

关于石油化工装置模块化吊装方案的技术探讨

王喆浩（中化泉州石化有限公司，福建 泉州 362000）

陈艺平（中石化第五建设有限公司，福建 泉州 362000）

摘要：在大型石化建设工程项目规划和施工过程中，吊装作业是极其重要的一个环节。同时，在工程建设中对大型设备吊装技术的要求也越来越高，这也对吊装方案的制定，施工过程中的质量和安全管理提出了更高的要求。本文以某大型石化建设项目聚丙烯装置为例，分析并探讨了钢结构整体模块化吊装的方案编制要点及应用普及性。

关键词：石油化工；钢结构模块化吊装；方案编制；工艺方法

1 引言

进入 21 世纪以来，我国石油化工建设行业迎来了迅猛发展。石油化工建设项目，都凸显装置的工厂化预制和模块化安装，也是近几年设备安装的主流方向。设备吨位越来越大，吊装要求越来越高。钢结构作为炼油化工装置内最为常见的一种支撑类型，具有数量多、外形尺寸及重量大等吊装难点^[1]。本文结合泉州石化 2018 年新建乙烯及炼油改扩建项目，对钢结构模块吊装相关技术方案进行分析与探讨。

2 钢结构模块化吊装的方案优选

泉州石化新建聚丙烯装置挤出造粒脱气仓钢结构框架，安装标高 43.200m，脱气仓钢结构框架整体尺寸为长 17.5m × 宽 15m（含楼梯尺寸）× 高 45.8m，安装就位后脱气仓框架顶部标高为 89.00m。脱气仓框架钢结构、楼梯及栏杆到货状态均为半成品，钢立柱分四节，以构件形式现场交货，钢格栅板为成品件。为确保施工质量和施工进度，降低高空作业风险，除脱气仓影响区域外，所有构件到货后在地面组装成 3 个模块进行整体吊装。

组装完成后的模块规格及重量见表 1：

表 1 模块规格及重量统计

序号	位号名称	外形尺寸 (m)	重量 (t)	安装标高 (m)	需用吊车
1	第一模块	17.5m 长 × 15m 宽 × 14.25m 高	93.48	43.2m	1600t
2	第二模块	17.5m 长 × 15m 宽 × 21.290m 高	123.86	57.505m	1600t
3	第三模块	17.5m 长 × 15m 宽 × 10.245m 高	47.93	78.805m	1600t

该脱气仓框架模块在现场完成拼装后，利用 1600t 履带起重机直接进行吊装就位。吊装顺序是先吊装脱气仓框架第一段（模块一），安装找正

后，进行设备脱气仓吊装。待静设备就位后，再进行脱气仓框架的第二阶段（模块二）、第三段（模块三）吊装（详情见下图 1）。

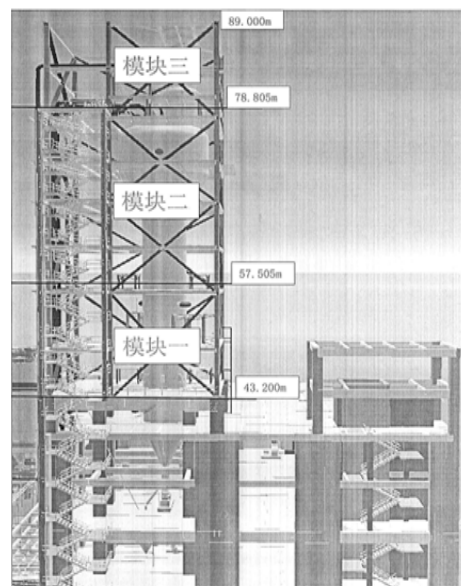


图 1 脱气仓钢框架模块分布及立面图

2.1 吊装难点及现场部署

脱气仓框架钢结构吊装是 PP 装置的一项重大吊装，钢结构模块组装工期紧，地面组装工作量大，高空组装作业风险大，吊装立面布置紧密、紧凑。

综合考虑以上情况，脱气仓框架钢结构模块化吊装按照吊装作业准备、框架钢结构模块化组装和实施吊装三个阶段进行部署：

2.1.1 第一阶段：准备阶段

①技术准备，脱气仓钢结构框架的组装，吊装施工方法的确定和施工方案的编制；

②组装、吊装的场地道路以及大型吊机支撑地基的处理，为钢结构材料及大型吊机进场做好准

备;

③相关吊具、锁具的加工制作和技术措施的编制。

2.1.2 第二阶段: 钢结构模块组装

考虑到脱气仓是从模块一自上向下传入, 需准确核对设备管口方位、人孔尺寸, 将设备位置的八卦梁预留。同时, 为保证吊装过程中的安全, 将所有预留的八卦梁全部用焊接等方式固定在每层平台梁上, 预留八卦梁的固定必须牢固, 防止吊装倾斜后发生高空坠物, 钢直梯在地面完成安装后同钢框架结构一起吊装。

2.2 施工前准备

成立由各主体组成的钢结构吊装专项组, 全面负责钢结构、设备吊装技术准备与吊装过程相关的各项工作。监理单位、业主要对吊装方案进行严格审批, 在方案实施的施工准备和吊装全过程中进行检查和监督。对吊具、锁具的制造负责监督指导, 并对吊装作业的平面、场地预留等进行协调^[2]。

3 主要施工方法

3.1 吊装工艺流程 (见图 2)

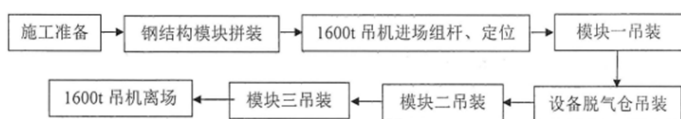


图 2 吊装工艺流程图

3.2 脱气仓框架地基处理

对吊装场地进行平整、夯实, 现场浇筑 12 个长 600mm × 宽 600mm × 深 1200mm 的混凝土基础, 并在基础顶部设置预埋件, 作为钢结构的临时基础, 为钢结构找正使用。

3.3 钢结构模块组装

按吊装方案进行框架的组装拼接工作, 脱气仓框架将在地面组装成 3 个模块, 根据结构预制场提供的预制好的钢结构构件和安装标高, 模块的划分为: 钢结构第一节柱安装标高 43.200m 至 57.505m, 第二节和第三节柱安装标高 57.505m 至 78.805m 为模块二, 第四节柱安装标高 78.805m 至 89.00m 为模块三。根据现场实际, 模块组装的顺序为, 先进行框架模块一的组装, 再进行框架模块三的组装, 最后进行框架模块二的组装工作, 具体组装方法和施工顺序经探讨如下:

①先用型钢或道木搭建钢结构组装平台;

②在搭建好的平台上, 将框架结构组装成两片 (1 轴线和 6 轴线)。首先用 25t 吊装车配合, 将

立柱按结构框架尺寸进行摆好、照片, 再用 25t 吊车安装柱之间的梁和柱间支撑点焊, 核对框架的尺寸, 并进行焊接施工;

③钢结构组框, 根据现场实际场地和结构组片后的重量, 钢结构组框时选用两台 130t 吊车和 1 台 80t 吊车进行配合, 先用 1 台 130t 吊车主吊, 80t 吊车配合溜尾将其中一片吊起, 吊装到处理好的临时基础上找正。为了保证安全, 130t 吊车不能松钩。再用另一台 130t 吊车和 80t 吊车将另一片钢结构用同样的方法吊装就位、找正。在两片钢结构都吊装就位后, 需两组架子工配合, 搭设脚手架, 配合框架施工。最后用 80t 吊车将两片结构中间的主梁吊起进行拼装, 将结构连成一个框架;

④进行框架内各层次梁的安装、钢格栅和栏杆的安装施工, 影响设备安装区域进行预留, 将这部分结构放到各层平台进行固定、待设备安装就位后进行安装;

⑤楼梯安装;

⑥为了保证安全, 减少高空作业, 同时需将工艺管道、电气和仪表桥架、电气照明等均需在地面安装于框架内;

⑦确定吊点位置, 焊接吊耳, 结构补漆、防腐。

3.4 吊耳设置

脱气仓钢结构框架 (模块) 的组装采用了地面式组装的方式, 脱气仓框架 (模块) 的吊装主要考虑框架 (模块) 上部的吊点, 索具的设置 (根据 HG/T21574-2018 选取)。

模块二分为两节柱组对而成, 结构储存及重量最大, 钢结构重量为 123t, 另外加上需要安装的工艺管道及其它附件, 预估重量为 25t, 模块二合计重量约为 148t。按照 150t 核算吊耳的负荷。

3.5 脱气仓框架吊车的选用

为了保证工期、安全和施工质量, 脱气仓框架的吊装选用吊装脱气仓时使用的 1600t 履带式吊车, 待脱气仓吊装就位后, 不改变吊车工况直接进行脱气仓框架吊装。脱气仓设备重 245t, 脱气仓结构框架最重部分为模块二, 约 150t, 小于脱气仓设备的重量, 因此满足吊装要求。

脱气仓主吊选用 1600t 履带式吊车, 臂杆长 132m, 超起配重, 360° 全方位作业。吊装半径为 46m。

3.6 钢丝绳校核

①吊装的选用: 脱气仓钢框架卸扣均选用 4 个 85t 即可满足吊装要求;

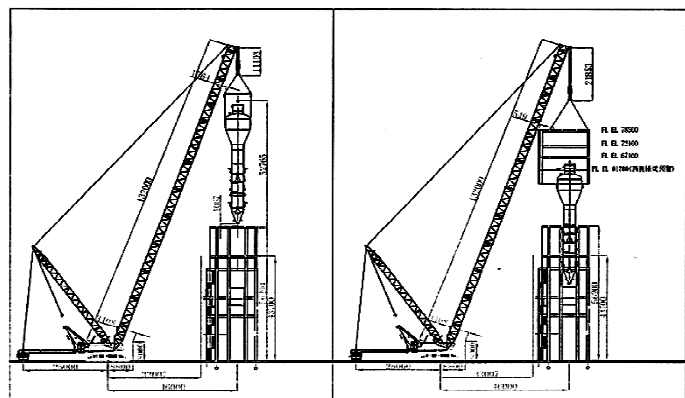
②钢丝绳的选用：钢丝绳选用四根 24m ϕ 77.5-6 $\times$ 37S-FC-1870 绳扣，每根绳一弯两股用于设备吊耳。

3.7 吊装顺序及进度计划

吊装顺序及进度计划见表 2，脱气仓吊装立面布置见图 3，钢框架模块吊装立面布置见图 4。

表 2 模块吊装顺序及进度计划

序号	位号名称	外形尺寸 (m)	重量 (t)	安装标高 (m)	计划吊装时间
1	模块一	17.5m 长 $\times$ 15m 宽 $\times$ 14.3m 高	93.48	43.2	1.5h
2	脱气仓	17.5m 长 $\times$ 15m 宽 $\times$ 11.145m 高	257	44.15	3h
3	模块二	17.5m 长 $\times$ 15m 宽 $\times$ 21.3m 高	123.86	57.5	2h
4	模块三	17.5m 长 $\times$ 15m 宽 $\times$ 10.615m 高	47.93	35.8	2.5h



脱气仓 (C-5009)
吊装立面布置图

框架吊装立面布置图

图 3 脱气仓吊装立面布置图 图 4 钢框架吊装立面布置图

3.8 钢结构框架模块组装

3.8.1 钢结构框架模块一组装

①基础检查与处理：按设计图纸和质量要求对基础形状尺寸和质量进行检查，并复测预埋地脚螺栓，垂直度，标高和纵向轴线是否符合要求；

②钢结构框架底座垫铁设置应符合图纸要求；

③钢结构框架就位找正，并紧固地脚螺栓；

④各垫铁进行定位焊接，然后按要求进行二次灌浆。

3.8.2 钢结构框架模块二、三组装

①钢结构框架的组装以下段框架单元为基准，找准上段框架单元的垂直；上段框架单元于下端框架单元接口间隙与平齐应符合设计要求；

②上段框架单元与下端框架单元的就位组对；由于此项工作在高空进行，上段框架单元的吊装受风力的影响产生晃动，很难落位于下端框架单元上。因此需采取强制性控制措施，使得上段框架单

元已最短的时间顺利落位在下端框架单元上，强制性措施可以分两个阶段实施：a、第一阶段为稳定上段框架单元。当上段框架单元吊装到距下段框架约 0.6m 时，在上下段框架单元对应的二立柱之间设置两组锚固千斤，手拉葫芦，稳住上段框架单元的摇晃。再缓缓松上框架单元使下段框架单元的立柱进入导向靠模的轨迹；b、第二阶段为导向与固定上段框架单元使之顺利正确的落位在下框架单元上。在上段框架单元立柱的下段相对应的翼缘板与腹板适当的位置设置导向，定位靠模；

③吊装上段框架单元使框架单元的各立柱进入导向定位靠模的轨迹缓慢的松下上段框架单元，是框架单元各立柱沿导向轨迹慢慢地进入定位位置（此过程由框架单元自身的重力来调整各立柱的正确位置）然后进行上下框架的组对、找正，满足要求后进行连接固定^[3]。

3.8.3 钢结构框架模块连接

模块一下段柱底板与基础地脚螺栓连接，模块二、模块三下段翼缘、腹板均采用 V 型坡口加垫板全熔透焊缝。焊接时需搭设防风棚。焊口做 100% 超声波检测。

施工现场资源配置和 HSE 管理本文中不做赘述。

4 结束语

本文选取了一种石油化工装置中典型的模块化吊装案例进行了详细介绍与分析。从吊装方案的选取和吊装技术等方面做了着重说明。由于吊装工程比较繁杂，本文的研究并不全面，因此还需要后续进行更加细化研究与分析，将模块化吊装应用场景、可能出现的问题进行分析与设计，进而降低吊装作业的风险，减少成本并提高石油化工安装工程的可靠性。此外，本文主要对石油化工装置钢结构框架模块吊装进行了研究，未来还可以对大型塔器及附属件的整体吊装、屋面桁架整体吊装的方案和出现的问题进行分析，对比不同吊装场景各种方案的特点及可延伸性，增加处理问题方法的适用性，保证安装工程顺利进行。

参考文献：

- [1] 孙爱萍. 大型设备吊装方案优化 [J]. 煤炭技术, 2010(03):065.
- [2] 程书锋. 高层建筑钢结构吊装施工技术探讨 [J]. 科技传播, 2011(22):054.
- [3] 周俊坚. 关于大型起重机械安全及时吊装的思路分析 [J]. 科技创新与应用, 2014(02):080.