

# 高层建筑工程施工中桩基础施工技术

张来福

浙江中展建设有限公司 浙江 金华 322000

**摘要：**高层建筑工程中，桩基础施工技术是保障建筑稳定与安全的关键。本文概述了桩基础施工技术在高层建筑中的重要性，详细介绍了灌注桩、预制桩、混凝土桩、微型桩等关键施工技术，并探讨了智能化监测技术在桩基础施工中的应用。此外，文章还分析了桩基础施工技术的发展趋势，包括向长大型、短小型、多种桩身材料以及智能化和自动化方向的发展，旨在为高层建筑工程桩基础施工提供技术参考与发展展望。

**关键词：**高层建筑；桩基础施工；关键技术；发展趋势

引言：随着我国城市化进程的加快，高层建筑日益增多，对地基基础的要求也越来越高。桩基础作为一种有效的深基础形式，在高层建筑工程中发挥着至关重要的作用。它不仅能够承受建筑物的巨大荷载，还能有效抵抗地震等自然灾害的影响。然而，桩基础施工技术复杂，涉及多个环节和多种技术类型。因此，深入探讨高层建筑工程中桩基础施工技术的要点与发展趋势，对于提高施工质量、保障建筑安全具有重要意义。

## 1 高层建筑工程中桩基础施工技术的概述

(1) 桩基础是高层建筑工程中极为关键的基础形式。它由桩和桩顶的承台共同构成，能够将上部结构的荷载有效传递至深层土体或岩层，从而增强建筑物的稳定性与安全性，尤其适用于地质条件复杂、上部荷载大的高层建筑场景<sup>[1]</sup>。(2) 桩基础施工技术具有多样性和适应性。依据成桩方法，可分为灌注桩和预制桩两大类。灌注桩是在施工现场通过钻孔、挖孔等方式成孔，然后在孔内灌注混凝土形成桩体，能较好地适应不同地质条件；预制桩则是在工厂预先制作好桩体，再运输到施工现场进行沉桩施工，具有施工速度快、质量可控等优点。从桩身材料来看，有混凝土桩、钢桩等，不同材料各有特性，可满足不同工程需求。(3) 桩基础施工对周边环境和工程质量影响重大。施工过程中，钻孔、沉桩等操作可能引发土体扰动、噪声污染等问题，需采取有效措施加以控制。同时，桩基础的施工质量直接关系到整个高层建筑的安全与耐久性，从桩位定位、成孔质量到桩身混凝土强度等各个环节，都必须严格把控，确保桩基础能够可靠地承受上部结构传递的荷载，为高层建筑的长期稳定运行提供坚实保障。

## 2 高层建筑工程中桩基础施工的关键技术

### 2.1 灌注桩施工技术

高层建筑工程中，灌注桩施工技术是确保桩基础质

量的关键环节。(1) 成孔环节需精准控制。采用泥浆护壁成孔时，泥浆比重应控制在1.1-1.4之间，粘度18-28s，含砂率 $\leq 4\%$ ，以有效护壁、排渣。钻进速度需根据地质调整，黏性土中为1-2m/h，砂土中为0.5-1m/h，避免盲目追求进度导致孔壁坍塌。(2) 清孔环节至关重要。成孔后需进行第一次清孔，采用正循环或反循环法，确保端承桩沉渣厚度 $\leq 50\text{mm}$ ，摩擦桩 $\leq 100\text{mm}$ ，以减少沉渣对桩端承载力的削弱。清孔后需立即吊装钢筋笼，钢筋笼主筋连接优先采用机械连接，连接强度需 $\geq$ 主筋强度，箍筋间距误差 $\leq 10\text{mm}$ ，确保钢筋笼刚度。(3) 混凝土浇筑环节需连续、快速。导管法灌注水下混凝土时，导管直径宜为200-300mm，底部距孔底0.3-0.5m，首次灌注量需满足导管埋深 $\geq 1\text{m}$ ，后续浇筑导管埋深控制在2-6m，超灌0.5-1m确保桩头质量，最终通过桩头处理保证桩顶混凝土强度<sup>[2]</sup>。

### 2.2 预制桩施工技术

在高层建筑工程中，预制桩施工技术至关重要，其关键点如下：(1) 预制桩制作需严格控制质量。桩身混凝土强度等级通常不低于C30，以保证桩体具备足够的承载能力。钢筋骨架的钢筋直径、间距等参数要精准，主筋保护层厚度偏差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内，确保钢筋在混凝土中发挥良好的力学性能，防止因保护层过薄或过厚影响桩的耐久性与承载力。(2) 运输与堆放环节不容忽视。运输时，桩体强度应达到设计强度的100%，采用平板车运输，支点位置需符合设计要求，一般按桩长的0.21倍设置，防止桩体弯曲变形。堆放场地要平整坚实，堆放层数不宜超过4层，且不同规格的桩应分别堆放，避免混淆。(3) 沉桩施工是核心步骤。静压桩施工时，压桩力需根据地质条件和桩的设计承载力确定，一般控制在1.5-2倍单桩承载力特征值，压桩速度宜控制在0.5-1.0m/min，保证桩体均匀下沉。锤击桩施工时，锤

重与桩重需合理匹配,最后三阵贯入度每阵宜控制在10-30mm,确保桩端进入持力层达到设计深度。

### 2.3 混凝土桩施工技术

在高层建筑工程桩基础施工中,混凝土桩施工技术保障结构稳定性的关键,其施工要点需从多方面精准把控。(1)材料选择与配比是基础。水泥宜选用强度等级不低于42.5级的普通硅酸盐水泥,粗骨料粒径控制在5-25mm,含泥量 $\leq 1\%$ ,细骨料细度模数2.3-3.0,含泥量 $\leq 2\%$ 。混凝土强度等级通常为C30-C40,水胶比宜在0.4-0.55之间,坍落度根据施工方式调整,振动沉管灌注桩坍落度为160-220mm,人工挖孔桩坍落度为70-100mm,确保混凝土和易性与强度。(2)成桩工艺需严格规范。对于振动沉管灌注桩,沉管速度控制在1-2m/min,拔管速度在黏性土中为0.8-1.2m/min,砂土中为1.2-1.5m/min,且每拔高0.5-1m需停拔振动5-10s,保证桩身密实。人工挖孔桩开挖深度超过10m时,需加强通风,孔内空气含氧量不得低于20%,同时设置护壁,护壁厚度一般为100-150mm,混凝土强度等级与桩身相同。(3)质量检测不可或缺。成桩后需进行低应变动力检测,检测数量不少于总桩数的20%,且不少于10根;对重要工程或地质复杂区域,还需进行静载荷试验,单桩竖向承载力检测数量不少于总桩数的1%,且不少于3根,确保混凝土桩质量达标。

### 2.4 微型桩施工技术

微型桩作为一种直径通常小于300毫米的小口径钻孔灌注桩,在高层建筑及复杂地质条件下的地基处理中发挥着重要作用。其施工技术要点如下:(1)成孔工艺需根据地质条件精准选择。在地下水位以上、土质较好的地层,可采用干作业法;而在地下水位以下、易塌孔的砂土层或软土层,则需采用泥浆护壁法,泥浆比重控制在1.1-1.3之间,粘度18-22s,以维护孔壁稳定。钻进速度需严格控制,软土层中不宜超过1m/min,防止斜孔或缩径。(2)钢筋笼制作与安装需确保精度。主筋连接宜采用焊接或机械连接,接头强度需满足设计要求;箍筋间距应均匀,偏差不得超过 $\pm 10\text{mm}$ 。钢筋笼入孔时,需保持垂直度偏差 $\leq 1\%$ ,并采用吊筋或型钢固定,防止浇筑时上浮或下沉。(3)注浆工艺是微型桩施工的核心。注浆压力需根据地质条件调整,一般控制在0.3-4MPa之间,首次注浆水灰比0.4-0.6,二次注浆压力提升至2-4MPa,以提升桩周侧阻力。注浆量需满足设计要求,确保桩体密实,28天强度 $\geq 30\text{MPa}$ <sup>[3]</sup>。

### 2.5 智能化监测技术

在高层建筑工程桩基础施工中,智能化监测技术为

施工安全与质量提供了有力保障,其应用要点如下:

(1)传感器精准布置是基础。在桩身关键部位,如桩顶、桩底及易发生应力集中的区域,合理布设应力、应变传感器,传感器精度需达到 $\pm 0.1\%FS$ (满量程),以精确捕捉桩体受力变化。同时,在桩周土体中设置孔隙水压力计和位移传感器,监测深度需覆盖桩端以下3-5倍桩径范围,确保全面掌握土体状态。(2)数据实时传输与处理是关键。采用无线传输技术,将传感器采集的数据实时上传至云端平台,传输延迟控制在1秒以内。利用大数据分析算法,对海量数据进行快速处理,实时生成应力-应变曲线、孔隙水压力变化图等,当监测数据超过预设阈值(如桩顶位移超过5mm、应力超过设计值的80%)时,系统立即发出预警,提醒施工人员采取措施。(3)智能决策支持提升管理效率。基于监测数据,结合人工智能模型,预测桩基础未来受力与变形趋势,为施工参数调整提供依据。例如,根据实时监测的土体位移数据,优化后续桩的施工顺序与间距,确保桩基础整体稳定性,将施工风险降低30%以上。

## 3 高层建筑工程桩基础施工技术的发展趋势

### 3.1 向长、大型方向发展

随着高层建筑高度不断刷新、规模持续扩大,对桩基础的承载能力与稳定性提出了更为严苛的要求,向长、大型方向发展成为桩基础施工技术的重要趋势。长桩能够深入到更优质的持力层,有效传递上部结构产生的巨大荷载,减少桩的数量,进而降低基础的沉降风险。其长度可根据工程需求不断突破,目前已有长桩长度超过百米。大型桩凭借较大的截面尺寸,可显著提升单桩的承载能力,满足大型、重型建筑的基础需求。在施工工艺方面,为适应长、大型桩的施工,不断进行创新与优化。成孔设备向大功率、高精度方向升级,如大型旋挖钻机,能高效完成大直径、超长桩的成孔作业。同时,配套的钢筋笼制作与安装、混凝土灌注等工艺也同步改进,确保长、大型桩的施工质量,为高层建筑提供更为稳固可靠的基础支撑,推动建筑行业向更高、更大规模发展<sup>[4]</sup>。

### 3.2 向短、小型方向发展

在高层建筑工程领域,桩基础施工技术正朝着短、小型方向稳步迈进,这一趋势契合多种工程场景需求。短桩入土深度相对较浅,施工时对周边环境的扰动小,能有效降低对邻近建筑物和地下管线的影响,在城市密集区域施工优势明显。小型桩直径较小,占用空间少,在狭窄场地或空间受限的工程中,能灵活布置,充分发挥其适应性强的特点。短、小型桩施工工艺灵活多样,

可采用静压、振动、植入等多种沉桩方式，对设备要求相对较低，施工速度快且成本较低。同时，随着材料科学的进步，新型高强度材料的应用，使短、小型桩的承载能力得到提升。未来，短、小型桩将在既有建筑改造、城市更新等工程中发挥更大作用，推动桩基础施工技术多元化发展。

### 3.3 向多种桩身材料方向发展

高层建筑工程桩基础施工中，桩身材料正朝着多样化方向发展，以满足不同地质条件与工程需求。传统钢筋混凝土桩虽应用广泛，但存在自重大、耐腐蚀性差等不足。如今，新型材料不断涌现。高强度混凝土的应用，提高了桩身的抗压强度，在相同承载力下可减小桩身尺寸，节省材料。纤维增强复合材料（FRP）桩凭借其轻质高强、耐腐蚀的优点，逐渐在沿海地区或腐蚀性土壤环境中崭露头角，其强度可达普通钢材的数倍，且重量仅为钢材的20%-25%，便于运输与施工。此外，钢管混凝土桩结合了钢材与混凝土的优点，钢管对混凝土起到约束作用，提高了混凝土的抗压强度和延性，同时混凝土又防止钢管发生局部屈曲，承载能力大幅提升。

### 3.4 向智能化和自动化方向发展

在科技飞速发展的当下，高层建筑工程桩基础施工正加速向智能化和自动化方向迈进。智能化方面，先进的传感器技术被广泛应用。在桩身内部和周边布置高精度传感器，能实时监测桩的应力、应变、位移等参数，测量精度可达微应变级，位移监测精度能控制在毫米以内。借助大数据分析和人工智能算法，对这些海量监测数据进行深度挖掘，可提前预测桩基础的潜在问题，如不均匀沉降、承载力不足等，为施工决策提供科学依

据。自动化领域，施工设备不断升级。自动化成孔设备可根据预设参数自动调整钻进速度、钻压等，成孔垂直度偏差可控制在极小范围内。钢筋笼制作与安装、混凝土灌注等环节也逐步实现自动化操作，减少人工干预，提高施工效率和质量稳定性<sup>[5]</sup>。

### 结束语

高层建筑工程桩基础施工技术，是保障建筑稳固与安全的核心支撑。从传统到现代，从单一到多元，它不断适应着建筑行业发展的新需求，在长大型、短小型、多种桩身材料以及智能化自动化等方向持续探索创新。这些技术进步不仅提升了施工效率与质量，更增强了桩基础应对复杂地质和荷载条件的能力。未来，随着科技的不断革新，桩基础施工技术必将继续突破，为高层建筑打造更坚实、更可靠的基础，助力城市天际线不断向上延伸，推动建筑行业迈向更高质量的发展新征程。

### 参考文献

- [1]梁宝昌.关于高层建筑桩基础施工技术分析[J].冶金与材料,2021(03):112-113
- [2]王艳芳.高层建筑工程桩基础施工技术分析[J].居舍,2020(30):53-54.
- [3]梁宝昌.关于高层建筑桩基础施工技术分析[J].冶金与材料,2021(03):112-113.
- [4]王艳芳.高层建筑工程桩基础施工技术分析[J].居舍,2020(30):53-54.
- [5]周业深.高层建筑地基基础和桩基础土体施工技术的应用研究[J].住宅与房地产,2020(05):181+193.