

泵吸反循环在 120 m 超深钻孔灌注桩中的成功应用

詹龙和, 谢秋明, 张青平

(江西省昌水建设工程有限公司, 江西 南昌 330012)

摘要 泵吸反循环在 120 m 超深桩孔的成功应用, 在国内尚属首例。从理论上分析论证了泵吸反循环在超深桩孔中运用的可行性, 并通过积极探索和实践获得了成功, 在泵吸反循环施工方面取得了新的突破。

关键词 温州世贸中心大厦, 钻孔灌注桩, 泵吸反循环, 超深桩孔

中图分类号: TU473.1⁺4 文献标识码: B 文章编号: 1672-7428(2004)10-0004-02

由我公司组织施工的温州世贸中心大厦基础工程采用钻孔灌注桩, 主楼桩孔直径为 1100 mm, 孔深为 90~120 m, 要求孔底沉渣厚度 ≤ 50 mm。由于桩孔超深, 成孔质量要求高, 根据设计对孔底沉渣的要求, 施工工艺必须采用反循环才能满足。按以往泵吸反循环的施工情况, 目前尚无施工超深桩孔的成功经验, 一般深度为 70 m 左右, 我公司曾经施工的最大深度也仅为 90 m。因此, 在最初的施工方案制订时, 曾准备先用泵吸反循环施工至 80~90 m, 然后改换气举反循环工艺施工。但是, 采用该施工方案有它的弊端, 即施工成本较高, 施工效率也难于真正发挥。因为施工中途改换气举反循环工艺, 必须重新更换气举反循环装置, 耽误纯钻时间。对于该工程而言, 我公司计划上 6 台套 GPS-30A 型钻机和 4 台套 GPS-20HA 型钻机施工超深桩孔, 这样势必相应增加许多空压机和配套设施, 施工成本可想而知。能否突破泵吸反循环施工的深度极限, 创造新的施工深度记录, 是顺利完成该桩基工程的关键, 为此, 我公司施工技术人员进行了积极的理论求证和实践探索。

首先我们根据泵吸反循环的工作原理和压力平衡条件进行理论分析论证, 在理论上证明了泵吸反循环能够在 120 m 超深桩孔中发生, 然后用理论指导实践, 精心施工, 终于获得了成功。

1 泵吸反循环工作原理及钻进深度分析

1.1 泵吸反循环工作原理

泵吸反循环主要利用砂石泵产生的吸力来形成泥浆反循环, 孔内冲洗液在大气压力作用下从钻杆与孔壁间的环状间隙流入孔底, 并携带钻削下来的

岩土钻渣从钻杆内腔返回地面上的泥浆池, 土、砂、砾和岩屑等大颗粒钻渣便沉淀下来, 冲洗液自流回孔内形成反循环。其钻效高、孔底沉渣少、孔壁泥皮薄、桩身质量好。

1.2 采用 $\varnothing 245$ mm 钻杆时泵吸反循环工作压力平衡条件分析

根据泵吸反循环的工作原理, 可建立泵吸反循环工作压力平衡方程式:

$$10^{-4}h_1(\gamma_b - \gamma_a) + 10^{-4}h_2\gamma_b + p_1 + p_2 + p_3 + v^2/(2g) < \text{吸程}$$

式中 h_1 ——钻孔内冲洗液面以下钻杆长度, m; γ_a ——冲洗液重度, N/m^3 ; γ_b ——钻杆内携带钻渣后冲洗液重度, N/m^3 ; h_2 ——砂石泵叶轮中心到孔内冲洗液面高度, m; p_1 ——孔底钻头吸水口水头损失, m 水柱; p_2 ——钻杆和吸水管沿程水头损失, m 水柱; p_3 ——孔壁和钻杆间环形断面沿程水头损失, m 水柱; v ——钻杆内冲洗液上返速度, m/s ; g ——重力加速度, $10 \text{ m}/\text{s}^2$ 。

根据温州世贸中心大厦施工实际情况, 各参数假定为 $h_1 = 120$ m, $h_2 = 0.5$ m, $\gamma_a = 11500 \text{ N}/\text{m}^3$, 钻杆直径 245 mm、内径 205 mm, 砂石泵泵量 120~180 m^3/h , 吸程为 8 m。

1.2.1 方程式中左边各项水头损失分析

(1) 冲洗液上返速度

冲洗液上返速度可按下式计算:

$$v = 4Q/(3600\pi d^2)$$

式中 v ——冲洗液上返速度, m/s ; Q ——泵量, m^3/h ; d ——钻杆直径, m。

以泵量为 150 m^3/h 时为例, 可算出 $v = 1.26 \text{ m}/\text{s}$, 其流速能满足泥浆携带钻渣排出孔外的要求。

收稿日期 2004-09-14

作者简介: 詹龙和(1953-)男(汉族), 江西婺源人, 江西省昌水建设工程有限公司高级工程师, 水文地质专业, 从事水文地质与工程地质、大口径桩基施工工作, 江西省南昌市罗家镇北省水文地质大队院内(0791)8195006, jzx@jxgky.com。

(2) $10^{-4}h_1(\gamma_b - \gamma_a)$ 为钻杆内外冲洗液重度不同造成的水头损失。假定 $\varnothing 1100$ mm 钻孔在强风化岩层纯钻效率为 1 m/h , 岩屑重度为 24000 N/m^3 , 则

$$10^{-4}h_1(\gamma_b - \gamma_a) = 1.82 \text{ m 水柱}$$

(3) $10^{-4}h_2\gamma_b$ 为砂石泵安装高度水头损失, h_2 越小越好。

$$10^{-4}h_2\gamma_b = 0.58 \text{ m 水柱}$$

(4) 根据流体力学实验结果 p_1 可用下式近似计算:

$$p_1 = 0.5v^2/(2g)$$

经计算 $p_1 = 0.04 \text{ m 水柱}$ 。

(5) 假定钻杆和吸水管接头光滑, 且内径一致, p_2 可按下式计算:

$$p_2 = \lambda(L/d)v^2/(2g)$$

式中: λ ——钻杆内水头损失阻力系数, 与冲洗液流态有关, 当泵量 $120 \sim 180 \text{ m}^3/\text{h}$ 时, 根据流体力学 λ 可按 0.025 计算; L ——钻孔内钻杆长度(120 m)和地面吸水管长度(10 m)之和; v ——冲洗液上返速度, m/s ; d ——钻杆内径, $d = 0.205 \text{ m}$; g ——重力加速度, 10 m/s^2 ;

经计算 $p_2 = 1.26 \text{ m 水柱}$ 。

(6) 孔壁和钻杆的环形断面间冲洗液流速可按下式计算:

$$v = 4Q/[3600\pi(D^2 - d^2)]$$

式中: v ——冲洗液孔内流速, m/s ; Q ——泵量, m^3/h ; d ——钻杆直径, m ; D ——钻孔直径, m 。

可算出 $v = 0.046 \text{ m/s}$, 因冲洗液流速很小, p_3 可忽略不计

(7) $v^2/(2g)$ 为动力水头。

$$v^2/(2g) = 1.26^2/(2 \times 10) = 0.08 \text{ m 水柱}。$$

1.2.2 方程式左边各项水头损失之和

$$\Sigma p = 3.78 \text{ m 水柱} < 8 \text{ m 水柱}。$$

1.2.3 分析结果

根据以上计算分析, 当孔深 120 m 时, 循环管路中的水头损失远小于砂石泵吸力, 这就从理论上证明了在使用 $\varnothing 245 \text{ mm}$ 钻杆情况下, 泵吸反循环施工工艺可以应用于 120 m 的深孔, 并且有较好的效果。

同理, 对 $\varnothing 194 \text{ mm}$ 、 168 mm 钻杆也可采用以上的方法进行分析, 孔深 120 m 时, 式左边各项水头损失之和分别为 5.54 m 水柱 、 9.27 m 水柱 。

以上结果表明, 对于 $\varnothing 194 \text{ mm}$ 钻杆来说, 只要控制泵量, 在孔深 120 m 时, 泵吸反循环尚可以发生, 但对于 $\varnothing 168 \text{ mm}$ 钻杆来说, 孔深在 120 m 时, 用同样的砂石泵, 泵吸反循环基本上是不能发生的, 从

而在理论上证明了在使用 $\varnothing 168 \text{ mm}$ 钻杆情况下, 泵吸反循环施工工艺不宜用于 120 m 的深孔。

2 影响泵吸反循环施工的因素

2.1 钻杆内径

反循环钻进时, 冲洗液在钻杆及地面吸水管内的沿程损失较大, 水头损失与钻杆内径的 5 次方成反比, 使用 $\varnothing 245 \text{ mm}$ 钻杆, 水头损失明显降低, 这与使用内径 $\varnothing 250 \text{ mm}$ 导管二次清孔时反循环效果更好是相吻合的。

2.2 钻进速度

钻杆内外冲洗液重度不同造成的水头损失较大, 钻进速度快, 钻杆内冲洗液重度增大, 钻杆内外冲洗液重度不同造成的水头损失增加, 当地层为强~中风化时, 钻进速度较低, 钻杆内外冲洗液重度不同造成的水头损失较小, 可以增加钻进深度。

3 泵吸反循环在超深桩孔的成功应用

有了上面的理论推导, 我们认为在 120 m 超深桩孔中实现全孔泵吸反循环是可行的。

(1) 拟建场地工程地质、水文地质条件适宜, 场地地层主要由杂填土、粘土、淤泥及淤泥质粘土、深部粘性土、坡残积粉质粘土混碎石、风化基岩等 9 个工程地质层组成。场地表层地下水属潜水型, 水位随大气降水季节变化, 年水位变化约 3.0 m , 勘察期间稳定水位埋深为 $0 \sim 2.05 \text{ m}$ 。

(2) 选择配套的施工设备, 特别是钻杆直径和机械性能良好的砂石泵, 我们采用了 6 台 GPS-30A 型钻机配套 $\varnothing 245 \text{ mm}$ 钻杆, 6BSA 型砂石泵, 主要用于施工 $90 \sim 120 \text{ m}$ 桩孔, 4 台 GPS-20HA 型钻机配套 $\varnothing 194 \text{ mm}$ 钻杆, 6BSA 型砂石泵, 主要用于施工 $90 \sim 95 \text{ m}$ 桩孔, 2 台 GPS-15 型钻机配套 $\varnothing 168 \text{ mm}$ 钻杆, 6BS 型砂石泵, 主要用于施工 $60 \sim 80 \text{ m}$ 的 $\varnothing 800 \text{ mm}$ 桩孔。选择的钻杆直径符合上述理论推导的钻孔深度, 使用的砂石泵均为新购设备, 最大流量 $180 \text{ m}^3/\text{h}$ 、吸程 8 m 水柱。

(3) 为保证泵吸反循环的顺利启动, 安装时, 要尽量减小砂石泵的安装高度, 使用法兰盘连接的钻杆, 做好钻杆接头的密封, 防止假循环现象。

(4) 施工实践证明, 通过精心组织和准备, 各机台均成功使用了泵吸反循环施工, 直至终孔, 反循环启动运转正常, 排渣效果良好, 完全满足了施工需要, 孔底干净, 也有利于滚刀钻头的施工, 满足了成桩设计沉渣的要求。