

秦皇岛七里海潟湖水钻探取样及勘察成果分析

王建伟, 霍玉兵, 李 晶

(华北地质勘查局第四地质大队, 河北 秦皇岛 066000)

摘要: 秦皇岛七里海湿地生态修复工程主要通过退养还湿、清淤疏浚和岸线综合整治对七里海潟湖进行生态修复和景观提升。通过水上钻探取样技术, 对七里海潟湖进行工程勘察, 根据土层物理力学性质, 分析该区域工程地质特征、液化分区情况和浅层土类别, 对工程疏浚适宜性作出评价, 为清淤疏浚和岸线整治提供有利依据。

关键词: 清淤疏浚; 水上钻探取样; 工程勘察; 物理力学性质; 液化评价

中图分类号: P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2018)04-0073-05

Analysis on Drilling Sampling and Survey Results in Qinhuangdao Qilihai Lagoon/WANG Jian-wei, HUO Yu-bing, LI Jing (The Fourth Geological Team of North China Geological Survey, Qinhuangdao Hebei 066000, China)

Abstract: In the ecological restoration project of Qinhuangdao Qilihai wetland, dampness returning, dredging and comprehensive management of shoreline are mainly used to improve the landscape. The engineering survey was carried out in Qilihai lagoon with the water drilling sampling technique, and according to the physical and mechanical properties of soil layer, the engineering geological characteristic, the liquefaction zoning and shallow soil category are analyzed, the suitability of dredging engineering is evaluated to provide the basis for dredging and shoreline management.

Key words: dredging; water drilling sampling; engineering survey; physical and mechanical properties; liquefaction evaluation

0 引言

秦皇岛七里海是我国沿海最大的潟湖, 具有滨海湖泊、沼泽的湿地自然景观特点, 在保护生物多样性、净化空气、调节河川径流、补给地下水、改善气候和维持区域水平衡中发挥重要作用。近年来养殖池、稻田等农业废水与沿湖工矿业污水及生活污水的无节制排污, 使潟湖污染程度日趋严重, 生态环境急剧恶化。

通过实施七里海潟湖湿地生态修复工程, 使重点侵蚀岸滩得到有效整治修复, 七里海潟湖湿地生态环境得到明显改善, 典型海洋生态灾害监测预警和处置能力得到提升, 海洋生态环境安全得到有效保障。项目主要通过退养还湿、清淤疏浚和岸线综合整治对七里海潟湖进行生态修复和景观提升。项目实施后, 可有效提升岸线和滨海湿地的生态服务功能, 突出生态景观价值, 营造优质的海洋环境。

在生态修复工程实施前, 必须对工区进行全面彻底调查, 通过水上钻探取样技术, 进行工程勘察, 分析地层分布情况, 为湖底清淤设计深度提供有力

的数据依据。因此, 可以看出, 在环境综合整治项目中, 勘察、钻探是必不可少的基础工作, 对整治项目的设计、实施具有较强的指导作用。

1 地质概况

1.1 工程区附近地形地貌

根据地质调查资料, 晚第四纪以来, 本地区曾经有 8 次海进, 七里海潟湖的形成与这里的海进和海退有密切关系。就地貌而言, 工程区处于渤海海岸地带, 海岸向陆地依次分布有水下三角洲、水下岸坡、绵缓海滩、高大沙丘、现代潟湖、潟湖平原、冲洪积平原等地貌类型, 主要人工地貌为: 沿岸围堤、防潮闸、养殖池塘等。其中沿岸沙丘带呈 NNE-SSW 分布, 横向沙丘自西向东分别为沙丘地、固定沙丘、半固定沙丘和流动沙丘。沙丘间有洼地分布, 发育有沼泽湿地。

工程区地形复杂多变, 整体高程范围(1985 国家高程基准)在 -3.5~8.5 m。潟湖大部分地区高程 -1.5~0.5 m, 潮汐通道和潟湖东侧的潮沟深度

收稿日期: 2018-03-14

作者简介: 王建伟, 男, 汉族, 1989 年生, 项目负责, 勘查技术与工程专业, 从事钻探施工与技术管理工作, 河北省秦皇岛市开发区镜泊湖路 12 号, wjw_0624@126.com。

相对较大,高程值 $-3.5\sim-1.5$ m。养殖虾池的堤坝高程 $1.5\sim3.5$ m,潮汐通道南北两侧陆地高程均在 0.5 m以上。海底地形主要特征为:近岸处坡度较陡,从整体上看坡度较缓, $0\sim2$ m等深线海域坡度较大,介于 $11.8\%\sim17.2\%$, $2\sim5$ m等深线坡度为 $3.2\%\sim3.4\%$, $5\sim10$ m等深线之间的坡度最小,不足 1% ,介于 $0.94\%\sim0.98\%$ 。北戴河新区海岸线全长 82 km, $0\sim20$ m等深线海域面积 354 km², 1.5 m等深线平均距海岸约 200 m, 5 m等深线距海岸约 1.5 km。

1.2 工程区附近陆地水文地质特征

1.2.1 地表水

根据现场调查,本工程区勘察范围内地表水体有潟湖、养殖池、潮汐通道及河道,皆与渤海相通,水位变化主要受潮汐和大气降水的影响。其中七里海潟湖上游水系有赵家港沟(潮河)、泥井沟、刘坨沟(甜水河)、刘台沟和稻子沟等5条发源于滦河以东高亢平原的季节性河流,自西向东汇入七里海潟湖,并经新开口潮汐通道流入渤海。这些河流均属河北省东部沿海小型水系,发源于低山丘陵区。河流径流量年内分配极不平衡,暴雨时河水猛涨,枯水季节流量很小,雨季(7~8月)的径流量占全年径流量的 $60\%\sim80\%$,皆为流程短、流量小的季节性河流。

1.2.2 地下水类型与含水层

据钻探揭露,本工程区地下水类型为第四系松散岩孔隙潜水,含水层主要为第③⑤⑥⑧层,其富水性及透水性均较强;相对隔水层为第②④⑦层,隔水层分布不连续。地下水与地表水相互连通,具有统一的稳定水位。

1.2.3 地下水动态

勘察结束后观测钻孔内混合水位,静止水位埋深 $-3.65\sim-2.90$ m(标高 $0.13\sim1.17$ m)。水位主要受海水潮汐和大气降水变化的影响,年最大变幅高差约 2.0 m。

2 勘察目的及主要工作内容

2.1 勘察目的

本次勘察的主要目的是:为满足七里海潟湖湿地生态修复工程的方案论证和清淤疏浚、岸线整治等工程施工的初步设计提供依据。主要任务如下:

(1)对工程区进行工程地质钻探,查明各地质层岩性、成因类型和空间分布特征等;通过原位测试、

取样进行土工试验等工作,查明各地质层物理力学性质指标。

(2)结合本工程附近已有的地质勘察成果,对实际的或潜在的工程地质问题作出评价,为设计提供可靠的工程地质资料,并对设计和施工有关的问题作出评价和建议。

(3)通过区域环境地质调查,查明存在的主要环境地质问题和影响因素,对设计和施工中可能出现的不良地质现象的防治提供依据。

2.2 勘察工作内容

接到勘察任务后,对拟建工程区进行了现场踏勘。本次勘察主要采用钻探取样,原位测试,室内土、水试验等方法 and 手段,提供设计、施工需要的工程勘察数据。勘察工作量完成情况见表1。

表1 七里海潟湖工程勘察完成工作量统计

内 容	完成工作量	备 注
放点、高程测量/点	60	
钻探	钻孔数量/个	60 全部为技术性钻孔
	钻探进尺/m	1000
取水、土 试样	I级土试样/件	123
	III~IV级土试样/件	507
	取水试样/件	4
原位测试	标准贯入N/次	629 全部为取土标贯孔
	物性试验/项	511 含水率、密度、比重及液塑限
土工试验	压缩试验/组	100 慢速法,最大压力至 400 kPa
	剪切试验/组	66 固结快剪
	颗分试验/项	536 筛析法
水质分析	水质简分析/件	4

3 勘察工作方法

3.1 钻探取样

通过对七里海潟湖进行现场踏查及对测绘成果、相关地质资料收集整理,了解到潟湖大部分地区高程 $-1.5\sim0.5$ m,潮汐通道和潟湖东侧的潮沟深度相对较大,高程值 $-3.5\sim-1.5$ m。秦皇岛多年平均潮差为 0.74 m,属弱潮区,由于有潮汐通道连接,潟湖内水面波动较小。

根据钻探水域的水文、气象、地质条件和勘探技术要求,本次钻探拟采用简易式浮筏作为水上钻探平台,简易式浮筏主要由油桶、铁水管和木板搭建而成。先用铁水管搭建基础框架,然后将直径 580 mm、高度 930 mm规格的铁油桶置于搭建好的框架上并与框架固定在一起,再在油桶上铺设木板固

定,注意为孔位和接卸套管留出一个 $200\text{ mm}\times 200\text{ mm}$ 的方形孔洞,最后将HZ-130YY型钻机开上钻探平台,将立轴对准方形孔洞后,将钻机固定,如图2所示。简易式浮筏钻探平台具有成本低、组装简单、自重小、容易固定、便于搬迁等特点。



图2 施工现场图

根据设计提供的技术要求,钻孔布置按网格总体控制,共布置勘探点60个,勘探点间距 $210.3\sim 953.8\text{ m}$,皆为技术性钻孔,一般孔深度 $10.0\sim 20.0\text{ m}$,控制孔深度 30.0 m 。

钻孔定位采用全站仪测量定位,定一个钻一个,不能将所有孔位一次放完。通过全站仪指引,用一艘渔船将钻探平台牵引至水域大致位置,钻探平台上的工人通过竹竿进行微调,直到放点孔位满足设计要求,在四角下入锚杆进行定位抛锚,以固定钻探平台,下入 $\varnothing 146\text{ mm}$ 套管后,即可以进行正常钻探作业。

潟湖湖底地层多为淤泥、粘土、粉砂等,钻探过程中易塌孔,而且取心难度较大,主要采用泥浆护壁回转跟管钻进,回次进尺一般控制在 $1.0\sim 2.0\text{ m}$ 范围内,钻进深度和岩土分层深度的测量精度不低于 $\pm 5\text{ cm}$,岩心采取率 $\geq 90\%$ 。钻具组合: $\varnothing 50\text{ mm}$ 钻杆+ $\varnothing 108\text{ mm}$ 取心管+ $\varnothing 110\text{ mm}$ 钻头, $\varnothing 146\text{ mm}$ 套管。

3.2 原位测试

本次勘察原位测试采用标准贯入法,重锤质量、贯入器、钻杆及落距均符合《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)要求,自动落锤装置。标准贯入测试间隔一般控制在 $1.0\sim 2.0\text{ m}$ 范围内。对流

塑—可塑的粘性土及稍密的粉土采用薄壁取土器连续静压贯入法取Ⅰ级不扰动土样;对硬塑—坚硬的粘性土及中密—密实的粉土采用回转取土器钻进法取Ⅰ级不扰动土样;对砂性土在标贯器或岩心钻头中取Ⅲ~Ⅳ级扰动土样。取样间隔一般控制在 $1.0\sim 2.0\text{ m}$,对厚度 $>0.5\text{ m}$ 的夹层或透镜体采取土试样。根据工程需要在钻孔附近取地表水样并及时封存。

4 勘察成果分析

4.1 工程区土层的构成与特征

据工程地质勘探揭露,本工程区第四系地层主要为素填土、粉质粘土、粉砂、细砂等。按成因类型及岩性划分为8个工程地质层,自上而下依次简述如下:

①素填土(Q_4^{ml}):灰黄色,松散,稍湿,成分以粘性土和砂性土为主,含少量贝壳碎片和植物根系等。层厚 $1.30\sim 4.30\text{ m}$,层顶标高 $0.74\sim 3.48\text{ m}$ 。

②粉质粘土(Q_4^m):灰褐色,可塑—软塑,干强度及韧性中等,无摇振反应,成分以粘粒为主,含少量砂粒和贝壳碎片等。层厚 $1.10\sim 3.10\text{ m}$,层顶标高 $-0.86\sim -0.62\text{ m}$ 。

③粉砂(Q_4^m):灰褐色,松散,饱和,成分以石英、长石为主,含少量粘性土及贝壳碎片等。层厚 $1.20\sim 10.50\text{ m}$,层顶标高 $-3.96\sim -0.89\text{ m}$ 。

④粉质粘土(Q_4^m):灰褐色,可塑—软塑,干强度及韧性中等,无摇振反应,成分以粘粒为主,含少量砂粒,偶见贝壳碎片。层厚 $1.20\sim 6.90\text{ m}$,层顶标高 $-7.60\sim -0.91\text{ m}$ 。

⑤细砂(Q_4^m):浅灰色,中密,饱和,成分以石英、长石为主,可见云母颗粒,偶见贝壳碎片,局部含少量粘性土等。层厚 $0.80\sim 7.50\text{ m}$,层顶标高 $-9.61\sim -0.97\text{ m}$ 。

⑥细砂(Q_4^m):浅灰色,密实,饱和,成分以石英、长石为主,可见云母颗粒,偶见贝壳碎片。层厚 $2.80\sim 7.60\text{ m}$,层顶标高 $-14.41\sim -0.86\text{ m}$ 。

⑦粉质粘土(Q_4^m):灰褐色,可塑,干强度及韧性中等,无摇振反应,成分以粘粒为主,含少量砂粒等,局部含粉土、粘土及砂薄层。层厚 $7.60\sim 15.40\text{ m}$,层顶标高 $-18.15\sim -10.09\text{ m}$ 。

⑧细砂(Q_4^m):浅灰色,密实,饱和,成分以石英、长石为主,可见云母颗粒。该层仅在工程区K—

40、K-42 号钻孔附近揭露,厚度未穿透,层顶标高-25.75~-25.49 m。

4.2 工程区地震效应

依据《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)中的有关规定,工程区土层内存在的饱和砂土及粉土层液化判别经初判:第③⑤⑥层砂层为可能液化土层,应采用标准贯入法作进一步判别。

饱和砂土及粉土液化判别标准贯入锤击数临界值计算公式如下:

$$N_{cr} = N_0 \beta [\ln(0.6d_s + 1.5) - 0.1d_w] \sqrt{3/\rho_c}$$

式中: N_0 ——液化判别标准贯锤击数基准值,取 $N_0 = 7$; β ——调整系数,设计地震第二组,取 $\beta = 0.95$; d_s ——饱和土标准贯入点深度, m; d_w ——地下水位深度, m; ρ_c ——粘粒含量百分率,当小于 3 或为砂土时,应采用 3。

经标准贯入法判别,第③层为液性土层,液性指数 $I_L = 0.41 \sim 27.7$ 。中等—严重液化区覆盖了潟湖的中—南部的大部分地区;非液化—轻微液化区主要集中在潟湖水域的东侧和西侧区域、东北角一侧的养殖池和潮汐通道。入湖河流河口地区的情况各异,其中,赵家巷沟河口地区为非液化区,泥井沟河口地区为轻微液化区,刘沱沟河口地区为中等液化区,刘台沟和稻子沟河口地区液化等级差异较大,以中等—严重液化为主。

4.3 工程区土层工程性能分析

根据各土层的物理力学参数平均值,并结合岩土特征,对各土层的工程性能分析如下:

①层素填土:结构松散,成分简单,水平分布连续,力学强度低。

②层粉质粘土:液性指数平均值 $I_L = 0.60$,为可塑状态;压缩系数平均值 $\alpha_{1-2} = 0.511 \text{ MPa}^{-1}$,属高压缩性土;标贯实测平均值 $N = 4.0$ 击;水平分布不连续,土质不均,力学强度较低。

③层粉砂:标贯实测平均值 $N = 6.3$ 击,为松散状态;水平分布较连续,土质不均,力学强度较低,为液化土层。

④层粉质粘土:液性指数平均值 $I_L = 0.65$,为可塑状态;压缩系数平均值 $\alpha_{1-2} = 0.308 \text{ MPa}^{-1}$,属中压缩性土;标贯实测平均值 $N = 6.2$ 击;水平分布不连续,土质不均,力学强度较低。

⑤层细砂:标贯实测平均值 $N = 23.2$ 击,为中密状态;水平分布较连续,土质较均匀,力学强度较

高。

⑥层细砂:标贯实测平均值 $N = 43.0$ 击,为密实状态;水平分布连续,土质较均匀,力学强度较高。

⑦层粉质粘土:液性指数平均值 $I_L = 0.46$,为可塑状态;压缩系数平均值 $\alpha_{1-2} = 0.290 \text{ MPa}^{-1}$,属中压缩性土;标贯实测平均值 $N = 13.9$ 击;水平分布不连续,土质较均匀,力学强度较高。

⑧层细砂:标贯实测平均值 $N = 60.3$ 击,为密实状态;水平分布连续,土质较均匀,力学强度较高。

4.4 工程区土层物理力学设计参数

根据各土层物理指标、强度指标,结合原位测试指标以及秦皇岛地区工程经验综合确定,提供各土层物理力学设计参数(见表 2)。

表 2 各土层物理力学设计参数

地层 编号	土层名称	重力密度 γ / ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	抗剪强度		压缩模量	承载力特征
			C_k/kPa	$\varphi_k/(\text{°})$	E_s/MPa	值 f_{ak}/kPa
①	素填土	18.8	23.8	12.3	4.60	100
②	粉质粘土	18.9	19.7	10.5	4.17	100
③	粉砂					80
④	粉质粘土	19.5	25.0	15.3	6.11	120
⑤	细砂					200
⑥	细砂					300
⑦	粉质粘土	19.6	30.9	17.6	6.52	200
⑧	细砂					300

注:剪切强度为标准值,其余为平均值。

5 拟建工程疏浚适宜性评价

根据《疏浚岩土分类标准》(JTJ/T 320—96)中表 4.2.3 潟湖和潮汐通道范围内各层土疏浚岩土工程特性和分级如下。

②层粉质粘土为 3 级软粘性土;③层粉砂为 8 级松散砂土;④层粉质粘土为 4 级中等粘性土;⑤层细砂为 9 级中密砂土;⑥层细砂为 10 级密实砂土;⑦层粉质粘土为 5 级硬粘性土;⑧层细砂为 10 级密实砂土。

根据《疏浚岩土分类标准》(JTJ/T 320—96)中表 5.1.1 挖泥船对疏浚岩土的可挖性及表 5.2.3 各类疏浚岩土用于管道输送和填土的适宜性对本工程区潟湖和潮汐通道范围内各层土疏浚适宜性评价如下:

②层粉质粘土:采用耙吸、绞吸、链斗、抓斗、铲斗均容易,经碎化后较适宜管道输送,但用作填土的适宜性较差。

③层粉砂:采用耙吸、绞吸、链斗、抓斗、铲斗为

较容易—容易,适宜管道输送,用作填土的适宜性为尚可。

④层粉质粘土:采用耙吸、绞吸、链斗、抓斗、铲斗为较容易,经碎化后较适宜管道输送,但用作填土的适宜性较差。

⑤层细砂:采用耙吸、小功率绞吸、小抓斗均较难,采用大功率绞吸、链斗、大抓斗及铲斗为尚可—较易,适宜管道输送,用作填土的适宜性较好。

⑥层细砂:采用耙吸、绞吸、链斗和抓斗为较难—困难,采用铲斗尚可,适宜管道输送,用作填土的适宜性也较好。

⑦层粉质粘土:采用耙吸、绞吸、小链斗为较难—困难,采用大链斗、抓斗和铲斗为尚可—较易,经碎化后较适宜管道输送,用作填土的适宜性差。

⑧层细砂:采用耙吸、绞吸、链斗和抓斗为较难—困难,采用铲斗尚可,适宜管道输送,用作填土的适宜性也较好。

本工程采用1980国家高程基准,理论最低潮面标高为 -0.864 m ,按照疏浚清淤最大深度 3.0 m 考虑,只涉及本工程区浅层地层①②③层。其中第①层素填土主要是由人工修筑养殖池坝体形成,成分以粘性土和砂性土为主,第②层为可塑局部软塑的粉质粘土,第③层为松散饱和的粉砂。以上土层

疏浚适宜性均较强。

6 结语

七里海潟湖湿地生态修复工程是典型的生态环境整治工程,而地质钻探是环境修复类项目中不可或缺的重要环节,通过地质钻探获取最基础、最真实的地层信息,可以为项目设计、施工提供有力依据。由此可见,钻探工程在生态环境修复与改造建设中发挥着重要作用。

参考文献:

- [1] 昌黎黄金海岸科技培训中心勘察报告[R].河北秦皇岛:秦皇岛华勘岩土工程勘察有限责任公司,2010.
- [2] 杨会利,袁振杰,高伟明.七里海泻湖湿地演变过程及其生态环境效应分析[J].湿地科学,2009,7(2):118—123.
- [3] 周相国,聂洪玮.岩土工程勘察有关问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(7):1—4.
- [4] 吉利.河北省廊坊市某小区岩土工程勘察及成果分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(12):32—35.
- [5] 王维献.地铁工程勘察水域钻探油桶筏钻探平台的设计与安全保障措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(4):40—43.
- [6] GB 50021—2001,岩土工程勘察规范[S].
- [7] GB 50011—2010,建筑抗震设计规范[S].
- [8] JGJ/T 87—2012,建筑工程地质勘探与取样技术规程[S].
- [9] GB/T 50123—1999,土工试验方法标准[S].
- [10] JTJ/T 320—96,疏浚岩土分类标准[S].

(上接第72页)

条件,合理利用地层条件进行降水设计。

(2)在多含水层系统、砂性土与粘性土互层区域,可结合基坑开挖条件、围护结构条件,采取引渗疏干技术。

(3)引渗井一般不下泵、不抽水,不存在用电、管线铺设、封井等问题,大大降低了材料及管理费用,在保证基坑疏干效果的同时,降低了工程造价。

根据本工程基坑不同部位开挖深度,结合上部地层主要为淤泥质粉质粘土层的特点,在其边坡上和—些开挖较浅基坑底部设置了引渗疏干井。引渗井的设置,保证了基坑疏干效果和边坡稳定;利于土方顺利快速开挖,同时还有利于基坑底板的快速浇筑,有效地保证了基坑快速封底,确保了基坑开挖安全。该深大基坑工程引渗降水技术的成功实施对今后类似工程具有重大的参考意义。

参考文献:

- [1] 刘清文,车灿辉.长江漫滩复杂地层条件下超大超深基坑降水设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):54—59.
- [2] 史庆涛.放坡开挖基坑内套直立开挖基坑施工技术[J].施工技术,2015,44(S2):123—125.
- [3] 濮仕坤,李二兵,谭跃虎,等.复杂条件下多梯度基坑施工力学效应分析[J].施工技术,2017,46(1):28—31.
- [4] 李成勋.南京青奥轴线地下工程施工现场风险管理——以B2-J1区地下立交段施工为例[J].信息化建设,2015,(3):106—108.
- [5] 范永芳.地下水回灌在基坑工程周边环境保护中的应用[J].中国科技信息,2014,(11):85—88.
- [6] 耿会勇.长江沿岸深基坑长期降水条件下周围建筑物沉降控制技术[D].山东青岛:青岛理工大学,2015.
- [7] 沈通.复杂地质条件下超大不规则基坑支护与降水方案研究[D].江苏南京:南京大学,2017.
- [8] 耿会勇.长江漫滩地区长大隧道分区降水设计与应用研究[J].石家庄铁道大学学报(自然科学版),2013,(S2):212—214.