

东海大桥主墩大直径钻孔灌注桩钻头设计

王文明, 吴初兴

(上海广联建设发展有限公司, 上海 200438)

摘 要 : 针对钻头包泥堵钻和钙质胶结层难以进尺等影响钻进效率的几个问题 , 对刮刀钻头结构进行了改进设计 , 并取得了令人满意的效果。

关键词 : 东海大桥 ; 主墩 ; 钻孔灌注桩 ; 导向钻头 ; 刮刀钻头 ; 切削齿

中图分类号 : U445.31 文献标识码 : A 文章编号 : 1672 - 7428(2004)12 - 0030 - 03

Bit Design for Main Pier Bored Piles of Donghai Bridge/WANG Wen-ming , WU Chu-xing (Shanghai Guangliang Construction Development Limited Company , Shanghai 200438 , China)

Abstract : Aimed at resolve the several problems which affect drilling efficiency , such as balling up and calcareous cementation , the design of blade bits was modified. And the results of the modification are satisfying.

Key words : Donghai bridge ; main pier ; bored piles ; pilot bits ; blade bit ; cutter

以往在上海市区施工钻孔灌注桩 , 由于桩径不大 , 其深度一般仅在 60 m 左右 , 因此 , 采用普通三翼刮刀钻头即能有效地完成施工任务。2002 年 12 月 , 由上海建工集团总承包 , 我公司承担桩基施工的东海大桥主墩试桩工程 , 由于其桩径大(2500 mm) , 桩深长(桩顶标高 ±0.0 m , 桩底标高 -112.0 m , 桩长 112.0 m) , 而且在地层中又碰到了少见的钙质胶结物(铁板砂) 和硬塑易堵粘土层 , 成孔施工效率低 , 花了近 14 天。

2004 年 4 月 , 东海大桥 PM335 主墩桩基正式开始施工 , 其桩径仍为 2500 mm , 但深度增加到 121 m , 在工程进度要求很紧、施工平台场地有限、无法投入多台钻机的情况下 , 我们针对试桩中存在的问题 , 对钻头进行了重新设计 , 经过数次修改后 , 成孔

时间由最初的 14 天减少到 7 天 , 最后基本控制在 5 天以内 , 取得了令人满意的效果。

1 工程概况

上海东海大桥主墩基础钻孔灌注桩设计桩径 2500 mm , 有效桩长为 112.0 m , 从平台至桩底孔深为 121.0 m , 每墩设计桩数为 38 根。施工场地为海上钢平台。

该场区勘察报告所显示的地层情况如表 1 所示。

根据大桥指挥部与总包单位的要求 , 主墩计划工期为 150 天。因受钢平台面积及供电等因素的限制 , 除施工初期可上 3 台钻机外 , 大部分施工期间只能投入 2 台钻机。根据我方运用双代号网络计划图

表 1 场区地层情况表

层号	地层名称	深度/m	层底/m	层厚/m	地 层 简 述
③ ₁	淤泥质粉质粘土	17.2 ~ 22.1	-15.3	4.9	夹较多薄层砂 , 土质极软
④ ₁	淤泥质粘土	22.1 ~ 31.9	-25.1	9.8	夹少量薄层砂 , 水平层理发育
⑤ ₁	粘土	31.9 ~ 35.6	-29.8	4.7	局部有粉细砂夹层 , 易堵钻
⑥	粉质粘土	35.6 ~ 37.3	-31.5	1.7	硬塑 , 含氧化铁斑迹 , 下部变为砂质粉土
⑦ ₁₋₁	砂质粉土	37.3 ~ 43.3	-37.5	6.0	土质不均 , 局部夹少量薄层粘性土
⑦ ₁₋₂	粉细砂	43.3 ~ 51.6	-45.8	8.3	夹薄层粉质粘土 , 局部含有 Ø2 ~ 5 cm 砾石
⑦ ₂	粉细砂	51.6 ~ 87.6	-81.8	36.0	局部含少量 Ø2 ~ 5 cm 砾石 , 下部夹薄层粉质粘土及粉土 , 部分含有钙质胶结物
⑨ ₂	含砾中粗砂	87.6 ~ 95.2	-89.4	7.6	夹较多薄层粉砂 , 含少量贝壳碎片
⑩	粉质粘土	95.2 ~ 107.83	-102.03	12.63	夹粉土 , 局部为坚硬状 , 下部有砾石 , 易堵钻
⑪	粉细砂	未钻穿			夹少量粉质粘土及粉土(本次勘探孔钻孔底标高为 -112.03 m)

收稿日期 2004 - 06 - 30 ; 改回日期 2004 - 10 - 28

作者简介 : 王文明(1977 -) 男(汉族) 湖北人 , 上海广联建设发展有限公司 , 岩土工程专业 , 从事大口径钻探、污水处理环保工程开发、地基基础施工与地基处理、非开挖管道施工等技术工作 , 上海市中原路 60 弄 4 号 (021)65576894 , wwm1102@sohu.com ; 吴初兴(1971 -) 男(汉族) 福建人 , 上海广联建设发展有限公司 , 钻探工程专业 , 从事大口径钻探、污水处理环保工程开发、地基基础施工与地基处理、非开挖管道施工等技术工作 , wuchuxing@163.com。

进行各种资源反复调整配置显示 ,单桩成孔时间长 短是确保工期的关键因素。

2 钻头改进设计

2.1 改进思路

根据试桩施工情况 ,针对包泥堵钻、进尺缓慢、 切削齿不耐磨 3 个问题 ,围绕钻头结构中导向钻头、 吸渣水口、刮刀、切削齿 4 个方面及相互关系展开研 究 ,提出如下改进思路 :

- (1)改进导向钻头的鱼尾角度 ,提高前导钻头的 嵌入作用 ;
- (2)调整吸渣水口与导向钻头尺寸比例 ,增大 吸渣水口附近液流空间 ,提高排渣能力 ;
- (3)改变刮刀切削角度 ,减小切削阻力 ;
- (4)调整切削齿材质与布齿方式 ,提高其耐磨 性能。

2.2 改进实施

2.2.1 导向钻头及吸渣水口

由于原四翼刮刀钻头的导向钻头宽度设计尺寸 较小 ,鱼尾角度较大 ,导致了吸渣水口附近的液流空 间较小 ,排渣不畅。既使得被切削的粘土条跟随冲 洗液堆积在吸渣口附近滚动粘结 ,造成包泥堵钻 ,同 时又阻碍了前导钻头的嵌入效果 ,影响钻进效率。 改进后的设计情况如图 1 所示。

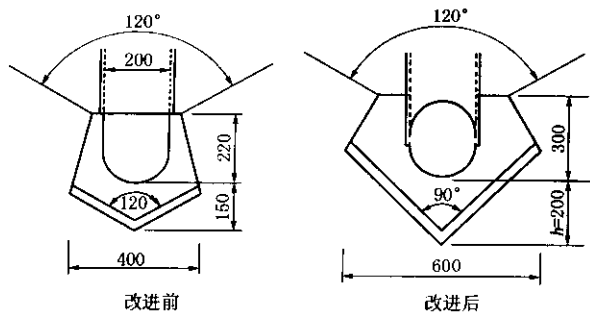


图 1 导向小钻头及吸渣口示意图

同时 ,反复试验发现 ,导向钻头与吸渣水口各项 设计参数选择较为合理的 关系为 :吸渣水口口径 $\leq$ 钻杆内径 ,吸渣水口高度 = 0.8 ~ 1.5 倍水口口径 , 吸渣水口离小尖底的高度 = 100 ~ 250 mm ,导向钻 头的高度 = 300 ~ 600 mm ,导向钻头的鱼尾角度 $\leq$ 刮刀的锥角 ,小钻头的宽度/孔径 = 0.2 ~ 0.4。

此外 ,根据我们实践 ,对吸渣水口与导向钻头在 设计参数选择中还应注意如下问题 :

- (1)为了保证钻渣在排出时一路畅通 ,吸渣水 口不应大于钻杆内径 ,最好是上下管径一致 ;
- (2)吸渣水口的高度及离中心尖底的高度应根

据地层及钻孔孔径情况来确定 ,既要保证液流速度 又要保证排渣畅通 ;

(3)导向钻头的高度应根据孔径情况适当地调 整 ,在保证钻渣有效快速地排出的同时又不能因为 高度太大而使导向钻头钻进阻力太大或起不到导向 作用 ;

(4)导向钻头的鱼尾角度不宜大于刮刀的锥 角 ,有利于吃入地层起到导向和稳定的作用。

2.2.2 刮刀

本工程在钻进过程中 ,先后要穿过第⑥层硬塑 粘土、第⑦₂层粉细砂钙质胶结 ,以及第⑩层坚硬塑 状粘土。要提高钻进效率 ,刮刀的角度设计十分关 键。

由于原四翼刮刀钻头刮刀的前角和仰角分别为 30°和 0°。只能适应一般土层的钻进。经改进后 , 我们将刮刀的前角和仰角分别改为 30°和 15° ,大 大提高切削效率。改进前后的变化如图 2 所示。

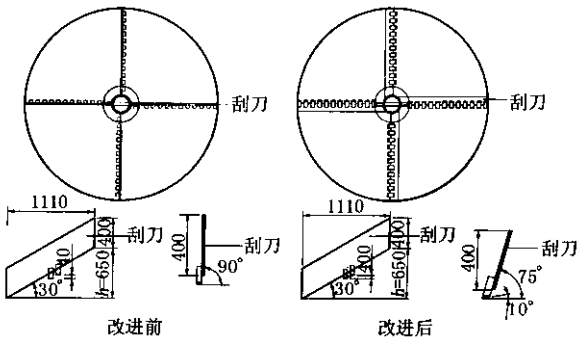


图 2 刮刀改进示意图

同时 ,在实践中我们发现 ,刮刀仰角一般为 0° ~ 20° ,但应根据切削齿的刃尖角来确定刮刀仰角 , 在刮刀和切削齿组装后硬质合金的刃后角度应为 0° ~ 20°。刮刀前角(上反角)一般为 20° ~ 40° ,刮 刀的前角越大 ,钻头与地层的周围圈切削面积越大 ,在 口径不变的情况下 ,应考虑刮刀的切削阻力及钻渣 易滚动的情况(角度越大越易滚动)。

此外 ,刮刀角度参数选择中还应考虑以下两点 因素 :

(1)为了减小上一级切削齿的切削阻力 ,钻头 相邻两个切削齿的高低差需要大于切削刃回转一周 的切削深度。在单个切削齿的宽度不变的情况下 , 刮刀前角决定了相邻两个切削齿的高低差。

(2)周围圈切削面积 S 的计算方法为 : $S = h/3$ (πr^2) 其中 h 为刮刀的垂直高度 ,只有 h 越小 ,周 圈切削面积就越小 ,而 h 与刮刀前角成正比)。

2.2.3 切削齿

原四翼刮刀钻头的切削齿选择了修复相对简便的钎头。在试桩中发现,因含砂地层较多和硬塑与坚硬塑地层的存在,及钻孔深度较大,而钎头硬质合金刃部极易磨损,需常提钻修复,大大影响了工效。

经试验对比并结合以往工程经验,我们改用嵌槽硬质合金块作为切削齿。为了防止硬质合金宽度太窄造成钻头硬质合金布置数量的增加,导致硬质合金侧身与土层接触面积增大而增加摩阻力,我们注意了硬质合金块的布局。根据硬质合金的磨损方向,按照其正视投影的铅垂方向与刮刀组装布置为最佳,具体见图3所示。

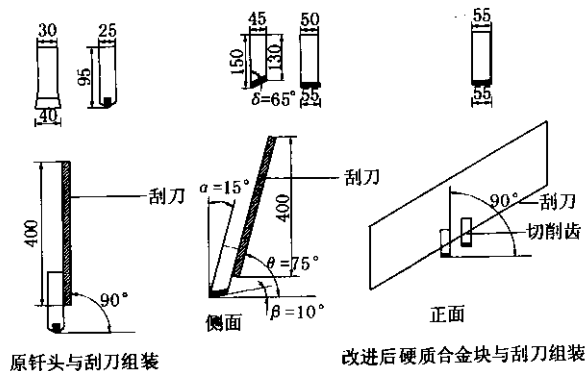


图3 切削齿与刮刀组装示意图

根据反复试验对比,在切削齿刃角及切削齿布置中应注意如下问题:

(1) 刃尖角应小于 90° ,这样能减少硬质合金与土层的接触面积,使硬质合金单位面积的压力增大而易切入土层,但也不能小于 60° ,否则会导致硬质合金切削时太薄弱易崩碎;

(2) 四翼刮刀钻头切削齿的布置采用两刮刀两两对称, 硬质合金的重叠为 5 mm, 相邻两切削齿的高低距离为 50 mm;

(3) 切削齿下端硬质合金块宽度为 55 mm(比切削齿硬质合金焊接母材宽 5 mm), 保护硬质合金刃的相焊母材不被土层磨损。

我们实际选择的切削齿参数为:刃前角 $\alpha = 0^\circ \sim 20^\circ$, 刃后角 $\beta = 8^\circ \sim 12^\circ$, 刃尖角 $\delta = 60^\circ \sim 90^\circ$, 切削角 $\theta = 60^\circ \sim 90^\circ$, 切削刀露齿长度 $40 \sim 70 \text{ mm}$, 相邻两切削齿的高差 $35 \sim 60 \text{ mm}$, 布置方向为铅垂, 切削刀焊接长度 $\geq 45 \text{ mm}$ 。

3 改进设计效果

改进设计前后钻进效率对比见表 2。

表2 改进前后两个钻头效率对比表

参数	难钻地层岩性	厚度 /m	纯钻进时间/h	钻进效率 $(\text{m} \cdot \text{h}^{-1})$	硬质合金损耗说明	效率对比
改进前	硬塑粘土	12.6	39.4	0.32	开孔前, 钻头硬质合金全部修补; 中途由于硬质合金损耗严重而提钻一次, 修补了 45% 的硬质合金, 终孔后有 30% 硬质合金需重新修补	该孔的纯钻进时间 105.5 h, 中间提钻修补硬质合金一次, 时间为 14.5 h, 加上辅助时间共为 7.8 天
	砂砾	10.9	9.1	1.2		
	砂砾胶结层	4.6	5.75	0.8		
改进后	硬塑粘土	11.8	23.1	0.51	开孔前, 钻头硬质合金全部修补; 中途无提钻; 终孔后有 35% 的硬质合金需重新修补	该孔的纯钻进时间为 81.6 h, 加上辅助时间共为 5.4 天
	砂砾	13.5	7.5	1.8		
	砂砾胶结层	4.8	3.8	1.26		

4 结语

由于抓住了成孔钻进中影响钻进效率的几个主要因素,并结合本工程地层情况,针对四翼刮刀钻头的导向钻头、吸渣水口、刮刀、切削齿4个部件进行

了改进设计 取得了令人满意的效果。

2003 年 4 月 30 日主墩工程正式开钻,2003 年 9 月 3 日钻孔桩全部结束,实际工期为 127 天,提前 23 天完成施工任务,得到了各方的好评。

我国时速 300 km 以上高速铁路将于 2005 年开工

记者 2004 年 12 月 15 日从在“铁路客运专线工程咨询国际交流会”上获悉,中国时速 300 km 以上的高速铁路将于 2005 年开工建设。

铁道部副部长陆东福说,到目前为止,中国已经批准开工的时速 200 km 以上的新线建设项目有武汉至广州、郑州至西安、北京至天津、合肥至南京、合肥至武汉、温州至福州等铁路,累计达 3000 km。其中,武汉至广州、郑州至西安客运专线时速在 300 km 以上。

据铁道部总工程师何华武介绍,运输组织模式采用本线

旅客列车和跨线旅客列车共线运行。基础工程按时速 350 km 设计、建设,本线旅客列车和跨线旅客列车初期运行时速分别为 300 km 和 200 km 里。

2004 年 1 月通过了《中长期铁路网规划》,中国计划到 2020 年建成客运专线 1 万 km,形成“四纵四横”客运专线骨架,建成环渤海圈、长江三角洲、珠江三角洲地区快速客运系统铁路约 2000 km。

(据 新华网)