

[光缆监测]

油田电力通信光缆在线监测技术研究

文/中油电能供电公司信息通信中心 朱琳

介绍了光缆在线监测技术国内外现状及发展趋势，对所采用的波分复用技术及在油田电力通信网研究、试验和应用的可行性进行了分析，并提出具体技术解决实施方案。

大庆油田电力光缆网络共有光缆线路248条，光缆总长度近1 000 km。承担着采油一厂、二厂、三厂和供电公司南北集控中心所管辖的60多座无人值守变电所的数据传递任务，承载着电调中心、油田电厂、宏伟电厂至庆调、省调的语音及数据业务，承载着集团企业网、视频会议、调度及行政电话的传送任务，光纤纵差保护线路20条。光缆线路逐年增长，承担的任务逐年加重。而光缆作为光通信的传输介质，其运行质量好坏直接影响着承载的业务的质量。光缆线路运行质量不高，将直接导致通信质量降低，甚至中断。根据对2013—2015年光缆运行情况的统计，共发生故障141起，其中有98起是因线路衰耗引起，有43起是光缆断缆、断纤或尾纤中断故障。由于缺少有效的技术手段，不能及时对整个光缆网络进行监控和管理，导致光缆故障从发生、发现到处理的时间跨度较长，甚至出现多座无人值守变电所通信中断事故，故障处理比较被动，严重影响了用户的使用，给电网稳定运行带来了隐患。

光缆监测技术现状及趋势

随着现代通信技术的发展，全球光缆建设数量逐年增加，光缆维护和管理问题日益突出。根据美国BeLloore追踪研究显示，每年有近60%的光缆故障是被人挖断的，造成数以千万美元的损失。减少光缆中断时间就意味着减少损失，虽然光传输

设备也有一定的传输线路故障告警功能，但当光缆发生故障时，不能定位故障位置，无法快速修复。在此种情况下，光缆监测技术应运而生。

光缆在线监测系统是一套集波分复用技术、光学测量技术、网络通信技术、软件技术以及地理信息系统（GIS）于一体的多学科综合光纤网络监测系统。主要分两种方式：一是光缆护套对地绝缘监测系统，其通过远程测试光缆金属护套对地绝缘电阻，来搜集和分析数据，并给出告警信号。此种方式只适用于直埋光缆，并受土壤等自然因素影响大，应用不广泛。另一种方式是在光芯上加入测试信号，来判断光缆线路的运行情况，该种方式在通信行业得到了广泛应用。

我国从20世纪90年代开始研究光缆在线监测技术，到目前已经比较成熟。国内各运营商下大力气加大在光缆监测技术上的投入，中国电信在一级干线每公里投入1.2万元，中国联通每年在光缆监测上也投入近千万元。国家电网公司也把通信网络管理系统、时间同步系统、通信电源监测系统和光缆监测系统等支撑网建设列为智能电网通信发展的重要环节。

光缆在线监测应用的主要技术

1. 波分复用技术在光缆监测系统中的应用

波分复用技术就是在同一根光纤中同时传送两

个或两个以上的光波长信号，而又不互相干扰，简称WDM。在20世纪80年代，美国AT&T网第一次使用WDM技术，实现了光信号的复用从电域到光域的转变，光信号波长彼此独立，互不干扰。近十几年，随着光纤通信技术的发展和光通信器件制造工艺的成熟，WDM技术在我国通信行业得到了广泛的应用。其技术优势使光纤的传输容量几十倍的增加，同时又能节约已建光缆线路的纤芯资源。大庆油田电力通信网采用的都是G652光缆，传输带宽至少10 GB，而传输设备占用的最大带宽是2.5 GB，因此，传输带宽够用。通信信号现使用的波长是1 310 nm或1 550 nm，而测试信号的波长1 650 nm，信号间隔至少100 nm，按照波分复用技术要求，复用信号之间的间隔是15 nm就不会产生干扰。因此，利用波分复用技术，将测试信号复用到业务信号所在的纤芯上，实现对油田电力通信网在用纤芯的监测理论上完全可行。

2. 光学测量技术在光缆监测中的应用

光纤中所传输的信号是光信号的一种，遵循光学理论。基于此，在测试端，利用激光器发射一定强度、一定波长的光，耦合到被测光纤中。由于光纤的特性和掺杂成分的非均匀性，使光在光纤中传输产生瑞利散射，由于机械连接和断裂等原因使光在光纤中传输产生菲涅尔反射，由发射和返回所利用时间的不同和光速，通过光电技术手段，计算出光纤的长度、链路损耗、反射损耗、插入损耗、后向散射曲线和链路通断情况，进而实现对光缆线路的监测。

3. 地理信息GIS、计算机网络技术在光缆网络监测中的应用

利用地理信息技术，把OTDR模块采集到的光缆相关数据信息在计算机软件中进行分析处理，将光缆故障具体位置以图表的形式呈现给维护人员。

油田前期科学研究与试验

大庆油田电力通信网从2000年开始光通信建设，经过十多年的发展，光缆敷设基本上贯穿了整个油田电网。从2012年开始收集、跟踪和研究光缆监测技术，并于2015年专门进行了波分复用技术、光电测试技术等相关资料的收集、分析和研究等前期工作。同年10月，光缆维护人员搭建了从信息通信中心—奔腾—东湖—会战—铁人的中兴385设备在用纤芯的监测试验模型，从试验测试结果看，测试信号反射波形清晰、定位准确且

测试信号对运行设备无影响。

油田电力通信网监测方案研究

1. 监测系统总构架

系统共设置6个监测点：电调中心、宏伟、南五、友谊、庆新和杏北，电调中心是监测主站，配备数据服务器和应用服务器，其他站点的测试数据通过现有的电力通信网络传送到信息通信中心。每个监测点配置一台ARD—OTDR数据采集模块和一台OS—36测试切换器，通过光测试切换器选择测试路由，每一个测试切换器最多接入36芯光纤。如图1所示。

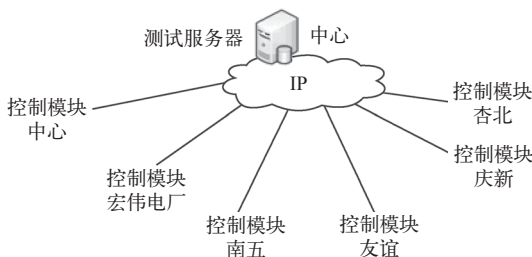


图1 系统设置

线路纤芯的监测如果是单段，只需要将测试信号通过合波器加到在用信号所在的纤芯上，连接方式如图2所示。

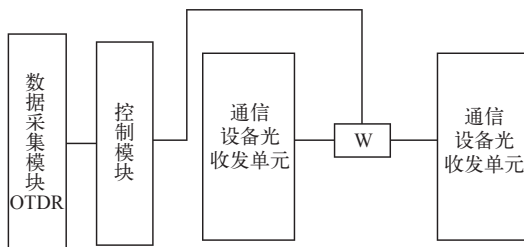


图2 连接方式

如果是链路，除需要将测试信号通过合波器加到在用信号所在的纤芯上外，还需要通过合波器越过通信设备的光收发单元，连接方式如图3所示。

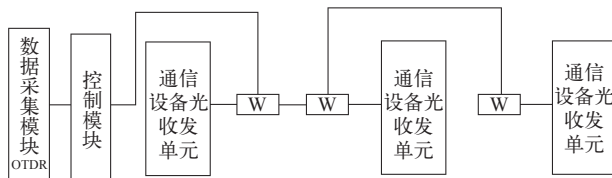


图3 连接方式

2. 光缆监测段组成

根据光缆网络结构及光缆资源分配情况，把线路纤芯资源监测共划分13个监测段。中心—奔腾—宏伟方向：监测中心—铁人AC1在用纤2芯；

监测中心—奔腾—东湖—会战中兴385设备在用纤2芯；监测中心—宏伟电厂企业网在用纤2芯；监测中心—让变华为光端机在用纤2芯。其他监测段如下表所示。

软件系统构件有六个基本子功能模块：系统设置、基础资料管理、GIS拓扑管理、测量管理、

告警管理和报表管理。

(1) 系统设置

1) 对系统的管理员、操作员、维护人员的信息、登录账号、密码的设置及所具有维护系统、操作系统功能的权限的管理。

2) 短信接收人的信息设置，系统可以将光纤

表 其他监测段

序号	监测段方向	被监测业务名称	光缆芯数(单位：芯)
1	宏伟—奔腾—中心	AC1光端机	2
		中兴385光端机	2
		华为光端机	2
		星火工区企业网	2
		中心—龙南总站诺基亚光端机	2
2	中心站各支线	中心—龙南工区AC1光端机	2
		中心—星火工区AC1光端机	2
		中心—家园变AC1光端机	4
		中心—龙南总站集团企业网	2
		中心—燃机电厂企业网	2
		中心—中试所中兴330光端机	2
		中心—友谊—油田电厂企业网和电业局光端机	4
		宏伟—南二AC1光端机	2
3	宏伟—周泡—南五	宏伟—兴胜—周泡中兴385光端机	2
		宏伟电厂—南五企业网	2
		宏伟电厂—油田电厂华为光端机	2
4	南五—周泡—宏伟	南五—周泡中兴385光端机	4
5	南五—赵家泡—友谊	繁宏甲乙线纵差保护	2
		南五—友谊中兴385光端机	2
6	友谊—赵家泡—南五	南五—龙凤电厂企业网	2
		AC1友谊—南二AC1光端机	2
7	南五—双庆—杏北	友谊—赵家泡中兴385光端机	2
		火星甲乙线光纤纵差保护	4
8	杏北站各支线	中兴S360光端机	2
		杏北—龙河—杏南—宋方屯AC1光端机	2
		杏北—红压—南三油库—卧龙9909光端机	2
9	友谊—丰收—庆新	杏北—杏十二广州高科光端机	2
		友谊—向阳—风云—丰收AC1	2
10	庆新—丰收—友谊	友谊—向阳—风云—丰收中兴385	2
11	庆新—高家—中心	庆新—丰收AC1光端机	2
12	中心—高家—庆新	庆新—喇—喇南AC1光端机	2
		中心—方晓—登峰—喇南AC1光端机	2
		中心—高家中兴385光端机	2

链路的故障用短信派单给相关维护人员。

- 3) 数据库的手动和自动备份设置。
- 4) 数据库脏数据的检查、删除等。

(2) 基础资料管理

1) 对基本信息以及客户信息资料的管理。

2) 资源数据的自动导入功能，根据导入的资源数据自动建立被监测的光纤链路。

独立，互不干扰，能够有效实现油田电力通信光缆骨干网架光缆线路的实时监测。它不仅能够监测线路的运行状态及劣化程度，还能够对故障点自动准确定位，把接到通知才能去现场处理的被动方式，变为提前预知的主动方式，避免大面积通信中断事故发生，实现对变电无人值守、光纤纵差保护和电网等光缆故障的及时诊断、快速高质量的修复，节省人、财、物力资源，压缩故障历时，具有很大的经济效益和社会效益，为电力通信网优质、高效、安全和稳定地运行提供了可靠保障。EA

(收稿日期：2019.03.12)

(编辑：朱金凤)

结束语

利用波分复用技术，将测试信号的光波复用到业务信号所在的纤芯上，实现对在用纤芯的监测，不需另外占用光纤资源，测试信号与业务信号彼此