

基于 CAESAR II 软件对天津港-华北石化原油管道工程项目离心泵管道进行应力分析

张天成^{1*}, 郑博雅¹, 李凯¹, 齐保坤²

(1. 中国石油管道公司(管道销售公司), 河北廊坊 065000;

2. 中国石油管道局工程有限公司天津分公司, 天津 300457)

摘要:针对天津港-华北石化原油管道工程项目青县中间热泵站离心泵的配管工作, 利用 CAESAR II 软件对泵进出口管道的受力情况进行应力分析, 并根据应力分析计算结果对管道安装进行方案的优化调整, 使离心泵管嘴受力满足厂家资料及标准规范的要求, 并满足长期安全运行的需要。

关键词:离心泵; 配管; 应力分析; CAESAR II

中图分类号: TQ051.2

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2017)09-0211-02

DOI: 10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2017.09.050

Using CAESAR II software to do stress analysis on centrifugal pump pipeline in Tianjin Port-North China Petrochemical crude oil pipeline project

ZHANG Tian-cheng^{1*}, ZHENG Bo-ya¹, LI Kai¹, QI Bao-kun²

(1. PetroChina Pipeline Company (Pipeline Marketing Company), Langfang 065000, China;

2. Tianjin Design Institute, China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd., Tianjin 300457, China)

Abstract: The CAESAR II software is used to do stress analysis on the pipelines at both entrance and outlet of the centrifugal pumps at Qingxian halfway heat pump station in Tianjin Port-North China Petrochemical crude oil pipeline project. And then the pipeline installation scheme is adjusted and optimized according to the stress analysis results so that the stress on centrifugal pump nozzle can better meet the requirements of its manufacturers and standard specifications, as well as meet the requirements for long-term safe operation.

Key words: centrifugal pump; piping; stress analysis; CAESAR II

离心泵作为重要的输送设备而被广泛应用于石油化工领域, 在泵的安装设计过程中, 既要保证管道的安装方便, 又要保证管道有足够的安全性。离心泵属于回转机械, 管道作用于离心泵管嘴的荷载过大时, 会引起泵的磨损和振动, 影响泵的正常运行, 降低离心泵的使用寿命, 因此, 离心泵的管道应力分析至关重要^[1-2]。本项目在离心泵的安装设计过程中, 利用 CAESAR II 应力分析软件对离心泵的配管安装进行优化调整, 使泵的管嘴受力情况满足厂家资料及标准规范的要求, 减少离心泵的管嘴受力, 避免管道运行过程中的过度震动、变形及产生噪音, 保证离心泵在运行中的稳定性及安全性^[3]。

1 工艺简介

离心泵作为青县中间热泵站的主要输送设备, 入口管道公称直径为 DN450, 设计压力 10.0 MPa, 介质温度为 38℃; 出口管道公称直径为 DN400, 设计压力 10.0 MPa, 介质温度为 38℃。青县中间热泵

站是由 3 台相同的离心泵组成的一套互相开备的泵组, 在泵运行过程中, 当因某些原因导致离心泵或者与离心泵相连接的管道需要检修时, 可以通过阀门切换保证正常生产, 同时可对离心泵与管道及时进行维修及更换。离心泵性能参数: 流量 1 000 m³/h, 扬程 270 m, 本项目所用离心泵的管嘴受力参数由泵厂家提出, 表 1 为离心泵厂家提供的力和力矩的允许值。

表 1 离心泵厂家提供力和力矩的允许值

	吸入口	吐出口
力/N		
F_x	13340	10680
F_y	11560	10680
F_z	17800	16000
力矩/(N·m)		
M_x	12740	12200
M_y	9500	9220
M_z	6240	5960

注: X 为管嘴轴向方向, Y 为竖直方向, Z 为水平方向。

2 CAESAR II 模型建立与计算

2.1 建立模型

管道布置过程中应遵循的原则:①管道布置要满足标准规范及工艺要求;②力求管道布置简洁,减小管道压降;③充分考虑管道及设备的安装及检修方便的要求。

根据以上原则对离心泵区域进行安装设计,并建立 CAESAR II 应力分析模型^[4]。根据计算流程要求编制应力分析节点号,考察离心泵进出口管嘴的受力情况,支架的布置位置及支架形式。该项目主要对离心泵在不同工况下的受力情况进行分析讨论,管道的材质、壁厚、管径、设计压力、设计温度、操作压力、操作温度、介质密度、保温层材质及厚度等参数由工艺提供,图 1 为离心泵进出口管道应力分析模型。

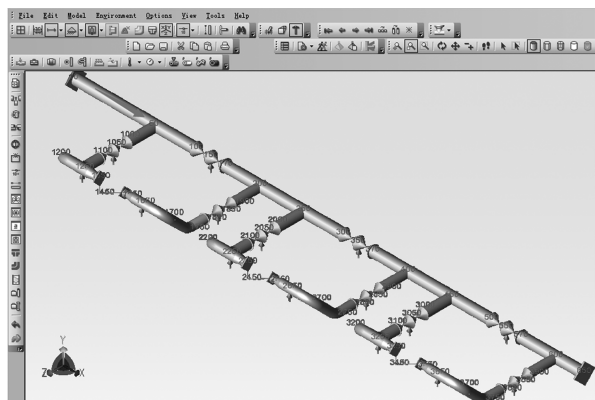


图 1 离心泵进出口管道应力分析模型

2.2 离心泵应力分析计算

根据图 1 管道布置,节点 1 400、2 400、3 400 为离心泵吸入口管嘴,节点 1 500、2 500、3 500 为离心泵吐出口,受力计算结果如表 2 所示。

表 2 离心泵进出口管嘴受力情况

节点号	力/N			力矩/(N·m)		
	F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z
1400	10132	2957	5303	2143	9371	-275
1500	-11480	-8765	-908	858	1761	-8525
2400	18271	-5719	-7116	2168	-1649	7180
2500	-10735	1831	4255	817	-1069	259
3400	18015	-5200	-6170	2196	-1675	7355
3500	-10714	1486	4142	833	1103	250

范围,得知离心泵管嘴部分受力值超出厂家允许值,需要对离心泵进出口管道的安装形式、支撑位置及支撑形式做相应的调整,增加离心泵进出口管道柔性,减小离心泵管嘴受力。

2.3 初步调整

将图 1 中管道做如下调整:①改变泵进出口管道支撑位置,增大泵进出口管嘴与支撑点距离;②改变泵进出口管道的支撑形式;③降低离心泵的安装高度,计算得到的受力结果如表 3 所示。

表 3 调整后离心泵进出口管嘴受力情况

节点号	力/N			力矩/(N·m)		
	F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z
1400	11015	824	1925	603	3184	5618
1500	-10526	-2383	143	279	600	-792
2400	12487	592	-2728	922	-632	5718
2500	-10169	-10	1615	64	-406	-204
3400	10988	1064	1880	1070	3688	5609
3500	-10399	-347	85	-50	777	-288

由表 3 可见,离心泵管嘴力和力矩值均满足厂家的要求,且管道布置和支吊架位置比较合理,支撑点位置受力情况良好。图 2 为调整后离心泵进出口管道应力分析模型。

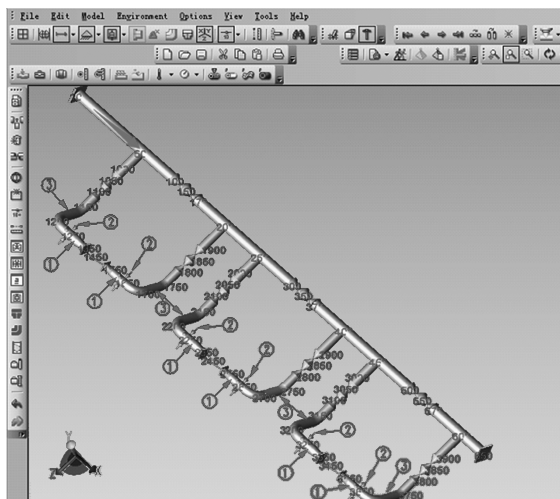


图 2 调整后离心泵进出口管道应力分析模型

2.4 离心泵运行情况跟踪

该离心泵已经投入生产使用,通过现场的考察回访,该离心泵运行工况平稳,泵吸入口和吐出口法兰密封面完整,整个管道没有出现明显的振动和位移。

对照厂家提供的离心泵管嘴的力和力矩值允许

(下转第 214 页)

1.2 研究范围及目的

研究范围:天然气管道(管网)工程、原油管道(管网)工程和成品油管道(管网)工程中的工程设计和工程施工部分。

研究目的:梳理多年来管道建设实践形成的各专业领域的专有技术,总结其核心技术及各技术的核心工艺与装备,分析、归纳各专业领域技术对管道工程建设发展取得的成就,为管道建设提供技术支撑,也为后续管道工程建设技术的发展提供方向参考。

1.3 资料来源

- (1)设计单位和施工单位的相关专有技术报告。
- (2)管道工程科研课题研究结论。
- (3)管道工程项目技术总结报告。
- (4)管道工程技术公开出版物。

2 管道工程建设技术体系分类原则及方法

2.1 分类原则

管道工程建设技术体系分类遵循如下原则。

(1)满足需求:管道工程建设技术体系分类应支持工程建设的业务需求。

(2)层级适中:管道工程建设技术体系层级基于四级分类体系,一级和二级按照管道的构成分类,三级按照管道从属技术专业进行分类,四级分类技术工程设计按照专业划分,施工按照工序划分。

(3)突出重点:管道工程建设技术体系分类突出工程设计和施工过程中的重点和关键应用技术领域,强调核心工艺和装备。

(4)体现专业特点:四级分类技术和核心技术体现专业领域发展技术。

2.2 分类方法

为了准确对管道工程建设相关关键技术进行细化,本文中采取四级分类方法。

(1)一级分类:按照管道工程构成划分。

(2)二级分类:线路工程按照施工作业方法不同进行分类,站场不再进行二级分类。

(3)三级分类:三级分类是在细化二级分类的基础上,根据每一项目的特点进行细化,对工程设计和施工技术进行分类。

(4)四级分类:在三级分类的基础上,工程设计按照专业划分,施工按照工序划分总结各项技术的核心技术、核心工艺及装备。

3 管道工程建设技术体系分类结果

管道工程建设技术体系三级分类表见表 1。

表 1 管道工程建设技术体系三级分类表

一级分类技术	二级分类技术	三级分类技术
线路工程	管道线路敷设	线路选线
		线路设计
		机械化施工
		机械化防腐
		数字化检测
		定向钻
		盾构
		顶管
		非开挖穿越工程
		特殊地区敷设工程
工艺站场		矿山采空区
		活动断裂带
		山区、黄土塬敷设
		水网地区和沼泽敷设
		沙漠和戈壁敷设
		冻土敷设
		河流、山涧敷设
		工艺系统
		站场工艺
		仪表自动化
通信		
安全		
节能		
站场施工		

(上接第 212 页)

3 结语

通过对离心泵管嘴相连管道合理的配管设计及支吊架布置,设备管嘴受力和力矩可满足相应的规范或离心泵厂家的要求。在管道配管设计中应合理布置管道路由,通过改变管道的走向、增加支撑、改变管道支撑形式和增大整个管系柔性等方法降低离心泵管嘴受力,使管道的各个支撑点的受力分布均衡,最大限度地减少对离心泵管嘴的作用力。因此,配管设计人员在管道布置及应力分析过程中,在保

证管道及离心泵安全运行的基础上,可通过改善管道的受力状况,对影响管道受力的各因素进行分析比较,选取合理的解决方案。

参考文献

[1] 江浩.离心泵管道应力浅析[J].化工设计通讯,2014,(6):84-87.

[2] 王晋华,同利平,赵珊珊.离心压缩机组管道优化布置及应力分析计算[J].化工设备与管道,2014,(4):50-52.

[3] 李正国.离心泵管线的应力分析[J].企业技术开发,2014,(16):46-48.

[4] 毛斌,李冬雪.CAESAR II 软件在管道应力具体分析中的应用[J].工业技术,2016,(22):145-145. ■