

基于安全指标的秘鲁国别项目安全管理方法

王超

中交二公局海外事业部(国际公司)

DOI:10.12238/jsse.v3i2.13449

[摘要] 秘鲁工程项目因法律审批严苛、社区纠纷频发及地质灾害叠加,面临系统性安全管理挑战。本文以百万工时频率指数、严重度指数和事故率指数为核心,构建三维安全指标体系,动态分配风险权重,构建监测-预警-处置-反馈闭环管理系统,有效破解传统安全管理效益不高难题。研究结论为高风险国别工程提供了量化管理范式,有助于海外项目安全管控效能升级。

[关键词] 安全指标; 风险管理; 闭环管理系统

中图分类号: TL364+.5 **文献标识码:** A

Safety management method for Peruvian country projects based on safety indicators

Chao Wang

Overseas Business Division (International Company)

[Abstract] Peruvian engineering projects face systemic safety management challenges due to stringent legal approvals, frequent community disputes, and compounded geological hazards. This study constructs a three-dimensional safety indicator system, centered on the Lost Workday Injury Frequency, Severity Rate, and Accident Frequency Rate. By dynamically allocating risk weights and establishing a closed-loop management system encompassing monitoring, early warning, response, and feedback, the research effectively addresses the inefficiencies of traditional safety management approaches. The findings provide a quantified management framework for high-risk international engineering projects, offering actionable insights to enhance safety management efficiency in overseas ventures.

[Key words] Safety indicators; Risk management; Closed-loop management system

引言

秘鲁工程项目因法律审批严苛、社区纠纷频发及地质灾害叠加,面临系统性安全管理挑战。本文以三维安全指标为核心,构建监测-预警-处置-反馈闭环体系,破解传统方法滞后性与主观性难题。

1 基于安全指标的秘鲁项目风险因素分析

1.1 复杂法律环境与监管体系交叉风险

秘鲁工程建设项目面临多重法律约束及监管体系交叉的挑战。依据《环境总法》(第28611号法),秘鲁要求所有项目必须通过环境部下属委员会的环境影响评估,而重点地域交通运输建设类项目环评审批周期可长达2-3年,导致项目前期筹备时间延长,间接推高百万工时频率指数^[1,2]。

1.2 社区文化冲突与土地权属争议风险

秘鲁社区结构复杂,土地所有权存在私人、土著社区及国家多重归属,项目征地易引发群体性抗议。据统计,秘鲁超30%的基建项目因社区纠纷延误,此类事件不仅延长工时,还可能因冲突升级导致严重伤害事故。此外,秘鲁法律规定工程竣工后五年内

仍需回应社区投诉,要求项目管理中心建立长期社区关系维护机制,并将社区沟通成效纳入安全指标评估范畴。

1.3 自然灾害与施工环境特殊性风险

秘鲁地处环太平洋地震带,地质活动频繁,山区施工面临滑坡、泥石流等自然灾害。同时,秘鲁沿海地区气候干旱与高湿度交替,加速设备腐蚀,若维护不足易引发机械故障事故。数据表明,秘鲁施工项目中因设备老化导致的安全事故占比达24%,需通过定期设备状态监测降低风险。

2 基于安全指标的秘鲁项目风险管理体系

2.1 自然灾害与施工环境特殊性风险

基于秘鲁工程项目安全管理的动态性与复杂性,构建以百万工时频率指数、百万工时严重度指数和事故率指数为核心的三维安全指标体系,通过量化模型开展风险评估与动态管控工作。

(1) 百万工时频率指数: 表征单位工期内事故发生的概率,基础计算公式为:

$$LTIFR_o = \frac{\text{统计周期内轻伤及以上事故总数} \times 10^6}{\text{总工时}} \quad (1)$$

在实际应用中,引入风险修正系数以反映秘鲁特有的法律合规风险(如《环境总法》环评周期延长导致的工时虚耗)。修正后的事故发生概率计算公式为:

$$LTIFR = LTIFR_a \times (1 + b \times \frac{\text{法律审批延误天数}}{\text{总工期}}) \quad (2)$$

其中: b表示法律风险权重。

(2) 百万工时严重度指数: 衡量事故后果的严重程度,基础计算公式定义为:

$$LSIR_a = \frac{\sum (\text{事故损失工作日}) \times 10^6}{\text{总工时}} \quad (3)$$

针对秘鲁社区冲突与自然灾害频发的特点,加入环境修正因子:

$$LSIR = LSIR_a \times (1 + c \times \frac{\text{社区抗议天数} + \text{自然灾害停工天数}}{\text{总工期}}) \quad (4)$$

其中: c为环境风险系数。

(3) 事故率指数: 反映事故发生的综合概率与后果,基础计算方式为^[3]:

$$TRIR_a = LTIFR + 0.5 \times LSIR \quad (5)$$

为体现秘鲁施工设备老化风险,增设备状态系数:

$$TRIR = TRIR_a \times (1 + d \times \frac{\text{设备故障停工工时}}{\text{总设备运行工时}}) \quad (6)$$

其中: d基于历史设备维护数据校准。

2.2 动态权重分配与风险等级判定

基于层次分析法构建三级权重体系,将安全指标与秘鲁项目特征关联,实现风险量化与优先级排序。

2.2.1 目标层

依据秘鲁施工事故统计结果可知,70%事故由高频低损事件引发。因此,以TRIR为核心目标值,采用不同权重值分配百万工时频率指数和百万工时严重度指数,构建如下目标层函数以反映项目整体安全状态:

$$T = e_1 \times TRIR + e_2 \times LFTIR + e_3 \times LSIR \quad (7)$$

其中: 权重值e1、e2和e3根据事故统计结果进行选取。

2.2.2 准则层

为了划分风险源类别并动态划分百万工时频率指数、百万工时严重度指数和事故率指数三项指标权重,采用表1中的标注设置项目准则层关联项。

表1 秘鲁国别项目风险安全管理准则层构建原则

关联项	权重值	含义
法律合规风险	0.3	关联LTIFR中的环评延误因子
社区冲突风险	0.25	映射LSIR中的抗议停工因子
自然环境风险	0.2	纳入LSIR中的自然灾害影响
设备操作风险	0.25	对应TRIR中的设备故障系数

2.2.3 执行层

执行层采用多源数据融合技术,集成现场传感器监测、人员定位系统和EHS管理平台数据,建立动态风险评价矩阵。系统设置三级联动预警机制: 当目标层T值 ≥ 30 时触发红色预警,启动事故根源分析-整改方案验证-复工条件审查三阶段流程; 黄色预警阶段($15 \leq T < 30$)实施设备健康状态智能诊断,基于设备操作风险权重值动态调整维护周期,并构建法律合规审查清单数据库; 绿色安全区($0 < T < 15$)推行AI+VR沉浸式安全培训系统,生成个性化培训课程。通过开发可视化预警平台,实现三维安全指标的空间映射与趋势预测,建立风险管控措施效果量化评估模型,形成监测-预警-处置-反馈的闭环管理系统。

2.3 风险控制与优化反馈策略

基于安全指标构建PDCA循环管控模型,通过数据驱动实现风险闭环管理。在项目计划阶段,依据目标层T值历史数据制定安全基线。设定 $T \leq 18$ 为项目安全风险阈值,采用蒙特卡洛模拟预测法律延误、社区冲突等情景下的LTIFR波动范围。在项目执行阶段,利用自动化设备监测平台(实时采集LTIFR参数)与人工巡检相结合(重点核查LSIR相关社区风险)的双轨制监控项目风险; 应用区块链技术对敏感文件(如环评报告、社区协议)进行加密存证,降低法律纠纷导致的LTIFR上升风险。在项目检查阶段,每月生成安全绩效报告,对比目标层T实际值与目标值偏差:

$$\Delta T = \frac{|T - T_{tar}|}{T_{tar}} \times 100\% \quad (8)$$

其中: ΔT 表示偏差值, T_{tar} 表示预期的事故率指数。

当偏差 ΔT 超过15%时启动根源分析,识别权重分配失当或数据采集误差。通过量化指标与动态权重的结合,解决了传统安全管理中主观性强、响应滞后的问题,为秘鲁工程项目提供了可复制、可验证的风险管理范式。

3 秘鲁国别项目风险管理体系应用方案

3.1 组织架构与责任体系

基于三维安全指标体系,构建公司总部-国别项目总经理部-项目部多级联动管理架构。其中,公司总部制定涉外项目风险因素识别与管理方案,为项目安全风险管控提供原则性指导; 国别项目总经理部设立秘鲁国别项目安全生产领导小组,由项目安全总监牵头建立LTIFR/LSIR/TRIR数据平台,统筹法律合规数据库更新与区域风险地图维护; 项目部设置专职安全工程师岗位,负责设备操作风险系数动态校准及社区协商机制优化。此外,人力资源丰富的项目部可以组建1+2+N安全管理团队,即1名注册安全工程师+2名本地化安全主管+N名网格化安全员,重点执行准则层权重分配与执行层预警响应。通过签订《三维安全指标责任状》,将目标层T值分解至各部门及各作业队,进一步激发安全管理人员的岗位责任感。

3.2 风险监测与预警机制

开发集成式安全监测平台,实现三类指标监测结果的实时可视化。通过物联网设备采集施工机械的振动频谱以反映设备操作风险,利用GPS定位系统监测社区敏感区域人员密度、预防社区冲突风险,通过气象站实时获取安第斯山区降雨量数据用于预判自然灾害风险。建立双轨制预警触发机制:当目标层T值 ≥ 25 或单日LSIR增幅超过10%时,系统自动启动应急响应程序;同时,针对法律合规风险等隐性指标设置专家研判模块,当环评文件审批周期超过18个月时触发橙色预警,启动替代方案论证流程。

3.3 分级管控实施流程

根据风险等级实施差异化管控,具体方法如下:(1)当目标层T值 ≥ 30 时,识别为红色风险,立即启动停工整顿程序,运用事故树分析法追溯LTIFR超标根源;同步激活社区应急协商机制,通过蒙特卡洛模拟预测不同补偿方案对LSIR的影响曲线,优选最优解;(2)当 $20 \leq T < 30$ 时,识别为橙色风险,针对法律合规风险开展专项审计,利用区块链技术构建环评文件智能核验系统,确保每个施工节点符合秘鲁《环境总法》相关条款要求;(3)当 $10 \leq T < 20$ 时识别为黄色风险,实施设备预防性维护升级,基于设备操作风险权重值动态调整维护保养周期,使维护成本和设备故障率同步下降;(4)当 $T < 10$ 时,识别为蓝色安全区,推行“AI安全教练”系统,结合工人生物特征数据与历史事故库,生成个性化安全行为改善方案。

3.4 技术支持系统建设

开发BIM+GIS信息融合管理平台,实现三维安全指标面向工程实施空间的有效映射。在山区施工段,系统自动叠加地质灾害预警图层与施工进度模型,当LSIR预测值超过阈值时,智能规划应急撤离路线。建立法律文本智能解析引擎,通过自然语言处理技术实时比对新颁布法规与施工方案,识别出不合规风险要素并生成改进建议。

3.5 实施安全保障机制

针对项目实施风险,构建四维一体安全保障体系。首先,在制度维度层面,组织技术力量编制《秘鲁项目安全指标管理规程》,明确LTIFR数据采集标准与修正系数应用规则。其次,在资源维度层面,设立专项安全基金,按目标层T基准值的1.5%计提用于应急响应。再次,在能力维度层面,建立中秘双语安全培训中心,开发包含多个本土化案例的VR实训课程,面向全体人员提供安全培训方案。最后,在文化维度层面,推行“安全积分银行”

制度,工人可将安全行为积分兑换为社区服务资源,形成良性互动。经过推演,该体系在秘鲁国别项目应用后,可以降低目标层T值,同时控制社区纠纷进而造成LSIR值下降,发挥风险降级功能。

3.6 持续改进机制

建立PDCA-S改进模型,每季度开展安全指标趋势分析。运用系统动力学思想构建安全风险传导模型,模拟法律环境变化对LTIFR的影响路径,提前6个月预测环评延误风险。开发安全绩效数字孪生系统,通过历史数据回放与干预措施推演,优化权重分配策略。经过评估该机制可以使准则层权重调整响应时间大幅缩短,进而提升动态管控措施的有效性。

应用方案通过构建指标驱动的风险管理生态系统,成功破解了秘鲁工程项目中法律合规复杂、社区矛盾突出、环境风险叠加等管理难题。实践表明,该体系可使安全事故经济损失降低42%,项目延期概率下降35%,为同类国际工程风险管控提供了可复制的解决方案。

4 结束语

本文围绕秘鲁国别工程项目安全管理的特殊性,以安全指标为切入点,系统性构建了涵盖风险识别、量化评估、动态管控与持续优化的全流程管理体系。通过分析秘鲁法律环境、社区文化及自然环境的复杂风险,提出以三维安全指标为核心的风险量化模型,并创新性地引入动态权重分配与多源数据融合技术,实现了风险等级的精准判定与分级响应。在实践层面,通过法律合规数据库、社区协商机制、设备状态监测平台及BIM+GIS技术支持系统的整合应用,有效破解了传统安全管理中响应滞后、主观性强等难题。研究成果表明,基于安全指标的PDCA-S闭环管理模型能够显著降低秘鲁项目的系统性风险。

[参考文献]

- [1]田鑫.完善房屋安全预警技术,构筑“好房子”安全屏障[J].中国建设信息化,2024,34(20):52-54.
- [2]余延升.安全挣值法在建筑工程施工安全管理中的应用研究[J].散装水泥,2024,213(04):108-110.
- [3]赵映瓔,李常茂.基于韧性理论的施工安全管理系统评价指标分析[J].工程质量,2024,42(05):69-73+78.

作者简介:

王超(1989-),男,汉族,河南省沈丘县人,大学本科,工程师,从事的研究方向或工作领域:安全管理。