

电网节能项目作业安全管理体系构建研究

文/高 岳 何洪洋 王步云 李金德 熊紫彬
重庆涪陵电力实业股份有限公司

基于引发电力作业事故的风险因素，构建了电力作业安全管理体系，通过层次分析法（AHP）对安全管理体系各子体系和各要素进行了定量分析。结果表明：电力作业安全管理体系中风险管理子体系和管理政策子体系权重较大；子体系所有要素中，标准体系、风险识别和风险管控权重较大。基于研究成果对电网节能项目作业安全管理工作提出了相关建议。

电网节能作为推动能源可持续发展的重要战略，在实现资源优化配置和环境保护方面发挥着关键作用。电网节能项目旨在提高电网的能源利用效率，减少能源浪费。随着电网节能项目规模的不断扩大和复杂性的增加，项目施工中涉及的安全隐患和风险日益凸显，安全管理亟待深入探讨和完善。

在电网节能项目施工过程中存在一系列问题和隐患，需要引起重视。首先，施工作业涉及高风险环境，如高压电场、高温作业等，容易导致人员受伤和事故发生。其次，作业强度大及工期紧张导致人员疲劳，影响工作安全。此外，项目涉及多个作业环节和多个参与方，协调和沟通困难导致信息传递不畅、责任模糊等问题，增加安全风险。

在国际范围内，许多国家和地区已建立了相对成熟的电力工程施工安全管理体系，从法律法规、技术标准到管理流程都有详细规定。这些体系在工程施工中发挥了积极作用，提高了施工作业的安全水平。在国内，电力行业在不断探索安全管理的创新，引入现代化管理理念和技术手段，逐步提升施工作业的安全性。

尽管在电网节能项目作业安全管理方面已经有一定的研究成果，但仍存在一些不足之处。首先，目前关于电网节能项目的作业安全管理体系构建的系统性研究相对较少，缺乏完整的理论体系和实践指导。其次，现有研究大多停留在理论层面，在实际应用中的可操作性和有效性需要进一步验证。此外，电网节能项目的多样性和复杂性导致了研究成果的适用性和推广性方面的问题，需要更加深入的探讨和研究。

基于上述问题与隐患，以及国内外研究现状，本文深入研究电网节能项目的作业安全管理体系构建问题。通过借鉴国内外相关研究成果，结合电网节能项目的实际情况，探讨如何建立一套适用性强、科学合理的作业安全管理体系，提高电网节能项目的施工作业安全水平。

电力作业安全管理体系

1. 引发电力作业事故的风险因素

引发电力作业事故的风险因素涵盖多个方面，可能导致安全事故的发生，威胁人员的生命安全和

基金项目：国网综合能源服务集团有限公司科技项目（融合多端数据的智慧安监一体化管控平台技术研究）

工程的顺利进行。

1) 高电压环境。电力作业需要在高电压环境下进行,如果操作不当,可能引发电击事故。

2) 高温作业。一些电力设备运行时产生高温,从事高温环境下的作业容易导致烫伤和中暑。

3) 设备故障。电力设备可能因为老化、故障或不当使用而突然发生故障,造成事故。

4) 不当操作。操作人员对设备和程序的不熟悉、不遵守操作规程等因素导致误操作和事故发生。

5) 缺乏个人保护措施。在高风险作业现场,如不戴好个人防护装备,可能受到物体的打击、热辐射等伤害。

6) 作业空间受限。在狭小的作业空间中进行操作,容易导致误操作、碰撞等事故。

7) 安全设施不完善。缺乏必要的安全设施和警示标志,使作业人员难以及时感知潜在风险。

8) 人员疲劳。长时间连续作业或过度劳累导致人员精神不集中,引发事故。

9) 通信不畅。作业人员之间或与指挥中心之间的通信不畅,导致信息传递不及时,影响安全协作。

10) 多方协作不协调。电力作业涉及多个参与方,协调不良可能引发误解和意外。

11) 天气因素。如风雨、雷电等恶劣的天气条件,加大事故的风险。

12) 地质条件。地质条件的不稳定性影响电力设备的安全运行,增加事故隐患。

13) 不可控因素。如突发的火灾、地震等自然灾害,导致无法预测的事故。

2. 安全风险管控措施

每一条电力作业安全措施的详细说明和实施方式都至关重要。

(1) 注重高电压环境防护

作业人员进行电力作业时,必须佩戴符合标准的绝缘手套、绝缘靴和绝缘帽等个人防护装备。操作前应确保设备处于停电状态,使用专门的电压检测工具进行验证。作业人员须通过培训,了解电压检测方法和绝缘保护措施。

(2) 配置高温作业防护

为作业人员提供适当的防护装备,如耐高温的

防火服、隔热手套和护目镜等。设置凉爽的休息区域,保障作业人员能够适时休息并补充水分。作业前应根据现场环境制定详细的高温作业计划,限制连续作业时间。

(3) 及时发现设备故障

进行定期的设备检查和维护,确保设备处于正常运行状态。老化设备应及时更换或修复。同时,建立设备故障应急响应机制,一旦发现设备异常,立即停止作业并进行维修。

(4) 禁止不当操作

作业人员必须接受专业培训,了解设备的正确操作流程和安全规程。在实际操作中,应严格按照操作手册执行,禁止未经授权的操作。引入双人操作制度,确保操作的准确性和安全性。

(5) 加强个人保护措施

为作业人员提供适当的个人防护装备,如头盔、耳塞、防护眼镜及耳罩等,确保全身得到充分保护。作业前必须佩戴所有必需的个人保护装备。

(6) 注重作业空间受限防范

在狭小空间作业前进行充分的培训,包括作业步骤及安全出口位置等。确保作业人员了解紧急情况下的撤离方式,并随时保持通信联系。

(7) 提高安全设施

在作业现场设置明显的安全警示标志,包括高压区域、禁止通行区域等。提供紧急停机装置,以便作业人员在危险发生时能够迅速切断电源。

(8) 避免人员疲劳

合理安排作业时间,规定连续作业时间和休息时间,确保作业人员能够在充分休息状态下工作。在长时间作业前后进行适当的体力锻炼。

(9) 保持通信畅通

配备高效的通信设备,如对讲机或无线通信装置,确保作业人员能够与指挥中心和他作业人员保持联络。同时建立应急通信计划,确保在通信中断情况下能够采取应急措施。

(10) 保持多方协作

在作业前,明确责任分工和沟通流程,建立有效的指挥体系。定期召开协调会议,保持各方之间的信息交流和协作。

(11) 注重天气因素

针对不同天气条件制定相应的操作计划。在恶

劣天气情况下，及时中断作业并进行撤离。

(12) 防范地质风险

在作业前进行详细的地质勘察，确定地质风险，采取相应的安全措施。针对不同地质情况，制定应急预案。

(13) 注意不可控因素

在项目计划中考虑自然灾害等不可控因素，制定详细的应急预案，确保作业人员的安全撤离和救援。

综合采取这些安全措施，能够更有效地降低电力作业事故的风险，保障电网节能项目的安全进行。安全教育、培训和实际演练也是确保这些措施有效执行的重要手段，应该定期进行。

3. 层次分析法构建电力作业安全体系

层次分析法（AHP）是一种用于进行复杂多因素决策的定量分析方法，它将问题分解为多个层次的准则和子准则，通过对各准则和子准则之间的比较，确定各因素的权重，得出最终的决策结果。在电力作业安全管理体系中，用AHP来对各子体系和各要素进行定量分析，确定它们在整体体系中的重要性。层次分析法设计架构如图1所示。

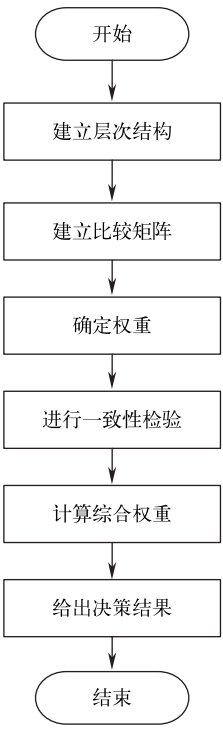


图1 层次分析法设计架构

(1) 建立层次结构

将电力作业安全管理体系进行层次划分，将整

体体系分解为不同的子体系和要素。例如，风险管理子体系、管理政策子体系和预警救援子体系作为第一层，而每个子体系下的各要素作为第二层。

(2) 建立比较矩阵

对每个层次构建比较矩阵，用来比较各准则或要素之间的重要性。比较矩阵的元素表示一个准则或要素对另一个准则或要素的相对重要性。比较可以基于专家判断、数据分析或主观评价。

(3) 确定权重

通过计算比较矩阵的特征向量，确定每个准则或要素的权重。特征向量代表了每个准则或要素的相对重要性。通过对特征向量的归一化得到最终的权重。

(4) 进行一致性检验

在比较矩阵构建过程中，要确保矩阵的一致性。AHP引入了一致性指标和一致性比率，用来评估矩阵的一致性程度。如果一致性比率超过一定阈值，需要重新进行比较矩阵的构建。

(5) 计算综合权重

将各层次的权重进行综合，计算出最终的安全管理体系中各子体系和各要素的权重。

(6) 给出决策结果

根据各要素的权重得出关于安全管理体系各子体系和各要素的重要性排序。这些权重为决策者提供有力的指导，帮助制定安全管理策略。

通过AHP方法能够系统性地对电力作业安全管理体系的各子体系和各要素进行定量分析，确立各要素之间的重要性关系，为安全管理提供科学依据。

数据处理方法与流程

在电网节能项目的安全管理体系中，使用层次分析法（AHP）对各子体系和要素进行定量分析需要涉及一系列数据处理方法和流程。

(1) 数据收集

收集与电网节能项目安全管理相关的数据，包括各子体系和要素的信息、专家判断和经验数据等。

(2) 层次划分与建模

将电网节能项目安全管理体系分解为多个层次的子体系和要素。建立比较矩阵，对各准则或要素之间的相对重要性进行比较。

(3) 构建比较矩阵

通过专家访谈、问卷调查或历史数据分析等方式构建比较矩阵，记录各准则或要素之间的相对重要性。比较矩阵的填写需要根据专家的主观判断，采用标度（如1~9）来表示重要性的相对程度。

(4) 一致性检验

对比较矩阵进行一致性检验，计算矩阵的一致性指标和一致性比率。这一步骤可检查专家的判断是否一致，若一致性差，则需要进行调整和修改。

(5) 计算权重

利用AHP计算比较矩阵的特征向量，得到各准则或要素的权重。权重表示了各准则或要素在安全管理体系中的相对重要性。

(6) 综合权重

将各层次的权重进行综合，得到各子体系和各要素在整体体系中的权重。

(7) 结果分析与决策

根据各子体系和要素的权重进行结果分析。高权重的子体系和要素在安全管理体系中具有较高的重要性。根据分析结果制定相应的安全管理策略和措施。

(8) 持续改进

AHP是一个动态的方法，需要不断更新数据和进行分析，以应对对电网节能项目中可能出现的变化。随着项目的进行，不断检验和修正各要素的权重，确保安全管理体系的有效性。AHP方法可帮助制定合理的安全管理策略，确保电网节能项目的安全运行，同时为持续的改进和优化提供了科学依据。

系统应用效果及性能分析

安全管理系统可实时监测电力作业现场，识别违规操作、异常行为和潜在的安全风险，并及时发出预警通知，以便管理人员迅速采取措施。

(1) 提升安全性

基于AI的电网节能项目安全管理系统可实时监测电力作业现场，识别潜在的安全风险，并对违规操作和异常行为进行实时预警。这有助于降低电力作业事故发生的概率，提升作业现场的安全性。

(2) 提高作业效率

AI图像分析和定位标签等技术，可对作业人员进行精确定位和行为监测，使管理人员更准确地了解作业进展，优化作业计划，提高作业效率。

(3) 实时监控与预警

能够实时监控作业现场，当发现违规操作、异常行为或潜在风险时，及时发出预警通知，使管理人员快速做出反应，防止事故的发生。

(4) 多维度数据分析

通过大数据处理，系统能够收集和分析作业现场的数据，为管理人员提供全面的数据支持，更好地了解作业情况，制定决策和改进措施。

主要性能效果包括：

1) 准确性。系统的AI图像分析算法和定位技术的准确性将直接影响其性能。需要确保系统能够准确识别作业人员的身份、行为和异常情况，并精确定位他们的位置。

2) 实时性。系统的实时性是关键，特别是在发生违规操作或异常行为时，应及时发出预警。延迟可能导致事故发生，因此系统需要具备高实时性。

3) 稳定性。系统在长时间运行中需要保持稳定，不受外部干扰和技术故障的影响，确保持续的监控和预警功能。

4) 数据隐私与安全。

系统处理大量敏感数据，如作业人员的位置和行为。确保系统具有高水平的数据隐私保护和安全措施，防止数据的泄露和滥用。

5) 用户友好性。系统的界面和操作方式应该易于使用，以方便管理人员实时监控和进行决策。

结束语

本文以构建基于人工智能的电力作业安全管理系统为目标，通过引发电力作业事故的风险因素，利用层次分析法（AHP）对安全管理体系各子体系和各要素进行了定量分析。

1) 在电网节能项目中，安全管理体系的构建需要充分考虑风险管理、管理政策和预警救援等子体系。风险管理和管理政策两个子体系的权重较大，体现了在电力作业过程中风险的重要性以及管理策略的关键作用。

2) 在各子体系的要素中，标准体系、风险识别和风险管控等要素的权重相对较大。强调了标准化管理的重要性，以及对潜在风险的识别和管控能力的关键。**EA**

（收稿日期：2023-08-15）