

DOI: 10.7672/sjgs2025200054

建筑施工项目安全网格化管理研究*

蔡振宇^{1,2}, 岳红波³, 李森阔¹, 周 普¹, 卓 彬⁴, 姜早龙^{2,4}

(1. 中建五局土木工程有限公司, 湖南 长沙 410004; 2. 湖南大学土木工程学院, 湖南 长沙 410082; 3. 中铁七局集团第三工程有限公司, 陕西 西安 714003; 4. 湖南湖大建设监理有限公司, 湖南 长沙 410082)

[摘要] 随着建筑施工项目规模扩大、复杂度提升,施工现场安全管理面临严峻挑战,建筑企业亟需改变传统安全管理方法。网格化管理凭借其透明性、精细化和数字化优势,已在社区治理等领域广泛应用,但在建筑施工领域应用研究尚少。为此,将网格化管理引入建筑施工项目安全管理,从人员体系、设备管控机制的优化及智慧信息平台搭建方面对安全网格化管理体系进行完善,并结合实际案例论证该体系在提升施工安全管理水平、显著降低事故率方面的优势。

[关键词] 项目管理;网格化;安全;设备管控;智慧信息平台

[中图分类号] TU714

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2025)20-0054-06

Safety Grid Management Research of Construction Projects

CAI Zhenyu^{1,2}, YUE Hongbo³, LI Senkuo¹, ZHOU Pu¹, ZHUO Bin⁴, JIANG Zaolong^{2,4}

(1. CCFED Civil Engineering Co., Ltd., Changsha, Hunan 410004, China;

2. School of Civil Engineering, Hunan University, Changsha, Hunan 410082, China;

3. China Railway 7th Bureau Group Third Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 714003, China;

4. Hunan Huda Construction Supervision Co., Ltd., Changsha, Hunan 410082, China)

Abstract: With the expansion of the scale and complexity of construction projects, the safety management of construction sites is facing severe challenges, and construction enterprises urgently need to change the traditional safety management methods. With its advantages of transparency, refinement and digitization, grid management is widely used in community governance and other fields, but there is still little application research in the field of construction. Therefore, grid management is introduced into the safety management of construction projects, and the safety grid management system is improved from the aspects of personnel system, optimization of equipment control mechanism and construction of intelligent information platform. Combined with practical cases, the advantages of the system in improving the level of construction safety management and significantly reducing the accident rate are demonstrated.

Keywords: project management; gridding; safety; equipment control; smart information platform

0 引言

建筑业作为国民经济支柱产业,在推动经济增长、改善民生福祉方面发挥着不可替代的作用。然而,其高危险性特征导致安全事故频发,制约行业可持续发展,安全管理效能亟待突破。信息化技术的崛起为安全管理革新提供了重要契机,通过构建智慧监管平台可实现施工风险的全要素感知与动态

态管控^[1]。在此基础上,安全网格化管理作为一种创新模式,许多学者总结网格化城市管理经验,将施工区域划分为精细化单元,提出了网格化建筑安全监管模式概念^[2]。例如,张建坤等^[3]构建了工程安全监管信息系统网格体系及网格化安全监管信息系统。何厚全等^[4]构建适应网格化建筑施工安全监管的组织网格、监督任务网格及运作流程,并探讨网格化建筑施工安全监管的运行机制及难点。

多位学者也从不同维度深化了研究体系,Zhang等^[5]将建筑安全管理视为1个系统,并将其分解为6个子系统及相关管理要素。杨行等^[6]试点推行网

* 国家自然科学基金(52090084, 52090082)

[作者简介] 蔡振宇,工程师, E-mail: 549198394@qq.com

[收稿日期] 2025-04-20

格化安全监管协同机制管理模式,总结该管理机制流程和实际效果,细化信息反馈机制和预判预警方式。徐兴杰等^[7]通过安全网格化管理制定规范化安全管理制度,联动基层治理体制和执法机制,对各区各层面单元网格实施管理,形成一种施工共治格局单元网格。代鑫涛等^[8]基于业主方责任事故分析,构建以网格化管控手段为核心的工程建设项目安全管控体系,并将该体系应用于国内某大型餐厨垃圾处理场站建设中。尽管研究成果丰硕,但该领域的理论体系与实践机制仍处于探索阶段,存在网格划分标准缺失、信息化平台功能碎片化、多主体协同机制不完善等问题。

本研究立足建筑安全管理前沿需求,针对现有网格化管理的实施困境,拟构建集成智慧信息平台的新型安全网格化管理体系。研究旨在突破传统安全管理范式,为建筑企业提供兼具精细化与可操作性的安全管理新方案,推动建筑安全治理向数字化、系统化方向转型,助力建筑业实现高质量发展。

1 建筑施工项目安全网格化管理体系

1.1 安全网格化管理体系

网格化管理体系需对整个建筑施工项目进行网格细分,即将整个施工项目划分为各工作片区,每个片区均实施安全网格化管理体系,各网格间横向和纵向联系成一个整体,共同确保整个建筑施工项目的完成^[9]。目前,常见建筑施工项目安全网格化管理体系如图 1 所示。

1.2 各层级职责与定位

在施工安全网格化管理中,网格化管理体系作为一种创新的组织和管理策略,体现了网格化理论

与安全风险管理的深度融合。该体系以全员参与、全程监控、全方位覆盖为核心理念,旨在构建一个多维度、多层次、动态响应的安全管理架构,以增强施工现场的安全性能^[10]。

1.2.1 一级网格

一级网格,即最高管理层,通常由安全生产领导小组构成,包括项目经理、项目安全负责人、项目技术负责人、项目生产负责人等领导班子,承担着政策制定、战略规划和整体协调的角色,需制定符合工程特点的安全方针和目标,确保安全管理体系的科学性和可行性。

1.2.2 二级网格

二级网格对应职能部门,包括工程管理部门、设备管理部门、安全管理部门、技术管理部门,其各自扮演专业化安全管理角色。这些部门共同构成了安全管理体系支撑框架,通过专业知识和技能,对各自业务领域进行深入的安全监管,确保在设计、采购、施工等环节融入安全元素,预防潜在风险。

工程管理部门作为网格化管理中的核心部门,负责项目整体规划、实施和监督;设备管理部门负责设备采购、安装、调试及日常维护和保养;安全管理部门负责制定并执行安全管理制度,监督各项安全措施的执行情况,确保整个网格化管理体系的安全稳定;技术管理部门负责新技术的研发、引进和应用,为网格化管理提供技术支持和创新动力。

1.2.3 三级网格

三级网格按实际工作区域(如 A,B,C,D 区)划分,体现了管理的本地化与精细化。每个区域由项目施工员、设备员、技术员和安全员组成的小团队

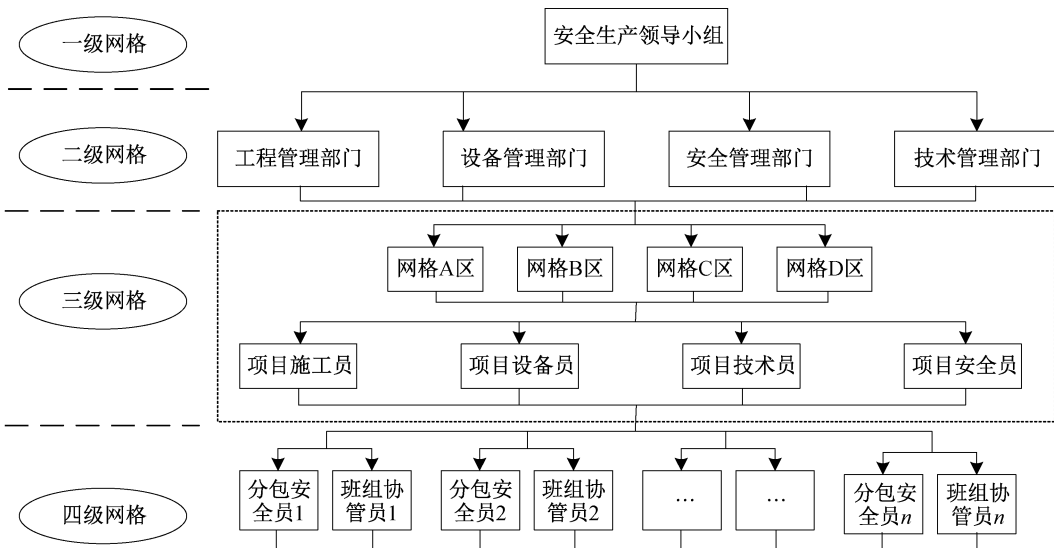


图 1 安全网格化管理体系

Fig. 1 Safety grid management system

负责,其对本区域的安全状况有直接的感知和控制,能快速响应现场问题,减少事故发生的可能性。这种区域化管理方式增强了安全管理的灵活性和响应速度。

项目施工员作为施工现场的直接负责人,需与其他三者保持紧密的横向联系;项目设备员负责设备的日常管理、维护和保养,确保设备的正常运行和施工进度的顺利进行;项目技术员在施工现场负责技术支持和指导;项目安全员则负责施工现场的安全管理和监督。

1.2.4 四级网格

四级网格为最底层的管理层次,由分包安全员和班组协管员构成,其是安全管理体系的基础,深入到每个作业班组和个体,实施最直接的监督和指导。

分包项目安全员与班组协管员通过定期召开安全会议、现场巡查和沟通交流等方式,保持信息的及时传递和共享。同时,其共同分析施工现场安全风险点,研究制定针对性的安全措施和应急预案。

2 建筑施工项目安全网格化管理问题

2.1 安全网格化管理成本投入超支

施工项目安全网格化管理可能对项目的经济成本产生一定影响。为保障管理工作的顺利进行,需要投入一定的人力、物力和财力资源。然而,在实际运行过程中,可能存在资源利用效率不高、成本超支等问题。此外,业主单位通常希望压缩项目成本,而总承包单位需投入资源确保施工安全,在预算有限的情况下,双方可能对安全投入的程度产生分歧。

2.2 安全检查闭环管理不顺畅

建筑施工项目的安全检查作为安全管理核心环节,目前存在闭环管理不畅的突出问题。尽管安全网格化管理强调检查重要性,但实施过程趋于形式化:①安全隐患排查与整改效率滞后于施工节奏,现场检查频次与安全风险动态变化不同步;②安全检查机制碎片化,网格与其他层级缺乏联动,未形成检查→整改→反馈→复查的完整闭环体系,导致隐患治理不彻底,安全事故仍频发。

2.3 多主体责任风险管控困难

专业分包单位与总承包单位在工程项目中承担不同职能,导致安全管理模式存在显著差异。专业分包单位聚焦专业领域施工效率,仅对自身安全责任负责;而总承包单位需统筹全局安全管理,协调各分包单位安全实施。这种角色差异引发 3 方面矛盾:①责任界定分歧,分包单位与总承包单位对

安全责任认知错位易产生管理冲突;②安全标准执行碎片化,各分包单位遵循不同规范导致总承包单位需额外投入协调成本,以统一安全标准;③资源分配失衡,总承包单位统筹调配安全资源时,若分包单位投入不足将削弱整体管控效能,形成安全管理短板。

2.4 大型特种设备管控不严格

建筑施工中大型特种设备(如塔式起重机、施工升降机等)具有种类多、专业性强、风险高的特点,但其管控存在系统性漏洞:①在设备进场环节,分包单位选择随意、合同签订不规范,验收流于形式,导致大量淘汰设备或安全性能存疑的设备流入现场;②在安装、顶升、加节等关键环节,存在方案交底敷衍、隐患整改缺失、带病作业等突出问题;③监管人员专业能力不足,难以有效识别隐患,形成“想管不会管”的尴尬局面;④各方责任划分模糊,推诿现象普遍,传统管理模式下协同机制失效,层级管理效能逐级递减,共同构成特种设备重大安全风险隐患。

2.5 网格间联动机制不健全

建筑施工项目安全网格化管理存在显著的联动机制缺陷。现有管理体系将项目划分为多级网格,但各网格任务界限分明,形成管理分割:①不同层级网格间工作方案兼容性差,同级网格因缺乏统一权威管理中心,导致工作优先级混乱,冲突频发;②纵向信息流转滞后与横向推诿现象并存,既阻碍安全管理事件及时处置,又削弱网格化管理的整体性效能,形成“纵向断层”与“横向内耗”的双重管理困境^[3]。

2.6 信息化应用较为单一

建筑施工项目安全网格化管理信息化能使建筑施工信息在整个网格间横向、纵向流通,更方便对整个建筑施工项目进行安全管理。但目前其应用仍存在局限性,往往只涉及建筑施工项目中现场隐患排查等极少部分,并未形成一个功能闭合、全面高效的安全网格化管理信息平台。此外,建筑施工项目安全网格化管理信息化应用难以实现不同职能部门间的联动,各职能部门间的信息交流会存在一定的“壁垒”问题,严重阻碍了建筑施工项目安全网格化管理的治理效能。

3 建筑施工项目安全网格化管理优化

3.1 安全网格化体系优化

通过优化安全网格化管理人员体系及搭建安全网格化信息管理平台等方法,优化项目安全网格化管理体系。优化后的体系如图 2 所示。

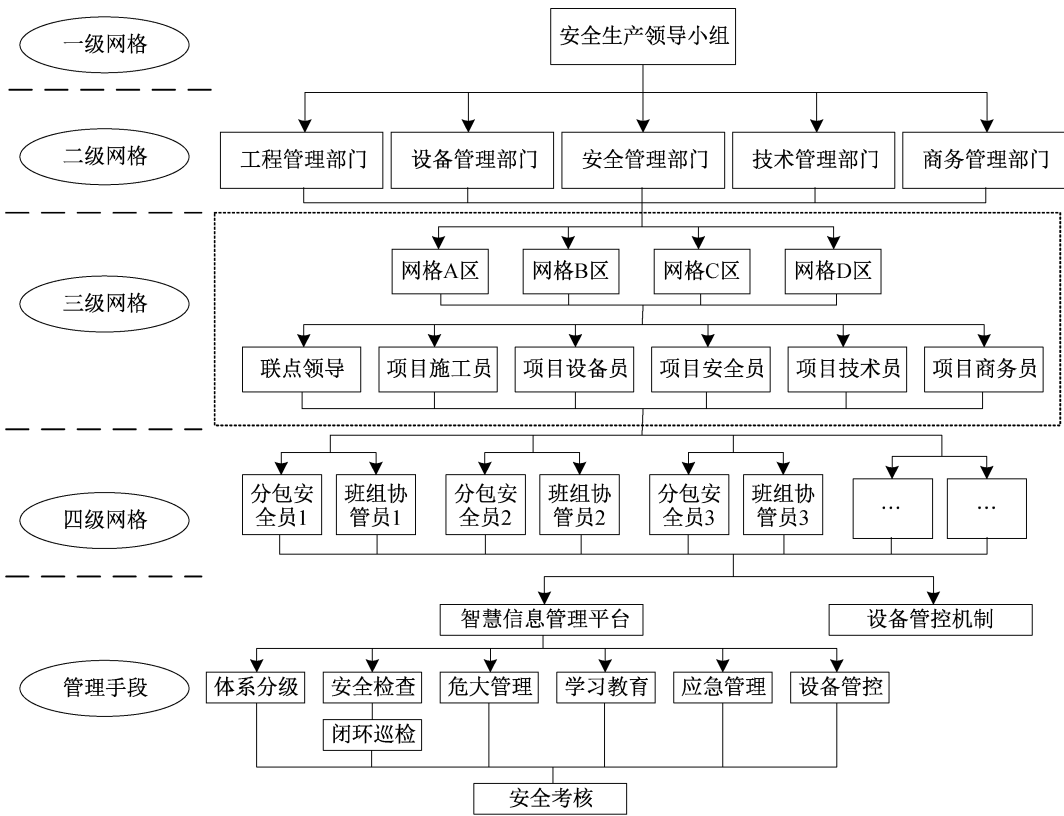


图 2 优化的安全网格化管理体系

Fig. 2 Optimized safety grid management system

如图 2 所示,在优化的施工项目安全网格化管理体系中,引入了商务管理部门、联点领导、项目商务员及管理手段,以进一步强化管理和协调功能。商务管理部门在网格化管理中负责资金的管理和预算控制。联点领导作为上级网格与下级网格间的桥梁,负责协调资源、解决冲突,并确保各级网格间的信息同步和工作协同。项目商务员参与到安全管理体系中,其负责监控项目的经济活动,确保安全投入得以保障,同时通过商务手段促进安全管理措施的落实。管理手段则是保障整个施工项目安全网格化管理运行的基础。

3.2 人员体系优化

建筑施工项目安全网格化管理的人员体系优化从职责划分与岗位配置两方面着手。在领导小组层面,明确项目经理核心决策地位,其他成员定位为专业建议者,既保障了决策效率又规避了知识盲区风险;同时,增设商务专员专门负责安全费用的合规监管,增设联点领导强化网格间沟通协调,通过“费用把控+信息枢纽”双轨机制提升管理协同性。

在权责关系层面,构建“权威核心+清晰边界”的治理框架:①强化安全领导小组资源调配权,确保其能统筹项目安全管理全局;②建立网格职责清

单,既避免职能重叠造成的推诿,又消除管理盲区,形成“领导小组统筹指挥-二级网格专业执行-权责清单动态校准”的闭环管理体系,确保安全责任无缝隙覆盖。

3.3 设备管控机制优化

大型特种设备管控通过构建“111335”新型管理机制,实现全程把关、全员履责的目标。

“111335”设备管控机制包括:严控一个入场关口,建立公司-直管机构-项目三级设备准入机制,通过年度设备清单动态更新和分包合同强制约束,从源头杜绝淘汰设备入场^[11]。固化形成班前隐患排查清单,推行班前 10min 隐患清单排查制度,并依托大数据分析制定 8 类设备专项检查表。激发一线操作员的主观能动性,建立网格责任人日核查机制与“行为安全之星”激励制度,将隐患排查完成率与整改闭环率纳入操作员绩效考核。创新推行 3 种监督管理方式,实施计划性监督、分级风险提示、提级监督三级管控,针对高危作业实施“5-2-0”天预警机制,特殊设备全程现场监督。优化推行 3 种委外检测监督手段,引入第三方专业检测机构建立年度合作机制,通过季度核查、半年全检强化检测真实性,检测结果与项目考核深度挂钩。压实五方主体责任,明确商务、设备、技术、工程、安监五大板块安全

职责,实行公司年中/年终考核与项目季度考核双向核查,对履职不力者按重大隐患追责,形成“设备准入-过程监控-专业检测-责任追溯”的全生命周期管理链条。

3.4 智慧信息平台搭建

智慧信息平台构建形成“管理闭环+数字考核”双驱动体系。平台设置体系分级、安全检查、危大工程管理等功能板块,通过权限分级实现信息精准触达,安全检查模块设置企业检查、日巡检、项目检查三级闭环流程,确保隐患整改动态清零;危大工程实行节点化分级管控,设备管理嵌入标准化流程,同时集成学习教育、应急管理模块强化全员安全意识与应急能力。

创新引入安全指数考核量化管理效能,建立人员与项目双维度计算模型,通过日常业务数据自动生成客观考核报告,形成“岗位履职画像-项目安全状态”的数字化映射。网格化考核采用平台指数得分与工作清单加权评分,设置得分 ≥ 90 分、70分 $\leq$ 得分 < 90 分、得分 < 70 分三级阈值,考核结果与绩效评级、安全约谈深度挂钩,连续不达标者触发“一票否决”机制,形成“数据驱动-动态预警-刚性约束”的新型安全管理闭环。

4 应用实例

4.1 工程概况

FJ项目是湖南省长沙市某科技园区建设项目,由B30,B31地块组成,共5栋单体建筑,涵盖孵化器、加速器、成熟企业研发总部等多种楼宇形态,总建筑面积约7.98万 m^2 ,其中单体最大建筑面积19 547.04 m^2 ,建筑最高高度为25.3m,最大单跨跨度为25.0m。

工程涉及建筑、结构、电气、给排水、暖通、消防、人防、海绵城市等全专业类别,参与建设的分包单位众多,工作面交叉复杂,现场管理和施工协调工作难度大。且施工内控工期仅为385d,工程施工内容多、施工工序必要时间长,施工过程贯穿冬季和雨季,安全合理地组织施工非常关键。

4.2 实施情况

FJ项目施工安全网格化管理分为2个工区,各4个片区,分别为1-A,1-B,1-C,1-D,2-A,2-B,2-C,2-D,不同施工区域设置工区长,依据工区长职责对该施工区域的整个施工过程进行全面管理和监督。1工区与2工区采取流水施工组织方式,其中1工区先行施工,且在1工区与2工区并行施工过程中对前期制定的安全网格化管理体系进行优化。

4.3 应用效果评价

为全面评估施工项目安全网格化管理效果,体现项目安全网格化管理体系优势,提出了项目安全网格化管理效果评价指标体系,应用熵权法与TOPSIS法构建项目安全网格化管理效果评价模型。

1)基于熵权法计算结果得出项目安全网格化管理效果指标评价体系的一级指标权重,并通过加权平均计算二级指标权重,结果如表1所示。

表 1 指标体系权重

Table 1 Index system weight					
目标层	一级指标		二级指标		总权重
	项目	指标权重	项目	指标权重	重
安全网格化管理效果	人员安全管理效果	0.274	未按规定佩戴安全设施人次	0.166	0.046
			不安全操作行为人次	0.199	0.055
			接受安全教育培训人数	0.261	0.072
			安全教育考核通过率	0.374	0.103
	物料机具安全管理效果	0.272	机械故障频率	0.106	0.029
			机械超负荷运转次数	0.182	0.050
			设备维修保养合格率	0.235	0.064
			材料违规堆放次数	0.269	0.073
			材料检验质量合格率	0.208	0.057
	安全隐患管理效果	0.267	现场安全防护隐患数量	0.270	0.072
			动火作业隐患数量	0.200	0.053
			临时用电隐患数量	0.200	0.053
			作业人员报告隐患数量	0.143	0.038
			隐患整改复核通过率	0.188	0.050
	安全信息化管理效果	0.187	项目人员信息化系统平台使用率	0.249	0.047
			项目人员安全平均指数	0.290	0.054
网格化安全履职通过率			0.244	0.046	
应急响应处理效率			0.218	0.041	

2)收集FJ项目2个工区项目月度安全管理效果数据,采用TOPSIS法计算评价对象与最优解的相对接近度,如表2所示。

表 2 TOPSIS 法评价计算结果

Table 2 Evaluation calculation results by TOPSIS method				
片区	正理想解距离	负理想解距离	相对接近度	排序结果
1-A	0.080	0.023	0.228	6
1-B	0.071	0.020	0.217	7
1-C	0.084	0.011	0.114	8
1-D	0.073	0.038	0.343	4
2-A	0.040	0.064	0.617	2
2-B	0.057	0.046	0.449	3
2-C	0.038	0.073	0.654	1
2-D	0.070	0.032	0.312	5

3)根据评价结果显示,项目施工安全管理效果最优片区为2-C,最差片区为1-C,且2工区的片区相对接近度排序普遍靠前,相对接近度排序前3片区均属于2工区,说明安全网格化管理体系的运行显著提高了项目施工安全管理水平。

5 结语

本文在综合分析国内建筑施工项目安全管理现状的基础上,梳理了建筑施工项目安全管理体系存在的问题和难点,优化了建筑施工项目安全网格化管理体系,依托实际案例论证了网格化管理体系的优越性。在人员体系优化方面,明确职责划分与岗位配置,增设项目商务员专项监管安全费用合规使用,增设联点领导强化网格间沟通协调。在设备管控机制优化方面,建立“111335”设备管控机制。在智慧信息平台搭建方面,形成“管理闭环+数字考核”双驱动体系。

网格化管理在建筑施工项目的具体应用仍未形成一套系统完善的技术和管理理论。因此,无论是理论层面还是实践层面,对网格化管理方式在建筑施工项目安全管理上的具体应用研究有待作进一步的探索和完善。

参考文献:

[1] 曹言敏,谷永新. 建筑施工安全管理信息化技术应用[J]. 中国建设信息化,2024(2): 70-73.
CAO Y M, GU Y X. Information technology in construction safety management[J]. Informatization of China construction, 2024(2): 70-73.

[2] 杨岭,何厚全,丁小虎,等. 网格化建筑施工安全监管模式的协同机制研究[J]. 建筑经济,2013,34(3): 13-16.
YANG L, HE H Q, DING X H, et al. Study on the mode and synergic mechanism of construction safety supervision based on grid[J]. Construction economy, 2013, 34(3): 13-16.

[3] 张建坤,李灵芝,何厚全,等. 构建网格化工程安全监管信息系统的探讨[J]. 经济问题探索,2011(6): 44-48.
ZHANG J K, LI L Z, HE H Q, et al. Discussion on the construction of grid engineering safety supervision information system[J]. Inquiry into economic issues, 2011(6): 44-48.

[4] 何厚全,成虎,张建坤. 网格化建筑施工安全监管模式及运行机制研究[J]. 中国安全科学学报,2013,23(9): 142-147.

HE H Q, CHENG H, ZHANG J K. Study on grid-based construction safety supervision mode and operation mechanism grid[J]. China safety science journal, 2013, 23(9): 142-147.

[5] ZHANG W, ZHANG X, LUO X W, et al. Reliability model and critical factors identification of construction safety management based on system thinking[J]. Journal of civil engineering and management, 2019, 25(4): 362-379.

[6] 杨行,周生党,陈浩. 网格化安全监管协同机制管理模式的应用[J]. 工程技术研究, 2020, 5(10): 176-177.
YANG X, ZHOU S D, CHEN H. Application of grid safety supervision collaborative mechanism management mode [J]. Engineering and technological research, 2020, 5(10): 176-177.

[7] 徐兴杰,肖兴鹏,张文宇,等. 安全网格化管理[J]. 四川建筑, 2023, 43(2): 336-338.
XU X J, XIAO X P, ZHANG W Y, et al. Security grid management[J]. Sichuan architecture, 2023, 43(2): 336-338.

[8] 代鑫涛,叶勇军,李召磊. 工程建设项目网格化安全管控体系研究[J]. 建筑经济, 2024, 45(S1): 175-179.
DAI X T, YE Y J, LI Z L. Research on grid based security control system for engineering construction projects [J]. Construction economy, 2024, 45(S1): 175-179.

[9] 罗时朋,李纪昕,刘浩. 基于 BIM5D 的武汉智能网联汽车测试场项目群网格化管理[J]. 公路, 2024, 69(5): 295-301.
LUO S P, LI J X, LIU H. Grid management of Wuhan Intelligent and Connected Vehicle Testing Field program based on BIM5D [J]. Highway, 2024, 69(5): 295-301.

[10] 刘雪锋,吴世斌. 安全生产网格化管理在水电工程中的应用[J]. 人民长江, 2020, 51(S2): 252-254.
LIU X F, WU S B. Application of grid management of safety production in hydropower project [J]. Yangtze River, 2020, 51(S2): 252-254.

[11] 单波,夏同强. 浅析建筑施工现场大型机械设备安全管理措施[J]. 建筑安全, 2015, 30(3): 60-62.
SHAN B, XIA T Q. Analysis on safety management measures of large-scale mechanical equipment in construction site [J]. Construction safety, 2015, 30(3): 60-62.

(上接第 21 页)

[61] MUTO N, ARAI Y, SHIN S G, et al. Hybrid composites with self-diagnosing function for preventing fatal fracture[J]. Composites science and technology, 2001, 61(6): 875-883.

[62] YANG C Q, WU Z S. Self-structural health monitoring function of RC structures with HCFRP sensors[J]. Journal of intelligent material systems and structures, 2006, 17(10): 895-906.

[63] YANG C Q, WU Z S, ZHANG Y F. Structural health monitoring of an existing PC box girder bridge with distributed HCFRP sensors in a destructive test[J]. Smart materials and structures, 2008, 17(3): 035032.

[64] KINET D, MÉGRET P, GOOSSEN K, et al. Fiber Bragg grating sensors toward structural health monitoring in composite

materials; challenges and solutions[J]. Sensors, 2014, 14(4): 7394-7419.

[65] MONTAZERIAN H, RASHIDI A, MILANI A S, et al. Integrated sensors in advanced composites; a critical review [J]. Critical reviews in solid state and materials sciences, 2020, 45(3): 187-238.

[66] YANG Y H, DUAN S, ZHAO H. Advances in constructing silver nanowire-based conductive pathways for flexible and stretchable electronics[J]. Nanoscale, 2022, 14(32): 11484-11511.

[67] LI J, MECHITOV K A, KIM R E, et al. Efficient time synchronization for structural health monitoring using wireless smart sensor networks [J]. Structural control and health monitoring, 2016, 23(3): 470-486.