

深基坑工程施工风险评估模型与智能化监测技术应用

付杏花

江西翔瑞建设工程有限公司，江西 宜春 336000

摘要：本文聚焦深基坑工程施工风险评估模型与智能化监测技术展开研究。剖析深基坑工程施工风险评估中传统方法局限性、风险因素识别不全面等问题，以及智能化监测技术应用面临的设备稳定性不足、数据处理能力弱等困境。探讨风险因素与监测指标关联性、环境因素对监测影响等关键影响因素。提出构建综合风险评估模型、完善风险因素识别体系等风险评估优化策略，以及研发高稳定性监测设备、提升数据处理能力等智能化监测技术提升路径，为深基坑工程安全施工提供理论与技术支持。

关键词：深基坑工程；施工风险评估模型；智能化监测技术

随着城市化进程的加速和基础设施建设的不断推进，深基坑工程在城市地下空间开发、高层建筑建设等领域得到了广泛应用。然而，深基坑工程施工环境复杂、技术要求高，面临着诸多安全风险。一旦发生安全事故，不仅会造成人员伤亡和财产损失，还会对社会产生不良影响。因此，对深基坑工程施工风险进行准确评估，并应用智能化监测技术实时掌握施工过程中的安全状况，对于保障工程安全、提高施工质量具有重要意义。目前，虽然已有一定的风险评估方法和监测技术应用于深基坑工程，但仍存在诸多不足，亟待深入研究与改进。

一、深基坑工程施工风险评估现状及问题

（一）传统风险评估方法局限性导致评估不精准

在深基坑工程施工风险评估中，传统方法如专家打分法、层次分析法等虽有一定应用，但存在明显局限性^[1]。专家打分法依赖专家个人经验与主观判断，不同专家对风险因素认知和评判标准存在差异，导致评估结果缺乏客观性和一致性。例如，对于同一深基坑工程的地

质条件风险，不同专家可能因专业背景、实践经验不同，给出差异较大的打分结果。层次分析法虽构建了层次结构模型，但在确定指标权重时，多采用主观赋权法，易受人为因素干扰，难以准确反映各风险因素对整体风险的贡献程度。这些局限性使得传统方法难以对深基坑工程施工风险进行精准评估，无法为风险防控提供可靠依据。

（二）风险因素识别不全面影响评估完整性

深基坑工程施工风险因素众多且复杂，包括地质条件、周边环境、施工工艺、人员操作等多个方面。但在实际风险评估中，风险因素识别往往不够全面。部分评估人员过于关注常见风险因素，如地质灾害、支护结构失稳等，而忽视了潜在风险因素。例如，在地下水位变化方面，未充分考虑季节性降水、周边施工降水等因素对基坑稳定性的影响；在人员操作风险上，对施工人员培训不足、违规操作等可能引发的风险重视不够。风险因素识别不全面，使得评估结果无法涵盖所有可能的风险情况，降低了评估的完整性，增加了工程发生安全事故的潜在风险^[2]。

（三）风险评估动态性不足难以适应施工变化

深基坑工程施工是一个动态过程，施工条件、地质情况、周边环境等会随着施工进度不断变化。然而，传统风险评估方法多为静态评估，难以适应这种动态变化。在施工过程中，新的风险因素可能不断出现，原有风险因素的性质和影响程度也可能发生改变。例如，随着基坑开挖深度的增加，土体应力状态发生改变，支护结构受力情况随之变化，可能出现新的支护结构变形、破坏风险。但传统评估方法无法及时捕捉这些动态变化，不能对风险进行实时更新和调整，导致风险防控措施滞后，无法有效应对施工过程中出现的风险问题^[3]。

二、深基坑工程施工风险评估优化策略

（一）构建综合风险评估模型提高评估精准度

为克服传统风险评估方法的局限性，提高深基坑工程施工风险评估的精准度，应构建综合风险评估模型。该模型可结合定量分析与定性分析方法，综合运用多种评估技术。例如，将模糊综合评价法与神经网络方法相结合，模糊综合评价法能够处理风险因素的不确定性和模糊性，神经网络方法则具有强大的学习和自适应能力，可通过对大量历史数据的训练，自动学习风险因素与风险等级之间的复杂非线性关系。在构建模型时，需全面收集深基坑工程相关数据，包括地质勘察数据、施工监测数据、事故案例数据等，对数据进行预处理和分析，提取关键风险指标。通过综合风险评估模型，能够更准确地反映深基坑工程施工风险的真实情况，为风险防控提供科学依据^[4]。

（二）完善风险因素识别体系保障评估完整性

为确保深基坑工程施工风险评估的完整性，需完善风险因素识别体系。一方面，应组

织多学科专业人员参与风险因素识别，涵盖地质工程、结构工程、施工管理等领域，充分发挥各专业人员的专业知识和经验，从不同角度全面识别风险因素。另一方面，建立风险因素数据库，收集国内外深基坑工程事故案例和风险因素信息，对风险因素进行分类整理和分析，总结常见风险因素和潜在风险因素。同时，在风险因素识别过程中，充分考虑施工过程中的各种不确定性因素，如地质条件的不确定性、周边环境变化的复杂性等，运用情景分析法等对可能出现的风险情景进行模拟和分析，确保风险因素识别不遗漏任何潜在风险，保障评估结果的完整性。同时，加强对风险因素之间关联性的研究，揭示风险因素之间的相互作用和影响，为制定针对性的风险防控措施提供科学依据。通过完善风险因素识别体系，可确保深基坑工程施工风险评估的全面性和准确性，为工程的安全施工提供有力保障^[5]。

（三）强化风险评估动态管理适应施工变化

针对深基坑工程施工的动态性特点，应强化风险评估的动态管理。建立施工风险动态监测机制，利用先进的监测技术对施工过程中的关键风险指标进行实时监测，如支护结构变形、土体位移、地下水位变化等。通过实时监测数据，及时掌握施工风险的变化情况。同时，建立风险评估动态调整机制，根据监测数据和施工进展情况，定期对风险评估结果进行更新和调整。当发现新的风险因素或原有风险因素的性质和影响程度发生重大变化时，及时启动风险评估调整程序，重新评估风险等级，并制定相应的风险防控措施。通过强化风险评估动态管理，能够使风险评估始终与施工实际情况相适应，确保风险防控措施的有效性和及时性。

（四）风险评估动态性不足难以适应施工变化之补充

施工推进中，深基坑周边环境亦处于动态

变化。如邻近新建项目启动，其施工振动、降水作业等会干扰本基坑稳定性，但传统评估未将此类外部动态因素纳入实时考量。同时，施工工艺调整、材料变更等内部因素也未在动态评估中充分体现。传统评估依赖阶段性检查，间隔期内风险演变无法及时捕捉，使得风险防控措施与实际风险状况脱节。为有效应对，需借助智能化监测实时数据反馈，构建动态评估反馈机制，依据监测异常数据迅速启动风险再评估流程，及时调整防控策略，确保风险始终处于可控范围，保障深基坑工程安全有序推进。

三、深基坑工程智能化监测技术应用现状及问题

（一）监测设备稳定性不足影响数据准确性

在深基坑工程智能化监测技术应用中，监测设备稳定性是保障监测数据准确性的基石。深基坑施工现场环境复杂恶劣，众多外界因素时刻威胁着监测设备的稳定运行。部分位移传感器在高温环境下，内部电子元件的性能会因温度升高而发生改变，导致测量误差增大；潮湿环境则可能使传感器内部电路受潮短路，严重影响其测量精度，无法精准捕捉支护结构微小的变形情况。地下水位监测设备长期浸泡于地下水中，水中含有的各种化学物质和杂质会逐渐侵蚀传感器外壳和内部元件，造成传感器损坏。同时，水流的冲刷和压力变化也可能导致数据传输线路松动或断裂，进而引发数据传输故障，使得获取的地下水位数据不准确。此外，强电磁干扰会扰乱监测设备信号的传输与接收，导致数据出现波动或失真。监测设备稳定性不足所带来的数据偏差，会直接误导风险评估结果，使风险预警出现误判或漏判，无法为工程管理人员提供可靠的决策依据，极大地增加了深基坑工程发生安全事故的风险，严重威胁施工人员的生命安全和工程的质量与进度。

（二）数据处理能力弱难以挖掘数据价值

随着智能化监测技术在深基坑工程中的广泛应用，施工过程中产生的监测数据呈爆炸式增长。然而，部分监测系统数据处理能力孱弱，难以应对海量数据的挑战。数据处理算法的落后是关键问题之一，传统算法在处理复杂多变的监测数据时，显得力不从心。以支护结构变形数据为例，由于施工过程中的各种不确定因素，变形数据往往呈现出非线性、时变性的特点，而现有算法无法快速准确地从这些复杂数据中提取出关键信息和特征，难以识别出变形的异常趋势和潜在风险。这就如同面对一座数据宝库，却缺乏有效的开采工具，只能望洋兴叹。同时，对历史监测数据的深度挖掘和利用严重不足。历史数据蕴含着深基坑工程施工过程中的风险规律和变化趋势，是宝贵的经验财富。但由于缺乏有效的数据分析手段，这些数据大多被闲置，无法通过数据对比和分析总结出有价值的经验教训。数据处理能力弱使得监测数据仅仅成为了简单的记录，无法充分发挥其在风险评估和预警中的核心作用，难以挖掘出数据背后隐藏的巨大潜在价值，阻碍了智能化监测技术在深基坑工程中的进一步发展和应用。

（三）监测系统集成度低导致信息共享不畅

深基坑工程智能化监测涵盖位移、应力、地下水位等多个监测项目，涉及多种不同类型的监测设备。然而，目前部分监测系统集成度低下，各监测子系统犹如一个个孤立的“信息岛屿”，相互之间缺乏有效的沟通与协作。位移监测系统、应力监测系统、地下水位监测系统等各自采用不同的数据采集设备和传输协议，数据格式千差万别，这给数据的集中管理和综合分析带来了极大的困难。在实际工作中，工作人员不得不花费大量的时间和精力，通过人工方式对各子系统的数据进行整理和汇总。这一过程不仅效率低下，而且容易因人为疏忽

出现数据错误和遗漏,导致监测信息的完整性和准确性大打折扣。更为严重的是,由于信息共享不畅,不同部门和人员之间难以实时、全面地获取监测信息。施工部门可能只关注施工进度,对监测数据的变化反应迟钝;而监测部门的数据又无法及时传递到决策层,使得管理层无法根据最新的监测情况做出科学合理的决策。这种信息的不对称和沟通的障碍,使得各部门之间无法形成有效的协同工作机制,难以对深基坑工程施工风险做出及时预警和有效应对,给工程安全埋下了隐患。

（四）智能化预警机制不完善降低预警效果

智能化预警机制作为深基坑工程智能化监测技术的关键防线,目前却存在诸多不完善之处,严重影响了预警效果。预警阈值设定缺乏科学依据是首要问题,当前许多预警阈值的确定仅仅依赖于过往经验,而没有充分考虑深基坑工程的具体特点和施工过程中的动态变化。例如,在设定支护结构变形预警阈值时,未将地质条件的差异纳入考量范围。不同的地质条件下,支护结构所能承受的变形限度各不相同,若采用统一的阈值标准,必然会导致预警的不准确。同样,支护结构类型和施工进度不同也会对变形情况产生影响,但现有的预警阈值设定方法未能对这些因素进行合理调整,使得预警过早发出,造成不必要的恐慌和资源浪费,或者预警过晚,错过最佳的风险防

控时机,导致事故扩大。此外,预警方式的单一性也极大地限制了预警信息的传达效果。目前主要采用的短信、邮件等传统方式,在紧急情况下往往无法及时有效地将预警信息送达相关人员。特别是在施工现场,人员流动性大,工作环境复杂,这些传统方式可能因信号不好、人员未及时查看等原因,导致预警信息延误,使得相关人员无法在第一时间采取应对措施,从而降低了智能化预警机制的有效性,无法充分发挥智能化监测技术在保障深基坑工程施工安全中的关键作用。

结束语

深基坑工程施工风险评估模型与智能化监测技术的应用对于保障工程安全施工至关重要。当前,在风险评估方面存在传统方法局限性、风险因素识别不全面、动态性不足等问题,在智能化监测技术应用中面临监测设备稳定性不足、数据处理能力弱、系统集成度低、预警机制不完善等困境。通过构建综合风险评估模型、完善风险因素识别体系、强化动态管理,以及研发高稳定性监测设备、提升数据处理能力、提高系统集成度、完善预警机制等策略,能够有效解决这些问题。未来,随着技术的不断进步和创新,深基坑工程施工风险评估与智能化监测技术将不断完善和发展,为城市基础设施建设和地下空间开发提供更加可靠的安全保障,推动建筑行业的持续健康发展。

参考文献

- [1]郭勇. 建筑施工中的智能化监测与控制技术研究[J]. 城镇建设, 2023(15): 49-51.
- [2]王吉豪, 张隆, 宋业春, 等. 房建深基坑施工中周围土体变形监测及分析[J]. 建筑结构, 2023, 53(1): 65-69.
- [3]杨翼. 浅析某软弱岩土体深基坑地下连续墙的施工及监测[J]. 四川水泥, 2024, (11): 118-120.
- [4]赵久顺. 土木工程施工中的智能化监测与控制技术研究[J]. 百科论坛电子杂志, 2022(19): 70-72.
- [5]吴波, 农宇, 蒙国往, 丘伟兴, 黄惟. 基于 FBN 地铁深基坑施工渗漏风险评估模型及应用[J]. 中国安全生产科学技术, 2022, 18(5): 178-185