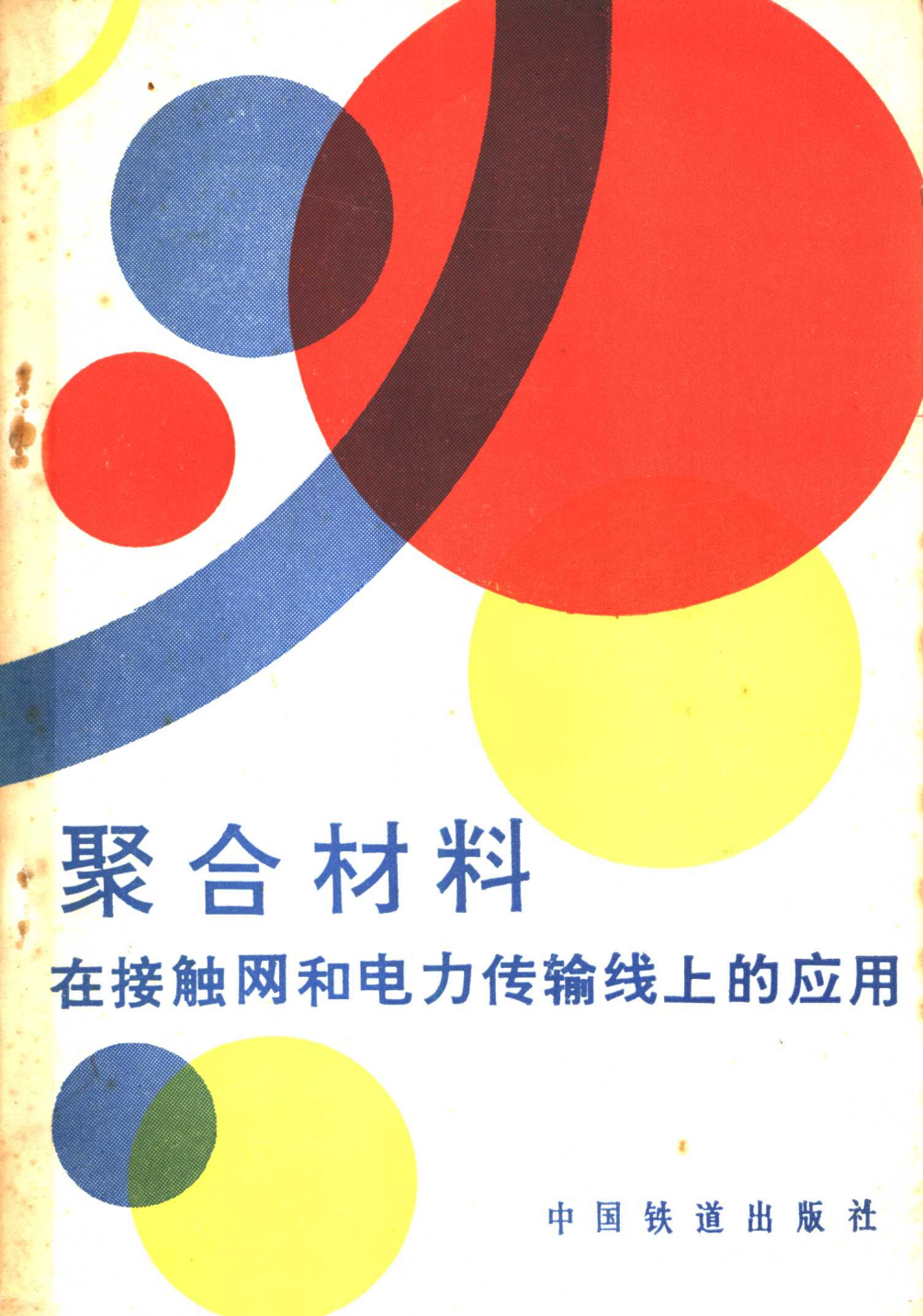




聚 合 材 料

在接触网和电力传输线上的应用

中 国 铁 道 出 版 社

聚合材料在接触网 和电力传输线上的应用

〔苏〕С.М. 根金 Ю.И. 格罗斯柯夫
Т.В. 马罗佐娃等

袁则富 译

蒋文洲 校

中 国 铁 道 出 版 社

1981年·北京

内 容 提 要

本书着重讲述了苏联交流与直流电气化铁道接触网和电力传输线采用聚合绝缘材料的情况，并介绍了其他国家在这方面的概况；书中还对比了几种聚合绝缘材料的机械与电气性能，简要叙述了制造工艺和试验方法。

本书可供从事电气化铁道接触网和高压输电线的研究、设计与运营人员学习参考。

聚合材料在接触网和电力传输线上的应用

〔苏〕C.M.根金 IQ, И.格罗斯柯夫 B.马罗佐娃等

袁则富 译 蒋文渊 校

中国铁道出版社出版

责任编辑：张贵珍

封面设计：翟 达

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张：3.5 字数：73 千

1981年6月第1版 1981年6月第1次印刷

印数：0001—1,500 册 定价：0.40元

译 者 的 话

近二十多年来，为了使电气化铁道接触网能适应高速行车的需要和提高它的运行安全可靠，许多国家对接触网采用聚合绝缘材料进行了大量的研究、试验工作。我国铁路在研究、生产、运营单位的共同努力下，近年来也在接触网采用聚合绝缘材料方面做出了一定的成绩。为了加速我国铁路电气化的发展，提高接触网的技术与运用水平，现将С.М.ГЕНКИН Ю.И.ГОРОШКОВ Т.В.МОРОЗОВА写的ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В УСТРОЙСТВАХ КОНТАКТНОЙ СЕТИ这本小册子译出，供从事电气化铁道接触网和电力传输线研究、设计和运营人员学习借鉴。

蒋文渊同志对本书译文进行了认真的校阅，吴晓义同志也提出了不少宝贵意见，现一并在此表示感谢。由于译者水平有限，恳请读者对谬误之处提出批评指正。

译 者

1980年6月

目 录

第一章 聚合材料在接触网和电力传输线上的应用	1
§ 1 概述	1
§ 2 聚合材料在国外电气化铁路接触网中的应用	5
§ 3 聚合材料在电力传输线上的应用	14
第二章 接触网装置中采用的聚合材料	17
§ 4 概述	17
§ 5 玻璃纤维增强塑料	20
§ 6 氟塑料—4	25
§ 7 聚乙烯	27
§ 8 有机硅聚合材料	28
第三章 聚合绝缘材料的部分性能	31
§ 9 聚合材料的抗漏性	31
§ 10 聚合材料的耐弧性	35
§ 11 聚合材料的抗大气性能	37
第四章 接触网聚合绝缘子和绝缘插入件	40
§ 12 聚合绝缘子和绝缘插入件概述及其要求	40
§ 13 聚合棒型绝缘子的结构和制造工艺	41
§ 14 用于3千伏电压分段绝缘器上的聚合绝缘插入件	44
§ 15 用于25千伏电压分段绝缘器上的聚合绝缘插入件和滑道式插入件	46
§ 16 瓷绝缘子的憎水涂层	49
第五章 聚合绝缘插入件分段绝缘器	52
§ 17 聚合绝缘插入件分段绝缘器的应用	52

§ 18	对聚合绝缘插入件分段绝缘器的要求以及应 用方面的建议	67
§ 19	分段绝缘器的可靠性	72
§ 20	分段绝缘器的速度特性	79
§ 21	完善的小型分段绝缘器及其安装与运用方面 的建议	83
第六章	使用聚合材料的接触网装置	91
§ 22	锚段绝缘关节	91
§ 23	用滑道式绝缘插入件进行接触导线分段	92
§ 24	支持装置和分段隔离开关上用的聚合绝 缘子	94
§ 25	钢筋混凝土支柱防蚀用的聚合绝缘零件	96
§ 26	防止瓷绝缘子钢脚电蚀的导电聚合胶	100
§ 27	接触悬挂上用的聚合绳索	104
文献目录		106

第一章 聚合材料在接触网 和电力传输线上的应用

§ 1 概 述

在架设电气化铁路接触网和高压电力传输线时，瓷件是主要的电气绝缘材料，它是广为采用的、具有较高电气强度的电介质。但是，由于瓷绝缘子抗拉和抗弯的机械强度比较低，所以重量和截面都比较大。受力的瓷绝缘子在电弧的作用下，很可能损坏。因此对接触网和电力传输线来说，聚合材料是很有前途的电气绝缘材料。同电瓷件相比，聚合材料制品的机械强度较高，耐弧性能较好，重量轻，截面小，且不易因冲撞而损坏，便于运输和安装。

在接触网、电力传输线装置和部件中采用的聚合材料，除了要有较高的电气绝缘性能外，还应有较高的机械强度，并能在各种大气因素（潮湿、气温变化、阳光照射、化学物质作用、大气污染等等）的作用下，长期保持这些特性。

在接触网装置中采用聚合材料，首先是为了提高列车的运行速度和广泛使用单相工频25千伏电力牵引。由于25千伏电压的瓷绝缘子比较笨重，故不可能研制出一种在列车高速运行时保证受电弓正常通过的分段绝缘器。鉴于这个原因，分段绝缘器就成了接触网首先装有聚合绝缘插入件的设备。随着聚合绝缘插入件和绝缘子的不断完善以及可靠性的提高，其应用范围正逐步扩大。曾研制成与受电弓滑板直接接触的聚合绝缘滑道式插入件。接触网在小限界桥隧建筑物中采用聚合绝缘元件是特别需要的。

下列一些聚合材料制品在接触网中得到了广泛的应用：

芯棒直径10~14毫米、带护层或管形护套的玻璃纤维增强塑料圆棒形绝缘插入件；

芯棒直径10~14毫米、带聚合材料或陶瓷材料耐磨护套的玻璃纤维增强塑料圆棒形绝缘滑道式插入件；

芯棒直径14~22毫米、带护层或护套的玻璃纤维增强塑料棒形绝缘子。护套可以是光滑的套管，也可以是在套管上再加上聚合材料圆片（伞裙，为的是加长漏泄距离和提高湿闪电压）；

用聚合材料压制的方棒形绝缘插入件，其尺寸为（15~25）×（60~63）×（600~1000）毫米；

直径4~15毫米的卡普隆和拉福纱绳索。

在电气化铁路修建和运营中，为了节约有色金属，吊弦线夹、弹性吊弦和中心锚结的导线线夹可用聚合材料制成。特别是链型悬挂采用钢铝双金属承力索时，就更需要聚合材料线夹了。聚合吊弦线夹能保证锚段关节处接触导线和承力索之间在融冰时所要求的绝缘。双金属吊弦有电气和机械磨损的问题，故使用寿命不长。因此最好用直径4~6毫米的卡普隆和拉福纱绳索代替它；弹性吊弦和中心锚接绳也可采用聚合材料绳索。聚合材料绳索还可在风负载大的接触网悬挂上作拉线用，在双链型接触网悬挂上作辅助导线，以及在运量小的线路上作单链型接触网悬挂的承力索。

在链型悬挂锚段绝缘关节中，最适合用聚合棒型绝缘子（无需任何拉杆）或用聚合绝缘滑道式插入件代替转换支柱接触导线非工作支上的瓷绝缘子。这样就能保证受电弓平稳地通过绝缘关节，并在风载很大的时候也能可靠工作。

接触悬挂导线和单根导线下锚的地方（特别是容易接近的地方），最好采用聚合棒型绝缘子，以免因受其它物体的

碰撞而损坏。

分段绝缘器上的圆棒形绝缘插入件，最好不要同时作为绝缘器的滑道用。采用这种绝缘插入件的分段绝缘器，不但能保证接触网各分段之间的绝缘，便于安装有效的灭弧装置，而且具有一定的弹性（可使接触导线滑道的磨损减小）。在分段绝缘器上部的承力索中可接入聚合棒型绝缘子，而在运量小的线路上，则可用聚合绳索作为绝缘插入件。

如因线路断面原因，交流区段接触网的中性插入段不能做成前后两个绝缘关节的话，可用分段绝缘器来组成中性插入段。在一些情况下（如在小半径曲线），中性插入段可以在接触导线上由前后相连的三、四个滑道式绝缘插入件组成。当电力机车车辆降弓通过接触网接地区段时，滑道式绝缘插入件还可以作为区间接触网的临时性分段。

聚合绝缘子在接触网的支持装置和定位装置中得到了广泛的应用。聚合棒型绝缘子可装设在绝缘腕臂的拉杆上。在运行中，这种绝缘子比棒型瓷绝缘子更为可靠，因为它在弧闪时不会损坏。对于绝缘腕臂的受压杆件，可采用聚合棒型绝缘子或管型（由聚合材料管材制成）绝缘子。对于绝缘腕臂的斜腕臂正在研制专门的聚合绝缘子。

在非绝缘腕臂、硬横跨和软横跨上，应采用棒型的有伞裙的或浇铸的聚合绝缘子来代替2~5个盘形瓷绝缘子组成的悬式绝缘子串。在接触网中采用悬式聚合绝缘子将提高接触网的可靠性，降低绝缘子的运营维修费。

可用管型聚合绝缘子作为组合定位器与支柱之间的绝缘。现正在研究用聚合管材制造定位器的主定位管的问题，它既是绝缘子，同时又是承力构件。对支柱是双重绝缘的绝缘腕臂，其组合定位器的副管本身也是一个绝缘件，它做成带有金具的棒型绝缘子的形状。在软定位时，定位器

本身可以做成棒型绝缘子的形状或（在限界允许时）采用普通的聚合棒型绝缘子或聚合绳索来代替瓷绝缘子。

接触网隔离开关可用浇铸的或管型聚合绝缘子来代替机械和电气强度都不太可靠的瓷绝缘子。

在软横跨的横向承力索和定位绳上可装设聚合棒型绝缘子；这样就使软横跨的安装作业简便了，又因聚合绝缘子较长，作业时不易使手触及带电部分，所以维修作业的安全性也提高了。用卡普隆绳索制成的定位绳现正在试用。

从经济效果来看，对于限界狭窄的桥隧建筑物，其接地装置与接触网悬挂带电部分之间的绝缘，宜采用中间（附加）聚合绝缘隔板。为了缩小空气间隙，也可采用聚合物的棒型腕臂定位器。

在非电化渡线上，为了防止打坏受电弓（当电力机车从电化线路驶入渡线时），要求安装类似于接触网悬挂的装置或者仅安装用聚合绳索制成的代用接触线。

目前正在研制聚合水泥支柱的结构，其纵向钢筋将采用玻璃纤维增强塑料芯棒。为了使钢筋混凝土支柱的钢筋对腕臂、定位器和各种抱箍紧固件绝缘，以及使金属支柱对基础锚固螺栓绝缘，现已开始采用聚合套筒和垫板。

玻璃纤维增强塑料管可用来制造装配式绝缘梯车、绝缘靠梯以及接地杆和绝缘杆。为了保证必要的绝缘强度，玻璃纤维增强塑料管填入了抗漏电痕迹性好的材料。

为了提高瓷绝缘子在大气污秽条件下的绝缘强度，可在绝缘子表面周期性地涂上憎水的聚合保护层。这种涂层也可以用到聚合绝缘子和绝缘插入件上。

由于漏泄电流将造成悬式瓷绝缘子钢脚腐蚀，而更换绝缘子会使运营费增加，因此现在正在开展延长绝缘子使用寿命和提高其可靠性方面的研究工作，即能否采用聚合钢脚。

苏联和国外在电气化铁路接触网作业时，都在使用聚合材料安全帽。

在苏联，随着电力传输线长度的增加，这些线路工作的可靠性和技术经济指标在不断提高，零部件的统一使运营管理和施工安装不断简化。但是，由于瓷和玻璃绝缘子笨重，可靠性不够，当必须采用这种绝缘子作为电力传输线对承力结构（支柱）的绝缘时，将使线路安装作业和运营管理复杂化。因此，正在开展用玻璃纤维增强塑料制造绝缘子和支柱的工作，这种绝缘子和支柱能同时承受较高的机械和电气负荷，而不会降低电力传输线运行的可靠性，同时还能节省投资和运营费用。正在规定把聚合材料绝缘件推广应用到横担、构架、悬挂用和受拉用的棒型绝缘子上去。目前正在研制隔离开关聚合绝缘子，在运行中使用聚合管材制作的支柱，研究能否采用聚氨脂泡沫塑料在泥土中固定支柱（以代替混凝土基础）的问题，试验固定电力传输线导线之间距离用的玻璃纤维增强塑料棒。

§ 2 聚合材料在国外电气化 铁路接触网中的应用

就分段绝缘器结构形式而言，分段绝缘器是接触网中变化最多的部件。各个国家提出了几十种聚合绝缘插入件分段绝缘器的结构。英国的BICC公司和意大利的Rebosio公司，还有波兰、捷克斯洛伐克、西德、法国和其他国家都在研制新型分段绝缘器。研究聚合绝缘插入件分段绝缘器是国际铁路联盟（铁盟）试验研究所研究的迫切课题之一。铁路合作组织（铁组）的专家也正从事这项课题的研究。

分段绝缘器的结构，在很多方面取决于聚合绝缘插入件在垂直平面上对接触导线的相对位置。接触导线张力传给分

段绝缘器聚合绝缘插入件的方法是各种各样的。如果导线张力是沿着绝缘插入件的轴向传输给绝缘件的话，则绝缘插入件应同时是分段绝缘器的滑道（图1）。如果接触导线张力以不大的偏心距（不大于15毫米）传给绝缘插入件，此时分段绝缘器可采用有光面护层或护套的、直径不大（14~16毫米）的玻璃纤维增强塑料芯棒的绝缘插入件（图2）。如果分段绝缘器绝缘插入件相对于接触导线有较大的偏心距（约35~50毫米），那么作用在绝缘插入件上就有一个较大的弯矩，因此绝缘插入件应该用管材或较大直径的棒材制作（图3）。分段绝缘器中的绝缘插入件，在同一垂直平面上按上下布置时，则一个绝缘件受拉，而另一个绝缘件受压（图4）。

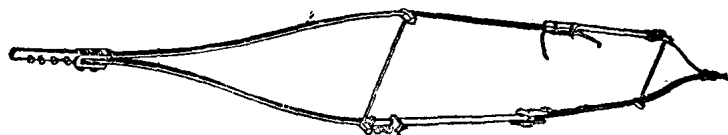


图1 聚合绝缘滑道式插入件的分段绝缘器（英国铁路）

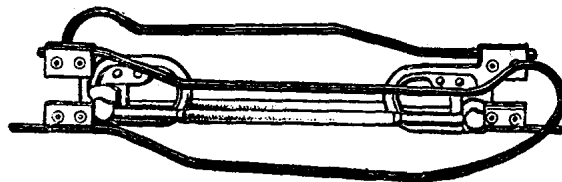


图2 3千伏电压的两根圆棒形绝缘插入件的分段绝缘器（意大利国营铁路）

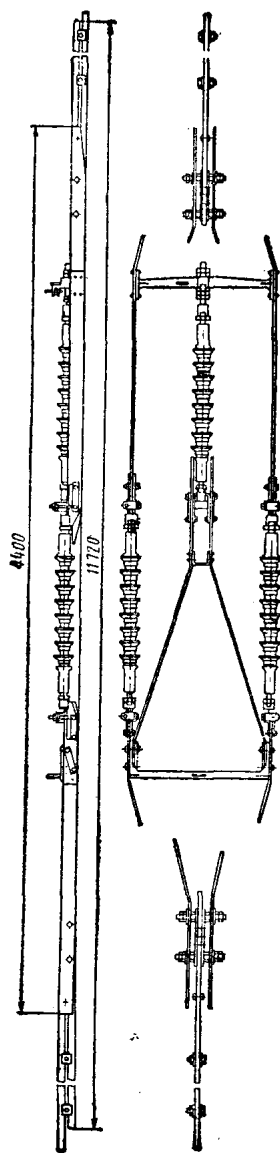


图3 25千伏电压的管形绝缘插件的分段绝缘器 (法国国营铁路公司)

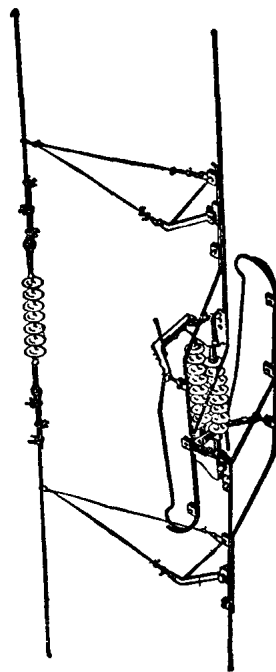


图4 25千伏电压的在垂直平面上两个上下布置的聚合绝缘插件分段绝缘器 (南斯拉夫铁路)

滑道式绝缘插入件分段绝缘器的缺点是，在它上面很难安装所需的灭弧装置，因此这种分段绝缘器在事故状态下不能可靠地工作。此外，滑道陶瓷护套的抗冲击性能差，制造工艺也复杂。

图2、3、4中所示的分段绝缘器没有配备灭弧装置，这是这些绝缘器的主要缺点。在事故状态时（当电力机车经过分段绝缘器驶入接触网的无电区或接地区时），分段绝缘器可能因电弧的作用而完全失去分段能力。当接触网两个分段间存在电压差时，这些分段绝缘器也不能可靠工作，因为受电弓通过分段绝缘器时要出现火花。此外，图3、4中所示分段绝缘器的另一个缺点是，它在垂直平面上有较大的刚性，这可能成为分段绝缘器，特别是用接触导线做成的滑道磨耗加快的原因。

在所有这些分段绝缘器中，以图2所示的绝缘器最为可靠。这种分段绝缘器可以采用最简单的绝缘插入件，在垂直平面上有一定的柔性，这就能改善受电弓通过绝缘器的性能，特别在列车高速行驶时更是这样。

滑道式绝缘插入件 英国BICC公司的滑道式绝缘插入件（图5、6）能允许受电弓滑板直接通过它的表面。它是由一根直径9.5毫米、长约1400毫米的聚酯高强度单向玻璃纤维芯棒1制造的。为了防止在芯棒表面上形成导电通道和减少受电弓滑板对它的磨耗，芯棒装有防水护套，它是由圆柱形的高铝陶瓷（或玻璃）套管2和成形的氟塑料垫圈3组成的。

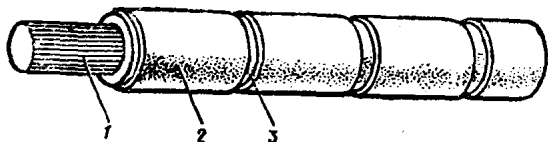


图5 英国铁路滑道式绝缘插入件

1——玻璃纤维增强塑料芯棒；2——陶瓷套管；3——氟塑料垫圈。

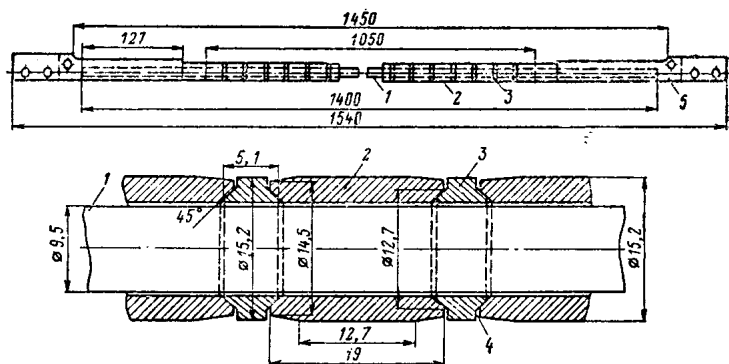


图6 英国铁路滑道式绝缘插入件

每个陶瓷套管分为中部和端部两部分。套管中部长12.7毫米，是受电弓滑板的滑行面。中部的内径为9.5毫米，外径为15.2毫米。套管端部外径逐步收缩到14.5~14.7毫米，这样就可以消除套管端部在受电弓滑板从一个套管过渡到另一个套管时产生冲撞而损坏的可能。套管的中部与端部之间是用圆弧连接起来的。套管的端面上有一个45°角的锥槽，其最大直径为12.7毫米。套管全长为19毫米。陶瓷套管之间用有弹性的纯氟塑料垫圈或含云母氟塑料垫圈相互隔开。垫圈的最大厚度5.1毫米，内径9.5毫米。垫圈外径可取陶瓷套管最大和最小外径的平均值或取套管最大的外径值。在后一种情况下，垫圈和套管中部一样，将是受电弓滑板的滑行面。选择垫圈壁厚要考虑这样的情况，即在组装时垫圈和套管的端面之间要留有0.25毫米的间隙4。这些间隙用绝缘材料填充。

氟塑料垫圈可以使陶瓷套管对称地固定在芯棒上。当碳滑板的受电弓通过分段绝缘器时，垫圈还可以防止在绝缘件的接触面上形成连续的导电通道。陶瓷套管和氟塑料垫圈在安装到芯棒之前，应先将其内表面和端面涂上一层涂料，以

便在下一步浸渍时与所用的绝缘材料很好的结合。可将有机硅树脂作为打底的涂料，而采用硅橡胶作为浸渍绝缘材料。

套管和垫圈安到芯棒上以后，要纵向压紧，为的是在运行中，当芯棒受到接触导线张拉负荷而伸长时，不致于破坏绝缘插入件的密封性。随后，芯棒、套管和垫圈之间的空隙，要在真空条件下填充硫化硅橡胶。硅橡胶将芯棒、套管和垫圈连成一个完整的具有弹性的绝缘插入件，并能防止潮气侵入绝缘件内部。硅橡胶除了对绝缘插入件起密封作用外，还能在受电弓通过绝缘插入件时，保证插入件上的电压分布均匀。

也可以用其他的组装方法来保证绝缘插入件的密封性能。这种方法是，当用硅橡胶（真空）填充绝缘插入件空隙时，在芯棒上加一个大于接触导线张力的张拉负荷。由于采用这种方法，当芯棒在运行中受接触导线张拉负荷而伸长时，不会在套管和垫圈之间形成缝隙，也就是说完全能保持绝缘插入件的密封性能。为了能向接触网构件连接，芯棒端部装有铝青铜金属接头5。接头是用压力装置压接到芯棒上的。

现在生产的滑道式绝缘插入件有三种型式：泄漏距离为790毫米和1067毫米的适用于25千伏电压接触网，泄漏距离为610毫米的适用于6.25千伏电压接触网。

直径9.5毫米玻璃纤维增强塑料芯棒的滑道式绝缘插入件，最大设计负荷为1000公斤，适用于周围气温 -40°C 到 $+60^{\circ}\text{C}$ 的波动范围。

在英国铁路，滑道式绝缘插入件既用在分段绝缘器上，也用于中性插入段上。在运行中发生过陶瓷套管损坏的情况，为了避免重新拆装滑道式绝缘插入件，在破坏的套管位置上加装（粘接）专门生产的半圆形陶瓷套管。

英国BICC公司曾研制过一种半圆形陶瓷元件的滑道式绝缘插入件。这种绝缘插入件的突出特点是，其玻璃纤维增强塑料芯棒的护套是一个整体塑料，而在它的下部镶装了厚2.5毫米、长12毫米的半圆形陶瓷元件。

中性插入段 英国BICC公司设计的中性插入段（图7）用于25千伏电压和160公里/小时的行车速度。它是由前后两个滑道式绝缘插入件1组成的，绝缘插入件嵌接在接触导线上，两边距支柱是等距离的。在滑道式绝缘插入件的上部，及链型悬挂的承力索内嵌接了聚合棒型绝缘子2。为了避免滑道式绝缘插入件扭绞，装有四个导向杆3，以保证接触导线能自由抬升。灭弧装置的一部分（接地放电装置4）接在中间的两个导向杆上。滑道式绝缘插入件装有上下可调的导向滑道5。滑道能保证受电弓滑板在接触导线与绝缘插入件的接头处平滑通过，并能防止绝缘插入件压接接头不因受电弓滑板的作用而磨损。导向滑道同时还是灭弧装置的一部分。滑道与接地放电装置之间的空气间隙约为200毫米。绝缘元件之间的一段接触导线6是接地的。中性插入段的全长为4.67米。

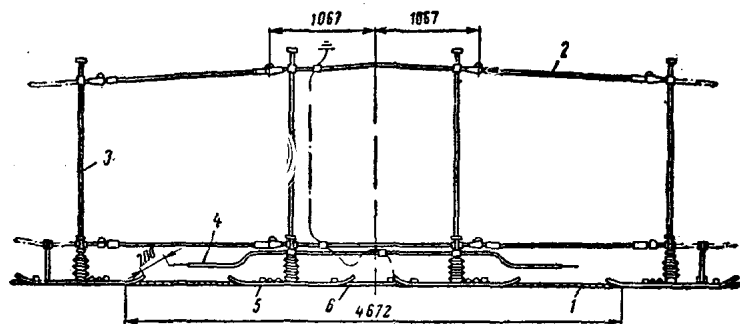


图7 用于25千伏电压和160公里/小时行车速度的双滑道式绝缘插入件的中性插入段（英国铁路）