

# 新能源场站安全生产智能评价体系研究

杜 瑞

四川大唐国际新能源有限公司 四川 成都 610074

**【摘要】**：针对新能源场站安全生产责任制传统人工评价模式存在主观性强、效率低、反馈滞后等问题，本文提出一种融合“人-机-环-管”系统理论与现代信息技术的智能评价模型。该模型通过构建多源数据感知采集、融合分析与动态量化评价体系，实现对责任履行情况的自动化、实时化监测与评估。研究表明，该体系能推动安全管理向事前预警与过程管控转变，为新能源场站实现精细化安全管理提供有效路径。

**【关键词】**：新能源场站；安全生产责任制；智能评价；人-机-环-管；闭环管理

DOI:10.12417/2811-0722.26.07.072

## 1 引言

在全球能源结构向清洁低碳转型的战略背景下，以风电、光伏为代表的新能源产业迅猛发展，装机容量与运营规模持续扩大。新能源场站作为能源生产的前沿阵地，其安全生产不仅关乎企业经济效益与员工生命安全，更对国家能源供应安全与社会稳定具有重大意义。安全生产责任制作为企业安全管理体系的基石<sup>[1]</sup>，明确规定了从管理者到一线员工各层级、各岗位的安全职责与任务清单，是预防事故、保障安全的核心制度安排<sup>[8]</sup>。

然而，在实践中，新能源场站安全生产责任制的落实与评价面临诸多挑战。传统评价方式主要依赖于《XX部门安全生产责任制履职情况评价表》、《XX岗位全员安全生产责任制履职情况评价表》等纸质或静态电子表格，通过月度人工检查、填报、汇总来完成。这种方式暴露出明显不足：一是评价主观化，考核人的经验、态度直接影响评分结果，标准难以统一；二是信息碎片化，履职数据分散于各类检查记录、工作日志、监控视频中，难以有效关联整合；三是反馈滞后化，月度周期评价无法及时发现并纠正过程中的安全隐患与履责偏差；四是管理静态化，评价结果多用于事后奖惩，缺乏对责任制本身适用性、任务清单合理性的动态评估与优化机制。

随着物联网、移动互联网、云计算、人工智能等新一代信息技术的成熟与应用，为安全生产管理的数字化转型与智能化升级提供了强大动力<sup>[3]</sup>。构建新能源场站安全生产责任制智能评价系统，实现责任履行过程的实时感知、数据的自动汇聚、风险的智能研判、评价的客观量化与改进的闭环管理，已成为提升安全管理效能、推动责任制真正“落地生根”的必然趋势和迫切需求<sup>[4]</sup>。

本研究基于“人-机-环-管”系统理论，旨在剖析新能源场站安全生产责任制传统评价模式的局限，探索将现代智能技术深度融入责任制履责监测、过程记录、效果评估与持续改进的全链条<sup>[6]</sup>。通过构建一个理论框架清晰、技术路径可行、评价指标科学的智能评价模型，为实现新能源场站安全生产的精准化、动态化、预防性管理提供新的解决方案，助力新能源行业

安全管理水平迈上新台阶<sup>[2]</sup>。

## 2 新能源场站安全生产责任制评价现状与挑战分析

当前，新能源场站普遍依据类似标准表格体系开展安全生产责任制履职评价。该体系以部门、岗位为单元，以“安全职责-任务清单-完成情况-扣分项-得分”为主线，形式上较为完整。然而，深入其运行机制，可发现其在“人-机-环-管”各维度均面临系统性挑战。

### 2.1 “人”的维度：履职行为难以客观量化与实时捕捉

传统评价高度依赖考核人的现场检查、口头问询和台账查阅。员工是否真正履行了“每日巡检”、“安全交底”、“隐患上报”等职责，往往缺乏除个人记录和考核人观察外的客观证据。这导致评价易受人际关系、考核时点偶然性等因素干扰。

### 2.2 “机”与“环”的维度：履责证据链孤立，缺乏多源数据关联

设备的运行状态、维护记录，以及环境的温湿度、风速、雷电预警等信息，是判断相关人员是否履行“设备巡视”、“异常处理”、“极端天气应对”等责任的重要客观依据。目前，这些数据通常由SCADA系统、环境监测系统、设备管理系统等独立生成和管理，与责任制评价表格体系处于“两张皮”状态。

### 2.3 “管”的维度：评价流程僵化，闭环改进乏力

现有流程呈现明显的周期性和层级汇报特点。从现场履责到考核打分，再到汇总上报，信息传递链条长、速度慢。管理部门获取的是经过加工、滞后的分数结果，而非原始、实时的履责过程数据。这使得管理介入往往滞后，无法在履责偏差或风险暴露初期及时干预。同时，评价结果多用于绩效挂钩，对于从系统层面反思“职责设置是否合理？”、“任务清单是否完备？”、“考核标准是否科学？”等更深层次问题，缺乏基于数据驱动的分析支持<sup>[7]</sup>。考核本身未能有效驱动责任制体系的动态优化，即“管”的闭环未完全形成。

### 2.4 数据治理维度：信息孤岛与决策支持不足

各部门、各系统产生的安全相关数据格式不一、标准各异，形成信息孤岛。海量的视频监控、传感器数据、操作日志未被有效转化为评价责任制履职的结构化信息。管理人员面对的是分散的表格和报告，难以进行横向（跨部门、跨场站）、纵向（历史趋势）的对比分析与深度挖掘，无法从全局视角把握责任制落实的整体态势、薄弱环节和规律性风险，决策支持能力有限。<sup>[8]</sup>

综上所述，传统评价模式在及时性、客观性、关联性和前瞻性上存在显著短板，制约了安全生产责任制效能的最大化发挥。引入智能化手段，构建一个能够贯通“人-机-环-管”、融合多源数据、实现实时评价与动态优化的新体系，势在必行。

## 3 安全生产责任制智能评价模型构建

针对上述挑战，本研究提出一个新能源场站安全生产责任制智能评价模型。该模型以“数据驱动、实时感知、智能分析、闭环管控”为核心理念，旨在将静态、离散、后置的评价转变为动态、关联、前置的智能管理。

### 3.1 理论框架：基于“人-机-环-管”协同的智能评价逻辑

模型的理论基础是“人-机-环-管”系统理论，并将其与智能技术深度融合：

**人（智能感知与行为分析）：**通过智能安全帽、人员定位卡、移动巡检终端、视频 AI 分析等，实时采集人员的作业位置、操作行为、巡检轨迹、工作票执行状态等数据，作为履行“现场监护”、“规范操作”、“按时巡检”等职责的客观证据。

**机（状态监测与履责关联）：**集成设备传感器数据、在线监测系统、工单管理系统，自动获取设备运行参数、故障报警、预防性维护执行情况。将设备状态异常与相关责任人员（如巡检员、检修工）的响应动作、处理结果进行自动关联与比对，评价其“设备管理”、“消缺处理”等职责履行效果。

**环（风险预警与应对评估）：**接入气象预警系统、环境监测数据，自动识别高温、低温、大风、雷电等恶劣环境条件。系统可自动核查在此环境下，相关岗位是否触发了预设的应对流程（如启动应急预案、执行特殊巡检、落实避险措施），评价其“风险辨识与应对”职责。

**管（规则引擎与闭环驱动）：**将安全生产责任制中的职责条款、任务清单、考核标准转化为可计算、可执行的数字化规则和评价算法，嵌入智能评价引擎。系统根据实时汇聚的“人-机-环”数据，自动触发评价计算，生成实时评分、预警信息和改进建议。推动管理流程从“事后考核”转向“过程监控+实时预警+即时反馈+持续优化”的闭环。

### 3.2 技术架构：多层融合的智能评价系统

为实现上述理论逻辑，智能评价系统的技术架构可采用如图 1 所示的多层融合模型。该架构自下而上分为感知层、数据层、智能层和应用层，实现数据从采集到智能应用的完整闭环。

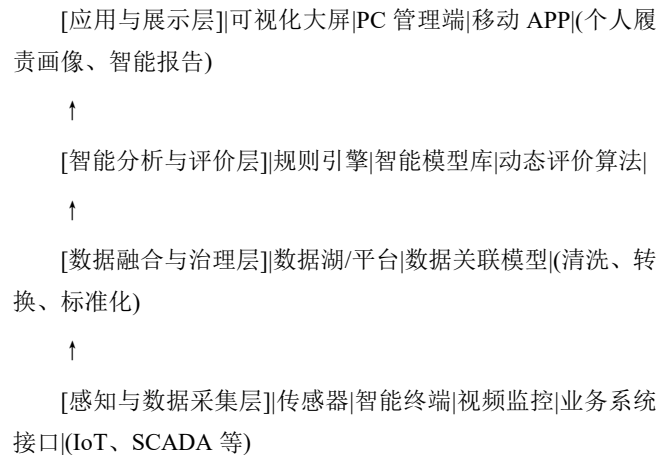
**感知与数据采集层：**综合利用传感器、智能穿戴设备、视频监控、移动应用、现有业务系统（如两票系统）接口等，全面采集与安全生产履职相关的多源异构数据。

**数据融合与治理层：**建立统一的数据平台或数据湖，对采集的数据进行清洗、转换、标准化和关联。构建“人员-设备-环境-任务”关联数据模型，打破信息孤岛。

**智能分析与评价层（核心层）：**包含规则引擎、智能模型库和动态评价算法。规则引擎将岗位安全职责数字化为“IF（条件）-THEN（评价/动作）”规则；智能模型库应用机器学习、计算机视觉等技术，自动识别不安全行为或履责缺失；动态评价算法综合规则与模型输出，计算实时或周期性的履责动态得分。

**应用与展示层：**通过可视化大屏、PC 管理端、移动 APP 等方式，向不同层级人员展示实时看板、个人履责画像、深度分析报告等，实现评价结果的可视化与交互化应用。

图 1 安全生产责任制智能评价体系总体架构



### 3.3 评价指标体系的重构

在智能模型下，评价指标需从单一的结果性指标，重构为包含过程性、结果性、预防性及真实性指标的复合体系。为量化这一复合评价，可定义一个动态评价综合得分函数，用于计算某岗位或部门在评价周期 T 内的履责得分 ST：

$$ST = \sum_{i=1}^n W_i \cdot f_i(P_i, R_i, D_i)$$

ST:评价周期 T 内的综合得分。

W<sub>i</sub>:第 i 项评价指标的权重，满足  $\sum W_i = 1$ 。

f<sub>i</sub>:第 i 项指标的计算函数。

P<sub>i</sub>,R<sub>i</sub>,D<sub>i</sub>:分别代表第 i 项指标的过程符合度、结果有效性、数据真实性输入值。

该量化模型实现了评价从定性到定量的转变，支撑了“动态量化精准评价”。

公式(1)中的指标  $i$  可具体对应如下重构的四大类指标：

(1) 过程符合度指标：履责行为是否规范、及时（如巡检到位率、作业票按时闭合率），对应  $P_i$ 。

(2) 结果有效性指标：履责行为产生的实际安全效果（如隐患发现率、异常处理成功率），对应  $R_i$ 。

(3) 数据真实性指标：系统自动校验人工录入数据的真实性（如通过定位、时间戳判断巡检记录是否属实），对应  $D_i$

(4) 持续改进度指标：针对系统预警或评价反馈的改进措施落实情况，其得分可通过函数的设计融入计算。

该量化模型实现了评价从定性到定量的转变，支撑了“动态量化精准评价”。

#### 4 智能评价体系的实施路径与策略

推进安全生产责任制智能评价体系建设是一项系统工程，需分步实施、协同推进。

##### 4.1 技术实施路径

(1) 基础设施升级：完善场站网络覆盖，部署必要的智能感知终端（如智能安全帽、定位信标、智能摄像头），打通现有业务系统数据接口。

(2) 平台建设试点：优先选择 1-2 个典型场站，搭建智能评价平台原型，针对高风险作业或核心职责开展试点应用，验证技术可行性与业务价值<sup>[5]</sup>。

(3) 规则库与模型训练：组织安全管理、业务专家与技术人员共同工作，将安全规程、责任制要求逐步转化为数字化规则。积累数据，训练和优化智能识别模型。<sup>[10]</sup>

(4) 全面推广与迭代：在试点成功基础上，逐步扩大应用范围至全公司所有场站和岗位，并持续收集反馈，迭代优化评价规则、模型和系统功能。

##### 4.2 管理协同策略

职责重构与认知统一：明确智能评价系统下的新角色，如数据治理员、规则维护员。对全员进行宣贯，强调智能评价是辅助履责、提升安全的工具，而非单纯监督工具，减少抵触情绪。

流程融合与制度保障：将智能评价结果有机融入现有的安

全绩效考核、奖惩、评优制度。修订相关管理细则，确立智能评价的合法性与权威性。

数据驱动的闭环管理会商：定期基于智能评价系统生成的分析报告，召开安全例会，聚焦系统识别的履责薄弱环节和风险趋势，进行根因分析，动态调整责任分工、任务清单或资源配置，实现责任制体系的自我进化<sup>[9]</sup>。其闭环管理流程如图 2 所示。

图 2 基于智能评价的闭环管理流程

[智能评价系统生成报告]→[管理层定期安全会商]→[根因分析与决策]

↑ ↓

[制度与流程动态优化]←[执行改进措施、调整规则]←[制定针对性改进方案]

#### 5 结论

本研究针对新能源场站安全生产责任制传统评价模式存在的时效滞后、主观性强、数据割裂、闭环乏力等问题<sup>[10]</sup>，提出了构建智能化评价体系的解决方案。通过深度融合“人-机-环-管”系统理论与现代信息技术，构建了一个以数据为驱动、以智能分析为核心、以闭环改进为目标的安全责任制智能评价模型<sup>[11]</sup>。该模型能够实现履职过程的实时客观记录、多源数据的自动关联验证、风险隐患的智能预警提示以及评价结果的动态量化反馈，有力推动安全生产责任制从“形式化”向“实质化”、从“静态考核”向“动态管控”的根本性转变。

智能评价体系的构建并非一蹴而就，面临初期投入成本、数据质量治理、员工接受度、规则持续优化等挑战。未来研究与实践可在以下方向深化：一是探索边缘计算与云计算协同，在保障数据实时性的同时降低网络负载；二是研发更轻量化、低功耗的智能感知终端，提升适用性；三是深化人工智能应用，如利用自然语言处理自动解析法规条文更新责任制规则库，利用强化学习优化安全任务调度与资源配置；四是构建行业级安全数据标准与共享平台，在保障安全的前提下，促进跨企业、跨区域的安全风险模式识别与最佳实践分享。

总之，安全生产责任制智能评价是新能源场站迈向智慧安全、实现高质量发展的关键一环。它不仅是技术工具的创新，更是安全管理理念、模式与文化的深刻变革。通过持续推进这项工作，有望为新能源行业构建更加牢固、敏捷、智能的安全防线，为能源事业保驾护航。

#### 参考文献：

[1] 郑冠昕.企业安全生产责任制落实的障碍因素及优化路径研究[J].湖北应急管理,2025,(24):18-20.  
 [2] 程业宝.数智化转型视角下安全生产管理创新与对策研究[J].湖北应急管理,2025,(23):65-66.  
 [3] 许学瑞,关磊,郭焘,宗凯,赵凤革.安全智能化建设框架与实践路径研究[J].中国安全生产科学技术,2025,21(S1):187-193.

- [4] 曾明荣.全员安全生产责任制的落地痛点及落实路径[J].中国石化,2025,(11):17-20.
- [5] 高明.企业安全生产中风险辨识的智能化方法研究[J].中外企业文化,2025,(09):68-70.
- [6] 朱志宏.企业全员安全生产责任制落实研究[J].电力安全技术,2024,26(06):23-25.
- [7] 董浩飞.浅谈如何构建“四责”安全生产责任体系[J].现代职业安全,2024,(05):64-66.
- [8] 王代弟.安全责任清单在健全全员安全生产责任制中的应用探讨[J].内蒙古科技与经济,2024,(02):57-59+93.
- [9] 张宇炜.风险分级管控与安全管理工作相互融合的探讨[J].现代职业安全,2023,(12):50-51.
- [10] 张崇烈.浅议基层全员安全生产责任制的问题与措施[J].中国安全生产,2023,18(04):46-47.
- [11] 杨洋,张文博,左晨曦,王子轩.基于“人-机-环-管”理论的数字化煤矿安全管理研究演化分析[J].煤矿安全,2021,52(02):239-243.