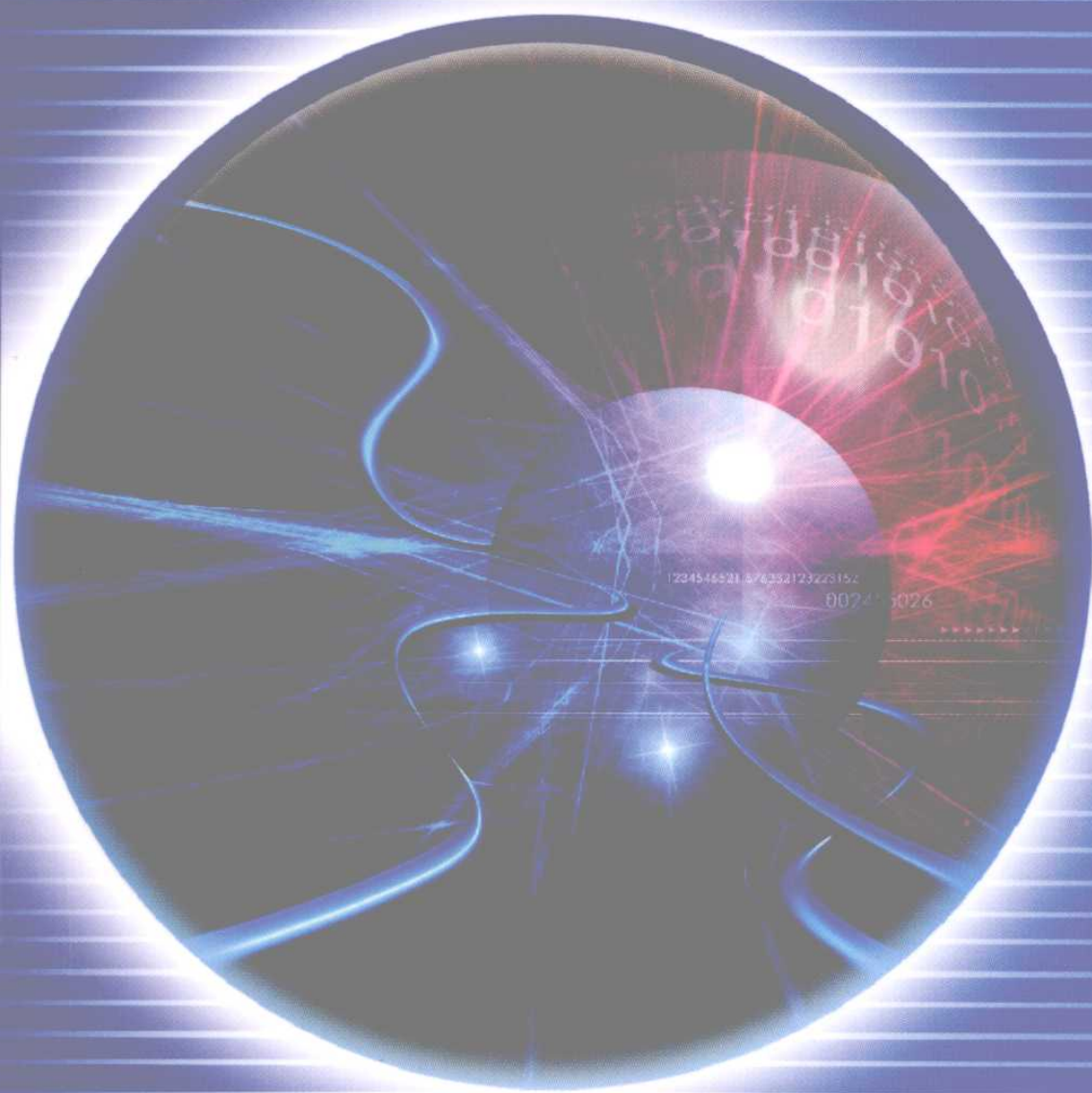


简明电线电缆应用手册

Jianming Dianxian Dianlan Yingyong Shouce

苑鸿兴 编著



内容简介

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。本书可作为电气工程技术人员、电线电缆生产企业的技术人员、电线电缆经销商、电线电缆安装维修人员等的参考书。本书也可作为高等院校电气工程及其自动化专业及相关专业的教材。

简明电线电缆应用手册

（CIP）数据

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

苑鸿兴 编著

2008.8 出版

ISBN 978-7-261-2521-2

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

本书是电线电缆应用方面的实用手册，主要介绍电线电缆的选型、敷设、维护、检修等方面的知识。

电线电缆

应用手册

内容简介

本手册简要介绍了常用电力电线电缆和控制电线电缆的基础知识和技术数据,并概略地介绍了电线电缆常用材料的主要性能。

本手册旨在为广大用户选用电缆、电工人员安装维护电缆提供参考,也为电线电缆营销人员、技术人员查找有关数据提供方便,同时对电气工程的设计与管理有关人员也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

简明电线电缆应用手册/苑鸿兴编著. —天津:天津大学出版社,2008.8

ISBN 978-7-5618-2721-5

I. 简… II. 苑… III. ①电线 - 技术手册②电缆 - 技术手册 IV. TM246 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 108007 号

出版发行	天津大学出版社
出版人	杨欢
地址	天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电话	发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网址	www.tjup.com
短信网址	发送“天大”至 916088
印刷	昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司
经销	全国各地新华书店
开本	148mm × 210mm
印张	6.125
字数	274 千
版次	2008 年 8 月第 1 版
印次	2008 年 8 月第 1 次
印数	1 - 5 000
定价	15.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

电线电缆是传输电能和电信号的载体,是人们生活、生产不可或缺用途极其广泛的电工器材。为了便于人们选用与维护电线电缆及购销人员查找数据,根据编者长期工作实践,在参阅相关资料的基础上,编写了这本《简明电线电缆应用手册》。

鉴于电线电缆品种繁多,型号规格浩如烟海,本手册只将最常用的电力电线电缆和控制电线电缆的最常用的数据资料编入其内,以减少手册的篇幅,便于携带查阅。本手册不含通信电缆和光缆,也未涉及纸绝缘电缆和一些特殊电缆。

关于电线电缆的数据,手册中只列出了与应用有关的性能数据,不含工艺数据。另外,手册还简单介绍了一些有关输电线路和电缆性能的基础知识及性能数据的计算公式与作者从事电线电缆行业多年的体会和感悟,同时还涉及人们最常见常用的金属材料、塑料和橡胶的基本性能。总之,本手册文字简练、内容丰富、贴近实际,基础知识充溢其间,尤其是提供了许多实验数据、经验数据、对比分析数据,实在具体,读者开卷有益。既然是应用手册,说明其目的主要是为用户和购销人员选用电线电缆进行初步策划估算、查找数据提供方便,并向设计人员提供输电线路设计和选用电缆的参考意见和资料索引。《应用手册》在手,选用电缆无忧。

本手册的编写参阅并采用了王春江等编著的《电线电缆手册》、蒋佩南等编著的《交联电缆二次参数计算汇编》、娄尔康编著的《现代电缆工程》、意大利皮瑞利(Pirelli)公司编著的《电力电缆及电线》、上海电缆研究所编写的《电缆载流量》等技术文献及相关标准的有关内容。

谨作以上说明,有不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

2008年4月

于湖北宜昌

目 录

第一章 电线电缆常用材料	(1)
一、电线电缆常用金属材料	(2)
二、电线电缆常用塑料	(8)
三、电线电缆常用橡胶	(14)
第二章 常用的架空电线电缆	(17)
一、硬铜绞线	(21)
二、软铜绞线	(22)
三、铝绞线	(23)
四、铝合金绞线	(25)
五、铝包钢绞线	(29)
六、钢芯铝绞线	(32)
七、铝包钢芯铝绞线	(37)
八、铝包钢芯铝合金绞线	(42)
九、钢芯铝合金绞线	(46)
十、铝合金芯铝绞线	(48)
十一、扩径导线(疏绞型)	(50)
十二、钢绞线	(51)
十三、常用架空绝缘电缆	(53)
十四、架空导线蠕变实验资料	(54)
十五、架空导线外观质量评定暨电晕实验与无线电干扰测量	(57)
十六、架空导线载流量计算	(59)
十七、架空裸线包装协议	(60)
十八、架线须知	(62)

十九、架空导线的选用	(64)
第三章 常用的电线电缆	(66)
一、电缆型号编制的一般规律	(66)
二、布线系列	(69)
三、绝缘软电线	(73)
四、通用橡套软电缆	(74)
五、矿用橡套电缆	(76)
六、船用电缆	(83)
七、常用的控制电缆	(87)
八、常用的计算机电缆	(90)
九、塑料绝缘电力电缆	(92)
十、导引电缆	(107)
十一、地铁专用直流电缆	(108)
十二、海底电力电缆	(108)
第四章 电线电缆基本性能概述	(112)
一、电线电缆导体	(112)
二、电线电缆绝缘	(114)
三、输电线路的电压	(119)
四、电缆的工作电容	(124)
五、电缆的电感	(126)
六、电缆的阻抗	(128)
七、电缆上的电压降	(130)
八、电缆电场中的电场强度	(131)
九、电缆金属护层的感应电压及电流	(133)
十、电缆的屏蔽	(134)
十一、电缆的损耗与超导电缆	(136)
十二、电缆载流量及影响因素	(140)
十三、电缆的短时过载运行	(154)
十四、电缆的短路电流	(157)

十五、电缆允许弯曲半径	(161)
十六、电缆的刚度及弹性模量	(163)
十七、电缆的耐拉耐侧压能力	(165)
十八、电缆的防火特性	(166)
十九、电缆的耐水特性	(167)
二十、选用电缆的方法	(169)
二十一、高压电缆的部分检测数据	(172)
附录	(175)
一、部分国际组织(标准)及外国标准(组织)代号	(175)
二、电线电缆部分标准目录	(176)
三、附表	(180)

第一章 电线电缆常用材料

电线电缆无处不在,举目可见,触手可及,用途极其广泛。由于电线电缆种类繁多,故只有对其结构性能及用途有比较清楚的了解,才能用到好处、恰如其分、物有所值。电线电缆按用途分,有电力电线电缆、控制电缆和通信电缆;按使用(敷设)状态分,有固定敷设电缆和移动电缆,固定敷设电缆又分为架空电缆、地下直埋电缆(即电缆与土壤直接接触)、隧道架设和穿管敷设电缆;按电缆结构分有裸电线电缆(用于架空敷设,以空气为绝缘)和绝缘、护套的电缆以及硬结构电缆(用于固定敷设)和软结构电缆(多用于移动使用)。电缆种类虽多,但结构却非常简单,都是由导体、绝缘和护层组成,但涉及的材料品种繁多,有金属、塑料、橡胶等几十种。要了解电缆的性能,首先应对构成电缆的材料有基本了解。因此,本章简单扼要地介绍了电线电缆常用材料的主要性能,并把与电缆有关的性能数据列于表 1.1 ~ 表 1.5 中,使读者一目了然,还可以通过横向对比而知其特点与优劣。

电线电缆导体是传送电能和电信号的载体,是电缆的核心构件,占电缆成本的大部分或绝大部分。常用电线电缆导体均采用金属,其中铜和铝占绝大部分。电线电缆绝缘隔绝了导体与外界的电学联系,是电线电缆正常传送电能和电信号的第一保障。常用的电线电缆绝缘材料有塑料、橡胶、油纸和矿物质,其中塑料和橡胶占绝大部分。电缆护层是保护导体和绝缘处于正常状态、实现电能和电信号顺利传送的第二保障。电缆护层通常分为内护层和外护层。内护层包括屏蔽层(金属屏蔽和非金属屏蔽)、阻水层、加强层和内衬层;外护层包括铠装层、外护套及外被(又称麻被)等。护层结构有多种金属材料和非金属材料。了解这些材料的性能对了解电缆和选用电缆是非常重要的。

一、电线电缆常用金属材料

电线电缆常用金属材料有电工铜、电工铝、铝镁硅热处理强化铝合金、耐热铝合金、铝包钢线、镀锌钢丝、镀锌钢带、铅合金等。它们与电线电缆有关的性能数据列于表 1.1 中。

表 1.1 电线电缆常用金属材料性能一览表

名称 项目	电工铜 (Cu)	电工铝 (Al)	铝镁硅 合金(LH) A1/A2	耐热铝 合金 (NRLH)	铝包钢线 (20SA)	镀锌 钢丝 (St)	镀锌 钢带	铅合金 (Pb)
密度 (g/cm ³)	8.89	2.703	2.7	2.7	6.59	7.78	7.8	11.34
电阻率 (nΩ·m) ≤	软 17.241	28.264	32.53 /32.84	29.73	84.8	191.57	191.57	220
导电率 (% IACS)	软 100	61	53/52.5	58	20.3	9	9	7.8
电阻温度 系数(1/℃)	0.003 93	0.004 03	0.003 6	0.003 8	0.003 6	0.006 25	0.006 25	0.003 9
线膨胀系数 (× 10 ⁻⁶ /℃)	16.6	23.0	23.0	23.0	13.0	11.5	11.5	29.1
比热容 (J/(g·℃))	0.393	0.92	0.92	0.92	—	0.462	0.462	0.132
弹性模量 (GPa)	115	67	67	67	162	205	205	1.8
抗拉强度 (MPa)	(硬) 370 ~ 420	(硬) 160 ~ 200	295/325	160 ~ 180	1 100 ~ 1 340	1 290 ~ 1 620	250 ~ 500	10 ~ 30
拉断伸长率 (%)	(软) 40	(软) 20	3.5/3.0	2.0	> 1	> 4	30	50

如上所述,导体是电线电缆的核心构件,占成本比重大,是用户最关心的内容;其结构性能是各种电线电缆设计、加工、检验及使用的依据,也是本手册的中心议题。电缆线芯(即标准导体)的主要技术数据列于表 1.2。其采用标准为 GB/T 3956《电缆的导体》,与国际标准 IEC

60228《绝缘电缆的导体》等效。

电缆导体分为四类:1类导体为实芯导体,即导体由一根导线构成,有圆形线和扇形线;2类导体为紧压绞合导体,截面有圆形、扇形、瓦形等几种,其紧压系数(或填充系数)可达0.9以上(即其中空隙截面小于10%);5类导体为通用软导体,即用作一般移动电缆的导体;6类导体为特软导体,用于特殊移动电缆,如电焊机龙头线。

考核电缆导体合格与否的关键指标是20℃直流电阻值(Ω/km),表1.2中的数据为“标准值”(最大值),电线电缆导体的20℃直流电阻实测值应不大于标准值。表1.2中所列导体截面、外径和重量等数据均为“标称值”,不作考核指标。

表 1.2 电缆线芯(即标准导体)的主要技术数据

标称 截面 (mm^2)	外 径 (mm)				单位重量(kg/km)		20℃直流电阻 $\leq$ (Ω/km)		
	1类	2类	5类 (max)	6类 (max)	Cu	Al	Cu		Al
							1类/2类	5类/6类	1类/2类
0.5	0.79	0.90	1.10	1.31	4.45	1.35	36.0	39.0	—
0.75	0.97	1.11	1.30	1.79	6.67	2.02	24.5	26.0	—
1.0	1.13	1.29	1.50	1.50	8.90	2.70	1.81	1.95	—
1.5	1.38	1.56	1.80	1.80	13.35	4.05	12.1	13.3	18.1
2.5	1.78	2.04	2.60	2.60	22.25	6.75	7.41	7.98	12.1
4	2.25	2.55	3.20	3.20	35.60	10.80	4.61	4.95	7.41
6	2.76	3.12	3.90	3.90	53.40	16.22	3.08	3.30	4.61
10	3.50	3.80	5.10	5.10	89.0	27.0	1.83	1.91	3.08
16	4.46	4.80	6.30	6.30	141	43	1.15	1.21	1.91
25	5.56	6.00	7.80	7.80	225	68	0.727	0.780	1.20
35	6.56	7.00	9.20	9.20	312	93	0.524	0.554	0.868
50	7.64	8.20	11.0	11.0	419	126	0.387	0.386	0.641
70	9.40	10.0	13.0	13.1	605	183	0.268	0.272	0.443

续表

标称 截面 (mm ²)	外 径 (mm)				单位重量(kg/km)		20 ℃直流电阻≤(Ω/km)		
	1 类	2 类	5 类 (max)	6 类 (max)	Cu	Al	Cu		Al
							1 类/2 类	5 类/6 类	1 类/2 类
95	11.00	11.6	15.0	15.1	839	252	0.193	0.206	0.320
120	12.36	13.0	17.0	17.0	1 052	318	0.153	0.161	0.253
150	13.80	14.6	19.0	19.0	1 290	390	0.124	0.129	0.206
185	—	16.2	21.0	21.0	1 618	493	0.099 1	0.106	0.164
240	—	18.4	24.0	24.0	2 128	641	0.075 4	0.080 1	0.125
300	—	20.6	27.0	27.0	2 667	802	0.060 1	0.064 1	0.100
400	—	23.8	31.0	—	3 416	1 031	0.047 0	0.048 6	0.077 8
500	—	26.6	35.0	—	4 371	1 325	0.036 6	0.038 4	0.060 5
630	—	30.0	39.0	—	5 651	1 711	0.028 3	0.028 7	0.046 9
800	—	34.0	43.0	—	7 228	2 187	0.022 1	—	0.036 7

5 类和 6 类导体分镀锡铜导体与不镀锡铜导体。表 1.2 中所列数据为不镀锡铜导体。镀锡铜导体的电阻约增大 1%。

电缆护层中常用的金属材料有铜带、铜丝、铝塑复合带、铝合金带、电工铝、铝合金、镀锌钢丝和镀锌钢带等。其主要技术数据列于表 1.1 中。

1. 电工铜

电工铜即用作电导体的工业纯铜,铜含量达 99.95% 以上,由电解铜经重熔精炼制得。电工铜杆有两种,一是光亮铜杆,由连铸连轧工艺制得,含氧量较高(一般在 200 ppm 以上);二是无氧铜杆,由上引法或浸涂法两种工艺制得,含氧量较低(约在 20 ppm 以下)。虽然这两种电工铜杆含氧量略有差别,但外观基本相同,用它们拉制的铜线的电气性能和力学性能都能符合国家标准(GB 3953—电工圆铜线)规定的技术指标。

注:ppm 为 10^{-6} 。

铜是电的良导体,导电性能仅次于银,有良好的物理力学性能和优异的工艺性能,能拉制出微米级的细丝,轧制出微米级的铜箔,并具有足够的强度,用途极其广泛,而最主要的用途是做电工器材,约占各行业总用铜量的大半。铜的应用历史有几千年,是所有金属中应用时间中最长的,但也可能是所有矿产资源中最早枯竭的资源,因此是弥足珍贵的。世界尚存可采铜储量约为5亿吨,现在每年的铜产量约为2 000万吨,估计还可开采二三十年。我国是贫铜国家,尚存铜储量近2 000万吨,现在每年的铜产量为200多万吨,而每年的用铜量超过300万吨,是当今世界用铜最多的国家。这样的业绩是中国人当引为自豪的,但也难免对不久的将来产生隐忧。

2. 电工铝

电工铝即用作电导体的“特殊”工业纯铝。说它“特殊”是因为其铝含量处于工业纯铝的范畴,但杂质含量却要低于一般工业纯铝,尤其是硅含量须低于0.10%。因此,电工铝就单独制定了标准并赋予专用型号,如国家标准《GB/T 12768—重熔用电工铝锭》中规定了两个电工铝型号——Al 99.70E和Al 99.65E。但由于我国的铝土矿含硅量高,且铝厂生产电工铝的成本高,因此,重熔用电工铝锭的产量远远不能满足电线电缆的生产需要。于是,电缆厂不得不拓宽电工铝的原材料,而采用工业纯铝的某些牌号来加工。其中用得最多的就是《GB/T 1196—重熔用铝锭》规定的“Al 99.70A”和“Al 99.70”,俗称“双0铝”(由前苏联牌号“A00”得名)。虽然“双0铝”的杂质(特别是硅)含量比专用电工铝略高,但只要重熔精炼和轧制工艺控制得当,拉制铝线的性能完全可以满足《GB 3955—电工圆铝线》和《GB/T 17048—架空绞线用硬铝线》要求。常用作电工铝的工业纯铝型号及其主要化学成分见表1.3。

表 1.3 常用作电工铝的工业纯铝型号及其主要化学成分

型 号	化学成分(%)				
	Al ($\geq$)	Fe ($\leq$)	Si ($\leq$)	Cu ($\leq$)	杂质总量($\leq$)
Al 99.70E	99.70	0.20	0.08	0.005	0.30
Al 99.65E	99.65	0.25	0.10	0.010	0.35
Al 99.85 (A000)	99.85	0.12	0.08	0.05	0.15
Al 99.70A	99.70	0.20	0.10	0.01	0.30
Al 99.70 (A00)	99.70	0.20	0.12	0.01	0.30
Al 99.60 (A0)	99.60	0.25	0.16	0.01	0.40

用“双0铝”加工电工铝的典型工艺是“稀土优化处理工艺”，即在“双0铝”重熔精炼过程中加入微量(0.05%~0.3%)以铈为主的稀土元素,形成含有稀土元素的电工铝,俗称“稀土铝”。由于加入稀土元素抑制了硅的有害作用,所以显著提高了铝的电气和力学性能。我国是稀土大国,因此“稀土铝”备受推崇,在某种程度上得到推广。有人把“稀土铝”称作“稀土铝合金”,但权威人士认为不妥,还是叫“电工铝稀土优化处理工艺”为好。编者以为原因可能有四点:一是铝含量仍属于电工铝范畴;二是稀土元素含量极少且不确切,属杂质的范畴,够不上一般合金元素的档次,一般企业难以检验判定;三是“稀土铝”的电气力学性能依然是电工铝的技术指标;四是难以得到世界的承认和推广。

铝是当今世界产销量最多的有色金属,用途极其广泛。铝是电的良导体,导电率仅次于银、铜、金,排在第4位,是架空导线的主要原材料。随着时间的推移,到本世纪中叶,铝可能会取代铜,从而确立导电材料的绝对霸主地位。据资料介绍,全世界铝土矿尚存藏量约240亿吨,每年开采量为1.3亿~1.5亿吨,还可开采约两百年。我国的铝土矿尚存储量约7亿多吨,近年铝产量逼近千万吨,约占全球铝产量的四分之一,是当今世界第一大产铝国和第二大用铝国。

3. 耐热铝合金

在电工铝中加入0.1%~0.3%的锆及微量稀土元素,就提高了其

高温强度,使架空导线的工作温度由 90℃ 提高到 150℃,载流量提高约 1.6 倍,大大提高了导线的使用效益。因此,尽管耐热铝合金尚无制定标准,难以检验判定,却已进入市场,拥有了一些用户。既然已有应用,就应尽快制定标准,使之规范运用,避免以假乱真,造成事故。据报道,考核耐热铝合金高温强度时,可将试样加热至 180~200℃ 保持 1 小时,然后测抗拉强度,应不小于加热前抗拉强度的 90%(当然,这只是一家之言,不能作为公认的考核依据)。

耐热铝合金能提高导线效益是它的一大优点,但也有因电阻率升高、工作温度升高而导致电能损耗增大的缺点。尤其是因工作温度升高以后,导线热膨胀伸长,导致架空导线垂度大大增加,而且跨度越大,垂度的增加越大,这是值得用户特别注意的。

4. 镀锌钢丝

镀锌钢丝是电线电缆结构中常用的金属材料,根据用途不同以及材质与性能的差别,镀锌钢丝分为钢芯铝绞线用镀锌钢丝和铠装电缆用低碳镀锌钢丝,其标准代号分别为 GB/T 3428 和 GB 3082。表 1.1 中所列镀锌钢丝为钢芯铝绞线用镀锌钢丝。“钢芯铝绞线用锌-5%铝-稀土合金镀层钢丝”是 20 世纪末开发的新型钢丝,据说耐腐蚀性比一般镀锌钢丝高一倍。其品质性能见部标 YB/T 180—2000。

5. 镀锌钢带

镀锌钢带是电缆铠装用金属材料,其品质和技术指标见部标 YB/T 024—1992—铠装电缆用钢带。铠装电缆用钢带不仅有镀锌钢带,还有涂漆钢带,就铠装效果而言可能无多大差别。但如果要求铠装层兼负屏蔽作用,可能用镀锌钢带更好些。

6. 铅合金

铅合金在电缆中用作径向阻水结构,俗称铅套。常用的铅合金多为铅锑铜或铅锑砷合金。由于铅合金的密度大、强度低、厚度大,导致电缆的重量及成本显著增加。随着时代进步和科技发展,铅套逐步被铝套和综合护层所取代,进入 21 世纪以来,使用者日稀。

二、电线电缆常用塑料

电线电缆常用塑料有聚乙烯、交联聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚烯烃、氟塑料、尼龙等,主要技术数据列于表 1.4。

聚乙烯是目前应用最广、用量最大的塑料,从表 1.4 数据看出,聚乙烯的介质损耗小、电阻率高、击穿场强高,且耐候性强、工艺性好,是目前最好的电绝缘材料。但由于其工作温度低,所以主要用作通信电缆的绝缘。中密度和高密度聚乙烯的强度和硬度较高,且透水率低,多用作电缆护套。但是,聚乙烯有一个最大的缺点,即容易燃烧,且黑烟浓烈,因而它的应用给环境带来许多隐患。

交联聚乙烯是利用低密度聚乙烯加入交联剂而形成的一种优良的热固型绝缘材料(它在我国已有三十多年的应用历史了)。它在继承聚乙烯诸多优良性能的基础上,提高了力学性能、耐候性和允许工作温度,从而成了目前电力电缆最好的绝缘材料。

由于加入交联剂不同,所以形成了不同的交联工艺。目前用得最多的是化学交联、温水交联和辐照交联三种。化学交联主要用于中高压电缆(如 10 kV 及以上);温水交联和辐照交联主要用于低压电缆(1 kV 及以下)。

交联聚乙烯的绝缘性能与其纯净度有密切的关系。35 kV 以上的高压及超高压电缆的绝缘须采用超净交联聚乙烯,不仅要求原材料的纯度高,而且要求交联工艺装备及环境的清洁度高,工艺稳定可靠。

应特别指出的是,聚乙烯和交联聚乙烯的绝缘性能有一“怪癖”,即适于作交流电绝缘,而不宜作直流电绝缘,尤其是直流高压会降低其绝缘寿命。因此,直流电缆绝缘多采用橡胶绝缘或油纸绝缘。再者,聚乙烯和交联聚乙烯绝缘有“恐水症”,其击穿往往与水的存在有关,即在高电压下形成“水树枝”,导致绝缘破坏。因此,聚乙烯和交联聚乙烯作高压及超高压电缆的绝缘时,在其加工、储运及绝缘挤制过程中特别“忌水”,而且电缆绝缘屏蔽外应有阻水结构,如金属护套。

表 1.4 电线电缆常用塑料性能一览表

品种	项目 代号	密 度 (g/cm ³)	长期 工作温 度(℃)	允许 过载温 度(℃)	允许 短路温 度(℃)	介电 常数 ϵ_r	介质 损耗 $\tan \delta$	体积 电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	工频击 穿场强 (kV/mm)	氧指数 (%)	比热容 (J/(g·℃))	热阻 系数 (K·cm ² /W)	线膨胀 系数 ($\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$)	吸水率 (%)	抗拉 强度 (MPa)	拉断 伸长率 (%)	耐受温度 范围 (℃)	耐酸 碱性	耐油性
低密度 聚乙烯	LDPE	0.92	70	100	140	2.28	<0.000 5	>10 ¹⁶	35~50	18	2.5	350	220	<0.015	8~16	500	-70~100	耐	不耐
中密度 聚乙烯	MDPE	0.94	75	100	150	2.30	<0.000 5	>10 ¹⁶	35~50	18	2.5	350	170	<0.01	8~26	500	-70~110	耐	不耐
高密度 聚乙烯	HDPE	0.96	80	100	150	2.30	<0.000 5	>10 ¹⁶	35~50	18	2.5	350	150	<0.01	20~40	500	-70~120	耐	不耐
交联 聚乙烯	XLPE	0.92	90	130	250	2.30	<0.000 5	>10 ¹⁶	35~50	18	2.5	350	220	<0.015	>17	500	-70~135	耐	不耐
软聚 氯乙烯	PVC	1.35	70	120	150	6~8	0.04~ 0.12	>10 ¹³	20~35	27	1.2	600	70~250	0.5~1.0	15~25	200	-15~120	耐	耐
阻燃 聚氯乙烯	ZRPVC	1.40	70	120	150	6~8	0.04~ 0.12	>10 ¹³	20~35	>30	1.2	600	70~250	0.5~1.0	15~25	200	-15~120	耐	耐
交联 聚氯乙烯	XL PVC	1.35	105	135	250	6~8	0.04~ 0.12	>10 ¹³	20~35	>37	1.2	600	70~250	0.5~1.0	30	170	-15~135	耐	耐
低烟无卤 聚烯烃	DWPI	1.50	90	130	250	—	—	>10 ¹³	>20	>40	2.0	—	220	0.3	>12	200	-50~130	耐	不耐
低烟低卤 聚烯烃	DDPI	1.60	70	120	150	—	—	>10 ¹³	>20	>35	2.0	—	70~250	1.0	>10	200	-15~120	耐	耐
交联 屏蔽料	YPJ	1.20	90	130	250	—	—	<100	—	—	2.0	—	220	0.3	>15	200	-40~250	—	—
聚丙烯	PP	0.91	90	110	150	2.25	<0.000 5	>10 ¹⁶	30	17	3.0	850	110	0.03	>23	200	-20~160	耐	不耐
聚四氟 乙烯	PTFE (F-4)	2.20	250	300	310	2.1	<0.000 2	>10 ¹⁶	16~24	>95	1.05	400	100	<0.01	27~61	300	-80~320	耐	耐
聚全氟 乙丙烯	FEP (F-46)	2.15	200	260	280	2.1	<0.000 2	>10 ¹⁶	20~24	>95	1.17	400	100	<0.01	20~30	300	-80~280	耐	耐
聚酰胺	PA6	1.13	120	200	250	4.0	>0.02	>10 ¹³	>20	21	1.59	400	120	7~8	70~75	5~150	-30~250	不耐	耐
聚酰亚胺	PI	1.60	260	350	400	2.5~4	0.003	>10 ¹⁵	>40	37	1.13	—	—	0.3	75	7	-200~400	不耐	耐

