

基于 5G 数据回传模块的通信光缆测试施工工法

中铁电气化局集团第一工程有限公司

吴元辉、李曜昊

1 前言

当前，以 5G 为代表的信息技术正在推动人类日常活动从物理世界扩展至网络空间，以数据作为关键生产要素的数字经济成为了新型经济形态，以数字化、网络化、移动化为核心的现代化变革正在形成，并快速向经济社会各领域融合渗透。

基于 5G 网络构建的通信仪表测试数据实时采集及处理系统，可以实现复杂环境下的高效数据采集和实时数据质量控制和数据处理，具有广阔的应用前景。国内外的企业、科研机构 and 学者结合物联网的技术特点，对光时域反射仪（OTDR）数据的采集、传输及检测进行了广泛的研究。

本工法依托《基于 5G 的通信仪表测试数据实时采集及处理系统》科研课题项目开展研究，该课题在 2022 年 12 月通过了集团公司的科技成果评审。课题组将基于 5G 的通信仪表测试数据实时采集及处理系统的具体施工作为研究项目，总结了基于 5G 数据回传模块的通信光缆测试施工工法。

2 工法特点

传统的 OTDR 的测试数据大多通过人工采集、手工记录，并通过离线手动的方式将存储在 OTDR 设备中的 SOR 数据文件导出，需要在电脑上查看分析时再手动导入到专业的仿真软件进行数据的解析处理。整体过程依赖人工，无法进行数据的自动采集及实时传输，存在数据的及时性、可靠性较差，数据利用率也较低等问题，更无法提供标准化的二次开发接口，严重制约了光纤链路的高效测试。此外，由于机身存储空间有限，存在旧数据还未导出就被新数据覆盖掉的风险。同时测试数据、图形文件等信息需要通过 USB 存储设备才能导出进行整理分析，造成整体工作效率低下，并且仪表在项目之间流动性较大，进一步增加了测试数据覆盖丢失的风险，由于测试数据无法后补，也严重影响了工程测试资料的完整性。

本工法利用超小型、轻量化的前端数据采集及 5G 通信模块，通过公网模块将通

信仪表 OTDR 测试 SOR 文件加密实时传输至后台存储，对测试文件进行快速分析并一键形成测试记录表，该系统具备后台数据存储、归档、分析、筛选、查看，报告导出等功能，为传统 OTDR 测试的“痛点”提供了一种解决方案。

3 适用范围

本工法适用于通信光缆测试施工。

4 工艺原理

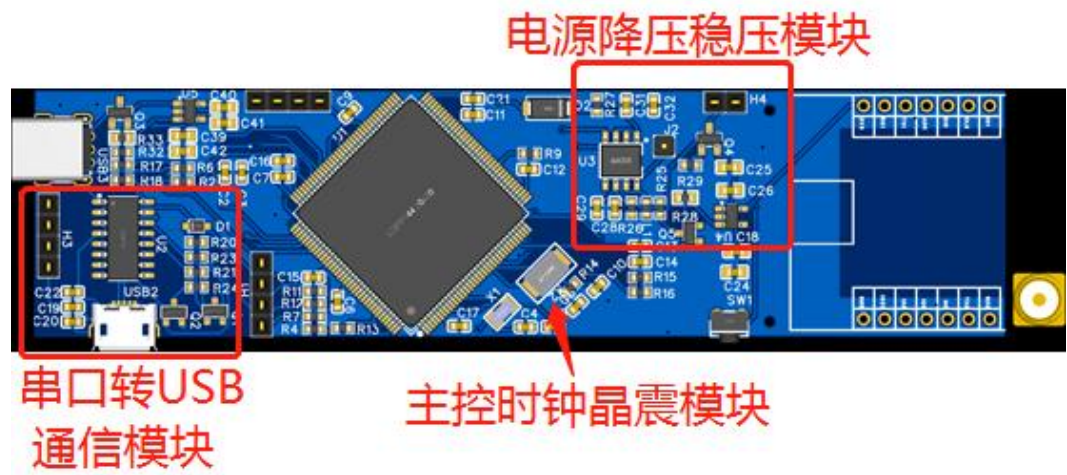
为了解决通信仪表测试数据丢失、测试记录人工记录繁琐、容易出错等问题，提高通信光缆测试效率、保障测试数据完整性，研发了一款数据采集回传模块及文件分析处理系统。该系统由前端数据采集终端和后台分析处理系统组成。



图 4-1 前端数据采集器原理图

4.1 前端 OTDR 数据回传模块

前端 OTDR 数据回传模块由主控制模块、USB 通信、电源管理、存储模块、5G 通信模块和 LED 信号灯模块等六个部分组成。



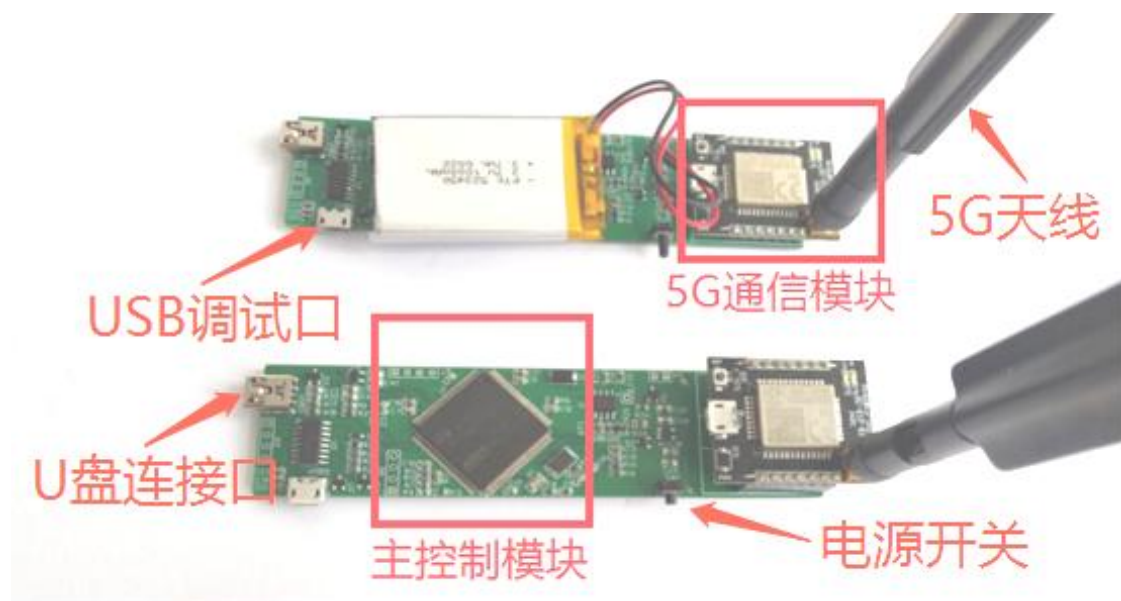


图 4.1-2 OTDR 数据回传模块电路正面实物图

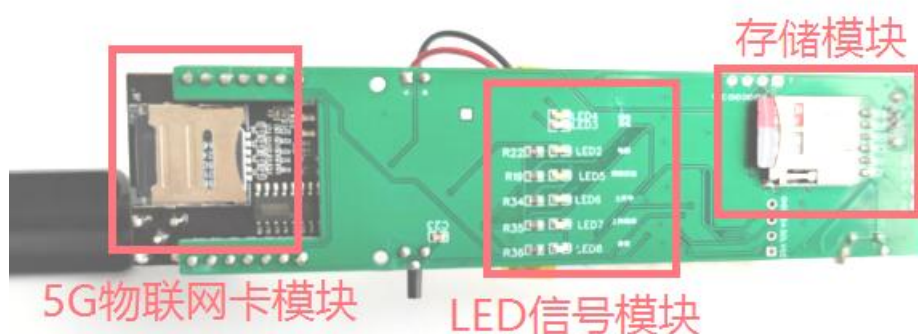


图 4.1-3 OTDR 数据回传模块电路背面实物图

进行光缆测试时，通过 USB 连接线将前端 OTDR 数据回传模块与通信仪表光时域反射仪（OTDR）连接，打开前端模块开关，测试时将测试 SOR 文件按照命名规则保存至相应文件夹中，文件将自动上传至后台。

4.2 后台分析处理系统

后台分析处理系统由终端管理、项目管理、报表管理、文件管理及在线仿真板块组成。

终端管理用于管理前端 OTDR 数据回传模块；项目管理用于添加各项目，并按照规则确定唯一的工程助记符，便于前端模块中的文件自动上传至对应位置；当前端模块将数据回传至后台时，文件会存储在文件管理板块对应项目内；在报表管理模块中自动加载回传后的 SOR 文件进行自动分析并“一键”形成测试记录表；在线仿真模块

可对单独的 SOR 文件进行曲线分析。

5 施工工艺流程及操作要点

5.1 施工流程图

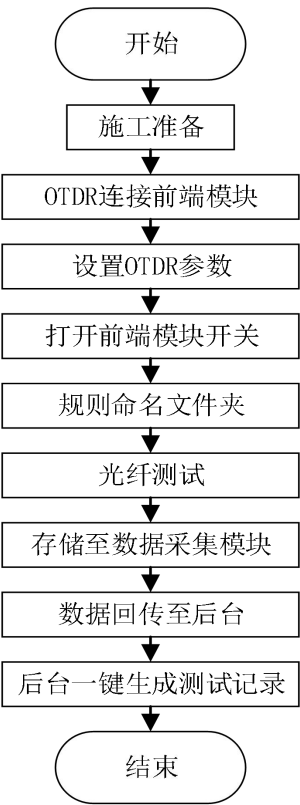


图 5.1-1 施工流程图

5.2 操作要点

5.2.1 前端数据采集模块

1. 采集终端 Micro B 型 USB 接口与 OTDR 仪表可靠稳定连接。
2. 打开 OTDR 仪表文件管理界面，按照规则命名文件夹，比如“雄商 48 芯单盘测试第 1 盘[XS48BDP0001]”，其中中括号内是唯一的工程助记符，由大写字母和数字组成。
3. 设置仪表参数，将测试文件存储在对应文件夹内。完整 SOR 文件命名格式为 AAAAnmBBBB.sor，其中，AAAA 表示波长，一般为 1310 或 1550；nm 为波长的单位纳米；BBBB 表示纤芯编号。
4. OTDR 采集终端自动联网校验新文件，校验完成后，逐次上传新建文件和有更

新的文件，也可按压电源按钮手到触发上传过程。上传过程中，网络连接灯绿灯周期两秒闪烁，代表正常工作中，此时不要打断其工作，防止数据传输异常。

5. 平常使用时，注意防水防潮；切勿拆开机壳。
6. 主板上的物联卡与通信模块是中国移动一一绑定，不能分离和交叉使用。
7. 如果网络通信灯长时间闪烁时，说明当前所处环境网络通信质量不佳，可考虑换个时间或换个地点再连接使用。
8. 在传输文件过程中，切勿与断开 OTDR 仪器的连接，以免造成文件损坏上传校验不通过。

5.2.2 后台分析处理系统

1. 登录系统

公网登录需要连接集团公司 VPN，在数智云管理平台，点击“OTDR 系统管理”标签，如下图 5.2.2-1 所示。

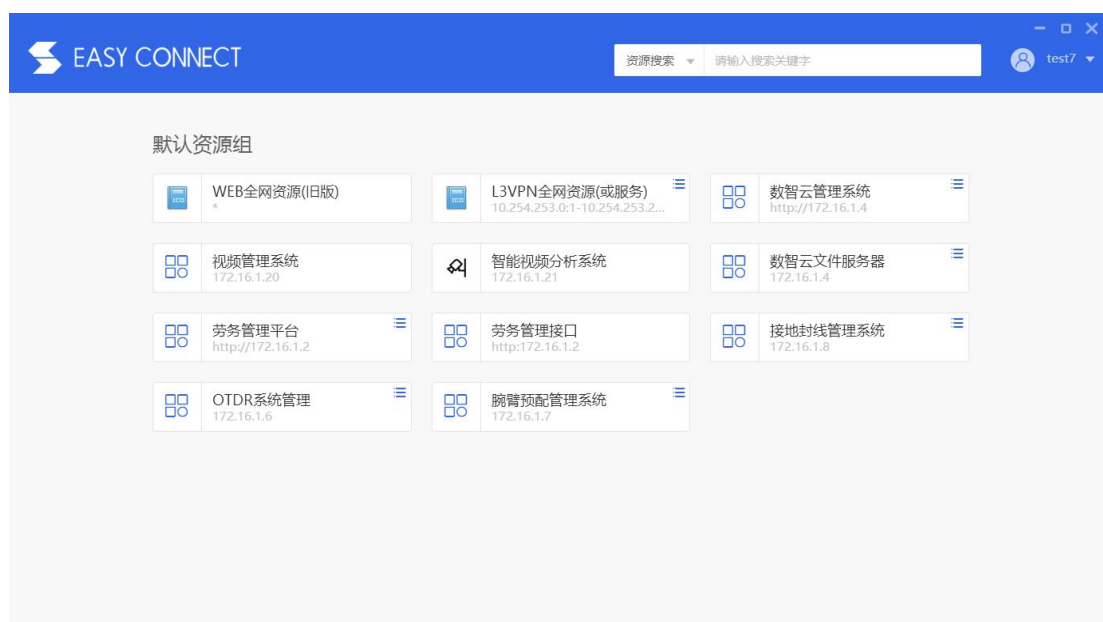


图 5.2.2-1 数智云平台登录主页

2. 系统主页

系统入口网址为 <http://172.16.1.6>，如果没有登录数智云，会自动跳转到数智云平台登录页面，成功后，进入页面如图 5.2.2-2 所示。

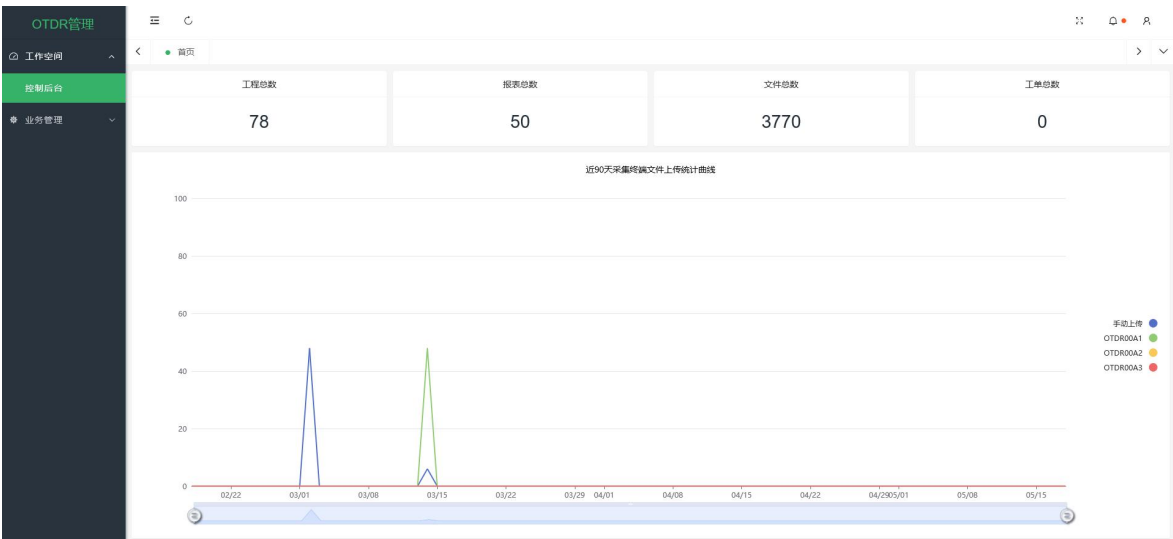


图 5.2.2-2 系统主页

图 5.2.2-2 中，左侧深灰色背景部分为菜单区域，点击“工作空间”标签，展开业务管理模块的菜单列表；主体图表代表最近 90 天内，所有可用采集终端文件上传汇总信息曲线，移动鼠标会显示每天各采集终端文件上传数目。

图表下方的半透明横条，两端可左右拉伸，调整起止日期范围；其上部细长条可左右移动，调整起止日期。

3. 终端管理

图 5.2.2-3 终端管理界面

图 5.2.2-3 所示终端管理界面，其中单击新增按钮，可添加 OTDR 采集终端；单击铅笔图标，可修改对应 OTDR 采集终端；单击使用状态切换按钮，可以启用或禁用 OTDR 采集终端。新增和修改都有比较严格的数据验证和错误提示，对实际操作交互比较友好。

4. 项目管理

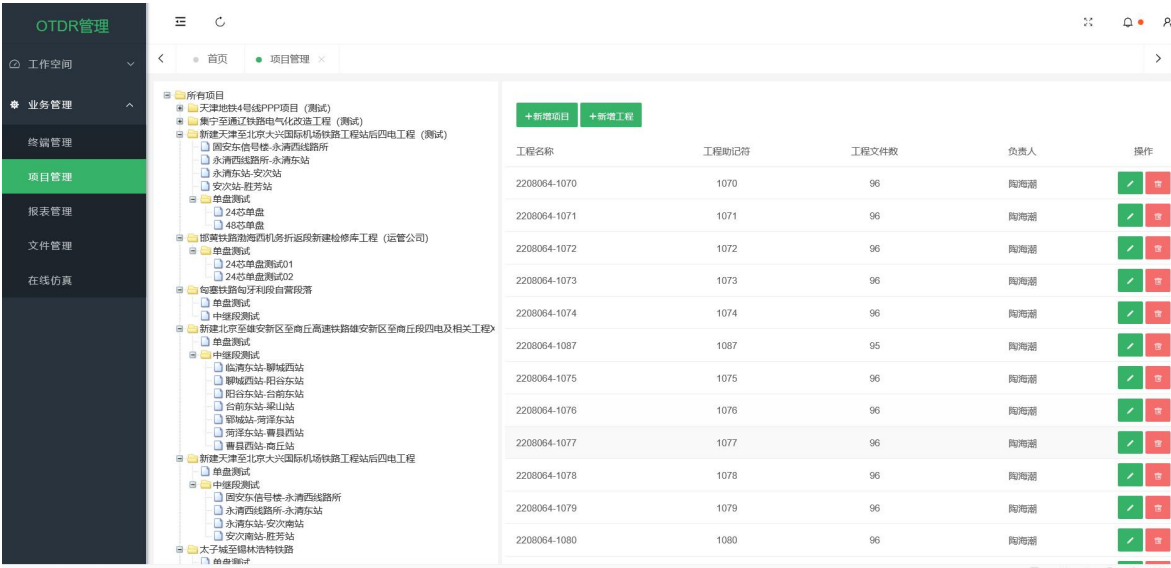


图 5.2.2-4 项目管理界面

图 5.2.2-4 所示项目管理界面，首先单击左侧项目树形列表中相应项目，右侧表格自动同步分页显示项目所有的项目，其中单击新增按钮，可添加项目；单击铅笔图标，可修改项目信息。新增和修改都有比较严格的数据验证和错误提示，通常可能会出现未选中项目，导致添加工程不成功，因此添加工程前确保选中项目。

其中，工程助记符具有全局唯一性，不能雷同一致，用以处理 OTDR 采集终端对文件夹与工程唯一对应关系。

5. 报表管理



图 5.2.2-5 报表管理界面

图 5.2.2-5 所示报表管理界面，首先单击左侧工程树形列表中相应工程，右侧表格自动同步分页显示工程所有的报表，其中单击“新增进场测试记录表”按钮，可添加进场测试记录报表；单击“新增中继段线路测试记录表”按钮，可添加中继段线路测试记录报表；单击铅笔图标，可修改报表信息。新增和修改都有比较严格的数据验证和错误提示，通常可能会出现未选中项目，导致添加报表不成功，因此添加报表前

确保选中工程。

OTDR管理

工作空间

业务管理

终端管理

项目管理

报表管理

文件管理

在线仿真

首页

报表管理

关闭

加载测试数据

提交

光缆进场检验单盘测试记录表

工程名称	新建铁路天津至北京大兴国际机场铁路站后四电及相关工程						
产品名称	48芯光缆	规格型号	GYTAH58-48B	敷设地点	永清东站-安次站		
批次号	1	盘号	2208064-1015	标明盘长	3000		
折 射 率	1310nm	1.4670	技 术 指 标	1310nm	0.35 <dB/km		
	1550nm	1.4675		1550nm	0.21 <dB/km		
到货日期	2022-02-28	生产厂商	江苏通光信息有限公司	端 别	B外		
检 验 内 容							
光纤衰减 dB/km							
纤芯	1310nm	1550nm	光纤长度	纤芯	1310nm	1550nm	光纤长度
1	输入衰减	输入衰减	输入光纤长度	25	输入衰减	输入衰减	输入光纤长度
2	输入衰减	输入衰减	输入光纤长度	26	输入衰减	输入衰减	输入光纤长度

图 5.2.2-6 光缆进场检验单盘测试记录报表界面

OTDR管理

工作空间

业务管理

终端管理

项目管理

报表管理

文件管理

档案管理

统计汇总

在线仿真

在线仿真旧

首页

终端管理

报表管理

关闭

加载测试数据

提交

光缆中继段线路测试记录

工程名称: 输入工程名称

编 号: 输入编号

中继区段: 输入中继区段

中继长度: 输入中继长度 km

测试仪表: 输入测试仪表

端 别: 输入端别

施工单位: 输入施工单位

测试日期: 2023-08-21

纤芯编号	测试项目		回波损耗
	线路衰减		
	1310nm	1550nm	
1	输入衰减	输入衰减	输入回波损耗
2	输入衰减	输入衰减	输入回波损耗
3	输入衰减	输入衰减	输入回波损耗
4	输入衰减	输入衰减	输入回波损耗
5	输入衰减	输入衰减	输入回波损耗
6	输入衰减	输入衰减	输入回波损耗

图 5.2.2-7 光缆中继段线路测试记录报表界面

其中，单击“加载测试数据”按钮，系统会同步填充工程下所有 SOR 文件解析数据到对应选项，实现“一键”自动填写报表内数据。

6. 文件管理

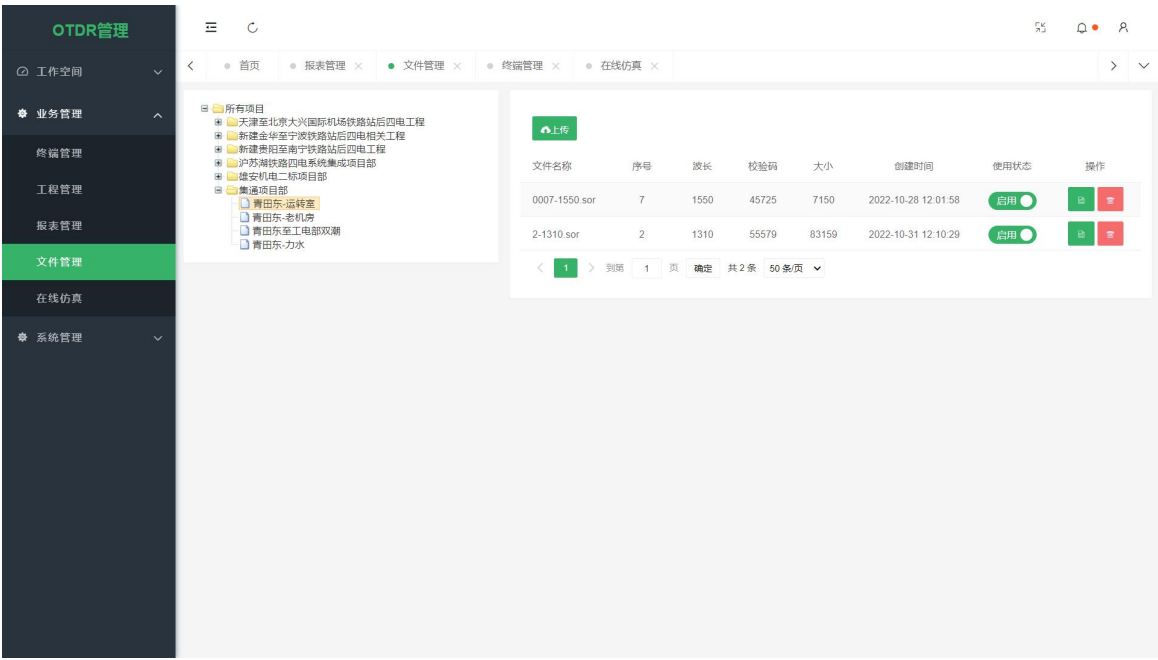


图 5.2.2-8 文件管理界面

图 5.2.2-8 所示文件管理界面，首先单击左侧工程树形列表中相应工程，右侧表格自动同步分页显示工程所有的文件，其中单击上传按钮，可手动添加某序号纤芯对应波长的测试记录；单击文件图标，可浏览 SOR 文件解析信息。通常可能会出现未选中工程，导致上传文件不成功，因此上传文件前确保选中相应工程。



图 5.2.2-9 SOR 文件浏览界面

SOR 文件解析数据浏览，完整直观呈现 SOR 文件中的基础信息，事件信息，轨迹信息。轨迹信息支持放大、缩小、平移浏览，具体操作方法：图表左侧的半透明横条，两端可上下拉伸，调整损耗范围；其右侧细长条可上下移动，调整起止损耗；图表下

方的半透明横条，两端可左右拉伸，调整距离范围；其上部细长条可左右移动，调整起止距离。

7. 在线仿真

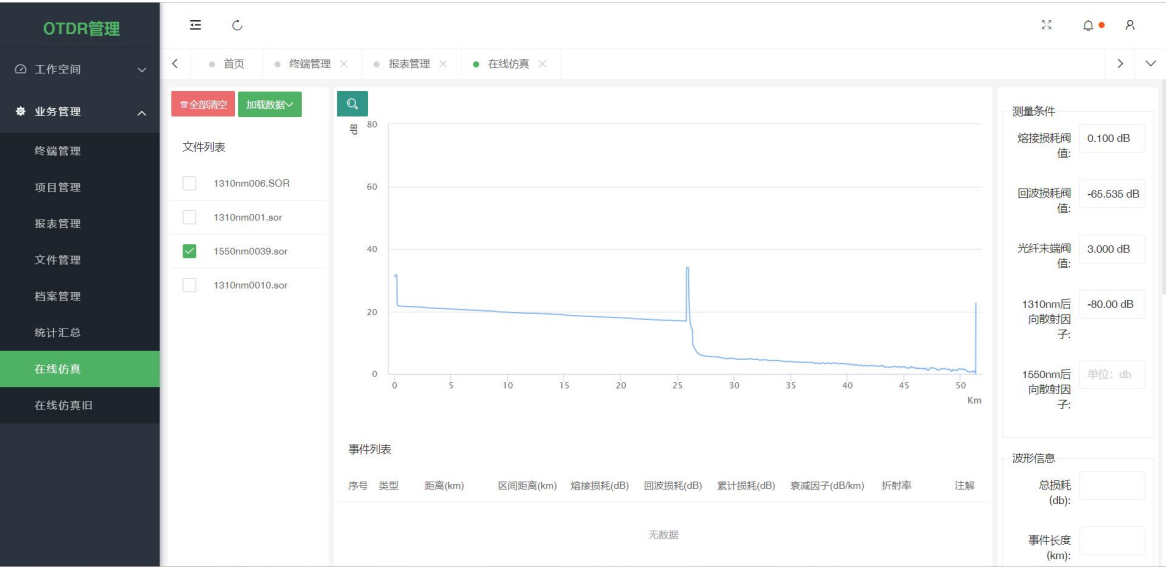


图 5.2.2-10 在线仿真界面

在线仿真支持多轨迹，事件地图功能，灵活指定 SOR 文件，界面右侧展示当前轨迹文件的参数信息，满足通用仿真需求。

6 材料与设备

表 6-1 设备材料表

序号	名称	规格型号	数 量	备注
1	光时域反射仪（OTDR）	动态范围不小于 40dB	1	AQ7280 系列
2	前端 OTDR 数据回传模块	定制	1	含 USB 连接线
3	电脑		1	后台平台

注：所需工具由作业内容确定，数量根据现场施工人员配置要求、工程进度要求，可适当增减。

7 质量控制

7.1 质量控制措施

1. 仪器使用前必须经过校对和检验。

2. 测试时要保障前端 OTDR 数据回传模块与 OTDR 可靠连接。
3. 文件夹和文件命名严格按照命名规则实施，设置与后台系统一致的唯一工程助记符，避免文件无法上传或上传至错误位置。
4. 测试完成后，及时检查数据上传情况，避免数据丢失。

8 安全措施

8.1 安全措施

1. 作业前，对所有使用的工机具、材料进行全面的检查，不合格工机具、材料严禁带入施工现场。
2. 在既有机房测试时，严格遵循既有机房管理制度。
3. 进入施工现场作业人员都必须戴安全帽、穿工作服。
4. 测试作业完成后，检查施工现场做到工完料净场地清。

9 环保、节能措施

9.1 环境保护措施

1. 施工完毕，将施工现场恢复原样，做到文明进入，文明撤离。
2. 废弃物应分类存放，对有可能造成二次污染的废弃物必须单独贮存、制定安全措施，设置醒目标识，减少废弃物污染。
3. 施工现场四周不准乱倒垃圾、不准乱扔废弃物。

10 技术经济效益等分析

10.1 经济效益

采用本工法可有效提高施工效率，通过该工法在施工中的实际应用，取得了较好的经济效益，降低光缆测试人员工作强度的同时也节约了人工成本，以单盘测试为例：原本光缆单盘测试需要 2 人共同完成，一人测试一人记录，现在可由 1 个人操作完成，使用该装置可省去现场记录测试数据的环节，测试数据回传至平台后，后台自动生成测试表单，节省了测试人员手动填写测试表单的时间，提高了工作效率，节省了时间成本，光缆测试时每芯可节省 30% 测试时间，综合单盘测试和中继段测试，每百公

里光缆可节省人力成本约 5 万元，时间成本约 1.5 万元。该装置在光缆测试使用中，每百公里光缆测试综合创效约 5.5 万元，年创效约 30 万元。

本工法的应用为通信类似测试仪表的智能化施工提供参考，作为数据采集和分析的研发方向，功能会越来越完善，该技术的推广使用价值前景光明。

10.2 社会效益

智能建造是各种信息技术在建筑业的集成应用创新，在建造过程中充分利用智能技术和相关技术，通过应用智能化系统，提高建造过程的智能化水平，减少对人的依赖，达到安全建造的目的，提高建筑的性价比和可靠性。本工法已在数据采集、实时无线传输、传输模式控制、SOR 文件解析、波形绘制、预警告警、报表生成、工单推送等方面取得突破，其中的前端 OTDR 数据回传模块及系统符合国家“十四五”规划中提出的“加快数字化发展”的具体目标，在国家战略政策的驱动下，将有力推动施工领域向数字化转型升级方向推进，探寻企业内部长效的发展机制和新的业务增长点。

本工法的社会效益主要包括以下几个方面：

1. 本项目的发展将减轻野外现场监控负担，极大地提高光纤故障处理效率，推动通信仪表测试数据采集及处理系统的升级换代。促使 5G 技术与通信仪表测试技术、数据采集技术、数据处理技术等一起，成为电气化施工数字化转型升级的重要推动力。

2. 本项目的实施不仅能使本项目企业得到较大发展，同时也可促进相关配套企业或行业的发展，带来较大的连锁效益。

3. 提高核心竞争力。通过自主技术的开发，积累相关技术及实践经验，持续进行产品的优化及改进，进一步提高电气化施工的智能化水平，进而提高效率、提升竞争力。

4. 培养技术人才。本项目的研发工作将会培养出一批行业内具有较先进技术水平专门技术人才，有利于企业的可持续发展。

11 工程实例

本工法在津兴、集通、天津地铁等项目施工中进行了验证和实践，有效提高施工效率，确保工程质量，确保节点工期的顺利完成，取得了很好的效果。

以津兴项目为例，共对 21 盘 24 芯光缆；26 盘 48 芯光缆进行单盘测试，对 2 个区段光缆进行中继段测试，原本光缆单盘测试需要 2 人配合完成，一人测试一人记录，

使用本系统后光缆测试人员不再需要边测试边记录，光缆测试完成后，测试数据会自动上传至平台并根据测试文件生成测试记录表，测试可由 1 人独立进行，节省人力资源的同时每芯光缆测试效率提高 30%。

各项目测试人员经过简单的培训之后可以迅速熟练的掌握整套系统的使用方法，经过一段时间的使用后，测试人员对本系统的便捷性和智能化做出了肯定，前端设备不到 100 克的重量以及坚固的外壳保证了测试人员随身携带的便捷性，做完测试不用当场手动记录测试数据，提高了测试的效率，回到驻地之后只需要登录后台的管理平台选择相应的数据即可自动生成相应的测试表格，大大提高了光缆测试的效率，为测试人员提供便捷。