

杭州湾跨海大桥海域工程地质钻探技术与方法分析

汪名鹏, 沈轩宏, 张 春

(江苏省水文地质工程地质勘察院, 江苏 淮安 223005)

摘要:杭州湾海域以“怒潮海湾”著称,潮差大、水流急,水文条件极其复杂。结合杭州湾跨海大桥水域工程地质钻探的实践经验,介绍了不同的海域条件下钻探设备的选择和平台搭建的方法,并对杭州湾复杂海域条件下工程地质钻探施工的技术与方法进行分析,总结出了一套经济、适用、简便与安全的海域工程地质钻探方法和技术措施。

关键词:海域;杭州湾跨海大桥;工程地质钻探

中图分类号:U442.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2008)12-0045-05

Analysis on Technology and Method of Drilling at Hangzhou Bay Bridge/WANG Ming-peng, SHEN Xuan-hong, ZHANG Chun (Jiangsu Province Institute of Hydrogeological and Engineering Geological Investigation, Huaian Jiangsu 223005, China)

Abstract: Hangzhou bay sea area is famous for its raging tide with large tide range, fast water flow and complex hydrology condition. Based on the experience of engineering geological drilling at Hangzhou bay bridge, this article introduces the selection of engineering geological drilling technology and platform construction methods in different sea area conditions, and sums up a set of economical, applicable, convenient and safe methods by the analysis.

Key words: sea area; Hangzhou bay cross-sea bridge; engineering geological drilling

杭州湾大桥位于我国东南沿海的浙江省境内,北起杭州湾北岸海盐县郑家埭,跨越杭州湾,终于南岸慈溪市庵东镇,全长约 36 km。从地貌上看桥位跨海域部分主要有深水域、浅水域、潮间带以及水塘、养殖区等。针对不同地貌单元,应选用不同的钻探方法。

1 杭州湾跨海大桥海域水文条件与施工难点

1.1 杭州湾水文条件

杭州湾是强潮海湾,潮大流急,水文条件极为复杂。该区域属半日潮海区,潮位变化自湾口向湾顶逐渐增高,到达湾顶高潮位和平均潮位标高分别为 8.30 和 5.17 m;潮差自东向西递增,北岸平均潮差从 3.21 m 增大至 5.57 m,最大潮差从 5.06 m 增大到 8.87 m;南岸平均潮差从 1.75 m 增大到 5.53 m。杭州湾海域最大涨潮流速可达 4.08 m/s,大潮流速比小潮流速大 1/3 左右,涨落潮水流向不平行,矢量夹角达 60°,且随涨落潮及流速往复变化,局部有旋流,春夏季有涌浪,平均波高 0.2~0.3 m。杭州湾全潮进出潮流量为 210~370 亿 m³。

1.2 施工难点

在杭州湾海域进行工程地质钻探存在以下 4 个

难点:

- (1) 素有“怒潮海湾”之称的杭州湾,海况条件恶劣;
- (2) 恶劣的海况条件,使海上深孔原状样采取、深孔原位测试、护壁、定位等工艺技术复杂;
- (3) 航道内时有船只通过且施工季节多雾,航道内锚泊施工需安全维护;
- (4) 勘探孔孔深,最大孔深达 130 m,且孔位远离海岸(最大距离北岸约 15 km),给测量定位及物资供应带来不便。

因此,如何克服环境等因素影响,确保海上钻孔定位和孔口标高测量精度、深孔勘探取样质量及施工安全是本次勘察的难点,也是需要重点解决的问题。

2 钻探施工技术分析

2.1 设备的选择

杭州湾外宽内窄,涨落潮流速最大可达 4 m/s 以上,水文条件极其复杂,加之湾内小气候多变,突发的风暴常有出现。因此如何选择合适的船舶、设备是解决施工难度和保障安全问题的关键。

杭州湾位于钱塘江与东海衔接部位,为典型喇叭

收稿日期:2008-07-03

作者简介:汪名鹏(1973-),男(汉族),安徽怀宁人,江苏省水文地质工程地质勘察院工程师,水文地质与工程地质专业,从事水文地质、工程地质、环境地质勘察与设计工作,江苏省淮安市海口路 1 号,ahwmp@163.com。

叭状海湾,湾底地形由东往西逐渐抬升,即水深变浅,勘探区水深一般10 m左右,最大水深达18 m左右。根据杭州湾海域复杂的海况、水文条件,选用了数条长、宽、型深、吃水均适宜的船舶作钻探船,在其

上搭制钢结构侧跨式钻探平台,另外每条钻探船配备了一条载重量为80~100 t、有机械绞锚机系统的船舶作为辅助船,负责抛、起锚作业,运送物资、人员交通及安全监护。深水海域主要钻探设备见表1。

表1 深水海域主要钻探设备表

钻探船型号	钻机	泥浆泵型号	柴油机	钻塔	护孔套管直径/mm		备注
					外套管	内套管	
型深2.4 m,有自航能力,载质量250 t以上	型号XY-4,钻深1000 m,单绳提升能力40 kN	BW200/40	S495、S1100	人字塔,高9.5 m左右	219	146或127	适宜航道处施工
型深2 m,有自航能力,载质量200 t以上	型号XY-2,钻深300 m,单绳提升能力20 kN	BW200/40	S395、S1100	轻便人字塔,高7.0 m左右	177.8	127	适宜普通海域

浅水区主要位于南岸,低潮位时大部分可露出,水位一般50~100 cm,高潮时淹没深度一般为270~330 cm,在杭州湾这样的海况条件下采用钢管桁架式钻探平台和浮桶式钻探平台危险性较大,因此采用了一艘100~200 t的钢质平底船作钻探船,型深约2 m,吃水深度<1 m,另租一艘30 t的钢质平底船作为交通船。除采用单体船,也可采用2条50~100 t的同型平底钢质船拼装成双体式平台施工。

潮间带,由于受潮水的原因,船只无法施工,针对杭州湾海域潮差、海流的特点,采用钢管桁架式平台进行施工。

水塘区、养殖鱼塘区水深较浅,不受潮水影响,但距离较大,搬运不便,用船则吃水太浅,因此采用了48只空的油桶以及自制竹排进行钻探,钻机采用GXY-1型100 m工程钻机。该种设备简便易行而且经济。

2.2 平台搭建

考虑到海域天气条件以及海域复杂的环境,深水区域单体钻探船的勘探平台采用6条长8 m、由22号轻型槽钢焊接组装成的旁侧式钻探平台(见图1),平台外伸3.5 m,宽>6 m,下悬挂副平台(加接短护管与泥浆回收),两平台上、下距离 ≥ 2.0 m。槽钢与船体的焊接连接要牢固,关键位置加固,钻探



图1 单体船侧跨式施工平台

船舱内用配载压舱至安全吃水线,使钻探船保持一定的吃水深度和船体稳定。上平台面用厚度 ≥ 60 mm的木质地板铺设、固定,下平台面钢丝网铺设,上下平台配备必要的防护栏杆,平台的孔口槽板要装卸方便。

浅水区钻孔用小型工程船搁浅作业,操作平台为钢结构侧跨式钻探平台,平台外伸1.2 m,长6 m。在单体工程船不能到位的条件下,采用2条同型平底钢质船拼装成双体式平台施工。双体拼装钻探平台设在拼体船中间(见图2),采用3~4根大于2倍船宽的槽钢焊接在船体凸起部位做横担梁,然后在槽钢上铺设机台木,也可用4~6根圆木或方木做横担梁,与2艘船体捆绑在一起。两船连接中间应留一定的空隙,一般留0.50 m即可。



图2 双体船施工平台

一般情况下,深水区采用单体船侧跨式平台居多,与双体船平台相比,单体船侧跨式平台具有安全性高、成本低、拆卸简单、灵活等特点。浅水区采用双体船与海滩接触面大,易于搁浅,短期海浪冲击不会出现严重倾斜现象,套管若遇起拔困难,可借助于平台浮力。但平台进场前应做好场地平整工作,以保证平台船搁浅时能够正常工作。

潮间带平台采用 $\varnothing 89$ mm左右的钢管为支架(见图3),先加工成组件,现场拼装,管与管之间用扣件相接。平台面必需超出水面(高潮位)不低于

1.5 m,横平梁 5 层,四面斜拉均双向,斜撑为四面立体,角度 $22^{\circ} \sim 30^{\circ}$,需要时底部横平梁扎绑 $12 \text{ cm} \times 12 \text{ cm}$ 窄方木,增加承载力。铺设厚度 $>5 \text{ cm}$ 的木板作工作平台面,钢管绑压固定,平台四周加高度 1.2 m 的钢质护栏,然后在主要受力方向(水流力和波浪力)加固锚索以保证作业时平台不因其他外力影响而发生变形。如果施工钻孔相距较近,钻探平台与平台可以用栈道相接,立柱间距为 $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$,高度与平台一致,横平梁 3~4 层(视水深而定),斜拉四面均双向,斜撑为两面立体,角度 $22^{\circ} \sim 30^{\circ}$,长度超过 10 m 在适当位置加宽到 $4 \text{ m} \times 2 \text{ m}$,铺设厚度 4 cm 的木板作人行道,钢管绑压固定,两侧加高度 1.2 m 的钢质护栏。



图 3 钢管支架施工平台

海边水塘以及养殖区基本不受海浪、潮汐的影响,采用油桶、浮子排、竹、木筏等拼装成钻探平台。常用的是采用 48 只油桶拼装捆扎在一起,共 4 排,每排 12 个汽油桶,用轻型槽钢或用粗铁丝绑扎连接,再在其上用 50 mm 板铺设、固定。

2.3 锚泊定位

钻探船采用抛锚泊位,为保证孔位准确,钻探船在施工期间固定不产生漂移,平台船上至少配备 8 只铁锚,呈齿状,前后 2 只主锚(质量约 $1 \sim 2 \text{ t}$),4 只边侧锚,呈米字形分布(见图 4),边侧锚绳与主锚绳之夹角为 $45^{\circ} \sim 50^{\circ}$,备用锚 2 只,当某一侧锚因水流方向变化出现微走锚时或在可能造成平台船漂移的最大流向方向上增补,提高船只在施工时抗漂移的能力(考虑到大风与流速的合力方向是变化的),涨潮流向与退潮流向不一致的区域,则采用非对称法抛锚泊位。配备锚绳为 $\varnothing 28 \text{ mm}$ 的钢丝绳,长度 $\geq 250 \text{ m}$ /根,使锚绳与水面夹角 $< 15^{\circ}$,以保证船舶的最佳拉系状态和锚的稳定。

钻孔定位工作采用 GPS 实时差分系统进行。尽量选在涨落潮的平水期定位,这时水流速度最小,

抛锚定位易于成功,对下一步的套管安装起到事半功倍的效果。

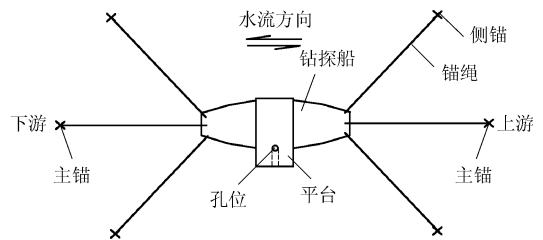


图 4 钻探平台锚泊示意图

孔位定位方法:根据设计孔位坐标、锚绳长度、水深与预抛方向(由涨、退潮的主流方向决定),先计算出锚位坐标,在接近高平潮时或流速变缓时,由钻探船送主前锚、左前或右前锚至预定锚位,然后顺水流航行至孔位附近停泊,再由交通船送出右前或左前主锚,左后、右后锚到预定锚位,在 GPS 定位仪监测下绞锚到位,保证定位误差 $\leq \pm 2 \text{ m}$ 。到位后,在每根锚绳上配钢绳调节器具,以便锚绳随潮水涨落而得到及时调整。所有的定位锚配备有标志的锚浮子,一保证锚浮子有足够的浮力,标志醒目;二锚浮子系绳有足够的强度与长度,锚位标识清楚,以指示过往船只避让。

2.4 套管安装

孔位确定后,用测深仪或悬锤法测量实际水深,选用厚壁、外接箍、高强度的优质无缝钢管作隔水保护套管,外层套管选用 $\varnothing 177.8 \text{ mm}$ 套管,内层套管采用 $\varnothing 127 \text{ mm}$ 套管,并配备足量短管,便于现场的级配及加接套管,所有的套管在使用前均进行垂直度、损伤、丝扣质量等方面的检查,并保证满足钻探施工技术要求。外层套管采用逆水钢绳牵引法下管。利用流速缓慢的平潮期,以 $\varnothing 15.5 \text{ mm}$ 钢丝绳逆水牵引并随套管同步下放,以保持管柱垂直进入地层,并跟管钻进稳定层 $3 \sim 5 \text{ m}$ 。在 $2/3$ 、 $1/3$ 水深处分别设置套管夹板系保护绳逆水牵引(见图 5),这样既不影响套管的回转跟进,又能有效地增强管柱的抗水流冲击强度。船头前方逆水牵引是在套管柱 60° 夹角线上设置 2 个锚位点。内层套管作为技术套管跟管钻进,钻进时随时观察套管跟进情况,保证孔口泥浆返浆。若遇到大潮期、潮差 $> 6 \text{ m}$ 时,孔口增设一根可回收泥浆的补偿导向管(长 $4 \sim 5 \text{ m}$),下部接扶正牵引绳,既顺利回收泥浆,减少泥浆耗量,又节省因潮水影响而加接短管的时间,还起到加固外层套管的作用。

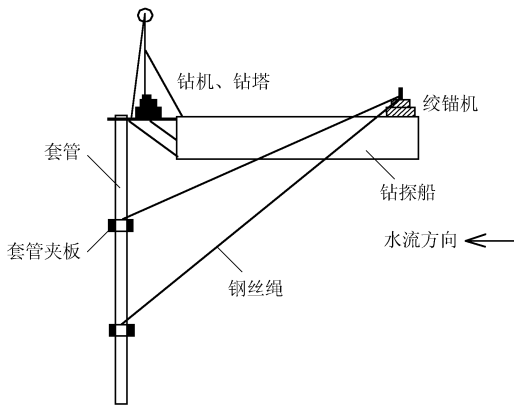


图5 钢丝绳逆水牵引法示意图

2.5 拔管与起锚

套管起拔时先将内、外管用短管接到平台面,起拔孔口补偿导向管后,按先内后外的顺序起拔套管,采用反向冲击、振动法,配备质量 $>100\text{ kg}$ 的重锤2只,以提高套管的起拔能力,对拔出的套管,检查其质量并有序排放,便于再用。

起锚移位时,起锚顺序为先边锚后主锚,先下水锚,后上水锚(由当时流向确定),用交通船起锚机缓慢加压、垂直上提,拔起后,按顺序将锚绳收回钻探船,排列整齐,便于下一抛锚程序作业。

3 钻探施工方法分析

钻探采用优质泥浆护壁,回转钻进,全孔段取心。为保证取样及原位测试质量,对不同的地层,采用不同的钻进、取样方法。第四系松散层采用岩心管长度 2 m 左右的单管钻具, $\text{Ø}130$ 或 $\text{Ø}110\text{ mm}$ 肋骨硬质合金钻头钻进或清孔;基岩用 $\text{Ø}110$ 或 $\text{Ø}91\text{ mm}$ 单动双管钻具硬质合金钻头钻进。在软土层中采用 $\text{Ø}89\text{ mm}$ 敞口薄壁取土器压入式采取原状土样,一般粘性土层用 $\text{Ø}108\text{ mm}$ 对开式厚壁取土器压入式或锤击式采取原状土样,硬塑状粘性土用双管单动硬土取土器采取原状土样,亚砂土及砂性土层采用环刀式取砂器或三重管取砂器采集原状砂样,保证了岩心采取率和取样质量。

泥浆质量的好坏直接影响钻探效率及取样质量,因此,钻进过程中要注意提高泥浆的粘度与密度。现场的泥浆配制与维护由钻探技术员定岗负责,现场配置制浆设备及除砂设备,采用优质膨润土(200目)、 Na_2CO_3 、PAM、Na-CMC等有机处理剂,随不同地层调整配比,配制成普通优质泥浆或优质低固相化学泥浆。及时回收、处理孔内上返泥浆,并增补入循环系统,保证入孔的泥浆性能达到:固体含

量 $<4\%$,密度 $1.03\sim 1.15\text{ kg/L}$,粘度 $19\sim 21\text{ s}$,失水量 $10\sim 15\text{ mL/min}$,触变性良好。泥浆质量由专人定时检测,及时添加处理剂,调整性能及补充消耗量。在钻进过程中降低提下钻的速度,减小抽吸过程中的压力激动,保持孔壁稳定。所有的钻进均准确控制进尺,每钻进一定深度后,都进行扫孔修壁,以保证孔壁圆滑、规则,防止出现螺旋孔壁或缩径现象,并保证转速、压力均匀,钻进中不可猛增猛减。注意观察、掌握、判断孔内情况,记录现象,尤其是上返泥浆质量变化情况及水泵工作变化情况。对于深孔作业可实行 24 h 连续作业,保证钻探的连续性,主要为保持孔内压力,使得孔壁稳定,钻进、取样、试验能够顺利进行,同时减少钻探事故的发生以及重复定位而节省时间。

施工前后对所有入孔器具、钻杆进行准确丈量、累计、记录,保证每回次的上余准确,回次水深测量与回次上余测量同时进行,以保证准确测定钻孔孔深。为了减少测量的回次误差,凡地层层位变换、终孔都进行孔深(钻具总长)校正一次。孔深(钻具总长)允许误差 $\pm 0.2\%$,超差时及时查明原因,并进行纠正或平差,保留所有的校正孔深记录。

钻进中应用SDH-13D型测深仪及时测定钻孔处潮汐水位变化,以准确记录钻进中的孔深和取样深度,及时根据潮汐水位校正实际的钻进孔深,以确定分层误差,要求地层分层误差 $\geq 0.2\text{ m}$ 。如果超差,应找出原因及时纠正,并在记录中注明。

4 海域钻探施工的安全保障措施

(1) 选择强度大、稳定性好、吃水浅、具自航能力的工程船作钻探平台船。船的型宽 $<10\text{ m}$,型长 $>33.5\text{ m}$,吃水深度 1.5 m 左右,既减小流急的冲击,又可抵抗涌浪的波动,保证船体在海上的相对稳定。滩涂海域选择型宽 $\geq 9\text{ m}$,吃水深度 0.8 m 左右的平底小型工程船作搁浅作业。每条船配备6台功率 5 t 以上的绞锚机,锚绳为钢丝绳,直径 28 mm 以上,自行设计加工适合的锚型,同时根据流向规律设计非对称锚位,解决流速矢量夹角、旋流等影响,确保锚泊定位牢固。

(2) 钻探前向海事部门申请,提前发布航运通告,所使用的船只必须是经船舶检验部门检验合格且航行证件齐全,船员均具备船员资质且体质适宜,船上配救生衣1件/人,救生圈 $4\sim 8$ 只/船,深水域施工还需配应急救生筏1只/船(可乘坐 $10\sim 20$ 人的)以及高频或对讲机等通讯设施。

(3)与施工地海事部门联系共同研究制订水上航运和钻探的具体护航安全措施及应急方案,以备紧急情况发生。按海事部门的具体要求,在钻探平台、交通船上设置醒目的工作信号(白天旗标,夜间灯标)。

(4)收集勘探区域的航线图、海底地形地貌以及潮汐表,了解水深、涨落潮时间以及航道的分布等。作业前必须对钻探工人进行水上基本安全知识及安全操作规程教育。注意气象预报的收听,及早制定预防措施。

(5)钻探平台四周、塔上工作台周围均设防护安全栏杆,栏杆高度 1.1~1.2 m,下部设置挡板,挡板高 ≥ 20 cm,栏杆的强度要可靠。

(6)平台上除孔口外,均铺设木质地板,地板厚 ≥ 6 cm,地板要铺设平整、牢靠,除孔口让出槽外,所有地板都固定,保持清洁,加防滑装置。

5 结语

通过杭州湾跨海大桥海域工程地质钻探施工技术与方法的分析,总结出了一系列经济、适用、简便、安全的海域工程钻探方法和技术措施,对未来的近海工程地质钻探有着很大的指导意义。

参考文献:

- [1] 江苏省水文地质工程地质勘察院,中交公路规划设计院.杭州湾大桥施工图设计阶段工程地质勘察总报告[Z].2002.
- [2] 吴延松,汪名鹏.西气东输管道工程通过长江三江口方案研究工程地质勘察报告[Z].2001.
- [3] 邵景林,祁建忠,等.西气东输管道通过长江工程地质勘察水上钻探工艺合理性分析[J].工程勘察,2002,(2).
- [4] 谭长伟.滨浅海工程地质钻探应注意的若干问题[J].海岸工程,15(1):23-28.
- [5] 李颖.近海钻探技术与工艺的适宜性分析[J].福建建筑,2006,(6).

柳州富达机械有限公司推出全新移动式螺杆空气压缩机

本刊讯 2008年11月25日,在上海新国际博览中心举办的 BAUMA China 2008,柳州富达机械有限公司全新推出多款移动式螺杆空气压缩机。

作为全球最大的压缩机供应商阿特拉斯·科普柯集团在中国的全资公司,柳州富达拥有来自集团公司的核心技术和资源,专业生产螺杆式空气压缩机及后处理设备,一直致力于为用户提供压缩空气系统的最佳解决方案。

此次全新推出的移动式螺杆空气压缩机以欧洲畅销机型为基础,根据中国实际工况进行改进,不仅结构紧凑、体积小、质量轻,而且采用最新改进的机头,效率更高,节能效果更好。

新系列用了性能优异的 Cummins 发动机,同时根据中国的现实状况,改进了发动机燃油过滤系统,空压机机油冷却系统和空气过滤系统,非常适宜建筑、矿业开采、铁路公路建设、隧道挖掘、造船等恶劣环境。

柳州富达机械有限公司总经理苏晓林表示,随着中国加大对全国铁路、地铁等基础设施的投资,此次推出的新型压缩机必将得到广泛应用。

柳州富达非常注重环境的保护,工厂使用的是符合 ISO 14001 和 ISO9001 质量体系认证标准的系统,并一直鼓励所有供应商遵守环保规章。经验丰富的资深工程队伍使用最新的二维和三维 CAD 系统来设计高效率的产品,从而实现低油耗、低噪声级别和低辐射级别的目标。

柳州富达机械有限公司成立于 1994 年,是瑞典阿特拉斯·科普柯集团的全资子公司,总部位于中国广西。在中国市场专业生产、销售“Liutech”品牌的固定式和移动式螺杆空气压缩机及后处理设备。公司采用欧洲前沿的技术,产品的设计针对中国独特的市场需求,更适应当地的工况特点。

