

73.4
607
=1

高等学校教学用书

通 信 电 线 路

陈恩霖 简水生 编著

人 民 铁 道 出 版 社

一 九 六 二 年 · 北 京

102840

本教材系铁道部教材編审委员会組織中編。适合于铁路高等院校有线通信专业教学使用，是按59年教育计划和针对教学时数为100~120学时而編写的。

内容包括有：架空明线线路、对称电纜线路、同轴电纜线路和长途波导线路等结构；各种通信线路电气特性；各种通信线路回路間的互相干扰及防护方法；强电对通信线路的影响及防护方法；地下电纜腐蝕原因及防护方法；电纜线路充气维护。

全书共分八章，第一章、第二章、第三章、第五章、第七章及第八章是陈恩霖編写的，緒論、第四章及第六章是簡水生編写的。

主編学校：北京铁道学院电信系有线教研組

編者：陈恩霖、簡水生

高等学校教学用书

通信电纜路

陈恩霖 簡水生 編著

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府 17 号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 010 号

新华书店北京发行所发行

北京市印刷一厂印

书号 1866 开本 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张 19 $\frac{1}{4}$ 字数 553 千

1962年7月第1版

1962年7月第1版第1次印刷

印数 0.001—810 册 定价 (10)3.00 元

目 录

緒論	1
第一章 架空通信电綫路的組成及其机械強度的計算	3
§ 1-1 架空通信电綫路的組成及其等級和类型	3
§ 1-2 架空通信电綫路的元件	3
§ 1-3 架空綫路導綫計算	11
§ 1-4 电杆强度計算	25
§ 1-5 拉綫和撑杆計算	30
§ 1-6 A 型角杆强度計算	37
第二章 通信电纜綫路的組成及通信电纜的构造	39
§ 2-1 长途电纜綫路概說	39
§ 2-2 对称通信电纜的結構	39
§ 2-3 主要对称通信电纜类型	45
§ 2-4 同軸电纜特性	49
§ 2-5 同軸电纜的結構	51
§ 2-6 主要同軸电纜类型	54
§ 2-7 电纜綫路附件	56
§ 2-8 电纜管道設備	57
第三章 通信电綫路电气参数和电气特性	59
§ 3-1 通信电綫路一次参数	59
§ 3-2 二次参数和傳輸問題	77
§ 3-3 电纜加感	96
§ 3-4 架空綫路中介入电纜	111
第四章 寬頻帶长途通信波导	118
§ 4-1 概說	118
§ 4-2 規則圆波导的基本傳輸原理	118
§ 4-3 波型的相速和群速及特性阻抗	123
§ 4-4 波导中波的衰減	124
§ 4-5 伴流和因波导結構的不規則性所帶來的附加衰減	128
§ 4-6 螺旋波导	130
§ 4-7 介質膜波导	132
§ 4-8 “开”波导	134
第五章 通信回路間的干扰和防护措施	135
§ 5-1 架空明綫回路間的互相干扰	135
§ 5-2 架空明綫綫路防止漏話的措施	144

102840

§ 5.3	对称电纜回路間的互相干扰	171
§ 5.4	对称电纜綫路防止回路間漏話的措施	176
§ 5.5	同軸电纜綫路綫間干扰及其防护措施	201
第六章	通信綫路受强电的影响及其防护方法	209
§ 6.1	概述	209
§ 6.2	不对称输电綫路在通信綫上所感应的电流电压的分布情况	213
§ 6.3	不对称输电綫路对通信綫路的影响	217
§ 6.4	对称输电綫路(中心点接地或中心点絕緣的三相输电綫路正常运行时) 对通信綫路的影响	234
§ 6.5	通信綫路承受输电綫路影响的允許值	239
§ 6.6	通信綫路对强电綫路感应影响的防护	240
§ 6.7	通信綫路对雷电影响的防护	263
§ 6.8	风沙和磁暴对通信綫路的影响	267
第七章	地下电纜的防蝕	268
§ 7.1	地下电纜腐蝕的种类和原因	268
§ 7.2	位在漏洩电流区的电纜外壳的电位	271
§ 7.3	关于电纜防蝕的电气測試	274
§ 7.4	防止电纜腐蝕的方法	276
第八章	电纜綫路的气压维护	282
§ 8.1	概述	282
§ 8.2	供气设备	283
§ 8.3	尤气段系統	284
§ 8.4	自动控制和告警信号系統	284
§ 8.5	測查漏气点的方法	286
附录:		
附录 I	对称电纜的电气参数	298
附录 II	架空明綫电綫路的二次参数	301
附录 III	同軸电纜电气参数	303
附录 IV	通信电纜綫路附件規格	306

緒 論

一、通信系統在鐵路運輸中的作用及通信電綫路在通信系統中的地位

為了保證鐵路運輸的正常運行和提高鐵路運輸率，為了使鐵路運輸在社會主義建設中充分的發揮“先行”的作用，鐵路部門就必需具有結合自身特點的、完整的、可靠的通信系統。

現代的電氣通信可分為無線和有綫兩大類，但它們都有着各自的優缺點。無線通信的優點是不需要建設通信電綫路設備，而且運用時也比較簡便。但是它易受外界干擾，穩定性和可靠性較差。有綫通信雖然要用較大的投資去建設通信電綫路，但它比較不易受外界干擾，有着較高的穩定性和可靠性。因此，有綫通信目前還是主要的通信方式之一，尤其在目前的鐵路通信系統中，有綫通信還是居于比較重要的地位。

有綫通信設備，可分為機械設備和綫路設備兩大部分。綫路設備是將分布在沿綫各個點上的機械設備聯通起來，構成通信系統的有機的整體，如果沒有質量較高的通信電綫路，則不可能有質量優良的通信。並且通信電綫路在通信設備投資中，占有較大的比例。（一般在百分之六十以上）。因此，研究如何在技術方面合理的而且是經濟的設計和建設通信電綫路，研究如何更合理的復用和用先進方法維護通信電綫路，這便是我們有綫通信工作者的重要任務。

二、通信綫路發展簡史

有綫通信的起源遠在 1812 年，那時俄國在彼得堡就已建立了第一條電極電纜，在 1850 年制成了第一部電極打字機。近代電話機的原形在 1876 年就已經發明了。在 1876 年到 1900 年遠距離通信是靠明綫來完成的，在 1900 年由於倡導了在電纜綫路中採取集總加感的方法使電纜的傳輸距離增加了四倍（達一百多公里）。但對增大有綫通信距離有決定性意義的是 1912 年以後，電子管放大器開始在有綫通信方面的運用，使得通信不再受距離的限制。此後，有綫通信走上了向高頻多路復用發展的全新的道路。

我國在解放以前，由於處在半封建，半殖民地的地位，生產落後，所以通信設備也是很落後的，長途通信一般是使用架空明綫，綫對數量及復用頻率都較小。在主要干綫上只有三路載波，解放後在黨的領導下隨着社會主義建設事業的發展，通信設備發展也很快，在第一個五年計劃期間，鐵路長途通信綫路比 1949 年增加了百分之七十四，同時廣泛的採用了三路和十二路載波通信，58 年大躍進以來通信電綫路不但在數量上有了大的發展，而且在交叉設計和多路復用上也獲得了進一步的成功。在通信電纜製造上也獲得迅速發展，已經試制成能通六十話路的 MKB 型電纜，和交流電氣化鐵路區段上的特殊屏蔽電纜，隨着社會主義建設事業的蓬勃發展，有綫通信事業也必將得到更進一步的發展。

三、各種通信電綫路的比較及其發展方向

現代通信的基本趨勢是向高頻多路復用方向發展。顯然，如果在綫路上传輸的頻帶愈寬，那麼復用的路數也就愈多，也就可能愈經濟。這樣，就可以用所能通過的頻帶的寬度作為評價各種類型通信電綫路的基本指標。下面我們將就這一論點來討論各種類型的通信電綫路。

1) 架空明綫

架空鐵綫回路，使用的頻率可達 27 千赫，可以開通三路載波，劇烈增加的衰耗限制了

向更高频率的发展。

架空铜线回路，目前使用的频率达 150 千赫，一个回路上可以通 16 个话路，话路相互间的漏话和无线广播的干扰，限制了它采用更高的频率。

与其他各种类型的通信线路（如通信电缆线路）比较起来，每一话路的耗铜率是大的。然而架空明线修建起来比较容易，工艺要求可以低一些，修建的基本投资也比较低，在话务量不大的通信区段，采用架空明线还是比较合理的。因此，在目前这个阶段，架空明线还是铁路通信线路的主要形式。

2) 对称电缆

对称电缆复用的频率的类型有很多种，其中比较常用的是 24 路（复用频率达 108 千赫）。60 路（复用频率达 252 千赫）。另外还有 120 路和 180 路两种，（其复用频率分别达到 552 千赫和 800 千赫）。由于在电缆金属（心线，铅包，铠装钢带）中涡流损耗是与频率的平方成正比的。这就限制了对称电缆向更高的频率发展。另外，频率再高时其漏话衰减和防卫度也达不到标准。在铁路部门，音频话路所占的比重比较大，因此，它所采用的对称电缆是高低频混合电缆，其中音频回路是采用集总加感制，而高频回路复用的频率达 150 千赫。目前在电气化区段采用的对称电缆是比较肯定的方向。

3) 同轴电缆

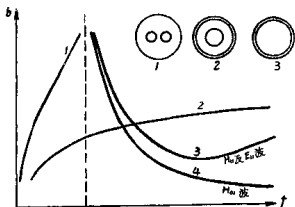
同轴电缆复用的频率可高达 8 至 12 兆赫，可以传输 1920 个话路或 2700 个话路，或是传输一个彩色电视节目。莫斯科到列宁格勒的电视电话就是用同轴电缆对传送的。同轴电缆的优点是：

- a) 能传输极为宽阔的频带而具有比较小的衰减
- b) 有着高度的屏蔽性能
- a) 每一话路的投资比较经济

4) 波导

如果要传输更高、更宽的频带，那就必需利用波导线路，这种传输线路只能传送波长和它截面的几何尺寸是同量级的电磁波，或是波长更短的波。在图(0-1)中绘出了各种类型的通信线路的衰减与频率的关系曲线。从图中可以明显的看出，对称线路在低频时有着较低的衰减，在高频时其衰减却非常剧烈的增加，而波导线路却恰恰相反，它不能传输低频，但在高频区段（ $10^9 \sim 10^{10}$ 赫）有着小的衰减。尤其使我们感到最大兴趣的是 H_{01} 波，它的衰减随着频率的上升而下降。同轴电缆的衰减在所有的频段范围内随着频率的上升而平滑的增加。

从前，波导一般只作为天线的馈电线路之用，只是当对 H_{01} 波进行了比较成功的研究后，才给波导成为长途通信线路提供了可能性，而且可以毫不夸大的说，波导将为整个通信事业带来一个重大的技术革命，将为整个通信事业开辟一个崭新的历史时期。



图(0-1) 各种通信线路的衰减与频率的关系
 曲线 1—对称线路
 曲线 2—同轴线路
 曲线 3 和 4—波导线路

研究后，才给波导成为长途通信线路提供了可能性，而且可以毫不夸大的说，波导将为整个通信事业带来一个重大的技术革命，将为整个通信事业开辟一个崭新的历史时期。

第一章 架空通信电线路的組成及其机械強度的計算

§ 1.1 架空通信电线路的組成及其等級和类型

架空通信电线路是将导线挂在电杆上部隔电子上面組成的。电线路暴露于室外大气之中，为了保证线路的安全和正常的运用，电杆、导线、隔电子和装設隔电子的横担都須有足够的机械强度。此外还須适当的采用拉线（或撑杆）及地中横木等加强设备，以防止电线路傾倒。电杆、导线、横担、隔电子、拉线等各种构成电线路的器材的性能和质量直接影响通信传输质量和线路使用年限，因此对其特性要有充分的了解，在选用材料时应进行必要的試驗和检查，在設計时須进行必要的計算，即要求有一定的强度，也要注意經濟。

为了減輕电线路各回线間互相干扰，可以按照回线的用途分別將它們架在适当的位置上，并施以交叉，因此規定出定型的杆面（标准型式，可参考铁道部制定的市外通信电线路建設規則）及每回线所应选择交叉方式（参考交叉規則）。一般規定杆面的原則是将高频复用长距离的回线和行車調度等重要回线設在上层，短距离回线和較次要的回线設在下层。高频复用回线互相間距离要远，一般多架設在不相邻的横担的两端上。

在长途线路上有时需要附設市内电话回线、站外扳道电话回线、信号线（传送直流电）和电灯时，則將市内线、扳道电话线設在市外线下边，其次信号线，在最下边挂設电灯。

架空电线路根据其用途及其重要程度分为三級，以便在质量要求上有所区别。

第一級线路——铁道部与各铁路局（总局、工程局）間及各铁路局相互間的通信线路。其上挂有长途电话回线。

第二級线路——铁路局与各办事处及各站段間相互間的通信线路，其上挂有局线电话回线。

第三級线路——一般地区电线路，不属于以上兩項的长途通信线路者。

通信线路由于建筑地区气候条件不同，又分为以下四种类型，在設計时要分別对待，以保证线路有适合該地区条件的强度。

1. 輕便型线路(O型)——用于挂冰輕微，导线挂冰厚度在5毫米以內，或挂霜雪时其厚度不超过20毫米的地区，或不挂冰区，但风速在28米每秒以下者。
2. 普通型线路(H型)——用于一般挂冰，导线挂冰厚度在5~10毫米，或挂霜雪厚度超过20毫米的地区，或不挂冰，但风速在28~36米每秒之間者。
3. 加强型线路(V型)——用于挂冰較厚，导线挂冰厚度在10~15毫米的地区，或不挂冰地区，但风速在36米每秒以上者。
4. 特强型线路(OV型)——用于挂冰严重，导线挂冰厚度在15~20毫米的地区。

§ 1.2 架空通信电线路的元件

1. 电杆：电杆是架空线路的重要元件之一，它担负导线隔电子和杆上各附件的重量、电杆自重、导线的拉力及风压以及冰雪的重量，电杆应滿足以下的要求：

- (1) 要有足够的机械强度；
- (2) 使用年限长；
- (3) 价格低廉。

架空线路里可以采用木杆、铁杆和钢筋混凝土杆。木杆富有弹性，容易取得，便于运搬，价格低廉，因此一般多采用木杆。

通信线路所用的木杆，应选择品质坚实，标直而不腐朽的木材。凡有巨节、死节、劈裂等毛病的木材均不宜选用，实际上多用各种松材及杉材。

木杆直径增加率，应在0.8~1%以内，弯曲程度不得超过3%以上，施工中不允许将弯曲的木材削直后勉强使用。

作为电杆的木材，原则上应在秋冬采伐，在春夏采伐的含有多量的树液，容易腐朽。

没有经过防腐处理的木杆，其使用年限是很短的。它们很快地受到腐蚀，即被寄生在木材中的菌类所损坏(在我国南方各省木杆常遭白蚁损坏)，因此未经防腐处理的木杆平均寿命一般仅达5年左右。

通信线路上一应采用经过防腐处理的木杆，或者在立杆时采取防腐措施。木杆的防腐方法有两种——工厂法和包紮法(中国现场最简单的防腐方法是在电杆埋设部分涂上防腐油)。

防腐时，浸注的只是白木质部分，因为它的细胞是传导水分的。树脂部分不受浸注，因为它的细胞被各种沉淀物所堵塞。正因为这样，这部分也不要浸注。

杀死木材菌类最好的浸注材料是克鲁苏油(干溜煤炭的产物)，氟化钠，氯化锌等。前一种用于工厂法，后两种用于包紮法。

包紮法是在立杆时进行，包紮后的外形如图1.1所示，一般可仅包紮上部一道，如果在土壤中，整个电杆埋藏深度都易发生腐朽时，则包紮两道。立在沼地的电杆其地面上部分容易腐烂，因此包紮时，应使其下部边沿在地面或水面上如图1.2所示。工厂法是在专门的工厂中密封的大圆筒内进行。它们的详细作法可参看有关参考文献。用包紮法防腐过的木杆使用年限为10~12年，用工厂法防腐过的木杆使用年限可至25年。

最近几年来，由于钢筋混凝土的电杆和接腿在技术经济上比木杆和木接腿有着许多优点，所以它们在通信线路得到了广泛的应用。

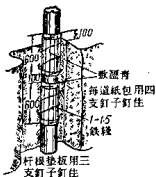


图 1.1 包紮防腐法(单位: 毫米)

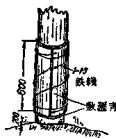


图 1.2 沼地包紮防腐法(单位: 毫米)

电杆依其构造可分为单杆和复杆两种。单杆构造简单，一般只用一根电杆，有时需要接腿。复杆是由多杆组合而成，主要的有H杆、三角杆、四角杆、双杆等。

电杆依其用途又分为中间杆、角杆、引入杆、终端杆、分歧杆、试验杆、跨越杆、电缆杆等。兹将电杆的类型和构造分述于后。

(1) 单杆——这种电杆构造最简单，用一根杆子做成(图1.3)。用于直线路的叫中间杆，用于曲线路的叫作曲线杆或角杆。角杆则需加设拉线或撑杆。

(2) 试验杆——为试验障碍和电气测量时断线及换线方便起见，在车站和必要地点设置试验杆。它的类型可根据实际需要单杆、H杆、三角杆或四角杆。在试验杆上应设有地线、工作台和步杆钉等以便工作。试验杆上导线串接有试验螺丝以便断开、连接、导线互混或接地。如有引入电缆时应加设电缆箱。图1.4所示，为试验杆的一例。

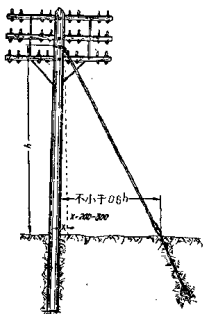


图 1-3 带拉线的单杆

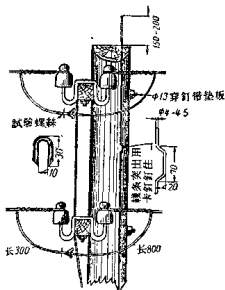


图 1-4 试验杆(单位:毫米)

(3) 引入杆——将外线由其引入到电话局、电报所或车站等房舍内的电杆叫做引入杆或称终端杆。

根据导线数量和气候条件,引入杆可用带拉线或撑杆的单杆,或带撑杆或拉线的双杆。图1-5为引入杆的一例。

(4) H杆——用于跨越河流、山谷、铁路等杆距较长的地方,以及池沼地带。原则上应使用整根电杆。用拉线或撑杆加固,如图1-6所示。当长度太大时可用接杆。

(5) 电缆杆——是架空线与架空电缆或地下电缆互相连接的电杆。这种电杆上设有电缆分线箱、地线、工作台及步杆钉等设备。图1-7为电缆杆之一例。

(6) 分歧杆——一条线路分为两条时或将一部分回线引向车站等处,在分歧点设分歧杆。图1-8所示为分歧杆之一例。

(7) 接杆——在线路跨越铁路或公路等处必须加高电杆时或电杆下部腐朽而上部可用时采用接杆。接杆可分为单腿接杆和多腿接杆二种。

单腿接杆当电杆不太高(约在8.5米以内)或既有线路电杆下部腐朽时使用之。新线路的电杆高度不足时亦常用之,其构造如图1-9所示。

多腿接杆用于电杆较高(超过8.5米以上)的时候。一般多用二腿,也叫做人形杆,其构造如图1-10所示。特殊高的电杆可以用多次接腿,再用拉线加固。

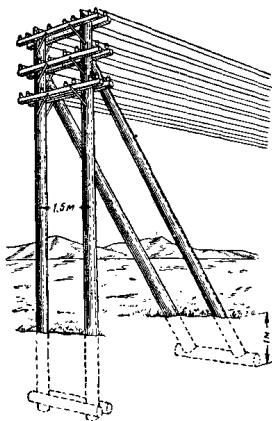


图 1-5 引入杆

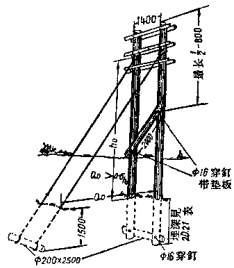


图 1-6a 拉线H杆

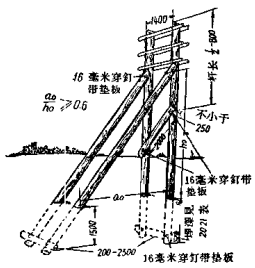


图 1-6b 单撑H杆

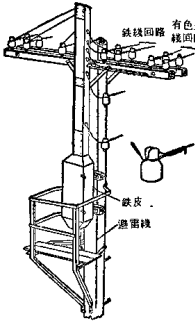


图 1-7 单电撑杆

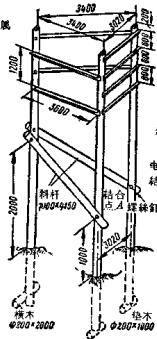


图 1-8 三角分线杆

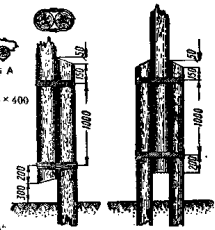


图 1-9 单接杆

图 1-10 双腿接杆

2. 导 线

架挂在线路上用来传导讯号电流的导体叫做导线。

通信电线路中所用的导线应该具有较大的机械强度，较长的使用年限和低的电阻系数。此外还希望当沿线路传输电流的频率提高时，导线电阻增加的不多。而硬拉铜线比较能满足这些要求，故用作高频回路。

硬拉铜线的抗张强度极限为 39 公斤/平方毫米。除了银以外，铜的电阻系数在所有金属中是最小的。在空气中，导线上复盖着一层氧化铜的薄膜，在氧化铜薄膜的下面，铜线几乎不再发生腐蚀。

由于铁线有相当大的电阻系数和变化极为显著的阻抗频率关系，故这种导线只能用来传输频率较低的讯号（40 千赫以下），适于音频地方性回路线，现在也向开通三路载波方向发展。

在鉄綫表面鍍上一層鋅或在鉄中加一些銅都可以延長鉄綫的使用年限。含銅量為0.2~0.4的鉄綫，電阻係數比鉄稍大，並不影響鉄綫的強度，但能很好地抵抗腐蝕，從而使它的壽命延長到原來的1.5倍。

強度極限為120~140公斤/平方毫米的高強度鋼綫，可以用來作成3×2.2毫米、7×1.4毫米和7×2毫米的絞綫，可以作為跨越河流或電氣鐵道之用。為了同一目的亦可採用強度極限為70~75公斤/平方毫米的青銅絞綫。

除銅綫和鉄綫之外，在通信綫路上還採用雙金屬綫（銅包鋼綫）。按重量計，雙金屬綫內含有50%的特殊鋼和50%的鋼。雙金屬綫的機械強度高於銅綫和鉄綫，而高頻電流的衰減與銅綫幾乎一樣。因此它適用於高頻通信。

為了節約銅，現在試用鋁綫以代替銅綫。鋁綫有4.5, 4.0, 3.5毫米鋁鎂合金綫，還有7×1.6, 7×1.8及7×2.0鋁鋼心絞綫。鋁合金綫在南方試用，鋁鋼筋絞綫在北方試用。

在長途架空綫路上多用直徑為4.0, 3.5, 3.0, 2.5毫米的硬拉鋼綫和直徑為5.0, 4.0毫米的鉄綫以及直徑為4.0和3.0毫米的雙金屬綫。市內架空綫路則用直徑較細的導綫。

常用通信導綫的物理和機械性質如表1.1所示。

綫路上用的導綫的物理及機械性質

表 1.1

導綫的物理及機械性質	單位	導 綫 的 材 料			
		鋼 綫	硬拉鋼綫	銅包鋼綫	鋁鎂合金綫
比重	克立方厘米	7.85	8.89	8.3	2.7
線膨脹溫度係數 α		12×10^{-6}	17×10^{-6}	12×10^{-6}	23×10^{-6}
彈性係數 E	公斤 平方毫米	20,000	13,000	19,000~20,000	6,500
根際強度 σ_{ap}	公斤 平方毫米	37~44	39~43	55~75	17.7~39
彈性限度 F	"		28		11.3~23.4
彈性伸長係數 β	平方毫米 公斤	50×10^{-6}	77×10^{-6}	52.5×10^{-6}	154×10^{-6}
直流電阻 ($t = +20^\circ\text{C}$)	歐姆·平方毫米 公里	138~146	17.9		28.7
直流電阻變化的溫度係數		0.00455	0.00393	0.0041	0.0039

接焊銅導綫時使用接綫管或用軟銅綫作為綁綫，常用者為直徑1.4毫米和1.6毫米的軟銅綫。接焊鉄導綫時使用鍍鋅鉄綫，常用者為直徑1.6毫米和1.8毫米的鍍鋅鉄綫。

往瓷瓶上綁紮銅綫時用軟銅綫作為紮綫。常用者為直徑1.6毫米的軟銅綫。往瓷瓶上綁紮鉄綫時用鉄綫作為紮綫，在通信綫路里常用者為直徑1.6毫米的鍍鋅鉄綫。

導綫應品質均一、表面光滑、確為圓柱形，無斑點、裂傷等缺點。並應有合於規定的物理和機械特性。

3. 隔 電 子

架設通信電綫用的隔電子應當具有很高的絕緣電阻和很大的機械強度。對隔電子來說，瓷是最好的材料，因此在通信綫路上多採用瓷制隔電子。國外也有採用玻璃隔電子的，但應採用特制的玻璃。因為用普通玻璃制成的隔電子其絕緣電阻極不穩定，天氣乾燥時電阻很大，天氣潮濕時卻很小。

低頻時隔電子的漏洩電流是以導綫沿着隔電子的外表面和內表面而流向直腳去的，漏洩電流的大小和這個途徑的長度成反比。因此通信綫路上採用的隔電子都做成雙層。

架掛在瓷隔電子上的通信回路，其導電依空氣濕度而急劇地變化。在潮濕天氣，導綫的絕緣電阻減少到每公里1兆歐。對於高頻電流來說，隔電子的電導還決定於材料的介質損耗。

瓷制隔電子又名叫瓷瓶。是用長石、石英和陶土等經造型焙燒而成。表面均需塗釉，須

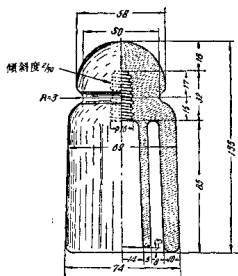


图 1-11 二层大号瓷瓶

瓷瓶穿钉和弯钩是支持导线的元件。它除承担着瓷瓶和导线的重量以及导线上冰雪重量之外，还担负着导线所受的侧面风力或曲线路时导线的拉力，因此它应有一定的强度。

这些元件都是用软钢制成，表面镀锌以防腐蚀，且应无锈、伤、裂纹及气孔等缺点。

直脚穿钉（图1-13）用于直线路。单钩穿钉（图1-14）用于终端杆。弯钩穿钉（图1-15）用于弯钩架线。

在试验杆上为了装设试验螺絲和在只有30千赫以下载波回线的线路上做交叉时，可使用双钩穿钉。它的形状和尺寸如图1-16所示。

通信线路架在坡道上时，为增加线路强度，采用了坡度铁板如图1.17所示。跨越杆用的五孔铁板，试验杆用的三孔铁板如图1-18所示。

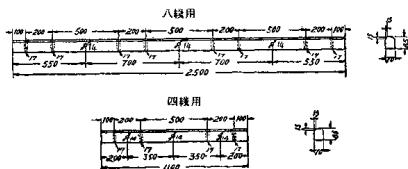


图 1-12 木横担

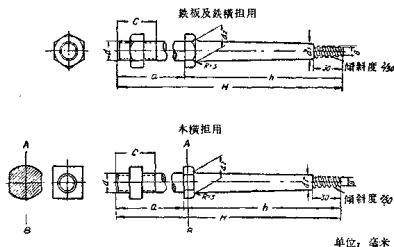


图 1-13 瓷瓶穿钉

单位：毫米

无伤裂、气孔等缺点，此外应符合规定的尺寸标准和规定的绝缘电阻、耐压、耐拉强度等标准。

4. 线担(横担)

横担为支持导线和瓷瓶之用，可分为木横担和铁横担两种。木横担多用于长途线路上，而铁横担多用于市内线路上。

木横担应选用坚固而耐久的木材，且需木纹顺直、无裂纹、虫蚀、死节等缺点。普通以干燥的栗、水曲柳、黄榆等木材制成。

通信线路上常用的木横担分为八线及四线两种，其尺寸一般如图1.12所示。

铁横担用软钢制成，表面镀锌以防锈蚀。

5. 瓷瓶穿钉、弯钩、三孔铁板、五孔铁板及坡度铁板

6. 铁撑角和铁拉板

为防止横担受到垂直方向不均匀的作用而产生歪斜，采用了铁撑角。撑角的两端有二

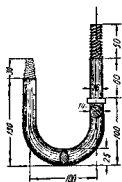


图 1-14 单钩穿钉

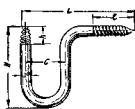


图 1-15 弯钩穿钉

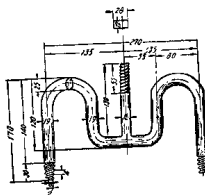


图 1-16 双钩穿钉

孔分别用穿钉固定到横担上和电杆上。

在装设两根横担以上的线路里为防止横担歪斜，保持横担间有一定的距离，使用了铁拉板。

铁撑角和铁拉板都用软钢制成，表面镀锌以防腐蚀。它们的尺寸如图 1-19 和 1-20 所示。



图 1-17 坡度铁板

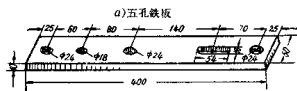
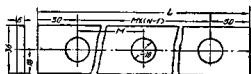


图 1-18 五孔及三孔铁板



图 1-19 铁撑角



形状	M	N	L
600	600	孔数	$M \times (N-1) + 60$

图 1-20 铁拉板 单位，毫米

尺寸		L	M
四	线横担	660	600
八	线横担	982	922

通信线路上固定横担和固定撑角及拉板等的穿钉如图 1-21 所示，其尺寸如表 1-2 所示。

表 1-2

穿 釘 用 途	尺 寸 (毫米)		
	d	l	l_0
裝 橫 扭 用	13	200~400	110
裝 撐 杆 用	16	300~450	110
裝 夾 撐 杆 用	19	700	110
在 橫 担 上 裝 撐 角 或 拉 板	13	110	50
由 電 杆 上 裝 撐 角	13	150~250	50
裝 交 叉 鐵 板 用	13	125	45
裝 三 孔 鐵 板 用	16	135	50

为使穿釘能紧固不动采用了垫板，其外形及尺寸如图1-22所示。

圆孔之内径依穿釘直径而定，对16毫米穿釘为18毫米，对13毫米穿釘则为14毫米。



图 1-21 穿釘



图 1-22 垫板

7. 交 叉 鉄 板

交叉鉄板为通信回綫作交叉之用，用軟鋼制成，表面鍍鋅以防腐蝕，它的形状和尺寸如图1-23所示。

8. 拉綫調整螺絲及拉綫环

为調整拉綫的松紧，在两个拉綫，三方和四方拉綫下部設有拉綫調整螺絲。它的两端螺絲扣的方向相反，因之可用以調整拉綫的松紧。

它是用軟鋼制成，表面鍍鋅以防腐蝕。它的形状和尺寸如图1-24和表1-3所示。

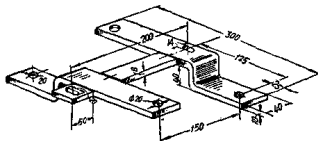


图 1-23 交叉鉄板

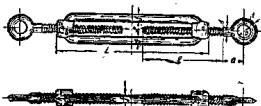


图 1-24 拉綫調整螺絲

拉綫調整螺絲尺寸 单位：毫米

表 1-3

种 类	尺寸	L	l	D	a	b	c	d	e	f	h	t
小		273	145	24	36	30	14	16	27	14	30	10
大		300	150	30	50	41	16	20	36	16	41	15

单方拉綫不需要設調整螺絲，而在拉綫的下部使用拉綫环。

9. 試 驗 螺 絲

在試驗杆的導綫上接入試驗螺絲以便于試驗回綫的特性和查找障碍。試驗螺絲用銅制成，表面鍍鋅以防生銹，其形状如图1-25所示。

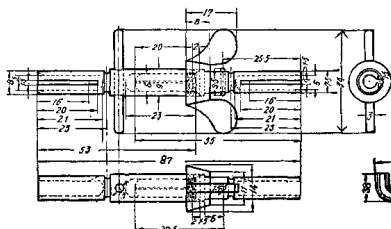


图 1-25 試驗螺絲

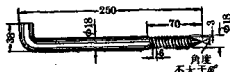


图 1-26 步杆釘

10. 步 杆 釘

在試驗杆、電纜分綫杆以及其他需要常常上去工作的電杆上裝設步杆釘，以便宜於工作人員的上下。

步杆釘用軟鋼制成，表面鍍鋅以防腐蝕，它的形狀和尺寸如圖 1-26 所示。

§ 1.3 架空綫路導綫計算

1. 導綫上由風壓和冰重所引起的負載

架空綫路的導綫要承受本身的重量，以及由風的壓力和復冰時導綫上冰的重量所形成的負載。

風的方向和平面物體垂直時，它作用到這物體上的壓力可按下列經驗公式計算：

$$P = 0.09 V^2 \text{ 公斤/平方米} \quad (1.1)$$

式中 V ——風速（米/秒）

當計算圓柱體上所受到的風壓時，則根據圓柱體的投影面上所受到的風壓來計算。在圓柱體投影面上的風壓為：

$$P_2 = 0.09 V^2 K \text{ 公斤/平方米}$$

式中 K 系考慮到氣流要繞過圓柱體，因而使圓柱體受到的風壓比平面上受到的風壓要減少一些的係數，通常取為 $2/3$ 。因此在導綫的投影面上的風壓是：

$$P_2 = 0.06 V^2 \text{ 公斤/平方米} \quad (1.2)$$

風速可由風速計測出，也可用風標來測定。表 1.4 給出了風標與風速之間的关系和用來確定風速的特征。

當導綫上復冰時，由於冰的附加重量以及風壓的增加，電杆及導綫中的應力都將顯著地增大。

在具有飽含水汽氣流的條件下，當寒冷的天氣驟然變為較暖和的天氣時，導綫上就會出現復冰。通信導綫上的冰大體上是保持一到三晝夜，在個別情況下也有達 10 晝夜的。使導綫上能夠復冰的空氣溫度是 0°C 到 -8°C 的範圍內。有冰凌時的風速有時達到 15—20 米/秒。計算電杆導綫中的應力時，即將選擇杆距和電杆尺寸時，必須考慮到氣候條件。在設計電綫路時，應認真掌握挂冰、風速、溫度變化等情況。

當導綫上復有霜雪時，電杆和導綫中的應力也將增大。

霜僅在導綫及其周圍空氣的溫度不高于 0°C 時才形成，此時空氣中的過冷的水點（霧），

以級別和米/秒表示的風速及用以確定風速的基本標誌

表 1-4

以級別表示的風速	風的名稱	以米/秒表示的風速	在陸地上和水面上的特征
0	无風	0.5	烟垂直上升。水面絕對平靜。
1	微風	0.6~1.7	烟略向旁偏移。水面很平靜。
2	輕風	1.8~3.3	可覺得到一点儿風。
3	弱風	3.4~5.2	树叶微動。水有微波。
4	和風	5.3~7.4	树叶動。水波均勻。有时有白波。
5	清風	7.5~9.8	樹干動。海面到处是白浪。
6	強風	9.9~12.4	樹弯曲。水花白浪头跳起。
7	疾風	12.5~15.2	樹弯曲的很利害。波浪起伏，大浪之間有冒白沫的小浪，浪头被風吹破。
8	暴風	15.3~18.2	折斷細小的樹枝。人不能頂風說話。逆風行走时必须彎腰。海上起大浪。
9	暴暴風	18.3~21.5	大树也弯曲。海上浪头非常大。
10	疾暴風	21.6~25.1	折斷樹木。
11	猛暴風	25.2~29	吹掉屋頂。
12	颶風	29以上	造成大破坏。

由于温度下降，或由于气压较高地区流过来的空气逐渐冷却而达到饱和，过冷的水点接触到温度为 0°C 或更低的导线就凝结成霜。

当空气的湿度较大，而又遇有微风将小水点带到导线上时，在导线上就会堆积起大量的霜。霜大部分在导线的迎风的一面，若风向是顺着线路的方向，则导线各面都均匀的被霜包围。

至于雪，则不可能在导线上附着很多。

在架空线路中常有挂冰、霜、雪同时发生的现象，如在冰层上有霜，在霜的针形空隙间又填满了雪（有时可能堆积很多）等等。

导线上的冰和霜显著地增加了通信回路的衰减，特别是对高频电流。由于这个原因，在装有十二路载波机的铜线回路上，增音站间的距离有时甚至要缩减到五十公里。

这样一来，通信导线上的冰、雾和霜对线路的机械强度和回路的电气参数都产生影响。

由于导线的自重、冰重和风压所造成的负载通常是用所谓单位负载来表示。

长度1米，横截面积1平方毫米的导线所承受的负载的公斤数称为导线的单位负载，因此它的单位是公斤/米·平方毫米。

(1) 由于导线自重引起的单位负载：

$$\gamma_1 = \frac{\gamma_0}{1000} \text{ 公斤/米} \cdot \text{平方毫米} \quad (1-3)$$

式中 γ_0 ——导线材料的密度 克/立方厘米

对铁线来说： $\gamma_1 = 0.0078$ 公斤/米·平方毫米

对铜线来说： $\gamma_1 = 0.0089$ 公斤/米·平方毫米

双金属线： $\gamma_1 = \frac{\gamma'_1 q_1 + \gamma'_2 q_2}{q_1 + q_2}$ 公斤/米·平方毫米

式中 γ'_1 ——横截面积为 q_1 的金属的单位负载；

γ'_2 ——横截面积为 q_2 的另一种金属的单位负载。

(2) 由于导线覆冰而引起的单位负载：

$$\gamma_2 = \frac{\pi[(d+2b)^2 - d^2] \delta_0}{4 \times 1000 q} \text{ 公斤/米} \cdot \text{平方毫米} \quad (1-4)$$

式中 δ_0 ——冰块的密度 (克/立方厘米)

b ——复冰的厚度 (毫米)

(3) 在复冰时由于导线自重和复冰所引起的单位负载:

$$\gamma_3 = \gamma_1 + \gamma_2 \text{ 公斤/米} \cdot \text{平方毫米} \quad (1.5)$$

(4) 在无复冰时由于风压而引起的单位负载:

$$\gamma_4 = \frac{P \cdot d}{1000 \times q} \text{ 公斤/米} \cdot \text{平方毫米} \quad (1.6)$$

式中 P ——作用在导线一平方米投影面积上的风压:

$$P = 0.06 u^2 \text{ (公斤/平方米)}$$

d ——导线直径 (毫米);

q ——导线断面积 (平方毫米)。

(5) 在复冰时由于风压而引起的单位负载:

$$\gamma_5 = \frac{P(d+2b)}{1000 \times q} \text{ 公斤/米} \cdot \text{平方毫米} \quad (1.7)$$

(6) 在无复冰时由于导线自重和风压而引起的单位负载:

$$\gamma_6 = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_4^2} \text{ 公斤/米} \cdot \text{平方毫米} \quad (1.8)$$

(7) 在复冰时, 由于导线自重、风压和复冰而引起的单位负载:

$$\gamma_7 = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_5^2} = \sqrt{(\gamma_1 + \gamma_2)^2 + \gamma_5^2} \text{ 公斤/平方毫米} \quad (1.9)$$

2. 悬挂点在同一高度时导线的垂度、应力和长度计算

假设有一条架设在同一高度的两电杆 A、B 上的导线 (图 1.27)。假想从整条导线中取出一小段 ds (图 1.27), 根据平衡条件, 在 x 轴上和 y 轴上所有力的投影总和必等于零, 故得:

$$(T + dT) \cos(\alpha + d\alpha) - T \cos \alpha = 0$$

$$(1.10)$$

和

$$(T + dT) \sin(\alpha + d\alpha) - T \sin \alpha - P \cdot ds = 0 \quad (1.11)$$

这里 T 是在断面 cd 上导线张力, $T + dT$ 是在断面 ab 导线的张力, P 是每一米长导线的重量。

以 $\cos(\alpha + d\alpha) = \cos \alpha \cdot \cos d\alpha - \sin \alpha \sin d\alpha$ 代入 (1.10) 式得:

$$T \cos \alpha \cos d\alpha + dT \cos \alpha \cos d\alpha - T \sin \alpha \sin d\alpha - T \cos \alpha = 0$$

因为 $\cos d\alpha \approx 1$, $\sin d\alpha \approx d\alpha$,

故上式成为:

$$T \cos \alpha + dT \cos \alpha - T \sin \alpha d\alpha - dT \sin \alpha d\alpha - T \cos \alpha = 0$$

略去二阶无限小值 $dT \sin \alpha d\alpha$, 则上式成为:

$$dT \cos \alpha - T \sin \alpha d\alpha = 0$$

即

$$d(T \cos \alpha) = 0 \quad (1.12)$$

因此, $T \cos \alpha = \text{常数}$, 亦即架设着的导线任意断面上张力的水平分量为一常值。

以 $\sin(\alpha + d\alpha) = \sin \alpha \cos d\alpha + \cos \alpha \sin d\alpha$ 代入 (1.11) 中, 并用同样方法整理之则得:

$$dT \sin \alpha + T \cos \alpha d\alpha = P \cdot ds$$

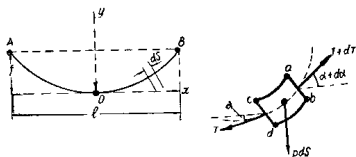


图 1.27 架设在同一高度的导线垂度