

从而保证故障诊断的精确性和针对性，冲破传统固定阈值的束缚。

4 方法验证与优化策略

4.1 典型故障场景仿真验证

搭建智能电网仿真平台，模拟各种类型的故障场景，即线路短路、设备故障和新能源出力波动引起的故障等，根据实际电网拓扑结构和运行参数来设置仿真工况，采集故障过程中各个方面的监测数据。用仿真环境来试验所设计的故障诊断方法，把仿真得到的结果同实际故障情况比较，检验不同类型的故障识别准确率以及定位正确率。在仿真过程中主要模拟复杂的工况下出现的各种故障情况，例如极端气象条件下、多故障叠加、新能源占比高的情况等，来考查诊断方法的适用性，并且记录诊断响应时间，考察实时性能，利用仿真结果来确定诊断方法的优势和不足，为之后的优化提供依据。

4.2 诊断准确率对比分析

选择传统的故障诊断方法和所设计的诊断方法，在相同的仿真场景下做对比测试，主要从诊断准确率、误判率、漏判率这三个方面来分析不同的方法之间的性能差别。传统方法选择以信号处理为基础的诊断方法和传统的数据驱动方法，用对比试验来确定所设计的诊断方法在故障识别准确率方面优于其他方法，在复杂的工况以及有特征畸变的情况下也表现良好。排除测试工况差异的影响，保证测试结果的客观性、公正性，深入剖析差异产生的原因，明确所设计方法在特征提取、信息融合等各方面的优势，为方法优化指明方向，验证所设计方法相比传统方法更加先进、实用。

4.3 实时性与鲁棒性测试

实时性测试主要考察的是诊断方法的响应速度，采用仿真测试和实际场景测试的方式，记录故障出现到诊断完成所需要的时间，评价诊断方法能否达到智能电网故障快速处置的要求，对于响应时间过长的问题进行改进，提高算法运算速度和特征提取速度，从而缩短诊断时间。鲁棒性测试采用模拟系统参数波动、新能源出力波动、噪声干扰等各种复杂的工况，检验诊断方法在各种工况下诊断性能的好坏，观察诊断准确率的变化情况，针对鲁棒性不足的问题，改进特征提取算法和信息融合策略，提高方法的抗干扰能力。测试

时主要关注极端工况的诊断性能，保证诊断方法在各种复杂的环境下都能保持稳定，防止由于工况的变化而造成诊断性能的降低。

4.4 轻量化部署优化方案

考虑到智能电网现场设备的计算资源有限，对于所设计的故障诊断方法，提出轻量化部署优化方案，在保证诊断性能的基础上，简化算法结构，降低计算复杂度，满足现场设备的部署要求。在优化过程中，对深度学习模型进行轻量化处理，裁剪冗余的网络结构，优化参数设置，减小模型计算量和存储空间，改进特征提取算法，简化数据处理过程，缩短运算时间。采用边缘计算技术把诊断算法放到边缘节点上，完成故障数据的本地处理和诊断，削减数据传输延迟，加强诊断的实时性，缩减对云端计算资源的依赖，改善系统独立性和可靠性。优化方案要兼顾诊断性能和部署成本，保证轻量化处理之后，诊断方法的精度、实时性和鲁棒性不会受到太大的影响，满足现场部署的要求。

5 结语

智能电网环境下电力系统故障诊断方法研究，关键之处在于冲破传统方法的束缚，契合系统复杂多变的运行状况和故障特性，加强诊断的准确性，即时性以及鲁棒性。设计出基于广域测量的故障定位方法、深度学习波形识别算法、多源信息融合诊断模型和自适应阈值判据，形成了一条完整的故障诊断链路，经过仿真验证并加以改进，较好地克服了以往诊断手段在恶劣工况中出现的精度不高、鲁棒性差等缺陷，可以准确找到故障种类及其所在之处，并且迅速作出反应以满足故障的要求。故障诊断方法的改进和提高，给智能电网的安全稳定运行赋予了可靠的科技支持，助力新能源高比例接入环境下电力系统安全防护和高效运转。

参考文献

- [1] 金文杰. 新能源配电网电力调度优化方法研究 [J]. 中国设备工程, 2025, (21): 106-108.
- [2] 陈帝宁. 电力系统配电网自动化实现技术研析 [J]. 电力设备管理, 2025, (20): 50-52. DOI:10.26977/j.cnki.dlsbgl.2025.20.057.
- [3] 马骁. 基于声发射技术的配电网电力智能运维检修方法研究 [J]. 电声技术, 2025, 49 (10): 208-210. DOI:10.16311/j.audioe.2025.10.064.

Construction of a Dynamic Risk Assessment Model for Work Safety of Municipal Tobacco Enterprises Based on the “Three - Dimension and Four - Layer” Framework

Gaoqiang Wang

Changle Branch, Shandong Weifang Tobacco Co. Ltd., Weifang, Shandong, 262400, China

Abstract

In response to the problems of risk identification lag and passive management in traditional safety production management models for tobacco commercial enterprises, this paper proposes and constructs a “three-dimensional-four-level” dynamic risk assessment model for safety production. The model, with state dimension, process dimension, and trend dimension as the evaluation framework, and basic data layer, index calculation layer, comprehensive evaluation layer, and decision application layer as data support, forms a stereoscopic risk assessment system. By setting up a key indicator system and establishing a warning and intervention mechanism, it achieves the visualization, quantification, and early warning of safety risks. Practice shows that the model effectively promotes the transformation of safety management from post-event accountability to pre-event prevention and process control, significantly improving the enterprise's safety management level and risk prevention capability. This study provides theoretical reference and practical path for the intelligent and refined safety management of enterprises.

Keywords

municipal tobacco enterprise; safety production; dynamic risk assessment; risk early warning; three-dimensional-four-level model

“三维四层” 地市烟草企业安全生产动态风险评估模型构建

王高强

山东潍坊烟草有限公司昌乐分公司, 中国·山东 潍坊 262400

摘要

传统烟草商业企业安全生产管理模式具有风险识别滞后、管理被动等风险, 本文提出并构建了一个“三维-四层级”评估模型用于评估安全生产动态风险。该模型从状态维度、过程维度和趋势维度等几个维度进行评估, 以基础数据层、指标计算层、综合评估层和决策应用层提供数据支撑, 构成立体化风险评估体系。通过设定关键指标体系, 建立预警干预机制, 实现安全风险的可视化、可量化、可预警。实际应用显示, 该模型显著提升了企业安全管理水平和风险防控能力, 安全管理重点从事后问责转变为事前预防和过程控制。这项研究为企业智能化、精细化安全管理提供了理论参考和实践路径。

关键词

地市烟草企业; 安全生产; 动态风险评估; 风险预警; 三维-四层级模型

1 引言

安全生产是烟草商业企业持续健康发展的基础保障, 随着烟草行业市场化改革深入推进, 地市烟草商业企业业务范围不断扩大, 物流、仓储、运输等多个环节安全风险日益复杂。传统的安全管理多采用定期检查、事后追责的方式, 存在风险识别滞后、管理被动、资源分配不合理等问题, 难以有效应对日益复杂的安全风险。因此, 企业需要一套科学、动态、可操作的安全风险评估模型, 实现安全风险可视化、可量化、可预警, 推动安全管理重心从事后问责向事前预防、

过程控制转变, 这已成为当前烟草商业企业安全管理急需解决的问题。

2 文献综述

安全生产管理研究早期最具影响力的模型是 Haddon 于 1970 年提出的“Haddon 矩阵”(Haddon Matrix)。该模型从宿主(人)、致伤因子(物/能量)和环境(物理与社会)多重因素进行事前、事中、事后的动态分析, 揭示了安全事故的生成原因与动态演化过程, 是风险的系统性分析的基础。

管理流程的标准化和评估手段的智能化两个方向的研究都是在这个此理论基础上的。在流程化方面, 例如王小明(2015)基于 PDCA 循环的安全管理模型研究深入探讨了 PDCA 循环在安全管理的应用研究。在技术驱动方面,

【作者简介】王高强(2005-), 中国山东潍坊人, 本科, 从事烟草产业管理与优化研究。

例如李华等(2018)大数据驱动下的风险智能识别与预测方法。

3 模型设计

3.1 设计目标与原则

本模型设计目标是实现安全风险的可视化、可量化、可预警,推动安全管理从事后问责向事前预防、过程控制转变。模型设计遵循以下原则:

(1) 系统性原则:覆盖人、机、环、管各要素,贯穿物流、交通、资金、信息等全流程。

(2) 动态性原则:评估数据实时或者定期更新,展示出安全状况的动态变化数据。

(3) 导向性原则:评估结果直接指导风险整改和资源投入。

(4) 可操作性原则:指标可测量、数据可获取以及评估可执行。

3.2 模型核心架构

本模型由三个评估维度和四个数据层级构成,形成“三维度-四层级”立体化评估体系。

3.2.1 三个评估维度

(1) 状态维度(结果性指标):特定时间点的安全状态,主要展示指标:隐患数量、设备完好率。

(2) 过程维度(过程性指标):安全管理活动的执行率和质量,主要展示指标:安全检查完成率、培训演练参与率。

(3) 趋势维度(预警性指标):安全风险的变化趋势,主要展示指标:隐患整改周期变化趋势、同类违章重复发生趋势。

3.2.2 四个数据层级

(1) L1 基础数据层:来自一线、实时或定期采集的原始数据。

(2) L2 指标计算层:用模型算法,将基础数据计算为各类安全指标。

(3) L3 综合评估层:对指标进行加权、聚合处理,形成部门、区域、专项的综合评估分数以及风险等级。

(4) L4 决策应用层:最终生成评估报告、预警信号和整改建议,用于管理决策。

表 1 地市烟草商业企业安全生产关键指标体系

| 类别 | 一级指标 | 二级指标(示例) | 数据来源/频率 | 权重建议 | 维度归属 |
|-----------|-----------|---|----------------------|------|-------|
| A. 仓储物流安全 | A1 仓库安全 | 消防设施完好率、温湿度监控达标率、电气线路检查合格率 | 物联网传感器、日常点检记录/实时、日 | 较高 | 状态、过程 |
| | A2 作业现场安全 | 装卸作业违章率、叉车等设备定检率、现场“5S”管理评分 | 视频监控 AI 识别、检查记录/实时、周 | 高 | 状态、过程 |
| | A3 库存安全 | 卷烟库存周转效率(防积压)、高价值商品防盗措施落实率 | WMS 系统、安保记录/周、月 | 中 | 状态 |
| B. 交通运输安全 | B1 车辆状态 | 公务车辆、配送车辆年检率、日常检查故障率、配送车辆车载 GPS/GIS 在线率 | 车管平台、驾驶员上报/日、实时 | 高 | 状态、过程 |
| | B2 驾驶行为 | 超速、疲劳驾驶、违规停车报警次数 | GPS/OBD 监控系统/实时 | 极高 | 状态、预警 |
| | B3 配送过程 | 在途货物异常事件数 | 手持终端、工作报告/每单、日 | 高 | 过程、状态 |
| C. 公共场所安全 | C 办公楼安全 | 门禁系统有效性、消防通道畅通率、食堂燃气检查合格率 | 安防系统、行政检查/周、月 | 中 | 状态、过程 |
| D. 安全管理效能 | D1 风险管控 | 风险辨识更新及时性、重大风险管控措施落实率、隐患排查治理闭环率 | 安全信息系统/月、季 | 极高 | 过程、趋势 |
| | D2 培训与意识 | 安全培训计划完成率、一线员工岗位安全规程抽考合格率 | 培训记录、在线考试系统/季 | 中 | 过程 |
| | D3 应急能力 | 应急预案修订及时性、应急演练开展率及效果评估、应急物资完好率 | 预案文档、演练记录/半年、年 | 中 | 过程、状态 |
| | D4 事件管理 | 未遂事件上报数量与质量、安全事故“四不放过”落实率 | 事件报告系统/实时、事件后 | 极高 | 状态、趋势 |

4 关键评估指标体系

根据烟草商业企业特点,设定以下核心指标体系(见下表)。

5 动态评估方法与流程

5.1 数据采集与接入

(1) 自动采集:物联网(消防、温湿度)、车联网(GPS)、

视频 AI 分析、业务系统(WMS、ERP)数据自动对接。

(2) 手动录入:通过移动终端 APP,实现安全检查、培训记录、隐患上报的在线化、标准化录入。

(3) 周期报送:部门定期报送总结性数据。

5.2 指标计算与评分

每个二级指标的参数:目标值、预警值、报警值。用设定好的函数将参数数值计算为标准分。