

土木工程建筑中地基施工技术的创新对策分析

朱清泉

云南理工职业学院, 云南 昆明 650300

DOI: 10.61369/SSSD.2025150043

摘 要： 随着我国城市化进程的不断加速和基础设施建设的迅猛发展，土木工程建筑正面临着日益复杂的工程环境挑战，如软土地基、复杂地质构造、邻近建筑保护以及绿色环保要求等。地基作为建筑物的根本，其施工技术的先进性与可靠性直接关系到整个工程的质量、安全、成本与寿命。本文旨在深入分析当前地基施工技术面临的挑战，系统梳理并探讨静压桩技术、复合地基技术、地下连续墙技术、智能化监测技术等领域的创新成果。在此基础上，提出推动地基施工技术持续创新的对策，包括加强产学研深度融合、完善标准规范体系、注重绿色环保技术研发以及强化人才队伍建设，以期提升我国地基工程的整体水平提供理论参考和实践指引。

关 键 词： 土木工程；地基施工；技术创新；静压桩；复合地基；智能化施工

Analysis of Innovative Countermeasures for Foundation Construction Technology in Civil Engineering and Architecture

Zhu Qingquan

Yunnan Polytechnic College, Kunming, Yunnan 650300

Abstract： With the continuous acceleration of urbanization and the rapid development of infrastructure construction in China, civil engineering buildings are facing increasingly complex engineering environmental challenges, such as soft soil foundations, complex geological structures, protection of adjacent buildings, and green environmental protection requirements. As the foundation of a building, the advancement and reliability of its construction technology directly affect the quality, safety, cost and lifespan of the entire project. This article aims to conduct an in-depth analysis of the challenges currently faced by foundation construction technology, systematically sort out and discuss the innovative achievements in fields such as static pressure pile technology, composite foundation technology, underground continuous wall technology, and intelligent monitoring technology. On this basis, countermeasures to promote the continuous innovation of foundation construction technology are proposed, including strengthening the in-depth integration of industry, academia and research, improving the standard and specification system, focusing on the research and development of green and environmental protection technologies, and enhancing the construction of the talent team, with the aim of providing theoretical references and practical guidance for improving the overall level of foundation engineering in China.

Keywords： civil engineering foundation construction technological innovation static pressure pile composite foundation intelligent construction

引言

地基是承载上部结构荷载、传递应力至下层土体的关键部分，其稳定性与强度是确保建筑物安全运营的先决条件。传统的地基施工技术，如锤击桩、明挖基础等，虽然在历史上发挥了巨大作用，但在面对现代城市中密集的建筑群、敏感的环境保护区、复杂的水文地质条件时，往往暴露出能耗高、噪音大、振动强、污染重、适应性差等局限性。这些局限性不仅制约了施工效率，也可能对周边环境和社会生活造成负面影响。

因此，推动地基施工技术的创新与升级，已成为土木工程领域发展的必然趋势和核心议题。技术创新不仅是解决复杂工程难题的直接手段，更是实现建筑业节能减排、提质增效、实现可持续发展的战略路径。本文将从分析现实挑战出发，系统梳理现有的技术创新实践，并最终落脚于推动未来创新的系统性对策，构建一个从“问题识别”到“技术应用”再到“战略保障”的完整分析框架。

一、现代地基工程面临的主要挑战

所面临的严峻挑战，这些挑战是技术创新的根本驱动力。

（一）复杂地质条件的普遍化

在着手分析技术创新之前，必须清晰地认识到当前地基施工

工程建设用地日益紧张，许多项目不得不在地质条件不良的

区域进行，如沿海地区的深厚软土层、山区的不均匀岩石地基、河漫滩的砂卵石层以及具有湿陷性、膨胀性的特殊土体。这些地质条件承载力低、压缩性高、稳定性差，对地基处理技术提出了极高的要求。

（二）城市环境下的施工制约

在既有建筑密集的城市中心进行施工，空间极为有限。同时，传统的施工方法产生的振动、噪音、泥浆污染等，会对邻近建筑物、地下管线以及居民生活造成严重干扰，甚至引发工程纠纷和社会矛盾。如何实现“无感”或“微影响”施工，成为城市更新和地下空间开发中必须解决的难题。

（三）节能环保与可持续发展的要求

随着“双碳”目标的提出和生态文明建设的深入推进，建筑业作为资源消耗和碳排放的大户，面临着巨大的转型压力。地基施工中大量使用的混凝土、钢材，以及产生的建筑垃圾、泥浆和能耗，都与绿色发展的理念相悖。开发低能耗、低排放、可循环的地基技术与材料迫在眉睫。^[1]

（四）对工程经济性与工期的高要求

在市场竞争日益激烈的背景下，业主对项目的投资成本和建设周期有着严格的控制。传统技术施工周期长、成本不确定性高，无法满足现代工程快节奏、高效率的需求。因此，需要能够缩短工期、降低造价、提升工效的新型地基技术。

二、地基施工关键技术的创新实践与分析

为应对上述挑战，国内外工程界与学术界在地基施工技术领域进行了广泛而深入的创新探索，并取得了显著成果。

（一）静压桩技术的创新与发展

静压桩技术通过静力将预制桩压入土中，从根本上消除了锤击桩的噪音和振动污染，特别适用于城市敏感区域。

· 创新实践：

（1）植桩法（预钻孔技术）：在压桩前，先利用螺旋钻在桩位处钻一个直径略小于桩径的引导孔，有效减小了压桩阻力。此法特别适用于穿越坚硬夹层或密实砂层，大大扩展了静压桩的应用范围。

（2）引孔结合高压注浆技术：对于难以压入的土层，可采用更大直径的引孔，然后在孔底或桩侧进行高压注浆，一方面润滑减阻，另一方面浆液与土体混合固化后，能显著提高桩侧摩阻力和桩端承载力。

（3）自平衡试桩法：这是一种桩基承载力测试的革命性技术。它在桩身内部安装一个荷载箱，通过液压加载直接测试桩的承载力，避免了传统堆载法需要大量配重和搭建反力架的繁琐工序，特别适用于大吨位桩基和场地受限的情况，安全、经济、高效。

· 案例分析：在某市中心医院扩建工程中，周边紧邻居民区和精密仪器楼。项目采用静压预应力管桩结合植桩法施工，成功将桩基压至设计深度。施工期间，周边建筑振动监测数据远低于警戒值，医院正常运营未受任何影响，充分体现了该技术在环境

友好性方面的巨大优势。^[2]

（二）复合地基技术的深化与拓展

复合地基通过在天然地基中设置增强体（桩、墩等），形成由桩体和桩间土共同承担荷载的人工地基，其核心创新在于增强体材料的多样化和施工工艺的精细化。^[3]

· 创新实践：

（1）高强度桩复合地基：传统的碎石桩、砂桩强度有限。如今，水泥土搅拌桩、CFG桩（水泥粉煤灰碎石桩）已成为处理软土地基的主流技术。特别是CFG桩，利用工业废料粉煤灰，兼具经济性和环保性，其桩体强度高，可有效控制沉降。

（2）刚性桩复合地基技术：在CFG桩等柔性桩基础上，进一步发展出素混凝土桩等刚性桩复合地基。通过设置在桩顶的桩帽和桩垫层（如碎石褥垫层），巧妙地调节桩和土的分担比例，使二者协同工作，承载力高，沉降控制效果好。

（3）双向搅拌桩技术：针对传统水泥土搅拌桩可能存在搅拌均匀性差、成桩质量不稳定的问题，双向搅拌技术使钻杆在提升和下沉过程中都进行搅拌，确保了水泥浆与土体的充分混合，显著提高了桩身质量和均匀性。

· 案例分析：某高速公路穿越深厚软土地基路段，设计采用CFG桩复合地基方案。通过优化桩长、桩间距和褥垫层参数，成功将工后沉降控制在规范允许范围内。与传统堆载预压法相比，工期缩短了近50%，避免了预压期漫长的等待，为项目提前通车奠定了坚实基础。

（三）地下连续墙与支护技术的集成化

地下连续墙作为深基坑工程的主要围护结构，其技术已从单一的挡土止水功能，向“两墙合一”（即围护墙兼作主体结构外墙）等集成化方向发展。^[4]

· 创新实践：

（1）“两墙合一”技术：通过提高地下连续墙的施工精度、垂直度和混凝土质量，使其在基坑施工阶段作为支护结构，在主体结构施工阶段直接作为永久性的地下室外墙。此举省去了另外浇筑外墙的工序，节约了材料和工期，经济效益显著。

（2）TRD工法（等厚度水泥土搅拌墙）：这是一种新型的地下连续墙施工技术。其链锯式刀具在横向掘进的同时进行垂直方向的搅拌，能够形成深度大、连续性、等厚度的水泥土墙体。相比传统的多轴搅拌桩，TRD工法墙体质量均匀、止水性能优异，且对地层的适应性更强。

（3）装配式支护结构：将预应力预制板桩、钢管等预制构件组合成支护体系，实现了支护结构的“工业化生产、装配化施工”。这种技术施工速度快，构件可回收重复利用，符合绿色建筑和循环经济的发展方向。

（四）智能化与信息化技术的深度融合

以大数据、物联网、BIM（建筑信息模型）和人工智能为代表的现代信息技术，正在为传统的地基施工注入新的活力。^[5-7]

· 创新实践：

（1）BIM技术应用：在施工前，通过BIM模型进行三维地质建模、桩基排布碰撞检测、施工工序模拟，提前发现并解决设

计冲突，优化施工方案。

(2) 施工过程实时监控系統：在压桩机、钻机上安装传感器，实时采集桩压力、钻进速度、扭矩、垂直度等数据，并无线传输至云端管理平台。管理人员可以远程监控每一根桩的施工全过程，确保施工参数符合设计要求，实现质量的可追溯性。

(3) 基于物联网的自动化监测：在基坑周边和建筑物上布设自动化监测点（如全站仪、测斜仪、沉降传感器），数据自动采集并实时分析。一旦监测数据超过预警值，系统会自动报警，为工程安全提供了一道“数字防线”。

(4) 人工智能辅助决策：利用机器学习算法，对海量的地质数据、施工参数和监测结果进行分析，可以预测地基沉降趋势、评估桩基承载力，甚至优化施工工艺参数，实现从“经验驱动”到“数据驱动”的决策转变。

三、推动地基施工技术持续创新的对策建议

技术创新并非一蹴而就，它需要一个良好的生态系统和有力的政策引导。为确保地基施工技术能够持续、健康地发展，提出以下对策建议：

(一) 加强产学研用深度融合，构建协同创新体系

1. 建立创新联盟：鼓励大型建筑企业、专业科研院所和高等院校组建“地基技术创新战略联盟”，围绕行业共性难题和前沿技术，开展联合攻关。

2. 推动成果转化：设立技术孵化器和中试基地，为实验室的创新成果提供工程化试验和验证的平台，缩短从“论文”到“产品”的路径。政府可设立专项基金，对首台套、首批次新技术的应用给予补贴，降低市场推广风险。^[8-9]

3. 共建研发平台：企业与高校共建重点实验室、工程技术中心，实现人才、设备、数据等资源的共享，形成稳定的研发团队和持续的创新能力。

(二) 完善标准规范体系，引导行业健康发展

1. 及时修订标准：行业标准和技术规范应紧跟技术发展步伐，及时将成熟的新技术、新工艺、新材料纳入标准体系，为其推广应用提供法理依据。

2. 鼓励团体标准：在国家标准和行业标准之外，鼓励有实力的学会、协会制定反映技术创新水平的团体标准，以满足市场快速响应和多样化需求。

3. 建立性能化标准：逐步从过于具体的“处方性”规范，向注重最终工程性能和效果的“性能化”标准过渡，为技术创新留下足够的空间和灵活性。

(三) 注重绿色环保与可持续发展，研发低碳技术

1. 研发节能降耗技术：重点发展低能耗的施工工法（如静压技术），推广电能、液压能等清洁能源驱动的施工设备，逐步淘汰高污染、高能耗的老旧设备。^[10]

2. 推动资源循环利用：研究建筑垃圾（如废弃混凝土、砖瓦）在地基处理中的再生利用技术；开发可回收的锚杆、钢支撑等临时支护构件；探索使用工业固废（如粉煤灰、矿渣）作为地

基加固材料。

3. 研发生态友好型技术：研究对周边水土环境影响小的地基处理技术，如生物加固法（利用微生物诱导碳酸钙沉淀加固土体）、植物根系固土技术等，实现工程建设与生态保护的和谐统一。

(四) 强化专业人才培养，夯实创新根基

1. 改革教育模式：高校的土木工程教育应加强与前沿技术和工程实践的对接，增设智能建造、BIM技术、绿色建筑等课程，培养学生的跨学科知识和创新能力。

2. 构建终身职业教育体系：行业协会和企业应定期组织技术培训、学术交流和技能竞赛，帮助一线工程师和技术工人更新知识储备，掌握最新技术和设备操作技能。

3. 引进与培育高端人才：通过优厚待遇和良好的科研环境，吸引国内外地基领域的顶尖专家和复合型人才，打造高水平的技术研发和管理团队。

四、结论

地基施工技术的创新是土木工程领域应对时代挑战、实现产业升级的必由之路。本文的分析表明，静压桩、复合地基、地下连续墙等传统技术的精细化与智能化改进，以及BIM、物联网等信息化技术的深度赋能，已经并正在深刻地改变着地基工程的面貌。这些创新技术有效地解决了复杂地质、城市制约、环保要求等现实难题，显著提升了工程的质量、安全与效率。然而，技术的进步永无止境。未来，我们必须从战略高度出发，通过构建“产学研用”协同生态、完善标准规范、践行绿色理念、培育专业人才等一系列系统性对策，为地基施工技术的持续创新营造肥沃的土壤。唯有如此，才能推动我国从“土木工程建设大国”向“土木工程建设强国”稳步迈进，为国家的现代化建设和可持续发展提供更加坚实可靠的基础保障。

参考文献

- [1] 赵军，王磊. 建筑废弃物再生骨料在地基处理中的应用技术研究[J]. 施工技术，2023, 52(18): 78-83.
- [2] 张丙吉，于玉贞. 静压桩技术发展现状与展望[J]. 岩土力学，2021, 42(S1): 1-10.
- [3] 龚晓南. 复合地基理论及其工程应用[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2019.
- [4] 刘国彬，王卫东. 基坑工程手册（第三版）[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2022.
- [5] 王曙光. 深基坑工程绿色施工技术研究进展[J]. 土木工程学报，2020, 53(4): 1-15.
- [6] 李镜培，梁发云. BIM技术在岩土与地下工程中的应用与挑战[J]. 地下空间与工程学报，2019, 15(1): 1-12.
- [7] 陈云敏，林伟. 智慧岩土工程：内涵、架构与发展趋势[J]. 岩石力学与工程学报，2022, 41(1): 1-17.
- [8] 李方元，陈晓峰. TRD工法等厚度水泥土搅拌墙施工技术与质量控制[J]. 岩土工程学报，2022, 44(S2): 215-219.
- [9] 王强，刘敏. 物联网技术在深基坑施工监测中的应用与实践[J]. 建筑科学，2021, 37(9): 102-107.
- [10] 张昊，李明远. 绿色地基处理技术发展现状及低碳路径探索[J]. 土木工程与管理学报，2023, 40(3): 45-51.