

房屋建筑工程中地基基础施工关键技术研究

孙 鑫

成都建工第三建筑工程有限公司 四川 成都 610000

【摘 要】：房屋建筑工程中地基基础施工关键技术直接关系到建筑物的稳定性、安全性和耐久性，是工程建设中的核心环节，随着城市化进程的加快和建筑规模的不断扩大，复杂地质条件、高层建筑及特殊结构对地基基础施工提出了更高要求，在实际施工中，仍存在地基沉降、承载力不足、基坑支护失效等技术难题，严重影响工程质量和施工安全，深入研究地基基础施工关键技术，优化施工工艺，提高地基处理效率，对保障建筑工程整体质量、降低施工风险具有重要意义，本文主要分析了房屋建筑工程中地基基础施工关键技术。

【关键词】：房屋；建筑地基；基础工程；施工技术

DOI:10.12417/2705-0998.25.19.067

引言

我国建筑行业快速发展，高层建筑、地下工程及大型公共设施建设日益增多，对地基基础施工技术的要求不断提高，由于地质条件的复杂性和多样性，软弱地基、湿陷性黄土、岩溶地区等特殊地质环境给地基处理带来巨大挑战，传统的地基施工方法如换填法、强夯法等已难以满足现代工程需求，而新兴技术如桩基优化、地下连续墙、复合地基等仍需进一步研究和完善，施工过程中的基坑支护、降水排水、地基加固等关键环节若控制不当，易引发工程事故，造成经济损失和人员伤亡，系统研究地基基础施工关键技术，结合先进理论、材料与工艺，提升施工质量和效率，成为当前建筑领域的重要课题，对推动行业可持续发展具有深远意义。

1 地基基础施工技术研究工程价值

1.1 深厚淤泥质土层中预制桩沉桩阻力突变问题

淤泥质土层具有高含水量、高压缩性、低渗透性和显著的结构敏感性，导致桩体在贯入过程中受到复杂的侧摩阻力和端阻力的动态变化影响，当预制桩穿越软弱淤泥层进入相对密实的下卧层时，沉桩阻力可能发生突变，表现为贯入度骤减或锤击数急剧增加，这种现象与土体的剪切强度、孔隙水压力消散速率及桩土界面摩擦特性密切相关，淤泥质土的不排水抗剪强度通常在 5kPa 至 25kPa 范围内，而桩侧摩阻力在沉桩过程中可能因土体扰动和孔压累积而显著降低，但在进入硬土层后迅速恢复甚至增大^[1]。沉桩速率、桩端形式及锤击能量等因素也会影响阻力突变的发生时机和程度，若未能准确预测和控制沉桩阻力突变，可能导致桩身倾斜、断桩或承载力不足等工程问题，进而增加施工难度和成本。

1.2 岩溶发育区灌注桩施工的混凝土超灌量控制

岩溶地质条件下，地下溶洞、裂隙发育且分布不规则，导致桩孔成孔过程中易出现塌孔、漏浆等现象，进而引发混凝土灌注时的不规则扩散和流失，混凝土超灌量通常由岩溶裂隙的连通性、溶洞填充物性质、地下水活动强度以及桩径和桩长等因素共同决定，在强岩溶发育区，由于地下空洞系统复杂，混凝土可能沿溶蚀通道大量流失，超灌系数可能达到常规地层的数倍，不仅大幅增加材料成本，还可能因混凝土过度扩散影响相邻桩基的施工质量^[2]。岩溶区地下水流动会加速水泥浆液的稀释和流失，降低桩身混凝土的密实度和强度，进而影响桩基的承载性能和耐久性，溶洞填充物的物理力学性质，如黏土、砂砾或破碎岩块的压缩性和渗透性，也会显著影响混凝土的流动路径和最终充盈效果，若未能有效控制超灌量，不仅会造成资源浪费，还可能因桩身完整性缺陷导致后期基础沉降不均或承载力不足。

1.3 高水位砂层基坑降水引发的周边沉降累积效应

砂层因其高渗透系数，通常达到 $1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 至 $1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ ，在降水过程中地下水位的快速下降会引发有效应力增大，导致土体压缩变形，根据太沙基固结理论，砂层的压缩模量一般在 10MPa 至 50MPa 范围内，而降水影响半径可延伸至基坑边缘外 50m 至 200m，使得周边地表沉降呈现渐进式累积特征，砂层降水引发的地表沉降量通常在 30mm 至 150mm 之间，且沉降速率受降水井布置间距、滤管长度及抽水强度等因素显著影响，其中抽水强度每增加 $10 \text{m}^3/\text{h}$ 可能导致影响范围内沉降量增加 5mm 至 15mm^[3]。

砂层与相邻黏性土层的交互沉积结构会加剧不均匀沉降，由于黏性土的渗透系数较低，仅为 $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 至 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，其滞后排水效应会延长沉降发展时间，形成差异沉降，当沉降梯度超过 0.1% 时，可能对周边建筑物基础及地下管线造成结构性损伤，砂层的临界水力梯度约为 0.8 至 1.2，过大的水位差可能引发渗透变形，进一步加剧地层损失。

2 关键技术对典型地基问题的解决方案

2.1 旋挖钻机嵌岩施工的扭矩-转速匹配参数优化

在硬质岩层钻进时，钻机的输出扭矩通常需要达到 $180 \text{kN} \cdot \text{m}$ 至 $350 \text{kN} \cdot \text{m}$ 范围，而转速则需控制在 15rpm 至 25rpm 之间，以确保切削齿能够有效破碎岩体而不致过度磨损，岩层的单轴抗压强度是影响参数选择的核心因素，当岩石强度在 30MPa 至 80MPa 时，每提高 10MPa 的岩体强度，所需扭矩相应增加 $15 \text{kN} \cdot \text{m}$ 至 $25 \text{kN} \cdot \text{m}$ ，同时转速需降低 2rpm 至 4rpm 以维持稳定的钻进速率，钻杆的功率传递效率约为 85% 至 92%，其刚性系数直接影响扭矩的传递效果，当钻杆长径比超过 50 时，需额外增加 10% 至 15% 的扭矩补偿以克服杆体挠曲带来的能量损失。

表 1 旋挖钻机在不同岩层中的扭矩-转速匹配参数

岩层类型	单轴抗压强度 MPa	推荐扭矩 $\text{kN} \cdot \text{m}$	推荐转速 rpm	比压 N/mm^2	钻进速率 m/h
泥岩	15-30	120-180	25-30	40-60	1.5-2.5
砂岩	30-50	180-250	20-25	60-90	1.0-1.8
花岗岩	50-80	250-350	15-20	80-120	0.5-1.2
玄武岩	80-120	350-450	10-15	100-150	0.3-0.8

扭矩与岩层强度的正相关性：随着岩层单轴抗压强度的提高，所需扭矩呈线性增长趋势，例如花岗岩相较于砂岩，扭矩需求增加约 40%，转速的适应性调整：较硬岩层需降低转速以减少钻齿磨损，如玄武岩的推荐转速仅为泥岩的 50%，以确保有效破岩。比压的优化控制：硬岩层需更高比压以维持钻进效率，但需避免过高比压导致钻头异常损耗，如玄武岩的比压比泥岩提高 150%，钻进速率的递减规律：岩层强度每增加 30MPa ，平均钻进速率下降约 50%，表明硬岩施工需更注重工效与经济性的平衡。

2.2 预应力管桩在硬夹层地段的引孔深度确定方法

当管桩穿越上部软弱土层进入硬夹层时，其引孔深度需综合考虑硬夹层的埋深、厚度、标贯击数以及桩端阻力特征值等参数，对于标贯击数在 30 击至 50 击范围内的硬塑黏土或密实砂层，引孔深度通常控制在硬夹层顶面以下 1.5 倍至 2.5 倍桩径范围，以确保桩端能够有效穿透硬夹层并进入下部持力层，当硬夹层厚度超过 5m 时，引孔深度需相应增加至 3 倍至 4 倍

桩径，同时结合静力触探锥尖阻力 q_c 值进行修正，若 q_c 值超过 15MPa ，每增加 5MPa 需额外增加 0.5 倍桩径的引孔深度。桩端进入持力层的深度不应小于 2 倍桩径，且需保证桩端全断面进入持力层的长度不小于 0.5m，在存在多层硬夹层的情况下，引孔深度应根据各层土的压缩模量和剪切波速进行分层计算，当土层剪切波速大于 350m/s 时，引孔深度需增加 20% 至 30%，引孔直径宜比管桩外径大 100mm 至 150mm，以减小沉桩时的挤土效应。

2.3 基坑支护结构与土体变形协同控制的支撑轴力调整

当基坑开挖深度超过 10m 时，混凝土支撑的初始预应力通常控制在设计轴力的 60% 至 80% 范围内，钢支撑则需维持在 70% 至 90% 之间，以平衡开挖卸载引起的土压力重分布，在软黏土地层中，每开挖 1m 深度，支撑轴力增量约为 200kN 至 500kN ，而砂质土层中则达到 300kN 至 600kN ，这与土体的弹性模量密切相关，当土体压缩模量小于 5MPa 时，轴力波动幅度可增大 30% 至 50%，围护桩的侧向位移与支撑轴力呈非线性关系，位移量每增加 10mm，对应支撑轴力需调整 50kN 至 150kN 以维持体系平衡^[4]。对于多道支撑体系，上下道支撑的轴力分配比宜控制在 0.7 至 1.3 之间，且第二道支撑轴力通常为首道的 1.1 倍至 1.5 倍，在流塑状淤泥地层中，由于土体的蠕变特性，支撑轴力在施加后 24 小时内会产生 10% 至 15% 的松弛，需进行二次补偿张拉。

3 房屋建筑地基基础工程的施工技术措施

3.1 使用土钉墙支护技术，确保边坡稳定性

土钉墙支护技术主要依靠土钉与周围土体的摩擦力和粘结力来传递荷载，当边坡受到外部荷载作用时，土钉能够有效限制土体的侧向变形，根据库伦土压力理论，土钉墙的稳定性的计算需考虑土体的内摩擦角、粘聚力以及土钉的布置参数。对于一般黏性土，内摩擦角通常在 15 度至 30 度之间，粘聚力为 10kPa 至 50kPa ，而土钉的设计拉力则需根据潜在滑裂面的位置确定，土钉的倾角宜控制在 5 度至 15 度范围内，以优化受力性能，喷射混凝土面层的厚度一般为 80mm 至 150mm，强度等级不低于 C20，钢筋网采用 $\Phi 6$ 至 $\Phi 8$ 的 HRB400 钢筋，网格间距 200mm 至 300mm，通过合理设计土钉长度、间距和布置方式，可显著提高边坡的安全系数。

表 2 土钉墙支护关键设计参数

参数名称	取值范围	典型值
土钉直径	70-120mm	100mm
土钉长度	6-15m	9m
土钉间距	1.0-1.5m	1.2m
土钉倾角	5-15 度	10 度

面层厚度	80-150mm	100mm
混凝土强度	C20-C30	C25
钢筋直径	6-8mm	6mm
网格间距	200-300mm	250mm

施工时应先进行边坡修整，确保坡面平整度偏差不超过30mm，采用专用钻机按设计角度成孔，钻孔直径应大于土钉直径20mm，注浆材料采用水灰比0.4至0.5的水泥浆，注浆压力保持在0.5MPa至1.0MPa，钢筋网片安装时要保证搭接长度不小于300mm，喷射混凝土分两次进行，首次喷射厚度为50mm，终凝后再喷射剩余厚度，养护期间要保持面层湿润，养护时间不少于7天。

3.2 科学选择地基处理技术，确保地基承载力满足设计要求

地基处理技术的选择需根据具体的地质条件和工程需求进行综合考虑，以确保地基的稳定性和承载能力，在软土地基区域，可以采用深层搅拌桩、预压法或复合地基处理技术，通过加固地基土体，提高其承载力和抗变形能力；在填土地基区域，通过强夯法或排水固结法，能够增强地基的密实度和稳定性。对于高地下水位区域，采用井点降水或帷幕注浆技术，可以有效控制地下水，避免地基土软化；而在岩石地基区域，通过爆破开挖或锚杆加固，能够提高地基的承载力和稳定性，针对不均匀地基，采用换填法或桩基础技术，能够均匀分布荷载，提高整体稳定性，科学选择地基处理技术，能够有效改善地基的物理力学性质，确保其承载力满足设计要求，为建筑物的安全性和稳定性提供保障^[5]。

针对不同的地基条件，选择合适的地基处理技术能够显著提高地基承载力，在软土地基中，采用深层搅拌桩或预压法能够有效提高地基承载力，减少沉降风险；在填土地基中，通过强夯法或排水固结法能够增强地基密实度，提高稳定性。若技术选择不当，如在高地下水位区域未采取有效的降水措施，或在岩石地基中未进行充分的爆破开挖，可能导致地基承载力不足，影响建筑物的安全性，科学选择地基处理技术是确保地基基础工程质量和安全的关键。

参考文献：

- [1] 李非,于媛华.房屋建筑地基基础工程施工技术要点分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(04):121-123.
- [2] 黄克金.现代房屋建筑工程地基基础施工技术研究[J].工程技术研究,2025,10(01):83-85.
- [3] 谢森,张博,卢金生,等.房屋建筑地基基础加固工程施工技术[J].价值工程,2024,43(36):60-62.
- [4] 杨孝川.住宅建筑地基基础工程的施工技术要点[J].居舍,2024,(28):74-77.
- [5] 郭世强.房屋建筑施工中地基基础工程的施工技术处理措施[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(18):108-110.

3.3 规范基坑开挖流程，采用合理支护措施保障施工安全

基坑开挖是地基基础工程的关键环节，其安全性和稳定性直接影响到后续施工的顺利进行，通过制定科学的开挖方案和严格的施工流程，能够有效降低基坑开挖过程中的风险，在开挖前，需进行详细的地质勘察和周边环境调查，明确地下水位、土层分布以及邻近建筑物和地下管线的位置，为开挖方案的制定提供依据。在开挖过程中，采用分层分段开挖的方法，能够减少对基坑壁的扰动，避免塌方事故的发生，利用BIM技术对开挖过程进行模拟和优化，能够提前发现潜在问题，减少施工中的变更和调整。通过规范基坑开挖流程，能够显著提高施工的安全性和效率，为地基基础工程的顺利实施提供保障。

采用合理支护措施是确保基坑开挖安全的关键环节，基坑支护不仅能够防止基坑壁坍塌，还能减少对周边环境的影响，在土质松软或地下水位较高的区域，可以采用钢板桩、地下连续墙或土钉墙等支护结构，增强基坑壁的稳定性；在周边建筑物密集的区域，通过设置支撑或锚杆，能够减少基坑开挖对邻近建筑的影响，支护结构的设计需充分考虑基坑的深度、形状以及地质条件，确保其安全性和经济性。针对不同的地质条件，选择合适的基坑支护技术能够显著提高施工安全性，在软土地基中，采用钢板桩或地下连续墙能够有效增强基坑壁的稳定性，防止塌方事故；在高地下水位区域，通过帷幕注浆或井点降水技术，能够控制地下水，减少基坑壁软化的风险，在邻近建筑物密集的区域，设置支撑结构或锚杆能够减少基坑开挖对邻近建筑的影响，确保施工安全，规范基坑开挖流程并采用合理支护措施，能够显著提高地基基础工程的施工安全性和稳定性，为建筑物的长期使用提供可靠保障。

4 结语

房屋建筑地基基础工程的施工技术要点研究，对于保障建筑物的安全性和稳定性具有重要的理论和实践意义，科学合理的施工技术，能够有效应对复杂地质条件和多样化建筑结构带来的挑战，提高地基基础工程的质量和效率，随着新材料、新技术和新工艺的不断发展，地基基础工程施工技术将更加精细化、智能化，为建筑行业的可持续发展提供有力支持。