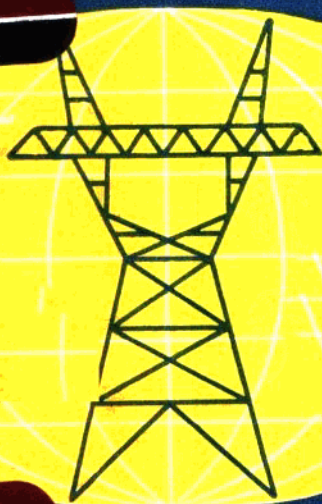


第16届世界大电网会议论文辑要

高压电缆

盛 暢 达 著



电力工业出版社

第16屆世界大電網會議論文輯要

高 压 电 纜

盛 暢 达著

电 力 工 業 出 版 社

“第16屆世界大電網會議論文輯要”共有九本，其內容包括：電力系統的技术或
和發展方向、高壓電纜、現代發電机的新技术、現代超高壓輸電的實踐、現代高
壓輸電綫路基本建設的特点、繼電保护、系統週率及其負荷自动控制、變壓器和高
壓斷路器發展趨向等。

本書是國際大電網會議有關高壓電纜的新技术報導，內容主要包括1956年國際
電網會議論文中有關電纜的部分、參觀法國 Fontenay 研究試驗中心所得到的
資料和在蘇聯實習、參觀中所獲得的一部分运行經驗的資料。

作者希望通過這些新技术的報導，把世界上一些在高壓電纜方面的新成就介紹
我國工程技術人員以及高等工業學校有關專業師生。

高 壓 電 纜

盛 嶽 達 著

681D180

電力工業出版社出版(北京府右街26號)

北京市書刊出版業營業證出字第082號

電力工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本*1條印張*34千字*定價(第10類)0.28元

1957年9月北京第1版

1957年9月北京第1次印刷(0001—1,300冊)

前 言

作者这次有机会参加了代表中国电机工程学会的代表团出席了在巴黎召开的 1956 年第 16 届国际大电力网会议。代表团分配给作者的任务是多注意一些电缆和绝缘子方面的问题。

这本小册子里所收集的材料主要是由下列几部分组成的：

1. 1956 年国际大电力网会议论文中有关电缆的部分。
2. 参观法国 Fontenay 研究试验中心所得到的一些资料。
3. 在苏联实习和参观中所获得的一部分运行经验的资料。

4. 手头可以得到的一些杂志。因而可以说这本小册子是资料的堆积，只有很少的分析和论述。作为高压电缆新技术来介绍，这还远不是全面的。更加以作者并不是电缆方面的内行，虽然在整理资料的时候力求真实可靠，但是可以想见一定还会存在很多的问题。希望读者们加以指正。

目 录

前 言

一、高压电缆技术的简单介绍	3
二、新型高压电缆的应用和研究	4
1. 充油和压力充气型高压电缆	4
2. 利用塑膠作为绝缘的高压电缆	11
3. 301千伏全铝充油型高压电缆	13
4. 法国 Fontenay 研究试验中心的高压电缆试验室	14
三、防止电缆发生事故的预防性试验	19
1. 苏联在电缆预防性试验工作上的成就	20
2. 预防性试验电压的选择	22
3. 预防性试验周期的选择	23
4. 电缆预防性试验新方法的研究	24
四、电缆故障点的探测方法	26
1. 直流电阻法和电容法	27
2. 冲击波法	27
3. 脉冲放电法	30
4. 感应法	32
5. 声波法	32
五、高压电缆的敷设和运行中的一些问题	34
1. 利用强力冷却提高电缆的载流量	34
2. 三芯电缆用作单芯电缆	35
3. 电缆外包铅皮的疲劳问题	35
4. 电缆终端头运行中的一些问题	36
5. 电缆线路内的局部过热问题	37
资料来源	39

一、高压电缆技术的简单介绍

在 1927 年第四届国际大电力网会议期间成立了高压电缆学术委员会。在 1955 年以前，这个国际性的学术委员会的主席一直是 G. J. Th. Bakker，现在的主席是 E. Laborde (法国人)，秘书是 J. C. Van Staveren。

从最近几届国际大电力网会议的资料中可以看出，委员会的主要活动是组织新颖电缆的改进创造和试验研究工作，而只有很小一部分资料涉及到电缆的敷设和运行方面的问题。

在 1956 年第 16 届国际大电力网会议上所提供的有关电缆方面的论文一共有 8 篇，这些论文大体上可以说明在最近期间各国在电缆方面的研究动向。

首先是充气代替充油电缆的迅速发展。充气电缆的优越性不单表现在气体较绝缘油的价格低廉易得，而且当电缆两端的高度差超过一定程度时，使用充油电缆由于液体压力所引起的技术上的巨大困难，在实用中几乎是不可能解决的。使用充气电缆就可以解决这个困难，特别是海底电缆。使用充气电缆已经是肯定的发展方向了。

充气电缆在发展中也遇到了一系列的技术上的困难：主要是充气电缆的漏气问题，绝缘浸渍物的渗出问题，电缆冷却时绝缘内空隙的形成问题，以及如何提高充气电缆的绝缘水平问题等。在各国专家的研究改进下，这些问题都获得了一定程度的解决。在法国 220 千伏的充气电缆已经正式投入运行，这一事实充分证明了克服这些困难是完全可能的。

其次是如何在电缆制造上节省或完全不用貴重金属问题的研究也有相当的成就。一方面是以塑膠等干式绝缘作为电缆的绝缘。这样的电缆可以完全不用金属外皮，而且在敷设和运行上也很方便。很多 20 千伏塑膠绝缘电缆已经使用了，而 30 千伏的也在试运行阶段。很明显，这方面的发展将是一日千里。

另一方面是以輕金屬鋁來代替貴重金屬銅和鉛做成電纜的導線和外皮。令人鼓舞的是加拿大已經做成了 301 千伏的全鋁電纜，而且已經投入運行。對於銅等貴重金屬越來越感到缺乏的今天，用鋁來代替貴重金屬必然會成為各國專家們努力研究的方向。

法國 Fontenay 研究試驗中心的高壓電纜試驗室，在這些活動中起着相當重要的作用。

電纜網路運行的最高成就應該歸之於蘇聯，特別是在電纜的預防性試驗和電纜故障點探測方法的研究上。

由於建立了一套完整的電纜預防性試驗制度，並在運行中得到了良好的貫徹，又選擇了恰當的試驗電壓、試驗週期，和自動裝置配合起來，使電纜的事故率大大下降了。在蘇聯有些電纜網路工區內已基本上達到了長期無事故運行的水平。

蘇聯專家們創造了一系列的儀器，成為探測各種類型故障點的有力工具，解決了電纜工作者最頭痛的閃絡性故障點的探測問題。這些工具有力地推動了檢修的快速進行，使一條電纜的事故檢修能夠在一晝夜內完成。

所有這些高壓電纜在設計、製造、敷設以及運行中的新技術，一定會引起我國的電纜專家們的興趣，並進一步地加以研究和發展。

二、新型高壓電纜的應用和研究

1. 充油和壓力充氣型高壓電纜

在超高壓電纜發展的初期，採用充油電纜較多。因為油的電氣絕緣性能比較可靠，而且對電纜導線外包的絕緣紙有良好的浸潤作用，不會在導線和絕緣紙之間形成空隙。這樣可以防止電暈，不致引起絕緣的損壞。

超高壓充油電纜的運行已有相當長的历史，在法國 225 千伏地下電纜系統已有 20 年的運行經驗。

在蘇聯像莫斯科和列寧格勒那樣的城市，110 千伏的充油型電纜已是城區內 110 千伏變電站之間的主要連絡綫路。因為在那里架空綫路

無法在高樓大廈之間穿行。

在最近投入运行的古比雪夫水电站里，敷設有 400 千伏充油型高压電纜，它是用来联系發電机变压器組的高压側和位于伏尔加河另一岸上的变电站的。

但是絕緣油的价格在絕大多数国家內是比較昂貴的，而且缺少。同时当電纜敷設的兩端高度差較大时，充油電纜的内部油压使電纜無法运行。因此各国的電纜專家进行了長期的研究，找出了以充气代替充油的各种方法。从历届国际大电力網會議的資料看来，充气電纜的發展是迅速的，并已取得了相当大的成績。

在 1954 年国际大电力網會議的資料中有一篇德国博士 Brauns 所作的論文，对充油和压力充气高压電纜进行了經濟和技术的比較，而且該文認為充气電纜的电气安全强度已达到了充油電纜的水平。如果敷設的条件相应一致的話，投資費用也大致相同。因此对这两种電纜的選擇决定于電纜敷設的条件和長度。在長度很短、地势平坦的条件下，采用充油型電纜較為合宜；反之，在長度較長、地势高低不平、電纜兩端高度差很大的条件下，采用充气型電纜較為合宜。

在 1956 年国际大电力網會議的資料中有兩篇論文討論到这方面的問題：其中一篇是英国專家 C. T. W. Sutton 等二人写的“压力充气電纜的經驗总结”，另一篇是法国專家 P. Capdeville 等四人写的“法国在压力充气電纜方面的發展”。這兩篇論文对压力充气電纜提供了很多有用的資料，現在分別介紹如下：

(1) 为了防止浸潤電纜的絕緣油滲出，在法国有这样一种傾向，即用一种稳定的絕緣混合物作为電纜絕緣紙的浸漬剂。

为了防止電纜絕緣油会由電纜導綫束內的空隙滲出，在導綫束的每一根導綫上加蓋一層絕緣混合物。这种混合物的特性是当電纜在制造过程中进行干燥和浸漬时所达到的最高温度不致使其熔化。这种電纜經過介質損失和寿命試驗的証明，这种混合物对電纜的电气特性没有什么影响。这种絕緣混合物的膨脹系数比絕緣油的膨脹系数小得多。当電纜受热时，这种特性可以大大的減少油的体积的过多增加。同时如果这种方法用于水底電纜的制造上，当電纜在运行中發生故障

时，可以使水滲入電纜絕緣內的長度大大的減小，这就大大的有利于水底電纜的修复。

(2) 132 千伏和 220 千伏的充气電纜現在已用得普遍了。在某一运行电压下选择電纜的型式时，已逐漸地取决于相对的經濟投資比較，而較少地考虑到額外的技术优点，这就是說在技术上已經普遍地提高了。决定 132 千伏及以上电压等級的電纜，絕緣最小厚度的条件，一般决定于冲击击穿强度。電纜絕緣冲击击穿强度愈高，能够采用的設計交流電場强度就越大，電纜的制造將更为經濟。

(3) 因此在提高電纜絕緣冲击击穿强度方面进行了一系列的研究，采取了很多的办法，其中有导綫屏蔽法。電纜絞股导綫的屏蔽是改善電纜击穿电压梯度的一个良好办法，对于充油電纜，在导綫上加設炭黑半导体紙屏蔽后，击穿强度可以改善 5—10%。而对于充气電纜說来，这样的屏蔽可以得到 25% 击穿强度的改善。

下面便是六根充气電纜比較試驗的結果，其中三根有炭黑半导体紙屏蔽層，而另外三根是没有的。

导綫截面 (平方公厘)	綫路电压 千伏	击 穿	
		电压 千伏	强度 千伏/公厘
430	120	900	130
300	120	915	132
500	115	785	130
150	132	715	103
250	132	790	103.5
150	132	770	101

} 有炭黑紙屏蔽層

} 無炭黑紙屏蔽層

(4) 为了研究電纜絕緣紙的干燥程度对于击穿强度的影响，以同样品种的絕緣紙和相同的絕緣浸漬物以及經過完全一致的制造过程，制造出两种 150 平方公厘 132 千伏的單芯電纜。其中一种使用完全干燥的絕緣紙，其介質損失为 0.2%；而另一种所使用的絕緣紙在浸漬以前沒有进行干燥，其介質損失为 2%。在通常室温以及 85°C 高温下，对这两种電纜进行試驗，試驗結果証明，这两种電纜的冲击强度

没有什么差别。这就是說電纜絕緣紙的干燥程度对冲击强度的影响不大。同样地对新旧電纜也进行了試驗，証明新旧電纜絕緣的冲击强度没有什么大的差别。

(5) 当電纜的絕緣物冷却时，介質之間的絕緣浸漬物，特别是絕緣油發生收縮，在絕緣物之間便形成空隙。前面已經提到过这种空隙对充气電纜是十分有害的。

为了防止这种空隙的形成，可以將電纜絕緣設計成橢圓形的截面。这样当電纜冷却而收縮时，加在電纜絕緣上的外部压力可以使電纜絕緣产生更大的橢圓度。这种压力使絕緣內的浸漬物，特别是油發生重行分配的流动。如果在電纜絕緣內某一点油的流动速度等于油冷却而收縮的速度，那么在这一点便不会产生空隙。

要达到这样的条件，便必須进行詳細的計算分析。为了使電纜絕緣內形成空隙的危險性最小，在電纜敷設和运行中必須：

- 1) 電纜絕緣的运行温度尽可能地高。
- 2) 散热阻抗尽可能地高。
- 3) 散热阻抗的数值尽可能地恒定。

(6) 用預浸絕緣紙作为絕緣的電纜，在导綫間以及絕緣紙層間的空隙內充以 15 公斤/平方公分压力的氮气。但这种電纜在一般制造条件下所能达到的在電纜导綫上的最大电压梯度不可能超过 16—18 千伏/公厘。

为了改善这种電纜的性能，用氮气以外的气体或者和氮气的混合气体作为電纜內的充气物質。用六氟化硫 (SF_6) 代替氮气的試驗的結果証明，預浸絕緣紙气体压力電纜的电气特性有可能提高二倍。

对同一電纜相隣的兩段充以不同的气体，同时进行耐压試驗时的結果如下：

充以100%15公斤/平方公分 氮气的試样		充以100%15公斤/平方公分 SF_6 的試样	
千伏	時間(小时)	千伏	時間(小时)
80	10	80	11, 30
電纜击穿			

95	8.30
110	1
130	10
145	10
160	9
175	5.40

電纜击穿

从这一结果看来，用 SF_6 作为預浸紙絕緣電纜的充气物質，其工頻电压的耐压水平达到了低压力充气電纜的水平，而这样的充气電纜便不再存在液体压力所引起的巨大困难。

(7) 1955 年年底，在巴黎区内有一根長 2200 公尺的管型压力充气電纜投入到 225 千伏的电力系統中运行。電纜敷設在鋼管內，平行的

兩条鋼管敷設在隧道內，其中的一条作为备用。電纜的外皮用的是可以傳导压力的鉛包或塑膠絕緣，在鋼管內充以 15 公斤/平方公分压力的氮气。

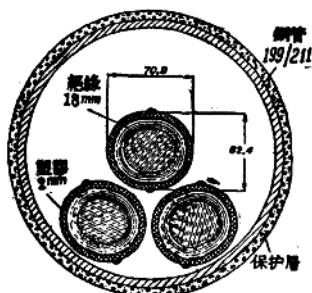


圖 1 225 千伏 200 兆伏安管型压力充气電纜

这种電纜的截面如圖 1 所示。

使用这种鋼管的好处是：当敷設时裝有备用鋼管的話，可以不打开隧道而敷設第二条電纜，同时可以很簡便地在鋼管上施行陰極保护，以防止腐蝕。当然鋼管有着良好的防止机械損害的能力，这給用塑膠作为電纜外皮創造了有利的条件。

在 225 千伏系統內使用充气電纜，还只是一个开始。从試驗結果看出，可以用同样的方法制成 380 千伏的管型充气压力電纜。类似这

電纜的導線截面积为 350 平方公厘，鋼管的內徑为 199 公厘，傳送容量为 200 兆伏安。

种結構的电纜也有充以 15 公斤/平方公分压力的絕緣油的。

(8) 对于各种型式的电纜防止外皮腐蝕的問題是一致的，当然管型电纜的外皮是鋼管，較鉛外皮更易于腐蝕，因此更要求采取有效的防腐措施。

通常防腐的措施有下列几种：

1) 在外皮上塗以保护層。对保护層总的要求是能够承受冲击力量，不开裂，而且風化变形得很慢。

通常用作保护層的材料是橡膠、海棉、瀝青和石棉等。运行的經驗証明，瀝青層比較好。但是瀝青本身不能承受机械力量，所以最好的办法是用玻璃絲帶浸以瀝青后包在电纜的外皮上作为保护層。塑膠化了的煤焦油也可以作为保护層，但同样必須綁扎帶子，以增加机械强度。

2) 对外皮保护層进行檢查。为了及时修复电纜外皮保护層的破損，对电纜外皮应进行定期的檢查，以發現保护層的损坏处，并采取措施防止电纜外皮的严重腐蝕。檢查的方法是和广泛应用在輸油管上的火花檢驗法一样，但是在城市中采用这种方法所得到的指示并不十分明显，因为在城市中杂散的火花放电的干扰相当严重。

3) 陰極保护。大家知道在电化过程中陽極板会失去金屬，而陰極板会得到金屬。这种原理也可以用到电纜防腐方面去。如果电纜的外皮对地呈陰極性，电纜外皮的金属可不消失而起到防腐的作用。这种办法在輸油工業中已經大量采用，在管型压力电纜上也正在試驗中。陰極保护法使用在曠野地区或新建設的城市里是相当有效的。但对于古老的城市就不适合，这是由于这种办法必須和城市内的其他地下設施取得电位的配合，而要达到这样的目的几乎是不可能的，因为在城市内的地下电流是十分复杂的。

(9) 为了解决橫跨英吉利海峽連接英法兩國電力系統而設計的 132 千伏的水底电纜，現在正在法国 Fontenay 試驗研究中心內进行試驗，它是充气压力电纜。因为在这种条件下充油电纜在經濟上是不合算的，而在技术上也是不可能實現的。

在水底电纜的發展过程中值得提出的是“高压电纜同样直徑軟接

头的接法”的报告，这是在 1954 年国际大电力網會議上法国的電纜專家 G. Bartano 提出的。这种接头对于海底電纜說来特別重要，因为这样的接头和良好的部分沒有太大的区别。接头的方法大致如下：先将接头部分兩端的絕緣削成圓錐形，然后将导綫分層疊起来，用压环压接，重新纏上絕緣，使其直徑和正常絕緣電纜的直徑相一致，最后整根電纜进入加裝鉛包外皮和鋼甲的最后工序。这样所制造出来的電纜在接头处有着連續的鉛包外皮和鋼甲，而且接头本身是軟的。利用这种办法制造的電纜的長度不再受到制造厂內浸漬工序制造設備容量的限制。

这种接头試驗的結果令人相当滿意，机械拉力达到正常電纜的 $\frac{1}{2}$ ，如果必要还可以提高机械力量。使用特殊的工具將导綫銲接，电气性能也和良好的電纜一样。交流电压击穿的地方經常不在接头部分。

在海洋上进行海底電纜的檢修是十分困难的，要求在很短的时间內完成施工，否則常常由于海浪的振盪而引起電纜外皮的金属疲劳损坏，使檢修工作全功尽棄，而檢修后投入运行的電纜，不久便又重在接头附近發生故障。要避免这种故障，除了要找出防止電纜外皮金属疲劳的方法以外（关于这一点以后还要詳細介紹），最徹底的办法是尽可能地縮短在海面上施工的时间。132 千伏電纜的特种硬接头便是在这样的要求下产生的，它的特点是尺寸小，重量輕（只有 100 公斤重），当檢修完成后易于重新投入海中。在海上的各种条件下，施工所需要的时间不超过 20—24 小时。

总的說来，最近几年在充气電纜設計制造技术方面有了長足的进步。二三年以来，在法国 65 和 225 千伏的系統內，充气压力電纜已經敷設了几公里。

在苏联对充气压力電纜的研究也进行了相当的工作，1952 年在山区的兩個阶梯式水电站之間已敷設充气压力電纜来代替常出事故的油浸電纜。電纜的电压是 10 千伏，导綫的截面积为 120 平方公厘，傳送电流 50—80 安培，充入氮气的压力为 1.5—2.0 公斤/平方公分，電纜兩端的高度差达 40—60 公尺投入运行以后三年多以来沒有發生过一

次事故。运行中的最大困难是漏气严重，氮气的补充量相当大，而且漏气的地点，因为没有专用的探测仪器也不容易找到。

2. 利用塑膠作为絕緣的高压电纜

鉛包外皮油浸紙絕緣的电纜已經使用了几十年，从电气安全特性来看，这种电纜的性能是相当好的。最近 20 年来，各国的电纜專家已研究出新的絕緣材料作为电纜的絕緣。由于塑膠化学工業的發展，塑膠絕緣的高压电纜是很有發展前途的。

利用塑膠等干式絕緣材料作成的电纜有許多优点：最明显的是能节省贵重的有色金属——鉛，这对国民經济的意义是十分重大的。同时它的重量輕，成本低，敷設起来簡單，不必要特殊的終端盒，运行中外皮不会腐蝕，也不会因为敷設兩端的高度差而發生困难。

在塑膠絕緣的高压电纜中有两种塑膠絕緣材料在研究和使用着。这两种材料的名称叫聚乙烯 (Polyethylene) 和聚氯代乙烯 (Polyvinylchloride 简称 PVC)。在 1956 年国际大电力網會議上德国电纜專家 Offo Gasser 等二人發表了“塑膠絕緣高压电纜”的論文，对塑膠絕緣高压电纜的發展情况及其性能作了詳細的論述。

聚乙烯用作电纜絕緣的經驗是比較成熟的。在法国使用这种絕緣电纜的最高电压是 17.5 千伏，德国是 20 千伏。它的絕緣性能比較好。虽然在試驗时所得到的击穿电压数值相当分散，如果加压的时间較長的話，可以得到整齐的試驗結果。这样便可以得到比較穩定的平均击穿强度作为設計的依据。它的另一特性，是它的冲击击穿电压随着加压次数的增加而下降。它能够自燃，具有和洋服差不多的性能，开始时先軟化，然后再着火。对于这种絕緣的电纜是否会增加火災的危險性的問題，作者曾經进行了人为短路造成电弧的試驗，試驗的結果証明沒有一次着火。因此聚乙烯作为电纜的絕緣，和其他型式的电纜一样，并不增加火災的危險。

化学工業的發展創造了另一种新的塑膠絕緣聚氯代乙烯。但是到現在为止，它的制造的工艺技术和电气特性还不能令人滿意。以它为絕緣电纜也和其他干式絕緣的电纜一样，有着很多的优点。改进了工艺

过程后的聚氯乙烯絕緣，吸潮的能力很小，所以这样的電纜可以直接敷設在地下。較低电压(6.0—10 千伏)的聚氯乙烯絕緣電纜甚致可以不用電纜头，更不必用特种的防漏堵头，这对于应用在开关櫃之間很短的連絡電纜來說，具有很大的節約意义。因为在这种条件下，電纜头的投資可不佔总投资的很大比重。

为了防止腐蚀，对于鉛或鋁外皮的電纜，必須采用各种防腐的措施，而聚氯乙烯絕緣的電纜便沒有这种必要，它能够抵抗化学腐蚀。而且由于沒有金屬外皮，聚氯乙烯絕緣電纜的重量輕，敷設容易，同时不会燃烧，机械力强，又不会老化。

聚氯乙烯絕緣不能大力推广的一个原因，是因为它一受热就軟化。当这种電纜帶負荷运行时，特别是在短路故障的情况下，聚氯乙烯絕緣受热變軟，这样便会使本来在電纜中心的導綫逐漸下沉到邊緣，以致降低電纜的絕緣性能。

經過多年的試驗，已經得到了性能較好的聚氯乙烯塑膠混合物。使用这种混合物作成電纜，当全負荷在導綫上的最高温度达 70°C 时，導綫也沒有下沉的現象，而且載流容量和紙絕緣的電纜差不多。在短時間的短路条件下，導綫上的温度可以达到 100°C ，也不会引起聚氯乙烯的軟化和導綫的下沉。

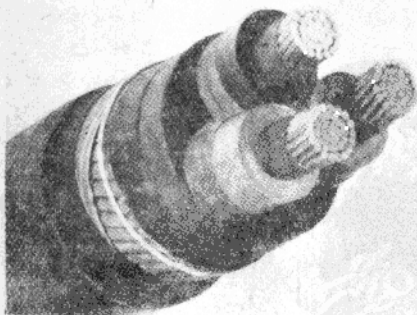


圖 2 20 千伏三相聚氯乙烯塑膠絕緣電纜

聚氯乙烯的另一个缺陷是介質常数和介質損失角較高，而且随着温度的增高而加大。在制造过程中使用特种填充料和塑膠化剂，可以得到在运行温度下很小电解质含量和極小离子导电率的聚氯乙烯混合物。使用这种特性混合物，聚氯乙烯絕緣已經可以制造出20千

伏的電纜。這種電纜如圖 2 所示：

“人造鑄橡膠用于超高压電纜附件的制造”的問題也是值得一提的。這是 1956 年國際大電網會議有關電纜問題的報告之一，這一報告是意大利專家 P. Gazzana-Priariggia 所作的。這種人造鑄橡膠填充石英以後，對金屬有極強的吸附力，特別運用于作為電纜的防漏塔頭等接头盒和終端盒。由于制造成本較高，人造鑄橡膠還沒有得到普遍的采用。但是有的制造廠已經在考慮人造鑄橡膠代替磁絕緣的問題。人造鑄橡膠鑄出的發電機端部綫圈有極好的機械強度。

3. 301 千伏全鋁充油型高压電纜

在 1956 年國際大電網會議中，加拿大的電纜專家 H. D. Short 提出了“301 千伏全鋁電纜”的論文。它比較詳細地介紹了這一電纜的設計、結構、敷設、試驗以及運行的情况等。301 千伏全鋁電纜是 1954 年投入運行的。1952 年加拿大曾經完成了一條鋁包外皮充油型 120 千伏的高压電纜，據說這在當時是“世界第一”的。301 千伏全鋁電纜是在這條電纜的基礎上進一步發展的。

301 千伏全鋁電纜敷設在加拿大的一个地下水力發電廠內，它是用来連接發電機變壓器組的高压側和室外的 301 千伏變電站的。這條電纜是充油型紙絕緣的高压電纜，導線是由中空的鋁管組成的，外皮由無縫鋁管組成。這條電纜的總長度為 2000 呎。由于無縫鋁管制造長度的限制，每一段電纜的長度為 300—460 呎，所以整條電纜的三相共有 15 段，12 个接头和 6 个終端頭。電纜兩端的高度差為 75 呎。

下面圖 3、圖 4 和圖 5 是說明這一條電纜的結構、終端

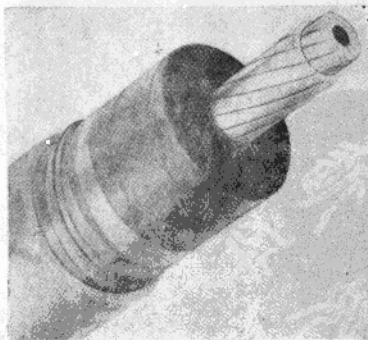


圖 3 電纜的實際結構

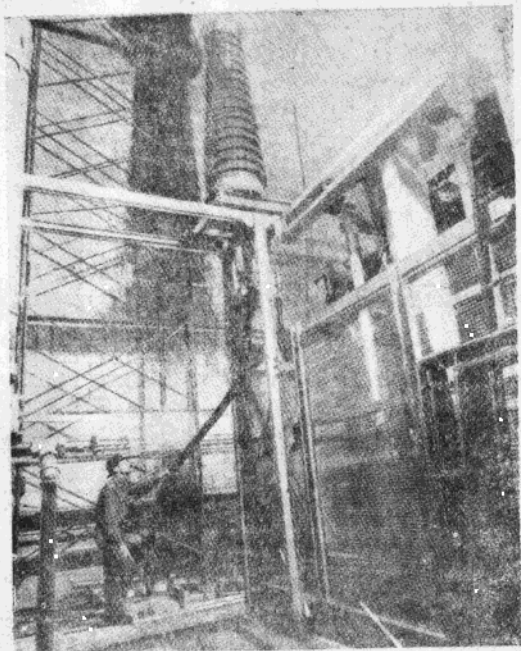


圖 4 在变压器室內的一个終端头

头和接头盒的。

为了防止腐蚀和杂散电流对电缆的损害，所有的电缆和终端头都和支架用处理过的木块绝缘，只在电缆全长的中部连接接地。电缆连接于正常运行电压为 301.4 千伏中性点接地的系统内，传送容量三相一回路是 240 兆伏安，日负荷率为 100%；周围空气温度最高为 40°C ，最低为 0°C ；导线温升最大为 45°C 。

4. 法国 Fontenay 研究试验中心的高压电缆试验室

Fontenay 研究试验中心在法国巴黎近郊，是欧洲大陆的一个比较