

译文参考

电 传 手 册

(—)

•

中国人民解放军空军第三研究所

一九七八年四月

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, 视距微波无线电, 对流层散射, 卫星地面站, 数据传输, 同轴电缆, 毫米波传输, 脉码调制与视频传输等。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

第一章 基本知识	1- 1
1.1 传输问题	1- 1
1.2 一个简单的传输系统	1- 1
1.3 分贝	1- 2
1.4 由分贝引伸出来的基本单位	1- 6
1.4.1 dBm	1- 6
1.4.2 dBW	1- 8
1.4.3 dBmV	1- 9
1.5 奈培	1-10
1.6 功率电平 dB (dBm/dBW 或类似的绝对对数单位)	1-10
1.7 正态分布——标准偏差	1-12
1.8 简单的电话连接	1-14
1.9 实际的话音传输	1-15
1.9.1 带宽	1-15
1.9.2 话音传输——人的因素	1-15
1.9.3 衰减失真	1-18
1.9.4 相移 (包络线延迟失真)	1-19
1.9.5 电平	1-21
1.9.6 噪声	1-23
1.10 信杂比	1-32
1.11 噪声指数	1-32

1.1.2	噪声指数和噪声温度的关系	1-32
1.1.3	等效各向同性辐射功率	1-35
1.1.4	一些常用的换算单位	1-37
第二章	电话传输	2-1
2.1	概述	2-1
2.2	电话设备	2-1
2.2.1	送话器	2-1
2.2.2	受话器	2-2
2.3	电话回路	2-2
2.4	电话回路的长度极限	2-3
2.5	参考当量	2-5
2.5.1	定义	2-5
2.5.2	使用	2-6
2.6	电话网话	2-9
2.6.1	概述	2-9
2.6.2	基本考虑	2-10
2.6.3	双线/四线传输	2-11
2.6.4	回声、振鸣和设计损耗	2-13
2.6.5	净损耗	2-22
2.7	关于网路体系的说明	2-29
2.8	用户回路的设计	2-32
2.8.1	引言	2-32
2.8.2	基本电阻设计	2-33
2.8.3	传输设计	2-36
2.8.4	加感	2-37

2.8.5	用户回路设计的其他方法	2-43
2.9	市内干线的设计	2-46
2.10	音频增音机	2-48
2.11	长途网路中(四线)电话总机的传输考虑	2-49
2.12	国际电报电话咨询委员会的接口	2-52
2.12.1	引言	2-52
2.12.2	串接线路的放大效应	2-52
2.12.3	噪声	2-54
2.12.4	传输损耗随时间的变化	2-54
2.12.5	串音	2-54
2.12.6	衰减失真	2-54
2.12.7	参考当量	2-55
2.12.8	传输时间	2-55
2.12.9	回声抑制器	2-55
第三章	频分多路	3-1
3.1	引言	3-1
3.2	混频	3-2
3.3	CCITT的调制计划	3-6
3.3.1	引言	3-6
3.3.2	标准CCITT群的组成	3-6
3.3.3	CCITT群组成的另一种方法	3-8
3.3.4	标准CCITT超群的组成	3-9
3.3.5	标准CCITT基本主群和超群的组成	3-10
3.3.6	线路频率	3-11

3.4	多路FDM系统的负载	3-14
3.4.1	引言	3-14
3.4.2	话音的测量	3-14
3.4.3	过载	3-16
3.4.4	负载	3-16
3.4.5	单路负载	3-17
3.4.6	等幅信号的负载	3-18
3.5	导频信号	3-19
3.5.1	引言	3-19
3.5.2	电平控制导频	3-20
3.5.3	频率同步导频	3-21
3.6	频率的产生	3-22
3.7	噪声和噪声的计算	3-23
3.7.1	概述	3-23
3.7.2	CCITT的方法	3-23
3.7.3	美国军用方法	3-25
3.8	载波设备的其他性能	3-27
3.8.1	衰减失真	3-27
3.8.2	包络延时失真(群延时)	3-28
3.9	直通群、直通群的技术	3-28
3.10	线路频率的类型	3-29
3.10.1	概述	3-29
3.10.2	十二路明线载波	3-29
3.10.3	非加感电缆线上的载波传输(K载波)	3-31

3.1.0.4 在非加感电缆线对上 N 型载波的传输	3-32
3.1.0.5 星形或四线电缆的载波传输	3-32
3.1.0.6 同轴电缆载波传输系统	3-32
3.1.0.7 L型载波型式	3-36
3.1.1 用户载波站的载波	3-40
3.1.2 载波传输的经济问题	3-40
3.1.3 压缩扩张器	3-43
3.1.4 载波系统的损耗	3-46
第四章 短波无线电	4-1
4.1 概述	4-1
4.2 短波传播基础	4-1
4.2.1 天波传输	4-1
4.3 工作频率	4-5
4.4 短波无线电系统	4-9
4.5 实用的短波点到点通信	4-10
4.5.1 概述	4-10
4.5.2 发射类型	4-10
4.5.3 建议采用的调制方式(发射类型)	4-16
4.5.4 单边带抑制载波	4-16
4.5.5 单边带机的工作过程及其与普通调幅设备的比较	4-18
4.5.6 单边带传输的关键问题	4-21
4.5.7 合成器应用方块图	4-23
4.6 点到点单边带通信业务中用的线性功率放大器	4-24

4.7	交扰调制失真	4-27
4.8	短波天线	4-28
4.8.1	概述	4-28
4.8.2	天线的基本因素	4-28
4.8.3	菱形天线	4-30
4.8.4	菱形天线的基本设计	4-32
4.8.5	终端电阻	4-37
4.8.6	传输线	4-38
4.8.7	对数周期天线	4-39
4.8.8	水平极化与垂直极化	4-42
4.9	短波通信设施的设计	4-43
4.10	大圆方位和距离	4-44
4.11	独立边带传输	4-44
4.12	独立边带工作的发射机负载	4-47
4.13	短波分集技术	4-48
4.14	电离层探测设备	4-49

第二章 电话传输

2.1 概述

1.8节给读者介绍了简单的电话连接。这一章将更进一步地讲述一下电话学以及电话传输的问题，对有线电系统的话音传输不再进行论述。其它的传输方法仅作简单的介绍，这样便于我们研究电话网路的问题。用户线路是电话网路重要的部分，本章对这一线路也要加以论述。

2.2 电话设备

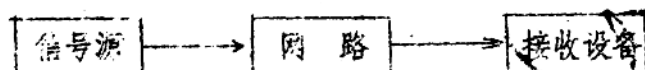
在电话网路中给人们提供接口的输入输出装置是电话设备或电话分机，它能把声能转化为电能，反之，也能把电能转化为声能。转化过程中的效能和逼真度对电话通信的质量有很大的影响。先进的电话分机由送话器、受话器、均衡电气网路、侧音电路和振铃监视设备组成，所有这些东西都装在一个设备里。当大量生产时，出售价格为30美元。

现在让我们来讨论送话器和受话器。

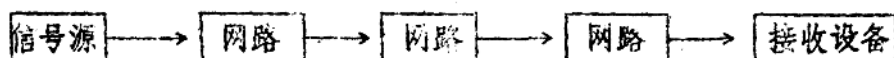
2.2.1 送话器

送话器利用碳粒送话器把声能转变为电能。送话器电极两端通常需要有3—5V的直流电势，我们通常把它叫做通话电源。在先进的系统中，它是从转换设备加到线路上的（见1.8节）。当电话从电话架上拿起来时，电源电流就流过碳粒。当声音冲击送话器膜片时，气压变化就传到碳粒上，碳粒电路的电阻随压力变化而变化，这样就产生脉动的直流电流。碳粒送话器峰值的频率响应在800到1000Hz之间。

传输装置可以用一个网路来表示：



传输装置也可以用一系列电网络来表示：

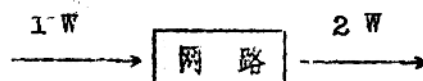


一部分网路用电平来表示增益，而另一部分网路则用电平来表示损耗。我们准备讨论这些增益和损耗以及电信号电平和起干扰作用的电平，如噪声、串音或失真。要做到这一点，我们必须很好地了解分贝及其有关的测量单位。

1.3 分贝

分贝是比率的一个单位。它是一个对数，以10作为底。首先假设一个功率比。分贝 (dB) 数 = $10 \log_{10} (\text{功率比})$ 。

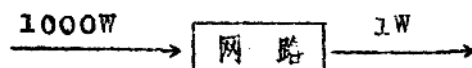
让我们看下面的网路：



输入功率为1W，输出功率为2W。所以，我们可以说网路有近似3dB的增益。在这种情况下，

$$\begin{aligned}
 \text{增益 (dB)} &= 10 \log_{10} \frac{\text{输出}}{\text{输入}} = 10 \log_{10} \frac{2}{1} = 10(0.3013) \\
 &= 3.0103 \text{ dB} \quad \text{或近似于 3dB 的增益。}
 \end{aligned}$$

现在让我们看另一个网路：



在这种情况下, 损耗为 30dB.

$$\text{损耗 (dB)} = 10 \log \frac{\text{输入}}{\text{输出}} = 10 \log \frac{1000}{1} = 30\text{dB}$$

或者一般我们可以说,

$$\text{功率 (dB)} = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

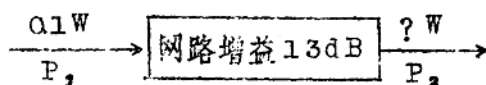
式中, P_1 = 较低的功率电平; P_2 = 较高的功率电平.

一个输入为 5W, 输出为 10W 的网络可以说, 它有一个 3dB 的增益.

$$\begin{aligned} \text{增益 (dB)} &= 10 \log \frac{10}{5} = 10 \log \frac{2}{1} = 10(0.30103) \\ &= 3.0103\text{dB 或} \sim 3\text{dB} \end{aligned}$$

那是一个便于记忆的数字. 功率增加一倍为一个 3dB 的增益, 而功率减小一倍为一个 3dB 的损耗.

假设另一例, 网络的增益为 13dB:



$$\text{增益 (dB)} = 10 \log \frac{P_2}{P_1} = 10 \log \frac{P_2}{0.1} = 13\text{dB}$$

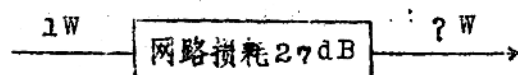
因此 $P_2 = 2\text{W}$

表 1.1 是有用的. 在功率比一行内所有的数值为 $X/1$ 或与 1 比较.

表 1.1

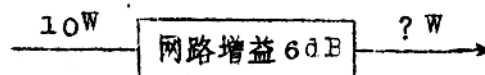
功 率 比	dB	功 率 比	dB
10^1 10	+10	10^{-1} (1/10)	-10
10^2 100	+20	10^{-2} (1/100)	-20
10^3 1000	+30	10^{-3} (1/1000)	-30
10^4 10000	+40	10^{-4} (1/10000)	-40
10^5 100000	+50	10^{-5} (1/100000)	-50
10^6 1000000	+60	10^{-6} (1/1000000)	-60

不用笔和纸就能算出分贝数，这是有用的。10和3的相互关系已被回顾了。现在再来研究下面的问题：



这一网络的功率输出是多少？如果不用笔和纸来计算这道题，我们将按下列方法进行。假设，网络使信号衰减30dB，这样输出即为输入的1/1000或1mW。27dB要比30dB少3dB，这样输出即为1mW的二倍，或2mW。这确实是很简单的。如果我们有10的倍数，按照上表，我们可以不用笔和纸，算出其结果来，如果我们有3以上或以下的倍数，不用笔和纸，也能算出其结果来。

请看下面这一例题：



利用笔和纸来计算，我们看到，其输出近似于40W。这里，我

们有一个4的倍数。一个6dB的增益表示一个近似于4倍功率的增益。而一个6dB的损耗则表示近似于四分之一的功率输出。现在不用笔和纸，我们应该能算出许多组合。

假设，一个网路的增益为33dB，输入电平为0.15W，其输出应为多少？30dB表示输入功率乘1000，另外的3dB为1000乘2，在这种情况下，输入功率与2000相乘。因此，答案是 $0.15 \times 2000 = 300W$ 。

下表可以进一步帮助读者把分贝当作功率比来使用。

近 似 功 率 比		
分 贝	损 耗	增 益
1	0.8	1.25
2	0.63	1.6
3	0.5	2.0
4	0.4	2.5
5	0.32	3.2
6	0.25	4.0
7	0.2	5.0
8	0.16	6
9	0.125	8.0
10	0.1	10

电压和电流的比，由于都是二次方项，从而导致二倍的功率分贝电平。记住

$$功率 = I^2 R = \frac{E^2}{R}$$

$$\text{因此 dB (电压)} = 20 \lg \frac{E_2}{E_1}$$

$$\text{或 dB (电流)} = 20 \lg \frac{I_2}{I_1}$$

当叙述电流和电压比时, E_2 = 较高的电压, E_1 = 较低的电压;
 I_2 = 较高的电流, I_1 = 较低的电流。

当采用上面所示的电流和电压关系时, 记住他们必须与同样的阻抗相比较。例如, 当 E_1 从 900Ω 的点上取出时, E_2 就不可以从 600Ω 的点上取出。

例题 1. 多少分贝相当于电压比 100?

$$\begin{aligned} \text{dB} &= 20 \lg \frac{E_2}{E_1} \quad \text{这里 } E_2/E_1 = 100 \\ &= 20 \lg 100 = 40 \text{ dB} \end{aligned}$$

例题 2. 如果放大器的增益为 30 dB, 那么这一增益表示的电压比为多少? 假设放大器输入和输出的阻抗相等。

$$\begin{aligned} 30 &= 20 \lg \frac{E_2}{E_1} \\ \frac{E_2}{E_1} &= 31.6 \end{aligned}$$

因此电压比为 31.6:1。

1.4 由分贝引伸出来的基本单位

1.4.1 dBm

迄今, 所有分贝的基准是指比率和相互比较的单位。我们不能说

放大器的输出为 33dB。我们可以说放大器的增益为 33dB 或某一衰减器的损耗为 6dB。这些数字或单位不表示什么意思而只是绝对值。由分贝引伸出来的其它几个单位也是这样。

大概，dBm 是这些单位中最普通的一个。dBm 的定义是功率电平对 1mW 的比。要记住的最重要的关系是 $0\text{dBm} = 1\text{mW}$ 。dB 公式可写成：

$$\text{功率 (dBm)} = 10 \log \frac{\text{功率 (mW)}}{1\text{mW}}$$

假设下面的例题：放大器的输出为 20W，其输出用 dBm 来表示应为多少？

$$\text{功率 (dBm)} = 10 \log \frac{20\text{W}}{1\text{mW}}$$

$$= 10 \log \frac{20 \times 10^3 \text{mW}}{1\text{mW}} = +43\text{dBm}$$

(正号表示数值高于基准电平 0dBm)

让我们再来做另外一个例题：网络的输入为 0.0004W，其输入用 dBm 来表示应为多少？

$$\text{功率 (dBm)} = 10 \log \frac{0.0004\text{W}}{1\text{mW}}$$

$$= 10 \log 4 \times 10^{-4} \text{mW}$$

$$= -4\text{dBm (近似)}$$

(在这种情况下，负号告诉我们电平低于基准值 0dBm 或 1mW。)

1.4.2 dBW

dBW 在微波中广泛地被使用，它是一个绝对的分贝单位，它的定义可以为分贝对 1W 的比。

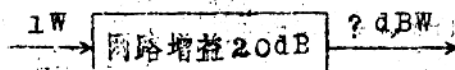
$$\text{功率电平 (dBW)} = 10 \log \frac{\text{功率 (W)}}{1 \text{ W}} \quad (1.2)$$

记住下列的关系：

$$+30 \text{ dBm} = 0 \text{ dBW} \quad (1.3)$$

$$-30 \text{ dBW} = 0 \text{ dBm} \quad (1.4)$$

假设这一网路：



其输出电平用 dBW 来表示为 +20dBW。记住网路的增益为 20 dB 或 100。其输出为 100W 或 +20dBW。

表 1.2 是一个等值表，它是很有用的。

表 1.2

dBm	dBW	W	dBm	dBW	mW
+66	+36	4000	+30	0	1000
+63	+33	2000	+27	-3	500
+60	+30	1000	+23	-7	200
+57	+27	500	+20	-10	100
+50	+20	100	+17	-13	50
+47	+17	50	+13	-17	20

表 1.2

+43	+13	20	+10	-20	10
+40	+10	10	+7	-23	5
+37	+7	5	+6	-24	4
+33	+3	2	+3	-27	2
+30	0	1	0	-30	1
			-3	-33	0.5
			-6	-36	0.25
			-7	-37	0.20
			-10	-40	0.1

1.4.3 dBmV

绝对的分贝单位 dBmV 在视频传输中被广泛地应用。电压电平可以用 75 Ω 上高于或低于 1mV 的分贝来表示，也就是说电平用分贝-毫伏或 dBmV 来表示。换句话说，

$$\text{电压电平 (dBmV)} = 20 \lg_{10} \left(\text{在阻抗为 } 75 \Omega \text{ 时, 用毫伏来表示的电压} \right) \quad (1.6)$$

表 1.3 是很有用的。

表 1.3

75 Ω 上的 Rms 电压	dBmV
10V	+80
2V	+66
1V	+60