

首钢曹妃甸钻孔桩海水泥浆应用研究

周长河,耿令强,刘长生,康红德,张洪信,刘明凤,赵吉富,姚春卉

(山东省煤田地质局第五勘探队,山东泰安271000)

摘要:在滨海浅滩进行钻孔灌注桩施工时,能否应用海水配制泥浆、应用什么样的造浆材料和处理剂、泥浆指标的合理应用是钻孔灌注桩成功施工的重要因素。通过对几种造浆材料的比选,泥浆配比的优化,对使用海水配制膨润土泥浆的可行性进行了分析。结合首钢曹妃甸2号高炉区钻孔桩施工实例,简要介绍了膨润土海水泥浆的成功应用,对施工过程中的控制方法做了说明,以达到指导类似工程施工的目的。

关键词:钻孔灌注桩;海水泥浆;可行性;优化;施工措施

中图分类号:P634.6 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2010)11-0058-03

Application Study on Seawater Slurry for Bored Piles in Caofeidian / ZHOU Chang-he, GENG Ling-qiang, LIU Chang-sheng, KANG Hong-de, ZHANG Hong-xin, LIU Ming-feng, ZHAO Ji-fu, YAO Chun-hui (The Fifth Geological Brigade of Shandong Provincial Bureau of Coal Geology, Tai'an Shandong 271000, China)

Abstract: Whether to use the seawater to compound the slurry, what materials and treatment agent should be applied and the reasonable application of slurry indices are the important factors for bored grouting pile construction in coastal shoal. Through the comparison of several kinds of slurry material and the optimization of the slurry proportion, analysis was made on the feasibility of bentonite slurry compounded with seawater. With the construction case of bored pile in 2nd blast furnace in Caofeidian, the paper briefly introduced the successful application of bentonite seawater slurry and illustrated the construction control method.

Key words: bored grouting piles; seawater slurry; feasibility; optimization; construction measure

1 工程及地质概况

1.1 工程概况

首钢京唐钢铁联合有限责任公司钢铁厂一期项目工程场地位于渤海海域中的曹妃甸岛西北侧,场地地貌属于滨海浅滩,为滦河三角洲平原海岸。场地内基础型式多采用钻孔灌注桩,场地地下水水质为海水,而海水中的泥浆使用问题给大直径灌注桩施工提出了新的课题。

1.2 场地地质条件

1.2.1 场地工程地质条件

以2号高炉区为例,场区主要为第四系海相地层,见表1。

1.2.2 场地水文地质条件

场地地下水主要为潜水及下部砂土层中的弱承压水,其水位变化受大气降水、地表排水及潮汐影响明显。场内地下水稳定水位埋深0.6~1.0 m。

场内地下水对混凝土结构有强腐蚀性,对钢筋混凝土结构中的钢筋在长期浸水条件下有弱腐蚀性,在干湿交替作用条件下有强腐蚀性,对钢结构有中等腐蚀性。其总矿化度为27 g/L,属高矿化度水(盐水)。

2 泥浆的设计与使用

2.1 灌注桩对泥浆的要求

灌注桩直径为1200~800 mm,桩长为45~30 m,由于表层存在厚层的冲填土,下部有较厚层的细砂和粉土,且场地地下水位较高,适合这种土型的大直径灌注桩的钻机主要是旋挖钻机及反循环钻机。钻孔灌注桩成功的关键在于能否顺利成孔、不塌孔、控制孔底沉渣。而用好泥浆则是保证成功的重要因素。这就对泥浆性能及使用提出如下要求:

(1)具有较强的抑制、防塌能力,保证冲填土、细砂、粉土地层的孔壁稳定;

(2)具有较强的携砂、悬浮能力,保证孔底沉渣厚度满足规范要求;

(3)具有良好的流变性、一定的粘度、润滑性,既满足携带、悬浮又要保护井壁,提高机械转速,避免卡钻事故的发生;

(4)具有良好的造壁性及更低的滤失量,形成薄而韧的泥皮,提高桩侧摩阻力。

通过以上分析,为满足工艺技术的要求,在泥浆设计时,从体系优选到处理剂复配、参数优化、成本控制等方面,必须进行综合科学分析,做到“速度-

收稿日期:2010-09-10

作者简介:周长河(1955-),男(汉族),山东泰安人,山东省煤田地质局第五勘探队队长、教授级高级工程师,法律专业,从事基础工程、工程勘查技术与管理工作,山东省泰安市天平湖畔迎宾大道219号,lscls1968@126.com。

表1 2号高炉区工程地质性能简表

地层 编号	岩土 名称	层厚 /m	f_{ak} /kPa	E_{ul-2} /MPa	工程性能描述
①	冲填土	4.57	140		新近填成, 松散~稍密状态 (初步夯实后部分呈中密状态), 工程性能较差
②	粉质粘土	0.33	80	4	流塑状态, 中高压缩性土, 工程性能差
③	细砂	1.83	170		稍密~松散状态(局部密实), 工程性能稍差
④	细砂	10.68	240		中密~密实状态, 分布较为普遍, 工程性能较好
④ ₂	粉质粘土	4.27	160	6	流塑~软塑状态, 中高压缩性土, 工程性能差
④ ₃	粉土	2.58	180	9	稍密~松散状态(局部密实), 工程性能稍差
⑤ ₁	粉土	2.38	180	5.5	可塑(局部软塑)状态, 中等压缩性土, 工程性能一般
⑤ ₂	粉质粘土	2.93	170	5	可塑(局部软塑)状态, 中高压缩性土, 工程性能差
⑤ ₃	粘土	2.38	190	9	中密状态, 工程性能一般
⑥	粉质粘土	3.44	210	5.5	可塑状态, 中等压缩性土, 工程性能稍好, 且分布较为普遍
⑥ ₂	粉质粘土	1.7	200	6	可塑状态, 中等压缩性土, 仅少数孔位分布, 厚度小, 工程性能较差
⑥ ₃	粉土	2.14	240	10	密实状态, 工程性能稍好, 但局部厚度较小
⑦	细砂	6.15	300		密实状态, 工程性能较好, 厚度大, 且分布普遍, 埋深适中
⑦ ₂	粉质粘土	4.69	230	7	可塑状态, 中等压缩性土, 工程性能一般
⑦ ₃	粉土	2.32	240	10	密实状态, 工程性能稍好, 但仅局部呈透镜体状分布

安全-效益”一体化。

2.2 泥浆的选型

泥浆的发展近况根据构成泥浆的材料不同, 可分为普通泥浆、聚合物泥浆、盐水泥浆等。

普通泥浆作为钻孔桩最常用的一种泥浆形式, 常用自然造浆的方式满足成孔护壁的需要。本工程因淡水缺乏, 采用淡水造浆将大大增加工程成本。

本工程也曾尝试使用 PHP 无固相泥浆和油基泥浆配制海水泥浆。公司针对现场实际情况, 进行了对比、分析、室内及现场试验, 得出根据目前钻孔桩施工工艺的水平, PHP 无固相泥浆和油基泥浆不适合曹妃甸 2 号高炉区钻孔桩施工的结论。

膨润土海水泥浆: 膨润土是一种粘土质矿物质, 主要成分为蒙脱土。其矿物结晶结构与表面特性使泥浆具有良好的性能, 这种矿物具有离子交换性。在吸附了钠离子后, 膨润土会在水中溶胀开来, 形成

触变性悬浮液。膨润土分为钠属和钙属两种, 钠属膨润土的溶胀性要优于钙属膨润土。钻孔桩施工时常选用钠属膨润土。膨润土对电解质非常敏感, 本工程中海水总矿化度达 27 g/L, 属高矿化度水(盐水), 如果把干燥的膨润土加到盐水中去, 不会很快溶胀, 为改善海水膨润土泥浆的性能, 常通过添加 CMC(羧甲基纤维素)等化学增粘剂改善泥浆的性能。本文通过在海水中对几种不同产地的膨润土进行试配泥浆, 配制出了能满足施工要求的泥浆。

2.3 膨润土海水泥浆配制

2.3.1 泥浆材料及用途

海水: 造浆剂。

钻井膨润土: 配浆, 增加粘度和密度。

纯碱(Na_2CO_3): 改善水质、土质, 增加粘度, 降低失水, 利用其离子交换作用, 沉除钙离子。如图 1, 适当增加 Na_2CO_3 的加量, 土粒表面吸附 Na 离子, 粘度增加。

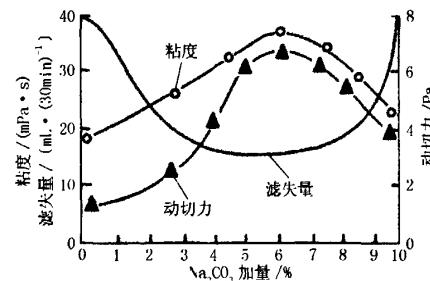


图 1 Na_2CO_3 加量对泥浆性能的影响

羧甲基纤维素(CMC): 增加粘度, 提高粘切, 降低滤失量, 改善泥皮质量, 与钙离子产生沉淀。

烧碱(NaOH): 其 Na⁺化作用强, 利用其 OH⁻强的极性, 能以氢键吸附于粘粒表面, 使其负电荷增加, 粘粒的水化作用增强, 利于胶体的稳定; 提高动切力、提高 pH 值, 保持泥浆的酸碱平衡。

2.3.2 泥浆配比

初始选用下列配合比: 海水: 膨润土: CMC: 纯碱 = 100: 6: 0.05: 0.1。试钻结果表明, 这种泥浆在海水环境中的护壁效果不理想, 先期开钻的 2 根桩均出现明显的塌孔、扩孔现象, 混凝土超灌率为 20% 和 31%。因此, 为满足在海水钻孔施工的要求, 必须调整泥浆配比。

(1) 增大泥浆密度, 增加膨润土比例, 保持液注压力, 维持孔内压力平衡, 增加地层压力。

(2) 增加 CMC 的加量, 提高泥浆的粘度和动切力, 避免大的压力波动, 保持孔壁的稳定。

(3) 提高纯碱和火碱的加量, 提高造浆率, 调整

泥皮厚度,抑制盐的溶解,保持压力平衡。

经现场配比试验,得到本工程最佳泥浆配比:海水:膨润土:CMC:Na₂CO₃:NaOH=100:10:0.3:0.19:0.01。

2.3.3 膨润土优化比选

根据现场试配结果,将2号高炉区作为一个工程地质单元,通过对3种膨润土配制泥浆性能比选,

得出合理的泥浆性能参数标准值。参数计算如下:

$$\text{平均值: } \bar{\theta}_m = \sum \theta / n$$

$$\text{标准差: } \sigma_f = [\sum \theta^2 - (\sum \theta)^2 / n] / (n - 1)^{1/2}$$

$$\text{变异系数: } \delta = \sigma_f / \bar{\theta}_m$$

$$\text{统计修正系数: } r_s = 1 \pm (1.704 / n^{1/2} + 4.678 / n^2) \delta$$

$$\text{标准值: } \bar{\theta}_k = r_s \bar{\theta}_m$$

泥浆性能参数统计结果见表2。

表2 三种膨润土泥浆性能参数

膨润土产地	辽宁黑山						河北张家口						河北宣化					
	相对密度	粘度/s	含砂率/%	胶体率/%	泥皮厚度/mm	沉渣厚度/cm	相对密度	粘度/s	胶体率/%	沉渣厚度/cm	相对密度	粘度/s	含砂率/%	胶体率/%	泥皮厚度/mm	沉渣厚度/cm		
统计个数	14	14	5	12	12	14	6	6	6	6	14	14	14	14	14	14	14	
最大值	1.2	20	5	96	2	7	1.15	17	93	8	1.19	19	6	95	2	8		
最小值	1.15	17	3	92	1	2	1.12	16	90	5	1.14	17	2	92	1	2		
平均值	1.17	18.71	4.20	94.25	1.29	4.57	1.13	16.75	91.33	6.83	1.17	18.07	4.50	94.00	1.36	4.50		
标准差	0.014	1.069	0.837	1.138	0.396	1.158	0.010	0.418	1.211	1.169	0.016	0.829	1.092	0.877	0.457	1.871		
变异系数	0.012	0.057	0.199	0.012	0.307	0.253	0.009	0.025	0.013	0.171	0.014	0.046	0.243	0.009	0.337	0.416		
标准值	1.17	18.20	3.4	94	1.1	4.0	1.12	16.40	90	5.9	1.16	17.67	4.0	94	1.1	3.6		

注:泥皮厚度是根据开挖后桩头泥皮厚度测定,沉渣厚度指下放钢筋笼后灌注砼前测得孔底沉渣厚度。

2.4 应用效果

经多次进行测试,得出辽宁黑山和河北宣化的膨润土配制的海水泥浆性能较稳定,符合成孔要求的结论。2号高炉区泥浆的合理性能参数为:密度1.16~1.19 kg/L,漏斗粘度17~20 s,胶体率92%~95%,pH值8.5~10,满足成孔及成桩的质量要求。此后在2号高炉区的灌注桩施工,成孔后检验均一次过关,孔底沉渣均符合规范要求。打桩结束后对40根桩进行了低应变和高应变检测及竖向抗压静载和水平静载检测,所检测桩的桩身完整、单桩抗压极限承载力及水平承载力均满足设计要求。

3 几点特殊施工措施

(1)针对冲填土、细砂、粉土等易塌地层的措施:开孔使用浓浆,保持孔口水头及液柱压力,加强泥浆密度和粘度测试工作,准确测量、严格控制沉渣厚度,清孔后迅速浇灌,缩短沉淀时间。

(2)CMC使用前先进行海水预水化,提前24 h倒入水箱中浸泡,或在泥浆池内慢慢加入充分搅拌,使其在水中充分溶解,以增加粘度和动切力。

(3)增加泥浆的护壁性,降低泥浆滤失量及形成薄而韧的泥饼,提高孔壁稳定性,避免大的波动,起下钻控制速度,操作平稳,尽量避免钻具对孔壁的碰撞,避免起下钻过程产生过高的抽吸和激动压力。

(4)强化泥浆循环体系,采用泥浆池、沉淀池、循环池体系。及时清理沉淀池中的岩粉,避免重复

循环,提高钻进效率,控制孔底沉渣厚度。

(5)强化固控配套,尤其是旋流除砂器为不可缺少的固控设备。采用振动筛筛网规格60~120目,2PNL以上泥浆泵,流量40 m³/h以上。

(6)由于在海水环境下,为防止和减少海水泥浆对桩及钢筋的腐蚀程度,钢筋保护层比通常(5 cm)增加2.5 cm,混凝土配合比中必须添加防腐阻锈剂。

4 几点体会

(1)膨润土海水泥浆的配制,说明在曹妃甸滨海浅滩进行大直径灌注桩施工应用海水造浆是可行的。

(2)掌握泥浆材料的性能,结合施工场地的具体地层正确使用,选用合适的处理剂,调配泥浆的合理性能参数,才能保持泥浆的性能稳定,保证灌注桩孔壁稳定,保证成孔及成桩质量。

(3)在泥浆设计时,应进行综合科学分析,优化比选,做到“速度-安全-效益”一体化。

(4)强化泥浆循环体系和用好泥浆固控设备,是提高成孔效率和成孔质量的重要措施。

(5)首钢曹妃甸2号高炉区灌注桩海水泥浆的应用为今后同类工程施工积累了经验。

参考文献:

- [1] 王建,任文峰,等.苏拉马都大桥钻孔桩泥浆性能研究[J].桥梁机械与施工技术,2007,(2).
- [2] 王平全,周世良,等.钻井液处理剂及作用机理.北京:石油工业出版社,2003.