

电网工程项目现场作业风险的组织生成与治理重构研究

张宇筠¹, 余海翔¹, 卢茜², 陈睿¹, 边疆³, 兰龙龙⁴

¹南方电网能源发展研究院有限责任公司, 广东 广州

²武汉大学质量发展战略研究院, 湖北 武汉

³云南电网公司玉溪供电局, 云南 玉溪

⁴贵州送变电公司, 贵州 贵阳

收稿日期: 2026年9月16日; 录用日期: 2026年10月7日; 发布日期: 2026年10月19日

摘要

随着新型电力系统建设持续推进, 电网工程呈现建设任务密集、作业区域分散、专业交叉频繁和参建主体多元等特征, 现场作业风险的形成条件逐渐由相对单一向动态耦合转变。既有电力工程安全研究已经由危险源辨识逐步拓展至动态风险评价、事故致因链、风险关联网络以及数字化管控, 但相关研究较多关注现场存在哪些风险、事故因素之间存在何种关联以及如何提高风险管控效率, 对于不同风险因素为何会在具体项目组织运行过程中持续形成并相互强化关注相对不足。基于此, 本文从项目组织视角出发, 将电网工程现场作业风险理解为人、任务、权责关系和项目过程相互作用的结果, 并提出组织接口失配的分析视角。研究认为, 电网工程现场作业风险主要形成于四类组织接口, 即人员实际能力与作业任务要求之间的能力接口失配、人员跨项目流动与技能持续积累之间的学习接口失配、现场管理控制权与安全责任之间的权责接口失配以及单个项目周期与组织知识积累周期之间的时间接口失配。四类接口失配通过能力识别不足、协同关系弱化、风险信息损耗和经验沉淀中断等过程相互耦合, 使局部不确定性逐步转化为现场作业风险。在此基础上, 本文提出建立能力导向的人岗匹配机制、跨项目连续能力积累机制、穿透式分包风险治理机制和跨项目组织学习机制, 并通过数字化风险关联实现人员、任务、组织与环境之间的动态协调。研究有助于推动电网工程施工安全研究由风险因素识别进一步向风险生成机制解释拓展, 为复杂项目环境下提升现场作业风险治理能力提供参考。

关键词

电网工程, 现场作业风险, 项目治理, 组织接口, 风险生成, 安全管理

Research on the Organizational Generation and Governance Restructuring of On-Site Operational Risks in Power Grid Engineering Projects

文章引用: 张宇筠, 余海翔, 卢茜, 陈睿, 边疆, 兰龙龙. 电网工程项目现场作业风险的组织生成与治理重构研究[J]. 智能电网, 2026, 16(5): 134-146. DOI: 10.12677/sg.2026.165016

Yuyun Zhang¹, Haixiang Yu¹, Qian Lu², Rui Chen¹, Jiang Bian³, Longlong Lan⁴

¹China Southern Power Grid Energy Development Research Institute Co., Ltd., Guangzhou Guangdong

²Institute for Quality Development Strategy, Wuhan University, Wuhan Hubei

³Yuxi Power Supply Bureau, Yunnan Power Grid Company, Yuxi Yunnan

⁴Guizhou Power Transmission and Transformation Company, Guiyang Guizhou

Received: September 16, 2026; accepted: October 7, 2026; published: October 19, 2026

Abstract

As the construction of new power systems advances, power grid engineering projects are characterized by intensive construction tasks, geographically dispersed work areas, frequent interdisciplinary collaboration, and a multitude of participating entities. Consequently, the conditions under which on-site operational risks emerge are shifting from relatively simple, isolated factors to dynamic, coupled interactions. Existing research on power engineering safety has expanded from hazard identification to dynamic risk assessment, accident causation chains, risk correlation networks, and digital management and control. However, current studies largely focus on identifying existing risks, analyzing the interrelationships between accident factors, and improving risk management efficiency; there is insufficient attention paid to why different risk factors persistently emerge and mutually reinforce each other during the organizational operation of specific projects. Addressing this gap, this paper adopts a project organization perspective, conceptualizing on-site operational risks in power grid engineering as the outcome of interactions among personnel, tasks, authority-responsibility relationships, and project processes. It proposes an analytical framework based on “organizational interface mismatches”. The study identifies four primary types of organizational interface mismatches that generate on-site operational risks: capability interface mismatches (between actual personnel capabilities and task requirements), learning interface mismatches (between cross-project personnel mobility and continuous skill accumulation), authority-responsibility interface mismatches (between on-site management control and safety accountability), and temporal interface mismatches (between individual project cycles and organizational knowledge accumulation cycles). These four types of mismatches couple with one another through processes such as inadequate capability identification, weakened collaborative relationships, loss of risk information, and interrupted experience accumulation, causing localized uncertainties to evolve into on-site operational risks. Based on these findings, the paper proposes the establishment of mechanisms for capability-oriented personnel-job matching, continuous cross-project capability accumulation, penetrating subcontracting risk governance, and cross-project organizational learning, while achieving dynamic coordination among personnel, tasks, the organization, and the environment through digital risk correlation. This study helps advance research on power grid construction safety—moving beyond the mere identification of risk factors toward an explanation of the mechanisms underlying risk generation—and offers a reference for enhancing on-site operational risk governance in complex project environments.

Keywords

Power Grid Engineering, On-Site Operational Risk, Project Governance, Organizational Interfaces, Risk Generation, Safety Management

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

电网工程是保障电力安全可靠供应、完善能源基础设施以及支撑新型电力系统建设的重要组成部分。与一般建设项目相比,电网工程具有施工区域分散、专业技术要求较高、现场条件变化较快以及多专业协同程度较高等特点,输电线路、变电站和配电网工程建设过程中普遍涉及高处、起重、临时用电、有限空间、深基坑以及多工种交叉作业等施工场景。随着工程项目规模扩大和专业分工深化,人员配置、设备状态、施工环境、工程进度以及组织协作等因素更加频繁地同时作用于施工现场,使安全风险呈现出较强的动态性和复杂性。已有研究指出,电力建设工程中的重大危险源并非处于固定状态,其风险等级会随施工阶段、环境条件以及风险控制状态发生变化,因而需要进行动态识别和分级管理[1]。

围绕电力建设施工安全,我国已经形成较为系统的制度体系。《电力建设工程施工安全监督管理办法》要求电力建设单位、勘察设计单位、施工单位、监理单位及其他与电力建设工程施工安全有关的单位,必须遵守安全生产法律法规和标准规范,建立健全安全生产保证体系和监督体系,建立安全生产责任制和安全生产规章制度,保证电力建设工程施工安全,依法承担安全生产责任[2]。在此基础上,国家能源局进一步要求严格电力建设施工人员准入,加强施工现场和危险作业风险管控,对分包队伍资质、能力和历史业绩进行审查,并将分包队伍纳入企业统一安全管理和统一考核体系[3]。这些制度要求表明,电力建设安全治理的对象已经不再局限于单一设备状态或危险源,而是逐步扩展到人员能力、分包关系、现场协同和施工全过程。

然而,制度体系不断完善并不意味着现场风险能够通过增加检查频次、强化违章治理或者不断增加管理条款而被完全消除。近年来围绕电力安全事故开展的研究显示,事故通常并非由单一人员行为或单一设备状态独立造成,而是多个因素相互关联、共同作用的结果。赵楚凡等以 2015~2019 年国内 208 起电力人身事故为样本,识别了事故发生过程中具有代表性的关键致因链[4];张苏等通过对 2014~2022 年 109 起电力人身伤亡事故进行系统分析,构建了事故致因网络,发现不同层次致因之间存在较强关联[5];屠鹏等基于 2020~2023 年 136 起电力安全事故开展文本挖掘,也发现管理疏漏、风险辨识不足以及个体不当行为等因素在事故致因网络中具有重要影响[6]。这些研究已经突破了将事故简单理解为单一不安全行为结果的传统解释框架。

但是,事故致因链和风险关联网络主要回答哪些因素容易共同出现、哪些因素处于事故网络中的关键位置以及因素之间存在怎样的传递关系,对于类似风险为什么能够在不同工程项目和不同作业情景中重复形成,仍有进一步解释的空间。以施工现场的操作偏差为例,其最终可能表现为某项作业行为不符合要求,但在这一行为显化之前,可能已经同时存在人员对特定设备熟悉程度不足、施工任务临时调整、班组协作关系变化、技术交底与实际任务衔接不足以及风险信息跨主体传递不充分等情况。如果安全治理只针对最终显现的行为进行整改,而没有进一步识别和改变促使风险形成的组织条件,那么相似问题仍可能在其他工程中以新的形式出现。

由此,电网工程风险研究有必要进一步从风险因素识别转向风险生成过程分析。本文认为,人员流动、专业分包、多主体协作以及项目临时性本身并不必然意味着安全风险增加。真正值得关注的是相互依赖的组织要素在连接过程中能否实现有效匹配。施工人员具备相应资格并不代表能够胜任所有复杂作业,合理的跨项目人员流动并不必然造成安全问题,专业分包也不意味着风险管理必然失效。关键在于人员实际能力能否与具体任务要求相匹配,人员流动速度能否与技能和团队协作能力的积累周期协调,承担总体安全责任的主体能否掌握与责任相匹配的现场信息和管理能力,以及单个项目中形成的经验能否突破项目边界持续进入后续工程。

基于上述认识,本文提出组织接口失配的分析视角,将其界定为项目组织中相互依赖的人员、任务、

权责和知识等要素,在能力要求、信息掌握、控制关系或者时间周期方面出现持续性偏离的状态。本文进一步将其划分为能力接口、学习接口、权责接口和时间接口四种基本类型,并围绕两个问题展开分析,即电网工程项目现场作业风险通过哪些组织接口失配持续生成,以及如何针对风险生成过程重构现场作业风险治理机制。

2. 文献述评与理论分析

(一) 危险源辨识与动态风险管控

危险源辨识、风险评价以及分级控制一直是电力建设施工安全研究的重要基础。早期研究主要通过识别工程施工过程中的人员、设备、环境和管理危险因素,确定不同危险源的风险等级,并据此制定相应的预防和控制措施。随着施工环境复杂程度提高,研究者逐渐认识到危险源本身虽然可以相对固定地进行分类,但危险源对应的风险水平并不是静态不变的。杨磊等针对电力建设工程重大危险源提出动态风险界定和级别划分方法,强调施工环境、作业条件以及风险控制措施变化均可能改变危险源的现实风险水平[1]。这一研究路径推动电力建设风险管理由静态危险源清单逐步转向动态风险识别和分级控制。

数字技术的发展进一步强化了风险动态管理能力。随着移动终端、项目管理系统以及现场数据采集技术逐步应用于电力建设工程,风险管理开始由周期性检查向实时化和信息化方向拓展。丰碧泓等针对电力建设工程安全监督需求构建安全风险管控系统,通过移动端和后台系统将风险信息、现场检查 and 安全管理过程连接起来,从而提升风险管控的实时性和管理效率[7]。这说明数字化技术已经能够在一定程度上解决传统安全管理中现场信息获取滞后和管理响应周期较长的问题。

总体而言,危险源辨识和动态风险研究较好回答了施工现场可能出现哪些危险、风险处于什么等级以及如何及时获取风险信息等问题,为电网工程现场安全管理奠定了基础。然而,这一研究路径主要关注已经存在或者正在显现的风险状态,对风险状态背后的项目组织条件关注相对有限。特别是当风险不是由单一危险源突然变化,而是由多个人员、任务和组织因素逐步组合形成时,仅依靠单项危险源识别难以充分解释风险为何会持续产生。

(二) 事故致因链与风险关联网络

随着电力事故资料不断积累,相关研究逐渐从识别直接事故原因转向分析不同致因之间的关联关系。陈碧云等利用关联规则挖掘方法筛选电力生产安全事故关键诱因,研究表明不同事故诱因之间存在一定的组合关系和共现规律[8]。林穿等进一步引入事理图谱,将事故诱因、事件演化过程以及事故结果联系起来,尝试基于事件之间的演进关系开展电力安全事故预控[9]。这些研究推动电力安全分析由单一因素识别向风险因素关系和演化路径识别拓展。

在此基础上,事故致因研究进一步开始关注不同层次风险因素之间的作用关系。赵楚凡等从事故样本中提取关键致因链,发现电力人身事故存在具有一定稳定性的事故发生路径[4];张苏等利用社会网络分析方法构建电力人身伤亡事故致因网络,说明不同事故原因之间具有明显的网络关系,一些深层管理因素可以通过其他因素进一步作用于事故形成[5];关城等应用 24 Model 分析电力企业伤亡事故,也将事故原因从人员直接行为进一步拓展到组织行为和安全管理等层次[10]。屠鹏等的研究则再次表明,事故中的人员行为、风险辨识以及安全管理因素并不是彼此孤立的,而是共同构成具有明显关联结构的致因网络[6]。

事故致因链和风险关联网络研究的重要贡献在于打破了单一危险因素和事故结果之间的线性关系,说明电力事故具有明显的多因素共同作用特征。但是,这些研究主要建立在事故已经发生之后的样本数据之上,其重点在于根据结果反向寻找关键因素和作用路径。因此,虽然可以解释哪些因素经常形成组合,却较难直接说明这些组合为什么能够在项目实施过程中产生。特别是人员配置、团队流动、分包组

织和项目经验积累等过程性因素如何推动风险要素发生连接,仍需要引入项目组织视角予以解释。

(三) 项目组织过程与安全行为

工程安全研究近年来逐渐由单独关注个体不安全行为转向关注行为所处的组织环境。施工人员在现场采取何种行为,不仅受到专业知识、安全意识等个体因素影响,还会受到组织制度、任务安排、团队沟通以及管理环境影响。成家磊等研究发现,组织氛围会对建筑工人的不安全行为产生影响,说明施工人员行为并不是脱离项目环境而独立形成的[11]。刘世杰、李书全基于施工组织正式网络开展研究,发现网络密度、中心性以及安全沟通等因素与组织安全行为存在显著关系,其中安全沟通在部分组织结构特征和安全行为之间发挥中介作用[12]。由此可见,现场风险不仅存在于单个人员层面,也嵌入人员之间以及不同组织主体之间的关系网络。

在多主体参与的重大工程中,组织关系对安全治理的影响更加突出。王婧怡等从安全价值网络视角研究重大工程组织安全行为,认为不同主体之间的组织关系以及价值传递路径会影响项目安全行为形成[13]。对于电网工程而言,建设单位、监理单位、施工总承包单位、专业分包单位以及班组共同构成多层级项目组织网络。专业化分工有利于不同主体发挥技术和资源优势,但也增加了管理接口的数量。如果基层现场信息不能顺利进入项目管理层,或者上层管理要求在跨组织传递过程中发生衰减,就可能使原本可控的局部变化逐渐演化为新的现场风险。

工程项目的临时性还使组织学习成为解释现场风险的重要视角。项目组织围绕明确的工程目标和建设周期配置资源,项目结束后人员和组织关系往往随之发生变化。但是,现场作业能力和风险治理知识并不能完全按照项目周期形成。杨粟英等以工程项目团队为对象开展实证研究,发现正式控制结构和项目关系均会影响团队学习,且过程控制对项目团队知识获取和学习具有明显促进作用[14]。这一结论表明,工程项目不仅承担完成施工任务的功能,同时也是现场知识和风险治理经验形成的重要场所。如果项目结束意味着组织关系和经验传递同步中断,项目内部已经获得的知识就难以稳定转化为企业层面的长期能力。

此外,事故管理研究也已经开始强调历史事故知识沉淀的重要性。孙志春等从失效模式出发构建电力企业事故分析系统,试图通过事故信息结构化和规律提取提高企业事故分析和风险管理能力[15]。这一研究方向进一步说明,安全治理不仅需要及时处理当前问题,还需要将历史风险经验转化为后续管理可以重复利用的知识。

(四) 研究述评与组织接口失配视角

总体来看,既有研究已经形成较为清晰的演进脉络。危险源辨识和动态评价研究将关注重点由静态风险分类扩展到风险状态变化,事故致因研究进一步揭示人员、设备、环境和管理因素之间具有明显的关联及传递关系,工程项目组织研究则说明组织氛围、沟通网络、跨主体关系以及项目学习过程都会对现场安全行为和组织能力产生影响。这些成果为认识电网工程现场风险的动态性、复杂性和组织属性提供了重要基础。

然而,现有研究仍存在进一步深化空间。首先,事故致因研究能够识别风险因素之间具有何种关联,却较少回答这些关联为什么会在具体工程项目运行中持续形成。其次,既有风险治理研究通常围绕危险源、人员行为或者某一管理制度展开,将不同风险因素分别纳入分析,而对不同组织要素连接处的结构性问题关注较少。最后,项目组织研究虽然已经揭示组织网络和学习的重要性,但尚需要进一步与电网工程现场具体的人员配置、分包关系和风险管控过程结合。

从项目组织运行看,风险往往并不是单一要素出现问题之后直接产生的。例如,人员跨项目流动本身可以提高资源配置效率,但如果人员流动速度明显快于复杂技能和团队协同形成速度,就可能提高施工过程的不确定性;专业分包有利于提高施工专业化程度,但如果安全责任主体无法获得与责任相匹配

的基层作业信息,就可能使风险控制出现盲区;单个项目按要求完成隐患整改,也并不意味着整改经验已经转化为企业长期知识。如果这些问题分别被作为人员、分包或者培训问题处理,就难以看到其共同特征,即风险实际产生于两个相互依赖的组织要素之间不能实现有效衔接。

据此,本文提出组织接口失配的分析视角。所谓组织接口,是指人员与任务、人员流动与知识积累、管理控制与安全责任以及项目周期与组织学习等相互依赖要素之间的连接关系。当接口两端在能力、信息、权责或者时间逻辑上能够保持协调时,项目组织能够相对稳定运行;当二者持续偏离时,原本局部和分散的不确定性就可能逐步转化为现场风险。基于这一逻辑,本文将电网工程项目现场风险的组织生成机制划分为能力接口失配、学习接口失配、权责接口失配以及时间接口失配四种类型。

3. 电网工程项目现场作业风险的现实表征

(一) 多因素风险动态耦合

传统施工安全管理通常按照人员、设备、环境和管理等类别建立危险源清单,并根据危险程度实施风险分级,这一方法具有较强的操作性,也是开展电网工程现场风险管控的重要基础。但近年来事故致因链和风险网络研究均表明,电力事故通常并不是某一个因素独立变化之后直接产生,而是不同风险因素在特定情形下相互关联的结果。这意味着,在复杂施工环境下,风险管理对象正在从单项危险源逐渐转变为多个风险因素构成的动态组合。

例如,同一项起重或者高处作业,在人员、设备、施工方案以及天气状态均保持稳定的情况下,可以通过已有控制措施将风险保持在相对稳定范围。但是,如果施工过程中同时出现关键人员调整、相邻作业面增加、施工计划变化以及现场环境波动,即使其中任何一个单项变化尚未达到高风险标准,多项变化的叠加仍可能明显提高现场的不确定性。此时,传统逐项检查可能显示每个风险因素均处于可接受状态,却难以识别多个因素同时变化之后形成的新风险状态。

因此,电网工程现场风险治理不能只回答某一危险源是否存在,还需要识别人员、任务、组织关系和环境状态之间是否正在形成新的组合。事故致因网络所揭示的因素耦合现象说明了这种风险组合的客观存在,但要在事故发生之前识别其形成过程,就需要进一步关注项目组织运行中的动态变化。

(二) 人员实际能力差异增强

人员准入是电力建设施工安全管理的重要基础,现行制度已经对特种作业资格、安全教育培训和人员进入施工现场提出明确要求。严格的资格准入能够减少不具备基本作业条件的人员参与高风险施工,是保障现场安全的必要条件。但是,随着电网工程设备类型、作业场景以及专业协同复杂程度不断增加,统一资格标准与人员实际作业能力之间的差异逐渐成为新的风险管理问题。

具有相同工种资格的人员,在类似工程参与经历、具体设备熟悉程度、复杂环境下的判断能力以及班组协作经验方面仍可能存在差异。事故行为分析也已经表明,人员实际安全行为不仅受专业知识影响,还会受到组织管理和现场条件作用。因此,施工人员是否拥有相应资格与其能否在某一复杂场景下稳定完成具体任务,是两个相互联系但并不完全相同的问题。

这种变化使人员管理的重点逐渐由基本资格合规延伸到实际任务胜任。对于技术相对标准化的作业,统一资格和规范化培训能够发挥较充分作用;对于设备特殊、环境复杂或者多专业高度协同的作业,仅依据工种和资格进行人员配置可能难以充分反映实际能力差异。人员实际能力与具体任务之间是否适配,由此成为现场风险形成的重要前置条件。

(三) 项目组织关系日益复杂

现代电网工程通常由建设单位、监理单位、施工总承包单位、专业分包单位以及现场施工班组共同参与。专业化分工能够充分利用不同主体的技术优势和资源配置能力,也是大型工程顺利实施的重要组

织基础。但随着参建主体增加，原本集中于单一组织内部的安全管理活动被分布到多个项目主体之间，风险信息、任务安排以及人员控制也需要在不同组织层级之间持续传递。

现行制度明确要求施工总承包单位承担施工现场总体安全管理责任，并对分包单位实施安全监督管理。国家能源局进一步要求将分包队伍纳入统一安全管理和统一考核，加强分包人员准入、培训和施工过程管理。这些要求说明，多层项目组织条件下安全治理的重点并不是减少专业化分工，而是确保总体安全责任、基层风险信息以及现场控制能力保持有效衔接。

已有施工组织网络研究发现，项目组织中的沟通结构会显著影响组织安全行为。如果基层人员能力、施工任务调整和现场环境变化能够及时传递给项目管理主体，多主体协作可以在专业分工基础上保持稳定运行；反之，如果复杂的现场状态经过多层组织关系传递后被不断简化，或者上层安全要求无法针对具体班组和任务进行转化，组织边界就可能成为风险信息损耗的来源。由此，现代电网工程风险逐渐具有更加明显的跨组织属性。

(四) 安全经验需要跨越项目边界

电网工程项目具有明确的开工和竣工周期，安全管理也通常围绕单个项目形成风险辨识、现场检查、隐患整改和项目总结等闭环。在单项目治理层面，这一管理方式能够有效推动问题及时处理并实现责任闭环。但是，项目安全管理完成并不必然代表组织已经完成安全知识积累。

工程项目学习研究表明，项目实施过程中的持续控制和信息互动对于团队获取和共享知识具有重要作用。事故分析系统和事故致因研究也表明，只有将历史事故和风险信息进行持续积累和规律提取，才能更有效地服务后续事故预防。因此，一个项目中形成的设备异常判断、有效工序调整、协作方式以及现场风险处置经验，都可能对其他类似工程具有持续价值。

如果项目结束后这些经验只停留在项目总结材料或个别人员记忆中，而没有进一步经过组织提炼和传播，下一项目就可能重新经历类似的风险识别和学习过程。随着项目数量增加以及人员跨项目调配更加普遍，安全治理需要逐渐由单项目问题闭环向跨项目安全能力积累转变。项目竣工应当成为具体工程任务的终点，但不应成为风险知识和组织学习的终点。

4. 电网工程现场作业风险的组织生成机制

(一) 能力接口失配

人员资格准入是控制施工风险的重要基础，但资格标准本质上是一种相对统一的最低要求，而具体作业任务具有显著差异。不同电网工程在设备类型、地形环境、技术复杂程度以及协作方式等方面存在较大差别，即使具有相同工种和资格的人员，其类似场景经历和复杂任务处置能力也可能不同。现有事故研究表明，人员安全行为会受到安全知识、组织管理以及现场条件等多种因素共同影响，这意味着人员是否达到基本资格与其能否在特殊场景下保持稳定作业能力之间仍存在一定距离。

当人员管理主要依据工种和资格标准，而实际施工任务需要更加差异化的能力时，就形成能力接口失配。其风险通常并不表现为无证上岗等明显的制度违规，而更可能表现为人员在形式上符合所有准入要求，但对某类设备、特殊环境或者复杂任务缺乏充分经验。由于这一类状态具有较强隐蔽性，常规资格检查较难直接识别。

项目资源配置通常需要同时考虑工程进度、工种需求和人员数量。如果项目管理者主要依据工种匹配施工任务，而缺少对实际工程经历、设备操作经验以及异常情况处置能力的进一步识别，人员就可能承担与其实际经验并不完全匹配的作业。当任务复杂程度、环境不确定性以及岗位协同要求进一步提高时，这种能力接口偏离就更容易通过操作判断偏差和协同效率下降转化为现场风险。因此，能力接口失配揭示的核心问题并不是人员有没有资格，而是统一资格管理如何与差异化任务要求进一步衔接。

(二) 学习接口失配

电网工程具有明显的项目制特征,不同人员和专业队伍需要随着工程任务、区域以及项目进度进行配置和调整。人员合理流动能够提高资源利用效率,也是施工企业适应项目任务波动的重要方式。但现场复杂技能以及团队协作能力的形成具有明显的时间积累特征。一些风险判断和异常处置能力无法完全通过一次培训获得,需要在实际项目中经过持续操作、反馈和修正逐步形成;不同岗位之间稳定的协同关系同样需要一定时间磨合。

工程项目组织学习研究已经表明,项目过程中的持续控制和信息互动能够促进团队知识形成,施工组织网络研究则说明安全沟通关系本身会影响组织安全行为。因此,人员快速流动与复杂能力逐渐积累之间天然存在不同的时间逻辑。如果企业缺少有效的跨项目能力记录和知识传递机制,人员进入新项目后就需要重新建立对设备、施工环境和项目规则的认识,新组建的班组也需要重新形成沟通模式和操作预期。

当人员流动周期明显短于个人技能以及团队协作能力的积累周期时,就形成学习接口失配。这种失配的风险并非由人员流动本身引起,而是由于能力和经验不能随人员与项目连续传递。一个项目结束之后,原有团队成员进入不同项目,如果个人能力变化、关键施工经验以及团队协作知识没有被正式记录,下一项目又需要重新识别和重新磨合,由此形成重复学习和重复试错。项目数量越多、队伍组合变化越快,这种学习接口失配就越可能成为现场风险持续生成的重要条件。

(三) 权责接口失配

电网工程多主体参与的项目结构决定了最终安全责任、人员信息以及现场直接控制能力通常分布在不同层级。制度已经明确了建设、施工和监理等主体的安全责任,并要求施工总承包单位加强分包安全管理,因此权责接口失配并不是指正式制度上的安全责任不清,而是指总体责任与现场实际信息和控制能力之间可能出现距离。

分包单位通常更了解所属人员的专业经验和日常状态,班组负责人最接近具体施工过程,对现场操作和人员配合具有直接感知,而总承包单位和项目管理层则掌握更加完整的工程计划和总体风险信息。不同层级的信息具有明显互补性。如果基层风险信息能够及时向上传递,上层施工计划和风险要求又能够有效转化为具体作业措施,多层项目组织便能够形成有效协同。

问题在于,复杂现场信息在跨组织传递时不可避免地需要被标准化。基层作业状态可能逐步转化为是否持证、是否完成交底以及是否发现违章等指标,一些与人员熟悉程度、团队协同和现场变化相关的风险信息可能在传递过程中被弱化。与此同时,上层统一安全要求也可能在向基层传递过程中逐渐转化为标准检查程序,而没有充分体现不同任务和班组的差异。已有项目组织网络研究已经说明,组织关系和沟通质量会影响安全行为。因此,当承担总体责任的主体无法获得与其责任程度相匹配的真实现场信息,或者基层管理者无法充分理解总体风险变化时,就形成权责接口失配。

(四) 时间接口失配

工程项目具有明确的生命周期,而安全知识和组织能力积累具有长期性。单个项目强调在既定工期内完成建设目标,并对施工过程中发现的问题实施整改闭环。当一项隐患完成整改、复查和销项后,从当前项目管理角度看,风险已经得到控制。但是,问题得到整改并不意味着组织已经从该问题中完成学习。

现有研究已经说明,持续过程控制能够促进工程项目团队知识积累,电力事故分析和事故知识结构化也有助于识别重复性事故规律。如果项目中发生的异常情况、有效调整方法以及组织协同经验没有进一步被提炼,项目结束后这些知识就可能随着人员和团队关系变化而逐步消散。后续项目遇到相似情景时,仍需要重新发现和重新解决。

由此形成项目周期和组织学习周期之间的时间接口失配。项目管理更加关注本工程是否完成安全目标，而企业安全能力建设关注不同项目之间是否形成累积性改进。当组织学习被视为项目完成之外的附加工作时，项目经验便容易停留在个体或者单个项目层面，导致一个项目已经解决的问题在其他项目重新出现。因此，时间接口失配体现的是单项目闭环与企业长期风险治理之间的周期差异。

(五) 组织接口耦合与风险放大

能力接口、学习接口、权责接口和时间接口并不是四种相互独立的风险来源，而是在项目运行过程中彼此关联。人员跨项目流动会增加管理者识别实际能力的难度，能力识别不足又会提高人员与任务配置偏差的可能性；多层项目组织结构可能进一步增加基层能力信息向总体责任主体传递的距离；项目结束之后，如果相关风险经验又没有通过组织学习得到保留，下一项目便需要重新经历能力识别、团队磨合和现场风险判断过程。

既有电力事故致因研究已经证明，不同人员和管理因素之间存在明显的关联以及风险传递路径。本文进一步认为，组织接口失配提供了理解这些因素为何持续建立联系的一种过程性解释。风险并不一定由某一次明显的管理失误突然产生，而可能从多项小幅度组织变化开始，通过接口失配逐渐积累。例如，人员调整本身并非严重风险，但如果新人员经验信息没有被充分识别，同时又处于首次组合的班组中，并承担较复杂任务，而这些变化又没有及时进入总体风险判断，那么多个局部变化便可能共同转化为新的现场风险。

从这一角度看，施工过程中出现的不安全行为和现场隐患属于风险生成过程的显化结果。如果项目治理只在风险显化之后采取针对性整改，能够解决当前问题，却未必能够改变促使问题形成的组织接口。由此可能形成现场状态变化、接口失配、风险显化、单次整改和项目结束之后相似风险再次形成的循环。因此，现场风险治理需要进一步从结果端向组织过程前移，将不同接口是否保持匹配纳入项目风险管理。综合上述分析，本文构建了电网工程项目现场作业风险的组织生成分析框架，如图 1 所示。四类组织接口失配通过任务判断偏差、班组协同弱化、基层信息损耗以及知识沉淀中断等过程作用于现场作业风险，并共同构成由组织状态变化向风险显化传导的基本路径。



Figure 1. Analysis framework for organizational interface mismatch and on-site operational risks

图 1. 组织接口失配与现场作业风险的分析框架

5. 电网工程项目现场作业风险治理机制重构

(一) 能力导向的人岗匹配机制

能力接口治理需要建立在现有资格准入制度基础之上,而不是取代资格管理。特种作业资格、安全教育和入场培训解决的是人员是否达到参与某类施工活动的基本要求,对于一般和标准化程度较高的任务具有重要保障作用。但随着任务复杂度提高,仅凭最低准入标准无法充分表达人员在具体情景中的实际经验。因此,对于复杂设备安装、危险性较高作业以及特殊环境下的施工任务,可以在基本资格基础上增加任务导向的能力识别。

施工企业可以结合人员参与过的类似工程、设备操作经历、现场实操评价、典型异常处置经历以及团队协作情况形成能力档案。能力档案的功能不在于增加人员管理负担,而在于使项目管理者能够在任务配置阶段了解不同人员真实经验差异。在此基础上,根据任务技术复杂度、环境不确定性和协同要求,将不同能力水平的人员配置到相适应的作业场景中,使资格准入进一步转化为实际胜任能力管理。

人岗匹配还需要保持动态性。电网工程施工环境和工程阶段不断变化,同一个人不同作业场景中的匹配程度也可能不同。当关键人员发生变化、施工方案发生较大调整或者现场环境出现明显变化时,应重新判断原有人员配置是否仍与当前任务相适应。通过把能力识别嵌入施工计划、作业安排和变更管理,风险控制就能够从现场出现问题后的调整进一步前移到任务分配阶段,从而减少能力接口失配产生的风险。

落实这一机制,需要由项目安全管理人员会同专业技术负责人制定复杂作业的能力判定要点,并由人员管理部门维护可跨项目调用的经历记录。初期可利用现有准入台账和作业票记录,仅补充类似设备经历、特殊场景实操评价和关键岗位配置结果;待评价口径稳定后,再将人员变更与任务重评纳入作业安排流程。

实施中的主要困难是评价标准过于笼统、班组填报负担增加,以及进度压力下“有资格即可上岗”的惯性。可先在高处、起重和复杂设备安装等关键任务中试行,由技术负责人对争议评价进行复核,观察人员调整后的重评完成情况与能力配置偏差,再逐步扩大适用范围。评价结果应服务于培训和任务配置,避免将一次评价固化为对人员能力的永久判断。

(二) 跨项目连续的能力积累机制

学习接口治理的关键不是限制合理人员流动,而是在流动条件下保持知识和能力连续。项目制决定了施工人员和团队必然需要随着建设任务进行调整,如果简单追求人员长期固定,不仅难以适应工程建设实际,也可能降低资源配置效率。因此,更有价值的治理方向是使人员可以流动,而能力信息和学习过程不随项目结束而归零。

可以建立跨项目连续的能力记录。人员在一个工程中完成过哪些复杂任务、熟悉哪些设备、参加过哪些特殊施工场景以及如何处理过典型异常,都可以成为后续项目人员配置的重要依据。与仅记录资格和培训情况相比,这类信息更能反映实践能力,也能够降低新项目重复识别人员的成本。

对于承担关键任务的施工团队,可以在条件允许时保持核心成员相对稳定。已有研究表明,施工组织网络和安全沟通关系会影响团队安全行为,因此,长期协作形成的沟通效率和操作默契本身也是项目安全能力。保持核心成员相对稳定并不意味着队伍不能调整,而是尽量避免每一个新项目都完全重新建立关键岗位之间的协作关系。

最后需要将经验传递由个人自发行为逐步转化为正式项目管理过程。对于具有代表性的现场异常、有效施工调整和风险处置过程,可以通过项目复盘、现场教学、情景模拟和案例学习等方式进行转化,使个人经验逐步变成团队知识。通过跨项目能力记录、核心团队稳定和组织化经验传递,可以使人员流动与能力积累之间重新建立有效接口。

跨项目连续积累需要施工企业的人力调配、安全培训和项目管理人员共同维护人员经历记录,并安排项目交接时的经验核验。记录应聚焦关键任务、设备类型、异常处置与班组协作情况,明确由谁录入、

由谁核实、下一项目如何调用；核心班组的协作经历也可作为人员组合和入场磨合安排的依据。

这一机制容易受到队伍频繁调配、分包人员信息难以共享和基层记录积极性不足的制约。实施时可先选取流动频繁的关键岗位，在项目结束和人员调入时分别完成简短交接，再将现场教学与新项目入场交底衔接。企业应限制档案访问范围，并定期核对实际任务经历，防止记录沦为重复填报；后续可根据新项目熟悉期、重复问题和关键岗位协作情况调整记录内容。

(三) 穿透式分包风险治理机制

权责接口治理的核心是提高总体安全责任主体对现场真实状态的可见性。现行电力建设安全制度已经明确施工总承包单位的整体安全管理责任，并要求加强对分包单位和施工人员的管理。穿透式治理并不是重新划分既有责任体系，也不是否定专业分包，而是在现有责任关系基础上缩短总体责任与基层信息之间的距离。

传统分包管理往往以企业资质、合同履约和总体安全表现为主要对象，这些内容仍然是分包治理的基础。但对于危险性较高或者技术复杂的任务，需要进一步掌握实际承担作业的班组和关键人员情况。可以建立施工任务、分包单位、现场班组、关键岗位人员以及监督责任主体之间的对应关系，使项目管理者能够明确具体任务由谁组织、由谁实施以及由谁进行监督。当关键人员或者班组构成发生明显变化时，同步更新能力评价和风险判断，而不是仅在分包企业内部完成人员替换。

穿透式治理还需要增强风险信息双向流动。一方面，基层班组应能够及时将人员变化、现场条件变化以及异常情况反馈到总体项目管理层；另一方面，总体工程计划和风险变化也应能够转化为针对具体施工班组的管理要求。其目标不是增加组织层级，而是使原本分散在不同主体中的风险信息能够形成更加完整的现场判断，从而减小权责接口失配。

穿透式管理可由总承包单位项目安全负责人牵头，联合分包负责人、现场班组长和监理人员建立任务、班组、关键岗位与监督责任的对应清单。对于高风险作业，作业前核对实际到岗人员和任务安排；发生人员替换、工序调整或环境变化时，由班组报告变化，项目管理层完成风险重评并将调整要求反馈到作业面。现有交底、作业票和现场巡查记录可作为起步载体。

实施障碍主要在于跨单位信息口径不一、分包队伍担心增加管理成本，以及上报异常可能被简单归责。可以先在关键作业面约定最少必要字段、报告时点和反馈责任，再扩大到其他任务；项目管理层应核查信息是否抵达实际作业班组，而不能仅以表单签收代替现场确认。通过核对临时变更的报告与处置过程，逐步检验上下层风险信息能否有效闭环。

(四) 跨项目组织学习机制

时间接口治理需要将项目安全闭环由当前项目问题整改延伸到后续项目风险预防。事故致因和事故知识研究已经表明，对历史事件进行系统积累和关联分析，可以识别重复性风险模式并提高后续风险预控能力。项目复盘不能只记录发生了哪些问题以及是否完成整改，还需要分析问题出现时的人员、任务、组织关系和现场环境发生了哪些变化，以及既有安全措施为何没有完全阻止风险显化。

相比已经造成事故或明显违章的事件，没有造成后果的现场异常同样具有重要学习价值。某项作业虽然最终顺利完成，但如果过程中出现人员配置不适应、沟通中断或者任务临时调整等情况，也说明组织接口已经出现潜在失配。由于这类事件尚未造成实际损失，其学习成本反而更低，可以成为组织提前发现风险生成规律的重要信息来源。

项目经验还需要根据可推广程度进行分层处理。仅适用于特殊设备、地区或者环境的做法可以保留为案例知识，而在多个项目中重复出现并得到验证的风险规律，则可以进一步进入培训内容、施工标准和风险控制规则。由此形成现场经验、项目知识、企业知识和后续项目应用之间的循环，使项目安全管理不仅解决当期问题，也持续提高企业整体风险治理能力。

跨项目学习需要企业安全管理部门设立案例归集和审核职责，项目部则负责提供现场异常的任务背景、处置过程与后续结果。项目复盘可沿用既有例会和竣工总结，增设对人员配置、班组配合、信息传递等组织条件的简要记录；经专业人员复核后，将可迁移的做法写入培训情景、作业指引或风险提示，并在后续项目检查其适用条件。

案例上报可能面临追责顾虑，复盘也可能被压缩为问题清单和整改证明。可先选择后果较轻但具有重复可能的现场异常，明确复盘目的、资料使用范围和匿名处理方式，由项目部与企业层面分别完成事实核实和经验提炼。跨项目推广宜从同类设备或相似作业开始，记录采用后的效果及不适用情形，再决定是否纳入企业通用规则。

(五) 数字化风险关联机制

数字技术能够为四类组织接口治理提供重要支撑，但数字化的价值不应只体现在将纸质检查记录转变为电子台账。已有研究已经证明，信息系统能够提高电力建设工程风险信息获取和安全管控的实时性。在此基础上，数字化风险治理应进一步从信息记录转向不同类型数据之间的关联，使管理系统能够识别组织接口正在发生的变化。

人员数据可以反映资格、项目经历、技能和实操评价，任务数据可以记录作业类型、技术复杂度和风险等级，组织数据用于描述总包、分包、班组以及现场监督关系，环境数据则包括施工进度、天气、设备状态以及交叉作业情况。如果上述信息分别保存在不同管理系统中，即使数据数量很多，也难以形成完整风险判断。只有建立人员、任务、组织和环境之间的关系，数字系统才能进一步识别风险组合。

当某一高风险任务同时出现关键人员调整、新班组首次合作以及施工条件变化时，每一个变化单独看可能均处于允许范围，但多个因素叠加后可能意味着组织接口发生明显变化。数字化系统可以基于这些关联信息提高风险关注等级，提示管理人员重新进行能力匹配或者现场风险评价。这种管理方式使数字技术由记录过去发生了什么，进一步转向判断当前组织状态是否正在形成新的风险。

数字化风险关联宜由业务部门提出需要识别的现场变化，信息化人员负责连接现有人员、任务和作业记录，并指定数据维护责任人。起步阶段可以通过统一任务编号和关键岗位标识，连通人员变动、班组组成、施工方案及环境变化等少量字段；系统只在多项变化叠加或关键状态更新时提示人工复核，再由项目安全和技术人员判断是否调整作业安排。

不同系统的字段口径和更新频率不一致，可能造成误报或漏报；过度采集人员信息也会增加成本和管理阻力。实施时应先梳理必要数据、访问权限与更正责任，在少数高风险作业中核查提示是否与现场状态相符，再逐步扩展关联规则。系统运行后应保留提示、人工判断和处置结果的记录，定期复核无效提示及未提示的现场异常，使数字工具成为现场判断的辅助依据。

总体而言，电网工程项目现场风险治理需要形成风险识别、能力匹配、过程控制和组织学习相互衔接的治理闭环。风险识别不仅关注传统危险源，还需要关注人员和项目组织状态变化；人员管理不仅确认资格是否合法，还进一步判断实际任务胜任程度；分包治理不仅检查企业主体和合同履约，还需要提高关键基层信息的可见性；项目复盘也不再以当前工程完成整改为终点，而应把有效知识带入下一项目。只有使治理机制与风险生成机制形成对应关系，才能减少类似问题在不同工程中反复出现。

6. 总结

本文从项目组织视角分析电网工程现场作业风险的生成问题。既有电力建设安全研究已经由危险源辨识和动态风险评价逐步拓展到事故致因链、风险网络和数字化管控，工程项目管理研究又进一步揭示了组织氛围、网络结构、安全沟通和项目学习对施工安全行为以及组织能力形成的影响。这些研究说明，电网工程风险已经不能简单理解为人员、设备、环境和管理因素的静态叠加，而应进一步关注不同因素

为何能够在项目实施过程中形成持续联系。

基于既有研究,本文提出组织接口失配分析视角,将电网工程现场风险生成机制划分为能力接口失配、学习接口失配、权责接口失配和时间接口失配。能力接口失配体现统一资格标准与差异化任务能力要求之间的偏离,学习接口失配体现人员快速流动与技能和团队协同缓慢积累之间的时间矛盾,权责接口失配体现总体安全责任与基层实际信息和现场控制能力之间的距离,时间接口失配则体现单个项目周期与企业长期知识积累周期之间的不协调。四类接口相互作用,使人员、任务以及组织关系的局部变化通过能力识别不足、信息传递损耗、团队协同弱化和知识积累中断不断放大,最终形成现场作业风险。

本文的分析价值主要体现在三个方面。首先,在研究视角上,既有电力事故研究较为充分地识别了不同风险因素及其关联路径,本文进一步关注这些因素为什么能够在项目组织过程中持续形成联系,从而将分析重点由风险因素识别推进至风险生成过程解释。其次,在分析机制上,本文没有将人员流动、专业分包或者项目临时性本身直接界定为风险,而是将关注点放在这些组织特征与任务要求、安全责任和知识积累之间能否保持协调,以减少对单一主体或单一组织形式的简单风险归因。最后,在治理逻辑上,本文依据不同接口失配分别提出能力导向的人岗匹配、跨项目连续能力积累、穿透式分包治理以及跨项目组织学习机制,并利用数字化风险关联将人员、任务、组织和环境信息进行连接,使风险管理进一步从末端纠偏向风险形成过程控制拓展。

参考文献

- [1] 杨磊,何顺华,丘滨. 电力建设工程重大危险源动态风险界定及级别划分[J]. 中国安全生产科学技术, 2015, 11(7): 185-190.
- [2] 《电力建设工程施工安全监督管理办法》2015年第28号令[EB/OL]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/fzggwl/201509/t20150914_960804.html, 2015-09-14.
- [3] 国家能源局综合司关于进一步加强电力建设工程施工安全工作的通知[EB/OL]. https://zfxgk.nea.gov.cn/2024-10/23/c_1310786898.htm, 2024-10-23.
- [4] 赵楚凡,米传民,周志鹏,方晶. 基于组合关联分析模型的电力人身事故关键致因链筛选[J]. 中国安全科学学报, 2022, 32(4): 99-106.
- [5] 张苏,刘晓露,聂晓琴,高梦瑶. 电力人身伤亡事故致因网络的构建与分析[J]. 安全与环境学报, 2024, 24(6): 2305-2312.
- [6] 屠鹏,车松阳,朱姣,王驰. 基于文本挖掘的电力安全事故致因网络研究[J]. 安全, 2025, 46(3): 58-64.
- [7] 丰碧泓,潘瑾,陈以恒,李文浩,张文毅. 基于微服务的电力建设工程安全风险管控系统[J]. 微型电脑应用, 2022, 38(11): 99-102.
- [8] 陈碧云,丁晋,陈绍南. 基于关联规则挖掘的电力生产安全事故事件关键诱因筛选[J]. 电力自动化设备, 2018, 38(4): 68-74.
- [9] 林穿,徐启峰,黄奕钊. 基于事理图谱的电力安全事故预控方法[J]. 中国安全生产科学技术, 2021, 17(10): 39-45.
- [10] 关城,严玉琼,张苏. 基于 24Model 的电力企业伤亡事故行为原因研究[J]. 安全与环境学报, 2023, 23(8): 2788-2793.
- [11] 成家磊,祁神军,张云波. 组织氛围对建筑工人不安全行为的影响机理及实证研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2017, 13(11): 11-16.
- [12] 刘世杰,李书全. 施工组织正式网络结构特征对组织安全行为的影响关系研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2020, 16(3): 131-137.
- [13] 王婧怡,余金凤,董双. 基于 SVN 的重大工程组织安全行为价值网络及驱动路径研究[J]. 中国管理科学, 2022, 30(5): 275-286.
- [14] 杨栗英,刘涛,陆绍凯. 工程项目组织的学习路径研究 依靠正式控制还是个人关系? [J]. 工业工程, 2018, 21(6): 23-30, 39.
- [15] 孙志春,宫广正,张艳亮,等. 基于失效模式的电力企业事故分析系统构建[J]. 中国安全科学学报, 2021, 31(S1): 1-7.