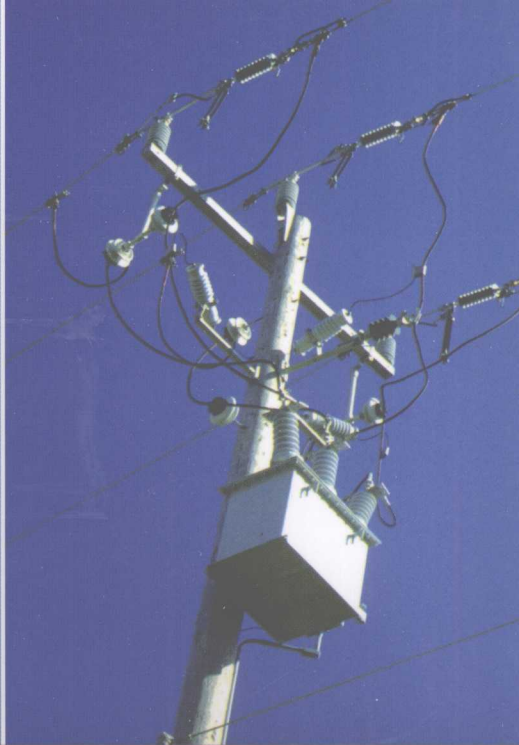


■ 汇集最新科研成果和实践经验

■ 囊括新材料、新工艺和新结构

■ 遍览器材技术数据和检测方法



电力线路器材 应用与检测

余虹云 俞成彪 李 瑞 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

电力线路器材

应用与检测

余虹云 俞成彪 李 瑞 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

线路器材一般包括电线电缆、电力金具、紧固件、基础钢材及塔材、绝缘子,是输、配电网的基本构件,其品种繁多、结构各异,分别承担着通流、支撑、防护、连接、绝缘等作用。本书依据现行的相关规程规定以及最新的研究成果和实践经验,系统讲述了线路器材的结构特点、技术特性和常规的检验方法等。同时,本书还讲述了许多被广泛应用于线路器材的设计、制造等方面的新材料、新工艺、新结构。

本书按照线路器材分类共分五章,分别介绍了电线电缆、电力金具、绝缘子、杆塔材料及基础钢材和紧固件等器材的使用、检测与选型。

本书可作为输配电工程技术人员日常设计、施工、运行、检修、培训的参考用书,也可作为大专院校、职业学校等输配电工程类专业教学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力线路器材应用与检测/余虹云,俞成彪,李瑞编.
北京:中国电力出版社,2007

ISBN 978-7-5083-5994-6

I. 电… II. ①余…②俞…③李… III. ①输配电线路-电气设备-应用②输配电线路-电气设备-检测 IV. TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 121948 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

*

2007 年 8 月第一版 2007 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.5 印张 250 千字

印数 0001—3000 册 定价 20.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

从20世纪90年代开始,随着我国经济的高速发展,用电需求每年呈现出15%以上的增长,同时社会对电能的质量要求也进一步提高。因而,为了适应社会的需要,并保持适当的超前,电网建设保持了持续高增长,同时,带动了线路器材技术的发展,许多新材料、新工艺、新结构被广泛应用于线路器材的设计、制造等方面。

本书内容基本覆盖了输配电工程专业所需的线路器材,书中提供的相关产品技术数据和质量检验方法,既有取之于现行国家或行业的技术标准,也有出自于最新的研究成果和实践经验。旨在通过理论学习和应用实践,掌握线路器材的结构特点、技术特性和常规的检验方法,为后续课程或工程实践提供知识积累。

本书共分五章,第一章、第三章由俞成彪同志执笔,第二章、第五章由余虹云同志执笔,第四章由李瑞同志执笔,全书由余虹云同志统稿、审核。

本书在编写过程中得到了许多专业人员的热情帮助和大力支持,并付出了辛勤的劳动,在此一并致以感谢。

限于编者水平,书中难免存在一些不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2007年7月

前言

第一章 电线电缆

- 第一节 概述/1
- 第二节 裸绞线/3
- 第三节 架空绝缘电缆/31
- 第四节 电力电缆/38
- 第五节 新型绞线简介/47
- 复习题/52

第二章 电力金具

- 第一节 概述/53
- 第二节 悬吊金具/57
- 第三节 锚固金具/68
- 第四节 连接金具/77
- 第五节 接续金具/86
- 第六节 防护金具/91
- 第七节 电力金具检验方法/102
- 复习题/109

第三章 绝缘子

- 第一节 概述/111
- 第二节 绝缘子标识和术语/114
- 第三节 盘形悬式绝缘子/117
- 第四节 合成绝缘子/120
- 第五节 绝缘子技术要求/122
- 复习题/126

第四章 杆塔材料及基础钢材

第一节 杆塔材料/127
第二节 基础钢材/134
第三节 检验方法简介/136
复习题/139

第五章 紧固件

第一节 紧固件标记/141
第二节 紧固件技术要求/141
第三节 紧固件检验方法/150
复习题/154

附录 电力工程线路器材上网前质量抽样检验典型方案/155
参考文献/159

22\ 紧固件 第一节
23\ 紧固件 第二节
24\ 紧固件 第三节
25\ 紧固件 第四节
26\ 紧固件 第五节
27\ 紧固件 第六节
28\ 紧固件 第七节
29\ 紧固件 第八节
30\ 紧固件 第九节
31\ 紧固件 第十节

32\ 紧固件 第十一节
33\ 紧固件 第十二节
34\ 紧固件 第十三节
35\ 紧固件 第十四节
36\ 紧固件 第十五节
37\ 紧固件 第十六节
38\ 紧固件 第十七节
39\ 紧固件 第十八节
40\ 紧固件 第十九节
41\ 紧固件 第二十节

电 线 电 缆

用以传输电能、信息和实现电磁能转换的线材产品，称为电线电缆。电线电缆是输配电网络中重要的导电线材，本章主要介绍了各种裸绞线、架空绝缘电缆、电力电缆的结构尺寸、电气性能、机械性能、其他性能、主要用途和验收试验及判断方法，并对各种新型绞线作了简要介绍。

第一节 概 述

本节主要讲述了电线电缆的分类、基本性能、加工工艺、选用及敷设等内容。

一、电线电缆的分类

电力网用电线电缆产品按其用途分成下列五大类。

(1) 裸电线。一般情况指仅有导体而无绝缘层的产品，其中包括铜、铝等各种金属和复合金属圆单线，各种结构的架空输电网用的绞线、软接线、型线和型材。

(2) 电力电缆。在电力网的主干线路中用以传输和分配大功率电能的电缆产品，其中包括 1~330kV 及以上各种电压等级、各种绝缘的电力电缆。

(3) 绕组线。以绕组的形式在磁场中切割磁力线感应产生电流，或通以电流产生磁场所用的电线，故又称电磁线，其中包括具有各种特性的漆包线、绕包线、无机绝缘线等。

(4) 通信电缆和通信光缆。通信电缆是传输电话、电报、电视、广播、传真、数据和其他电信信息的电缆，其中包括光纤复合架空绞线 (OPGW)。

(5) 电气装备用电线电缆。从变电站把电能直接传送到各种用电设备、器具的电源连接线路用电线电缆，各种工农业装备中的电气安装线和控制信号用的电线电缆均属于这一类产品。这类产品使用面最广，品种最多，而且大多要结合所用装备的特性和使用环境条件来确定产品的结构性能，因此，除大量的通用产品外，还有许多专用产品和特种产品。电气装备用电线电缆习惯上按产品用途分为八类：

- 1) 低压配电电线电缆，主要指固定敷设和移动的供电电线电缆。
- 2) 信号及控制电缆，主要指控制中心与系统间传递信号或控制操作用的电线电缆。
- 3) 仪器和设备连接线，主要指仪器、设备内部安装线和外部引接线。
- 4) 交通运输工具电线电缆，主要指汽车、机车、舰船、飞机配套用电线电缆。
- 5) 地质资源勘探和开采电线电缆，主要指煤、矿石、油田的探测和开采用电线电缆。
- 6) 直流高压电缆，主要指 X 射线机、静电设备等配套用的电线电缆。
- 7) 加热电缆，主要指生活取暖、植物栽培、管道保温等用电线电缆。
- 8) 特种电线电缆，主要指耐高温、防火、核电站等用的电线电缆。

二、电线电缆的基本性能

电线电缆最基本的性能是有效地传播电磁波(场)。根据电磁场理论,电线电缆是一种导波传输线,电磁波在线缆中按规定的导向传播,并在沿线缆的传播过程中实现电磁场能量的转换。一般将电线电缆产品的基本性能归纳为六项。

(1) 电气性能。指导电性能、电绝缘性能(如绝缘电阻、介电常数、介质损耗、耐电压特性等)、传输特性(如高频传输特性、抗干扰特性等)。

(2) 机械性能。指抗拉强度、伸长率、弯曲性、弹性、柔软性、耐振动性、耐磨性以及耐冲击性等。

(3) 热性能。指产品的耐热等级、工作温度、电力电缆的发热和散热特性、载流量、短路和过载能力、合成材料的热变形和耐热冲击能力、材料的热膨胀性及浸渍或涂层材料的滴落性能等。

(4) 耐腐蚀性能。指耐电化腐蚀、耐生物和细菌侵蚀、耐化学药品(油、酸、碱、化学溶剂等)侵蚀、耐盐雾性能等。

(5) 耐候性能。指在机械(应)力、电应力、热应力以及其他各种外加因素的作用或外界气候条件下,产品及其组成材料保持其原有性能(耐日光、耐寒、防霉及防潮)的能力。

(6) 其他性能。指部分材料的物理性能(如金属材料的硬度、蠕变,高分子材料的相容性)以及产品的某些特殊使用特性(如阻燃、耐原子辐射、防虫咬、延时传输以及能量阻尼等)。

三、电线电缆的加工工艺

电线电缆产品的性能要求,主要是指各个具体产品的用途、使用条件以及配套装备的配合关系等方面。在一个产品的各项性能要求中,必然有一些主要的、起决定作用的,应该严格要求;而有些则是从属的、一般的。达到这些性能的综合要求与原材料的选用、产品的结构设计和生产过程中的工艺控制均有密切关系,各种因素又是相互制约的,因此,必须进行全面的研究和分析。

电线电缆加工方法一般包括“拉”、“包”、“绞”三种工艺:

(1) 拉是用冷拔工艺将粗的导体,如电工圆铝杆,分数道工序制成不同直径的细丝。

(2) 包是绕包、挤包、涂包、编包、纵包等多种工艺的总称,往往用于绝缘的加工和护套的制作。

(3) 绞是单丝导线扭绞和绝缘线芯绞合成缆,以保证足够的柔软性。

四、电线电缆的选用及敷设

由于电线电缆品种规格很多,性能各不相同,因此,对设计者和使用者来说,在选用电线电缆产品时应注意以下几个基本要求。

(1) 合理选择产品。在选择产品时应充分了解电线电缆的品种规格、结构与性能特点,以保证产品的使用性能满足工程实际的需要,并延长使用寿命,例如,输电线路一般应选用裸导线,配电线路尽可能选用架空绝缘线或电缆,沿海地区和高污染地区应重点考虑防腐性能好的产品。

(2) 正确设计线路。在输配电线路设计的路径选择中,应尽量避免各种外来的破坏与干扰的因素(机械、热、雷电、各种腐蚀因素)或采用相应的防护措施,对于敷设中的距离、位差、固定的方式和间距,接头附件的结构形式、性能和配置方式,与其他线路设备的配合

等，都必须进行周密的调查研究，做出正确的设计，以保证电线电缆的可靠使用。

(3) 认真安装敷设。电线电缆本体仅是电磁波传输系统或工程中的一个部件，它必须进行终端头处理、中间连接、固定或采取其他措施，才能与其他线路器材（如电力金具、绝缘子）组成一个完整输电网系统。电网的可靠运行不仅取决于电线电缆本身的产品质量，而且与线路的施工敷设的质量息息相关。因此，必须对施工安装工艺严格把关，并在选用电线电缆时应特别注意其与其他器材的配套性。

(4) 加强维护管理。输配电线路往往需要长距离穿越不同的环境（城镇、街道、住宅、厂区、路桥、田野、河流、山谷等），因此容易受到外界因素影响，特别是各种外力或腐蚀因素的破坏。所以，加强线路的维护和管理，经常对线路进行巡视和预防测试，采取各种有效的防护措施，建立必要的监测报警系统，以及在发生事故的情况下，及时有效测定、判别故障区域部位，便于快速检修等，这些都是保证电网安全可靠运行的重要条件。

第二节 裸 绞 线

所有裸绞线均由裸单线通过一定的方式组合形成，本节主要介绍了各种裸单线的技术参数、裸绞线的分类、裸绞线的结构计算、各种架空线路用裸绞线的性能要求和裸绞线的常规验收试验及判断方法。

一、裸单线

常见的裸电线包括铜线、铝线、铝合金线、铜包钢线、铝包钢线和镀锌钢线等，除镀锌钢线外，其他均可独立或绞合成导体使用。按线材的冶炼状态，又分为硬质、半硬质和软质。铝合金线又分为铝—镁—硅合金线、耐热铝合金线及高强度铝合金线等。

裸单线是构成裸绞线的基础。熟悉并掌握裸单线的物理特性和质量要求，这对裸电线的生产、质量检验和绞线成品的验收、施工、质量（事故）分析等都有很大的作用。常见裸单线的品种、型号、规格范围及依据标准见表 1-1。

表 1-1 常见裸单线的品种、型号、规格范围及依据标准

产品名称	产品型号	规格范围 (mm)	依据标准
软圆铜线	TR	0.020~14.00	GB 3953 《电工圆铜线》
硬圆铜线	TY	0.020~14.00	
特硬圆铜线	TYT	1.50~5.00	
软圆铝线	LR	0.30~10.00	GB 3955 《电工圆铝线》
硬圆铝线	LY	0.30~10.00	GB/T 17048—1998 《架空绞线用硬铝线》
铝—镁—硅合金圆线	LHA	1.50~4.50	JB/T 8134 《架空绞线用铝—镁—硅系合金圆线》
铝—镁—硅稀土合金圆线	LHB	1.50~4.50	
普通铝包钢线	GL	2.80~4.40	GB/T 17937—1999 《电工用铝包钢线》
高强度铝包钢线	GGL	2.80~4.40	
镀锌钢线	G	1.25~5.50	GB/T 3428—2000 《架空绞线用镀锌钢线》

1. 圆铜线

圆铜线按其软硬程度分为软圆铜线（TR）、硬圆铜线（TY）及特硬圆铜线（TYT）三

种。软圆铜线及硬圆铜线主要供各种绝缘电线电缆和绕组线做导电线芯用。特硬圆铜线主要用作架空通信及特殊情况下的电力架空导线的线材。

圆铜线应采用符合 GB/T 3952《电工用铜线坯》的规定制造。

(1) 圆铜线 20℃时的电阻率及电阻温度系数见表 1-2。

表 1-2 圆铜线的电阻率及电阻温度系数

型 号	电阻率 ρ_{20} ($n\Omega \cdot m$, 不大于)		电阻温度系数 ($\times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	
	直径 2.00mm 以下	直径 2.00mm 及以上	直径 2.00mm 以下	直径 2.00mm 及以上
TR	17.241 (100% IACS)	17.241	3.93	3.93
TY, TYT	17.96	17.77	3.77	3.81

注 IACS 为国际退火铜标准电阻率。

(2) 圆铜线的机械性能见表 1-3。

表 1-3 圆铜线的机械性能

标称直径 (mm)	TR 型	TY 型		TYT 型	
	伸长率 (%)	抗拉强度 (MPa)	伸长率 (%)	抗拉强度 (MPa)	伸长率 (%)
	不小于				
1.50	25	406	0.6	446	0.6
1.56	25	405	0.6	445	0.6
1.60	25	404	0.6	445	0.6
1.70	25	403	0.6	444	0.6
1.76	25	403	0.7	443	0.7
1.83	25	402	0.7	442	0.7
1.90	25	401	0.7	441	0.7
2.00	25	400	0.7	440	0.7
2.12	25	399	0.7	439	0.7
2.24	25	398	0.8	438	0.8
2.36	25	396	0.8	436	0.8
2.50	25	395	0.8	435	0.8
2.62	25	393	0.9	434	0.9
2.65	25	393	0.9	433	0.9
2.73	25	392	0.9	432	0.9
2.80	25	391	0.9	432	0.9
2.85	25	391	0.9	431	0.9
3.00	25	389	1.0	430	1.0
3.15	30	388	1.0	428	1.0
3.35	30	386	1.0	426	1.0
3.55	30	383	1.1	423	1.1
3.75	30	381	1.1	421	1.1
4.00	30	379	1.2	419	1.2

续表

标称直径 (mm)	TR 型	TY 型		TYT 型	
	伸长率 (%)	抗拉强度 (MPa)	伸长率 (%)	抗拉强度 (MPa)	伸长率 (%)
	不小于				
4.25	30	376	1.3	416	1.3
4.50	30	373	1.3	413	1.3
4.75	30	370	1.4	411	1.4
5.00	30	368	1.4	408	1.4
5.30	30	365	1.5	—	—
5.60	30	361	1.6	—	—
6.00	30	357	1.7	—	—
6.30	30	354	1.8	—	—
6.70	30	349	1.8	—	—
7.10	30	345	1.9	—	—
7.50	30	341	2.0	—	—
8.00	30	335	2.2	—	—
8.50	35	330	2.3	—	—
9.00	35	325	2.4	—	—
9.50	35	319	2.5	—	—

(3) 圆铜线的计算用物理参数。密度为 8.89g/cm^3 ，线膨胀系数为 $17\times 10^{-6}\text{℃}^{-1}$ 。

2. 圆铝线

圆铝线按其初炼程度，分为软圆铝线 (LR) 和各种硬态的 LY4、LY6、LY8 及 LY9 型圆铝线，适用于不同的使用场合。根据标准的规定，架空同心绞线用的圆铝线应为 LY8 或 LY9。圆铝线采用符合 GB/T 3954《电工圆铝杆》规定材料制造。

(1) 圆铝线的型号、规格范围和主要用途见表 1-4。

表 1-4 圆铝线的型号、规格范围和主要用途

产品名称	型 号	状态代号	规格范围 (mm)	主要用途
软圆铝线	LR	0	0.30~10.00	各种绝缘电线 电缆的导电线芯
H4 硬态圆铝线	LY4	H4	0.30~6.00	
H6 硬态圆铝线	LY6	H6	0.30~10.00	
H8 硬态圆铝线	LY8	H8	0.30~5.00	架空导线
H9 硬圆铝线	LY9	H9	1.25~5.00	

(2) 圆铝线 20℃时的电阻率及电阻温度系数见表 1-5。

表 1-5 圆铝线的电阻率和电阻温度系数

型 号	电阻率 ρ_{20} ($\text{n}\Omega\cdot\text{m}$, 不大于)	电阻温度系数 ($\times 10^{-3}\text{℃}^{-1}$)
LR	28.00	4.07
LY4、LY6、LY8、LY9	28.264	4.03

(3) 圆铝线的机械性能见表 1-6。

表 1-6		圆铝线的机械性能		
型 号	线径 (mm)	抗拉强度 (MPa)		伸长率 (%，不小于)
		不小于	不大于	
LR	0.30~1.00	—	98	15
	1.01~10.00	—	95	20
LY4	0.30~6.00	95	125	—
LY6	0.30~6.00	125	165	—
	6.01~10.00	125	165	3
LY8	0.30~5.00	160	205	—
LY9	1.25	200	—	—
	1.26~1.50	193	—	—
	1.51~1.75	188	—	—
	1.76~2.00	184	—	—
	2.01~2.25	180	—	—
	2.26~2.50	176	—	—
	2.51~2.75	173	—	—
	2.76~3.00	169	—	—
	3.01~3.25	166	—	—
	3.26~3.50	164	—	—
	3.51~3.75	162	—	—
	3.76~4.25	160	—	—
	4.26~5.00	159	—	—

(4) 圆铝线的材料化学成分见表 1-7。

表 1-7		圆铝线的材料化学成分						
		化学成分 (%)						
材料	RE	Si	Fe	Cu	V+Ti+Mn+Cr	其他元素		Al
							每种	
		小于						
纯铝	—	0.11	0.25	0.01	0.02	0.02	0.1	99.6
稀土铝	0.10~0.30	0.16	0.30	0.02	0.02	0.02	0.1	余量

(5) 圆铝线的计算用物理参数。密度为 2.7g/cm³，线膨胀系数为 23×10⁻⁶℃⁻¹。

3. 铝合金圆线

铝合金圆线主要用于制造架空导线，其化学成分为：铝 (Al) 98.7%，镁 (Mg) 0.5%，硅 (Si) 0.5%，其余为杂质。通过淬火和时效处理，可析出强化相 Mg₂Si，能使合金强度显著提高，可达圆铝线强度的 2 倍，一般称其为热处理型铝镁硅合金圆线。若在熔铸过程中加入微量稀土，可改善其电性能和加工条件，这种合金称为热处理铝镁硅稀土合金

圆线。

为了提高铝线的载流能力，可在铝中添加不大于 0.13% 的锆 (Zr) 和微量稀土，在固、溶体中可形成 Al_3Zr ，可提高其再结晶温度并能使晶粒细化，制成耐热铝合金。随着添加微量元素的不同和加工条件的差异，可制成耐热型、高耐热型、超耐热型、特耐热型、高导电耐热型和高强度耐热型等品种。耐热铝合金线的连续使用温度可达到 150°C ，短时使用温度可达到 180°C 。特耐热铝合金的连续使用温度甚至可达到 230°C ，短时使用温度可达到 310°C 。提升导线的使用温度，可明显提高导线的载流能力，尤其在线路极限输送和某些特殊条件下能发挥作用。但长时间处于高温状态，除了影响线路运行安全以外，导线上的能耗也成倍上升，不利于经济运行。

根据 JB/T 8134 的规定，铝合金圆线的型号为 LHA1 和 LHA2 两种，规格范围均为 $1.50\sim 4.50\text{mm}$ 。

(1) 铝合金圆线的电阻率及电阻温度系数见表 1-8。

表 1-8 铝合金圆线的电阻率和电阻温度系数

型 号	电阻率 ρ_{20} ($\text{n}\Omega \cdot \text{m}$, 不大于)	电阻温度系数 ($\times 10^{-3}^{\circ}\text{C}^{-1}$)
LHA1	32.840 (52.5% IACS)	3.6
LHA2	32.530 (53.0% IACS)	3.6

(2) 铝合金圆线的机械性能见表 1-9。

表 1-9 铝合金圆线的机械性能

型 号	线径 (mm)	抗拉强度 (MPa, 不小于)	伸长率 (% , 不小于)
LHA1	线径 ≤ 3.50	325	3.0
	线径 > 3.50	315	
LHA2	线径 ≤ 3.50	295	3.5
	线径 > 3.50	295	

(3) 铝合金圆线的计算用物理参数。密度为 $2.703\text{g}/\text{cm}^3$ ，线膨胀系数为 $23 \times 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

4. 铝包钢线

铝包钢线主要用于制造大跨越导线和良导体地线，部分用于制造组合导线用的加强线材；使用特种设备采用连续挤压法生产的铝包钢线，具有优良的综合性能。GB/T 17937—1999 指定的铝包钢线标准有 LB20、LB27、LB30、LB40，即 20SA、27SA、30SA 及 40SA 等四个级别，其相应的电导率分别为 20.3%、27%、30% 和 40% IACS。

(1) 铝包钢线型号及规格范围见表 1-10。

表 1-10 铝包钢线的型号及规格范围

型号 (IEC)	20SA	27SA	30SA	40SA
级别 (中国)	LB20	LB27	LB30	LB40
规格范围 (mm)	1.24~5.50	2.50~5.00	2.50~5.00	2.50~5.00

(2) 铝包钢线机械性能见表 1-11。

表 1-11 铝包钢线的机械性能

级 别		最小铝层 厚度 (mm)	抗拉强度 (MPa)	伸长 1%时的应力 (MPa)	断后伸长率 (%，不小于)	扭 转
LB20	$d<1.80\text{mm}$	$8\%d$	1070~1320	1000~1200	1.0	扭转 ≥ 20 圈，单丝 不断裂；扭断时，铝 层不脱离
	$d\geq 1.80\text{mm}$	$10\%d$	≥ 1320	≥ 1100		
LB27		$14\%d$	≥ 1080	≥ 800		
LB30		$15\%d$	≥ 800	≥ 650		
LB40		$25\%d$	≥ 680	≥ 500		

注 d —铝包钢单丝直径。

(3) 铝包钢单丝的铝层厚度示意图见图 1-1。



图 1-1 铝包钢单丝的铝层厚度示意图

(a) LB20；(b) LB27；(c) LB30；(d) LB40

5. 镀锌钢线

镀锌钢线主要用于制造组合绞线用的加强线材和地线。钢绞线用钢丝应采用优质碳素钢热轧盘条或制丝用非合金钢盘条制造，钢丝镀锌用锌锭应采用最小含锌量为 99.85% 的锌锭。

有 3 个强度等级的钢线可供选择：普通、高强度、特高强度，分别用 1、2、3 级表示。有 2 个级别的镀锌层：A 级和 B 级。钢丝的规格范围、锌层质量及力学性能应符合表 1-12 的要求。

表 1-12 钢丝的规格范围、锌层质量及力学性能

公称直径 (mm)	锌层质量最小值 (g/m ²)		1%伸长时的应力最小值 (MPa)	抗拉强度最小值 (MPa)	伸长率 (%，不小于) (L ₀ =200mm)	扭转次数最小值 (次/360°) (L=100d)
	A	B				
1.24~1.50	185	370				
1.50~1.75	200	400	普通 A 级：1100~1170	普通 A 级：1290~1340	普通 A 级：3.0~4.0	普通 A 级：12~18
1.75~2.25	215	430	普通 B 级：1000~1100	普通 B 级：1190~1240	普通 B 级：4.0	普通 B 级：无要求
2.25~3.00	230	460	高强度 A：1170~1310 高强度 B：1100~1240	高强度 A：1380~1450	高强度 A：2.5~3.0	高强度 A：12~16
3.00~3.50	245	490		高强度 B：1280~1380	高强度 B：2.5~3.0	高强度 B：无要求
3.50~4.25	260	520	特高强度：1270~1450	特高强度：1500~1620	特高强度：2.0~2.5	特高强度：10~14
4.25~4.75	275	550				
4.75~5.50	290	580				

二、裸绞线的分类

按其结构形式，输配电网用绞线可分为简单绞线、组合绞线和特种绞线三个系列。

(1) 简单绞线由材质相同、线径相等的线材绞制而成,如铝绞线、铝合金绞线、铝包钢绞线、钢绞线等。

(2) 组合绞线由导电线材和增强线材(如镀锌钢丝等)组合绞制而成,如钢芯铝绞线、钢芯铝合金绞线等。

(3) 特种绞线由不同材质、不同形状的线材,用特殊组合方式绞合而成,如扩径绞线、自阻尼绞线、型线绞线等。

三、裸绞线的结构计算

1. 裸绞线的系列截面

裸绞线产品的系列截面按优先数系制定,每相邻截面有一公比数,例如,GB/T 1179—1999《圆线同心绞架空导线》规定的架空导线的系列截面为:

(1) 10、16、25、40、63、100 符合优先数系 R5,公比数为 1.6。

(2) 125、160、200、250、315、400 符合优先数系 R10,公比为 1.25。

(3) 450、500、630、710、800、900、1000、1120、1250、1400、1500、1600 符合优先数系 R20,公比为 1.12。

2. 简单绞线的结构计算

按绞线截面的大小,当中心为一根单线时,绞线结构由 7、19、37、61 根或 91 根等径线材构成,由内至外每层递增 6 根单线,相邻层的绞向应相反,最外层为“右向”即“S向”,结构见图 1-2。

绞线中单线总根数 N_1 的计算式如下

$$N_1 = 1 + 3m(m+1) \quad (1-1)$$

绞线外径 D_1 (mm) 的计算式如下

$$D_1 = (2m+1)d \quad (1-2)$$

绞线截面 S_1 (mm²) 的计算式如下

$$S_1 = N_1 \frac{\pi d^2}{4} \quad (1-3)$$

式(1-1)~式(1-3)中 m ——单线的层数;

d ——单线的直径,mm。

3. 组合绞线的结构计算

组合绞线结构形式见图 1-3,钢芯铝绞线为最常见的组合绞线。

图 1-3 组合绞线的结构示意图

铝单线直径 d_1 (mm) 可根据铝线总截面 S_2 (mm²) 和单线根数 N_2 计算如下

$$d_1 = \sqrt{\frac{4S_2}{\pi N_2}} \quad (1-4)$$

铝单线直径 d_1 与钢单线直径 d_g (mm) 比计算式如下

$$\frac{d_1}{d_g} = \frac{3+6m_g}{n_1-3} \quad (1-5)$$

导线外径 D_2 (mm) 计算式如下

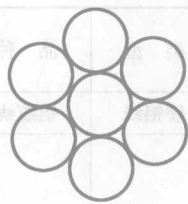
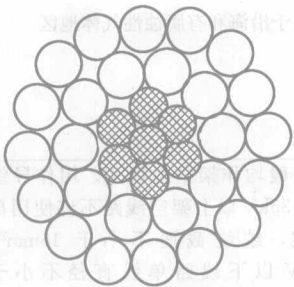


图 1-2 简单绞线的结构示意图



$$D_2 = (1 + 2m_g)d_g + 2m_1d_1 \quad (1-6)$$

式中 m_1 ——铝线的层数；

m_g ——钢线的层数；

n_1 ——第一层的铝线根数。

四、架空线路用裸绞线

输电线路用架空裸导线和地线长期在旷野、山区、湖海边缘或工业污染区域运行，在耐
受风、冰等外力载荷作用的同时，还经常经受气温的剧烈变化以及化学汽雾等的侵袭，为保
证输电线路运行的安全可靠，输电线路用裸绞线一般应具有较高的导电率、较高的机械强
度和耐振动性能及一定的耐化学腐蚀能力等要求。

电力线路常用的架空裸导线和地线的种类及用途见表 1-13。

表 1-13 常用架空裸导线和地线的种类及用途

类 型	品 种	型 号		电 线 结 构	用 途
		旧	新		
硬铝线	铝绞线	LJ	JL	用圆铝单线多股绞制的绞线	35kV 及以下架空线路
钢芯铝绞线	铝钢截面比 1.7~21	LGJ	JL/G1A JL/G1B JL/G2A JL/G2B JL/G3A	内层或芯线为单股或多股镀锌钢绞线，主要承担张力；外层为单层或多层硬铝绞线，为导线部分	铝钢截面比 m 在 12 以上的，用于变电站母线及小档距低压线路； $m=6.5\sim12.0$ ，用于一般平原和丘陵地区高压线路； $m=5.0\sim6.5$ ，用于山区及大档距线路； $m=4.0\sim5.0$ ，用于重冰区及大跨越地段； m 在 1.72 以下的，多作为良导体架空地线用
防腐型 钢芯铝绞线	轻防腐 中防腐 重防腐	LGJF	JL/G1AF JL/G2AF JL/G3AF	结构和电气机械性能同普通型 轻防腐型——仅在钢芯上涂防腐剂 中防腐型——仅在钢芯及内层铝线上涂防腐剂 重防腐型——在所有单线上涂防腐剂	用于沿海和有腐蚀性气体地区
镀锌钢线	镀锌钢绞线	GJ	JG1A JG1B JG2A JG3A	用多股镀锌钢线制成绞线	一般均作架空地线用。用作导线时，35kV 以上架空线路不许使用单股线，绞线截面不小于 16mm^2 ；10kV 以下线路单线直径不小于 3.5mm 绞线截面不小于 10mm^2 。大跨越地段可采用高强度镀锌钢绞线做芯线或导线，但作导线时应具有较高的导电率
铝合金线	铝合金绞线	LHJ	JLHA1 JLHA2	以铝、镁、硅合金拉制的圆单线多股制成绞线，抗拉强度接近铜线，导电率及重量接近于铝绞线	抗拉强度高，可减少弧垂，降低线路造价。单股线在线路上不许使用。加强型钢芯铝合金绞线常用于线路大跨越导线
	钢芯铝合 金绞线	LHGJ	JLHA1/ G1A 等		
	铝包钢芯 铝合金绞线		JLHA1/ LB1A		

类 型	品 种	型 号		电 线 结 构	用 途
		旧	新		
铝包钢绞线	铝包钢绞线	LBJ	JLB1A JLB1B JLB2	以单股钢线为芯，外包铝层，制成多股绞线	线路的大跨越、地线通信、良导体地线，具有良好的防腐性能
铝包钢芯铝绞线	铝包钢芯铝绞线		JL/LB1A JL/LB1B	芯线为铝包钢绞线，外层为单层或多层铝绞线	用于轻腐蚀地带及良导体地线
光缆复合架空地线	光纤、铝包钢线和铝线	OPGW	OPGW	芯线为光纤的光缆，外层绞绕承受张力的铝包钢线和导电的铝线或铝合金线	用作兼作系统通信、远动保护、遥测、遥控等通信传输的线路架空地线

1. 铝绞线

铝绞线由符合 GB/T 3955 中 LY9 型硬圆铝线绞制而成，其截面如图 1-4 所示。

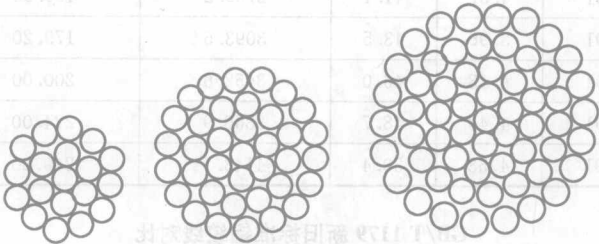


图 1-4 铝绞线的结构示意图

由于铝绞线的强度较小，不能承受较大的外力，主要用于档距不大、受力较小的配电线路。铝绞线的规格范围为 16~800mm²。

(1) JL 型铝绞线的规格尺寸及主要技术参数见表 1-14，GB/T 1179 新旧标准铝绞线对比见表 1-15。

表 1-14 JL 型铝绞线的规格尺寸及主要技术参数 (GB/T 1179—1999)

规格号	截面积 (mm ²)	单线根数	直径 (mm)		单位长度质量 (kg/km)	额定抗拉力 (kN)	直流电阻 20℃ (Ω/km)
			单线	绞线			
10	10	7	1.35	4.05	27.4	1.95	2.8633
16	16	7	1.71	5.12	43.8	3.04	1.7896
25	25	7	2.13	6.40	68.4	4.50	1.1453
40	40	7	2.70	8.09	109.4	6.80	0.7158
63	63	7	3.39	10.2	172.3	10.39	0.4545
100	100	19	2.59	12.9	274.8	17.00	0.2877
125	125	19	2.89	14.5	343.6	21.25	0.2302
160	160	19	3.27	16.4	439.8	26.40	0.1798
200	200	19	3.66	18.3	549.7	32.00	0.1439