

嘉绍跨江大桥 $\varnothing 3.8$ m 钻孔灌注桩孔施工工艺

王自强¹, 张 辉¹, 张 宁², 杨宗仁²

(1. 上海广联建设发展有限公司, 上海 200438; 2. 河北金汇岩土工程有限公司, 河北 石家庄 050031)

摘 要:介绍了嘉绍跨越钱塘江特大桥 $\varnothing 3.8$ m 超大直径超深桩孔施工工艺, 主要包括钢护筒沉放、泥浆循环系统布置、钻机及钻头的选择、护壁泥浆性能及钻进工艺参数的确定以及钻孔施工过程中采取的主要技术措施等。

关键词:大直径桩孔; 钻孔灌注桩; 施工工艺; 嘉绍跨江大桥

中图分类号: U443.15⁺4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2012)01-0061-04

Drilling Construction Technology of $\varnothing 3.8$ m Bored Grouting Pile in Jiaying - Shaoxing River-spanning Bridge/ WANG Zi-qiang¹, ZHANG Hui¹, ZHANG Ning², YANG Zong-ren² (1. Shanghai Guanglian Construction and Development Co., Ltd., Shanghai 200438, China; 2. Hebei Jinhui Geo-engineering Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei 050021, China)

Abstract: The drilling construction technology of borehole with super-large diameter of 3.8 m in Jiaying-shaoxing river-spanning bridge is introduced; steel casing sinking, mud circulation system arrangement, drill and bit selection, performance of wall protection mud and technical parameters determination and main technical measures in drilling construction process.

Key words: large diameter pile hole; bored grouting pile; construction technology; Jiaying-shaoxing river-spanning bridge

1 工程概况

嘉绍跨江大桥北起海宁尖山围垦区, 跨钱塘江水域, 至上虞九六围垦区, 全长 10.137 km, 采用双向八车道高速路标准, 桥梁宽度为 40.5 m, 设计行车速度 100 km/h。大桥主桥采用六塔独柱四索面钢箱梁斜拉桥, 桥跨布置成 70+200+5×428+200+70=2680 m, 主桥全宽 55.6 m(含布索区), 建成后将成为世界最长最宽的多塔斜拉桥; 水中区引桥采用 70 m 跨径预应力混凝土连续刚构, 下部结构为单桩独柱式, 单桩桩径达 3.8 m, 桩长 103~111 m, 单桩混凝土浇注量超过 1300 m³, 是目前世界上直径最大的单桩。全桥共有 $\varnothing 3.8$ m 桩 150 根, 也是世界上首次大规模采用超大直径超深钻孔灌注桩基础的工程。

水中区引桥由于采用单桩独柱式, 每墩仅设计两根 $\varnothing 3.8$ m、深度超过 120 m 的钻孔灌注桩, 钻孔垂直度偏差要求小于 1/200, 孔底沉渣厚度小于 10 cm, 质量要求高, 施工难度大。

2 工程及水文地质条件

南岸水中引桥河床以下以粉砂、淤泥质粉质粘土、粉质粘土、圆砾和卵石为主, 桩端持力层为泥质粉砂岩。典型钻孔地层分布如下:

①₁ 粉土, 灰黄、灰色, 湿, 中密;

②₂ 粉砂, 灰色, 饱和, 中密, 级配良好, 成份为石英、长石、云母等, 局部夹粉土;

②₁ 淤泥质粉质粘土, 灰色, 流塑, 夹粉砂薄层, 具层理;

②₂ 粉质粘土夹粉砂, 灰色, 软塑~流塑, 夹粉砂, 具层理;

③₄ 粉质粘土, 灰~兰灰色, 软塑~可塑;

④₃ 粉砂, 灰、黄灰色, 饱和, 密实, 级配良好, 含少量砾石, 成份为石英、长石、云母等;

⑤₂ 粉质粘土, 灰、兰灰色, 可塑;

⑤₃ 细砂, 灰色, 饱和, 密实, 级配良好, 含少量砾石, 成份为石英、长石、云母等;

⑤₄ 圆砾, 灰色, 密实, 圆砾亚圆形, 粒径 3~20 mm, 含量 55%, 偶见卵石, 主要成份为砂岩、凝灰岩, 泥砂质充填, 局部为砾砂;

⑥₂ 卵石, 灰色, 密实, 卵石亚圆形, 粒径 2~8 cm, 个别大于 10 cm, 含量约 60%, 成份为砂岩、凝灰岩等, 充填中粗砂及粘粒, 局部为圆砾;

⑦₂ 强风化泥质粉砂岩, 棕红、褐灰色, 粉粒结构, 层状构造, 成份主要为石英、长石, 泥钙质胶结。

桥址区所处钱塘江段河床宽浅、潮强流急、涌潮汹涌。为非正规半日浅海潮流, 水流属往复流, 但不对称性较明显, 涨潮流大于落潮流。根据实测资料, 最高潮位 5.45 m, 平均高潮位 4.02 m; 最低潮位 -

收稿日期: 2011-10-13

作者简介: 王自强(1971-), 男(汉族), 甘肃甘谷人, 上海广联建设发展有限公司钻探总工程师、高级工程师, 地基与基础工程专业, 从事岩土工程施工及管理工作, 上海市中原路 60 弄 4 号。

3.15 m, 平均低潮位 -2.41 m; 最大潮差 8.59 m, 平均潮差 6.44 m。落潮历时显著长于涨潮历时, 平均涨潮历时 3 h 34 min, 平均落潮历时 8 h 51 min。最大涨潮流速为 6.65 m/s, 最大落潮流速为 4.40 m/s。

3 钢护筒沉放

每个墩位东西向布置 2 根 $\Phi 3.8$ m 的钻孔灌注桩, 桩中心距为 30 m。钢护筒内径为 $\Phi 4.16$ m, 护筒长度为 45 m, 下部 23 m 壁厚为 32 mm, 上部 22 m 壁厚为 27 mm, 护筒的入土深度为 23.0 ~ 34.0 m, 护筒底标高为 -35.0 m, 护筒顶标高为 10.0 m, 与平台顶标高一致。单节钢护筒长度分别为 23 m 和 22 m, 利用 200 t 履带吊起吊, 采用 ICE V360 型液压振动锤沉放。由于潮强流急, 为了保证钢护筒的垂直度, 不仅制作了专门的导向装置, 而且选择在平潮时沉放钢护筒, 垂直度控制在 1/200 内。

4 泥浆循环系统

本工程采用气举反循环、回转钻进成孔。考虑到每墩仅 2 根钻孔灌注桩, 且桩间距较大, 因此每桩施工时布置独立的泥浆循环系统。泥浆循环系统由溜筛、泥浆沉淀箱、泥浆分离器、搅浆罐、储浆箱和泥浆循环管道组成, 如图 1 所示。

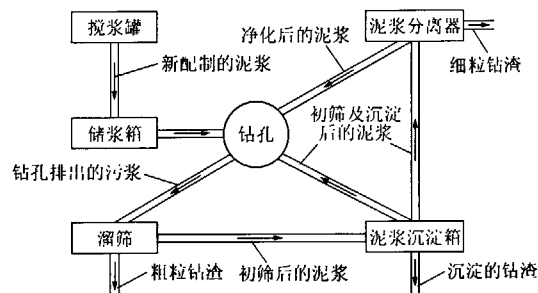


图1 泥浆循环系统

钻孔时排出的污浆经过三级处理, 将钻渣分离后回流至孔内。首先是粗粒筛分, 即通过溜筛将 2 mm 以上的钻渣进行筛除; 其次是重力沉淀, 即粗筛后的泥浆流经泥浆沉淀箱部分钻渣沉淀; 最后是细粒钻渣分离, 即将沉淀后的泥浆经过泥浆分离器旋流除砂和筛分回流至孔内。本工程每台钻机配备一台 ZX-250 型的泥浆分离装置对泥浆进行处理, 由于泥浆分离装置的处理量小于钻孔时的同步排浆量, 故部分泥浆经过泥浆沉淀箱后直接回流至孔内进行循环。

因钻孔直径和深度大, 钻孔过程需要随时补充泥浆。为了保证钻孔质量, 及时对泥浆性能进行调

整, 配备了一台 6 m³ 的搅浆罐和一个 80 m³ 的储浆箱, 配制新浆时, 将水和膨润土等原材料在搅浆罐中充分搅拌后, 泵送至储浆箱中储存。如钻孔中需要补充新浆时则从储浆箱中直接加入孔内。这样不仅可及时调整钻孔中泥浆的性能参数, 而且膨润土在储浆箱中可进一步膨化和分散, 保证了较优的泥浆质量, 节约了造浆材料。

5 钻机及钻头的选择

由于钻孔直径和深度都较大, 因此投入了一台 KT-5000 型全液压力头钻机, 同时并联 2 台 CS132-10 型空气压缩机进行 $\Phi 3.8$ m 钻孔施工。KT-5000 型钻机的主要性能参数见表 1; CS132-10 型空气压缩机的额定压力为 1.0 MPa, 排气量为 20.5 m³, 功率为 132 kW。

合理的钻头结构是提高钻进效率、保证钻孔质量的关键因素。由于本工程钻孔所遇地层主要为覆盖层, 其中硬塑~坚硬的粉质粘土易于糊钻, 形成泥包钻头; 而密实的卵砾石层钻进较为困难, 钻头易于磨损。针对地质条件复杂多变的特点, 专门制作了锥尖角 90° 的单腰带六翼刮刀钻头, 翼板厚度为 60 mm, 不仅保证了钻头具有较高的强度和刚度, 而且结构简单, 利于排渣, 钻头结构如图 2 所示。

6 泥浆质量控制

本工程采用淡水膨润土泥浆护壁, 经过取样试

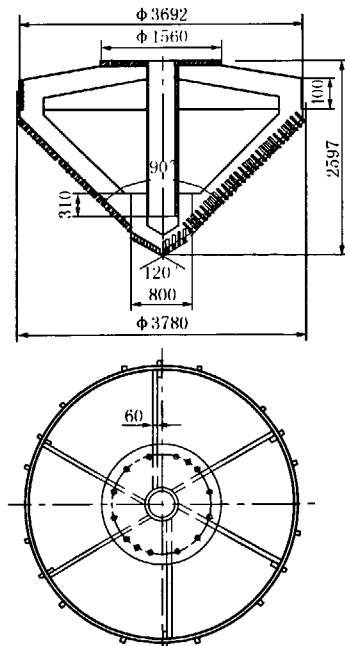


图2 $\Phi 3.8$ m 刮刀钻头结构

表1 KT-5000型钻机主要性能参数

最大钻孔直径/m	最大钻孔深度/m	最大输出扭矩/(kN·m)	最大提升能力/kN	外形尺寸/m (长×宽×高)	移动方式	配备钻杆/mm (外径×壁厚)	钻机总质量/t		钻机总功率/kW	
							主机	钻具	主机	循环系统
5.0	300	400	3000	12×7.5×10	轨道滑动式	630×25 (双壁钻杆、内径350)	120	150	4×75+15	2×132

验,选用了浙江安吉生产的触变泥浆土,该土造浆率高,泥浆性能稳定。现场采用搅浆罐制备泥浆,泥浆的配合比(质量比)为:水:膨润土:纯碱=1:0.05:0.004,为保证膨润土的充分膨化,搅拌好的泥浆在储浆箱中放置24 h后再加入孔内,新配制膨润土泥浆的性能指标为:粘度24~25 Pa·s;相对密度1.03~1.04 g/cm³;含砂率0;pH值10~11;胶体率98%~99%;失水量15~20 mL/30 min;泥皮厚度<1 mm。

在钻进过程中,每班至少检测4次泥浆性能指标,不同地层中的泥浆指标如表2所示。

表2 不同地层钻进时的泥浆性能指标

层号	地层	相对密度 /(g·cm ⁻³)	粘度 /(Pa·s)	含砂率 /%	胶体率 /%	pH值
① ₂	粉砂	1.06~1.10	16~20	8~10	98~99	8~10
② ₁	淤泥质粉质粘土	1.10~1.25	19~22	3~10	98~99	8~10
② ₂	粉质粘土夹粉砂	1.15~1.35	20~23	8~12	98~99	8~9
③ ₁	粉质粘土	1.20~1.40	20~24	8~12	98~99	8~9
④ ₃	粉砂	1.30~1.45	20~22	10~16	98~99	9~10
⑤ ₂	粉质粘土	1.30~1.45	20~23	12~15	98~99	8~9
⑤ ₂	细砂	1.28~1.42	20~23	8~15	98~99	8~10
⑤ ₄	圆砾	1.18~1.30	18~22	2~10	98~99	8~10
⑥ ₂	卵石	1.17~1.20	18~20	1~2	98~99	8~9
⑦ ₂	强风化泥质粉砂岩	1.12~1.18	18~20	<1	98~99	8~9

在护筒内开孔时,对泥浆质量不予控制,直接采用气举反循环排渣,并往孔内补充淡水,以置换护筒内的海水。当钻进至护筒底口以上3.0 m时,往孔内补充新鲜泥浆并测定泥浆的性能参数,使其指标满足要求后继续向下钻进。由于桩孔直径较大,每孔泥浆量达到1300 m³,为减少辅助时间,提高钻进效率,在上部地层,对泥浆的粘度进行重点控制,而采用较高密度和含砂率泥浆进行钻进,当钻进至④₃粉砂层时,开启ZX-250型泥浆分离装置对泥浆中的固体颗粒进行筛分处理,同时往孔内添加淡水以降低泥浆密度和含砂率,直至钻进至终孔标高。

一次清孔后的泥浆指标为:相对密度<1.15 g/cm³,粘度18~20 Pa·s,含砂率<2%,胶体率98~99%,pH值8~9。

为确保桩身质量,钢筋笼安放后、灌注混凝土前,利用导管气举反循环二次清孔,并往孔内添加淡水置换泥浆,泥浆指标控制为:相对密度1.03~1.10 g/cm³,

粘度17~20 Pa·s,含砂率<1%,胶体率98%~99%,pH值8~9。孔底沉渣厚度控制在100 mm以内。

7 钻进参数的选择

在钻进过程中,针对不同地层选取不同的钻进参数,以提高钻进效率,确保钻孔垂直度,不同地层的钻进参数如表3所示。

表3 不同地层的钻进参数

地层	钻压 /kN	扭矩 /(kN·m)	转速/(r·min ⁻¹)	平均钻速 /(m·h ⁻¹)
粉砂	80~100	25~50	3	0.6~1.5
淤泥质粉质粘土	150~250	45~85	3~6	0.5~1.0
粉质粘土夹粉砂	150~300	70~120	6~9	0.6~1.2
粉质粘土	200~400	80~150	6~9	0.3~0.6
粉砂	200~300	70~100	6	0.2~0.4
圆砾	200~350	50~100	6	0.2~0.5
含砾粉砂	150~350	50~150	3	0.3~0.5
卵砾石	150~300	50~120	3	0.5~0.6
泥质粉砂岩	250~400	80~150	3	0.1~0.3

8 技术难点及采取的措施

8.1 护筒内水头高度的控制

桥址区所处钱塘江段河床宽浅、潮强流急、涌潮汹涌,最大潮差达8.59 m,平均潮差为6.44 m。如果护筒内泥浆液面太高,在低潮位时易于将护筒外地层压翻,导致护筒内外串通;如果护筒内泥浆液面太低,则在高潮位时钻孔易于坍塌。

由于护筒内径达到4.16 m,且淡水供应量不足,如果按照通常做法,根据潮水的涨落情况随时调整护筒内的泥浆高度,缺乏可操作性。在施工过程中,考虑到钢护筒入土深度达到23.0~34.0 m,且底口嵌入粉质粘土层,不易发生护筒内外串通现象,故将护筒内泥浆面始终控制在高出最高潮位2~3 m,确保了钻孔施工的顺利进行。

8.2 钻孔垂直度的控制

本工程要求钻孔垂直度≤1/200,为确保钻孔垂直度,在钻进过程中采取了以下措施:

(1)选用刚度较大的Ø630 mm×25 mm双壁钻杆,有效降低了钻杆的弯曲变形。

(2)利用配重块增加粗径钻具的重力,使钻头和配重的总质量达到60 t,钻进过程中使钻具在重力作用下能够始终垂直向下。

(3)全孔段采取减压钻进工艺,正常钻进过程中,加到孔底的钻压控制在400 kN内。

8.3 孔底沉渣厚度的控制

本工程钻孔灌注桩要求孔底沉渣厚度 $<10\text{ cm}$,而钻孔所遇地层多为砾砂层,钻进过程中泥浆含砂量高,而单孔泥浆体积达到 1300 m^3 ,为保证孔底沉渣厚度满足要求,采取了以下措施:

(1)采用气举反循环工艺,一台钻机同时配备两台额定压力 1.0 MPa 、排气量 20.5 m^3 的空气压缩机进行排渣清孔。

(2)钻孔过程中对于泥浆进行预筛、沉淀、分离净化三级处理,逐步降低泥浆的密度和含砂率,边钻进边降砂。

(3)采用二次清孔工艺,终孔验收后气举反循环进行首次清孔,使泥浆含砂率 $<2\%$,泥浆的相对密度 $<1.15\text{ g/cm}^3$;安放完钢筋笼、灌注混凝土前利用导管气举反循环二次清孔并置换泥浆,使泥浆含砂率 $<1\%$ 、相对密度达到 $1.03\sim 1.10\text{ g/cm}^3$ 后灌注混凝土。

9 结语

嘉绍跨江大桥 $\Phi 3.8\text{ m}$ 超深钻孔施工,利用气举反循环回转钻进工艺,通过合理设置泥浆循环系统、对钻机及钻头的合理选型、泥浆性能及钻进参数的有效控制,确保了钻孔质量满足规范及设计要求,为以后同类工程施工提供了参考。

参考文献:

- [1] 杨宗仁,张宁,贺连杰,等.超大直径工程井钻井垂直度控制技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(8):44-45.
- [2] 史佩栋.实用桩基工程手册.[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [3] 杨宗仁,袁洁,张鹏,等.超大直径、巨厚漂卵石底层钻井泥浆护壁洗井工艺技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(4):50-53.
- [4] 罗安和,文占英,杨新.嘉绍大桥超大超深钻孔灌注桩试验桩施工技术[J].资源环境与工程,2009,(4):124-125.
- [5] 杨宗仁,张西坤,杨冬冰.京沪高速铁路跨越长江特大桥桩孔施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(3):48-52.

2011年:整装勘查拓新路

中国地质调查局网站消息(2012-01-04) 徐绍史部长在找矿突破战略行动专家座谈会上要求,要明确找矿突破战略行动的定位。找矿突破目标要进一步深化内涵和外延。

地质找矿突破中整装勘查所提供的有益借鉴和成功范例证明:“整装勘查”作为地质找矿新机制的核心,在推动“358”找矿目标实现和找矿突破战略行动中是有效的,有生命力的。正如徐绍史部长和汪民副部长的评价,将矿业权、资本、技术、管理等地质找矿要素结合起来,构建多方共赢的找矿利益共同体,在符合地质工作规律和市场经济规律条件下推进整装勘查,就可以在短时间内取得找矿突破,找到一个做大地质找矿平台的有效途径。

事实上,“整装勘查”就是在同一构造矿区带上,对同一构造单元的成矿集中区,按照科学规划、统一部署的原则,集中人力、财力、物力等诸要素开展地质找矿工作,力争实现找矿重大突破,发现和评价一批具有重大影响的大型或特大型矿产地的有效形式。通过整装勘查的实施,使得“小矿业权”变成“大矿业权”、小项目变成大项目、小工作区集成为大工作区、小成果集成为大成果;促成多家国有地勘单位联合会战、多门类专业人才协作攻关;促进多种资源要素合理配置有效利用、多种投资主体同担风险,共享收益;促进勘查区工作程度迅速提高,实现快速勘查、快速成果突破。而通过整装勘查在地质找矿突破中提供的有益借鉴和成功范例看,“整装勘查”的投资主体既可以是单一的也可以是多元的;找矿主体既可以是单一的也可以是多元的;找矿目标既可以是单一的也可以是多元的;勘查区域已不是“点”或“线”,而是一个动辄上千平方千米的超大型的“面”;找矿手段不是一两个兵种作战,而是集群式的多兵种协同会战,对

信息、技术、装备、人才、资金、质量统一调控;找矿程序也往往是公益、基金、商业、甚至开采集于一体。从概念和特点看,这种致力于重大找矿突破并兼顾国家、地方和企业利益的找矿模式,不同于新中国成立初期的找矿大会战。新机制下的找矿观念已经发生了巨大变化:以前找矿“为探而探”,不考虑资源怎么开发利用,如今“为采而探,探采结合”的找矿观念正在悄然形成;以前找矿立了项只管去找,不考虑资源能否开发利用,如今“呆矿也是矿”的找矿观念正深入人心;以前找矿是为生存而“打工”,不考虑资源如何“为我所用”,如今“找矿促发展”的找矿观念正引领潮流;以前找矿习惯了“先勘查-再论证-后利用”的技术路线,如今采用“边勘查、边论证,为采而探,探采结合”的新思维,缩短勘查周期,提高资源的利用效率和经济效益。而实践也充分证明,目前推进的整装勘查,发现和评价了一些大矿、好矿,在缓解重要矿产资源对经济发展“瓶颈”制约的同时,地勘单位也壮大了自身的综合实力,在企业化改革中推动了地勘单位的跨越式发展。

更为重要的是,通过拓展思路,在找矿突破战略行动中,正清醒地认识到地质找矿由陆地到海洋,由国内到国外,由紧缺资源到稀缺资源,由常规资源到非常规资源,已经向更深、更偏远、更复杂的方向发展,难度大、成本高、风险也大。而从管理层面看,管理工作要探索、解决“中央、地方、企业三者如何联动?公益性地质工作、商业性地质工作和勘查基金如何衔接?勘查和开采如何结合?地质找矿、矿业权配置和地勘单位改革发展如何配合”这四大问题。建成一个资源、资本、企业、地勘单位良性互动,能调动各方面投资积极性、找矿积极性的平台,则是顺利推进找矿突破战略行动的关键点。