



通信工程施工 工艺手册

中铁电气化局集团第三工程有限公司 编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

中国铁路出版社

通信工程施工工艺手册

中铁电气化局集团第三工程有限公司 编

主编：刘清波

副主编：郭书通 甘从海 刘雪杰 沙巨生

主 编：陈留余

编写人员：张德海 刘清波 刘雪杰 沙巨生

参编人员：刘清波 刘雪杰 沙巨生

参编人员：刘清波 刘雪杰 沙巨生

参编人员：刘清波 刘雪杰 沙巨生

参编人员：刘清波 刘雪杰 沙巨生

参编人员：刘清波 刘雪杰 沙巨生

参编人员：刘清波 刘雪杰 沙巨生

参编人员：刘清波 刘雪杰 沙巨生

参编人员：刘清波 刘雪杰 沙巨生

参编人员：刘清波 刘雪杰 沙巨生

参编人员：刘清波 刘雪杰 沙巨生

中国铁道出版社

2017年·北京

图书在版编目(CIP)数据

通信工程施工工艺手册/中铁电气化局集团第三工程有限公司编. —北京:中国铁道出版社, 2017. 8

ISBN 978-7-113-23482-9

I. ①通… II. ①中… III. ①通信工程-工程施工-技术手册
IV. ①TN91-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 190746 号

书 名: 通信工程施工工艺手册
作 者: 中铁电气化局集团第三工程有限公司

策 划: 王 健
责任编辑: 冯海燕 编辑部电话: 010-51873371
封面设计: 王镜夷
责任校对: 苗 丹
责任印制: 高春晓

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 中国铁道出版社印刷厂

版 次: 2017年8月第1版 2017年8月第1次印刷

开 本: 850 mm×1 168 mm 1/32 印张: 6.125 字数: 155 千

书 号: ISBN 978-7-113-23482-9

定 价: 20.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。

电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

《通信工程施工工艺手册》

编 委 会

主 任: 徐佳明 陈洪昌

副 主 任: 谷进才 石锋伟

委 员: 袁志鹏 荆广波 孔 松 刘绍鹏

孟祥亮 梅子江 袁妍妍 曹恒立

刘洪海

顾 问: 郭书通 甘从海 刘勇杰 沙巨生

主 编: 陈留安

编写人员: 任继涛 武磊磊 汪克敏 孟令钊

王 进 杨小莹 赵令波 孙利欣

田志刚 刘红强 李明勋 张 宁

沈 阔 沙文辉 李高明

陈留安

2017年5月

前 言

中铁电气化局集团第三工程有限公司通信分公司积极开展“两学一做”实践活动,坚持“诚信、协作、敬业、创新”的经营理念,积极开拓市场,信守承诺,苦练内功,坚持全过程管理,重安全、严质量,坚持以树立“中铁电化品牌”为远大理想,用“促创干、争一流”的中铁精神,实现企业的伟大梦想。

通信行业发展迅猛、日新月异,铁路通信建设集成服务、总包施工已成为主流,单一的通信工程建设越来越少,我们只有紧跟时代的步伐,认真学习现代通信技术,掌握当今通信工程施工的先进工艺,传承好优良的传统技法,严守通信质量标准,在实践中虚心学习和领会新技术,不断提升自己的施工工艺和企业标准,才能打造通信行业的“样品工程、精品工程”,才能让客户满意、让客户放心,实现通信工程的精品目标。

本手册共分4章,第1章 通信线路建筑施工,第2章 通信设备安装施工,第3章 无线通信建筑安装施工,第4章 安全质量管控和文明施工。另有一篇后记。

本书编写过程中得到了中铁电气化局集团和第三工程有限公司领导的大力支持,通信分公司各部门及项目部也给予了大力协助和支持,值此,特向关心和支持本书编写的领导和同事表示衷心的感谢和敬意。

由于作者能力有限,文中难免有不妥之处,还请读者多提宝贵意见和建议,以求改进。

陈留安

2017年6月

目 录

1	通信线路建筑施工	1
1.1	执行标准	1
1.2	通信线路工程主要施工内容	1
1.3	施工基本要求	1
1.4	通信线路施工	2
1.5	通信线路施工测试	54
1.6	线路施工典型案例	58
2	通信设备安装施工	63
2.1	执行标准	63
2.2	通信设备安装施工内容	63
2.3	施工基本要求	63
2.4	施工准备	64
2.5	设备安装、配线	68
2.6	设备安装缺陷举例	133
3	无线通信建筑安装施工	136
3.1	执行标准	136
3.2	无线通信主要施工内容	136
3.3	施工基本要求	136
3.4	施工准备	136
3.5	无线通信工程施工	138
3.6	无线通信工程施工缺陷举例	181
4	安全质量管控和文明施工	184

4.1	安全保证措施	184
4.2	质量保证措施	185
4.3	文明施工	186
4.4	文物保护	187
4.5	成品保护要求	187
后	记	188

1 通信线路建筑施工

1.1 执行标准

- (1)《铁路通信工程施工技术指南》(TZ 205—2009)。
- (2)《高速铁路通信工程施工技术规程》(Q/CR 9606—2015)。
- (3)《铁路运输通信工程施工质量验收标准》(TB 10418—2003)。
- (4)《高速铁路通信工程施工质量验收标准》(TB 10755—2010)。
- (5)集团公司施工标准化作业系列丛书《通信工程施工作业操作手册》(2014 版)。

1.2 通信线路工程主要施工内容

铁路通信线路工程主要施工内容包括:线路测量、径路标定,划线开挖、光电缆防护,光电缆敷设、光电缆接续及测试、沟坑回填及夯实、特殊区段加固、区间设备安装、径路标识,缆线终端引入及成端制作、光电缆中继段测试等。

1.3 施工基本要求

施工前应认真阅读设计文件、施工图纸,参加设计交底,正确理解设计意图、做好业主协调,编好施工组织设计,做好工艺标准宣贯和安全技术培训,认真执行工艺标准,强化过程安全质量监督与控制,配合独立第三方做好工程质量检验,虚心接受业主、监理和当地政府安全质量监督部门提出的意见和建议,坚持过程自检与最终检验相结合,实现工程竣工零缺陷。

1.4 通信线路施工

1.4.1 直埋光缆

1. 直埋光缆结构

光缆的基本结构:PE 护套—双面涂塑钢带—阻水纱—缆芯填充物—加强件—松套管—套管填充物—光纤。

常见直埋光缆结构如图 1-1~图 1-5 所示。

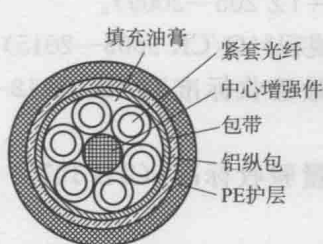


图 1-1 紧套层绞式 6 芯光缆

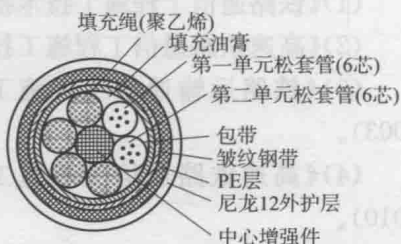


图 1-2 松套管层绞式 12 芯直埋光缆

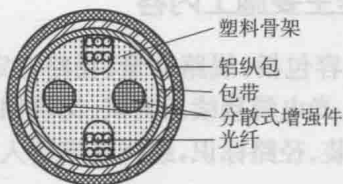


图 1-3 骨架式 12 芯光缆（管道、架空）

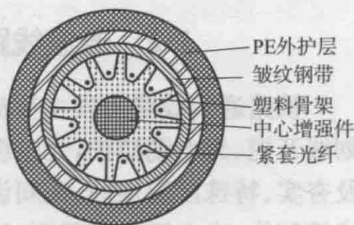


图 1-4 骨架式 12 芯光缆（直埋）

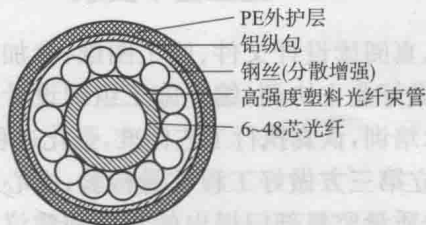


图 1-5 束管式 6~48 芯光缆

2. 光缆命名方法

光缆的型号根据国标 GB 7424—87 规定,由光缆的型式和规格组成。

(1)光缆型式由五个部分组成(图 1-6),说明如下:



图 1-6 光缆代号说明

I:分类代号及其意义:

GY——通信用室(野)外光缆;GR——通信用软光缆;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。

II:加强构件代号及其意义:

无符号——金属加强构件;F——非金属加强构件;G——金属重型加强构件;H——非金属重型加强构件。

III:派生特征代号及其意义:

D——光纤带状结构;G——骨架槽结构;B——扁平式结构;Z——自承式结构;T——填充式结构。

IV:护层代号及其意义:

Y——聚乙烯护层;V——聚氯乙烯护层;U——聚氨酯护层;A——铝-聚乙烯黏结护层;L——铝护套;G——钢护套;Q——铅护套;S——钢-铝-聚乙烯综合护套。

V:外护层的代号及其意义:

外护层是指铠装层及其铠装外边的外护层,外护层的代号及其意义见表 1-1。

表 1-1 外护层的代号及其意义

代号	铠装层(方式)	代号	外护层(材料)
0	无	0	无
1	—	1	纤维层
2	双钢带	2	聚氯乙烯套
3	细圆钢丝	3	聚乙烯套
4	粗圆钢丝	—	—
5	单钢带皱纹纵包	—	—

(2) 光缆的规格由五部分七项内容组成(图 1-7)。

I	II	III	IV			V
			a	bb	cc	

图 1-7 光缆的规格组成

其中罗马数字:

I——光纤数量,用实际数量 $1, 2, 3, \dots, n$ 表示。

II——光纤类型,常用 J、T、Z、D、X、S 等表示。J 代表二氧化硅系多模渐变型光纤;T 代表二氧化硅系多模突变型光纤;Z 代表二氧化硅系多模准突变型光纤;D 代表二氧化硅系单模光纤;X 代表二氧化硅纤芯塑料包层光纤;S 代表塑料光纤。

III——光纤主要尺寸参数,用 $1, 2, 3, \dots, n$ 的数值表示,单位是 μm 。

IV——波长、衰减、带宽分别用 a、bb、cc 三组字符表示,见表 1-2。

表 1-2 波长、衰减、带宽字符含义

字符	含 义
a	a 为 1 时,表示使用波长在 $0.85 \mu\text{m}$ 区域
	a 为 2 时,表示使用波长在 $1.30 \mu\text{m}$ 区域
	a 为 3 时,表示使用波长在 $1.55 \mu\text{m}$ 区域

续上表

字符	含 义
bb	表示衰减常数,以两位数表示,单位 dB/km
cc	表示模式带宽,以两位数表示,单位 MHz · km

V——适用温度,具体说明见表 1-3。

表 1-3 适用温度字符说明

字符	含 义
V	V 为 A 时,表示适用温度在 $-40^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$
	V 为 B 时,表示适用温度在 $-30^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$
	V 为 C 时,表示适用温度在 $-20^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$
	V 为 D 时,表示适用温度在 $-5^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$

(3) 缆线命名举例。

GYTA₅₃—8D

GY 为室外光缆;T 为填充式结构;A 为铝-聚乙烯黏结护层;53 为单钢带皱纹纵包-聚乙烯套防护;8D 代表 8 芯单模光纤。

3. 光缆特性

(1) 衰减系数

光纤衰减系数是指光在单位长度光纤中传输时的衰耗量,单位是 dB/km。

单模光纤(Fiber)有两个低损耗区域,分别是 1 310 nm 和 1 550 nm 窗口。1 550 nm 窗口又分为 C-band(C 波段)(1 525~1 562 nm)和 L-band(L 波段)(1 565~1 610 nm)。如图 1-8 所示。

(2) 光纤的色散特性

光脉冲中不同频率或模式在光纤中的群速度不同,这些频率成分和模式到达光纤终端有先有后,使得光脉(Pulse)冲发生展宽,这就是光纤的色散,单位[ps/(nm · km)],如图 1-9 所示。色散用时延差来表示,时延差是指不同频率的信号成分传输同样的距离所需要的时间之差。

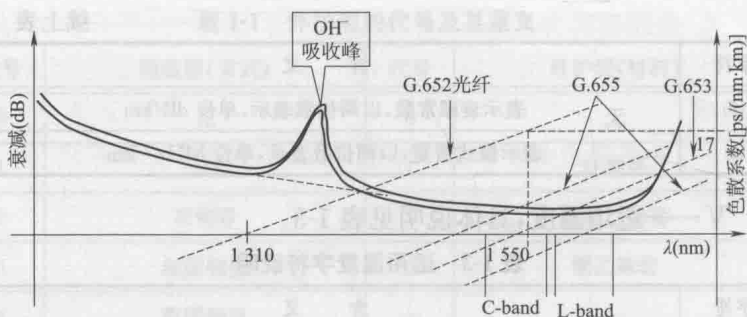


图 1-8 光纤的特性

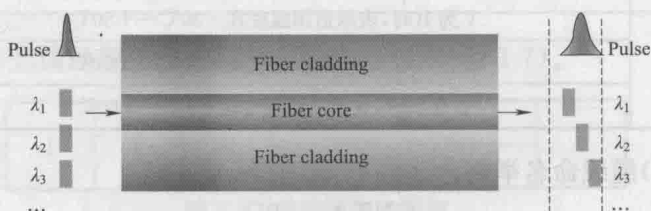


图 1-9 色散引起的脉冲展宽示意图

4. 光缆单盘测试

(1) 外观检查, 确认光缆制造是否有缺陷, 判断光缆运输有无碰撞、挤压问题。

(2) 单盘光缆主要测三项指标, 即: 单盘光纤损耗 (dB)、光纤衰减系数 (每公里损耗 dB/km)、光纤长度 (m)。

(3) 光缆指标用光时域反射仪 (OTDR) 测试。为提高测试精度, 始端应加入 200 m 以上的辅助光纤以消除仪表盲区影响。

(4) 仪表参数设置: 光纤折射率、距离量程、平均化时间等。

(5) 通过每芯光纤的三项指标测试和光纤的背向散射曲线, 准确判断每根光纤是否存在制造缺陷。

(6) 单盘通过 1310 nm 和 1550 nm 窗口测试, 一旦发现光纤质量存在问题, 应及时保存曲线, 分析原因, 确认是制造问题的, 及时和厂方沟通, 办理相关退换手续, 严禁问题光缆用于工程中。

(7) 填写“光缆单盘测试记录”(表 1-4), 详细描述单盘测试结果。

表 1-4 光缆单盘测试记录

光缆型号_____ 盘 号_____ 标明盘长_____ km
 折 射 率_____ 测试仪表_____ 测试地点_____
 施工单位_____ 测 试 人_____ 测试日期_____

测试项目 光纤号		光纤衰减(dB)				光纤长度(km)	
		1 310 nm		1 550 nm		1 310 nm	
		A→B	B→A	A→B	B→A	A→B	B→A
蓝管	蓝						
	桔						
	绿						
	棕						
	灰						
	白						
光缆外观检查:包装_____,缆身外观_____,标识_____。							

5. 测试方法

(1) 波形说明

1) 近端面反射:由 OTDR 光纤连接器与被测光纤之间的连接缝产生。该反射区的光纤损耗不能被探测,这个反射区叫盲区。

2) 后向反射光:当光信号通过光纤传播时,由于光纤材料密度的不均匀性和结构尺寸不均匀性会产生瑞利散射,这种散射光是反方向传播的,所以叫后向散射光,如图 1-10 标注。

3) 熔接损耗:由光纤熔接点的光纤轴向、角度偏差产生。

4) 连接器产生的反射:它不像熔接点,是连接器中存在微小缝隙,当光通过时,便产生反射和损耗。

5) 光纤远端的菲涅尔反射:当有光进入光纤后,菲涅尔反射主要发生在光纤末端、断点或折射率发生变化处,比如光纤远端当玻璃与空气垂直接触,就会有大约有 3.4%(-14.7 dB)的入射光被反射。

6) 动态范围:是指近端后向散射光与远端散射光(RMS=1)的差值。

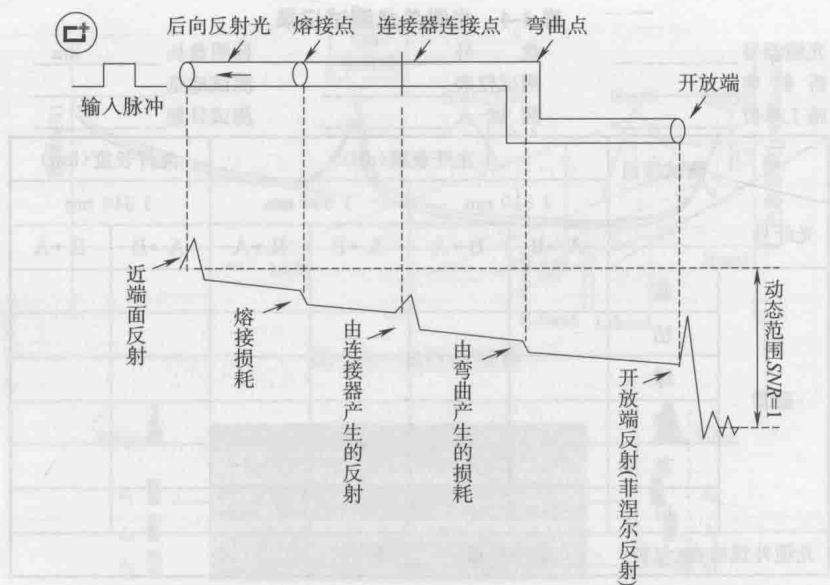


图 1-10 光纤背向散射曲线

7)育区:由于连接器的连接点存在菲涅尔反射光,导致光纤前端不能测量,该区域为盲区。

(2)测试方法及步骤

1)用酒精将光纤擦拭干净,用光纤切割刀制作光纤断面,光纤断面允许偏差小于 5° 。

2)将制作好的被测光纤放入光纤接线子(或V形槽)一端卡住,再将与OTDR相连的辅助尾纤末端放入光纤接线子(或V形槽)的另一端,对准后卡紧,即可测试。

3)打开电源,OTDR通过自检后,设置测试参数(测试范围、测试脉宽、折射率等),然后,按照OTDR说明书的操作步骤进行各项指标测试。

4)光纤长度以1310 nm窗口为准,测试时光纤折射率应和光纤出厂参数一致。

5) 光纤固有衰减和衰减系数测试,应根据光纤运用波长进行测试,单模光纤在 1 310 nm 和 1 550 nm 窗口测试,多模光缆在 850 nm 和 1 310 nm 窗口测试。

6) 单盘测试中及时填写测试记录,作为竣工资料的一部分。

7) 单盘内所有光纤测试后,切除为测试开剥的裸光纤,用热缩帽对光缆端头密封,待光缆盘好后,恢复包装物,以便运输。

(3) 常见光纤事件类型

— 没有反射的事件,由熔接等造成。

— 没有反射的事件,由熔接等造成(负熔接损耗)。

— 带有反射的事件,由连接器等造成。

6. 单模光缆出厂指标

(1) 模场直径: $(8.6 \sim 9.5) \mu\text{m} \pm 0.7 \mu\text{m}$; 1 310 nm 窗口典型值: $(9.2 \pm 0.5) \mu\text{m}$, 1 550 nm 窗口典型值: $(10.5 \pm 1.0) \mu\text{m}$ 。

(2) 包层直径: $(125.0 \pm 1) \mu\text{m}$ 。

(3) 模场同心度误差: 1 310 nm 波长 $\leq 0.8 \mu\text{m}$ 。

(4) 包层不圆度: $< 2.0\%$ 。

(5) 折射率系数 1 310 nm 窗口为 1.467 5; 1 550 nm 窗口为 1.468 1。

(6) 截止波长: λ_{cc} (在 2 m 光纤上测试): 1 100 ~ 1 280 nm; λ_{cc} (在 22 m 成缆上测试): $< 1 260 \text{ nm}$ 。

(7) 单模光纤衰减常数: 1 310 nm 窗口 $\leq 0.35 \text{ dB/km}$; 1 550 nm 窗口 $\leq 0.21 \text{ dB/km}$ 。光纤在 1 288 ~ 1 339 nm 波长范围内,任一波长的光纤衰减常数与 1 310 nm 波长相比,其差值 $\leq 0.03 \text{ dB/km}$ 。在 1 525 ~ 1 575 nm 波长范围内,任一波长的光纤衰减系数与 1 550 nm 波长相比,其差值 $\leq 0.02 \text{ dB/km}$ 。

(8) 衰减不均匀性: 在光纤后向散射曲线上,任意 500 m 长度上的实测衰减与全长度上平均每 500 m 的衰减值之差的极大值 $\leq 0.05 \text{ dB}$ 。

(9) 普通单模 G. 652 光纤色散系数。

1) 零色散波长 λ_0 : 在 1 300~1 324 nm 范围之间, 零色散斜率 $S_{0\max}$ 为 0.093 ps/(nm²·km)。

2) 波长在 1 288~1 339 nm 范围内, 最大色散系数幅值 ≤ 3.5 ps/(nm·km), 波长在 1 271~1 360 nm 范围内, 最大色散系数幅值 ≤ 5.3 ps/(nm·km), 但损耗较大, 约为 0.3~0.4 dB/km。

3) 在 1 550 nm 波段色散较大, 约为 20 ps/(nm·km)。但损耗较小, 约为 0.19~0.25 dB/km。

(10) 偏振膜色散(PMD): ≤ 5.3 ps/km^{1/2}。

(11) 低色散斜率 G655 光纤, 其色散系数在 0.05 ps/(nm·km) 以下, 在 1 530~1 565 nm 波长范围内色散系数为 2.6~6.0 ps/(nm·km), 在 1 565~1 625 nm 波长范围的色散系数为 4.0~8.6 ps/(nm·km)。

(12) G. 653 色散位移光纤, 是在 G. 652 光纤的基础上, 将零色散点从 1 310 nm 窗口移动到 1 550 nm 窗口, G. 653 光纤色散非常小, 容易产生各种光学非线性效应网, 因此没有得到广泛应用。

(13) 宏弯损耗: 单模 B1.1 光纤, 以半径 37.5 mm 松绕 100 圈后, 其附加衰减 < 0.05 dB/km。

(14) 光纤光缆高低温度衰减特性: 在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 衰减变化 < 0.05 dB/km。

(15) 光纤在束管中为全色谱标识, 光纤着色采用光固化, 用丙酮擦拭 200 次后不褪色。

(16) 光缆中任意两根光纤的熔接衰减: 平均值 < 0.02 dB, 最大值 < 0.03 dB。

(17) 光缆的机械特性(表 1-5)。

表 1-5 光缆的机械特性

项 目		技术要求	
拉伸	受力情况	短期(敷设时)	长期(工作时)
	缆中光纤允许应变	$\leq 0.1\%$	$\leq 0.05\%$
	允许拉力(N)	$> 1\,500$	> 600