

水利水电勘探及 岩土工程施工新技术

——第十七届全国水利水电钻探暨岩土工程施工
学术交流会论文集

*Shuili shuidian kantan
ji yantu gongcheng shigong xin jishu*

主 编◎周彩贵 刘良平
副主编◎李永丰 张述清 毛会斌



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

水利水电勘探及岩土工程施工新技术

——第十七届全国水利水电钻探暨岩土工程施工学术交流会论文集

主 编：周彩贵 刘良平

副主编：李永丰 张述清 毛会斌



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

水利水电勘探及岩土工程施工新技术——第十七届全国水利水电
钻探暨岩土工程施工学术交流会论文集 / 周彩贵, 刘良平主编.
--长沙: 中南大学出版社, 2017.9

ISBN 978-7-5487-3032-3

I. ①水… II. ①周… ②刘… III. ①水利水电工程—水文地质
勘探—文集 ②水利水电工程—岩土工程—文集 IV. ①P641.72-53
②TV541-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第248707号

水利水电勘探及岩土工程施工新技术

——第十七届全国水利水电钻探暨岩土工程施工学术交流会论文集

主 编: 周彩贵 刘良平

副主编: 李永丰 张述清 毛会斌

□责任编辑 刘石年

□责任印制 易红卫

□出版发行 中南大学出版社

社址: 长沙市麓山南路

邮编: 410083

发行科电话: 0731-88876770

传真: 0731-88710482

□印 装 长沙印通印刷有限公司

□开 本 787×1092 1/16 □印张 29 □字数 736 千字

□版 次 2017年10月第1版 □2017年10月第1次印刷

□书 号 ISBN 978-7-5487-3032-3

□定 价 120.00 元

图书出现印装问题, 请与经销商调换

《水利水电勘探及岩土工程施工新技术》编委会

顾问：孙志峰 李良辉 易学文 陈安重

主任：刘良平

副主任：（以姓氏笔划为序）

马 明 张文海 李志远 张宗刚

余胜斌 杨春璞 周光辉 周彩贵

韩 瑞 彭春雷 谢北成 薛云峰

委员：（以姓氏笔划为序）

王 坚 文 浩 安 民 许启云

李永丰 张述清 杨俊志 张道云

杨 槐 欧汉森 罗 强 祝峰军

徐 键 缪绪樟

主编：周彩贵 刘良平

副主编：李永丰 张述清 毛会斌

参编人：（以姓氏笔划为序）

马 明 王占原 牛美峰 许启云

张光西 李志远 余胜斌 杨春璞

何晓宁 张婧宇 周光辉 易学文

贺茉莉 谢北成 曾来衡 缪绪樟

前 言

第十七届全国水利水电暨岩土工程施工技术学术交流会于2017年10月在西安召开。本次会议由中国水力发电工程学会地质及勘探专业委员会、中国水利学会勘测专业委员会、水利水电钻探信息网共同主办,中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、西北水利水电工程有限责任公司承办。

本次会议筹备得到了各有关单位的大力支持,会议论文征集得到了广大工程技术人员的积极响应。征集到的论文涉及国内外水电勘探与岩土工程领域研究、施工、设备与材料、检测、项目管理等方面,反映了近年来水电钻探及岩土工程施工经验技术创新和新技术应用成果,体现了业内专家和广大工程技术人员注重技术进步、自主创新、节约资源、保护环境的良好心愿。为便于交流和借鉴,经理事长、副理事长会议研究,对征集到的论文以《水利水电勘探及岩土工程施工新技术》为题正式出版,期望本论文集的出版能开阔广大工程技术人员的视野,促进互相交流、共同发展。

水利水电钻探信息网理事长、副理事长单位组成专家组于2017年6月在西安对征集到的论文进行了评审,论文编辑、出版工作由中南大学出版社负责。在此,谨向积极投稿的所有作者、审稿专家、编辑出版人员一并致以诚挚的谢意!

本论文集论文全部按照作者原文进行排版,内容和文字基本未加变动,各篇论文文责自负。请读者借鉴引用时,根据自己的具体情况加以考虑。由于能力和水平有限,加之时间仓促,在编辑中错误与疏漏恐难避免,不当之处,敬请读者给予谅解并指正。

水利水电钻探信息网

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司

西北水利水电工程有限责任公司

2017年10月

目 录

勘探技术

海上风电场钻探技术研究	许启云 周光辉 张明林 牛美峰 叶桂明	(3)
无水快速钻探技术研究	何 桥 曾 创	(10)
超深水平钻孔施工技术措施	许启云 周光辉 牛美峰 叶桂明 钟家峻	(15)
深厚覆盖层跟管钻进新工艺研究	龙先润 曾 猛	(19)
一种坍塌破碎地层钻进护壁新方法初探	白闰平 陈保国 范立安	(23)
坚硬致密花岗岩中金刚石钻进工艺的应用	黄炎普	(27)
水电水利工程深覆盖层钻探技术探讨	徐 键	(33)
碎裂白云岩地层的取芯钻探工艺探讨	刘汉林 黄小波	(38)
深厚覆盖层护孔冲洗液的研究	牛美峰 周光辉 许启云	(43)
某工程下穿京广铁路段大角度斜孔施工技术		
..... 王昶宇 肖冬顺 曾立新 黄炎普 闵 文		(47)
岩塞爆破工程水上精准斜孔勘察施工技术	庄景春 田 伟 杨晓晗	(54)
西藏地区碎裂岩体的钻进工艺探讨	黄小波 张文海	(60)
拉哇河床深厚覆盖层原状取样技术研究	刘晓丰 陈 颖 李 晶	(64)
峡谷地区重型勘探设备机械化搬迁方法研究	张文海 黄小波 刘汉林	(69)
双层套管同心跟管成孔工艺在复杂地层的研究与应用	杨 柳 来新伟	(73)
硬质岩体勘探平硐爆破孔布置方案探讨与应用	张建宏 茹官湖	(79)

岩土施工技术

承压渗流条件下不良地质体灌浆技术研究与应用		
..... 舒王强 朱华周 周运东 陈安重		(89)
灌浆技术在玄武岩夹层复杂地层中防渗堵漏的研究	王 林 中国涛 张文涛	(97)
厚层饱水软弱致密岩体化学灌浆技术研究	周运东 舒王强 袁爱民 陈安重	(102)
陡立岩壁高层排架基础钢栈桥力学性能理论计算方法	王冠平	(109)
渣体围堰防渗灌浆技术研究	张宗刚 李永丰 刘良平	(115)
小断面隧洞光面爆破施工技术探究	夏 骏 丁 晔 方宗友	(120)
讨赖河冰沟水电站引水隧洞开挖施工技术	李 诺 李海鹏	(125)
混凝土配重式拖模施工技术应用与实践	张宗刚 李永丰 刘良平	(132)
浅谈猴子岩水电站高边坡危岩体治理	来智勇 王富贵	(139)

抓槽防渗墙施工技术在扎敦水利枢纽大坝基础防渗墙中的应用研究	纪晓宇 张宝军 杜金良 丁玉峰	(143)
在砂卵石地层深基坑支护中土钉墙技术的应用实践	牟联合 冯升学	(151)
灌浆技术在水电工程岩溶地质处理中的应用	何 桥 闫帅驰	(158)
母线廊道与尾水管对穿锚索施工技术	李晓松	(163)
浅谈隧道单向掘进出洞施工实践	张文涛	(168)
错落山体中洞室开挖施工技术研究	贾九名 何晓宁	(174)
不注浆超前小导管在红层隧洞掘进中的应用	高全全 徐海军 茹官湖	(178)
长距离小断面输水隧洞爆破效率最优化研究	黄 帆 肖冬顺 曾立新 周治刚 王洪庆 严绎强 马 明	(182)
渡槽伸缩缝渗漏水处理新技术研究与实践	范 明 陈安重 胡铁桥	(187)
塑性混凝土防渗墙结合帷幕灌浆在栗树埂水库防渗处理工程中的应用	周兴雄 赵 斌 廖 强	(191)
新疆苏巴什水库岩溶地区灌浆施工技术	王 晋	(197)
锦屏水电站泄洪洞无盖重固结灌浆试验分析与探讨	张宗刚	(203)
低温环境下水工隧洞衬砌混凝土裂缝渗水分析及控制	夏 骏 肖冬顺	(208)
浅谈抗滑桩在地质滑坡治理工程中的应用 ——以宁波鄞州前门山滑坡工程为例	赵云孟	(213)
某水库电站厂房新近式砂岩固结灌浆机理浅析	孟大勇 惠寒斌	(222)
旁海航电枢纽工程坝基 $C_N - C_V$ 类岩体固结灌浆试验研究	彭中柱 扬明驰 姜世龙	(228)
高速沥青路面唧浆病害快速治理新技术	舒王强 周运东 黄超群 陈安重	(236)
钻孔灌注桩桩基施工工艺及常见事故处理措施	秦庆红 张烨菲	(241)

工程勘察与测量

滇中引水工程龙泉倒虹吸地质勘探工作探索与实践	张正雄 杨寿福 王光明 杨 建 濮振波	(249)
深厚砂砾石颗粒分布不均一性研究探讨	司富生 黄民奇 张 晖	(255)
巴贡水电站工程地质特点	胡 华 司富生 王志立 杨 贤	(266)
地质遥感解译在玛尔挡电站水库工程地质勘察中的应用	胡 华 司富生 王立志	(270)
TRT 超前预报系统在隧洞掘进中的应用	辜杰为 沙 玉	(276)
运用 COORD4.2 坐标系转换方法浅析	张 盼	(282)

材料、机具与设备

复合型重防腐涂层在引水压力钢管防护处理中的试验应用	张 驰 熊 智 范 明 廖婉蓉	(291)
---------------------------------	-----------------	-------

两类常规环氧树脂老化研究	韦胜利	张克燮	陈 刚	(295)
浅析混凝土碱-骨料反应预防措施	卓景波	李飞涛		(302)
YKS-A 型高压深孔水压式灌浆(压水)栓塞的研制和应用	田 伟	田 野		(306)
潜孔锤钻机跟管钻进在隧洞管棚施工中的应用		谢 灿		(311)
浅谈液压凿岩技术在水电坑探工程的应用		干大明		(314)
振孔高喷结合牙轮钻在卵砾石地层中的应用	杜金良	张宝军	刘佳禹	(319)
大直径钻孔压水试验栓塞的应用	许启云	周光辉	钟家峻	(325)
钢模台车在石门沟 3 [#] 水库引水隧洞二次衬砌中的应用	刘万锁	董 维		(330)
深谷河床水上钻探平台设计及应用	张成志	武相林	辛志相	(334)
海床式静力触探仪的应用	范红申	许启云	周光辉	(341)
东勘系列钻探平台简介	姜笑阳	柳逢春	刘权富	(348)
CCG25 工程钻机	田新红	程 坤		(355)

其他

抽水蓄能电站厂房平洞的生产组织与安全管理	黄小军	陈保国	李志远	(363)
水电工程地质钻探岩芯的保管探讨				
..... 王光明 杨寿福 张正雄 杨 建 濮振波 李国俊				(372)
浅谈公司地质勘探专业在转型升级发展中的探索与创新				
..... 张正雄 苏经仪 王光明 濮振波 杨 建				(377)
水电工程勘探项目管理模式探索	牟联合	冯升学		(384)
岩土工程勘察中钻遇地下管线的风险管控机制				
..... 项 洋 肖冬顺 张 辉 王昶宇 杜相会				(389)
水利水电勘探特点和技术研究的认识	郭 明	曹雪然	李文龙	高 巧 (393)
浅议小型水库除险加固工程在设计施工总承包模式下的质量管理			邱 敏	(397)
编制《水电工程覆盖层钻探技术规程》的几个问题探讨	张光西	徐 健		(400)
水电工程钻探工效探析	周彩贵	毛会斌	张妙芳	王佳佳 (404)
浅析城市地质勘察钻探中对城市地下管线的保护				
——以滇中引水工程昆明段丰源路地质勘察钻探为例				
..... 李国俊 张正雄 王光明 杨寿福				(409)
石门沟 3 [#] 水库黏土心墙堆石坝施工质量控制	刘万锁	董 维		(414)
前龙段 I [#] 滑坡整治工程后评价指标体系构建探讨	冯升学	唐茂勇	张光西	(420)
某水电站坝前滑坡地质特征及稳定性分析评价		司富生		(428)
声波测试在坝基灌浆效果评价中的应用	赵 斌	廖 强	翟联超	郭 蓓 (435)
鲁地拉水电站帷幕灌浆第三方质量检查及效果评价				
..... 王光明 张正雄 曹 林 杨继芳 邱 雨				(441)
第三方检测在广东清远蓄电站水道灌浆的应用			钟筱贤	(447)

勘探技术

海上风电场钻探技术研究

许启云 周光辉 张明林 牛美峰 叶桂明
(浙江华东建设工程有限公司 浙江杭州 310014)

摘要:海上风电场钻探因受作业场区气象、水文、通航、地质及障碍物等因素影响,存在诸多影响钻探工效、生产安全、取样质量的问题。为了使海上风电场钻探能够在确保安全的前提下,顺利完成钻孔任务,公司依托江苏、浙江沿海风电场勘察项目对海上钻探平台、钻探装备、钻探工艺、钻探取样技术等开展了研究及应用,本文将对取得的系列研究成果进行系统介绍,以供类似工程借鉴。

关键词:海上风电场勘察;钻探平台;钻探机具;取样设备

1 前言

自2005年开展海上风电场勘察以来,为了适应海洋工程建设和海洋开发的需要,寻求高效、安全、可靠、经济的钻探技术,公司以浙江、江苏风电和潮汐能地质勘察等工程为依托,凭借水电开发业务中积累的陆上、江河急流勘探装备及技术优势挺进海上勘探领域,通过十余年的海上风电场工程勘察实践,在钻探平台、海洋装备、钻探工法、取土工艺等关键技术问题上进行系列研究,形成了海上风电场钻探和取样系列技术。本文将对取得的研究成果进行系统介绍,以供类似工程借鉴。

2 海上风电场钻探平台选择

海洋钻探与陆地钻探在钻探方法上类似,但其自然条件与陆地相比有很大不同,易受到波浪、潮流、潮汐、海底地形地貌等影响。海洋钻探需要依靠钻探平台来完成,通常在大于6级风的条件下,海上钻探施工已比较困难,加上每月2次大潮流,前后3~4 d不能作业,一般每月真正符合海上钻探作业要求的天数,也就是7~10 d。为了充分利用好这有限工作日,做到安全、经济,并能提高工作效率,如何选择合适的钻探船将成为降低成本提高效益的关键。我公司通过不断地研究及实践,确定了适合不同海域钻探的双船拼装、单船组装以及液压自升等结构形式的钻探平台。

2.1 适用于潮间带钻探的专用单船预留通孔的浮动式平台

平底结构的单船钻探平台主要应用于海上潮间带的钻孔施工。江苏沿海风电场有不少场

作者简介:许启云(1964—),男,教授级高级工程师,毕业于钻探工程专业,长期从事水电工程钻探、海上风电钻探、大坝防渗灌浆以及钻探机具改进工作。

址布置在潮间带区域内,这些海域在涨落潮期间水流紊乱、潮流流速高,冲刷严重,平台船搁浅过程中船底易被淘蚀,容易造成平台倾斜。根据潮间带海域特点,为能既满足浅水位钻探又能实现搁浅时钻探的要求,宜选择扁平船底的单船作为钻探平台。图1所示为我公司选用的专用于潮间带勘探的底部平坦的勘探船只。

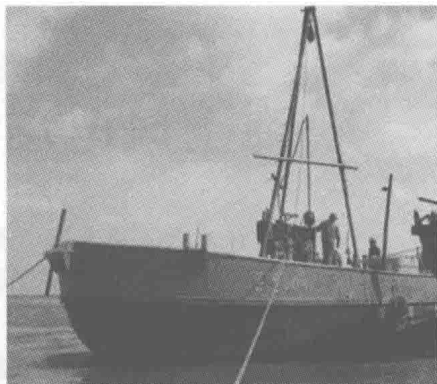


图1 适用潮间带钻探的预留通孔单船浮动式平台

该船专门为潮间带钻探施工而建造,船总长24.00 m,宽6.60 m,在建造时预留好钻孔孔眼,钻孔孔眼前方甲板钻场有效使用长度超过10 m,该空间能基本满足海洋地质钻探的要求,只要架设机台就可以直接安装钻机。

2.2 单船悬挑式钻探浮动平台

浙江沿海海岸岛屿众多,海岸线多为陡壁、悬崖、海岛等,且水深大,海底底质多为淤泥、淤泥质土,其承载力低,液压自升式平台不能有效地稳固支撑,宜采用单船移动式平台。考虑到浙江沿海海域涌浪大、海流方向变化频繁等情况,宜选择大吨位钻探平台,以抵消波浪、涌浪的影响。此形式钻探平台一般适用于深度不超过25 m的浅海域,平台船舶吨位一般在500 t以上,平台主要外型如图2所示。

单船钻场一般选择在船的一侧搭建,其平台面积一般在 90 m^2 左右,船体宽度应大于6 m。搭建时一般用长9.0 m的20号工字钢6根,平台搭建选择船的一侧向外延伸3 m,船内6 m。工字钢按间距2 m布置,工字钢与船沿之间用直径为16 mm圆钢呈U字形焊接,工字钢伸出船外的一端,用18号短槽钢与船体焊接成一体,用方木以及厚5 cm的木板铺设成长 $\times$ 宽 $=10\text{ m}\times 9\text{ m}$ 的平台,平台悬空沿海部位设置高度不低于1.20 m的防护栏杆,并悬挂安全防护网。

2.3 双船拼装钻探平台

双船拼装平台一般由两艘吨位、尺寸相等的船体通过槽钢焊接而成。每艘船核定吨位不小于100 t。平台用20号工字钢焊接,工字钢长度一般为两船体宽度、两船体之间预留宽度(约为0.8 m)以及工字钢向每艘船体外延伸长度(约0.5 m)之和。平台按间距2 m焊接6根工字钢,船头、船尾各焊接一根20号工字钢,每根工字钢与内外船沿之间均用直径为16 mm圆钢呈U字形焊接,然后用方木以及厚度约5 cm木板铺设成长 $\times$ 宽 $=10\text{ m}\times 12\text{ m}$ 的平台,最后在平台沿海两侧设置高度不低于1.20 m防护栏杆,并悬挂安全防护网。

该平台优点是可以利用民用渔船搭建,比较经济,而缺点是应急撤离状况差,存在一定的安全隐患。该平台一般适用于水深15 m以内的海上风电钻探,其平台外型如图3所示。



图2 单船悬挑式钻探平台



图3 双船拼装钻探平台

2.4 自升式钻探平台

在海洋地质勘察项目中,为全面揭示海底土层的物理力学性能,往往布置一些静探、触探、标贯等原位测试内容,这些内容通常选择自升式勘探平台来完成。采用自升式勘探平台作业,应综合考虑水深、桩腿入泥深度、潮汐潮差高度、平台型深、平台上部预留高度等因素。图4至图7所示为我公司近几年来在不同海域及不同水深环境下所采用的自升式勘探平台。



图4 桩腿长 18 m 自升式钻探平台



图5 桩腿长 36 m 自升式钻探平台

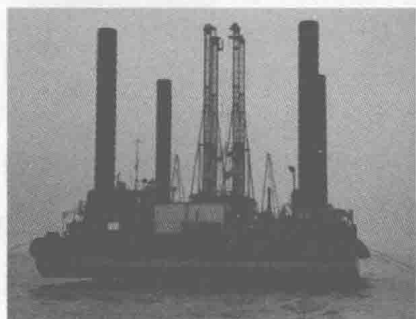


图6 桩腿长 51 m 自升式钻探平台



图7 拟建中的桩腿长 56 m 自升式钻探平台

3 海上风电勘探取样技术

3.1 浅层取样

海底底质调查性质的工程,由于孔深较浅,如果按风电勘察钻孔进行平台搭建、抛锚定位以及钻进取样,将会出现钻探工效低的问题,为了达到既经济又安全的目的,通常选择如下几种取土设备。

(1)蚌式和箱式采泥器。它适用于海底浅表层的采样,其取样效果可达 90% 以上。常用于海底表层沉积物调查、工程地质调查、物探验证调查、矿物调查、生物及地球化学调查等工作中。图 8 所示为蚌式采泥器,图 9 所示为箱式采泥器。

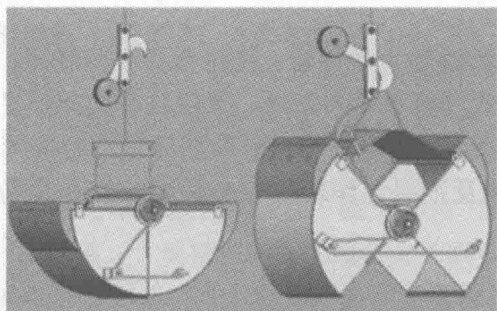


图 8 蚌式采泥器



图 9 箱式采泥器

(2)振动活塞取样器。它适用于水深 200 m 以内的各种水域水底致密沉积物的柱状取样。该设备采用 7.5 kW 交流垂直振动器,利用高频锤击振动将取样管贯入沉积物中获取柱状样品,取样成功率可达 100%。图 10 所示为江苏某线路采用的振动活塞取样器及所取土试样。

(3)重力活塞柱。它适用于水深大于 3 m 的各类水域的软 - 中硬地质取样,取样长度可达 8 m,土试样直径为 104 mm,取土设备如图 11 所示。

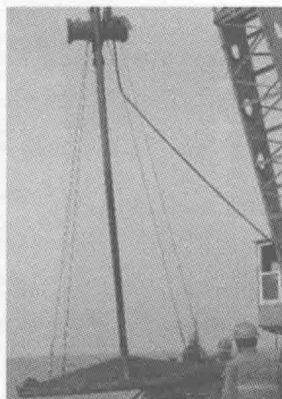


图 10(a) 振动活塞取样器

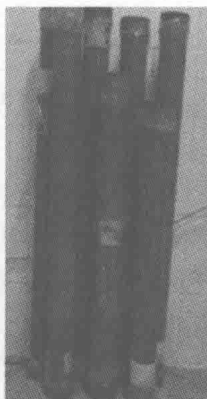


图 10(b) 土试样

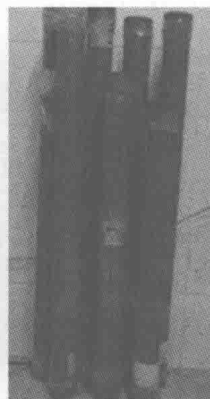


图 11 重力活塞柱状取土器

3.2 原状取样技术

3.2.1 国内取土器现状

海上风电场钻孔一般深度为 50 ~ 100 m, 浅表层土一般呈松散或流塑状, 取样时应减少扰动。目前在海上风电场钻探中采用的取土器有敞口式薄壁取土器、自由活塞式薄壁取土器、固定活塞薄壁取土器等。各种取土器如图 12 至图 14 所示。

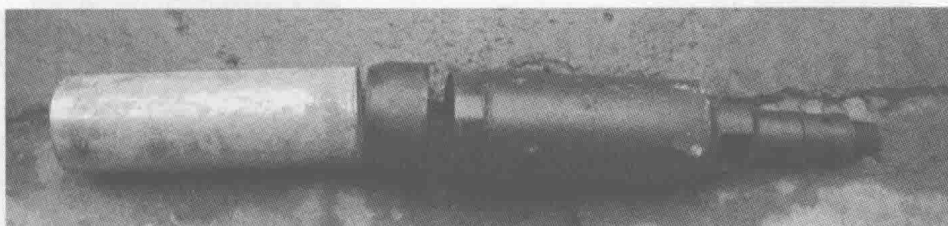


图 12 敞口式薄壁取土器

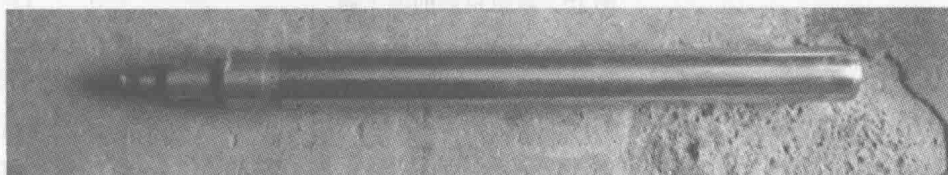


图 13 自由活塞式薄壁取土器

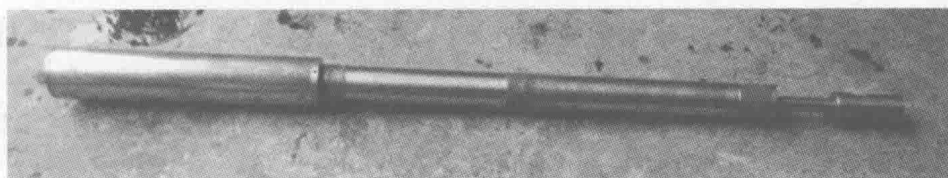


图 14 固定活塞式薄壁取土器

以上 3 种取土器中, 敞口式薄壁取土器取样长度为 30 cm, 回次进尺在 50 cm 左右; 自由活塞式薄壁取土器取样管长 70 cm, 从取样管内推出容易使土样变形, 因无残土管, 孔底必须干净; 固定活塞式薄壁取土器回次进尺为 40 cm。它们的共同缺点就是回次进尺短, 导致提钻和下钻时辅助工作量多, 而海上工程钻探由于工作时间受限, 要在有限的时间内完成钻孔, 就必须改变取样器的取样现状。

3.2 改进型原状取土器

根据海上风电场勘察的实际情况, 为尽可能提高工作效率, 解决因回次进尺短, 上下钻杆辅助工作量多等的问题, 公司通过研究及实践开发了多种适用于海上风电场勘察取样的取土器。分别介绍如下。

(1) 敞口式取原状土样的取土器。通过加长残土管, 使回次钻孔取样接近 2 m, 从而减少了起钻次数, 提高了钻探工效。该取样器适用于淤泥质土、粉土、粉砂等土层的原状取土。

(2)中空圆柱样取土器:为满足单轴扭剪和三轴扭转耦合循环剪切试验等,以控制复杂应力路径和复杂应力状态的特种土工试验的需要,自主研发了中空圆柱样取土器。

(3)双管水压式原状取样器:针对海底表层0~2.0 m高含水流塑淤泥土的取样,自主研发了75双管水压式原状取样器,该取样器采用50 mm有机玻璃管作取样内管,并在该取样管底端设置关闭阀门,将取样器下到预定深度,再通过水压使阀门关闭,使所取土样在有机玻璃管内清晰可见,其取样效果可达100%,达到了表层取样的目的(图15)。



图15 改进以后的取土器

4 海上勘探新装备

4.1 海床式 CPT

海床式 CPT(图16)可将贯入设备稳定支撑于海床面上,将探头直接连续地贯入海底。其优点在于能够在空间上保证触探路径的完整性。公司于2016年从国外引进1台200 kN海床式静力触探仪,该设备自重为20 t,作业水深可达几百米,在江苏沿海某风电场工程项目中应用时,钻孔最大锥尖可达到48.72 MPa,贯入深度为58.99 m。

4.2 海洋工程钻机

海洋工程钻机由塔架、动力头、泥浆泵、卷扬机组、驱动装置、控制箱、波浪补偿装置及连接液压管路等组成,塔架净高达到9.0 m;其可以提吊长6.0 m的钻杆,泥浆泵为BW-250型,通过油马达驱动。塔架上设有动力头,动力头和钻具连接,动力头通过钢丝绳分别与波浪补偿配重箱和卷扬机组连接;在塔架侧边设有驱动装置,分别与动力头、卷扬机组、泥浆泵等连接(图17)。

海洋工程钻机在钻进过程中,波浪补偿装置和钻具之间调节为平衡状态后,当波浪影响钻探船上下浮动时,波浪补偿器能够在张紧器内自由滑动,动力头、孔底的钻具与孔底之间则保持相对的静止,达到了波浪补偿的目的,避免了孔底土层的扰动。

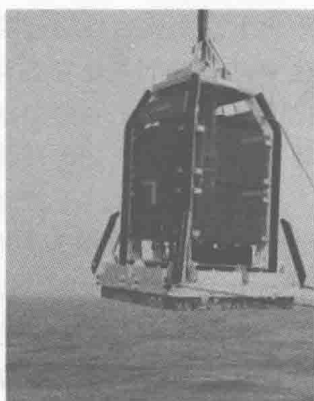


图 16 海床式 CPT



图 17 海洋工程钻机

5 结语

公司依托海上风电场勘察工程,现已在江苏、浙江、福建等地完成海上项目 50 多个,为此积累了丰富的海上钻探经验,也为公司取得了良好的经济效益和社会效益。为进一步适应市场竞争形势,以及满足业主对海洋勘察质量不断提高的要求,解决海洋勘察业务在战略定位、技术手段、勘察装备、技术人才等方面存在的问题,2016 年公司从战略的高度进行统筹规划,加大了投入,使现有装备及技术基本满足今后 5 至 10 年的海洋工程勘察的需要,形成了国内海洋勘察设计市场的核心技术和竞争力。

参考文献

- [1] 刘权富. 浅海勘探的钻探工艺. 探矿工程(岩土钻掘工程)[J], 2000, (2): 41-42.
- [2] 耿雪樵, 徐行, 刘方兰, 等. 我国海底取样设备的现状与发展趋势[J]. 地质装备, 2009, (4): 11.
- [3] 补家武, 鄢泰宁, 昌志军. 海底取样技术发展现状及工作原理概述[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2001, (2): 44-48.
- [4] 鄢泰宁, 补家武, 李邵军. 浅析国外海底取样技术的现状及发展趋势[J]. 地质科技情报, 2000, (2): 67-70.
- [5] 段新胜, 鄢泰宁, 陈劲, 等. 发展我国海底取样技术的几点设想[J]. 地质与勘探, 2003, (2): 67-71.