

# 电 力 电 纜

郑 肇 骥 編

中 国 工 业 出 版 社

本书介绍电力电缆的构造、敷设、试验、运行、维护，并着重阐述电缆的电场、电缆接头和终端头的绝缘计算和设计、最常见的接头和终端头的制作法，以及电缆线路故障的测寻法，最后一章说明电缆工作的保安措施。全书以实用为主，故涉及计算部分都有实例，表明公式的实际应用。附录中所列绝缘胶、焊剂等的配制法也有实用价值。

本书可作为技工培训教材，也可供有关专业的现场工作人员参考。

## 电 力 电 缆

郑肇骥编

\*

水利电力部办公厅图书编辑部编辑（北京阜外月坛南营房）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第116号）

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本850×1168 $\frac{1}{16}$ ·印张9 $\frac{1}{16}$ ·字数239,000

1963年4月北京第一版·1963年4月北京第一次印刷

印数0001—3,730·定价(10-5)1.30元

\*

统一书号：15165·1263(水电-231)

## 編者的話

本书原为电气工人丛书之一，于1958年10月出版，是为了适应电气工人和初級技術人員的技術学习与工作需要而編写的。当时由于篇幅所限，书中內容仅概括地介紹了有关电力电纜的构造、性能、安装和試驗方法以及运行維護方面应注意的一些問題。至于較具体的施工方法、試驗标准和接头設計尺寸的計算等則談得很少。因此还不能滿足从事电纜专业工作人員的需要。現在，为使該书更能适合技工培訓以及有关专业初級技術人員参考之用，对原书进行了改編。在这次改編时，除充实原有各章节外，另增添了电纜的电場、电纜接头和終端头的設計、电纜接头和終端头的絕緣計算及电纜工作的保安措施等四章，使內容更切合实用。书中对于較深的理論分析和公式的推演均予略去；所引用的計算公式大部分附有实例，可供現場实际工作参考。

此次改編承王焜明同志校对整理并提供宝貴意見，附此志謝。

編者

1962年6月于北京

## 目 录

編者的話

第一章 概說.....	1
1-1 電纜的簡單历史.....	1
1-2 電纜的用途及其优缺点.....	2
第二章 電纜的构造.....	3
2-1 電纜构造的主要部分.....	3
2-2 不同型式的電纜构造及其优缺点.....	12
2-3 各种电力電纜的牌号及其应用范围.....	21
2-4 電纜构造质量的檢查.....	23
第三章 電纜的敷設.....	30
3-1 電纜綫路的选择.....	30
3-2 電纜敷設的方法.....	31
3-3 敷設電纜拉引力量的計算.....	45
3-4 在寒冷季节敷設電纜的措施.....	50
第四章 電纜的电場.....	52
4-1 单芯電纜的电場.....	52
4-2 分阶絕緣的单芯電纜的电場.....	55
4-3 統包型三芯電纜的电場.....	58
第五章 電纜接头和終端头的設計.....	65
5-1 電纜接头和終端头的作用及其基本要求.....	65
5-2 電纜接头的設計.....	66
5-3 電纜終端头的設計.....	79
5-4 電纜終端盒的种类及其不同型式的优缺点.....	83
第六章 電纜接头和終端头的絕緣計算.....	95
6-1 接头和終端头絕緣計算的一般理論.....	95
6-2 屏蔽型電纜接头的絕緣計算.....	96
6-3 統包型電纜接头的絕緣計算.....	106
6-4 電纜終端头的絕緣計算.....	114
第七章 35千伏及以下電纜接头和終端头的制作.....	116

7-1	接头和終端头制作的一般要求	116
7-2	電纜接头和終端头剝切尺寸的決定	120
7-3	接头和終端头制作的一般施工方法	124
7-4	電纜接头工作时应注意的事項	144
<b>第八章 電纜載流量的確定</b>		157
8-1	電力電纜的最高容許溫度及其周圍溫度	157
8-2	電力電纜容許連續載流量的確定	159
8-3	電纜短期過負荷和短路容量的計算	173
8-4	用圖解法選擇電纜的截面積	177
<b>第九章 電纜的試驗</b>		187
9-1	電纜試驗的種類和目的	187
9-2	導體直流電阻的測量	189
9-3	電容的測量	192
9-4	正序阻抗及零序阻抗的測量	198
9-5	絕緣電阻的測量	200
9-6	介質損失角的測量	203
9-7	交流耐壓試驗	209
9-8	直流耐壓試驗	212
9-9	絕緣的加速老化試驗	219
<b>第十章 電纜綫路故障的原因分析及防止對策</b>		222
10-1	故障的定義和分類	222
10-2	故障情況的檢查和資料的收集	222
10-3	故障原因的分析	224
10-4	接头及終端头的常見故障	227
10-5	防止電纜事故的基本措施	229
<b>第十一章 電纜綫路故障測尋的方法</b>		231
11-1	故障性質的確定	231
11-2	低電阻接地或短路故障的測尋	232
11-3	高電阻接地或短路故障的測尋	240
11-4	完全斷綫故障的測尋	241
11-5	不完全斷綫故障的測尋	243
11-6	斷綫并接地故障的測尋	243
11-7	閃絡性故障的測尋	244

11-8	声测试驗	246
<b>第十二章</b>	<b>控制电纜</b>	<b>249</b>
12-1	控制电纜的結構及型式	249
12-2	控制电纜的安装	250
<b>第十三章</b>	<b>电纜的运行、維護与技术管理</b>	<b>252</b>
13-1	电纜綫路的运行	252
13-2	电纜綫路的維護	258
13-3	电纜綫路的技术管理	259
<b>第十四章</b>	<b>电纜工作的保安措施</b>	<b>263</b>
14-1	电纜敷設工作	263
14-2	电纜接头的安装和修理工作	265
14-3	入井, 隧道和水上工作	267
14-4	电纜的試驗工作	268
<b>附录一</b>	<b>銅芯电纜容許載流量及矫正因数</b>	<b>270</b>
<b>附录二</b>	<b>常用的电纜接头和終端头材料单</b>	<b>274</b>
<b>附录三</b>	<b>电纜接头用的絕緣胶和絕緣帶的性能要求</b>	<b>279</b>
<b>附录四</b>	<b>絕緣胶的配制</b>	<b>281</b>
<b>附录五</b>	<b>聚氯乙炔手套的制造方法</b>	<b>282</b>
<b>附录六</b>	<b>紅胶漆、密陀僧胶合剂及无酸松香焊剂的配制</b>	<b>284</b>

# 第一章 概 說

## 1-1. 電纜的簡單历史

電纜的使用，远在 150 年前就已开始。最初是用于電訊和炸矿方面。1812 年俄国科学家 И. И. 雪令格第一个試驗成功用橡皮帶絕緣的電纜埋在涅瓦河底来引爆炸矿，以后据說他又在慕尼黑附近的伊薩江中安装了一条通訊電纜。此后英、美、德各国也相继創造了一些不同形式的原始電纜，其中包括把銅綫裝在玻璃管中，以及用松香、洋干漆、瀝青等来浸漬紗麻，包在導綫外面作为絕緣。橫越美国紐約港的水底通訊電纜是用橡皮絕緣的，外面用黃麻和瀝青保护，在 1842 年投入运行。1866 年橫越大西洋的海底電纜是用馬來樹膠絕緣的，外面裝了鉄絲裝甲。到 1879 年白熾電灯出世之后，電纜在電力方面的使用才开始了新阶段。高压電力電纜的发展約在 1890 年开始；这时英国的 10 千伏单相電纜在倫敦安装成功，这条電纜的导体是由两根同心銅管組成，两管之間和管子外面用浸漬过的紙絕緣包繞，然后穿入鉄管中，經压紧后埋入地下。每段電纜长 6 米，用接头連接起来，全长約 50 公里。此后不久，鉛包銅絞綫的電纜也开始制造了。自 1890 年到 1910 年的二十年間，電纜技术沒有很大进步，20 千伏的三芯電纜在 1910 年以后才逐漸普遍使用，而 35 千伏的電纜則在第一次世界大战时才开始制造。那时虽然对于高的电压采取了加厚絕緣的办法，但是由于对三芯統包型電纜在設計上的一些缺点沒有充分加以估計，所以造成了很多故障。这种缺点直至屏蔽型電纜发明之后才得到解决。到目前为止，所有高压和超高压的電纜都仍旧采用这种型式，它是德国科学家 M. 霍斯司特达在 1914 年发明的，因此常用他的名字首一个字母 H 来代表它。至 1923 年苏联工程师 C. M. 布拉根和 C. A. 雅可夫列夫又进一步創造了分相鉛包電纜，它除

了具有与屏蔽型同样的优点外，还有很多其他的优点。这种电缆在欧美各国常常叫做HSL型，其中SL两字即是分相铅包的意思。

## 1-2. 电缆的用途及其优缺点

在电力工业和有线电讯工程中，电能的传送必须依赖金属导体，这些导体通常叫做电线。电力工业中，虽然在发电和送电部分还有很多其他设备如发电机、变压器、开关、刀闸、保险等，但是电线的投资一般要大大超过这些设备中任何一个项目，因此电线的设计和运用就具有特殊的意义。不仅如此，电线的分布遍及于城市的每个角落，对于公共的安全也有重大关系。在建筑物与居民密集的地区，交通道路两侧地位有限，不允许架设杆塔和输电线，在这种情形下就必须采取其他方式来放置电线。同样，在发电厂和变配电所中，要引出很多的架空线路，往往也因地位不够受到限制。这些问题都需要一种既安全可靠又节省地位的电线来取得解决，这就是电缆的主要作用。电缆的导线和架空导线起着同样的送电作用，但是它的绝缘是用比较空气好得多的绝缘材料，所以能够大大减少线与线间的距离。由于电缆的技术日新月异，制造质量不断提高，应用的范围亦随之日广。

电缆和架空线比较，有次列的优点：（1）供电可靠，不受外来扰乱的影响例如雷击、风害、挂冰、风筝和鸟害等，架空线路常见的断线、倒杆、瓷瓶闪络和破碎以及因导线摆动所造成的短路和接地事故等也不存在；（2）对公众比较安全；（3）不需在路面架设杆塔和导线，使市容整齐美观；（4）不受路面建筑物的影响，易于在城市中供电给工业地区；（5）运行简单方便，维护工作少，费用低；（6）电缆的电容有助于提高功率因数。

电缆虽然有上述的优点，但也有缺点：（1）成本昂贵，投资费用大，约为架空线的10倍；（2）敷设后不易更动，不适宜于临时性的使用；（3）线路分支不易；（4）寻找故障困难，不能象架空线一样可以看见；（5）修理费时间，费用大；（6）需要受过特别训练的电缆技工。



## 第二章 電纜的構造

### 2-1. 電纜構造的主要部分

電纜的構造主要包括三個部分，即導體、絕緣層和保護包皮。導體是用以傳導電流的通路，它必須具有高度的導電性以減少電力在綫路上的損耗；絕緣層是用以隔離導體使與其他導體以及保護包皮互相隔離，它必須經久耐用，有一定的耐熱性能，保持絕緣質量不變；保護包皮是用以保護絕緣層使其在運輸、敷設和運用中不受外力的損傷和水分的侵入，它具有一定的機械強度，並且在油浸紙絕緣電纜中，還有防止絕緣油外流的作用。

**導體** 銅是製造電纜導體最常用的金屬，這是因為它的導電性好，導熱率高，而且易于冷加工使其變形以適應製造的要求。除了純銀之外，銅的導電系數最高，鋁約為銅的62%左右。但因為鋁的比重輕，在運輸上和敷設上有一定的便利，所以也常被採用，尤其是在第二次世界大戰後數年中，銅的價格不斷上漲，影響製造成本，鋁的使用就更加多了。由於鋁的導電系數較銅為低，在同樣的長度和電阻下，鋁制導體的截面積約為銅的1.65倍。換言之，即輸送相同的容量時，其直徑與銅制導體之比為 $\sqrt{1.65}:1$ 或1.28倍，結果使絕緣和保護包皮的材料都相對的加多，電纜總的外徑也加大了。銅和鋁的比重分別為8.89及2.70，如果按同樣長度和相等電阻的情況計算，則銅的重量約為鋁的兩倍，所以就裸電纜而言，假如鋁和銅價格之比不大于2，則採用鋁綫較為經濟。

導體一般是由多股的小綫絞合而成，這樣可以增加電纜的柔軟性，允許在一定程度內的彎曲而不變形，以保證製造工藝和安裝敷設的可能性。電纜的可曲性大約和絞綫數目的平方根成正比，絞綫愈多彎曲愈易；但是電纜的可曲性同時也受到外面保護包皮的限制，所以絞綫過多往往會徒然增加製造上的困難，對於

可曲性仍是无补于事。因此在制造不同标称截面的导体时，都规定了一定的绞线股数。导线的绞合一般分为数层，为了使绞合均匀，防止扭歪现象，各层扭绞的方向是左右相反的，如图 2-1 所示。这样，可以使每层导线都有相对固定位置，不易散开，而且当遭受弯曲时，每层导线的伸长程度也相同。

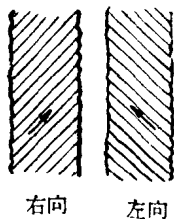


图 2-1 导体的扭绞方向

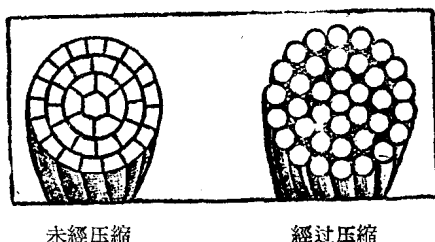


图 2-2 圆形缆芯导体

导体的形状有圆形、半圆形和扇形三种基本型式。圆形导体的绞线排列方式如图 2-2，其单线根数可用下式表示之：

$$K = 1 + 6 + 12 + 18 + 24 + \dots + 6n + 6(n+1) + \dots, \quad (2-1)$$

式中  $K$  = 单线根数； $n$  为整数。

如果知道导线的层数，则可用下式求出单线根数：

$$K = 3N(N - 1) + 1, \quad (2-2)$$

式中  $N$  = 导线层数。

半圆形和扇形的绞线排列方式如图 2-3 及 2-4，其单线根数与导体标称截面的关系列于表 2-1 中。

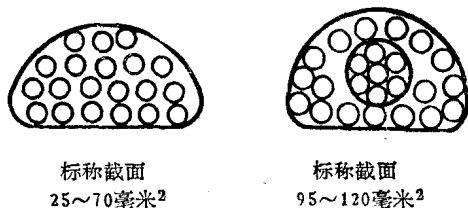


图 2-3 半圆形导体

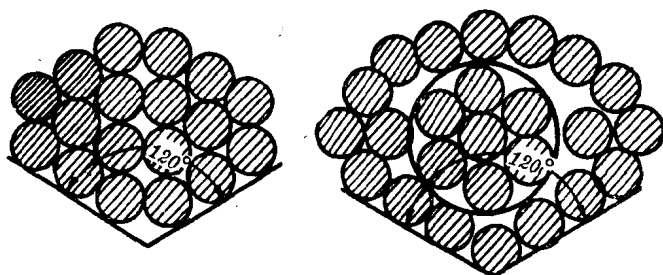
标称截面25~95毫米<sup>2</sup>标称截面120~240毫米<sup>2</sup>

图 2-4 扇形导体

表 2-1 导体的单线根数与标称截面的关系

导体型式	导体标称截面 (毫米 <sup>2</sup> )	导体的单线根数
半圆形	25~70	7+13
	95~120	1+6+2+15
	150	1+6+2+15+21
扇形	25~95	6+12
	120	1+6+2+16
	150~240	1+6+2+15+21

为了缩小导体的外形尺寸，节省制造材料和减轻电缆重量，导线在绞合后还需经过轧轮紧压，使单线间的空隙减少。由于这些空隙的存在，导体的标称截面要比由它的外圆所包含的面积为小；这两个面积的比，通常叫做填充系数。圆形导体一般是不压缩的，其填充系数接近于0.75；半圆形和扇形导体多半是压缩的，填充系数约为0.82。

制造电缆导体用的铜线和铝线与架空用的硬拉导线不同，它必须经过韧炼以恢复其可延性和导电性。铜线和铝线的主要电气和机械性能列于表2-2。

导体的截面积各国的标准不同，苏联和我国制造的电缆均采用下列标准截面积：

0.75；1.0；1.5；2.5；4；6；10；16；25；35；50；70；95；120；150；185；240；300；400；500；625；800；1000毫米<sup>2</sup>。

表 2-2 銅綫和鋁綫的主要电气和机械性能

銅	綫	鋁	綫
在20°C时单位 电 阻 值 (欧姆·毫米 <sup>3</sup> /米)	拉断强度， 不 低 于 (公斤/毫米 <sup>2</sup> )	在20°C时单位 电 阻 值 (欧姆·毫米 <sup>2</sup> /米)	拉断强度， 不 低 于 (公斤/毫米 <sup>2</sup> )
0.01754	26~28	0.0295	8.0

单芯电纜的导体截面，一般自1.5至800平方毫米，双芯的自1.5至150平方毫米，三芯的自1.5至240平方毫米，四芯的自2.5至185平方毫米。用于低压的四芯电纜中，有一根綫芯其截面为另外三根綫芯的40~60%，这是用于连接三相交流电网的中性点的。

各种不同电压的电纜并不全部按照上列的截面积来制造。截面积在35平方毫米以內的规定可用单根导綫，不必用絞綫。垂直敷設用的干絕緣电纜，使用单根导綫的截面积还可适当地加大，以簡化制造手續和降低成本。

**絕緣层** 制造电纜用的絕緣可分为均匀质的和纖維质的两类，前者包括橡胶、瀝青、聚乙烯、聚丁烯等，后者包括棉、麻、絲、綢、紙等。这两类材料的差异从絕緣的质量方面來說，主要在于吸收水分的程度不同。

均匀质的絕緣具有高度抗潮性，不需要外面的金属保护包皮，但这类材料很容易受空气，特别是热空气，和光綫的直接影响而变坏。橡胶絕緣遇到汽油，煤油以及其他油类和它們的化合物时很快会被损坏。橡胶絕緣的耐热性差，所以容許的运用温度較低，在高电压下它容易受电量作用产生罅裂，因此到现在为止，用这类材料制造的电力电纜，最高电压还很少超过10千伏。它的使用大半限于小的低压配电綫、路灯、信号、操作綫路等。这类电纜的可曲性比較好，能够在严寒的气候下敷設，因为电纜内部沒有浸漬絕緣剂，所以特別适用于垂直安装。

纖維质的絕緣极易吸收水分，使絕緣性能完全遭受破坏，因

此它必須借外面的包皮來防止水分的侵入。為了提高絕緣質量，這類材料必須除去所含水分并用適當的絕緣劑加以浸漬。電力電纜，特別是高壓的，大多採用浸漬紙絕緣，這是因為它和其他絕緣比較具有下列優點：（1）價格便宜；（2）耐熱能力強，經常運用溫度可達 $90^{\circ}\text{C}$ ；（3）介質損耗低，耐壓强度高；（4）經久耐用，一般可使用50年左右；（5）不易受電暈的氧化作用，適宜于製造高壓電纜。

浸漬紙絕緣電纜的可曲性比較差，而且不能在低溫時敷設，否則絕緣會受損傷。由於絕緣層內浸漬絕緣劑的流動，一般不宜作兩端水平位置相差過大的傾陡或垂直安裝。

製造紙絕緣電纜所用的紙，從前多採用馬尼拉紙，主要由舊繩索的纖維物體制成；這種材料現在已很少用，而改用質量較好的木漿紙或硫酸鹽紙漿製成。木漿紙是用化學方法將各種木材製成漿液，除去其中不穩定的成分後製成的。

紙帶的厚度有下列三種標號：

K-08，標稱厚度0.08毫米，公差 $\pm 0.005$ 毫米；

K-12，標稱厚度0.12毫米，公差 $\pm 0.007$ 毫米；

K-17，標稱厚度0.17毫米，公差 $\pm 0.010$ 毫米。

電纜用的紙在製造過程中不可使用膠料，在漂白和烘乾方面亦有一定的限度，否則會影響其電氣特性和使用壽命。良好的電纜絕緣紙必須符合下列要求：

1. 機械強度好，各種標號的紙均應能承受不低於2000次的反復曲折，15毫米寬，250毫米長的紙帶，其拉斷強度應不低於表2-3中所示之值；

2. 雜質少，在1克紙中換算到NaOH的含灰量應不超過0.35%，鹼質應不多於0.0005克，水溶性硫化物應不多於0.15%；

3. 紙的緊密度用它的空氣透過度來表明，其透氣度應不大於25毫升/分；

4. 紙的含濕度應在6~9%的範圍內；

5. 紙的纖維要長並具有良好的浸透性使易於吸收浸漬的油

表 2-3 紙帶的拉斷強度

紙的標號	拉斷強度 (公斤)	
	縱向 (沿紙帶長度的方向)	橫向 (橫截紙帶長度的方向)
K-08	9.0	4.5
K-12	16.0	7.0
K-17	22.0	11.0

劑。

浸漬紙絕緣用的絕緣劑一般是由油和松香混合制成的。油有下列兩類：

(1) 礦物油如石油、汽缸油、變壓器油等；(2) 植物油如松脂油、木松脂、樹膠松脂等。礦物油類採用較為廣泛，主要有白蠟型和焦油腦型二種。前者屬於開鏈式的碳氫化合物，後者則屬於閉鏈式的。浸漬電纜的油應潔淨而不含酸、鹼、水及其他雜質。目前用於製造電纜的油，除了超高壓的充電電纜僅用純變壓器油外，一般多採用航空油，主要的是亮油料，它具有列於表 2-4 的特性。

表 2-4 亮油料的特性

項 目	標 准
粘度	
在 70°C 時	不小於 13°D (恩格列爾)
在 100°C 時	不小於 3.5°D
閃點	不低於 240°C
凝點	不高於 -10°C
灰分	不大於 0.005%
膨脹係數	0.0006~0.0008/°C
介質損失角正切 (在 100°C 時)	不大於 0.03
單位體積電阻 (在 80°C 時)	不小於 $2 \times 10^{11}$ 歐姆·厘米
電氣強度 (在 20°C 及電極間距離為 2.5 毫米時)	不小於 14 千伏/毫米

在沒有航空油时，也可以使用其他洁淨的矿物油，例如机器油，但是用这种油时需要換入較多的松香，因而会降低浸漬絕緣剂的性能。

制造浸漬絕緣剂用的松香，目前还没有規定的标准，但一般要求基本上可以归納如表2-5所示。

表 2-5 松香的一般特性

項 目	要 求
顏色	透明，相当于标号H, J, K, M
軟化点	不低于70°C(克里米尔-沙尔諾夫法)
酸值	不小于165毫克KOH/克
揮发量(与蒸气一起驅走的)	在50克松香中不多于0.1立方厘米
在石油醚中不溶解量	不大于 2%(10千伏及以下电纜) 1.2%(20~35千伏电纜)
灰份	不大于0.05%
机械杂质	不大于0.1%
水份	不多于0.5%
介质損失角正切(在120°C时)	不大于14%
单位体积电阻(在120°C时)	不小于 $8 \times 10^{10}$ 欧姆·厘米(10千伏及以下电纜) $2 \times 10^{11}$ 欧姆·厘米(20~35千伏电纜)

为了使紙絕緣能够得到充分的浸漬，一般质地松的紙可用粘度較高的絕緣剂，质地密的紙則須用粘度較低的絕緣剂；但不論在那一种情况下，粘度都不应因温度的增高而降低得太快。合乎理想的是在浸漬紙絕緣的过程中(105~130°C)，絕緣剂的粘度要很低，使易于浸漬，而在电纜最高容許运用温度下，它仍保持相当的粘度，使不会在电纜内部流动过易。

除了对粘度的要求外，浸漬絕緣剂还必须具有良好的潤滑性，以减少电纜在弯曲时紙絕緣受损伤，同时并应符合次列电气性能和稳定性的要求：(1)介质損失低；(2)不易氧化；(3)不易受外物染污；(4)不易产生气体游离。

欧洲各国制造的电纜多采用松香与矿物油的混合剂，約含15~30%的松香。美国则认为松香对介质損失不利，故多改用质量

較厚的純石油。

**保护包皮** 为了保护絕緣使不受损伤起見，电纜外面都有保护包皮。各种电纜所用的保护包皮不尽相同，胶皮絕緣电纜的包皮主要目的在于防止光綫、空气和机械的損害，浸漬紙絕緣电纜的包皮則必須是防水的，同时也防止浸漬絕緣剂外流和机械的損害。鉛在很早以前就被认为是最好的包皮材料，这是因为：(1) 它的熔化点低，在制造过程中不会使紙絕緣过热而损坏；(2) 韌性好，质軟，不影响电纜的可曲性；(3) 化学性能呆鈍，不易受酸碱等的化学作用。鉛质柔軟对于压制鉛包固然是有利的条件，但从电纜运行方面來說，它是不利的。因为浸漬絕緣剂的膨脹系数比鉛大7~8倍(表2-6)当电纜載荷时，温度增加，絕緣剂比鉛膨脹得快，使电纜内部产生压力，造成鉛包的过度伸展，不能够随温度的下降而回复至原来的状况，結果造成电纜内部的空隙，以致发生游离作用，最后使絕緣崩潰。鉛制保护包皮用于单芯电纜时，还有一个缺点，就是当交流电流通过导体时，产生磁力綫，使鉛包产生感应电压，如果电纜两端鉛包接地，則在鉛包上将有电流循环，結果使电纜温度增加，限制了載流量。在某些特別严重的情形下，可能影响載流量达50%以上。如果鉛包不接地或仅有一端接地，則所产生的感应电压可能危及人身的安全。鉛包电纜埋在地下时，还必须注意避免受直流杂散电流的作用而发生腐蝕。虽然鉛包皮有着上述这些缺点，但至今还没有更好的材料可以代替它。最近几年很多国家都在試用鋁和各种塑胶来制造电纜包皮，这些新技术还在繼續研究和发展中，它对于改善电纜质量，降低成本，都有很大的好处，不仅可以大大减少鉛料的消

表 2-6 电纜結構材料的体积热膨脹系数

材料名称	体积热膨脹系数 (每°C)	材料名称	体积热膨脹系数 (每°C)
鉛	0.000085	紙	0.000090
銅	0.000050	浸漬剂	0.00065



耗，而且可以使電纜的重量大為降低。在很多情況下，還可以延長電纜的使用壽命，因為鋁和塑膠對於酸類的抵抗力比鉛強，而且耐震的能力也較好。

為了增加電纜鉛包的硬度和耐震性起見，在鉛料中常摻以極小量的錫、銻、銅、鈣及鎘等。經驗證明，這種鉛包對於防止腐蝕也有一定的幫助。鉛包外面包有一層或二層用克利蘇油或瀝青浸漬過的紙帶，也有用塗有橡膠的布帶或其他塑料帶，它可以防止水分及空氣與鉛包接觸發生化學腐蝕，所以叫做防腐帶。在有直流電流的地區，由於防腐帶增加了鉛包對周圍土壤的絕緣電阻，也減少了雜散電流對鉛包的電解作用。防腐帶外面有浸瀝麻帶可以避免鉛包受裝甲軋傷。裝甲的主要作用是防止電纜受外力損壞。裝甲有鋼絲的和鋼帶的二種，鋼絲裝甲能夠承受拉力，因此水底電纜及垂直敷設的電纜都用它。電纜最外層的麻帶和瀝青層是用來保護裝甲，使不易銹爛，保護層表面塗有白堊，這是為了避免電纜盤上各圈電纜粘在一起。

電纜用的麻是由大麻，亞麻，桔梗和其他纖維性材料的混合物制成的，按質量分為普通的和高級的兩種，前者用於保護層，后者則用作電纜芯間的填充物。目前採用的麻有次列三種號碼：0.3, 0.45 和 0.60(相當於英國的麻號№0.5, 0.75和1.0)，其主要特性見表 2-7。

表 2-7 電纜麻的主要特性

項 目	要 求	項 目	要 求
平均拉斷強度		按麻號的不均勻率	
№0.30	不小於17公斤	普通麻	不超過±10%
№0.45	不小於13公斤	高級麻	不超過±7%
№0.60	不小於9公斤	含麻皮量(按重量計)	
每米中的平均燃度		普通麻	不超過4%
№0.30	不大於55	高級麻	不超過2%
№0.45	不大於65	含濕度	不超過14%
№0.60	不大於75		