

水底通信電纜

П. А. 阿尼西莫夫 著
苏联 И. З. 雅維奇

人民邮电出版社

水 底 通 信 電 纜

蘇聯 П. А. 阿尼西莫夫 И. З. 雅維奇著



人 民 郵 電 出 版 社

П. А. АНИСИМОВ, И. З. ЯВИЧ
ПОДВОДНЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ
ЛИНИИ СВЯЗИ

Под редакцией
кандидата технических наук
В. Н. КУЛЕШОВА

военно-морское издательство
военно-морского министерства союза сср
Москва 1951

內 容 提 要

本書非常詳盡而有系統地闡述了水底通信電纜的構造、電氣計算、路綫勘測、安裝、敷設和測量等方面的問題，同時也全面地考慮到運用時的特殊情況和要求而作了詳細的說明。

水 底 通 信 電 纜

著 者:	蘇聯 П.А.阿尼西莫夫 И.З.雅維奇
校閱者:	蘇聯技術科學碩士 В.Н.庫列索夫
譯 者:	呂惠民 張泰元 金學姚 章期僑 胡祐奇
出版者:	人民郵電出版社 北京東四區6條胡同13號
印刷者:	郵電部供應局南京印刷廠 南京太平路戶部街十五號
發行者:	新華書店

書號: 116 1956年2月南京第一版第一次印刷 1—2,000冊
850×1168 1/32 174頁 印張10 $\frac{28}{32}$ 字數247,000字 定價(9)2.67元
★北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八號★

序 言

最初幾條通信電纜綫路的建成，是和俄國學者們的名字分不開的。遠在1812年，俄國院士П·Л·施林格就已實際採用了水底絕緣導體作為海軍水雷用的引火綫。1832—1836年間，П·Л·施林格在彼得堡與其附近某些據點間沿着他所敷設的地下電纜建立了電報通信。

П·Л·施林格的工作很明顯地指出，生產可靠的導綫絕緣物是勝利地解決電纜敷設任務的基礎。П·Л·施林格在其一生的最後幾年中在建設水底電纜綫路方面已工作得很成功，他建議以橡膠絕緣電纜作為彼得堡——克龍什塔特間的通信綫路。由此可見，俄羅斯是水底電纜的誕生地。

1839年另一個俄國院士Б·С·雅科比建成了彼得堡——沙皇村（現在的普希金城）間的地下電報綫路。這條綫路的導體係安放在玻璃管內，而管內又灌滿着樹脂和由橡膠與土瀝青的混合物所組成的膠體。另外還將絕緣導體纏以塗有樹脂的麻，並塗以漆。

在發現了絕緣物質——馬來膠以後，水底電纜綫路開始有了較廣泛地發展。在初期還不能充分地利用馬來膠作為通信電纜的絕緣材料，因為它含有各種混合物而使馬來膠的電氣性質變壞。然在1848年，已得到了另一種馬來膠物質，這種馬來膠物質適於用作通信電纜的絕緣材料。

1851年在彼得堡和莫斯科之間於建築鐵路的同時（該鐵路現名十月鐵路），敷設了以馬來膠絕緣的電報電纜。這條電纜一直用到1855年，後來由於它常常出故障，故為架空明綫綫路所代替。在這

條電纜的運用過程中，顯示出許多重大缺點，特別是：馬來膠絕緣中的有機混合物清除得不夠，缺乏預防絕緣發生障礙用的保護層等等。

由於這些缺點，便限制了電纜線路的建築。

但是，建立完善的水底電纜和地下電纜的需要與日俱增，以致必須進行大規模的研究工作來探尋通信電纜用的最完善的絕緣材料。

在探尋新的絕緣材料和改良馬來膠絕緣的同時，也進行了改造水底電纜構造方面的工作；這些工作基本上可歸納如下：

1) 爲了使導電心綫可以彎曲，開始用若干細銅綫扭絞起來組成導電心綫；

2) 在導電心綫上開始設置 2—3 層絕緣物而不再只設置一層絕緣物，以便使絕緣混合物均勻分佈；

3) 爲了要填滿導體和馬來膠間的空隙，開始應用特種成分的物質，當心綫斷脫時，這種物質可以預防水份由馬來膠底下滲入；

4) 爲了要增加電纜的抗拉強度和避免機械損傷，電纜外開始覆以用鍍鋅鋼綫製成的鎧甲。

由於有了這些辦法，所以作水底敷設時已廣泛地採用馬來膠電纜。

例如，在 1862 年敷設了橫過北德維納長達 32 公里的馬來膠絕緣水底電纜。1879 年在巴庫和克拉斯諾服斯克之間敷設了橫過裏海的電纜來實現中亞細亞與歐洲的通信。

可是馬來膠絕緣水底電纜，只在電報通信方面才廣泛採用，而在電話通信方面則沒有普遍採用，因爲它的電氣特性低劣，限制了通信的距離（只到 20 公里）。

由於要通過廣闊的水面以實現電話通信，所以要求探尋新型的絕緣材料和研究出更完善的電纜構造來加以利用。由於這種研探的

結果，在1896年出現了空氣紙絕緣水底電纜，隨着又出現了紙繩絕緣電纜。紙繩絕緣電纜的構造可以大大地增加電話通信的距離。

自從偉大的十月社會主義革命以後，我們祖國的電纜工業獲得了特別廣泛的發展。在蘇維埃政權的年代裏已研究出許多種特製的電纜構造，其中也包括水底電纜在內。

蘇聯專家們在電纜技術的理論和實際運用方面作出了極大的貢獻。例如，蘇聯科學院通訊院士蘇聯學者B·И·克瓦連科夫教授所研究出來的一系列有關電報電話通信理論的問題和他所發明的增音機，在建設通信電纜綫路時，產生了極有價值的成效。

由於功勳科學家И·А·阿茲布庚教授所進行的工作，使我們能採取有效的方法來保護電纜不受腐蝕，並可延長電纜的使用年限至40—50年。現在蘇聯電纜工業出產有電氣特性很好的各種型式和構造的水底通信電纜。

多年來的經驗指明，電纜綫路（包括水底電纜綫路）是有綫通信綫路設備中最可靠的。這種情況即預定了在我們祖國各個被水隔離着的地區間組織通信時，就將廣泛地採用水底電纜綫路。

用水底電纜來溝通電話電報通信，要求郵電工作人員既要在水底通信電纜的設計和勘察方面，也要在其安裝、敷設和維護方面都具有必要的知識。

現有的技術書籍對有關水底電纜的建築和維護方面的問題解說得很不夠，也沒有全面地考慮到運用時的特殊情況和要求。

作者們的目的是要填補這個空白，把水底電纜方面已系統化的資料以最易懂的方式來加以說明，以便使學生們和跟水底電纜的建築和維護工作密切有關的郵電工作人員能在所研究的技術範疇方面得到必需的知識。

目 錄

序 言

第一章 水底電纜的構造及其應用範圍

- 第一節 電纜的構造及其外形…………… (1)
- 第二節 馬來膠絕緣電纜…………… (6)
- 第三節 橡皮絕緣電纜…………… (13)
- 第四節 氯乙烯絕緣電纜…………… (14)
- 第五節 聚乙烯絕緣電纜…………… (15)
- 第六節 空氣紙絕緣電纜…………… (20)
- 第七節 扭綫紙絕緣電纜…………… (24)
- 第八節 聚苯乙烯塑料絕緣電纜…………… (31)
- 第九節 深水電纜…………… (33)
- 第十節 同軸電纜…………… (35)

第二章 水底電纜的電氣特性

- 第十一節 對稱和單心電纜的電氣參數…………… (39)
- 第十二節 同軸電纜的電氣參數…………… (54)
- 第十三節 不用增音機而來增長綫路通話距離的方法…………… (57)
- 第十四節 裝有電感綫圈的電纜的參數…………… (66)
- 第十五節 裝設鉄綫捲的電纜的參數…………… (69)
- 第十六節 決定回路間相互影響的參數…………… (70)

第三章 水底通信電纜電氣參數的測量

- 第十七節 測量心綫的歐姆電阻…………… (79)
- 第十八節 測量電纜心綫的絕緣電阻和電容量…………… (88)

第十九節 測量電容耦合和電容不平衡…………… (96)

第二十節 測量串音衰耗…………… (102)

第四章 水底通信電纜的檢驗

第二十一節 鉛包電纜鉛皮完整 (密封) 性的檢驗…………… (106)

第二十二節 水底電纜絕緣物的檢驗…………… (112)

第二十三節 檢驗鉛包電纜以決定其最大敷設深度…………… (116)

第二十四節 安裝工作開始前對紙隔絕緣水底電纜的檢查…………… (120)

第五章 水底通信電纜的平衡

第二十五節 平衡的方法…………… (124)

第二十六節 平衡方法的選擇和評價…………… (131)

第二十七節 平衡電纜時的測量順序…………… (133)

第二十八節 用交叉心綫的方法來平衡電纜…………… (134)

第二十九節 接入補助電容器來平衡電纜的方法…………… (139)

第三十節 用混合法平衡電纜…………… (143)

第六章 水底電纜的安裝

第三十一節 安裝電纜的一般概念…………… (146)

第三十二節 有實心絕緣物的電纜的接續…………… (147)

第三十三節 空氣紙絕緣、扭繩紙絕緣及聚苯乙烯塑料絕緣電
纜的接續…………… (151)

第三十四節 用鑄鉄套管或銅套管接續電纜鍍裝…………… (159)

第三十五節 用編綫法接續電纜鍍裝…………… (163)

第三十六節 深水電纜的安裝…………… (165)

第三十七節 同軸電纜的安裝…………… (173)

第七章 敷設水底電纜所涉及的一般問題

第三十八節 在直綫路上敷設水底電纜…………… (176)

第三十九節 電纜敷設速度及作用於制動機上的力…………… (182)

- 第四十節 海底電纜餘長的修正因數…………… (184)
- 第四十一節 各種不同程式電纜的最大敷設深度…………… (185)
- 第四十二節 打撈沒有斷折的電纜…………… (188)

第 八 章 浮水工具及其裝備

- 第四十三節 對於電纜船設備的要求…………… (191)
- 第四十四節 敷設和撈起水底電纜用的電纜船上的元件設備… (193)
- 第四十五節 供敷設電纜用的船上各元件設備的裝置…………… (212)
- 第四十六節 敷設電纜用的駁船設備…………… (216)
- 第四十七節 敷設輕便水底電纜用的船艇設備…………… (220)
- 第四十八節 輸送電纜登陸端用的輔助浮水工具設備…………… (224)
- 第四十九節 臨時裝備起來的電纜船上的測量室設備…………… (225)

第 九 章 水底電纜的敷設

- 第五十節 準備工作…………… (233)
- 第五十一節 把電纜裝入儲纜房…………… (234)
- 第五十二節 將電纜自船上送到岸上…………… (236)
- 第五十三節 電纜的敷設…………… (239)
- 第五十四節 敷設電纜時的檢查測試…………… (242)
- 第五十五節 竣工測試及通信試驗…………… (244)
- 第五十六節 電纜船在海中不得已的拋錨及其對電纜的影響… (245)
- 第五十七節 用浮桶敷設過江水底電纜…………… (246)
- 第五十八節 從冰上敷設電纜…………… (248)
- 第五十九節 電纜在水棧房的終端裝置…………… (249)
- 第六十節 水棧房設備…………… (252)
- 第六十一節 電纜分綫箱的裝設…………… (254)
- 第六十二節 保護海底電報電纜的措施…………… (258)

第 十 章 電纜故障位置的測定方法

- 第六十三節 固定比例臂迴路測試法…………… (260)

第六十四節	可變比例臂迴路測試法·····	(264)
第六十五節	開路和短路的測試法·····	(268)
第六十六節	以測量電阻和電流為基礎來確定故障位置的方法·····	(271)
第六十七節	以測量接地電阻不平衡為基礎的方法·····	(273)
第六十八節	測定電纜障礙位置的兩邊法·····	(275)
第六十九節	雙安培計測試法·····	(278)
第七十節	電纜心綫斷綫位置的測定·····	(280)
第七十一節	用電纜尋找器測定故障位置·····	(281)
第七十二節	安裝電纜綫路各段落時接錯心綫的位置之測定·····	(284)

第十一章 水底電纜的技術運用及修理

第七十三節	驗收水底電纜交付運用的程序·····	(287)
第七十四節	電纜的登記·····	(289)
第七十五節	水底電纜及終端設備的維護程序·····	(291)
第七十六節	水底電纜對雷電放電的防衛·····	(293)
第七十七節	在拋錨停泊處水底電纜的保護及預防措施·····	(295)
第七十八節	運用經驗的綜合·····	(296)
第七十九節	運用中所需的安裝材料、工具、技術用品及裝備·····	(297)
第八十節	故障電纜的提起及修理·····	(298)

第十二章 水底電纜的貯藏和運輸

第八十一節	電纜盤上水底電纜的貯放·····	(302)
第八十二節	長度很長的水底電纜的貯存·····	(305)
第八十三節	水底電纜的運輸·····	(307)

第十三章 水底電纜通信綫路的設計及路由的勘測

第八十四節	對水底電纜綫路的基本要求·····	(310)
第八十五節	水底電纜敷設路由的勘測·····	(310)
第八十六節	勘測隊的組成及勘測時的必要配備·····	(312)

第八十七節	測量深度、決定路由上的土壤種類及水溫·····	(313)
第八十八節	航海圖的室內加工·····	(314)
第八十九節	設計時所必需的基本水文氣象資料·····	(315)
第九十節	通信電纜綫路及岸上設備的設計程序·····	(316)
第九十一節	電纜構造及心綫直徑的選擇·····	(318)
第九十二節	電纜安裝及試驗工地的設計·····	(322)

附 錄

1.	溫度係數·····	(327)
2.	登記卡片第 1 號·····	(328)
3.	登記卡片第 2 號·····	(329)
4.	在幹綫電纜房內進行工作的記錄·····	(330)
5.	安裝空氣紙絕緣電纜及扭繩紙絕緣水底通信電纜用的工具 一覽表·····	(331)
6.	安裝馬來膠絕緣水底通信電纜用的工具及材料一覽表·····	(332)
7.	運用水底通信電纜時所必需的測量儀器一覽表·····	(332)
8.	電纜運用中所不可缺少的安裝材料一覽表·····	(333)
9.	捲放電纜用的工具及裝備一覽表·····	(333)
10.	弱電流電纜用的電纜灌澆材料·····	(334)
11.	電纜工作專用器具概要清單·····	(335)
12.	裝備船上測量室用的測量儀器一覽表·····	(336)

參考書籍

第一章

水底電纜的構造及其應用範圍

第一節 電纜的構造及其外形

一般的水底通信電纜是由下列四個基本部分組成的：

- 1) 導電心綫；
- 2) 導電心綫的絕緣層；
- 3) 保護外皮；
- 4) 鋼綫鎧甲。

用來製造導電心綫的材料應該具有很小的電阻係數和足夠的機械強度。銅能夠滿足這兩個要求，故被用來作為製造電纜導電心綫的主要材料。作此用途的銅，它的標準牌號為MM(軟銅)，它的電阻係數 $\rho = 0.01754 \frac{\text{歐} \cdot \text{平方公厘}}{\text{公尺}}$ ，溫度係數 $\alpha = 0.0039 \frac{1}{\text{攝氏度數}}$ 。銅的比重是8.89，最大抗拉強度不小於21公斤/平方公厘。製成的銅心綫應該是圓柱形的，非常光滑，沒有元寶形背扣及裂縫，一般不應有接頭。在個別情況下，當心綫在電纜製造過程中折斷時，可以接續心綫，但只能用銀合金來銲接而不採用酸。這時銲接處的電阻不應大於長度為15公分的整條心綫的電阻的5%。水底電纜的銅心綫的直徑有0.8、0.9、1.0、1.2及1.4公厘等幾種。對有專門用途的電纜，導電心綫的綫徑可能還要大一些。為了增加可曲性，心綫也常常由幾股細的導綫扭絞在一起而組成，這心綫叫做絞合心綫。絞合心綫大半用於截面較大的電報電纜。

作導電心綫絕緣用的材料，應該滿足由水底電纜用途所確定的許多特殊要求。

水底電纜的絕緣物應該很柔軟，以能用於很寬的溫度範圍內（從 -40 度至 $+50$ 度）。在機械方面它應該相當結實，並能耐受在電纜繞到電纜盤上時以及在敷設期間電纜通過電纜敷設機械時它所受到的各種機械作用，在電纜的長期運用中，它的性質也不能變壞。在電氣方面，絕緣材料應該有很小的介質損耗和很小的介質常數值。介質損耗決定絕緣材料的好壞。它之所以產生，是因為電流不是像在電容器中所應有的情況那樣比電壓超前一個 90 度的角度，而是超前的角度比 90 度小，等於 $90-\theta$ 。絕緣材料在介質損耗方面的性質普通用損耗角正切，即 $\operatorname{tg}\theta$ 來表明。該材料的 $\operatorname{tg}\theta$ 越小，它裏面的損耗就越小，介質就越好，而在電纜中的通信也就越可靠。

對表徵電容器電容特性的絕緣材料的介質常數來說，情況也是這樣的。介質常數越小，電容就越小，材料的品質也就越好。

並不是一切絕緣材料都能充分滿足上述要求的，而只有幾種材料才能夠滿足這些要求。對水底電纜來說，現在用的最廣的絕緣材料是馬來膠、橡皮、氯乙烯、聚乙烯、電纜紙、聚苯乙烯塑料等，在某一情況下到底採用那一種絕緣物，是依路由的性質、電纜的用途及傳輸距離等而單獨決定的。

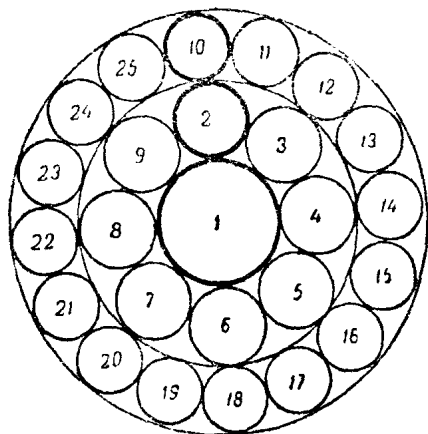


圖 1. 扭成纜對及四纜組的各纜組所組成的電纜纜心

電纜的各絕緣心綫集成同心層或預先自相扭合成綫組（綫對及四綫組），綫組又形成總的一束，稱為電纜的纜心（見圖 1）

為保護紙絕緣的及聚苯乙烯塑料絕緣的導電心綫，使潮氣不致侵入並使它不受一切其他機械作用的影響，電纜外覆有鉛皮。水底電纜的鉛皮有很重大的意義，電纜的使用年限及其正常運用的時期都是由鉛皮質量來決定的。

製造鉛皮採用牌號為 C₃ 的鉛，其中加 0.6—0.8% 的銻。純鉛不能滿足運用的要求，因為它是一種非常軟的金屬，它的機械強度及彈性都很不夠。有銻的鉛合金製成的外皮比純鉛製的要來得結實，有彈性，也不那麼軟。有這種外皮的電纜是易於彎曲的，比較不易受到化學物質的作用及再結晶的損壞。

電纜鉛皮應該是完全密閉的，沒有任何可見的或不可見的洞，細孔、扭損等。沿着電纜的全長，鉛皮的厚度應該很均勻。鉛皮的厚度依照纜心的直徑而定，約在 1.8 至 3.0 公厘之間。對於依照特殊技術條件來訂製的特種電纜，鉛皮的厚度可增大至 3.2 公厘。鉛皮的質量及其上有無缺點，在工廠內驗收電纜時應加以檢查。為試驗鉛皮的抗張強度，將長度為 150—200 公厘的一節鉛皮小心地套在圓錐體上，錐體的底與高之比為 1:5，然後用木塊輕輕敲擊錐體，使鉛皮伸張至其頂端直徑擴大為其原有值的 1.3 倍。如果這時外皮不裂開，那就表示它的質量是合於技術規格的。

鉛皮中銻的成分百分數用化學分析法確定。

在電纜中壓入壓力為 3 個大氣壓力的氣體，來試驗已製成電纜的鉛皮的密封度。這時，當停止將氣體壓入電纜中後在 8 小時的過程中，外皮中的氣體壓力不應降低。

在其各心綫的絕緣物都不透水的那些電纜中，不裝設保護外皮。

爲了防止各種機械損傷，電纜外附加覆蓋有一層由單獨圓形綫條組成的鎧甲。根據電纜用途的不同，可使用直徑爲4.0、5.0、6.0及8.0公厘的綫條來作爲鎧甲，綫條由鑄鋼製成。爲防止銹蝕，它的表面上均勻地覆有一薄層鋅，綫條的最大抗張應力爲37公

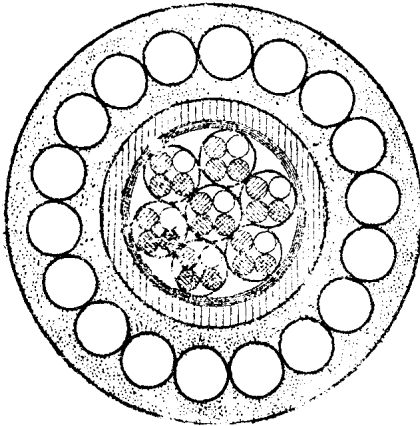


圖 2. 容量爲 $7 \times 4 \times 1.4$ 外裝一層鎧甲的水底電纜

斤 / 平方公厘。敷設在很深處(1000公尺以上)的電纜，採用直徑爲2.0至2.5公厘，拉斷應力爲150至200公斤 / 平方公厘的鋼綫。使用直徑較小的裝甲綫能減小電纜的重量，在很深處敷設電纜時，這一點意義很重大。圖 2 所示是由七個四綫組組成的水底電纜的截面圖。

水底通信電纜依其用途可分爲三大類：電報電纜、電話電纜及轉播電纜。各類電纜的纜心構造，心綫數目及每條心綫的分別絕緣方法各不相同。

依通信類別來分，電纜有單綫制及雙綫制的兩種。利用大地作爲回歸導體的單綫制電纜大部是用來作電報通信，而雙綫制電纜則用來作電話通信。一般來說，電報通信電纜的心綫直徑爲2至5公厘，而電話電纜及轉播電纜的心綫直徑則爲0.8至1.4公厘。

依照敷設的條件，水底電纜分作過河電纜及海底電纜兩種，後者又分做深水、近岸及海岸電纜等三種。上述各種電纜的差別是在於各綫組的內部構造及裝甲綫直徑的不同。

過河電纜具有鉛皮及直徑爲4至6公厘的鍍鋅圓鋼綫所製成的

鎧甲。

深水海底電纜除了鉛皮及由直徑為 4 至 6 公厘的鍍鋅圓鋼綫製成的鎧甲外，還有一層支撐用的鋼帶，以便在機械上保護鉛皮抵禦水壓。

近岸電纜的內部構造在大部情況下和海岸電纜相同，它的差別是它採用由 6 公厘的鋼綫製成的單層鎧甲。

海岸電纜常常具有由兩層鎧甲所組成的加強構造，鎧甲的綫條直徑為 4 及 6 公厘。海岸電纜鎧甲綫直徑的挑選，主要是決定於敷設條件及海岸上土壤的性質。如果土壤是岩質的，而電纜在海底上有移動的可能性時，則為保證較大的機械強度，在這種場合要採用雙層鋼綫鎧裝電纜。在河底結冰的地方也採用這種電纜，以使電纜不致被折斷。在個別情況下，水底電纜（尤其是電報電纜）在海岸部分具有單層的鋼綫鎧甲，但鋼綫直徑為 7—8 公厘。在通達到含沙較多且較平坦的海岸上時，海岸電纜外只覆有一層 6 公厘直徑的鋼綫鎧甲。

在各個情況下，鎧裝鋼綫的數目依電纜絞合總直徑及鎧裝綫的直徑而定。

依照電纜的用途及其構造的不同，在工廠中依一定方式給電纜附以商標，也即對每一種電纜給予一定的牌號——字母符號。電纜牌號普通是採用表明電纜構造的單字的起始字母。電纜的牌號表徵電纜的型式，它的構造，保護外層的種類，依此也表徵其使用範圍。

用來通過湖泊、海灣、海洋及河流時所敷設的電纜，其牌號中有字母 *K*，這字母放在牌號的末尾。例如，以鍍鋅圓鋼綫鎧裝的電話電纜，它的牌號為 *TK*，這就表示它是圓鋼綫鎧裝電話電纜。

除了普通通信電纜所用的簡寫牌號外，還採用不簡寫的符號來指明電纜構造方面的特點。用來敷設於較深處的電纜，有綜合綫組構造的電纜以及人爲加感電纜等都有不簡寫的牌號。

下面將研究幾種最常用的具有不同絕緣材料的水底電纜的構造。

第二節 馬來膠絕緣電纜

水底通信電纜最初發展的幾年中，其基本絕緣材料是馬來膠。

依其機械性能來說，馬來膠最適於做水底電纜的絕緣物，故在選擇其他種類的絕緣物時，應該將該絕緣物的機械性能和馬來膠的性能相比較。馬來膠具有很好的可塑性^①及展性。馬來膠這種材料最寶貴的性能就是這兩個，因此使我們能夠很準確地用幾層絕緣物來覆蓋在導電心綫的外面，而沒有任何機械缺點。使絕緣心綫通過冷水中時，導電心綫的馬來膠絕緣物很快地凝結而變爲堅硬的、有彈性的並且結實的外皮。由於其堅硬、有彈性及結實，馬來膠絕緣便能夠很好地耐受以後跟工廠中製造電纜、將它敷設到水中及提昇起來修理時有關的各項處理。

除了上述良好的機械性質外，馬來膠還具有很好的電氣性質，這些性質使它非常適宜於用作水底電纜的絕緣物。馬來膠有一個很好的並且特殊的性能就是：電纜放在水中經過許多年時，它的電氣特性很穩定。

馬來膠由某科 (Изонандра-гутта和Изонандра-перча) 若干種高大而多樹脂樹木的樹汁中取得，這些樹木大量地生長在印度及

① 材料能在壓力下 (體積不變時) 採取並保持所給予它的形狀的這種性能叫做可塑性。