

# 高压电缆及电缆隧道综合监控系统研究与应用

陈 江

宁波送变电建设有限公司运维分公司 浙江 宁波 315000

**摘 要：**电缆网作为现代电力系统的重要组成部分，其安全性与可靠性对电力供应至关重要。本文首先介绍了电缆网的主要参数及设备管理系统，为电缆网的稳定运行提供了技术基础。详细探讨了电缆隧道综合监控平台的应用，分析了高压电缆及通道多状态综合监控系统的构建，重点讨论了分布式光纤测温系统（DTS）、电缆载流量实时监测系统、并探讨了结合监控系统的电缆运维管理模式以及数据分析与人机交互在电缆监控中的重要作用。

**关键词：**高压电缆；电缆隧道；综合监控系统；研究与应用

## 引言

随着城市化进程的加快，电力电缆网络日益庞大，电缆的安全监控与管理变得尤为重要。电缆网作为电力传输的关键环节，其运行状态直接影响到电力供应的稳定性和可靠性。因此，开发和应用先进的电缆监控系统，对保障电缆网的安全运行、提高运维效率具有重要意义。本文旨在综述电缆网主要参数及设备管理系统，并深入探讨电缆隧道综合监控平台及其多状态综合监控系统的应用与发展。

## 1 电缆网主要参数及设备管理系统

### 1.1 电缆网主要参数

电缆网由电力电缆设施与管网构成，其运行状态通过关键参数监控。我们明确了主要工作参数，如电缆导线的压力、温度、接地电流和局放位置，以及电缆管道的温度、通道出入口状况等。利用这些数据的变化趋势和历史数据，我们能够精准判断电缆网的实际运行状况，确保电网的安全稳定运行。但目前，由于对电缆和隧道的主要运行参数的测量以及技术方法发展程度的不同，如对电缆压力、环境温度、接地电压、隧道状态、现场影像等的监测技术进展已比较完善，对局部放电、隧道沉降等方面的检测技术仍在发展完善过程。第一层次是监控系统的最高管理层，是整个监控系统的核心层，等级最高，由服务器、应用软件以及外设等构成<sup>[1]</sup>。监控网络的管理层利用TCP/IP局域网与各变电站监控主机相连，获取电缆和光缆隧道状况的信息资料，进行电网信息的整理和集中监控，为操作人员的判断提供依据。

### 1.2 设备管理系统

监控软件对监控系统中的线缆和隧道等设施实施系统的管理包括：监控的日常管理工作；结构化的模型系统即为台账管理系统，以便于企业管理工作。GIS服务器可以在地理信息系统将电力公司所管理区域内的各种线

缆状况和隧道情况标示出来，并覆盖了电缆运行监测系统的所有应用图层，包括：井盖信号、状态信息，以及隧道情况和其他检测设备位置，以便于操作人员对事故电缆迅速定位，实施抢修。运行管理层的管理者能够对电缆运行中的各种控制装置实施进行参数调节和管理。系统内部的智能分析数据库，将分析在不同时间段监测的参数历史数据，并生成不同历史参考曲线，为使用者提供更完善的历史参考分析。第二层次的监视层，重点是检查位于线路隧道附近变电站内的监视主机和网络设备<sup>[2]</sup>。监测层作为在上、下级间传递数据的过渡节点，将运行过程中收集到的参数数据基本采用就近方式传送到距离最近的变电站的监测主机上，以进行对历史数据的汇总。监测层同时还负责将所汇总的信息上传至电缆网的监控中心，并将由监控中心所产生的控制指令下到监测终端层。第三个阶段是监管终端阶段，是监管的末端，该阶段的监管数量大、覆盖面广。在电缆隧道内设置的装置，由上层的供电、控制及监测设施构成，包括各类传感器和测量装置，用于收集如电流、温度、水位、环境参数等数据，并设有井盖感应器等。终端层负责实时监控电缆和护层的接地电流等重要信息，确保电缆网络的安全稳定运行，实现了控制层下发的管理指令，如完成了对风机、水泵、灯具、井盖等的开闭控制。

## 2 电缆隧道综合监控平台应用

### 2.1 分布式光纤测温

分布式电缆测温方法是沿轴向，将分布式电缆的温度传感器直接嵌入电缆内，又或者沿着电缆的表面进行敷设。光纤温度测量方法采用了拉曼散射的物理效应，是目前较为成熟的方法，经过多年实际工作已表明是一项控制电缆温度变化的最有效的手段。电缆隧道与综合监测系统中分布式光缆测量设备的连接通常有二种方法，一是基于多点遥测设备，另一是基于数据文件。方

法各有特点,各自适合于不同的使用环境。通常情况下,一旦电缆隧道的监测系统所连接的管廊很多时,就需要采用数据文件模式,在这种情况下采用的多点远程监控模式,将对实时数据库和历史库都形成了很大负担。

### 2.2 电缆接头局部放电实时监测

高压电缆局部放电就是说的在电缆绝缘中,只有电缆局部的放电,而不能全部击穿,这个情况就叫做局部放电。对于确保电缆安全工作,对安装中的点缆及线缆连接器和端子实施局部放电的检测,并实时判断其绝缘状态,有着重大价值。隧道综合监测系统主要对光缆局放的释能和频率的信息收集与监测以波形、PRPD图形、累积PRPD图形、故障信息图形、故障位置图形和趋势的方式进行表现,实时动态显示电缆局放监测的结果与情况。

### 2.3 电缆接地电流监测

电缆线路与金属护层间连接电压的高低,对电缆线路供电安全具有关键意义。电缆隧道综合监测系统利用电缆隧道接地电压实时监控子系统,将电缆护层接地电压检测信息和线路承载信息进行比较与综合研究,以完成对接地电压的瞬态参数检测、接地线被盗报警、外护套绝缘检测等功能。高压缆护层接地电压数据,作为高压电缆工作流程中的关键监测数据,通过对接于地电压的实时监控,可以减少人工巡查频次,从而确保光缆运行正常和供电系统的安全运营。

## 3 高压电缆及通道多状态综合监控系统应用

高压电缆和管道的多状态综合监测系统,综合利用了分布式的光纤在线温度监测、实时载流监控、实时电压监控、运行状态实时监控、线路的热放电实时监控、电缆绝缘现场监控与等现场实时监测等手段有机融合一起,达到对线路和管道的实际环境温度、负载流量和电压、运行状态、导线的放电、导线绝缘等性能性能的监测有关,达到实际监控和电缆管道的相关运行参数性能的,加强做到预防与控制。有线频缆的多状态综合系统的基本组成,大致有这样一些内容。

### 3.1 分布式光纤测温系统(DTS)

(1) 分布式光纤测温系统的构建标准涵盖了多个核心组件。系统主要由测量方法专用的光缆、DTS(分布式温度传感)测量主机、DTS检测与分析软件、以及必要的硬件设备和OTDR(光时域反射仪)硬件用于光缆健康监测。测温光缆作为信息传输的媒介,在光缆表面温度超过预设的报警阈值时,系统会触发警告提示,并且可能通过SMS(短信服务)实时将关键数据发送给运行和维护团队<sup>[1]</sup>。简而言之,该系统利用特定光缆进行温度监测,一旦超过安全温度,便会自动发出警告并传输相

关数据。(2) 热光缆的架设:将热光缆铺设在光缆外面上,用绝缘线将绑带牢固,然后每隔一m焊接成一条,使之与高压光缆的外表面牢固连接。主要的部分是导热。而硅胶粘剂电缆中间接头则是温度测量中的关键部件,必须通过双绕组固定以实现整体的作用。

### 3.2 电缆载流量实时监测系统

电缆载流实时监控技术是在传统DTS配线型电缆测量技术的基础上,在监控主机上安装电缆动态载流软件,同时在电缆体上安装了电流互感器,进行电缆动态压力的实时监控,模拟各种工况下电缆导体工作温度与压力的安全状态,准确有效地识别可能的隐患,为后期及时合理、有针对性地修复提供基础。

### 3.3 隧道环境综合监控系统

隧道内环保综合监控设备,主要由电缆隧道水位、人孔盖板、环境温度、各种含气量检测传感器和相应的配套连接设备等构成;主要收集隧道水位、人孔盖的开启、关闭时间、温度等。检测危险气体、有害物质以及其他环境参数信息,以全面了解巷道周边环境的总体情况;在安装室外监控设备的同时采集系统还可在巷道内配置远程装置,如排水泵、通风风机由、风扇和防火门所组成,用以提高巷道环境和实现其效率。高效接触的灾害事件控制了交通事故的进一步发生,从而将伤亡减至最低程度;并逐步代替了以往的人工日常检测,通过道路监控体系开展即时、全方位的控制与创新,以及使用和控制电缆隧道。

### 3.4 电缆局部放电在线监测系统

电缆局部放电现场监控系统主要是由高频电流互感器、通信光缆、局部放电监视器等设备构成。排放监控主机的主要部件都被布置在光缆保护的现场网络中。电缆护套与光纤相连。通过通信电缆释放监控仪实时收集并分析由高频电流互感器所测量的电量信息。当电缆PD达到规定值后,会立刻弹出警告,提醒操作员尽快完成电缆检查,继续检测电缆状态,避免细小问题,否则将造成停电。

### 3.5 隧道视频监控系统

该系统主要分为控制主机、硬盘录像机、高清摄像机等装置。因此,我们就在光纤隧道的与光纤中间相连的关键部位,设置了360°的红外线热像仪。将其与监控主机放置在光纤变电所中,并配有视频线。光缆隧道桥生活架上的道路视频监控系统是通过安装在道路上的摄像机来采集图像信息,通过视频把道路上的实时图像和报警信号传送给监控主机。该系统具有数据与图像处理、存储、报警连接等功能,从而实时监控运行情况。

## 4 电缆监控系统发展应用探讨

### 4.1 结合监控系统的电缆运维管理模式

随着电缆监测技术的应用,常规的光缆运营模式即将发生变化,各种结合监测技术的运管模式将逐渐形成。面对数量繁多、深埋地底,遍布在都市各个街道的电缆线。看不见、难摸到、赶不到的困难将始终横亘在运行管理人员眼前,靠提高人力配置,是远远无法适应市场的。结合并依靠监测技术,对仪器实施的监视与检测,将成为未来技术的必然趋势。接地电压、接头温度测量、电缆隧道监测系统的运行时间均被大大延长,平时管理工作的重点放在设施状态巡查、检测以及对特殊区域、外力破坏隐患点控制、问题解决方面。平时管理工作的重点放在设施状态巡查、检测以及对特殊区域、外力破坏隐患点控制、问题解决方面。电缆监控系统的应用,可以使线路运维工作由过去的周期巡检和计划检测模式逐步过渡为状态巡检和状态检测,从而实现了电缆线路和管道的"可控、能控、在控",从而达到了防止意外、安全工作的目的。这些方法对操作技术人员也有了很高的要求。首先,操作人员必须把电缆监测设备置于一个非常关键的地位,意识到它“眼睛和耳朵”的功能。其次,可以通过电缆监测设备,对各种信号具有基本的功能、了解各种报警信息处理过程。再次,由于操作人员对于监控设备的基本结构和原理都有一定的了解,就可以掌握现场设备状况,并可以对其情况做出进一步分析。

### 4.2 数据分析及人机交互

未来的电缆监测设备,将向"自动化管理、智能化监控智能化发展趋势,并具有较强的分析与管理功能<sup>[4]</sup>。可以自动监控负载电压和护层接地电压的关联并可以表格的显示和输出;可以对线路运行、检测信息进行统计分析,全面评估线路状态,并提供巡视或检测建议;能都对误报情况做出进一步分析和评估。大大减少操作管理人员负担,提升电缆运维质量和管理水平。对于每时每刻都在增长的海量监控信息,对于单调、乏味的系统界面,将有极其不好的感受,也会极大降低监控管理系统的功能和应用效果。为有效的发掘监控设备的潜能、提

升应用效果,怎样利用简单有效的表达方式来显示线路和管道的工作情况、提高人机交互,这是目前面临的一个课题。

### 4.3 GIS系统

GIS技术在许多地区的电缆监测体系中也进行过应用,但大都并不完整。它的大范围应用,可以很直接的对设备的实际情况加以查询,从而避免了电缆运维中设备情况难查、难描述的老大难现象。此外,预警装置的设定可以使操作人员对预警地点、监测的地理分布等精确地了解,方便于对问题的有效解决。

### 4.4 3D拟真技术

在高效展示大量前端信息给操作人员时,虚拟现实技术提供了一个卓越的途径。通过该技术,我们能够近乎真实地重现电缆隧道的实际环境,从而大大增强了监控系统的沉浸感。此外,电缆状态的可视化处理不仅具有强大的交互式分析能力,还能让操作人员直接从不同角度实时观察现场环境。3D技术在电缆监测技术中的应用前景广阔,并已在一些地区进行实验,取得了显著的成效。

### 结语

电缆监控系统的不断完善和发展,为电缆网的安全运行提供了有力保障。通过引入GIS系统、3D拟真技术等创新技术,结合监控系统的电缆运维管理模式将进一步提升电缆网的运维效率。同时,数据分析与人机交互的应用,将使得电缆监控更加智能化、高效化。未来,随着技术的不断进步和应用,电缆监控系统将在保障电力供应稳定性、提高运维效率等方面发挥更加重要的作用。

### 参考文献

- [1]王彬.基于云平台的轨道交通综合监控部署方案研究[J].无线互联科技,2022,19(14):146-148.
- [2]武翔宇.基于云平台的地铁综合监控系统设计方案[J].长江信息通信,2022,35(04):155-157.
- [3]高丽丽,吕小芳,赵华.高压电缆隧道综合监控系统的需求分析与设计[J].自动化应用,2019,(1):55-56
- [4]沈志广,张海庭,郑运召,等.隧道电力电缆监控系统智能联动的方案研究与设计[J].2019,(10):72-73