

电子雷管在内河航道水下炸礁中的应用*

张韩涛

(湖南省航务工程有限公司, 湖南长沙 410001)

摘要:电子雷管在全国推广应用后,水下炸礁起爆器材由导爆管雷管改变为数码电子雷管。结合工程实例,针对电子雷管使用过程中存在的问题和不足,通过采取针对性的技术措施,较好地解决了电子雷管线卡防水和导线抗拉能力不足的问题。同时利用电子雷管高精度延时的优点,在复杂环境下有效控制爆破危害,改善了爆破效果。为电子雷管在内河航道整治水下炸礁工程中的应用做了有益的探索。

关键词:电子雷管;航道整治;水下炸礁;高精度延时;爆破;起爆网络

水下炸礁由于施工环境复杂,对起爆器材的防水性能有较高的要求,长期以来水下炸礁都使用导爆管雷管进行爆破施工。导爆管雷管的防水性能可以满足绝大部分水下炸礁的爆破施工要求。2021年11月,工信部根据《“十四五”民用爆炸物品行业安全发展规划》,要求2022年6月底前停止生产、8月底前停止销售除工业数码电子雷管外的其它工业雷管,并于2022年7月发布了《关于进一步做好数码电子雷管推广应用工作的通知》,因此,导爆管雷管退出市场不再销售,各类爆破工程已全面使用数码电子雷管。

1 爆破方案

沅水洪江至辰溪航道建设工程土建一标,主要工程内容为洪江枢纽下游河道河床形态调整及船闸下游引航道连接段炸礁工程,主要爆破施工区域位于沅水河洪江枢纽下游,水下炸礁工程量约13.89万 m^3 。炸礁区域位于沅水河中,部分礁石裸露出水面。重点保护对象为爆区南北两岸沿线民房,爆区距民房最近距离约65 m。爆区距离上游洪江水电站最近距离约343 m,洪江水电站每日正常发电。南北方向有多条跨河而过的高压电线及高压杆塔,爆破环境较复杂。

本工程爆破作业为水陆交接或水下环境,岩质为石灰岩,溶洞较为发育,炮孔内充满水,并且河床形态复杂,凹凸不平,部分施工区水深低于50 cm,

不满足船舶施工条件,因此本工程选用以下爆破方案。

(1) 本项目为水下炸礁工程,位于河道中央,根据水下炸礁爆区的周边环境和爆区的岩石结构特点,为尽量加快爆破施工进度,确保破碎的效果和减少爆破振动对岸上保护建筑物的影响,利用钻机船对爆破区域采取沿水流方向分断面施工。采用数码电子雷管逐孔起爆技术,对礁石进行松动爆破。

(2) 对于部分裸露出水面的礁石,利用水下凿岩设备进行施工,对于硬度较高且成片的礁石,则采用人工手风钻进行水上作业。由于受到水下凿岩设备及手风钻机械性能的影响,水下作业深度有限,无法将礁石清除到设计标高,待礁石清渣后,仍需钻机船进行后续作业。

2 爆破参数

内河航道水下炸礁工程因其施工环境复杂,应尽量减少二次爆破。本项目工期较为紧张,设计采取一次爆破至设计的河底标高,不进行分层爆破,同时为了降低爆破欠挖,不留根底,钻孔超深值一般较陆上岩土爆破更大。根据现有施工船舶的性能及施工经验,确定爆破参数如下。

(1) 孔径。采用100型潜孔钻机船,钻孔直径为90 mm。

(2) 孔距、排距。参照现有施工船舶的性能及

* 收稿日期: 2023-05-19

作者简介: 张韩涛(1991—),男,湖南长沙人,硕士,工程师,从事港口与航道工程施工和管理工作,E-mail: 254633768@qq.com。

相关工程经验,结合本工程的三角形布孔方式,钻孔间排距均取 2.0 m。

(3) 孔深及装药结构。由于本工程河道底部高低不平,具体钻孔深度根据现场测量结果确定。采用防水性能较好的乳化炸药,药卷直径为 70 mm,长度为 0.4 m,重量为 1.6 kg。采用不耦合装药结构,且炮孔装药长度为孔深的 $2/3 \sim 4/5$,同时根据《爆破安全规程》(GB 6722—2014)相关规定,采用粒径小于 2.0 cm 的碎石或粗砂填塞炮孔,填塞长度不少于 0.5 m。

(4) 钻孔超深。考虑到二次爆破成孔较困难,在水下开挖不进行分层爆破,在施工中应一次钻至设计深度。为了保证设计深度内岩体均匀破碎,不留根底,钻孔应有一定的超深,以克服底盘岩石的夹制作用。考虑到水下钻孔爆破作业效率低,其超深值一般较陆域大。本工程钻孔超深值设定为 1.5 m。

(5) 炸药单耗。根据内河航道炸礁经验及本项

目岩石性质,确定炸药单耗为 $1.0 \sim 1.2 \text{ kg/m}^3$ 。

3 电子雷管起爆网路

本项目采用电子雷管起爆网路。使用并联型电子雷管,逐孔起爆。根据经验,本项目采用的孔间延时为 25 ms。每孔装入一发数码电子雷管,每排 4 孔,起爆排数根据分区大小确定。爆破网路连接比较简单,向上打开电子雷管尾线卡,将专用起爆母线分开卡入电子雷管脚线尾线卡内,向下合上尾线卡即可。

本项目使用集中控制器(起爆器)起爆数码电子雷管。起爆网路传爆顺序如图 1 所示。起爆器具有延时方案、起爆控制、爆破授权、爆破记录等功能,设定好延时方案后,还可以对起爆网路进行雷管检测,查看已连接雷管与延时方案列表中的雷管匹配数量,确保起爆质量。起爆前需进行授权验证,通过验证方可起爆,以确保起爆安全。

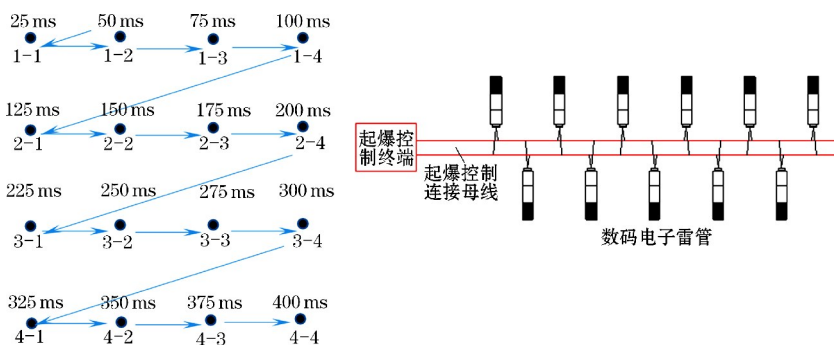


图 1 爆破网路

4 数码电子雷管起爆网路安全保护措施

(1) 针对数码电子雷管脚线线头为卡口式,不具备防水性能,在下雨或是有水的环境中会造成网路电阻偏大,从而导致盲炮的问题,本项目前期使用普通电子雷管,连接起爆网路时利用泡沫浮标,将线卡固定在浮标上进行防水。线卡集中接入母线后,使用塑料膜(袋)包裹卡扣进行防水。虽针对性采取了多环节的防水处理措施,但遇到水流过急、风浪较大时,线卡处仍然出现积水,导致出现电阻偏大的情况。水中起爆网路故障排查工序繁琐,对施工效率有一定影响。施工后期,雷管厂家生产了无孔防水线夹取代原有线夹,虽然防水效果得到改善,但母线连接处仍然无法完全防水,为确保可靠起爆,施工中,起爆母线连接后,在母线与线卡连接处、上下盖缝隙处挤注硅脂进行防水,取得了较

好的防水效果。

(2) 数码电子雷管起爆母线抗拉能力有限。数码电子雷管的起爆母线直径只有 0.6 mm,抗张拉能力小,本项目施工区域距离洪江枢纽仅 300 m,水流流速较大,起爆母线无法承受河水的冲击。药包进行加工时,将条形药卷对接,并用竹片把药卷夹好、绑紧,每条药包长度控制在 3 m 内,安装 1 个雷管,最后将雷管脚线与吊炮绳绑扎在一起,有效保护好雷管脚线。雷管脚线引上浮标桶后,将母线卡入接紧,并对接口缝隙处进行防水处理,然后用胶布将起爆母线与 $\Phi 7 \text{ mm}$ 锦纶尼龙牵引绳绑紧在一起,与 1.5 mm^2 单芯护套线连接,使用 1.5 mm^2 单芯护套线做起爆主线,牵引至起爆点进行起爆。

5 数码电子雷管的优点

(1) 数码电子雷管可灵活设置不同的延时方

案,可针对不同的施工环境随时调整延期方案,可在0~16 000 ms的范围内任意设置延时时间,延期段别数量可达数百乃至上千个,而且爆破网路设计简单。水下炸礁考虑清渣及挖泥船的开挖能力,每次爆破的炮孔一般不超过10排,电子雷管设置延期段别完全可以满足水下炸礁施工的需要。

(2) 数码电子雷管延时精度高,延期时间150 ms的延时误差在1.5 ms以内,延期时间大于150 ms的延时误差不大于0.1%。

本次水下炸礁爆破采用电子雷管后,由于延期精度的提高,相对于传统的导爆管雷管,逐孔起爆的误差得到了控制,真正意义上实现了逐孔起爆,提高了炸药的利用率。逐孔起爆很好地控制了岩石移动速度,爆破振动峰值小范围叠加作用在相邻炮孔间,破碎率高,炸药利用率高,爆破的块度大小均匀,爆堆松散,避免了产生根底,较好地改善了破碎效果。开挖完毕后,采用GPS全球定位系统和回声测深仪进行检测,检测结果表明,爆破效果良好。

(3) 本项目主要对爆破施工区域两岸沿线民房、水电站进行爆破振动监测。在距爆破区域65 m处的民房监测的数据结果表明,爆破振动速度最大值为1.4295 cm/s,对应的频率为55.56 Hz,满足爆破安全要求。数码电子雷管在一定程度上能降低爆破振动有害效应。

(4) 数码电子雷管起爆网路可检测,可靠性高。原来的非电导爆管雷管网路基本上只能通过有损检测的方法进行检测,然而,这种检查方式十分依赖于现场施工人员的经验、技术及责任心,主观性比较强。而且在组网过程中施工人员还会出现漏接、误接等情况,从而降低起爆网路的可靠性,导致爆破效果受到影响。而使用数字电子雷管,可以有效地规避此种情况,首先在数码电子雷管使用前,可以使用控制器对数码电子雷管进行单发检测,检测其是否合格。同时在完成组网工作后,可通过控制器检测雷管数量、雷管工作情况,有效避免因雷管拒爆造成盲炮,排除漏连、误接问题,确保起爆网路的可靠性。

(5) 断线起爆,起爆器发出起爆信号后,即使母线被断开,到了预定时间,雷管依然能够正常起爆,可防止因爆破网路被破坏而产生拒爆的现象。

(6) 安全性高。电子雷管安全系数高,对外部

杂散电流有屏蔽作用,可抵御杂散电流、静电、雷电、感应电和射频电等外来电干扰,能有效防止因杂散电流入侵而导致的早爆事故,极大地消除了爆破安全隐患。

6 结论

(1) 在河道水下炸礁工程中,采用浮标桶集中连接数码电子雷管起爆网路,采用塑料袋或塑料膜进行包裹防护,采用厂家防水尾线卡后进一步采用加注硅脂加强防水,取得了良好的防水效果,保证了电子雷管的可靠起爆。

(2) 数码电子雷管在灵活性、可靠性、精确性、安全性等方面与非电导爆管雷管相比具有明显的优势,克服了传统导爆管延期时间精度不足及高段别间延期时间太大的弊端,采用孔间25 ms延时逐孔起爆,明显改善爆破效果,避免了大块和根底的产生。

(3) 采用 $\Phi 7$ mm锦纶尼龙绳加强起爆母线抗拉强度,采用 $\Phi 0.6$ mm铜芯起爆母线连接 1.5 mm^2 单股铜芯护套线做起爆主线,较好地解决了河道水环境中起爆母线抗拉强度不足而容易被拉断的问题。

参考文献:

- [1] 刘吉祥,邓海通,王爱文,等.浅谈数码电子雷管在工程爆破中的推广应用[J].采矿技术,2023,23(2):99-102.
- [2] 贺早亮,刘建刚.数码电子雷管在水下炸礁中的应用[J].工程爆破,2017,23(6):77-81.
- [3] 谢正红.某航道水下爆破与施工[J].爆破,2014,31(1):110-113.
- [4] 杜建科,王茂玲,吴子骏,等.海底大面积水下炸礁爆破[J].采矿技术,2007,27(3):65-67.
- [5] 符朝辉,蒋继来,谢桃生.水下炸礁工程施工工艺[J].中国水运,2011(9):184-186.
- [6] 李春军,崔广强,陈士海,等.数码电子雷管深水起爆性能试验研究[J].爆破器材,2022,51(4):47-50.
- [7] 王建华,陈能革,谢亮波,等.数码电子雷管不同延期时间爆破振动规律试验研究[J].现代矿业,2021,37(12):140-143+148.
- [8] 徐园园.水压对爆炸器材爆炸性能的影响研究[D].武汉:武汉科技大学,2015.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.爆破安全规程:GB 6722—2014[S].北京:中国标准出版社,2015.
- [10] 中华人民共和国交通运输部.水运工程爆破技术规范:JTS 204—2023[S].北京:人民交通出版社,2023.