

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2019.04.017

宁夏境内特高压直流输电设备 大数据智能管控应用研究

余涛¹, 冯斌¹, 于波², 韦冬妮², 何勇萍²

(1. 国网宁夏电力有限公司建设部, 宁夏 银川 750001;

2. 国网宁夏电力有限公司经济技术研究院, 宁夏 银川 750001)

摘要: 本文基于宁夏境内特高压直流输电线路工程输变电设备管理维护现状,通过采用跨平台、跨部门数据融合方法获取宁夏电网运行、设备状态、环境气象等大数据,构建多源信息综合分析系统,实现工程施工建设设计方案、施工进度实时管控融通,再通过特高压输变电设备智能可视化管理,为设备运行维修部门构建一个实时、多维的现代化信息管控平台。

关键词: 特高压输变电; 大数据; 管控平台

中图分类号: TM732

文献标志码: A

文章编号: 1006-4710(2019)04-0512-06

Intelligent control of UHV DC transmission equipment based on "big data" environment

YU Tao¹, FENG Bin¹, YU Bo², WEI Dongni², HE Yongping²

(1. Ministry of Construction of Ningxia Electric Power Corporation, Yinchuan 750001, China;

2. Economic and Technical Research Institute of Ningxia Electric Power Corporation, Yinchuan 750001, China)

Abstract: Based on the current status of management and maintenance of transmission and transformation equipment for UHV DC transmission line projects in Ningxia, this paper uses a cross-platform and cross-sector data fusion method to obtain big data such as Ningxia power grid operation, equipment status and environmental weather, and builds a multi-source information comprehensive analysis system, realizing the real-time management and integration of engineering construction design schemes and construction progress. Through intelligent visual management of UHV transmission and transformation equipment, this article builds a real-time, multi-dimensional modern information management and control platform for equipment operation and maintenance departments.

Key words: UHV power transmission and transformation; big data; management and control platform

在现代社会的高速发展之下,社会对于电能的需求愈发多样化,同时总量也在不断提升,特高压输变电工程具有设备型号种类繁多、监测数据复杂、大数据分析数量大、设备状态运行环境多样等特点,这给特高压输变电设备进行在线实时监测和可视化控制设备全景状态信息带来很大不利影响。

为了实现国家电网发展方式的转变,“三集五大”战略实施已摆上国家电网的工作日程,造成特高压输变电设备维修部门的工作方式发生了很大改变。随着生产、生活各个方面对电力需求的不断提升,传统的监测设备无法满足要求。所以,要对国家电网实施

全面的运行、调度、检修和控制,就需要一种更为科学的理论和方法,要达到智能国家电网管控的要求还有相当长的一段路程。目前,特高压输变电直流输电设备智能管控还存在几个方面的问题^[1]。

1) 特高压输变电设备状态的监测信息和相关数据比较零散,各个部门设备状态系统相对独立,部门之间的数据很难共享,甚至不同部门之间的数据相互矛盾。

2) 传统的设备状态评估和预测模型无法全面掌握设备真实的实时状态和运行情况。特高压输变电大数据信息分析的综合应用能力不高。

收稿日期: 2019-06-03

基金项目: 国家自然科学基金联合基金资助项目(U1765101)

作者简介: 余涛,男,高级经济师,研究方向为工程造价管理。E-mail: yutao@nx.sgcc.com.cn

3) 通常根据因果分析和数值模型的建立以及设备状态信息标准参数来评价和预测设备状态情况,然而设备故障机理复杂多样,运行环境变化莫测,不够精确的数据以及设备之间的差异都可能造成输电设备数学模型和实施运行机理等方面存在缺陷。

近年来,随着智能电网的建设,智能电网信息采集和管理控制系统逐步完善,而把各系统、各部门产生的多源异构数据进行集中处理,对保证整个电力系统安全运营有着重大意义。同时,构建实时监测和可视化管控平台在线对大数据设备状态进行实时监测,可以将零散的系统数据作为一个统一的整体来进行大数据状态监测,从而找到各个状态监测的联系。

依托现有技术,完善特高压直流输电设备的可视化管控平台的构建以及跟进设备状态的实时监测工作,都对保障宁夏境内特高压直流输电线路工程运维检修部门的管理有着切实作用。

1 宁夏境内特高压直流输电线路工程输电设备概况

1.1 灵州—绍兴±800 kV 工程概况

灵州—绍兴±800 kV 特高压直流输电线路工程作为“西电东送”的重要项目,能够进一步落实国家西部大开发战略,将宁夏宁东(灵州)地区煤电资源优势转化为经济优势,促进更大范围内的资源优化配置,是满足华东地区经济社会发展电力需求的一项战略性工程。灵州—绍兴宁夏段线路长度为83 km,直线距离74.3 km,地形以丘陵、沙漠及低山为主,线路曲折系数1.14,沿线海拔高程在1 300~1 650 m之间。

1.2 灵州—绍兴±800 kV 工程输电基础数据和检修管理情况

灵州—绍兴±800 kV 特高压直流输电线路工程冰区分级为轻冰区10 mm,风速27 m/s。采用空间地理信息系统(GIS)作为特高压输变道路路识别系统。特高压输变电设备状态在在线监测系统的集中监控下,设备实时监测与可视化管控水平得到明显提高。宁夏境内特高压生产管理系统(PMS)可以通过管辖区域内电网线路的进一步完善、特高压输电站站内不同电压等级电器设备的建立、仪器设备的运行维修管理^[2],检查电网运行过程中存在的各种不足。

2 技术方案及实施

灵州—绍兴±800 kV 特高压直流输电线路工

程路径受外部制约,线路曲折系数较高,交叉跨越较多,沙漠段需塔基维护,且耐张转角塔比例高达27%,这些限制条件使得本体工程费用较通用造价方案更高。因此,需要在该路段构建输变电设备的实时监测以及可视化智能管控平台,确保施工现场工程量的可控、在控^[3],从而有效提高结算质量和效率。

2.1 技术方案

通过构建灵州—绍兴±800 kV 特高压直流输电线路工程输变电设备的实时监测以及可视化智能管控平台,利用输电线路和特高压输变电设备的大数据分析管理技术、信息成型技术和可视化技术^[4],结合宁夏地区的地理信息和工程施工信息,使电网生产、管理工作人员在办公室犹如在设备现场那样及时掌握电网实时状态信息,并做出有效应对。该系统的总体技术方案架构如图1所示。

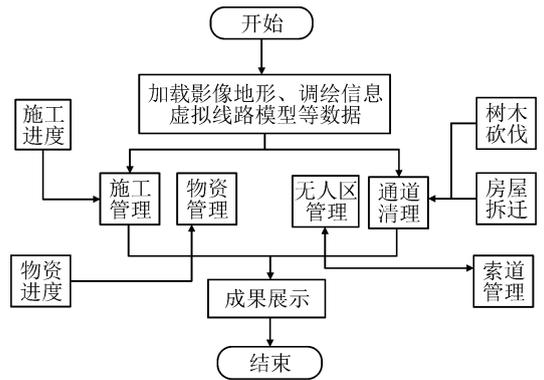


图1 系统业务架构

Fig. 1 System business architecture

通过对生产管理信息、地理信息、气象信息等设备状态信息的融通,进而完成构建智能化、系统化和信息化的设备状态,基于现有输变电设备的实际要求,总结得出各个设备状态的基础信息。

1) 施工进度管理

施工进度管理主要是对特高压输变电工程进度指标进行实时监控,并且用饼状图、柱状图和折线图等多维度图表示监控结果。线路工程则细化到各标段每周工程量,结合现场施工图纸,能较详细地展现出所处工程的施工进度,并且要保证展现出的施工进度按照原规划的施工进度计划进行,以此实现对施工的主动控制,从而使电网生产、管理工作人员能做出科学决策,实现对工程的全过程施工精度管理。

2) 物资供应管理

物资供应管理主要是指对项目建设过程中所需物资的供应和管理,包括物资的到货情况、到货的种类和物资的数量等。因物资供应管理包含的信息量

庞大,所以相关部门急需利用先进信息化技术开发一个物资供应管理系统平台,借助该平台使得物资供应全过程都处于严密监控之下,以便工作人员对各类物资进行供应管理,从而使物资供应的信息化管理水平进一步提高。

3) 索道方案设计

该部分主要将三维可视化技术和虚拟电网数据相结合,利用三维电网数据清晰地呈现出工程段的地形地貌,实时提取有效的三维数据。通过对提取出的三维电网数据进行综合分析,可全面了解该线路通道,进而能够对已定索道方案提出科学合理的管理方案。

2.2 架构实施

1) 平台部署情况

实时可视化管控平台集中部署在国网宁夏电力公司本部机房,智能管控平台的搭建主要涉及省检修公司定期检修、各地市公司子站实时上传电力数据、电力专线数据网进行数据的实时交互三大部分。而主机房的可视化管控平台主站是由数据库服务器、接口服务器、WebLogic 服务器、测试服务器和 B/S 客户端组成。各地市公司子站由 B/S 客户端组成,主要是用来进行电力工程信息的获取和记录、电力状态的基本评估等。而其均是通过路由器和交换机完成实时交互电子专线数据。模型-视图-控制器(MVC)是近期普遍使用的一种软件设计模式,其架构模式如图 2 所示。

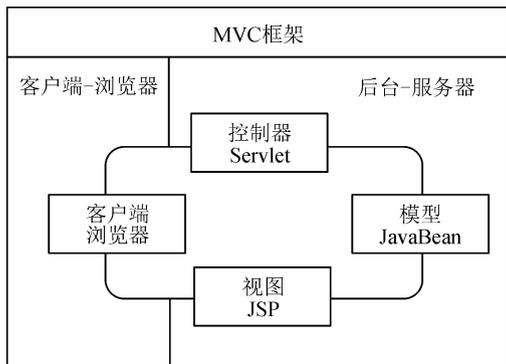


图 2 Web 端架构设计

Fig. 2 Web side architecture design

2) 平台安全防护

可视化管控平台的安全防护主要是由横向物理隔离装置、纵向加密认证装置和通用安全防护设备组成^[5]。横向物理隔离装置能够保证大数据的可靠传输和有效隔离;而纵向加密认证装置则保证实时大数据在纵向传输的安全;通用安全防护设备用于实时监测网络流量和行为,并及时对黑客的恶意攻

击、网络病毒的扩散等异常进行行之有效的防护。

3) 数据跨平台抓取

实时可视化平台进行特高压输变电设备状态监测时需将多个系统横向集成,对有效数据进行整合分析以便取用。就目前技术发展阶段而言,有效数据包括生产管理系统(PMS)数据、气象系统数据、空间地理信息系统(GIS)数据、调度自动化系统(EMS)数据、在线监测系统数据和视频监控平台数据等。

4) 清洗与多源异构数据融合方法

由于大数据时代的来临,数据信息凸显出来源广、形式各异、类型多样的特点。故而在进行数据的质量管理之前,需要对数据进行深度处理和清洗。数据清洗主要是将相同类型的大数据集中处理进行监测和分离噪声,并且需要进行关键特征值的监测和填补。

5) 平台数据的存储和分项检索技术

根据宁夏输变电工程信息存储的特点,分析平台的多源异构数据主要存储在分布式文件中^[6],分布式文件存储技术能够满足大数据管理平台的存储要求,其存储信息的类别主要包括:设备状态运行信息、在线监控信息、各种气象数据以及各部门之间的业务信息。

大数据集成分析平台一共分成三层,首先是设备状态感知层,其次是网络层,最后是设备分析应用层。设备状态感知层作为第一道门户,它的主要功能是归纳分析来自不同方面的基础数据,并对其进行处理;网络层主要用于基础数据的在线传输;设备分析应用层主要是对采集和传输的数据进行评价分析,最后根据这些数据信息做出有效决策。

6) 基于大数据的特高压输变电设备评估模型及处理方法

当前,宁夏国家电网公司特高压输变电设备现有的状态评估方法主要是针对各种监测设备^[7],忽略了设备运行状态、设备工艺等差异,准确性和目的性较低。因此需要构建基于大数据的特高压输变电设备评估模型及处理方法^[8],重点开展差异化设备状态模型的建立和快速评估方法的提出等方面的研究。大数据平台成效评估指标体系如表 1 所示。

7) 基于多维展示平台的电网信息全景可视化

本文介绍的特高压输变电设备状态的可视化功能和实时监控的智能管控平台,使用在线监测系统获取实时信息,并将种类繁多、数量庞大的各类信息进行有序分类,消除了各专业之间存在的信息壁垒。电网信息全网可视化打造了一个实时、全景、可控的信息平台,可提高设备状态监测管理水平,进一步实现智能化管控。

表1 大数据平台成效评估指标

Tab.1 Big data platform effectiveness evaluation system

| 一级指标 | 二级指标 | 三级指标 | 权重 |
|------------|------------|---------------------|-----|
| 数据平台综合利用成果 | 数据平台的服务性能 | 收集整理数据及统计分析数据节约的资金 | 0.3 |
| | | 节省信息设备和相应基础设施的成本 | 0.3 |
| | 典型的大数据利用结果 | 提升电网规划工作效率节约的费用 | 0.1 |
| | | 对故障工单进行研判,减少重复派工的费用 | 0.1 |
| | | 收缴电费节省的费用 | 0.1 |
| | | 提高单次故障修复效率节省的成本 | 0.1 |

3 构建现代化信息管控平台

配电网信息管控平台作为信息传输节点,它将设备状态信息、能源信息等收集起来并加以整合分析,最后将分析结果通过节点传送到智能调度中心。配电网信息管控平台是连接智能调度、智能变电站和智能用户端的枢纽,同时它也是信息传递的平台,能够保证信息的实时性与准确性,为网络通信提供了便利。其功能如图3所示。

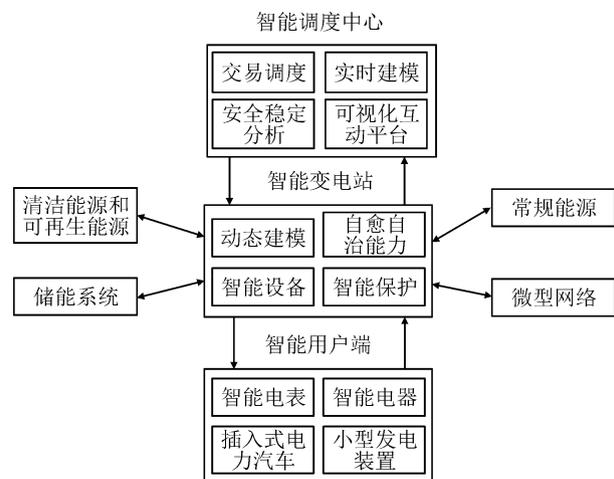


图3 配电网信息管控平台网络信息节点功能图

Fig.3 Function diagram for network information node of distribution network information control platform

3.1 设备状态实时监测

国家电网设备状态实时监测包括:视频监控图像、在线监测数据、设备实时缺陷数据、预警告警数据。该分析模块的功能是显示系统中设备状态的详细规模、设备运行的信息数据^[9]。系统总体架构如图4所示。

3.2 设备缺陷数据分析

对设备缺陷的数据分析可以有效减轻生产管理人员对设备缺陷状态分析的工作量,这项功能可实现设备缺陷数据的可视化分析统计,并且可通过实

时可视化管控平台找出设备缺陷的一定规律,对接下来设备的运行维修起到指导作用。设备的缺陷数据分析主要包括:缺陷状态的统计查询、快速定位设备的缺陷部位、设备缺陷状态的综合分析、缺陷状态发展规律的统计分析、设备缺陷率的统计分析。

根据生产管理规章制度的要求,为了优化电网的管控结构,提高管控环节的运行效率,可视化智能管控平台以其强大的设备状态信息数据库为支撑,可以提供生产管理日常工作报表和工作总结,从而提高国网公司生产管理的工作效率。

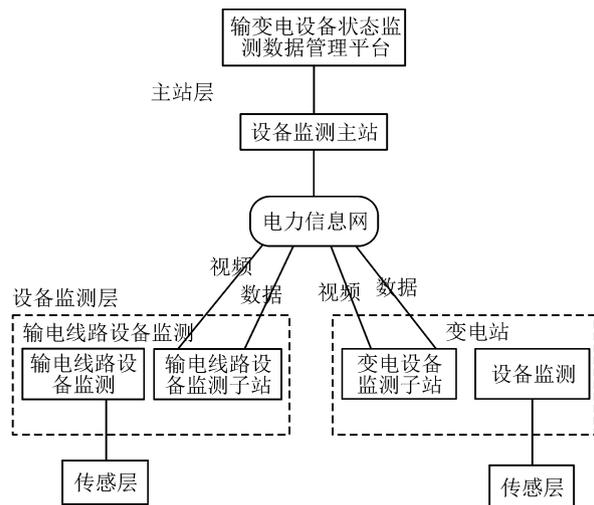


图4 监测系统结构示意图

Fig.4 Schematic diagram for monitoring system structure

3.3 特高压输变电设备故障综合诊断

故障综合诊断抓住了设备运行状态这一重点,围绕这一重点进行故障诊断、状态评价、风险评估、寿命预测等相关工作。特高压输变电设备故障综合诊断是对发生故障预警的设备进行健康状态综合诊断,并根据诊断结果提出检修方法或者更换建议。采用设备状态诊断方法找出设备发生故障的部位,采用设备故障综合诊断方法分析设备出现故障的原因,作为故障部位处理和恢复的依据,并提出合理对

策^[10]。故障诊断工作的主要内容包括阈值分析、专业数据分析和趋势分析。

3.4 设备电网技术分析

电网技术监督报告模块主要是为现场管理工作人员提供专业指导,让使用者对设备实时状态进行了解和落实。该模块主要由技术监督报告、反措条款维护、投产监督报告组成。

3.5 设备属性综合分析

设备属性综合分析模块是对同类型设备状态进行分析,包括设备规模统计、运行指标统计、运行年限统计、设备制造厂家统计和设备型号统计。该模块是对各种特高压输变电设备指标、状态、运行情况的数据进行综合分析,为生产管理提供理论依据。设备属性综合分析主要的功能模块包括单位设备统计、设备厂家统计、设备投运年限统计、设备类型统计、设备资产归属统计、设备类型特性统计。

3.6 试验数据深度挖掘

当前,工程设备实时状态的测试数据是最有效的参考依据,对智能管控平台系统存储的大量基础数据进行深入分析和研究,利用数理统计方法对设备实时状态进行数据化并得到相应的物理方程,从而实现实时状态可视化,并进行有效的预测。基础数据的深层次研究包括试验数据实时状态查询分析、试验数据实时状态前景分布、试验数据实时状态发展变化规律、试验数据实时状态有效性统计。

4 应用实例

大数据在配电网中主要应用于停电管理和修复损伤评估、负荷预测、设备运行效率评估、低压配电网网络分析、故障定位、可靠性评估、故障原因识别、配电网自动化重构、分布式能源分析、网络拓扑和相位连接分析等方面。下面以银东线输电为例,说明大数据在输电线路中的应用。

4.1 总体技术方案

通过生产管理信息、在线状态监测、即时气象信息等,及时掌握配电网的实时状态,根据线路维护的实际需要,深入挖掘分析基础数据,实现状态评价的智能化、信息化、专业化和互动化^[11],做出系统的分析报告,从而做出最优决策。总体技术路线如图5所示。

银东输电线路对大数据管控的应用,为相关部门建立了一个实时、多元、可视化、智能化的信息管控平台,对具有不同功能的数据进行严密监控,通过对这些数据的深入分析与评估,能够有效防范运行风险,提高突发事件的应对能力,从而使管理人员能够针对相应问题提出最优决策。

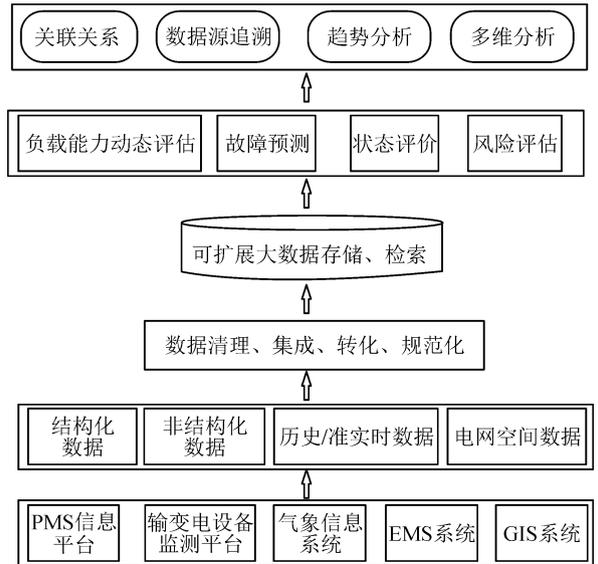


图5 总体技术路线

Fig. 5 Overall technical route

4.2 硬件架构

在现有技术的可操控范围内,借助集中式部署,在常规管理协调模式下,保证可视化管控平台能够实时管控监测平台主站数据,使省检修公司与各地市公司子站电力数据得到有效利用。

主站的构成划分明确,依据性能特点,其细部划分为数据库服务器、WebLogic服务器;依据具体操作环节所需划分为接口端服务器、测试服务器和B/S客户端。在操作过程中,根据客户端所获数据以及历史存储的数据开展对数据的实时收集,其依赖于数据库服务器的性能。而对于接口服务器,也进行了技术革新,选用GIS、PMS、调度SCADA打破了平台局限,实现了跨平台对数据的收集与快速处理。

在主站基础之上,子站也配备优良,它的主体系统是由B/S客户端连接而成,该客户端主要用于有关电力工程方面的信息收集以及信息的实时发布,同时还发挥着设备台账信息情况的数据记录、电力工作情况及状态的大致监测反馈等作用。

电力数据网则是为主站和子站间的信息交互提供通信平台。

传统的数据管控很难将分散的基础数据和独立系统不同格式的数据统一起来,而银东输电线路采用大数据管控架构的可视化管控平台,为信息交互提供了一个平台,能够实时有效地提取各类信息;同时,可视化管控平台可以避免数据相互矛盾,保证数据的准确性,从而能够对数据进行多维度分析与挖掘。

4.3 软件架构

进一步研究可视化管控平台,它通过数据交互

总线或中心跨安全区与相关系统进行松耦合集成,系统集成框架示意图如图6所示。

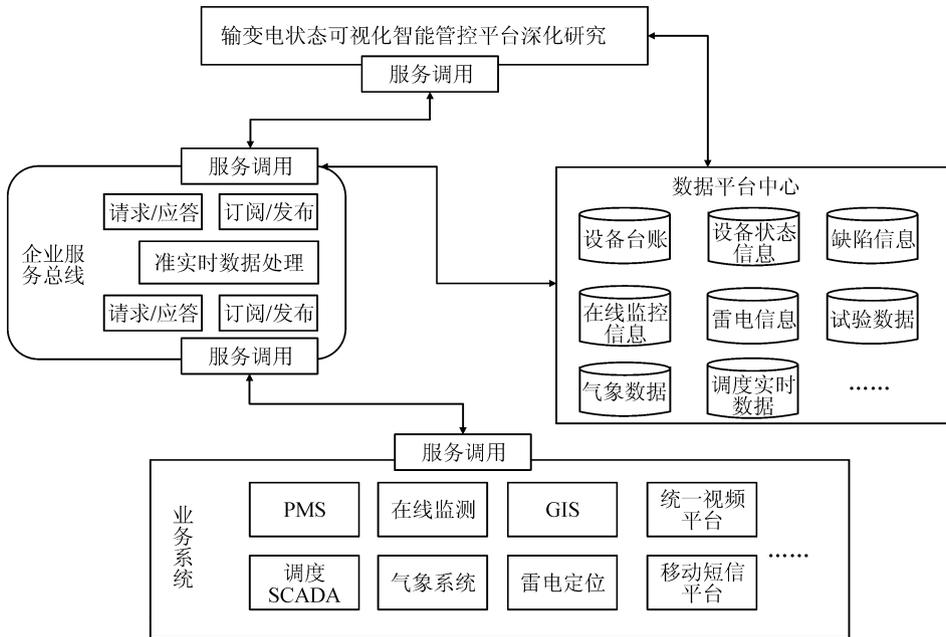


图6 输变电状态可视化智能管控平台软件架构图

Fig.6 Software architecture diagram for intelligent control platform for power transmission and transformation status visualization

该平台能通过可视化技术显示输变电设备状态,充分利用现有数据来提高生产信息系统的广度和深度。以往信息不全、不一致、出现实时差异的问题,将通过可视化平台的建立得到有效解决。

相较于银东线的±660 kV输电而言,灵州—绍兴线的±800 kV特高压输电覆盖范围更广、输电量更大,它首次使用了1 250 mm²的大截面导线。这种导线应用于电力输送可大幅度提高电力线路的输送功率、降低线路损耗,但同时也对施工机具的选择、技术方案的编制以及生产管理等方面提出了更高的要求。因此,大数据在灵州—绍兴输电线路的应用能够使现有的管控平台更加完善,从根本上实现平台的精细化管控。

5 结语

本文通过研究具有精确状态可视化、大数据信息集成化、管理一体化等众多优点的特高压输变电设备状态智能管控平台,构建特高压直流输电线路工程大数据跨专业、跨地域的应用体系,消除了个别设备实时状态“信息孤岛”现场,弥补了单个监测系统存在的信息不全、信息实时状态差异,有效提升了设备实时监测和可视化管理水平。同时,灵州—绍兴±800 kV特高压直流输电线路工程的建成也为昌吉—古泉±1100 kV特高压直流输电线路工程

的工程造价管理以及大容量、远距离、跨区输电的实施提供了灵活有效的方法。

参考文献:

- [1] YE F, QIAN Y, HU R Q. Identity-based schemes for a secured big data and cloud ICT framework in smart grid system [J]. Security and Communication Networks, 2016, 9(18): 5262-5277.
- [2] 王元峰,王宏远,杨金铨. 基于大数据分析的配网主动式运维研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2019, (4): 216-219.
WANG Yuanfeng, WANG Hongyuan, YANG Jinduo. Research on active operation and maintenance of distribution network based on big data analysis [J]. Automation & Instrumentation, 2019, (4):216-219.
- [3] 史常凯,张波,盛万兴,等. 配电网运维管控平台功能架构探讨[J]. 电网技术, 2016, 40(7): 2206-2211.
SHI Changkai, ZHANG Bo, SHENG Wanxing, et al. Discussion on functional architecture for distribution network operation and maintenance management platform [J]. Power System Technology, 2016, 40(7): 2206-2211.
- [4] PERÇUKU A, MINKOVSKA D, STOYANOVA L. Modeling and processing big data of power transmission grid substation using Neo4j[J]. Procedia Computer Science, 2017, 113:9-16.