

湿法制硫酸 (WSA) 装置中高压蒸汽管道的优化设计

许莉晓 康福娜 (洛阳瑞泽石化工程有限公司, 河南 洛阳 471003)

摘要: 对 WSA 废气制酸装置中的中高压蒸汽管道进行优化设计, 既满足管道系统的稳定性和运行的平稳性, 又兼顾了操作的方便性, 做到既经济又合理。该装置的管道设计是首次进行, 从介质特性、操作温度和操作压力、设计温度和设计压力等条件出发, 进行材料选择、管道布置、应力计算、支架设计, 并在管道设计的过程中, 逐步优化, 围绕本质安全展开设计过程。

关键词: 中高压蒸汽; 管道布置; 应力计算; 支架设计; 本质安全

湿法制硫酸 (WSA) 装置是一种节能环保装置, 既减少了二氧化硫的排放量、保护了环境, 又回收了余热能量, 产生了高品质的中高压蒸汽。中高压蒸汽, 虽无色无味, 但是高温高压的气体介质一旦泄露, 轻则影响生产, 重则造成人员伤亡。本装置的产气系统是串联换热, 除了主路温控阀及旁路调温阀外, 无供在线检修的三阀组, 不能实现在线检修仪表调温阀, 因此装置要稳定安全的连续运行是最低要求。本文对湿法制硫酸 (WSA) 装置中高压蒸汽管道设计进行探讨, 以寻求相对合适与优化的布置方案。

1 产气系统的流程及布置

1.1 工艺流程

该系统的特点: 设计条件考虑了事故工况, 因此设计条件高于操作条件; 蒸汽是逐级升温, 并给每个主路均设置旁路调温阀, 调温阀设置三阀组, 因此不具备在线检修的手段。

1.2 管道设计参数

	起止位置	操作条件	设计条件	腐蚀余量	端点距离
1#	自 E93120 (EL+21850) 至 E93002(EL+19750)	5.65MPa 320°C	7.0MPa 350°C	1.6mm	X=6350mm, Z=53250mm, Y=2100mm.
2#	自 E93002(EL+20650) 至 E93110(EL+27400)	5.45MPa 344°C	7.0MPa 500°C	1.6mm	X=6350mm, Z=53250mm, Z=6750mm.
3#	自 E93110 (EL+29400) 至减温阀 (EL+20500)	5.20MPa 454°C	7.0MPa 580°C	0mm	X=5650mm, Z=15300mm, Y=8900mm.

2 以下将以蒸汽预热器进出管线为例, 围绕本质安全, 逐步完善优化设计的过程

2.1 管材及压力选择

按设计条件、介质特性 (锅炉水中 Cl⁻ 含量 1~10ppm)、管道分级, 根据 GB20801 和 SH/T3059 进行材质选择、壁厚计算, 选择法兰的压力等级。

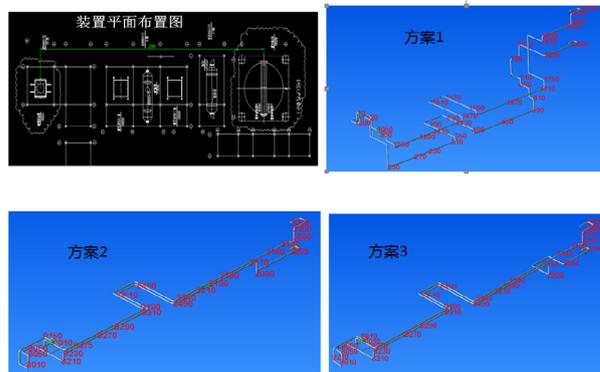
	管径及壁厚	材质	压力等级
1#	DN250t=15.09mm	ASTM A106B	CL900
2#	DN250t=18.26mm	ASTM A335-P11	CL900
3#	DN250t=15.09mm	ASTM A312-TP304H	CL1500

2.2 管道规划阶段

依据平面位置、设备管嘴高度, 进行管道规划。从平面图中, 可以看出, 1# 床间冷却器、2# 床间冷却器与蒸汽预热器的距离较远, 且要跨越中间的三个设备构架群, 周围环境相对复杂。

方案 1, 采用常规思路, 从 2# 床间冷却器至蒸汽预热器、从蒸汽预热器至 1# 床间冷却器的蒸汽管线走管架。方案 2, 从 2# 床间冷却器至蒸汽预热器、从蒸汽预热器至 1# 床间冷却器, 这个过程中, 蒸汽被不断加热, 采用步步

低或是上 U 模式, 使蒸汽预热器的入口成为整个管系的低点。为设备保护设备管嘴, 降低管嘴受力, 在嘴子入口前的 2055 处增加止推支架, 该支架只能生根在结构平台上, 原因是反应器不允许焊接支撑件, 防止焊在设备上的支撑件作为热桥, 使设备表面温度降低, 造成冷点腐蚀。方案 3, 在方案 2 的基础上, 去掉构架上的 2055 处的止推支架, 增加自然补偿。



2.3 3种布置方案的分析与比较

2.3.1 管道布置的优缺点

方案 1 特点: 优点是, 管道布置方便, 借用构架侧的管桥。缺点是, 蒸汽的低点在高空, 排液不便。凝结水排除不及时或是暖管不充分时, 现场管线振动或是水击, 造成破坏。

方案 2 特点: 优点是, 与方案 1 相比, 管路缩短了接近 1/3, 投资降低; 蒸汽低点少, 排凝在嘴子处, 操作方便。缺点是, 靠近设备嘴子处, 在构架上设置 3mm 间隙的止推支架。该间隙的大小支架直接影响管口受力能否满足要求。对于设备和结构来说, 都允许有一定的摆浮, 设备允许挠度是 1/200, 此位置处 1mm; 对于结构来说, 允许的摆动是 1/400, 设计值是, 风压 6mm, 地震 10mm。止推支架在工程设计及施工的过程中, 难以实现。

方案 3 特点: 在方案 2 的基础上, 增加自然补偿, 使支架生根位置对管嘴受力的影响可以忽略。

2.3.2 柔性分析

在进行管路的柔性分析时, 除了考虑正常工况下, 管道的应力状态、位移变化情况、各约束点的作用力、管路法兰的泄露核算外, 还应该考虑事故工况下, 一次应力、二次应力不超标, 验算管系的安全性。

	操作 /max 一次应力	操作 /max 二次应力	事故 /max 一次应力	事故 /max 二次应力
方案 1	51.8% (Node 1988)	30.7% (Node 210)	51.8% (Node 1988)	30.7% (Node 210)

方案 2	34.9% (Node 3060)	55.9% (Node 8424)	34.9% (Node 3060)	55.9% (Node 8424)
方案 3	34.9% (Node 3060)	31.8% (Node 9548)	34.9% (Node 3060)	31.8% (Node 9548)

三种方案中,设备接口处受力均可以满足要求。

		FX/N	FY/N	FZ/N	MX/ N*M	MY/ N*M	MZ/ N*M
方案 1	1# 床间 冷却器	-5248	-11422	6199	0	0	0
方案 1	2# 床间 冷却器	-3773	-4446	382	0	0	0
方案 2	1# 床间 冷却器	-3460	-6666	1606	-5733	-277	-2668
方案 2	2# 床间 冷却器	12841	-5887	3430	-4778	-12370	-12362
方案 3	1# 床间 冷却器	-3460	-6666	1607	-5733	-277	-2668
方案 3	2# 床间 冷却器	-12095	-9926	35	-3449	-2501	-8313

2.4 综合评述

通过以上的分析与比较,3种方案,一次应力、二次应力均满足在相应的设计温度下材料许用应力范围内。方案2与方案1相比,从工艺上、经济上、操作维护等方面,有明显的优点;方案2,管嘴处止推支架的设置,虽然从计算角度来讲,保护了管嘴,却忽视了支架无法实现的情况。方案3,增加了管嘴处的柔性设计,虽增加了管道投资,却让管道和设备的安全性得到保证,使装置得以长周期平稳运行。因此,本装置中采用了方案3。

3 结束语

管道设计是一个不断优化、合理取舍的复杂研究过程,

(上接第31页)条件与环境,确保各项条件均相符才能开展,能保证整个工艺路线可以安全而高效的运行,还要求所选择的化工装置、配置等都满足实践要求^[5]。同时,在实际的化工生产过程中,需做到严格规范,不断提高自身的化工生产技术,旨在确保化工产品的基本性能,也能保证整个生产流程的安全性。

3.3 加大对工艺物料的监管力度

对化工工艺物料的处理需要结合化工工艺设计要求与生产实践规定予以制定,全面考虑与分析化工生产条件,选择合适的配方,加强对材料调取比例的管控,充分依照我国在化工原材料安全管理与处理方面的相关方案,做到严格而规范的使用与处理,同时,化工技术员需精准把握化工原材料的具体处理工艺,结合具体标准与原则来对原材料进行分类,选择提纯、净化与混合等方式,让化学原材料更为适合此化学实验,以获得良好的反应效果,既可提高产品生产效率,还能降低风险。此外,还要结合化学反应与化学原理,控制好压力、温度等参数,确保化工工艺的规范性,以降低逆反应率。通过化学反应后会产生化学物质,这就需要根据相关规定,采取蒸馏、萃取等方式,对其实施进一步的精华与精制处理,将杂质予以去除,让其满足化工产品安全、质量与性能要求。此外,加强对化工工艺设计与生产细节的把控,降低由于遗漏而引发的安全事故发生率。

3.4 优化化工实验设计安全体系

化工工艺设计是确保化工生产安全的核心因素,在具体设计过程中,可通过具体实验来确保设计的安全性,而

需要涉猎的知识面相对广泛。设计过程中,我们不仅要考虑到平面布置的特点,还要考虑周围的设计环境的影响(如设备不允许焊支架),同时要考虑物料性质、温度、压力,选择合适的材质、计算相应的管道壁厚、对各种工况进行的应力计算、选取合适的支架形式和生根位置。了解事故危害,在设计阶段就从本质上考虑方案的优劣,不给工程留下可能发生的事事故隐患。

在管道设计过程中,也要了解相关专业的理论常识,做到知其然知其所以然。既满足工艺要求,又合理布置管系,做到美观安全,要使管道能长久安全的运行。良好的稳定性、才能产生好的经济性。将本质安全的理念贯彻在设计的过程中,才能完成一个好的工程项目。

参考文献:

- [1] 王怀义. 石油化工工艺管道安装设计手册 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2013.
- [2] 张德江. 石油化工装置工艺管道安装设计手册 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2017.
- [3] 唐永进. 压力管道应力分析 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2009.
- [4] SH/T 3041-2016. 石油化工管道柔性设计规范 [S]. 北京: 国家工业和信息化部, 2016.
- [5] GB/T 20801-2006. 压力管道规范 工业管道 [S]. 北京: 国家工业和信息化部, 2006.

设计人员在实验时必须做好安全防护, 精准了解化学实验品的保存、处理方法, 防止化学试剂对工作人员身体产生伤害。同时, 应不断完善整个化学实验安全体系, 保证化学试剂、化学器材以及安全防护措施齐全, 以保证安全性。

4 结束语

综上所述, 在本文中, 我们主要针对化工工艺设计安全管理危险的识别以及控制方法进行探讨, 了解到影响整个化工生产安全的因素比较多, 且危险系数很高。为改善此种状况, 提升化工工艺生产的安全性, 应重视对化工工艺设计中安全管理危险的有效识别与控制, 能大大减少安全风险, 还能提升员工、化工生产环境的安全等级, 从而确保化工企业可以安全而高效的运行, 这对于我国经济发展与社会安定意义重大。

参考文献:

- [1] 苏钰. 化工工艺设计中安全管理危险的识别与控制 [J]. 现代盐化工, 2020, 47(04): 55-56.
- [2] 庞海凤. 化工工艺安全设计中危险识别与控制 [J]. 化学工程与装备, 2020(08): 222+265.
- [3] 吴建伟, 杨晓健, 韩俊鹏, 吴海霞. 化工工艺设计中安全管理危险的识别及其控制研究——评《化工设计》[J]. 材料保护, 2020, 53(04): 178.
- [4] 王治忠. 化工工艺设计中安全危险的识别与控制措施探讨 [J]. 低碳世界, 2020, 10(02): 207-208.
- [5] 张学功. 化工工艺设计中安全管理危险的识别及其控制 [J]. 石化技术, 2020, 27(01): 153+157.