

电 位 传 轨 手 册

(译 文 参 考)

(二)

中国人民解放军空军第三研究所

一九七八年七月

说 明

《电信传输手册》(TELECOMMUNICATION TRANSMISSION HANDBOOK), 1975年版, 编者 ROGER L. FREEMAN, 全书共有十二章: 基本知识, 电话传输, 频分多路, 短波无线电, 视线微波无线电, 对流层散射, 卫星地面站, 数据传输, 同轴电缆, 毫米波传输, 脉码制与视频传输等。现分几次译印, 仅供参考。

原书中有不少明显的差错, 发现的已作了更改。由于我们水平有限, 译文中肯定有许多错误, 请帮助指正。

目 录

第五章	视线微波无线电路系统(微波接力通信系统).....8
5.1	引 言 8
5.2	电路工程 8
5.3	电波传播 13
5.3.1	自由空间损耗 13
5.3.2	100兆赫以上直线传播的电波弯曲 13
5.3.3	通道剖面图——实际应用(第3步步骤) 19
5.3.4	反射点 25
5.4	通道计算 25
5.4.1	概 述 25
5.4.2	通道基本计算方法 26
5.4.3	衰落——概论 30
5.5	调频无线电路系统 32
5.5.1	概 述 32
5.5.2	予加重与去加重 35
5.5.3	调频发射机 38
5.5.4	天线系统 41
5.5.5	调频接收机 45
5.5.6	分集接收 46
5.5.7	传输线及有关设备 55
5.6	视线微波无线电路系统的负载 64
5.6.1	概 述 64

5.6.2	噪声功率比(NPR)	64
5.6.3	噪声功率比的基本测量方法	64
5.6.4	从噪声功率比导出信杂比	68
5.6.5	由信杂比换算成电路噪声	68
5.7	其他测试技术	69
5.7.1	带外测试法	69
5.8	通道的具体计算方法	70
5.9	确定衰落余量	75
5.10	通道与电路的可靠性	78
5.11	雨水和其他沉积衰减	79
5.12	热机备用工作方式	81
5.13	无线电路的接力站	82
5.14	制定频率计划	87
5.14.1	概 述	87
5.14.2	乱真发射	88
5.14.3	射频干扰	88
5.14.4	越站干扰	89
5.14.5	收发频率间隔	89
5.14.6	分配频率的基础	90
5.14.7	中频干扰	90
5.14.8	国际无线电咨询委员会的建议	90
5.15	告警与监视系统	91
5.15.1	概 述	91
5.15.2	监视的内容	92
5.15.3	故障信息的传输	93

5.15.4	遥 控	93
5.16	天线塔与天线桿	94
5.16.1	概 述	94
5.16.2	天线塔的弯曲和摇摆	97
5.17	无源接力站的平面反射器	97
5.18	视线微波无线电系统噪声计划	101
第六章	对流层散射	107
6.1	引 言	107
6.2	对流层散射现象	108
6.3	对流层散射的衰落	108
6.4	径道损耗的计算	111
6.5	孔径与介质的耦合损耗	114
6.6	发射角	117
6.7	场地选择的其他问题	118
6.7.1	天线高度	118
6.7.2	到无线电地平线的距离	118
6.7.3	其他问题	118
6.8	径道计算	119
6.9	设备的配置	124
6.9.1	概 述	124
6.9.2	对流层散射的工作频段	124
6.9.3	天线、传输线、收发转换和其他有关的传 输线设备	124
6.9.4	调制激励器和功率放大器	129
6.9.5	调频收信机组	131

6.9.6	分集和分集组合器	133
6.10	隔 离	135
6.11	交扰调制	136
6.12	径道损耗的最大可用中值	136
6.13	典型的对流层散射参数	138
6.14	频率分配	140
第七章	卫星地面站技术	142
7.1	引 言	142
7.2	卫 星	142
7.3	地面——空间窗口	142
7.4	径道损耗	144
7.5	卫星——地面的电路	146
7.5.1	品质因数 G/T	149
7.5.2	载波与热噪声功率比(C/T)	153
7.5.3	C/T 与 G/T 的关系	155
7.5.4	从照射电平推导信号输入	155
7.5.5	地面站的余量	156
7.6	上行电路问题	157
7.7	多址接口	158
7.8	标准地面站的功能	163
7.8.1	通信分系统	163
7.8.2	天线跟踪分系统	166
7.8.3	多路复用、勤务电路和地面引接电路系统	168
7.9	四号国际电信卫星	172

7.10	国际电信卫星四号A型	179
7.11	电视传输	180
7.12	单路单载波按番分配制 (SPADE)	182
7.13	区域性的卫星通信系统	185
7.14	协同线	187
第八章	数字数据的传输	189
8.1	引言	189
8.2	位与二进制的习惯表示法	190
8.3	编 码	191
8.3.1	二进位编码技术概述	191
8.3.2	几种信息交换用的专用二进位码	193
8.4	检误和纠错	209
8.5	数据传输的直流特性	212
8.5.1	环 路	212
8.5.2	中性和极性的直流传输系统	215
8.6	二进位传输和时间的概念	216
8.6.1	引 言	216
8.6.2	异步和同步传输	217
8.6.3	定 时	219
8.6.4	失 真	221
8.6.5	位、波特和每分钟字数	224
8.7	数据接合面	225
8.8	数据输入/输出设备	225
8.9	模拟电路上的数字传输	228
8.9.1	引 言	228

8.9.2	调制——解调方式	229
8.9.3	主要参数	231
8.10	电路容量	241
8.11	话路上的数据调制解调器与主要设计参数的关系	243
8.12	电路调节	246
8.13	调制解调器的实际应用	248
8.13.1	音频载波电报 (VFCT)	248
8.13.2	中等数据率调制解调器	250
8.13.3	高数据率调制解调器	252
8.14	在条件差的传输工具上串接—— 并接转换	253
8.15	提高电路利用率经济性的串接—— 并接转换	255
8.16	话路带宽超过4KHZ 时调制解调器的应用	255
8.17	数据传输系统—— 性能方块图	256

第五章 视线微波无线电路系统 (微波接力通信系统)

5.1 引言

符合下述情况的系统,可称之为视线微波无线电路系统。

(1)信号按直线或视线通道传播

(2)信号传播有自由空间衰减和雨水衰减。

(3)使用150兆赫以上的频率,因而可以采用较宽的信息基带而在每个射频载波上发送较多的信息。

(4)使用角调制(即调频或调相), (或使用扩展频谱与时分技术)。

表5-1A与5-1B是最高频率在13GHz以下的频谱划分。
13GHz以上的无线电传输,在第十章中论述。

视线传输的一个重要特征是,可以相当精确地预测信号到达远端接收机时的信号电平。

5.2 电路工程

视线微波无线电路系统的工程工作包括以下步骤:

1、选择彼此处于视线范围内的台站阵地(无线电设备和天线塔的位置)。

(2)、从表5.1A和5.1B所列的频段中选用工作频率时,要考虑射频干扰和法律条文规定。

(3)绘制通道剖面图以确定天线塔高度。如果天线塔高度超过特定的经济限值,则应重做电路工程的第一步程序,通常是按另一路由把两台站间的距离缩短,或重新配置通道。

制定剖面图时,要考虑微波能量传输时的下列情况:

(1)固定物体的衰减或吸收。

表5.1A

微波波段的划分

波段	分波段	频率 (GHz)	波长 (cm)	波段	分波段	频率 (GHz)	波长 (cm)
P		0.225	133.3		S	9.60	3.13
		0.390	76.9		X	10.00	3.00
L		0.390	76.9		f	10.25	2.93
	P	0.465	64.5		K	10.90	2.75
	C	0.510	58.8			10.90	2.75
	l	0.725	41.4	K	P	12.25	2.45
	y	0.780	38.4		S	13.25	2.26
	t	0.900	33.3		e	14.25	2.10
	S	0.950	31.6		C	15.35	1.95
	X	1.150	26.1		u②	17.25	1.74
	K	1.350	22.2		t	20.50	1.46
	f	1.450	20.7		q②	24.50	1.22
	Z	1.550	19.3		r	26.50	1.13
		1.55	19.3		m	28.50	1.05
S		1.65	18.3		n	30.70	0.977
	e	1.85	16.2		l	33.00	0.909
	f	2.00	15.0		a	36.00	0.834
	t	2.40	12.5			36.00	0.834
	C	2.60	11.5		a	38.0	0.790
	q	2.70	11.1		b	40.0	0.750
	y	2.90	10.3		C	42.0	0.715
	S	3.10	9.67		d	44.0	0.682
	a	3.40	8.82		e	46.0	0.652
	w	3.70	8.10			46.0	0.625
	b①	3.90	7.69	V	a	48.0	0.625
	d	5.20	5.77		b	50.0	0.600
X		5.20	5.77		C	52.0	0.577
	a	5.50	5.45		d	54.0	0.556
	q	5.75	5.22		e	56.0	0.536
	y①	6.20	4.84			56.0	0.536
	d	6.25	4.80	W		100.0	0.300
	b	6.90	4.35				
	r	7.00	4.29				
	C	8.50	3.53				
	l	9.00	3.33				

注①: 0波段包括S_y——X_y (3.90—6.20 GHz)②: K₁波段包括K_u——K_v (15.35—24.50 GHz)

表5.1B 固定业务用的微波无线电路频率分配(即, 点到点通信与其他非行动业务用)

450-470 MHz	5925-6425 (7250) MHz
890-960 MHz	7300-8400 MHz
1710-2290 MHz	10550-12700 MHz
2550-2690 MHz	14400-15250 MHz
3700-4200 MHz	

美国的具体分配表

频 率	GHz
军 用	1.710-1.850
固定业务	1.850-1.990
播音室与发射机间传输线	1.990-2.110
公用载波	2.110-2.130
固定业务	2.130-2.150
公用载波	2.160-2.180
固定业务	2.180-2.200
固定业务, 电视专用	2.500-2.690
公用载波——空间	3.700-4.200
军 用	4.400-5.000
公用载波——空间	5.925-6.425
固定业务	6.575-6.875
播音室与发射机间传输线	6.875-7.125
军 用	7.125-7.750
军 用	7.750-8.400
公用载波	10.7-11.7
固定业务	12.2-12.7
共天线电视与播音室发射机间的传输线	12.7-12.95
播音室与发射机间传输线	12.95-13.2
军 用	14.4-15.25

(2)平坦导电平面的反射，如水面和金属建筑物的侧面。

(8)沿固定物体的绕射。

(4)由大气引起的折射或弯曲。大气引起的弯曲常使波束延伸传输而到达光学水平线以远的距离。

4、计算通道，在确定以时间百分数表示的传播可靠性后，应使所接收的信号高于某个极限电平值。通常该电平值就是调频接收机的调频改进限度。在该电平值基数上，再加上一个衰减余量以补偿各种气候条件下的信号衰减。

5、进行通道测量以确保第1—4步骤的正确性，并提供对工程设计或工程投标至关重要的一些其他工程计划材料。

6、配置设备，要最经济地获得第4步内所规定的衰减余量。

7、确定频率计划和必要的工作参数。

8、工程架设。

9、波束校直，设备调节，检查，交用户验收。

只要可能，就应列出各个步骤的参考材料，以便于了解无线电路系统的各项实际问题。

视线微波与无线电路两词常连在一起使用。本书中使用无线电路这个名词，是因为：

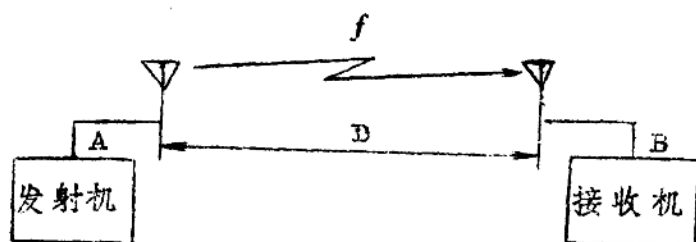
(1)微波这个名词，即使叫视线微波，不易下定义。

(2)无线电路这个名词较通用，特别在美国以外较通用。

5.3 电波传播

5.3.1 自由空间损耗

设信号由A处的发射机传输至B处的接收机。天线之间的距离为D，发信频率为f。令D的单位为公里，f的单位为兆赫，则自由空



间损耗的分贝数可用下式计算

$$L_{dB} = 32.44 + 20 \lg D + 20 \lg f \quad (5.1A)$$

若D的单位为英里，则

$$L_{dB} = 36.6 + 20 \lg D + 20 \lg f \quad (5.1B)$$

(对数的底为10)。

若A、B两地的距离为40公里($D = 40$)，频率为6 GHz ($f = 6000$)，自由空间通道损耗应是多少？

$$\begin{aligned} L &= 32.44 + 20 \lg 40 + 20 \lg 6 \times 10^3 \\ &= 32.44 + 20 \times 1.6021 + 20 \times 3.7782 \\ &= 32.44 + 32.042 + 75.564 \\ &= 140.046 \text{ dB} \end{aligned}$$

再看看计算自由空间损耗的另一个方法。设由一无方向性天线辐射信号(原文注：无方向性天线为Omb的理想天线，各方向上均匀地发射)。距天线1个波长处的自由空间衰减为22dB。距天线2个波长处为28dB，距天线4个波长处为34dB。距天线的距离加倍，自

由空间衰减(或损耗)则增大6dB。同样,如果距天线的距离缩短一半,则衰减(或损耗)减小6dB。

图 5.1 为 450 至 14000 兆赫之间的七个离散频率在不同距离上的自由空间通道损耗。

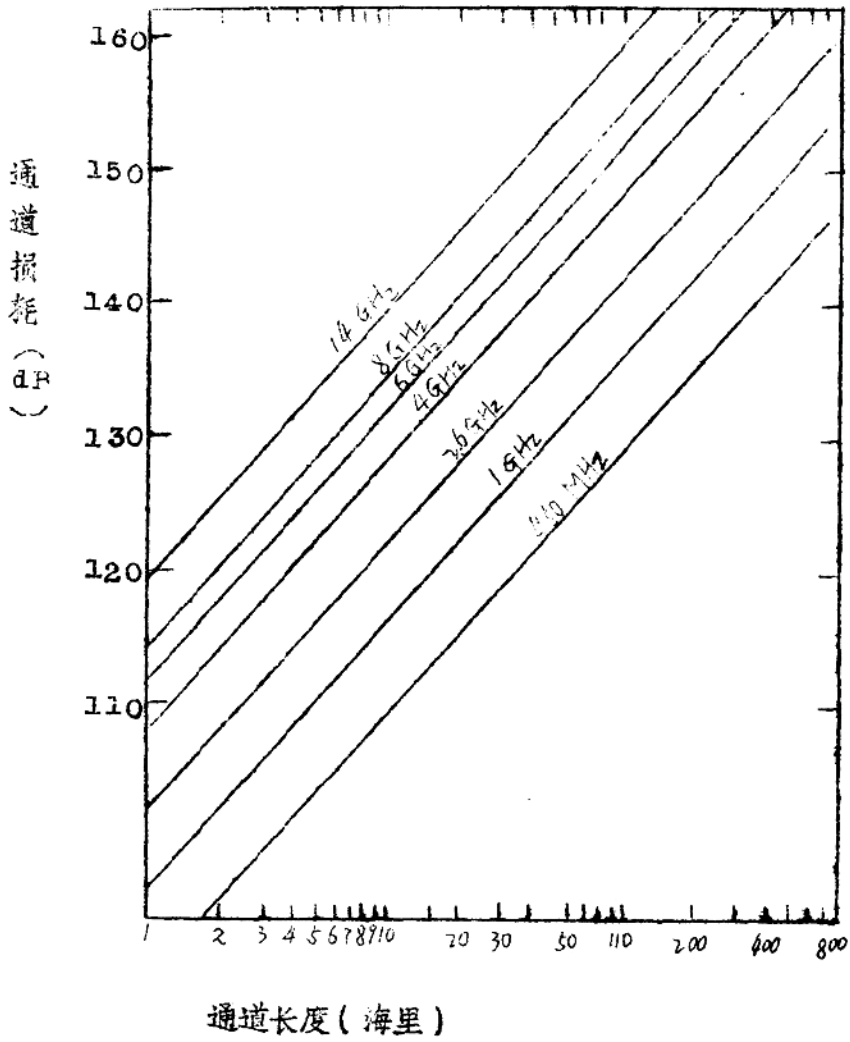


图 5.1

5.3.2 100兆赫以上直线传播的电波弯曲

大气层中无线电波的传播并不是完全按直线传播的，它们有折射或弯曲，也可能绕射。

电磁波的传播速度与它赖以传播的介质密度成函数关系。这就是斯奈尔定律，就是电磁波从一种介质进入另一介质时的关系式（即，电磁波从一种密度的大气进入另一密度的大气）。斯奈尔定律表明，电波入射角的正弦与电波折射角的正弦之比等于电波在各介质中的相对速度之比，也就是第二介质折射指数与第一介质折射指数之比的常数。

物质的绝对折射指数就是电波在该物质内的传播速度与在真空内传播速度相比的指数，实际上也就是与在空气中传播速度相比的指数。折射指数的不同，即决定了电磁波通过大气层的通道，或者说，就是电波传播直线的弯曲程度。

如果100兆赫以上的无线电波按直线传播，视线微波无线电路的工程问题就非常简便，人们可以精确地测定接力站与终端站所需天线塔的高度，并正确地设置天线塔上辐射设备的位置（第5.2节的第二、三两个步骤）。这里所说的，也就是确定能在两阵地间进行可靠无线电通信的微波辐射器高度的方法。

为要确定天线塔的高度，必须确定无线电路系统各台站之间通道上障碍物的位置和高度。计算每个障碍物体的高度，应加上地面的突起高度。由于地球的曲率或地面突起部分，障碍物体的高度会升高若干英尺或若干米。在通道上任何一处的地面突起部分的英尺数，可用下式计算：

$$h = 0.667 d_1 d_2 \quad (5.2)$$

式中， d_1 是障碍物位置至无线电路近端的距离， d_2 是障碍物位置至

无线路远端的距离。

把这个公式直接应用于电波射线弯曲时的情况，可使该式更为有用。而上述公式所述，是指电波射线是直线式的或不弯曲的。

大气折射可使射线波束弯向地面或弯离地面。如果波束弯向地面，就相当于压缩了地面突起部分，或降低了障地高度。如果波束弯离地面，就相当于增加了地面突起部分，或把波束向真高度之上抬高。使用 K 因数与地面突起方程，可计算出这个降低或升起的数值，其式为：

$$d_{\text{英尺}} = \frac{0.667 d_1 d_2}{K} \quad (d_1 d_2 \text{ 单位为英里}) \quad (5.3A)$$

$$d_{\text{米}} = \frac{0.078 d_1 d_2}{K} \quad (d_1, d_2 \text{ 单位为米}) \quad (5.3B)$$

$$\text{以及, } K = \frac{\text{地球有效半径}}{\text{地球真实半径}} \quad (5.4)$$

如果 K 因数大于1，射线波束为弯向地面，也就是无线路的天线塔高度可以降低。如果 K 小于1，地面突起部分的有效高度增加，通道便要缩短，或天线塔高度必须增加。图5.2所示为不同 K 值（英尺）的地球曲率。（图5.2见下页）

许多关于无线路系统的教科书采用正常折射值。该值相当于 $\frac{4}{3}$ （或1.33）的 K 因数值。按照经验法则，所传播的波前折射要弯向密度较大的区域，即向折射指数较高的区域折射。某些较老的教科书主张 K 因数应近似于 $\frac{4}{3}$ 。在进行无线路工程时应注意， $\frac{4}{3}$ 理论（标准折射或正常折射）在许多通道上是不能作为法定标准使用的。但是，