

电信传输手册

〔译文参考〕

〔三〕

中国人民解放军空军第三研究所

一九七八年十一月

目 录

第九章 同轴电缆系统.....	7
9.1 引 言	7
9.2 架设同轴电缆系统的基本设计问题.....	8
9.3 同轴电缆特性.....	9
9.4 同轴电缆系统的设计.....	11
9.5 增音机设计.....	17
9.5.1 概 述	17
9.5.2 热噪声	19
9.5.3 过载与极限电平	19
9.5.4 交扰调制噪声	22
9.5.5 总噪声及其分配	24
9.6 均 衡	25
9.6.1 引 言	26
9.6.2 固定均衡器	26
9.6.3 可变均衡器	28
9.7 电平与导频	28
9.8 监 控	29

9.9	电缆系统的供电	30
9.10	60兆赫的同轴电缆系统	31
9.11	15型同轴电缆传输系统	34
9.12	怎样确定选用同轴电缆还是视线微波 无线电路系统	35
9.12.1	概 述	35
9.12.2	土地问题是同轴电缆系统的一个限制 性因素	35
9.12.3	衰 落	37
9.12.4	噪声积累	37
9.12.5	群延迟——衰减失真	37
9.12.6	射频干扰	38
9.12.7	音频话路的最大容量	38
9.12.8	接力站或增音机的间距	38
9.12.9	电源问题	39
9.12.10	工程架设与维修	39
9.12.11	复用调制计划	39
第十章	毫米波传输	40
10.1	概 述	40
10.2	电波传播	40

10.3	雨水损耗	44
10.4	起伏衰落	47
10.5	实用的毫米波系统	47
10.6	短距方案	53
10.7	地面——空间通信	55
第十一章	脉冲编码调制及其应用	58
11.1	什么叫脉冲编码调制	58
11.2	脉冲编码调制信号的产生	60
11.2.1	取 样	60
11.2.2	脉冲幅度调制波	60
11.2.3	量 化	62
11.2.4	编 码	65
11.2.5	帧的概念	72
11.2.6	量化失真	76
11.2.7	空载信道噪声	76
11.3	实际应用	77
11.3.1	概 述	77
11.3.2	实用系统的方块图	79
11.3.3	线路编码	82
11.3.4	PCM 增音线路上的信号高斯噪声比	83

11.3.5	网眼图	34
11.4	高位PCM多路传输系统	35
11.5	PCM的长途传输	33
11.5.1	概 述	33
11.5.2	起 伏	33
11.6	利用视距无线电路进行PCM传输	39
11.6.1	概 述	90
11.6.2	调制、射频带宽与性能	90
11.7	PCM的转换	91
第十二章	视频传输	93
12.1	引 言	93
12.2	视频传输的基本概念	93
12.3	全电视信号	96
12.4	视频传输中的主要故障现象	99
12.5	主要的视频参数	102
12.5.1	概 说	102
12.5.2	传输标准——电平	103
12.5.3	其他参数	103
12.6	视频传输标准(电视台规范)	106
12.6.1	基本标准	106
12.6.2	彩色传输	110

12.6.3	标准的传输参数	111
12.7	视频在广播频道上的传输方法	113
12.8	同轴电缆的视频传输	113
12.8.1	早期的系统	113
12.8.2	现代的视频宽频带同轴电缆系统	113
12.9	无线电接力的视频传输	116
12.9.1	概 说	116
12.9.2	基带带宽和基带响应	117
12.9.3	予加重	117
12.9.4	微分增益	117
12.9.5	微分相位失真	117
12.9.6	信噪比	117
12.9.7	方波倾斜度	118
12.9.8	无线电接力的统一导频信号	118
12.10	可调线对上的视频传输	118
12.10.1	概 论	118
12.10.2	电缆问题	118
12.10.3	终端设备与增音机	119
12.11	视频质量的基本测试	120
12.11.1	窗孔信号	120
12.11.2	正弦平方测试信号	120

12.11.3	多波群信号	121
12.11.4	步进信号	121
12.11.5	垂直间隔测试信号	122
12.11.6	测试卡	122
12.11.7	彩 条	123
附件A	CCITT 与 CCIR 的建议	124
附件B	直流电源系统	145
附件C	电话电路上的指示信号	153

第九章 同轴电缆系统

9.1 引言

简单地说，同轴电缆是一种传输线路，其外层为接地的导体，内导线为不平衡线对，按同心配置，由电介质固定。电介质有若干种，如固体聚乙烯（聚乙烯或聚氯乙烯），泡沫塑料，空气或其他气体。空气或气体电介质的同轴电缆，其内导线由间隔片或间隔盘固定。

用同轴电缆作传输介质的系统，设计能力上能用 120 至 10800 个话路的频分复用设备发送信息。共天线电视系统采用单根同轴电缆可传送 300 兆赫带宽的信息。

频分复用设备原先是为增加有线电系统话路容量而研制的一种设备。后来，频分复用技术被应用于无线电方面。自二次大战结束后二十年的一段时间里，无线电系统成了传送长途电话信息的主要工具。后来，同轴电缆在传输长途信息方面又流行起来。

同轴电缆系统与视线微波无线电路系统相比，其优点是噪声积累小。点到点多路电话的频分复用线路型式（参见第三章），在同轴电缆上可以直接使用，不必象在无线电路系统中那样必须经过多次调制后才能使用，这样就使系统的噪声大大减小。

在多数情况下，视线微波无线电路系统比同轴电缆要更经济些。但是，由于无线电路系统的公分频段很拥挤，同轴电缆的应用就有新的进展。按照下例几条原则，可以考虑使用同轴电缆来替代视线微波无线电路系统：

(1) 在微波射频干扰严重的地区。

(2) 在电路容量很大的条件下，同轴电缆可能比视线微波无线电路系统更经济些（设想线路系统在十年内要达到 5000 条电路时）。

(3) 在全国性或国际间的长途干线系统上, 设计人员要考虑到噪声积累的问题。

同轴电缆用来传送电视或其他视频信息是很好的。用同一根导线来同时开通电视信道和频分多路电话信道方面, 已有所应用。同轴电缆的另一个优点是, 在某些情况下它与等容量的视线微波无线电系统相比, 设备系统的维修价格较低。

与任何一种电缆设备一样, 采用同轴电缆系统的一个困难问题是架设的线路问题以及嗣后的维修(增加接口)的问题。在市区这类问题尤其突出。同轴电缆架设好后的另一个问题是可能遭受损坏的问题, 各种建筑人员可能无意地挖出电缆或切断电缆。关于选用同轴电缆还是视线微波无线电系统的具体材料, 见第 9.12 节。

9.2 架设同轴电缆系统的基本设计问题。

每一根同轴线就是一个“管道”。要求每对“管道”能作双工长途传输。CCITT 采用的小型同轴电缆系统是一个例外, 可以在一个“管道”上容纳 120 个“往”“返”话路。长途同轴电缆系统中, 电缆的外皮内有若干个“管道”。在同轴电缆外皮内, 还包括有填充线对或四心线组, 视同轴电缆的大小和结构而安放在电缆内的空隙处。填充线对和四心线组均作勤务线和控制用, 还可供内部通信用。同轴电缆的一些标准结构见图 9.1。根据冻土层的情况, 同轴电缆通常沿线路深埋 90—120 公分。敷设电缆时, 一般采用自动作业程序的拖拉机牵引挖沟机开沟。

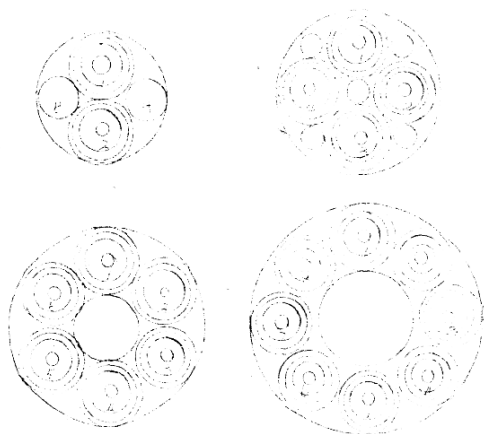


图 9.1 几种同轴电缆的结构

电缆增音机沿线路均匀放置。备用增音机通常均埋于地下。电源馈电或主用增音机均设于地面上的屋子里。电缆长度由工厂切割好，使铰接处正位于增音机处。

9.3 同轴电缆特性

长度传输用的标准型同轴电缆尺寸如下：

英 尺	毫 米
0.047/0.174	1.2/4.4
0.104/0.375	2.6/9.5

该分数表示内导线的外径与外导线的内径之比。例如，大内径的

同轴电缆。内导线外径为 0.104 英寸，外导线内径为 0.375 英寸，
见图 9.2。

空气电介质的电缆， $\epsilon = 1.0$

内导线外径 = $2a$

外导线内径 = $2b$

衰减常数为：

$$\alpha = 2.12 \times 10^{-5} \frac{\sqrt{f} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right)}{\log b/a},$$

(dB/英里)，(9.1)



式中， a = 内导线半径，

b = 外导线半径

特性阻抗 (Ω) 为

$$Z = \left(\frac{138}{\sqrt{\epsilon}} \right) \log \frac{b}{a} = 138 \log \frac{b}{a} \quad (9.2)$$

图 9.2 同轴电缆的电气特性

从图 9.2 中的公式可知，内导线与外导线的直径之比对衰减有很大影响。若使 $\frac{b}{a} = 3.6$ ，则每个单位长度的衰减就最小。

空气电介质同轴电缆的特性阻抗 $Z_0 = 138 \log \frac{b}{a}$ 。若 $\frac{b}{a} = 3.6$ ，则 $Z_0 = 77 \Omega$ 。不采用空气电介质，特性阻抗便减小。若采用前述的间隔盘来支撑芯线，阻抗便降至 75 Ω 。

图 9.3 曲线所示为本章所述的两种最常用的同轴电缆每单位长度随频率衰减的情况。衰减与图 9.2 中所示的频率的平方根有关。传输系统工程师主要关心的是，可以利用多宽的带宽来传送频分

复用线路的频率型式(参见第三章)。例如, 0.375 英寸的同轴电缆, 在 2.15 兆赫时每英里的衰减约 5.8dB, 而 0.174 英寸的同轴电缆每英里为 12.8dB。在 5 兆赫时, 0.174 英寸的电缆约为英里 19dB, 而 0.375 英寸的电缆每英里为 10dB。这是最高频率时的衰减。

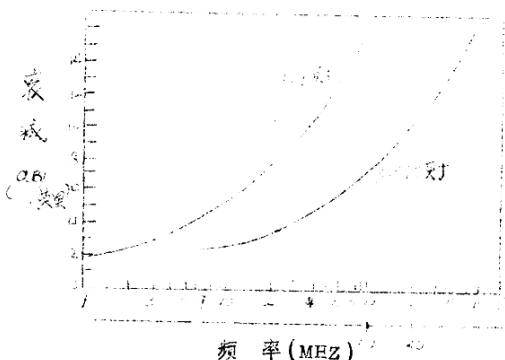


图 9.3 同轴电缆每公里的衰减—频率曲线

同轴电缆可以传送低频信号以至直流信号, 但实际上, 由于难以均衡和屏蔽, 低于 60 千赫就不用同轴电缆。有些工程师把该频率下限提高至 312 千赫。同轴电缆系统的频率上限与增音机的程式和间距, 以及与电缆的尺寸和绝缘材料的电介常数有关。从图 9.3 中可知, 频率特性是按频率的方根律变化的, 在设计上应采用相应的均衡和予加重措施。

9.4 同轴电缆系统的设计

图 9.4 所示为长途点到点多路电话用的同轴电缆系统的简化方

块图。该系统的简要工作过程是，把频分复用线路频率（参见第三章）经线路终端设备加到同轴电缆系统上。辅助增音机是沿电缆系统等距均匀配置的。各增音机由电缆系统自身供电。ITT 公司的设计规定中，辅助增音机要有插入式自动电平控制设备。在每天和季节温差变化不超过“正常值”（季节温差 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ）的适合架设同轴电缆的温带地区。要在每第四个增音机上加一个插入式电平控制（调节）设备（见图 9.5）。辅助增音机之所以用“辅助”这个名词有两个原因，它由终端增音机或主用增音机供电，并要为终端增音机或主用增音机提供故障信息。

详细地研究一下图 9.4 和 9.5。如果我们所用的是 0.375 英寸（9.5 毫米）同轴电缆的标准型 12 兆赫设备系统，就可以有多达 2700 个话路。要达到这一目标，需有两个“管道”，每个方向各一个。如图 9.2 所示的常用的同轴电缆都有两个以上的“管道”。假定图 9.4 中的传输方向是自左而向右。四线制的话路在“来”“去”两个方向上都同复用设备相连接。复用设备的输出就是要被馈送到同轴电缆上去的线路频率（基带）。各种不同的线路频率型式参见图 3.11，3.18 与 3.19。线路信号被馈送至终端增音机。终端增音机完成以下功能。

- (1) 综合线路控制的导频与复用设备的线路频率。
- (2) 为传输信号予加重，使输出信号随变而在较高频率上比较低频率有较大的增益，参见图 9.3。
- (3) 使外来宽带信号均衡。
- (4) 为各辅助增音机供电。

终端增音机，输出是予加重信号和与输入相一致的必要的导频。在 ITT 公司的设计规定中，其直流电压高达 650 伏，恒流为 110

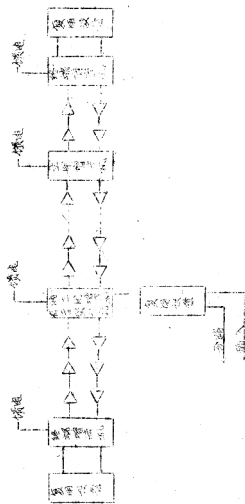
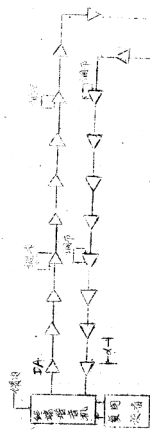


图 9-4. 长途电话电缆中继单元方框图



说明: DA——辅助放大器

d——信号线间阻



毫安。该公司设计规定，主用（终端）增音机在每个方向上向15个辅助增音机馈电。这样，每个主用（终端）增音机的每段线路上最大值可以有30个辅助增音机。主用增音机的其他功能是使宽带信号均衡，以及使用直通群滤波器而为话路的分路和插入提供接口。

图9·5是图9·4的局部放大图，表明每第四个增音机上有自动电平调节电路。标称1.2兆赫设备系统（0.375英寸的同轴电缆系统）的辅助增音机之间的距离为4.8公里（2.8英里）。增音机有 $\pm 6\text{dB}$ 的增益调整范围。相当于调整增音机的间距 ± 570 米（370英尺）。

由上述可知，长途多路电话业务和共天线电视系统用的同轴电缆系统的设计方法，在一定程度上就成了“食谱”设计法。同轴电缆系统的设计基本上包括以下各点：

- (1) 增音机间距与电缆程式和带宽有关。
- (2) 调节信号电平。
- (3) 温度对调节的影响。
- (4) 均衡。
- (5) 电缆阻抗的不规律性。
- (6) 故障位置和所谓的监控。
- (7) 馈电。

还有些其他因素是，同轴电缆路由的线路问题与维修接口问题，以及电缆的敷设等。要记住这些因素，参阅表9·1与9·2。

0.375英寸同轴电缆系统的实际噪声积累小于每公里1PWP，而视讯微波无线电路系统为每公里3PWP。粗略地考虑系统工程时要记住这些有用的数字。同轴电缆系统中的噪声是由同轴线路中的有源设备（即增音机）以及终端设备产生的。这些设备的噪声设计要折衷

表 9.1 L 型同轴电缆系统的性能

项 目	L 型 电 缆 系 统			
	L 1	L 3	L 4	L 5
最大设计线路长度	4000 英里	4000 英里	4000 英里	4000 英里
4KHZ FDM 话路 数量	600	1860	3600	10800
TV NTSC	有	有, 另加 600 个音频话路	无	未定
线路频率	60-2788 KHZ	312-8284 KHZ	564-17548 KHZ	1950-68780 KHZ
额定增音机间隔	8 英里	4 英里	2 英里	1 英里
馈电点	160英里, 或 每隔 20 个增 音机	160 英里, 或 每隔 42 个增 音机	160英里, 或 每隔 80 个增 音机	75 英里, 或 每隔 75 个增 音机

注：1、L型电缆系统，均为 0.375 英寸。

2、音频话路数量是指每对“管道”（来去各一）的话路数

处理好热噪声和交扰调制噪声的关系。交扰调制噪声是一种主要的限制参数，它迫使设计人员在单位长度内设置较多的增益值不大的增音机。

要了解 CCITT 建议采用的频分复用线路频率型式，可参阅第三章，特别是对 12 兆赫设备系统有用的图 3.18 和 3.19。CCITT 规定的导频频率与系统的关系，在第 9.7 中叙述。