某大型干船坞工程临时防渗墙施工技术研究

Study on the Construction Technology of Temporary Impervious Wall in a Large Dry Dockyard Project

吴国杰¹ 郑文举²

Guojie Wu¹ Wenju Zheng²

1. 中国水利水电第三工程局有限公司 中国·陕西 西安 710000;

2. 中国水利水电第三工程局有限公司 中国·陕西 西安 710000

1. China Water Conservancy and Hydropower Engineering Bureau Limited, Xi'an, Shaanxi, 710000, China;

2. China Water Conservancy and Hydropower Engineering Bureau Limited, Xi'an, Shaanxi, 710000, China

摘 要: 本文详细论述了临时防渗墙工程的各项施工工艺,并介绍了防渗墙施工质量保证措施以及相应的检测方法,以期为类似工程施工提供借鉴。

Abstract: In this paper, the construction technology of temporary impervious wall project is discussed in detail, and the construction quality assurance measures and corresponding testing methods of impervious wall are introduced in order to provide reference for similar engineering construction.

关键词: 临时防渗墙;气举法;完整性

Keywords: integrity of temporary; anti-seepage; wall gas lift

DOI: 10.36012/etr.v2i11.2901

1 项目情况介绍

沙特萨勒曼国王国际港务综合设施项目是沙特“2030愿景”国家改革计划的重要组成部分,由全球最大石油公司—沙特阿美石油公司联合全球最大船企韩国现代重工HHI、全球最大的VLCC运营商沙特阿拉伯Bahri和海湾地区最大钻井平台建造商阿联酋Lamprell公司联合打造,旨在提高沙特阿拉伯本国经济的多样化及持续发展,减少沙特未来

10年数百亿美元新船进口开支,实现沙特从“国油国运”升级为“国船国造”的战略目标,推动当地GDP提升并提供充足的就业机会。

项目位于沙特东部波斯湾沿岸(Ras Al-khair港口),朱拜勒以北约80km。整个项目分P1~P9共九个标段。其中核心工程为P5标的4#及5#干船坞工程,因干船坞的施工需要具备干地作业条件,这就要求在干船坞作业前,首先要完成防排水体系即临时防渗墙及降水井的施工。

【作者简介】 吴国杰(1985~),男,河北三河人,工程师,从事工程管理研究。

郑文举(1985~),男,湖北武汉人,工程师,从事工程管理研究。

2 功能介绍

本项目临时防渗墙为悬挂式,处于临海砂质土地基条件,砂土层土质松软,渗透系数高达 $2.55 \times 10^{-4} \text{m/s}$,而为了控制海水绕渗,满足设计渗水量 ($\leq 935 \text{m}^3/\text{h}$) 要求,防渗墙设计深度 30m,墙厚 50cm,轴线全长 2200m,陆上部分选用 C20 高抗渗性海工素混凝土,围堰侧选用 C10 高抗渗性海工素混凝土,渗透系数不超过 $1 \times 10^{-8} \text{m/s}$ 。防渗墙水平最大允许变形 10cm,竖向变形率不超过 1%。槽段之间的连接采用接头管互锁工艺,形成闭合的环形防渗体系。临时防渗墙内侧距墙面 10m 处布置环形管井,井点间距 30m,井深 28m,总

数 110 口,分别安设 $40 \text{m}^3/\text{h}$ 的潜水泵用于抽排 $935 \text{m}^3/\text{h}$ 的渗水量,彻底地为干船坞施工创造干地作业条件。

3 槽段划分

沿防渗墙轴线,按照 7m 划分槽段进行造孔,共 315 个槽段。根据钻进工效,拟定主孔长度为 2.8m,副孔长度 1.4m,即两主孔一副孔构成一个槽段。分两期成槽,一期槽段与二期槽段之间采用接头管法套接。

4 主要工艺

4.1 本项目的防渗墙施工工艺流程见下图:

4.2 导墙施工

防渗墙轴线放样后,根据轴线桩号进行导墙开挖,导墙

的内墙面平行于防渗墙轴线,内外导墙面的净距按 0.65~0.70m 控制,墙面垂直。模板采用定型模板。导墙剖面形式见

下图:

4.3 泥浆的制备和使用

本项目临时防渗墙槽孔深达 30m, 墙厚只有 50cm, 施工难度较大。采用泥浆固壁成槽、防止坍塌、拓展抓斗的适用范围。防渗墙施工全部采用优质膨润土泥浆, 在生产泥浆过程中采用添加分散剂、增稠剂等外加剂配置溶液进行添加, 加速泥浆膨化。泥浆拌制选用高效、低噪音的 NJ-800 型高速立式泥浆搅拌机; 按泥浆配合比, 先向搅拌机内注入清洁水, 开动泥浆搅拌机, 再逐步向搅拌机内倒入膨润土, 同时加入烧碱、纯碱等组分; 搅拌时间 5~10min, 搅拌后放入储浆池中, 搅拌好的膨润土泥浆经过膨化 24h 后经充分水化溶胀后再使用。

在成槽施工中, 将排渣管放到槽底, 抽出孔底的泥浆到沉淀池, 通过沉淀、循环、净化后再流入槽内使用。

钻孔清孔时利用泥浆循环系统, 将新鲜的泥浆输送到槽的上部, 被使用过的泥浆通过泥浆净化系统, 在沉淀池除去沉渣, 然后把净化后的泥浆重新送回到槽中。

4.4 防渗墙成槽施工

分两期成槽, 首先施工一期槽段, 再施工二期槽段, 有序作业。在泥浆固壁条件下, 按照先抓挖主孔, 再抓挖副孔的次序施工。主、副孔深度错开不小于一个槽段。一个循环施工完毕后, 再进行下一循环, 直至终孔。按照此方法完成防渗墙成槽施工。

4.4.1 主孔施工

根据地层条件, 主孔采用金泰 50A 抓斗进行抓挖, 排渣采用抓斗斗体抓挖出渣的方式, 备足足够数量的抓斗斗齿, 磨损后立即更换, 减少辅助作业时间, 提高纯抓时间。

抓斗在施工主孔时要勤测量, 及时掌握孔形情况, 有偏斜就纠偏, 发现偏斜早纠偏。主孔施工过程中要详细记录孔

内情况, 作为副孔施工工艺的依据。

4.4.2 副孔施工

副孔采用金泰 50A 抓斗抓挖法施工。副孔抓挖施工时, 采用浓浆护壁。成槽后再利用抓斗对槽壁进行修整, 确保成槽质量。成槽施工需按每一幅槽段划好的标志, 依照预先排好的施工顺序进行。成槽时应及时补浆, 防止塌方, 泥浆液面应始终保持在导墙顶面以下 300mm, 槽段内泥浆液面能满足规范规定的高于地下水位 0.5m 以上的要求。

4.5 防渗墙槽孔清孔

4.5.1 工艺原理

清孔换浆采用“气举法”, 借助空压机输出的高压风进入排渣管经混合器将液气混合, 利用排渣管内外的密度差及气压来升扬排出泥浆并携带出孔底的沉渣。清孔施工时, 将清孔用的送风高压皮管和钢管利用吊车下设至槽孔内, 送风管底部距孔底 0.5~1.0m, 钢管顶端通过管道连接砂石泵。清孔时, 利用压缩空气将槽内的含砂量高的泥浆吹起通过钢管进入泥浆净化器内, 通过泥浆净化器将泥浆中的砂石筛分去除, 成为可回收利用的浆液, 并在清除孔内废渣的同时及时向孔内补充新鲜泥浆。

气举法排渣示意图见下图:

4.5.2 清孔标准

根据项目规范, 清孔结束的标准为槽孔清孔换浆结束 1h 后, 孔底淤积厚度不大于 10cm, 使用膨润土泥浆时, 泥浆密度不大于 1.15g/cm³, 泥浆粘度不小于 32s (马氏漏斗); 含砂量不大于 4%。

4.5.3 清孔步骤

气举法清孔时, 采用吊车提升排渣管在槽孔主、副孔位依次进行, 槽底沉淀过多, 则需反复循环清孔。所清出的含砂量较高的泥浆需要经泥浆净化机做进一步处理后返回槽

孔,以净化机的出渣口不再筛分出砂粒为合格标准。

4.5.4 泥浆净化及回收处理

清孔过程中排出的浆渣,用 ZX-200 泥浆净化装置进行泥浆净化处理,采用自卸车将筛分出的沉渣运至当地指定的弃料场。浇筑混凝土时,槽内泥浆直接用 3PN 立式泥浆泵回收,通过供浆管回送制浆站进行回收,也可直接供应到其他所需的槽段。对于混入杂质较多的泥浆则导入专门的沉淀池进行沉淀净化,清水经过处理后按规定排放,浆渣则用密封车运至指定的弃渣场。

4.5.5 终孔和清孔验收

终孔验收主要包括槽孔孔深、孔斜、孔位偏差、槽孔宽度四个指标的验收,本项目控制指标见下表:

表 1 终孔验收控制指标

序号	验收项目	验收指标	备注
1	孔深	不小于设计孔深	
2	孔斜	满足设计要求	
3	孔位偏差	≤30mm	
4	槽孔宽度	不小于设计值 0.5m	

孔深采用测绳测量;孔斜采用重锤法进行验收测量。

清孔验收主要针对槽孔内部沉渣厚度和泥浆性能指标进行验收,清孔结束后 1h 进行检查,本项目采用膨润土泥浆,其验收指标见下表:

表 2 清孔验收控制指标

序号	验收项目	验收指标	备注
1	沉渣厚度	≤10cm	
2	泥浆比重	≤1.15kg/cm ³	膨润土泥浆
3	泥浆黏度	32~50s	马氏漏斗
4	含沙量	≤4%	膨润土泥浆

4.6 水下混凝土浇筑

4.6.1 导管配置

采用导管法浇筑水下混凝土,混凝土导管选用直径不小于 200mm 的圆形螺旋快速接头型钢导管,长度每节 2.5m,需同时配备数节长度为 0.5~1.0m 的短管。安装过程中应确保导管接头应密封良好、方便拆卸。

4.6.2 导管布置

本项目一期槽段长度为 7m,除去接头管部位有效长度为 6m,布置 2 套导管,二期槽段长度为 6m,同样布置 2 套导管。

导管中心保持与地下连续墙居中,导管中心至槽孔端部或接头管为 1.0~1.5m,导管间距不大于 4m。用吊车依次将接长的导管吊入槽段的规定位置,每套导管的顶部和底节管以上均设置数节长度为 0.5~1.0m 的短管,方便根据孔深调节长度,直至导管底口距槽底 0.25m 为止,然后安装混凝土机架,导管顶端固定圆锥形漏斗相连,放入隔水球塞,浇筑混凝土。

4.6.3 混凝土浇筑过程

采用水下混凝土,初始坍落度控制在 18~22cm,保持 15cm 以上的时间不小于 1.0h,初凝≥6h,终凝≤24h,浇筑前先于现场测试坍落度,满足要求后,及时浇灌入槽。水下混凝土浇筑采用的隔水栓为球塞式,混凝土开浇前在导管内放入一直径比导管内径略小的、能被泥浆浮起的隔离塞球,起到将最初进入导管中的混凝土与管内的泥浆隔离的作用。混凝土面的上升速度不得小于 2m/h;导管底端埋入混凝土的深度不得小于 1.0m,且不应大于 6.0m;混凝土液面应均匀升层,高差控制在 0.5m 以内。由于泥浆下浇筑的混凝土表面混有很多沉渣,因此混凝土终浇高程高于混凝土的设计高程 0.5m。浇筑过程中每隔半小时测一次槽孔内混凝土液面的深度,另外,每隔 2h 测量一次导管内的混凝土液面的深度,并做好记录。

4.7 槽段连接施工

4.7.1 工艺原理

本项目采用接头管法做防渗墙槽段间的连接,清孔换浆结束后,首先在二期槽两端下设接头管,并固定孔口。在混凝土浇筑完成后,依据混凝土初凝时间和混凝土面上升速度及上升高度起拔接头管,拔管过程应缓慢,防止损伤槽段。混凝土浇筑后接头管之间部位形成二期槽端孔,浇筑二期混凝土形成连续墙。

4.7.2 接头管下设

采用吊车起吊接头管,先起吊底节接头管,对准端孔中心,垂直徐徐下放,一直下到销孔位置,用钢管对孔插入接头管,继续将底管放下,使钢管担在拔管机抱紧圈上,松开保护帽固定螺钉,用清水冲洗接头结合面并涂抹润滑油或脱模剂,然后吊起第二节接头管,卸下接头保护帽,打开卡块盖,用清水将接头内圈结合面冲洗干净,对准接头插入,动作要缓慢,接头之间决不能发生碰撞,否则会造成接头唇部变形,

使接头连接困难。用卡块卡接时,将卡块旋入并锁定。

重复上述程序连接各节接头管直至全部接头管下方完

毕,并达到管底高程。

接头管法施工工艺图

4.7.3 拔管

采用 25t 吊车配合 400t 液压拔管机拔管。准确掌握起拔时间是拔管法施工关键,如若起拔时间过早,由于混凝土强度不够,则会出现接头孔坍塌或缩孔等现象;如若起拔时

间过晚,由于混凝土强度过大使得接头管表面与混凝土之间的摩擦力增大,相应的增加了起拔难度。为了取得拔管的合理参数,施工前需进行拔管模拟试验。

拔管机及起拔方法和布置示意图如下:

按施工经验,接头管开始起拔应在混凝土初凝之前进行;对于本项目而言,除了要考虑混凝土的初凝时间之外,还

要结合混凝土配比、环境温度、混凝土液面上升速度、接头管埋深等因素,来最终确定开始拔管的时间。

由于管壁与混凝土之间的凝结对混凝土的强度发展而增长,因此,实施过程中应避免配料误差,准确把握混凝土的初终凝时间。导管灌注混凝土时,随着混凝土面的上升,分阶段取样做试件,并采用将试件下放至槽孔内做同位试验等多种方法,从而更精确的掌握混凝土的初终凝时间。

5 检测工艺

临时防渗墙除了需要做混凝土试块的强度试验、抗渗性

试验外,还需要检测槽段的完整性,过程中还需要对其进行位移监测。

完整性检测采用超声波分析仪,该分析仪配置了一个声波信号发生器和一个声波信号接收器,用于在不同位置的检测管内做信号联络。事先按照 20% 的比例在槽段内均布预埋检测管,检测管可采用钢管或 PVC 管材,内径 38 ~ 50mm 均可。被检测槽段的检测管布置如下:

检测分三步进行:发生器位于②孔,接收器位于①孔进行检测;发生器位于②孔,接收器位于孔③进行检测;发生器位于孔③,接收器位于孔④进行检测。发生器与接收器沿检测管每 25cm 进行一次信号联络,经分析仪得出槽段完整性水平并形成书面报告。

防渗墙位移检测主要采用全站仪进行日常检测,本项目防渗墙最大允许变形 60mm,经日常检测,发现的最大变形为 6mm,该点靠近墙内降水井处。

6 总结

沙特萨勒曼国王国际港务综合设施项目临时防渗墙闭

气后,并开始了船坞基坑明排水及基坑开挖工作,同时启动了管径降水,经检测基坑内地下水位始终低于建基面以下 2.0m,满足了干船坞施工的干作业条件。实践证明在临海砂质土地基条件下施工临时防渗墙,采用液压抓斗成槽,气举法清孔,导管法浇筑的防渗墙施工工艺并结合完整性检测方法,可确保成墙质量,满足防渗要求。

参考文献

[1] 王华.《浅谈混凝土防渗墙的施工方法与应用》. 陕西水利, 2020-09, 224-225 页
[2] 徐金洲.《水利工程提防防渗施工技术应用研究》. 建筑技术开发, 2020, 47(15), 73-74 页