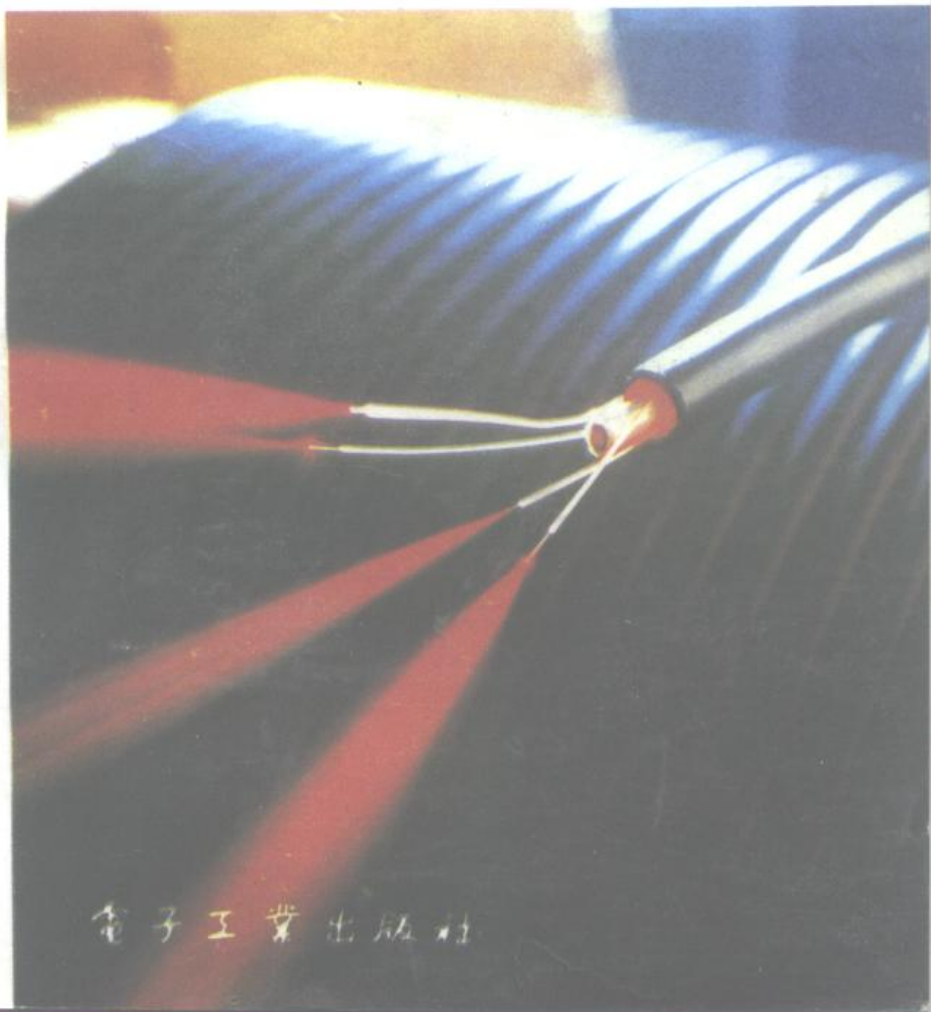


光缆通信系统 指标与测试

● 韦乐平 邓忠礼 万若锋 编 著



电子工业出版社

VV 38-2

380419

光缆通信系统指标与测试

韦乐平 邓忠礼 万若锋 编著

電子工業出版社

(京)新登字 055 号

图书在版编目 (CIP) 数据

光缆通信系统指标与测试/韦乐平等编著. -北京: 电子工业出版社, 1994

ISBN 7-5053-2607-4

I. 光…

II. 韦…

III. 光缆通信-通信系统-性能指标-测试技术

IV. TN929.11

光缆通信系统指标与测试
韦乐平 邓忠礼 王若锋 编著
责任编辑 徐德霆 祖振升

*

电子工业出版社出版
北京市海淀区万寿路 173 信箱 (100036)
电子工业出版社发行 各地新华书店经销
北京市顺新印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: 12.75 字数: 296 千字

1994 年 12 月第一版 1994 年 12 月北京第一次印刷

印数: 3000 册 定价: 15.00 元

ISBN 7-5053-2607-4 / T N · 767

内 容 提 要

本书以光缆通信系统的指标及相关测试方法为中心，全面介绍了光缆通信系统的构成、测试基础知识、光/电接口和复用设备的指标和测试、音频通路的指标和测试、功能检查、系统传输性能的指标和测试、自动化测试的原理和实现方法、SDH 的测试以及某些常用新型仪表。内容丰富、系统、简明，具有较强的实用性。

本书适合从事光缆通信系统和数字通信设备研制开发、规划设计、施工建设和维护管理的工程技术人员和管理人员阅读，也可供通信院校相关专业的师生学习参考。

前 言

光缆通信的诞生和发展是电信史上的一次深刻的革命，传统的电通信开始进入光通信时代，它不仅为电信网提供了几乎无限的带宽资源，而且触发了一系列观念上的重大转变，光缆通信对电信网的深远影响正在逐渐显露出来。当前，各国电信主管部门都已将优先发展光缆通信作为通信发展的战略重点，我国也不例外。近几年来我国光缆通信正处于前所未有的大发展时期，无论是国家公用电信网，还是专用电信网都在大量建设光缆通信，各地从事电信开发、设计、建设和维护工作的技术人员和管理人员迫切需要在了解一般光缆通信原理的基础上对实际光缆通信系统设备的技术指标和测试方法有一个系统、简明而准确的了解。本书正是为了适应这一需要，根据作者们长期从事体制标准研究工作的经验和体会，系统地总结了历年来国际电报电话咨询委员会（原 CCITT，现为电联电信标准部门，简称 ITU-T）和国际电工委员会（IEC）就光缆通信系统和设备所制订的相关技术指标和测试方法，也重点参考了我国国家技术监督局颁布的有关国家标准及我国邮电部颁布的相关技术体制和工程规范书。

全书共分十一章，第一章首先从全网的高度介绍了假设参考通道和数字段以及光缆通信系统的总体组成，进而阐述了各类技术标准的层次与指标间关系，最后简要介绍光缆通信工程的验收程序。第二章简要介绍测试基础知识，包括测试单位、测试信号以及测试误差的分析和处理。第三和第四

章就 PDH 和 SDH 的光接口和电接口参数、指标要求和测试方法进行了讲述。第五章重点介绍了 PDH 复用设备的指标和测试方法,也简要介绍了 SDH 复用设备的指标。第六章重点介绍了有关音频通路的主要技术指标和测试方法。第七章简要介绍了 PDH 光缆通信系统的功能检查。第八章着重讲述了系统传输性能的主要指标(误码、抖动和漂移)的含义、机理、影响、规范及测试方法。第九章介绍了无论在实际生产还是现场验收都十分重要的自动化测试的基本原理、系统组成和软件考虑。第十章简要介绍 SDH 的一些特有测试项目及测试配置和考虑。第十一章简要介绍光缆通信系统设备的常用测试仪表。

全书以当前我国正在大规模建设和使用的 PDH 光缆通信系统为主,也以相当篇幅重点介绍了已经开始进网应用的 SDH 光缆通信系统的有关技术指标及测试方法,既适应了当前的急需,具有较强的实用性和针对性,又考虑了发展,具有较长时间的参考价值。

本书力争能反映国际上有关光缆通信系统设备技术指标及测试方法的最新研究成果和建议标准,并注意密切结合我国实际国情和开发应用经验(也包括作者们的一些研究成果)作了适当修改和补充。本书可供从事光缆通信系统设备开发、设计、建设和维护工作的广大技术人员和管理人员学习参考。

全书第一、三、七、八、十章及 11.6 和 11.7 节由韦乐平同志执笔,第二、四、五、六章及 11.1 和 11.2 节由邓忠礼同志执笔,第九章和 11.3、11.4、11.5 节由万若锋同志执笔,全书由韦乐平同志校阅。

考虑到光缆通信技术的日新月异的发展以及作者们的水

平和写作时间的限制，书中一定有不少偏颇谬误之处，恳切希望得到读者的指正。

作者

于北京邮电部传输研究所

目 录

前 言

第一章 光缆通信系统	(1)
1.1 假设参考通道和数字段	(1)
1.2 光缆通信系统的组成	(6)
1.3 技术标准的层次与指标间关系	(11)
1.4 验收程序	(19)
第二章 测试基础	(22)
2.1 测试分类	(22)
2.2 测试常用单位	(24)
2.3 测试误差	(27)
2.4 常用测试信号	(29)
第三章 光接口指标和测试	(37)
3.1 光接口参数和指标	(37)
3.2 光接口参数的测试	(72)
3.3 光传输设计方法	(91)
第四章 电接口指标和测试	(96)
4.1 电接口参数和指标	(96)
4.2 电接口参数的测试	(117)
第五章 数字复用设备的指标和测试	(127)
5.1 数字复用设备的指标	(128)
5.2 数字复用设备的测试	(141)
第六章 音频通路的指标和测试	(156)

6.1	音频通路的指标	(156)
6.2	音频通路的测试	(176)
第七章	功能检查	(191)
7.1	系统倒换功能	(191)
7.2	告警功能	(193)
7.3	监控功能	(195)
第八章	系统传输性能的指标和测试	(197)
8.1	系统传输性能的指标	(197)
8.2	系统传输性能的测试	(233)
第九章	自动化测试	(245)
9.1	自动化测试概述	(245)
9.2	自动化测试的基本原理	(246)
9.3	线路系统传输特性的自动测试	(255)
9.4	复用设备的自动测试	(269)
9.5	一种 GPIB 卡及其开发工具简介	(276)
第十章	SDH 的测试	(280)
10.1	SDH 原理与测试概述	(280)
10.2	传送能力测试	(287)
10.3	指针测试	(290)
10.4	嵌入开销测试	(292)
10.5	线路接口参数测试	(295)
第十一章	常用测试仪表简介	(297)
11.1	PCM 特性综合测试仪	(297)
11.2	数字传输性能测试仪	(319)
11.3	数字示波器	(346)
11.4	光时域反射仪	(356)
11.5	光万用表	(365)

11.6	SDH 测试仪	(369)
11.7	SDH 抖动和漂移分析仪	(387)

第一章 光缆通信系统

光缆通信是整个电信网的有机的一部分。因而本章首先介绍适用于整个数字网的假设参考数字连接，然后介绍光缆通信系统的组成；接着再介绍技术规范的层次以及各种指标间的关系，最后简要介绍系统的验收程序。

1.1 假设参考通道和数字段

所谓通信泛指两个用户之间进行信息的交流。任何两个用户之间的通信都涉及建立端到端连接，这种实际端到端连接的情况十分复杂。为了便于研究和指标分配，通常找出通信距离最长、结构最复杂、传输质量最差的连接作为传输质量的核算对象。只要这种连接的传输质量能满足，那么其他情况均可满足，因而引入了所谓假设参考连接（HRX）的概念。

1.1.1 假设参考连接

所谓假设参考连接（HRX）是指电信网中一个具有规定结构、长度和性能的假设的连接，由若干数字链路和数字交换机所构成。它可以作为研究网络性能的模型，从而允许与网络性能指标相比较并导出各个较小实体部分的指标。

一个标准的最长 HRX 由 14 段电路串联而成，两个端局（即本地交换机 LE）间共有 12 段电路，这是通信两端的两个

用户/网络接口参考点 T 之间的全数字 64Kbit/s 连接，全长 27500km^[1]，如图 1.1.1 所示。实际网络比标准最长 HRX 更复杂的连接的出现概率极低，即使对于那些在长度上或者复杂程度上超过最长 HRX 的符合 ITU-T 建议的连接，其传输损伤也不太可能超过最长 HRX 的两倍。因而对于绝大部分的实际连接来说，其性能要比最长 HRX 好得多。

实际端到端的通信也可能建立在高比特率通道基础上，因而引入所谓 27500km 端到端假设参考通道 (HRP) 的概念。以后对高比特率通道的分析和指标分配都将建立在这一基础上。

1.1.2 假设参考数字链路（通道）

与交换机或终端设备相连的两个数字配线架（或其等效设备）间用以传送规定速率的数字信号的全部装置构成一个数字链路。它通常包含一个或多个数字段，可能包含复接和分接设备，但不含交换机，即对数字序列是透明的，不改变数字序列的值和顺序。

为了便于研究传输损伤及分配性能指标，需要规定一个具有一定组成和长度的网络模型——假设参考数字链路 (HRDL)，又称假设参考数字通道 (HRDP)。HRDL 或 HRDP 是 HRX 或 HRP 的一个组成部分，从而允许把总的性能指标分配到较小的实体。ITU-T 认为 2500km 是 HRDL 或 HRDP 的一个适当长度，它包括有足够数量的复接/分接器以及传输系统。对于极少数大国也允许规定较长的 HRDL 或 HRDP，以便适应地理范围广阔的特点。例如美国和加拿大的长途通信 HRDL 或 HRDP 的长度达 6400km，恰好贯穿东西海岸的主要城市。我国长途光缆通信系统的 HRDL 或 HRDP 的长

度为 5000km^[2]，能够基本覆盖绝大多数省中心之间的连接。市话光缆通信的 HRDL 长度为 100km，由两个 50km 的假设参考数字段（HRDS）组成^[3]。

1.1.3 假设参考数字段

两个相邻数字配线架（或其等效设备）之间用来传送一种规定速率的数字信号的全部装置构成一个数字段。数字段可以分为数字线路段（例如光缆传输系统）和数字无线段（例如微波系统）。所谓假设参考数字段（HRDS）就是具有一定长度和指标规范的数字段。HRDS 构成 HRDL 或 HRDP 的一部分。其长度应该是实际网络中所遇到的数字段的典型长度，例如长途通信的 HRDS 为 280km；少数大国可能取更长的距离，例如美国的 HRDS 为 400km；中国的 HRDS 为 420km 和 280km 两种，一级干线通常按 420km 设计。市话光缆通信的 HRDS 为 50km。HRDS 的模型一般是均匀的，不含复用设备，只含端机和再生器。随着光电一体化的发展，光端机和复用器已作成一体，新的 SDH 设备的光终端设备和复用器也是一体化的，此时数字段将包含复用功能在内。由于复用器所引入的传输损伤远比线路系统的小，通常可以忽略，因而上述有关数字段的定义不会影响性能指标的实际分配结果。

近年来，ITU-T 有关数字网的结构研究重点已从 HRDL 或 HRDP 转向 HRDS。这是由于采用 HRDS 已经可以很好地规范网络性能指标，同时又便于导出设备设计指标，用以指导系统设计。因此，我们在以后的分析中都将主要按照 HRDS 来进行网络和系统的指标分配。

图 1.1.2 显示了一个数字连接的示意图，图中展示了数

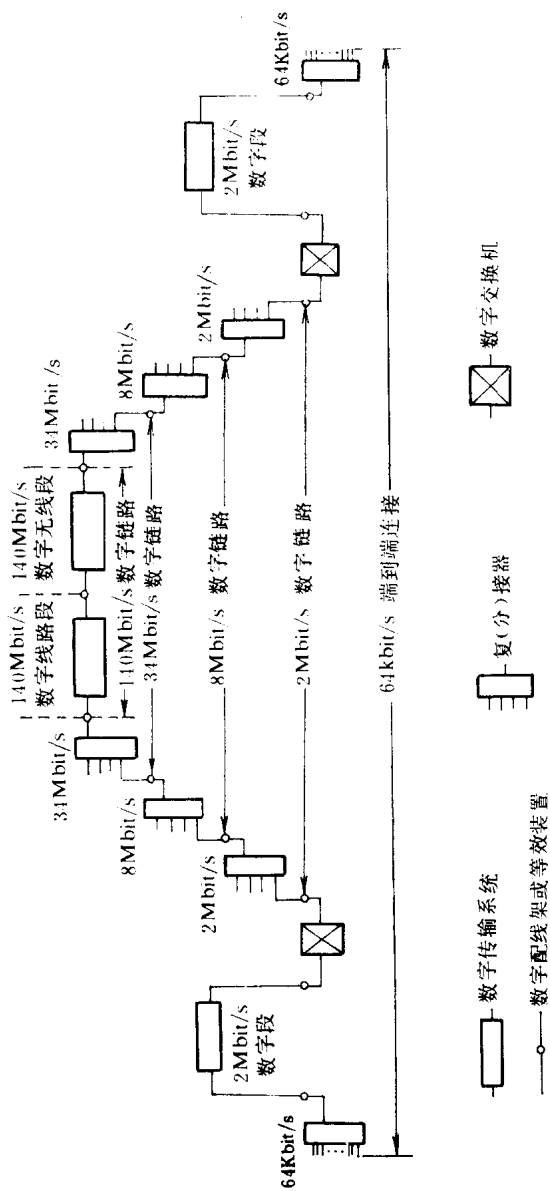


图 1.1.2 数字连接示意图

字段、数字链路和数字连接的相互关系。

1.1.4 国内最长 HRP

我国国内标准最长 HRP 的组成如图 1.1.3 所示, 全长 6900km, 共分为三部分。长途网中两个最远长途端局之间的距离为 6500km, 可以覆盖全国 95% 的长途端局; 中继网中的长途端局与市话端局的最长距离为 100km; 用户网部分的最长传输距离通常不超过 100km。实际大部分通道都短于上述最长通道, 因而其性能将优于 HRP 的性能限值。

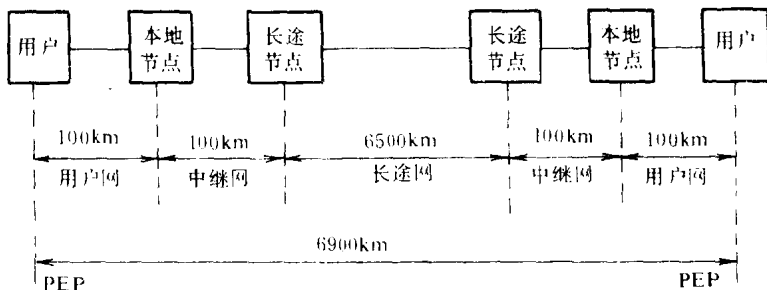


图 1.1.3 国内标准最长 HRP

1.2 光缆通信系统的组成

1.2.1 PDH 光缆通信系统的组成

一个完整的 PDH 光缆通信系统由 PCM 复用设备和数字复用设备及光缆线路系统组成⁽²⁾。以 140Mbit/s 长途通信系统为例, 其典型的构成框图如图 1.2.1 所示。图中 4 (4') 表示四次群光端机与四次群数字复用设备 M4 的接口; 3 (3')

表示四次群数字复用设备的支路口与三次群数字复用设备 M3 的接口；2 (2') 表示三次群数字复用设备的支路口与二次群数字复用设备 M2 的接口；1 (1') 表示二次群数字复用设备的支路口与程控数字交换机或一次群 PCM 复用设备的接口；0 (0') 表示一次群 PCM 复用设备的音频话路与模拟空分交换机的接口，或 64Kbit/s 接口。实际应用中，随着网络数字化的进展，将有越来越多的程控数字交换机投入应用，因而光缆通信系统与交换机的接口将主要是 2Mbit/s 接口。

该图显示了一个完整的功能组成，实际设备无论怎样设计，上述基本功能都是具备的。例如 2~34Mbit/s 的跳群设备尽管没有 8Mbit/s 的电接口，但内部 2~8Mbit/s 和 8~34Mbit/s 复用功能都照旧存在。又例如光电合一设备将不再有中间等级的对外数字接口，但内部接口往往依然存在。当然也有例外的情况，这里就不详述了。

光缆线路系统可以进一步表示为图 1.2.2 所示的结构（表示配置有再生器的情况），图中参考点 S 表示紧靠在发送机 TX 或再生器 REG 的光连接器 C 后面的光纤点，而参考点 R 表示光接收机 RX 或再生器 REG 的光连接器 C 前面的光纤点。参考点 S 和 R 往往作为发送机和接收机与光通道的标准连接点。光缆线路系统实质上是一种在给定比特率上实现数字线路段的手段。

1.2.2 SDH 光缆通信系统的组成

SDH 光缆通信系统的组成可以有多种配置形式，例如线性、环形和星形。为了与上述 PDH 系统相比较，下面以线性配置为例，给出了典型 STM-N SDH 光缆线路系统的示意图 1.2.3。