

运变电站多专业交叉作业现场风险智能管控系统设计与实现

王友炜, 朱杰元

(国网金昌供电公司, 甘肃 金昌 737100)

摘要 运变电站属于多专业交叉作业现场, 包括电气、通信、自动化以及土木建设等多种技术工种, 在同一作业区域同步施工, 相互影响。当前, 作业现场为提高交叉作业效能水平, 专门设计了风险智能管控系统, 通过运用其丰富的智能化功能操作, 以提高现场作业运行效率。本文探讨了运变电站在多专业交叉作业现场存在的现实风险问题, 对现场风险智能管控系统进行了设计, 旨在实现风险管控功能, 并制订相应的管控措施, 以期为提高运变电站多专业交叉作业的整体效能提供借鉴, 进而提高站内综合生产水平。

关键词 多专业交叉作业; 现场风险; 智能管控系统

中图分类号: TM63

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.28.006

0 引言

运变电站在开展多专业交叉作业时必然面临各种现场风险问题, 如变电设备运行、一二次检修、电气化试验等多专业作业交叉并行, 协同作业数量多, 危险点控制难度大。在具体的交叉环节部位以及场合都可能成为事故易发生点。近年来, 针对这一多专业交叉作业现场风险问题的研究愈发深入, 也有企业专门设计并建立了独立的智能管控系统。系统的主要工作就是管控多专业交叉作业现场风险, 积极弥补质量管控漏洞, 根据现场实际生产经验总结提炼行之有效的系统设计与功能实现措施。

1 运变电站多专业交叉作业现场的风险问题

在运变电站中, 大量设备生产运维工作同步开展, 例如 A 类、B 类设备也存在多专业交叉操作运行, 这些交叉作业现场中风险问题不少, 主要是因为空间重叠过于严重, 而且现场监护工作执行也不到位, 导致作业流程不清晰以及协同操作风险点, 轻则损害设备, 重则导致人身伤亡。如果细究运变电站中多专业交叉作业现场风险问题, 必须从事前、事中两大方面来谈。

1.1 事前风险问题

运变电站中多专业交叉作业内容比较繁杂, 但是存在集中作业相对偏少、生产操作人员经验不足等问题, 整体看来管控工作难度相对较大。而且, 某些交叉作业也未受到站内重视, 这是因为企业未能建立专业化的交叉作业组织管理工作体系, 相关的现场作业

管控力量均放在了传统单项作业上, 对交叉作业风险点的管控不到位, 且未能制定针对性措施。比如说, 有关设备检修作业、施工方案等文本资料编制与搜集不到位, 交叉作业的现场勘察、方案审查以及现场督察都流于形式, 无法做到事前与事中作业相关联, 容易出现管控漏洞问题, 导致相应的安全管理作业操作流程被严重制约。在事前风险控制方面, 需要分析不同专业的交叉关键点, 例如设备检修作业与生产施工的交叉点就是设备功能, 要基于设备功能分析可能潜存的风险问题, 确保风险问题被提前解决。可以开展实验室测试与验证工作, 对系统设备的功能、性能以及安全性等进行提前分析。例如: 现场小范围测试, 主要验证定位精度, 建立 AI 识别机制, 确保系统稳定性水平有所提高, 满足全面检验系统要求, 并动态收集用户反馈信息, 建立专业的数据优化 AI 模型来做好事前准备工作。

1.2 事中风险问题

事中风险问题主要体现在安全管理细节上, 例如某些突发风险情况中不确定性因素过多, 站内多专业交叉作业如果不能做到有效配合, 就容易导致风险问题发生。比较常见的如当动火作业结束时, 针对高温点的降温处理不到位, 某些非专业人员由于误触高温点导致财产经济损失以及人身伤害。另外, 还有现场防感应电、设备残压能力不强, 导致施工技术人员出现设备操作违章行为, 例如吊车、运输车辆违章。这些违章行为说明操作人员的技术不规范或者对现

场安全措施要求理解不透。例如：在电气连接部分的高压试验、检修同步开工，现场安全隐患问题较大，因为某些现场安全作业无法及时变更。

2 运变电站多专业交叉作业现场的风险点分析

运变电站多专业交叉作业现场主要围绕设备检修试验危险展开，它的风险点内容较为繁杂，需要参考以下多点展开分析：

第一，多专业交叉作业现场空间重叠性较大，例如某些高空带电作业或者地面作业，可以相互形成一套立体交叉的作业体系，如此就为现场作业埋下安全隐患。

第二，多专业交叉作业的现场工作环境比较复杂，存在多种易燃易爆以及有毒气体，可能为站内工作人员带来安全健康风险威胁，需要加以注意。例如中毒、缺氧、酸碱腐蚀等。

第三，多专业交叉作业现场中机械设备数量众多，例如吊车、起重机等。这些设备一旦发生故障异常，就会造成安全风险。例如：现场一次作业人员在操控吊车起吊安装时，可能与二次拆接线人员冲突，造成安全隐患。另外，某些检修作业的工艺流程如果未能规范开展，导致工序颠倒，也会为现场施工人员带来困惑，形成安全风险^[1]。

3 运变电站多专业交叉作业现场的风险点管控方法

根据多专业交叉作业优化过程，可以为运变电站建立危险点、危险源库，逐步对变电站检修工作流程进行分类，形成良好的风险管控措施，切实满足全过程管控与评估工作要求，随时随地查缺补漏。例如：需要按周、按月展开检修工作，对多专业交叉作业内容如设备状态进行检修，分析超承载力设备问题。

首先，要完善安全技术措施，保证多专业交叉作业全过程安全实施。参考现场勘察工作结果，有针对性地部署安全风险管理措施，建立高压试验与检修工

作体系，对不同生产班组中的相同电气连接部分进行分析，优化工作票办理模式，严格监控包括交叉作业在内的起吊、运输特种作业工序。

其次，要加强过程管控，为交叉作业现场设计风险智能管控系统，定期组织安排各类安全监督、抽查工作，实现风险源有效辨识，做好风险分析与动态评估工作，建立闭环风险控制工作机制。风险智能管控体系拥有完善的评估与改进措施，可以确保变电检修等多专业交叉作业管理技术体系，确保危险点辨识管控到位，满足现场安全措施审查要求。大体来讲，就是遵循检查评估、整改以及再检查评估机制，确保危险点分析与安全管控措施能够严格执行。

4 风险点智能管控系统设计

在运变电站中，多专业交叉作业现场的风险点管控需要专门建立多层次风险智能管控系统，其中主要设计感知层、网络层、平台层与应用层，下文分别展开分析^[2]。

4.1 感知层设计

感知层设计主要围绕人员状态感知功能展开，其中包括感知层定位模块，具体参考表 1。

为保证多专业交叉作业现场安全风险管控工作实施到位，感知层功能模块专门负责第一道安全关卡，第一时间感知各种风险问题。所以，感知层的定位技术、网络数据通信能力表现较强。

4.2 网络层设计

网络层设计包括有线网络与无线网络，有线网络主要基于变电站内部光纤创建工业以太网。在这一过程中，设计网络层主要基于高带宽、高可靠主干展开操作，确保网络技术有效实施。另外，还有无线网络，运变电站主要为多专业交叉作业采用 5G 专网。这种 5G 专网具有低时延、大连接、高可靠等特征，配合

表 1 感知层设计功能模块内容

功能定位模块	行为识别模块	准入控制模块	设备状态感知模块
UWB：超宽带网络模块	智能安全帽：集成传感设备、摄像头	电压电流开关准入	隔离闭锁感知：智能锁具、地线状态监测
Beacon：蓝牙信标网络模块	可穿戴设备：智能手环	人工智能测试准入	环境参数感知模块：感知温湿度、风速、雨量、SF6 气体泄漏监测
RFID/GPS：室外辅助模块	视频 AI 分析设备：人脸识别、工卡闸机、资质授权	—	视频监控感知：全覆盖、带云台摄像头、支持 AI 分析
室内定位技术：精确定位网络模块	设备状态感知：SCDA、EMS 数据接入、无线测温接头、局部放电监测	—	作业过程感知：执行电子工作票、工器具管理、RFID/UWB 标签处理、RFID 标识牌

LoRaWAN、NB-IoT、Wi-Fi 无线网络展开综合操作,融合通信技术内容为多专业交叉作业工作开展提供多种基于无线协议的边缘网关。另外,为确保交叉作业安全运行,采用GIS、BIM引擎可以为作业过程提供空间信息服务,所建立的三维可视化技术基础功能比较强大。

4.3 应用层设计

在应用层设计中,主要基于多专业交叉作业分析运变电站生产要求,形成风险智能辨识与评估功能模块。这一模块主要基于作业任务、环境以及人员设备状态展开,创建自动生成动态风险大数据库。在这一大数据库中,主要利用知识图谱分析历史事故与设备参数,满足环境中设备生产运行要求。在实时评估风险、对风险量化分级过程中,所建立的电子围栏入侵报警模块以及安全距离告警模块功能表现均比较健全,可以对交叉作业中的某些违规行为进行识别并预警,主要利用视频AI技术来自动识别某些不安全行为,例如未能正确佩戴安全带、安全帽等^[3]。

应用层中专门设计了三维可视化全景监控技术模块,这一模块的技术基础是BIM以及GIS技术,配合倾斜摄影建立运变电站内部的高精度三维控制模型。这一模型实时融合了显示设备,可以随时观察人员位置轨迹、设备状态等,分析作业区域中的风险点分布情况,做好报警信息与视频监控工作,为安全技术人员提供“上帝视角”。全景监控技术模块所提供的风险点分布监控视角更加全面,所显示的报警信息、视频监控画面也是完整的。

在数据统计分析与持续改进方面,主要基于风险事件统计、违章类型分析来提高报警处理工作效率,确保设备可靠性分析与环境趋势分析工作实施到位,主要基于历史数据风险来创建预测优化模型。模型可以生成一套完整的安全报告,所支撑的管理决策与规程修订技术内容都比较到位。

4.4 用户层设计

在用户层设计方面,主要围绕运变电站多专业交叉作业操作过程来监督现场作业人员,通过移动App帮助现场作业人员接收预警,查看各种工作任务,同时具有紧急报警呼叫功能。应用层中专门建立了调度中心,调度中心接口直接接入关键作业风险信息,在辅助调度决策方面表现诸多技术功能,提高多专业交叉作业的综合工作效率^[4]。

5 风险点管控风险智能管控系统功能实现

在运变电站多专业交叉作业现场,针对风险点的管控工作必须参考风险智能管控系统展开,确保系统

功能实现。首先,需要调研与分析运变电现场的实际工作情况,结合设备系统运行、检修、施工、安全监管等梳理交叉作业场景内容,解决风险点问题,明确各方运营需求。在总体规划与标准技术制定方面,主要基于多点接口协议MQTT、API、HTTP展开安全规范操作,分步骤实施功能操作:

第一,基础感知与可视化功能。这一功能主要基于定位基站部署展开,确保视频AI摄像头、传感器等建立一套完整的基础三维模型。这一模型可以满足人员定位要求,确保电子围栏、视频监控技术有效集成,初步形成系统可视化操作框架^[5]。

第二,风险管控与协同管理功能。主要集成工作票系统分析开发风险智能辨识系统,确保规则+简单模型有效优化,满足移动App功能应用到位,实现部分智能化技术功能有效联动。

第三,智能优化功能。主要通过引入先进的AI智能化模型来识别运变电站中多专业交叉作业风险问题,并包含了风险预测功能。例如:针对数字孪生应用技术、模拟仿真技术应用的优化非常到位,数据分析与辅助决策功能表现较强,可以适当扩大技术试点范围。

6 结束语

运变电站在多专业交叉生产运维过程中需要设计并建立风险智能管控系统,因为这一系统融合了大量的先进技术,属于复杂系统工程。它主要基于事前、事中全过程智能感知技术内容,所建立的闭环管理系统与精确定位、识别能力均非常到位。系统本身的顶层设计比较理想,同时可以分步推进技术与业务深度融合,满足运变电站安全生产管理模式运行的需要,可切实提高运变电站的安全生产运行水平,满足各方技术应用需求,提高生产效率。

参考文献:

- [1] 李世伟,安娜.乘“峰”破浪打赢度夏攻坚战[J].华北电业,2024(06):22-23.
- [2] 王环环,贾晓强,沈雪冻.变电站改扩建工程中的安全风险及管控措施[J].农村电工,2025,33(02):48.
- [3] 李泓,王智兴,何文富.应用微型模拟断路器进行自动化调试方法研究[J].科学与信息化,2024(06):99-101.
- [4] 吴伟康,晁晓艳,谢财奇,等.某变电站技改总承包项目实施要点分析[J].电气技术与经济,2023(01):133-135.
- [5] 胡俊竹.变电站土建施工与电气工程协调管理思考与实践[J].农村电气化,2023(10):8-11.