

# 升浆及锚固法加固改造重力式方块码头施工技术

刘春彦, 王来新, 高平原  
(中交一航局第一工程有限公司)

**摘要:** 文章以营口港仙人岛港区工作船码头基床加固抢修工程为例, 介绍采用岩土工程升浆加固技术、锚固技术、高压气水联动技术等形成的一整套工艺新方法较好地解决了重力式方块码头这种典型结构的抛石基床及墙身加固改造施工中遇到的问题, 可为今后类似工程施工提供借鉴。

**关键词:** 升浆; 锚固; 高压气水联动; 基床加固

## 0 引言

沿海重力式码头, 前沿水深往往受淤泥、杂物淤积等影响逐年变浅; 码头基床受海水冲蚀及波浪作用, 尤其是风暴潮、船舶螺旋桨等对基床坡肩的掏空破坏, 导致码头结构下沉、倾斜, 危及码头安全和运营。因此, 重力式码头基础及墙身的加固改造随之而来成了行业内备受关注的突出问题。

本文以营口港仙人岛港区工作船码头基床加固抢修工程为例, 介绍有关重力式方块码头基床破损、码头结构下沉倾斜产生的原因和升浆及锚固法加固改造重力式方块码头施工技术与成效。

## 1 码头基床破损原因分析

### 1.1 自然条件的影响

重力式码头抛石基床长年受海水冲蚀及波浪作用, 尤其是风暴潮等恶劣自然条件对基床坡肩的破坏较大。

### 1.2 船舶作业的影响

低水位时, 某些吃水较深的船舶螺旋桨作业极易对基床坡肩造成破坏。局部位置频繁遭到破坏, 加之自然条件的影响, 导致码头结构下沉、倾斜。

### 1.3 码头结构存在的问题

码头转角处、基床厚度改变等变截面部位, 极易受到风暴潮、船舶螺旋桨等对基床坡肩的掏空破坏, 相较于暗基床, 明基床受到的破坏尤为严重。此外, 码头在使用过程中的不均匀沉降也会造成码头结构倾斜等现象。

## 2 加固改造措施

根据营口港仙人岛港区工作船码头基床破损、码头结构倾斜的实际情况及上述原因分析, 通过广泛调研、理论研究以及试验论证, 总结提炼出了基床表面清淤、补抛块石及理坡、土工布与袋装砂铺砌、基床内清淤、基床升浆、方块块体锚固一整套升浆及锚固法加固改造方块重力式码头施工技术新方法。

### 2.1 基床表面清淤

基床表面清淤采用真空负压法, 由4组潜水员24 h 轮番作业, 相关设备固定在方驳上, 方驳侧向贴码头前沿进行施工。为保证施工期间不出现明显回淤, 自方块前趾至码头前沿11 m 范围进行淤泥清除, 清除的淤泥用泥驳运至业主指定的抛泥区抛卸。

### 2.2 补抛块石及理坡

严格控制块石质量, 采用新开采的未风化、无裂缝且不成片状的符合规范要求的坚硬花岗岩, 饱和单轴极限抗压强度不小于30 MPa, 最大边长与最小边长度之比不应大于1.5~2<sup>[1-2]</sup>。

在对清淤后的抛石基床补抛块石前, 应充分了解并掌握水流、风、波浪和水位等气象海况条件。基床补抛块石过程中, 要勤测坡肩及边坡标高, 防止欠抛、超抛, 见图1。基床补抛块石完毕后, 按照每5~10 m 一个断面、每个断面1~2 m 一个测点检查验收<sup>[2]</sup>。

补抛块石合格后, 潜水员使用刮杠、坡比尺按照设计规定的坡肩、坡比对码头前沿进行理坡。



图1 基床补抛块石

### 2.3 土工布与袋装砂铺砌

土工布及袋装砂铺砌主要是将基床与海水分隔开,以便进行后续的基床内清淤和基床升浆施工。考虑到升浆施工浆液压力可达 0.3 MPa,采取铺设两层单位重量  $600 \text{ g/m}^2$  的土工布,这样可以更好地控制土工布搭接位置,以防止升浆压力大时土工布搭接位置隆起漏浆,影响升浆质量。严格控制土工布的质量,要求抗裂强度不低于  $17.5 \text{ kN/m}$ ,织物延伸率不超过 30%,滤孔径( $O_{95}$ )应小于  $0.20 \text{ mm}$ ,土工布的滤孔径在应力作用下不得有明显变化,最小 CBR 抗刺穿阻力为  $3.0 \text{ kN}$ 。

土工布沿码头前沿线方向逐条铺设,施工中对已经裁好的土工布,用钢管作轴卷成卷材,由吊机在码头前沿位置吊土工布卷轴至水下,潜水员水下展铺土工布,要求相邻两条土工布搭接宽度  $1 \text{ m}$ ,允许偏差  $\pm 0.2 \text{ m}$ <sup>[2]</sup>,两层土工布搭接位置应错开半个土工布幅宽。土工布铺设应留有一定的富余宽度和长度,宽度不小于  $1 \text{ m}$ ,长度  $10\sim 15 \text{ m}$ ,这样形成密封空间,起到保浆作用。

土工布铺设完成后进行袋装砂铺设,袋装砂厚度为  $0.4 \text{ m}$ ,在距方块前趾位置  $1.5 \text{ m}$  范围内厚度不小于  $0.75 \text{ m}$ ,采用自主研发的砂石泵送系统(图 2)水下灌注砂袋、潜水员配合铺设的方式进行施工。



图2 砂石泵送系统

### 2.4 基床内清淤

重力式码头使用年限较长,基床内回淤一般较为严重且清淤难度较大,因此,基床内清淤是影响升浆质量的一大关键因素。

基床内清淤采用高压气水联动技术,清淤时通过 2 个钻孔,一个钻孔输送“高压气水”,另一个钻孔作为泄压而达到吸淤排渣的目的,见图 3。具体工艺为:当码头具备施工条件时(基床土工布及袋装砂铺设完成后),吊车将上部固定好冲击回转钻机的临时平台吊运就位,采用新型 KW10 型地热多功能钻机进行基床钻孔施工,采用  $180 \text{ kW}$ 、 $20 \text{ m}^3$  风量的空气压缩机作为高压供气系统输送“高压气水”。随着钻孔深度的增加,高压气水源不断地将抛石基床内石渣及淤泥由泄压孔向外排出。待钻孔深度满足设计要求后,反复提起下放钻具进行清淤,直至孔口出水清澈。



图3 抛石基床内清淤

### 2.5 基床升浆

基床升浆所采用的砂浆设计强度为 M20,砂浆的工作性能要求:流动度为  $16\sim 25 \text{ s}$ ,初凝时间为  $12\sim 14 \text{ h}$ 。

严格控制砂浆原材料质量,制浆用水泥使用 P.O42.5 普通硅酸盐水泥,且不可受潮结块,从出厂到用完应少于 3 个月;制浆用砂为中细砂,含泥量不大于 3%,粒径不大于  $2.5 \text{ mm}$ ,细度模数在  $1.8\sim 2.2$  间。

根据原材料试验数据及以往砂浆配合比经验进行了试验室试拌及试块制作,最终选定砂浆配合比为水:水泥:砂= $0.5:1:1$ 。此外,为改善砂浆性能,浆液中掺入 8% 的膨胀剂及 1% 的高效减水缓凝剂。

砂浆在施工现场采用自主研发的全自动智能灌浆装置拌制,该装置可将所用固态材料称量误

差控制在3%以下,水的称量误差控制在2%以下。砂浆的纯搅拌时长不少于90 s,现场使用YT-40D混凝土输送泵泵送浆液。砂浆温度控制在5~40℃。

基床升浆孔与基床内清淤钻孔共用,孔径127 mm,孔深因基床厚度不同而不同,见图4。基床升浆采用“端进法”,由一端向另一端推进,每个升浆部位持续不间断升浆直至基床块石层内浆液饱和。升浆压力为0~0.3 MPa。



图4 基床升浆

升浆前先用配合比为0.5:1的水泥浆充分润湿管道后,再进行升浆施工。随着浆液在抛石基床内不断扩散,升浆渐渐受阻,升浆压力不断增大,甚至超过设计压力。此时应逐渐提升升浆管,但应确保升浆管埋深始终大于0.5 m。当浆液面扩散至抛石基床顶标高时,升浆管必须维持正常的埋深,间歇性升浆但不泵入砂浆,出现以上憋压情况后,说明该孔位升浆结束,可以拔出升浆管,进行下一孔位的升浆施工。

基床升浆注意事项为:

1) 随着浆液在抛石基床内不断扩散,浆液面上涨速度逐渐减慢,此时升浆管应做间歇性短间距的上下往复运动。

2) 在浆液面到达方块底部后,浆液会继续向四周扩散且时间较长,在此期间内,升浆管应做间歇性短间距的上下往复运动,直到升浆完成。

3) 在升浆过程中,可能会发生升浆管提升困难的情况。此时,可借助钻机的卷扬机或液压式拔管机,液压式拔管机可起拔较大阻力的升浆管且提升速度均匀。

以上注意事项,主要是预防基床升浆过程中升浆管被掩埋致使升浆无法正常进行所采取的有效措施以及升浆管较难提升情况下的解决方法。

## 2.6 方块块体锚固

在错位块体结构段的码头面上钻 $\phi 280$  mm孔,钻孔深度为自码头顶面至抛石基床内2 m,孔内插入P38钢轨,钢轨下放至孔底,串连各个独立的块体,使码头上、下结构形成整体,以增强结构自身稳定性。

## 3 施工效果

基床升浆施工砂浆达到龄期后,钻芯取样进行强度检测,芯样块石和水泥砂浆两者结合相对紧密,没有明显孔洞夹层,粘结相对完整,不存在缝隙、夹层和空腔等修补缺陷,已达到设计升浆深度。砂浆设计强度为M20,芯样抗压试验强度代表值平均值为24.6 MPa,最小值为23.8 MPa,结果表明砂浆抗压强度满足设计要求。

## 4 结语

升浆及锚固法加固改造重力式方块码头施工技术是结合岩土工程升浆加固技术、锚固技术、高压气水联动技术等形成的一整套工艺新方法,本技术是在不破坏原有码头结构上进行加固改造,营口港仙人岛港区工作船码头基床加固抢修工程实践,应用效果十分显著,推广应用前景广阔。

## 参考文献:

- [1] JTS 167-2—2009,重力式码头设计与施工规范[S].
- [2] JTS 257—2008,水运工程质量检验标准[S].