

概 述

地铁通信检修工担负着地铁运营专用通信系统计划性检修、故障应急处置等维保生产重任，在运营生产中起着举足轻重的作用，其职业素质、业务技能水平的高低直接关系到整个地铁线网的生产效率和运营安全。

对于通信检修工而言，掌握系统的理论和实操基础尤为重要。专用通信系统涵盖：传输系统、公务电话系统、专用电话系统、无线通信系统、电源及接地系统、乘客信息系统、视频监控系統、广播系统、时钟系统、集中网络管理系统、计算机网络系统、视频会议系统等 12 个子系统。结合系统特点，通信检修工可分为通信综合检修工和通信 OCC 检修工，按照所辖设备的地域以及类型分别对正线和控制中心的专用通信系统设备进行全面的维护管理。

基于设备维护要求，成都地铁对于通信设备维护制订了详细的周期修、故障修以及大中修的维护策略。根据成都地铁维护检修的各项规程、规范和标准，通信检修工负责所辖区域内的传输系统、公务电话系统、专用电话系统、无线通信系统、电源及接地系统、乘客信息系统、视频监控系統、广播系统、时钟系统、集中网络管理系统、计算机网络系统、视频会议系统设备的巡检、维护、保养和故障抢修工作，保证专用通信系统正常运行。基于职责的要求，通信检修工必须扎实地掌握通信设备理论知识，同时具有不同状态的实际操作能力。

本教材较全面系统阐述了专用通信系统各子系统的基础知识、岗位知识、故障处理等内容；教材编写贯彻“抓重点、切实际、重现场”的思想，为通信检修工提供理论支持及实操指导。本教材可以有效地帮助初、中、高级通信检修工掌握设备原理、提高设备操作熟练度，有助于提高从业人员基本素质，有助于提升通信检修工的核心知识与技能。

第一部分 基础知识

第一章 通信光电缆基础知识

【本章学习重点】

本章主要介绍了通信光电缆基础知识，包含光缆通信的特点、光缆型号的含义、光缆类别、光纤连接器、尾纤、电缆组成、电缆扭绞形式、电缆端别识别，是对学校所学书本知识的回顾和补充。

第一节 通信光缆基础知识

第一目 通信光缆概述

光缆，是以光纤为载体，以光波为传输媒介的光纤通信缆。随着信息技术的高速发展，光缆不仅在公用通信、广电行业广泛应用，在交通运输、电力、厂矿、建筑等各领域均得到广泛使用。

一、光缆通信的特点

(一) 光缆通信的优点

(1) 通信容量大、传输距离远。一根光纤的潜在带宽可达 20 THz，采用这样的带宽，只

需 1 s 左右，即可将人类古今中外全部文字资料传送完毕。目前，400 Gbit/s 系统已经投入商业使用。光纤的损耗极低，在光波长为 1.55 μm 附近，石英光纤损耗可低于 0.2 dB/km，这比目前任何传输媒质的损耗都低。因此，无中继传输距离可达几十，甚至上百千米。

(2) 信号干扰小、保密性能好。

(3) 抗电磁干扰、传输质量佳，电通信不能解决各种电磁干扰问题，唯有光纤通信不受各种电磁干扰。

(4) 光纤尺寸小、质量轻，便于铺设和运输。

(5) 材料来源丰富，环境保护好，有利于节约有色金属铜。

(6) 无辐射，难于窃听，因为光纤传输的光波不能跑出光纤以外。

(7) 光缆适应性强，寿命长。

(二) 光缆通信的缺点或不足

(1) 质地脆，机械强度差。

(2) 光纤的切断和接续需要一定的工具、设备和技术。

(3) 分路、耦合不灵活。

(4) 光纤光缆的弯曲半径不能过小 ($>20\text{ cm}$)。

二、光缆的基本性能

光缆的基本性能包括：光缆中的光纤传输特性、光缆的机械特性、光缆的环境特性和光

缆的电气特性。

光缆的传输特性取决于被覆光纤。对光缆机械特性和环境特性的要求由使用条件确定。光缆生产出来后，对这些特性的主要项目，例如拉力、压力、扭转、弯曲、冲击、振动和温度等，要根据国家标准的规定做例行试验。成品光缆一般要求给出下述特性，这些特性的参数都可以用经验公式进行分析计算，这里我们只作简要的定性说明。光缆能承受的最大拉力取决于加强件的材料和横截面面积，一般要求大于 1 km 光缆的质量，多数光缆在 100 ~ 400 kg 范围。

(一) 压力特性

光缆能承受的最大侧压力取决于护套的材料和结构，多数光缆能承受的最大侧压力在 100 ~ 400 kg/10 cm。

(二) 弯曲特性

弯曲特性主要取决于纤芯与包层的相对折射率差 Δ 以及光缆的材料和结构。实用光纤最小弯曲半径一般为 20 ~ 50 mm，光缆最小弯曲半径一般为 200 ~ 500 mm，等于或大于光纤最小弯曲半径。在以上条件下，光辐射引起的光纤附加损耗可以忽略，若小于最小弯曲半径，附加损耗则急剧增加。

(三) 温度特性

光纤本身具有良好的温度特性。光缆温度特性主要取决于光缆材料的选择及结构的设计，

采用松套管二次被覆光纤的光缆温度特性较好。温度变化时，光纤损耗增加，主要是由于光缆材料（塑料）的热膨胀系数比光纤材料（石英）大2~3个数量级，在冷缩或热胀过程中，光纤受到应力作用而产生的。在我国，对光缆使用温度的要求，一般在低温地区为-40~+40℃，在高温地区为-5~+60℃。

（四）光缆机械性能的实现

- （1）加强芯——主要抗拉元件。
- （2）套管——将光纤与外界隔绝，提供最基本的保护。
- （3）余长控制——二套及成缆。
- （4）金属带纵包——防潮、防水、抗侧压、抗冲击。
- （5）护套——抗侧压、抗冲击、抗弯曲。

（五）光缆的防潮措施

- （1）径向防水——纤膏及缆膏填充、金属带纵包、PE护套。
- （2）轴向防水——纤膏及缆膏填充、阻水环、阻水带、阻水纱、单根加强。

（六）光缆避免形成氢压的措施

- （1）氢气源于光缆材料。
- （2）严格挑选材料，控制材料析氢量，控制不同材料间的反应析氢。
- （3）特别是金属件的析氢控制（镀锌钢丝加强芯的禁用）。

三、光缆型号含义

(一) 光缆色序

国标色谱：蓝\橙\绿\棕\灰\白(本色)\红\黑\黄\紫\玫瑰(粉红)\天蓝(青绿)。

(二) 光缆型号的编制

(1) 光缆型号的构成。光缆型号由光缆型式的代号和规格的代号构成，中间用一空格隔开。

(2) 型式代号。光缆的型式由 5 个部分组成，如下所示。各部分均用代号表示。

① 分类的代号。

GY—— 通信用室(野)外光缆

GM—— 通信用移动式光缆

GJ—— 通信用室(局)内光缆

GS—— 通信用设备内光缆

GH—— 通信用海底光缆

GT—— 通信用特殊光缆

② 加强构件的代号。

(无符号)—— 金属加强构件

F—— 非金属加强构件

③ 结构特征的代号。

D—— 光纤带状结构

S—— 光纤松套被覆结构

J—— 光纤紧套被覆结构

(无符号)—— 层绞结构

G—— 骨架槽结构

X—— 缆中心管(被覆)结构

T—— 油膏填写充式结构

E—— 护层椭圆截面

C—— 自承式结构

B—— 扁平形状

Z—— 阻燃结构

④ 护层的代号。

Y—— 聚乙烯护套

V—— 聚氯乙烯护套

A—— 铝-聚乙烯粘结构护套(简称 A 护套)

S—— 钢-聚乙烯粘结构护套(简称 S 护套)

W—— 夹带平行钢丝的钢-聚乙烯粘结构护套(简称 W 护套)

⑤ 外护层的代号。

表 1-1-1 外护层的代号

代号	铠装层	代号	外被层或外套
0	无铠装层	1	纤维外被
2	单细圆钢丝	3	聚乙烯套
4	皱纹钢带	5	聚乙烯套加尼龙层

(3) 规格代号。光缆的规格由光纤规格和导电芯线的有关规格组成，光纤和导电芯线规格之间用“+”号隔开。

光纤规格：光纤规格是由光纤数和光纤类别代号组成。光纤数用光缆中同一类别光纤的实际有效数目的数字表示。也可用光纤带（管）数和每带（管）光纤数为基础的计算加圆括号来表示。

表 1-1-2 光纤类别的代号

代号	光纤类别	对应 ITUT 标准
A1a 或 A1	50/125 μm 二氧化硅系渐变型多模光纤	G.651
A1b	62.5/125 μm 二氧化硅系渐变型多模光纤	G.651
B1.1 或 B1	二氧化硅普通单模光纤	G.652
B4	非零色散位移单模式光纤	G.655

四、光缆类别

(1) 按光纤在光缆中的状态分：紧结构、松结构、半松半紧结构。

(2) 按缆芯结构分：中心管式、层绞式、骨架式、带状式。

(3) 按光缆敷设条件分：架空、管道、直埋和水底光缆。

(4) 按光缆使用环境场合分：室外光缆、室内光缆。

第二目 光纤概述

一、光纤概况

光纤的中心是光传播的玻璃芯，外面包围着一层折射率比玻璃芯低的玻璃封套以使光纤保持在芯内，再外面是一层薄的塑料外套用来保护封套。光纤极高的可靠性和传输质量以及光纤在设计制造中新技术的不断采用使得光纤的使用范围越来越广泛。

二、光纤分类

光纤按照光的传输模式可分为单模光纤和多模光纤两大类。

(一) 单模光纤 (Single Mode Fiber)

单模光纤在给定波长上只能以单一模式传输，单模光纤传输频带宽，传输容量大；单模光纤和多模光纤可以从纤芯的尺寸大小来简单地判别。中心玻璃芯很细（芯径一般为 $9\ \mu\text{m}$ 或 $10\ \mu\text{m}$ ），只能传一种模式的光。因此，其模间色散很小，适用于远程通信，但还存在着材料色散和波导色散，这样单模光纤对光源的谱宽和稳定性有较高的要求，即谱宽要窄，稳定性要好。后来又发现在 $1.31\ \mu\text{m}$ 波长处，单模光纤的材料色散和波导色散一为正、一为负，大小也正好相等。这就是说在 $1.31\ \mu\text{m}$ 波长处，单模光纤的总色散为零。从光纤的损耗特性来看，