

ICS 91.140.10

CCS P 46

团 体 标 准

T/CDHA ××××-××××

直埋供热管道光纤监测系统技术条件

Technical requirements of optical fiber monitoring system
for directly buried heating pipelines

(征求意见稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国城镇供热协会 发布

目 次

前 言.....	II
1 范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 系统构成和基本功能.....	2
5 设备与材料.....	3
6 系统布置.....	5
7 安装与敷设.....	7
8 系统测试.....	8

前 言

本标准按照 GB/T1.1-2020 给出的规则起草。

本标准由中国城镇供热协会提出。

本标准由中国城镇供热协会标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：唐山兴邦管道工程设备有限公司、中国科学院合肥物质科学研究院、中国市政工程华北设计研究总院有限公司、北京百世通管道科技有限公司、廊坊华宇天创能源设备有限公司、北京市建设工程质量第四检测所、天津天地龙管业股份有限公司、吉林省新型管业有限责任公司、郑州热力集团有限公司、大连科华热力管道有限公司、中投（天津）智能管道股份有限公司、天津市津能管业有限公司、北京市热力工程设计有限责任公司、中国市政工程中南设计研究总院有限公司、北京热力装备制造有限公司、泰安市泰山城区热力有限公司、唐山市热力总公司、中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司、河北益瑞检测科技有限公司。

本标准主要起草人：邱华伟、李广山、王帅、汤玉泉、张志荣、刘洪俊、周抗冰、叶连基、冯文亮、王珣玥、刘秀清、钟俊坤、张素娟、刘江、刘建立、王春生、冯平艳、蒋祥龙、贾丽华、张宏伟、宋海江、安航、胡涛。

本标准为首次的团体标准制定。

直埋供热管道光纤监测系统技术条件

1 范围

本标准规定了直埋供热管道光纤安全监测系统的术语和定义、系统构成和基本功能、设备与材料、系统布置、安装、调试的要求。

本标准适用于敷设在管道外部，基于温度传感技术的直埋供热管道光纤监测系统（以下简称光纤监测系统），用于对直埋供热管道泄漏与爆管的监测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）

GB 4943 信息技术设备的安全

GB 7247.1 激光产品的安全 第1部分：设备分类、要求

GB/T 7424.2 光缆总规范 第2部分：光缆基本试验方法

GB/T 9361 计算机场地安全要求

GB/T 12357.1 通信用多模光纤 第1部分：A1类多模光纤特性

GB/T 17618 信息技术设备抗扰度限值和测量方法

GB/T 34068 物联网总体技术智能传感器接口规范

DL/T 5344 电力光纤通信工程验收规范

YD/T 814.1 光缆接头盒

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

测温光缆 temperature measuring optical fiber cable

用于实现分布式温度传感测温的光缆。简称光缆。

3.2

测温主机 temperature measurement host

能发射激光脉冲，接收反馈信号，并转换为沿光缆不同位置的温度变化数据，实现温度测量及定位的装置。

3.3

监测平台 monitoring system platform

接收测温主机的数据，显示测温光缆分布式温度及定位，实现温度异常报警、数据储存等功能，对直埋供热管道监测的应用终端。

3.4

手孔井 hand-hole shaft

光缆接头处理，检修等特殊需求的工作井。

3.5

光缆米标 optical fiber cable meter mark

在光缆外护表面按 1m 间隔逐一标注的光缆长度标识。

3.6

定位误差 positioning error

监测系统显示的温度异常位置和管道实际发生温度异常位置之间的偏差。

3.7

最大监测距离 Maximum monitoring distance

监测系统主机单个通道能达到监测光缆的最大长度。

3.8

检查测试点 Check test points

设置于换热站或热力井室、手孔井内专用于检测、检修的光缆接头。

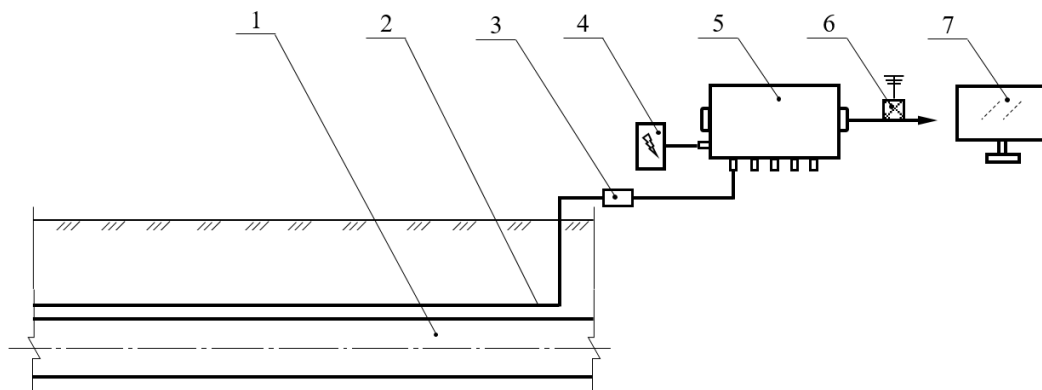
3.9

单通道测温时间 Single channel temperature measurement time

从测温主机发出光信号开始到整个单通道内的所有采集点数据都回到主机的最短时间。

4 系统构成和基本功能

4.1 直埋供热管道光纤监测系统（以下简称光纤监测系统）应包括光缆及光缆接头盒、测温主机及电源、监测平台及通信模块。光纤监测系统示意图 1。



说明：

- 1——直埋供热管道；
- 2——光缆；
- 3——光缆接头（盒）；
- 4——电源；
- 5——测温主机（箱）；
- 6——通信模块；
- 7——监测平台。

图 1 光纤监测系统示意

4.2 光纤监测系统应具备下列基本功能：

- a) 检测和定位直埋供热管道的泄漏点；

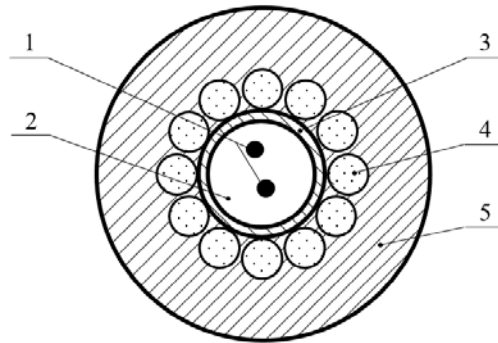
- b) 同一监测通道中同时定位多个泄漏点；
- c) 各监测主机自动采集、记录并实时上传所辖监测范围内泄漏点数据；
- d) 在监测系统中，结合地理信息系统，直观显示泄漏点的信息。

5 设备与材料

5.1 光缆及光缆接头盒

5.1.1 光缆

5.1.1.1 光缆应符合 GB/T 12357.1 的规定。光缆宜采用多模光纤，结构示意见图 2。



说明：

- 1——光纤；
- 2——填充油膏；
- 3——不锈钢无缝管；
- 4——不锈钢丝铠；
- 5——PE 外护套。

图 2 光缆结构示意图

- 5.1.1.2 光缆外观应平滑，且应无气泡、裂纹、损伤等缺陷。
- 5.1.1.3 光缆的外护表面应有光缆米标。
- 5.1.1.4 光缆应采用金属材料（无缝钢管或不锈钢丝等）和/或非金属耐热防腐材料对光纤进行保护，性能应符合下列规定：
 - a) 光缆的拉伸、防冲击、防压扁、弯曲性能等应符合 GB/T 7424.2 的规定；
 - b) PE 外护套应具有抗老化、耐腐蚀、耐磨性；
 - c) 用于直埋热水管道的光缆应能长期耐受 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度（短期峰值 $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，用于直埋蒸汽管道的光缆应能长期耐受 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}+250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度（短期峰值 $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，且应连续稳定正常工作。
- 5.1.1.5 光缆不应少于 2 芯光纤。
- 5.1.1.6 光纤损耗应符合下列规定：
 - a) 1310nm 单模光纤应小于或等于 0.35dB/km，1550nm 单模光纤应小于或等于 0.21dB/km；
 - b) 850nm 多模光纤应小于或等于 3.5dB/km；1300nm 多模光纤应小于或等于 1.0dB/km。
- 5.1.2 光缆接头盒
 - 光缆接头盒应符合 YD/T 814.1 的规定。
- 5.1.3 光缆保护套管
 - 5.1.3.1 材质可选用 PVC、PPR 类、铝塑类等，并应具有一定的刚性。
 - 5.1.3.2 保护套管的直径不应小于 60mm。

5.2 测温主机及电源

5.2.1 箱体

5.2.1.1 测温主机、电源、通信模块应置于同一箱体内。当有蓄电池时应设置隔断，其相隔距离不应小于 200mm。

5.2.1.2 箱体的防护等级不应低于 GB/T 4208-2017 规定的 IP55。

5.2.1.3 箱体的材质应选用不锈钢或镀锌铁皮，厚度不应小于 1.2mm。当采用镀锌铁皮时，锌含量不应小于 180g/m²，并应进行内外表面喷塑处理。

5.2.1.4 箱体的内外表面应无腐蚀、涂覆层剥落、起泡现象、明显划痕、毛刺等缺陷。

5.2.2 测温主机

5.2.2.1 测温主机性能应符合表 1 的规定。

表 1 测温主机性能

参 数		单 位	指 标
测温范围	直埋热水管道	°C	-40~+130
	直埋蒸汽管道	°C	-40~+250
温度分辨率		°C	±0.1
定位误差		m	±1
单通道测温时间		min	≤1
系统延时		s	1
测温有效距离		km	≥10
测温误差		°C	±1
采样间隔		m	≤0.4

5.2.2.2 测温主机应能在下列环境下正常工作：

- a) 温度-20 °C~+50 °C
- b) 相对湿度 5%~95%；
- c) 大气压力 80kPa~110kPa。

5.2.2.3 测温主机的防护等级不应低于 GB/T 4208-2017 规定的 IP53。

5.2.2.4 耐环境条件应符合下列规定：

- a) 低温应符合 GB/T 2423.1 的规定，试验温度为 -25 °C 试验时间为 2h；
- b) 高温应符合 GB/T 2423.2 的规定，试验温度为 +55 °C 试验时间为 2h；
- c) 交变湿热符合 GB/T 2423.4 的规定：在试验室温度 40 °C ±2 °C 相对湿度 93% ±3% 条件下，持续试验时间 12d。传感器非包装，不通电，不进行中间检测。
- d) 恒定湿热应符合 GB/T 2423.9 的规定：在试验温度为：40 °C ±2 °C 相对湿度 93% ±3% 条件下，持续试验时间 2d。

5.2.2.5 测温主机应具备抗扰度性能，并应符合 GB/T 17618 的规定。

5.2.2.6 测温主机激光器的安全应符合 GB 7247.1 中的 CLASS I 级。

5.2.3 电源

5.2.3.1 选用电网供电时，电源应满足 220V 交流电源使用条件。

5.2.3.2 选用太阳能供电时，电源蓄电容量应满足测温主机连续使用 144h。

5.3 监测平台

5.3.1 环境

监测平台安装环境应符合 GB/T 9361 的规定。

5.3.2 显示

5.3.2.1 监测系统中应能显示实时地图，并能显示对应项目管线分布。

5.3.2.2 点击管线分布应能显示对应管线的相应温度坐标图，并应符合下列规定：

- a) 横坐标显示管道的位置长度，并能放大到 1.0m 每格和缩小至能观测全部波形；
- b) 纵坐标显示温度范围，且不应小于 $-40^{\circ}\text{C}\sim+250^{\circ}\text{C}$ 。

5.3.2.3 点击管线分布应能显示对应管线的历史温度坐标图，横坐标显示时间，纵坐标显示温度范围，且不应低于 $-40^{\circ}\text{C}\sim+250^{\circ}\text{C}$ ，同时应能显示温度最大值与平均值。

5.3.2.4 温度坐标图应同时能显示平均温度、平均温升速率、最高温度、最大温升速率、最高温度位置、最大温升速率位置等数据，并应符合下列规定：

- a) 平均温度、最高温度的显示单位采用 $^{\circ}\text{C}$ ，显示的分辨率为 0.1°C ；
- b) 平均温升速率、最大温升速率的显示单位采用 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，显示分辨率为 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ；
- c) 最高温度位置、最大温升速率位置的显示单位采用 m，显示分辨率为 0.1m。

5.3.2.5 显示应能实时建立报警的可视标识，显示报警信息（温度、位置等），并应有声音提示。

5.3.3 数据存储

5.3.3.1 监测平台应能完整存储管道运行时的数据，包含但不限于外护层温度、管道相应位置数据。

5.3.3.2 监测平台应能自动储存及定期对数据进行备份。储存周期不应少于 12 个月。当因停电等故障中断数据储存时，恢复后应能自恢复数据储存功能。

5.3.4 报警

5.3.4.1 监测平台应具备定温超限、温升速率超限、监测系统功能异常的报警功能。当温度超限、温升速率超限时，还应具备定位功能。

5.3.4.2 监测系统功能异常应包含主机断电、通信故障、光纤损伤等，且光纤损伤报警应具备定位功能。

5.3.4.3 报警响应时间应小于 1min。

5.3.4.4 监测平台可通过手机 APP、手机短信平台、监测软件客户端等途径通知相关人员。

5.3.4.5 报警阈值不应少于两级设置，并应符合下列规定：

- a) 定温超限报警，一级不应大于 50°C ，二级不应大于 65°C ；
- b) 温升速率超限报警，一级不应大于 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，二级不应大于 $15^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

5.3.4.6 定温超限报警、温升速率超限报警应能沿着光缆分区段设置预警值。

5.3.4.7 报警（含定位）准确率不应小于 95%。

5.3.5 数据调阅和命令设置

监测平台应具有参数调阅和命令设置功能。

5.3.6 光纤监测系统安全

光纤监测系统设备安全应符合 GB 4943 的相关规定。

5.4 通信

5.4.1 单台设备的信号上传速率不应小于 2Mbps。

5.4.2 接口应符合 GB/T 34068 的规定。

6 系统布置

6.1 一般规定

6.1.1 系统布置方案应与直埋供热管道设计图纸同时出具。方案应包括监测系统图、平面布置图和设备材料表等。

6.1.2 当直埋管道系统出现设计变更时，应同时重新调整监测系统布置方案。

6.2 光缆

6.2.1 每个监测通道所监测的直埋管道总长度，不应超过测温主机的最大监测距离。配置光缆的长度应有冗余，且不应小于 5%。

6.2.2 监测通道应根据被监测管道长度与测温主机的最大监测距离设计，直埋供热管道的供、回水管道可串联设置在一个通道内监测，也可分别设置通道监测。

6.2.3 每个通道的监测距离不宜超过 10km。

6.2.4 被监测的直埋供热管道系统上应布置检查测试点，相邻两个检查测试点间距不应大于 2km。检查测试点可放置于换热站内或阀门井内，无阀门井时需设置手孔井，其井盖露出地面的高度应大于 50mm。

6.2.5 手孔井的安装位置宜引至绿化带内。手孔井的最小尺寸为 600mm×600mm×800mm。当采用拼装预制树脂材质时，拼装缝隙应做密封处理，井底部土质应有良好的透水性。

6.2.6 光缆终端应设置在换热站或阀门室、手孔井内，光缆预留长度不应小于 10m。

6.2.7 穿越及特殊地段光缆保护应符合下列规定：

a) 光缆在穿跨越公路、铁路、河流等特殊地段时，应使用钢管或塑料管作为保护管，保护管长度应长于光缆穿越段两端各 1m；

b) 当光缆要单独顶管或单独定向穿越时，应使用钢管作为保护管，并应设置标识；

c) 光缆敷设在固定墩或小室位置时，应使用钢管作为保护管。

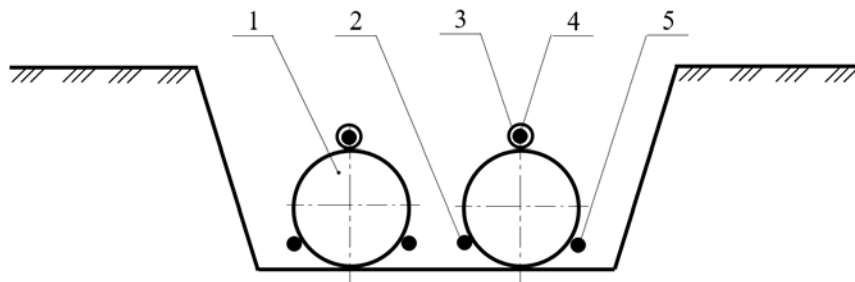
6.2.8 光缆断面布置应符合下列规定，见图 3：

a) 光缆应紧贴供热管道外护管；

b) 光缆宜布置在供回水管道中间区域（见图 3 中的说明 2，管道两内侧安装）。

c) 同一个监测通道内的光缆应选用同一种结构、同一个批次的光缆，且布置位置宜相同。

d) 所有蒸汽管道和热水供热管道穿跨越处光缆应布置在管道上方。



说明：

1——直埋供热热水管道；

2——光缆在管道两内侧安装；

3——保护管；

4——光缆在管道两正上方安装；

5——光缆在管道两外侧安装。

图 3 光缆断面位置

6.3 测温主机

6.3.1 测温主机应设置在箱体内部，测温主机箱应符合 5.2.1 的规定。

6.3.2 测温主机箱应根据直埋供热管道的整体布局，可设置在换热首站、中继泵站、隔压换热站和热力站等的控制室内。

6.3.3 当箱体在室内放置时，应符合下列规定：

- a) 与采暖管道净距不应小于 300mm，且不应设置在散热器的上方；
- b) 与给排水管道净距不应小于 200mm；
- c) 与燃气管、燃气表净距不应小于 300mm。

6.3.4 当箱体在室外放置时，箱底离地面的净距应大于 300mm，且周边 1.5m 内不应有遮挡和攀爬的植被。

6.4 监测平台

监测平台应与供热系统监控中心平台统一设置。

7 安装与敷设

7.1 一般规定

7.1.1 光纤监测系统的安装应与直埋供热管道的敷设同时施工，施工方案应符合设计文件的要求。

7.1.2 施工前应进行技术交底。施工过程中，当现场条件与施工图纸不一致时，应由设计单位对光纤监测系统的设计进行确认或变更。

7.2 光缆

7.2.1 光缆敷设过程中应将光缆从放缆架上通过旋转轴盘缓慢释放，不得拉拽光缆带动轴盘旋转，且不得将光缆从轴盘侧面绕出。

7.2.2 光缆与供热管道外护管应进行环向绑扎，且间隔不应大于 3m，相邻两个绑扎带之间的光缆下垂高度不应大于 50mm，转弯处与接头处等位置应减小绑扎的间隔。

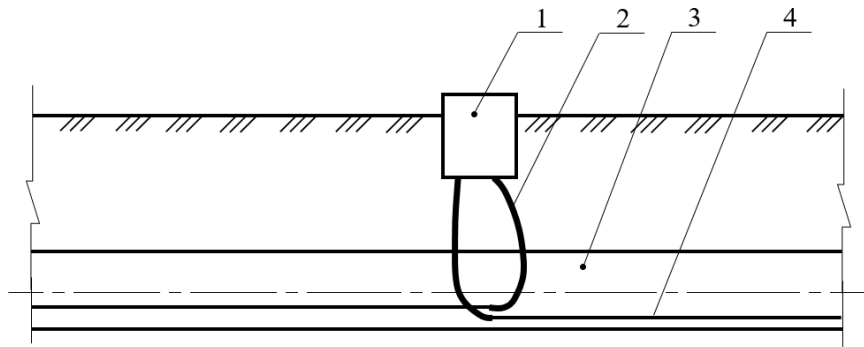
7.2.3 光缆的弯曲半径不应小于光缆外径的 25 倍。

7.2.4 光缆接头盒应布置在热力井室或手孔井内。光缆接头盒外的各条光缆应有余留长度，且不应小于 5m。

7.2.5 在热力井室内预留光缆应盘绕放置于光缆余缆架上，余缆架应固定于井室内的高处，且应留有警示铭牌。

7.2.6 光缆引入手孔井应符合下列规定：

- a) 光缆引入手孔井时应采用软管进行保护，手孔井光缆安装示意图 4；
- b) 光缆保护软管应敷设在已经夯实的回填砂表面；
- c) 需要连接的光缆两端应交叉引出至手孔井内进行连接；
- d) 应留有警示铭牌。



说明：

- 1——手孔井；
- 2——保护软管；
- 3——保温管道；
- 4——光缆。

图 4 手孔井光缆安装示意

7.2.7 光缆连接应符合下列规定：

- a) 光缆接头盒应布置在地势较高、较平坦和地质条件稳定的位置，并应避开水塘、河渠、沟坎、道路等施工维护不便的地点和振动源；
- b) 光缆接头盒内应预留 1.5m 的光纤长度，并应采用扎带绑扎；
- c) 每根光纤应标注永久性的纤号；
- d) 光缆连接应符合 GB/T 26529.3 的规定，并应使用光纤熔接机熔接，不应使用冷接头；
- e) 每根光纤的接头损耗，单向不应大于 0.12dB，双向平均不应大于 0.08dB；
- f) 光纤连接处两端的光缆应进行固定，两端的预留长度应一致。

7.2.8 光缆敷设过程中应沿程记录每一个光缆接头盒的光缆米标、相对应的管网施工图中管道的里程号和地理位置信息。

7.2.9 在光缆接头盒处，需采用永久性标识在盒外标注光信号来源的方向。

7.2.10 沟槽回填时，第一层回填土不应超过光缆的布置高度，并不应损伤光缆。

7.2.11 光缆施工安装的质量验收应符合 YD/T 5222、DL/T 5344 的规定。

7.3 测温主机及电源

测温主机的安装方式分为基座式和悬挂式。并应符合下列规定：

- a) 当选用基座式时，应根据主机箱尺寸和底部预留孔提前做好混凝土基础，主机箱的安装垂直度偏差不应大于主机箱高度的 2%；
- b) 当选用悬挂式时，应提前在主机箱后面开好膨胀螺丝孔，待主机箱整体固定好后，将光缆与测温主机对接完成。

8 系统测试

8.1 测试内容

光纤监测系统应进行测温误差验证、定位误差验证和监测系统平台测试。

8.2 监测系统平台测试

测试项目和测试方法应按表 2 的规定执行。

表 2 测试项目和测试方法

项 目		要 求	测试方法
显 示	实时地图及管线	5.3.2.1	目测平台的实际显示
	温度坐标图及管线	5.3.2.2	目测，操作监测平台的实际显示，并测试放大、缩小图像功能
	历史温度坐标图	5.3.2.3	目测，操作监测平台的实际显示
	温度坐标图的数据	5.3.2.4	目测且识别
	报警信息	5.3.2.5	目测并识别
数据 存 储	完整存储	5.3.3.1	对模拟报警的数据进行测试
	自动备份	5.3.3.2	对模拟报警的数据进行测试
报 警	温度异常的报警和定位	5.3.4.1	用光缆加温法做至少 3 个不同点的模拟测试，定温超限、温升速率超限，包含报警和定位
	功能异常的报警和定位	5.3.4.2	a) 做模拟测试，主机断电、通信故障采集至少 1 组报警数据。 b) 在接头盒的位置模拟光纤损伤采集至少 2 个不同点的报警和定位数据
	响应时间	5.3.4.3	做模拟测试时，在测试点加热，从开始加热至系统终端显示温升信号为响应时间。记录每个通道的数据。
	报警手段	5.3.4.4	做模拟测试时验证
	报警阈值	5.3.4.5	做模拟测试时，检查设置的报警阈值
	报警分区	5.3.4.6	做模拟测试时，设置不同区段的报警阈值不同
	报警准确率	5.3.4.7	a) 对定温超限，温升速率超限的两级预警进行模拟报警并且定位，每个报警项目都不应少于 3 组数据；并且对报警和定位是否正确予以记录。 b) 对光缆受损的模拟报警和定位，应不少于 3 组数据；并且对报警和定位是否正确予以记录。 c) 对主机断电的故障和通信故障进行模拟报警。 d) 对上述所有测试项进行统计，计算报警准确率。
数据调阅和命令		5.3.5	目测，操作监测平台的实际显示
通信模块上传速率		5.4	采用测速软件测试
注 1：光缆加温法模拟测试的要求如下：在最大监测距离 10km 内，取至少 3 个不同测试点，进行加热，从开始加热时间起至系统终端显示温升信号，为响应时间，记录每个通道的数据。			
注 2：在接头盒位置，断开接头模拟光纤损伤。模拟测试完毕后，熔接恢复光纤接头。			

8.3 测温误差验证

8.3.1 测试方法

利用手孔井或热力井室中预留的光缆，制作成连续长度不少于 1m，直径不小于 100mm 光缆测试环，测试时将光缆测试环放入恒温加热装置中进行加热，恒温加热装置的温度应设置 60℃，80℃，100℃，120℃ 四个温度测试点，温度变化不应大于 0.1 ℃静置待温度稳定后读取光缆温度测量值 T_1 。

8.3.2 误差计算

测温误差按式 (1) 计算：

$$\Delta T = T_1 - T_0 \dots \dots \dots (1)$$

式中：

ΔT ——测温误差，单位为摄氏度 (℃)；

T_1 ——温度测量值，单位为摄氏度（℃）；

T_0 ——实际设置值，单位为摄氏度（℃）。

8.3.3 合格判定

四个温度测试点的误差 ΔT 均应小于 $\pm 1^\circ\text{C}$

8.4 定位误差

8.4.1 测试方法

选择终端盒、离监测主机最近的接头盒，以及中间位置的接头盒位置，至少取 3 个位置点进行定位误差测试。对测试点位置光缆进行加热，通过温度变化获取该测试点的位置数据，读取位置测量值 X_1 。

8.4.2 误差计算

定位误差按式（2）计算：

$$\Delta X = X_1 - X_0 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

ΔX ——定位误差，单位为米（m）；

X_1 ——位置测量值，单位为米（m）；

X_0 ——实际坐标值，单位为米（m）。

8.4.3 合格判定

所有位置测试点的定位误差 ΔX 均应小于 $\pm 1\text{m}$ 。
