

電纜的敷設與運用

苏联 И. И. 斯米尔諾夫 И. Ф. 索洛維約夫著



水利电力出版社

水利电力出版社
PDG

目 次

一 電 纜	1
1 概 說	1
2 電力電纜構造的主要部分	2
3 各種電纜構造的優點和缺點	13
4 電纜製造上的缺點	21
5 各種電力電纜的標準構造、牌號和應用範圍	24
習 題	29
二 紙絕緣電力電纜屋內和屋外的敷設	30
6 電纜線路建築設計的範圍和內容	30
7 電纜線路的選擇和對於敷設條件的影響	32
8 繞有電纜的電纜盤運轉	34
9 電纜盤上的電纜在敷設前的儲存、檢查和試驗	37
10 地下和壕溝中的電纜敷設	39
11 沖積地中、垂直和傾陡路線上的電纜敷設	53
12 敷設靠近房屋的電纜向屋內引入法	56
13 隧道和夾壁中的電纜敷設	57
14 穿過鐵路和公路的電纜線路	65
15 經過積水區的電纜敷設	67
16 橋上電纜的敷設	72
17 屋內的電纜敷設	73
18 在寒冷季節中敷設電纜	80
19 電纜包皮的防腐方法	83
20 電纜敷設位置的確認法和電纜標記法	85
21 敷設電纜時最常發生的障礙	86

習題	87
三 電纜匣和封焊配件	88
22 電纜匣的作用和分類	88
23 各型電纜匣的應用範圍	89
習題	106
四 紙絕緣電纜在電纜匣內的裝置	107
24 剝切電纜的一般指示	107
25 生鐵接頭匣和分路匣內的電纜裝置	113
26 電纜在鉛製和銅製接頭匣內的裝置，連接鉛製電纜心的特點	122
27 直線接頭匣在壕溝和隧道中的放置法	139
28 封端漏斗和封端匣內的電纜裝置法	140
29 電纜的乾封端	146
30 電纜心接到電器上的方法	149
31 電纜匣、裝甲、鉛皮和電纜支承物的接地	151
32 用電纜膠灌封電纜匣	156
33 鉛製電纜匣的機械損害預防法	161
34 電纜匣裝置最普遍的障礙	161
習題	162
五 電纜工程需用的工具、設備和安裝器材	164
35 工具和設備	164
36 安裝器材	165
習題	166
六 電纜敷設的工作組織	167
37 正確的工作組織的基本條件	167
38 工地的組織	167
習題	168
七 電纜線路和建築物在運用前的驗收	170

39 運用部門對於敷設工程的監督.....	170
40 運用部門對於所敷電纜的基本技術要求條件.....	171
41 竣工驗收和初用試驗.....	172
習 題.....	175
八 電纜線路的工作制度	176
42 電力電纜的容許溫度及其周圍氣溫.....	176
43 電纜線路在各種運用條件下的容許電流負荷.....	177
44 運用中對於電力電纜實際溫度的檢查.....	181
45 電纜線路的負荷檢查.....	184
習 題.....	186
九 在運用中對於電力電纜和電纜建築物的檢查	187
46 電纜線路的運用、維護計劃和項目.....	187
47 運用工作的表報和電纜線路的登記.....	188
48 地下電纜路線上的巡視和檢查.....	189
49 電纜建築物和裝在其中的電纜的檢查.....	193
習 題.....	194
十 電力電纜腐蝕情形的檢查	195
50 電纜的腐蝕.....	195
51 雜散電流的檢查.....	200
52 電力電纜上雜散電流腐蝕的防止.....	207
53 電纜化學腐蝕的檢查.....	208
54 電纜化學腐蝕的預防.....	209
55 抗腐的組織技術方法.....	209
習 題.....	210
十一 電纜線路竣工後和運用過程中的試驗	212
56 試驗的種類和目的.....	212
57 定期試驗的方法.....	215
58 定期試驗的標準和絕緣情況的判定.....	216

59 電力電纜定期試驗的時期及組織	220
60 定期試驗工作的組織	221
61 真空管整流器和移動式試驗裝置	222
習題	224
十二 電纜線路損壞地點的判定	227
62 引言	227
63 損壞範圍的判定和測量方法的選擇	228
64 損壞地點的判定	230
65 損壞處所絕緣層的燒穿	244
66 可移動的電纜實驗室	246
習題	247
十三 在運用中的電纜路線上進行電纜工作	248
67 利用感應法判定電纜路線	248
68 電纜線路和電纜建築物的修理	252
69 在原有電纜線路上加裝電纜	259
70 對其他機關在電纜路線上防護區域內進行工作時的監督	260
71 電纜和電纜匣的拆卸	261
習題	264
十四 單心電纜和特種電纜的運用	265
72 單心電纜運用的特點	265
73 水底電纜	266
74 垂直電纜	267
75 充油電纜	268
習題	269
十五 電纜線路故障的分析及防止方法	270
76 引言	270
77 電力電纜的故障防止方法	274
78 電纜的工作條件改善方策和清除缺點的步驟	275

習 題.....	277
十六 電纜線路在建築和運用時的保安技術	278
79 一般的保安方法.....	278
80 運用中的電纜工作傳單制度.....	279
81 進行土工時和敷設電纜時的保安規則.....	281
82 電纜線路上電纜頭的裝置和修理工作.....	285
習 題.....	290
十七 防火方法	292
83 電力電纜上火災之發生和蔓延的原因.....	292
84 明裝電纜的防火法.....	293
85 滅火方法和滅火器材.....	295
1. 易燃液體和固體的火焰撲滅法 2. 封端匣和封端漏斗上的火 災撲滅法 3. 電纜溝道中的火災撲滅法 4. 電纜井中的火災撲 滅法 5. 電纜隧道中的火災撲滅法 6. 電纜坑井中的火災撲滅法	
習 題.....	297
附 錄	298

一 電 纜

1 概 說

大約在七十年前，電纜工程上所謂電纜，祇是指着用幾根沒有經過絕緣的裸導線束在一起的多股電線來說。以後才把最初用在電話上的和後來用在電力傳輸上的特殊構造電線，專名叫做電纜。

電纜的特點，是由於它有密封的包皮，可以保護纜心的絕緣層，不受潮濕和免除各種酸性物質以及各種氣體的破壞。這種電纜，是以一根或多根包有絕緣體的纜心絞合在一起，然後裝在金屬、橡皮、塑膠或其他材料製成的包皮裏面而製成的。而電纜裏的纜心，是以一根或多根導線絞合而成的。導線外面，包有橡皮、膠布或特製的電纜紙。

這本書內容，是討論有關用作傳輸大量電能的電力電纜的敷設和運用問題。應用最廣的電力電纜，外面是用鉛皮包封，纜心是用紙絕緣的。蘇聯電纜工廠，都是按照國家規定的標準規格340~341製造這種電纜。

現代電纜的構造，是可以適應敷設在各種條件下的：例如敷設在特殊的隧道或夾壁裏面，直接埋入地下，垂直的敷設以及聯接到可以移動的電器上等。

敷設電纜時，每個敷設工人，都應該熟悉怎樣聯接電纜和封焊末端的技術。因為在很多情況下，當電纜敷設完畢後，事

*「夾壁」應改為「混凝土排管塊」

實上沒有辦法查驗已完工程的優劣。所以敷設工人，必須很好地完成敷設電纜的各項手續，而且自己充分明瞭這項工程是否作得完善。

要想很好地完成電纜工程和正確地使用電纜線路，就必須充分明瞭電纜的構造和它每一主要部分的用途和作用。對於製造電纜技術裏面所採用的材料基本性質，電纜在製造上和敷設時所顯露的缺點，也必須明瞭。

俄國在十月革命以前，電纜工業的發展，是微不足道的。因此那時俄國各種電機工程設備需用的電纜，大部是由國外輸入的。但是在十月社會主義革命以後，特別是在幾個斯大林五年計劃的年代裏，蘇聯的電纜工業突飛猛進。一直到現在，蘇聯的電纜工廠，已經能生產各種各樣的電纜，而且在品質上超過了外國廠家的出品。

蘇聯的工程師和設計師們，研究發明成功了很多種電纜，現在已經在蘇聯和國外廣泛地採用着。這些電纜，包括蘇聯工程師 C.M. 布拉根 和 C.A. 雅可夫列夫 在 1923 年發明的分相鉛包電纜（見圖 11）。

2 電力電纜構造的主要部分

電纜構造的主要部分和作用 所有電纜，都是由三個主要部分構成的：就是電纜心，絕緣層和包皮。電纜心是傳導電流的通路。絕緣層是使纜心互相隔離，而且和「地」絕緣（就是使電纜的鉛皮或鋼甲和地絕緣）。包皮是預防潮濕和免除各種酸性物質和氣體等對於絕緣層的破壞作用的，而且它能保護電纜在運輸、敷設和使用的时候，不受機械的損傷。

電纜心 用銅或鋁製成，在鋁心電纜牌號的縮寫符號中，第一個字母是A。若沒有A字的時候，那就表示這種電纜的電纜心是用銅製的。

在世界電纜工業中，蘇聯電纜工廠，首先研究了鋁心電纜的製造技術。兩根同長度同電阻的鋁心和銅心導體，鋁心導體的重量要比銅心的輕一倍。所以從運輸輕便和敷設便利的觀點上看，可以說鋁製導體是銅製導體的勁敵。但是，當注意，斷面積和長度都相同的兩種導體，鋁製導體的電阻等於銅製導體的電阻的1.65倍。所以如果選用鋁導體傳導同樣電流的時候，其直徑就要採用銅導體的1.28倍。因此製造鋁心電纜時，絕緣層和電纜包皮所用的材料也要多費一些。

生產各種鋁製導體（包括電力電纜）時，還應考慮到各時期內國內市場上鋁和銅的價格比率，各工業部門對於這種鋁線的要求，和由國外輸入這些金屬的可能性等問題。

電力電纜的電纜心數目，有單心的，雙心的，三心的和四心的等數種（圖1~5）。

電纜還可按照斷面積來分類，斷面積的大小，是用平方公厘計算的。在蘇聯，銅製電纜心的標準斷面積，採用0.75; 1.0; 1.5; 2.5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240;



圖1 CG牌圓形單心鋁電纜

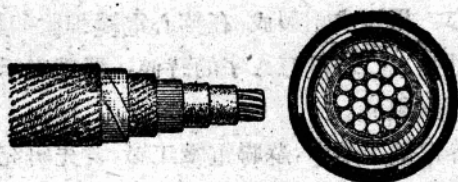


圖2 GB牌圓形鋁心鋁包鋼電纜

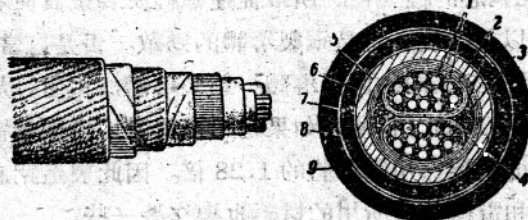


圖3 圓形鋁心電纜

- 1—鋁心 2—紙絕緣 3—充填物 4—絕緣帶 5—鋁包皮
6—紙層 7—內護其麻層 8—帶形繞甲 9—外護其麻層

300; 400; 500; 625; 800; 1000 平方公厘。

在偉大的衛國戰爭以前，蘇聯僅製造下列各種斷面積的鋁心電力電纜[●]，就是：52(35); 75(50); 105(70); 143(95); 180(120); 225(150); 248(185); 360(240); 450(300); 600(400); 750(500)平方公厘。括弧內的數字，是能傳導同量電流的銅製電纜心的斷面積。

三相一併伏的四心電力電纜，其第四根電纜心的斷面積，大約等於其他任何一根的一半。有時設計利用鋁包皮或鋼甲作為第四根電纜心。

● 在第二次世界大戰以前，特別是在戰爭期間，大部分鋁心電纜，是由蘇聯電纜工廠製造的。這種電纜的電纜心，有和蘇聯製造的銅心電纜相同的各種斷面積。

各種電壓不同的電纜，並不按照上列每種斷面積來製造。例如：35 仟伏電纜的斷面積，是由 70 到 150 平方公厘，而 10 仟伏的電纜斷面積，只要由 10 到 240 平方公厘就够了。

電壓在一仟伏以下，斷面積在 35 平方公厘以內的銅心電纜，電纜心可以只用一根導線。（單根導線電纜心的斷面積，設計提高到 50 平方公厘）● 電纜心斷面積較大的電纜，電纜心不是用一根，而是用多根導線絞合製成的。因為這樣可以增加電纜的可曲性。



圖 4 扇形三心電纜

——扇形鋼絲裝甲電纜的斷面； 6——鋼帶裝甲電纜全圖。

● 垂直敷設用的單根導線電纜心電纜，若使用於絕緣時，電纜心的斷面積可以更大。

在計算表或規格書裏面，標明電纜心數目和斷面面積直接寫在牌號的後面。例如 GBS-185 平方公厘。

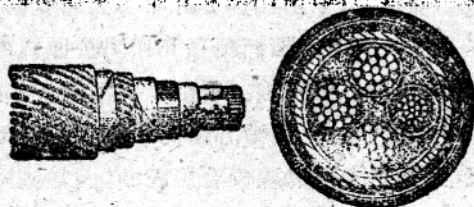


圖5 圓形四心電纜

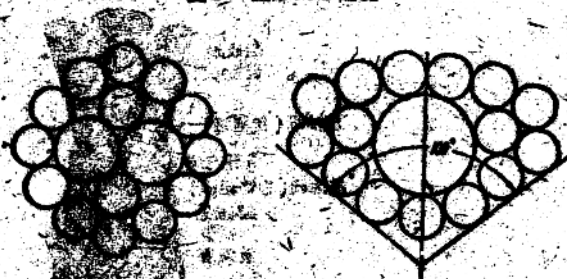


圖6 扇形電纜心 圖7 扇形斷面電纜心

再後面寫電纜的利用電壓（單位用伏或仟伏，例如：3 仟伏）。把牌號、電纜心數目、斷面積和利用電壓連在一起就成為這樣一種牌號：

G 4-3-185 平方公厘——3 仟伏。

電纜心斷面的形狀，有圓形的（圖5）、扇形的（圖7）或半圓形的（圖8）。但實際上，電纜心祇分圓形和扇形兩種[●]。

多心電纜採用扇形和半圓形電纜心，是為了縮小電纜心的外直徑。因為這樣，絕緣層和包皮所需的材料也可減少。為

● 扇形和半圓形電纜心的電纜，都叫作扇形電纜。

了達到這個目的，製造時採用壓縮法製造多線電纜心（圖 9），使電纜心變細。其方法是把圓形的電纜心通過壓縮輾機壓縮後，電纜心的導線就失去原形，然後再填滿各導線間的空隙。

蘇聯電纜工廠製造的所謂充油電纜（маслонаполненный кабель）的電纜心，是一種上面繞有銅線的螺旋狀銅帶（圖 10）。

有些電纜心，是在澆上絕緣層以後，互相絞合起來，再包一層絕緣帶，然後裝入鉛製的包皮中。還有一些電纜心，是在澆上絕緣層以後，就分別裝入鉛製的包皮裏，最後才互相擰絞。前者叫做帶條絕緣電纜（кабель с поясной изоляцией）（圖 3~4），後者叫做分相鉛包電纜心電纜（圖 11）。

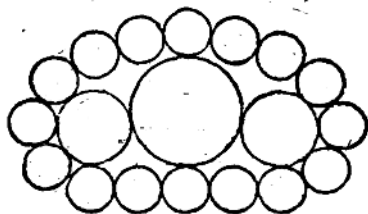


圖 8 半圓形斷面的電纜心

絕緣 電纜按照其電纜心所用絕緣材料的種類，又可分為浸漆紙絕緣電纜，膠皮絕緣電纜和膠布絕緣電纜三種。在蘇聯採用最廣泛的是浸漆紙絕緣和膠皮絕緣電纜（後者用字母 P 字表示）；膠布絕緣電纜只用在特殊的用途上例如敷設到很高的處所。

浸漆紙絕緣電纜被廣泛採用的主要原因是：（1）它的耐熱能力比別種電纜強（可到 80°C ），因此它所能通過的負荷電流也要大些；（2）通過定額負荷電流的電纜直徑不太粗，所以

實用而缺乏的鉛料和其他材料也相對的少些；(6)在現有的實際應用上，可以製成任何一種電壓的電纜（最高可到 220 仟伏）；(7)使用年限也較別種絕緣電纜長些（40~50 年）。但是浸漬紙絕緣電纜也有缺點就是：(1)可曲性不大——多心電纜的最小彎曲半徑，不能小於電纜外徑的十五倍；單心電纜不能小於電纜外徑的二十五倍；(2)這種電纜不能在低溫時敷設；(3)作垂直或傾陡的敷設，當其兩端位置的高度距離相差很大時，則浸入絕緣層內的絕緣液，就會沿電纜下流；(4)電纜的密封接頭和接頭工作比較複雜。

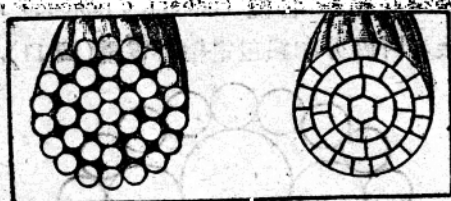


圖 9 經過壓實的(左)和未經壓實的(右)圓形電纜心

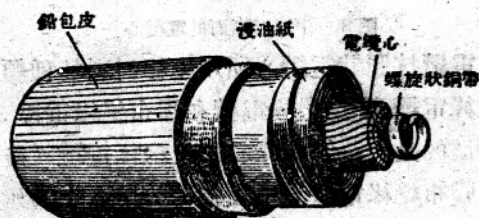


圖 10 浸漬電纜的製造

膠皮絕緣電纜不被廣泛採用的原因是：(1)電纜心的耐熱能力不大（僅到 70°C ），因而可能通過的負荷電流也要少些；

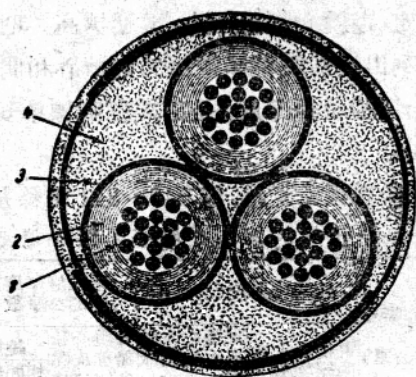


圖11 多相鉛包電纜的斷面

1—電纜心；2—絕緣；3—鉛包皮；4—黃蘗充填物。

(2) 高壓的膠皮絕緣在製造上困難，以前製造3仟伏的膠皮絕緣電纜，現在僅可製造6仟伏；(3) 膠皮絕緣比較容易受空氣，特別是熱空氣和光線的直接影響而損壞；(4) 膠皮性能，在沾染到汽油、煤油、其他油類和它們的化合物時，很快就被損壞；(5) 價格比較紙絕緣貴。

但是膠皮絕緣電纜也有下列優點：(1) 彎曲半徑較小——小到僅當電纜外徑的十倍；(2) 能在低溫時敷設（可到零下30°C）；(3) 電纜中如有液體絕緣料，就不需作兩端防水不位置相差很大的垂直敷設。

膠布絕緣電纜有下面幾種缺點：(1) 電纜心的耐熱能力比紙絕緣電纜小（最大到75°C）；(2) 價格比較貴些。用在高壓時，要用絲綢製成的膠布；(3) 可曲性小，多心電纜的彎曲半徑，不能小於電纜外徑的二十五倍。

無論電纜的哪一種絕緣，其厚度都要依電纜心的粗細和

電壓的高低而定，電纜心斷面越大，電壓越高，則其絕緣層越厚。在表1中，列出浸漆紙絕緣電纜的電纜心相間絕緣層和帶條絕緣層厚度。這種絕緣厚度，是按照蘇聯標準規格第340~341兩條製成的。

表1 蘇聯標準規格，第340~341兩條規定
有帶條絕緣層的多心電纜紙絕緣層厚度

電纜定額 電壓(仟伏)	電纜心斷面 積 (平方公厘)	絕緣層厚度(公厘)		絕緣層厚度最大容許減少的公厘數		
		電纜心上面 的絕緣層 (相間絕緣)	電纜心合股 上面的絕緣 層 (帶條絕緣)	各纜心和 鉛包皮間 的絕緣層 厚度	總厚度分爲 相間絕緣層	帶條絕緣層
1	1.5~16	0.75	0.5	0.25	0.18	0.18
	25~95	0.85	0.5	0.25	0.18	0.18
	120~150	0.95	0.5	0.25	0.18	0.18
	185~240	1.05	0.5	0.25	0.18	0.18
3	4~240	1.25	0.95	0.25	0.18	0.18
6	10~240	2.2	1.05	0.3	0.25	0.18
10	10~240	3.0	1.4	0.4	0.25	0.18
35	70~95	9/12*	—	0.3	—	—
	120~300	9/10*	—	0.3	—	—

* 分子表示中點接地的電纜絕緣層厚度；分母表示中點不接地的電纜絕緣層厚度。

包皮 爲了保護絕緣不受潮濕、酸類和氣體等的損害(膠皮絕緣電纜還要防止光線和空氣的損害)，每一根或多根包有絕緣的合股電纜心，都要用嚴密的保護包皮密封。在浸漆紙絕緣電纜上，這種包皮還有預防絕緣液外流的作用。

在蘇聯採用下列幾種保護包皮：鉛製包皮(表2)用在紙絕緣、膠皮絕緣和布絕緣的電纜上；膠皮包皮和聚氯乙稀橡膠包皮用在膠皮絕緣的電纜上。

表2 蘇聯標準規格第340~341兩條規定
鉛製電纜包皮①的厚度

鉛皮包著的電 纜直徑(公厘)	13	16	20	23	26	30	33	36	40	43	45	50
普通鉛包皮的 厚度(公厘)	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
減薄的②鉛包 皮厚度(公厘)	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4

① CK 和 OCK 牌的電纜鉛包皮厚度，比表中所列數字厚 0.2~0.3 公厘。

② 鉛包皮已被減薄的電纜，在其牌號後面有一字母 y 標明。

蘇聯的電纜工業部門，現在正進行利用鋁和各種塑膠來製造電纜密封保護包皮的試驗。這個問題如果獲得解決，可使電纜工業中鉛料的消耗大為減少，並且使電纜的重量大為降低。在許多情況下，這種包皮，可以延長電纜的使用年限。因為鋁，特別是各種塑膠，對於若干酸類的抵抗力比鉛強得多，而且耐震能力也比較強。

在電纜的牌號上，鉛包皮用字母 C 表示，乙烯橡膠包皮 (винилитовкя оболочка) 用字母 B 表示。

在電纜的電纜心絕緣外面，如果只有上述各種密封保護包皮的時候，則這種電纜，叫做裸電纜 (Голый кабель)，在名牌上有字母 Г 作標記。

有許多情形，由於電纜所在地的環境，可能對裸電纜外皮有損害作用，所以必須設法加以保護。為了使鉛包皮不受化學作用的損害，可在鉛包皮外面，塗上一層瀝青，並包以浸油紙帶，然後再裹一層浸過含瀝青液體的黃蘗。這種電纜，叫做鉛皮柏油電纜 (освинцованный асфальтированный кабель)。紙絕緣的電纜用 CA 表示，膠皮絕緣的電纜用 CPA 表示。扁形