

伊拉克米桑油田脱气站项目一二级分离器运输安装技术

李 金（中海油石化工程有限公司，山东 青岛 266101）

摘 要：本文主要描述了伊拉克米桑油田脱气站项目 12 台重量达 146t 一级分离器和二级分离器的运输、卸车、吊装作业，该批分离器为米桑油田有史以来最大的单体设备，也是整个脱气站项目的核心关键路径。本次分离器吊装的特点是设备重且长，吊装载荷大，同时需要借助特殊设计的平衡梁保持设备平稳，同时现场安装面临多雨季节、吊装空间有限、吊装地点分散、吊车转场次数多等问题。最终分离器优先由运输用轴线车临时落位指定地点，采用特殊设计的临时支撑轴线车可自行完成卸车，再由 600t 履带吊一次吊装就位的方式，最终所有脱气站共计 12 台分离器总共用时 54 天顺利完成吊装就位，比计划提前 10 天，吊装一次就位率达 100%。

关键词：脱气站；分离器；吊装；运输；卸车

1 工程概况

伊拉克米桑油田脱气站项目对油田上产及高质量发展具有重大意义，也是现代化米桑油田建设进程中的系统工程。脱气站升级改造项目一个明显工作特点就是大件设备特别多，比如 12 台分离器、4 台闭排罐、4 台火炬等，其中 12 台分离器的运输吊装更是项目建设的中中之重。

分离器为卧式压力容器，长宽高为：33m*4.4m*5m，壁厚为 38mm，材质为碳钢，重量为 146t。一二级分离器均安装在高出地面 2~6m 的混凝土基础上，且混凝土基础之间存在 3m 的高差，采用地脚螺栓固定，基础上提前预埋了地脚螺栓。

2 分离器运输

在分离器制造阶段，我们开始与物流公司开始制定详细的大件运输方案，方案中首先对分离器运输的车辆进行了选型，选择使用沃尔沃牵引车头配合 18 轴线全挂牵引液压轴线车板，结合分离器重量尺寸，确定运输车货总长 42.196m，总高 5.661m，宽度 4.1m，车板高度 900mm，且根据路况还可以进行降低来降低运输设备总高度，此外车头可以叠加使用，提高了运输爬坡的能力。根据这些数据制定出大件在港口到油田，及油田至各脱气站站点运输途径道路的要求。数据详情包括路面宽度 $\geq 4.5\text{m}$ ，道路限高 $\geq 5.7\text{m}$ ，道路承载力 $\geq 2.5\text{t/m}^2$ ，转弯半径内圈 $R_{\min} \geq 23.097\text{m}$ ，外圈 $R_{\max} \geq 30\text{m}$ 。

基于道路运输要求，项目部和物流公司一同对运输路线进行了多次路勘，对不同路线的道路路宽、转弯半径、途径桥梁承重、高压线数量和高度等路况数据进行了搜集排查，出具了多份路勘报告，经过评估

确定了最优化的路线运输方案。

运输方案中列明了所有不满足要求的道路位置，所有涉及区域均需提前进行处理，在分离器运输前，项目部和物流公司对运输路线进行了反复确认，以避免没有意外状况发生，确保分离器运输的顺利进行。

3 分离器临时落位

分离器外形尺寸大，重量达到 146t，现场卸车如果采用汽车吊进行双机抬吊卸车，需要至少两台 260t 汽车吊进行配合，由于 12 台分离器分批到货，每批到货两台，卸车吊车涉及到多次进场，吊车进出场和台班成本高，而且卸车速度慢，有可能造成压车，此外伊拉克当地大型吊车资源匮乏，多次同时寻找到两台 260t 汽车吊进场十分困难。

针对卸车的重重困难，项目部分析了液压轴线板车能自卸的特点，每个分离器设计制作了四个临时支墩，在分离器到场前，提前将支墩摆放在卸车位置，利用轴线车自卸功能，通过液压车板的自身升降功能，将分离器卸在临时支墩上，然后车头即可牵引车板退场。

海外项目大件运输经常会面临大件到场后卸车困难的问题，大件到场的时间往往由于主吊车未进场、基础未施工完成、现场场地不具备等原因，无法在设备到场后按照吊装方案直接将设备吊装至基础上，面临着大件的卸车任务，将花费大量的卸车成本。

分离器的卸车巧妙的根据运输车辆选型的特点，采取了创新工装临时支墩的设计，这种卸车方式极大降低了卸车的吊车成本，提高了卸车效率，避免了压车费用，同时安全性也远远高于传统的双机抬吊卸车方式。此外卸车临时支墩可以重复使用，在脱气站一

期使用完成后，二期的 26 台一二级分离器卸车时还可以重复使用，仅需要对临时支墩所在地面进行压实处理。

4 吊装方案

4.1 方案设计

海外项目的大件设备吊装方案的制定需结合当地大型吊车资源的情况进行配置，分离器的吊装在方案制定前期根据设备本体上 4 个吊耳的配置，按 2 台 300t 汽车吊双机抬吊制定，但由于当地吊车资源不稳定且在技术上不如单机台吊可靠，最终经过综合对比资源稳定性、吊装难度、安全性、经济性、施工连贯性等，采用 1 台 600t 的履带吊进行分离器的吊装，吊装方案中的详细参数如下。

吊装半径	主臂	超起半径	超起配重	中心压载	车重	履带跨距	吊钩钩头
24m	54	10m	250t	65t	150t	8.4m	200t

分离器本体吊耳因跨度较大并不适用于整体吊装，且受法兰口分布不均分离器的中心线位置并非设备重心位置，两者相差了 500mm。

在确认设备重心后，方案计划采用平衡梁进行吊装，采用 4 根 20m*100t 的吊带绕过设备底部，同时利用平衡梁撑开吊带，对称分布于设备重心。12m 的平衡梁是考虑将设备总体长度方向上近似三等分，使设备吊装时更加稳定，同时为了吊装过程中吊带的滑动，在吊带与设备之间用橡胶垫隔开，防滑的同时也防止吊带损坏设备外防腐。

根据吊装重量，本吊装方案中选择 4 根 20m*100t 的圆形眼套吊装带，4 个额定载荷为 85t 的卸扣。吊装带的安全系数为 6 倍，卸扣的安全系数为 6 倍。平衡梁为支撑式平衡梁，型材选用 305*305*125 的 H 型钢，端部与吊装带接触的地方采用焊接弧形板圆滑防止损伤吊装带，此外采用焊接两块钢板将吊装带夹在钢板内，防止平衡梁滑脱。

4.2 计算和校验

4.2.1 吊装性能校核

名称 Description	符号 symbol	公式 formula	数量 Qty	单位 Unit
设备 Load	m1		146.0	t
吊钩及钢丝绳 Hook and wire slings	m2		9.0	t
吊带及卸扣 Sling&shackles	m3		1.7	t
橡胶垫 Rubber mat	m4		0.1	t
平衡梁 Lifting beam	m5		4.3	t
总重 Total load	M	$M=m1+m2+m3+m4+m5$	161.1	t

半径 Radius	R		24.0	m
额定载荷 Rated load	SWL		203.0	t
负载率 Load rate	η	$\eta=Qj/SWL$	79.36%	

通过以上计算，吊装的总重小于吊车的额定载荷，负载率只有 79.36%，满足吊车的吊装能力。

4.2.2 吊索具受力校核

根据受力分析，选取平衡梁上部圆形吊带进行计算。

吊装载荷：

$$Qj=K1*Q=162.6t$$

其中载荷系数 K1 取 1.1，Q 为设备净重 + 吊带和卸扣 + 橡胶垫的总和共计 147.8t。

每根吊索受力根据公式：

$$T=Qj/(N*\cos\alpha1*\cos\alpha2)=47.2t$$

索具数量为 4，垂直面的夹角 1 为 30°，垂直面的夹角 2 为 6.5°。

吊装带选择额定载荷为 100t，100t > 47.2t，满足吊装要求。卸扣选择 85t 的弓形卸扣，85t > 47.2t 满足吊装要求。

4.2.3 吊装高度校核

描述 Description	符号 symbol	公式 formula	数值 Qty	单位 Unit
吊车与吊点之间的高度差 Elevation difference between crane and Lifting point	A		4.00	m
载荷高度 Height of load	B		4.83	m
吊索具高度 Rigging equipment vertical height	C		12.85	m
载荷下部间隙高度 Clearance required below load	D		1.00	m
吊钩上限位高度 Clearance required at crane hook	E		5.00	m
主臂旋转中心高度 Height of boom rotating pin	F		3.52	m
吊装总高度 Total lifting height	H	$H=A+B+C+D+E-F$	24.16	m
吊装半径 Horizontal Distance to Lifting point	R		24.00	m
主臂长度要求 Boom Length required	L	$L=\sqrt{R^2+H^2}$	34.05	m

通过以上计算，主臂最小长度需要 34.05m，选择主臂长度 54m > 34.05m，故臂长满足吊装高度要求。

4.2.4 吊装安全距离校核

通过 1:1 的 CAD 作图法得知，分离器与主臂之间的安全距离为 1787mm，大于 200mm，满足吊装要求。

4.3 地面承载力计算和场地处理

4.3.1 地面承载力计算

通过查询 600t 履带吊吊车手册，根据吊车 SSL 工

况相应的吊车本体配重、中心压载、超起重量及车身重量,则吊车计算载荷为 642t。

名称 Description	数量 Qty	单位 Unit
车本体配重 Car body C/W	150	t
中心压载 Center ballast	65	t
超起重量 Superlift @15m	250	t
车身自重 Crane weight	177	t
吊机总重 Crane total weight	642	t

通过图纸和实物测量,吊装分离器的计算载荷为 161.1t。

名称 Description	数量 Qty	单位 Unit
设备 Load	146.0	t
吊钩 Hook block	9.0	t
吊带及卸扣 Sling&shackles	1.7	t
橡胶垫 Rubber mat	0.1	t
平衡梁 Lifting beam	4.3	t
总重 Total load	161.1	t

吊装时计划使用 4 块尺寸为 5m*1m*0.2m 的钢踏板,接触面积为 100m²。因为不均匀受力对地面承载力要增加 1.3 的系数;则吊机履带通过钢踏板传递到地面所需的压强为:

$$P=1.3F/S=1.3*(642+161.1)/100=10.44t/m^2$$

脱气站 AGS1 中吊机不挂载荷且卸下超起配重行走时计划使用 24 块 5m*1m*0.2m 的钢踏板。因为不均匀受力对地面承载力要增加 1.3 的系数,则吊车履带通过钢踏板传递到地面的压强为:

$$P=1.3F/S=1.3*392/100=5.1t/m^2$$

4.3.2 场地处理

根据轴线车运输公司要求,现场需要提前根据规划的分离器场内运输路线使用铲车、挖机、压路机、洒水车等平整夯实,确保地面承压和路宽;同时,对于影响道路通畅障碍物如铁丝网,施工材料,现场设施等需要提前清理,地下设施需采取铺设钢板等有效保护。

本方案中使用的履带吊需要现场拼装和装载配重,吊车组装区域场地需要满足平整夯实,无交叉施工,组装区域应隔离,同时组装区域周边应有足够空间满足配合组装的吊车站位以及运输车辆通道。

根据吊车站位点吊装时所需要的地面承载力不低于 10.44t/m² 的要求,吊车站位点需分层夯实,应进行地质勘察并出具报告。若无地质勘察报告的应在地面处理完毕后进行局部压力试验,分别在起重机每个站位处选 4 个点,不小于 16t 配重,总接处面积为 1m²,放置 24h,沉降不大于 22mm 为合格。

考虑到 AGS1 的吊装需要吊车空载行走,所涉及

区域地面承载力应不低于 5.1t/m²,该区域应采取分层夯实。

5 吊装过程管理

吊装作业前,所有的施工人员在完成入场培训和安全教育后必须参加吊装方案的交底,交底内容应全面以提高所有人员的吊装安全意识,清楚吊装流程。同时对吊车和吊索具的进行检查,检查履带吊站位位置,检查吊车工况、配重数量满足要求,空钩模拟吊装,确保起吊点和就位点在其作业半径内。将平衡梁、4 根 20t*10m 吊装带悬挂在 600t 履带吊吊钩上,使用 25t 吊车将 4 条 100t*20m 吊装带和 4 个 85t 卸扣与履带吊吊钩和设备连接起来,使用 25t 吊车和升降车配合,将 100t*20m 吊装带卡在平衡梁端部的挡板内,并在分离器端部系上 4 根缆风绳以控制分离器的方向,指挥履带吊缓慢起钩。

吊装过程中,缓慢起升吊钩,设备底部高出基础约 1m 时停止继续起升,参照吊装平面图缓慢回转吊车,将设备旋转至基础正上方。根据设备安装图纸调整 and 确认分离器的安装方向,确认安装方向无误后,缓慢下降吊钩,地脚螺栓穿入设备螺栓孔后,调平调正设备,紧固地脚螺栓,吊机松钩,使用 25t 吊车和升降车配合,解除吊索具。重复以上过程吊装下一台分离器。

6 结语

伊拉克米桑油田脱气站项目一二级分离器为米该油田最大的单体设备,结合当地吊车资源采用 600t 履带吊单机抬吊的方式,增加设备吊装连续性,占地小,减少与土建施工的干涉,节省设备二次倒运费,最终仅用 54 天顺利完成了 5 个脱气站 12 台分离器的整个吊装工程,比原计划提前了 10 天。针对大型设备的运输、卸车、吊装几个方面,在设备总质量大,外形尺寸长、现场空间不足等技术难题,和当地资源匮乏、环境恶劣、交通不便利等因素加持下,本方案结合吊车、轴线车以及现场施工情况,制定了经济的安装方案和紧凑的吊装计划,顺利实现了 12 台分离器的安全吊装,为今后同类海外大型设备运输、卸车和吊装提供了借鉴经验。

参考文献:

- [1] SH/T3515-2017. 大型设备吊装工程施工工艺标准[S]. 北京:中华人民共和国国家发展和改革委员会,2017.
- [2] SH/T3536-2011. 石油化工工程起重施工规范[S]. 北京:中华人民共和国国家发展和改革委员会,2011.