

凿岩棒施工在疏浚工程中的应用

武鹏，李祥，张润发，曹志远

(长江南京航道工程局，江苏南京 524002)

摘要：沿海港口航道疏浚施工过程中遇到硬质岩层，施工难度加大，障碍物的清除成为施工进度持续推进的关键。相对于炸礁和绞吸式挖泥船负荷施工开挖硬质岩层，利用抓斗船配备凿岩棒技术进行清障施工成本投入更低、施工工序更方便、施工过程更环保。本文以湛江 30 万吨级航道改扩建工程Ⅱ标段为背景，从施工特点、施工工法及施工效果几方面介绍凿岩棒施工工艺。

关键词：凿岩棒；航道；疏浚；硬质岩

中图分类号：U61 文献标识码：A 文章编号：1006—7973 (2022) 11-0094-03

相对于内河整治工程中常见爆破炸礁方式清除航道硬点，近年来，中国水运事业蓬勃发展，船舶规模趋于大型化，为适应大型船舶进出港的相关要求，沿海港口进出港航道尺寸需进一步加宽加深。由于航道尺度的增加，在深层土质中遇到硬点或硬质岩层的可能性也大大增加，严重影响航道在后期扫浅施工阶段的效率，因此，如何清除硬点成为后期施工成本、进度管控的重点。本文根据湛江港 30 万吨级航道改扩建工程Ⅱ标段项目在后期施工阶段清除铁质胶结岩的实例，对凿岩施工进行相关介绍。

1 工程案例

1.1 工程背景

湛江港 30 万吨级航道改扩建工程Ⅱ标段施工范围为龙腾航道外段 K36+200 ~ 南三岛西航道 K53+000 区段的航道疏浚工程，设计通航宽度为 340m（其中会船区设计通航宽度为 510m），设计底标高分施工区段为 -23.0m ~ -23.9m，设计边坡 1:5 ~ 1:6。在施工期间通过现场反馈在航道外段存在一处疑似礁石区域，投入施工的各施工船舶均无法进行清除。

1.2 地勘结果

根据湛江港 30 万吨级航道改扩建工程Ⅱ标段施工过程中针对疑似礁石区域的钻探取样结果显示，断面 K39+200(区域 1：29 号浮标西南方向 0.45km、航道内北侧) 存在铁质胶结岩及类似铁板砂状土质；区域 1 最小水深 21.0m，面积约 11182 m²（长 142.2m、宽 78.8m）。



图 1 钻探取样土质

2 施工方案

2.1 方案对比

(1) 耙吸船清礁：本方案灵活程度高，对通航影响程度小；本工程最初采用耙头重量为 30 吨大型耙吸船对硬质土层进行试挖，根据工后测图显示，耙吸船对该土质施工效果较差，高额的成本与施工进度不相匹配。

(2) 爆破炸礁：采用爆破炸礁的方式进行清除岩石施工效率高、同时对礁岩的预处理效果好；但本工程施工航道船舶通航密度较大，海洋生物多样性高（为我国一级保护动物“白海豚”栖息地），同时该礁石所在区域位于航道边坡附近，如采取爆破炸礁的方式清除碍航物则爆破时产生的冲击及地震波即会对过往船只和施工海域附近海洋生物产生极大影响，也在一定程度上会增加边坡坍塌的风险；同时爆破前所需的防护措施以及爆破所需的船机投入，也会导致施工成本增加、工期相对延长。

(3) 凿岩锤清礁：本方案将在场抓斗船的“斗”更换为“锤”进行施工，施工效率较低，岩石预处理效果相对较差；但该施工工法操作方便，额外成本投入较低，对航道通航船舶及海洋生物影响较小，符合国家可持续发展的理念。

2.2 方案确定

我国大部分沿海地区疏浚项目中进行礁石预处理时大多采用爆破炸礁的方式进行处理，随后使用挖泥船或绞吸船等疏浚设备对预处理后的残骸进行清除。但是本项目所在的施工区域附近通航环境复杂，且需要进行礁石预处理的区域处在航道内，在这种情况下如采取爆破炸礁的方案会对航道附近通航的船只及附近的海洋环境造成极大的影响。而利用施工现场已有抓斗船换装冲击锤开展冲击锤凿岩施工操作简便，可减少设备投入成本，更符合国家对环境保护的相关要求，故本工程最终选择冲击锤辅助抓斗船施工清除礁岩。

3 施工工法

3.1 锚泊定位

为了保证吊装的凿岩锤凿岩时孔位准确，进行凿岩作业的抓斗船在作业时必须进行锚固同时不产生水面漂移情况。因此在抓斗船上配备了至少4只霍尔船锚，同时锚链以八字型或*字型进行布锚，船侧的锚绳与船舶之间的纵轴线夹角为控制在30°至55°，以保证船舶锚固期间的稳定性。当其中一侧的船锚由于洋流方向的改变而出现轻微地走锚现象时，便采取措施在可能造成抓斗船漂移的最大流向的方向上进行增补，以提高抓斗船施工作业时的抗漂移能力（在此期间需同时考虑到大风与流速产生的合力的方向是变化的情况）。在本项目投入的抓斗船配备的锚绳为直径36mm的钢丝绳，单根长度约为100m，同时也配备了一艘锚艇协助抓斗船开展抛锚和起锚的工作。

施工船舶在凿岩作业过程中采用GPS实时差分系统进行定位，根据施工图纸中的设计坐标、船舶配备的锚绳长度、施工点位水深及预抛方向，首先计算出布锚时的锚位坐标，并由辅助锚艇降左前锚或右前锚送至预定锚位抛锚，然后顺着水流方向航行至施工区域附近，然后再有辅助锚艇送出右前主锚或左前主锚进行抛锚。在完成所有锚的抛锚任务后，在GPS定位系统的监测下进行绞锚，降船舶锚位移动至指定位置，其间要确保定位误差小于0.5m。施工船舶配备的所有定位锚均配备有锚浮标，保证锚浮标有足够的浮力保持在水面上漂浮，并具有醒目的标志提醒过往船舶锚浮标位置。再就是要保证锚浮标的系缆绳有足够的抗拉强度及长度。锚位标识在白天使用醒目颜色的彩旗标志，夜间使用灯浮标，指示过往船只注意缆绳位置进行避让。

3.2 凿岩锤的连接

凿岩锤因其特殊的作业方式须采用具备足够强度的连接方式进行牢固连接。首先用带有可旋转接头的锚链将副吊和凿岩锤主钢丝绳进行连接，随后主钢丝绳从凿岩锤的主孔穿过并与锚链的另一端进行连接，主钢丝绳和锚链之间采用卸扣进行对接。为了保证凿岩锤在作业过程中的安全，另使用一根钢丝绳进行辅助保险，钢丝绳的其中一头固定在凿岩锤的保险孔中，另一头固定在抓斗船上使之于船体直接进行连接，以确保凿岩锤作业时的安全。

注：①连接凿岩锤的钢丝绳、卸扣等部件对材料质量的要求极高，选用时需要充分考虑其材料的抗拉强度，避免在作业期间因部件损坏导致频繁更换钢丝绳而影响正常施工；②卸扣上的固定螺栓在作业前须全部进行满焊焊接，防止螺栓在凿岩锤冲击作业时因冲击产生的震动导致松动掉落，影响安全生产施工。

3.3 凿岩流程

冲击锤凿岩的施工程序主要为：①施工船定位；②

覆盖层清理；③凿岩；④清渣；⑤凿硬点；⑥再清渣；

在完成一个完整的施工程序后按流程进行循环施工，直至完成全部施工作业任务。

3.3.1 施工船定位

（1）凿岩时的船舶定位方式与开展清渣作业时的定位方式一样，结合锚位布置图与GPS设备将船锚抛至指定位置，利用定位系统进行船位的精确定位；

（2）根据施工区域地质资料结合施工船工作能力，制定凿岩布点，根据凿岩区域长度按6m的长度进行分排，每排按照凿岩区域宽度每5m确定一个凿岩点。每个凿岩点凿击至设计深度（无论凿击多少次），下锤高度为初始岩面+水面至冲击锤高度10m，初始水面至冲击锤高度随初始岩面的增高而相对提高，尽量控制下锤高度为20m左右，排与排之间采用梅花型的布点方式进行布置；

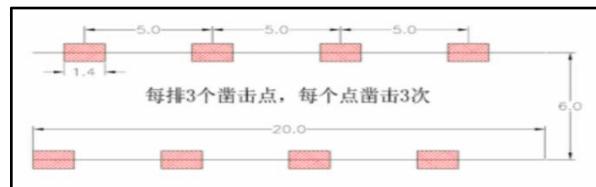


图2 凿击点布点示意图

3.4 凿岩

3.4.1 凿岩操作

（1）所有组装工作完成后，吊机手操作吊机将冲击锤缓缓起吊，待钢丝绳全部拉紧检查无误后，吊机臂趴至70°左右，将冲击锤放置在水面调零；

（2）利用抓斗吊机的沉挖系统配合制动装置控制凿岩棒进行自由落体，该部分操作由吊机操作人员自行控制，并在施工期间进行多次从不同高度往下的冲击。经过研究从14m高位置（初始岩面+水面至冲击锤高度5m，初始水面至冲击锤高度随初始岩面的增高而相对提高，尽量控制下锤高度为14m-15m之间）往下冲击效果较好，并且能使设备的损耗程度降至最低。

3.4.2 凿岩冲击能计算

假设冲击锤凿岩时从岩层上20m处自由落下撞击岩石的动能通过公式E=mgh进行计算。

式中：E—冲击锤自由落体撞击岩石的动能J；m—物体的重量kg，这里指冲击锤，暂定为35吨；g—重力加速度9.8m/s²；h—冲击锤的落高m；E=35000×9.8×20=6860000J；

1m³空气的压力为0.1MPa的能量为P×V=100000×1=10万焦耳。因此，686万焦耳能量可以产生6.86MPa的压力，即冲击锤从20m落下撞击岩石产生的压力为6.86MPa。

3.4.3 凿岩和爆破的能量关系

1kgTNT炸药爆破产生的能量为419万焦耳，35吨

大型铲斗挖泥船在长江中游浅窄水道维护性疏浚施工中的应用

马策，张仁杰

(长江宜昌航道工程局，湖北 宜昌 443000)

摘要: 长江中游近坝河段为砂卵石河床，局部区域土质为胶结卵石，抓斗挖泥船挖掘能力有限，不能满足施工需求，为确保枯水期航道维护尺度，引进挖掘能力大型铲斗挖泥船，有效提升近坝航道维护疏浚能力，适应航道快速发展和航道维护标准不断提高的发展形势，保障航道安全畅通，全面落实“保畅通、保运输、保安全，创和谐通航环境”，服务沿江经济发展，落实长江经济带发展战略。

关键词: 铲斗；胶结卵石；疏浚；浅险水道；施工工艺

中图分类号: U61 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2022) 11-0096-03

长江中游芦家河、枝江、江口等水道历来为长江中游重点浅险碍航水道，作为葛洲坝近坝河段航道，受三峡水库梯调影响最为明显，尤其是三峡蓄水期和枯水期，水位、流量下降较快且日变幅变化较大，致使中游重点浅险水道的水深和航道宽度满足不了航道畅通安全的需要。为了进一步提高黄金水道的通过能力，向社会提供更加畅通高效的航道条件，航道维护尺度不断提高，从2.9米提高至3.0米、3.2米，目前已经提高至4米运行，短短几年的时间，提高幅度达1米。由于该河段为砂卵

石河床，所用船型为抓斗挖泥船，随着维护尺度的不断提高，工程量也越来越大。由于抓斗挖泥船施工效率低，挖掘能力受限，枯水期航道维护疏浚所面临的压力也越来越重，为有效提升长江中游航道维护疏浚能力，适应航道快速发展和航道维护标准不断提高的发展形势，保障航道安全畅通，特引进航道维护铲斗挖泥船，主要承担长江葛洲坝下近坝航道卵石浅滩航道维护疏浚，兼顾长江三峡库区鳊鱼溪以下航道、两坝间航道应急疏浚。

重冲击锤从20m处落下撞击岩石产生的能量为686万焦耳相当于1.64kgTNT炸药爆破产生的能量。

所以本项目凿岩作业使用的35t冲击锤从20m高度落下的撞击作用力和1.64kgTNT炸药的爆炸的作用力基本相同。

3.4.4 清渣

因凿岩区域施工条件较差，耙吸船无法进行清渣。因此在本项目作业期间由抓斗船将吊机上的冲击锤更换成挖泥抓斗后对已完成凿岩作业的区域按照航道设计要求进行清渣工作。在清渣的过程中同时观察挖起的破碎礁石的状况判断当前凿岩效果，并结合清渣完成后的测量结果及时安排下一阶段的凿岩施工任务并对凿岩期间的各项设备参数做出相应的调整；清渣完成后清理掉的石渣由泥驳运输并抛至项目指定的抛泥区域。

4 施工效果

根据现场多波束扫测结果显示，利用凿岩锤配合抓斗船清礁效果较好，水深也达到了设计要求，进度和质量均满足各方要求；同时设备投入的减少，也使成本得到较好得控制；环境保护方面，凿岩施工不仅满足航道

正常通航的条件，也很大程度上降低了对海洋生物和环境的影响，获得了良好的社会效益。

5 结语

航道疏浚施工过程中的硬点和硬质土层等问题，不能单一、机械地套用某种施工工法，环境因素、现场条件、进度要求等均需统筹考虑，将多种施工方案进行比对，确定适合工程本身的工法。凿岩施工凭借其投入低、施工方便、安全环保等特点已成功跻身于疏浚施工中不可缺少的清礁工法之一，值得在类似的工程问题上进行采用并推广。

参考文献：

- [1] 林显才.沿海港口疏浚施工后期凿岩及扫浅工艺研究[J].2021.14:034]
- [2] 许俊海,曹羽.凿岩棒凿岩工艺在友谊港疏浚工程中的应用[J].2013.07-0235-02
- [3] 邓元广,丁晓峰,夏元斌.凿岩棒工艺在疏浚工程中的应用[J].2007.07:017