

# 泥水平衡法顶管工艺在某截污工程中的应用

张金山

(广州市芳村区市政建设工程公司 广州 510370)

摘要:顶管施工技术对于埋深较大的闹市区地下管道施工具有明显优势,经济和社会效益显著,近年逐渐被推广应用,文中结合工程实例对施工中遇到的问题提出经验解决方法,并对施工结果进行初步探讨。

关键词:泥水平衡法;顶管;市政工程;施工

## 1 工程概况

广州市马涌东段截污工程C标位于海珠区西北部,属马涌南岸截污管道工程,排水管道全长约1300m,其中顶管施工段长约206.5m,分两段顶进,长度分别为141.5m和60m,顶管覆土厚度约8.5m。

该场地距堤岸边约6m,顶管段地质条件较复杂,且地下水位较高(约-1.0m),土层含水饱和,从上到下依次为杂填土层(厚约2m)、淤泥质土层(厚约1~4m)、淤泥质砂层(厚约2~10m,在不同断面分别表现为淤泥质粉细砂、淤泥质中砂、淤泥质粗砂)、粘土层(厚度约6~10m)、微风化白云质灰岩等,顶管施工主要在淤泥质砂和粘土层中进行。

## 2 顶管方案的选取

由于本工程顶管段施工场地和地质条件较为复杂,若采用手掘式顶管则较难保证施工安全,经顶管专家组研究,决定选择图1所示的土压泥水平衡顶管掘进机进行施工。该掘进机的开挖面具有两种平衡机理,大刀盘用于平衡开挖面的土压力,使其在主、被动土压力之间,而泥水系统的压力则用于平衡开挖面的地下水压力,这种双重平衡机理的掘进机对地表隆沉的控制精度是很高的,一般对D800掘进机其控制值可达5mm以下。此外,该掘进机的操作在地面控制室进行,采用激光导向和闭路电视

监控,具有自动化程度高,质量易控制等特点。

顶管管径800mm,管壁厚90mm,每节管长2.5m,混凝土强度C50,采用F型接口(如图2),管端头采用12mm厚胶合板作为衬垫,接口采用优质橡胶条止水,管壁预埋压浆管。

工作井为矩形,尺寸为7.5m×5.5m,深9.0m;接收井为圆形,直径2m,深9.0m;围护结构采用深层搅拌桩形成止水帷幕,在人工挖孔成井后进行垫层、集水井、底板、内衬墙等的施工。

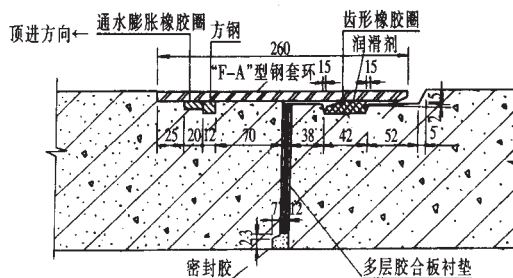


图2 F型管接口

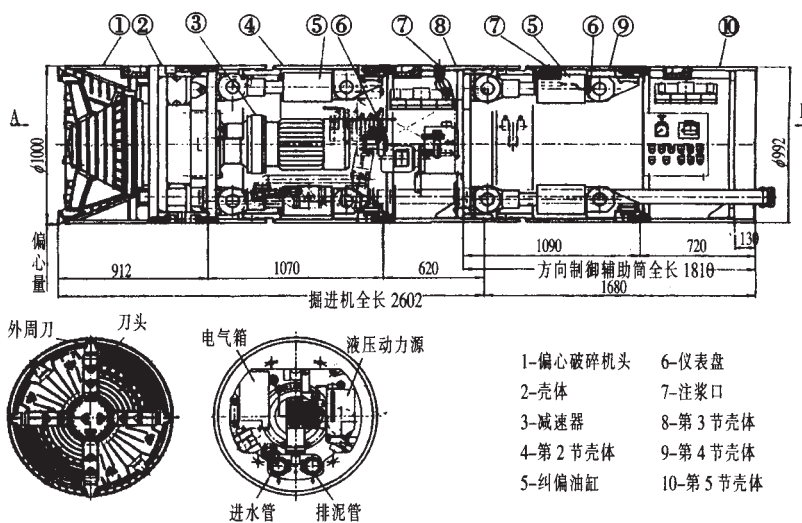


图1 偏心破碎泥水顶管机剖面结构

### 3 泥水平衡式顶管施工的主要工序

#### (1) 顶进前的准备

对所有机械设备需进行交接班检查,设备运转记录应交下一班组,对控制台、泥浆泵、管道、测量系统、工具头等进行例行检查。

#### (2) 工具头刀盘转动和进出泥浆泵开启

上述检查完毕后,接通电源使工具头刀盘转动,待设备参数稳定后启动进出泥浆泵开始泥浆循环。

#### (3) 顶进并将进出泥浆泵流量调至平衡

工具头的操作全部采用管道外(工作井上)控制台控制,只需1人操作即可实现工具头刀具转动和纠偏控制、压力显示、实时监控等。顶进千斤顶后,观察工作仓的土压力表,调节泥浆泵流量达到工作仓泥水平衡,其原理是当进泥和吸泥泵稳定工作时,调节进泥量和吸泥泵量,使工作仓内泥水压力与地下水压力保持平衡,若压力过大或过小都将导致地面隆起或沉陷,因此控制顶进与出泥速度是相当关键的。

#### (4) 泥水处理系统处理砂土并装车外运

采用泥水平衡式工具头出土,需在工具头中注入达到一定含泥量的泥浆,通过大刀盘切削工具头前方的原状土,与注入的泥水搅拌后,泥水通过吸泥泵排到地表泥水处理系统处理,泥浆则可反复循环使用,处理好的泥砂用汽车外运。

#### (5) 工具头偏位测量、记录及纠偏

在工作井后座设有测量机座,由地面引入地下,避免工作井变形引起的误差,激光经纬仪放置在其上调平后,激光沿顶进方向水平射出,打在工具头测量靶位上,再通过望远镜读出工具头的偏差,每隔0.5m记录一次。

当顶进中发现管位偏差达5mm时应立即进行校正,纠偏应缓慢进行,使管节逐渐复位,可采用工具头自身向各方纠偏,每次调整幅度为5mm,再顶进1m时如根据工具头测斜仪及激光经纬仪测得偏差仍未减小,则可加大纠偏力度,否则可保持原力度继续顶进。

#### (6) 整体式顶进构架顶块调整

在完成一个行程

(1m)的顶管后,停止顶进并调节整体式顶进构架顶块,再继续顶进下一个行程。

#### (7) 触变泥浆系统

压触变泥浆系统由拌浆、注浆和管道三部分组成,其中拌浆是把注浆材料兑水后搅拌成所需浆液,静置24h后方可使用;注浆通过注浆泵进行,根据压力表和流量表控制注浆压力(控制在水深的1.1~1.2倍)和注浆量(以计量桶控制)。管道分为总管和支管,总管安装在管道内侧,支管则把来自总管的浆液输送到每个注浆孔,注浆孔分布为:工具头后3节混凝土管各设1道,往后每隔5m设1道补浆孔。注浆流程为造浆静置→注浆→顶管推进→注浆→顶管停顶→停止注浆。

#### (8) 管线开拆和混凝土管吊装

每顶完一节管后,拆开所有管线(电力电缆、信号线、油管、进出泥浆管、触变泥浆管),进行混凝土管吊装,然后重新安装上述管线后继续顶进。

### 4 施工结果分析

#### 4.1 顶进速度与主顶压力的关系

根据施工现场得到的数据,得出顶进速度与主顶压力的关系曲线(如图3),可见两者呈反比关系。

#### 4.2 顶进距离与顶力的关系

注浆压力一般控制在0.2~0.3MPa,时间一般为20~60s,随顶进距离的增大可适当延长。在注浆减摩作用下,现场记录的数据及顶力与顶进速度的关系曲线如图4所示,可见顶力大小和注浆效果呈现上下波动趋势,反映注浆减摩效果较好。

### 5 几点经验及体会

5.1 与其它类型顶管相比较,泥水平衡顶管施工的总推力较小,尤其在粘土层表现更为突出,较适合于长距离的顶管施工。(下转第26页)

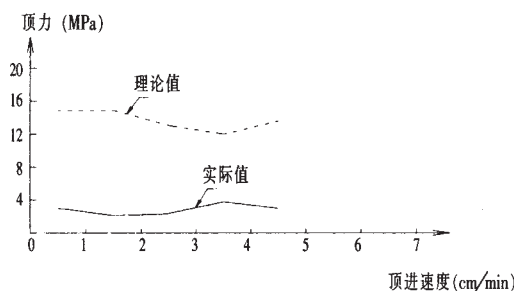


图3 顶进速度与顶力关系曲线图

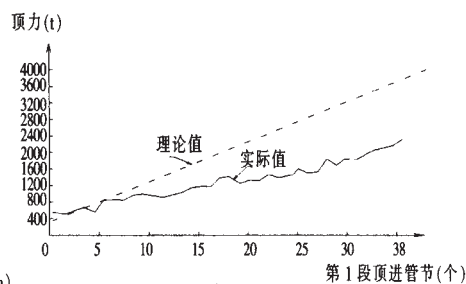


图4 顶进距离与顶力关系曲线图

根据规范要求,结合场地复杂地质情况,对修改后的桩进行超前勘探,遇到溶洞顶板的采用增加超前钻数量圈定洞体范围。经对 217 根桩进行钻探,共有 134 根桩持力层下存在溶洞,溶洞最高达 12.0m,最宽 4.6m,见洞率 61.8%。在桩施工过程中孔深普遍钻进 15.2m,最深为 30m,就能选到满足设计要求的持力层。由于桩基进行了修改,使得桩施工中可能遇到的问题可以采取相应的技术措施来解决,确保了桩基安全和施工质量,加快了施工进度,起到了积极的作用。经过 4 个月的施工,本工程桩基施工顺利完成,桩混凝土用量(理论用量=桩孔面积×桩长)为 1647.37m<sup>3</sup>,比原桩理论用 1990m<sup>3</sup> 减少了 19%,达到预期的目的。

经质检部门对全部 219 根桩进行动载测试检验,其结果为桩身质量Ⅰ、Ⅱ类的桩占 98%,Ⅲ类桩共 4 根,主要缺陷为桩端质量不合格,即持力层下卧溶洞或其它溶蚀现象。经对 5 根桩(含 3 根桩端有明显缺陷的Ⅲ类桩)进行单桩静载荷试验,单桩竖向极限承载力标准值满足设计要求,其结果见表 1。

表 1 静载试验结果

桩号	桩长 (m)	最大 沉降量 (mm)	残余 沉降量 (mm)	单桩承载力 特征值对应 沉降量(mm)	PIT检测 基桩类别
135	27.7	8.69	2.43	3.55	Ⅱ
补 183	14.3	10.33	4.68	3.24	Ⅱ
177	16.6	6.82	1.92	2.76	Ⅲ
71	17.9	7.19	1.73	2.77	Ⅲ
91	18.8	9.2	4.28	3.19	Ⅲ

注) 桩径 800mm,单桩承载力 2700kN,  
最大试验荷载 5400kN,极限承载力≥5400kN。

实践证明,笔者提出的解决方案是行之有效的,不但能确保安全和取得良好的经济效益,还实现了业主对工期要求的目标。

4 结束语

本工程地处地质复杂多变的石灰岩地区,岩溶相当发育,冲孔灌注桩在本地区建筑物和市政桥梁建设中被普遍采用,是一种常用桩型。根据规范“冲孔灌注桩能穿透旧基础、大孤石等障碍物,但在岩溶发育地区应慎重使用”的规定,笔者建议适当增加勘察点,特别是溶洞需摸清洞体内的情况,取得较全面准确的地质资料,才能为设计施工提供有效依据,再根据地质勘察报告慎重选择桩基参数。

此外,根据实际施工经验和周边在建或已建建筑物桩基的处理经验,结合地质资料与超前钻资料、桩型、桩径及单桩承载力特征值进行综合研究分析,及时提出有建设性的方案,供参建各方研究,已确定安全经济合理的最佳方案。

本工程结合实际地质条件,选择较小桩径和降低单桩承载力,选择较浅层微风化岩石作为桩端持力层,这对于本地区桩基工程的处理,提高施工质量和加快施工进度,节约成本等,是能起到一定参考作用的。

参 考 文 献

1 GB 50007-2002 建筑地基基础设计规范

2 JGJ 72-90 高层建筑岩土工程勘察规程

3 JGJ 94-94 建筑桩基技术规范

(上接第 36 页)

5.2 工作坑内作业环境好且安全,由于采用泥水管道输送弃土,故不存在危险作业及危害健康等问题,且泥水输送弃土连续作业,有利于加快施工进度。

5.3 所需作业场地较大,设备复杂,一旦有个别元件出现故障,就需全面停止施工,故设备成本较高。

5.4 当掘进机停工时,必须注意防止泥水从土层、洞口及其它地方流失,从而导致挖掘面失稳,尤其是出洞一段时间内更应防止洞口止水圈处发生渗漏。

5.5 在掘进过程中,应注意观察地下水压力的变化情况,并及时采取相应的措施和对策,才能保持挖掘面的稳定。

5.6 遇到覆土层厚度较小或渗透系数特别大的砂砾或卵石层时,泥水较易溢到地面或渗透到地下水中,致使无法形成泥水压力,使施工受阻。

5.7 在顶进过程中,应随时观察挖掘面的稳定情况,经常检查泥浆浓度和相对密度是否正常,以及进排泥泵的流量及压力是否正常等,防止排泥泵排量过小导致排泥管淤积和堵塞。