

硫酸低温余热回收蒸汽发生器的优化设计

贺 虎 古开伦 (贵州磷化集团贵阳开磷化肥有限公司, 贵州 贵阳 551109)

摘 要: 在既往设计中, 发热器的低温位余热未被有效利用, 在发生器硫酸回收中此种余热较大, 造成能源浪费。促进余热回收, 可应对能源应用成本增长问题, 改善生产效益。本文分析了硫酸低温余热回收蒸汽发生器的当前设计缺陷, 并重点说明了优化设计方案。

关键词: 蒸汽发生器; 低温余热回收; 硫酸; 旋风分离; U 形换热器

我国硫酸产量为国际第一, 但实际应用中能源紧张, 改善回收效率前景价值良好, 同时可产生增强社会效益。在硫酸低温余热回收中, 蒸汽发生器具有关键性, 提高其性能可提高效益。基于上述原因, 应分析发生器性能缺陷, 升级蒸汽产能, 提高装置效率, 完善发生器设计。

1 当前设计缺陷

常规发生器可持续运行, 然而在运行中性能较差, 存在技术缺陷。其一为换热技术问题。应用硫酸进行换热时, 其高温位余热利用较高, 中温位余热也被有效利用, 但低温位余热未能得到重视。其二为汽液分离问题。在传统设备中, 热硫酸、水交换后, 经过汽化作用变成蒸汽, 其中裹挟饱和水, 导致蒸汽品质降低。其三为耐腐蚀材料问题。循环酸升温是解决低温位余热回收问题的关键点, 硫酸升温会加剧对容器的腐蚀, 为此必须保证材料耐腐蚀性更高, 提高材料性能, 促进硫酸升温。

2 优化设计方案

2.1 核心设计思路

传统发热器功能缺陷明显, 余热回收效率低于预期。本研究分析 60 万 t 年产的此类发生器结构科学性和性能, 进行设计完善, 调整结构并更新关键部件。分析工艺流程, 剖析发生器设计的结构原理, 总结性能消极影响因素, 拟定科学的设计参数, 依据设计标准, 优化整体结构, 通过校核处理适应工艺需求。选择 U 形管加强换热性能。U 形管换热面积更大, 流换热系数更高。借助旋风分离缓解出口蒸汽的活动阻力, 调整集气管孔数, 调整进气口角度, 选择适用于旋风分离器的结构, 增强分离性能^[1]。

2.2 结构设计

本研究设计预期是针对硫酸制酸周期中产生的低温余热进行有效利用, 以此为目标完善蒸汽发生器。在新型发生器中, 主要包括壳体、封头、管箱、换热管束、酸进出口、给水和放水口、主蒸汽口、排污装置、人口和旋风分离器等。经过设计完善, 回收系统运行更加稳定, 回收周期较长。在此设计中, 蒸汽发生器为 U 形管模式。对换热器进行 U 形管设计可缩减使用成本, 在回收中管程中容纳高腐蚀性的介质, 而此种设计可良好适应此种腐蚀。经过此设计后, 设备使用中 U 形管内容纳流动状态的硫酸, 在换热管外的水受到硫酸作用被持续加热, 蒸汽因此被生成。在蒸汽发生器中, 壳程介质直接影响发生器性能, 为此, 在新设计中在壳体上方和底部分别设计排污装置, 底部装置定期排污, 上方装置则持续排污。设备运行中, 持续排污装置可将液面浮沫等排出, 定期打开下方排污口则可排出发生器工作中产生的沉积物。为发生器设计旋风分

离器的目的是促使汽液在离心力作用下发生分离, 以解决蒸汽带水的问题。设备运行中, 浓硫酸从吸收塔经由酸入口到达发生器换热管部位, 因为壳程中装有水, 水与浓硫酸发生作用进行热量交换。换热管中, 硫酸被冷却处理, 再经过酸出口, 抵达后续工作区域。与硫酸作用的水受到换热管壳程影响, 发生汽化, 变成蒸汽。在这些蒸汽中含有大量饱和状态的水, 旋风分离器会对其进行分离处理, 然后在蒸汽出口部位逸出, 参与后续工作。饱和水则被送回发生器壳程, 和管程部位的热硫酸发生换热反应。

2.3 管板设计

在此类发生器中, 管板属于重要部件, 应综合介质腐蚀性、材料力学性能因素选材。发生器所用反应物质为浓硫酸, 该物质腐蚀性极强。本次设计选材为高合金钢, 型号为 S31008。U 形管与固定管板在发生器中使用中受力作用存在差异, 后者可在管束弹性支撑作用下缓解受力, 但 U 形管采用单管板结构, 介质载荷受力发生于管板时, 不存在弹性支撑作用。受此影响, 管程与壳程出现大温差时, 热应力影响较弱。本设计管板受力单一, 可简便计算管板厚度。管板连接方式影响边界支撑条件, 计算边缘约束条件所用公式为: $M_R = K_t R^2 \phi_R$, 在该公式中, M_R 用于描述边缘结构、管板彼此作用后产生的弯矩, 即 MPa; K_t 表示管板边缘部位发生旋转时所呈现的刚度系数; ϕ_R 用于描述管板边缘转角, 即 Rad。可使用的连接方式有 6 种, 需要根据连接方式分析边缘支撑条件, 所以在实际表达中, K_t 可见表达形式差异。以管板周边简支为例, 在此种情况下, K_t 的值为 0; K_t 值无限大时, 可认为管板周边连接为固支状态^[2]。在常规设计中, 可根据设计预期决定管板是否具有可拆分性能, 本次设计为提升清洗、检修换热器的效率, 选择用 a 型连接作为管板连接结构。

2.4 排管设计

U 形管设计可选择正方形排布方式, 也可进行正三角形排布。设计中明确设备直径数据, 了解管中心距后, 不同排布方法优势不同。正方形排布的优势在于清洗便捷, 壳程中发生结垢后, 可抽出管束, 实施机械清洗。正三角形排布的优势是 U 形管容纳量更大, 换热效率更高。正三角形排布时, 可根据介质流向选择转角正三角或者正三角, 正方形排布也可按此分为两种形式布局。转角正方形、正三角排布中, 流体直接冲向换热管, 对其外表面产生冲刷作用, 可实现强化换热。上述排布方法中流体流动通道具有较小截面, 因而流速更快, 换热效率因此提升。发生器运行中对换热面积要求较高, 需要保证换热管排布数量, 此外, 在使用中无需抽出 U 形管束予以机械 (下转第 20 页)

响到车间工人们身体健康,而且摆放于生产车间中的物品也可能存有一定的安全隐患,如果摆放或者堆放的无聊具有可燃性,那么就要求在车间之中配备一些灭火器等装置,这样能够避免那些可燃性材料出现燃烧而发生火灾的情况。另外,在日常进行化工生产期间,需要针对生产环境加以改善,在对那些废弃原材料进行回收利用和处理的同时,还要最大程度控制好资源的使用量。除此,对于那些化工生产期间可能存有有毒气隐患的环节,一定要保证排风设计的科学性和合理性。通过对化工生产环境进行控制,可以在一定程度上提升工艺设计和化工生产的安全性。

3.4 应用安全问题识别方法

为了保证化学过程设计所具有的安全性,需要对安全问题进行主动识别,这个过程需要设计人员对风险因素定义有一个清晰的理解。一般来说,化工生产风险因素所说的就是在制造期间可能发生的潜在事故,甚至可能引发严重损失的事故。另外,在对安全性进行验证期间,设计人员需要对整个项目制造的过程予以认真检查。并且,以此为基础对相应的危险因素加以明确,在日后工作中应用合理的保护手段,由此促使化学工艺设计安全性能得到充分提升。

3.5 针对防护设备性能予以提升

在对化工工艺进行设计期间,需要充分保证防护设计处在正常运转状态,由此为操作人员的安全提供充分保障。比如,针对车间中的高温区域,一定要保证相应的散热设备处在正常运转的状态,进而促使安全生产的目标

(上接第18页)清洗,故而选择正三角形进行换热管排布,选择正三角形结构,该结构中介质流向和换热管的夹角为 30° 。此种排布可压缩换热管间距,加强空间利用,降低制作成本,同时换热效率也更高。在此设计中,利用螺栓预紧力固定拉杆,避免管束拆卸中折流板发生移动,导致管束破损,还应优质焊接管板、支撑板和扁钢滑道。此外,应在组装支承导轨时确保管束可有效进入壳体。采用跨中定位方法基于管板厚度安装管板吊耳与相关支耳^[3]。

2.5 汽液分离设计

生活供暖中带水蒸汽会冲击管道,缩短管道使用周期,管道连接部位也更易发生泄漏。工业装置使用此种蒸汽可降低产品质量。加设汽液分离装置,可改善出口蒸汽质量。本研究选择离心力分离方法,应用优势为小体积高效率,堵塞发生率较低,运行状态稳定,并且制造成本较低。蒸汽裹挟饱和水沿着切向抵达分离器筒体中,并在该区域发生高速旋转,旋转中所产生的离心力影响液沫颗粒,促使其朝着边壁移动,同时汇聚于筒底,然后被集液管集中送至壳程中,蒸汽被清除饱和水后溢出蒸汽出口。

2.6 排污设计

发生器工作时,蒸发作用持续进行,在此过程中钙和镁以离子状态在水中逐渐积聚,然后在换热管的外表面部位发生结垢,降低换热效率,受到壳程中介质沸腾的强烈影响,污垢在壳程底部以及液面周围大量分布,必须尽快清除,以免缩短部件寿命,降低蒸发效率。为延长发生器工作时间,提升运行稳定性,减少运行故障,必须对壳程

得以实现。

3.6 对化学反应装置加以控制

在整个化学过程设计阶段,能否对化学反应器进行正确的控制非常关键。在对化学反应器进行控制期间要求过程工程师对化学反应重要性有一个清晰的认识,并且还要对化学反应期间存在的风险因素有所了解。另外,因为化学反应具有类型多和速度快等特点,所以一旦有不可控制反应发生时,需要尽快采取降低反应速度的手段,进而促使反应器应用水平得以提升。

4 结束语

针对化工工艺进行设计期间,一定要采取有效手段解决好安全生产的问题,否则很可能会使化工生产过程有无法预知的情况发生。工艺设计人员需要充分考虑各项生产参数和化工生产条件,针对如何提升生产环境安全性和选择物料合理性加以探究,做好化工工艺设计工作,将日常化工生产安全性切实提升上来。

参考文献:

- [1] 景利娟. 化工工艺设计中风险的识别与控制策略 [J]. 化工管理, 2021(02):169-170.
- [2] 康园丽. 浅析化工工艺设计中安全风险的问题 [J]. 现代盐化工, 2020,47(06):72-73.
- [3] 丁沈青. 化工工艺设计中安全问题及控制探讨 [J]. 化工管理, 2020(35):66-67.
- [4] 李明艳. 化工工艺设计中安全问题及控制管理 [J]. 化工设计通讯, 2020,46(11):47-48.

介质指标予以有效控制,设计排污装置的目的是净化壳程存水,加速排污,减少结垢。本次设计采用正反交错的方式设置吸污管开口。先处理吸污管,保证其开口干净光滑,避免焊渣或者毛刺残留,使排污和吸污两种管道优质连接。

排污装置中主要部件包括排污和吸污管以及U型螺栓,此外还有法兰和角钢。在安装时,在罐体内壁焊接角钢,并使U型螺栓将排污管在角钢另一端固定。排污管中根据需要安装吸污管。在安装时,应使排污装置处于液面之下,高度为液面略高于吸污管顶部,严格控制间距。吸污管吸入液面杂质后,杂质最终在排污管中汇聚,以法兰口为通道流出发生器,从而完成排污过程。

综上所述,本次设计以60万t规格硫酸低温回收发生器为基础,设计预期为增强回收效率,促进性能改善。经过此设计,发生器换热性能升级,出口部位蒸汽品质更高,发生器关键部件得到优化。此设计工艺流程更科学,换热效率更高,蒸汽品质提升,减少水汽结垢影响,降低清洗难度,应用价值较高。

参考文献:

- [1] 黄卫存,朱元彪,杨相益. 硫磺回收烟气超低排放工艺技术比较 [J]. 石油化工设计, 2020,37(02):37-43+5-6.

作者简介:

贺虎(1974-),男,汉族,贵州普定人,大专,助理工程师,研究方向:硫酸生产。

古开伦(1976-),男,汉族,贵州遵义人,大专,助理工程师,研究方向:硫酸生产。