

EACOP项目原油发电机烟囱安装技术

田 坤, 梁立国, 刘铁军

中国天然气管道局工程有限公司, 河北 廊坊

收稿日期: 2024年9月19日; 录用日期: 2024年12月16日; 发布日期: 2024年12月30日

摘 要

EACOP项目原油/柴油双燃料发电机烟囱高约40 m, 分为内部管道和外部管道2部分, 安装时需要在高空同时进行内部管道对中及外部管道法兰螺栓对中, 施工难度大, 风险高。本文根据烟囱的特点及现场的施工经验, 对施工过程的难点、控制措施进行分析, 以便对类似的安装作业提供参考。

关键词

高空作业, 管道对中, 螺栓力矩, EACOP

Installation Technology of Chimney for Crude Oil Generator in EACOP Project

Kun Tian, Liguang Liang, Tiejun Liu

China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd., Langfang Hebei

Received: Sep. 19th, 2024; accepted: Dec. 16th, 2024; published: Dec. 30th, 2024

Abstract

The chimney of the oil/diesel dual fuel generator in EACOP project is about 40m high, which is divided into two parts: internal pipeline and external pipeline. During installation, internal pipeline alignment and external pipeline flange and bolt alignment need to be carried out at high altitude at the same time, which is difficult to construct and high risk. In this paper, according to the characteristics of the chimney and the on-site construction experience, the difficulties and control measures in the construction process are analyzed, so as to provide reference for similar installation operations.

Keywords

Aerial Work, Pipe Alignment, Bolt Moment, EACOP



1. 引言

根据关于乌干达已发现石油资源商业化的谅解备忘录(MoU), 对开发从乌干达 Albertine 地槽到东非海岸的原油出口管道进行了可行性研究, 以期选择成本最低的路线将乌干达原油运输到国际石油市场。Hoima (乌干达)-Tanga (坦桑尼亚)航线被认为是最经济和最可靠的路线选择, 因为它更安全, 可建造性和后勤限制更少, 并且有一个已经在运营的港口, 因此关税可能最低。这就是东非原油管道(EACOP)项目的诞生。EACOP 项目是一个开发项目, 旨在建设一条 1443 公里的加热、绝缘和埋地原油出口管道, 起点为乌干达 Hoima 地区的 Kabaale, 终点为坦桑尼亚 Tanga 地区 Chongoleani 的海洋储存码头和装卸设施, 将乌干达的 Albertine 地槽谷与国际石油市场连接起来。该管道的设计目的是每天运输 21.6 万桶原油, 每天增加到 24.6 万桶原油。乌干达原油外输管道项目是东非地区第一条原油管道外输项目, 起点为乌干达的卡里巴(Kabaale), 终点位于坦桑尼亚境内的坦噶港(Tanga), 简称 EACOP 项目。该项目全程采用电伴热保温管, 因此, 在中间场站(PS4 站、PS5 站)及末站(MST 站)内分别设置了 7 台原油/柴油双燃料发电机, 每台发电机 4.16 MW, 每个站的总发电量 29.12 MW。为了减少安装难度, 每个站的 7 台发电机设置两座烟囱, 高度均为 40 m, 一座将 4 台发电机烟囱合并在一起, 外径为 2.8 m, 另一座将 3 台发电机的烟囱合并在一起, 外径为 2.5 m。本文以外径 2.8 m 烟囱为例, 对烟囱的安装技术进行分析, 以便对类似安装施工提供参考。

2. 烟囱的介绍

烟囱分为基础、定位螺栓盘、烟囱主体组成, 其中烟囱主体分为 4 节, 每一节长度约为 10 m, 不含附属结构的重量分别为 14 t、9.6 t、8.8 t 和 9.7 t, 由内部烟道(flue duct)和外部支撑钢管(resistance duct)组成。

内部烟道: 材质为 316SS, 直径 $4 \times \Phi 950$ mm, 壁厚 2 mm, 保温材料为岩棉, 保温材料厚度 50 mm。

外部支撑管: 材质为 S275JR, 直径 $\Phi 2800$ mm, 厚度由下至上分别为 12 mm、10 mm、8 mm、8 mm。

附属结构: 梯子, 平台, 防雷接地系统, 警示照明系统。

3. 施工工艺及注意事项

3.1. 定位螺栓盘安装

在正式安装烟囱之前, 应对基础进行验收, 并安装定位螺栓盘。

1) 对混凝土基础的坐标和标高进行测量复核, 确保基础的位置和标高符合设计要求和规范偏差。一旦混凝土基础的标高超过偏差要求, 需要进行修整, 如果坐标偏差超过规范要求, 需要及时通知设计进行设计变更或重新进行基础浇筑[1]。

2) 基础通过验收后, 清除基础上所有松散的混凝土或飞溅物。

3) 在基础上标记“A”, 将螺栓定位盘吊装至基础上, 并将螺栓定位盘上的标记“A”与基础上的标记“A”对应。本项目的“A”位置在建筑正北方向。见图 1。

4) 安装螺栓定位盘上的 4 个调平螺栓, 将螺栓定位盘的标高调整至设计标高, 用水平尺测量调整螺栓定位盘的水平度。

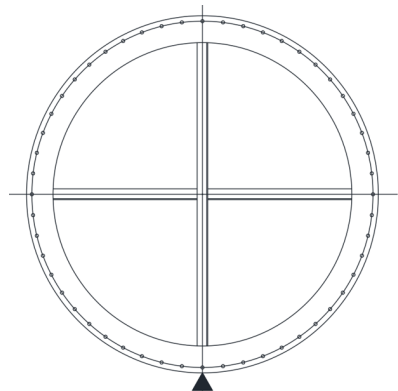


Figure 1. Anchor gage
图 1. 螺栓定位盘

5) 螺栓定位盘调整完成后，按设计高度进行混凝土浇筑，固定螺栓定位盘。见图 2。

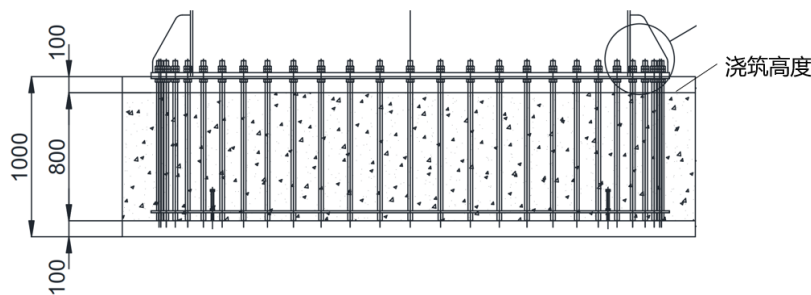


Figure 2. Anchor gage installation
图 2. 螺栓定位盘安装

3.2. 烟囱存放及附件安装

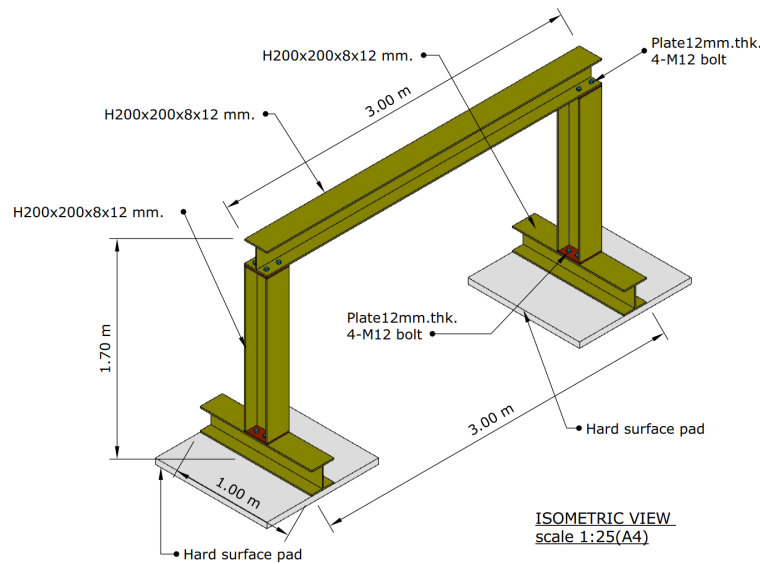


Figure 3. Stack stood
图 3. 烟囱安装钢结构支架

为了减少倒运次数，便于吊装，在烟囱拉运到现场之前应提前规划好场地，并对每一节烟囱的位置进行标记。

烟囱附件安装前，需要自制钢结构支架将烟囱支撑起来，支架采用 H 型钢进行制作，底部采用 20 mm 厚的钢板进行支撑[2]。见图 3。

由于烟囱需要分节安装，每一节尽可能将附属构件全部安装上，再进行吊装，因此各段的吊装重量分别为：14.4 t、11.8 t、9.6 t 和 10.9 t。见图 4。

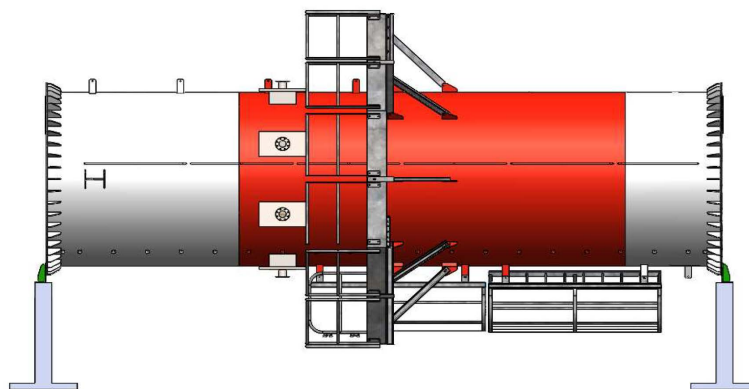


Figure 4. Platform and ladder

图 4. 平台和梯子示意图

3.3. 烟囱吊装



Figure 5. Stack lifting

图 5. 烟囱吊装

烟囱吊装需要考虑被吊物重量、起吊高度、吊车能力、吊车占位、旋转半径[1]以及吊索具等，并编制吊装方案获得业主审批。

本项目每一节的重量和吊装高度不同，选用的大臂长度和适用的吊装范围均不相同，因此，应逐节进行吊装能力核算，并对吊车司机及吊装指挥进行交底[3]。

首先，以第一节为例，选用 200 t 汽车吊作为主吊，25 吨吊车进行溜尾吊装。

吊装重量为 14.4 t，吊钩吊具重量计算为 1.65 t，考虑 1.1 的安全系数和 1.2 的不均匀系数，计算钩载为 20.7 t。

200 t 吊车的大臂选择 35.8 m，配重选择 42 t，吊装半径在 6~18 m 之间；25 吨吊车大臂选择 17.8 m，吊装半径在 5~8 m 之间[4]。

- 1) 根据现场情况，选择吊车位置；
- 2) 两个吊车同时起吊，抬起烟囱；
- 3) 去除烟囱和钢结构支架的连接件；
- 4) 主吊车慢慢起吊，溜尾吊车配合主吊车进行翻转烟囱；
- 5) 当烟囱达到接近直立状态，溜尾吊车慢慢放绳，将烟囱直立起来(见图 5)；
- 6) 去除溜尾吊车；
- 7) 主吊车吊烟囱将其放置在基础上；
- 8) 烟囱和基础连接完成后，去除主吊车。

3.4. 烟囱安装

1) 第一节烟囱

烟囱底部的“Mark A”标志和基础上的“A”标志对齐，同时烟囱底部法兰的眼和地脚螺栓全部对齐，慢慢降落烟囱，待烟囱落到螺栓定位盘上后，开始拧紧螺栓。螺栓紧固前，对螺栓进行编号，并根据号码，采用对称紧固的方法进行施工[5]。

螺栓紧固完成后，测量垂直度，如果垂直度超过设计和厂家的要求，通过地脚螺栓进行调整。

2) 第二节烟囱

第二节烟囱和第一节烟囱的连接分为内部烟道和外部主管道两部分，内部管道采用承插的方式连接，外部主管道采用法兰连接。

首先，对内部承插管道进行管径检查，确保能够完全匹配，一旦发现内部管道的承口和插口不匹配，应提前进行调整。

第二，按照第一节烟囱的方法进行附件安装和吊装。

第三，为了对内部烟道进行密封，在承口和插口之间垫上垫片。

第四，采用升降车进行在高空进行两节烟囱的组对。

第五，将内部烟道全部组对完成后，慢慢降落烟囱，使外部烟囱的法兰能够完全匹配。

第六，根据厂家要求，用扭矩扳手对螺栓进行紧固，紧固采用“十字线”法对法兰进行对角紧固[2]。

3.5. 附属配件的安装

连接两节烟囱的法兰处的爬梯需要最后进行安装，此处的爬梯需要采用升降车进行安装，因此，在烟囱吊装之前，需要提前进行测量和调整，确保在高空中能够顺利安装。

最后，根据图纸连接照明系统的电缆线和避雷系统的连接线，完成整个烟囱的安装。

原油发电机烟囱安装技术是一个复杂的工程项目，涉及到多个环节，从设计、施工到最终的投入使用都需要精心策划和实施。以下是原油发电机烟囱安装技术的实施步骤及主控因素分析。

4. 原油发电机烟囱安装技术实施步骤

1) 现场勘察与设计准备

现场勘察：对烟囱安装现场进行详细的勘察，了解周围环境、地质情况、风速、气候条件等，为后续设计提供数据支持。

设计方案：根据勘察结果及工程要求，选择合适的烟囱类型(如钢烟囱、混凝土烟囱等)，并确定烟囱的设计参数，如高度、直径、材质等。

2) 烟囱结构设计

结构分析与计算：根据烟囱的设计高度、风速、温差等因素，进行结构分析与计算，确保烟囱在各种条件下的稳定性和耐久性。

耐高温设计：原油发电机排放的废气温度较高，烟囱需考虑耐高温、防腐蚀材料的选用。

3) 材料采购与预制

材料选择：根据设计要求，采购所需的烟囱材料，如钢材、耐高温涂层、混凝土等。

预制加工：对烟囱各个组成部分(如钢板、管道、支撑架等)进行预制加工，确保尺寸精确、质量合格。

4) 基础施工

地基处理：根据烟囱的高度和重量，进行地基处理，通常需要进行地质勘察，采用混凝土基础、钢筋加固等措施，确保烟囱的稳定性。

基础施工：建设烟囱的基础平台，安装钢筋框架，浇筑混凝土。

5) 烟囱安装

分段安装：烟囱通常由多个预制段组成，采用塔吊或起重机进行吊装。每一段安装完成后进行固定和焊接。

支撑系统安装：根据设计要求，安装烟囱的支撑系统，如支撑柱、加强环等，确保烟囱垂直稳定。

6) 连接管道与电气系统安装

烟气排放管道安装：安装与原油发电机连接的烟气排放管道，确保烟气流畅排放。

电气系统接入：若烟囱配有温度监控系统、气体排放监测设备等，需要进行相应的电气安装。

7) 系统调试与试运行

结构验收：安装完成后，进行烟囱结构的检查和验收，确保无裂缝、倾斜等问题。

调试：进行烟囱的试运行，测试烟气的排放效果，确保排放符合环保要求。

8) 完工验收与交付使用

完工检查：对烟囱及其附属设施进行全面检查，确保各项功能正常。

环保检查：确保烟气排放符合环保标准，进行必要的监测和测试。

交付使用：经过验收合格后，正式投入使用。

5. 主控因素分析

原油发电机烟囱的安装涉及到多个主控因素，以下是几个关键因素的分析：

1) 气候与环境条件

烟囱的设计和安装必须考虑到现场的气候条件，尤其是风速、温度、湿度等因素。高温环境下，烟囱需要采用耐高温材料，避免材料老化或损坏。

风速较大或极端气候(如暴风雨、高湿度等)会对烟囱的结构稳定性产生影响，需要通过加强支撑和材料的耐候性设计来解决。

2) 烟气排放温度与腐蚀性

原油发电机排放的烟气温度较高，因此烟囱的内部材料需要具备较强的耐高温性。

同时，烟气中可能包含酸性气体(如 SO_2 、 NO_x 等)，这些气体会对烟囱造成腐蚀。因此，需要选用耐腐蚀性强的材料，并在设计时考虑防腐措施，如涂层、内衬等。

3) 烟囱高度与排放能力

烟囱的高度需要根据发电机的排放量、环保要求和周围环境来确定。高度过低可能会导致排放不畅或污染问题，过高则可能增加建设和维护成本。

必须确保烟囱足够高，以确保烟气能迅速排出，减少对周围环境的影响。

4) 结构稳定性

烟囱的高度和风荷载是影响结构稳定性的主要因素。高烟囱在风力作用下可能会产生较大的应力，因此在设计和施工时，需要进行详细的结构分析，确保烟囱在各种气候条件下的稳定性。

施工过程中要严格控制安装精度，确保烟囱竖直，避免倾斜或不稳定。

5) 施工安全

烟囱的安装工作涉及高空作业，施工安全是最重要的考虑因素之一。必须采取合理的安全措施，如佩戴防护装备、设置安全绳、配备应急救援设备等。

施工过程中应进行实时监控，避免由于设备故障或操作失误导致的事故。

6) 环保与排放标准

烟囱设计和安装时必须考虑到排放标准，确保烟气排放符合国家或地区的环保法规。需要安装废气处理系统，减少有害物质的排放。

烟囱的设计应满足空气污染物(如二氧化硫、氮氧化物等)的控制要求，避免污染环境。

7) 经济成本与工期

烟囱的高度、材料、施工难度等都会影响工程成本。在确保安全性和功能性的前提下，应尽量优化设计，降低成本。

工期控制也至关重要，烟囱的安装通常与发电机组的投入使用密切相关，因此需要在计划时间内完成安装。

6. 总结

原油发电机烟囱的安装是一项需要综合考虑气候、环境、结构、材料等多方面因素的复杂工程。精确的设计、严格的施工管理和对关键因素的控制，都是确保烟囱安装成功并投入正常使用的关键。通过对主控因素的分析 and 严格把控，可以有效确保烟囱的安全、稳定、环保运行。

参考文献

- [1] 侯秀. 钢结构四管烟囱安装方法[J]. 山西建筑, 2012, 38(21): 114-115.
- [2] 梁立国, 边晨. 浅析沙特阿美站场项目中的法兰紧固施工[J]. 石油天然气学报, 2020, 42(2): 284-291.
- [3] 马永敏. 产品的质感问题研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2006.
- [4] 苏建宁, 李鹤岐. 工业设计中材料的感受特性研究[J]. 机械设计与研究, 2005(3): 12-14.
- [5] 唐开军. 产品设计材料与工艺[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2020: 55-114.