

S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术的应用现状及市场前景分析

孔祥瑞 (中海油惠州石化有限公司, 广东 惠州 516086)

摘要: 为响应《关于实施汽车国六排放标准有关事宜的公告》号召, 践行碳达峰、碳中和宏观战略, 促进石油化工产业环保效益的优化提升, 文章以 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术为切入点进行了深入系统探究。先简要介绍 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术的含义、装置结构, 然后探讨技术应用现状。从初代技术及二代技术的应用、吸附剂失活模型的广泛应用、再生烟气处理技术的应用、自动化诊断系统的应用方面进行了细节梳理。在此基础上分析 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术的市场前景, 希望能为技术研发、应用、推广提供借鉴。

关键词: S-Zorb; 催化汽油; 吸附脱硫技术; 市场前景

0 引言

含硫汽油对于环境和石油化工生产线的危害是相当之大的, 汽车使用含硫汽油后, 尾气中 PM2.5 及氮氧化物的排放量均会上升, 不仅会影响植物的正常生长, 还会损坏人体呼吸道黏膜和器官, 增加城市居民患病风险。同时, 含硫汽油在高温环境下发生化学反应, 还会对生产线设备造成腐蚀伤害, 提升故障率的同时缩短设备的使用寿命。近年来我国市场经济平稳发展, 双碳政策稳步落地实施, 行业和国家对油品环保性能提出了更高要求。如何利用好、发挥好现有脱硫技术优势, 如何把握好脱硫技术发展先机, 成为诸多石油化工企业关注的焦点, 有必要进行深入探究。

1 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术概述

S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术最早由 Philips 石油公司研究开发, 现阶段已经实现较大规模的引进与应用。初代技术应用环节, 主要使用该公司开发的专利吸附剂, 将其投加到处理设备中后, 可以较好地吸附和脱除汽油中的硫原子, 阻断 H₂S 的生成路径, 进而防止硫醇的进一步产生。其装置架构主要包含如下几个部分:

1.1 进料与脱硫反应部分

该部分主要设置了原料缓冲罐、换热器等装置, 可以对催化装置输送而来的含硫汽油进行预处理, 使之满足 S-Zorb 技术处理需求。在换热完毕之后, 直接送入脱硫反应器之中, 与其中的吸附剂产生反应, 完成脱硫任务。整个过程中装置以流化床的状态运行, 能够确保汽油、吸附剂的良好接触。

1.2 吸附剂再生部分

S-Zorb 装置中使用的吸附剂是可再生的, 装置运行环节会抽取空气, 并进行压缩、干燥、预热等工艺处理, 并与待再生吸附剂产生氧化反应, 完成再生任

务。再生之后的混合物质还需要经过分离器进行分离, 脱离出来的吸附剂粉尘统一收集, 送往硫磺回收装置进行回收, 该部分的设置能够较好地提升 S-Zorb 技术的经济效益。

1.3 吸附剂循环部分

吸附剂再生结束之后, 系统还需要将再生结束的物料再次送回到 S-Zorb 装置结构之中, 此时依靠的便是吸附剂循环部分。该结构区域设置有阀门和调速装置, 可以灵活调节循环速率, 满足脱硫生产环节的不同工艺需求。

1.4 产品稳定部分

该部分主要设置了稳定塔装置, 可以对脱硫后的油品进行换热、冷却, 提升油品的稳定性。

2 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术应用现状

2.1 初代技术及二代技术的应用

初代 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术诞生之后, 引起了许多国家的关注, 中石化公司为响应环保号召, 于 2007 年便买断该项技术, 并在中石化系统中推广应用。

从技术性能上看, 其脱硫率高且辛烷值损失小, 对于普通含硫汽油来说, 处理后含硫量可控制在 10 μg/g 以下, 脱硫效果较为理想。其中齐鲁分公司积极进行了 S-Zorb 汽油生产线的建造, 初期主要承接国 III 号汽油的生产任务, 能够保持较为平稳的产品质量, 将汽油硫含量控制在 20 ~ 80 μg/g。中石化沧州分公司、燕山分公司同样进行了技术引进, 设计处理量分别为 0.90Mt/a 和 1.20Mt/a, 产品合格率可以达到 99% 以上, 解决了当时的汽油脱硫困难问题。

近年来我国科技产业崛起迅速, 国家从宏观视角出发, 提出了 2030 年碳达峰, 2050 年碳中和的号召, 给环保产业的发展营造了较为良好的市场环境。

很多企业公司开始加强对汽油脱硫技术的研究，二代 S-Zorb 技术由此诞生。

从研发过程上看，二代技术主要使用了 CFD 模拟技术手段，从仿真视角出发探究了流化床反应规律，对其气固分离特性有了更加深入了解。技术人员还在理论成果的基础之上，针对化地改进了反应器降尘器结构、闭锁料斗结构，促进了设备的国产化发展。二代技术体系着重解决了以往装置使用的技术短板，比如再生器内硫酸锌结块的问题，针对化设置了干燥剂，以降低空气水分压。实践验证显示确有优化效果，证明了二代技术的市场价值和经济效益。

2.2 吸附剂失活模型广泛应用

从 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术投产应用实践看，吸附剂的性能对于技术效果的达成是有着较大影响的，若吸附剂活性较好，对硫原子的脱除能力也会明显上升，油品质量便更有保障。在应用该技术的工厂之中，部分抽检产品出现了质量波动，仔细分析其工艺原因后便可以发现，其与吸附剂失活有着极大关联。传统的 S-Zorb 装置应用环节，会通过更换新剂、增大剂量等方式来解决问题，但这种方式容易增加生产成本，产品质量也无法得到充足保障。

新时期 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术研发工作取得明显进展，以吸附剂失活模型为依托的技术手段正式得到广泛应用。技术研发环节，研发者重点研究了吸附剂活性影响因素，结果发现吸附剂中含有大量的硅酸锌、锌铝尖晶石等物质，是吸附剂生效的重要成分。在重复的置换回收过程中，这两项成分会出现损耗和破碎状况，破碎后无法提供充足的吸附力，吸附剂的活性便会明显下降。而新技术中，主要搭建了基于 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术的仿真模型，借助模型计算出硫含量、吸附剂活性之间的相关性关系，根据计算结果确定置换时间、置换量即可，能够在保证产品质量的同时，减少吸附剂的消耗总量。以济南分公司为例，该公司在引进吸附剂失活模型之后，对吸附剂失活趋势、失活时间的预测能力明显提升，有所规避了油品质量波动产生的损失，由此产生的经济效益可达 1000 万余元。

2.3 再生烟气处理技术愈发成熟

再生烟气一直是 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术应用环节面临的难点问题之一，受到处理流程和生产线设计方案的制约，吸附剂完成循环回收之后，会产生大量的含硫烟气，此类烟气不妥善处理，同样会污染

周边大气环境，降低技术环保效益。国外针对该种问题，专门开发了碱液吸收方法，但此类方法初期并未被引进我国，且碱液吸收处理之后，仍旧会产生二次污染隐患，无法根治该项技术难题。新时期我国石油化工产业加强了对 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术的研究力度，并设计开发出了适合我国国情的再生烟气处理技术。以中石化齐鲁分公司为例，其设计引进了 LSH-03 低温耐氧高活性克劳斯尾气加氢催化剂，能够在 220 ~ 240℃ 的温度条件之下，对 S-Zorb 再生烟气进行脱硫处理，整体的处理效果较好，且后续也不会产生二次污染隐患。

从作用机理上看，该种催化剂主要使用了钛铝复合载体，具有易硫化的鲜明特征，且在高温条件下也不会发生反硫化，有助于提升装置的环保性能，为 S-Zorb 技术的推广应用创造良好条件。此外，我国多数的石油化工公司和企业之中，都装配有硫磺回收装置，在 LSH-03 低温耐氧高活性克劳斯尾气加氢催化剂应用的同时，各企业还可以额外设计一条管线，将生产装置与硫磺回收装置连接起来，实现对硫磺产品的回收，促进环保效益、经济效益的双重提升。

2.4 自动化诊断系统愈发成熟

S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术装置结构相对复杂，包含了缓冲罐、换热器等诸多类型不一、功能各异的设备种类，一旦其中某台设备出现故障损坏，将会带来较大的连带故障风险，对生产安全造成威胁。因此在 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术的应用过程中，各企业公司还积极研发引进了自动化诊断系统，提倡在计算机科技、物联网科技的支持下，实现对设备装置的远程实时监控，及时发现运行参数和状态参数的异动，提高故障预测和响应效率，避免故障风险蔓延造成的损失扩大问题。

该种自动化系统是与整个石油化工企业的 MES 物料系统、LIMS 系统连接的，能够实现数据的远程传输和共享，覆盖的设备种类非常之多，包含了常减压系统、催化裂化系统等。系统功能模块共分为三个部分，其中参数监控部分可以监测装置运行参数，并且对产出的油品进行质量监督，对装置运行环节的能耗水平进行监控计算。理论模型板块面向工艺设计者开放，可以在仿真技术的支持下，计算出 S-Zorb 装置的理论辛烷值损失，丰富工艺设计基础资料。后续运行监控中会不断产生实时数据，将两种数据对比，即可得到设备优化潜力信息，为具体的技改工作提供参照。

此外,该系统还内置有专家诊断系统,可以实时获取业内专家故障整改意见,有助于提高诊断和排障效率。

2.5 装置操作技术体系更加完善

S-Zorb 技术作为专利购买型技术手段,引进之初国内对其装置原理和结构并未有全面了解,在操作环节可能存在一些瓶颈。但伴随 S-Zorb 装置服役时间的延长以及二代 S-Zorb 技术的投产应用,该装置的操作技术体系也更加完善。以金陵分公司生产实际为例,公司员工在生产操作过程中,发现优化部分参数可以起到降低能耗、物耗的效果,整体的液体收率也会有所上升。后来该种经验被复制和推广到中石化系统的多个分公司之中,形成了较为完善的操作法。

由于此种操作法是在一线生产实践中逐渐摸索总结得出的,因此整体的应用效果也比较理想。比如金陵分公司旧有的操作体系之下,氢油比的控制难度较大,此项指标影响着 S-Zorb 装置反应推动力,若指标参数设定过高,反应速率会明显提升,但由此造成的物耗也会上升,参数设定过低,则会降低反应速率,影响生产进程。

在新操作法指引下,公司积极地进行了氢油比的实践验证设计对比,从多次分组实验中找寻更加合理的参数设定方案。原本的氢油比控制在 0.29,经过实验分析和理论分析之后,该项参数被调整到了 0.18,不仅降低了 RON 损失,还节省了新氢使用总量,有助于提高 S-Zorb 技术的经济效益,为 S-Zorb 技术的应用创造更加优质的条件。

3 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术的市场前景

3.1 市场需求增加

汽油脱硫技术一直是石油生产加工行业研究探讨的焦点话题,早在 2000 年之前,有关脱硫技术的理论和实践研究便已兴起,RSDS 脱硫技术、OCT-M 脱硫技术均是研究深入的产物。这主要是因为含硫汽油对环境、对汽油生产链的危害均是较大的,一方面油品含硫超标,汽车行驶使用过程中产生的氮氧化物总量会上升,产生的 PM_{2.5} 污染物也会显著增加,长此以往还会引发酸雨灾害,污染性和破坏性极强。另一方面含硫油品在生产高温环境的影响下,可能会分解产生 H₂S,此种物质与水共存时,会对汽油生产设备造成严重腐蚀,影响设备的正常运行使用,提升故障率的同时带来安全风险。

新时期我国市场经济平稳发展,城市化趋势带动了汽车产业、石油化工产业的发展,再加上“双碳”

政策的落地推行、环保政策的收紧,油品脱硫技术的市场需求量必然扩张。而 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术综合性能优良,脱硫效率高、氢耗低,能够在保证脱硫质量的同时,降低石油化工企业的成本支出,市场前景显然优于其他脱硫技术。

3.2 利润空间增大

初代 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术引入应用环节,各企业公司使用的主要是进口 S-Zorb 吸附剂,此种吸附剂价格昂贵,生产环节需要频繁使用和置换,由此产生的成本费用十分高昂。比如燕山分公司使用该项技术后,每年需要花费 1600 百万余元来采购吸附剂,生产成本较高,利润空间也被明显压缩。而新时期 S-Zorb 技术研发力度增大,以廉价高效著称的国产 S-Zorb 吸附剂进入市场,带来了更高的经济效益,市场前景十分可观。

此外,在 S-Zorb 装置系统中,反应器滤芯同样是十分关键的构造部件,其在不断地过滤净化过程中,会出现损耗失效的状况,损耗后设备压差增大,直接导致设备故障停机等情况,对于脱硫技术的正常使用带来了较大阻碍。且采购新滤芯的成本也相对较高,平均每台可以达到 300 万余元,采购周期较长,无法满足紧急置换需求,容易导致故障停机时间延长等情况。新时期反应滤芯再利用技术愈发成熟,滤芯经过萃取、酸洗、浸泡等工艺处理之后,使用性能明显恢复,减少了由此带来的经济效益损失风险,带来的利润空间更加可观。

4 结束语

综上所述,S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术综合性能优良,能够在提高汽油脱硫率的同时,降低氢耗和能耗,促进石油化工产业的优质发展,实践中务必要给予充分重视。要积极把握 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术的应用现状,了解二代技术、国产吸附剂、再生烟气处理的技术细节,积极借鉴有益经验,对自身设备装置进行升级改造,确保装置运行效益的提升。在此基础上认清形势,科学分析 S-Zorb 催化汽油吸附脱硫技术的市场发展前景,从市场需求、利润空间两方面入手精准研判,把握发展先机,为石油化工产业的可持续发展奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 李亚玲,周金波,唐靖等.催化裂化汽油加氢脱硫技术研究概述[J].山东化工,2023,52(23):129-131+134.