

房建工程深基坑支护施工安全管控与设计改进策略

张梅阳

福州特建投腾信建设有限公司厦门分公司 福建 厦门 361000

【摘要】：本文聚焦房建工程中深基坑支护施工的安全管控难点与设计缺陷，系统梳理当前存在的典型问题，深入剖析成因，并从全过程管理、技术优化与制度协同三个维度提出针对性的改进策略。研究强调“预防为主、动态响应、协同治理”的理念，融合信息化监测、BIM 协同设计与韧性支护结构等前沿手段，构建兼顾安全性、经济性与可持续性的深基坑支护体系，为提升我国房建工程地下空间开发的安全水平提供理论支撑与实践路径。

【关键词】：深基坑支护；施工安全管控；支护结构设计

DOI:10.12417/2811-0536.26.09.068

引言

随着城市高层建筑密集开发，深基坑工程规模不断扩大，其施工安全风险日益凸显。当前支护设计常脱离现场实际，施工管控重经验轻数据，导致坍塌、沉降等事故频发。本文立足“设计—施工—监测”全链条视角，旨在构建更安全、高效、可持续的深基坑支护体系，为房建工程地下空间开发提供理论支撑与实践路径。

1 深基坑支护施工安全风险识别与成因分析

1.1 典型安全事故类型与特征

在房建工程深基坑施工过程中，安全事故类型多样且后果严重，主要表现为支护结构失稳、周边环境扰动及地下水异常活动三大类。支护结构失稳常以局部或整体坍塌形式出现，往往由设计强度不足、施工超载或支撑体系失效引发，具有突发性强、破坏范围广、救援难度大的特点，极易造成人员伤亡和重大财产损失。周边地表沉降则多因土体开挖卸荷、支护变形控制不当或降水措施不合理所致，不仅导致地面裂缝、道路塌陷，还可能对邻近既有建筑、地铁隧道、市政管线等基础设施产生不可逆的结构性损伤，影响城市运行安全。此外，地下水突涌和渗流破坏也是深基坑工程中的高发风险，尤其在软土、砂层或承压水丰富区域，若止水帷幕存在缺陷或降水系统设计不当，极易诱发流砂、管涌甚至基坑底部隆起等灾害。这类事故通常发展迅速、隐蔽性强，一旦失控，将迅速演变为系统性工程灾难。

1.2 风险成因多维解析

深基坑支护施工安全风险的产生并非源于单一环节，而是勘察、设计、施工、监测及管理等多个维度问题长期累积与交互作用的结果。首先，地质勘察阶段若存在布孔密度不足、取样代表性差或水文参数误判等问题，将直接导致后续设计缺乏真实可靠的地质

依据，使支护方案先天不足。其次，在设计层面，部分项目过度依赖经验公式或标准图集，未能结合具体工程地质条件、周边环境敏感度及施工可行性进行精细化、差异化设计，尤其对极端工况、突发荷载或长期效应考虑不周，造成理论模型与现场实际严重脱节。再次，施工过程中普遍存在动态管控意识薄弱的问题，面对地质突变、天气影响或工序调整时，缺乏科学的应急预案与快速响应机制，安全措施滞后于风险演变节奏。同时，尽管多数项目已建立监测体系，但普遍存在“重安装、轻分析”“重数据、轻应用”的现象，监测成果未能有效反哺设计优化与施工纠偏，信息在勘察、设计、施工与监理各方之间流通不畅，形成明显的信息孤岛。此外，分包管理混乱、技术交底流于形式、作业人员安全素养不足等管理短板，也进一步放大了技术风险。

2 现行支护设计与安全管控体系的主要问题

2.1 设计阶段的局限性

当前深基坑支护设计普遍存在过度依赖既有规范和经验模板的问题，缺乏对项目具体地质条件、周边环境及施工可行性的深度适配。许多设计方案在初期即未充分考虑复杂地层变化、邻近建构筑物敏感性以及极端天气或突发荷载等非常规工况，导致结构冗余度不足、适应性较差。同时，设计过程往往孤立进行，与后续施工环节脱节，未能预留足够的动态调整空间。此外，部分设计单位对新型支护形式、绿色可回收材料及韧性设计理念的应用仍显保守，使得方案在安全性、经济性和可持续性之间难以取得平衡。这种“静态化”“标准化”的设计思维，难以应对深基坑工程高度不确定性和强耦合性的现实挑战。

2.2 施工阶段的管理缺陷

施工阶段的安全管控暴露出系统性管理短板。一方面，项目常采用多层分包模式，导致责任链条过长、

界面模糊，总承包单位对关键工序的实际控制力被削弱，现场协调效率低下。另一方面，安全技术交底流于形式，作业人员对支护结构受力机理、变形预警阈值等核心要求理解不足，操作随意性大，违规作业时时有发生。施工组织也缺乏动态响应机制，面对地质异常或监测数据突变，往往反应迟缓，未能及时调整开挖顺序、支锚参数或降水策略。更严重的是，部分项目将工期与成本置于安全之上，压缩合理施工周期，忽视必要的养护与监测时间，进一步放大了风险隐患。这种重进度轻安全、重结果轻过程的管理惯性，成为事故滋生的温床。

2.3 技术支撑体系薄弱

尽管现代深基坑工程普遍引入监测手段，但整体技术支撑体系仍显薄弱。首先，勘察、设计、施工与监测各环节信息割裂，缺乏统一的数据集成平台，导致监测成果难以有效反哺设计修正与施工优化。其次，多数项目仍依赖传统人工巡检与离散传感器，实时性、连续性和空间覆盖度不足，难以捕捉关键部位的微小变形趋势。再次，BIM、数字孪生等先进技术尚未在深基坑领域实现深度应用，三维协同设计、施工模拟与风险预演等功能停留在示范层面，未能形成标准化工作流程。最后，智能预警算法与决策支持系统研发滞后，数据分析多停留于报表呈现，缺乏对风险演化路径的预测能力与干预建议生成机制。技术手段的碎片化与智能化水平不足，严重制约了安全管控从“被动应对”向“主动防控”的转型。

3 深基坑支护安全管控与设计改进策略

3.1 强化全过程协同管理机制

3.1.1 建立“勘察—设计—施工—监测”一体化责任共同体

为有效提升深基坑工程的安全水平，亟需打破传统各环节割裂运作的模式，构建覆盖勘察、设计、施工与监测全过程的一体化责任共同体。该共同体强调各方在项目初期即深度介入、信息共享、风险共担，通过明确协同职责与接口标准，实现技术语言与管理目标的统一。勘察单位需提供精准、动态更新的地质信息；设计方应基于真实工况开展可施工性优化；施工单位则须将现场反馈及时传递至设计与监测团队；监测机构不再仅扮演“记录者”角色，而应成为风险预警与决策支持的关键节点。通过制度化协作机制，如定期联席会商、联合技术交底和共用信息平台，形成闭环管理，从根本上提升系统整体响应能力与风险防控效能。

3.1.2 推行关键节点联合验收与动态设计变更制度

深基坑工程具有高度动态性和不确定性，静态设计方案难以覆盖全部施工场景。因此，应在开挖前、支护完成、降水稳定等关键节点推行由多方参与的联合验收机制，对实际地质条件、结构状态及周边环境影响进行综合评估。若发现与原设计假设存在显著偏差，应立即启动动态设计变更程序，在确保安全底线的前提下，允许对支护参数、施工顺序或监测重点进行科学调整。该制度要求建立快速审批通道与技术论证流程，避免因流程僵化延误风险处置时机。同时，所有变更应全程留痕、责任可溯，既保障工程灵活性，又强化过程合规性，从而实现“以变应变、精准施策”的精细化管控目标。

3.2 推进支护结构设计优化

3.2.1 引入韧性设计理念，提升结构冗余度与适应性

传统深基坑支护设计多以满足规范极限状态为目标，对突发扰动或局部失效的应对能力考虑不足。引入韧性设计理念，强调支护结构在遭遇超预期荷载、地质突变或施工偏差时，仍能维持整体稳定并具备一定的自我调节与损伤容限能力。这要求在方案阶段即预留合理的结构冗余，如增强关键节点连接强度、设置多道防线、优化内支撑布局等，使系统在部分构件受损后不至于发生连锁倒塌。同时，设计应更具环境适应性，能够根据监测反馈进行性能调适。通过将“抗扰—吸收—恢复”思维融入支护体系，可显著提升工程在复杂工况下的安全裕度与可持续运行能力。

3.2.2 推广装配式、可回收支护体系，兼顾环保与效率

面对绿色建筑与资源节约的发展趋势，传统现浇或一次性支护方式已难以满足现代工程需求。推广装配式、可回收支护体系成为重要改进方向。此类体系采用标准化预制构件，现场快速拼装，大幅缩短工期，减少湿作业与噪音污染；支护结束后，主要构件可拆卸回收、重复利用于其他项目，有效降低材料消耗与建筑垃圾排放。同时，模块化设计便于质量控制与后期维护，也更利于与信息化管理手段结合。通过推动支护技术向工业化、循环化转型，不仅提升了施工效率与现场文明程度，也契合国家“双碳”目标下工程建设的可持续发展要求。

3.3 融合数字化技术赋能安全管控

3.3.1 应用 BIM+GIS 实现地质—结构—环境三维协同模拟

在深基坑工程中，传统二维图纸难以全面反映复杂地下条件与多专业交叉关系。通过融合建筑信息模

型（BIM）与地理信息系统（GIS），可构建涵盖地质层位、支护结构、周边建构筑物及地下管线的高精度三维协同模型。该模型不仅直观呈现空间关系，还能集成岩土参数、水文信息与结构受力状态，支持施工前的多方案比选、开挖过程模拟及风险区域预判。设计、施工与监测各方可在统一数字平台上进行可视化交底与动态调整，有效避免因信息不对称导致的误判或冲突。更重要的是，该协同模拟能力为后续施工组织、应急预案制定及环境影响评估提供坚实支撑，显著提升深基坑工程前期决策的科学性与全过程管控的前瞻性。

3.3.2 构建基于物联网的实时监测与智能预警平台

深基坑安全管控的核心在于对变形、应力、水位等关键指标的及时感知与快速响应。依托物联网技术，可将各类传感器、视频监控与边缘计算设备有机整合，形成覆盖基坑本体及周边环境的立体化感知网络。监测数据通过无线传输实时汇聚至统一平台，结合历史趋势与阈值模型进行自动分析，一旦发现异常征兆，系统可即时触发分级预警，并推送处置建议至相关责任人。该平台不仅实现了从“人工定期采集”向“自动连续感知”的转变，还通过数据驱动支持动态设计优化与施工干预。进一步融合人工智能算法，还可实现风险演化路径预测与多源信息融合研判，推动安全管控由被动应对迈向主动预防，全面提升深基坑工程的智能化治理水平。

3.4 完善制度保障与能力建设

3.4.1 制定深基坑工程专项安全评估与应急预案标准

当前深基坑工程在安全管理方面缺乏统一、细化的制度规范，导致风险识别不系统、应急响应不及时。亟需制定覆盖全周期的专项安全评估标准，明确从勘察、设计到施工各阶段的风险辨识要点、评估方法和

管控要求，尤其应针对复杂地质条件、邻近敏感设施等高风险场景设定差异化管理准则。同时，应配套建立科学、可操作的应急预案体系，规定不同等级险情的启动条件、指挥架构、处置流程及资源调配机制，确保一旦发生异常能迅速有序响应。此类标准不仅为项目实施提供明确指引，也为监管部门开展检查与验收提供依据，从而推动深基坑安全管理从经验主导走向制度化、规范化轨道。

3.4.2 加强一线人员技术培训与应急演练

深基坑施工安全最终依赖于现场作业与管理人员的专业素养与应急能力。然而，当前一线人员普遍存在对支护机理理解不足、对监测数据敏感性弱、对突发状况处置经验匮乏等问题。因此，必须系统性加强技术培训，内容应涵盖支护结构基本原理、开挖与锚固工艺要点、变形预警信号识别及安全操作规程等，提升其风险预判与规范作业能力。同时，应定期组织贴近实战的应急演练，模拟坍塌、涌水、沉降突变等典型险情，检验预案可行性，锻炼团队协作与快速反应能力。通过“理论+实操”相结合的能力建设机制，将安全意识内化为行为习惯，使一线人员真正成为深基坑安全防线的第一道屏障，从根本上降低人为因素引发事故的概率。

4 总结

本文系统梳理了房建工程深基坑支护施工中的典型风险及成因，指出当前设计脱节、管理粗放与技术滞后是安全管控的主要短板。通过强化全过程协同机制、引入韧性支护理念、融合 BIM 与智能监测技术，提出了多维度改进策略。研究表明，唯有实现勘察、设计、施工与监测的深度融合，并依托数字化手段提升动态响应能力，才能有效防控风险，推动深基坑工程向安全化、智能化和绿色化方向发展。

参考文献：

- [1] 邝志华.复杂环境下深基坑支护施工技术与安全风险管控措施[J].四川水泥,2026,(5):132-134.
- [2] 李勇峰.复杂地质条件下深基坑支护施工技术及安全管控[J].科技与创新,2026,(8):162-164.
- [3] 肖公瑾.深基坑支护安全风险分级管控与智慧化应对技术——基于某创业园区的工程实践[J].四川建材,2026,52(3):100-102.
- [4] 康建新.房建工程深基坑支护施工安全风险评估与防控措施[J].陶瓷,2026,(2):163-166.