

建筑工程领域：安全和技术驱动的工程风险管理新模式

陈鹏

广东中山建设监理咨询有限公司，广东 中山 528400

DOI:10.61369/ETQM.2025100003

摘要：建筑工程传统风险管理有局限，如依赖人工经验、缺乏动态监控等。介绍了多种技术应用现状及问题，提出安全文化、标准化作业等三维安全驱动模型，阐述数字孪生等技术在风险预演等方面作用，还涉及风险共担协议等内容，分析新模式应用案例及效果，探讨其经济效益，指出新模式价值与局限及未来方向。

关键词：建筑工程；风险管理；新模式

Construction Engineering Field: A New Model of Engineering Risk Management Driven by Safety and Technology

Chen Peng

Guangdong Zhongshan Construction Supervision Consulting Co., Ltd., Zhongshan, Guangdong 528400

Abstract : Traditional risk management in construction projects has limitations, such as relying on manual experience and lacking dynamic monitoring. This article introduces the current status and problems of various technological applications, proposes three-dimensional safety driven models such as safety culture and standardized operations, elaborates on the role of digital twins and other technologies in risk simulation, and also involves risk sharing agreements. It analyzes the application cases and effects of new models, explores their economic benefits, points out the value and limitations of new models, and future directions.

Keywords : construction engineering; risk management; new mode

引言

建筑工程领域的风险管理至关重要，随着行业的发展，传统风险管理模式已难以满足需求。2021年发布的《关于推动城乡建设绿色发展的意见》强调了建筑工程质量和安全管理的重要性，这凸显了改革风险管理模式的紧迫性。传统模式存在依赖人工经验、缺乏动态监控、安全事故响应滞后等问题，导致大量安全事故发生。BIM等新技术虽有潜力，但在风险识别与评估环节存在实践缺口。在此背景下，构建包含安全文化培育、智能监测装置等的三维安全驱动模型，以及利用数字孪生技术等进行风险预演等新模式应运而生，这些新模式对提升风险管理水平具有重要意义。

一、建筑工程风险管理现状与挑战

(一) 传统安全管理模式的局限性

建筑工程领域传统风险管理存在诸多局限。传统模式高度依赖人工经验，管理人员的知识和经验参差不齐，导致风险评估和决策缺乏一致性和科学性^[1]。同时，缺乏动态监控体系，难以实时掌握工程进展中的风险变化。在施工过程中，各种风险因素不断变化，如天气、材料质量、施工工艺等，但传统管理无法及时捕捉这些动态信息。此外，安全事故响应滞后，往往在事故发生后才采取措施，而不能在事故发生前或初期进行有效干预。近十年行业事故数据也表明，这些问题导致了大量安全事故的发生，给建筑工程行业带来了巨大损失，因此改革传统安全管理模式具

有迫切的必要性。

(二) 技术驱动力的应用不足

BIM、物联网、大数据等技术在建筑工程风险管理中具有巨大潜力，但目前在风险识别与评估环节存在实践缺口。一方面，这些技术在实际应用中往往各自为政，缺乏有效的系统集成。例如，BIM模型可能未与物联网传感器数据充分融合，无法实时获取建筑实体的动态信息用于风险识别^[2]。另一方面，技术应用的深度和广度不足。大数据分析可能仅停留在表面数据处理，未能深入挖掘潜在风险因素。这种技术系统集成度低的情况，严重制约了风险防控效能的提升，导致无法及时、准确地识别和评估风险，增加了建筑工程面临风险的可能性。

二、安全与技术双驱动理论框架

(一) 安全驱动要素分析

在建筑工程领域，构建了包含安全文化培育、标准化作业体系、智能监测装置的三维安全驱动模型。安全文化培育是基础，它营造了一种重视安全的氛围，使所有参与者从意识层面重视安全，规范自身行为，从而减少人为失误导致的风险^[3]。标准化作业体系是核心，通过制定详细、规范的作业流程和标准，确保每个环节都有章可循，降低因操作不规范带来的风险。智能监测装置是重要保障，它能够实时监测工程中的各种参数和状态，及时发现潜在的安全隐患，为风险防控提供准确的数据支持，以便采取有效的措施加以应对。

(二) 技术驱动要素整合

在建筑工程领域，数字孪生技术为风险预演提供了可能。通过构建虚拟模型，精确映射物理实体的特征与行为，实现对工程全生命周期的动态模拟^[4]。智能传感器网络则负责实时采集工程现场的各类数据，包括结构应力、环境参数等。这些数据传输至AI决策算法，算法依据深度学习模型进行数据分析和模式识别。AI决策算法能够从大量数据中挖掘潜在风险因素，为风险预演提供决策依据。智能传感器网络与AI决策算法相互协同，前者为后者提供数据支持，后者为前者赋予智能分析能力，共同提升工程风险管理的效率和准确性。

三、双驱动风险管理模式构建路径

(一) 协同管理机制设计

1. 多主体联动机制

在建筑工程领域，建立设计方、施工方、监理方与技术供应商的风险共担协议框架至关重要。各方需明确在不同风险情境下的责任归属，形成责任矩阵。设计方应确保设计方案符合安全与技术标准，对因设计缺陷导致的风险负责^[5]。施工方需严格按照设计和规范施工，承担施工过程中的操作风险。监理方要监督整个过程，对未能及时发现并纠正问题导致的风险负责。技术供应商则要保障所提供技术的可靠性和适用性，对技术故障引发的风险负责。通过这样的协议框架和责任矩阵，促进各主体在风险管理中协同合作，实现多主体联动，有效应对工程中的各种风险。

2. 动态评估机制

设计包含地质参数实时监测、结构应力智能预警的量化风险评估指标体系，能够实时、准确地反映建筑工程的风险状况。通过在施工现场设置各类传感器，对地质参数进行实时监测，如土壤湿度、地下水位等，及时发现潜在的地质风险^[6]。同时，利用智能传感器对结构应力进行监测，当应力超过设定阈值时发出预警，以便及时采取措施。该指标体系应综合考虑各种风险因素，通过科学的方法确定各指标的权重，从而实现对建筑工程风险的量化评估，为风险管理提供有力的决策依据。

(二) 技术支撑体系构建

1. 技术选型标准

在构建双驱动风险管理模式的技术支撑体系时，技术选型至关重要。对于不同工程规模，需制定与之相适应的风险防控技术匹配矩阵。这要求综合考虑工程特点、风险类型及防控需求等多

方面因素。例如，明确无人机巡检与BIM5D技术的应用边界，确保技术应用的合理性和有效性。无人机巡检在大面积场地巡查、高空结构检测等方面具有优势，可快速获取直观数据；BIM5D技术则侧重于施工过程的模拟、进度和资源管理等，能提前预警潜在风险^[7]。通过合理选型和准确界定技术应用范围，为风险管理提供精准有效的技术支撑。

2. 实施路径规划

从数据采集层到决策应用层提出五阶段技术集成方案，首先是数据采集层，通过多种传感器技术广泛收集工程数据，为后续分析提供基础。接着是数据传输层，确保数据的稳定、高效传输。然后是数据存储层，采用合适的存储架构对海量数据进行存储和管理。再是数据分析层，运用先进的数据分析算法挖掘数据价值。最后是决策应用层，将分析结果应用于风险管理决策。同时，合理部署边缘计算节点，在靠近数据源的位置进行数据处理，降低数据传输延迟和网络负载，提高系统的实时性和可靠性，为建筑工程领域的风险管理提供有力的技术支撑^[8]。

四、模式验证与效能分析

(一) 实证案例选取

1. 超高层建筑项目

以某典型超高层建筑项目为例进行分析。该项目所处区域地质条件复杂，存在多种地质结构，如软土地层与岩石地层交错分布，给基础工程施工带来巨大挑战^[9]。在施工技术方面，超高层建筑对垂直度控制要求极高，施工过程中需采用先进的测量技术和设备确保建筑的垂直精度。同时，高空作业安全风险大，如何保障施工人员安全以及物料的高效运输是关键问题。此外，超高层建筑的结构设计复杂，需综合考虑风荷载、地震等多种因素，对结构材料和设计理念要求先进且合理，这些都体现了超高层建筑项目在安全和技术方面面临的诸多难题，从而验证新模式在这类复杂项目中的应用需求。

2. 地下管廊工程

地下管廊工程是建筑工程领域中一个典型的实证案例。在其建设过程中，受限空间作业面临诸多特殊风险场景。例如，通风条件受限可能导致有害气体积聚，威胁施工人员的生命安全^[10]。同时，空间狭窄增加了设备操作和人员活动的难度，容易引发碰撞等事故。从技术应对需求来看，需要先进的通风系统来保障空气质量，实时监测有害气体浓度。还需采用适合狭窄空间的小型化、灵活化施工设备，提高作业效率和安全性。通过对地下管廊工程的研究，可以更好地验证安全和技术驱动的工程风险管理新模式的效能，为其他类似工程提供借鉴。

(二) 模式应用过程

1. 风险识别阶段

智能巡检机器人采集的3D点云数据在风险识别阶段具有重要作用。通过与人工检查结果对比分析，可验证新模式的有效性。机器人能精确获取建筑结构等详细信息，其3D点云数据可直观呈现建筑各部位状况。与人工检查相比，数据更全面、准确，能发

现人工难以察觉的细微隐患。例如，在建筑结构裂缝检测中，机器人可通过3D点云数据的深度分析，准确识别裂缝位置、宽度等关键信息，而人工检查可能因视角、经验等因素出现遗漏。这种对比分析为新模式在风险识别阶段提供了有力支撑，有助于提高工程风险管理的效能。

2. 风险处置阶段

在风险处置阶段，基于数字孪生技术的应急预案模拟推演至关重要。通过构建建筑工程的数字孪生模型，精确还原工程实体及其运行环境。将各类风险因素纳入模型，模拟不同风险场景下应急预案的实施过程。在推演中，分析人员可观察资源调配是否合理，如人员、设备的调度是否及时准确。同时评估应急措施的有效性，例如疏散通道是否畅通，防护设施是否能正常发挥作用。根据推演结果对应急预案进行调整优化，确保在实际风险发生时，能够迅速、高效地进行处置，最大程度降低损失，保障建筑工程的安全和顺利进行。

（三）实施效果评估

1. 安全指标提升

通过对比应用前后的核心安全指标，如百万工时伤害率和重大隐患发现率等，可直观评估新模式的安全指标提升效果。在应用新模式前，百万工时伤害率可能处于较高水平，反映出施工过程中人员受伤风险较大。而应用后，该比率呈现下降趋势，表明新模式在保障人员安全方面发挥了积极作用。重大隐患发现率方面，应用前可能因检测手段和管理漏洞，导致一些隐患未能及时发现。新模式实施后，借助先进技术和完善的管理流程，重大隐患发现率显著提高，这意味着潜在的安全风险能够更早被察觉和

处理，从而有效避免安全事故的发生，提升了建筑工程的整体安全性。

2. 经济效益分析

在建筑工程领域，对于新模式的经济效益分析至关重要。通过计算风险防控成本节约比例以及事故损失降低额度来衡量其经济影响。风险防控成本的节约可能源于有效的风险预测与防控措施，减少了不必要的资源投入。事故损失降低额度则直接反映了新模式在避免工程事故方面的成效，包括减少人员伤亡赔偿、工程修复费用等。运用净现值法进行投入产出评估，考虑资金的时间价值，综合评估新模式在整个项目周期内的经济效益。若净现值为正，说明新模式在经济上是可行的，能够为企业带来实际的经济收益，提升企业在建筑工程领域的竞争力。

五、总结

建筑工程领域的风险管理新模式以安全和技术为驱动，具有重要创新价值。双驱动模式在提升风险管理前瞻性与精准度上表现突出，为工程风险管控提供了更有效的手段。然而，当前研究存在一定局限，在技术伦理和数据安全方面的问题亟待解决。尽管如此，未来仍充满希望，5G+边缘计算、建筑机器人等新技术的融合应用将为该领域带来新的机遇。这些新技术有望进一步提升风险管理的效率和效果，推动建筑工程风险管理朝着更加智能化、精准化的方向发展，同时也需要在发展过程中注重解决可能出现的新问题，以实现可持续的进步。

参考文献

- [1] 王勇.建筑工程项目安全风险管理研究 [J].建材与装饰,2019(17):117-118.
- [2] 韦永雨.建筑工程安全监理风险管理研究 [D].西南交通大学,2014.
- [3] 林媛媛.建筑工程项目安全风险管理研究 [J].电子乐园,2019(13):0412.
- [4] 赵冬伟.建筑工程施工安全风险管理研究 [D].扬州大学,2015.
- [5] 阎超峰.乌鲁木齐建筑工程安全风险管理评价与对策研究 [D].西安建筑科技大学,2008.
- [6] 张泽晖.建筑工程中管理的新模式 [J].数码设计 (上),2021,10(6):196-197.
- [7] 王铁柱.建筑工程安全风险管理浅析 [J].建筑工程技术与设计,2014(17):721-721.
- [8] 李师航.浅析建筑工程施工安全风险管理与防范 [J].房地产导刊,2017(29):106.
- [9] 王金刚.建筑工程施工安全风险管理浅析 [J].装饰装修天地,2015(21):133-133.
- [10] 鲁海霞,鲁海祥.浅析高层房屋建筑工程施工安全风险管理 [J].四川水泥,2016(6):254-254.