

# 基于大数据分析的输电线路精益化运维管理

王磊

(国网武汉供电公司输电运检分公司 430012)

**摘要:** 随着电力系统的不断发展和扩张,输电线路的安全运营和高效管理变得尤为重要。作为电力系统的重要组成部分,输电线路运维管理工作是一大重点任务。基于传统输电线路运维管理中常见问题,以大数据分析为基础,提出一种更为高效的精益化运维管理方案。围绕精益化管理主要内容,构建由输电线路全方位防护体系、威胁预防体系、人员评价体系三大模块组成的智能化系统,推动传统的输电线路运检业务向智能化、技术密集型方向转变,降低人力、物力等消耗,提升运维管理效率,为输电线路安全、稳定运行提供更强有力的保障。

**关键词:** 大数据分析;输电线路;精益化管理;运维管理

**Abstract:** With the continuous development and expansion of power systems, the safe operation and efficient management of transmission lines have become particularly important. As an important component of the power system, the operation and maintenance management of transmission lines is a major task. Based on the common problems in traditional transmission line operation and maintenance management, based on big data analysis, a more efficient lean operation and maintenance management scheme is proposed. Focusing on the main content of lean management, build an intelligent system composed of three modules: transmission line all-round protection system, threat prevention system and personnel evaluation system, promote the transformation of traditional transmission line operation and inspection business to intelligent and technology-intensive direction, reduce the consumption of manpower and material resources, improve the efficiency of operation and maintenance management, and provide a stronger guarantee for the safe and stable operation of transmission lines.

**Key words:** big data analysis; transmission lines; Lean management; O&M management

**引言:** 电力输送是现代社会的不可或缺的基础设施之一,输电线路作为电力输送的关键组成部分,其安全、稳定和高效运营对于维持社会生活和工业生产至关重要。然而,传统的输电线路管理存在一些问题,包括高昂的维护成本、低效的故障检测和修复、缺乏数据支持的决策等。随着大数据技术的快速发展,我们有机会利用大数据分析来解决这些问题,实现输电线路的精益化运维管理。目前,输电线路巡视包括运维人员巡视、属地化防护人员巡视和可视化巡视三种方法,各有优缺点,为了发挥“1+1+1>3”优势,充分发挥三种巡视方法优点,借助现代化技术打造智能化体系具有重要意义。文章以精益化管理理念为基础,构建输电线路精益化管理系统,将线路运维巡视、属地化巡视和可视化巡视三种运维方法融合,形成相互监督、相互评价、高效响应的线路防护体系。发挥大数据分析优势,对线路设备运行情况、线路通道健康状况等进行预测分析,可以有效规避风险。

## 1 输电线路精益化运维管理中存在的问题

### 1.1 技术整合问题

传统输电线路巡视过程中,工作人员发挥重要作用。由于大量工作任务需要人力承担,所以人员门槛相对较低,对能力素质要求较为宽泛,此时线路巡视工作存在很多隐患。随着科学技术持续化发展,越来越多新技术、新理论面世,尤其现阶段智能技术、大数据技术、云计算等出现,输电线路巡视由传统的劳动密集型向智能化的技术密集型方向发展。但从实施效果来看,新技术应用日益广泛,但技术种类多样,如何整合、充分发挥效用成一大难点。同时,还面临新技术、传统技术如何整合问题。技术整合存在不足,导致巡视工作重点划分不明确,人员分工存在模糊不清状态,运维体系不完善,例如可视化在线监控技术很久就得到应用,但与传统的人工运维联合不够紧密,仍存在独立运行的情况,这无形中增大风险发生概率也增加成本支出。从中可知,新技术和传统技术融合不紧密、无法整合优势,成为当前面临的重点问题之一<sup>[1]</sup>。

### 1.2 人员管理问题

传统的输电线路运维工作多数任务较为简单,技术含量较低,长此以往,导致电力企业招聘门槛相对较低、培训活动被忽略,开展的培训活动缺乏针对性且内容较为浅层,并且缺乏对人员培训的重视,自然也

不会严格进行考核,自然导致运维人员能力难以得到提升。然而,进入新时期,各种新技术、新理论层出不穷,此时输电线路运维技术含量不断提升,对工作人员的能力素养要求提出高标准,在此背景下,传统模式下形成的思维理念需要突破、传统培训方法有待优化、工作人员能力需要提升,否则无法达成精益化管理目标。同时需要积极推进更为完善全面的人员评价体系建设,公平公正对运维人员的能力水平作出评价,并构建完善的奖惩机制,针对不符合需求的人员及时进行替代,如此才能保证电力运行安全。但目前,输电线路人员能力水平较低、培训活动缺乏实用性和针对性、缺乏完善的人员评价体系仍然存在,这势必会导致工作出现疏漏。

## 2 输电线路精益化运维管理主要内容分析

### 2.1 主要目标

现阶段,输电线路运维精益化管理成为重点发展方向,所谓的精益化管理是指通过最小的代价获得最大的价值效率,并实现组织高效运营和改进。对于输电线路运维管理而言,就是需要管理人员结合电力企业实际情况制定针对性策略,并充分利用技术优势,在传统管理体系基础上构建一体化管理方案。

具体来看,精细化管理目标包括以下几方面:在提高可靠性和安全性的同时,通过数据驱动的方法降低运维成本,提高运行效率,以满足不断增长的电力需求,并为电力系统的可持续性做出贡献。这需要结合现代技术,如大数据分析、人工智能和物联网,来实现更智能、高效和可持续的输电线路管理。

### 2.2 影响因素

#### 2.2.1 管理因素

管理因素是影响输电线路运维精益化管理的重要因素之一,可以细分为系统管理和人为管理两方面。其中系统管理因素包括数据库发挥效用时存在问题、无法正常调动、数据信息执行存在误差等,这均会导致运维管理工作难以流畅进行,甚至会出现错误信息反馈到系统及信息无法完全反馈的问题。人为管理因素方面主要包括工作分配和利益分配两大类,最普遍的问题是分配不公平,无论哪种分配不公平均会导致受到不平等对待的员工消极工作,进而出现工作散漫、注意力不集中等问题,从而出现纰漏<sup>[2]</sup>。

2.1.2 人为因素

输电线路精益化管理人为因素主要包括以下几方面：第一，现阶段输电线路精益化管理对员工要求较高，但传统模式下员工素养能力水平相对较低，导致如今很多员工能力水平无法满足管理需求；第二，员工意识层面有待优化。部分员工由于受到传统运维管理模式的影响，对细节把控不严格，日常容易忽略细节处的巡视和检查，这容易为后续输电线路运行埋下安全隐患；第三，传统的输电线路运维管理工作存档多通过人力方式完成，此时一旦出现失误或，很容易对后续管理决策制定造成干扰。

2.3 构建路径

2.3.1 精细化系统管理

精细化系统管理是精益化管理的核心要素之一，它通过优化输电线路管理系统，实现高效的运维管理。首先需要构建精益化管理系统，以计算机、网络信息技术等为依据，构建智能化系统，然后围绕安全风险管控、质量管理两方面，构建监控系统，提升输电线路运维管理管控水平。其次，构建多元化数据库，将人员信息、管理决策思维、技术明细等作为分库，提升数据关联性。最后，灵活借助大数据分析等工具，分析收集数据，从而为决策制定提供支撑。

2.3.2 人为管理精益化

人为管理精益化侧重于提高运维团队的效率和能力，确保人力资源得到最优化利用。输电线路运维管理是一项系统性工作，单纯依靠信息化管理系统难以充分满足要求，还需要从人力角度入手，推进人为管理精益化改进。管理者需要结合精益化管理内涵，围绕辖区内输电线路特点，合理制定工作计划，科学安排人员部署和资金配置，遵循公平、规范原则落实工作流程，全面提升管理效率和管控质量。另外，除了日常工作计划外，还需要针对输电线路运维管理常见问题制定临时计划方案，从而确保紧急状态时运维工作有序推进，不会出现慌乱现象<sup>[3]</sup>。

3 基于大数据分析的输电线路运维精益化管理体系阐述

文章构建的精益化管理系统以数据巡视为中心，围绕设备运维人员巡视、属地化防护人员巡视和可视化巡视三大内容，构建管理平台。为了保证运维管理质量，三大体系相互监督、相互评价，为输电线路提供三层防护，最大限度保证线路运行安全。

3.1 精益化管理体系构建

文章基于大数据分析构建的精益化运维管理主要内容如下图 1 所示，其中三大防护体系是根本，属地化防护人员为属地附近人员，负责对管辖线路进行通道巡视，主要任务是发现通道内违建施工、容易漂浮物等因素。发现不安全因素后，属地化防护人员及时上报，由专业人士进行处理。该防护体系优势在于工作人员对属地情况较为了解，劣势在于很多员工专业素养缺乏，很多情况无法做出处理，需要更专业人员的支持。运维人员长周期对线路进行全面巡视，会对重点区域进行重点排查，还需要督导属地化运维人员保质保量完成任务。其优势在于专业性强，劣势在于巡视范围较大，难以保证立即做出响应。可视化在线巡视是借助在线监控装置完成巡视的方法，目前图像技术、视频技术不断创新，无形中为可视化监控提供更大发展空间，该方法可以有效解决输电线路分布广泛、面积较大的不足，可以更为高效、精准发现隐患，从而及时通知属地化防护人员做出处置，最大限度降低事故影响<sup>[4]</sup>。

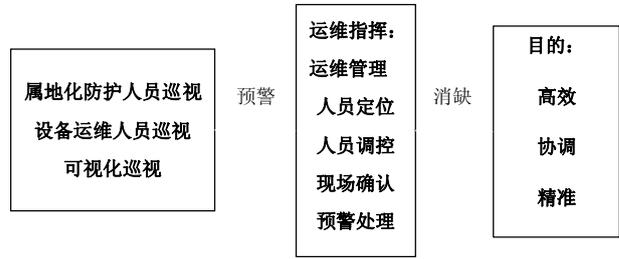


图 1 精益化管理主要流程图示

3.1 基于大数据的线路高质量巡视

该部分主要包括三大内容，第一，动态线路分类和巡视周期；第二，线路区段员工确定和到位标准；第三，三层防护和隐患管理。具体来看，线路动态分类需要借助现代化技术构建通道巡视重点一览表，同时基于线路整体情况，按照不同区段特点，合理确定巡视周期，并划出重点区域。可以按照 A、B、C 三个等级划分输电线路区段，对于正在施工或者容易出现施工的区段标注为 A 区段，该区域需要重点巡视，且需要加强可视化监控关注度；有可能出现隐患的线路区段标注为 B 区段，该区域每天应安排人工按照 2 次以上周期进行巡视，且需要可视化监控系统每隔 15 分钟回传一次图片；将空旷区域如天地等难有机械出现区域标注为 C 区段，该区域按照每天最少一次的巡视频次，可视化监控系统每隔 1 小时回传一次图片即可，等级划分如下表所示。

表 1 输电线路分类和巡视周期总结表

等级类型	A	B	C
状态	重点监测区域	常规监测区域	风险较小区域
状态描述	很容易对输电线路运行产生负面影响	容易对输电线路运行产生影响	对输电线路影响较小
监视频次	重点巡视，每天应在三次以上，且可视化监控系统每隔 5 分钟回传一次图片	常规巡视，每天至少人工巡视 2 次，可视化监控系统每隔 15 分钟回传一次图片	常规巡视，每天最少一次人工巡视，可视化监控系统每隔 1 小时回传一次图片

线路区段定员和到位标准主要针对属地化单位提出的，各属地化单位需要按照“定责、定员”原则，确保负责区域每一个基杆塔均有人负责，且巡视人员需要完善配备设备，如望远镜、智能手机等，保持通信畅通。同时需要合理分配员工工作任务，人均防护应低于 50 基杆塔，确保出现问题相关人员可以在 20 分钟内赶到现场作出处置。另外，属地化巡视应给予不同线路等级合理安排巡视周期，如 220kV 及以上线路需要每天巡视一次。巡视任务中，需要要求员工在负责的每个基杆塔周围 50m 范围内拍照存档，需要保证通道或者杆塔清晰。安排专人查看每周对未上传人员及上传图片有问题人员进行通报，督促员工重视这一内容。

通过构建智能化信息系统，确保运维人员巡视、属地化防护人员巡视和可视化巡视相互监督、相互评价。无论哪方发现问题均可以上出纳系统，并电话上报，此时系统依托大数据技术可以自动汇总三方上报隐患情况，最大限度避免巡视死角。班组每天定时汇总隐患跟踪情况，并规范填写文件，巡视人员需要依据制定的规章制度，每周计算工作质量得分，并给予反馈，这可以有效预防隐患管理漏洞<sup>[5]</sup>。

3.2 基于大数据分析的隐患精准跟踪

大数据技术和实时可视化在线监控融合，可以实现自动化分析和跟踪。具体来看，借助大数据技术，对树木隐患、施工类隐患、异物隐患进行跟踪。以树木隐患为例，可以构建树木隐患信息库，按照线下树木隐患、防护区内树木隐患和超高树木隐患三大类，详细记录输电线路周围树木种类、垂直高度、水平距离等，并将辖区内常见树种自然生长情

况和生长速度信息录入系统之后,发挥大数据分析优势,自动化分析信息库内输入的树木信息,达到预警值时,自动示警,这可以有效提升管理效率和降低工作人员压力。其中输电线路状态评估遵循如下公式进行计算。

$$\begin{cases} \xi_{0-1}(t) = \frac{\Delta_{\min} + \rho\Delta_{\max}}{\Delta_{0-1}(t) + \rho\Delta_{\max}} \\ \gamma_{0-1} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \xi_{0-1}(t) \end{cases}$$

其中  $\Delta_{\min}$  代表  $|i_0(t) - i_1(t)|$  的最小值,  $\Delta_{\max}$  代表  $|i_0(t) - i_1(t)|$  的最大值;  $\rho$  代表分辨系数;  $\xi_{0-1}(t)$  表示在  $t$  时间序列中因素之间关联程度。

### 3.3 基于智能决策的隐患高效处理

输电线路精益化管理的最终目的是消除隐患,保证线路运行安全。因此,基于大数据分析的精益化管理体系在接收安全隐患信息后,应发挥大数据分析优势,对隐患信息进行系统处理,从而得出最优方案。此时数据库发挥效用,提取数据库资料,基于以往的有效经验,制定科学处理策略,可以避免由于经验不足而导致管控措施不完善的问题<sup>[6]</sup>。

### 3.4 基于隐患热点图的差异化宣传

借助可视化监控可以形成隐患热点图,精益化管理平台可以围绕生成不同类型的热点图,对不同区域采用不同的工作计划,并配合巡视计划进行宣传。在宣传过程中,依据隐患热点图对事故频发区域进行系统重点宣传,从电力设备保护知识、法律法规和安全用电知识等方面入手,借助抖音、公众号、快手等大众喜闻乐见的方式扩大宣传面,可以保证宣传效果。

### 3.5 基于进阶式的技能提升方案

为了确保系统始终发挥优势,在其中存储一套不断升级的输电线路学习考试模块,该模块细化为三部分,其中新入职人员需要接受第一阶段学习并参与考试,合格后可以单独完成线路巡视工作。此时进入第

二阶段学习,同样参与考试,合格之后才可以提升等级,并参与第三阶段的学习。同时,制定奖惩机制,对员工发现隐患的及时性、输入信息准确性和隐患处置效率等作出评价,此种方式可以进一步激发员工工作责任心,提升巡视队伍整体素质<sup>[7]</sup>。

### 结语

文章基于大数据分析,提出一种精益化管理方案。围绕运维人员、属地化防护人员和可视化在线监控装置,形成全方位、多层次防护体系,依托大数据技术,发挥智能分析优势,合理分析隐患和安全风险,并构建隐患精准跟踪体系,合理接收预警信息数据,从而精准定位隐患位置,及时做出响应,合理安排人员前往处置。并构建运维人员综合评价体系,督促员工提升能力水平和业务素质,重视工作任务。希望文章研究,可以为我国电力企业输电线路运检质量提升,实现精益化管理提供更多支持。

### 参考文献:

- [1]郭立,梁艳,张丹等.配电网继电保护精益化运维管理[J].电力安全技术,2022,24(12):74-75+78.
- [2]李伟,龙燕军,寇晓松.电网中基于三维GIS的三维数字孪生输电线路高效渲染技术研究[J].模型世界,2022,24(28):25-27.
- [3]苏晓.构建适应城市发展的架空输电线路运检新模式[J].科技视界,2021,12(27):183-184.
- [4]吴宇鑫,金哲,李小来,等.三峡高海拔山区500kV输电线路人工与无人机组巡视模式的探究[J].湖北电力,2022,46(2):127-134.
- [5]孔宁.输电线路的精益化运检管理研究[J].缔客世界,2020,6(9):92.
- [6]胡鸿儒.输电线路的精益化运检管理探讨[J].河南科技,2020,39(31):61-62.
- [7]杨晓凡.输电线路的精益化运检管理[J].集成电路应用,2019,36(10):82-83.