

建筑施工安全风险识别与评价方法探讨

宋黎明

新疆北新国际工程建设有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830023

摘要：本文旨在对建筑施工安全风险的识别与评价方法进行系统性梳理与深入探讨。研究首先界定了建筑施工安全风险的基本内涵与特征，并阐述了风险识别与评价在安全管理流程中的基础性地位；继而从理论层面详细剖析了当前主流的风险识别方法，包括经验判断法、系统化检查表法、危险与可操作性研究（HAZOP）、故障树分析（FTA）以及基于现代信息技术的情景构建与大数据挖掘等；随后，重点论述了风险评价的两大范式——定性评价与定量/半定量评价，并对作业条件危险性评价法（LEC）、风险矩阵法（Risk Matrix）、层次分析法（AHP）以及模糊综合评价法等代表性模型的原理、应用逻辑与优缺点进行了比较分析；最后展望了未来融合人工智能、物联网与数字孪生技术的智能化、动态化、精准化风险识别与评价的发展方向。本研究旨在为提升建筑施工安全风险管控的科学性与有效性提供理论参考与方法论支持。

关键词：建筑施工；安全风险；风险识别；风险评价；LEC法；风险矩阵

引言

建筑业是国民经济支柱，但其“露天、高空、交叉、流动”等作业特点使施工现场成为人、机、料、法、环等多重危险源交织的复杂系统，事故率居高不下。传统事后处理模式已难应对现代工程安全挑战，以“预防为主、源头治理”为核心的风险管理成为主流。其中，风险识别（全面发现危险源及事故模式）与风险评价（科学评估风险可能性与后果严重度）构成风险管理基石，直接决定安全体系有效性。然而，施工风险具有隐蔽性、动态性与耦合性，依赖经验的粗放管理难以胜任。因此，亟需系统、科学的识别与评价方法。本文旨在构建结构化分析框架，对主流方法进行归类、比较与批判性反思，并展望其发展趋势，为提升建筑施工安全管理水平提供理论支持。

1 建筑施工安全风险的基本内涵与管理框架

1.1 安全风险的定义与特征

在建筑施工中，安全风险指因危险源存在而导致人员伤亡、财产损失、环境破坏或工期延误等后果的可能性与严重性的结合，其核心维度为可能性（事件发生概率）与严重性（后果程度）。该风险具有四大特征：一是普遍性与客观性，贯穿施工全过程，不以人的意志为转移；二是动态性与可变性，随工程进度、工艺转换及人机流动而不断演变；三是复杂性与耦合性，多危险源常相互作用、连锁反应，形成事故链；四是隐蔽性与突发性，如基坑失稳、模板坍塌等风险往往无明显预兆，骤然爆发。这些特性使施工安全风险识别与防控极具挑战性。

1.2 风险识别与评价在安全管理中的核心地位

建筑施工安全风险管理包含四个阶段：风险识别、风险评价、风险控制与风险监控，其中识别与评价是承上启下的核心。风险识别旨在全面发现并列出施工中“哪里有风险”“是什么风险”，形成完整的风险清单，决定后续管理的覆盖范围；风险评价则通过定性或定量方法对风险进行分级排序，明确“风险有多大”“哪个最紧急”，为资源优化配置和控制措施优先级提供科学依据。只有在准确识别与评价的基础上，才能制定有针对性的控制措施（如工程技术、管理手段、个体防护等），并通过持续监控验证效果、动态应对新风险。因此，识别与评价的质量直接决定整个安全管理体系的效能。

2 建筑施工安全风险识别的主要方法

2.1 基于经验与知识的传统方法

这类方法主要依赖于专家、管理人员和一线工人的实践经验和专业知识。（1）现场观察与询问交谈：安全管理人员通过亲临施工现场，直观地观察作业活动、设备状态、环境条件，并与作业人员、班组长进行交流，了解操作习惯和潜在隐患。这种方法简单直接，但受制于观察者的主观性和经验水平，容易遗漏隐蔽风险^[1]。（2）专家评议法：组织来自不同专业领域的专家（如结构、机械、电气、安全）召开会议，凭借集体智慧对项目进行全面的风险辨识。德尔菲法（Delphi Method）是其结构化形式，通过匿名、多轮次的问卷征询，收敛专家意见，减少群体思维的影响。该方法能汇集多方视角，但耗时较长，且对专家的选择有较高要求。

2.2 系统化与结构化的分析方法

为了克服经验主义的局限性,一系列系统化的分析工具被引入。(1)安全检查表法:这是最常用、最基础的系统化方法。它将相关法规、标准、规程以及历史事故教训,归纳为一系列条理清晰、内容具体的检查项目。检查人员只需逐项核对,即可完成风险排查。其优点是简单易行、覆盖面广、不易遗漏,特别适用于常规性、重复性作业的风险识别。缺点是缺乏灵活性,难以应对新工艺、新技术带来的未知风险,且检查质量高度依赖于检查表本身的编制水平。(2)工作安全分析(JSA):JSA将一项复杂的作业任务分解为若干个按顺序排列的步骤,然后针对每个步骤,逐一识别可能存在的危险源、可能导致的事故类型,并提出相应的预防措施。这种方法逻辑清晰,能将风险识别落实到具体的操作层面,非常适用于高风险、非常规作业(如动火、受限空间作业)的预控。其局限性在于分解的粒度和识别的深度取决于分析人员的能力。(3)危险与可操作性研究(HAZOP):HAZOP是一种高度结构化的定性分析方法,最初用于化工过程安全。它通过引入一系列“引导词”(如“无”、“多”、“少”、“部分”、“相反”等),系统地、强制性地对设计意图或操作程序进行偏离分析,从而发现潜在的危险和操作性问题。虽然在建筑领域应用不如前几种广泛,但对于复杂的机电安装、大型设备吊装等系统性工程,HAZOP能有效揭示深层次的设计或程序缺陷。

2.3 基于逻辑推理与模型构建的分析方法

这类方法通过构建逻辑模型来追溯事故的成因。

(1)故障树分析(FTA):FTA是一种自上而下的演绎分析方法。它以一个不希望发生的顶上事件(如“高处坠落死亡事故”)为分析目标,逐层向下分析导致该事件发生的所有可能原因(中间事件和基本事件),并用逻辑门(如“与门”、“或门”)将它们连接起来,形成一棵倒置的逻辑树。FTA能够清晰地展示事故发生的逻辑路径和各因素间的因果关系,有助于找出系统的薄弱环节。但其构建过程复杂,对分析人员的逻辑思维能力要求高,且通常用于事后分析或对特定重大风险的深度剖析^[2]。(2)事件树分析(ETA):与FTA相反,ETA是一种自下而上的归纳分析方法。它从一个初始事件(如“脚手架扣件松动”)出发,分析该事件发生后,系统可能经历的各种成功或失败的后续事件序列,最终形成多个不同的结果分支。ETA有助于理解事故的演变过程和多种可能的后果,常与FTA结合使用。

2.4 面向未来的智能化识别方法

随着信息技术的发展,风险识别正朝着数据驱动和智能预测的方向演进。(1)基于BIM的情景模拟与冲突检测:建筑信息模型(BIM)技术为风险识别提供了全新的可视化平台。通过在虚拟环境中模拟施工全过程,可以提前发现空间冲突、工序矛盾、安全距离不足等潜在风险点,实现“事前预控”。(2)基于物联网(IoT)利用部署在施工现场的各类传感器(如倾角仪、应力计、气体探测器、视频监控),可以实时采集环境和设备的状态数据。通过对这些海量数据的挖掘与分析,可以识别出异常模式,预警潜在风险,如基坑变形超限、塔吊超载等。

3 建筑施工安全风险评价的核心模型与方法

3.1 定性评价方法

定性评价主要依靠专家的经验 and 判断,对风险的可能性和后果进行文字性描述(如“高”、“中”、“低”),并据此进行排序。其优点是简便快捷,对数据要求低,适用于风险初筛或数据匮乏的情况。但其主观性强,不同评价者之间可能存在较大差异,难以精确比较风险等级。

3.2 定量与半定量评价方法

3.2.1 作业条件危险性评价法(LEC法)

LEC法是建筑行业应用最普及的半定量评价方法。它认为作业场所的危险性(D)主要取决于三个因素:事故发生的可能性(L)、暴露于危险环境的频繁程度(E)以及一旦发生事故可能造成的后果严重性(C)。其计算公式为: $D = L \times E \times C$ 。评价时,根据预先设定的评分标准,分别对L、E、C进行打分,然后相乘得到D值。D值越大,说明该作业条件的危险性越高,需要优先采取控制措施。LEC法的优势在于概念清晰、计算简单、易于理解和推广^[3]。然而,其局限性也十分明显:L、E、C三个参数的赋值带有较强的主观性;它假设三个因素是线性独立的,忽略了它们之间可能存在的交互作用;且其适用范围主要局限于人员在特定作业点所面临的常规风险,对于系统性、全局性的风险(如大型临时设施的整体稳定性)评价能力有限。

3.2.2 风险矩阵法

风险矩阵法通过构建一个二维表格来进行风险评价。表格的一维代表事故发生的可能性(通常分为5-6级,如“极高”、“高”、“中”、“低”、“极低”),另一维代表后果的严重性(同样分为5-6级,如“灾难性”、“严重”、“一般”、“轻微”)。将识别出的风险事件根据其可能性和严重性在矩阵中定位,其交叉区域的颜色(如红、橙、黄、蓝)或数值即代表

了该风险的等级。风险矩阵法直观形象,便于沟通和决策,且可以根据项目特点灵活调整矩阵的维度和分级标准。其挑战在于如何科学、一致地对可能性和严重性进行分级赋值,这同样需要依赖专家判断或历史数据。

3.2.3 层次分析法(AHP)

AHP是一种处理复杂多准则决策问题的有效工具,也可用于风险评价。当面对多个风险因素,且这些因素的重要性(权重)难以直接确定时,AHP提供了一套系统的方法。它首先将风险评价问题分解为目标层(总风险)、准则层(如可能性、严重性、可控性等)和方案层(各个具体风险事件);然后通过构造两两比较判断矩阵,计算出各准则相对于目标的权重,以及各方案相对于每个准则的权重;最后进行综合排序,得出各风险事件的优先级。AHP的优点在于能将定性问题量化,并能检验判断的一致性。但其过程相对繁琐,且判断矩阵的构建依然存在主观性。

3.2.4 模糊综合评价法

由于风险本身具有很大的不确定性,用精确的数值来描述可能性和严重性有时并不恰当。模糊综合评价法引入了模糊数学的概念,允许用模糊语言变量(如“很可能”、“不太严重”)来描述风险属性。通过建立隶属度函数和模糊关系矩阵,可以对风险进行更为符合人类认知习惯的综合评价^[4]。这种方法能较好地处理评价过程中的模糊性和不确定性,但其模型构建和计算较为复杂。

4 未来发展趋势:迈向智能化与动态化

为克服上述局限,建筑施工安全风险识别与评价正朝着以下方向发展:将遍布工地的传感器网络与风险评价模型深度融合。实时采集的环境、设备、人员位置等数据,可以直接输入评价模型,实现风险等级的动态刷新和自动预警,使风险管理从“周期性”走向“实时性”。利用机器学习算法(如神经网络、支持向量机)对海量的历史事故报告、安全检查记录、气象数据等进行深度挖掘,可以自动识别风险模式、预测事故概率,并不断优化风险评价模型的参数,减少人为干预。构建物理工地的虚拟映射——数字孪生体。在孪生体中,不

仅可以进行施工过程的仿真推演以识别潜在风险,还可以将实时IoT数据映射到孪生体上,对风险状态进行可视化、沉浸式的监控与评估,为管理者提供前所未有的决策支持。未来的风险评价将不仅关注风险的大小,还将评估系统在遭受冲击后的恢复能力(韧性),以及安全管理体系的适应性,从而构建更具弹性的安全防线。

5 结语

建筑施工安全风险的识别与评价是一项兼具科学性与艺术性的复杂工作。本文系统梳理了从传统经验方法到现代系统化、模型化方法的发展脉络,并深入剖析了LEC法、风险矩阵法、AHP等主流评价模型的内在逻辑与适用边界。研究表明,有效的风险管理始于全面、精准的风险识别,并依赖于科学、合理的风险评价来指引行动。在实践中,摒弃对单一方法的迷信,倡导多种方法的有机整合,是提升管理效能的关键。展望未来,随着物联网、大数据、人工智能和数字孪生等新一代信息技术的深度融合,建筑施工安全风险识别与评价必将突破现有静态、主观、孤立的局限,迈向一个更加动态、客观、智能和系统化的新阶段。这不仅是技术进步的必然结果,更是实现建筑行业本质安全、保障万千建设者生命福祉的必由之路。持续探索和创新风险识别与评价方法,对于推动我国建筑安全生产形势的根本性好转具有深远的战略意义。

参考文献

- [1]王岩涛.建筑施工过程的安全风险识别与管控方法[J].城市开发,2026,(03):143-145.
- [2]王海涛.建筑施工安全管理风险识别与防控措施[C]//《中国招标》期刊有限公司.新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛——实践路径探索与案例分享专题论文集(第二册).中国轻工建设工程有限公司,2026:1102-1106.
- [3]张珀淋.建筑工程施工安全管理中风险识别与防控策略探析[J].建设机械技术与管理,2025,38(06):91-93.
- [4]马海燕.高层建筑施工中的安全风险识别、评估与控制方法研究[J].城市开发,2026,(03):140-142.