

第21章 电线电缆

21.1 概 论

21.1.1 综述

所谓电线电缆是指用来传输电能、信息和实现电磁能量转换的线材产品。

随着社会生产力和科学技术的发展,电线电缆的品种、型号、规格、结构和生产范围也不断地在充实提高和变化.生产的厂也愈来愈多,所执行的产品标准也有差异,但根据我国《电工产品更新换代规则》(1979-1985年)和国家标准总局国标发(1979年)第096号文及原机械部标联字第875号文“关于电工产品积极采用国际电工标准的意见”,电线电缆标准也不断修改,产品不断完善和更新,开发出许多新产品,以适应国民经济的发展需要,并与国际电工标准协调一致。

目前电线电缆的标准有数百个,在与国际电工委员会(IEC)的标准协调一致方面,取得了一定的成果.而且一些厂的产品技术资料全部采用国际电工委员会(IEC)标准.一些厂不仅能按照中国标准(GB、JB)生产产品,而且还能够按国际电工委员会(IEC)标准生产产品,也可以按照德国标准(DIN)、英国标准(BS)、美国标准(ASTM)、日本标准(JIS)生产产品,以适应和满足各方面的需要。

1975年以来,我国对电线电缆的标准普遍地进行了重新修订,不断变化.例如在《橡皮和塑料绝缘控制电缆》(JB678-77)中,全部取消了原标准中的铅包电缆和非金属护套外铠装电缆,增加了非金属护套内铠装品种,增加了铝芯产品和耐寒级护套电缆品种;原标准中的芯数取消了6芯和8芯。

在电缆外护层的标准方面,也有较大变化,适应的范围从原标准的保护金属护套发展到非金属护套,这包括一切固定敷设的电力、通信、信号、控制等电缆的外护层;铠装的结构将原“普通冷轧钢带或镀锌钢带”明确规定为“镀锌或涂漆钢带内铠装”;裸铜带铠装明确规定用镀锌钢带,而且外面可不再涂覆电缆沥青;电缆外护层的型号按铠装层和外被层的结构顺序用阿拉伯数字表示,一般由二位数组成,首位数表示铠装材料,末位数表示外被材料.电缆外护层的新旧材料型号对照见表21-1。

表 21-1 电缆外护层新旧型号对照

旧型号	新型号	旧型号	新型号
1、11	02、03	3、13	31
20、120	20	23、39	32、33
2、12	21	50、150	40
22、29	22、23	5、15	41
30、130	30	59、25	42、43

对电缆工作温度、绝缘厚度测量、四芯电缆中性线、成品导线电阻、绝缘电阻、电压试验、线芯标志、绝缘和护套物理机械性能也均有新的规定和要求。

塑力缆新老型号对照见表21-2。

塑力缆新老型号产品结构性能对照见表21-3。

橡控和塑控电缆新、老型号对照及固定敷设条件见表21-4。

表 21-2 塑力缆新老型号对照

新 型 号		老 型 号		电 缆 名 称
铜 芯	铝 芯	铜 芯	铝 芯	
VV	VLV	VV	VLV	铜(铝)芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆
VY	VLY	—	—	铜(铝)芯聚氯乙烯绝缘聚乙烯护套电力电缆
VV22	VLV22	VV29	VLV29	铜(铝)芯聚氯乙烯绝缘内钢带铠装聚氯乙烯护套电力电缆
VV23	VLV23	—	—	铜(铝)芯聚氯乙烯绝缘内钢带铠装聚乙烯护套电力电缆
VV32	VLV32	VV39	VLV39	铜(铝)芯聚氯乙烯绝缘内细钢丝铠装聚氯乙烯护套电力电缆
VV33	VLV33	—	—	铜(铝)芯聚氯乙烯绝缘内细钢丝铠装聚乙烯护套电力电缆
VV42	VLV42	VV59	VLV59	铜(铝)芯聚氯乙烯绝缘内粗钢丝铠装聚氯乙烯护套电力电缆
VV43	VLV43	—	—	铜(铝)芯聚氯乙烯绝缘内粗钢丝铠装聚乙烯护套电力电缆
VV20	VLV20	VV20	VLV20	铜(铝)芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯内护套裸钢带铠装电力电缆

表 21-3 塑力缆新老型号产品结构性能对照

新 型 号			老 型 号
(1)电缆工作温度			
长期工作温度 70℃,短路工作温度 160℃、5s			长期工作温度 65℃,短路工作温度无规定
(2)绝缘厚度测量			
规定绝缘层测量六个等分点厚度,其平均值不小于标称值			绝缘厚度测量,只控制最薄处
(3)四芯电缆中性线芯			
有四芯等截面和三大一小两种结构,其中缩小截面的中性线芯截面等于或近似于主线芯标称截面的 1/2			只有三大一小一种结构,中性线芯的标称截面等于或近似于主线芯标称截面的 1/3
(4)铠装结构			
镀锌或涂漆钢带内铠装			普通冷轧钢带或镀锌钢带
(5)外护套			
有聚氯乙烯和聚乙烯两种,外凸印厂标			只有聚氯乙烯一种,厂标方法可纵放厂标纱
(6)成品导线电阻			
20℃每 km 电阻值(Ω/km)			20℃电阻率规定如下: 铜芯:不大于 $0.0184\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 铝芯:不大于 $0.0310\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
标称截面(mm ²)	铜芯(Ω/km)	铝芯(Ω/km)	
1	18.1	—	
1.5	12.1	18.1	
2.5	7.41	12.1	
4	4.61	7.41	
6	3.08	4.61	
10	1.83	3.08	
16	1.15	1.91	
25	0.727	1.20	
35	0.524	0.868	
50	0.387	0.641	
70	0.268	0.443	
95	0.193	0.320	
120	0.153	0.253	

续表 21-3

新 型 号				老 型 号					
标称截面(mm ²)	铜芯(Ω/km)		铝芯(Ω/km)	20℃电阻率规定为: 铜芯:不大于 0.0184Ω·mm ² /m 铝芯:不大于 0.0310Ω·mm ² /m					
150	0.124		0.206						
185	0.0991		0.164						
240	0.0754		0.125						
300	0.0601		0.100						
400	0.0470		0.0778						
500	0.0366		0.0605						
630	0.0283		0.0469						
800	0.0221		0.0367						
(7)绝缘电阻									
1)绝缘层体积电阻率(Ω·cm)				按截面 1km 绝缘电阻值(不小于)					
20℃		额定温度下		标称截面(mm ²)		绝缘电阻(MΩ/km)			
A 级	B 级	A 级	B 级	1.0 及 1.5		20			
10 ¹³	10 ¹⁴	10 ¹⁰	10 ¹¹	2.5		18			
2)绝缘电阻常数(MΩ·km)				4		16			
20℃		额定温度下		6 及 10		13			
A 级	B 级	A 级	B 级	16		11			
36.7	367	0.037	0.37	25 及以上		10			
(8)交流电压试验 5min									
U ₀ /U (kV)	0.6/1	1/1	1.8/3	3/3	3.6/6	6/6	电缆额定电压(kV)	1	6
U _i (kV)	3.5	4.5	6.5	9.5	11	15	试验电压(kV)	3.5	11
(9)绝缘线芯标志									
一芯:打印序号标志						一芯:红或黑			
二芯:1、2						二芯:红和黑			
三芯:1、2、3						三芯:红、黄、绿(蓝)			
四芯:1、2、3、0						四芯:红、黄、绿(蓝)、黑			
(10)绝缘和护套物理机械性能试验									
1)原始机械性能试验						1)原始机械性能试验			
2)100℃,168h 热老化试验						2)110℃,48h 热老化试验			
3)80℃,4~6h 高温压力试验						3)无规定			
4)-15℃低温试验						4)无规定			
5)150℃,1h 热冲击试验						5)无规定			
6)70℃,240h 吸水性试验						6)无规定			

注: U_0 为导体对地的额定电压, U 为导体之间的额定电压, U_s 为试验电压。

表 21-4 橡控和塑控电缆新、老型号对照及固定敷设条件

新 型 号	老 型 号	电 缆 名 称	固 定 敷 设 条 件	
			温度不低于(℃)	弯曲半径不小于(mm)
KVV	KVV	铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套控制电缆	-10	10D
KVY	—	铜芯聚氯乙烯绝缘聚乙烯护套控制电缆	-20	10D
KVV20	KVV20	铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套铠装控制电缆	-10	10D

续表 21-4

新 型 号	老 型 号	电 缆 名 称	固 定 敷 设 条 件	
			温度不低于 (C)	弯曲半径不小于 (mm)
KVV30	—	铜芯聚氯乙烯绝缘聚乙烯护套裸细钢丝铠装控制电缆	-20	10 D
KV22	KVV29	铜芯聚氯乙烯绝缘铝带铠装聚氯乙烯护套控制电缆	-10	10 D
KV23	—	铜芯聚氯乙烯绝缘铝带铠装聚乙烯护套控制电缆	-20	10 D
KV32	KVV39	铜芯聚氯乙烯绝缘细钢丝铠装聚氯乙烯护套控制电缆	-10	10 D
KV33	—	铜芯聚氯乙烯绝缘细钢丝铠装聚乙烯护套控制电缆	-20	10 D
KXF	KXF	铜芯橡皮绝缘氯丁护套控制电缆	-20	10 D
KXV	KXV	铜芯橡皮绝缘聚氯乙烯护套控制电缆	-15	10 D
KXV20	KXV20	铜芯橡皮绝缘聚氯乙烯护套裸钢带铠装控制电缆	-15	10 D
KXV22	KXV29	铜芯橡皮绝缘聚氯乙烯护套钢带铠装控制电缆	-15	10 D
KXQ	KXQ	铜芯橡皮绝缘裸铅套控制电缆	-20	10 D
KXQ02	—	铜芯橡皮绝缘铅套聚氯乙烯护套控制电缆	-15	10 D
KXQ03	—	铜芯橡皮绝缘铅套聚乙烯护套控制电缆	-20	10 D
KXQ20	KXQ20	铜芯橡皮绝缘铅套裸钢带铠装控制电缆	-10	10 D
KXQ30	KXQ30	铜芯橡皮绝缘铅套裸细钢丝铠装控制电缆	-20	10 D
KXQ22	KXQ29	铜芯橡皮绝缘铅套钢带铠装聚氯乙烯护套控制电缆	-15	10 D
KXQ23	—	铜芯橡皮绝缘铅套钢带铠装聚乙烯护套控制电缆	-20	10 D

注: D 为电缆外径。

电缆结构及技术性能新、老型号对照见表 21-5。

表 21-5 电缆结构及技术性能新、老型号对照

新 型 号								老 型 号							
(1)额定电压(电缆设计和进行电性能试验用的基准电压)															
电压级 U_0/U (V)		300/500		600/1000		额定电压(V)		500							
U_0 为导体对地和额定电压 U 为导体之间的额定电压 在交流系统中,电缆的额定电压至少应等于该系统的标称电压.这个条件也适用于 U_0 值和 U 值 在直流系统中,该系统的标称电压应不大于电缆额定电压的 1.5 倍															
(2)线芯长期允许工作温度															
橡控电缆不超过 +65℃ 塑控电缆不超过 +70℃								不超过 +65℃							
(3)导电线芯															
标称截面 (mm ²)	A 型	0.75	1	1.5	2.5	4	6	标称截面 (mm ²)	0.75	1	1.5	2.5	4	6	
	B 型	0.75	1	1.5	2.5	4	6								
根数/直径 (mm)	A 型	1/0.97	1/1.13	1/1.38	1/1.78	1/2.25	1/2.76	根数/直径 (mm)	1/0.97	1/1.13	1/1.37	1/1.76	1/2.24	1/2.73	
	B 型	7/0.37	7/0.43	7/0.52	7/0.68	7/0.85	7/1.04								
(4)铠装用钢带															
镀锌或涂漆冷轧钢带								冷轧钢带							
(5)电缆标志															
塑料护套凸印厂标								纵放厂标纱							

新 型 号			老 型 号								
(6)绝缘线芯识别											
5 芯以下电缆用颜色识别(4~5 芯) 5 芯以上电缆用数字识别(6~48 芯)			电缆的每一层线芯中有两根相邻的标志线芯(4~37 芯)								
(7)成品电缆导体直流电阻											
标称截面 (mm ²)	铜导体直流电阻 20℃时不大于 (Ω/km)		标称截面 (mm ²)	铜导体直流电阻 20℃时不大于 (Ω/km)							
	不 镀 锡	镀 锡		不 镀 锡	镀 锡						
0.75	24.5	24.7	0.75	24.9							
1	18.1	18.2	1	18.4							
1.5	12.2	12.2	1.5	12.5							
2.5	7.41	7.56	2.5	7.50							
4	4.61	4.70	4	4.60							
6	3.08	3.11	6	3.11							
(8)成品电缆绝缘电阻											
标称截面 (mm ²)	绝缘电阻值 20℃不小于(MΩ/km)			标称截面 (mm ²)	绝缘电阻值 20℃不小于(MΩ/km)						
	聚 氯 乙 烯 绝 缘		橡 皮 绝 缘		聚 氯 乙 烯 绝 缘						
	300/500V	600/1000V			500V	500V					
0.75	34	—	150	0.75	40	50					
1	31	—	150	1	40	50					
1.5	33	33	150	1.5	40	50					
2.5	27	27	150	2.5	10	50					
4	23	27	150	4	10	50					
6	19	23	150	6	10	50					
(9)成品电缆应经受交流 50Hz 电压试验时间											
额定电压(V)		试验电压(V)		试验时间(min)		额定电压(V)		试验电压(V)		试验时间(min)	
300/500		2000		5		500		2000		5	
600/1000		3500		5							
(10)绝缘和护套物理机械性能试验											
塑料绝缘和护套						塑料绝缘和护套					
1)原材料进厂试验						1)原材料进厂试验					
2)老化前后机械性能试验						2)老化前后机械性能试验					
3)80℃/6h 高温压力试验						3)无规定					
4)绝缘—15℃低温卷绕试验						4)无规定					
护套—15℃低温冲击试验											

21.1.2 电线电缆用途

电线电缆的主要用途是电力传输、电气通信和绕制电气装备用的线圈或绕组。

1. 用于电力传输

电线电缆将电厂(站)发出的电能经过远距离或近距离输送,分配到各生产单位及其它用电客户中,将发电厂(站)变电站、配电站和用电单位及客户连接起来,组成一个电能传输、分配体系,从而实现电力输配任务,这就是电力系统。

2. 用于电气通信

通过各种类的高、低频的长途或短途通信电缆、市内电话电缆、架空通信明线、广播电视和控制信号电路,在全国各省市、地区、单位之间、单位内部传输各种通信电路,组成一个通信信号传递系统,完成通信任务。

3. 用于电机、电器及各种电工装置的线圈或绕组

各种电机、电器、电 1 装置和通信设备等都有线圈绕组,它们均是电气装备的心脏部分,是电能与机械能等其它能量进行转换的枢纽部分,它们就是用电磁线绕制而成的

21.1.3 电线电缆的分类

目前电线电缆的种类很多,计有十多个大类,数十种规格,但综合产品的性能、结构和使用特点,一般可将电线电缆产品分为五大类,即裸电线、电磁线、电力电缆、电气装备用电线电缆、通信电线电缆

1. 裸电线

没有绝缘的电线,即为裸电线,也叫裸导体。它是电线电缆产品中最基本的大类产品,按产品的形态结构和用途,又可分为圆线、架空用绞线、软接线、型线等四个系列

2. 电磁线

它主要用于电器、电机、电工仪表中的线圈或绕组,实现电磁能量转换的电线,也叫绕组线,它包括具有各种特性的漆包线、绕包线、无机绝缘电磁线和特种电磁线

3. 电气装备用电线电缆

各种电气装备和电源之间连接的电线电缆,电气装备内部的安装线,控制、信号系统用的电线电缆,低压电力系统内用的绝缘电线等都属于电气装备用电线电缆

4 电力电缆

用于输配电的电缆叫电力电缆。通常把 35kV 以下电压级的电缆称之为中、低压电缆,把大于或等于 110kV 的电缆称之为高压电缆。中、低压电缆主要有油浸纸绝缘电力电缆、橡皮绝缘电力电缆、聚乙烯塑料绝缘电力电缆、交联聚乙烯绝缘电力电缆等。高压电力电缆有自容式充油电缆、钢管充油电缆

5. 通信电线电缆

传输电信用的电线电缆称之为通信电线电缆。它主要用于市内或局部地区通信网络的市内电话电缆,用于长距离城市之间的通信电缆(长途对称通信电缆、同轴通信电缆)以及局部用的各种通信电线

21.1.4 电线电缆的基本结构与材料

电线电缆一般是由导体、绝缘层和保护层三部分组成

1. 导体

它的作用是传送电流。导体在有绝缘层的产品中又称导电线芯。导体应具有下面的性能:有高的导电性,有定的抗拉强度和伸长率,有好的耐腐蚀性及便于加工制造,易于焊接。导体的材料常用铜和铝

2. 绝缘层

它的作用是将导体与相邻导体以及保护层隔离。用作绝缘层的材料有橡皮、油浸纸、塑料和某些纤维材料。还有新发展起来的交联乙烯绝缘材料

(1)绝缘用橡皮

电线电缆绝缘用橡皮的分类见表 21-6。

表 21-6 绝缘用橡皮的分类

名 称	型 号	含胶量(%) 不小于	名 称	型 号	含胶量(%) 不小于
甲种绝缘橡皮	XJ-40	40	丁基绝缘橡皮	XJD 40	40
乙种绝缘橡皮	XJ 35	35	乙内绝缘橡皮	XJF 40	40
丙种绝缘橡皮	XJ 30	30	硅橡胶绝缘橡皮	XJG 60	60
户外绝缘橡皮	XJW 35	35	氯磺化聚乙烯绝缘	XJYH 40	40
乙种耐热绝缘橡皮	XJR 35	35			

(2) 绝缘用塑料。

电线电缆绝缘用塑料有聚氯乙烯、聚乙烯、泡沫聚乙烯、交联聚乙烯、氟塑料。绝缘用聚氯乙烯塑料的分类、性能要求及用途见表 21-7。

表 21-7 绝缘用聚氯乙烯塑料的分类、性能要求和用途

类 型	性 能 要 求	使用温度 (°C)	主 要 用 途
绝 缘 级	电绝缘性能较好,有一定耐热性、柔软性	65	通信、控制、信号及低压电力电缆绝缘
普通绝缘级	有一定的电绝缘性能,较好的柔软性及耐大气性,价廉	65	室内固定敷设的电线、护套软线、500V 农用电缆绝缘以及仪表安装线绝缘
耐热绝缘级	有软佳的耐热老化性和耐热变形性,电绝缘性能较好	80 105	要求耐热较高的船用电缆、航空导线、电力电缆及安装用线的绝缘
高电性能绝缘级	较佳的电绝缘性能,绝缘电阻高,介电性能好,有一定的耐热性	65	电压为 6~10kV 级电力电缆的绝缘
耐油耐溶剂绝缘	具有较高的耐油性、耐溶剂性和柔软性	65	用于接触油类和化学物质的电线电缆绝缘

(3) 油浸纸。

它是我国在电力电缆中应用较广泛的绝缘材料。它是由电缆纸经浸绝缘浸渍剂构成的,电缆纸分为普通纸和高压电缆纸。普通电缆纸的型号为 DLZ-08, DLZ-12, DLZ-17。高压电缆纸型号为 GDL-030, GDL-045, GDL-075, GDL-125, GDL-175。

油浸纸绝缘浸渍剂按其粘度可以分为两大类。一类是粘度低,主要用在高压充油电缆的浸渍剂;另一类是粘度高,在电缆工作温度范围内不流动或基本上不流动的低压电缆浸渍剂。而低压电缆浸渍剂又可为两种,即粘性浸渍剂和不滴流浸渍剂两种。它们都是由低压电缆油配制而成的。充油电缆浸渍剂是由高压电缆油或由高压电缆油加一定的添加剂制成的。低压电缆油和浸渍剂的种类及基本性能见表 21-8。

表 21-8 低压电缆油和浸渍剂的种类及基本性能

类别	种类名称	用 途	主 要 成 分	基 本 性 能		
				粘 度	介质损耗角正切 $\tan\delta$	击穿耐电强度 (MV/m)
低电压电缆油	DL-1 石油质低压电缆油	35kV 以下电缆浸渍剂基油	用石油分馏截取 28 号轧钢机油馏份,经脱沥青、酚精制、脱蜡、白土精制等加工而成	100°C 时不小于 $25 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 50°C 时约为 $220 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$	100°C 原始为不小于 0.03, 150°C, 48h 老化后, 100°C 时, 测不小于 0.12	不小于 140
	DL-1H 合成低压电缆油	35kV 以下电缆浸渍剂基油用以取代石油质电缆油	由软蜡裂解成 α 烯烴,再聚合经白土处理而成	100°C 时不小于 $25 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 50°C 时约为 $220 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$	100°C 原始为不小于 0.03, 150°C, 48h 老化后, 100°C 时, 测不小于 0.12	不小于 140
低压电缆浸渍剂	粘性浸渍剂	浸渍 35kV 及以下粘性浸渍电缆绝缘	低压电缆油加松香,经熬制使之达到合适的粘度温度特性	1~10kV: 6.0~8.0°E (70°C 孔径 5mm) 20~35kV: 6.0~7.5°E (85°C, 孔径 5mm)	1~10kV: 60°C 时为 0.05, 40°C 时为 0.02 20~35kV: 60°C 时为 0.04, 40°C 时为 0.01	不小于 140
	不滴流浸渍剂	浸渍 35kV 及以下不滴流电缆绝缘	由低压电缆油加入松香、聚乙烯、地蜡(可不加)配制而成在工作温度下不流动的膏状物	滴点: $>100^\circ\text{C}$ 粘度: 130°C 时不小于 10°E	100°C 时不小于 0.3 60°C 时不小于 0.01	不小于 140

高压电缆油的种类和基本特性能见表21-9所示。

表21-9 高压电缆油的种类和基本性能

种类名称	用途	主要成分	基 本 性 能		
			粘 度	介质损耗角正切 $\tan\delta$	击穿电场强度 (MV/m)
DL-2石油质自容式充油电缆油 (低粘度油)	35kV 以上自容式充油电缆绝缘、附件浸渍填充用	系用石油分馏, 再经加工精制而成	0℃时: $25 \sim 50 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 20℃时: $8 \sim 18 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 50℃时: $3.0 \sim 6 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$	100℃原始为不小于0.0015; 115℃96h老化后为不小于0.004	不小于200
DL-2合成自容式充油电缆油	35kV 以上自容式充油电缆绝缘、附件浸渍填充用	采用十二烷基苯经提纯加工而成		100℃原始为不小于0.001 115℃96小时老化后不变	不小于240
DL-3钢管充油电缆油 (中粘度油)	110kV 及以上钢管充油电缆绝缘浸渍填充用	大多为聚丁烯油	0℃时: $2000 \sim 6000 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 20℃时: $340 \sim 1100 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 50℃时: $50 \sim 150 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$	100℃原始为不小于0.0005 115℃96h老化后为不小于0.001	不小于200
DL-4压力电缆油 (高粘度油)	110及220kV 压油或压气电缆绝缘及压力传递介质	丁烯油类, 或低压电缆油加粘度添加剂 (聚异丁烯等), 使之达到高粘度, 再提纯处理	50℃时: 不小于 $700 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 100℃时: 不小于 $72 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$	50℃原始为不小于0.0030 115℃96h老化后为不小于0.0070	不小于180

3. 保护层

保护层简称为护层。其作用为使电线电缆能够适应各种使用环境中的要求, 而在电线电缆的绝缘层外面所加的保护覆盖层。它主要是保护电线电缆在敷设安装和运行过程中避免机械损伤和由环境因素, 例如日光、生物、水、火等的破坏, 以保持长时期稳定的电气性能。它直接关系到电线电缆的使用寿命。

电缆一般用重型护层。主要有金属护层、橡塑护层、组合护层三大类, 特殊需要时, 可采用特种护层。而绝缘电线的护层一般比较简单, 经常用的有氯丁橡皮护套、聚氯乙烯塑料护套、薄层尼龙护套、玻璃纤维编织套等轻型保护层。

(1) 金属护层。

它是由金属护套 (内护层) 和外护层组成。完全不透水性是它的最大特点。它广泛地用在耐湿性小的油浸纸绝缘电力电缆中。

(a) 金属护套。

它可以防止水及其它有害物质进入绝缘内部, 以防绝缘油流失、绝缘层免受机械损伤。常用的有铝护套、铅护套和钢管等。

(b) 外护层。

它是金属护套外面的覆盖层, 起防蚀或机械保护作用, 一般由内衬层、铠装层、外被层三部分组成。内衬层在金属护套和铠装层之间; 铠装层在内衬层和外被层之间; 外被层在铠装层外面。内衬层的作用是起铠装衬垫和金属护层防蚀作用; 铠装层起抗压和抗拉的机械保护作用, 通常由钢带或钢丝构成; 外被层的作用是对铠装层起防蚀保护。

电缆外护层的型号及结构基本组成见表21-10。

表21-10 电缆外护层型号及结构基本组成

型号	保护对象	外 护 层 结 构		
		内 衬 层	铠 装 层	外 被 层
02	金 属 套	无	无	电缆沥青(或热熔胶)-聚氯乙烯套
03	金 属 套	无	无	电缆沥青(或热熔胶)-聚乙烯套
20	铅 套	电缆沥青-塑料带, 允许用: 电缆沥青-塑料带-浸渍纸带(或浸渍麻)-电缆沥青	双 钢 带	无
(21)	铅 套	电缆沥青-塑料带, 允许用: 电缆沥青-塑料带-浸渍纸带(或浸渍麻)-电缆沥青	双 钢 带	电缆沥青-浸渍麻-电缆沥青-防粘合涂料
22	金 属 套	电缆沥青-塑料带, 允许用: 电缆沥青-塑料带-浸渍纸带(或浸渍麻)-电缆沥青	双 钢 带	聚氯乙烯套
	非金属套	无		
23	金 属 套	电缆沥青-塑料带, 允许用: 电缆沥青-塑料带-浸渍纸带(或浸渍麻)-电缆沥青	双 钢 带	聚乙烯套
	非金属套	无		
30	金 属 套	电缆沥青-塑料带, 允许用: 电缆沥青-塑料带-浸渍纸带(或浸渍麻)-电缆沥青	单细圆钢丝	无
	非金属套	无		
(31)	铅套	电缆沥青-塑料带, 允许用: 电缆沥青-塑料带-浸渍纸带(或浸渍麻)-电缆沥青	单细圆钢丝	电缆沥青-浸渍麻-电缆沥青-防粘合涂料
32	金 属 套	电缆沥青-塑料带, 允许用: 电缆沥青-塑料带-浸渍纸带(或浸渍麻)-电缆沥青	单细圆钢丝	聚氯乙烯套
	非金属套	无		
33	金 属 套	电缆沥青-塑料带, 允许用: 电缆沥青-塑料带-浸渍纸带(或浸渍麻)-电缆沥青	单细圆钢丝	聚乙烯套
	非金属套	无		
(40)	铅 套	电缆沥青(或热熔胶)-聚乙烯套 允许用: 电缆沥青-塑料带-浸渍麻-电缆沥青	单粗圆钢丝	无
	非金属套	浸渍麻, 或无		
41	铅 套	电缆沥青(或热熔胶)-聚乙烯套, 允许用: 电缆沥青-塑料带-浸渍麻-电缆沥青	单粗圆钢丝	胶粘涂料-聚丙烯绳, 或电缆沥青-浸渍麻(或维尼纶绳)-电缆沥青-防粘合涂料
	非金属套	浸渍麻, 或无		

型号	保护对象	外 护 层 结 构		
		内 衬 层	铠 装 层	外 被 层
(42)	铅 套	电缆沥青(或热熔胶)-聚乙烯套, 允许用: 电缆沥青-塑料带-浸渍麻-电缆沥青	单粗圆钢丝	聚氯乙烯套
	非金属套	浸渍麻, 或无		
(43)	铅 套	电缆沥青(或热熔胶)-聚乙烯套, 允许用: 电缆沥青-塑料带-浸渍麻-电缆沥青	单粗圆钢丝	聚乙烯套
	非金属套	浸渍麻, 或无		
441	铅 套	电缆沥青(或热熔胶)-聚乙烯套, 允许用: 电缆沥青-塑料带-浸渍麻-电缆沥青	双粗圆钢丝	胶粘涂料-聚丙烯绳, 或电缆沥青-浸渍麻-(或维尼纶绳)-电缆沥青-防粘合涂料
	非金属套	浸渍麻, 或无		
241	铅 套	电缆沥青(或热熔胶)-聚乙烯套, 允许用: 电缆沥青-塑料带-浸渍麻-电缆沥青	双钢带- 单粗圆钢丝	胶粘涂料-聚丙烯绳, 或电缆沥青-浸渍麻-(或维尼纶绳)-电缆沥青-防粘合涂料
	非金属套	浸渍麻, 或无		
2441	铅 套	电缆沥青(或热熔胶)-聚乙烯套, 允许用: 电缆沥青-塑料带-浸渍麻-电缆沥青	双钢带- 双粗圆钢丝	胶粘涂料-聚丙烯绳, 或电缆沥青-浸渍麻-(或维尼纶绳)-电缆沥青-防粘合涂料
	非金属套	浸渍麻, 或无		

注:1)对02型和03型,允许在电缆沥青和塑料套间加绕塑料带。

2)内衬层中的塑料带,也可采用塑料套。

3)441型、241型、2441型在每一铠装层间(钢带与钢带之间除外)应设置纤维材料间隔层。

4)在某些橡塑电缆产品中,保护对象也可能是电的缆芯,此时,22、23、30、32、33、40、41、42和43型应有塑料带绕包内衬层。

(2)橡塑护层。

由于它柔软轻便,所以在移动式电缆中应用较广泛,但是橡塑材料有透水性,所以只能在绝缘用高聚物的电缆中应用。它的结构比较简单,通常只有一个护套。一般是橡皮绝缘的电缆用橡皮护套或塑料护套,但塑料绝缘的电缆都用塑料护套。橡皮护套的特点是弹性、强度、柔韧性较高;塑性护套特点是耐药品性较好,价格便宜。护层橡皮分类如表21-11所示。

护层用聚氯乙烯塑料的分类、性能要求和用途见表22-12。

表21-11 护层橡皮的分类

名 称	型 号	含胶量 (%) 不小于	名 称	型 号	含胶量 (%) 不小于
甲种护套胶皮	XH-50	50	丁腈耐油护套橡皮	XHQ-40	40
乙种护套橡皮	XH-40	40	丁腈耐热护套橡皮	XHQ-R-40	40
甲种户外护套橡皮	XHW-50	50	氯磺化聚乙烯护套	XHYH-40	40

名 称	型 号	含胶量 (%) 不小于	名 称	型 号	含胶量 (%) 不小于
乙种户外护套橡皮	XHW-40	40	橡皮	XHE-50	50
甲种不延燃护套橡皮	XHF-50	50	乙丙护套橡皮	XHJ-50	50
乙种不延燃护套橡皮	XHF-40	40	绝缘型护套橡皮	XT-35	35
耐热不延燃护套橡皮	XHFR-40	40	垫芯橡皮	XD	
丁腈/聚氯乙烯耐油护套橡皮	XHY-40	40	导电橡皮		

注：户外护套橡皮中氯丁胶的用量不少于生胶用量的50%。

表21-12 护层用聚氯乙烯塑料的分类、性能要求和用途

类 型	性 能 要 求	使用温度 (°C)	主 要 用 途
普通护层级	有足够的机械强度,耐热,光老化性及耐寒性较好	65	橡皮及塑料电缆的护层和其它护层
耐寒护层级	具有较高的耐寒性,低温柔软性	65	户外及耐寒电线电缆护层
柔软护层级	具有较高的柔软性,较好的耐寒性	65	耐寒柔软的电线电缆护层
耐热护层级	耐热性能优良	80、105	耐热的电线电缆护层
耐油护层级	耐油耐化学药品好	65	与油类及化学药品接触的电线电缆的护层
易撕护层级	抗撕裂性低,敷设方便,价格低廉	65	室内固定敷设用绝缘电线的护层
防霉、防白蚁、 防鼠护层级	抗生物性好,防白蚁、防霉性好	65	热带及湿热地区用电线电缆护层

垂直敷设在水下、地下、竖井场合下,为了增加橡塑护层的强度,通常在橡塑护层中引入了金属铠装,铠装称为橡塑电缆的外护层。除了铠装外,外面还有一个塑料外套作为防蚀的外被层,这种结构叫做内铠装塑料外护层。内铠装塑料外护层上有内钢带铠装塑料外护层、内细钢丝铠装塑料外护层和内粗钢丝铠装塑料外护层三种结构。

21.2 裸 电 线

21.2.1 概述

它是一种没有绝缘的电线,它有几种分类方法:

- (1)按所用材料可分为单金属线、双金属线等。
- (2)按产品结构与用途可以分为圆单线、裸绞线、软接线和型线等四大系列。
- (3)物资部门将裸电线分为裸铝线、裸铜线、钢芯铝绞线、铜包钢线、铝包钢线、铝排扁线、铜排扁线、钢铝电车线等。

下面将介绍几种常用产品。

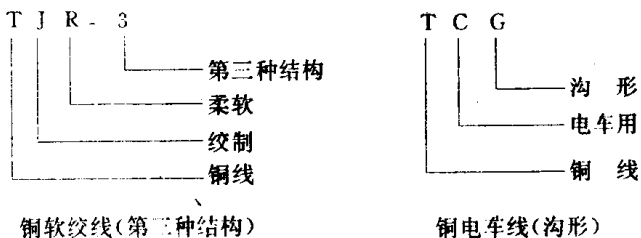
21.2.2 裸线的型号编制及其字母含义

汉语拼音字母在裸电线类产品型号中排列次序及表示的含义一般如表21-13所示。

表 21-13 汉语拼音字母在裸电线类产品型号中排列次序及表示的含义

类别、用途 (或以导体区分)	特 征			派 生
	形 状	加 工	软、硬	
T 铜线 L 铝线 T 天线 M 母线 C 电车用	Y 圆形 G 沟形	J 绞制 X 镀锡	R 柔软 Y 硬 F 防腐 G 钢芯	A 或 1 第一种 B 或 2 第二种 3 第三种

例如:



21.2.3 圆线

圆线又叫圆单线。按材料分有单金属线:圆铜线和圆铝线;合金线:铝合金线;双金属线:铜包钢线和铝包钢线等。

圆线可以单独使用,也可构成绞线,还可作为电线电缆的导体,构成各种线芯。

21.2.3.1 圆铝线(GB3955-83)

其标准规定与国际委员会的标准 IEC111 1959, IEC121 1960, IEC207 1966, IEC209 1966 的规定一致。它适合于制造电线电缆及电器电机用的圆铝线。

1. 型号、名称、规格(用标称直径表示)

见表 21-14。

表 21-14 圆铝线型号、名称、规格

型 号	名 称	状 态 代 号	直 径 范 围 (mm)
LR	软圆铝线	O	0.30~10.00
LY4	H4 状态硬圆铝线	H4	0.30~6.00
LY6	H6 状态硬圆铝线	H6	0.30~10.00
LY8	H8 状态硬圆铝线	H8	0.30~5.00
LY9	H9 状态硬圆铝线	H9	1.25~5.00

2. 机械性能

见表 21-15。

表 21-15 圆铝线的机械性能

型 号	直 径 (mm)	抗拉强度(N/mm ²)		断裂伸长率(%) ≥
		最小	最大	
LR	0.30~1.00		98	15
	1.01~10.00		98	20
LY4	0.30~6.00	95	125	
LY6	0.30~6.00	125	165	
	6.01~10.00	125	165	3

续表 21-15

型 号	直 径 (mm)	抗拉强度 (N/mm ²)		断裂伸长率 (%) ≥
		最小	最大	
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		

注:1N/mm²=0.102kgf/mm².

3. 圆铝线的电气性能

见表 21-16.

4. 外观质量

圆铝线表面光洁,不得有与良好工业产品不相称的任何缺陷.

5. 交货要求

交货应成盘或成圈,每盘或每圈应为一整根,不允许有焊接或
 组接处,但制造过程中铝杆和成品线模前的接头除外.

每盘或每圈铝线的净重应符合表 21-17.

表 21-16 圆铝线的电气性能

型 号	电阻率 $\rho_{20}(\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}) \leq$
LR	0.9280
LY4	0.028264
LY6	
LY8	
LY9	

表 21-17 铝盘或铝圈的净重量

标 称 直 径 (mm)	每根圆铝线重量(kg) ≥	短 段	
		重 量	交 货 数 量
0.30~0.50	1	不小于标准重量的 50%	不大于交货总重量的 15%
0.51~1.00	3		
1.01~2.00	8		
2.01~4.00	15		
4.01~6.00	20		
6.01~10.00	25		

6. 生产厂

圆铝线生产厂及各厂所生产的线径范围见表 21-18.

表 21-18 圆铝线生产厂及各厂所生产的线径范围(mm)

生 产 厂	线 径 范 围				
	LR	LY4	LY6	LY8	LY9
天津市电缆总厂					1.25~5.0
邯郸市电磁线厂	1.0~6.0	1.0~6.0	1.0~6.0	1.0~6.0	1.0~6.0
内蒙古电缆厂	1.01~10.0	1.01~6.0	6.01~10.0	1.01~5.0	2.51~5.0
赤峰电线电缆厂	1.37~10.0				1.5~5.0
哈尔滨电缆厂	0.3~10.0	0.3~0.6	0.3~10.0	0.3~5.0	1.25~5.0
沈阳电缆厂					1.5~5.0

表 115

厂名	线 号 范 围				
	TR	TY4	TY6	TY5	TY
沈阳电缆厂	1 6 (	1 3 6 0	1 3 ~ 6)	1 3 ~ 0	1 5 ~)
上海市电缆厂	1 2 ~ 6 (				~)
长春市电缆厂	1 6 0				1
无锡市电缆厂	1 (	1 ~ 5 0			
无锡电缆厂	1	1 3 (		1 0	)
上海电缆厂		71 0		(	1
浙江电力器材厂	(	3 6	(	(	(
芜湖电缆厂		3 (	(	5 0	
南昌电缆厂	(	3 ~ 6 0	(	(0	
厂用电电缆厂	1 ((	2 (	(	(3 ~ 0	
顺德电缆厂	6)	(	0)	1 (	
湖北塑料电缆厂		(	)	1 0 0	
武汉电缆厂	1)	0 ~ 6 (	~ 10)	(3 ~ 0	1 ~
湘潭电缆厂				0 3 ~ (	1 2
重庆电线电缆厂	~ 10 (	3 ~ 6 0	10 0	0 3 ~ 0	1 2 ~ (
四川电缆厂	10 (	3 ~ 6 (	10 0	0 5 0	1 2) (
贵阳电缆厂	1 33 (				1 5
昆明电缆厂	2 ~ 6 0	1 2 ~ 6 0			1 2
北海电缆厂	1 1 0	1 1 ~ 0			

21.2.3.2 电工圆铜线(GB3953-83)

本标准的规定与国际电工委员会 IEC 28-1925 的规定一致

适用于制造电线电缆及电器电机的圆铜线

1. 型号、名称、规格(用标称直径表示)

见表 21-19

2. 机械性能

见表 21-20

表 21-19 电工圆铜线型号 名称 规格

型 号	名 称	规格范围(mm)
TR	软圆铜线	(14
TY	硬圆铜线	14
TYT	特硬铜线	)

表 21-20 圆铜线机械性能

标称直径 (mm)	TR 型	TY 型		TYT	
	伸长率(%)	抗拉强度(N/mm ²)	伸长率(%)	抗拉强度(N/mm ²)	伸长率(%)
1.2	10	421			
1.6	10	421			
2.0	10	421			
2.5	10	413			
3.2	10	413			
4.0	20	413			
5.0	20	413			
6.3	20	413			
8.0	20	413			
10.0	20	413			
12.5	20	413			
16.0	20	413			
20.0	20	413			
25.0	20	413			
32.0	20	413			
40.0	20	413			
50.0	20	413			
63.0	20	413			
80.0	20	413			
100.0	20	413			
125.0	20	413			
160.0	20	413			
200.0	20	413			
250.0	20	413			
315.0	20	413			
400.0	20	413			
500.0	20	413			
630.0	20	413			
800.0	20	413			
1000.0	20	413			

续表 21-20

标称直径 (mm)	TR 型	TY 型		TYT 型	
	伸长率(%)	抗拉强度(N/mm ²)	伸长率(%)	抗拉强度(N/mm ²)	伸长率(%)
	不 小 于				
1.22	25	409	0.5		
1.31	25	408	0.6		
1.41	25	407	0.6		
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	433	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
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		
10.00	35	314	2.6		
10.60	35	307	2.8		
11.20	35	304	2.9		
11.80	35	294	3.1		
12.50	35	287	3.2		
13.20	35	279	3.4		

注:标称直径值介于表中所列紧邻两个数值之间时,采用较大标称直径值.

3. 圆铜线的电气性能

见表 21-21.

表 21-21 圆铜线的电气性能

型号	20℃电阻率 $\rho(\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}) \leq$	
	2.00mm 以下	2.00mm 以上
TR	0.017241	0.017241
TY、TYT	0.01796	0.01777

4 外观质量

它的表面应光洁,不得有与良好工业产品不相称的任何缺陷。

5. 交货规定

交货应成盘或成圈,每圈或每盘应为一整根,不允许有焊接接头,但制造过程中的铜杆和成品线模前的接头除外。

6. 每盘或每圈圆铜线的净重

如标称直径为6.00mm 以上的,可按双方协议的重量的交货,但直径为 6.00mm 以下的,应符合表 21-22。

表 21-22 每盘或每圈铜线的净重

标称直径 (mm)	每根圆铜线重量(kg) $\geq$		短 段	
	成 盘	成 圈	重 量	交 货 数 量
0.020~0.025	0.01			
0.030~0.040	0.03			
0.050~0.060	0.08			
0.070~0.100	0.15			
0.110~0.150	0.3			
0.10~0.250	0.5			
0.260~0.400	1.0		不小于标准重量的 50%	不大于交货总重量的 15%
0.410~0.600	2.5	2.5		
0.630~0.800	5	5		
0.820~1.000	10	10		
1.01~2.00	20	20		
2.01~4.00	40	40		
4.01~6.00	60	60		

6. 生产厂

圆铜线的生产厂及各厂生产直径范围见表 21-23。

表 21-23 圆铜线生产厂及各厂生产直径范围(mm)

生 产 厂	TR、TY	TYT	生 产 厂	TR、TY	TYT
天津市电磁线厂	1.41~1.99		温州市电线厂	0.10~1.70	
邯郸市电磁线厂	0.07~6.00		芜湖电缆厂	0.02~14.00	1.5~5.0
内蒙古电缆厂	0.15~6.00	1.5~5.0	南昌电缆厂	0.02~6.0	1.5~5.0
赤峰电线电缆厂	0.15~4.25		济南电磁线厂	0.018~5.00	
北京电线七厂	0.05~3.00		广州电缆厂	0.02~14.00	1.5~5.0
哈尔滨电缆厂	0.02~14.00	1.5~5.0	顺德电缆厂	0.1~6.0	1.5~5.0
哈尔滨市电线厂	0.01~6.00		湖北红旗电缆厂	0.1~6.0	
长春市电线厂	0.10~6.00		湖北塑料电线厂	0.1~1.0	
辽源市电线厂	0.20~6.00		武汉电线厂	0.02~14.00	
沈阳电磁线厂	0.10~3.00		湘潭电缆厂	0.05~14.00	1.5~5.0
沈阳铜线厂	0.31~3.00		重庆电线总厂	0.02~14.00	1.5~5.0
上海电缆厂	0.02~14.00		四川电缆厂	0.02~14.00	1.5~5.0
上海铜材厂	0.2~3.00		贵阳电线厂	0.05~5.00	
无锡电缆厂	0.10~4.00		昆明电缆厂	0.02~6.00	
常州市电线电缆厂	0.20~6.00		青海电线厂	0.05~2.80	
浙江电工器材厂	0.02~6.00	1.5~5.0	沈阳电缆二厂	0.02~10.60	1.5~5.0

21.2.4 架空用绞线

它是由多根圆线或型线绞合或嵌合而成的裸电线。它可以被制成较大截面的导线,以输配较大的电流,而且比较柔软和可靠,被广泛地用于电压为 380V~330kV 及以上各输电电路中。

裸绞线的品种较多,主要有铝绞线、钢芯铝绞线、铝合金绞线、钢芯铝合金绞线、钢芯铝包钢绞线、扩径钢铝绞线及硬铜绞线等。

21.2.4.1 铝绞线和钢芯铝绞线(GB1179-83)

铝绞线是由圆铝线绞制而成的。它的机械性能比其它绞线低,在受力不大、档距较小的一般配电线路中应用,还用于工矿企业和农村短距离配电线路中。

钢芯铝绞线的结构是内部为加强钢芯(单根或多根钢线),外面再绞上一层或数层圆铝线。按钢线与铝线的截面比例大小,即增强抗拉强度的程度,可以分为普通型、轻型、加强型三种。它的机械性能比铝绞线高,用于各种输电线路中。

钢芯铝绞线在有腐蚀性气氛场合中应用时会产生腐蚀而降低寿命,为此制成防腐型钢芯铝绞线。按其防腐的要求不同,分为轻防腐型、中防腐型、重防腐型三种结构。轻防腐型是在钢芯各层及钢芯表面涂防腐剂;中防腐型是除导线表面外,内部各层单线(包括钢芯)均涂防腐剂;重防腐型是在导线中各层和外表面均涂防腐剂,但外导线表面一般由施工单位在现场涂防腐剂。

1. 型号和名称

见表 21-24。

2. 弹性系数和膨胀系数

(1) 铝绞线的弹性系数和膨胀系数见表

22-25。

表 21-24 铝绞线和钢芯铝绞线型号、名称

型 号	名 称
LJ	铝绞线
LGJ	钢芯铝绞线
LGJF	防腐钢芯铝绞线

表 21-25 铝绞线的弹性系数和膨胀系数

单 线 根 数	最终弹性系数(实际值)		线 膨 胀 系 数 (1/°C)
	N/mm ²	kgf/mm ²	
7	59000	6000	23.0×10 ⁻⁶
19	56000	5700	23.0×10 ⁻⁶
37	56000	5700	23.0×10 ⁻⁶
61	54000	5500	23.0×10 ⁻⁶

注:1)弹性系数值的精确度为±3000N/mm²(±300kgf/mm²)。

2)弹性系数适用于受力在 15~50%计算拉断力的铝绞线。

(2) 钢芯铝绞线的弹性系数和膨胀系数(包括不同结构的铝钢截面比)见表 21-26。

表 21-26 钢芯铝绞线的弹性系数和线膨胀系数

结 构		铝钢截面比	最终弹性系数(实际值)		线膨胀系数(计算值) (1/°C)
铝	钢		(N/mm ²)	(kgf/mm ²)	
6	1	6.00	79000	8100	19.1×10 ⁻⁶
7	7	5.06	76000	7700	18.5×10 ⁻⁶
12	7	1.71	105000	10700	15.3×10 ⁻⁶
18	1	18.00	66000	6700	21.2×10 ⁻⁶
24	7	7.71	73000	7400	19.6×10 ⁻⁶
26	7	6.13	76000	7700	18.9×10 ⁻⁶
30	7	4.29	80000	8200	17.8×10 ⁻⁶
30	19	4.37	78000	8000	18.0×10 ⁻⁶