

中化涪陵硫酸系统新型催化烟气 脱硫装置的优化设计

国家烟气脱硫工程技术研究中心 成都国化环保科技有限公司 王维江 荀鹏 余永红

【摘要】可资源化新型催化法烟气脱硫技术正处于工程化应用的初期。涪陵项目为目前成都国化环保科技有限公司完成的最大一套硫酸尾气脱硫装置，在前期类似工程的基础上，针对不合理之处进行分析和试验，采取改进措施，为涪陵项目的顺利实现竣工验收奠定了基础。

【关键词】再生 防腐 脱硫塔 管道

1. 前言

新型催化法烟气脱硫技术是由四川大学国家烟气工程技术研究中心与成都国化环保科技有限公司共同研发的一项先进烟气脱硫技术。由于实验室条件和现场工程条件存在较大差异，工程化过程中要综合考虑工艺性能、造价、能耗、工程质量等各多方面因素，难以一次性达到最优状态。经过十余套脱硫装置设计施工，我们逐步总结工程应用中的不足并加以优化改进，总结出一系列优化措施，为顺利实现涪陵涪陵项目的竣工验收提供了技术保障。采取了改进措施的主要包括脱硫塔烟气进口液封系统、再生系统(管道)、脱硫塔及防腐四个方面。

2. 液封系统

新型催化烟气脱硫装置在处理烟气时设置了多个并联的脱硫单元，需要进行打开和关闭烟气进口进行脱硫和再生切换操作。前期脱硫工程中，脱硫单元的烟气切换通过开启(或关闭)对应单元进气管道上的电动蝶阀实现。但在实践过程中发现，采用电动蝶阀有两个不足：一方面不能完全将烟气封死，会有漏气现象；另一方面则是处理烟气量越大，烟气管道也越大，对应选用的电动蝶阀也越大，阀门费用很高。为了避免阀门关闭情况下的漏气现象，同时减小设备总投资，我们对进气管道进行优化设计，采用液封弯管代替电动阀门，通过向液封弯管中加入(或排尽)液封水，来实现对应脱硫单元的关闭与启用。采用液封系统进行单元切换的方式，投资省，且密封性能好，不会出现窜气现象。但由于增加了液封弯管，需做好弯管防腐工作。液封的工作原理如图1所示。

通过上图可知，需要切断烟气进口时，只需打开进液管道阀门，关闭回液管道阀门，按照设计的流量往液封内注水即可，液封内液面的高度通过液封底部的压力传感器监测，达到工艺要求的液位后会与进液管道阀门连锁，自动关闭进液管道阀门。需要开启液封烟气通道时打开回液管道阀门即可，按照工艺设定的时间自动关闭回液管道阀门。

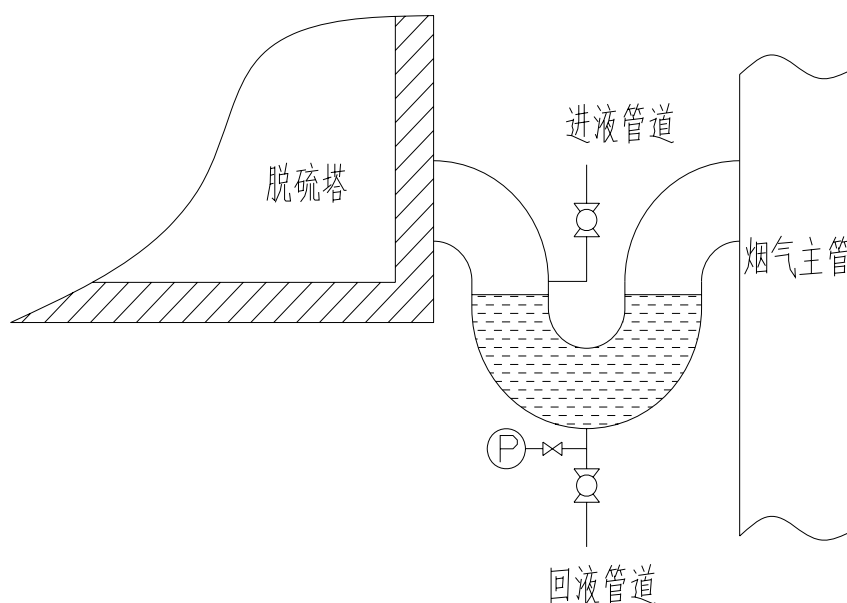


图 1 液封系统简图

3. 再生系统的改善

脱硫装置中的脱硫单元转化达到饱和后需进行再生以恢复脱硫剂活性，目前对脱硫剂的再生采用的是大流量喷淋洗涤的方式，喷淋密度为 $20\text{m}^3/\text{m}^2$ 。喷头在最初的压力选型上选用的是 0.3MPa 的压力，这样可以满足喷淋的均匀性，但是对再生泵的扬程要求高，再生泵功率大，能耗高。后来经过筛选，在满足喷淋均匀性的前提下涪陵项目选用 0.07MPa 的螺旋喷头，这样可以降低再生泵的扬程，大大降低能耗。另外，我们将原来 DN50 的喷淋支管和喷头改为 DN65 的喷淋支管和喷头，进一步降低了管道和喷头阻力，降低了再生系统对再生泵扬程的要求，从而再次降低再生系统能耗。按照重庆涪陵项目的工艺参数，改变喷淋支管及喷头管径，并改变喷头压力的耗能对比如表 1 所列。

表 1 两种喷头选型对应装置运行费用对比

序号	喷头压力 MPa	规格型 号	泵流量 m^3	泵扬程 m	泵功率 kW	年耗电量 kW.h	单价 元	年运行费 万元
1	0.3	DN50	450	70	160	480000	0.7	33.6
2	0.07	DN65	450	50	110	330000	0.7	23.1

备注：按照工艺需要，泵每天只运行时间为 8-10 小时，年运行时间总计按照 3000 小时计。

4. 脱硫塔塔内件的优化

新型催化法烟气脱硫技术的副产物是稀硫酸，脱硫反应后产生的硫酸附着在脱硫剂的表面及微孔中，需通过喷淋再生的方式将其带出到再生液中。脱硫塔的主要介质是含 SO_2 湿烟气，30% 以下稀硫酸，腐蚀性较高，因此塔内的支撑件需具有优良的耐腐蚀性能。前期脱硫项目最初选型用的是耐腐能力极佳的玻璃钢，但由于塔内存在骤冷骤热的温度剧变，使得玻璃钢容易老化而断

裂。尤其是支撑催化剂玻璃钢格栅（38mm×38mm，见图2），一旦断裂则会导致催化剂大量泄漏，严重影响脱硫单元的正常运行。

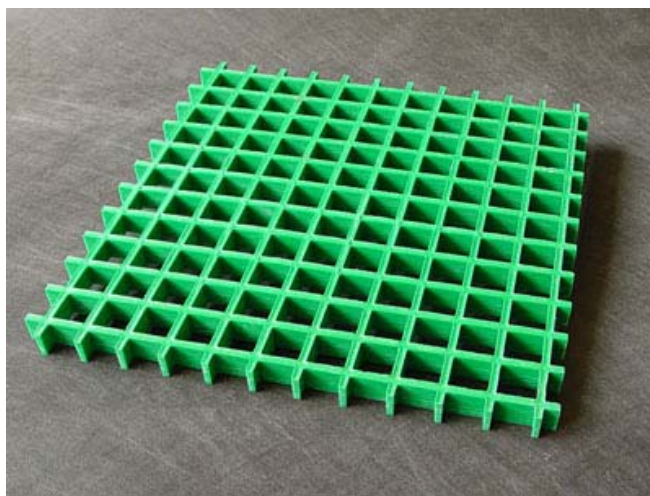


图2 原脱硫塔格栅板外形图

经过多方选材，并进行大量的模拟试验，最终将催化剂支撑件改为陶瓷规整填料（图3），该填料能够承受塔内温度的剧变，同时强度上也能得到有效的保证，而且规整填料通道口的45度交叉排列更有利于气体的均匀分布，能够保证脱硫剂床层的均匀反应。



图3 规整填料外形图

5. 再生管道的选择

可资源化新型催化法烟气脱硫装置需要采用水洗再生的方式恢复脱硫剂活性，再生时将产生5%~30%的稀硫酸，且再生液的温度为25~45℃，因此要求再生管道具有很强的防腐能力。

目前我们在脱硫项目中主要采用的是钢衬PO管道和FRPP塑料管道。在湖北承建的第一套硫

酸尾气脱硫项目中，其再生管道采用的是钢衬 PO 管道，运行过程中多次出现管道漏点腐蚀的情况；河南承建的一个冶炼烟气脱硫项目再生管道采用 FRPP 塑料管材，脱硫装置在运行过程中，泵出口 FRPP 管道焊缝处多次出现崩裂泄漏的现象。

钢衬 PO 管道可承受的压力大，很少出现大量稀酸泄漏事件，但该管道对施工工艺要求极为严格，一旦出现问题，修复很不方便。从后期维护方便的角度考虑，可联系防腐管材厂家制作标准件，当出现问题后可直接拆卸进行更换，但此方案初期投入费用很高，不经济。FRPP 管道可承受压力偏低，不存在腐蚀现象，但如果焊缝损坏崩裂，则常会出现大量稀酸泄漏事件，但泄漏后只需对焊缝处进行局部焊接处理，管道即可恢复正常使用。

我们的脱硫装置使用的再生泵所需压头一般在 0.3MPa 左右，管道承受的压力较低，采用 FRPP 管道或玻璃钢管道材质，安装施工周期短，且后期维修方便。为了避免管道出现以上问题，涪陵项目在设计施工中，采用了以下优化设计：

① 在泵进出口加柔性接头，减小再生泵向管道传递的振动；

② 在塑料管道弯头或三通等焊接的地方，可加垫板或加支架固定，分散这些地方所承受的振动和压力；

③ 对于长期暴露在日晒雨淋等恶劣环境下的管段，可采用包裹铝皮隔绝、涂刷防晒漆等方式，减轻管道受环境的侵蚀；

④ 为避免管道承受压力过大，可让电气技术人员设置过载保护：比如再生泵正常运行时的泵出口压力显示为 0.3MPa，当管道某些地方堵塞，则管道将处于憋压状态，管道承受压力将逐渐增大，可能会导致塑料管道焊缝处崩裂。我们可以给再生泵设置过载保护程序，当泵出口显示压力远超正常值时（比如正常压力显示值为 0.3MPa，增压显示达到 0.6MPa 以上），则泵会自动停止运行，这一方面是对再生泵的保护，另一方面也可有效防止塑料管道因承受压力过大而损坏。

6. 塑料管道保护措施

脱硫装置再生系统的回液管道通常采用塑料管道材质（FRP 管或玻璃钢管）。按照工艺需要，脱硫塔底部的回液管需要加一个液封回水弯，用来防止烟气进入回液管道，避免造成泄漏事故。液体经过回液管及回水弯时，会产生虹吸现象，有可能吸走回水弯中的液体，另外，当再生液经回液管回流至再生池的过程中，有可能因虹吸而导致管道内液体被抽走，起不到阻断烟气的作用，因此需在回液管顶端开孔增加一段放空管。初期工程放空管的直径为 DN50，后来调试发现管道振动还是偏大，有时还存在回水弯中液体被吸走情况，经过优化将放空管增大至 DN100 后问题得以解决。回液管布置图如图 4 所示。

7. 进塔管道的优化

前期脱硫装置烟气进入脱硫塔采用侧进气的方式，此方法容易导致进入塔内的烟气不能均匀的分布，会导致脱硫塔部分区域烟气密集，而另外的部分区域没有或只有少量的烟气通过，影响脱硫剂的脱硫效果。为了改善进气分布，保证脱硫效果，我们经过优化后设计采用塔底下进气的

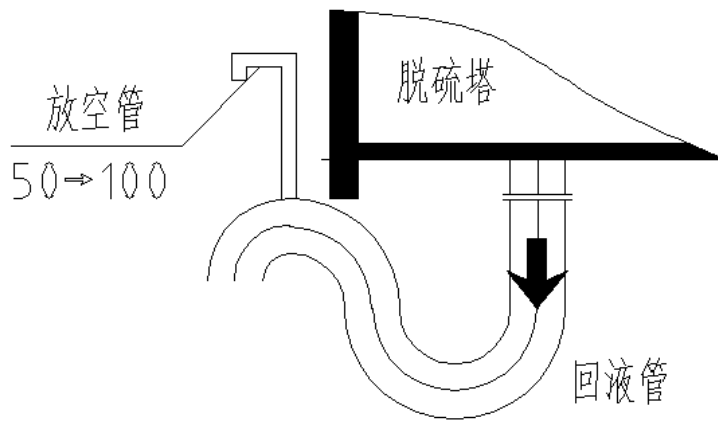


图4 回液管及放空管示意图

方式，并将烟气分为几根支管，均匀分布在塔底，从而保证烟气进塔后的均匀分布。进塔管道改善前后的对比情况见图5和图6。

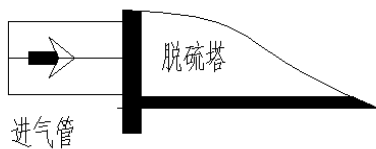


图5 前期进塔管道

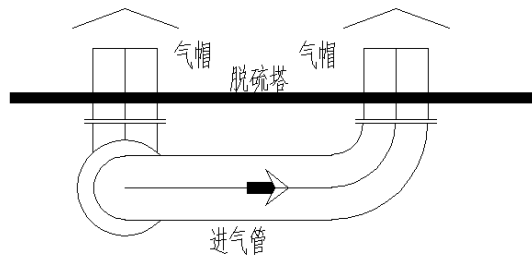


图6 改进后进塔管道

8. 总结

涪陵项目目前正在稳定的运行，达到了预期设计效果，是可资源化新型催化法烟气脱硫技术比较成功的一个工程实例。此项目的成功离不开前期工程项目的不断摸索和实践，通过分析研究每个脱硫工程中出现的新问题，我们也在不断地进行改进和完善。使脱硫装置在满足工艺需求的同时，进一步降低投资费用，尽可能达到并提高顾客的满意度，同时保证环境指标达标排放。