

电信工程设计手册

长途电缆线路

邮电部设计院 编

人民邮电出版社

目 录

第一章 长途电缆通信网概要

1.1 通信网路结构	1
1.2 通信网路规划	10
1.3 长途通信电缆线路	15
1.4 长途通信电缆载波系统	17

第二章 工程查勘与设计

2.1 工程查勘与设计程序	20
2.2 工程查勘内容与方法	24
2.3 干线电缆载波线路工程可行性研究	32
2.4 工程设计文件编制内容	37
2.5 微机辅助设计	47

第三章 电缆线路传输系统

3.1 电缆线路传输系统的组成	66
3.2 中同轴电缆载波通信线路传输系统	69
3.3 小同轴电缆载波通信线路传输系统	79
3.4 对称电缆载波通信线路传输系统	87
3.5 外国电缆载波通信线路传输系统	91

第四章 长途通信电缆结构

4.1 长途通信电缆型号	93
4.2 中同轴综合通信电缆结构	97
4.3 小同轴综合通信电缆结构	101
4.4 微同轴与单管同轴通信电缆结构	106
4.5 对称通信电缆结构	109

第五章 长途通信电缆的电气特性

5.1 中同轴电缆的电气特性	119
5.2 小同轴电缆的电气特性	125
5.3 微同轴与单管同轴电缆的电气特性	133
5.4 对称电缆的电气特性	137

第六章 直埋电缆线路

6.1 电缆线路路由的选择	143
6.2 电缆线路建筑及敷设安装	146

6.3	电缆线路防机械损伤	177
6.4	电缆加感	197

第七章 架空电缆线路

7.1	长途架空电缆线路的适用范围	206
7.2	新设长途架空电缆线路的路由选择	206
7.3	架空电缆杆线强度的计算	207
7.4	架空电缆杆路建筑	214
7.5	架空电缆的敷设与安装	223
7.6	原有杆路的架挂	232

第八章 进局（站）电缆线路

8.1	电缆进局（站）方式	234
8.2	电缆终端系统	236
8.3	电缆进线室设计	243
8.4	进局（站）电缆敷设与设备安装	251
8.5	管道电缆的敷设与安装	255
8.6	电缆管道建筑	262
8.7	人（手）孔建筑	273

第九章 水底电缆线路

9.1	跨越江河通信线路建筑方式的选用	277
9.2	水底电缆过河位置的选择	278
9.3	水底电缆路由的测量及长度计算	279
9.4	水底电缆规格的选用及强度计算	283
9.5	水底电缆的敷设与安装	286
9.6	水底电缆的保护	296

第十章 海底电缆线路

10.1	海底通信电缆的结构及电气特性	310
10.2	海底同轴电缆载波通信系统	316
10.3	海底通信电缆线路工程勘测设计	318
10.4	中日海缆和国外海缆通信系统	319

第十一章 电缆线路无人增音段电气标准

11.1	中同轴电缆线路无人增音段电气标准	329
11.2	小同轴电缆线路无人增音段电气标准	333
11.3	对称电缆线路无人增音段电气标准	339

第十二章 无人增音站的设备与安装

12.1 中同轴电缆无人增音站的设备与安装	344
12.2 小同轴电缆无人增音站的设备与安装	498
12.3 对称电缆无人增音站的设备与安装	511
12.4 巡房和线务段引入设备的安装	524

第十三章 充气维护

13.1 充气维护系统与技术标准	529
13.2 高压气源充气方式	535
13.3 充气段长与通信系统	538
13.4 充气维护设备配置与安装	544
13.5 充气及监测设备	552

第十四章 外界电磁影响防护

14.1 危险和干扰影响的计算状态和容许标准	568
14.2 危险与干扰影响计算	570
14.3 计算参数	572
14.4 屏蔽体的电磁屏蔽系数计算	588
14.5 危险影响与干扰影响的工程估算	591
14.6 防护措施	595

第十五章 电缆线路防雷

15.1 雷电概述	600
15.2 雷击大地对地下电缆的影响	601
15.3 防雷地段的确定	604
15.4 电缆遭受雷击故障预期次数计算	606
15.5 防雷措施	611

第十六章 电缆线路防蚀

16.1 电缆腐蚀分类及其特征	616
16.2 地下电缆防蚀调查与测试	619
16.3 地下电缆的防蚀指标	629
16.4 地下电缆的防蚀措施	632

第十七章 电缆线路接地

17.1 电缆线路接地的种类及其要求	648
17.2 接地电阻计算	649
17.3 土壤电阻率及其测量	655
17.4 接地装置的安装	659

17.5 降低接地电阻的方法.....	663
---------------------	-----

第十八章 工程投资及经济效益

18.1 工程设计概预算的编制.....	668
18.2 工程投资综合指标.....	683
18.3 通信工程建设项目经济评价方法.....	691

第十九章 电缆线路测试

19.1 直流电气测试.....	700
19.2 交流电气测试.....	703
19.3 同轴电缆脉冲测试.....	711
19.4 对称电缆平衡测试.....	714
19.5 线路故障测试.....	732
19.6 电缆线路测试主要仪表.....	737

附 录

附录 1 电信传输单位	744
附录 2 CCITT 有关建议摘要	745
附录 3 电缆充气维护资料	756
附录 4 电缆受力计算	761
附录 5 电缆护层受力计算	763
附录 6 电缆结构计算	766
附录 7 电缆接续用辐射交联热收缩套管	768
附录 8 气象资料摘要	778
附录 9 公路主要技术指标	789
附录 10 全国内河主要通航尺度标准	790
附录 11 高压输电线路的外观数据	791
附录 12 陶瓷放电管参数	791
附录 13 进行爆破工作人员不受碎片击伤的安全距离	792
附录 14 常用线料的规格程式和用料定额	793
附录 15 钢材的规格及重量	795
附录 16 硬聚氯乙烯管材	807
附录 17 沥青、汽油、柴油	808
附录 18 水泥和混凝土	809
附录 19 胶粘剂	811
附录 20 橡塑材料的透过系数	815
附录 21 一般材料的比重和容重	816

17.5 降低接地电阻的方法.....	663
---------------------	-----

第十八章 工程投资及经济效益

18.1 工程设计概预算的编制.....	668
18.2 工程投资综合指标.....	683
18.3 通信工程建设项目经济评价方法.....	691

第十九章 电缆线路测试

19.1 直流电气测试.....	700
19.2 交流电气测试.....	703
19.3 同轴电缆脉冲测试.....	711
19.4 对称电缆平衡测试.....	714
19.5 线路故障测试.....	732
19.6 电缆线路测试主要仪表.....	737

附 录

附录 1 电信传输单位	744
附录 2 CCITT 有关建议摘要	745
附录 3 电缆充气维护资料	756
附录 4 电缆受力计算	761
附录 5 电缆护层受力计算	763
附录 6 电缆结构计算	766
附录 7 电缆接续用辐射交联热收缩套管	768
附录 8 气象资料摘要	778
附录 9 公路主要技术指标	789
附录 10 全国内河主要通航尺度标准	790
附录 11 高压输电线路的外观数据	791
附录 12 陶瓷放电管参数	791
附录 13 进行爆破工作人员不受碎片击伤的安全距离	792
附录 14 常用线料的规格程式和用料定额	793
附录 15 钢材的规格及重量	795
附录 16 硬聚氯乙烯管材	807
附录 17 沥青、汽油、柴油	808
附录 18 水泥和混凝土	809
附录 19 胶粘剂	811
附录 20 橡塑材料的透过系数	815
附录 21 一般材料的比重和容重	816

第一章 长途电缆通信网概要

1.1 通信网路结构

1.1.1 电话网路结构

电话网主要是在本地网和长途网上组织开放电话业务的一种业务网路。电话网路结构如图 1.1.1 所示。

电话网的网路等级分为五级，由一、二、三、四级的长途交换中心及五级交换中心即端局组成。

长途网可设置一、二、三、四级的长途交换中心。

本地网可设置汇接局和端局两个等级的交换中心，也可只设置端局一个等级的交换中心。

本地网中的汇接局主要是疏通本地话务。当用于疏通长途话务时，它在等级上相当于第四级长途交换中心。

长话、市话、郊话、农话和国际电话各有其不同的网路组织、传输手段、交换功能。

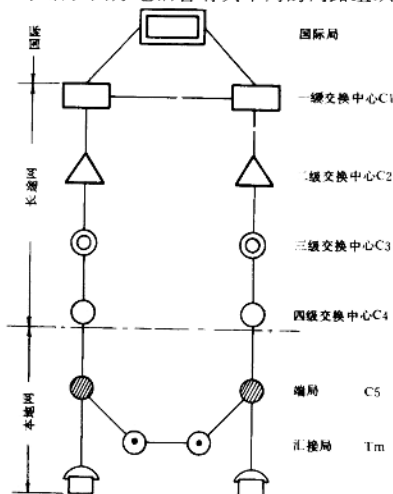


图 1.1.1 电话网路结构

一级交换中心以 C1 表示。它类似于目前的大区交换中心,其职能是疏通该交换中心服务区域内的长途话务,包括长途去话、长途来话和转话话务。

二级交换中心以 C2 表示。它类似于目前的省交换中心,其职能是疏通该交换中心服务区域内的长途话务,包括长途去话、长途来话和转话话务。

三级交换中心以 C3 表示。它类似于目前地区长途交换中心。其职能是疏通该交换中心服务区域内的长途话务,包括长途去话、长途来话和转话话务。

四级交换中心以 C4 表示。它是长途自动交换网的长途终端局,类似于目前县长途交换中心,其职能是疏通该交换中心服务区域内的长途终端话务。

本地网中的汇接局以 Tm 表示,它的职能主要是汇接本汇接区的本地话务,根据需要也可疏通本汇接区的长途话务,汇接局根据它的使用场合不同,可以分为市话汇接局、市郊汇接局、郊区汇接局、农话汇接局。

端局以 C5 表示,它可分为市话端局、卫星城镇端局、郊县县城端局、农话端局和农村集镇端局。它是通过用户线与用户直接相连的交换局,其职能是疏通本局用户的去话和终端来话业务,它与从属的汇接局之间设有低呼损电路群

端局通过长市中继可以连接至相应的长途交换中心(一、二、三、四级均可),以疏通长途来、去话业务。

较高等级的交换中心可以具有较低等级交换中心的功能,各级交换中心应具有的交流功能列于表 1.1.1。

在电话网中,各个不同等级的长途交换中心除按基于结构进行连接外,还可以根据话务需要跨级连接。各级交换中心根据话务需要允许的连接见表 1.1.2 和图 1.1.2。

表 1.1.1 交换中心的功能

交换中心等级	符 号	可 具 有 的 交 换 功 能
一级交换中心	C1	C1、C2、C3、C4
二级交换中心	C2	C2、C3、C4
三级交换中心	C3	C3、C4,有时 C5
四级交换中心	C4	C4,有时 C5
五级交换中心	C5	C5
汇 接 局	Tm	C5 以及汇接功能

注:所有长途交换中心一般不需要具有五级交换中心的功能,而第三、第四两个等级的长途交换中心有时有五级交换中心的功能,对第一、第二级长途交换中心一般不提供五级交换功能。

表 1.1.2 交换中心允许的连接

交换中心等级	符 号	可以与下述交换中心连接
一级交换中心	C1	C1、C2、C3、C4/Tm、C5
二级交换中心	C2	C1、C2、C3、C4/Tm、C5
三级交换中心	C3	C1、C2、C3、C4/Tm、C5
四级交换中心	C4	C1、C2、C3、C4/Tm、C5
五级交换中心	C5	C1、C2、C3、C4/Tm、C5

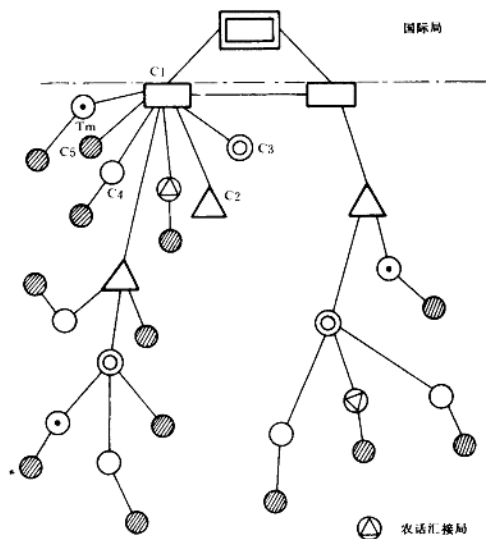


图 1.1.2 交换中心间允许连接网路

在电话网中两地用户进行长途通话时，通话电路数最多不超过 9 段。图 1.1.3 为各类电话用户互通的示意图。

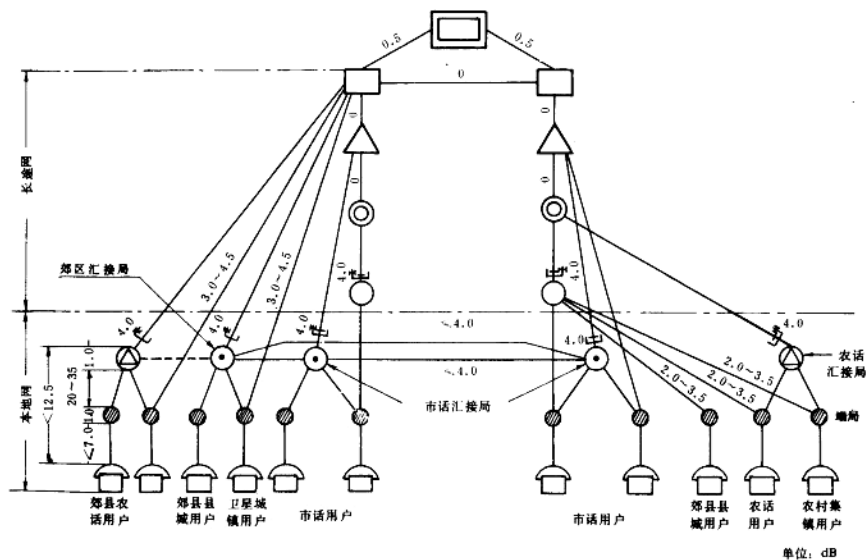


图 1.1.3 各类电话用户互通示意图

1.1.2 长途电话网络结构

1. 网络结构

长途电话网的网络结构是由一、二、三、四级长途交换中心及五级交换中心（即端局）所组成。一级交换中心之间相互连接构成网状网；以下各级交换中心以逐级汇接为主，辅以一定数量的直达电路，从而构成一个复合型的网络结构，如图 1.1.4 所示。

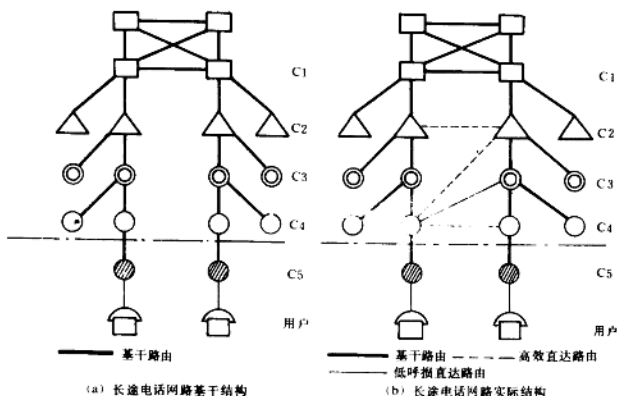


图 1.1.4 长途电话网络结构

2. 通信路由

由一个长途交换中心至另一个长途交换中心之间的通信路由可以分为骨干路由、低呼损直达路由、高效直达路由。

骨干路由是由同一交换区内相邻等级交换中心之间低呼损电路群及一级交换中心间的低呼损电路群所组成。在该路由上的话务量不允许溢出至其它路由。骨干路由的设置为：

- (1) 一级交换中心之间均由低呼损电路群连接。
- (2) 一级交换中心以低呼损电路群与该交换区域内所有二级交换中心相连。
- (3) 二级交换中心以低呼损电路群与该交换区域内所有三级交换中心相连。
- (4) 三级交换中心以低呼损电路群与该交换区域内所有四级交换中心相连。

低呼损直达路由是由任意两个等级交换中心之间低呼损电路群所组成的路由，可以旁路或部分地旁路骨干路由，在该路由上的话务量不允许溢出至其它路由。

高效直达路由是由任意两个等级交换中心之间高效电路群所组成的路由，可以旁路或部分地旁路骨干路由，在该路由上的话务量允许溢出至其它路由。

不同等级或相同等级的各长途交换中心之间根据业务量的需要，在经济合理的前提下，可以建立直达电路群。这些直达电路群可以旁路或部分地旁路骨干路由。可以是低呼损电路群（不允许溢出），也可以是高效电路群（允许溢出）。

一次长途通话的完成，从发话区的任一长途交换中心到受话区的任一长途交换中心只通

过不允许溢出的路由时,称为“实际的最终路由”。一个实际的最终路由可以和基于路由一致,也可以部分一致。

从传输质量及信号的有效动作考虑,希望尽可能地限制串接电路的数目。

由四级交换中心至另一四级交换中心之间最大串接电路数应不超过7段。

在特定情况下,即在呼叫路由的前进方向,同时又不影响各项通话质量指标的前提下,允许在一级交换中心之间同级迂回一次,此时串接电路的数目应不超过8段。

长途通信电路的路由选择顺序为:

(1) 高效直达路由(如果有直达路由时)见图1.1.5(a)。

(2) 高效跨区(跨级)路由。选择顺序应自远而近,即首先选择最靠近终端长途局的路由,见图1.1.5(b)。

(3) 最后选择最终路由。该最终路由可以是实际最终路由(低呼损电路),也可以是基于路由,见图1.1.5(c)。

(4) 电话呼叫路由可分为发话区路由和受话区路由(见图1.1.5,图1.1.6)。一般发话区的路由选择顺序为自下而上,受话区的路由选择顺序为自上而下。

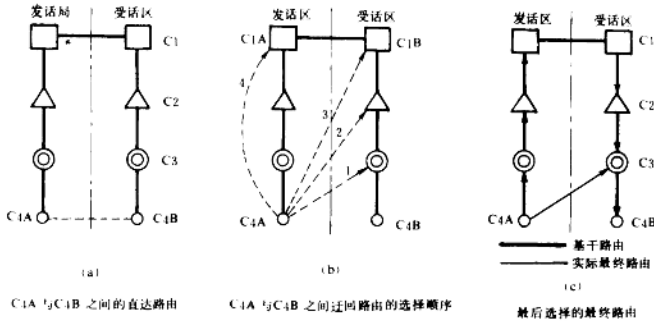


图 1.1.5 长途通信电路的路由选择

高效电路群通常用作作为直达路由,然而在下述情况可作为:

(1) 在它的下一个路由有低呼损路由时,可以作为跨区路由接至受话区。

(2) 在发话区交换中心之间有高效直达电路群时,此直达电路群可以作为本话区中的跨级路由,以达到与上级交换中心连接的任何交换中心,如图1.1.5(b)所示。C4A 经高效路由4连接至 C1A,通过 C1A 可接至其它交换中心。

长途交换中心自动选择迂回路路由的数量最多不超过4个。

除上述正常状态下的路由规则外,参照国际路由规则,在经济和技术合理的前提下,且经过相关主管部门同意后,可使用下述路由规则。按照这些规则组织的路由,称为非常规路由。

(1) 发话链上的任一个交换中心,在路由选择中可以背离自下而上的原则,进行一次自上而下的选择,在这种情况下,除上述这个链路外,下一个路由的电路群必须是低呼损电路群。图1.1.6(a)、(b)表示 C2A 到 C4B 及 C3A 到 C4B 之间的路由。

(2) 呼叫进入到终端链上的任一个交换中心后,可以有一次自下而上的选择,如图1.1.6(c)、(d)所示的由 C4A 到 C4B 之间的路由。

(3) 一个呼叫可以通过直达电路完成,或者通过一个中间链的任一转接中心的跨区电路来完成。如果该中心等级不高于发话链上的现有中心,那么该中心必须要有低呼损电路连接

至终端链。如果在发话链路中已经有自上而下的路由选择，则不允许进行这样的迂回，图 1.1.6 (e) 是该规则的一个示例。

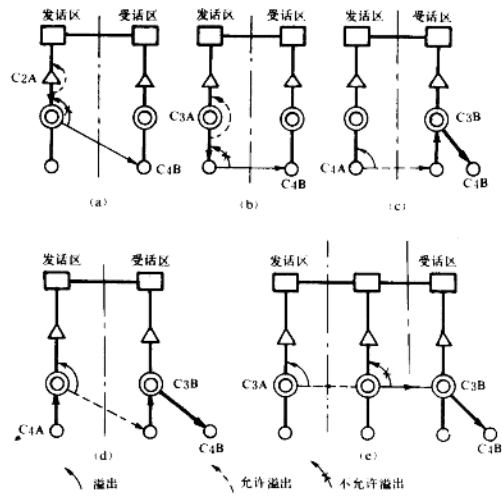


图 1.1.6 长途通信电路非规路的选择

3. 全程参考当量和传输损耗及分配

国内任何两个用户之间进行长途通话时，全程参考当量应不大于 33.0dB ($12.0 + 0.5 + 3.5 + 1.0 + 8.0 + 1.0 + 3.5 + 0.5 + 3.0$)。

全程传输损耗应不大于 33.0dB ($7.0 + 1.0 + 3.5 + 1.0 + 8.0 + 1.0 + 3.5 + 1.0 + 7.0$)。全程参考当量和传输损耗分配分别见图 1.1.7、1.1.8 和 1.1.9。

1.1.3 国际电话的国内网络构成

为疏通国际长途电话业务，应设置国际局。

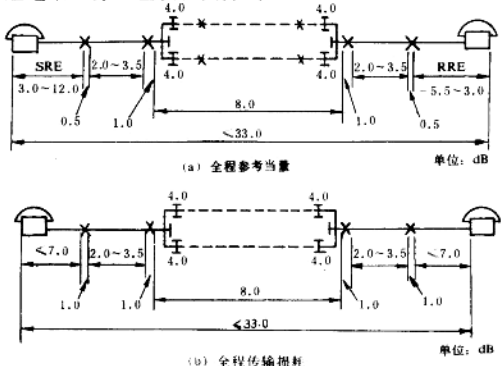


图 1.1.7 国内长途通话时的全程参考当量和传输损耗

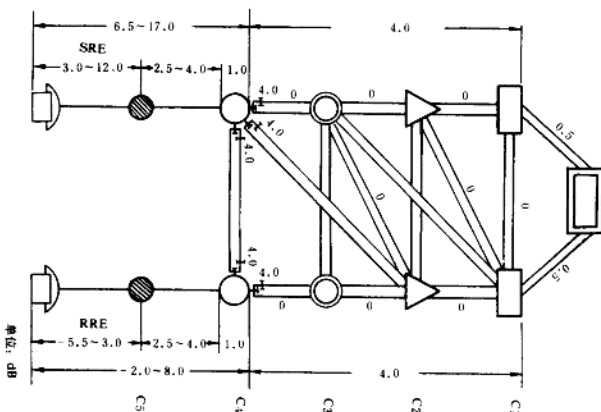


图 1.1.8 全程参考当量分配

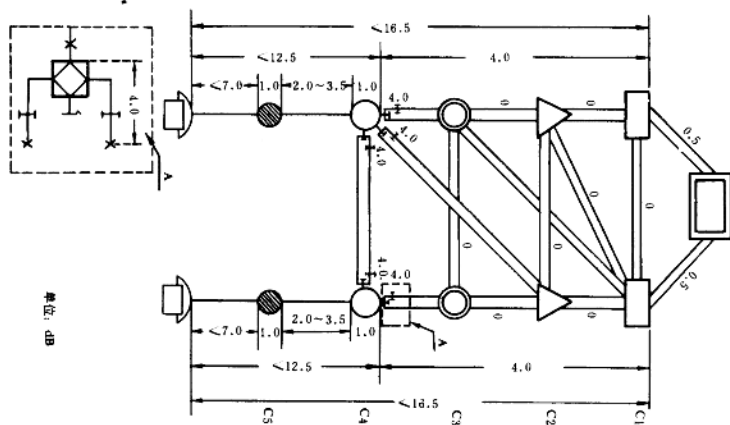


图 1.1.9 全程传输损耗分配

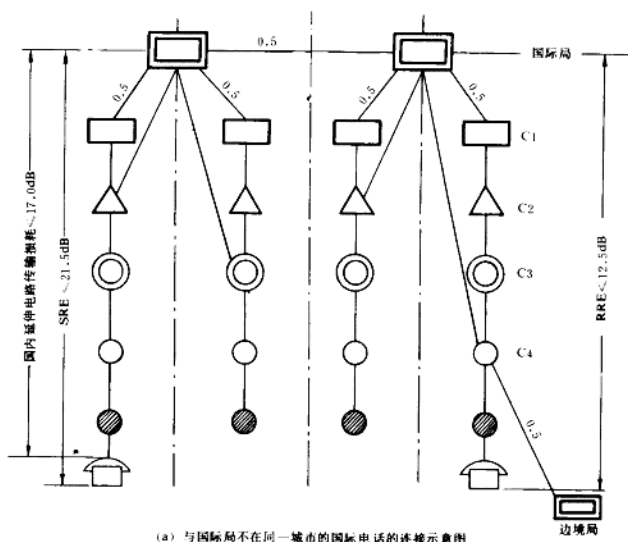
对某一相邻国家(或地区)话务量比较大的城市可设置边境局。边境局对相邻国家或地区可设置直达电路开放点对点的终端业务。该城市至其它国家或地区的电话业务均经有关国际局疏通。

端局与国际局不在同一城市和在同一城市的国际电话连接见图 1.1.10。

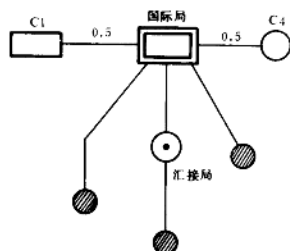
国际交换中心分 CT1、CT2、CT3 三级, 网路的基干结构如图 1.1.11 所示。国际电话网的实际结构如图 1.1.12 所示。

从传输质量及信号的有效动作考虑, 希望尽可能地限制串接的电路数。

两个国际用户之间,通话时的全程参考当量不大于 36.5dB,如图 1.1.13 及 1.1.14 所示。此时,国际部分含 6 段国际电路,两侧国内部分,自端局至国际局之间电路数的总和不超过 8 段。



(a) 与国际局不在同一城市的国际电话的连接示意图



(b) 与国际局在同一城市的国际电话的连接示意图

图 1.1.10 国际电话连接示意图

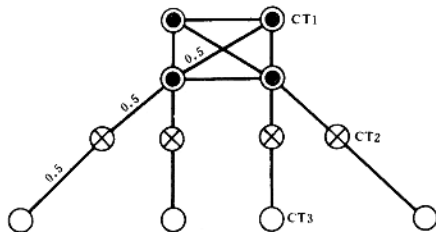


图 1.1.11 国际电话网骨干结构示意图

由用户至第一个国际电路之间的发送参考当量和接收参考当量分别为：

发送参考当量： $\leq 21.5\text{dB}$

接收参考当量: $\leq 12.5\text{dB}$

国际呼叫的最大串接电路数是 12 段, 其中属于国际电路部分为 6 段。

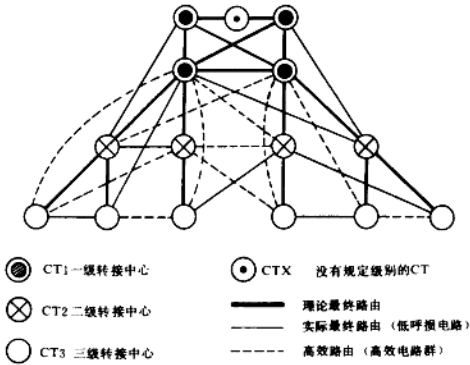


图 1.1.12 国际电话网实际结构示意图

在例外情况和少量呼叫时, 总的电路数可以到 14 段, 但国际电路数还应是 6 段。

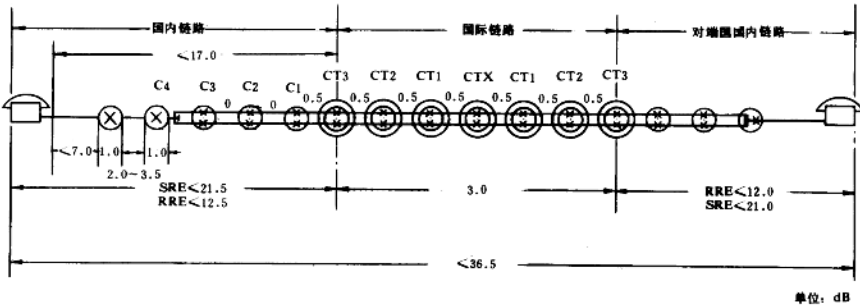
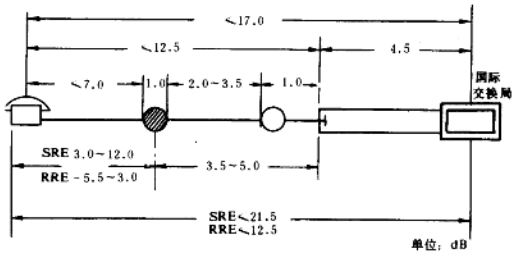


图 1.1.13 国际通话全程参考当量



(a) 与国际局在同一城市的国际通话, 国内系统参考当量限值、传输损耗及其分配

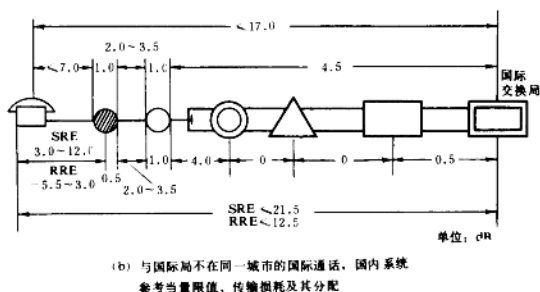


图 1.1.14 国际通话国内系统参考当量限值与传输损耗分配

1.2 通信网路规划

1.2.1 长途通信网规划的内容

长途通信网中传送的信息绝大部分是长途电话,即使是通信事业非常发达,非话业务已有很大的发展的国家,目前仍然是长话占据首位,我国的情况更是如此。所以长途通信网主要是规划长途电话网。在考虑长途传输网容量的时候,应把数据通信、公众电报、用户电报、传真、图象通信以及出租电路等业务一并考虑进去,因这些非话业务所需的长途电路,不可能单独各自去建设长途传输线路,只能依附在主要根据长途电话网的需要而建设起来的长途传输线路内。

长途通信网规划的主要内容为:

1. 长话流量流向的调查;
2. 长话业务增长预测及流量流向业务预测;
3. 长话交换网的电路及交换设备容量计算;
4. 考虑到非话业务需要的长途传输网容量的计算;
5. 长途传输网按最少建设费用确定优化方案。
6. 技术经济评价和分析。

1.2.2 长话业务量预测

长话业务量通常按流量、流向预测,作为计算传输电路数量的基础。预测的数学模型根据我国现阶段水平,多采用指数方程。对预测期内业务增长的不均匀性,以改变增长率的办法予以调节。进行一个长途网,或一条长途通信干线的业务预测时,需作出各相关局的基础业务量矩阵,用公式(1.2.1)计算出预测年的业务量矩阵,以此业务量为基础,进行预测年所需电路数量的计算。

$$Y=Y_0(1+K)^t \quad (1.2.1)$$

式中:

Y —预测年去话业务量 (话单张数);

Y_0 —基础年去话业务量 (话单张数);

K —业务增长率;

t —预测年数。

根据 CCITT 的规定, 要求长话业务量应调查 30 天的数据, 鉴于 30 天数据的统计工作量较大, 工程设计中可以忙月的三天数据作为基础 (目前均取 12 月份上旬中连续的三天数据)。需要指出, 进行预测的基础年的取定, 应使之具有增长趋势的代表典型值, 否则会影响预测数值的偏大或偏小。

业务预测增长率 K , 多采用综合加权系数模型, 用公式 (1.2.2) 计算:

$$K=\alpha_1 K_1+\alpha_2 K_2+\alpha_3 K_3+1.5\alpha_4 K_4+\Delta K \quad (1.2.2)$$

式中:

K_1 —近 10~15 年长话去话量的历史回归增长率;

K_2 —近 5 年长话去话量的年平均增长率;

K_3 —市话增长率;

K_4 —近 5 年工农业总产值年平均增长率;

1.5—长话业务发展与工农业总产值的相关系数;

α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 —为加权系数;

ΔK —为地区平衡系数。

加权系数一般取定为:

$$\alpha_1=0.3, \alpha_2=0.4, \alpha_3=0.2, \alpha_4=0.1$$

地区平衡系数的取定要因地制宜, 分别对待, 突出重点, 不搞一刀切。并根据需要与可能, 分别对个别市、县的增长率加以修正, 确定地区平衡系数 ΔK , 要求 ΔK 的量值小于 K 值的 1%。

业务预测是按业务量的流量流向进行的, 两个局或两个地区间的业务量增长率, 一般采取两者增长率的平均值。

1.2.3 长途电路预测

将预测的业务量结果, 按一定的比例分别计算出相应的自动和人工电路数量, 此为交换机所需的电路数值, 以此为基础, 再计算出长途电缆线路中的传输电路矩阵, 将矩阵中的数值, 按地区、区段进行归纳, 求得各区段电缆中所需的电路数量, 依此研究确定电缆线路的规模容量。

1. 自动化系数的计算

设计中采用自动化系数 r , 把预测业务量矩阵转化为自动业务量矩阵和人工业务量矩阵。自动化系数 r 定义为某局可能由自动网疏通的长途去话量与该局全台去话量之比, 用公式 (1.2.3) 计算: