

长途电缆防蚀测试

苏联 K.K. 尼可里斯基著

張久熙譯

人民邮电出版社

Лекции по технике связи

К. К. НИКОЛЬСКИЙ

ИЗМЕРЕНИЯ
НА МЕЖДУГОРОДНЫХ КАБЕЛЯХ
ПРИ ЗАЩИТЕ ИХ ОТ КОРРОЗИИ

СВЯЗЫЗДАТ 1954

內 容 提 要

本書論述了防蝕測試的種類、方法、對測試結果的整理和分析，以及怎樣選擇防蝕措施等。書中對腐蝕的原因和種類，也作了簡要的敘述。

長 途 電 纜 防 蝕 測 試

著 者: 苏联 К. К. 尼 可 里 斯 基

譯 者: 張 久 熙

校 者: 張 澤 高

出版者: 人 民 郵 電 出 版 社
北京東四區 6 條胡同 13 號

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇四八號

印刷者: 人 民 郵 電 出 版 社 南 京 印 刷 廠
南京太平路戶部街 15 號

發 行 者: 新 華 書 店

787×1092 1/32 26 頁 印張 $1\frac{20}{32}$ 印刷字數 33 千 字

1957 年 1 月南京第一版第一次印刷 1—3,900 冊

統一書號: 15045·有 94 定價(10)0.24 元

序 言

我國的長途電話—電報電纜網，是逐年發展着的。

長途電纜線路的每一回路里，都有大量的電路（電話電路、電報電路、廣播電路和其他的電路）。在電話回路這樣復用的情況下，必須保證維護電纜線路工作的高度質量，以防止線路發生障礙。

中斷通信、降低通信質量及使有色金屬和鋼受到長期耗損的許多原因之一，是電纜鉛皮和電纜鋼質鎧裝受到腐蝕。因此，及時發現電纜外皮上的腐蝕過程和採取必要的防護措施，具有重大的意義。

查明腐蝕危險的最簡單和最正確的方法，是進行一系列的電氣測試，借以對腐蝕過程從質量上或數量上作出鑑定。此外，根據這種測試的分析，可以查明引起腐蝕的原因，確定在電纜線路上需要採用防護措施的危險段落，並可以選定某一種防護裝置。

書中簡明地述說了腐蝕的種類和防止腐蝕的方法，說明了主要的測試儀器，以及這些儀器在保護電纜免遭腐蝕而進行測試時的使用方法，研討在確定長途通信電纜外皮遭受腐蝕危險時最重要的測試方法，並在分析測試結果和選擇防護方法方面作了一些說明。

本書適用於從事維護電話—電報電纜干線的工程技術人員和已有直流測試知識的熟練技務員。

所有對本書的意見務請寄蘇聯郵電部技術處或國立郵電書籍出版社（莫斯科—中心區，奇斯陶普魯得街2號）。

蘇聯郵電部技術處

序 言

第一章	腐蝕种类和引起腐蝕的原因.....	(1)
第二章	電纜外皮的防护方法.....	(4)
第三章	測試的种类.....	(6)
第四章	測試仪器和輔助設備.....	(8)
第五章	電纜綫路上土壤和水的侵蝕性的研究。地 中漏洩电流的測定。.....	(17)
第六章	電纜外皮对周圍物質、附近地下金屬設備 和鋼軌間的电位的測試.....	(25)
第七章	流經電纜外皮的电流方向及其大小的确定	(29)
第八章	从電纜外皮流出的电流密度的确定.....	(34)
第九章	軌道網的測試.....	(39)
第十章	接地电阻的測試.....	(43)
第十一章	測試結果的整理、分析和防护措施的选择	(45)
第十二章	对已防护的電纜的監視測試.....	(48)
參考書刊		

第一章

腐蝕种类和引起腐蝕的原因

地下電纜的腐蝕，即其金屬外皮的損壞，是由于外皮的金屬與其周圍土壤間相互作用的電化過程而產生的。除了上述的作用外，在橋樑上及鐵路路基等附近的電纜外皮中，經常還出現有方向與大小迅速變化的機械應力（振動）。

根據引起電纜外皮腐蝕的不同原因，實際上可分為下列幾種主要的腐蝕類型：a) 土壤腐蝕，b) 電氣腐蝕或漏洩電流的腐蝕，c) 晶化的腐蝕。

在電纜使用時，這三種腐蝕可能同時產生。下面分別地對它們加以研究。

土壤腐蝕 由於金屬和周圍介質（土壤）相互間的電化作用引起土壤中電纜金屬外皮遭受的損壞，稱為土壤腐蝕。在土壤腐蝕的時候，金屬外皮的破壞出現在電纜的極大部分的表面上。在遭受腐蝕的段落里，電纜外皮上呈現着小點（斑點）（圖1a），並逐漸腐蝕成凹穴。沿着電纜外皮也會出現有彎曲溝紋的損傷（圖1b）。在某些情況下，損傷的地方幾乎遍及外皮的全部表面上，這就造成外皮的損壞。

鉛皮腐蝕造成的產物就是碳酸鉛($PbCO_3$)、氧化鉛(PbO)、氫氧化鉛($Pb(OH)_2$)、氯化鉛($PbCl_2$)，它們都呈淺灰色或紅色。

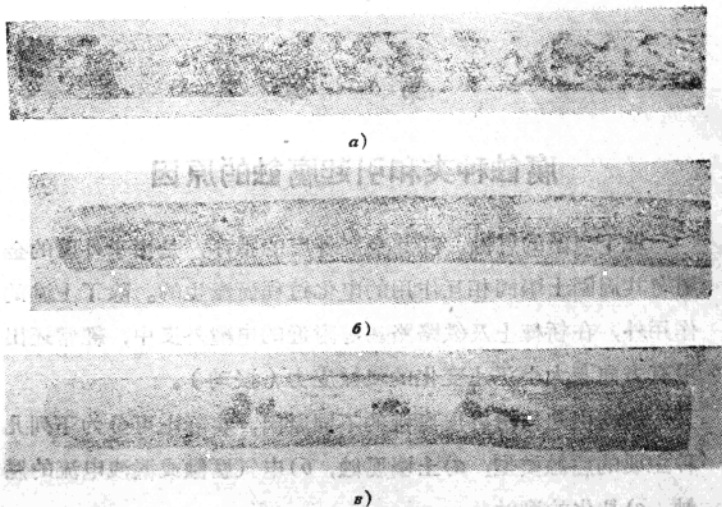


圖 1. 電纜鉛皮的損傷:

a) 土壤腐蝕 (斑點), b) 土壤腐蝕 (縱溝紋), v) 漏洩電流腐蝕 (穿孔)。

電蝕或漏洩電流腐蝕 在作為電解質的土壤中，由於漏洩電流影響而產生電解過程。電解所引起的電纜金屬外皮的損壞，稱為電蝕或漏洩電流腐蝕。

大地中的漏洩電流是由於在敷設電纜的區域內有了直流電氣鐵路、有軌電車和地下電車，這時一部分電流由其軌道內流入大地。在其敷設區域內如有遠距離供電增音站及“導綫—大地”系統的直流輸電綫，也會在地中產生漏洩電流。

在電蝕的情況下，金屬外皮發生的破壞現象是形成了陡壁的各個凹穴或沿着電纜表面分佈着長溝紋。

鉛皮電蝕的產物，一般是氯化鉛 ($PbCl$) 或硫酸鉛 ($PbSO_4$)

以及二氧化鉛 (PbO_2) 的晶体。

電纜外皮由于漏洩电流造成的损伤, 会使外皮上出現穿孔, 如圖1a所示。

晶化的腐蝕 由于電纜的振動、交变机械应力和周圍介質的作用而使電纜外皮遭到的损坏, 称为晶化的腐蝕。

晶化的腐蝕結果, 一般是在外皮上形成了裂紋。这裂紋随着腐蝕產物的形成而擴大, 在某种情况下可使電纜外皮遭到腐蝕的各个部分分解为碎片。圖2表示受到晶化腐蝕的電纜鉛皮的

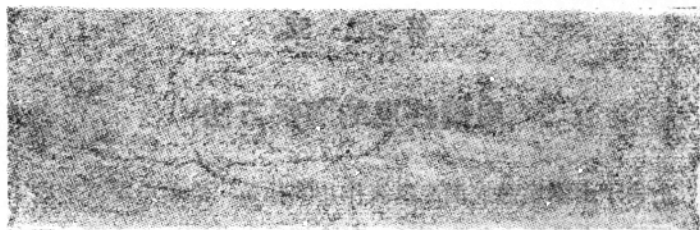


圖 2. 電纜鉛皮遭受晶化腐蝕的损伤状态(裂紋)。



圖 3. 電纜鉛皮遭受晶化腐蝕损伤的放大照片。

损伤状态，这种损伤形成了穿透的縱橫裂紋和造成了外皮碎片脫落的危險。圖 3 表示遭受这种损伤的电纜外皮的放大照片，由这照片可以看出大的分离晶体（顆粒）和沿着晶体邊緣的裂紋（黑色的）。

目前还没有可靠和簡單的方法来判断晶化腐蝕的危險情况，也没有可避免这种腐蝕來保护电纜的方法，因此以后所講述的僅僅是关于土壤腐蝕和漏洩电流腐蝕的問題。

第 二 章

电纜外皮的防护方法

由于土壤腐蝕或漏洩电流作用的结果，沿着电纜就形成了陽極区（危險区）和陰極区。在陰極区内电流流入电纜，而在陽極区内电流从电纜流出，使电纜外皮损坏。已知，一安的电流从电纜鉛皮流出时，一年内可腐蝕約35—36公斤的鉛，而从电纜鎧裝流出时，可腐蝕 6—10 公斤的鋼。

为了預防电纜外皮的腐蝕，采用着各种的防护方法，以防止腐蝕或大大地減輕腐蝕。

电纜外皮的防护，就是使电纜成为負电位（处于陰極状态）或將电纜与侵蝕的介質漏洩电流絕緣起來，使得土壤中所含的化学物質和漏洩电流难于侵蝕电纜外皮。

由于產生腐蝕的种类和条件的不同，使用的防护裝置也不同。目前，所有应用的防护方法可以分为兩类：直接的和間接

的。

采用直接的和極性的排流器、陰極裝置和陽電極（鎂的或其他的）都屬於直接的防護方法。

采用各种絕緣層和電纜外皮塗料，以及使電纜離開漏洩電流作用區域或離開侵蝕介質都屬於間接的防護方法。

應當注意，在靠近直流電氣鐵路和有軌電車地帶，也就是在漏洩電流作用嚴重的區域，可採用各種類型的排流器來防止電纜外皮受腐蝕。但是排流器只能防護電纜避免漏洩電流的腐蝕，而不能保證外皮不受土壤的腐蝕。因此，具有土壤腐蝕的防護段落里，必須預先裝設象鎂電極形式的輔助保護設備，而在有土壤侵蝕或地下水侵蝕的時候，應當裝設適當的絕緣層或塗料。

陰極防護設備，可以用作防護漏洩電流，也可用作防護土壤腐蝕。

陽電極主要是用作對土壤腐蝕的防護，同時，在正電位不超過0.2—0.3伏、有漏洩電流作用的地帶中，也可用以分段防護電纜免受電蝕。

各種形式的絕緣層和塗料主要是用於敷設在侵蝕土壤或水里的電纜段落里。

上述各種保護方法（採用排流器、陰極裝置、陽電極和其他措施）大都可以相互配合着應用，但對於電纜可能遭到腐蝕的段落缺乏了解以及沒有預先的調查時，就不可能正確而合理地使用這些保護方法。

第三章

測試的种类

为判断腐蝕危險的程度，必須進行綜合的測試，其結果应当既能指出腐蝕原因，也能指出在電纜外皮中腐蝕過程的嚴重性。

在電纜防蝕的設計與施工所必須進行的全部綜合測試和研究工作中，包括：

- 1) 研究電纜綫路上土壤和水的侵蝕性能，即：測試土壤的电阻系数和進行化学分析；
- 2) 确定大地中的漏洩电流；
- 3) 測試大地与電纜外皮間（電纜—大地）电位差；
- 4) 确定沿電纜外皮流过的电流方向和大小；
- 5) 确定从電纜外皮漏洩的每晝夜平均电流密度值；
- 6) 測試電纜外皮与電車的鋼軌或与直流电气鐵路鋼軌間的电位差；
- 7) 測試電纜外皮与在其附近的金屬設備間的电位差；
- 8) 軌道網的測試：
 - a) 軌道对大地的电位；б) 軌道接合点电阻；в) 軌道接合点电压降；г) 軌道电流；д) 回归点間电位差；е) 軌道網任意兩点間的电位差；
- 9) 接地电阻的測試

在防蝕設計時為了得到原始的資料，應研究在所設計的电纜綫路上土壤和水的侵蝕性能，同時要確定漏洩電流的存在，及其大小、來源和分佈地點。

此外，在必要時對有軌電車和直流電氣鐵路的軌道網以及所設計電纜綫路附近的電纜和金屬管道也需進行電氣測試。

為了確定將要採用的防護裝置的安設地點，在敷設了電纜以後應在所防護的電纜上進行測試。

為了確定敷設電纜的腐蝕危險程度和採用的保護措施的有效性能起見，對電纜綫路上土壤的侵蝕性能要進行研究，同時要測量外皮對大地的電位及電纜外皮內電流的方向和大小，要測量漏洩電流的每晝夜平均密度，以及軌道、鄰近地下金屬設備和電纜外皮之間的電位差。

對漏洩電流每晝夜的平均密度的各項測試是主要的電氣測試，其結果能指明敷設在地下的電纜腐蝕危險程度。但是由於目前還沒有掌握能夠正確地測定這種密度的方法，所以要測量《電纜——土壤》的電位差，根據這種測試來確定陽極區（危險的）和陰極區的分佈。

可見，由於測試種類和測試性質的不同，必須使用各種的測試儀器和電極。

第四章

測試儀器和輔助設備

1. 測量電位差和電流的儀器

為了確定電位差和電流的大小，應採用中零式和多量程的磁電式測試儀器。

在測試通信電纜及軌道網時所用的主要的和最常用的儀器，是郵電部工業企業管理局所屬工廠出品的漏洩電流測試器（*ПЕТ*）。這儀器包括電流表和每1伏刻度約有10千歐高內阻的電壓表。這儀器有四個電壓測試量程（1—0—1伏，10—0—10伏，100—0—100伏和10—0—10毫伏），二個電流測試量程（10和100安）。因此，用這種儀器可以測試漏洩電流（比較大的數值）作用下和在土壤腐蝕（比較小的數值）作用下的電纜外皮里的電位和電流，同時也可用於軌道網的測試。

儀器的零點位於刻度的中央，在被測的極性發生變化時，測試是很方便的，因為當測試電流方向交換時不需要換接。

這種儀器規定在周圍空氣溫度為攝氏-15度到+40度和相對濕度為80%的時候使用。儀器的電流常數每一度不超過 2×10^{-6} 安。

對100—0—100伏量程的相對誤差為±1.5%，而對其餘量程的相對誤差為±2.5%。儀器的阻尼時間達5秒鐘，這是它

的一个缺点。

在测试电位差时，导线接于正端子（+）和100伏端子上。从电压测试的一个量程转换到另一个量程，是按下带有相应符号的按钮来实现的。当按钮空接（未按下按钮）时，仪器是接于100—0—100伏的位置。

测试电流时，导线适当地接于正（+）端子和依照被测电流的大小而接于10安或100安的端子上。仪器的设计只适合在

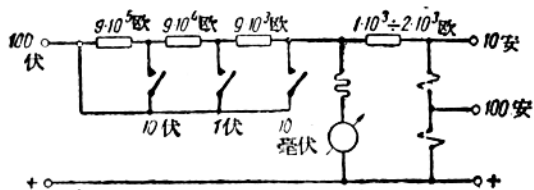


圖 4. ПЕТ型測試儀器的電路圖

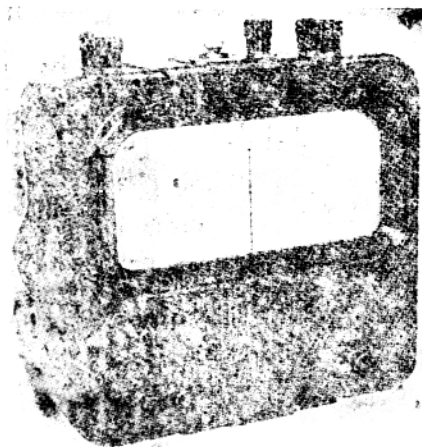


圖 5. ПЕТ型儀器。

15分鐘以下的短時間的測量。儀器的工作位置應該是水平的。附加電阻和裝配在儀器箱內的分流器的接綫圖見圖4，儀器的外形如圖5。儀器的重量約2公斤。

除上述儀器外，還可以使用刻度每一伏具有高內阻（3—5千歐）的磁電式電壓表來測量電位差，而且電壓表的內阻愈高，則測試值愈準確。

由於儀器內阻不同，測試時的誤差也就不同。誤差的相對值可用下式求得：

$$\frac{\Delta U}{U} \% = \frac{R_k}{R_s + R_k} 100\%,$$

式中 R_s ——電壓表的電阻，

R_k ——電極與大地間和電極與電纜外皮間接觸電阻的總和，數值在100到500歐之間。

為了測試電流的大小，除 ΠBT 儀器外，可以使用有適當測試量程的直流安培表，這種電表應該有儘量小的內電阻。

2. 測量土壤電阻系數和接地電阻的儀器

測試土壤電阻系數和接地電阻，可以應用 $MC-07$ 型接地測試器。這種儀器有三個測試量程：由0到1000歐、由0到100歐和由0到10歐。儀器的最大誤差為測試值的 $\pm 10\%$ 。發電機搖把的旋轉速度，應當每分鐘維持在90到150轉以內。儀器規定在周圍空氣溫度為攝氏 $+5^\circ$ 到 $+40^\circ$ 時使用。

頻率從45到55赫的交變漏洩電流和直流均不會增加儀器的誤差。 $MC-07$ 型儀器的外形如圖6所示，其重量為13.5公斤。

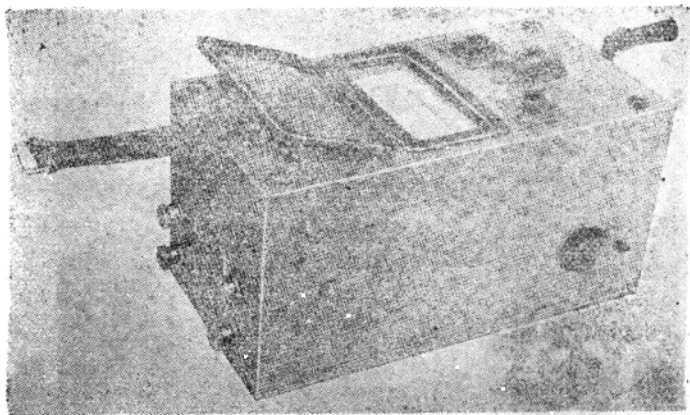


圖 6. 測試土壤电阻系数和接地电阻用的MC—07型仪器

3. 確定煤質內氫离子濃度(P^H)的仪器

確定煤質內氫离子濃度 (P^H) 是采用电子管电位計 (P^H 計)，如 $\Pi-5$ 型电位計。这种仪器可以測試由 0 到 $13P^H$ 範圍內的氫离子濃度，其誤差不大于 $\pm 0.1P^H$ 。仪器的电源是用电压为 1.5 伏的 3C— λ —30 型的干电池和 127/220 伏的交流电。当周圍煤質的溫度为攝氏 $+13^\circ$ 到 $+25^\circ$ 及空气的相对湿度为 40—60% 时，仪器可以正常地工作。

確定氫离子濃度的仪器的外形見圖 7，其重量为 12 公斤。这仪器供實驗室研究之用，而在野外的測試中則不能使用。

測試進行的程序，敘述于仪器的說明書內。

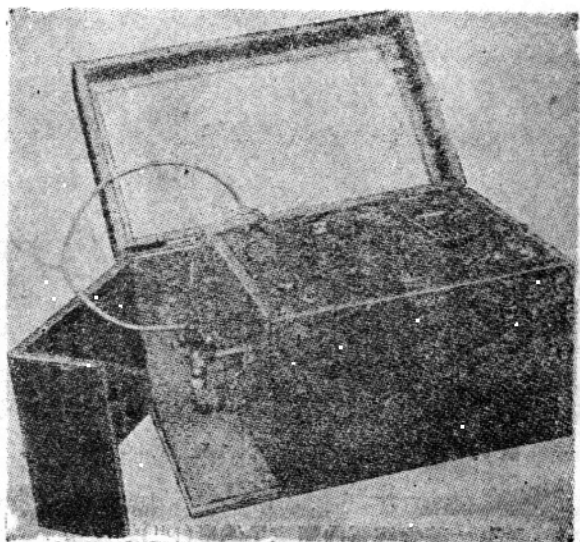


圖 7. 确定氫离子濃度(pH)的 $\pi\pi-5$ 型儀器

4. 軌道接合點測試器

在軌道網上進行一系列測試時，如測試接合點的電阻、接合點的電壓降和軌道內的電流時，所用的儀器稱為軌道接合點測試器。

這儀器是由兩部分所組成，即：三腳接觸器和測試箱。三腳接觸器是由三個刃形接觸物所組成，其中央的一個是彈性的。接觸物間的距離為0.5公尺。

在測試箱內接有 $T03$ 型檢流表和電阻組。這種儀器在整體上是一個普通的電橋電路。在進行上述三種測試時的誤差均不

超过±5%。進行測試时的必要轉換順序，詳見《市内电话電纜的防蝕手冊》的附錄1（苏联邮电出版社，1947年）。

5. 測試電極

为使測試回路与土壤、電纜外皮、軌道、管道等相接触，可采用不同的電極。例如，在測試土壤腐蝕时和在測試漏洩电流（產生的电位絕對值不超过1.4—1.5伏）的影响地区时，为了測量電纜外皮对大地間的电位，就必须采用使測試回路与土壤接触的各种非極化電極。电位差超过上述数值时，即通常在漏洩电流作用嚴重的地帶，可以使用鋼棒。

当有土壤腐蝕和在漏洩电流微弱时，不能使用鋼棒式的電極，因为由于極化电动势（ $e.d.c$ ）的作用，測試結果可能發生極大的畸变，其值可以达到0.2—0.3伏。因此，在有土壤腐蝕以及漏洩电流微弱的时候，应当使用非極化電極測量电位差。

最常用的非極化電極是硫酸銅電極，其外形見圖8，而斷面見圖9。这种電極是由非金屬容器A和多孔膜片F所組成。在金屬容器的頂部固定着一个紫銅棒B，在其外端有一个用于接通連接綫的端子（螺帽B和襯墊）。容器的內部注滿硫酸銅溶液。銅棒和大地是通过上述的多孔膜片和溶液來接通的。

使用这种電極时，在儀器的讀数中，应当加進電極本身电动势的校正值，其数值为+0.34伏。

在漏洩电流作用嚴重的地区中進行測試时，通常可觀察到極大的电位差（而且往往是变号的），这时不必考慮電極極化