

复杂环境下水下爆破振动效应控制技术*

王洪刚^① 王洪强^② 陈郁华^③ 刘昌邦^①

① 武汉爆破公司(湖北武汉,430023) ② 北方爆破工程有限责任公司(北京,100089)
③ 广东宏大广航工程有限公司(广东广州,510280)

[摘 要] 混凝土浇筑施工期间,对爆破振动安全要求较高。在莆田 LNG 码头施工过程中,为了减少爆破振动对周边建筑物以及新浇筑混凝土罐体的影响,采取了减振孔、改变装药结构等减振措施。通过水下爆破实际应用,证明减振孔、改变装药结构等能够有效地减少爆破对新浇筑混凝土罐体的影响。

[关键词] 水下爆破 爆破振动 装药结构 减振孔

[分类号] TD235.37 TQ560.7

引言

LNG 码头、接收站建设过程中,LNG 地面全容式混凝土储罐因其储存物质的特殊性,对施工质量要求非常高,因此需要严格控制罐体浇筑过程中爆破振动对其的影响,以免混凝土浇筑过程中由于爆破振动造成质量缺陷。本文结合莆田 LNG 码头工程施工,对水下爆破的减振措施做了分析。通过本工程证明,采取合理的减振及合理安排施工顺序能够确保全容式混凝土储罐等建筑物的安全。

1 工程概况

工程位于莆田市秀屿港,占地 37 公顷,主要建设内容包括 LNG 专用码头、工作船码头、LNG 储罐及接卸气化设施等。LNG 专用码头为单泊位 T 型蝶翼布置码头,可以停靠 $(8.0 \sim 16.5) \times 10^4 \text{ m}^3$ 液化天然气船,栈桥长 345.5 m,停泊水域设计水深为 -13.8 m,基槽设计开挖深度为 -18.0 ~ -26.0 m。液化天然气接收站建设两座 $16 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的地面全容式混凝土储罐。工作船码头长 105 m。工作船码头水下爆破区域距离寺庙最近约 70 m,其基础较为简单。LNG 专用码头水下爆破区域距离正在施工的全容式混凝土储罐最近处约 300 m。爆区具体环境详见图 1。

水下爆破区域工程地质以强风化花岗岩为主,部分区域为中风化及微风化花岗岩,岩层厚度 0.5 ~ 5.0m。LNG 专用码头的炸清礁量为 18605 m^3 ,工作船码头炸清礁量为 1910 m^3 。

2 施工方案与爆破参数设计

2.1 施工难点及总体施工方案^[1-7]

本工程水下爆破施工除满足设计图纸要求、确保工程质量外,重点和难点是要保证施工区附近的

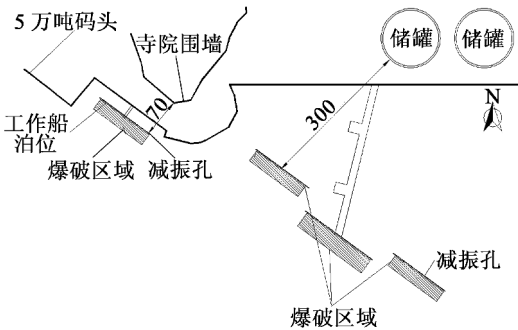


图 1 环境示意图(单位:m)

寺庙和正在浇筑的全容式混凝土储罐的安全。工作船码头水下爆破施工区距离寺庙最近处 70 m,爆破施工中产生的爆破振动将对寺庙的块石基础产生影响。LNG 专用码头水下爆破施工区距离全容式混凝土储罐最近处约 300 m,施工期间正值全容式混凝土储罐施工高峰期,浇筑混凝土对爆破振动的要求比较严格,因此在施工过程中需要严格控制爆破振动对罐体的影响。

根据本工程的岩石性质以及岩层厚度,主要采用浅孔及中深孔爆破、孔间延时爆破施工方案,对于单孔药量超过安全药量的采用孔内延时的爆破方案。为了减小爆破地震波对寺庙、罐体的影响,采用减振孔、改变装药结构、合理安排爆破时间等多项措施。

2.2 施工船舶选择^[8]

根据施工环境和工程特点,选用大型漂浮式钻爆船进行施工,钻孔孔径为 $\varnothing 115 \text{ mm}$ 。

2.3 测量定位

钻爆船采用 RTK-DGPS 定位,精度 $\pm 3 \text{ cm}$ 。设

* 收稿日期:2011-11-23
作者简介:王洪刚(1980 ~),男,工程师,从事工程爆破设计及施工。E-mail:whg_1216@163.com

立 RTK-DGPS 基准站控制点,由 RTK-DGPS 定位系统把钻爆船上的钻机孔位的平面位置显示到电脑显示窗口。定位时移动锚具,使实测孔位与设计孔位点的平面偏差控制在 0.2 m 以内。

2.4 爆破参数设计^[9-12]

根据岩石性质、钻爆船的装备情况以及抓斗式清礁船对岩石破碎块度和松散度的要求,爆破参数设计如下。

本工程由大型漂浮式钻爆船进行施工作业,钻爆船钻机为固定式布置,孔距 $a = 2.2\text{ m}$ 。排距根据爆区的岩石性质,按中风化花岗岩设计,排距 $b = 2.0\text{ m}$;部分区域为强风化岩,排距为 $2.5 \sim 3.0\text{ m}$ 。炮孔梅花形布置。孔径取决于球齿钎头外径 115 mm ,孔径 $d = 120 \sim 125\text{ mm}$ 。考虑本工程工期较短,为保证一次施工能达到设计标高的要求,取超钻深度 $\Delta h = 1.5 \sim 1.8\text{ m}$ 。

本工程使用的药柱为特制的塑料筒装乳化炸药药柱,直径 90 mm ,长度 500 mm 。先根据式(1)计算,再根据工程具体情况调整设计药量。

$$Q = q_0 a b \cdot H_0 \tag{1}$$

式中: Q 为炮孔装药量, kg ; q_0 为炸药单耗,根据《水运工程爆破技术规范》(JTS—2008)的规定,水下钻孔爆破软岩或风化岩乳化炸药单耗(2#岩石铵梯炸药综合单位消耗量的平均值 1.72 kg/m^3 ,该炸药已经取消,换算成乳化炸药,换算系数取 $0.97 \sim 1.08$)为 $1.67 \sim 1.86\text{ kg/m}^3$,根据施工经验并结合试爆,考虑到基岩多裂隙、周围环境以及清礁设备的性能,强风化花岗岩取 $1.2 \sim 1.4\text{ kg/m}^3$,中风化花岗岩取 $1.6 \sim 1.8\text{ kg/m}^3$; a 、 b 、 H_0 分别为孔距、排距、孔深,单位为 m 。

由于使用的是福建永安化工厂生产的高性能乳化炸药,该炸药爆速大于 5000 m/s ,作功能力超过 320 mL ,再结合本工程地质的实际情况(超深 1.5 m),设计不同孔深的炮孔装药量,见表 1。

表 1 不同孔深时的炮孔装药量

孔深 /m	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
装药量 /kg	7.35	9.80	12.25	17.15	19.60	22.05	24.50

根据炮孔深度,底部装药至距孔口 $0.5 \sim 1.0\text{ m}$ 处。装入药柱数量 ≤ 5 卷,在药柱下部约 $1/3$ 处装 1 个起爆体;药柱数量为 $6 \sim 8$ 卷,在距药柱底部的 $1/4$ 和 $3/4$ 位置装 2 个起爆体;药柱数量 ≥ 9 卷时,装 3 个以上起爆体,使得每个起爆体起爆药卷不多于 3 个,最顶部的起爆体起爆药卷不超过 2 个。当

装药量超过安全装药量时,采用微差爆破和间隔装药法,以严格控制单响药量,确保周边建筑物及全容式混凝土储罐的安全。

2.5 起爆系统

采用导爆管雷管起爆法和电力起爆法相结合的方式。为确保每个孔内的炸药都能起爆,每个起爆体内装填 2 发 $1 \sim 10$ 段的毫秒延期导爆管雷管,导爆管长度 18 m 。每 $20 \sim 25$ 发导爆管雷管用 2 发电雷管引爆。每 2 排(10 个孔)起爆。如单孔装药量超过安全药量,则采用孔内延时起爆。起爆网路见图 2 所示。

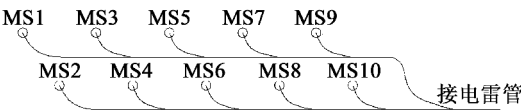


图 2 起爆网路

3 安全减振设计

本工程施工中的难点主要在水下钻孔爆破施工期间正值全容式混凝土储罐浇筑高峰期,储罐由于其储存物质的特殊性,对施工质量要求非常高,在爆破施工的过程中必须严格控制爆破振动对储罐的影响。针对以上情况,施工采取以下措施减少爆破振动。

3.1 减振孔设计

在受保护的码头和爆区之间设置减振孔,当爆破地震波由岩石传播至空孔,再由空孔传播至岩石的过程中,地震波将衰减明显,从而起到保护储罐及周边建筑物的作用。爆破施工前,在爆破开挖边线处钻减振孔,前后 3 排,间距不超过 30 cm 。

减振孔参数:炮孔直径 $D = 110\text{ mm}$;孔距 $a = 3.5D$,即 0.4 m ;超深值 $h_0 = 2.5\text{ m}$ 。

3.2 装药设计

采用不耦合装药结构,在不耦合装药的情况下,爆破地震波从炸药传播到海水,再由海水传播到岩石的过程中衰减,减少爆破振动对储罐及周边建筑物的影响。此外针对该工程复杂的环境,采用间隔装药(图 3)、孔内延时的装药结构。钻孔完成后,将钻杆提起,然后顺着导向管用绳子依次将炸药、沙筒装入孔中。药柱之间间隔 $50 \sim 70\text{ cm}$ 长的沙筒,孔口堵塞 $50 \sim 70\text{ cm}$ 长的沙筒,防止炸药浮起。

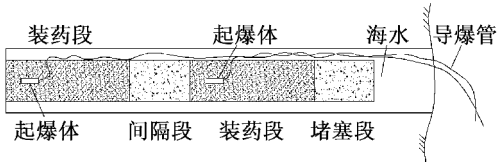


图 3 间隔装药结构示意图

3.3 施工组织管理

为了保证罐体的施工质量,同时为了减少爆破振动对其影响。施工时首先在靠近罐体的区域施工,施工时沿施工区边线形成 10 m 左右的施工带。然后再由远及近进行爆破施工。这样就在罐体和施工区之间形成一个破碎带,有利于消减爆破振动。此外,为了严格控制爆破振动对罐体的影响,在混凝土浇筑期间及浇筑后 24 h 内不进行爆破作业。

4 方案实施及效果评价

采取减振孔、改变装药结构等措施,有效地减少了水下爆破施工过程中产生的爆破振动,保证了全容式混凝土储罐浇筑施工进度。爆破施工过程及施工结束后对罐体的检查,均未发现有爆破振动引起的质量缺陷。爆破后经清礁船清挖后,施工区全部达到设计标高,取得了良好的爆破效果。

参 考 文 献

- [1] 杨光煦. 水下工程爆破[M]. 北京:海洋出版社, 1992.
- [2] 柳晗,丁华. 拦门礁水下钻孔爆破设计与施工[J]. 爆破,2003,20(2):70-71.

- [3] 孙锡杰,曲伟友,吴金仓,等. 海上水下深孔控制爆破[J]. 爆破,2006,23(3):73-75.
- [4] 齐世福,刘新波,乔拓. 内河航道水下控制爆破[J]. 工程爆破,2011,17(1):46-49.
- [5] 吴金仓. 深水海底沟槽爆破开挖技术[J]. 工程爆破, 2010,16(4):44-46.
- [6] 杨力,徐全军,张家坤,等. 水下钻孔爆破对装船码头影响的监测与分析[J]. 工程爆破,2007,13(2):82-85.
- [7] 邵鲁中,龙源,孙远征. 水深因素对水下钻孔爆破冲击波压力峰值的影响[J]. 爆破器材,2008,37(3):4-6.
- [8] 陈郁华,王冬凡,韩明. 湄洲湾深水航道炸礁爆破技术[J]. 煤矿爆破,2007,76(1):36-39.
- [9] 邵鲁中,龙源,孙远征,等. 削弱水下钻孔爆破水中冲击波负面效应的试验研究[J]. 工程爆破,2008,14(3):13-17.
- [10] 齐世福,刘新波,史云. 水下爆破的危害控制[J]. 爆破器材,2010,39(4):25-27,32.
- [11] 中华人民共和国行业标准. JTS—2008 水运工程爆破技术规范[S]. 北京:人民交通出版社,2008.
- [12] 宋敬埔,吴红梅. 几种起爆技术在水下爆破中的应用[J]. 爆破器材,2004,33(4):29-33.

The Control of the Underwater Blasting Vibration Effect in Complex Environment

WANG Honggang^①, WANG Hongqiang^②, CHEN Yuhua^③, LIU Changbang^①

①Wuhan Blasting Engineering Company (Hubei Wuhan, 430023)

②North Blasting Engineering Co., Ltd. (Beijing, 100089)

③Guangdong Hongda Guanghang Engineering Co., Ltd. (Guangdong Guangzhou, 510280)

[ABSTRACT] During the construction of concrete pouring, the requirement is high to vibration safety. In Putian LNG-container pier, shock absorption holes and changing charge structure were used to decrease the effect of the blasting vibration to the surrounding buildings and the new pouring concrete. Through the practical application in the underwater blasting, shock absorption holes and changing charge structure can effectively decrease the influence of blasting.

[KEY WORDS] underwater blasting, blasting vibration, charge construction, shock absorption holes

《爆破器材》杂志跻身中文核心期刊

南京理工大学化工学院爆破器材编辑部编辑出版的《爆破器材》杂志日前成功入编《中文核心期刊要目总览》2011 年版。

2012 年 2 月,《爆破器材》编辑部接到北京大学图书馆的通知:“依据文献计量学的原理和方法,经研究人员对相关文献的检索、统计和分析,以及学科专家评审,贵刊《爆破器材》入编《中文核心期刊要目总览》2011 年版(即第六版)之武器工业类的核心期刊。”

定量评价指标体系采用了被引量、被摘量、被引量、他引量、被摘率、影响因子、被国内外重要检索工具收录、基金论文比、Web 下载量等 9 个评价指标,选作评价指标统计源的数据库及文摘刊物达到 60 余种,统计到的文献数量共计 221177 余万篇次,涉及期刊 14400 余种。参加核心期刊评审的学科专家达 8200 多位,共评出核心期刊 1982 种。

《爆破器材》入编《中文核心期刊要目总览》是在各位领导、编委、科研工作者的支持下,在广大读者、作者及编辑的不懈努力下,才得以在激烈的竞争中脱颖而出。在此,向关心、支持《爆破器材》的领导、编委、广大作者、读者及编辑们表示衷心的感谢。

(《爆破器材》编辑部)