

# 水下炸礁工程施工浅点控制方法研究

邵克晨

(长江南京航道工程局, 江苏南京 210000)

**摘要:** 应用传统方法水下炸礁工程施工后, 受特殊地质条件限制, 容易形成一定数量的礁石浅点难以清除。为顺利清除礁石浅点, 保证航道达到设计通航水深, 提出此水下炸礁工程施工浅点控制方法研究。以防水性能和爆破性能良好的  $\varnothing 90\text{mm}$  的乳化炸药作为水下炸礁炸药, 根据水下炸礁工程礁石层厚度确定药包药量, 根据实际情况确定装药位置, 根据水下岩石厚度把控钻孔孔径、深度等钻孔参数, 严格按照引爆顺序对礁盘进行爆破, 将爆破振动影响降到最低, 最大程度降低浅点的形成, 实现了炸礁工程施工浅点的有效控制。经实验证明, 应用设计方法施工后形成浅点数量小于传统方法, 设计方法浅点控制效果更佳。

**关键词:** 炸礁工程; 浅点控制; 乳化炸药; 钻孔参数

**中图分类号:** U615 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 02—0063—03

航道疏浚工程是指将航道中多余的泥沙进行清除的施工作业, 保证航道可以正常通行。航道疏浚是维护航道和开发航道的一种有效手段。针对特殊地质条件, 仅采用航道疏浚施工 (如采用耙吸船、绞吸船、抓斗船、链斗船等进行航道疏浚施工), 部分区域可能剩余礁石无法清除, 这种情况下可运用水下炸礁技术, 该技术亦是目前港口航道工程领域主要应用的技术形式之一, 具有收效快、机动灵活、施工相对比较简单、成本低等优点, 并且具有良好的航道治理效果。受到水下地形地质条件以及施工工艺的影响, 水下炸礁工程施工作业后容易出现浅点, 水下地形地质比较复杂, 岩石内部软硬结构分布不够均匀, 当岩石节理发育明显时, 经过航道爆破处理后就会容易产生浅点。其次, 水下炸礁工程施工工艺中炸药的性能不佳, 炸药引爆的位置不合理, 以及防水措施没有做到位都会影响到施工后浅点的出现。为了减少水下炸礁工程施工浅点, 大部分水下炸礁工程中会采取二次水下炸礁的方式处理施工后出现的浅点, 但是该措施会极大的增加炸礁工程施工成本, 同时还会影响到水下炸礁工程施工效率, 因此必须要采取有效方法和手段对炸礁工程施工工艺各个环节进行控制, 避免浅点的形成, 但是现有方法控制效果比较差, 施工后仍然会形成较多的浅点, 为此, 提出此水下炸礁工程浅点控制方法研究。

## 1 水下炸礁工程施工浅点控制方法设计

水下炸礁工程施工工艺主要涉及到炸药制作及布局、钻孔、爆破三个环节, 结合各个环节中施工要点,

以及其对水下炸礁工程施工浅点形成的影响, 对其进行控制, 以下将从三个方面对该控制方法进行详细说明。

### 1.1 炸药选择及装药位置

炸药制作及布局是水下炸礁工程施工中重要环节, 炸药的性质、制作方式以及装药位置都会影响到施工浅点的形成, 根据水下炸礁工程施工质量要求, 对该施工环节进行控制。水下炸礁工程施工属于水下施工作业, 因此炸药需要具备一定的防水性质, 并且水下礁石硬度较高, 体积较大, 为了取得良好的水下炸礁效果, 针对以上要求, 在施工中选择  $\varnothing 90\text{mm}$  的乳化炸药。然后, 根据技术要求将  $\varnothing 90\text{mm}$  的乳化炸药制作成药包, 药包的制作要在制定房间内进行, 保证制作安全。炸药最终的抗水抗压效果与药包中炸药用量有直接关系, 因此要准确计算出药包中炸药用量, 其计算公式如下:

$$y = \Delta k \times ewg \quad (1)$$

公式 (1) 中,  $y$  表示为水下炸礁工程施工中单个药包炸药用量;  $k$  表示水下炸礁工程中炸药层的厚度;  $e$  表示单位炸药消耗量;  $w$  表示药包的间距;  $g$  表示药包的排距。利用上述公式计算出单个药包的炸药用量, 将药包制作成矩形, 药包长度要控制在  $1.5\text{m}$  以内, 因为药包长度过长会导致在后续爆破过程中产生较大的振动, 药包的制作加工效果如下图所示。

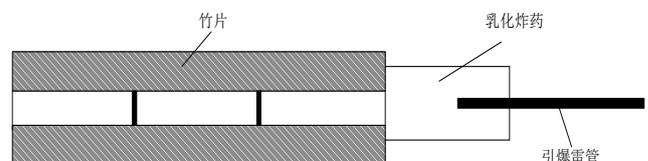


图1 水下炸礁工程炸药制作示意图

如上图所示,将3-5条竹片摆成品字形,将炸药柱夹紧,在炸药柱之间增设2-3个引爆雷管,为了避免雷管松动,将雷管一端的三分之一插入炸药柱之间,并利用吊炮绳将雷管与炸药柱连接起来,当位置摆正之后将竹片勒紧。

水下炸礁工程施工目的是将航道内的障碍物清理干净,而炸药的作用是将航道内难以清除的岩石结构破坏掉,因此炸药安装的位置与水下达到航道疏浚标准的岩石上,通常利用双频旁侧声纳扫海仪对航道范围内岩石高度进行扫描,根据扫描数据确定岩石高度,其计算公式如下:

$$h = p(s/q) \quad (2)$$

公式(2)中, $h$ 表示航道范围内岩石高度; $p$ 表示水下岩石回波信号阴影的长度; $s$ 表示双频旁侧声纳扫海仪扫测时拖鱼到海底的深度; $q$ 表示双频旁侧声纳扫海仪扫测时拖鱼到水下岩石阴影的距离<sup>[1]</sup>。将计算出的数值与航道疏浚标准进行比较,如果达到了要求,表示该岩石为航道疏浚工程中爆破目标,将其作为爆破点,即装药位置。

### 1.2 钻孔参数确定

水下炸礁工程钻孔大小、深度以及排布方式关系到浅点的形成,因此对钻孔参数进行控制。钻孔的直径和孔深和 underwater 岩石厚度有直接关系,在对钻孔设计时利用以下公式对钻孔直径和孔深进行计算。

$$\begin{cases} d = (c-a)rv \\ l = \frac{1}{2}rv \end{cases} \quad (3)$$

公式(3)中, $d$ 表示钻孔直径; $c$ 表示水下炸礁工程施工水位高程; $a$ 表示水下炸礁工程施工设计底高程; $r$ 表示水下岩石厚度; $l$ 表示钻孔孔深; $v$ 表示水下淤泥厚度<sup>[2]</sup>。利用上述公式计算出航道疏浚工程钻孔孔径和孔深,在钻孔过程中严格按照计算数值施工。其次钻孔之间的间距要控制在1200mm-1500mm之间,钻孔倾斜角度要控制在45°-65°之间,最终每排钻孔连线要与边坡边线保持平行,并且钻孔孔位要呈现出梅花形错开,这样可以减小爆破过程中相邻孔位炸药振动影响。为了最大程度上控制炸药爆破振动,在相邻的主炮孔之间布置一排减振孔,起到减振作用,减振孔的直径大小控制在30mm-50mm之间,孔间距控制在1200mm-1300mm之间,利用减振孔将相邻的主炮孔之间产生一

条减振带,确保炸药爆破的稳定性。

钻孔方法采用“三管两钻法”进行施工,它的操作过程是这样的:

- (1) 船舶定好位后,先下好导向管;
- (2) 再放下套管;
- (3) 根据岩石表面情况,如果比较破碎,则先对套管进行合金钻进;
- (4) 合金钻进至完整基岩后,提起有关钻具;
- (5) 下钻杆进行冲击回转钻进,钻至设计底标高;
- (6) 量孔深,如不够深,则重复上述步骤。

### 1.3 爆破环节控制

钻孔完成后,根据钻杆长度校核钻孔深度,按计算的单孔装药量现场绑扎炸药,安装导爆管雷管,沿钻机的套管往炮孔装填炸药,将导爆管整理好,检查无误后移船进行下一排钻孔,钻机船不得越过已钻孔装药的区域。水下爆破均采用防水性优良的爆破器材。采用连续柱状装药结构,起爆药柱放在药柱的下三分之一处和上三分之一处,每个起爆药包按设计段别放2发非电导爆管雷管。将制作好的炸药放入主炮孔内,在施工中要准确把控钻孔内的药包数量,因为水下岩石厚度是不同的,为了保证最后的水下炸礁工程施工质量,避免浅点产生,必须要确定炮孔内炸药量,其计算公式如下:

$$Q = 0.15vr \times ZMA \quad (4)$$

公式(4)中, $Q$ 表示水下炸礁工程施工中钻孔内的炸药量; $v$ 表示钻孔间距; $Z$ 表示水下岩石极限抗压强度; $M$ 表示线装药密度; $A$ 表示最小抵抗线<sup>[3]</sup>。利用上述公式计算出每个炮孔的炸药量,将炸药放入钻孔内,并采用并联的方式将各个钻孔内的药包引爆雷管尾端连接,遵循均匀分布的基本原则,在引爆雷管周边设置一条导爆管,连接起爆网络。为了保证爆破可以顺利进行,达到预想的爆破效果,在爆破前对整个连接网络进行检验,检查是否有漏接和错接现象,检查无误后进入引爆环节。在爆破施工过程中要按照先减振爆破、后主炮孔爆破的顺序,减振孔爆破要优先于主炮孔爆破,注意控制爆破间隔时间,并利用测振仪对炸药爆破施工进行持续监测,把控爆破振动速度,将爆破振动速度控制在工程施工要求范围内,以此最大程度上减小浅点的形成。

为了避免爆破地震对较近周边建筑物造成的危害,起爆网络设计采取如下措施:

(1) 微差爆破减震: 微差爆破与齐发爆破相比, 平均降震率为 50%。微差段数越多降震效果越好, 实践表明, 段间间隔时间一般是 50 ~ 100 毫秒, 所以导爆管雷管的段别向厂家定制 1 ~ 13 段, 以便于采取孔内或孔间微差爆破。为确保微差时间的准确性, 爆破前对导爆管雷管取样进行测试。

(2) 预裂爆破减震: 采用预裂爆破, 降震率可达 60% ~ 70%。当爆破满足不了建筑物安全要求时, 则采用预裂爆破, 降低爆破震动速度。

(3) 爆破網路: 采用孔内分段, 全非电起爆網路, 入孔装 2 发同段导爆管雷管, 临近的导爆管采用一把抓联接方式, 用 2 发传爆雷管引爆, 每组最多不超过 20 根, 考虑电雷管的安全隐患问题, 采用激发针起爆, 所以最后需连接 1 发导爆管雷管, 激发针起爆。激发针做好防水脱离水面, 用高脉冲起爆器起爆。

爆破施工完成后利用挖泥机械设备(抓斗船组)将爆破后的岩石清除干净, 以此实现对水下炸礁工程施工浅点控制。

## 2 实验论证分析

本次实验以某水下炸礁工程为实验对象, 该工程施工面积为 5.15km<sup>2</sup>, 航道长度为 1.26km, 预计该水下炸礁工程水下炸礁约 156212.15m<sup>3</sup>, 实验利用此次设计方法结合传统方法对该水下炸礁工程施工浅点进行控制。实验采用了防水效果和爆破效果都比较好的 090mm 的乳化炸药制作药包, 药包的长度为 550mm, 厚度为 150mm, 利用公式(1)计算出单个药包的药量为 2.56kg, 引爆雷管采用的是 SF26 防水金属壳工业电雷管。采用 HTRU-A14F 型号双频旁侧声纳扫海仪对水下岩石高度进行测量, 经测量水压岩石最高高度为 156.15m, 平均高度为 86.45m, 水下炸礁标准高度为 20m, 经过公式(2)计算确定了 156 个装药位置。以钻机船为钻孔基础平台, 钻机采用的是 SFARG/AS25F6 型号中风压钻机, 该工程中共配置 20 台钻机同时钻孔作业, 利用公式(3)计算出钻孔直径和深度, 平均直径为 60mm, 最大钻孔孔深为 150.56m, 钻孔施工中钻孔的倾角为 56°, 钻孔的间距为 1450mm, 将 SFARG/AS25F6 型号中风压钻机的钻进速度设定为 12.36r/min, 额定转矩为 1200r/min, 钻进给进力为 36.5kN。利用钻机共钻取 186 个主炮孔, 145 个减振孔, 减振孔的直径为 45mm, 间距为 1150mm,

工程中共设置了三排主炮孔和两排减振孔。利用公式(4)确定钻孔的炸药量, 将炸药填塞到炮孔内, 按照顺序进行引爆, 减振孔与主炮孔药包引爆间隔时间为 110ms。引爆完成后发现没有出现未爆破的药包, 利用抓斗船组将水下岩石和淤泥进行清除。为了检验两种方法浅点控制效果, 利用 DFFG-262 水下扫描仪对水下浅点进行探测, 将该水下炸礁工程分成五个航段, 根据检测结果确定每个航段内浅点的数量, 具体如下表所示。

表 1 两种方法应用下浅点数量对比(个)

航段序号	航程	设计方法	传统方法
1	220m	0	3
2	440m	0	5
3	660m	0	8
4	880m	1	12
5	1200m	1	19

根据上表中数据可以看出, 应用此次设计方法水下炸礁工程施工后形成的浅点比较少, 而应用传统方法水下炸礁工程施工后形成的浅点数量比较多。根据相关航道工程施工技术规范要求, 施工后浅点的数量不能超过 3 个, 本文设计方法可以满足相关航道工程使用浅点控制需求, 具有良好的控制效果, 相比较传统方法更适用于水下炸礁工程施工浅点控制。

## 3 结语

此次根据水下炸礁工程施工中影响施工浅点的因素, 以及水下炸礁工程施工质量需求, 设计了一套新的浅点控制方法, 有效控制了水下炸礁工程施工浅点, 确保水下炸礁工程施工质量, 对降低水下炸礁工程浅点处理成本, 以及提高施工效率具有重要现实意义。

### 参考文献:

- [1] 廖冬林. 高栏国码支航道和港池维护性疏浚工程难点和控制措施[J]. 珠江水运, 2021(20):56-57.
- [2] 王朝阳. 水路物流运输与航道疏浚工程常见问题及对策[J]. 船舶物资与市场, 2021,29(08):5-6.
- [3] 林显才. 沿海港口航道疏浚施工后期凿岩及扫浅工艺研究[J]. 珠江水运, 2021(14):74-76.