

# 高压旋喷桩在软土地基处理中的施工技术研究

王 伟

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 石河子 832000

**摘 要:** 本文聚焦于高压旋喷桩在软土地基处理中的施工技术,深入探讨了该技术的原理以及在软土地基处理中的适用性。详细阐述了高压旋喷桩施工前的准备工作,包括场地勘察、材料与设备准备等关键环节。对施工过程中的各项技术要点,如钻孔、高压喷射注浆等进行了细致分析,并提出了相应的质量控制措施。同时,研究了施工过程中可能出现的问题及解决方法,最后通过实际工程案例验证了高压旋喷桩在软土地基处理中的有效性和优越性,旨在为相关工程实践提供全面的技术参考和理论支持。

**关键词:** 高压旋喷桩;软土地基处理;施工技术;质量控制

## 1 引言

在建筑工程领域,软土地基的处理是一项至关重要且具有挑战性的工作。软土具有含水量高、压缩性大、强度低、透水性差等特性,若不进行妥善处理,会导致建筑物出现不均匀沉降、开裂等严重质量问题,影响建筑物的安全性和正常使用。因此,选择合适的地基处理方法对于确保工程质量和安全至关重要。高压旋喷桩技术作为一种有效的软土地基处理方法,自引入我国以来,在各类工程中得到了广泛应用。该技术通过高压喷射流冲击破坏土体,使浆液与土颗粒充分混合搅拌,形成具有一定强度的加固体,从而提高地基的承载能力和稳定性。与传统的地基处理方法相比,高压旋喷桩技术具有施工速度快、加固效果好、对周围环境影响小等优点,尤其适用于处理软土地基。本文将对高压旋喷桩在软土地基处理中的施工技术进行深入研究,以期为实际工程提供有益的参考。

## 2 高压旋喷桩技术原理

高压旋喷桩是利用钻机将带有特殊喷嘴的注浆管钻至设计深度后,以高压设备使浆液成为20—40MPa的高压喷射流,从喷嘴中喷射出来,冲击破坏土体。同时,钻杆以一定速度逐渐提升,使浆液与土颗粒强制搅拌混合,形成圆柱状加固体。根据喷射方法的不同,高压旋喷桩可分为单管法、二重管法和三重管法。单管法是仅喷射水泥浆液;二重管法是同时喷射高压水泥浆液和空气两种介质;三重管法是同时喷射高压水流、水泥浆液和空气三种介质。不同的喷射方法适用于不同的土质条件和工程要求。

## 3 高压旋喷桩在软土地基处理中的适用性分析

### 3.1 软土地基的特性及处理要求

软土地基主要由淤泥、淤泥质土、软黏土等组成,

具有含水量高、孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低等特点。在软土地基上修建建筑物时,由于地基承载能力不足,容易产生较大的沉降和不均匀沉降,导致建筑物开裂、倾斜甚至倒塌<sup>[1]</sup>。因此,软土地基处理的主要要求是提高地基的承载能力,减少地基沉降,保证建筑物的安全和正常使用。

### 3.2 高压旋喷桩满足软土地基处理要求的优势

3.2.1 提高地基承载能力:高压旋喷桩通过高压喷射注浆,使浆液与土颗粒充分混合,形成具有一定强度的加固体。这些加固体如同桩基础一样,深入土层中,将上部结构的荷载传递到深层土体中,从而提高了地基的承载能力。

3.2.2 减少地基沉降:加固体具有较高的刚度和强度,能够有效约束周围土体的变形,减少地基的压缩变形。同时,高压旋喷桩施工过程中,浆液会填充土体中的孔隙,使土体更加密实,进一步降低了地基的沉降量。

3.2.3 改善地基的不均匀性:在软土地基中,土层的性质往往存在较大的差异,导致地基的不均匀性。高压旋喷桩可以根据地基的实际情况,灵活调整桩长、桩径和喷射参数,使加固体在不同土层中形成良好的过渡,改善地基的不均匀性,减少不均匀沉降对建筑物的影响。

## 4 高压旋喷桩施工前的准备工作

### 4.1 场地勘察

施工前,应对施工现场进行详细的勘察,了解场地的地形地貌、地质条件、地下水位等情况。通过钻探、原位测试等手段,获取土层的物理力学性质指标,为设计施工参数提供依据。同时,查明场地内是否存在地下管线、障碍物等,以便在施工过程中采取相应的保护措施。

### 4.2 材料准备

4.2.1 水泥:一般采用普通硅酸盐水泥,其强度等级

不低于32.5级。水泥应具有出厂合格证和检验报告,进场后应进行抽样检验,合格后方可使用。

4.2.2 水:应使用清洁的淡水,水质应符合混凝土拌合用水标准。不得使用含有油污、酸碱等有害物质的水。

4.2.3 外加剂:根据工程需要,可适当添加外加剂,如早强剂、减水剂等,以改善浆液的性能。外加剂的质量应符合相关标准要求,使用前应进行试验验证。

#### 4.3 设备准备

4.3.1 钻机:根据工程地质条件和设计要求,选择合适的钻机。钻机应具有足够的动力和扭矩,能够满足钻孔深度和直径的要求<sup>[2]</sup>。同时,钻机应具备良好的稳定性和操作灵活性。

4.3.2 高压泵:高压泵是高压旋喷桩施工的核心设备,其工作压力和流量应满足设计要求。高压泵应性能稳定,能够连续、稳定地提供高压浆液。

4.3.3 注浆管:注浆管应具有足够的强度和耐磨性,能够承受高压浆液的冲击和摩擦。注浆管的喷嘴应尺寸准确、光滑,以保证高压射流的喷射效果。

4.3.4 其他设备:还包括空压机、泥浆泵、搅拌机、输浆管等辅助设备,这些设备应性能良好,能够满足施工需要。

#### 4.4 测量放线

根据设计图纸,使用全站仪、水准仪等测量仪器,准确放出桩位,并设置明显的标记。桩位偏差应符合设计要求,一般不大于50mm。同时,测量施工现场的地面高程,为钻孔深度控制提供依据。

### 5 高压旋喷桩施工技术要点

#### 5.1 钻孔

5.1.1 钻机就位:将钻机安装在设计桩位上,使钻头对准桩位中心,偏差不得大于50mm。调整钻机的水平度和垂直度,确保钻孔的垂直度偏差不得大于1%。

5.1.2 钻孔施工:采用合适的钻头和钻进参数进行钻孔。在软土地基中,一般采用泥浆护壁钻孔工艺,以防止孔壁坍塌。钻进过程中,应密切观察钻机的运转情况和钻孔内的泥浆返出情况,及时调整钻进参数。当钻孔达到设计深度后,应进行清孔,清除孔内的杂物和沉渣。

#### 5.2 插管

钻孔完成后,将注浆管插入钻孔内,插入深度应满足设计要求。插管过程中,应缓慢下放,避免碰撞孔壁。当注浆管下放到设计深度后,应再次检查注浆管的垂直度和位置,确保符合要求。

#### 5.3 高压喷射注浆

5.3.1 喷射参数确定:根据工程地质条件、设计要

求和施工经验,确定高压喷射注浆的参数,包括喷射压力、流量、提升速度、旋转速度等。不同的土质条件和喷射方法,其参数也有所不同<sup>[3]</sup>。一般来说,喷射压力越高、流量越大,形成的加固体强度越高,但过高的压力和流量可能会导致土体过度破坏,影响加固效果。

5.3.2 喷射注浆施工:先进行试喷,检查喷射参数是否符合要求。试喷正常后,开始正式喷射注浆。在喷射过程中,应保持高压泵、空压机等设备的正常运转,确保喷射压力和流量的稳定。同时,按照设计要求的提升速度和旋转速度,均匀提升和旋转注浆管,使浆液与土颗粒充分混合搅拌。喷射注浆应连续进行,不得中断。如因故中断,应尽快恢复喷射,并从中断处以下0.5m重新开始喷射,以避免出现夹泥层。

#### 5.4 冲洗注浆管

喷射注浆完成后,应及时将注浆管内的残留浆液冲洗干净,防止浆液凝固堵塞喷嘴。冲洗时,可使用清水,冲洗压力应不低于喷射压力。

#### 5.5 桩头处理

当注浆管提升到设计桩顶标高以上0.5—1.0m时,停止喷射注浆。对桩头进行适当处理,如采用人工或机械将桩头多余的浆液和土体清除,使桩头平整。

### 6 高压旋喷桩施工质量控制措施

#### 6.1 施工参数控制

严格按照设计要求和试验确定的施工参数进行施工,不得随意更改。在施工过程中,应定期检查和校准高压泵、流量计、压力表等设备,确保喷射压力和流量的准确可靠。同时,密切观察钻机的提升速度和旋转速度,保证其符合设计要求。

#### 6.2 浆液质量控制

浆液的配合比应严格按照设计要求进行配制,水泥、水、外加剂等原材料的用量应准确计量。浆液应搅拌均匀,搅拌时间应符合规定要求,一般不少于3min。浆液应随拌随用,避免长时间存放导致浆液性能下降。在施工过程中,应定期对浆液的密度、黏度等性能指标进行检测,确保浆液质量符合要求。

#### 6.3 成桩质量检测

6.3.1 开挖检查:在桩体施工完成后,选取一定数量的桩进行开挖检查,直观观察桩体的成型情况、桩径、桩长等是否符合设计要求。同时,检查桩体与周围土体的结合情况,是否存在夹泥、断桩等质量问题。

6.3.2 钻孔取芯检测:采用钻孔取芯的方法,在桩体中钻取芯样,检测桩体的强度和均匀性。芯样的获取率应不低于90%,芯样应完整、密实,无明显的裂缝、夹泥

等缺陷。对芯样进行抗压强度试验,其强度应满足设计要求。

6.3.3 标准贯入试验或动力触探试验:通过标准贯入试验或动力触探试验,检测桩体周围土体的密实度和强度变化情况,间接评估桩体的加固效果。试验点的布置应具有代表性,试验结果应符合相关标准要求。

## 7 高压旋喷桩施工过程中常见问题及解决方法

### 7.1 冒浆

在喷射注浆过程中,有时会出现浆液从孔口、孔壁或地面冒出的现象,称为冒浆。冒浆的原因主要有:喷射压力过大、土层中有裂缝或孔洞、注浆量过大等<sup>[4]</sup>。解决方法:适当降低喷射压力;对于土层中的裂缝或孔洞,可采用间歇喷射或向孔内填充砂石等方法进行处理;控制注浆量,避免注浆过多。

### 7.2 固结体不垂直或桩径不均匀

固结体不垂直或桩径不均匀主要是由于钻机安装不水平、钻孔偏斜、注浆管旋转不均匀等原因引起的。解决方法:加强钻机安装的稳定性,确保钻机水平;在钻孔过程中,及时调整钻机的钻进方向,纠正钻孔偏斜;保证注浆管旋转均匀,可采用自动旋转装置。

### 7.3 固结体强度不足

固结体强度不足可能是由于水泥用量不足、浆液水灰比过大、土质较差、喷射参数不合理等原因导致的。解决方法:严格按照设计要求控制水泥用量和水灰比;根据土质情况,合理调整喷射参数,如提高喷射压力、降低提升速度等;对于土质较差的地基,可采用多次喷射或与其他地基处理方法相结合的方式进行处理。

## 8 工程案例分

### 8.1 工程概况

某高层建筑项目,建筑面积约为5万平方米,地下2层,地上28层。场地地质条件复杂,地表以下0—5m为杂填土,5—12m为淤泥质软土,12m以下为粉质黏土。由于淤泥质软土的承载能力低,压缩性高,若不进行处理,将无法满足建筑物的地基要求。经过方案比选,决定采用高压旋喷桩对软土地基进行处理。

### 8.2 施工方案

8.2.1 设计参数:桩径采用800mm,桩间距为1.5m,呈正方形布置。桩长根据地质情况和设计要求确定,一般为12—15m。采用三重管法进行喷射注浆,喷射压力不小于35MPa,提升速度为15—20cm/min,旋转速度为10—15r/min。

8.2.2 施工过程:严格按照施工工艺流程进行施工,先进行场地平整和测量放线,然后进行钻孔、插管、高压喷射注浆等工序。在施工过程中,加强对施工参数的控制和浆液质量的检测,确保施工质量符合要求。

### 8.3 效果检测

施工完成后,对高压旋喷桩进行了开挖检查、钻孔取芯检测和标准贯入试验。检测结果表明,桩体成型良好,桩径、桩长均符合设计要求;桩体强度较高,抗压强度达到设计值的1.2倍以上;桩体周围土体的密实度和强度明显提高,地基承载能力显著增强。经过一段时间的沉降观测,建筑物的沉降量较小,且沉降均匀,满足设计要求。该工程案例充分证明了高压旋喷桩在软土地基处理中的有效性和优越性。

### 结语

高压旋喷桩技术在软土地基处理中具有显著的优势,其技术原理先进,适用范围广,施工灵活,加固效果好,能够有效提高软土地基的承载能力,减少地基沉降,保证建筑物的安全和正常使用。在施工过程中,通过做好施工前的准备工作,严格控制施工技术要点和施工质量,及时解决施工过程中出现的问题,可以确保高压旋喷桩的施工质量。实际工程案例也进一步验证了高压旋喷桩技术的可靠性和有效性。随着建筑工程技术的不断发展,对软土地基处理的要求也越来越高。未来,高压旋喷桩技术将不断改进和完善,进一步提高施工效率和质量。例如,研发更加先进的施工设备和喷射工艺,提高喷射压力和注浆效果;加强对高压旋喷桩加固机理的研究,优化设计参数,降低工程成本;探索高压旋喷桩与其他地基处理方法的联合应用,以适应更复杂的地质条件和工程需求。相信高压旋喷桩技术在软土地基处理领域将发挥更加重要的作用,为建筑工程的发展做出更大的贡献。

### 参考文献

- [1]闫科科.高压旋喷桩施工技术在软土地基处理中的应用[J].新城建科技,2025,34(06):160-162.
- [2]马自强.高压旋喷桩施工技术在软土地基处理中的应用研究[J].新城建科技,2025,34(01):156-158.
- [3]张雪鹏.高压旋喷桩施工技术在软土地基处理中的应用[J].建材发展导向,2024,22(12):82-84.
- [4]邓伟.高压旋喷桩在软土地基处理中的应用[J].水利科技与经济,2024,30(12):125-128.