

# 高压旋喷技术在桩基加固处理中的应用

刘江林

浙江省一建建设集团有限公司

**摘要：**作者通过自身经历的工程实例介绍了桩端注浆处理加固桩基质量缺陷的方法并探讨高压旋喷桩提高单桩承载力的机理。

**关键词：**高压旋喷注浆；桩基；加固

## 一、高压旋喷射技术及使用范围

高压旋喷射就是利用钻机引孔至设计处理的深度后用高压泥泵通过安装在钻杆端头的特殊喷嘴向周围土体高压喷射固体化浆液（一般使用水泥浆液）同时钻杆以一定的速度边旋转边提升，高压射流使一定范围内的土体结构破坏并强制与固化浆液混合，凝固后便在土体中形成固结体。高压旋喷射注浆加固技术主要适合第四纪冲积层、残积层及人工填土等。对于砂类土、黏性土、黄土和淤泥等都能加固。但对砾石直径过大、含量过多及有大量纤维质的腐质土质量稍差，有时甚至不如静压灌浆的效果。

## 二、高压喷射注浆提高单桩承载力机理

### （一）改善持力层条件、提高桩的端承力

人工挖孔灌注桩成孔过程中，或因水的浸泡、桩底部成渣较厚等原因造成其强度降低。桩端注浆通过渗透、劈裂和挤密作用使桩端持力层在一定范围内形成浆液和固化体，从而改善持力层的物理力学性能，恢复和提高了持力层强度。桩底沉渣因其强度低严重影响端承力的发挥。桩端注浆就是通过渗透、劈裂和挤密作用改善和消除桩底沉渣的不良影响。

### （二）大幅提高桩侧摩擦阻力

人工挖孔桩护壁与桩周围土体间隙降低了桩侧摩擦阻力，桩端通过高压注浆在压力的作用下，浆液从桩端沿桩侧向上，通过渗透、劈裂充填挤密和胶结作用对桩周围的土质和间隙进行填充和置换，在桩周围形成结石体，从而使桩侧摩擦阻力大幅提高。

### （三）改善持力层受力状态和荷载传递性能

桩端注浆通过渗透、劈裂充填挤密和胶结作用形成桩端扩大头增大了桩端受力面积，并且注浆对持力层加固又改善其受力状态。

试验结果表明，桩端注浆后，桩侧摩擦阻力的提高先于桩端承力的提高。当桩端邻近土层的桩土相对位移 $SZ \leq S_0$ （4-10mm）时，随荷载增加 $SZ$ 增大，桩侧摩擦阻力提高增大，此时桩侧摩擦阻力提高（ $\Delta QS$ ）对单桩承载力提高起主导作用，而桩的端承力潜能尚未被充分发挥。当 $SZ > S_0$ 时，桩侧摩擦阻力下降，而桩的端承力提高（ $\Delta QP$ ）迅速增加，此后桩的端承力提高对单桩承载力提高起主导作用。

## 三、工程实例

宜昌市工人文化宫主楼工程位于隆康路和湖堤街交汇处，建筑面积7474M<sup>2</sup>。该工程坐落处原为南湖，后经人工回填。故地下水丰富，涌于量大，文化宫主楼桩基于一九九五年施工。当时上部结构因其他原因施工至一层框架柱后工程停工。直至2004年重新设计，重新复工。经设计单位对原桩基的承载力的验算不能满足后期重新设计的上部结构荷载要求，因此需对部分桩基进行加固处理，在处理过程中发现需加固的桩基存在较严重的质量缺陷，故对前期的桩基进行全数抽芯检查，结果发现全部的桩身都有不同程度质量缺陷，主要缺陷体现两种：1、桩身在地下水位以下严重离析。2、部分桩出现桩身既有离析桩端又未进入当时设计所要求的砂卵石层。结合抽芯的情况分析前期桩施工时施工条件复杂。混凝土搅拌、运输、浇筑设备及工艺落后，为满足后期的设计荷载要求，所以必须对桩基进行处理，根据现场施工条件和查阅前期人工挖孔桩的施工记录以及地勘报告，决定采用高压喷射注浆消除桩身质量缺陷使其满足设计要求。

该工程地质勘察报告显示，场地内地层为湖泊相沉积物和河流冲积和人工堆积，揭露土层有：杂填土、淤泥、淤泥质土、粉质黏土、卵石土（黏土夹卵石）和砂卵石等。

①杂填土：灰褐色，深灰色，灰黄色，厚度0-1.5m，饱和，流塑状态。

②淤泥：黑色，厚度0.8~1.5m，饱和，流塑状态。

③淤泥质土：厚0.8~8.9m灰黑色，灰绿色，软塑状态，含少量砾石。

④粉质黏土：灰黑色，灰黄色，厚度变化大，厚0~9.1m可塑状态，夹透镜状黏土。

⑤卵石土：灰色，深灰色，黄灰色，在场地质部分布，层位不稳定。

⑥砂卵石：灰黄色，褐黄色，钻孔揭露厚度4.2m，为设计桩基持力层。

⑦场地内地层结构变化大，砂卵石上部的地层分布不连续，厚度变化大，力学性质差，承载力低，分布不均匀，工程地质条件复杂。

## 四、高压旋喷桩的施工工艺

（一）施工前，应对照原桩基施工图纸、基础竣工图、地质条件和周围环境以及对原有桩基进行全数抽芯的结果进行详细调查和分析，并在分析相关资料基础上进行桩端注浆设计，设计主要包括浆液配比、浆液浓度、注浆率、注浆量和注浆压力等参数。喷射范围应在现场通过试验确定。高喷固结体的范围大小与土的种类和其密实程度有较密切的关系，不同的喷射种类和喷射方式所形成的固结体大小也不相同。

（二）由于高压喷射注浆压力大，处理地基和桩身缺陷的处理效果好，对于高压水泥浆流和高压水射流的压力一般选用20 Mpa ~25Mpa，气流压力以空气压缩机的最大压力为限通常为0.7 Mpa左右，低压水泥浆的灌注压力宜在1.0~0.25m/min，旋喷速度控制在15±5cm/min，喷射流主要材料为水泥，采用32.5级普硅水泥，根据需要可在水泥中加入适量的外加剂，以改善水泥浆的性能。试验表明，水泥浆液的水灰比越小，高压喷射注浆处理强度越高，水灰比小于0.8时喷射困难，故本工程水灰比取1.0~1.2。

（三）旋喷注浆的施工步骤：钻孔定位、钻孔、注入注浆管，高压喷射注浆和拔出注浆等基本工序。高压泵通过高压橡胶软管送高压浆液至钻机上的注浆管，进行喷射注浆，实践表明若钻机和高压泵的距离过远，就会增加橡胶管的长度，使高压喷射流的沿程损失增大，造成实际射压力降低的后果。因此钻机和高压泵的距离不宜过远。高压喷射注浆均自下而上进行，当注浆管不能一次提升完成而需分数次卸管时，卸管后喷射的搭接长度不要小于100mm，以保证固结体的整体性。

## 五、质量检测

在选定质量检测方法时，通常有开挖检查法、钻孔检查、标准贯入度试验、荷载试验法等。开挖检查虽简单，但通常在浅层进行，难以对整个固结体进行全面检查；钻孔和标准贯入度是单个固结体质量常用方法。本工程采用了钻孔取芯及标准贯入法进行检验。检验结果满足设计要求。由于水泥水化物与黏土中矿物质继续作用，后期强度将会继续增长，将这种强度的增长作为安全储备考虑。

## 六、结束语

实践证明高压喷射注浆在地基加固和桩基加固处理、提高桩基综合承载力和减少沉降量方面是一种经济合理，技术先进的方法。

## 参考文献

- [1] 蔡英. 某工程桩基事故浅析及处理[J]. 科技资讯. 2006 (04)
- [2] 张银圣, 赵伟. 高压旋喷技术在加固桩底持力层中的应用[J]. 公路与汽运. 2006 (04)
- [3] 夏辉阳. 三重管高压旋喷技术在地基加固中的应用[J]. 工程设计与建设. 2004 (02)
- [4] 雷崇红, 孙树铭. 高压旋喷注浆技术及其应用[J]. 铁道建筑. 2004 (05)