

长途光通信系统(铁路专用网)

92

手

电信
工程设计

册

DIANXIN GONGCHENG SHEJI SHOUC

073

3

电信工程设计手册

长途光通信系统

(铁路专用网)

铁道部通信信号公司研究设计院 编

丁俊原			主编
周孝先	丁俊原	齐力焕	执笔
张 铎	吕以巽	姚巧英	

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 提 要

本书为“电信工程设计手册”的一个分册，由铁道部通信信号公司研究设计院编译。

本册主要介绍铁路专用网的长途光通信系统。内容包括系统设计、长途光纤通信系统的可靠性设计、铁路长途通信光缆、长途通信光缆线路设计、铁路专用通信系统、传输设备、光纤数字传输系统的辅助系统、传输机械室安装设计、通信电源及接地、长途光缆通信工程设计文件组成等。书中有大量图纸、表格、数据和公式，可供长途光缆通信工程的设计、施工、维护及管理人员使用。

DL55/09

电信工程设计手册 长途光通信系统 (铁路专用网)

铁道部通信信号公司研究设计院 编

丁俊原 主编

周孝先 丁俊原 齐力焕 执笔

张 铎 吕以巽 姚巧英

*

人民邮电出版社出版发行

北京东长安街 27 号

进 通 激 光 照 排

北京顺义振华印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本: 787×1092 1/16 1991 年 2 月 第一版

印张: 14 8/16 页数: 116 1991 年 2 月北京第 1 次印刷

字数: 350 千字 印数: 1-2 500 册

ISBN7-115-04408-2/TN·425

定价: 12.25 元

《电信工程设计手册》

编审委员会

主任委员:

宋直元

副主任委员:

张端权 杨兆麒 鲁岚峰

委员 (按姓氏笔划为序):

于保民	王瑞陞	业治铎	刘 沈	刘宗汉
伍读华	许 敏	杨永中	季正益	贾宝顺
俞天麟	徐寿曾	裘祖聿		

前 言

随着我国国民经济迅速增长，以及对外执行开放政策，国民经济各部门和人民群众对通信的需求急剧增长，加速通信建设，迅速提高通信能力和通信服务水平，改变通信落后面貌，已成为我国当前的迫切任务。

设计工作是通信建设的关键环节。设计对通信规划，保证工期，保证质量，节约投资，采用新技术，取得最好的经济效益等起着关键性的作用。为了进一步提高设计效率，提高设计质量，提高勘测设计人员的水平，促进技术进步，提高基本建设投资效果，我局已商请邮电部设计院等单位组织有关专家编写《电信工程设计手册》，经我局组织审定后，将按专业分册交人民邮电出版社编辑出版发行。

这套手册是结合实际工作需要和建国以来邮电设计经验总结编写的，力求实用。主要内容有比较全面的邮电通信勘察设计技术资料、经验数据及常用图表，以供邮电通信建设工程技术人员引用。

《电信工程设计手册》在各单位、各方面专家共同辛勤努力下，克服了不少编写困难，终于开始正式出版了。这无疑是对我国通信建设的一个贡献。由于是第一次组织这样大型的、整套的手册，而且是分册陆续出版，难免有缺点和不足之处，希望各地读者在使用过程中及时把意见反映给我局，以便今后修订提高，使这套手册在我国通信建设中发挥更大的作用。

邮电部基本建设局

1984年10月

目 录

第一章 系统设计

1.1 铁路长途通信网	(1)
1.1.1 概况	(1)
1.1.2 组成方式	(1)
1.1.3 电路类型及数量	(3)
1.2 光缆数字传输系统的构成	(11)
1.2.1 系统构成	(11)
1.2.2 长途光缆制式	(22)
1.2.3 备用方式	(23)
1.2.4 光中继器的设置和供电	(24)
1.2.5 集中监测系统的构成	(24)
1.3 铁路光通信系统传输质量指标	(26)
1.3.1 铁路数字网的误码性能指标	(26)
1.3.2 光中继段误码率设计指标	(29)
1.3.3 抖动	(30)
1.3.4 滑动	(32)
1.3.5 传输衰减的质量指标	(33)
1.3.6 PCM 信道音频接口特性	(35)
1.3.7 系统的可靠性指标	(35)

第二章 长途光纤通信系统的可靠性设计

2.1 数字传输模型	(36)
2.1.1 假设参考连接	(36)
2.1.2 假设参考数字链路	(37)
2.1.3 假设参考数字段	(37)
2.1.4 维护实体	(38)
2.2 通信系统的可用性	(38)
2.2.1 通信系统的可用性与不可用性	(38)
2.2.2 可用性分析数学模型	(39)
2.2.3 串联系统可用性	(39)
2.2.4 不可维冗余系统的可用性	(40)
2.3 各国设备(系统)可靠性统计资料	(44)
2.4 铁路长途光缆数字通信系统	(46)
2.5 可靠性分配	(52)
2.6 实现光通信系统可靠性的措施	(52)

2.6.1 提高器件本身的可靠性	(52)
2.6.2 利用给定器件构成高可靠性系统	(53)
2.6.3 提高通信网络的可靠性	(53)

第三章 铁路长途通信光缆

3.1 铁路长途通信光缆制式的比选	(55)
3.2 缆芯容量	(55)
3.3 缆芯结构	(56)
3.4 护层结构	(58)
3.4.1 采用直埋方式使用的结构	(58)
3.4.2 采用架空方式使用的结构	(58)
3.4.3 采用管道方式使用的结构	(58)
3.5 对光纤的要求	(58)
3.6 对金属芯线的要求	(58)
3.6.1 一般要求	(59)
3.6.2 低频四线组	(59)
3.6.3 数字四线组	(59)
3.6.4 0.7mm 对绞对	(60)
3.7 对光缆机械性能的要求	(60)
3.8 综合光缆金属护层的屏蔽系数	(61)

第四章 长途通信光缆线路设计

4.1 长途通信光缆线路的组成	(62)
4.1.1 通信光缆	(62)
4.1.2 线路附件	(62)
4.1.3 线路设备	(62)
4.1.4 线路建筑物	(62)
4.2 铁路长途通信光缆的敷设方式	(63)
4.3 光缆的制造长度	(63)
4.4 光缆余留长度	(63)
4.4.1 接头余留	(63)
4.4.2 中继站余留	(63)
4.4.3 过河余留	(63)
4.4.4 过桥预留	(64)
4.4.5 隧道的余留	(64)
4.4.6 受地形、地质变化影响的余留	(64)
4.4.7 光缆的余留方式	(64)
4.5 长途通信光缆线路设计	(64)
4.5.1 光中继距离的确定	(65)
4.5.2 光缆径路选择原则	(68)

4.5.3	光缆埋深的基本原则	(69)
4.5.4	防止光缆遭受机械损伤的方法	(71)
4.5.5	光缆的弯曲半径	(76)
4.6	光缆的敷设	(77)
4.6.1	光缆的直埋敷设	(77)
4.6.2	光缆在管道中的敷设	(79)
4.6.3	管道光缆敷设张力的计算	(81)
4.7	光缆的接续	(82)
4.7.1	一般要求及影响接续损耗的因素	(82)
4.7.2	光纤接续方法的选用与操作	(83)
4.7.3	光缆护套接续及接续方法简介	(87)
4.8	光中继站的设置	(89)
4.9	光缆引入通信站	(91)
4.9.1	光缆引入有人维护的通信站	(91)
4.9.2	光缆引入光中继站	(91)
4.10	综合光缆对电磁影响的防护	(93)
4.10.1	危险和干扰影响的允许标准	(93)
4.10.2	交流电气化铁路对通信光缆线路中金属导线的危险影响计算	(93)
4.10.3	交流电气化铁路对通信光缆线路中金属回路的干扰影响计算	(95)
4.10.4	金属回线防护电气化铁路影响的措施	(96)
4.11	光缆线路测试项目及仪表配置	(98)
4.11.1	测试条件	(98)
4.11.2	光纤损耗特性的测量	(100)
4.11.3	传输带宽的测量	(102)
4.11.4	测试仪表	(103)
4.11.5	光缆线路的维护管理	(105)

第五章 铁路专用通信系统

5.1	铁路区段通信系统的业务内容	(107)
5.1.1	调度电话系统	(107)
5.1.2	专用电话系统	(108)
5.1.3	区间电话	(108)
5.1.4	其它区段通信业务	(108)
5.1.5	中间站自动电话系统	(109)
5.2	铁路区段通信系统的构网方式	(109)
5.2.1	调度电话系统的构网方式	(109)
5.2.2	专用电话系统的构网方式	(111)
5.2.3	小站自动电话网构成方式	(112)
5.2.4	区间电话网的组成	(112)
5.3	铁路区段通信系统音频共线电话回线的衰减计算及其标准	(112)

5.3.1	音频共线电话回线工作衰减的计算	(112)
5.3.2	铁路区段通信系统的电话回线, 在频率为 800Hz 时的工作 衰减允许值	(113)
5.4	区段通信机械设备简介	(114)
5.4.1	MFDZ—03 型脉码调制分插终端机	(114)
5.4.2	MFLZ—03 型脉码调制分插分路机	(118)
5.4.3	调度电话设备	(118)
5.4.4	铁路专用通信设备	(122)
5.4.5	QJ—87 区间电话转接机	(126)

第六章 传输设备

6.1	概述	(128)
6.2	光端机	(129)
6.2.1	发送部分	(129)
6.2.2	接收部分	(129)
6.3	光中继器	(130)
6.3.1	室内中继器	(130)
6.3.2	地下中继器	(130)
6.4	光通信线路码型	(130)
6.5	辅助业务通道	(134)
6.5.1	比特插入	(134)
6.5.2	码型修改	(135)
6.5.3	幅度调制	(135)
6.5.4	时钟调制	(135)
6.5.5	附加调制	(136)
6.6	PCM 基群复用设备	(136)
6.6.1	概述	(136)
6.6.2	技术性能	(137)
6.6.3	设备举例	(138)
6.7	二次群数字复用设备	(139)
6.7.1	概述	(139)
6.7.2	技术性能	(140)
6.7.3	设备举例	(140)
6.8	三次群数字复用设备	(143)
6.8.1	概述	(143)
6.8.2	技术性能	(143)
6.8.3	设备举例	(143)
6.9	四次群数字复用设备	(144)
6.9.1	概述	(144)
6.9.2	技术性能	(144)

第七章 光纤数字传输系统的辅助系统

7.1 集中监控系统	(145)
7.1.1 概述	(145)
7.1.2 数字网的维护原则	(145)
7.1.3 集中监控系统的组网设计	(148)
7.1.4 软、硬件系统描述	(152)
7.1.5 系统设计的主要内容	(157)
7.2 保护切换系统	(158)
7.3 勤务电话系统	(160)
7.3.1 勤务电话系统	(160)
7.3.2 芬兰 NOKIA T80 勤务电话系统	(160)

第八章 传输机械室安装设计

8.1 传输机械室机房面积	(163)
8.1.1 计算机房面积时应考虑的因素	(163)
8.1.2 机房面积的计算	(163)
8.2 传输机械室的设备布置	(164)
8.2.1 传输机械室的设备组成	(164)
8.2.2 设备布置原则	(165)
8.3 传输机械室回线径路及配线	(171)
8.3.1 回线径路	(171)
8.3.2 光纤、光缆的局内配线	(174)
8.3.3 射频配线和音频配线	(175)
8.3.4 布线原则	(175)
8.4 传输机械室的电源及地线	(175)
8.4.1 电源供给方式	(175)
8.4.2 直流电源设计技术标准	(176)
8.4.3 电源配线	(176)
8.4.4 地线连接原则	(176)
8.5 对机房的土建要求	(177)
8.5.1 室内最低净高	(177)
8.5.2 地面均布荷载	(177)
8.5.3 门、窗及室内装修	(177)
8.5.4 照明和电源插销	(177)
8.5.5 温度、湿度	(178)

第九章 通信电源及接地

9.1 供电方式	(179)
9.1.1 交流供电	(179)

9.1.2	直流供电	(182)
9.2	整流设备	(186)
9.2.1	整流设备容量计算	(186)
9.2.2	整流设备的选择	(187)
9.3	电源配线设计	(192)
9.3.1	直流导线截面的计算	(192)
9.3.2	交流导线截面的计算	(204)
9.4	通信接地装置	(206)
9.4.1	接地电阻标准	(206)
9.4.2	分类和用途	(206)
9.4.3	一般设计要求	(207)

第十章 长途光缆通信工程设计文件组成

10.1	初步设计文件的组成内容	(208)
10.1.1	设计说明书	(208)
10.1.2	设计图纸	(209)
10.1.3	概算	(209)
10.2	施工设计文件的组成内容	(210)
10.2.1	设计说明书	(210)
10.2.2	施工设计图纸	(210)

附 录

附录一	CCITT G.602(红皮书 1984 年)	(212)
	关于“模拟电缆传输系统及其相关设备的可靠性和可用性”	(212)
附录二	集中监控系统的技术性能汇总	(215)
附录三	铁路光缆的机械性能试验	(219)

第一章 系统设计

1.1 铁路长途通信网

1.1.1 概况

一、铁路通信及长途通信网

1. 铁路通信应满足指挥列车运行、组织运输生产及进行公务联络等要求，做到迅速、准确、安全、可靠。

2. 铁路长途通信网是传递长途电话、电报、数据、传真、图像等话音和非话音业务信息的专用通信网。

二、铁路长途通信网的特点

1. 铁路长途通信网是一个独立和完整的专用通信网，具备铁路需求的结构与标准。

2. 铁路长途通信网与公用长途通信网相比，具有点多线长、话路分下插入频繁、长短系统兼容及专用子系统多等突出特点。

3. 为确保运输安全、正点，铁路长途通信网必须具备高可靠性。

三、铁路长途通信网的发展方向

1. 铁路长途通信网，今后将逐步推广使用光缆数字通信技术，有计划地扩建综合数字通信网（即 IDN 网），在适当的条件下还将考虑投建铁路的综合业务数字网（即 ISDN 网）。

2. 铁路电话交换网络节点处，将逐步采用时分数字程控交换设备，加快实现全路统一编号的长途自动组网规划。

3. 为适应行车指挥自动化、各种遥控遥测业务，以及运营管理等计算机信息的传输要求，通信网应组建完整的铁路数据通信网。

4. 铁路长途通信网还将采用数字微波、卫星通信等传输手段，建立多路由、多迂回的传输通道，进一步完善和提高网络的可靠性，增强抵御自然灾害的能力。

1.1.2 组成方式

一、长途通信网的分级及设置地点

1. 铁路长途通信网由局间枢纽（含总枢纽）、局枢纽、分枢纽和端站四级以及其间的通路组成，如图 1.1 所示。

2. 设置地点

(1) 总枢纽设于铁道部所在地，在通信网中与局间枢纽同为一级。

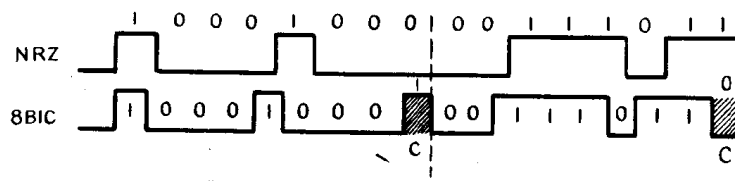


图 1.1 长途通信网分级

(2) 局间枢纽是长途通信网中东北、西北、西南、华东、华北、华中和华南各大区的通信枢纽，设于铁道部所指定的地点。

(3) 局枢纽是铁路管理局的通信枢纽，设于铁路管理局所在地或铁道部指定的地点。

(4) 分枢纽是铁路分局的通信枢纽，设于铁路分局所在地或通路转接适中的汇接点。

(5) 端站是铁路长途通信网的末端，设于分枢纽以下的长途通路地区交换网接续的地点。

二、长途通信网路结构

1. 铁路长途通信网是由网形和星形相结合的复合型网路结构。

2. 局间枢纽（含总枢纽）相互间按网形构成，以减少各大区之间通信时的转接次数，提高通话质量，同时便于通路转接和迂回，增强抗御自然灾害与减少故障的能力。

3. 总枢纽除与其他局间枢纽构成网形之外，对各个局枢纽均设直达通路构成星形，以提高总枢纽在长途通信网中的灵活性。

4. 局间枢纽对本区各局枢纽间、局枢纽对本局各分枢纽间、分枢纽对本分局各端站间，原则上按星形构成。

5. 下述情况应设直达通路

- (1) 相邻局枢纽间以及业务通话较多的不相邻局枢纽间；
- (2) 局枢纽至所辖主要大站间；
- (3) 相邻分枢纽间和相邻端站间。

铁路长途通信网构成示意图如图 1.2 所示。

三、干、局线通信网的划分原则

1. 干线长途通信网包括：

- (1) 局间枢纽（含总枢纽）相互间；
- (2) 总枢纽至各局枢纽间；
- (3) 局间枢纽至本区各局枢纽间；
- (4) 相邻局枢纽间以及业务通话较多的不相邻局枢纽间。

2. 局线长途通信网包括：

- (1) 局枢纽至本局各分枢纽间；
- (2) 分枢纽至本分局各端站间；

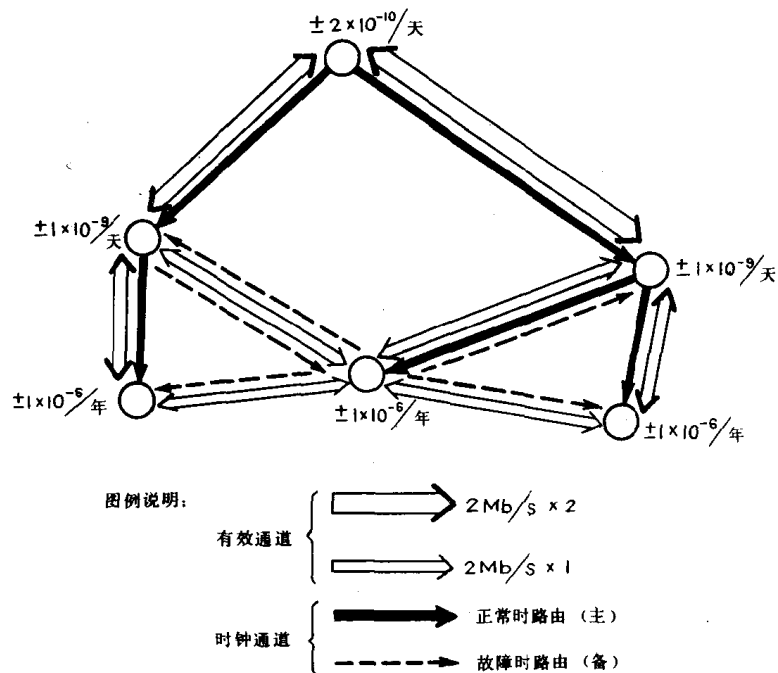


图 1.2 铁路长途通信网构成示意图

(3) 局枢纽至所辖主要大站间;

(4) 相邻分枢纽间和相邻端站间。

为了保证通信网的可靠性，枢纽间通信应尽量采用两个或两个以上的路由构成，避免或减少孤立点。在困难区段，可考虑采用微波中继或卫星通道做为第二路由。

1.1.3 电路类型及数量

一、主要电路类型

1. 干、局线长途电话

(1) 现有模拟通信网中的干、局线长途电话主要由载波话路组成。一般采用小同轴 (1.2/4.4mm) 960 路、300 路载波系统，或铜芯泡沫聚乙烯 ($\phi 0.9\text{mm}$) 对称线对 12 路载波系统，架空明线地段利用铜线 ($\phi 3.0\text{mm}$) 开通的 12 路载波系统。

(2) 目前正在使用的长途自动接续，均为点对点直达自动接续方式，超出点对点长途自动范围的通话，依靠人工交换方式，由于受电路数量约束，人工接续待时较长，难以满足铁路运输发展的需要。

(3) 在光缆数字通信网中，干、局线长途电话由脉冲编码调制 (PCM) 数字通道组成。目前一般采用传输速率为 64kb/s 的话路，将来在设备成熟的条件下，可采用 32kb/s 自适应差分脉冲编码调制 (ADPCM) 数字通道。

(4) 光纤通信传输容量大，可为长途自动组网提供充足的话路数量。在工程设计中应按

铁道部现行标准《铁路电话交换网长途自动电话编号》及其它有关标准，设计长途自动交换网，以及人工交换网。随着长途自动组网工程的实施和扩展，铁路长途自动交换网将逐步取代现有点对点长途自动接续方式。

(5) 光缆数字传输系统与时分数字程控交换设备相互配合使用，为干、局线长途电话提供了数字传输和数字交换的合理方案，使得接口简单经济，通话质量高，中继话路多，服务功能强，而且机房面积利用率高，电源耗电量低。尤其在旧有机房面积扩充模拟交换设备不能满足需要时，数字交换设备体积小占地面积少等优点就更为宝贵。

(6) 采用光缆数字传输系统后，应设计合理的中继线束，采取 2Mb/s 高速链路接口直接与程控交换机相接，可节省音频连接所需的 PCM 基群复用设备的投资。有些时分数字程控交换机还提供 8Mb/s 高速中继接口。图 1.3 为 2Mb/s 链路连接图例。

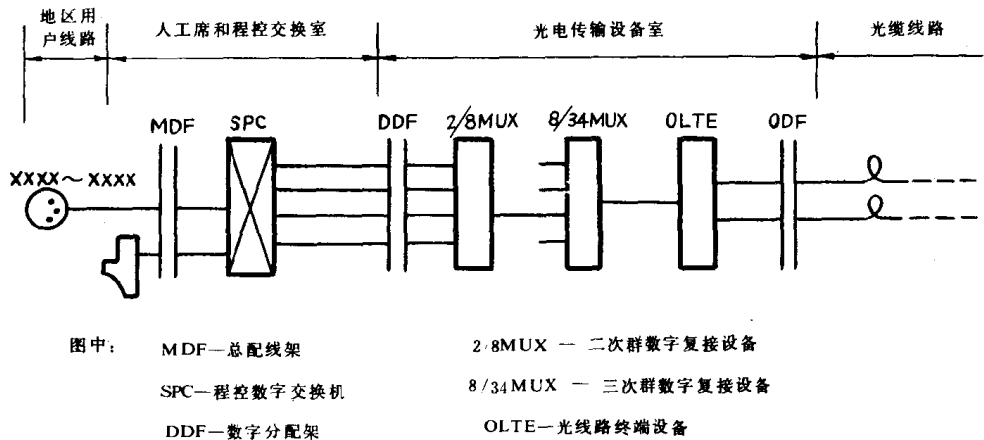


图 1.3 数字传输和数字交换 2Mb/s 链路连接图例

(7) 铁路数字网的网同步结构及各级时钟规范，铁路部门将制定有关的标准。目前，在工程设计中网同步结构采用主从同步方式，各级时钟精度可根据各级对滑动指标的门限要求，由下式核算：

$$\left| \frac{\Delta f}{f} \right| = \frac{SR}{2F_s}$$

式中： $\left| \frac{\Delta f}{f} \right|$ —— 交换局时钟的频率精度；

SR —— 最大容许滑动速率；

F_s —— 2048kb/s 基群码流的帧频 (8000Hz)。

同步网中传输系统应为交换局间提供一主一备的局间准同步链路，以提高同步网的可靠性。图 1.4 为一个实际工程中采用的同步网结构方案。

(8) 数字传输和数字交换相结合的综合数字网中，使用公共信道信号方式代替惯用的随路信号方式，能大大提高网路的信号合理性和经济性。在 CCITT 建议的 No.7 公共信道信号方式中，程控交换局之间的所有信号均通过一条与话音分开的信号链传送，通过此链利用

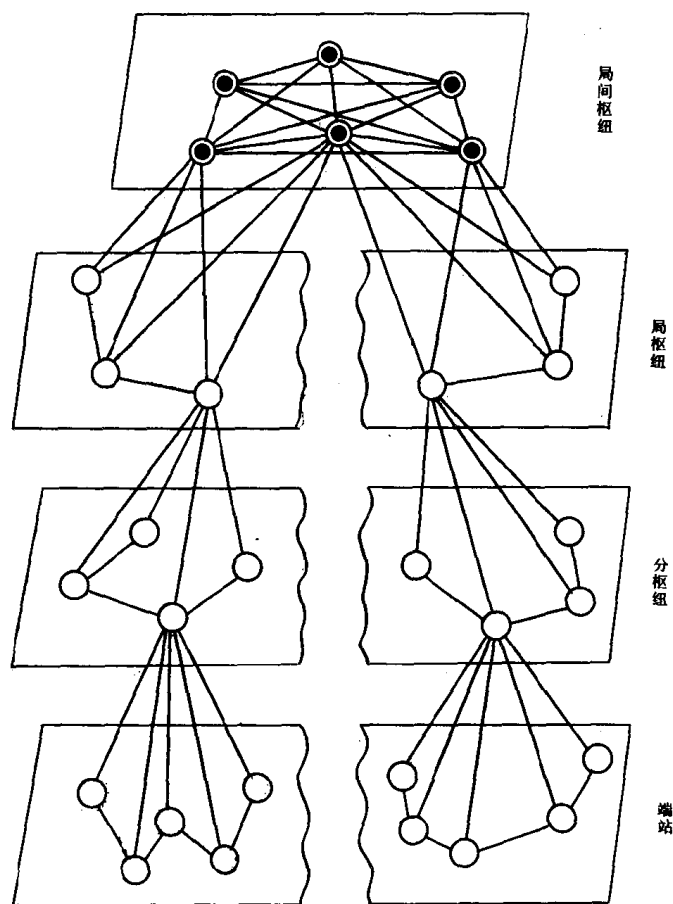


图 1.4 网同步方案举例

编码的比特信息组以数字方式传送信号。铁道部将根据铁路通信网的特点，编制 No.7 公共信道信号网的结构，确定公共信道信号与话音网路的对应关系，以及分区、编号计划、信号消息格式、信号转接点、传输路由等规划和标准。但是，要使公共信道信号成为网路中主要的信号系统还需要许多年，常规信号系统仍将存在并使用很长的时间。因此，在目前开展的工程设计中，铁路标准所规定的诸如多频信号之类的话音信号系统仍是重要的手段。尤其各厂家所提供的程控交换设备，No.7 公共信道信号不能实现透明传输时，应注意在信号衔接点处不要造成全网的不合理性。

2. 干、局线长途电报

(1) 现有模拟通信网中的干、局线电报报路采用载波报路，各级枢纽间的报路均为直达式。在报路多的点间，采用音频多路载波电报传输，利用频分复用的原理，在 300~3400 赫的话路上可开放 16 路干、局线调频载波电报，每个报路频宽为 180 赫，移频值为 ± 45 赫，16 路音频载波电报机的工作频率为 405~3195 赫。

(2) 在铁路电报网中，分枢纽至本分局管辖范围内的编组站、区段站和有段级单位的大站均应设普报所。这部分电报报路传输方式与分枢纽以上的普报报路相比存在一些差异。分

枢纽以上的普报均有载波通路，采用载波电报设备；分枢纽以下沿线各普报所间所需报路一般为一个，因此允许采用幻线报路或实回线。为避免电报直流脉冲信号高次谐波对载波通路的影响，对幻线电报和实回线电报回线应加装电报滤波器。电报滤波器会使电报信号产生畸变，因此应用时应注意使全程畸变能满足电报设备的要求。

在实际的工程设计中，长途通信网中还设计有传递列车编组顺序表的列车确报电报网，确报报路的传输方式与分枢纽以下的普报报路相同。

(3) 目前铁路电报终端多采用电传打字电报机，通报速率为 50 波特，电码组合为国内五单位数字保护电码。铁路电报业务已经开始使用Ⅲ类话路传真机，初步构成部至局传真网。

(4) 在光纤数字传输系统中，长途干、局线电报网仍由总枢纽、局枢纽、分枢纽和端站四级构成。接续方式由人工交换逐步过渡到自动交换。自动交换网应按总枢纽、局枢纽和分枢纽三级汇接方式构成。长途干、局线电报报路是由时分复用 (TDM) 的数字信道构成。时分复用技术实现了在一条 64kb/s 的数字通道上，利用时间分割的原理，同时可传送多个低速数据终端的信息，极大地提高了电路利用率。

(5) 随着铁路运输的发展，计算机运营管理系统、行车指挥自动化系统、各种遥控遥测系统等新的数据业务，需要通信专业提供合理的数据通信网络。这些分散于铁路沿线的信息源点和数据终端，一般均采用 1200b/s 或 2400b/s、300b/s 的传输速率。因此，在工程设计中应组建起电报、数据报以及其它数据信息的基层数据收集网络，经济合理地利用光纤数字传输信道。

(6) 为适应铁路电报受理业务量的增长，缩短通报时间，提高通报质量，铁路电报网中

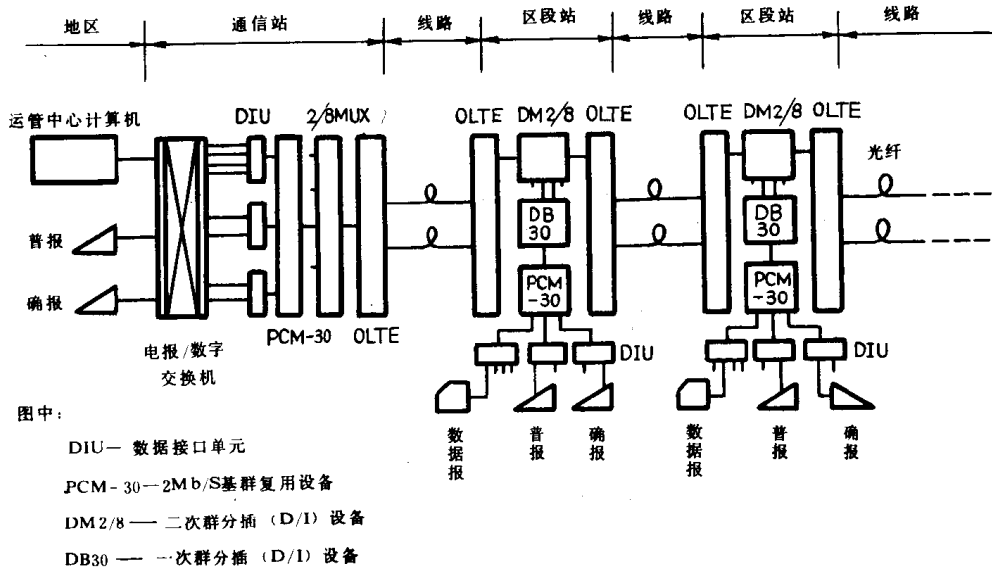


图 1.5 分枢纽自动转报及基层数据收集网举例

应积极采用自动转报方式，逐步形成部、局、分局三级汇接的电报自动交换网。电报交换设