

新型吊架在凌水湾综合整治项目中的应用

由金¹, 李想², 孙伟¹

(1. 中交一航局第三工程有限公司; 2. 中交第一航务工程局有限公司)

摘 要: 常规块体吊装通常采用人工穿销轴工艺, 工序复杂、效率低、安全风险高, 且因不同项目块体设计规格不同, 导致吊索具成本增加。为提高现有吊索具的普及应用, 需进一步通过实践获取施工参数并总结, 不断改进吊架设计。文章从新型吊架利用的背景、新型吊架设计、吊架结构与吊装能力、方块安装施工工艺流程、主要施工方法、新型吊架控制重点、应用效果等方面论述了采用新型吊架陆上进行方块安装在凌水湾综合整治项目施工中的改良及应用。经改良后的吊架施工效率显著提高, 有效降低成本, 可在各类小型预制块体吊装工程中应用。

关键词: 新型吊架; 吊装工艺; 方块安装; 吊架应用

1 工程概况

凌水湾综合整治修复项目可采用新型吊架起吊安装的方块为 A、B、C 三种型号共 16 块, 壁厚均为 350 mm, 最大重量为 152 t。采用 450 t 履带吊配合新型吊架进行方块安装。具体方块数据见表 1。

表 1 方块数据统计表

序号	预制构件型号	数量/个	型号尺寸	单个方量/m ³	单个重量/t	备注
1	A 型空心方块	1	5 m×4.5 m×4.2 m	37.91	95	
2	B 型空心方块	12	5 m×4.5 m×5.2 m	44.15	110	
3	B 型空心方块 (验潮井)	1	5 m×4.5 m×5.2 m	49.35	123	
4	B 型空心方块 (温盐井)	1	5 m×4.5 m×5.2 m	52.42	131	
5	C 型空心方块	1	7.2 m×4.5 m×5.2 m	60.65	152	

2 新型吊架使用背景

传统的方块起吊工艺通常为预埋吊环起吊和穿销起吊。由于吊环埋在顶口, 尺寸受限, 承载力一般较小, 穿销起吊工艺较为常见, 一般在沉箱外壁预埋吊孔, 采用销轴穿过吊孔, 用钢丝绳连接销轴与吊架, 起重设备主钩钢丝绳连接吊架起吊(图 1)。但由于吊点位置较高(大多在方块顶口 2~3 m 附近), 起吊前, 需操作人员爬到销孔位置进行高空作业插销轴; 沉箱安装后, 销孔位置一般在水面以下, 需人工水下作业将销轴抽出, 施工风险大, 效率低。本工程选用自主研发的自动挂脱钩吊架, 提高作业效率, 降低施工风险。

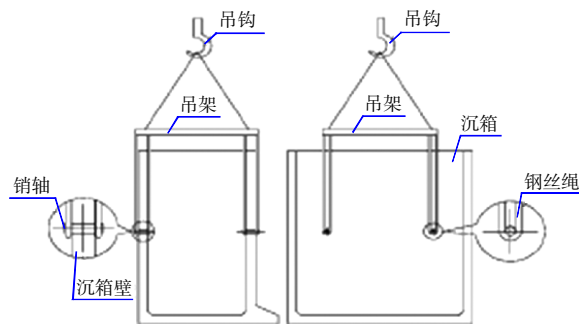


图 1 穿销吊装

3 新型吊架设计方案原理

本工程吊具采用直角吊钩抓取方块, 单个吊钩选用设计起吊质量为 60 t, 共 4 个吊钩。吊具机构分成两大系统:

1) 起重系统

承担方块自重, 将力传递到起重设备主钩。重力传递路径为: 方块—方块吊钩—耳板—主钩钢丝绳—履带吊主钩^[1]。

2) 摘、挂钩系统

摘、挂钩系统^[2]利用索具钩牵引钢丝绳, 拉动拉杆带动翼板旋转, 实现方块吊钩自动摘钩操作; 当放松索具钩时, 依靠吊钩和翼板转轴的自重可实现自动挂钩。起吊时, 吊钩和吊孔之间的摩擦系数取 0.15, 即水平锁定力可达到自重力的 0.15 倍, 通常海况下足以防止方块脱钩。新吊架工作图见图 2。

3.1 吊具结构

3.1.1 吊钩

吊钩是主要承重构件, 吊钩插入吊孔中, 承

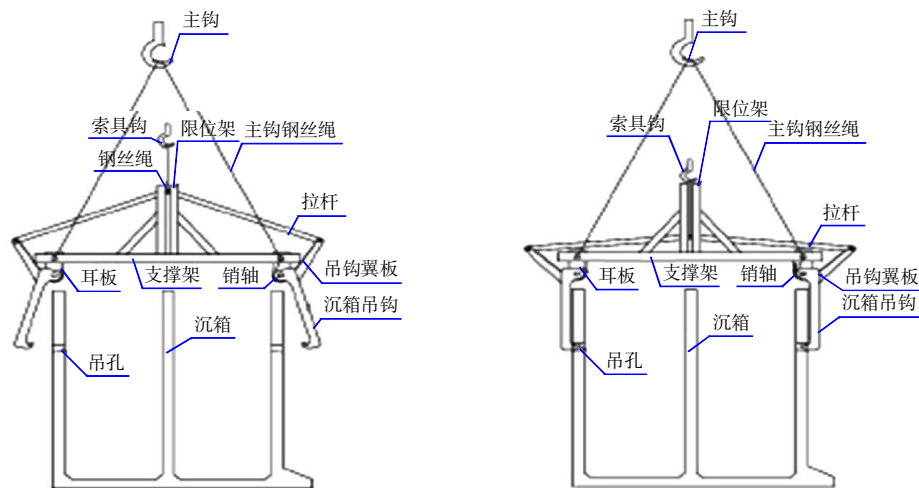


图2 新型吊架工作图

受方块自重作用,属于拉弯构件。为减小在转角处应力集中,在吊钩转弯处顶面采取圆弧过渡,吊钩采用迭片式,便于加工制作。选用 Q690D 钢材,35 mm 厚板材,屈服强度为 670 MPa,计算许用应力 $[\sigma]=670/2.5=268\text{ MPa}(>200\text{ MPa})$,满足规范要求^[2]。

为确保穿销吊装时顺利穿入,新吊具在吊钩上设置了垫块,改线接触为面接触,减小了方块吊钩与吊孔之间的局部压应力,通过垫块传递,也使吊钩受力更加明确^[1]。

3.1.2 支撑架

方块吊钩通过销轴和耳板与支撑架连接作用以抵抗主钩钢丝绳的水平向分力,支撑架按平面框架设计,框架长向杆件采用双 36a 槽钢间距 28 cm 背扣后焊接小箱梁,当方块宽度变化时,只需要调整耳板在小箱梁上的位置即可,提高吊架的通用性。短向杆件采用 36a 槽钢,与小箱梁等高连接,在相交处采用节点板连接,满足弯矩传递要求^[1]。

3.2 吊孔设计

吊孔的设计既要考虑方块吊钩入孔,又要防止过大的吊孔对结构影响,并应块石从吊孔中泄露。穿销起吊工艺中,吊孔内径一般在 20~25 cm,改换工艺后,吊孔尺度不应相差过大^[1]。

3.2.1 外形

迭片式吊钩的钩头截面是矩形,与之对应的吊孔形状首选为矩形,但考虑到应力集中产生 45° 裂缝,将吊孔形状优化为上圆下方^[1],并确定方块吊钩能够顺利入孔的最终尺寸,避免对方块结构

造成影响。

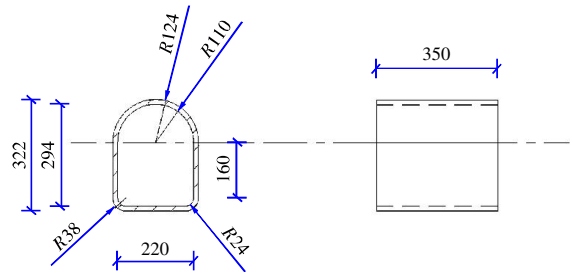


图3 吊孔埋件尺寸(mm)

3.2.2 结构

吊孔配筋方式根据 JTS 151—2011《水运工程混凝土结构设计规范》中对圆形吊孔的规定,采用吊筋、孔洞加强钢筋和方格网式间接钢筋组合^[3],见图 4。

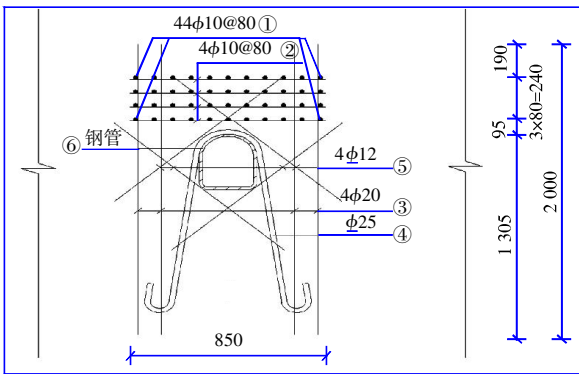


图4 吊孔位置配筋图(mm)

4 吊架结构与吊装能力

4.1 新型吊架结构组成

吊架主要有 3 个组成部分^[2]:起重系统主要受

力结构为吊钩和主钩吊索；支撑系统使吊钩间距与吊点间距一致；启闭系统通过控制连杆的起落，实现吊钩的开启和闭合。

起重系统包括①吊钩；②主钩及吊索；支撑系统包括③撑架；④限位架；启闭系统包括⑤连杆；⑥吊钩悬臂；⑦索具钩及吊索；具体结构如图5所示。

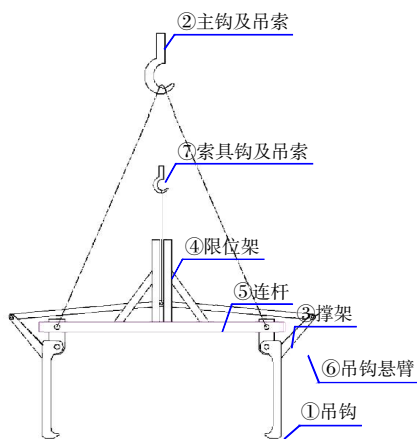


图5 新型吊架结构示意图

4.2 吊装原理

新型吊架主要由启闭系统控制吊钩的自动开启和闭合，使吊钩钩齿插入块体预埋的吊孔内，实现吊索具与吊点的连接进行构件起吊。吊钩开启由索具钩(或副钩)控制，索具钩(或副钩)上提，带动连杆上提，吊钩开启；连杆下落，吊钩闭合，插入吊孔，见图6。



图6 吊钩开闭示意图

4.3 吊装能力

本工程选用单钩吊重60 t的吊钩；吊架共4个吊钩，最大起重能力240 t，满足本工程最重方块起吊的要求。

吊架吊装参数如表2所示。

表2 吊架吊装参数表

吊架种类	单钩吊重/t	最大起重能力/t	吊钩数量	吊钩尺寸/mm	吊孔尺寸/mm	吊架重量/t
4钩吊架	60	240	4个	吊钩长度: 3350; 吊钩厚度: 120	马蹄形 宽: 220; 高: 322	12

4.4 吊装操作流程

吊装操作流程为：履带吊就位→索具钩上提，吊钩钩齿张开→主钩下落，吊架落于块体顶部→钩齿对准吊孔后，索具钩下落，钩齿进入吊孔→钩齿全部进入吊孔，起吊构件至指定位置→落主钩，将构件安装到指定位置→索具钩上提，吊钩张开，从吊孔中脱离→主钩上提，吊架与构件分离，完成吊装。

5 施工方法

5.1 吊架、吊孔制作及预埋

吊架、吊孔由专业钢结构分公司加工制作并运至施工现场。吊孔制作完毕并经验收合格后，运到方块预制场地，根据设计吊孔位置及配筋图进行方块预制和预埋施工。

5.2 起重设备选用

起重设备选用1台450 t履带吊加超起完成，在吊高 $16+5.2+2=23.2$ m(钢丝绳单根长32 m折过来用、方块高度5.2 m、起吊离地2 m考虑)时工作半径26 m内(离原护岸前沿线至少13 m)，最大起重量为152 t(钩头7.3 t、钢丝绳及吊架按12 t考虑、黍结力按3 t考虑)，起吊荷载 $152+7.3+12+3$ t=174.3 t<额定荷载191 t(回转半径26 m加超起配重230 t)，满足实际荷载吊装需求。

5.3 方块安装主要施工方法

方块预制完成并达到设计起吊强度后方可进行方块安装的施工。

5.3.1 施工准备

1) 施工前，吊装运输所用的吊架、吊索具等全部到位，进行技术交底。

2) 对吊架、索具、吊装孔等技术参数进行计算。将吊架、索具等组装好，并连接至履带吊主钩上。

3) 方块安装前应进行基床检查，检查基床有无回淤和高点并及时进行清理；检查合格后，将刮道和钢轨收起，方可进行安装。

4) 为了保证原护岸的稳定性，履带吊离护岸前沿线距离必须不小于13 m(经核算)。

5.3.2 测量基线布设

施工前, 测量将 A1 点(4303313.387, 33601.671)自定义为(0,0)点, 顺护岸前沿线方向为 x 轴, 里程方向为 y 轴, 方块的安装前沿线控制为 $y=-0.05\text{ m}$ 。

5.3.3 方块吊运

履带吊主钩吊起吊架, 副钩吊住传力杆, 通过副钩起落控制吊钩的张开与闭合。履带吊主钩吊起吊架移至方块吊装孔附近, 吊钩处于张开状态, 微调位置对准吊装孔, 履带吊副钩落钩, 吊钩闭合穿入吊装孔内, 履带吊主钩起钩吊起方块。

方块起吊后缓慢放入水中沉放, 待距离基床顶面约 1 m 处时, 主钩停止, 测量人员利用 GPS、全站仪, 对方块中心及前沿线进行定位。根据所测数据, 进行方块位置的调整, 并缓慢落钩。当方块底部距离基床顶面约 20 cm 时, 暂停落钩, 测量人员再次精确测量, 起重人员调整至准备位置, 快速落钩, 直至方块完全落底。

5.3.4 安装验收

方块安装完成后, 测量人员使用仪器对方块的施工准线偏差、临水面错台、接缝宽度及竖向倾斜进行验收, 见图 7。验收合格后, 履带吊副钩起钩, 吊钩张开并脱离吊装孔, 主钩起钩, 安装作业完成。方块安装完成, 在方块顶面布设好沉降位移观测点, 每个方块布设 4 个沉降观测点, 2 个位移观测点。



图 7 方块安装验收

5.4 方块安装质量控制及验收标准

5.4.1 方块安装质量控制措施

- 1) 方块安装前, 应对所用控制点进行校核;
- 2) 在方块安装过程中, 严格控制码头定位轴线, 确保安装质量。
- 3) 放块吊运安装过程中要防止碰撞, 在方块接缝处要放木方等柔性材料。
- 4) 安装后方块上应按规定布设明显标志, 夜

间设有安全警示灯, 以防过往船只误撞, 造成偏差或事故。

5.4.2 方块安装验收标准

根据 JTS 257—2008《港口工程质量检验评定标准》, 方块安装验收标准见表 3^[6]。

表 3 方块安装允许偏差, 检验数量和方法

序号	项目	允许偏差/mm	检验单元和数量	单元点	检测方法
1	临水面与施工准线的偏差	50	每个方块逐个检查	2	用经纬仪和钢尺量前沿两角顶部
2	相邻块临水面错台	30		1	用钢尺量
3	接缝宽度	20		2	用钢尺测量上下两端

6 新型吊架控制重点与注意事项

6.1 吊孔预埋

吊孔预埋件要严格按照设计尺寸、样式进行制作, 制作后须将吊孔内表面清理干净(如焊渣、铁锈等), 确保内表面光滑。

6.2 起吊

1) 钩头入孔、起吊

起重系统采用主钩钢丝绳通过销轴连接耳板, 耳板再通过销轴连接吊钩。摘、挂钩系统利用索具钩牵引钢丝绳, 拉动拉杆带动翼板旋转, 实现吊钩自动摘、钩操作。

2) 脱钩

方块就位后。拉紧吊车副钩, 实现吊钩摘钩。至此一个工作流程结束。

6.3 控制重点

吊架在吊装过程中, 应重点控制以下 3 点:

1) 定位控制

吊架在方块上方要定位准确, 确保所有吊钩均顺利进入吊孔。钩头位置预留晃绳, 当作业时, 如果吊架在吊钩入孔过程中有较大摆动, 可以人工辅助调整。

2) 防止脱钩

在方块起吊后, 主钩应缓慢下落, 控制主钩吊重, 防止脱钩。安装过程中主钩应始终保持一定吊力, 直至方块安放到指定位置。

3) 吊孔位置预埋准确性

吊架加工好后, 吊钩间距将无法调整。因此, 吊孔位置的埋设是否精确, 直接影响吊钩入孔的便捷。吊孔预埋偏差要求控制在 $\pm 5\text{ mm}$ 。

6.4 注意事项

1) 方块起吊和向下落钩时, 起重指挥人员要重点控制吊钩启闭系统的索具钩(或副钩)高度。控制吊具启闭的索具钩(或副钩)不应受力, 宜与主钩同步升降。起升时索具钩(或副钩)上升速度不得快于主钩, 下落过程索具钩(或副钩)下降速度不得慢于主钩。

2) 提升索具钩(或副钩)打开吊钩的操作应在主钩不受构件压力的情况下进行, 防止损坏吊具。

7 应用效果

本工程方块由 4 个吊钩进行吊装, 吊索具与吊点连接时间用时 4~6 min。每个潮水安装方块 2

个, 施工时间为 2018 年 5 月 31 日—6 月 7 日共 8 d 完成直立护岸全部 16 个方块的安装。

表 4 为新型吊架工艺与传统工艺对比。

1) 传统工艺: 安装效率为单日 1 个, 安装人员需起重指挥 1 人, 力工 12 人(每个吊点 3 人穿销轴), 潜水员 3 人, 理论作业天数为 16 d。

2) 新型吊架工艺: 安装效率单日为 2 个, 受 450 t 履带吊超起施工受场地限制移动缓慢影响情况下, 安装人员需起重指挥 1 人, 力工 4 人, 实际用时 8 d, 提高 50%施工效率。同时新工艺与人工穿销轴的吊装工艺相比, 在操作性, 安全性, 可靠性上有了本质性的变革。

表 4 新型吊架工艺与传统工艺对比

分析项目	新型吊架工艺	传统工艺	工艺对比
操作工序	1) 履带吊就位; 2) 下放吊架; 3) 吊钩自动插入吊孔; 4) 起吊安装, 5) 自动脱钩	1) 履带吊就位; 2) 吊安操作平台; 3) 人员上平台穿销轴; 4) 起吊安装; 5) 潜水员水下抽出销轴; 6) 吊移操作平台	减少了吊安平台, 人工穿销轴, 潜水员抽销轴三项工序和大量辅助工作
吊装效率	吊索具与构件 4 个吊点连接, 吊钩自动插入吊孔; 时间 4~6 min	吊安操作平台, 人员上平台穿销轴入吊孔, 共 4 个吊点用时 1.5~2 h	索具与构件吊点连接节省时间 1.5~2 h
安装进度	每个潮水安装构件 2 个	每个潮水安装构件 1 个	安装进度提高 1 倍
人员与设备	起重指挥 1 人, 力工 4 人; 辅助设备: 交通船	起重指挥 1 人, 力工 12 人(每个吊点 3 人穿销轴), 潜水员 3 人。辅助设备: 汽车吊, 交通船	节省力工 8 人, 潜水员 3 人, 汽车吊 1 台
安全风险	邻水作业	邻水作业, 高处作业, 潜水作业, 钢平台吊装	减少了高处作业, 潜水作业, 钢平台吊装等安全风险

8 结语

本工程首次应用陆上新型吊架进行方块安装, 比传统工艺安装时间大大缩短, 且安全性高, 通用性强, 降低施工成本。

参考文献:

[1] 孙瑞谦, 潘滢. 新型沉箱吊具的设计 [J]. 水运工程, 2016(11):

203-206.
[2] JTS 152—2012, 水运结构钢结构设计规范[S].
[3] JTS 151—2011, 水运工程混凝土结构设计规范[S].
[4] 李彬. 预制块体新型吊具的设计与应用[J]. 中国港湾建设, 2016 (10):44-46.
[5] JTS 131—2012, 水运工程测量规范[S].
[6] JTS 257—2008, 港口工程质量检验评定标准[S].