

中等專業學校教學用書

裸電線和油浸紙絕緣 電力電纜的制造

克拉索特金著



機械工業出版社

中等專業學校教學用書



裸電綫和油浸紙絕緣 電力電纜的制造

克拉索特金著

林必榛 趙允恭 郭敬親譯

蘇聯電器工業部教育司审定

為中等電機技術學校教科書



機械工業出版社

1956

出版者的話

本書中敘述了電綫和電纜的型式、標號及構造，材料和半製品，綫芯的絞合和絕緣，電纜的干燥和浸漬，電纜的包鉛，倉庫設施以及車間運輸。

最後還說明了電纜車間工藝部分設計的基本原則。

本書反映了蘇聯電纜工業的先進經驗。

本書可作為中級技術人員的參考書。

蘇聯 В. Н. Красотвин 著 ‘Производство голых проводов и силовых кабелей с бумажной пропитанной’ изоляцией (ГЭИ 1948 年第一版)

NO. 1170

1956 年 11 月第一版 1956 年 11 月第一版第一次印刷

850×1168¹/₃₂ 字數 175 千字 印張 7¹/₁₆ 0,001—4,000 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號 定價(10)1.10 元

目 次

序	6
緒言	7
第一章 裸綫和電力電纜的型式、標號及構造	9
1. 裸綫	9
2. 油浸紙絕緣電力電纜和控制電纜	12
1 標準電力電纜	13
2 控制電纜	17
3 特殊構造的粘性浸漬物電力電纜	18
4 充油電纜	21
第二章 材料和半制品	24
3. 導體材料	24
1 銅綫	24
2 鋁綫	25
4. 絕緣材料及保護層用材料	26
1 電纜紙	27
2 礦物油	29
3 松香	30
4 油及松香混和物的代用品	30
5 鉛	31
6 電纜麻	31
7 半瀝青和瀝青	32
8 裝設用鋼帶及鋼綫	33
第三章 絞合裸綫的制造工艺和絞綫設備	35
5. 單綫的復繞	35
6. 絞合方法	38
7. 絞合的工艺規程	40
8. 絞綫設備及絞合过程	48
9. 絞合过程的工艺計算和工艺文件	52
10. 絞綫时廢品的主要特征	57

第四章 电力电缆线芯的绞合和绝缘	60
11. 导电线芯的构造	60
12. 绞合圆形及成型线芯的制造工艺	63
13. 绝缘的制造工艺	67
14. 电缆纸的切割	75
15. 绝缘机和绞线绝缘机	77
16. 线芯绞合及绝缘过程的工艺计算和工艺文件	89
17. 线芯绞合和绝缘时废品的主要特征	95
18. 充油电缆线芯绞合和绝缘的特点	98
第五章 绝缘线芯的成缆	100
19. 绝缘线芯成缆的制造工艺	100
20. 纸绳的制造	106
21. 绝缘线芯成缆的设备	108
22. 成缆机的操作, 成缆过程的工艺计算和工艺文件	116
23. 绝缘线芯成缆时废品的主要特征	122
第六章 电缆的干燥和浸渍	125
24. 干燥和浸渍的效用。干燥时真空和温度的作用	125
25. 浸渍混和物的热煮	126
26. 电缆干燥和浸渍的制造工艺	132
27. 干燥浸渍设备及其操作	136
28. 浸渍后电缆的冷却	146
29. 废品的主要特征和工艺文件	147
30. 充油电缆干燥和浸渍的特点	148
第七章 电缆的包铅	154
31. 铅包层的用途	154
32. 压铅机的构造及其作用原理	155
33. 包铅的制造工艺	167
34. 包铅过程的工艺计算和工艺文件	175
35. 包铅时废品的主要特征	177
第八章 电缆的装铠	179
36. 保护层的用途和型式	179

37. 加复保护層的制造工艺	185
38. 裝鎧机的構造	188
39. 裝鎧机的操作	197
40. 裝鎧过程的工艺計算和工艺文件	199
41. 裝鎧时廢品的主要特征	203
42. 电纜成品的試驗	205
第九章 倉庫設施和車間运输	208
43. 倉庫設施	208
44. 車間起重运输設備	209
第十章 电纜車間工艺部分設計的基本原則	212
参考文献	221
中俄名詞对照表	222

序

进行第四个斯大林五年计划中规定的巨大工作特别需要大力扩展裸电线和电力电缆的生产，并要掌握新型构造的电线和电缆。

假使不培养新的电缆工作技术干部而要解决这些任务是不可能的。

本书是写来作为裸电线和油浸纸绝缘电力电缆制造工艺学的教科书。与此同时，本书中还列入了受训过的电缆厂中级技术人员所需的一些常用数据，并且特别注意制造工艺方面的实际问题。

为了帮助大学生的课程设计和毕业论文设计，故在本书最后一章载有电缆车间设计的基本原则。

电缆理论、电缆的计算和设计，因为这些问题是在适当的参考书中说明，故在此不予研究。由于同样原因，故关于制造裸电线和电力电缆用的材料和半制品的知识也是尽可能简短地介绍一下。

著 者

緒 言

在俄国采用絕緣電纜的第一次試驗是由雪令格 (П. Л. Шенгел) 在 1812 年进行的，他采用未硫化的橡皮帶絕緣的電纜，埋于涅瓦河底来炸矿。

在那时所用的電纜都用手工制成，并且是由一些单独的小段組成。電纜是用橡皮帶，馬來树膠或黃麻浸漬瀝青来絕緣的。

最初，这种電纜或用于電訊方面（电报、電話），或作为引爆電綫。

用絕緣電纜来傳輸强电流（照明）的一些試驗很迟（1880 年）才进行的。

为了要敷設在地下，故將一些单独的小段絕緣導綫穿过鋼管，后来这种鋼管被鉛皮做成的鉛管来替代了。

在电力電纜中采用价格較便宜的紙絕緣，其推动力是由于压出鉛管的压力机設計成功。在電纜上連續地包复密閉鉛包層的新式压鉛机，其原始形式到很迟（1885 年）才設計出来。

电力電纜的構造在以后一阶段的發展是采用松香油浸漬的紙絕緣，以后又采用油及松香混和物来浸漬紙絕緣。

采用浸漬紙絕緣，已能將電纜的工作电压提高到 10 仟伏。

革命以前，俄国的電纜工業是極不發達的。俄国的第一个電纜工厂約在 1885 年建立，但到偉大的十月社会主义革命时，俄国还是仅有四个電纜工厂，并且其中大部分是属于外国資本家的。

这些厂生产电压 10 仟伏以下的電纜，在 1912 年才制造了第一批电压 20 仟伏的電纜用于巴庫城。

这种電纜是帶絕緣式的，也就是說，其構造是与 10 仟伏以下的電纜構造相类似，因此这种電纜既笨重又昂貴。

只是在偉大的十月社会主义革命以后，特別在斯大林五年計

划时代中，苏联的電纜工業不論在技术方面以及产量方面才得到發展。

1924 年，北方電纜厂 (Севкабель) 掌握了 35 仟伏綫芯分別鉛包式電纜 (кабель с отдельно освинцованными жилами) 的生产技术。采用这种構造，大大降低了 20 及 35 仟伏電纜的重量，并增加了它們工作中的可靠性。

由这种電纜敷成的第一个網路，在 1924~1925 年間埋設于列宁格勒。

1931 年，这同一厂又掌握了 110 仟伏充油電纜的生产技术，而在 1932 年生产了 220 仟伏電纜的試制品。所有这些工作完全是由苏联專家們的力量来进行的。

与此同时，苏联的電纜工作人員革新了普通電纜的生产工艺过程：如按照工程师德伏烈欽科 (Дворяченко) 的方法来压紧綫芯，不用真空罐而用电流来干燥電纜等等。

第一章 裸綫和电力电綫的 型式、标号及構造

1. 裸 綫

裸綫分为四大类:

- 1) 架空網路用的标准裸綫;
- 2) 超高压架空網路用的空心裸綫;
- 3) 裸軟綫;
- 4) 特別軟綫。

标准裸綫用在低压和高压的架空輸电綫路上, 并且根据綫路的用途和其工作电压, 可采用鋼綫、鋁綫、銅綫、普通式鋼芯鋁絞綫或用加强式鋼芯鋁絞綫。

鋼綫和鋁綫用在不重要和長度不大的輸送綫路上, 特別是作为农村电气化之用。

重要的高压綫路均采用銅綫和鋼芯鋁絞綫, 而对特別重要的綫路則用加强式鋼芯鋁絞綫。

超高压輸电綫路通常均用銅制的空心电綫来架設。空心电綫主要是由于經濟上的考虑而采用的。为了避免电暈損失猛烈升高, 故超高压綫路用电綫的直徑應該加大, 但是这样直徑的实心綫截面是頗不适用的。此外, 悬挂这样的电綫(不空心的), 由于其重量很大, 故会引起一系列的困难。

裸軟綫是用来柔撓地連接用电电源及其他一些目的, 例如用来連接移动的接触点, 天綫等。这种电綫在構造上的差別就是大量的細直徑單綫。

由很多根極細單綫所絞成的特別軟綫是用作电机中电刷的接綫; 精密电气器材中活动部分的軟接綫及其他需要用特別軟綫的

类似地方。

在本書中仅研究架空輸电綫路用的标准裸綫和空心裸綫。

标准裸綫的主要構造数据和技术条件是規定于苏联国家标准 ГOCT 839-41 中。

按照材料和構造，ГOCT 839-41 規定：以标号 M 表示裸銅綫；标号 A 表示鋁綫；标号 AC 表示鋼芯鋁絞綫及标号 ACY 表示加强式鋼芯鋁絞綫。

除了前述一些苏联国家标准所規定的架空輸电綫路用的电綫标号以外，还采用标号 M 表示裸銅綫[●]。

所有上列标号裸綫的構造列于表 1 中。

由此表看出，截面 10 平方公厘及以下的裸銅綫均由單綫制成。

在标号 AC 和 ACY 的鋼芯鋁絞綫中，中央的芯子是鋼綫絞成的股綫，在芯子上再复以一層或二層的鋁綫。在計算时，鋼綫的导电性通常是不計入的。

所有前述的裸綫都是沿着电綫杆悬挂在絕緣子上，并在工作时应能承受本身的重量、風力、冰雪等的張力。因此，对这些电綫的基本要求是它們要有最大的机械强度。

根据这些，电綫是由未軋煉的硬銅綫或硬鋁綫制成，这些硬綫与軟綫（軋煉过的）相較，則其机械强度要高得多。

空心裸綫，按其本身構造可分为兩大类：

- 1) 内部有支持物的空心电綫；
- 2) 内部無支持物的空心电綫。



圖 1 内部有支持物的空心电綫。

内部有支持物的空心电綫通常由兩層弓形銅綫絞成（圖 1），支持物是一扭成螺旋形的波紋銅帶或特殊断面形狀的銅綫。

● 由黑色冶金工業部的企業生产。

表 1 裸綫的構造

電綫截面 (公厘 ²)	裸 綫 構 造									
	標 号 M		標 号 A		標 号 AC		標 号 ACV		標 号 單	
	綫數和綫徑 (公厘)	外 徑 (公厘)	綫數和綫徑 (公厘)	外 徑 (公厘)	綫數和綫徑(公厘)		綫數和綫徑(公厘)		綫數和 綫 徑 (公厘)	外 徑 (公厘)
					鋁 綫	鋼 綫	鋁 綫	鋼 綫		
4	1×2.22	2.22	—	—	—	—	—	—	—	—
6	1×2.73	2.73	—	—	—	—	—	—	—	—
10	1×3.52	3.52	—	—	—	—	—	—	—	—
16	7×1.70	5.1	7×1.70	5.1	—	—	—	—	—	—
25	7×2.10	6.3	7×2.11	6.3	—	—	—	—	—	—
35	7×2.50	7.5	7×2.50	7.5	6×2.72	3×1.30	—	—	7×2.6	7.8
50	7×3.0	9.0	7×3.0	9.0	6×3.28	7×1.10	—	—	12×2.3	9.2
70	12×2.70	11.2	7×3.54	10.6	6×3.87	7×1.30	—	—	19×2.3	11.5
95	12×3.15	13.1	7×4.19	12.6	28×2.11	7×1.80	—	—	37×1.8	12.6
120	19×2.80	14.8	19×2.80	14.0	28×2.33	7×2.0	30×2.25	7×2.2	37×2.0 或 49×1.8	14.7
150	19×3.15	15.8	19×3.19	16.0	28×2.6	7×2.2	30×2.5	7×2.5	17.5	16.2
185	37×2.50	17.5	19×3.54	17.7	28×2.89	7×2.5	30×2.8	7×2.8	19.6	—
240	37×2.85	20.0	—	—	28×3.28	7×2.8	30×3.19	7×3.2	22.4	—
300	37×3.15	22.1	—	—	28×3.70	7×3.2	30×3.54	19×2.2	25.2	—
400	48×3.22	26.2	—	—	28×4.19	19×2.2	30×4.19	19×2.5	29.3	—

無支持物的空心電線是由一層特殊断面形狀的銅綫絞成的（圖2）。

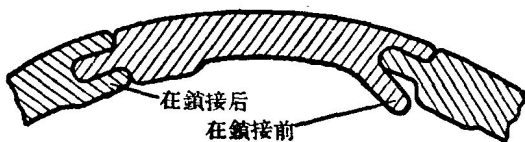


圖2 無支持物空心電線的鎖接。

后者的構造有着一系列的優點（重量較小，允許負荷較大等），所以制造這種空心電線比有支持物的構造更為相宜。

在跨度加闊的架空輸電綫路中（如通過寬闊的河、湖、山谷等），要用特殊構造的特別牢固的裸綫，例如鋼芯青銅綫。

高機械強度鋁合金（阿爾特萊型）[●]制成的裸綫可作為標号 M 和 AC 電綫的可能代用品。

2 油浸紙絕緣電力電纜和控制電纜

輸電和配電用的電纜以及配電設備中連接電器儀表的電纜有很多種不同的構造。浸漬電纜紙、橡皮、黃蠟布、帶石棉的黃蠟布等常被用作為這些電纜的絕緣。

由浸漬電纜紙制成電力電纜和控制電纜的絕緣形式是最普遍的和最廉價的。

電壓在 35 仟伏以下（包括 35 仟伏）、具有這種型式絕緣的

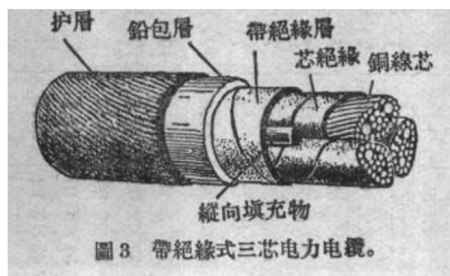


圖3 帶絕緣式三芯電力電纜。

電力電纜在蘇聯是規定于 ГОСТ 340-41 [●]中，在其中規定電壓在 10 仟伏以下（包括 10 仟伏）的電纜制成「帶絕緣」式（圖3），而電壓 20 至 35 仟伏的電

- 阿爾特萊(Альдрей)是一種鋁鎂合金。——譯者
- 目前已為 ГОСТ 340-53 代替。——譯者

纜則制成[纜芯分別絕緣及鉛包]式(圖4)。

油浸紙絕緣控制電纜是按照蘇聯重工業人民委員會部全蘇通用標準(OCT/HKTH)3507生產的。

除了上述的一些電纜型式以外，還有許多其他型式的構造，其簡要概述如下：

1 標準電力電纜

標準電力電纜依下列各項而分類：

- 1) 導電纜芯根數和截面；
- 2) 絕緣構造；
- 3) 額定工作電壓；
- 4) 護層種類和構造。

按照導電纜芯數，電力電纜分為單芯的、二芯的、三芯的和四芯的。

單芯電纜的纜芯截面自 1.5 至 800 平方公厘，二芯電纜自 1.5 至 150 平方公厘，三芯電纜自 1.5 至 240 平方公厘，四芯電纜自 2.5 至 185 平方公厘。

1 仟伏四芯電纜中有一第四根纜芯，其截面為三根主纜芯中每一纜芯截面的 40~60%，而 6 仟伏及 10 仟伏的四芯電纜則有四根截面相同的纜芯。

單芯電纜一般是用來輸送直流電，而二芯電纜則用來輸送直流電或單相交流電。

用於三相電路上的三芯電纜是電力電纜中用得最普遍的一種，此時電壓 1、3、6 及 10 仟伏的電纜，如前所述，做成帶絕緣式，而電壓 20 及 35 仟伏的電纜則制成纜芯分別絕緣鉛包式。

帶有截面縮小的第四根纜芯的四芯電纜，在中性點不接地的

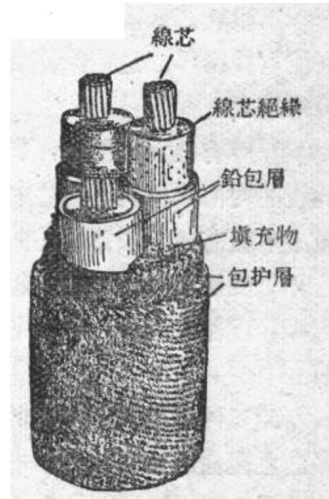


圖4 OCB型纜芯分別鉛包式三芯電纜。

三相綫路中，作單相电气設備供电接綫之用。

四根綫芯截面全部相同的四芯電纜，一般用于城市交通設備直流電綫路；或是在保證受電設備的電源自交流電轉換為直流電時採用之。

在所有電力電纜中，16 平方公厘以下（包括 16 平方公厘）的綫芯均由單根實心圓綫制成。蘇聯在制造截面 10 及 16 平方公厘扇形綫芯或半圓形綫芯的多芯電力電纜的實際經驗方面，証明這樣只能使電纜直徑稍為縮小。因之，材料是節省了，但在綫芯絕緣和成纜過程中，因綫芯振轉所引起的廢品損失，証明是不合算的。

為了使電纜具有較大的可撓性，截面自 25 平方公厘及以上的多芯電纜綫芯由多根股綫制成，並且為了節省絕緣和護層材料，除 OCB 和 OCK 型以外，所有標号電纜的綫芯均制成型綫芯，二芯電纜制成半圓形，而三芯及四芯電纜則制成扇形。

為了進一步減小電纜的外形尺寸和節省材料，因之，不論是圓的、半圓形的以及扇形綫芯都用滾壓法壓緊。

必須指出，在制造截面 25 和 35 平方公厘多股扇形綫芯時，也可能用整根拉出法生產同樣的綫芯。

電纜的絕緣厚度是決定于它的工作電壓和導電綫芯的截面。

單芯和多芯電纜的絕緣厚度如表 2 和表 3。

在多芯電纜中，為了在安裝時易于識別起見，每根綫芯應有顏色，通常在綫芯絕緣的外面包一層彩色紙帶制成之。

按照護層和構造的种类，電力電纜可分為下列標号：

CT——裸鉛包電纜（無保護層）；

CA——鉛包并塗瀝青的電纜；

CB——鉛包并用二層鋼帶裝鎧的電纜；

CBT——與 CB 電纜相同，但無電纜麻外護層；

CTI——鉛包并用扁鋼綫裝鎧的電纜；

CTT——與 CTI 電纜相同，但無電纜麻外護層；

表 2 單芯電纜絕緣厚度

電纜額定電壓 (仟伏)	纜芯標稱截面 (公厘 ²)	纜芯與鉛包層間的 絕緣徑向厚度 (公厘)	
		中性點接地	中性點不接地
1	1.5~16	1.5	
	25~120	1.7	
	150~185	2.0	
	240~400	2.2	
	500~800	2.5	
3	4~185	2.2	
	240~400	2.5	
	500~800	2.7	
6	10~240	3.7	
	800~800	4.0	
10	16~625	5.0	
20	25~95	6	8
	120~400	6	7
35	70~95	9	12
	120~300	9	10

表 3 多芯電纜絕緣厚度

電纜額定電壓 (仟伏)	電纜纜芯標稱截面 (公厘 ²)	絕緣徑向厚度(公厘)	
		芯絕緣	帶絕緣
1	1.5~16	0.75	0.5
	25~95	0.85	0.5
	120~150	0.95	0.5
	185~240	1.05	0.5
3	4~240	1.25	0.95
6	10~240	2.2	1.05
10	10~240	3.0	1.4

CK——鉛包并用圓鋼綫裝鎧的電纜；

CB-1κ 和 CB-2κ——与标号 CB 相同，但有一根(CB-1κ)或二根(CB-2κ)的控制綫芯；

CBВ、CBГВ、CПВ、CПГВ 和 CKВ——与标号 CB、CBГ、CΠ、CПГ 和 CK 相同，但用干絕緣（垂直敷設用）；

OCB——由三根分別絕緣及鉛包的綫芯絞合而成，并用二層鋼帶裝鎧；

OCK——与 OCB 相同，但用圓鋼綫裝鎧。

标号 CB-1κ、CB-2κ、CBГ-1κ 和 CBГ-2κ 的電纜均制成單芯，通常是用为電車饋電綫路。

标号 CГ 的電纜，当電纜鉛包層不一定可能受到机械性損伤及酸、蒸汽和气体的腐蝕时，通常用于屋內敷設。当有酸、蒸汽或气体存在的情况中，則采用标号 CA 的電纜。

标号 CB、CΠ 和 OCB 的電纜系供地下敷設之用（埋設于土溝中），当意料到有很大的拉力会影响電纜时（例如敷設在流沙上或是敷設在陡峭而傾斜的綫路上时），則采用扁鋼綫鎧裝的電纜。

标号 CK 和 OCK 的電纜系供水底敷設之用，特別是要求对電纜尽最大的保护，在不受船舶下錨及其他情况而遭受損坏的情况下使用之。

所有上述标号电力電纜的鉛包層是由不低于标号 C-3 的純鉛制成的。

鉛包層的厚度标准如表 4 所示。

由于鉛的机械强度不大和耐蝕性不够，因此在使用时还可能有損伤鉛層的情况时，須在電纜的鉛包層上加复特殊的保护層。

这些保护層可以分为下列一些主要部分：1) 預防鉛被腐蝕的护層，这是由兩層浸漬電纜紙裹住的一層瀝青混和物所組成的；2) 預防鉛在電纜制造和安裝时被鋼鎧裝損伤的垫層，这是由一層浸漬電纜麻或数層隔有瀝青混和物間層的浸漬電纜紙所組成的；