

# 珠海淇澳大桥漏水桩孔泵吸反循环顶漏钻进工艺

李效愚<sup>1</sup>, 王泽华<sup>2</sup>, 易健鹰<sup>2</sup>

(1. 湖南煤田地质局, 湖南 株洲 412000; 2. 湖南煤田地质局第二勘探队, 湖南 涟源 417100)

**摘要** 介绍了在珠海淇澳大桥严重漏水桩孔中顶漏进行泵吸反循环钻进的方法与效果, 阐述了泵吸反循环顶漏钻进的理论依据。

**关键词** 珠海淇澳大桥, 钻孔灌注桩, 漏水, 泵吸反循环钻进, 顶漏钻进

中图分类号: U433.15<sup>+</sup>4 文献标识码: B 文章编号: 1000-3746(2002)02-0022-02

泵吸反循环钻进以其钻进效率高、排渣效果好而广泛应用于钻孔灌注桩施工。但这种工艺要求有充足的水量, 遇桩孔漏水则必须堵住漏失, 否则循环难以进行下去。有时往往因为堵漏困难而耗费大量堵漏材料与时间, 甚至陷入进退两难的困境。我们施工时发现, 如果孔壁比较稳定, 可采用顶漏钻进, 通过采取一系列相应的技术措施继续实施反循环。珠海淇澳大桥工地 14 个漏水桩孔, 便是采用泵吸反循环顶漏钻进方法顺利成孔的。

## 1 前期堵漏工作

淇澳大桥位于珠江入海口, 连接珠海市唐家镇和淇澳岛。8 号墩位于大桥靠近淇澳岛一侧的水道内, 4 个  $\varnothing 2.0$  m 桩孔原由某基础工程公司施工, 因桩孔严重漏水, 该公司先后采取了接长护筒、投黄土、灌水泥等多种处理措施, 每孔投入黄土数千包、灌注水泥 10 余 t, 但 7 个多月时间里仅堵成 1 孔, 被迫中途撤出工地, 留下 3 个半截孔和引 3 号墩 4 个尚未施工的桩孔。

随后, 总包方以高压帷幕注浆方法堵漏, 在每个桩孔周围钻进 4 个小孔, 采用下行式分段重复注浆方法压入水泥浆, 试图使砂砾层或基岩破碎带压浆范围内形成完整的密实体, 但未成功。

我们接受遗留桩孔的成孔任务后, 曾在 8-2 孔中投粘土堵漏, 历时 10 余天, 亦无效果。

## 2 漏水原因分析与对策研究

为摸清桩孔严重漏水原因, 总包方委托工勘单位对 8 号墩的工程地质情况进行了补充勘探, 在 8-1 桩和 8-2 桩桩位上完成了 2 个勘探孔。根据补勘资料得知, 桩位处地层分布自上至下分别为: 含砾砂层(厚 1.5~2 m)、强风化花岗岩(6~7 m)、中风化花岗岩(3~9 m)、微风化花岗岩。其中含砾砂层的砾石直径 3~5 cm 不等, 含量在 40% 左右, 钢护筒在此层中难以沉入。加上基岩面倾斜, 护筒往往下不到预定位置(强风化花岗岩层), 护筒底一侧或整个护筒底均位于含砾砂层中, 钻进时严重漏水。砂层下的强风化和中风化花岗

岩层受断层破坏, 裂隙特别发育, 一旦揭露受海水浸泡后也具有极强透水性, 渗透系数  $k > 7 \times 10^{-2}$  cm/s。前述 3 个半截孔均在含砾砂层或强风化基岩中停钻。由于护筒以下透水层层段长、范围大, 堵漏十分困难。

通过了解前期堵漏情况、分析漏水原因和堵漏实践, 我们对堵漏的难度有了比较清楚的认识, 决定顶漏进行泵吸反循环作业。同时对其可行性作了论证, 充分考虑了几个有关的问题。

(1) 循环水量问题。在一般情况下, 当桩孔内冲洗液漏失量较大时必须向孔内供水, 否则动水位下降, 往往使砂石泵抽空。而用水泵供水不仅增加设备投入和电力消耗, 且不易保持水头的稳定。我们认为, 由于护筒下不到底, 使桩孔内外建立了水力联系, 如果有意识地加强这种联系(比如从护筒上开孔引海水到桩孔内), 则桩孔内水位下降到与海平面一致后便不再下降, 而随海水一起涨落(涨落幅度为 2~3 m), 循环水处于动态平衡中, 孔内回灌量与抽吸量相同, 因此无需另外注水。

(2) 孔壁稳定问题。众所周知, 大口径桩孔确保成孔阶段孔壁稳定的关键在于孔内水头高度的选择。由土力学圆孔稳定原理的计算可得水头高度一般为 2 m 左右。但就淇澳大桥的桩孔来说, 由于护筒以下是基岩, 只有护筒底部附近有一段 1.5~2.0 m 厚的含砾砂层, 所以即使桩孔严重漏水、孔内外水头高度差为 0, 也不会发生大的孔壁坍塌事故。向孔内涌砂的情况虽有可能出现, 但可以处理, 不会危及桩孔安全。

(3) 水龙头顶部到孔内液面的高度( $H$ )问题。泵吸反循环的形成主要靠砂石泵的有效吸程, 如果  $H$  值太大, 势必增加有效吸程的损失, 直接影响到砂石泵的起动效果。据文献介绍, 一般控制水龙头顶部至孔口液面高差在 5.5~5.8 m 以内。桩孔严重漏水时孔内液面下降,  $H$  值增大, 确实不利于形成反循环。但我们觉得在砂石泵有效吸程范围内, 仍然可以通过做工作, 尽量减少其他损失, 寻求最大的  $H$  值, 使得砂石泵能正常起动和维持反循环。

收稿日期: 2001-06-08; 改回日期: 2001-12-12

作者简介: 李效愚(1948-), 男(汉族), 湖南长沙人, 湖南煤田地质局高级工程师, 探矿工程专业, 从事基础施工技术管理工作, 湖南省株洲市建设中路(万方数据)50。

### 3 泵吸反循环顶漏钻进的理论依据

对于泵吸反循环来说,孔底含岩渣的冲洗液从钻头吸渣口经管路进入砂石泵泵腔内的全部能量消耗,由泵腔内的负压来补偿。根据伯努利方程的原理,以砂石泵内腔某一点为基点,可写出泵吸反循环的能量平衡方程:

$$P_0 - P_r = P_H + P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

即:

$$P_H = (P_0 - P_r) - (P_1 + P_2 + P_3 + P_4)$$

式中: $P_0$ ——大气压力; $P_r$ ——蒸气压力; $P_H$ ——水龙头到液面高度  $H$  形成的压力损失; $P_1$ ——钻头水口处的压力损失; $P_2$ ——钻杆内外冲洗液密度差形成的压力损失; $P_3$ ——砂石泵入口处的压力损失; $P_4$ ——冲洗液沿程压力损失。

$P_0 - P_r$  表示砂石泵泵腔内的有效负压。由于施工场地位于海平面附近,大气压力  $P_0$  具有最大值(760 mm 汞柱或 10.3 m 水柱),此时  $P_0 - P_r$  亦最大。为了保证  $P_0 - P_r$  不因管路漏气而受到损失,要采取一系列加强钻具密封的措施。而尽量缩短地面管路和使用清水钻进,则可减小  $P_1$ 、 $P_3$  和  $P_4$  值,从而争取  $P_H$  有最大值,使顶漏钻进在最低潮水位时也能进行。此处所说的  $P_H$  有最大值,是在尽量降低机上主动钻杆高度(现场配有 1.60 m 长的短钻杆)的前提下,亦即从孔口至液面的最大值。在 5-3 孔,我们曾随机抽测得钻进时水龙头顶部与孔内液面的距离为  $H=6.29$  m,其中护筒口至液面距离 3.65 m(最高潮水位时的距离为 2.10 m),上返冲洗液密度按  $\gamma_{内}=1.05$  kg/L 计,则有:

$$P_H = H\gamma_{内} = 6.29 \times 1.05 = 6.60 \text{ (m 水柱)}$$

如果在最低潮水位时测量,  $P_H$  还可能更大。而砂石泵标定的真空度为 8 m 水柱,说明泵腔内的负压,已绝大部分用于补偿冲洗液在这段距离内上返所消耗的压头,也就是说,驱动冲洗液进行反循环的压力(压力值等于泵的真空度),主要损失在冲洗液从桩孔液面上升到水龙头顶部的过程中,而其他压力损失很小。

### 4 泵吸反循环顶漏钻进的做法与效果

施工设备采用 GPF-2000 型钻机和 6BS 型砂石泵组,钻杆为  $\text{O}180 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$  法兰连接式,钻头为钢结硬质合金楔齿滚刀钻头。

在护筒内钻进时不漏水,冲洗液流向为正循环,出护筒底部后冲洗液漏失,改为泵吸反循环顶漏钻进。其操作十分简单,主要措施是趁最低潮水位时在护筒外表面贴近海平面处割一矩形引流口,并加长砂石泵出水胶管长度,启动反循环后将出水胶管的渣水混合物直接排向大海,而纯净的海水则通过护筒引流口流向孔内,形成一种特殊的反循环(见图 1)。由于流向孔内的是洁净的海水,所以排出孔口的冲洗液密度很低,一般不超过 1.05 kg/L。开引流口可以防止从护筒底抽上砂砾,有利于反循环,也有利于稳定护筒。

顶漏钻进的其它操作与平时的泵吸反循环基本相同,从加强吸水管路的密封、降低各项压力损失出发,我们还采取了一系列措施:

(1) 改钻杆的插齿式连接为法兰盘连接,并在液面以上钻杆的法兰连接处增加一个密封胶垫;

(2) 加强水龙头和砂石泵密封处的检查,及时换下磨损

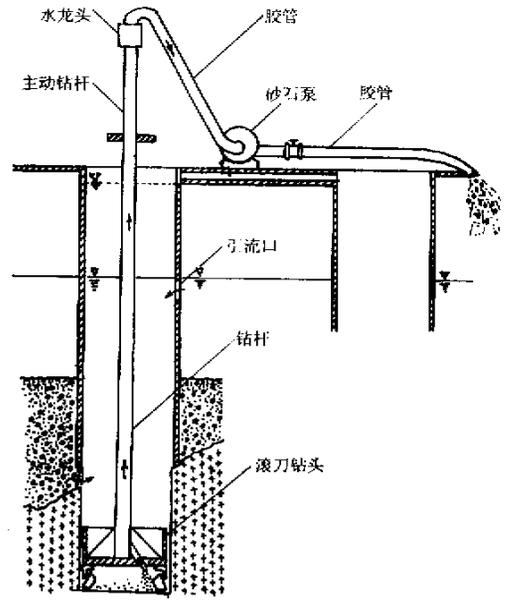


图 1 泵吸反循环顶漏钻进示意图

失效的密封件;

(3) 在水龙头调整螺母与心管间、主轴与连接法兰间的环状间隙中加注机油,在法兰连接处的螺孔中加注黄油,加强了密封效果,减少了密封圈的磨损;

(4) 水龙头到砂石泵的地面管道缩短为 7~8 m。

钻进过程中孔内液面与海平面始终保持一致,退潮时液面也随之下降 2~3 m。此时只要孔内液面与水龙头顶部的距离保持在 6~7 m 以内,反循环就可以继续。泵量、冲洗液上返速度、排渣情况等与普通泵吸反循环钻进相比无大的变化。只是在退潮过程中如果停钻,要启动反循环比较困难,需多次以正循环方式向钻杆内灌水驱走空气,如无效则必须待涨潮后再启动。

在顺利完成 8 号墩第 2、4、1 号桩的成孔任务后,我们又以同样方式完成了引 3 号墩 4 个桩孔。操作上稍不同的是增加了停钻排渣和加接护筒的程序。引 3 号墩位于淇澳岛岸桩边,桩位处强风化花岗岩受断层破坏更严重,钻进到护筒以下 2 m 后因孔内渣多加不上钻杆。于是停止钻进,反循环排渣。此时护筒下沉 1.3~1.5 m,加接护筒,继续排渣,待孔内干净后恢复正常钻进。后期施工的引 1、引 2 和 9 号墩 7 个桩孔均以此法完成。上述 14 个孔累计进尺 344.54 m,平均孔深 24.61 m,最大孔深 41.05 m(8-4 孔)。

### 5 结语

在某些特定的情况下,漏水桩孔可顶漏实施泵吸反循环钻进。这样可以节约大量的堵漏材料和堵漏时间,提高施工的经济效益。珠海淇澳大桥 14 个  $\text{O}2.0 \text{ m}$  桩孔 344.54 m 进尺的施工实践表明,泵吸反循环顶漏钻进的方法是成功的。

参考文献:

- [1] 李启后. 关于泵吸反循环钻探的若干问题[J]. 探矿工程, 1989, (6).