

# 植物胶冲洗液在海洋勘察钻进护孔中的试验应用

许启云<sup>1</sup>, 周光辉<sup>1</sup>, 王振红<sup>2</sup>

(1. 浙江华东建设工程有限公司, 浙江 杭州 310030; 2. 中国水电顾问集团华东勘测设计研究院, 浙江 杭州 310014)

**摘要:**海洋工程钻探由于受到环境条件的限制, 常用海水配制泥浆。由于海水中含盐以及杂质中的  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  均对浆液的性能造成破坏, 为此, 通过对泥浆材料进行选择、配比, 并经实践试验得出适合海上钻探环境的护壁泥浆, 有效解决了海上钻探泥浆材料选择和具体配制问题。

**关键词:**海洋勘察; 护壁材料; 海水泥浆; 浆液配制

**中图分类号:** P634.6    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2013)08-0031-04

**Experimental Application of Vegetable Gum Drilling Fluid for Hole Protection in Ocean Exploration Drilling/XU Qi-yun<sup>1</sup>, ZHOU Guang-hui<sup>1</sup>, WANG Zhen-hong<sup>2</sup>** (1. East China Construction Engineering Corporation of Zhejiang, Hangzhou Zhejiang 310030, China; 2. East China Investigation and Design Institute, China Hydropower Engineering Consulting Group Co., Hangzhou Zhejiang 310014, China)

**Abstract:** Owing to the limitation of the surrounding environment on ocean engineering drilling, seawater is often used in drilling fluids preparation. The fluid properties are destroyed by salt in seawater as well as  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  ions in the impurities, through the selection of different mud materials and mixture ratios, the drilling fluid suitable for offshore drilling were obtained with the practice tests, the material selection and specific preparation for offshore drilling mud were effectively solved.

**Key words:** ocean exploration; wall protection material; seawater mud; fluid preparation

## 1 问题的提出

2008 年开始, 我们陆续开始承接海洋风电勘察项目, 在当年 4 月初先在浙江杭州湾(慈溪海域)布置取土钻孔 5 个, 标贯及动探孔 4 个; 孔深预估 8 个钻孔为 80 m, 1 个钻孔为 100 m; 要求进入稳定的持力层不应小于 20 m。结果由于缺乏海上勘察经验, 采取边下护孔套管边取样钻进的办法进行施工, 某钻孔深度超过 60 m 之后(另加水深 18 m), 海上遇到突变天气, 在 6 级大风随同涌浪、海潮等共同影响下, 由于来不及起钻, 孔内  $\text{Ø}146$  mm 套管 43 m、 $\text{Ø}127$  mm 套管 67 m、 $\text{Ø}50$  mm 钻杆 80 余米, 全部丢在海里。

同样在 4 月份, 江苏如东洋口港近海风电场钻孔 6 个, 要求单孔孔深  $< 50$  m, 且进入稳定的桩基持力层不应小于 15 m; 原计划 4 月 16 日开始, 至 5 月 15 日完工, 结果受潮汐、海浪影响的同时, 所配制的冲洗液无法达到护孔要求, 膨润土与海水搅拌混合之后, 不用多久就会出现膨润土与水分离, 导致孔内坍塌不断, 致使工期整整拖延 1 个多月才勉强完成任务。

为克服海洋勘察钻孔施工进度慢的状况, 组织

由技术人员牵头, 着重探索如何克服海洋潮汐以及裸孔钻进护孔技术问题(除隔水套管以外), 以满足海洋岩土勘察施工的需要。

## 2 护孔失败原因分析

对海上岩土勘察项目来说, 首先需要考虑的是人机船的安全, 扣除避潮、避风、避浪、避涌等等不良天气以外, 每个月真正具备钻孔作业天气, 往往只有一个星期左右, 如何使用好有限时间, 争取多完成钻孔任务就显得尤为重要, 因为人员在船上无论是否工作, 其所租赁的船费、人工费均同样需要支付。经分析, 如果想减少钻孔施工辅助时间来提高钻进以及取样的纯钻时间, 最有效的办法就是依靠冲洗液来护孔。

(1) 由于海上作业环境的特殊性, 钻探施工需要依靠水上平台, 而海洋风电勘察具有取样要求高、钻孔浅、单孔作业时间短等特点, 为节省开支一般租用民用船来搭建勘探平台, 致使平台场地面积和储备水均受到限制。为了在一个施工期内多完成钻孔, 钻进施工用水只能依靠海水。

(2) 目前市场上的膨润土主要分为钙基膨润

收稿日期: 2013-01-06; 修回日期: 2013-04-27

作者简介: 许启云(1964-), 浙江东阳人, 浙江华东建设工程有限公司高级工程师, 钻探工程专业, 长期从事大坝防冲灌浆与钻探机具改进工作, 浙江省杭州市古墩路 997 号, xu\_qiyun@126.com。

土、钠基膨润土、活性白土3种,最多见的是钙基膨润土。膨润土矿开采时pH值在6.5以下,呈酸性;而所谓的钠基膨润土,它是由钙基膨润土通过加碱性所得,出厂pH值一般大于9,呈碱性。

(3)由于前期对所用膨润土缺乏认识,使用了未经改性的钙基膨润土,结果与海水搅拌混合之后,出现膨润土与水分离,所配制浆液无法起到护孔目的。其原因是:海水中的盐主要成分是NaCl,其NaCl本身和盐中的杂质钙镁离子均对浆液的性能造成破坏,对一些固相泥浆性能起到破坏作用的主要是 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 。这些离子侵入泥浆后,泥浆性能明显的变化使粘度和切力猛增,失水量变大,产生这种变化的主要原因是 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 等与粘土表面吸附的阳离子进行交换吸附后而改变了粘土表面的性质,使粘土表面的水化膜变薄,颗粒间的引力增大,形成网状结构或絮凝沉淀,放出大量的自由水。而如果改用钠基膨润土,膨润土中的 $\text{Na}^+$ 更易被置换,对海水中重金属离子和有机物的吸附性能均可以得到不同程度的改善作用。

### 3 护孔材料选择

综合分析,护孔材料选择应遵守:(1)选择与海水相适应的膨润土,即钠基膨润土做为冲洗液,其护孔效果可以得到一定程度的改观,其具体效果需要通过试验取得;(2)由于不同海域土层各不相同,加上水深以及作业边界条件不同,作业船抗风浪能力不同,因此不能依靠一种冲洗液;(3)结合江苏、浙江等海域海底土层不同,以及我们多年在水电工程深厚覆盖层中取原状样的经验,把植物胶引用海上钻孔中,以配制不同的冲洗液进行钻进护孔。

为能够结合地层配制不同的冲洗液,应考虑事项有:

护壁材料通常是由粘土(如膨润土)或植物粉末和水以及必要的处理剂组成的分散体系,它除了能完成冲洗钻孔的任务外,它还具有携带岩粉和悬浮岩粉的能力,能在孔壁上形成泥皮具有护壁堵漏的作用,而海上钻孔护壁,由于存在一定的水深致使孔内的泥浆在压力差的作用下,浆液中的自由水会透过土层孔隙而丢失,导致护孔浆液失水,并在失水的同时,粘土颗粒被阻滞在孔壁上形成一层泥皮,以起到保护孔壁的目的,所以配制冲洗液其密度应合适孔深以及所取土层的需要。

另外,在钻进过程中,浆液性能会因孔内情况的变化而不断变化,如钻进砂层时大量细砂侵入浆液

中,使含砂量增大,泥皮松散,失水量增大,不但会加速水泵易损零件的磨损,严重时还会发生泥皮塌落及埋钻事故。特别是在海洋工程钻探会因大量的海水中 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 侵入使浆液性能很快变坏,当浆液性能不能适应钻进土层的需要时,如果不能及时对浆液性能加以调整,则往往会导致严重的孔内事故发生。

## 4 近海海域土层划分

以江苏如东洋口近海海域、浙江杭州湾海域、上海金山附近海域为例,对其勘探深度范围内地层划分如下。

### 4.1 江苏如东洋口近海地层划分

①<sub>2</sub>层粉砂、粉土,层厚4~10m,局部厚度达到13m左右;

③层粉砂,层厚10~20m,局部厚达30m,埋深4~10m,局部埋深>10m;

④层粉质粘土,该层上部分为可塑~硬塑,局部夹薄层粉砂,性质较好,层厚1~5m,埋深25~40m;

⑤层粉土夹粉质粘土,松散~稍密,层厚1~8m,埋深20~45m;

⑥层粉砂、粉细砂,中密~密实,上部以粉砂为主,下部粉砂、细砂均有揭露,厚度几米到几十米不等,埋深30~50m;

⑥层以下以粉质粘土为主,埋深在60m以下。

### 4.2 杭州湾海域土层划分

①层淤泥,新近沉积,流塑,性质很差,层厚3~5m;

②层淤泥质粉质粘土、淤泥质粘土,流塑,8~20m,埋深3~5m,局部夹薄层状粉砂;

③层粉质粘土,软塑,层厚10~25m,局部海域为淤泥质粘性土,该层埋深15~25m;

④层粉质粘土,上部以可塑~硬塑为主,下部以软塑为主,含大量粉砂,局部含较多砾砂、卵砾石,杭州湾海域、舟山海域下部为中密状粉砂;

⑤层粘性土,软塑~硬塑。埋深一般为30~50m,层厚10~30m不等,层厚10~25m不等;

⑥层以下由于埋深较大,层位主要表现为粘性土与砂性土交互出现,层厚一般较稳定。

### 4.3 上海金山附近海域土层

上海金山附近海域地层与整个浙江海域有明显不同,上部10m以淤泥质土为主,下部主要为砂性土,厚度变化较大,部分钻孔揭露均为砂土、粉土,厚

度最大达80 m以上。

## 5 冲洗液配制及试用效果

### 5.1 冲洗液配制

植物胶冲洗液具有较好的悬浮岩屑和携带岩屑的能力,能在井壁上形成薄而韧的聚合物膜,有较好的护心护壁防塌和润滑减阻作用,与含有粘土的泥浆相比,具有密度低、粘度可调、流动性好等优点;并且在钻进过程中由于高聚物絮凝剂对固相颗粒的自动絮凝清除,不会产生钻屑积累,能大幅度提高孔底钻头的碎屑效率。为探索是否适合海洋工程勘察,改用钠基膨润土(钠土)和植物胶做为配制浆液分散相,试验泥浆配比如下。

配比一:配制纯粘土泥浆,水:钠土=100:(5~6)(质量比),先把水与钠土搅拌均匀,用pH试纸测定pH值,用烧碱(氢氧化钠)使浆液pH值达到9以上,用漏斗粘度计测得粘度在25 s以上。

配比二:配制无固相泥浆,植物胶:水=2:100(质量比),加入烧碱(氢氧化钠),加量为植物胶干粉质量的8%~10%。其制浆顺序为:把计量好的水放入搅拌桶内,投入烧碱的量与水搅拌均匀,再把植物胶的量放入搅拌桶内搅拌均匀,在条件允许时浸泡4~8 h再使用,通过浸泡以后的浆液粘度可达100 s以上,pH值在9~11之间。

配比三:配制低固相泥浆,植物胶:水:钠土=1:100:(5~6)(质量比),加入烧碱(氢氧化钠),加量为植物胶干粉质量的8%~10%。其制浆顺序为:先按配比二的方法把植物胶搅拌均匀,再把钠土的量均匀加入后搅拌均匀,最后加入烧碱(氢氧化钠),使泥浆的pH值在9以上,在条件允许时,若能浸泡4~8 h再使用,其浆液粘度也可达100 s以上。

### 5.2 试用效果

由于泥浆性能测定内容较多,而野外工地不可能像实验室一样,把所有的浆液性能均进行测定,在钻进过程中,通过孔内返回浆液进行检测,一般测定密度、粘度、含砂量和pH值即可。如纯粘土泥浆(配比一),孔内回浆粘度不应低于20 s,或含砂量 $\geq 5\%$ ,或pH值 $\leq 8$ ,均可以继续使用;对于无固相和低固相泥浆,其孔内回浆粘度不应低于30 s,而含砂量和pH值与配比一相同。上述3种浆液配比,一旦某个指标没有达到要求,均需要对浆液进行浓度调整。至于浆液密度,应根据所用制浆材料不同进行控制,其原则为:采用钠土泥浆(配比一)或者配制低固相泥浆(配比三),浆液密度一般在1.05~

1.08 g/cm<sup>3</sup>之间;配制无固相泥浆(配比二),由于植物粉末密度较轻,浆液密度一般在1.02~1.03 g/cm<sup>3</sup>之间。

通过将上述3种浆液配比分别在江苏、浙江近海勘察钻孔中使用并进行分析,其使用效果可归结如下。

配比一:在江苏如东洋口近海海域,由于土层以粉土、粉砂、粉质粘土为主,土层相对较单一,护孔套管一般下入土层在5 m左右,水深在5~15 m之间,使用钠土泥浆,结果是泥浆很快变稀,需要定人不断补充新鲜的浆液,也只能护孔至50 m孔深以内,孔深 $> 50$  m之后,孔内就会出现不间断孔壁坍塌;如果使用在浙江杭州湾近海海域,由于浙江主要以淤泥质土为主,在没有遇到砂层情况下,可以护孔至50 m以深,但使用该配比泥浆的缺点是投入人工多,钠土用量大。

配比二:通过近几年在江苏如东潮间带至近海海域多期风电勘察钻孔中使用,该配比能够满足在80 m以内的钻孔取样,而在浙江杭州湾海域,由于大部分属于淤泥质粘土,钻进过程中具有自然造浆能力,该配比在水深20 m以浅,能够满足孔深在100 m以浅的钻孔取样,但是,钻孔有轻微缩径现象。

配比三:不但适用上述江苏、浙江海域,而且能够适用在上海金山海域,该海域含砂层较厚,地质条件复杂,钻孔容易塌孔。因为该配比泥浆吸收了上述2种护孔材料的优点,泥浆密度相对较大,有抑制孔内坍塌的作用。其缺点是制浆工序多而且繁琐。

随着海上护孔材料不断使用和探索,像近海风电类勘探深度在100 m以浅钻孔,结合施工海域以及取样土层不同,有针对性的选择护壁材料,就可以达到预期效果。其经验可归纳为:浙江杭州湾(慈溪)近海海域,建议使用无固相泥浆(配比二);江苏如东洋口近海海域和上海金山以粉砂为主海域,从携带泥砂和水深对孔壁侧压影响等考虑,建议使用低固相泥浆(配比三)。

## 6 注意事项

(1)海上钻探不同于陆地,受到施工场地以及泥浆排放环境要求等限制,为了使冲洗浆液能够循环使用,在护孔套管孔口管上设置三通,从孔内返回的浆液应先经过筛网净化过滤,然后再把它放到储浆槽内,在钻进过程中派专人监测浆液变化,一旦出现浆液指标不能满足继续使用要求,在储浆槽内及

时补充新的护孔浆液。

(2) 由于海上钻探时间宝贵, 应设置配制浆液的专职人员, 以确保钻进过程中的正常使用。一般至少配备 2 只浆桶, 储浆量在  $1 \text{ m}^3$  左右, 一只做为正常钻进循环用桶, 另一只做为储备浆液用桶。

(3) 在钻进过程中, 配浆人员应按照钻孔土层变化和深度, 及时调整浆液粘度, 当钻孔深度 80 ~ 100 m 时, 或者当遇到砂层厚度达到 5 m 以厚时, 应及时提高浆液密度, 以平衡孔壁侧压力保持孔壁稳定, 对顺利通过松散、容易坍塌的地层是十分必要的。

(4) 为防止护孔套管底部漏浆, 在江苏含砂粉质粘土地层, 套管深入土层的深度应超过 5 m, 而在浙江近海, 由于淤泥质土深厚且含水量高, 一般护孔套管深入土层在 10 ~ 13 m, 以防止护孔套管底部漏浆。

## 7 结语

通过以上试验分析, 可以看出, 用海水配置泥

浆, 选择材料是关键。通过对 3 种泥浆配比的现场试验、分析, 可以得到适合海洋钻探所需的泥浆, 从而降低了海上钻探的成本和提高了钻探效率。使用以上所述的泥浆配置, 按照目前的护孔技术, 从钻探船抛锚定位至钻孔结束, 一般可在 24 h 内完成。这是多年海洋钻探施工中所积累的经验, 仅供同行单位参考借鉴。

## 参考文献:

- [1] 王桂萍, 等. 膨润土的改性方法及其在废水处理中的应用研究进展[J]. 沈阳理工大学学报, 2010, 29, (4).
- [2] DL/T 5013-2005, 水电水利工程钻探规程[S].
- [3] 左可胜, 等. 不同 pH 值下膨润土悬浮液沉降性分析[J]. 矿冶工程, 2011, 31(3).
- [4] 张统得, 等. 汶川地震断裂带科学钻探项目 WFSD-3 孔泥浆技术的设计与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(9).
- [5] 陶士先, 等. 汶川地震断裂带科学钻探项目 WFSD-2 孔钻井液工艺研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(9).

## 河南省地热能开发利用有限公司在洛阳打出一口高产量高温地热井

本刊讯 经过近 2 个月的勘查、施工, 河南省地矿局所属的河南省地热能开发利用有限公司日前在洛阳龙门打出了一口日涌水量  $2880 \text{ m}^3$  [静水位 21 m, 单位涌水量  $14 \text{ m}^3 / (\text{h} \cdot \text{m})$ ], 水温  $91 \text{ }^\circ\text{C}$  的优质地热井, 其出水量和出口温度在河南省罕见。



龙门地处洛阳市区南郊, 著名的龙门石窟就位于此。2013 年 5 月, 业业主邀请, 该公司派出地质人员对龙门一带地热地质进行实地勘查, 经过资料收集分析、实地踏勘、圈定成井靶区, 并在多种物探工作基础上, 在疑似断层附近确定了井位, 设计井深 1200 m。该地热井于 2013 年 6 月 25 日开钻, 8 月 18 日完井。

根据地质专家测算, 该地热水属中温地热资源。该井年

换热量约为  $1.27 \times 10^{11} \text{ kJ}$ , 相当于每年节约 4100 t 标准煤, 并可进行梯级开发, 可用于工业利用、烘干、发电、供暖、医疗、洗浴、温室等。按照国家发改委能源研究所的测算标准, 相当于每年可节排碳粉尘 2788 t,  $\text{CO}_2$  10074 t,  $\text{SO}_2$  30.5 t,  $\text{NO}_x$  141.7 t, 社会和环境效益明显。



(王荣彦 杜朝波 供稿)