

数字化缺陷在超特高压输电线路巡检业务管理中的研究与应用

张俊波 曾璐阳 阮 扬

湖北省超能电力有限责任公司宜昌分公司, 湖北 宜昌 443000

[摘要] 伴随用电需求持续增加, 变电设备逐渐增加了超高压与特高压等设备, 同时巡检难度也在逐步提升, 在超特高压输电线路输送电能过程中, 还需要注意提高巡检业务管理的效率与质量, 以维持超特高压输电线路的平稳运行。数字化缺陷管理为输电线路巡检业务中的新型信息化管理模式, 其能够运用计算机科学技术, 针对巡检中发现的缺陷与问题进行记录, 同时提供精准的复核结果, 以便实现有效管理巡检缺陷的目标。

[关键词] 数字化缺陷; 超特高压输电线路; 巡检业务管理; 应用效果

DOI: 10.33142/hst.v8i1.15138

中图分类号: TM764.25

文献标识码: A

Research and Application of Digital Defects in the Inspection and Management of Ultra High Voltage Transmission Lines

ZHANG Junbo, ZENG Luyang, RUAN Yang

Yichang Branch of Hubei Chaoneng Electric Power Co., Ltd., Yichang, Hubei, 443000, China

Abstract: With the continuous increase in electricity demand, substation equipment has gradually added equipment such as ultra-high voltage and extra high voltage. At the same time, the difficulty of inspection is also gradually increasing. In the process of transmitting electricity through ultra-high voltage transmission lines, it is also necessary to pay attention to improving the efficiency and quality of inspection business management to maintain the smooth operation of ultra-high voltage transmission lines. Digital defect management is a new information management mode in transmission line inspection business, which can use computer science technology to record the defects and problems found during inspection, and provide accurate review results to achieve the goal of effective management of inspection defects.

Keywords: digital defects; ultra high voltage transmission lines; inspection business management; application effect

引言

输电线路往往长期在自然环境中暴露, 不仅需要承担来自电力负荷的压力, 同时也可能受到自然灾害的侵袭, 进而引起线路元件老化, 如果未及时发现线路存在的问题, 则可能引起安全事故, 威胁电力系统运行的安全性与稳定性。通过巡检超特高压输电线路, 能够及时了解线路运行情况, 明确周围环境的异常变化, 进而掌控设备缺陷及可能对线路安全构成威胁的相关问题, 通过有效的检修措施, 以控制事故发生风险。通过线路数字化缺陷管理, 能够为线路巡视、检修维护提供科学的指导, 以促进经济效益与工作效率得到协同提升。

1 超特高压输电线路巡检业务管理现状分析

超特高压输电线路巡检的重要作用与发展趋势

超特高压输电线路带电作业包含较多项目, 实际项目内容见表 1。多种项目的影响造成巡检难度相对较高。在落实巡检相关操作前, 需要做好申报工作, 并以巡检的主要工作内容作为申报的基础, 随后由上级单位做好审核批准工作, 以便推动巡检工作的及时开展。在巡检前需要综合考虑多方面的因素, 在进行不同部门沟通的基础上制定科学、合理的巡检计划, 以便促使线路巡检工作质量与效

率得到同步提升。

表 1 超特高压输电线路带电作业项目

类型	项目	作业方法
绝缘子类	直线塔 I 型、双 I 型复合绝缘子更换	均为等电位
	直线杆塔单 V 型、双 V 型复合绝缘子更换	
	直线杆塔双 V 型、双 L 型复合绝缘子更换	
	耐张横担侧第 1~3 片盘形绝缘子更换	
	耐张导线侧第 1~3 片盘形绝缘子更换	
	耐张绝缘子串任意单片盘形绝缘子更换	
导、地线类	导线的修补处理	均为等电位
	导线异物的处理维护	
	地线的修整维护	
	地线异物的处理方法	
金具类	导线间隔棒的检修维护	等电位/地电位
	防振锤的检修维护	
	金具缺陷的解决方式	
附属设施类	在线监测装置的安装与维护	等电位
	防鸟装置的安装与检修	等电位

1.2 超特高压输电线路巡检问题分析

在电网规模逐渐扩大过程中,输电线路的横跨距离也在随之延长,且需要管理与维护的输电线路明显增加,亟需采取巡检管理措施,以便及时统计相关数据资料。输电线路巡检能够保证输电线路与设备安全,在巡检过程中可以及时发现相关问题,但由于超特高压输电线路问题具有一定复杂性,且未能够及时对缺陷进行有效清除,定期巡检过程中,还需要增强对线路缺陷管理与维护的重视,以及时发现影响管理效果的重要问题。在传统巡检管理过程中,多使用计算机进行 EXCEL 对相关数据进行录入、存储,但是其仍然存在部分问题,主要包括:(1)无法实现对输电线路的规范化管理:当前超特高压专业管理水平相对较差,无法适应不同人文地理、气候、环境等因素形成的相应影响,进而导致输电线路巡检管理的成效相对较差。且巡检人员工作素质差异性较大,且工作经验有所不同,对于巡检的设备项目尚未形成统一认知,导致检查结果及记录填写相关内容难以捕捉实际问题,进而无法增强对输电线路运行情况的深入了解,进而对巡检工作产生了一定制约。(2)巡检效率较低:在对超特高压输电线路进行巡检时,通过纸张记录的方式严重影响巡检工作的推进,在发现有问题的项目后进行记录,会浪费大量时间在记录工作中。(3)巡检记录保存与查询难度较大:在对超特高压输电线路进行巡检后会形成较多记录,由于涉及地域较为广泛,且受到环境及其他因素的影响,对于记录的数据进行汇总分析过程中,会消耗大量的人力、物力,且随着时间延长,极易引起记录数据缺失,影响日后的查询工作。(4)无法评估实际工作质量:仅仅在巡检记录的引导下,无法及时掌握工作效率与质量,进而影响最终的准确性评估。因此还需要探究科学、规范的管理技术,以减少一线人员的工作负担,确保缺陷管理更具智能化、有效性,进而促进输电管理水平的持续提升^[1]。(5)缺乏工作沟通:因各区域之间缺乏必要的工作沟通与交流,导致新技术、新设备的应用与维护缺乏科学的管理,常规的巡检模式已经难以契合新的发展要求,甚至会带来一定潜在的风险隐患,影响巡检效果。

2 数字化缺陷管理的原理及优势

2.1 数字化缺陷规程的精准制定

超特高压输电线路在实施管理过程中,需要对其缺陷进行精准的标记,主要涉及其号侧、导线、垂直、水平、顺线路、净空距离等内容,通过对以上内容进行详细记录,以便形成更具规范性的缺陷管理章程。在制定缺陷管理规程后,需要在工单填写中做好记录,保证缺陷描述方式更加标准,不仅能够及时发现各类缺陷,同时有助于数据存储的完整性、有效性免受干扰。在该类缺陷规程管理中,所记录的内容均为有效的定量信息,可结合实际的巡检情况对表达方式进行适度的转化,但是常规管理记录通常是

基于定性缺陷进行查询管理,在进行查询过程中,虽然能够明确树竹超高问题,但是对于净空距离的定量查询还无法明确,导致缺陷记录的管理效果可能受到一定影响,进而难以保证精准数据。

2.2 数字化缺陷正则表达化

缺陷规程可通过正则表达式进行明确的解释与说明,以便针对不同字段做好分类,还能够围绕分离存储、定量查询等均能够提供相应的数据。在计算机科学中,针对与句法规则具有较高契合度的字符串,可在正则表达化的基础上对其进行阐述,同时正则表达式也能够对文本内容进行明确的检索、查询。例如可将复杂的描述方式转化为“[TF 小/大]号侧,[TF 左/右]导线[TF 正下/上方],顺线路、水平、垂直、净空等各项距离约[DU, XX、XX、XX、XX]m,有[TU 柏/松][IU, X]棵超高”的形式,进而能够利用计算机技术的优势解释巡检中的缺陷,并围绕巡检中出现的缺陷予以科学的解决方式^[2]。

2.3 以软件开发技术为基础的动态程序

在 Windows 系统环境的影响下,可利用 Microsoft.NET2.0 及 C 语言形成开发语言,并在开发过程中围绕巡检缺陷正则表达式的实际情况进行全面的分析,以便形成更加系统化的动态管理模式,以便对缺陷表单进行动态捕捉。在开发期间需要以正则表达缺陷规程作为基础,并综合考虑缺陷的影响因素,以便形成对子控件对象的科学控制,以便基于 UserControl.Controls.Add 函数进行调动,确保其可在缺陷窗口上进行聚合。动态程序界面技术能够将标准化缺陷库编制转化为精确化、自动化的软件页面,以便为缺陷管理提供数据支撑。

3 超特高压输电线路数字化缺陷巡检管理技术分析

3.1 数字化采集以及处理技术

超特高压输电线路的巡检数据具有海量、复杂等特点,其包含的巡检数据相对烦琐,因此在给予数字化缺陷管理技术支持后,可及时明确以往巡检的经验与记录的数据,以便及时掌握缺陷处理的科学方法,并基于历史巡检内容对新的巡检方案进行改善,以确保巡检方法更加合理,继而为二级单位的巡检提供更加准确的数据支持,针对具体的停电巡检情况则能够申报停电巡检计划,促使停电巡检记录更具规范化,确保超特高压输电线路的巡检工作能够在数字化缺陷管理的引导下进行,不仅能够促进输电线路巡检计划申报效率得到一定提升,同时也可促进巡检计划及时落实在实际工作中。对巡检设备进行巡检过程中,如果发现巡检停电工期相关合理性问题,则需及时采取有效的解决措施。数字化缺陷能够对巡检计划的停电时间进行良好的协调,减少巡检人员的工作负担,确保巡检工作效率与质量得到改善。在数字化缺陷技术的支持下,能够推动巡检数据库的建立,进而为巡检数据查询功能的应用提

供一定支撑,便于对输电线路巡检情况进行深入分析。数字化缺陷巡检管理能够对输电线路巡检计划申报进行完善,确保其能够结合巡检的实际需求制定、上报巡检计划,以便对数据进行有效地转换^[3]。数字化缺陷系统可以对巡检历史数据进行采集分析,以便形成巡检数据库,且数据库中的内容可以依据实际的巡检情况进行更新、纠正,便于保证巡检数据更加精准,可为巡检时间及落实提供支持与参考。输电线路数字化缺陷管理系统如图所示。在对历史巡检数据查询过程中,可在综合查询模块中处理,随后促进检修计划的形成,同时做好数据转化的准备工作,在输入某个巡检周期后则可与相应的检修记录相匹配,以促进巡检计划流程划分为年、月与周计划,由系统对巡检计划进行判断与申报,以便上级部门更好地了解巡检流程。



图1 输电线路数字化缺陷管理系统

3.2 数字存储与管理技术

数字化缺陷管理能够对输电线路的历史巡检记录进行储存,并将其转化为正则表达式,将巡检数据储存在系统数据库中。数据展示层能够对数据进行统计分析,并转化为表格的形式,以确保管理人员进行便捷地浏览。数字化缺陷管理在计算机科学技术的引导下,可以绘制结构图、对缺陷数据进行分离,促使缺陷统计效果得到提升,并在数据处理引擎对重要的缺陷数据进行处理,确保数字化缺陷管理效率进一步增强。输电线路巡检计划的控制系统与模型之间存在一定联系,同时又处于相互独立的状态,能够保证代码的有效性。管理人员可以通过数字化的缺陷反馈,构建数据模型,以便抑制缺陷数据扩大化,在输入信息后则能够及时获取相关的巡检数据,控制功能则能够保存缺陷视图,对巡检计划中的核心数据进行封装^[4]。

4 数字化缺陷管理在超特高压输电线路巡检中的应用

4.1 定量查询巡视缺陷类别与植域

在对超特高压输电线路进行巡检过程中,可以对缺陷查询的过滤条件进行设置,查询巡检日期,例如2023年7月,查询缺陷状态,为存在或不存在,查询实际缺陷线路,查询缺陷的类型为基础或是绝缘子、导线、地线等,查询净空距离大于或是小于XX米。在查询过程中可以按照线路名称进行分组,便于及时了解缺陷线路及其状态、类型、缺陷程度等,确保缺陷查询更具精准性,以促进缺陷管理效果得到改善。

4.2 数竹与导线净空距离的预警计算

在查询、明确缺陷记录后,需要针对线路的实际问题进行三色记录,通过利用EXCEL形式呈现其预警阈值。针对树竹与导线净空距离在7米以上,而小于等于7.5米的情况,可选择红色进行标记;针对树竹与导线净空距离在7.5米以上而小于等于8.5米的情况,可以选择橙色进行标记;针对树竹与导线净空距离在8.5米以上,小于等于9.5米的情况,可通过黄色做好标记。通过实施三色预警统计,能够避免消耗过多的计算与统计所耗费的人力、物力与财力,统计表样式见图2。

通道“三色”预警统计表										
序号	线路名称	塔杆号	水平距离(米)	垂直距离(米)	净空距离(米)	树种(棵)	三色标识	提醒	备注	
1	XX-线	1	6	7.9	8.2	柏树	橙色	1		
2	红色, 树竹与导线净空距离>7米, ≤7.5米									
3	橙色, 树竹与导线净空距离>7.5米, ≤8.5米									
4	绿色, 树竹与导线净空距离>8.5米, ≤9.5米									
5	括号内数值为特高压线路的标准									

图2 统计表样式

4.3 树竹生长情况预测分析

在对树竹缺陷数据进行明确后,需要做好生长、预警等数据模块的处理,依照树木在每个月的常规增长速度,做好高度生长速度的判断与分析,以净空距离8.1m为例,需要参考树竹现阶段的生长速度作为参考,预计在2025年1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12月每月净增长高度约为XX米,预计于2025年XX月XX日达到预期净空距离报警高度8m,对该树竹的生长情况的缺陷预警数据进行记录,便于及时掌握树竹生长速度,进而实施有效的预防与控制措施,避免树竹生长超出净空距离的报警高度。

4.4 自动生成地物可表现型缺陷

针对超特高压输电线路缺陷规范中,树竹、雷电、鸟害、滑坡等均能够呈现为地物的形式,并可见其出现在电子地图中。在运用数字化缺陷管理过程中,所有的输电线路缺陷都是以精准经纬度坐标的杆塔为依附,因此在运用数字模拟算法后,能够以缺陷内容为基础,并促进缺陷对象能够自动在电子地图中生成,并将外业中所拍摄的现场照片附在其中,确保缺陷对象更具可视性,同时能够对关联进行丰富,更加便于查询缺陷对象的状态,展示实际的缺陷问题^[5]。

5 结束语

综上所述,在电网系统运行与维护管理过程中,与输电线路巡检有着紧密的联系,其执行与管理是影响电网系统平稳与安全运行的重要因素。通过在超特高压输电线路检测中引入数字化缺陷管理措施,能够促进输电线路巡检工作更具规范化与智能化,便于对巡视记录进行精准地录入与存储,还能够深入分析输电线路的动态变化趋势,及时反馈缺陷预警,有利于为输电线路的巡检工作的开展提供技术保障,且能够依据系统数据进行及时查询、考核,确保超

特高压输电线路巡检工作质量与效率得到协同提升。

[参考文献]

- [1]张媛媛. 超特高压输电线路运维管理中的问题及解决方法[J]. 自动化应用,2023,64(2):128-129.
- [2]赵晟宇. 超特高压输电线路运维管理中存在的问题和应对措施[J]. 中国设备工程,2023(19):59-61.
- [3]蚁克特. 浅谈输电线路检修与维护[J]. 电子元器件与信息技术,2020,4(11):87-88.
- [4]张媛媛. 超特高压输电线路检修计划信息化管理的分析与应用[J]. 电工技术,2024(1):409-411.
- [5]刘德帅,李勇军,罗得表. 基于无人机技术的输电线路检测和故障定位方法 [J]. 无线电工程,2023,53(10):2431-2438.

作者简介: 张俊波 (1997.6—), 男, 湖北工业大学, 电力系统及其自动化, 湖北省超能电力有限责任公司宜昌分公司, 检修工, 高级工。