

电缆网精益化管理系统研究

刘皓¹ 闫春江¹ 赵永强² 李光¹ 张成¹

(1. 国网北京市电力检修公司, 北京 100069; 2. 国网北京市电力公司, 北京 100031)

摘要 随着智能电网在全世界各个国家和区域推进, 电缆作为一种重要的电力输送载体, 广泛应用于电力传输领域中。为了保证电力系统安全可靠运行, 本文提出了电力电缆网精益化管理系统, 该系统可以实时监控电缆的运行载流量、电压等级、电缆隧道环境温度等的相关信息, 同时集成了设备相关参数、地理信息数据、电源系统数据、电缆负荷数据, 并且这些数据汇入监控中心, 通过系统分析可以实现提前预测电缆的运行状态, 从而能实现智能检测和快速定位, 减少停电时间。本研究对提高了电缆运维管理的技术水平, 实现电缆的精益化、智能化管控等方面具有重要意义, 并且具有较高的实际工程意义。

关键词: 电缆网; 管理系统; 智能监测; 隧道

Research on lean management system of cable network

Liu Hao¹ Yan Chunjiang¹ Zhao Yongqiang² Li Guang¹ Zhang Cheng¹

(1. State Grid Beijing Electric Power Maintenance Company, Beijing 100069;
2. State Grid Beijing Electric Power Company, Beijing 100031)

Abstract With the rapid development of smart grid in various countries and regions all over the world, cable has been widely used in the field of power transmission as an important power transmission carrier. In order to ensure the safe and reliable operation of power system, a lean management system of power cable network is proposed in this paper. The system can monitor the running load, voltage level, environment temperature of the cable tunnel and other related information in real time. The system can also integrate the equipment related parameters, geographic information data, power system data and cable load data and input these data into the monitoring center. Based on the system analysis, the operation state of the cable can be monitored intelligently and be predicted ahead of time to reduce outage time. This research is of great significance on the improvement the technical level of cable operation, as well as realization the lean and intelligent control of cable. Besides, This method is practical for industry application.

Keywords: cable network; management system; intelligent monitoring; tunnel

在电力传输系统中, 电缆作为重要的电力输送载体, 其质量和状态对供电可靠性具有非常重要的意义及影响。随着城市化进程的不断推进, 电力电缆已经成为城市供电的主动脉, 而电缆隧道作为电缆的铺设通道, 其安全稳定运行是维系整个社会经济稳定、政治文化秩序、正常工农业生产的最关键因素之一^[1-4]。

随着智能电网建设的推进, 电缆运行情况在线监测可提前评估电缆的运行状态, 并防止电缆故障造成较大的损失^[5-7]。同时隧道作为电缆的通道, 一

旦发生隧道火灾, 就会造成严重损失, 而且修复时间长, 危害严重。因此必须从源头上控制, 狠抓管理, 重视技术管理, 从而避免火灾的发生^[8-11]。电缆网精益化管理系统的建立可以实现提前预警, 故障后快速恢复, 大大提高供电可靠性。本文首先阐述了电缆网精益化管理系统目标, 接着给出了总体构架, 关键技术, 最后结合实例给出了电缆网精益化管理系统取得的成效, 为电缆精益化、智能化管控提供了理论依据。

1 电缆网精益化管理系统目标

1) 基础数据建设目标

电缆网精益化管理系统覆盖的数据包括管道和电缆相关设备的设施数据、动态监测数据、地图数据、规划数据等。建设目标包括：

(1) 通过建立规范化的数据标准体系，以图形资源为核心，实现设备设施的“图数一体化”，达到“源端唯一、共维共享”的数据管理目标。

(2) 以图形资源为基础，通过对实时监控信息、运行状态监测信息的有机整合，建立静态、动态数据交互的管网资源数据模型。

2) 业务应用建设目标

以北京公司管道及电缆网生产、经营管理和业务流程优化为驱动，以贯穿规划设计、辅助工程建设、运行监测、运维检修等环节的全过程闭环管理为主线，实现生产过程自动化、业务流程互动化，全方位支撑管道及电缆网业务融合发展。

3) 决策分析建设目标

通过管道及电缆网相关业务集成及数据融合，建立覆盖战略层、经营层、作业层的智能决策分析体系，为管理层、业务操作和控制人员提供决策支持，全面支撑管道及电缆网规划建设和稳定运行^[12]。

2 电缆网精益化管理系统总体架构

根据国家电网公司“SG186”工程总体设计要求和目前系统应用情况，电缆精益化管理系统通过数据中心、数据交换、企业服务总线实现与其他业务应用系统的横向集成。通过企业服务总线为生产等业务应用提供服务支撑，实现电缆精益化管理系统与业务应用系统的紧密集成。通过与北京电网GIS平台进行服务调用数据交换完成管道及电缆空间数据的共享与交换。

电缆精益化管理系统的总体架构由业务架构、应用架构、技术架构、物理架构、安全架构和应用集成等部分组成。系统总体架构如图1所示。

1) 业务架构

业务架构由图形资源管理、生产业务管理、状态监控管理三大部分组成，通过对业务模型的分解，利用系统分析的方法，对电缆精益化管理系统的业务应用过程和目标进行分析抽象和归纳，形成电缆精益化管理系统的功能模块及对应的功能域。

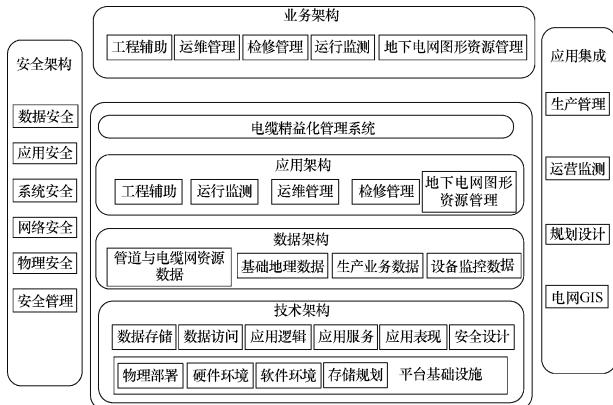


图1 电缆精益化管理系统总体架构图

2) 数据架构

电缆精益化管理系统数据构成包括基础地理数据、图形空间数据、属性数据、拓扑数据、配置数据、接口数据、业务数据及文件数据。

数据按照应用特点分为：基础地理空间数据、图形空间数据、属性数据、拓扑数据、配置数据、接口数据、业务数据、文档数据及监控数据9种类型。

3) 技术架构

电缆精益化管理系统是在PMS2.0图数一体化管理基础上进行业务扩展，增加对管道、电缆的一体化管理，实现对辅助工程建设、运维检修、运行监测等业务应用的支撑。

随着管道及电缆精细化、规范化管理要求的提出，需要在可视化基础上进行台账维护，实现管道设施、电缆设备的图形、拓扑、设备台帐的一体化维护，实现对PMS2.0电缆设备维护的有力支撑、管道设施维护的有力补充。通过构建管道设施及电缆设备参数与图形拓扑的一体化管理，定义规范的录入及审核流程，建立灵活的设备以及图形版本管理机制，保证了管网资源图数一致性与完整性，实现管道及电缆网管理系统与PMS2.0的无缝兼容。系统在调研、设计、开发阶段以PMS2.0架构、数据模型、技术路线为主要参考，设计出该系统特有的业务应用模型，为后续PMS应用集成及数据融合提供支持。

电缆精益化管理系统的总体技术架构分为数据层、数据访问层、应用逻辑层、应用服务层、表现层。其中数据层是各类数据的物理存储。

4) 物理架构

电缆精益化管理系统部署方式采用集中部署方式，将服务器部署在市公司，下属公司客户端通过

广域网访问部署在集中部署的服务器。生产业务模块与监控模块采取分开部署方式。具体软硬件部署方案如图 2 所示。

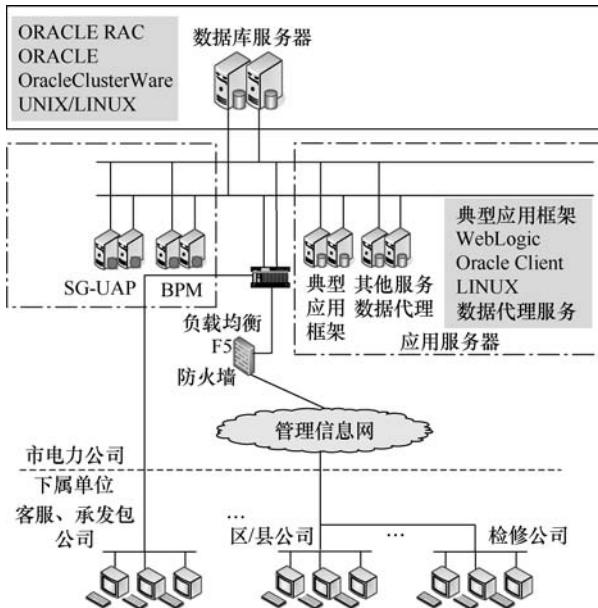


图 2 电缆精益化管理系统物理架构图

5) 与 PMS2.0 集成

系统与 PMS2.0 关系设计如下：

(1) PMS2.0 管理库是由生产业务库和图形资源库两部分组成，管道及电缆网管理库是基于 PMS2.0 的架构进行设计，其设备图形数据、生产业务数据均统一在系统资源库中进行存储。

(2) PMS2.0 生产业务数据和电网资源图形数据均是由生产业务系统进行维护。管道及电缆网设备图形数据、生产业务数据也是根据 PMS2.0 的数据规范进行设计，并且系统中涉及到的管道网、电缆网生产业务数据和图形数据既包含了 PMS2.0 的数据模型又包含了北京电力公司的数据要求。

(3) 电缆精益化管理系统包含 PMS2.0 数据，所以与 PMS2.0 是一对一的关系，通过建立同步服务将生产业务数据和图形数据同步到 PMS2.0 管理库中，为 PMS2.0 管理库提供管道网及电缆网数据。PMS2.0 不包含的业务和图形数据不通过同步服务进行推送，依然保留在系统资源库中，例如有限空间作业、反外力、管道设备（通风亭、监控井盖、测温光纤等）。

6) 与监控设备集成

电缆精益化管理系统中运行监测功能需要与运行监控主站系统集成，其集成思路如下。电缆精益化管理系统由 B/S 系统独立运行，负责与监控各主

站数据连接，汇集主站监测数据；集中实现数据的远传和数据的安全接入；转发主站系统对管道及电缆网监控设备的状态监测，提供统一的远程交互控制节点，并进行监测数据分析。

3 电缆网精益化管理系统关键技术及业务提升点

1) 电网图形一体化

电网图形一体化针对不同电压等级电力系统设备构造相互统一的图像存储、连接和展示关系。电缆精益化管理系统将建立并且统一设备分类和标识、数据存储、设备模型和图元标准等方面，从而达到电网图形一体化的目标^[13]。

2) 管道及电缆网最小单元精益化管理

建立电缆及管道网最小单元精益化管理思路，规范电缆段、电缆通道最小管理单元，同时终端、中间接头、接地箱、交叉互联箱以及井盖监控、水位监测、气体监测、视频监控、接地电流监测、测温等监控装置统一纳入到设备管理体系中。

3) 地下管网系统数据管理

地下管网数据管理的思路包括了以下 7 个环节：数据采录、数据分析、数据转换、数据处理、数据管理、数据应用以及深化应用。同时，为了保证系统的顺利使用，配套了完整的作业标准、数据规范、命名标准、流程规范和接口规范。

4) 管道及电缆网空间数据时态化管理

由于电缆精益化管理系统在互联网等领域可为多名用户及工作人员提供网络分析处理、电网整理规划和地图浏览等多项在线服务，因此针对不同用户的不同需求，可提供不同的视图以及数据信息，即不同时态的电网空间数据。

电缆精益化管理系统对时态的支持包括^[14]：

(1) 管道及电缆网资源变更管理，包括运行状态变更和运行位置变更。

(2) 支持管道及电缆网数据时间维度的版本管理、历史版本回溯。

5) 业务提升点

(1) 电气拓扑与沟道拓扑联动。系统建立了电缆网电气连接拓扑关系，并通过断面与隧道信息关联，实现两者间的快速关联检索。

(2) 设备状态与业务流程联动。业务流程与设备信息关联，在断面管理、有限空间作业管理等流程中可快速调阅相关设备的状态及位置信息。

(3) 静态信息与动态信息联动。系统将设备台帐与实时监测的状态信息进行了关联，并实现了可视化预警功能。

(4) 采用空间数据可视化技术，研究空间数据可视化算法与最短路径算法，实现了 GIS 空间数据可视化与最短路径分析功能。

(5) 通过对已建管道资源实施的有效管理，准确统计埋设中已经占用的孔位和未占用孔位比例。在掌握具体管道占用信息的情况下，可在电缆铺设路径规划中对依据已孔位占用情况对所在断面进行加权处理，优化电缆铺设路径规划算法。

4 电缆网精益化管理系统取得的效果

4.1 电缆网精益化管理系统取得的效果

电缆精益化管理系统包括电缆图形资源管理、生产业务管理、状态监控管理三大功能模块。

- 1) 工程组织单位在断面模块中编制断面审批单。
- 2) 管道运维单位在断面模块中对审批单进行审核。
- 3) 运检部在断面模块中对审批单进行批复。
- 4) 工程组织单位依据断面审批单敷设电缆，并完成验收工作。
- 5) 断面批复 3 个月后工程未验收，则系统预警。

流程中增加逾期预警功能，为通道资源释放提供了保障，确保通道资源合理利用。

风险及隐患管理。传统管理模式只是采用手工记录方式，管理较为粗狂。利用电缆精益化管理系统，可以将风险及隐患台账信息化处理，并与地理信息系统结合，在地图上选取、展示隐患设备，提高隐患管理的精益化水平。图 3 为隐患信息与地理信息系统展示图。



图 3 隐患信息与地理信息系统展示图

状态监控包括接地电流监测、视频监控、实时负荷、井盖监控、温度监控、水位监测、气体监测

等，分别如图 4 和图 5 所示。

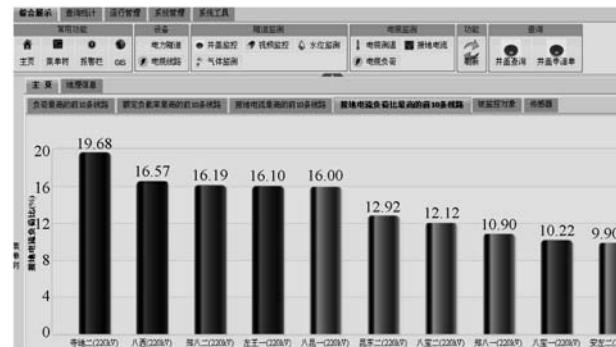


图 4 电缆精益化管理系统监控页面展示图



图 5 电缆精益化管理系统视频监控页面展示图

通过电缆精益化管理系统，可以实现对报警设备的全局可视化管理，即在地理信息图上直观查询当前各类型监控装置（温度、水位、气体、井盖、视频）报警情况，提高监控工作效率，如图 6 所示。



图 6 电缆精益化管理系统监控可视化页面图

通过电缆精益化管理系统，可以实现对前端监控设备实时状态和历史状态的查询、统计和分析，为设备缺陷处理及数据分析提供了数据支撑，解决了以往只能分别读取不同监控设备运行状态的问题，提高了工作效率，如图 7 所示。



图 7 电缆精益化管理系统监控设备状态分析图

4.2 管理提升点

1) 对于运行管理, 系统实现对井盖、温度、负荷、水位、气体、视频、接地电流等状态信息的实时监控, 为两级调度和运行监控人员提供信息服务和实时预警。

2) 对于资源管理, 系统可快速查阅任意沟道断面的占用情况, 可为电缆网规划提供自动路径优化功能, 同时为营销客户报装提供透明的断面信息和最优路径, 批复资源逾期预警。

3) 对于安全管理, 系统实现了业务流程与井盖监控的关联闭锁, 未履行审批手续的入沟作业均无法打开井盖, 确保有限空间作业安全, 同时也提供了各类隐患的录入、定位及预警功能, 保障设备运行安全。

4) 对于故障研判, 系统基于 GIS 的地理信息可实现任意位置的模糊查询和快速定位, 为应对路面塌陷等突发事件提供信息支持, 提高故障研判及应急处置能力, 为客服和运检专业提供信息服务。

5) 对于重要客户管理, 系统实现了电源追溯功能, 便于为政治保电及应急处置提供信息服务, 提升重要客户的服务保障能力。

5 结论

随着电缆精益化管理系统功能的实现, 可对电缆网运行管理、资源管理、安全管理、故障研判、重要客户服务等业务提供数据和信息支撑, 同时也为调度、监控、安监、规划、运检、营销、客服等专业提供服务, 实现专业间的紧密融合。

管道及电缆网精益化管理系统的建设在我国电力系统发展中具有重大意义。其建设将有效解决当前生成发展模式存在的缺漏和弊端, 对提高运行安全、运维管理、检修维护、设备在线监测等多个方面精益化水平具有促进作用, 改善各项电网工作业

务流程的优化, 为管理效率和效益双丰收提供有力保障。同时其建设对地下电缆及管道管理发展具有巨大助益, 从而为北京市地下电网的安全可靠运行奠定了夯实的基础。

基础数据准确是实现电缆精益化管理的基础, 在后续工作中, 北京公司一方面将针对存量数据开展普查, 重点普查电缆拓扑和通道资源占用情况; 另一方面, 按照精益化管理要求严格控制增量数据规范性和准确性, 从而为实现电缆精益化管理目标奠定坚实的基础。

参考文献

- [1] GB 50217—2007. 电力工程电缆设计规范[S].
- [2] 王传旭. 高压电缆故障分析及其状态检测技术[J]. 电气技术, 2014, 15(9): 70-73, 77.
- [3] 高昇宇, 王春宁, 顾承阳. 基于全光纤技术的电缆故障运行监测系统[J]. 电气技术, 2016, 17(9): 142-144.
- [4] 何金良, 彭琳, 周垚. 环保型高压直流电缆绝缘材料研究进展[J]. 高电压技术, 2017, 43(2): 337-343.
- [5] Q/GDW 1512—2014. 电力电缆及通道运维规程[S].
- [6] Q/GDW11316—2014. 电力电缆线路试验规程[S].
- [7] 刘云鹏, 刘贺晨, 高丽娟, 等. 电声脉冲法研究热老化对 160kV 直流电缆绝缘材料陷阱特性的影响[J]. 电工技术学报, 2016, 31(24): 105-112.
- [8] 蒋彪, 王健, 沈鹏, 等. 基于智能终端的电缆通道巡视系统的设计研究[J]. 电气技术, 2017, 18(9): 114-117.
- [9] 诸嘉慧, 栗会峰, 陈晓宇, 等. 高温超导电缆交直流伏安特性测试与分析[J]. 电工技术学报, 2016, 31(24): 120-125.
- [10] 杜伯学, 马宗乐, 霍振星, 等. 电力电缆技术的发展与研究动向[J]. 高压电器, 2010, 46(7): 100-104.
- [11] 耿金枝, 曹际良. 影响电缆安全运行的因素分析[J]. 智能建筑电气技术, 2014, 8(2): 25-26, 37.
- [12] 国网(信息/3)255-2014, 国家电网公司办公计算机信息安全管理规定[S].
- [13] 京电运检〔2014〕73号. 国网北京市电力公司电力管道断面管理办法[S].
- [14] 京电安〔2014〕25号. 国网北京市电力公司有限空间作业安全工作规定[S].

收稿日期: 2017-10-11

作者简介

刘皓(1983-), 男, 工程硕士, 高级工程师, 主要从事电缆运行检修管理工作。