

圆形沉箱芯模施工技术研究与应用

王水龙, 卢绪民, 田浩, 陈胜乐, 王瑞波

(中交一航局第二工程有限公司)

摘要: 圆形沉箱芯模施工工艺是沉箱预制过程中的关键工序, 芯模的施工工艺对沉箱的施工质量、安全及施工效率至关重要。为了提高圆形沉箱芯模的安装、拆装工效、精准控制沉箱墙体尺寸、提高施工安全系数, 文章结合青岛港董家口港区原油码头二期工程实际, 对圆形沉箱芯模工艺进行梳理, 分析了存在的不足, 详细论述了施工方法及施工效果, 通过设计圆形沉箱芯模一体化吊装平台实现了芯模整体安拆工艺, 用顶丝对拉件把芯模板片连接成一个整体, 可精准定位, 提高施工效率, 降低施工过程中的安全风险, 芯模尺寸调整后更加精准、容易操作, 施工成本显著降低。

关键词: 圆形沉箱; 预制; 芯模; 吊装

0 引言

圆形沉箱墙体芯模操作平台+单个芯模板片安装工艺芯模板片安装危险性较大, 操作平台、安全措施难以有效保证施工安全。棒槌圆台预埋施工工艺繁琐, 增加了施工时间, 圆台拉条的加工预埋为一次性投入, 不能拆除循环使用, 增加了施工费用。青岛港董家口港区原油码头二期工程沉箱墙体芯模施工中, 摒弃了传统的施工盖板+单个芯模板片安装工艺和芯模底口预埋圆台对拉工艺, 改为墙体芯模吊装平台+整体吊装工艺, 提高施工质量的同时大大缩短工期, 也极大地提高了施工安全系数。

1 工程概况

青岛港董家口港区原油码头二期工程水工建筑物为 30 万吨级油品泊位, 水工结构按靠泊 45 万吨油船设计。30 万吨级油品泊位长度为 455 m, 顶面高程+13.5 m, 墩式结构, 引桥搭接位于工作平台; 10 万吨级油品泊位长度为 304 m, 顶面高程为+6.2 m, 岸壁式结构。30 万吨级油品泊位设 1 个工作平台、4 个靠船墩和 6 个系缆墩。靠船墩顶高程为 +10.5 m, 基础为直径 15 m 的圆沉箱, 设正八边形趾, 最小处趾长 2 m, 单个沉箱重 3 000 t。平台基础结构由 4 个直径 15 m 的钢筋混凝土圆沉箱组成。前后排沉箱中心距 25 m, 码头前沿沉箱中心距 32 m。码头断面主体结构为圆柱形沉箱, 共 14 个, 采用分层法预制。

2 工艺特点

圆形沉箱施工过程中, 芯模安装、拆除是沉

箱预制施工工艺中重要的组成部分, 也是作业时间最长的一道工序, 传统圆形沉箱芯模具有以下特点:

1) 芯模板片结构复杂: 沉箱顶部有内牛腿, 单个芯模板片高度为 4.5 m, 增加了芯模板片固定的难度, 预埋圆台需要与芯模拉条口精准对应, 否则需要增设扁担更换底口拉条。

2) 施工成本高: 每层均需要预埋圆台, 预埋圆台拉条加工量大, 且圆台拉条为一次性投入, 拆卸圆台、圆台眼封堵的人工费用高, 施工成本高。

3) 风险系数高: 高空作业时间长, 单个圆形沉箱芯模需要塔吊垂直运输 4 次, 芯模板片不稳定, 前后摇摆幅度大, 底部采用型钢焊接固定, 固定不牢固, 安全隐患多, 风险系数高。

4) 施工效率低: 传统工艺芯模安装工序施工作业时间长。

3 方案比选

3.1 传统工艺(方案一)

圆形沉箱墙体芯模传统工艺技术为芯模操作平台+墙体芯模板片单个安装工艺, 单个芯模安装采用移动式塔吊至少需要 4 次垂直运输和水平运输, 按顺序依次在下层预埋圆台、吊装芯模操作平台, 然后进行单个芯模板片安装工艺。传统工艺安装繁琐, 需要预埋圆台、加工拉条、拆卸圆台、堵圆台眼, 长时间占用塔吊影响其他工序的吊装作业, 且首个芯模板片无需使用槽钢临时焊接到操作平台上, 板片上口摆动幅度大, 存在较大安全隐患。

圆形沉箱芯模板片吊装见图1。

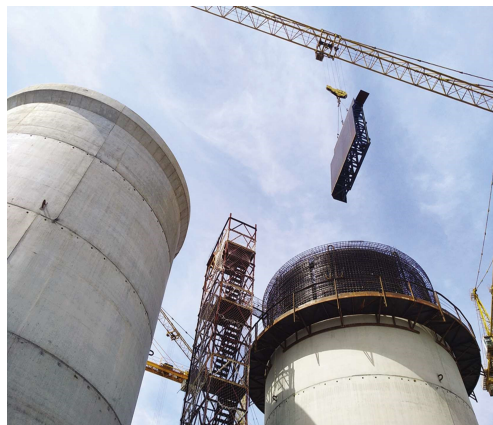


图1 圆形沉箱芯模板片吊装

3.2 圆形沉箱墙体芯模吊装平台+整体吊装工艺(方案二)

通过设计专用圆形沉箱墙体芯模吊装平台,墙体芯模板片固定在吊装平台上,采用移动式塔吊实现整体快速吊装的施工技术^[1]。根据圆形沉箱隔舱尺寸设计制作满足施工要求的芯模吊装平台,平台主体为框架结构,主要用于支撑芯模板片承受的拉力及芯模吊装过程中芯模板片的重力,芯模板片通过拉件固定在吊装平台上,芯模通过移动式塔吊水平和垂直运输到沉箱上部整体安装,最后进行位置调整达到设计尺寸要求。

3.3 方案对比

1) 工效对比:方案二整体吊装,塔吊垂直运输次数由原来的4次减少为1次,摒弃了方案一中的拉条加工、圆台预埋、拉条对拉、圆台拆除、圆台眼封堵、临时支撑加固、临时支撑拆除7道工序,施工效率显著提高。

2) 安全性对比:方案一圆形沉箱首片芯模支立时,顶口无法牢靠固定,属于悬臂状态,在大风天气,容易发生倾覆事故,安全风险较大。方案二圆形沉箱芯模连接为一个整体,稳定可靠,安全风险小。

3) 成本对比:方案一工艺每层均需加工大量两端套丝的拉条,预埋在混凝土中,供上层墙体芯模固定使用,造成了大量人力物力的浪费。方案二不需要预埋圆台,节约了大量人力物力成本。

4) 质量对比:方案一中圆形沉箱芯模板片底口固定在预埋圆台上,无法在水平方向上调整,上层墙体顺直度完全依靠下层预埋圆台位置精准度,一旦个别位置偏差过大,整个芯模板片便无

法安装;方案二中芯模板片各个方向均能移动,有效保证了模板支立过程中沉箱隔墙墙体的顺直度及加强角尺寸的精度。

通过比较选择方案二,施工操作简便,安全风险低,施工成本显著降低,沉箱质量明显提高。

4 结构设计与应用

4.1 吊装平台设计制作

圆形沉箱芯模操作平台底部设置6个可推拉支腿,支腿伸出后插入预留方盒空洞,用以支撑芯模体系,每个吊装平台上设置33个顶丝调整固定芯模板片底口位置,抵抗混凝土浇筑过程中产生的侧压力,吊装平台上设置1个吊装架,吊装架采用 $\phi 93\text{ mm}$ 钢管制作而成,吊装架顶部、底部均设置扇形链接孔,芯模板片通过连接器与吊装平台扇形连接孔相连。

圆形沉箱芯模吊装平台如图2所示。



图2 圆形沉箱芯模吊装平台

4.2 芯模板片设计

每个芯模由3块板片和1个吊装平台组成,板片之间采用闸板连接,闸板采用钢质阴阳榫结构,保证混凝土浇筑时严密不漏浆。

4.3 芯模板片固定

芯模板片通过连接器与吊装架相连,与吊装平台连接成一个整体,连接器可对芯模板片进行精调,精准定位。定位后,底口通过顶丝对芯模固定,顶口采用对拉拉条固定。

圆形沉箱芯模尺寸调整示意图见图3。

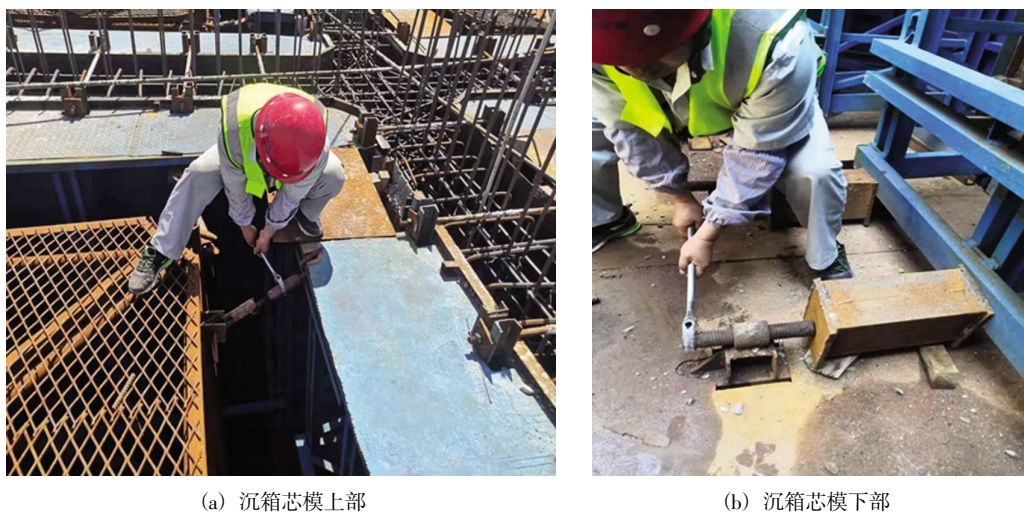


图 3 圆形沉箱芯模尺寸调整

4.4 芯模拆除

混凝土浇筑完成后，芯模拆除顺序遵循先支后拆、后支先拆的原则，依次拆除芯模闸板、芯模板片、顶口拉条、底口顶丝，然后通过连接器拉回芯模板片，收回吊装平台支腿，吊走芯模，进入下一道工序。

4.5 工艺创新点

1) 芯模吊装平台

芯模吊装增加了内部立体式支撑结构，结构上部通过对拉件控制芯模顶口位移，下部通过顶丝结构固定芯模底口位置，提高了圆形沉箱芯模的稳定性。

2) 芯模板片

芯模桁架由原来的内桁架预留拉条口改为外桁架顶撑结构，芯模板片受力更加均匀，增加了模板使用寿命，提高了芯模抗变形能力。

3) 安装方式

圆形沉箱芯模由原来的平台、板片单体吊装改为整体吊装，减少垂直运输、安装时间，施工效率明显提高。

5 工艺实施效果

5.1 实施效果

该工艺已成功应用于多个项目中，圆形沉箱芯模整体吊装技术突破传统施工工艺束缚，大胆自主创新，技术优势明显，施工效率、施工质量显著提高，施工成本、安全风险明显降低。

1) 提高施工效率

首次实现圆形沉箱芯模整体吊装，单层墙体高处作业时间节约 4 h；塔吊利用率提高 3.5 倍，

节约了预埋圆台、拆卸圆台、拉条加工、圆台眼封堵、临时支撑加固等诸多工序，提高了施工效率。

2) 节约施工成本

摒弃了预埋圆台固定芯模板片的工艺，节约了预埋圆台、拉条、临时支撑加工、保养的施工成本，且预埋拉条为设计无要求，结算无法计量的投入，采用本工艺后，施工成本明显降低，极大地提高了企业竞争力，为承揽其他工程奠定了良好基础。

3) 提高工程质量

芯模尺寸及墙体顺直度的调整一直是沉箱预制过程中最繁琐的工艺，需要反复调整才能保证沉箱隔墙尺寸及顺直度，每次模板支立都需要重新调整，且施工偏差会逐渐累积，暨下层隔墙尺寸及顺直度偏差过大，会影响上层尺寸及顺直度，芯模工艺经优化后，芯模板片可以上下、前后、左右 6 个方向随意调整，彻底解决了预埋圆台工艺芯模板片不能左右调整的弊端。

4) 降低安全风险

摒弃了传统工艺的临时支撑，提高了首片芯模板片的稳定性，解决了首片芯模板片顶口无法固定的难题，降低了安全风险，保障了施工人员的生命安全。

5.2 优化研究

圆形沉箱芯模整体吊装应用效果良好，应用前景广泛，但还存在进一步优化空间。

1) 圆形沉箱芯模重量较大，现场需要根据塔吊起重能力选择使用整体吊装或单片吊装，圆形成型芯模需进一步轻量化设计。

2) 芯模结构智能化水平不高,需进一步研究液压系统及顺直度自动检测系统在模板工程中的应用。

6 效益评估

6.1 安全

传统工艺圆形沉箱芯模安装首个芯模板片上口无法固定,摇摆幅度较大,底口采用圆台无法有效固定,只能采用临时型钢支撑到操作平台上,稳定性非常差。沉箱预制施工等劳动密集型作业项目,高处作业风险是安全管理重点,芯模安装是传统工艺高处作业时间最长安全风险最大的工序。通过圆形沉箱芯模工艺优化,采用整体吊装工艺,每段墙体芯模安装+调整,芯模安装时间由传统的 8.6 h 减少为 3.2 h,高处作业时间减少到原来的 40%,从而大大降低了作业风险^[2]。

6.2 质量

圆形沉箱芯模尺寸及墙体顺直度控制是模板施工的重点和难点之一。传统工艺圆形沉箱芯模板片底口位置受预埋圆台位置限制基本无法调整,顶口位置只能通过调整芯模板片底口标高进行微调;工艺优化后的芯模通过吊装平台上的连接器调整芯模板片位置,快速精准地调整芯模尺寸。

6.3 工效对比

圆形沉箱芯模整体吊装技术的应用摒弃了预埋圆台固定的工艺,由原来的 4 次塔吊垂直运输减少为 1 次,极大提高了塔吊的利用效率。通过对比分析,相比传统工艺,每段墙体芯模安装塔吊使用时间由 10.8 h 减至 4 h,塔吊利用率为原工

艺的 2.7 倍。

6.4 经济效益

圆沉箱芯模传统施工工艺技术每层墙体钢筋施工塔吊为 1.35 个台班,沉箱墙体芯模整体安装施工塔吊为 0.5 个台班^[3],每层节省塔吊 0.85 个台班,青岛港董家口港区原油码头二期工程沉箱每个沉箱节约 5.1 个台班,沉箱芯模工效的提升相应降低了人工费用,相比传统施工方式,每个沉箱可节约 15 工日、600 个圆台、0.52 t 拉条,按塔吊台班费 3 333 元/台班、人工费 300 元/工日考虑,相比传统施工工艺,采用整体吊装工艺单个沉箱节约成本 3.4 万元。

7 结语

随着国家港口事业的发展,圆形沉箱应用越来越广泛,沉箱芯固定体系突破传统施工工艺自主创新,技术优势明显,是沉箱预制施工工艺的一次革新。该技术的应用丰富了圆形沉箱预制工艺技术,对未来圆形沉箱预制生产策划提供了重要的技术参考,经济效益和社会效益显著,应用前景广泛。但圆形沉箱芯模整体安装工艺对设备起重能力要求较高,沉箱芯模轻量化设计是未来研究方向。

参考文献:

- [1] 田浩,陈万里. 沉箱墙体钢筋整体吊装施工技术[J]. 华北交通工程,2019(4):37-38.
- [2] 交通部第一航务工程局有限公司. 港口工程施工手册[M]. 2 版. 北京:人民交通出版社,2015.
- [3] 田浩,秦汝宾. 大型沉箱分层预制钢筋整体吊装技术研究与应用[J]. 港口科技,2020(10):27-32,41.