

# 山区航道工程急流条件下爆破工艺优化

黄连吉, 徐鹏程, 赵成军

(中交一航局第三工程有限公司)

**摘要:**为了解决山区内河航道整治施工中急流条件下水流对水下爆破起爆线路的影响,更好地适应急流条件施工,有针对性地优化爆破工艺,对起爆线路增设辅助尼龙绳、制作防水包,增加起爆线路强度,确保一次性爆破成功率,有效解决了起爆线路容易被水流冲断,一次性起爆成功效率低,施工安全性差等难题,降低了施工安全风险和施工成本,为内河航道急流条件下的水下爆破施工提供了一种解决思路,可为后续类似工程提供借鉴。

**关键词:**山区航道;急流条件;水下爆破;起爆线路;辅助尼龙绳;防水包

## 0 引言

广西地区水系发达,水力资源丰富,航道多为天然山区航道,随着内河航运快速发展,目前的航道等级和通航能力难以满足通航要求,需要对航道升级整治。广西地区内河河床地质结构多为Ⅺ级以上岩层,航道整治施工需要采取水下爆破施工工艺<sup>[1]</sup>。受周边环境及地形等因素影响,部分河段水流流速急,传统爆破工艺施工时难度较大,无法满足急流条件下的施工需求,需要优化。本文以来宾至桂平 2 000 吨级航道工程为依托,结合山区航道工程水下爆破工程施工的特点,通过对水下爆破工艺进行优化,达到急流条件下正常施工的目的。

## 1 工程概况

来宾至桂平 2 000 吨级航道工程施工 No.3 标段位于广西黔江(桂平段)大藤峡水利枢纽下游飞凤角至铜鼓滩河段,工程按内河 2 000 吨级(Ⅱ级航道)双线航道通航标准建设,设计航道尺寸为 4.1 m×80 m×550 m。施工内容主要包括飞凤角、鹅蛋滩、铜鼓滩 3 个滩险的疏浚、水下炸礁施工,工程量大,且主要集中在大藤峡下引航道下游段,水流流速急,枯水期平均流速 1.5 m/s,涨水期平均流速 2.0 m/s。

本工程属于典型山区航道整治施工,U 形河谷形态稳定,河谷宽度为 200~500 m,河床以坚硬灰岩为主,部分区域有卵石层覆盖。施工河段顺接大藤峡水利枢纽下引航道出口,受大藤峡水利枢纽下泄水流直接作用影响较大,沿江大部分施工区域水流流速急。施工中采用传统水下爆破

施工工艺,爆破网路受湍急水流影响,频繁出现爆破网路被水流冲断或连接不稳定等问题,需要多次重新检查处理后才能顺利起爆,严重影响爆破的施工质量和施工进度,增加施工成本,同时也存在很大的安全隐患。基于上述情况,需对原有爆破工艺进行优化,以便适应急流工况条件下施工。

## 2 爆破工艺优化

### 2.1 传统工艺缺陷

传统爆破施工中,当所有钻孔装药完毕后,将所有数码雷管脚线的卡线夹端聚拢连接在母线上,母线另一端与起爆器连接,卡线夹与母线连接处被简单包裹后放置于爆破区浮标上,释放母线同时移船至安全区域后起爆。

传统爆破工艺在急流水流条件下,虽然确保了起爆网路连接处处于干燥状态环境,能够满足起爆要求,但采用浮漂固定的方式,浮漂固定困难且很容易发生漂移进而拉扯数码雷管脚线。数码雷管脚线和母线均直接承受水流以及河流上漂浮物的冲击,易造成起爆网路连接故障。同时浮标的设置、回收需额外投入人员及船机设备,增加了成本。传统工艺不仅施工效率低,还在施工安全、质量方面均存在一定风险。

### 2.2 工艺优化

#### 1) 船舶驻位

本工程采用 6~8 钻钻机船施工,为应对急流条件下出现的“走锚”情况,钻机船在顺水流方向上游设置 2 口主锚,下游设置 1 口主锚,用以控制船舶纵向移动。钻机船左右两侧各设置 2 口边

锚,用以横向移动。施工前按爆破设计的孔距、排距将每排钻孔位置预先绘制到 GPS 测量软件中<sup>[2]</sup>。施工中利用 GPS-RTK 实时定位技术与 GPS 测量软件相互配合,通过调整钻机船主锚和边锚,将钻机船上钻机移至设计的钻孔位置,钻孔位置定位偏差控制在 20 cm 以内。

## 2) 水下爆破参数设计

药卷直径为 90 mm,考虑加工药卷时的竹片宽度,经过优化设计,本工程采用略宽于药卷直径的  $\phi 115$  mm 钎头钻孔。为了确保爆破效果与预期相符,通过采用增加钻孔深度的方法,消除爆破区域内因爆破漏斗对岩石爆破的影响。根据已有工程经验和典型施工总结,爆破区域内超钻深度按 1.5 m 控制。炮孔间距  $a=2.5$  m,炮孔排距  $b=2.0$  m,梅花形式布孔。采用单排或多排起爆,根据爆破区域到被保护物的距离严格控制最大齐爆药量,孔间及排间均采用微差爆破。

## 3) 单孔药量计算

$$Q=q_0abH_0$$

式中: $Q$  为单孔装药量,kg; $q_0$  为水下钻孔爆破单位炸药消耗量,kg/m<sup>3</sup>,取 1.2; $a$  为炮孔间距,m,取 2.5; $b$  为炮孔排距,m,取 2.0; $H_0$  为设计爆层厚度,m,爆层厚度=岩面标高-设计底标高+超钻值。

经计算, $Q=6H_0$ ,单卷药卷长度 400 mm;药卷重量 3 kg。同时还需考虑装药量必须达到钻孔深度的 60~80%,计算所得装药量见表 1。

表 1 装药量统计表

岩层厚度/m	超深/m	孔深/m	药量/kg	药卷数量/卷	药柱长度/m	堵塞长度/m
0.5	1.5	2.0	12	4	1.6	0.4
1.0	1.5	2.5	15	5	2.0	0.5
1.5	1.5	3.0	18	6	2.4	0.6
2.0	1.5	3.5	21	7	2.8	0.7
2.5	1.5	4.0	24	8	3.2	0.8
3.0	1.5	4.5	27	9	3.6	0.9

## 4) 钻孔

钻机船驻位完成,船舶稳定后,根据现场实时水位计算钻孔深度,钻孔深度达到指定深度后,进行吹孔,清除孔内残渣。

## 5) 药柱加工制作

钻孔作业时,在药柱制作支架上进行药柱加工<sup>[3]</sup>。制作支架采用组装式钢板,钢板表层涂刷绝缘漆。由 1 块底板(底板上带卡槽)和多块竖向钢

板(可与底板上卡槽连接)组成,底板上每间隔 30 cm 设置 1 处竖向钢板固定卡槽,竖向钢板数量根据药柱加工长度确定,药柱加工示意图如图 1 所示。

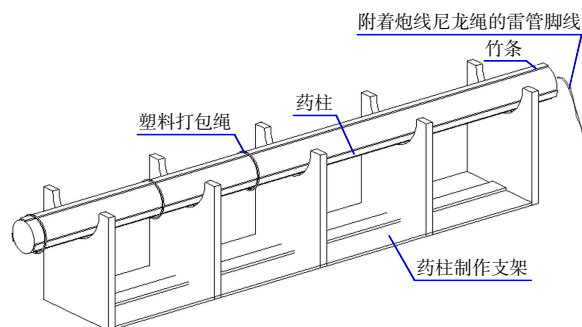


图 1 药柱加工示意图

实际施工中可根据药柱加工长度灵活改变组装支架长度,很好地解决了船舶施工作业面小、制作支架占用空间大的问题,使制作支架便于安装拆除。药柱加工采用 3 条 4 cm 宽竹条固定药卷,竹条长度等于药柱长度,药柱长度根据钻孔深度确定。竹条将数节药包夹好固定,制成所需长度药柱,并用塑料打包绳绑扎固定,采用竹条绑扎的方式,可有效连接固定药卷,根据钻孔的深度不同,灵活改变药柱长度。药柱加工完成后,使用木刀在药柱设计位置切口,将数码雷管插入药包内。为增加数码雷管脚线抵抗急流及漂浮物的冲拉强度,随数码雷管脚线一同敷设辅助尼龙绳。尼龙绳的一端绑扎在药柱上,其余部分连同数码雷管脚线捋顺,数码雷管脚线每隔 1.0~1.5 m 用绝缘胶带绑扎,同时保证数码雷管脚线略松于尼龙绳。

## 6) 药柱安放

吹孔完成后,将加工好的药柱缓慢地放入套管内并拉紧炮线尼龙绳,用竹竿将药包慢慢送入孔内<sup>[4]</sup>。药柱安放到位后,检查、确认药柱的顶标高在设计标高以下,误差范围 0~20 cm,再用细石渣回填堵塞药柱以上部分孔道,防止药柱浮出炮孔。单孔药柱安放完成后,收起套管,将数码雷管脚线随附炮线尼龙绳一同从套管底部勾出,把炮线尼龙绳临时聚拢绑扎在钻机船边固定位置,确保数码雷管脚线卡线夹一端不受力。

## 7) 起爆网路连接

一次爆破网路内所有孔施工完毕后,将数码雷管脚线按顺序与母线连接,母线采用 0.5 mm 导线,母线另一端与电缆连接,电缆另一端连接起爆器,通过起爆器检查起爆网路连接情况,完成

起爆網路的连接。起爆網路连接后,按照要求设置各孔、各排起爆顺序及间隔,根据炸礁区周边环境,结合安全允许药量计算结果,采用数码电子雷管逐孔微差起爆網路,数码电子雷管延时时间孔间设置为 50 ms,排间设置为 80 ms,起爆網路连接示意图见图 2。

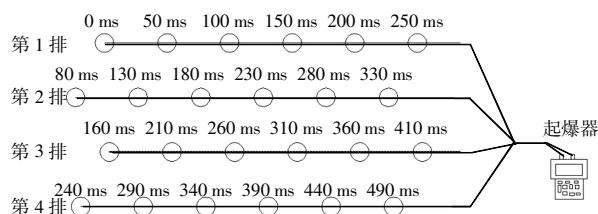


图 2 数码电子雷管起爆網路连接示意图

#### 8) 防水包制作

起爆網路整体连接后,用定制 40 cm×80 cm 塑料防水袋将所有数码雷管卡线夹和母线连接处以及母线和电缆连接处一同密封包裹。将起爆網路所有线路连接处放置于防水袋底部,用绝缘胶带在距防水袋底部 30 cm 处收口扎紧。然后填充防水密封膏,自绝缘胶带收口向上填充 20~30 cm 长度,并人工揉搓、挤密,保证防水密封膏将防水袋、数码雷管脚线与电缆之间空隙全部填充,防止外部水进入防水袋底部 30 cm 区域。防水密封膏填充完后用绝缘胶带将防水袋口收紧、扎牢,再用相同规格的塑料防水袋对防水包二次包裹,用绝缘胶带与防水密封膏在相同位置进行二道收口扎紧。为避免防水包沉入水底,被河床底部岩石或其他坚硬物体破坏,防水包二次包裹完后用普通编织袋再对防水包整体包裹 2 遍,并用胶带扎牢,防水包示意图见图 3。

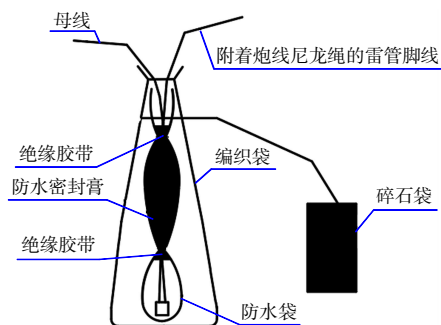


图 3 防水包示意图

待所有包裹完,为防止防水包入水后被水流

冲走,绑扎碎石袋随防水包一同抛入水下。碎石袋的重量依据水流情况增加或减少。

#### 9) 起爆

防水包沉底后,将钻机船移动至安全区域,同时上、下游派出警戒船,严禁过往船舶通航,对控制区域清场。待收到警戒范围安全信号,钻机船再次确认安全后起爆。爆破作业完成后拉回电缆,重复使用。

### 3 应用效果

通过对传统水下爆破施工的优化,从多方面提升了施工的效果和质量,施工更加方便快捷。尤其是爆破线路和防水包的工艺优化后,大大降低了由于水流流速大以及漂浮物冲击对起爆網路造成的破坏,提高了一次性起爆成功率。在急流条件下既满足了数码雷管干燥无水环境的要求,又增强了数码雷管脚线抗冲拉强度,降低急流及水面漂浮物对起爆網路的外力作用。爆破施工效果满足规范要求,一次性爆破成功率也大幅度提升。同时降低了施工成本与风险,避免了盲炮的发生,能够有效保障施工安全,有效提高了爆破施工质量及效率。

### 4 结语

本工程结合山区航道工程急流条件,有针对性地优化爆破工艺,在传统工艺缺陷方面提出了解决方案,增设辅助尼龙绳和替代电缆线的方式提高起爆網路的强度,采用防水包保证網路连接处处于无水环境,起爆成功率有效提升,降低了水流对爆破施工的影响。通过现场应用及实践效果,证明了在急流条件工况下,经过爆破工艺优化后,在确保质量和安全的基础上,取得了预期达到的效果,解决了传统工艺中存在的问题,加快了施工进度,可为同类型的航道整治工程提供借鉴。

#### 参考文献:

- [1] 李鹏,周猛.碍航礁石水下爆破施工工艺技术分析[J].中国水运,2020(9):117-118.
- [2] 潘雪成,刘洛会.浅析水下炸礁在硬土质疏浚施工中的运用[J].中国水运(下半月),2018,18(12):140-141.
- [3] 田贺.航道炸礁施工技术要点[J].河南水利与南水北调,2021,50(2):47-48.
- [4] 林诚鑫.水下炸礁工艺在钦州港东航道疏浚工程中的应用[J].中国水运(下半月),2020,20(18):103-104.