

邮电部激光通信研究所 编著

数字

光纤通信设备

电信职工培训丛书
DIAN XIN ZHI GONG
PEI XUN CONG SHU

人民邮电出版社



电信职工培训丛书

数字光纤通信设备

邮电部激光通信研究所 主编

人民邮电出版社

登记证号(京)143号

内 容 提 要

本书较系统地对数字光纤通信设备的整体作了介绍。重点介绍了国产 34Mb/s、140Mb/s 光端机和中继器的电路及其工作原理,以及公务联络和倒换系统、设备的主要指标和测试方法。此外,对同类书中较少涉及的监控系统以较大的篇幅作了全面地介绍。

本书可作为电信部门工程技术人员的培训教材,也可作通信院校教学参考用书。

电信职工培训丛书

数字光纤通信设备

邮电部激光通信研究所 主编

责任编辑 李树岭

*

· 人民邮电出版社出版发行

北京东长安街 27 号

北京密云春雷印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

开本:850×1168 1/32 1993 年 6 月 第 一 版

印张:8 12/32 页数:134 1993 年 6 月 北京第 1 次印刷

字数:220 千字 插页:7 印数:1—4 000 册

ISBN7-115-04938-6/TN·629

定价:7.50 元

丛 书 前 言

当今世界通信技术已成为发展最活跃的科技领域之一。今后十年是我国建设社会主义现代邮电通信网的十分重要的时期。实现邮电通信现代化,一是要依靠科技进步,二是要提高职工素质。现代通信的发展对职工素质和技能的要求越来越高。邮电职工一旦掌握了新的科技知识,其自身的素质和技能就会发生根本性的变化,劳动操作能力必将大大提高。为此,我社组织编写这套“电信职工培训丛书”,陆续出版。

这套丛书紧密结合电信部门的实际,重点介绍近些年来迅速出现、发展起来的新技术、新设备。丛书的特点是结合通信技术引进、应用、推广和创新的实际,突出实用性,深浅适宜,条理清楚。丛书的主要读者对象是各通信部门的工程技术人员,也可作为相关院校通信专业教学参考用书。

殷切希望广大读者和各有关方面提出宝贵的意见和建议,以便这套丛书日臻完善。

人民邮电出版社

编者的话

我国光通信的发展异常迅速,在“八五”期间要建设 22 条光缆干线,从沿海发达地区的成片开发,逐步向内地推进,其发展之快,势头之猛超出了人们的预料。

为适应这一发展形势,迫切需要一本介绍光通信设备的书籍,作为光通信的专业研究所,有责任提供这种服务,应人民邮电出版社之约,在我所集体编写的用户培训教材基础上,经整理编辑而成本书。

随着科学技术的进步,通信设备的新品种不断出现,产品的更新换代很快。本书仅对 1992 年 5 月前我所某些典型设备进行介绍,尽管这些设备没有概括研究的最新进展,但仍然是国内市场上使用最广的机型,而书中阐述的基本原理和测试方法等具有普遍意义,因此对从事光通信的技术人员有参考价值。

由于时间紧,错误和不足之处难免,恳请广大读者批评指正。

邮电部激光通信研究所

目 录

第 1 章 系统和整机总体介绍

- 1.1 数字光纤通信系统的工作原理及其构成 1
- 1.2 1B1H 干线型、1B1H 本地型光端机和光中继机整机介绍
..... 3

第 2 章 34Mb/s 本地型光端机和中继机主电路框图及其工作原理

- 2.1 端机发送盘..... 31
- 2.2 端机接收盘..... 37
- 2.3 中继盘..... 43
- 2.4 2/8 复用盘 46

第 3 章 GD140HS 型光端机、中继器电路及其工作原理

- 3.1 光发送机..... 51
- 3.2 光接收机..... 60
- 3.3 光中继机..... 65

第 4 章 光纤通信监控系统

- 4.1 基础知识..... 71
- 4.2 监控系统中各单元机盘简介..... 94
- 4.3 光通信监控系统设计原理 136
- 4.4 监控系统的使用 156

第5章 公务联络和倒换系统

5.1 自动保护倒换功能	188
5.2 公务联络功能	205
5.3 区间通信接口盘	213
5.4 告警和监控	229

第6章 技术指标和测试方法

6.1 光接口指标及测试方法	231
6.2 电接口指标及测试方法	238

第7章 安装开通与维护

7.1 设备安装	246
7.2 系统开通	249
7.3 维护方法	255

第 1 章 系统和整机总体介绍

1.1 数字光纤通信系统的工作原理及其构成

1.1.1 工作原理

数字光纤通信系统的工作原理用图 1.1(A)说明。图中发信侧对数字信号源输出的信码按预先选定的线路传输码型进行编码。通常：数字信号源为数字复用设备或其它编码器。光源驱动器把编码器输出的电压信号转换成调制电流，直接调制光源的光强度，使光源输出的光波形随注入电流的波形而变化。变化的光波注入光纤线路，向接收侧发送。接收侧采用光检测器把来自光纤的光脉冲(即光波)转换成电流信号。光信号经长距离光纤传输后将会幅度衰减和波形失真，图中放大器和均衡滤波器为电信号提供增益且补偿其波形失真以及滤除噪声。最后进行线路码解码，还原出发端的数字信号。

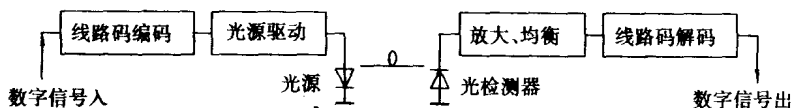


图 1.1(A) 数字光纤通信系统示意图

以上表明，要实现光纤通信，必须具备经济可靠的光源、低衰减及低色散的光纤线路、高灵敏度的光检测器和完好的电子电路。

图 1.1(A)所示的光纤数字通信与通常的电缆通信相比较，具有下列优点：

1. 潜在带宽大。通常，同轴电缆的传输带宽约 500MHz，单模光

纤可利用的带宽大于 20THz。

2. 传输衰减小。1.3 μ m 波长单模光纤的衰减系数可低到 0.36dB/km, 1.55 μ m 波长单模光纤的衰减系数可低到 0.2dB/km, 因此, 光纤通信系统的中继距离长达数十公里甚至百公里, 既节省费用又可减少设备维护量。

3. 尺寸小、重量轻。单模光纤的外径 125 μ m, 芯径仅 9~10 μ m, 尽管光纤外围有护套, 光缆的尺寸和重量仍远小于金属缆, 便于运输和敷设。也可减少城市管道拥挤的矛盾。

4. 抗干扰能力强。光纤的原料是石英玻璃, 玻璃是电绝缘体, 故在光纤中传输的光信号不受来自外界电磁干扰的影响, 也不受闪电和雷击的影响。

5. 无串话。线间串话是多路通信中存在的问题, 它起因于线间存在不同程度的电磁耦合。相邻光纤之间无光耦合, 因此多芯光缆通信时不产生串话现象。

6. 保密性好。光信号在光纤中传输时不辐射电磁能, 必须用光检测器才能从光纤中取出发送信号, 故保密性好。

7. 潜在的廉价。石英玻璃来源丰富, 便宜, 随着制造工艺的改进, 光纤成品率将不断提高, 最终光纤价格必定比其它任何电导线便宜。

1.1.2 数字光纤通信系统的构成

数字光纤通信传输数字段系统示于图 1.1(B)。它由数字设备、光端机、光中继机、光纤线路和光活动连接器组成。数字设备和光端机安装在两终端站, 中继站安装光中继机, 数字段内光中继机的数量由数字段距离和路由确定, 可以没有中继机, 也可有一个或若干个。

如图 1.1(B)所示, 基群复接设备的发端把 30 路音频话路经采样、量化和编码, 变换成 30 路 64kb/s 数字信号, 然后把它复接成 2048kb/s 数字信号, 其接收端完成相反的变换。高次群数字复用设备包括二次群、三次群、四次群设备。其中二次群复用设备对四个 2048kb/s 支路信号分别进行正码速调整, 再复接成 8448kb/s 群路

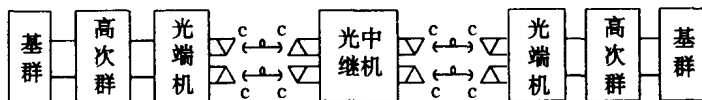


图 1.1(B) 数字光纤通信系统示意图

信号；三次群和四次群复接设备分别把四个 8448kb/s 和四个 34368kb/s 支路信号，进行正码速调整，再复成 34368kb/s 和 139264kb/s 群路信号，它们的接收端均完成相反的变换。数字设备的作用是为光端机提供各种标准速率等级的数字信号源和接口。

光端机除具备上述诸功能外，还需数字复用设备与线路编、解码器之间的接口电路，以完成对电缆线路传输码型(HDB₃ 或 CMI 码)编、解码任务。此外，光端机应具备有公务联络电话，告警监测系统倒换、区间通信等辅助功能。

光中继机与光端机配合使用，既用来延长传输距离，还用来实现区间通信。

系统中信号的传输媒介是光纤。每个系统使用两条，发信、收信各用一条光纤。光端机和光中继机的发送和接收光信号均通过光活动连接器与光纤线路连接。

1.2 1B1H 干线型、 1B1H 本地型光端机和光中继机整机介绍

为扩大区间通信的话路容量，提高设备的可靠性和便于设备维护，邮电部武汉邮电科学研究院研制生产了 1B1H 码型 140Mb/s 干线型光端机和光中继机（即 GD140HS 型 140Mb/s 光端机和 GZ140HS 型 140Mb/s 光中继机）、1B1H 码型 8Mb/s、34Mb/s 本地型“光电合一”端机和光中继机（即 GD/MF8HL—Ⅰ型、GD/MF34HL—Ⅱ型光线路复用终端机和 GZ/MF—34HL—Ⅰ型光线路复用中继机）。这些设备的共同特点是：

1. 区间通信的话路容量大,中继站双方向上、下话路方便,局部传输网组网灵活;

2. 采用大规模集成电路和混合集成电路器件,设备的功耗低,体积小、可靠性高;

3. 电路盘种类少,维护方便;

4. 监控功能完善,能提供计算机集中监控设备,也可提供手持式监控显示器。

1.2.1 1B1H 线路传输码型帧结构

为了提高光纤通信系统的可靠性,需要在不中断通信的情况下进行误码检测。另外,在简单的二数码流中,“1”和“0”码的数目常常不平衡,同码连续数可能很大,造成信码中直流分量起伏,影响定时提取和信码再生的效果,由于这些缘故,在数字光纤通信系统中必须适当选择线路传输码型。

选择线路传输码型的依据主要有:

- 能实现端站和中继站不中断通信进行误码检测;
- 能实现在光纤线路中传输监控、公务、区间通信,系统倒换等辅助信号;
- 能减少信码流中同码连续数目,便于定时提取;
- 能改善码流中“1”和“0”的平衡度,以减少码流中直流分量起伏,有利于信码再生;
- 误码扩张少;
- 编、解码电路简单、功耗小。

为了满足上述要求,必须在信息码中加入冗余度,最简单的方法是信息码组本身不变,仅在码组中附加冗余比特,称此为插入比特码型,1B1H 码型即属于该类码型。

(1)1B1H 干线型线路码帧结构

1B1H 干线型线路码型是把原始的信息码流按 1 比特分组,在每个 1 比特码组之后插入 1 比特冗余比特,组成传输码型。在冗余比

特上,插入 1 比特信码的反码 C、公务电话、监控信号、区间通信和倒换信号等,使所有的辅助信号与主信号一起在同一根光纤中传送,通过检测 C 码实现不中断业务检测误码。

帧结构是一种周期性重复的图型,1B1H 码帧结构说明信息码与各种插入比特之间的排列规律,以便接收端通过识别这种排列规律完成解码任务。

1B1H 干线型线路码帧结构示于图 1.2(A)。图中,帧长为 256 比特,C 为 B_4 的反码,即 $C = \bar{B}_4$,最大连“0”或连“1”数为 8 个,对于 GD140HS 型光端机, B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 为 139264kb/s 四次群信码, H_1 和 H_3 为两个 34816kb/s 区间通信信码,由区间接口盘分别将两个 34368kb/s 三次群信码调整到 34816kb/s。 H_2 为混合码,速率为 34816kb/s,长度为 32 比特,在 H_2 中, $F_1F_2\bar{F}_1\bar{F}_2 = 1001$,为发送端插入的帧定位码组。

区₁和区₂分别为两个 8704kb/s 区间通信信码,它是由区间接口盘分别将两个 8448kb/s 二次群信码调整到 8704kb/s。

数据信号△共 8 位,可传送 8 路速率低于 100kb/s 的异源高速数据,跨段监控和计算机连网数据各占一位,其它六路可供用户选用。

公₁、公₂、监、倒为四路 1088kb/s 数据通道,分别传送本数字段内公务电话,跨数字段公务电话,本数字段监控和 1 主 1 备系统倒换指令。

(2) 1B1H 本地型线路码帧结构

34M1B1H 本地型线路码帧结构示于图 1.2(B)。图中,帧长为 256 比特,C 为 B_4 的反码,即 $C = \bar{B}_4$,最大连“0”或连“1”数为 8 个, B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 、 H_1 、 H_3 为六个 8448kb/s 二次群信码。在 GD/MF34H₁-Ⅰ型(光电合一)终端机中,1B1H 码速率为 67584kb/s。 H_2 为混合码,速率为 8448kb/s,长度为 32 比特。在 H_2 中:

$F_1F_2\bar{F}_1\bar{F}_2 = 1001$,为发端插入的帧定位信号;

区₁和区₂为两个 2112kb/s 区间通信信号,可分别传送一个

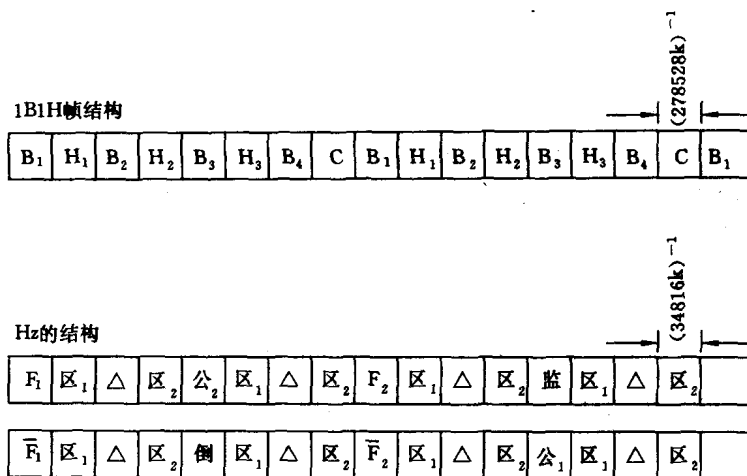


图 1.2(A) 1B1H 干线型线路码帧结构

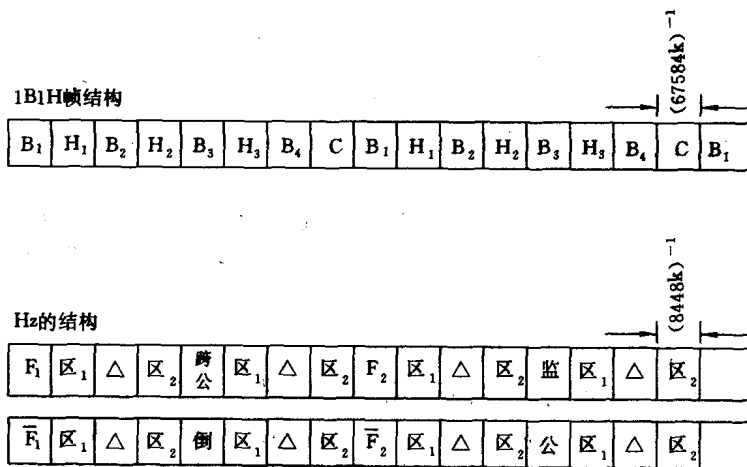


图 1.2(B) 1B1H34M 本地型线路码帧结构

2048kb/s 异源信码;

数据信号△共 8 位,可传送 8 路速率低于 19.2kb/s 的异源高速数据,跨段监测和计算机连网信号分别占用一位,其它六路供用户选

用;

跨公、监、倒、公为四路 264kb/s 数据通道,分别传送跨数字段公务电话,本段监控,1 主 1 备倒换指令和本段公务电话。

在 GD/MF8HL—Ⅱ型(光电合一)终端机中,1B1H 码速率为 16896kb/s, H_1 和 H_3 为两个 2112kb/s 区间通信信号, H_2 为混合码,速率为 2112kb/s,长度为 32 比特。在 H_2 中:

$F_1F_2\bar{F}_1\bar{F}_2=1001$,为发端插入的帧定位信号;

区₁和区₂处可根据用户定义;

8 位△信号可传送 8 路异源的数据,跨段监测和计算机联网信号分别占用一位,其它六路供用户选用;

跨公、监、倒、公为四路 66kb/s 数据通道,分别传送跨段公务电话,本段监控,倒换指令和本段公务电话。

1.2.2 GD/MF8HL—Ⅱ型、GD/MF34HL—Ⅱ型光线路复用终端机整机介绍

GD/MF8HL—Ⅱ型、GD/MF34HL—Ⅱ型光线路复用终端机将光线路终端设备,即光端机和数字复用设备合二为一,集装在一个 240mm 宽的条形机架内,其主要数据列于表 1.1。

表 1.1 GD/MF8HL—Ⅱ, GD/MF34HL—Ⅱ型光线路复用终端机主要数据

速 率 (kb/s)	线路码型	线路传输速率 (kb/s)	电接口速率 (kb/s)	区间通信容量 (路)	总通信容量 (路)
8448	1B1H	16896	2048	60	180
34368	1B1H	67584	2048	300	780

(1)GD/MF8HL—Ⅱ、GD/MF34HL—Ⅱ型光线路复用终端机的基本功能

1)GD/MF8HL—Ⅱ型光线路复用终端机的基本功能

• 发送侧

①把基群设备送来的四个异步的 2048kb/s 信码分别进行 HDB₃ 解码和码速调整,将 2048kb/s 速率变换成 2112kb/s,再把四个同步的 2112kb/s 信码复接成一个 8448kb/s 信码 B。

②把两个 2048kb/s 区间通信信码分别进行 HDB₃ 解码和码速调整,变换成两个同步的 2112kb/s 信号 H₁ 和 H₃。

③把公务、监控、倒换控制、数据等辅助信号按 8Mb/s 1B1H 帧结构中混合码 H₂ 的排列规律汇总成一个 2112kb/s 数字信号 H₂。

④把一个 8448kb/s 信码 B,两个 2112kb/s 区间通信信号 H₁、H₃,一个 2112kb/s 混合码 H₂ 和一个反码 C 按 8Mb/s 1B1H 帧结构汇总成 16896kb/s 1B1H 数字信号。

⑤对 16896kb/s 1B1H 信号进行电光转换,输出 1B1H 光信号送入光纤线路。

• 接收侧

①将光纤线路输入的 16896kb/s 光信号转换成电信号,即光电转换,再把电信号还原成发端的 16896kb/s 1B1H 码。

②从 16896kb/s 1B1H 中分离出 8448kb/s 信码 B,两个 2112kb/s 区间通信信号 H₁、H₃,一个 2112kb/s 混合码 H₂。

③从 H₂ 中分离帧定位码公务、监控、倒换控制及数据等辅助信号。

④把 8448kb/s 信码 B 分接成四个 2112kb/s,经码速还原和 HDB₃ 编码,输出四个 2048kb/s 支路信码送基群复接设备。

⑤将 2112kb/s 区间通信信号 H₁ 和 H₃ 的速率还原成 2048kb/s,进行 HDB₃ 编码,送基群复接设备。

2)GD/MF34HL—Ⅱ型光线路复用终端机的主要功能

• 发送侧

①对基群设备送来的 16 个异步的 2048kb/s 信码进行 HDB₃ 解码和码速调整,将 2048kb/s 变换成 2112kb/s,再把 16 个同步的 2112kb/s 信码分别复接成四个 8448kb/s 信码 B₁、B₂、B₃、B₄。

②对 8 个 2048kb/s 区间通信信号进行 HDB₃ 解码和码速调整,

由 2048kb/s 变换成 211b/s, 再把 8 个同步的 2112kb/s 信码每 4 个复接成一个 8448kb/s 信号, 即 H_1 和 H_3 。

③对 2 个 2048kb/s 区间通信信号进行 HDB₃ 解码和码速调整, 变换成 2 个同步的 2112kb/s 信码区₁、区₂, 再把区₁ 区₂ 信号按帧结构中的 H_2 排列规律变接成 8448kb/s 信码 H_2 。

④将公务、监控、倒换及数据等辅助信号插入 H_2 , 汇总成一个 8448kb/s H_2 混合码。

⑤把四个 8448kb/s 信码 B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 , 两个 8448kb/s 区间通信信号 H_1 、 H_3 , 一个 8448kb/s 混合码 H_2 和一个 8448kb/s 反码 C 按 34Mb/s 帧结构汇总, 输出 67584kb/s 1B1H 码。

⑥进行电/光转换, 把 67584kb/s 1B1H 信号变换成光信号, 送入光纤线路。

• 接收侧

①将光纤线路送来的 67584kb/s 光信号转换成电信号, 即光/电转变, 再把电信号还原成发端的 1B1H 数字信号。

②把 67584kb/s 1B1H 码分解成 B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 、 H_1 、 H_2 、 H_3 和 C 八个 8448kb/s 数字信号。

③从 H_2 中分离公务、监控、倒换控制和数据等辅助信号。

④分别把 B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 、 H_1 、 H_3 分接成 4 个 2112kb/s 支路信号, 进行码速还原后, 变换成 2048kb/s 支路信号, 经 HDB₃ 编码后送基群复接设备。

⑤从 H_2 中分接出 2112kb/s 区₁、区₂ 信号, 进行码速调整和 HDB₃ 编码, 变换成 2048kb/s HDB₃ 信号, 送基群复接设备。

3) 8Mb/s、34Mb/s 光线路复用终端机的辅助功能

辅助功能有:

①公务通信; ②告警、监控; ③系统倒换、控制; ④为用户提供数据信道。

(2) GD/MF8HL - I 型 GD/MF34HL - I 型光线路复用终端机功能框图

GD/MF8HL—I型、GD/MF34HL—I型光线路复用终端机的主要功能分别由2/8复用、区间接口、光发送、光接收四种电路盘完成。完成辅助功能的电路盘有公务电话盘、监控盘(SMC)、监控数据采集盘(DCU)和数据接口盘(DIF),这些电路盘之间的连接关系示于图1.3和图1.4。

图1.3表示GD/MF34HL—I型光线路复用终端机功能方框图。图中,发送侧输入的24个2048kb/s支路信码分别接到6个2/8复用盘。2/8复用盘的功能是将4个标准2048kb/s支路信码按CCITT建议G.742规定的二次群帧结构进行复接,该盘先对2048kb/s支路信码进行HDB₃解码,再由码速调整电路将2048kb/s调整到2112kb/s,然后把4个同步的2112kb/s支路信码复接成一个8448kb/sNRZ群路信码。I~Ⅵ六个2/8复用盘分别输出B₁、B₂、B₃、B₄、H₁、H₃六个8448kb/sNRZ群路信码,接入光发送盘。采用2/8复用盘时,只能按二次群解码规则将四个2048kb/s支路信码分接出来,不能将单个基群信码从8448kb/s码流中直接分出。

发送侧的另两个2048kb/s区间通信信码接到2/8区间接口盘,该盘用来完成2048kb/sHDB₃信号至8448kb/sNRZ信号之间的复接,但复接的方式与2/8复用盘稍有不同,请详见第五章。2/8区间接口盘首先对每个2048kb/s信码进行HDB₃解码,再将两个(或4个)2048kb/s信码经码速调整电路调整到2112kb/s,然后将两个(或4个)同步的2112kb/s信码用同步复接的方法合成为一个8448kb/sNRZ码H₂被接入光发送盘,H₂的帧结构不同于二次群信号,采用2/8区间接口盘时,进入8448kb/s信道的每个基群信码均可单独从8448kb/s码流中分出和插入。因此,当系统中有中继站要求按单个基群分路时,可以用2/8区间接口盘代替I~Ⅵ2/8复用盘中的任何一个,但为了减少接口盘的种类,提高电路盘的互换性,便于通路组织调配,一般不主张采用2/8区间接口盘,而用2/8复用盘实现单个基群的分路,即四个支路同时解码,将不需分路的支路用2M口转接方式重新接入下游(转接直通)。