

# 变电运维安全风险防控体系建设探析

孙吉明 王 飞 齐晓明

国网新疆电力有限公司哈密供电公司 新疆 哈密 839000

**摘 要：**变电站作为电力系统的核心枢纽，其安全稳定运行直接关系到国家能源安全、经济社会发展和人民生活福祉。随着新型电力系统的加速构建、电网规模的持续扩张以及设备技术复杂度的不断提升，变电运维工作面临的风险呈现出多元化、隐蔽性和耦合性的新特征。传统的、以事后处置为主的被动式安全管理已难以适应当前形势。因此，亟需构建一个系统化、标准化、常态化的安全风险防控体系。本文旨在深入探析该体系的建设路径，从理论基础出发，明确其核心构建原则与关键要素，并围绕风险识别、评估、管控及持续改进等核心环节展开详细论述，最终提出一套完整的、以PDCA循环为驱动的动态闭环管理框架，为提升变电运维本质安全水平提供理论支撑与实践指导。

**关键词：**变电运维；安全风险；风险防控；体系建设；PDCA循环

## 引言

电力是现代社会的“血液”，变电站作为输配电网的“心脏”，承担着电压变换与电能分配的核心功能。变电运维工作涵盖设备巡视、操作、维护、检修及异常处理，是保障电网安全稳定运行的关键环节。然而，运维环境复杂，存在高电压、大电流、强电磁场等危险因素，加之倒闸操作、设备检修等高风险作业，稍有疏忽即可能引发人身伤亡、设备损毁甚至大面积停电事故。近年来，随着特高压、智能化、数字化技术在变电站广泛应用，电网效率提升的同时，也带来了网络安全、信息物理系统耦合故障等新型风险。同时，新能源大规模并网改变了电网运行特性，对设备适应性与运维策略提出更高要求。为应对这些挑战，国家能源局等部门陆续出台《电网安全风险管控办法（试行）》《电力重大事故隐患判定标准及治理监督管理规定》等政策，并依托GB/T 24456-2009、DL/T 1425-2015等标准，强调将安全风险管控关口前移，推动从“事后追责”向“事前预防”转变，构建科学高效的风险预控体系。因此，系统性构建变电运维安全风险防控体系，既是落实国家法规政策的必然要求，也是电力企业实现高质量发展、保障电网长治久安的内在需要。

## 1 变电运维安全风险防控体系的理论基础与核心原则

构建一个行之有效的安全风险防控体系，首先需要坚实的理论基础和清晰的指导原则。这决定了体系的方向、架构和效能。

### 1.1 理论基础

整个体系最根本的理论基石是风险管理理论，它认为风险是客观存在的，但可以通过科学的方法进行识别、评估、控制和监控，强调通过系统性、前瞻性的管

理活动，将风险降低到可接受的水平。在变电运维领域，这意味着要建立一套覆盖全业务流程、全生命周期的风险管理程序。海因里希法则则为风险防控体系提供了重要的方法论启示，该法则揭示了事故发生的因果链，即每一起严重事故的背后，必然有大量轻微事故、未遂先兆和事故隐患，这要求我们必须将管理重心放在对潜在隐患和未遂事件的排查与治理上，从而切断事故发生的链条。本质安全理论追求的是通过设计等手段使生产设备或生产系统本身具有安全性，即使在误操作或发生故障的情况下也能保证安全，在变电运维体系中，这体现为优先采用技术手段来消除或减弱风险源，而非单纯依赖人员的警惕性和规章制度的约束。此外，变电运维安全是一个复杂的系统工程，涉及人、机、料、法、环等多个子系统，系统工程理论强调整体出发，综合考虑各要素之间的相互作用和影响，通过优化系统结构和协调各子系统功能，实现整体安全效能的最大化。

### 1.2 核心构建原则

基于上述理论，变电运维安全风险防控体系的构建应遵循一系列核心原则。首要原则是预防为主，关口前移，必须改变“亡羊补牢”的思维定式，将工作的重心从事后应急处置转移到事前的风险预控上，通过常态化的风险辨识与评估，主动发现并消除隐患，防患于未然。安全风险防控不是某个部门或某个人的职责，而是贯穿于企业所有层级、所有岗位的共同责任，因此必须坚持全员参与，责任明晰的原则，形成“横向到边、纵向到底”的责任网络，确保人人有责、各负其责。鉴于风险具有不同的等级和特性，必须采取差异化的管控策略，实施分级管控，动态治理，依据风险评估的结果划分风险等级，并具备动态感知、动态评估和动态调整的

能力,实现闭环治理。体系的建设和运行还必须严格遵守国家法律法规、行业标准以及企业内部规章制度,做到依法合规,标准引领,确保各项活动有章可循、有据可依,并以高标准引领安全管理水平的持续提升<sup>[1]</sup>。最后,安全风险防控是一个永无止境的过程,体系必须嵌入持续改进,闭环管理的机制,通过定期的审核、检查、回顾和反馈,不断发现体系运行中的不足,并加以修正和完善,形成计划、实施、检查、改进的PDCA良性循环。

## 2 变电运维安全风险防控体系的关键要素

一个完整的防控体系由多个相互关联、相互支撑的关键要素构成,这些要素共同构成了体系的“骨架”和“血肉”。

### 2.1 健全的安全责任体系

责任体系是整个防控体系的“指挥中枢”。它要求建立覆盖公司、工区、班组直至个人的四级安全责任网络,其中公司层面负责顶层设计和资源保障,工区层面负责具体方案的制定与监督执行,班组作为风险防控的前沿阵地,负责日常风险辨识、措施落实和现场管控,而一线员工则是各项安全规程的直接执行者和风险的第一发现人。通过签订安全责任书、实施安全绩效考核等方式,将安全责任层层压实,确保压力传导到位,形成一个权责清晰、运转高效的组织保障。

### 2.2 科学的风险辨识与评估机制

这是体系的“感知神经”和“决策大脑”。风险辨识旨在全面、系统地找出变电运维全过程中可能存在的危险源,包括人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不安全因素以及管理上的缺陷。特别是对于物的不安全状态,现代变电站广泛部署了在线监测系统,例如针对GIS(气体绝缘金属封闭开关设备)、变压器等核心设备的局部放电在线监测装置,能够实时捕捉因绝缘劣化而产生的高频电磁波、超声波信号,精准预警潜在的绝缘击穿风险<sup>[2]</sup>。风险评估则是在辨识的基础上,运用定性或定量的方法,对风险发生的可能性和后果的严重程度进行分析,从而确定风险等级,为后续的管控决策提供依据。这一机制的有效性直接决定了整个防控体系的前瞻性和精准性。

### 2.3 有效的风险管控措施库

这是体系的“执行手臂”。针对不同等级的风险,必须有相应的、具体的、可操作的管控措施。对于重大风险,应采取强制措施;对于较大风险,应制定专项管控方案;对于一般及低风险,则可通过完善规程、加强培训等方式进行常态化管理。管控措施应涵盖工程技术

措施、管理措施和个体防护措施三个层面,形成一个多层次、立体化的防御体系,确保风险始终处于受控状态。

### 2.4 完善的双重预防机制

双重预防机制是当前安全生产领域的核心要求,即“安全风险分级管控”和“事故隐患排查治理”。前者侧重于对已知风险的前瞻性管理,后者则侧重于对未知隐患的兜底性排查。两者相辅相成,共同构筑起防范事故的两道防线<sup>[3]</sup>。体系应将隐患排查治理工作制度化、常态化,并与风险分级管控紧密结合,确保隐患能够被及时发现、科学评估、有效治理,从而形成一个严密的预防网络。

### 2.5 强大的安全文化与教育培训

这是体系的“灵魂”和“软实力”。再完美的制度也需要人来执行。通过培育“安全第一、生命至上”的安全文化,营造人人讲安全、事事为安全的良好氛围,可以从根本上提升员工的安全意识和自律性。同时,必须建立系统化的安全教育培训体系,针对不同岗位、不同层级的员工,开展有针对性的技能培训、应急演练和警示教育,确保员工具备胜任岗位所需的安全知识和应急处置能力,为体系的有效运行提供坚实的人力保障。

## 3 变电运维安全风险防控体系的核心环节解析

在明确了体系的原则和要素后,需要聚焦于其运行的核心环节,即如何将理论转化为实践。

### 3.1 风险识别:全面覆盖,精准定位

风险识别是防控工作的起点。在变电运维领域,应采用多种方法相结合的方式进行全面扫描。静态识别基于设备台账、历史缺陷记录、设计图纸等资料,对设备固有的、长期存在的风险进行梳理;动态识别则结合电网运行方式、负荷潮流、天气状况等实时信息,对因外部环境或运行状态变化而产生的临时性、动态性风险进行预判;作业识别要求在每次运维作业前,通过作业安全分析等工具,对作业全过程中的风险点进行逐一辨识;此外,还需针对季节性特点、特殊时期或新技术应用,组织开展专项风险排查。通过这种多维度、立体化的识别方式,力求做到风险无遗漏、定位无偏差。

### 3.2 风险评估:量化分级,科学决策

风险评估的目的是为管控决策提供科学依据。常用的风险矩阵法,通过将风险事件发生的可能性与后果的严重程度分别赋予分值,计算出风险度,并据此划分风险等级。例如,重大风险可能导致群死群伤或电网大面积停电,而低风险则可能仅导致轻微伤害或短暂停电。在电力行业实践中,作业条件危险性评价法(LEC法)也被广泛应用,其通过量化事故发生的可能性(L)、人

员暴露于危险环境的频繁程度(E)和事故后果的严重性(C),计算得出危险性分值 $D=L \times E \times C$ 。根据国家电网等企业的内部标准,通常将D值划分为五个等级: $D \geq 320$ 为一级(极高风险), $160 \leq D < 320$ 为二级(高风险), $70 \leq D < 160$ 为三级(中等风险), $20 \leq D < 70$ 为四级(一般风险), $D < 20$ 为五级(稍有风险)。评估过程应坚持客观、公正,必要时可引入专家评审或第三方评估,确保结果的准确性和权威性,从而为后续差异化、精准化的管控策略提供坚实的数据支撑。

### 3.3 风险管控:分级施策,闭环治理

根据风险评估的结果,实施精准化、差异化的管控策略。首选策略是消除,即通过技术改造或流程优化,彻底消除风险源;其次是替代,用危险性较低的工艺、材料或设备替代原有的高风险项;当无法消除或替代时,则采用工程控制,设置物理屏障或自动保护装置;同时,通过制定严格的管理制度、操作规程和应急预案等管理控制手段,规范人员行为;个体防护装备则作为最后一道防线。所有管控措施都应明确责任人、完成时限和验收标准,并纳入信息系统进行跟踪督办,确保形成从措施制定到效果验证的完整闭环,实现风险的全过程、全链条治理。

### 3.4 持续改进:PDCA驱动,螺旋上升

体系的生命力在于持续改进。应将PDCA循环深度融入体系运行的全过程。在计划(Plan)阶段,基于风险评估结果和内外环境变化,制定年度或季度安全工作计划和风险管控目标;在实施(Do)阶段,按照计划部署,组织落实各项风险管控措施和安全活动;在检查(Check)阶段,通过日常检查、专项督查、内部审核、绩效考核等方式,对计划执行情况和管控效果进行监督检查和评估;在改进(Act)阶段,根据检查评估结果,总结经验,固化有效做法,同时分析存在的问题和不

足,制定纠正和预防措施,并将其纳入下一个PDCA循环的计划中<sup>[4]</sup>。通过这种周而复始的循环,推动安全风险防控体系不断完善,安全管理水平实现螺旋式上升。

## 4 结语

变电运维安全风险防控体系的建设是一项复杂的系统工程,是保障电网安全稳定运行的根本性、长期性任务。本文通过理论探析,明确了该体系应以风险管理、海因里希法则、本质安全和系统工程等理论为基础,遵循预防为主、全员参与、分级管控、依法合规和持续改进等核心原则。体系的关键在于构建健全的责任体系、科学的评估机制、有效的措施库、完善的双重预防机制以及强大的安全文化。其运行的核心在于精准的风险识别、科学的风险评估、分级的精准管控,并以PDCA循环为驱动力,实现体系的动态优化和持续改进。唯有如此,才能将安全风险真正关进制度的笼子,从事后被动应对转向事前主动防御,最终实现变电运维工作的本质安全,为构建坚强智能的现代化电网奠定坚实的安全基石。未来的研究可进一步探索人工智能、大数据等新技术在风险智能预警和决策支持方面的深度应用,以不断提升风险防控体系的智能化、精细化水平。

## 参考文献

- [1]李春晓.变电运维中的安全策略分析[J].集成电路应用,2024,41(11):370-371.
- [2]钱冬乐,王鑫.变电运维安全控制及系统维护技术分析[J].电子技术,2025,54(11):390-391.
- [3]张晗,陈虎,狄璟煜,等.浅析如何实现电力系统变电运维的安全管理[C]//江西省工程师联合会.工程技术与新能源经济学术研讨会论文集(一).内蒙古电力(集团)有限公司乌兰察布供电分公司,2025:633-635.
- [4]卫昕卓,巨思远.智能变电站变电运维安全管控的策略研究[J].电工技术,2025,(S1):143-145.