

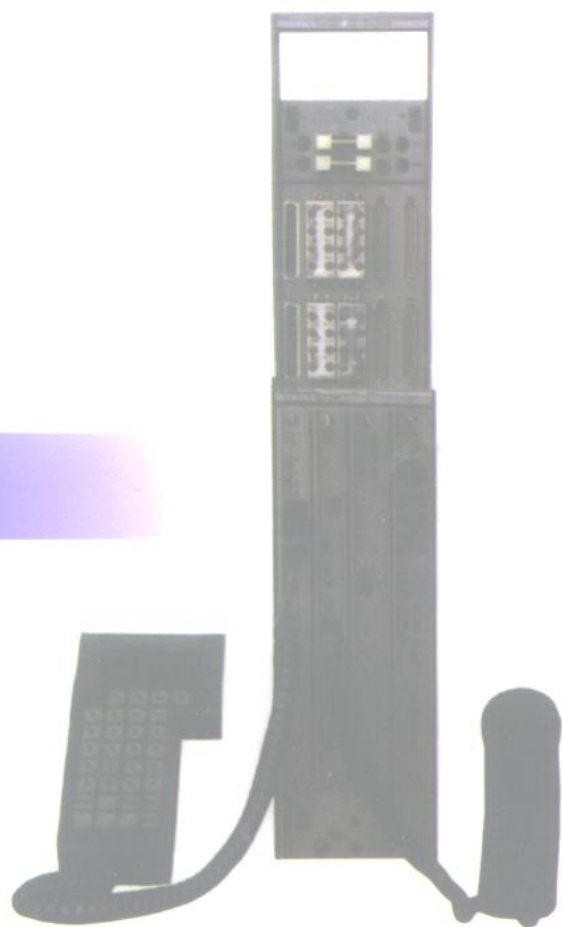
‘九五’军队级重点建设教材

上

数字光纤 通信设备

(PDH部分)

林达权 编著 • 西安电子科技大学出版社



9.11

□ ‘九五’军队级重点建设教材

数字光纤通信设备(上)

(PDH 部分)

林达权 编著

西安电子科技大学出版社

1999

内 容 简 介

本书分上、下册，共四篇。上册讲授第一、二篇，下册比较系统全面地介绍了 PCM 复用设备，以 Tdm 设备的组成、方框原理、机盘电路原理、机架结构、测试

下册比较系统全面地介绍了光缆线路终端设备，系统方框原理、机盘电路原理、机架结构、测试与维护等内容

本书可作为光纤通信专业设备课教材，也可供从事人员参考。

第三、四篇。

复用设备为主，系统讲授复用内容。

光缆线路终端设备的组成、

业的师生、科研人员和维护

‘九五’军队级重点建设教材
数字光纤通信设备(上册)
(PDH 部分)

林达权 编著
责任编辑 戚文艳

西安电子科技大学出版社出版
地址：西安市太白南路 2 号 邮编 710061
陕西画报社印刷厂印刷
各地新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张：15.375 插页 2
1998 年 4 月第 1 版 1999 年 6 月第 2 次印刷 印数 1001~8 000

ISBN 7-5606-0564-8/TN·0110

1

字：396 千字
001~8 000

19.00 元

前 言

在世界电信技术革命的浪潮中,光纤数字通信技术异军突出,迅猛发展,它的发展速度超出人们的预想。在1992年秋,以京—汉—广、郑—西—成、京—济—宁、京—沈—哈等干线的建设为标志,标志我国光纤通信的建设高潮已经到来,光纤通信设备以三、四次群为主,种类较多,质量优良。在飞速发展PDH系列的同时,一种更新更好的SDH系列设备也已投入使用。现在,光纤通信正在向高速率、大容量和智能化的方向发展。

光纤通信、卫星通信和无线电通信是现代化通信的三大支柱,其中光纤通信是主体,被称作通信工具中的“王牌”。

光纤通信设备是光纤通信系统的重要组成部分之一。为了适应光纤通信事业的发展,为了把光纤通信专业的教材配套成龙,为了使理论能与实践紧密结合,根据教学大纲的要求,我们编写了这套教材。

光纤通信设备的种类、型号很多,由于教学时数有限,不可能也没有必要对每一种设备都进行讲授。目前看来,在我国的一级干线上倾向于使用四次群设备(有的使用五次群设备),在二级干线上倾向于使用三次群设备。根据这种情况,我们把重点放在三次群或四次群设备上,而且以某一种设备为例,尽可能把来龙去脉讲清楚,使光纤通信这一门高技术,在设备课里体现出来。为了扩大知识面,为了适应目前设备装备不统一的客观实际,我们把目前市场上流通的几种主要设备,也作了概括的介绍。在学懂一种类型设备的基础上,用触类旁通的方法或者经过一段时间的自学,对别的机型也能掌握。

为了完成上述构思,笔者到工厂、部队作了许多调查学习,搜集大量资料。绵阳730厂、重庆515厂、南京734厂、上海519厂、重庆一意达太尔公司、南京一富士通公司、上海AT&T、南京军区通信总站、济南军区通信总站、兰州军区通信总站等单位,提供了大量的资料和热情的帮助,使笔者的构思得以完成。

非常荣幸,我们的工作得到重庆邮电通信设备厂领导、重庆一意达太尔公司领导以及该厂的总工程师办公室、一所、二所、十车间、资料室等给予的大力支持。

全书分上、下册共四篇。

上册第一篇为总体部分,共2章。第1章为长途光缆通信系统介绍;第2章为光纤通信系统的质量指标。第二篇为复用设备,共7章。第3章为PCM的复接;第4、5、6、7章分别为Td1c、Td2c—hm、Td3c—dm、Td4c—hm复用设备;第8章为目前市场上流通的几种复用设备;第9章为复用设备的测试与维护。

下册第三篇为光缆线路终端设备,共7章。第10章为总体介绍;第11章为主信道电路;第12章为区间通信和业务联络电路;第13章为监测和告警;第14章为电源;第15章为目前市场上流通的几种光缆线路终端设备;第16章为光端机的测试与维护。第四篇为辅助设备和接口。第17章为辅助设备;第18章为接口。

吴永全高级工程师、刘子衡高级工程师认真细致地审查了全稿，提出了宝贵的意见。学院领导非常重视这一工作，成立了以沈久福副院长为首的编辑出版委员会，沈副院长亲自领导。教务部副教务长李玉华、教保处李文月处长进行了周密的组织和安排，并得到了教研部、教保处、图书馆全力支持。教研部副主任刘振明、光纤教研室主任张引发以及光纤组的全体同志对本教材大纲的编写，一道进行过多次讨论，自始至终关心支持，紧密配合。刘建平、陈明贵和张随心三位教员在成稿过程中，做了大量的文字校对工作。朱晓冰、杜娟、隋淑华、高桂华和辛娟娟等同志做了大量具体工作。同时，何艳、徐锦两同志也给予了热情的帮助。黄良碧副教授阅读了部分章节，提出了许多宝贵意见，并做了大量具体工作。

笔者对上述所有支持和关心本书出版的单位和个人表示衷心的感谢！

由于水平有限，书中难免有错误和不足之处，敬请读者批评指教。

作者

1997年1月1日

目 录

第一篇 总体部分

第1章 长途光缆通信系统介绍	3
1.1 长途光缆通信系统的组成	3
1.1.1 PDH 数字光缆通信系统的组成	3
1.1.2 PDH 光缆通信系统组成举例	4
1.2 SDH 光缆线路系统的组成	6
复习思考题	6
第2章 光纤通信系统的质量指标	7
2.1 误码特性	7
2.1.1 基本概念	7
2.1.2 误码的影响	7
2.1.3 误码的产生	7
2.1.4 误码的衡量	8
2.1.5 误码性能指标	10
2.2 抖动	13
2.2.1 抖动定义	13
2.2.2 抖动的表示	14
2.2.3 控制抖动的重要性	14
2.2.4 抖动指标	14
2.3 可靠性	16
2.3.1 可靠性	16
2.3.2 故障率	17
2.3.3 平均寿命	17
2.3.4 平均无故障时间	17
2.3.5 平均故障修复时间	17
2.3.6 可用率	17
2.3.7 失效率(q)	17
2.4 接口和接口指标	18
2.4.1 接口点定义和类型	18
2.4.2 电接口指标	18
2.4.3 光接口指标	21
复习思考题	21

第二篇 复用设备

第3章 PCM 的复接	25
-------------------	----

3.1 概述	25
3.2 复接概念	28
3.3 数字复接的基本组成	28
3.4 二次群的复接	30
3.4.1 二次群复用系统的构成	30
3.4.2 复接原理	32
3.4.3 二次群帧结构	38
3.4.4 复接电路	43
3.5 三次群的复接	45
3.5.1 三次群复用系统的构成	45
3.5.2 三次群帧结构	45
3.5.3 三次群复用设备方框原理	47
3.6 四次群的复接	50
3.6.1 四次群复用系统的构成	50
3.6.2 四次群帧结构	50
3.6.3 四次群复用设备方框原理	52
3.7 数字设备线路传输码型	54
3.7.1 HDB ₃ 码	54
3.7.2 CMI 码	55
3.7.3 信号交替反转(AMI)传输码	55
复习思考题	56
第4章 Td1c 基群复用设备	57
4.1 概述	57
4.2 技术指标和电气性能	59
4.2.1 30 路复用设备子架	59
4.2.2 线路终端子架	61
4.2.3 电源子架	61
4.2.4 铃流发生器	61
4.2.5 双向再生中继器子架	62
4.2.6 故障定位系统	62
4.2.7 电源(终端设备)	62
4.2.8 机械尺寸	62
4.2.9 环境条件	63
4.3 Td1c 系统的组成	63
4.4 方框原理	66
4.4.1 Td1c-em/su/ve 的方框图	66
4.4.2 Td1c-sc 方框图	68
4.5 帧和复帧	68
4.6 CRC	71
4.6.1 CRC 功能	71
4.6.2 CRC 复帧结构	71
复习思考题	72

第 5 章 Td2c-hm 二次群复用设备	73
5.1 概述	73
5.2 技术性能	73
5.2.1 一般特性	73
5.2.2 2 048 kb/s 接口特性	74
5.2.3 8 448 kb/s 接口特性	74
5.2.4 电源特性	74
5.2.5 环境条件	74
5.2.6 外形尺寸	74
5.2.7 可靠性	74
5.3 设备机架组成	75
5.3.1 Tdc-m ₁ 机架组成	75
5.3.2 Td2c-hm 复用子架的组成	76
5.3.3 业务子架 Tdc-ss 的组成	77
5.4 Td2c-hm 数字复用设备方框组成	77
5.5 2 Mb/s 支路接口盘	78
5.6 8 Mb/s 集中盘(S ₇₃₃₆ -T ₆₀₁₃ -A ₁)	79
5.6.1 复接侧	80
5.6.2 分接侧	82
5.6.3 告警	83
5.6.4 预置	83
5.7 8 Mb/s 复接接口盘(S ₇₂₅₆ -T ₆₀₃₉ -A ₁)	84
5.7.1 复接侧	86
5.7.2 分接侧	86
5.7.3 预置	88
5.8 告警盘	89
5.8.1 远端告警	89
5.8.2 机架总告警	89
5.8.3 串联告警	91
5.9 电源盘	91
5.10 机架面板	91
5.10.1 2/8 Mb/s 复用设备子架面板	91
5.10.2 业务子架面板图	93
5.11 测试	93
复习思考题	93
第 6 章 Td3c-dm 三次群跳群复用设备	94
6.1 概述	94
6.2 技术性能	95
6.2.1 一般特性	95
6.2.2 2 Mb/s 接口特性	95
6.2.3 8 448 kb/s 接口特性	95
6.2.4 34 386 kb/s 接口特性	96
6.2.5 电源特性	96

6.2.6 环境特性	96
6.2.7 机架尺寸	96
6.3 机架组成	96
6.3.1 Tdc-m ₄ 机架组成	96
6.3.2 复用设备子架	98
6.3.3 业务子架 Tdc-ss 的组成	99
6.3.4 其它	100
6.4 Td3c-dm 跳群复用设备方框原理	101
6.4.1 方框总图	101
6.4.2 2/(8)/34 Mb/s 系统的终端复用设备	102
6.4.3 2/34 Mb/s 双跳终端复用设备	104
6.4.4 分出/插入复用设备	106
6.4.5 中继链路分群倒换方向	107
6.5 2 Mb/s 支路接口盘 T ₂ (S ₇₂₅₆ -T ₆₀₃₈ -A ₁)	109
6.5.1 复接侧	109
6.5.2 分接侧	113
6.6 8 Mb/s 支路接口盘 T ₈ (S ₇₂₅₆ -T ₆₀₄₀ -A ₁)	118
6.6.1 复接侧	120
6.6.2 分接侧	121
6.7 8 Mb/s 跳接盘 G ₈ (S ₇₂₅₈ -T ₆₀₄₁ -A ₁)	125
6.7.1 复接侧	125
6.7.2 分接侧	126
6.8 34 Mb/s 集中盘 OC ₃₄ (S ₇₃₃₆ -T ₆₀₁₄ -A ₁)	126
6.8.1 功能	126
6.8.2 方框组成	126
6.8.3 电路原理	127
6.8.4 预置	138
6.9 34 Mb/s 复接接口盘 I ₃₄ (S ₇₂₅₆ -T ₆₀₄₅ -A ₁ -C-8011)	140
6.9.1 功能	140
6.9.2 方框组成	140
6.9.3 电路原理	142
6.10 告警盘(S ₇₃₁₅ -T ₆₀₆₈ -A ₁)	149
6.10.1 方框组成	149
6.10.2 告警源	151
6.10.3 告警盘的输出	152
6.10.4 告警盘的预调装置	156
6.11 DC/DC 电源盘	156
6.12 业务子架	157
6.13 安装	157
6.14 机架面板	157
6.14.1 子架面板配置全貌	157
6.14.2 面板图和测试点	157
复习思考题	160

第7章 Td4c-hm 四次群复用设备	161
7.1 概述	161
7.2 技术性能	161
7.2.1 基本特性	161
7.2.2 接口特性	161
7.2.3 电源	162
7.2.4 环境特性	162
7.2.5 机械特性	162
7.3 系统配置	162
7.3.1 34/140 Mb/s 体系的终端复用	163
7.3.2 双终端复用	163
7.3.3 上/下支路复用	164
7.3.4 在点对点链路中传输方向的倒换	164
7.3.5 三角形网络链路倒换	165
7.4 Td4c-hm 34/140 Mb/s 数字复用设备方框图	166
7.5 机架	166
7.5.1 条架	166
7.5.2 Td4c-hm 复用子架的组成	166
7.5.3 业务子架的组成	168
7.6 机架面板	168
7.6.1 复用子架面板	168
7.6.2 业务子架面板	172
复习思考题	172
第8章 目前市场上流通的几种复用设备	173
8.1 南京—富士通复用设备	173
8.1.1 概述	173
8.1.2 M_{12} 复用设备	175
8.1.3 M_{23} 复用设备	178
8.1.4 M_{13} 跳群复用设备	181
8.1.5 M_{34} 复用设备	182
8.2 上海 AT&T 复用设备	186
8.2.1 概述	186
8.2.2 8TR 635 基群复用设备	186
8.2.3 8TR 642/643/644 数字复用设备	191
8.3 NEC 系列复用设备	195
8.3.1 NEC 5520A/5530A/5540A	195
8.3.2 NE 5531 A/B(跳群)	198
8.3.3 N6000 系列复用设备	198
复习思考题	200
第9章 复用设备的测试与维护	201
9.1 高次群复用设备的测试	201
9.1.1 本机电源电压测试	201
9.1.2 主振频率测试	201

9.1.3	支路输出口波形测试	202
9.1.4	支路输入口最大允许输入抖动容限测试	206
9.1.5	群路输出口波形测试	207
9.1.6	无输入抖动时的支路输出抖动测试	210
9.1.7	群路输出口输出抖动测试	211
9.1.8	抖动转移特性测试	212
9.1.9	误码率测试	213
9.1.10	告警系统功能检查	214
9.2	基群复用设备的测试	216
9.2.1	电源电压测试	216
9.2.2	四线口发收电平测试	216
9.2.3	二线口发收电平测试	217
9.2.4	净衰减频率特性测试	218
9.2.5	空闲信道噪声测试	220
9.2.6	总失真的测试	220
9.2.7	增益随输入电平变化的测试	222
9.2.8	路际串音电平测试	224
9.2.9	基群告警功能检查	225
9.3	日常维护	227
9.3.1	通过转换插座点进行检查	227
9.3.2	时钟检查	228
9.4	故障检修和故障定位	228
9.4.1	概述	228
9.4.2	故障定位基本步骤	228
9.4.3	设备正常运行状态	229
9.4.4	故障定位步骤	229
9.4.5	故障盘部件更换	234
	复习思考题	235
	参考文献	236
	附图 1 Td2c-hm/Td3c-hm 各机盘之间的连接关系	
	附图 2 Td2c-hm 8 Mb/s 集中盘电原理图	
	附图 3 8 Mb/s 复接接口盘电原理图	
	附图 4 2 Mb/s 支路接口盘电原理图	
	附图 5 8 Mb/s 支路接口盘电原理图	
	附图 6 34 Mb/s 集中盘电原理图	
	附图 7 34 Mb/s 复用设备接口盘电原理图	
	附图 8 DC/DC 电源盘	

上册

第一篇

总体部分

- ☐ 长途光缆通信系统介绍
- ☐ 光纤通信系统的质量指标

第 1 章 长途光缆通信系统介绍

1.1 长途光缆通信系统的组成

1.1.1 PDH 数字光缆通信系统的组成

简化的 PDH 数字光缆通信系统的组成如图 1.1 所示。

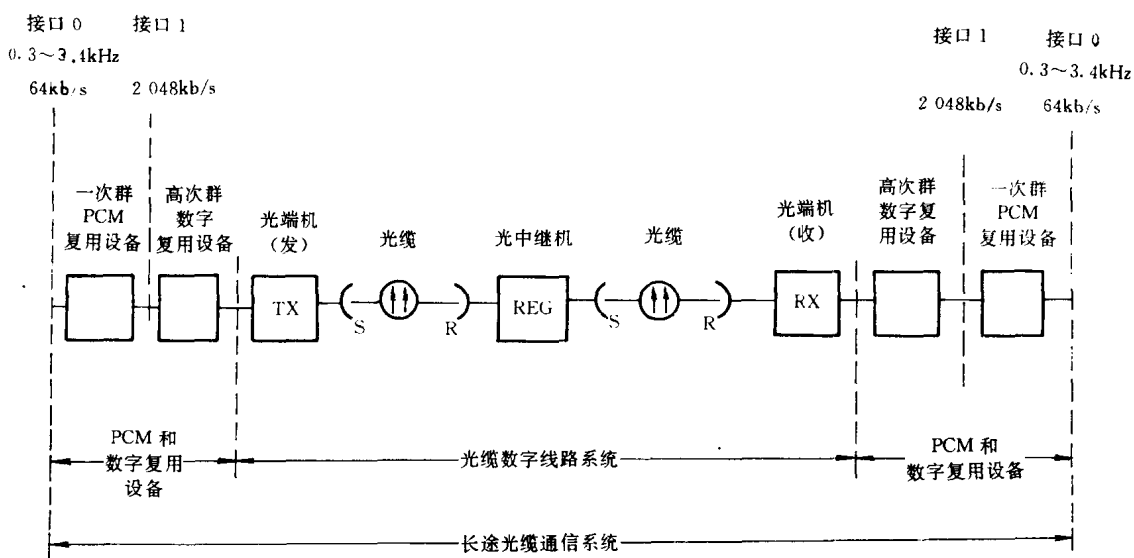


图 1.1 PDH 数字光缆通信系统的组成

它是由 PCM 基群复用设备、高次群数字复用设备、光端机、光中继机和光缆等部分组成的。

PCM 基群复用设备的主要作用是对话音信号进行抽样、量化、编码，然后将 30 个话路进行复接，组成基群帧结构，速率变成 2 048 kb/s。在接收端则进行相反的处理。

高次群数字复用设备包括二次群复用设备、三次群复用设备、四次群复用设备等。其主要作用是将低次群复接组成高次群。例如：将 4 个标称速率为 2 048 kb/s，实际速率为

2 048 kb/s $\pm 5 \times 10^{-5}$ 的支路信号, 首先进行正码速调整, 都调至 2 112 kb/s, 使 4 个支路速率达到同步后, 再复接组成 8 448 kb/s 的二次群。在接收端则进行相反的变换。

光端机的主要作用是: 首先, 将从复用设备送来的信码进行解码, 变成 NRZ 码; 然后, 进行线路编码, 编为适用于光缆线路上传输的码型; 再进行电/光转换, 将电信号转换为光信号。在接收端则进行相反的变换。

光缆的作用是进行信息传送。

光中继机的作用是进行均衡、判决、再生, 以延长传输距离。当光中继机要进行光/电/光变换时, 先将从光缆送来的光信号变为电信号; 然后对电信号进行处理, 处理完成后又将电信号转换成光信号, 送往下一段光缆继续传送(当然, 如果使用光纤放大器, 就不必进行光/电/光变换了)。

标称速率相同、实际允许有一定偏差的数字系列, 称为准同步数字系列, 记为 PDH 系列。世界上, PDH 系列有两种制式: 一种是以 1 544 kb/s 为第一级比特率而构成的; 另一种是以 2 048 kb/s 为第一级比特率而构成的。我国使用后一种制式, 其基群、二次群、三次群、四次群的速率依次为 2 048 kb/s、8 448 kb/s、34 368 kb/s、139 264 kb/s。话路容量依次为 30、120、480、1 920 路。

1.1.2 PDH 光缆通信系统组成举例

PDH 光缆通信系统的组成如图 1.2 所示。图中:

- MUX₁: 基群复用设备;
- MUX₂: 二次群复用设备;
- MUX₃: 三次群复用设备;
- MUX_{1~3}: 三次群跳群复用设备;
- MUX₄: 四次群复用设备;
- OLT₂: 二次群光端机;
- OLT₃: 三次群光端机;
- OLT₄: 四次群光端机;
- 接口 0: 音频或 64 kb/s 接口;
- 接口 1: 2 048 kb/s 接口;
- 接口 2: 8 448 kb/s 接口;
- 接口 3: 34 368 kb/s 接口;
- 接口 4: 139 264 kb/s 接口;

• S 点: 光接口, 是紧靠着发送机的活动连接器后的参考点。是光发送机与光缆线路之间的互连点;

• R 点: 光接口, 是紧靠着接收机的活动连接器前的参考点。是光接收机与光缆线路之间的互连点;

- REG: 光中继机。

复用设备机架间连线使用同轴线, 接口 1、接口 2、接口 3 的码型为 HDB₃ 码, 接口 4 的码型为 CMI 码。

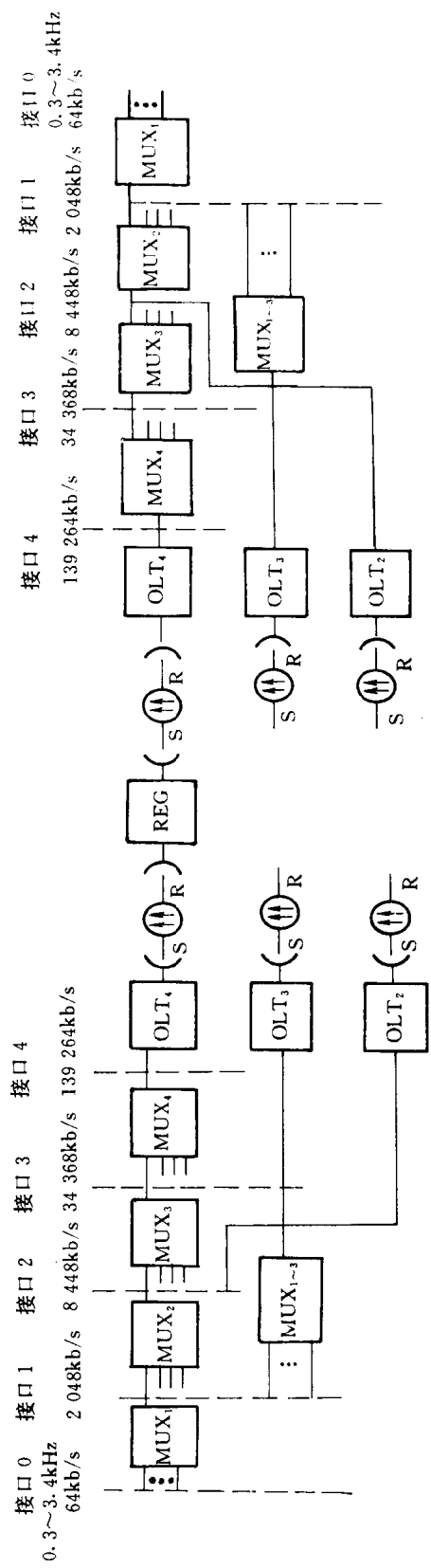


图 1.2 PDH 光缆通信系统组成举例

1. 二次群光缆通信系统的组成

由图 1.2 可见, 由 MUX_1 、 MUX_2 、 OLT_2 、光缆、光中继机等可组成二次群光缆通信系统。接口 1、接口 2 为电接口, S 和 R 点为光接口。系统的传输容量为 120 路。

2. 三次群光缆通信系统的组成

由 MUX_1 、 MUX_2 、 MUX_3 、 OLT_3 、光缆、光中继机即可组成三次群光缆通信系统。或者由 MUX_1 、 $MUX_{1\sim3}$ 、 OLT_3 、光缆、光中继机也可组成三次群光缆通信系统。系统的传输容量为 480 路。

3. 四次群光缆通信系统的组成

由 MUX_1 、 MUX_2 、 MUX_3 、 MUX_4 、 OLT_4 、光缆、光中继机等可组成四次群光缆通信系统。接口 1、接口 2、接口 3、接口 4 为电接口, S、R 为光接口。电接口的速率依次为 2 048 kb/s、8 448 kb/s、34 368 kb/s、139 264 kb/s, 码型依次为 HDB₃、HDB₃、HDB₃ 和 CMI。话路容量为 1 920 路。

1.2 SDH 光缆线路系统的组成

SDH 光缆线路系统如图 1.3 所示。

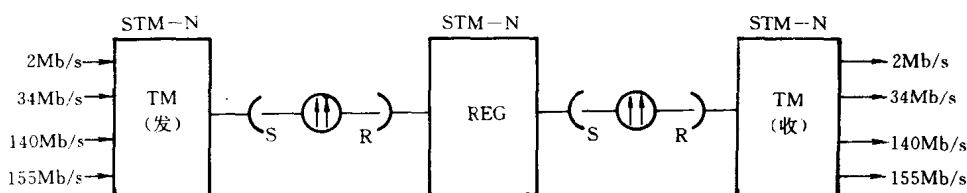


图 1.3 SDH 光缆线路系统示意图

图中 TM 是终端复用器, 其支路接口可以是 2 Mb/s、34 Mb/s、140 Mb/s、155 Mb/s 的任意组合; 线路接口的速率则为 STM—N 速率, 即 155/622/2 488 Mb/s, 其结构十分简单紧凑, 设备数量大大减小。如果将图中的再生中继器(REG)换为分插复用器, 则在中途还可以任意分路和插入电路, 速率也可以为 2 Mb/s、34 Mb/s、140 Mb/s 和 155 Mb/s 的任意组合。可见在 SDH 中线路终端与复用器往往已集成在一起, 因而统称为线路复用设备。

复习思考题

1. 光缆通信系统由哪些部分组成? 各部分的作用是什么?
2. 试画出二次群光纤通信系统的组成方框图。
3. 试画出四次群光纤通信系统的组成方框图。
4. 如果一个基群使用一个机架, 当组成四次群光纤通信系统时, 需要多少个基群机架?
5. 试述电话信号在光纤通信系统传输过程中的主要变化历程。