

Research on Key Technologies and Quality Assurance for Construction under Complex Geological Conditions

Bo Wu

Yangquan City Future Construction Development Group Co., Ltd., Yangquan, Shanxi, 045000, China

Abstract

Complex geological conditions impose higher requirements on construction safety and engineering quality. The combined effects of varying stratigraphic structures, groundwater conditions, and geological formations expose construction processes to multi-source risks and significant uncertainty. Focusing on key construction technologies and quality assurance under complex geological environments, this study systematically reviews critical techniques such as foundation treatment, deep excavation support, and underground structure construction, based on common scenarios including soft soil layers, karst-developed regions, and high groundwater levels encountered in engineering practice. On this basis, key points of process control and technical implementation are analyzed, with emphasis on optimizing construction organization, enhancing dynamic monitoring, and improving the adaptability of construction techniques. Furthermore, a quality assurance system centered on standardized management is established, integrating critical process control and dynamic risk management to improve the stability of engineering quality and the level of construction safety. This provides technical support and a management framework for the high-quality implementation of construction projects under complex geological conditions.

Keywords

complex geological conditions; construction engineering; key technologies; quality control; risk management

复杂地质条件下建筑施工关键技术与质量保障研究

武波

阳泉市未来建筑发展集团有限公司, 中国·山西 阳泉 045000

摘要

复杂地质条件对建筑施工安全性与工程质量提出更高要求,不同地层结构、地下水条件及地质构造的叠加作用,使施工过程面临多源风险与不确定性。围绕复杂地质环境下建筑施工关键技术与质量保障问题,结合工程实践中常见的软弱土层、岩溶发育区及高地下水位等情形,对地基处理、基坑支护与地下结构施工等关键技术进行系统梳理。在此基础上,分析施工过程控制与技术实施要点,强化施工组织优化、动态监测与工艺适应性调整。进一步构建以标准化管理为核心的质量保障体系,通过关键工序控制与风险动态管控,提升工程质量稳定性与施工安全水平,为复杂地质条件下建筑工程高质量实施提供技术支撑与管理路径。

关键词

复杂地质条件; 建筑施工; 关键技术; 质量控制; 风险管理

1 引言

建筑工程向高层化与复杂化发展,施工环境逐渐由单一地质条件转向多类型叠加形态,工程实施难度明显提升。软弱土层压缩变形、岩溶空洞发育以及地下水动态变化等因素,使结构稳定性与施工安全面临更严峻挑战。施工过程中,地质信息的不完整性与变化性导致技术选择存在偏差风险,施工组织与资源配置需不断调整,增加工程管理复杂度。传统经验主导的施工方式难以适应复杂地质环境对精细化控制的要求,关键技术的适应性与协同应用成为影响工程质量

的重要因素。同时,施工过程中的质量控制与安全管理呈现高度耦合特征,质量问题往往与地质风险密切关联。围绕复杂地质条件下施工技术体系与质量保障机制的系统分析,对提升工程实施效率与质量水平具有现实意义。

2 复杂地质条件下建筑施工特征与工程约束分析

2.1 复杂地质环境类型划分与工程影响机理

复杂地质环境表现为多种地层条件叠加,包括软弱黏土、砂土夹层、岩溶发育区及断裂破碎带等形态,这些地质类型在空间分布上呈现出明显非均质性与不连续性。不同地层在承载力、压缩性及渗透性方面存在显著差异,直接影响建筑基础受力状态与变形特征。地下水位变化对土体强度

【作者简介】武波(1980-),男,本科,工程师,从事建筑施工研究。

产生削弱作用,易引发基坑失稳与地基沉降问题^[1]。岩溶空洞及裂隙结构使地基支撑条件复杂化,局部塌陷风险显著增加。

2.2 地质不确定性对施工组织与技术选择的制约

复杂地质条件下,地质勘察数据存在一定离散性与局部偏差,实际施工环境与前期勘察结果之间存在差异,导致施工方案需动态调整。地层分布的不均匀性使基础处理方式难以采用单一技术路径,施工过程中需根据现场揭露情况不断修正工艺参数。地下水动态变化增加施工组织难度,排水、降水措施需与施工进度紧密衔接。施工设备选型需兼顾地层适应性与施工效率,设备性能不足易导致施工质量波动。施工组织安排在工序衔接与资源配置方面面临更高复杂性,技术选择需兼顾安全性、经济性与可实施性,形成多因素约束下的综合决策体系。

2.3 复杂地质条件下工程风险演化特征

复杂地质环境中工程风险具有多源叠加与动态演化特征,风险类型涵盖地基沉降、基坑失稳、结构变形及地下水突涌等多种形式。风险在施工不同阶段呈现出差异化表现,开挖阶段以土体稳定性问题为主,结构施工阶段以变形控制与渗漏问题为核心。地质条件变化与施工扰动之间形成耦合作用,使风险呈现由局部向整体扩展的趋势。施工荷载与地层响应之间存在滞后效应,部分风险在短期内难以显现,易造成隐患累积。风险发展过程具有不确定性与突发性,需通过全过程监测与动态评估实现提前识别与及时控制,以降低工程安全与质量隐患。

3 复杂地质条件下建筑施工关键技术体系构建

3.1 地基处理与加固关键技术路径

复杂地质条件下地基处理需针对不同土层特性进行差异化设计,通过多种加固技术组合提升地基承载能力与整体稳定性。对于软弱土层,可采用换填、预压及深层搅拌等方式改善土体结构,降低压缩变形。高含水率土层通过排水固结技术实现强度提升与沉降控制。岩溶及空洞区域需结合注浆与填充技术形成稳定支撑体系,避免局部塌陷。复合地基技术通过桩土共同作用分担荷载,提高整体承载性能。施工过程中需结合现场监测结果调整加固参数,使处理效果与设计要求相匹配,从而保障上部结构的稳定性与耐久性^[2]。

3.2 深基坑支护与边坡稳定控制技术

深基坑施工在复杂地质环境中面临土体失稳与地下水扰动等多重挑战,支护结构设计需结合地层条件与开挖深度进行综合分析。常见支护形式包括排桩、地下连续墙及内支撑体系,通过结构刚度与稳定性控制基坑变形。边坡稳定控制依赖于合理放坡与加固措施的结合,必要时采用锚杆与喷射混凝土形成复合支护结构。地下水控制技术通过降水井及止水帷幕降低水压力影响,防止基坑底部隆起与渗流破坏。施工过程中需实时监测位移与应力变化,根据监测数据调整

支护参数,确保基坑结构安全与周边环境稳定。

3.3 地下结构施工与防水防渗关键技术

地下结构施工在复杂地质条件下易受到地下水渗流与土体变形影响,防水防渗技术成为保障结构耐久性的关键环节。结构施工需结合分段开挖与分层支护方式,控制施工扰动范围,减少对周边土体稳定性的影响。防水体系通常采用结构自防水与外防水相结合的方式,通过高性能混凝土与防水材料形成多重防护层。施工缝与变形缝部位需加强密封处理,防止渗水路径形成。地下水丰富区域需结合帷幕止水与排水系统,实现水压调控与渗流控制。全过程质量控制贯穿施工各阶段,通过材料检测与施工工艺优化,提升地下结构整体防水性能与使用安全性。

4 复杂地质条件下施工过程控制与技术实施要点

4.1 施工组织优化与工序协同控制机制

复杂地质环境中施工组织需围绕地层变化特征与工程节点进行动态优化,施工流程呈现出高度耦合与多环节交叉特征。各工序之间存在明显依赖关系,前序作业质量直接影响后续施工稳定性与效率,组织安排需强化时间与空间上的协调性。施工进度计划应结合地质条件变化进行分段细化,关键节点控制需与现场实际揭露情况保持一致,避免因计划刚性导致质量隐患。多工种交叉作业环境下,资源配置需保持弹性调节能力,使人力、设备与材料供应形成有序衔接。现场管理需强化信息传递效率,通过技术交底与过程沟通提升执行一致性。工序协同控制强调对关键施工阶段的连续性保障,减少中断与返工现象,从而在复杂地质条件下实现施工组织的稳定运行与质量可控。

4.2 施工监测与信息反馈调控技术

复杂地质条件下施工过程具有较强不确定性,监测体系成为保障工程安全与质量的重要支撑。监测内容涵盖地表沉降、基坑位移、支护结构应力及地下水变化等关键指标,通过多点布设实现对施工环境的连续跟踪。监测数据反映土体与结构响应状态,为施工调整提供依据。信息反馈机制依托数据分析实现快速传递,使现场管理人员能够及时掌握变化趋势并进行决策修正。监测结果与施工参数之间形成动态关联,技术措施需根据数据变化进行适度调整,确保施工过程处于可控范围。异常数据的识别与处理需建立预警机制,通过阈值控制实现风险提前干预。监测与反馈系统的协同运行强化了施工过程的实时性管理能力,使复杂地质环境下的施工活动具备更高的安全保障水平^[3]。

4.3 施工设备选型与适应性施工工艺优化

复杂地质条件对施工设备性能与工艺适应性提出更高要求,设备选型需结合地层特性、施工深度及作业空间进行综合评估。不同地质条件下设备工作效率与稳定性差异明显,软土环境对设备承载能力提出限制,硬岩环境则对破碎

能力与耐磨性能形成挑战。设备运行状态直接影响施工质量与进度,性能匹配程度决定施工工艺实施效果。施工工艺需在实际条件基础上进行优化,通过参数调整提升施工精度与效率。多种施工方法在不同阶段进行组合应用,使工艺体系具备灵活性与适应性。设备与工艺之间形成协同关系,通过合理配置实现施工过程的连续性与稳定性。针对复杂地质环境中的突发变化,设备与工艺需具备快速调整能力,从而保证施工质量与工程整体进度。

5 复杂地质条件下建筑工程质量保障体系构建

5.1 质量控制体系框架与标准化管理机制

复杂地质条件下工程质量控制需构建系统化管理框架,将设计、施工与检测环节纳入整体控制体系。质量管理以规范化流程为基础,通过制度约束与技术标准实现全过程管控。各环节之间形成闭环管理关系,使质量问题能够被及时发现与修正。标准化管理机制通过明确操作规范与质量指标,提升施工过程的一致性与可追溯性。现场管理强调责任分级与岗位明确,使质量控制职责落实到具体执行层面。技术文件与施工记录的规范化管理增强了工程信息的完整性,为质量评估提供依据。质量控制体系在复杂地质环境中体现出对多因素的协调能力,使施工活动在不确定条件下仍能保持稳定质量水平^[4]。

5.2 关键工序质量控制与过程验收技术

关键工序在复杂地质条件下对工程质量具有决定性影响,质量控制需贯穿施工全过程。地基处理、基坑支护与地下结构施工等环节对技术参数与施工精度要求较高,过程控制需结合实时监测数据进行调整。材料性能与施工工艺之间存在密切关联,质量检测需覆盖原材料、半成品及成品结构,确保各环节符合设计要求。过程验收技术通过阶段性检验实现质量分层控制,使问题能够在早期阶段得到处理。验收标准需结合地质条件变化进行适度调整,使评价结果更具针对性。施工记录与检测数据构成质量评估的重要依据,通过数据分析提升验收的科学性与准确性,确保工程质量在全过程中保持稳定。

5.3 质量风险识别与动态管控机制

复杂地质条件下质量风险呈现出隐蔽性与动态变化特征,风险识别需依托系统分析与现场数据综合判断。风险来源涵盖地质条件变化、施工工艺偏差及设备运行异常等多个方面,不同因素之间存在相互影响关系。动态管控机制通过持续监测与评估实现对风险状态的实时掌握,使管理措施能够随环境变化进行调整。风险分级管理有助于明确控制重点,通过差异化策略提升管理效率。预警机制依托监测数据

与经验模型,对潜在风险进行提前识别与干预。管控措施在实施过程中需保持灵活性,通过反馈修正实现持续优化。该机制强化了质量管理的前瞻性与响应能力,使复杂地质条件下工程质量风险得到有效控制。

5.4 质量信息管理与持续改进机制

复杂地质条件下工程质量控制依赖于全过程信息的有效整合与动态利用,质量信息管理成为保障体系运行的重要支撑。施工过程中形成的大量监测数据、检测记录与工序信息需通过规范化手段进行统一归集与分类管理,使各类数据具备可追溯性与可比性。质量信息在不同阶段之间实现连续传递,有助于识别潜在问题并进行针对性调整。信息分析过程强调对关键指标变化趋势的判断,通过对历史数据与实时数据的对比,发现质量波动规律并优化控制措施。持续改进机制依托信息反馈实现闭环管理,施工过程中暴露的问题能够在后续环节中得到修正与优化。管理体系在运行过程中不断进行自我完善,使质量控制从静态约束转向动态优化。该机制强化了质量管理的系统性与前瞻性,使复杂地质条件下工程质量控制更加精准与高效^[5]。

6 结语

复杂地质条件对建筑施工技术与质量管理提出更高要求,工程实施需在地质特征识别、施工技术应用与质量控制体系之间形成协同关系。通过关键技术路径优化与全过程控制机制构建,施工过程中的不确定性能够得到有效约束,工程风险得到合理分散与控制。质量保障体系在标准化与动态管控的支撑下,实现由事后修正向过程控制转变。围绕施工组织、技术实施与质量管理的系统协同,可显著提升复杂地质环境下工程建设的安全性及稳定性,推动建筑工程向更高质量水平发展。

参考文献

- [1] 庄柏灿.复杂地质条件下建筑基础施工中高性能混凝土特性优化探究[J].新城建科技,2025,34(11):160-162.
- [2] 康文安.复杂地质条件下超高层建筑旋挖钻孔灌注桩施工关键技术[J].四川水泥,2025,(08):130-132.
- [3] 姜冰.复杂地质条件下临近既有建筑的深基坑施工关键技术[J].建筑机械,2025,(08):67-70+76.
- [4] 校凯.复杂地质条件下高层建筑钻孔灌注桩施工关键技术[J].四川水泥,2025,(06):160-162.
- [5] 叶航.复杂地质条件下建筑基础施工技术研究[A].智慧建筑与智能经济建设学术研讨会论文集(一)[C].重庆市大数据和人工智能产业协会、重庆建筑编辑部、重庆市建筑协会:2025:1531-1534.