

# 光缆智能管理系统在光缆网络维护中的应用

李 宁

(湖南邮电职业技术学院,湖南长沙 410015)

**【摘要】**光纤智能管理系统主要完成光纤网络远程管理调度,实现网络维护的智能化。在分析常见的光纤网络综合维护系统的组织结构的基础上,本系统建立了光纤芯实时数据库,实现了光纤远程故障诊断、光路倒换、冗余光纤芯巡检等功能,通过分析现有的经验,在现有的流程基础上总结了一套及时处理光纤故障的临时措施,有效提高了业务恢复的速度,减少因光纤故障造成的通信故障情况的发生。

**【关键词】**智能管理;网络维护;故障诊断;光路倒换

**【doi:10.3969/j.issn.2095-7661.2021.02.006】**

**【中图分类号】**TN913.33

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**2095-7661(2021)02-0021-05

## The Application of Optical Cable Intelligent Management System in the Maintenance of Optical Cable Network

LI Ning

(Hunan Post and Telecommunication College, Changsha, Hunan, China 410015)

**Abstract:**The optical fiber intelligent management system mainly completes the remote management and dispatch of the optical fiber network, and realizes the intelligentization of network maintenance. Based on the analysis of the organization structure of the common optical fiber network comprehensive maintenance system, this system has established a real-time database of optical fiber cores, and realized the functions of optical fiber remote fault diagnosis, optical path switching, redundant optical fiber core inspection, etc. By analyzing the existing experience, we summarized a set of temporary measures for fiber failure in a timely manner based on the existing process, which effectively improved the speed of business recovery and reduced the occurrence of communication failures caused by fiber failure.

**Keywords:**intelligent management; network maintenance; fault diagnosis; optical path switching

光缆网络作为网络的传输介质,在网络的中枢神经系统中起着举足轻重的作用。对于复杂的光缆网络,如何进行有效的监控、管理和维护,是工程建设方需要考虑的重要问题之一,也是运营方关注的焦点。光纤网络智能管理系统是进行复杂光纤网络维护管理的有效手段。近几年来,光纤网络智能管理系统逐步普及,虽然以前有一些相关的研究和介绍,但通常都是比较简单的,或者只是集中于某一技术层面的讨论,或者是应用场景的介绍,深入研究的文章不多。通信光缆发生故障,需要派维修人员到现场维修,时间长,对电网安全运行的影响较大。光纤智能管理系统

能够实现变电站之间光纤芯的远程切换,实现光纤线路和业务的快速恢复。

### 1 光纤网络综合维护系统的应用

#### 1.1 光缆监视

进行光缆检查有多种方法。可以针对每一个待测纤芯,根据光纤维护周期的要求,制定单独的测试计划,包括不同的颗粒度,试验结束后,对实验得出的曲线与理论曲线进行对比分析,当超出设定值时,会出现警报信息。同时也可以采用另外一种方式,就是手动启动光缆来进行测试,也可及时发现故障<sup>[1]</sup>。使用者可手动确定脉冲宽度、范围、折射率、测试时间、间距

**【收稿日期】**2021-04-30

**【作者简介】**李宁(1991-),男,湖南常德人,湖南邮电职业技术学院教师,通信工程师,研究方向:通信光缆工程、通信技术。

**【基金项目】**2015年湖南省规划课题“十二·五”规划课题“FTTx 光纤光缆线路智能巡检管理系统及在教学实践中的应用研究”(课题编号: XJK015CZY089)。

及其它相关参数,分析电路,精确测量电路。对相关设备进行测试报警,能及时发现故障,减少故障发生的时间。

### 1.2 报警系统的管理

光纤电缆故障由光纤电缆检测系统进行管理,该系统可记录故障的内容、时间、原因、排除人员及排除措施等,为以后的电话回访和用户查询提供方便。

### 1.3 光纤网络中的数据管理

光纤电缆检查系统将光纤网络划分为站、缆的逻辑层次结构。利用各种功能强大的文件管理工具,来对测试时产生的文件进行高效的可视化管理,实现资源管理的合理配置。测试路由器时,可以为路由器设置多条线路,同时进行并发的测试,短时间内按照一定的顺序执行多个不同的测试项目,从而可以保存大量的测试结果,还可以输入生产日期、光缆结构以及维修负责人等各类基础信息<sup>[2]</sup>。

## 2 智能接线系统

### 2.1 扫描仪轮询扫描模式

该技术方法可以分为端口检测技术,链路检测技术和全项目检测技术三种,但是它们的网络结构都是相同的。主要设备包括:主机,扫描仪,电子配线架模块,智能跳线,网络管理软件,网络管理服务器,数据库,操作终端,传输设备等<sup>[3]</sup>。

1)端口检测技术。微型开关集成在智能配线架的端口中,当插入或拔下普通跳线时,会触发开关信号。接口检测技术的独特优点是响应速度快,将采集到的数据通过相应的信号采集设备传送到后端数据库软件,可实时记录测试中产生的基础数据信息。智能配线架规则顺序和端口连接关系已在数据库中预先定义,并且按照这个顺序执行跳线加载。但这种技术有一个缺点,就是不能在端口之间建立通信,所以不能监控端口之间的连接。

2)链路检测技术。接触传感器集成在智能配电架的端口中,专用于检测的铜线已添加到智能跳线。在导体与传感器端口接触后,形成并检测到一个环形,由扫描仪访问扫描跳线或拔出产生的信号来了解链路的连接关系和端口的状态。该方法的缺点是响应时间与网络规模相关,优势在于当系统断开并重新连接后,它可以自动扫描该网络中存在的所有待测试设备的端口,并通过与之前的记录信息进行对比,重新生成记录,并使记录与现场情况相一致。

3)全项目检测技术。它集成了端口检测技术和链路检测技术<sup>[4]</sup>。在配电架的所有端口上添加触点,并同时在配电架的端口中添加微型开关,当插入或拔出跳线时,该端口的微型开关首先起作用,接收感应后,系统可以在跳线的两端完全插入端口后实时检测相应

端口的连接关系。

### 2.2 电子标签方式

电子标签技术是在配线架托盘各端口上安装集成电路芯片,用来存储信息、识别和区分端口信息。采用电子标记技术的网络设备主要有:控制器、电子标记托盘(即电子配线架)、智能跳线、便携式网络管理终端、操作终端、传输设备等硬件设备,同时也包含上层的操作系统,数据库管理软件,应用程序软件等一系列的软件。将 IC 芯片安装在电子电路控制板上,以识别开关口信息;在传统的光纤分配网系统中,智能分配网(ODN)采用电子标签技术,实现了对光纤分配网的信息采集。电子标签方式实现基于端口感知的管理功能,并结合相应的安装维护流程,提高网络资源管理的精确度和效率<sup>[5-6]</sup>。

## 3 光缆监控系统

### 3.1 OTDR 测试技术

光纤的传输特性这一指标反映了信号的传输能力,是一个在实际工程领域非常受关注的指标,可以用来确定光纤故障的原因。光纤通信的传输特性测试主要是利用 OTDR 技术,基于瑞利散射特性,使信号在光纤中的不同位置反射不同的信号。这个过程会持续一段时间,信号随后被统计出来,并以曲线的形式显示出来,此曲线可显示光纤状态及传输信号状态。

### 3.2 光缆监测方法

监控方法按所采用的不同测试技术可分为三类:在线监控、光纤预制和光功率监控。OTDR 检测技术和光功率检测技术是联机监测中常用的检测技术,一种是用光功率测试光路衰减值,另一种方法是用 OTDR 法测试全程链路损耗<sup>[7]</sup>。硬件结构包括 WDM 和滤波器两部分,WDM 的主要功能是产生来自不同波长的信号,把它们合并起来,然后送到测试线上。为了防止测试线路影响正常的光纤通信,滤波主要用于信号滤波。联机监测的优点是能准确地确定光纤故障点,占用网络资源相对较少,其不足之处是需要相应增加光学仪器,监测费用高,监测范围狭窄。

光力监测不同于前两种监测方法,无需亲自发送,只需选择少量的光纤通信光信号进行测试,通过分光光度计实现具体测试。它具有光通讯信息分离功能,可将所有光信号的 3.5%用于探测,96.5%用于通讯。虽然光信号的 3.5%是分离的,不用于通讯,但通讯信号损耗小于 0.79 dB,不影响正常通讯,所以这种方法可以用来监控。分离器可以将 96.5%的光端口与通讯设备相连,3.5%的光端口与测试设备相连。从硬件构成来看,除在线监控的硬件外,还需要一个光谱仪。光功率监控不能单独用于特定的监控过程,必须与在线监控技术结合使用。

### 3.3 系统的功能结构

光纤智能管理系统由主站控制系统和变电站交换系统组成。包含服务器等硬件资源、通讯接口、操作平台软件等软件资源,光纤智能管理系统是一个将上述的软件硬件资源整合在一起的管理平台,可以最大限度地发挥系统的软硬件综合实力。中心处理模块根据主站操作指令对光纤芯交换进行控制,实现光纤资源调度,光源和光功率计集成在光学测试模块中,用于测试光纤的性能参数。

## 4 构建光纤网络综合维护系统

### 4.1 系统需求分析

伴随着光通信技术的飞速发展,其应用和发展越来越广泛,光缆使用数量也在增加。由于光缆故障发生时及时的故障信息较少,故障点的位置也不准确,故障排查耗时耗力。另外,试验光纤电缆的数据需要手工书写,归档和查询比较困难。因此,本论文建立了

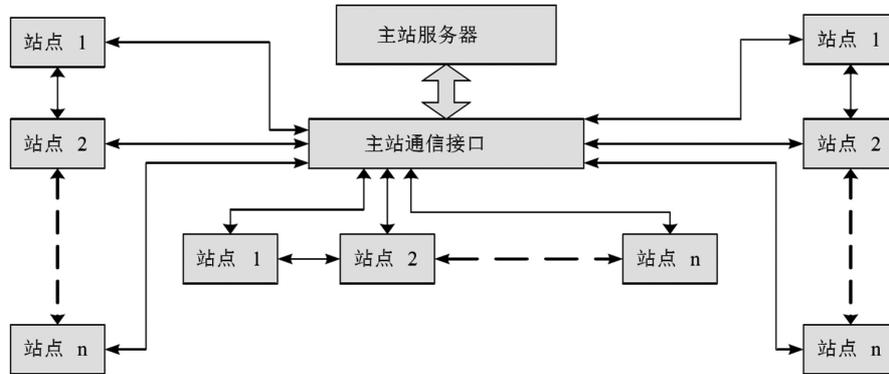


图 1 系统结构图

检测中心发出指令进行相应的工作,接到点名检测、报警检测、定期检测等指令后,检测数据、报警信息和工作记录都会自动回传到控制系统中心,检测次序也视情况而定。区分分三种功能:常规检查、优先权识别和局部测试。

### 4.3 系统试验

本文设计的系统试验基于 OTDR 测试原理,对光纤线路进行分析。检测方法有两种:人工检测和自动检测。与传统的检测方法相比,主要有离线、联机和待机检测。通过对联机和纤维制备方法的优化,设计出了一种新的形式,试验方法是在光纤端部设置滤光片和独立光源,WDM、ODTR 等设备与端口相连接。经试验验证,该方法能保证检测的准确、实时,相对于在线检测,该方法通过引入更多的冗余路径以及设备的方式,减少了传输系统出现故障的可能性,在一定的范围内能够增加整个试验正常完成的概率,有效节省投资。

故障检测、网络管理和光功率报警可采用两种方式。当光功率下降到 6.5 dB 时,光源模块发出测试信号,同时在另一端监测光功率。这就是说,当出现故障

光缆检测系统,能及时掌握线路运行状态,准确判断光纤在使用过程中是否出现老化现象,及时发现并解决老化问题,减少对光纤质量的影响。增加了数据管理功能,能记录光纤使用、损耗等各个环节的信息,方便维护人员进行统计分析、查看等操作。

### 4.2 详细的系统结构设计

该系统由主站服务器、主站通信接口、路由器等软件组成,对多个测试站的实时信息进行管理。从测试站接收的警报信息和数据信息可自动接收,然后以不同颜色显示。当将标准模板与光纤测试结果进行比较时,可以发现对于不同警报级别的光纤测试数据,它都能通过智能分析得到,能及时掌握网络状态和点名测试,能及时处理、统计数据库中的信息。检测器包括五个模块:控制器、OTDR、光开关、光电源、网络、路由器、UPS 等。其系统结构图如图 1 所示。

时,这个时间点会发出警告,探测会自动启动。这种方式的条件是,每一个光纤纤芯都必须有一个光源和光功率。常规网络管理警报与这种新方法不同。其关键在于将光缆检测设备与传输网络管理相结合,提取传输管道中的信号并触发相关光缆线路进行故障信息检测,提高了检测准确性和效率。

## 5 系统结构原理与故障处理方法

### 5.1 光纤交换设备的结构原理

为使主站能够快速判断变电站故障状况,需要在变电站安装光纤交换机。光纤通信交换机交换板上有 32 个交换孔,水平方向的开关孔用来插入线光纤连接器,垂直方向用来插入绳光纤连接器。该系统设置了一系列专用交换孔,为了保证测试的准确性,一对电缆光纤连接器只固定一根电缆光纤,并在相应的列上移动,设置了一排与外部电缆光纤对应的交换孔,其中一对电缆光纤连接设备的一侧与外部电缆光纤相连并在相应的线上移动,因此该系统可以访问最多 16 条外部电缆,编号为 A01~A16。其设备结构原理图如图 2 所示。

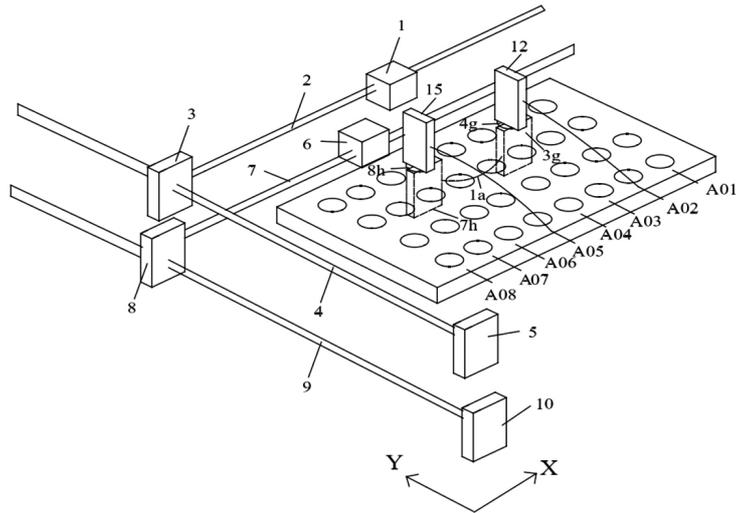


图 2 光纤交换设备结构原理图

这个图表只显示了两种光纤连接器，即与 A07 相连的连接器和与 A12 相连的连接器。在转换设备中有两种驱动方式，一种是用来驱动线形光纤连接器水平移动并插入相应的孔中，另一种是用来驱动线形光纤连接器纵向移动并插入相应的孔中。双线光纤连接器只能插入到对应的交换孔列。所以，在寻找需要交换的两根外纤维交换孔时，首先要确定两根外纤维交换孔在同一排内，而且这一排外纤维是空闲的。找出符合要求的交换孔后，驱动装置驱动被交换的线绳纤维到达目标交换孔，将光纤连接器插入交换孔内。通过这种方式，将插入目标交换孔内的两根外纤维的一端分别与另一端插入目标交换孔内的绳状纤维的两端抵接，形成光信号交换的通路。

为了实现外部线光纤 A03 和 A11 之间的光交换，搜索设备需要在 A03 和 A11 的相应行中找到一对目标交换孔。假设在 2 行和 5 列的 3g 和 6 中出现一对目标交换孔，第一驱动装置移动并插入连接外线光纤的光纤连接器 03 和 11，A03 和 A11 分别到交换孔 4g 和 9h，第二驱动装置将连接绳索光纤 1a 两端的光纤连接器 3g 和 7h 分别移动到交换孔 4g 和 8h 并插入，从而将外线光纤 A02 和 A05 的一端连接到第二驱动装置。

## 5.2 故障类型检测

一般可将子站间光通信故障分为子站间信道故障和子站内设备故障。主站能够远程调度变电站内的交换机，检测故障类型。

假设交换设备中有 X 条外线光纤，则 X 条外线光纤连接到光源，X-1 条外线光纤连接到光功率计。如果子站 A 和子站 B 之间有 N 条光纤，则可以通过分析得出第 PQ 个光纤出现故障，在这种情况下，可以通过主站向子站 A 发送一条指令，以将连接第 PQ 个光纤的外部线路光纤连接到分站 A 中与第 X 个外

部线路光纤交换光信号，使用这种方式可以有效检测到不同种类的故障类型，并且可以有效区分不同类型的故障现象。主站向子站 B 发出指令，将连接 P-Q 型光纤的外接光纤与子站 B 中的光功率计相连接，这样就可以和 X-1 型外接光纤交换光信号。通过这种测试方式，可以快速分析出主站与 B 站之间链路连通情况，若发现故障也能快速地定位故障位置，判断故障的类型，有助于帮助用户快速做出决策，减少故障定位的时间，为故障抢修留下足够的时间，在子站 A、B 两个站中，主站向光源和光功率计发送指令，并比较发送和接收的光功率，以检测子站 A、B 之间 P-Q 根光纤是否发生故障。

检查设备是否有故障：主站可以检查子站中的设备。例如，当子站 A 和 B 之间的第 PQth 光纤发生故障，并且 PQth 光纤连接到子站 A 中的第 N 根光纤时，主站可以控制子站 A 中的第 N 根光纤。光源，即第 X 条绳状光纤的一端与第 N 条外线光纤相连。将 Nth 光纤功率计连接到控制变电站 A 中，即让 Nth 绳状光纤的另一端连接到 X-1 外线光纤。主站将指令发送到变电站 A 中的光源和光功率计，并比较发送和接收的光功率，以检测变电站 A 中的交换设备是否发生故障。

## 5.3 通道故障处理方法

信道失败有两种情形。当出现故障两端的交换机等光终端设备之间存在着冗光纤连接时，主站可以通过检测手段得知故障的发生，并且主动发送指令来启用备用的光纤线缆，这样冗光纤就能完成两个子站的切换。当出现故障的两个分站之间没有冗光纤连接时，需要临时调整数据转发方向。A、B、C、D 三个变电站组成环网，若在 A、B 两站之间出现信道故障，由 A、C 两站分别向 A、C 两站发送指令，由 C 两站将 A、B 两站发送的数据转发给子站。以上的修复只是暂

时的,维修人员需要到现场来处理故障。

### 6 系统承载网络结构

网络采用传统的三层结构。在供电局设置核心节

点,分别配置两个核心路由器、防火墙和交换机。在其它供电局设置了收敛节点,并分别配有汇聚路由器和交换机。具体网络结构图如图 3 所示。

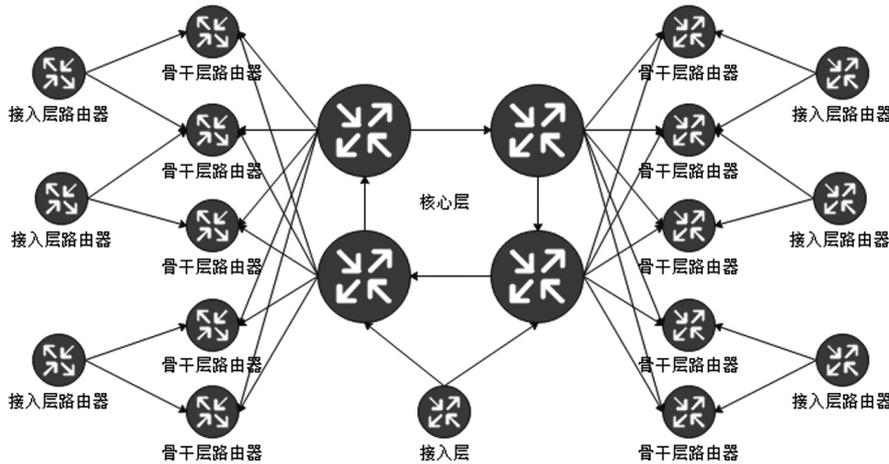


图 3 系统承载网络结构图

在 220 kV 及以上变电站内设置接入节点,并分别配有接入路由器和交换机。一个以开放最短路径优先(OSPF)协议作为基本设备互连协议的网络,一个以多协议标签交换技术为基础的虚拟专用网(MPLSVPN),为整个网络提供多种服务隔离。

### 7 系统测试

光缆智能管理系统完成后,便可以正常运行。选择从站点 A 到站点 B 的传输中的光路进行测试。其系统测试连接图如图 4 所示。

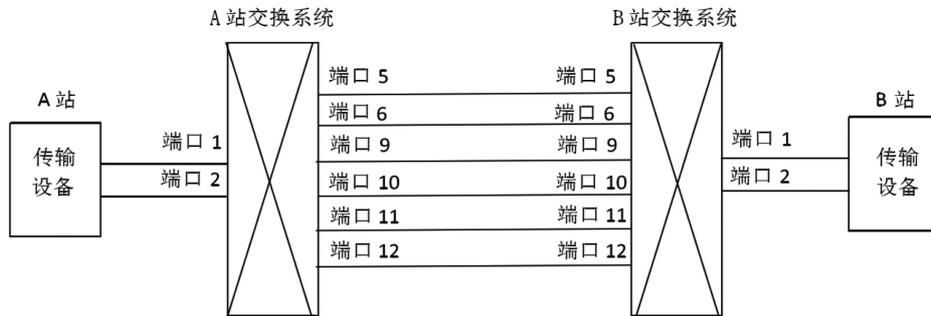


图 4 系统测试连接图

分别进行如下检查测试:光纤芯检查,选择波长为 1310 nm 的光进行光缆冗余光纤芯检查;光路释放时间测试,主站控制系统发出站 1 和站 5 的断开链接,站 2 和站 6 的断开链接,站 B1 和 5 断开连接,站 2 和 6 断开连接,通过传输网络管理可以观察到发出警报的命令。

### 8 结束语

光纤智能管理系统实现光纤网络远程管理调度,增强了系统的可用性与安全性,减少了人工维护的成本,将光纤网络传输系统的故障时间答复缩减。采用上述补救措施后,网络中将出现相同的电缆环,从而降低网络的抗风险能力,随后维修人员会被要求到现场进行检修。

### 【参考文献】

[1]黄崇桂,韦雅曼.一种光缆纤芯智能管理系统[J].信息技术与信息化,2020(8):192-194.  
 [2]喻琰,王志佳,章立伟,范雪峰.电力光缆网络智能管理系统的构建与应用[J].电力信息化,2019(11):57-62.  
 [3]张晓龙,宫贺,余晶晶,等.基于光纤网的光缆线路故障告警技术研究[J].智能电网:汉斯,2018(1):87-95.  
 [4]李莉.光缆自动监测系统在油田光缆网络应用中相关问题探讨[J].通信管理与技术,2018(4):48-50.  
 [5]李洋,刘银鹏.光缆自动监测系统在油田光缆网络建设中的应用研究[J].通信管理与技术,2017(2):57-59.  
 [6]周玲.光缆资源管理系统在光缆运维中的应用[J].工业,2016(6):30.  
 [7]刘向辉.智能型光缆网络自动监测维护管理系统在中国网通集团公司的应用研究[D].北京:北京交通大学,2005.