不大于1% 70℃时不大于4%	20℃时不大于2% 70℃时不大于7%

目有: 闪点、机械混合物、游离炭、酸价、酸碱反应、水分和电气击穿强度

九、其它绝缘材料

其它绝缘材料包括电机、电器中用作结构、补强、衬垫、包扎等辅助绝缘材料。这种绝缘材料品种繁多, 规格零杂, 现就常用的一些品种作简单介绍。

(一) 绝缘纸和绝缘纸板

1. 电话纸 主要用于电信电缆的绝缘, 还可用于电机、电器中作辅助绝缘材料,

2. 绝缘纸板 可在变压器油中使用,或作其它电器绝缘的补强及衬垫材料。薄型的、不掺棉纤维通常称青壳纸。主要用作绝缘保护和补强材料,聚脂薄膜青壳纸的电性能及机械强度较高,可用作低压电机的槽绝缘、相间绝缘及其它电器的补强绝缘。

3. 硬钢纸板 这种纸板的机械强度高,适宜做电机、电器的绝缘零件。

(二) 玻璃纤维和合成纤维编织物

1 玻璃丝布(带) 电工用玻璃丝布(带)都是用无碱玻璃纤维编织的,因此具有较好的电气性能。玻璃丝布加工成环氧玻璃坯皮后可用作磁极线圈的匝间绝缘。玻璃丝带主要作包扎之用。

2. 涤纶玻璃丝绳 它的强度高,耐热性好,主要用来代替垫片和腊线绑扎大中型交流电机定子绕组端部。用它绑扎后经浸渍烘干处理,可使线圈端部形成整体,大大提高电机的运行可靠性,同时还简化了电机的制造或大修工艺。

(三) 电工用热塑型塑料

电工用热塑型塑料的品种繁多,在电机、电器工业中常用的有两种。

1. ABS塑料 这种塑料是象牙色不透明体,表面硬度较高,有良好的综合性能,并可在它的表面上镀金属。但它的耐热和耐寒性较差,适于做电工产品的结构零件。

2. 聚酰胺(尼龙)1010 它是白色半透明体,常温时具有较高的机械强度,耐油、耐磨、,电气性能较好,吸水性小,尺寸稳定。适宜做绝缘套、线圈骨架和接线板等绝缘零件。

(四) 电工橡胶

电工胶橡分天然橡胶和合成橡胶两种。天然橡胶不耐油、易燃、易老化,不能用于户外。但它柔软、有弹性,主要用作电线、电缆的绝缘和护套。电机中使用的大多是合成橡胶,而用得最普遍的是氯丁橡胶和丁腈橡胶。它们都具有耐油和耐溶剂性能,但电气性能较差,只能用作绝缘结构材料和保护材料。如引出线套管及耐油密封垫等。

(五) 绝缘包扎带

绝缘包扎带主要用作包扎电线、电缆接头。其品种很多,常用的有两种:(1)用于低压电线、电缆接头作绝缘包扎的黑胶布带(即黑色布)。(2)聚氯乙烯带。其特点是绝缘性能好,耐潮及耐腐蚀性较强。其中的特种软聚氯乙烯带,有黄、绿、红、黑四种颜色,通常称它为相色带,用来包扎电缆头。

(六) 绝缘子

绝缘子是用来固定带电导体和电线的,按电压等级可分为高压绝缘子和低压绝缘子;按使用环境可分为户外式和户内式。

高压绝缘子分支柱式绝缘子、套管绝缘子和线路绝缘子三种。支柱式绝缘子是用来支持和固定户内、外配电装置的母线,使母线对地绝缘。套管绝缘子(简称套管)用于高压导线(母线)穿过墙壁及用于封闭式配电装置中导线的固定以及与外部导线(母线)的连接等。

低压绝缘子可分两种。一种是低压架空线路绝缘子,用于500伏及以下交直流架空线路固定导线之用。它又分为针式绝缘子和蝶形绝缘子。另一种是用于户内的鼓形绝缘子、瓷管和瓷夹板等。

第二节 导电材料

一、概述

用作导电材料的金属，必须具有导电性能好；有一定的机械强度；不易氧化和腐蚀；易加工和焊接；资源丰富及价格便宜等特点，铜和铝是具有这种特点的常用导电材料。但在某些特殊场合下，也需要其它金属或合金作为导电材料。如架空线要求有较高的机械强度，可用铝镁硅合金；电热材料要求有较大的电阻系数，常用镍铬合金或铁铬铝合金；保险丝要求有易熔的特点，常用铝锡合金；电光源的灯丝要求熔点高，常用钨丝作为导电材料等。

铜导线的导电性能、焊接性能和机械强度都比铝导线好。因此，对要求较高的动力线、控制线及电机、电器线圈，大多采用铜导线。铝导线的电阻系数比铜大，但比重比铜小。两根长度一样，电阻相等的铜、铝导线，铝导线的截面积虽比铜导线大1.68倍，但它的重量却只有铜导线的0.54倍。而且铝的资源丰富，价格便宜，许多中、小型电动机、变压器及动力、照明线均已广泛使用铝导线

二、电线电缆

电线、电缆的品种繁多，按结构、性能及使用特点，分为以下五大类。

(一) 裸电线和裸导体制品

这类制品分圆单线、软接线、型线和裸绞线四种。维修中常用的是前三种。

1. 圆单线 主要用作各种电线、电缆的导电芯线等，常用的圆单线有四种：

- (1) TY型 (T表示铜；Y表示硬的) 硬圆铜线。 (2) TR型 (R表示软的) 软圆铜线。
(3) LY型 (L表示铝) 硬圆铝线。 (4) LR型软圆铝线。

2. 软接线 凡是柔软的铜绞线和各种编织线都称为软接线。常用的软接线有四类八种，见表1-4。其中TS、TSR、TRJ、TRJ-3、TRJ-4是圆线。TRJ-1、TRZ-2、QC是扁线。

表1-4 常用软接线品种

名 称	型 号	主 要 用 途
裸铜电刷线、软 裸铜电刷线	TS ^① TSR	供电机、电器线路连接电刷用
裸铜软绞线	TRJ ^②	供移动式电器设备连接线。如开关、电热器等
	TRJ-3	供要求较柔软的电气设备连接线之用。如引出线、接地线等。
	TRJ-4	供要求特别柔软的电气设备连接线之用。如整流器可控硅的引线等。
软 裸 铜 编 织 线	TRZ-1 ^③ TRZ-2	供移动式电气设备及小型电炉连接线之用
软铜编织蓄电池线	QC ^④	供汽车、拖拉机、电瓶车蓄电池连接线之用

① “S” 表示电刷线。 ② “T” 表示绞线。 ③ “Z” 表示编织线。 ④ “QC” 表示汽车、拖拉机蓄电池线

3. 型线 型线的种类较多, 常用的见表1-5

表1-5 常用型线品种

类 别	名 称	型 号	主 要 用 途
扁 线	硬扁铝线	TBY ^①	适用于电机、电器, 安装配电设备及其它电工制品
	软扁铝线	TBR	
	硬扁铝线	LBY	
	软扁铝线	LBR	
母 线	硬铝母线	TMY ^②	适用于电机、电器、安装配电设备及其它电工制品。也可作输配电的汇流排
	软铝母线	TMR	
	硬铝母线	LMY	
	软铝母线	LMR	
铜 带	硬铜带	TDY ^③	适用于电机、电器, 安装配电设备及其它电工制品
	软铜带	TDY	

① “B”表示扁形。 ② “M”表示母线。 ③ “D”表示带状。

(二) 电磁线

电磁线主要用于电机、电器及电工仪表中作绕组或元件的绝缘导线。按照它们的耐热等级可分为漆包线、丝包线及纸包线三大类。

1. 漆包线 常用的漆包线按照所使用的漆和导线截面的不同, 分成三类八种, 见表1-6

表1-6 常用漆包线品种

名 称	规 格	耐热等级	特 点 及 主 要 用 途
油性漆包圆铜线	Q ^①	A	电气性能较好, 漆膜机械强度较差, 适于一般电机、电器绕组
缩醛漆包圆铜线	QQ-1 ^②	E	漆膜具有优良的机械强度和良好的电气性能, 适于中、小型高速电动机绕组、油浸变压器线圈及电器仪表线圈
	QQ-2		
缩醛漆包扁铜线	QQB		
缩醛漆包扁铝线	QQLB		
聚脂漆包圆铜线	QZ-1	B	具有优良的电气性能, 广泛用于中、小型电机绕组、干式变压器线圈和电器、仪表线圈
	QZ-2		
聚脂漆包圆铜线	QZL-1		
	QZL-2		
聚脂漆包扁铜线	QZB ^③		
聚脂漆包扁铜线	QZLB		

① “Q”表示油性漆;

② “QQ”表示缩醛漆。

“1”表示漆膜薄,

“2”表示漆膜厚

③ “QZ”表示聚脂漆

2. 玻璃丝包线 玻璃丝包线有两种。一种是在裸导体外面包绕玻璃丝；另一种是在漆包线外面包绕玻璃丝。常用的有六个品种，见表1-7

3. 纸包线 纸包线在变压器油中使用时耐电压性较好，价格便宜，广泛用于油浸变

表1-7 常用玻璃丝包线品种

名 称	型 号	耐热等级	特 点 及 主 要 用 途
双玻璃丝包圆铜线	SBEC ^①	B	机械及电气性能良好，广泛适用于电机，电器绕组
双玻璃丝包圆铝线	SBELC		
双玻璃丝包扁铜线	SBECB		
双玻璃丝包扁铝线	SBELCB		
双玻璃丝包聚脂漆包扁铜线	QZSBECB	B	电气及机械性能优良，适用于大型高压电机、特种电机的绕组和干式变压器线圈
双玻璃丝包聚脂漆包扁铝线	QZSBELCB		

① “SB”表示玻璃丝包线，“E”表示双层的，“C”表示醇酸树脂浸渍的。

压器的线圈。耐热等级为A级。按导体截面及材料不同，又可分为Z型纸包圆铜线；ZL型纸包圆铝线；ZB型纸包扁铜线和ZLB型纸包扁铝线四种。

(三) 电气装备用电线电缆

这种电线电缆指的是各种电气设备内部的安装连接线、设备与电源间连接的电线电缆、信号控制系统用的电线电缆及低压配电系统中使用的绝缘电线等。

电气装备用电线电缆，大多采用橡皮或塑料作为绝缘材料和护套材料，品种最多，使用最广。按它的使用特性可分为七类：(1) 通用电线电缆。(2) 电机电器用电线电缆。(3) 仪器仪表用电线电缆。(4) 信号控制电缆。(5) 交通运输用电线电缆。(6) 地质勘探和采掘用电线电缆。(7) 直流高压电缆。

表1-8 常用电气装备用电线电缆品种分类

类 别	系 列 名 称	型 号 字 母 意 义
通用电线电缆	橡皮塑料绝缘电线	B—绝缘线
	橡皮塑料绝缘软线	R—软线
	通用橡套电缆	Y—移动电缆
电机、电器用电缆	电机、电器引接线	J—电机引接线
	电焊机用电缆	YH—电焊机用移动电缆
	潜水电机用橡套电缆	YHS—有防水橡套的移动电缆

一般维修中常使用的是前两类电线电缆，见表1-8。由于它们的使用条件和技术特性不同，有些产品只有导电线芯和绝缘层，有些产品在绝缘层外还有护层。其基本结构由三部分组成。

1. 导电线芯 移动式电气设备使用的电线电缆主要用铜作导电线芯。作固定敷设用的电线电缆，除特殊场合外，一般采用铝作导电线芯。随着铝合金品种的发展和铝线连接技术的提高，为了减轻重量和节约用铜，移动式电线电缆也将大量采用铝芯导线。

各种电线电缆导电线芯的截面积系列见表1-9

2. 绝缘层 主要用作导电线芯的绝缘, 但对没有护层和使用过程中经常移动的电缆、电线, 绝缘层还起着机械保护作用。绝缘大多采用橡皮和塑料。

3. 护层 护层主要起机械保护作用, 它对产品的使用寿命影响很大。一般装备用电线电缆采用橡皮或塑料护套作护层, 也有采用玻璃丝或棉纱编织作护层的。

电气装备用各种电线电缆的系列产品中, 按其特性、线芯、绝缘层和护层的不同, 可分为若干个品种。现只介绍常用的几种。

表1-9 电气装备用电线电缆导电线芯截面(mm)²系列

0.012	0.03	0.06	0.12	0.2	0.3	0.4	0.5
0.75	1.0	1.5	2.0	2.5	4	6	10
16	25	35	50	70	95	120	150
185	240	300	400	500	600	800	1000

1. B 系列橡皮塑料电线 这种系列的电线结构简单, 价格低, 电气和机械性能好, 广泛用作动力、照明线路及大中型电气设备的安装线。交流工作电压为 500 伏, 直流为 1000 伏。常用的品种见表 1-10。

表1-10 B系列橡皮塑料电线常用品种

名 称	型 号		长期最高工 温度作℃	用 途
	铜芯	铝芯		
橡皮绝缘电线	BX ^①	BLX	65	固定敷设于室内(明敷、暗敷或穿管), 也可作设备内部的安装线
氯丁橡胶绝缘电线	BXF ^②	BXLF	65	同BX, 但耐气候较好, 适用于室外
橡皮绝缘软电线	BXR		65	同BX, 但用于安装时要求柔软的场所
橡皮绝缘和护套电线	BXHF ^③	BLX HF	65	同BX, 适用于较潮湿的场所和作室外进户线
聚氯乙烯绝缘电线	BV ^④	BLV	65	同BX, 但耐潮湿和耐气候较好
聚氯乙烯绝缘软电线	BVR		65	同BV, 用于安装时要求柔软的场所
聚氯乙烯绝缘和护套电线	BVV	BLVV ^⑤	65	同BV, 仅用于潮湿和机械防护要求较高的场合, 可直埋土中敷设
耐热聚氯乙烯绝缘电线	BV-105 ^⑥	BLV-105	105	同BV, 用于45℃以上的高温环境中
耐热聚氯乙烯绝缘软电线	BVR-105		105	同BV-105, 用于安装时要求柔软的场所

① “X” 表示橡皮绝缘; ② “XF” 表示氯丁橡胶绝缘; ③ “HF” 表示非燃性橡胶

④ “V” 表示聚氯乙烯绝缘; ⑤ “VV” 表示聚氯乙烯绝缘和护套; ⑥ “105” 表示耐温105℃

2. R 系列橡皮塑料软线 本系列软线的线芯是由多根细铜线绞合而成, 除具有 B 系列电线的特点外, 还比较柔软。因此, 广泛用于日用电器、仪器仪表作电源线, 小型电气装备和仪器仪表内部的安装线, 以及照明灯头线等。R 系列中常见的品种见表 1-11。