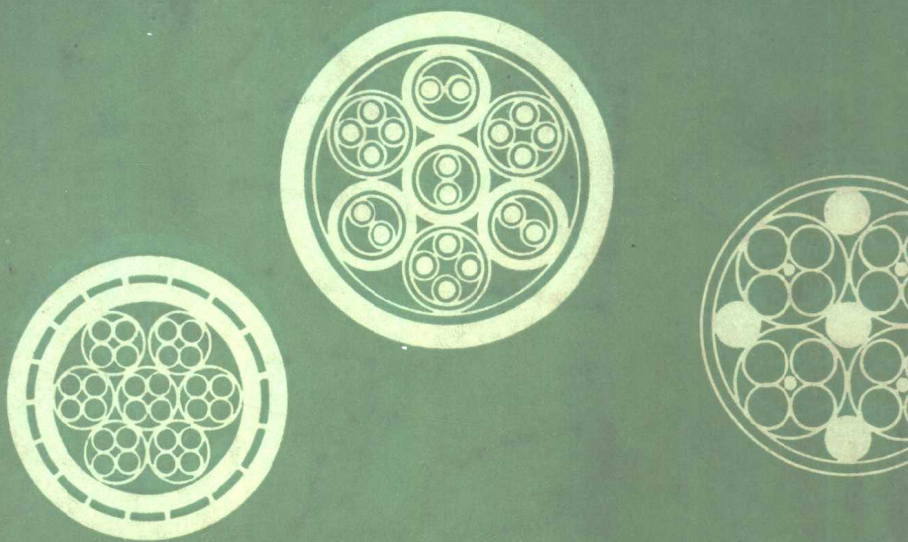


铁路长途通信 对称电缆线路

铁道部电化工程局通信信号设计处
《铁路长途通信对称电缆线路》编写组



人 民 铁 道 出 版 社

铁路长途通信对称电缆线路

铁道部电化工程局通信信号设计处
《铁路长途通信对称电缆线路》编写组

人 民 铁 道 出 版 社

1 9 7 6 年 · 北 京

铁路长途通信对称电缆线路

铁道部电化工程局通信信号设计处

《铁路长途通信对称电缆线路》编写组

人民铁道出版社出版

(北京市东单三条14号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{8}$ 印张: 23.5 插页: 1 字数: 544 千

1976年3月 第1版

1976年3月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—8,000 册 定价(科三): 1.90 元

內 容 提 要

本书比较全面、系统地阐述了有关铁路长途通信对称电缆线路的设计、安装和维护等方面的理论知识和实际操作。全书共分十二章。第一章至第六章主要介绍长途通信电缆的基础知识、负阻抗增音机的原理与应用、电缆的加感及平衡。第七章至第十一章对长途通信电缆线路的气压维护、防雷与防蚀、测试以及接地装置等方面作了较详细的讨论。第十二章介绍了长途通信电缆线路的设计程序和方法。

本书内容通俗易懂，并力求做到理论联系实际，可供铁路通信设计人员使用，亦可供施工、维护及教学人员参考。

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

人的正确思想是从那里来的？是从天上掉下来的吗？不是。是自己头脑里固有的吗？不是。人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。

前 言

近年来，铁路长途通信线路“电缆化”发展很快，长途通信对称电缆新建工程日益增多。为了适应这一新形势的需要，遵照毛主席关于“人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进”的教导，我们总结了几年来在设计和施工中的经验，搜集了一些运用中的问题，并参阅了有关资料，编写了这本“铁路长途通信对称电缆线路”。

本书内容包括：电缆勘测设计、电气性能计算、电缆加感及平衡、电缆防雷防蚀、电缆气压维护及有关电气测量等。

由于电缆芯径减小，衰耗增大，为满足铁路区段通信的需要，加感与负阻抗增音机均系降低回线衰耗的有效措施，而且相互关系密切，故将负阻抗增音机运用问题列为一章。此外，考虑通信接地装置运用范围较广，牵涉机械及线路各方面，且在设计中遇到的问题也比较多，故亦单列一章。

为了贯彻理论联系实际方针，本书有关章节既列出了部分计算的理论根据，也酌用我们在实践中测试出来的一些参考数据。

本书在编写过程中，得到邮电部设计院、铁道部科学研究院、铁四局电气化工程处及电化工程局第一、二工程队等单位的积极协助，并承铁道部工电局的大力支持，特此表示感谢。

由于我们水平有限，经验不多，书中错误及不足之处一定很多，希望读者批评指正。

铁道部电化工程局通信信号设计处
《铁路长途通信对称电缆线路》编写组
一九七四年十月北京

目 录

第一章 铁路通信电缆概述	1
第一节 通信电缆线路的组成及分类.....	1
一、通信电缆线路的组成.....	1
二、电缆线路分类.....	2
第二节 通信电缆的型号及其结构.....	3
一、电缆型号命名方法.....	3
二、通信电缆结构.....	5
三、铁路常用长途通信电缆的线序、端别及主要特点.....	7
第三节 长途对称电缆的单盘电气特性.....	11
一、直流电阻.....	11
二、绝缘电阻.....	11
三、绝缘电气强度.....	12
四、工作电容.....	13
五、电容耦合及对地不平衡.....	13
六、串音衰耗与防卫度.....	14
第二章 电缆接续、机械防护、标志及建筑物	15
第一节 电缆接续.....	15
一、电缆接续配件.....	15
二、电缆的接续.....	21
第二节 电缆的机械防护.....	28
一、电缆穿越铁路、公路、河沟、断沟及水渠等的防护.....	28
二、电缆沿铁路敷设的防护.....	31
三、电缆水泥槽.....	32
四、电缆穿越石质地带、电缆爬坡的防护.....	34
五、电缆通过桥隧的防护.....	34
六、电缆的接头防护和砂砖防护.....	38
第三节 电缆线路的标志及建筑物.....	39
一、电缆标桩、气门标桩及区间电话机柱.....	39
二、无人增音站建筑.....	44
三、无人充气站建筑.....	49
四、电缆转接房.....	49
第三章 通信电缆回线的传输参数	51
第一节 通信回线的电特性及传输方程.....	51
一、特性阻抗及传输常数.....	51

二、传输速度·····	53
三、通信回线传输的基本方程·····	54
四、工作衰耗、固有衰耗和介入衰耗的定义·····	57
五、传输单位及其换算关系·····	58
第二节 电缆回线一次参数的计算·····	60
第三节 电缆一、二次参数计算实例及实测曲线·····	66
一、电缆一、二次参数计算实例·····	66
二、电缆二次参数的换算与实测曲线·····	69
第四章 电缆回线的加感 ·····	75
第一节 加感应用的基本原理·····	75
一、概述·····	75
二、加感方式·····	77
三、加感回线特性阻抗与传输常数的实测·····	81
第二节 加感回线的输入阻抗·····	81
一、电缆加感回线的输入阻抗与第一个加感线圈的位置关系·····	81
二、加感回线输入阻抗波动的规律·····	84
第三节 部分加感和短线路加感·····	91
一、部分加感和短线路加感问题的提出·····	91
二、线路部分加感的试验·····	91
三、部分加感线路的加感点位置·····	92
四、短线路上的加感试验·····	93
第四节 回线加感的应用与电气计算·····	96
一、电缆加感的应用与安装问题·····	97
二、加感回线的电气计算·····	98
三、通信电缆用加感箱的电气性能及结构·····	101
附录 1 加感回线传输特性的理论计算·····	103
第五章 负阻抗增音机的原理与应用 ·····	111
第一节 负阻抗的一般概念·····	111
第二节 负阻抗增音机的工作原理·····	113
一、串联型负阻抗增音机的工作原理·····	113
二、并联型负阻抗增音机的工作原理·····	117
第三节 负阻抗增音机增益网络的设计·····	118
一、配合架空明线及非加感电缆回线的增益网络设计·····	118
二、配合加感电缆回线的平衡网络设计·····	120
三、配合加感电缆回线负阻抗增音机增益网络的设计·····	122
第四节 负阻抗增音机接入回线后的介入增益计算·····	124
一、串联型负阻抗增音机介入增益的计算·····	124
二、并联型负阻抗增音机介入增益的计算·····	125
三、复合型负阻抗增音机介入增益的计算·····	125
四、负阻抗增音机工作稳定度的分析·····	127

第五节	负阻抗增音机的运用及调测	129
一、	负阻抗增音机在铁路区段通信中的运用	129
二、	负阻抗增音机的调测	135
三、	负阻抗增音机在运用中的有关问题	137
四、	YZ-1型音频增音机	138
第六章	电缆回线间的串音与平衡	143
第一节	电缆回线间串音与平衡的概念	143
一、	串音衰耗与串音防卫度	143
二、	回线间的电磁耦合	144
三、	回线间的近端和远端串音	153
第二节	电缆回线受外界干扰及对地平衡	157
一、	杂音产生的原因及过程	157
二、	不平衡衰耗与敏感系数的关系	159
第三节	低频加感回线的平衡	165
一、	交叉法平衡的原理	165
二、	补助电容器法的原理	166
三、	低频回线的平衡	166
第四节	近、远端串音耦合矢量的测量	172
一、	概述	172
二、	串音耦合矢量的测量	173
第五节	高频平衡的基本原理	175
一、	反耦合网络平衡法	175
二、	移相网络法的平衡原理与应用	181
第六节	高频回线近、远端串音的平衡	182
一、	电缆的配盘与系统交叉	182
二、	高频近端平衡	183
三、	高频远端平衡	188
第七节	多段平衡	192
一、	多段平衡的特点	193
二、	平衡测试的方法和要求	193
附录 2	电容耦合的计算	194
附录 3	磁耦合的计算	196
附录 4	近端和远端串音耦合值	197
附录 5	分段测试重点平衡及利用K元件的集总平衡	198
第七章	电缆线路的气压维护	199
第一节	概述	199
一、	气压维护的意义	199
二、	气压维护的组成	199
第二节	电缆气压维护中常用的基本单位和空气干燥的标准	200
一、	气压维护中常用的基本单位及其测量	200

二、气体压强、气阻、气流之间的关系	202
三、空气干燥的度量单位和干燥标准	202
第三节 电缆气压维护的基本要求和维护制度的分类	203
一、气压维护的基本要求	203
二、气压维护制式的分类和适用的范围	205
第四节 电缆自动充气设备	205
一、电缆自动充气设备的用途、性能及主要元部件	205
二、电路动作说明	211
三、安装、使用注意事项	213
第五节 电缆气压自动测试设备	214
一、用途及主要性能	214
二、电路组成及其作用	216
三、电路动作说明	218
四、安装、使用注意事项	222
第六节 电缆气压维护自动充气、自动测试系统的构成	223
一、充气段的划分、充气站站址的选择、气闭和气门的设置	223
二、充气设备的选型及空压机的配套	223
三、储气罐壁厚的计算	224
四、自动测试设备及告警信号器的配置	225
五、气压告警信号器附加电阻的计算	227
六、气压告警信号器的种类、性能和安装	228
第七节 电缆气压的查漏	232
一、气压曲线法概述	232
二、气压曲线法的几种测查方法	233
三、找漏气点	234
第八节 LX-2型 卤素检漏仪及其使用	235
一、用途及主要性能	235
二、卤素检漏及电路原理	235
三、结构与使用	236
第八章 电缆防雷与防蚀	238
第一节 雷电活动和雷电的参数	238
一、雷电活动的概况	238
二、雷电的主要参数	239
第二节 雷击地下通信电缆的故障分析	240
一、雷电流进入地下通信电缆的途径	240
二、雷击地下通信电缆的故障分析	241
第三节 地下通信电缆的防雷措施	242
一、从电缆结构上考虑防雷措施	242
二、从选择径路上考虑防雷措施	243
三、在设计施工中采取防雷措施	244

第四节 电缆防雷中有关的数据计算	247
一、雷电流最大值 I_M 和传播规律	247
二、雷击大地与邻近地下电缆可能产生的电弧长度	248
三、雷电流电磁力使电缆变形所需的压强	248
四、熔化金属体所需的电流	249
第五节 电缆的防蚀	250
一、定义及分类	250
二、地下电缆的防蚀措施	251
三、介质的化学性与金属护套腐蚀的关系	253
第九章 电缆线路的测试	256
第一节 直流测试	256
一、双导线环线直流电阻的测试	256
二、用三环路法测量导线的直流电阻	256
三、回线不平衡电阻的测量	257
四、使用过渡装置进行直流测试	258
五、绝缘电阻的测试	258
六、耐压测试	259
第二节 回线输入阻抗及回线衰耗的测量	260
一、输入阻抗的测量	260
二、ZKQ-156型阻抗电桥的应用	262
三、回线衰耗的测量	264
第三节 串音衰耗及电容耦合的测试	265
一、串音衰耗的测试	265
二、电容耦合的测试	269
第四节 电缆故障的测试	273
一、用直流电桥测试故障点	273
二、用交流电桥测试故障点	280
三、用脉冲示波器测试电缆线路障碍	281
四、DDM-2型电缆多用脉冲测试器	282
第五节 电缆的埋深、径路及地温的测量	284
一、电缆径路的测量原理	284
二、电缆径路及埋深的测量	284
三、电缆埋设点地温的测量	285
第六节 杂音电压及其测量	286
一、杂音电压	286
二、杂音表的基本原理	288
三、杂音电压的测量	289
第十章 电缆线路接地	290
第一节 概述	290
一、电缆线路接地的基本概念	290

二、电缆线路接地按其用途的分类	290
三、电缆线路接地装置设置原则及要求	291
第二节 接地体接地电阻的计算	293
一、接地体接地电阻的基本计算公式	293
二、各种类型接地体接地电阻的计算公式	293
三、常用接地体接地电阻的简化计算公式	296
第三节 接地装置的技术要求	300
一、关于接地体材质与类型	300
二、接地体截面的选择	301
三、接地体长度的选择	301
四、多个接地体之间距离的影响	301
五、多个接地体单根数量的分析	302
六、接地体的埋深	302
七、接地体的引入导线	303
八、接地装置的施工要求	303
第四节 接地装置的测量	304
一、土壤电阻系数的测量原理	304
二、接地电阻的测量原理	305
三、接地电阻的测量	307
第五节 降低接地电阻的方法	310
一、影响土壤电阻系数的因素及其分析	311
二、降低接地电阻的方法	313
附录 6 钢管接地体计算公式的推导	315
第十一章 电缆金属护套的屏蔽作用	320
第一节 概述	320
一、电磁屏蔽原理	320
二、屏蔽体的屏蔽作用	322
第二节 电缆金属护套的屏蔽系数	324
一、电缆的理想屏蔽系数(τ_0)和实际屏蔽系数(τ)	324
二、理想屏蔽系数的计算	326
三、影响电缆护套理想屏蔽系数的因素	327
第三节 电缆屏蔽系数的测量	329
一、电缆理想屏蔽系数的测量	329
二、利用单盘电缆测试电缆屏蔽系数	332
三、运用中电缆屏蔽系数的测量	334
四、电缆护套(层)阻抗的测量	335
五、钢带 μ 值的测量	337
附录 7 电缆的实际屏蔽系数(τ)的推导	338
附录 8 ABCDII 形线框的电感	340
附录 9 50赫基波磁化电流对电缆音频屏蔽系数的影响	341

第十二章 长途通信电缆线路设计	342
第一节 铁路通信电缆线路勘测设计	342
一、勘测设计的任务	342
二、勘测设计的过程	342
三、设计中需要收集的有关资料	343
四、设计文件的组成内容	344
第二节 电缆径路勘测	346
一、选择电缆径路的基本原则	346
二、电缆径路勘测的程序与任务	346
第三节 电缆回线运用	349
一、电缆回线运用原则	349
二、电缆回线运用及分歧接续施工图的组成内容	350
第四节 长途地下电缆埋深、余留及与其他设施的最小间距	350
一、电缆埋深	350
二、电缆余留	352
三、电缆与其他设施的最小间距	352
第五节 水底电缆	353
一、选择水底电缆径路的原则及需要收集的有关资料	353
二、水底电缆方案的确定	354
第六节 无人增音站站址的选择及增音段长度的确定	357
一、站址的选择	358
二、无人增音段长度的确定	358

第一章 铁路通信电缆概述

通信电缆线路是现代化的通信线路设备，它与架空明线比较，具有一系列优点。其主要优点表现在电缆可以埋设在地下，而且有内护套及外护层（如铅护套及铠装等）的保护，故不易遭受冰凌、台风等自然灾害及气候的影响。因此，通信稳定、质量高、维护费用小。其次，电缆线路能够容纳铁路所需的大量话路，目前对称电缆已复用到六十路，如使用同轴电缆则可开通更多的话路。再者，电缆线路比架空明线经久耐用，故障率低，维护工作量小，而且电缆芯线铜的利用率也比架空明线高，故每话路公里的造价也要比架空明线低。电缆线路的另一个优点是保密性比架空明线强。

通信电缆线路虽具有上述一系列优越性，但是它的一次投资大、工期较长，在一般情况下，电缆线路的故障查找与修复均不如架空明线路快。

综上所述，由于铁路通信话路需要数量不断增长，同时对通信安全质量提出了更高的要求，加以我国电缆产量大大提高，因此，通信电缆线路越来越被广泛的采用。

第一节 通信电缆线路的组成及分类

一、通信电缆线路的组成

电缆线路由电缆、线路附件、线路设备及线路建筑物等组成。

（一）电缆

电缆是由内护套及外护层保护的绝缘缆芯组成，其缆芯构成各种通信、遥测及遥控等通路。电缆内护套（如铅、铝等）保持缆芯密封，免受潮气侵入，并使缆芯结构稳定。电缆外护层系保护内护套免受腐蚀及机械损伤。金属内护套及外护层除密封、防腐及防止机械损伤外，同时亦起屏蔽外界电磁场（如雷电及强电线路等）危险和干扰影响的作用。

电缆的电气性能主要决定于缆芯结构、材料及工艺等，而电缆的内护套及外护层系保证电气性能的重要条件。由于内护套及外护层在电缆制造中所需材料较多，成本比较高，因此，在设计电缆线路时，除考虑电气性能外，对于敷设条件也要进行周密的调查研究，从而确定采用不同内护套和外护层的电缆。

（二）线路附件

电缆线路附件根据用途包括：

1. 连接电缆及成端电缆的芯线绝缘套管（包括分组环）、接头套管、气闭套管、加感箱、平衡元件及分线盒等。
2. 敷设在特殊地段的机械防护附件，如电缆槽、钢管、陶管及硬塑料管等。
3. 电缆标志，如电缆标桩、水底电缆标志及气门标桩等。
4. 防雷及防强电用的电缆接地装置、消弧线、排流线及避雷针等。
5. 电缆防蚀的有关附件。

(三) 线路设备

线路设备包括无人增音机、负阻抗增音机和区间通话柱。此外，还包括充气维护设备，如充气机、控制测试监视记录设备及报警器等。

(四) 线路建筑物

线路建筑物用来安装线路设备，如无人增音站及充气站的房屋、电缆转接房（包括水底电缆房或称水线房）、人孔及手孔等。

二、电缆线路分类

(一) 按其用途可分为长途及地区电缆线路，前者用于长途及区段通信，一般采用长途电缆；后者用于地区或站场通信，一般采用市话电缆。

(二) 按其敷设方式可分为地下直埋、管道、水底及架空电缆线路。长途通信电缆一般均采用地下直埋方式；管道电缆线路一般采用裸电缆（无铠装），敷设于较大的城市市区（或站场）地下管道内；水底电缆用于水深、流速高及河床冲刷变化较大的河流，根据受张力的大小，又分为单钢丝铠装和双钢丝铠装水底电缆；架空电缆用于市话及站场通信中。

(三) 按电缆内部结构可分为对称电缆和不对称电缆。对称电缆按其线对扭绞方式又可分为星绞式、对绞式和复对绞式三种，其结构如图1—1—1。其中星绞式横断面积最小，比较经济，通话线对均排列在对角线上成星形，并按规定的节距扭绞，使缆芯结构稳定，且易于弯曲。由于星绞具有较小的固有衰耗和较高的串音衰耗，所以长途电缆广泛采用四线星绞式结构。

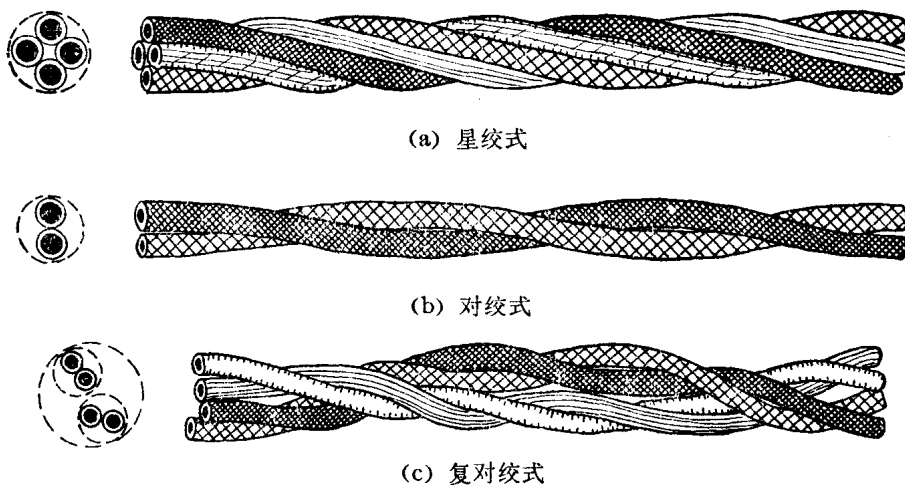


图 1—1—1 电缆芯线扭绞方式

对绞式系将两导线依一定节距进行扭绞，它的串音衰耗不高，但制造工艺简单，故线对较多的市话电缆一般均采用此种结构。

复对绞式系由两对对绞式线对再进行一次扭绞而组成。在电缆技术发展初期，复对绞式曾在长途电缆中采用过，由于在高频时其电气特性比星形电缆差，且铅和铜的用量亦比星形电缆多，故目前很少采用。

对称电缆回线的电磁场为开放型，见图 1—1—2。也就是说，当某一回线传输信号时，其他各回路均处在它的电磁场范围内，受到它的干扰影响，影响大小取决于两回线间的几何位置的对称性、导体本身以及绝缘介质的差异。随着复用频率的提高，上述影响加大，即回线间干扰越严重，这在一定程度上限制了复用频带的宽度。

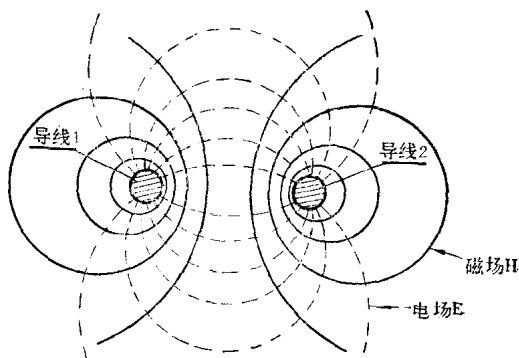
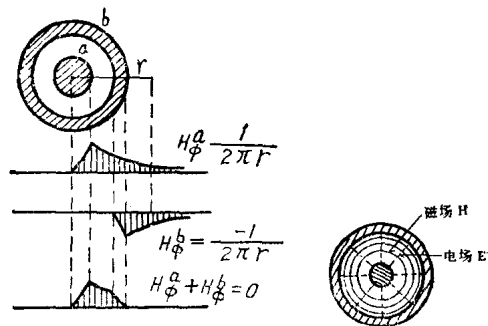


图 1—1—2 对称线对的电磁场



(a) 同轴对的磁场

(b) 同轴对的电场

图 1—1—3 同轴对的电磁场

不对称电缆即同轴电缆。同轴电缆的同轴对是一根圆柱形导体（称为内导体）放在另一根圆筒形空心导体（称为外导体）内部的中心。由于内、外导体处在同一轴心上，所以称它为同轴电缆。这种电缆，因为它来去的电流方向相反，所以在同轴外导体以外的电磁场几乎等于零。另外，同轴对的磁力线在外导体内部系按同心圆分布，而电力线是以内导体为中心按辐射方向终止在外导体内部。也就是说，同轴对的电磁场完全封闭于同轴对之内，见图 1—1—3。因此，线对间的干扰很微小，回路衰耗也比对称电缆小，故能够适应通信频带扩展的需要。

同轴电缆与对称电缆相比，其优点是传输话路多，抗干扰性强，不需平衡，节约金属，每话路公里造价低，因此是多路通信的发展方向。同轴电缆之所以具有上述优点，是由于其本身结构所决定的。同轴电缆按其导体的尺寸可分为大同轴（5/18）、中同轴（2.6/9.4）及小同轴（1.2/4.4）三种。其中，括号内的分子代表内导体的直径，分母代表外导体的内直径，单位为毫米。根据当前通信体制，大同轴可开通上万个载波话路，一般中同轴可开通 1800 个载波话路，小同轴可开通 300 个载波话路。如在同轴线路中加密增音机布点（即缩小增音站间距离），无论大同轴、中同轴或小同轴均可展宽频带，增加通话路数。

（四）按传输频率可分为高频、低频和高、低频（或同轴、对称）综合电缆。高频电缆系传输载波频率，使用于多路通信中。低频电缆系传输音频，又称为音频电缆，使用于区段、地区和站场通信中。低频电缆又可分为加感电缆和非加感电缆两种。既有高频线对又有低频线对的电缆，或既有同轴对又有对称组的电缆称为综合电缆，使用于长途载波通信与区段通信合用电缆的线路中。根据铁路运用的特点，目前长途通信电缆广泛采用综合电缆。

（五）按电缆回线传输方式可分为四线传输和二线传输。四线传输即通信来去方向分开在二个通话线对（或两条电缆）中；二线传输即通信来去方向均在一个通话线对中。如目前 60 路载波通信和同轴电缆 300 路载波通信均采用四线传输；铁路使用的 15 路载波通信为频率分割方式二线传输；低频回线的通信均用二线传输。

第二节 通信电缆的型号及其结构

一、电缆型号命名方法

型号组成：根据国家规定，采用汉语拼音字母和阿拉伯数字组成，其排列次序及意义如

表 1—2—1。

表 1—2—1

1 分类 代号 (用途)	2 导 体	3 绝 缘 方 式	4 内 护 套	5 派 生 特 性	6 外 护 层	7 传 输 频 率
H(市话)	T(铜)	Z(纸)	Q(铅套)	P(屏蔽 芯线)	见 表 1—2—2	252 千赫
HE(长途对称)	L(铝)	M(纱包)	H(橡套)	Z(综合)		156 千赫
HD(电气化专用)	G(铁)	V(聚氯乙烯)	B(编织涂蜡)	C(自承式)		108 千赫
HJ(局用)		X(橡皮)	V(聚氯乙烯)	L(防雷)		
HP(配线)		YF (泡沫聚乙烯)	L(铝套)	J(加强)		
HO(干线同轴)		Y(聚乙烯)	Y(聚乙烯)			
HU(矿用电缆)		B(聚苯乙烯)	^A (聚乙烯铝箔综合护套)			
P(信号电缆)		S(综包)	(W)皱纹			
HZ (高频通信馈电线)		F(复合物)	LW(皱纹铝管)			
HH(海底电缆)			V V(双层聚氯乙烯)			
K(控制电缆)						

注：当电缆芯线为铜（T）及纸绝缘（Z）时，电缆型号中一般不表示。
 电缆外护层代号见表 1—2—2。

表 1—2—2

护套代号	名 称	护套代号	名 称
1	麻被护层	60	裸双层粗圆钢绞铠装护层
2	钢带铠装麻被护层	31	镀锌钢绞编织护层
20	裸钢带铠装护层	32	镀锡钢绞编织护层
3	单层细圆钢绞铠装麻被护层	11	裸金属护套一级防腐护层
30	裸单层细圆钢绞铠装护层	12	钢带铠装一级防腐护层
4	双层细圆钢绞铠装麻被护层	22	钢带铠装二级防腐护层
40	裸双层细圆钢绞铠装护层	13	单层细圆钢绞铠装麻被一级防腐护层
5	单层粗圆钢绞铠装麻被护层	23	单层细圆钢绞铠装麻被二级防腐护层
50	裸单层粗圆钢绞铠装护层	14	双层细圆钢绞铠装一级防腐护层
6	双层粗圆钢绞铠装麻被护层	24	双层细圆钢绞铠装二级防腐护层

例如：HDYFLZ₂₂-156 型电缆为铁路电气化专用（HD）、铜芯（T省略）、泡沫聚乙烯绝缘（YF）、铝护套（L）、综合（Z）电缆，其外护层为钢带铠装二级防腐护层（22），最高传输频率为 156 千赫。