

港口围堰防渗墙爆破拆除施工技术研究

李雨

(中国港湾工程有限责任公司, 北京 100027)

摘要: 本文对汉班托塔港止水围堰防渗墙拆除中遇到的问题, 结合围堰防渗墙的部分位置水深浅、侧立面水下钻浅水平浅眼困难等难点, 调整为防渗墙爆破拆除办法, 并对有关水下爆破技术进行了量化分析。结果表明, 对港口围堰防渗墙采用爆破拆除方法可提高拆除效率, 保证工期。

关键词: 围堰; 防渗墙; 爆破拆除

中图分类号: U655.52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 02—0123—03

汉班托塔港设计选址于斯里兰卡东南部沿海潟湖内, 港口建设利用止水围堰抽排水后形成旱地施工条件, 止水围堰的核心是防渗墙 (见图 1)。围堰防渗墙作为临时性结构在主体工程结束后需拆除。

1 工程概况

汉班托塔港南围堰是在一期基坑开挖达到设计底标高 -17.0m 后回填土推填而成, 整个南围堰材料以土为主, 间杂块石, 围堰两边有护坡, 其中海侧 -5m 平台为 $200\sim 300\text{kg}$ 块石, 海侧 -5m 以下护坡为 $10\sim 200\text{kg}$ 块石; 北侧坡底有 $1\sim 100\text{kg}$ 块石平台, 围堰设有 0.6m 宽防渗墙。南围堰基底基本为微风化底。南围堰开挖总量约 109.5 万方, 其中陆上开挖已完成 10.6 万方, 水下开挖总工程量约 98.9 万方。



图 1 围堰施工图

2 围堰防渗墙技术参数

防渗墙设计厚度为 0.6m 的防渗墙, 目前陆上开挖后可见部分大部分超过设计厚度, 最厚位置达 1.8m 左右, 不可见部分特别是强压灌浆部分究竟多厚很难估计; 根据实验室的检测结果, 防渗墙强度约 4MPa ; 抓斗船未开始开挖前的南围堰陆上第二层开挖防渗墙平均约开挖至 -1.5m , 后期平均开挖至 0m , 整个南围堰水下防渗墙开挖截面面积约 13300 平方米。

3 存在问题

主体工程完工后, 在拆除防渗墙时发现开挖效率

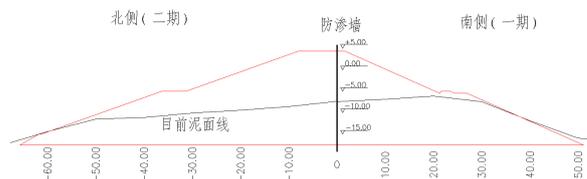


图 2 围堰及防渗墙典型断面图

较低: 防渗墙水下开挖前期, 抓斗船“河海抓-6”用约 3 天时间, 将约 80 米长防渗墙从 -1.5m 开挖至 -6.0m , 开挖面积约 360 平方米; 每天平均开挖防渗墙截面面积约 120 平方米, 按此效率计算, 一艘抓斗船完成防渗墙开挖约耗时 110 天, 采用抓斗船开挖方式已无法满足工期要求, 且用抓斗船开挖防渗墙对抓斗的损伤较大。后组织两艘抓斗船同时开挖, 历时 50 天 (从 8 月 20 日至 10 月 8 日), 平均每天 8406 方, 按系数 0.72 算, 每天约 6000 方, 整体效率偏低。南围堰存在不同规格土石夹层; 开挖至含石率较低的夹层时, 每天能完成 11000 船方 (约 8000 断面方); 开挖至含石率较高的夹层时, 每天平均完成 6500 船方 (约 4680 断面方)。泥驳的出航倾倒是受外海风浪一定的影响, 必须争取在非季风期完成开挖。



图 3 待清除的水下部分防渗墙

4 围堰防渗墙拆除特点、难点及应对措施

4.1 围堰防渗墙拆除特点

根据工程现场踏勘情况, 及挖泥船施工人员的介绍, 现分析本项目的施工特点如下:

(1) 防渗墙顶部大部分区域水深较浅, 有一部分

尚出露于水面，影响施工船舶的展布；

(2) 防渗墙两侧护坡最深处已开挖至-13米，浅处开挖至-6米，受抓斗本身设备特点限制，防渗墙两侧立面可能表层尚附着松软泥石，特别是施工底部应形成一自然塌落的坡面；

(3) 根据已开挖的防渗墙断面形状，防渗墙两侧立面高低不平，平整度较差；

(4) 为使防渗墙两侧表面尽量清理得干净，抓斗船清挖防渗墙附近时需不断调整斗形和斗位，导致清挖效率比正常护坡的开挖大大降低；

(5) 根据抓斗船前期对少部分区域防渗墙的开挖反映，防渗墙质地较均匀，结构强度较高，不易粉碎；

(6) 防渗墙两端紧挨一区码头及护坡，拆除时需要保护其绝对安全。

4.2 围堰防渗墙拆除难点及措施分析

根据上述工程特点，结合多年水下炸礁施工经验分析，分析本项目的难点及应对措施如下：

(1) 对防渗墙直接进行水下钻孔爆破是效率最高和效果最好的施工方法，但部分防渗墙出露于水面，导致现场“驳40”炸礁船无法直接对防渗墙进行钻孔。针对这种情况先对现有已从两侧护坡中清理出的防渗墙进行预处理爆破。预处理爆破主要有两种：①水下裸露爆破，就是将集中药包直接置于防渗墙表面进行爆破的方法。②水下水平浅孔爆破，就是在防渗墙两侧立面钻水平浅眼然后进行装药爆破的施工方法。

(2) 部分防渗墙已出露在水中10余米，鉴于墙体可爆性一般，需要在侧立面均匀进行水下钻浅水平浅眼。潜水员对根部尚可进行钻孔，但对悬在水中的墙体进行钻孔，难度很大。针对这种情况采用水下裸露爆破为主，水下浅眼爆破为辅的办法，具体安排如下：①近码头一侧100米之外，以及近护坡一侧50米之外的防渗墙中段部分顶部现已裸露在水中部分全部采用水下裸露爆破进行处理。下部则全部采用炸礁船进行钻眼爆破，这样可提高挖泥船的清挖效率，从而加快整个南围堰的拆除清挖进度。②近保护物施工时，则采用分层钻垂直孔爆破的办法。先钻垂直浅眼对防渗墙顶端部分进行爆破，满足炸礁船的作业水深后，再采用炸礁船对墙体进行分层钻眼爆破。同时紧邻码头钻几排减震孔，以进一步降低爆破震动对码头安全的影响。③对于紧挨码头已钻减震孔的防渗墙部分，则完全由抓斗船直接进行清挖。

5 防渗墙水下爆破拆除总体思路

由于将防渗墙两侧泥石清挖干净的施工效率很低，

裸露爆破的效果难以控制，项目的防渗墙水下爆破拆除总体思路如下：

(1) 以“驳-40”船进行水下钻孔爆破为主，水下裸露爆破和浅眼爆破为辅，可加快整个工程的进度。

(2) 前期主要采用水下裸露爆破作业形式，尽快在施工区域形成可满足“驳-40”施工的水深。或者改装“驳-40”其中几台钻机的钻井位置，这样可不用处理防渗墙的顶部，直接对防渗墙进行钻孔爆破。

(3) 近码头施工时，必须根据爆破安全震动速度，采用“驳-40”对防渗墙进行浅眼分层爆破，既能提高效率又能保证码头安全。

6 水下裸露爆破

6.1 水下裸露爆破参数

根据《水运爆破工程规范》(JTS 204-2008)有关规定，现选取爆破参数如下：

水下裸露爆破单药包用量可按下式计算，

$$Q = \Delta H abq_0$$

其中 ΔH 为炸层厚度，防渗墙厚度最小为0.6米，最大为1.8米，平均厚度为1.2米，考虑到两侧均有自由面，炸层厚度减半，可统一按0.6米考虑。

a、b为间距、排距，从便于清挖及墙体结构较均匀角度出发，结合经验，间距、排距均选为3米。

表1 不同底质炸药单耗

底质类别	炸药单耗 (kg/m ³)
软岩石或风化岩	15.17
中硬岩石	30.34
坚硬岩石	44.94

q_0 为水下裸露爆破单位炸药消耗量，可按表1选取；

考虑到防渗墙的单轴抗压强度仅为4MPa，单耗先确定为5kg/m³，根据试爆破效果再对单耗进行修正，则单药包重量为27公斤，为方便计算，试爆破单药包药量暂定为一箱药，即24公斤。

6.2 水下裸露爆破施工技术

根据有关规范要求及我司施工经验，水下裸露爆破的施工要点如下：

(1) 药包必须严密紧贴墙面，最宜放置于凹处，潜水员应事先对防渗墙爆破段进行查看，选择并标志合适的布药点，对于安放在坡脚位置的药包尽量提前将泥石清理干净。

(2) 压载砂包、药包及起爆药均应提前单独加工好，起爆药只有在即将进行水下布药时才好药包装配好，并由潜水员专人进行水下安放。进行水下安放药包的潜水员应事先进行培训。

(3) 所有药包均宜安装在靠近二区一侧, 几组相邻药包的引爆线在引出水面后统一绑扎在固定用的砂包上, 以防止引爆线走位而带动已安装好的药包。

(4) 裸露药包不宜采用微差爆破, 采用齐发爆破为佳。

6.3 爆破安全验算

6.3.1 爆破震动安全药量

根据《爆破安全规程》爆破震动安全距离为:

$$R = \left(\frac{K}{V} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot Q^{\frac{1}{3}}$$

式中 Q——一次起爆炸药量 (kg), 微差起爆时取最大一段的装药量;

R——爆破点与被保护建(构)筑物的距离 (m);

V——爆破地震安全速度, 根据建设方要求, 本工程中码头取 $V=1\text{cm/s}$ 。

K、 α ——与爆破点地形、地质等条件有关的系数和衰减指数, 结合本工程的地质情况, 根据《水运工程爆破技术规范》的有关规定, 对坚硬岩石取 $K=150$, $\alpha=1.5$ 。

表 2 距离码头不同位置安全装药量

安全距离 R(m)	最大装药量 Q(kg)	安全距离 R(m)	最大装药量 Q(kg)
5	0.01	60	9.6
10	0.04	70	15.24
20	0.36	80	22.76
30	1.2	90	32.4
40	2.84	100	44.44
50	5.56	110	59.16

6.3.2 水中冲击波安全距离的计算

根据《水运工程爆破技术规范》, 在水深不大于 30m 的水域内进行水下爆破, 水中冲击波的安全允许距离, 应遵守下列规定。

表 3 对人员的水中冲击波安全允许距离

装药及人员状况		炸药量 /kg		
		≤ 50	$> 50 \sim \leq 200$	$> 200 \sim \leq 1000$
水中裸露装药 /m	游泳	900	1400	200
	潜水	1200	1800	2600

表 4 对施工船舶的水中冲击波安全允许距离

装药及人员状况		炸药量 /kg		
		≤ 50	$> 50 \sim \leq 200$	$> 200 \sim \leq 1000$
裸露装药 /m	木船	200	300	500
	铁船	100	150	250
	铁船	70	100	150

工程施工中, 起爆前应将警戒范围水域内游水的人员叫上岸, 通知两侧沙滩的活动人群, 同时应在沙滩显眼处设置警示牌。对其它过往船舶, 要注意加强了望工作, 确保过往船舶和游水、潜水人员离开警戒范围内

以后再起爆。另外, 爆破冲击波对舰艇及其它重要船舶的安全距离按下式确定:

$$\Delta P = 9 \left(\frac{Q^{\frac{1}{3}}}{R} \right)^{1.13} \text{ 转换成 } Q = \left[\left(\frac{\Delta P}{9} \right)^{\frac{1}{1.13}} \cdot R \right]^3$$

P——船舶的允许超压, MPa, 对施工铁船 $\Delta P=0.6\text{MPa}$, 对客货铁船取 $\Delta P=0.15\text{MPa}$;

Q——一次起爆药量 (kg), 微差起爆时取大一段的药量;

R——爆破点与被保护船舶的距离 (m)。

表 5 爆破点与客货船的距离确定安全起爆药量

距离 R(m)	100	120	140	160	180	200	220	240
安全药量 Q(kg)	20	34	54	81	115	157	210	272

6.3.3 飞石安全距离的计算

表 6 不同爆破条件下飞石安全距离

水下爆破条件	安全距离 m
水面无冰, 用裸露药包或浅眼、深孔爆破	
水深小于 1.5m	300
水深 1.5~6m	由爆破设计确定, 一般在 50~250 之间
水深大于 6m	无飞石, 不会对地面或水面以上人员产生影响

7 结论

由于防渗墙水下裸露爆破的案例极少, 因此需要先进行试爆破以总结经验, 试爆破需要注意以下几点:

(1) 爆破点位于防渗墙中段出露水面区域。

(2) 爆破药包总数不超过 5 个。

(3) 爆破后应由潜水员及抓斗船及时验证爆破效果情况, 以调整下一步爆破的有关参数及爆破方案的总体调整。

参考文献:

[1] 谭成松, 张文新, 李云涛. 海域围堰基坑内基岩与孤石爆破施工技术研究 [J]. 路基工程, 2019(02):206-211. DOI:10.13379/j.issn.1003-8825.2019.02.43.

[2] 张文龙, 陈少辉, 郑文富. 复杂环境下某深基坑爆破开挖技术应用 [J]. 采矿技术, 2017, 17(06):93-95+108. DOI:10.13828/j.cnki.ckjs.2017.06.030.

[3] 刘兴安, 刘议安, 夏林. 围堰防渗墙技术在港口干施工中的应用 [J]. 中国港湾建设, 2012(05):50-53.

[4] 夏林, 刘兴安. 止水围堰技术在内挖式港口干施工中的应用 [J]. 水运工程, 2012(07):203-207. DOI:10.16233/j.cnki.issn1002-4972.2012.07.021.