

炼油装置技术手册丛书

# S Zorb催化汽油 吸附脱硫装置 技术手册

侯晓明 庄 剑 主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

炼油装置技术手册丛书

# S Zorb 催化汽油 吸附脱硫装置技术手册

侯晓明 庄 剑 主编

中国石化出版社

## 内 容 提 要

本书介绍了 S Zorb 催化汽油吸附脱硫装置在炼油厂的地位和作用,同时对 S Zorb 催化汽油吸附脱硫技术的基本知识和发展历程进行了描述。在结合生产实际分析 S Zorb 装置原料性质和操作条件对产品性质影响的同时,对装置吸附剂、设备仪表、技术经济和物料性质分析也作了详细介绍。本书不但介绍了装置正常开停工情况,还对日常生产中发生的一些事故进行了分析,并提出应对措施。

本书对从事 S Zorb 催化汽油吸附脱硫装置的生产技术管理人员有很强的指导意义,对 S Zorb 催化汽油吸附脱硫装置的操作人员也有很好的实用价值,对从事与催化汽油吸附脱硫相关的科研设计人员和院校师生也是很有用的参考资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

S Zorb 催化汽油吸附脱硫装置技术手册 / 侯晓明,  
庄剑主编. —北京:中国石化出版社,2013.9  
(炼油装置技术手册丛书)  
ISBN 978-7-5114-2285-9

I. ①S… II. ①侯… ②庄… III. ①石油炼制-催化  
汽油-脱硫-化工设备-技术手册 IV. ①TE624.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 202812 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

### 中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

\*

787×1092 毫米 16 开本 8.5 印张 200 千字

2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

定价:55.00 元

# 《炼油装置技术手册丛书》

## 编 委 会

主 任 刘根元

委 员 凌逸群 俞仁明 王 强 罗 强

常振勇 王治卿 张 涌 赵日峰

余夕志 江正洪 宋云昌 谈文芳

周志明 王子康

# 《S Zorb 催化汽油吸附脱硫装置技术手册》

## 编 委 会

主 编 侯晓明 庄 剑

编写人员 中国石化上海高桥分公司：

侯晓明 曹文磊 刘 学

张 遥 孙启明 赵明洋

中国石化工程建设有限公司：

庄 剑 吴德飞 孙文林

王志民 梁 华

中国石化石油化工科学研究院：

徐广通 徐 莉 林 伟

# 前 言

随着环保要求的不断提高，我国正全面推进车用汽油标准的升级，对车用汽油硫含量的要求逐渐严格。北京、上海、广州等城市，纷纷先于全国其它地区实行更为严格的车用汽油地方标准，其中北京于2012年5月31日起已经实施相当于欧V标准硫含量的车用汽油地方标准，汽油硫含量按不大于10 mg/kg的标准执行。

我国车用汽油的组分构成与欧美等发达国家不一样，由于我国炼油厂总流程中催化裂化装置占主导地位，因此催化裂化汽油占我国汽油总量的75%~80%，从而导致催化汽油中的硫含量是炼油厂最终产品汽油质量的重要影响因素之一，如果没有合适的催化汽油脱硫装置，全厂产品汽油的硫含量要达到50 mg/kg以下是非常困难的。所以，为满足日益严格的车用汽油标准，降低催化裂化汽油硫含量成为炼油工业必须解决的问题，而建设催化汽油脱硫装置降低催化汽油的硫含量成为炼油厂生产合格车用汽油的必由之路，催化汽油脱硫装置的重要性必将随车用汽油标准的升级而更为显现。

中国石化整体收购了S Zorb技术，又迅速组织进行了新一代S Zorb技术的研究与开发，着力解决影响装置长周期稳定运行等一系列问题。中国石化工程建设有限公司对S Zorb技术进行了一系列技术创新与国产化改进与完善，形成剂耗小、能耗低、辛烷值损失小、运行周期长、更加成熟的新一代S Zorb技术。首批八套国产化装置运行周期全部超过原引进装置，镇海炼化150万吨/年S Zorb装置创造了连续运行26个月的工业记录，充分证明了新一代S Zorb技术的可靠性和先进性。

目前中国已建成投产及正在兴建的S Zorb装置总数超过10套，新一代S Zorb技术已经成为中国汽油质量升级的主要技术手段，具有良好的市场竞争力和发展前景。在此背景下，业内人士求知若渴，对S Zorb装置的技术、生产和HSE管理方法等急需相应的参考书籍，为满足需求，我们组织编写了这本《S Zorb催化汽油吸附脱硫装置技术手册》。

本书编写历时两年，由国内S Zorb业界一批知名的设计师、专家、教授和



工程技术人员共同编写，以科学性和实用性为原则，多次讨论，数易其稿，将理论知识、实践经验和操作技巧与文献资料、生产总结和科研成果融于一体。为 S Zorb 装置的生产管理人员和操作人员全面了解 S Zorb 的最新技术进展、提高装置的管理水平、强化人员培训等提供了一本实用性很强的技术手册。

本书由中国石化上海高桥分公司、中国石化工程建设有限公司和中国石化石油化工科学研究院三家单位共同编著。

本书编写的组织协调工作，由中国石化高桥分公司的侯晓明同志负责，并对全书各章进行了最后的修改和统稿审定。

中国石化石油化工科学研究院张久顺同志和中国石化燕山分公司王明泽同志对本书的编写和修改给予了大力支持和指导。

中国石化出版社的张国艳同志对本书的编写和出版给予了通力协作和配合。

由于我们大多数编者的编书经验不足、水平有限，本书难免存在不妥之处，谨请读者见谅并批评指正，以便再版时及时修正谬误。

编 者

# 目 录

第一章 绪论 .....	( 1 )
第一节 催化汽油脱硫装置在炼油厂的地位和作用 .....	( 1 )
第二节 常见催化汽油脱硫技术简介 .....	( 1 )
第三节 催化汽油吸附脱硫装置的构成及特点 .....	( 2 )
第四节 S Zorb 技术的发展历程与前景展望 .....	( 3 )
第五节 新一代 S Zorb 技术主要创新与改进 .....	( 5 )
第二章 催化汽油吸附脱硫工艺 .....	( 7 )
第一节 催化汽油吸附脱硫装置原料与产品性质 .....	( 7 )
第二节 催化汽油吸附脱硫装置工艺流程介绍 .....	( 12 )
第三节 催化汽油吸附脱硫装置主要工艺参数 .....	( 15 )
第四节 催化汽油吸附脱硫装置生产方案 .....	( 16 )
第三章 反应-再生系统吸附剂的循环输送 .....	( 18 )
第一节 吸附剂循环输送概况 .....	( 18 )
第二节 闭锁料斗控制系统 .....	( 19 )
第四章 吸附脱硫操作影响因素 .....	( 24 )
第一节 原料性质及吸附剂硫差的影响因素 .....	( 24 )
第二节 反应工艺参数的影响因素 .....	( 25 )
第三节 再生工艺参数的影响因素 .....	( 27 )
第五章 催化汽油吸附脱硫吸附剂 .....	( 28 )
第一节 吸附剂的组成、类型和性质 .....	( 28 )
第二节 吸附剂的发展历程 .....	( 29 )
第三节 工业吸附剂的制备 .....	( 31 )
第四节 吸附剂的失活原因分析及其对脱硫性能的影响 .....	( 34 )
第六章 过程自动控制及仪表 .....	( 38 )
第一节 过程自动控制 .....	( 38 )
第二节 仪表选择与安装 .....	( 41 )
第七章 催化汽油吸附脱硫装置主要设备 .....	( 43 )
第一节 主要静设备 .....	( 43 )
第二节 加热炉 .....	( 44 )
第三节 主要转动设备 .....	( 45 )
第八章 催化汽油吸附脱硫装置技术经济分析 .....	( 48 )
第一节 能耗分析 .....	( 48 )
第二节 成本分析 .....	( 49 )
第三节 技术经济效益 .....	( 51 )



<b>第九章 催化汽油吸附脱硫工艺中的分析技术</b> .....	( 53 )
第一节 气体样品分析 .....	( 53 )
第二节 原料和产品的分析 .....	( 55 )
第三节 吸附剂的物化性质分析 .....	( 59 )
<b>第十章 催化汽油吸附脱硫装置的技术标定</b> .....	( 67 )
第一节 标定概述 .....	( 67 )
第二节 标定的管理 .....	( 67 )
第三节 标定报告 .....	( 68 )
<b>第十一章 催化汽油吸附脱硫装置的开停工及事故处理</b> .....	( 85 )
第一节 催化汽油吸附脱硫装置的开工 .....	( 85 )
第二节 催化汽油吸附脱硫装置的停工 .....	( 107 )
第三节 催化汽油吸附脱硫装置事故处理 .....	( 113 )
<b>第十二章 安全健康和环境保护</b> .....	( 118 )
第一节 安全健康 .....	( 118 )
第二节 环境保护 .....	( 122 )
<b>参考文献</b> .....	( 125 )

# 第一章 绪 论

## 第一节 催化汽油脱硫装置在炼油厂的地位和作用

随着环保要求的提高,我国对车用汽油硫含量的要求逐渐严格,车用汽油国家标准 GB—17930 对硫含量要求的升级步伐明显加快。表 1-1 为车用汽油标准逐步升级的有关情况。此外,北京、上海、广州等城市先于全国其他地区城市实行更加严格的地方标准。其中北京于 2008 年 1 月 1 日起开始实施相当于国 IV 车用汽油标准,汽油硫含量不大于 50 mg/kg,并且已于 2012 年 5 月 31 日起实施更加严格的车用汽油 DB—11238—2012 地方标准,汽油硫含量不大于 10mg/kg。全国范围也将进一步实施更加严格的车用汽油标准。

表 1-1 车用汽油标准 GB—17930 部分指标升级情况

项 目	GB—17930—1999	GB—17930—2006	GB—17930—2006	GB—17930—2011
排放标准	—	国 II	国 III	国 IV
硫含量/(mg/kg)	不大于 1000/800 <sup>①</sup>	不大于 500	不大于 150	不大于 50
烯烃含量/(%) (体积)	—	不大于 35	不大于 30	不大于 28
芳烃含量/(%) (体积)	不大于 40	不大于 40	不大于 40	不大于 40
苯含量/(%) (体积)	不大于 2.5	不大于 2.5	不大于 1.0	不大于 1.0
氧含量/(%)	—	不大于 2.7	不大于 2.7	不大于 2.7

① 北京、上海、广州先于全国实行不大于 800mg/kg 硫含量要求。

催化汽油占我国汽油总量的 75% ~ 80%, 其所含硫占汽油池总硫含量的 90% 以上。对于加工常规中、高硫原油的炼油厂,即使配置了催化裂化原料加氢预处理装置对催化裂化原料进行精制,催化汽油的硫含量也难以达到 100mg/kg 以下;对于加工低硫原油的炼油厂,催化汽油的硫含量难以达到 50mg/kg 以下。受硫含量高的影响,催化汽油直接作为成品油调和组分的可能性越来越小。

为满足日益严格的车用汽油标准,降低催化汽油硫含量成为炼油工业必须解决的问题。建设催化汽油脱硫装置降低催化汽油的硫含量成为炼油厂生产合格车用汽油的必由之路。催化汽油脱硫装置的重要性将伴随车用汽油标准的升级而日渐提高。

## 第二节 常见催化汽油脱硫技术简介

催化汽油脱硫主要有吸附脱硫和选择性加氢脱硫两大类技术。

吸附脱硫技术以催化汽油吸附脱硫技术(简称 S Zorb 技术)为代表,本书将全面介绍该技术,本节不再赘述。

选择性加氢脱硫技术比较多,国外的主要工艺技术有: Axens 公司的 Prime - G 和 Prime - G + 工艺, CDTECH 公司的 CDhydro/CDHDS 工艺, ExxonMobil 公司的 SCANFining&OCTGAIN

工艺以及 UOP 公司的 ISAL 等工艺, 其中使用比较多的是 Prime - G 和 CDhydro/CDHDS 工艺。国内的主要工艺技术有: 中国石化石油化工科学研究院开发的 RSDS 工艺以及抚顺石油化工研究院开发的 OCT - M 等工艺已经成功地获得工业化应用, 中国石油石油化工研究院与中国石油大学联合开发的 GARDES (Gasoline Aromatization and Desulfurization) 工艺在大连石化开展了工业应用试验。

SCANFining 和 Prime - G 技术采用单段催化汽油选择性加氢脱硫工艺, 其脱硫率 80% ~ 90%; 烯烃饱和度 10% ~ 20%; [研究法辛烷值 (RON) + 马达法辛烷值 (MON)]/2 损失 0.8 ~ 1.4 个单位; 液收基本不受损失。

OCTGAIN、UOPISAL、Prime - G + 和 CDhydro/CDHDS 采用两段催化加氢, 进行深度脱硫和选择性加氢, 辛烷值损失小于 0.5 个单位; 液收基本不受损失。

CDTECH 的 CDhydro/CDHDS 组合催化汽油脱硫技术。CDTECH 的技术方案采用催化蒸馏方法。催化汽油进入填料塔进行馏分切割的同时, 按照轻重馏分硫含量和硫种类的不同分别进入不同催化模块进行脱硫反应。吸附剂预装在填料塔模块 (CDModules) 中。CDTECH 技术需要成套引进 CDModules 模块。

Prime - G + 和 CDhydro/CDHDS 工艺基本相当, 先将全馏分汽油预加氢, 预加氢的主要目的是将二烯烃转化为单烯烃, 大部分的硫醇转化和脱硫, 部分轻的硫化物转化为重的硫化物等。然后将一段反应产物分为轻、重汽油组分, 轻汽油可以做汽油调和组分或醚化原料, 重汽油送至二段加氢, 进行深度脱硫。

Prime - G + 的技术方案采用固定床选择性加氢的方法。与传统固定床加氢脱硫不同的是将经过预加氢处理的全馏分催化汽油切割为轻石脑油和重石脑油两部分, 其中重石脑油硫含量高进一步经固定床脱硫后与轻石脑油混合, 生产满足低于 10mg/kg 硫含量要求的低硫汽油。

RSDS 技术由中国石化石油化工科学研究院开发, 目前已经形成第二代技术。RSDS 装置主要包括全馏分催化汽油 (FCCN) 分馏单元、重馏分汽油 (HCN) 加氢脱硫单元、轻馏分汽油 (LCN) 碱抽提脱硫醇及 HCN 加氢产品氧化脱硫醇单元三个部分。首先将催化汽油馏分切割为轻、重两部分汽油, 再将重馏分进行加氢脱硫, 轻馏分汽油至碱液抽提脱硫醇, 加氢后汽油重馏分与抽提后轻馏分再混合至固定床脱硫醇部分。第二代催化汽油选择性加氢脱硫 RSDS - II 技术选择性较第一代技术有进一步提升。

中国石油石油化工研究院和中国石油大学合作开发的 GARDES 技术采用两段加氢工艺: 一段采用选择性加氢脱硫技术在烯烃饱和和最小化的前提下提高脱硫率, 二段采用辛烷值恢复技术降低辛烷值损失、同时补充性脱硫。2010 年, 该技术在中国石油大连石化分公司 2Mt/a 汽油加氢装置进行了工业化试验。

### 第三节 催化汽油吸附脱硫装置的构成及特点

催化汽油吸附脱硫装置 (简称 S Zorb 装置) 采用 S Zorb 专利技术, 主要包括进料与脱硫反应、吸附剂再生、吸附剂循环和产品稳定四个部分。该技术基于吸附作用原理对汽油进行脱硫, 通过吸附剂选择性地吸附含硫化物中的硫原子而达到脱硫目的, 与选择性加氢脱硫技术相比, 该技术具有脱硫率高 (可将硫脱至 10mg/kg 之下)、辛烷值损失小、氢耗低、操作费用低的优点。

S Zorb 技术采用全馏分催化汽油一次通过脱硫工艺, 不产生硫化氢, 原料汽油中的硫从再生烟气以二氧化硫方式排出; 反应器内发生流化床吸附脱硫反应; 再生器发生流化床氧化反应; 反应部分为中压临氢环境, 再生部分为低压含氧环境, 由闭锁料斗步序控制实现氢氧环境的隔离和吸附剂的输送。

#### 第四节 S Zorb 技术的发展历程与前景展望

S Zorb 技术的发展主要分为三个阶段:

第一个阶段是第一代 S Zorb 技术, 反应压力低、再生方式为类似重整工艺的循环再生、用两个料斗分别进行待生吸附剂和再生吸附剂的输送。

第一代 S Zorb 技术应用于美国 Borger 炼厂和 Ferndale 炼厂两套装置, 其中 Borger 炼厂装置于 2001 年投产, 是 S Zorb 技术首次工业化应用。Ferndale 炼厂装置于 2003 年 11 月建成投产。现在仅 Ferndale 炼厂装置仍在运行。

第一代 S Zorb 技术的基本流程见图 1-1。

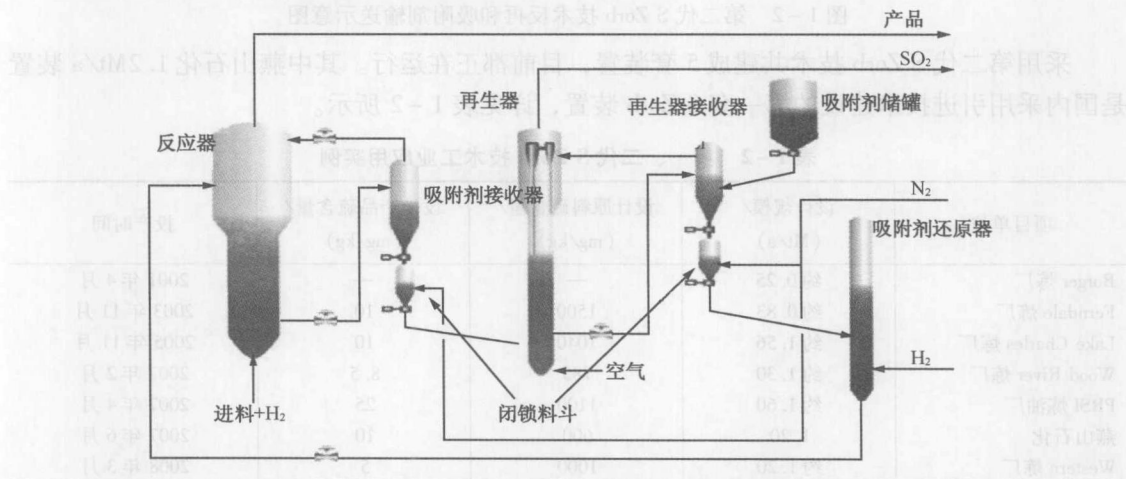


图 1-1 第一代 S Zorb 技术反再和吸附剂输送示意图

第一代 S Zorb 技术吸附剂循环输送的特点是分别设置待生吸附剂闭锁料斗和再生吸附剂闭锁料斗, 其中待生吸附剂闭锁料斗用于待生剂向再生系统的转移, 再生吸附剂闭锁料斗用于再生剂向反应系统的转移。

第二个阶段是第二代 S Zorb 技术, 主要变化是提高反应压力、用一个料斗实现待生吸附剂和再生吸附剂的输送、再生方式调整为一次通过。第二代 S Zorb 技术基本流程见图 1-2。

第二代 S Zorb 技术的单闭锁料斗简化了吸附剂输送流程, 但闭锁料斗控制系统的复杂性和苛刻度相应提高。待生剂和再生剂在循环输送中都需要通过闭锁料斗, 由闭锁料斗实现氢氧环境、高低压环境的隔离与变换。

第二代 S Zorb 技术相对于第一代 S Zorb 技术降低了装置建设投资和运行费用, 提高了 S Zorb 技术的竞争力。与此同时, 这些变化给装置的可靠性带来负面影响, 采用第二代 S Zorb 技术建成的装置比较普遍地出现吸附剂输送困难、循环周期长、闭锁料斗附近吸附剂阀门失效快等现象。



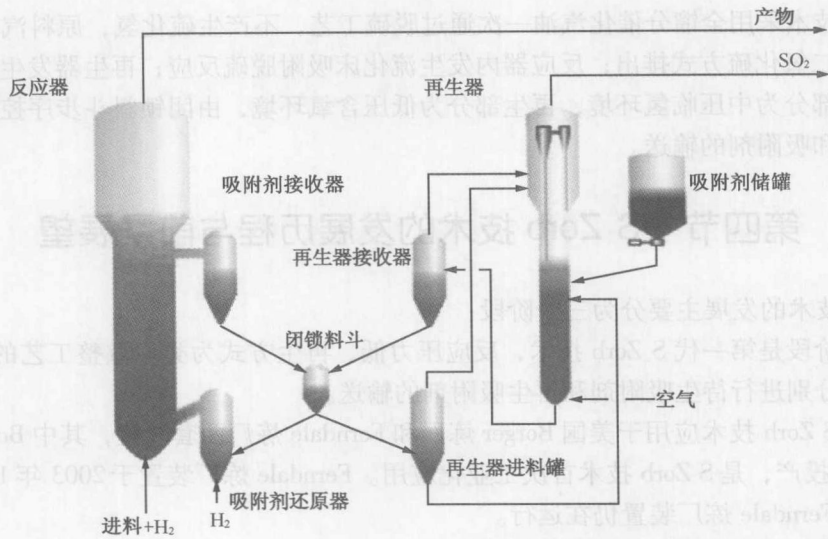


图 1-2 第二代 S Zorb 技术反再和吸附剂输送示意图

采用第二代 S Zorb 技术共建成 5 套装置，目前都正在运行。其中燕山石化 1.2Mt/a 装置是国内采用引进技术建设的第一套 S Zorb 装置，详见表 1-2 所示。

表 1-2 第一、二代 S Zorb 技术工业应用实例

项目单位	设计规模/ (Mt/a)	设计原料硫含量/ (mg/kg)	设计产品硫含量/ (mg/kg)	投产时间
Borger 炼厂	约 0.25	—	—	2001 年 4 月
Ferndale 炼厂	约 0.83	1500	10	2003 年 11 月
Lake Charles 炼厂	约 1.56	1040	10	2005 年 11 月
Wood River 炼厂	约 1.30	785	8.5	2007 年 2 月
PRSI 炼油厂	约 1.60	1100	25	2007 年 4 月
燕山石化	1.20	600	10	2007 年 6 月
Western 炼厂	约 1.20	1000	5	2008 年 3 月

第三个阶段是新一代 S Zorb 技术。2007 年，中国石化整体收购 S Zorb 技术后进行了系统的技术创新和完善，重点解决影响装置长周期稳定运行等问题。中国石化工程建设有限公司(简称 SEI)承担“新一代 S Zorb 汽油吸附脱硫技术开发”的科技攻关重点课题，将催化、连续重整、加氢等工艺与工程技术方面积累了丰富工程设计经验的技术人员对专有技术进行技术移植与创新，应用流程模拟、计算流体力学、应力分析和三维配管等先进技术工具对 S Zorb 技术进行了一系列技术创新与改进。截至 2012 年 12 月，中国石化采用新一代 S Zorb 技术在中国石化系统内已经建成投产 9 套装置，总加工能力达 11.10Mt/a，为汽油质量升级奠定了技术和物质基础，9 套装置的情况见表 1-3。

表 1-3 新一代 S Zorb 技术工业应用实例

项目单位	设计规模/ (Mt/a)	设计原料硫含量/ (mg/kg)	设计产品硫含量/ (mg/kg)	投产时间
高桥	1.20	600	10	2009 年 9 月
济南	0.90	800	10	2009 年 12 月

续表

项目单位	设计规模/ (Mt/a)	设计原料硫含量/ (mg/kg)	设计产品硫含量/ (mg/kg)	投产时间
镇海	1.50	600	10	2009年12月
广州	1.50	600	10	2010年1月
齐鲁	0.90	750	10	2010年2月
沧州	0.90	1100	10	2010年3月
长岭	1.20	950	10	2010年11月
金陵	1.50	600	10	2012年8月
金山	1.50	600	10	2012年11月

注：新一代 S Zorb 技术工业应用统计至 2012 年 12 月。

S Zorb 技术经过改进与完善，形成剂耗小、能耗低、辛烷值损失小、运行周期长、更加成熟的新一代 S Zorb 技术。首批国产化装置运行周期全部远超原引进装置，镇海 1.5Mt/a 装置自 2009 年 12 月首次开工投产以来连续运行至 2012 年 2 月，创造了 S Zorb 连续运行 26 个月的工业记录，充分证明了新一代 S Zorb 技术的可靠性和先进性。S Zorb 技术的可靠性和应用业绩取得长足进步。

目前中国石化系统内正在兴建的第二批 S Zorb 装置超过 10 套，新一代 S Zorb 技术已经成为中国石化汽油质量升级的主要技术手段。同时，新一代 S Zorb 技术开始向中国石化系统外授权使用，得到进一步推广应用。新一代 S Zorb 技术具有良好的市场竞争力和发展前景。

## 第五节 新一代 S Zorb 技术主要创新与改进

工业应用过程中发现，采用第二代 S Zorb 技术建成的装置普遍出现连续运行时间短（最长不超过 6 个月）的现象，主要问题集中在反应器过滤器反吹频繁导致失效、吸附剂输送困难、闭锁料斗附近吸附剂阀门失效快等方面。针对这些问题，SEI 对 S Zorb 技术进行了系统的技术创新与改进，主要内容如下：

### 1. 反应器过滤器及降尘器的开发与优化应用

反应器是 S Zorb 装置的核心设备，反应器内为气固两相、流化床操作，顶部设置精密自动反吹过滤器将吸附剂滤除。该过滤器正常启动反吹的压降为 35kPa，由于反应器内吸附剂颗粒浓度高，过滤器反吹频繁（约 1 次/5min），致使原国内外 S Zorb 装置普遍出现高压反吹阀门寿命短、过滤器内预热管系松动等问题，是影响装置操作周期的关键问题之一。

SEI 根据燕山分公司 1.2Mt/a S Zorb 装置的运行参数及反应器过滤器暴露的问题，对比国外 S Zorb 装置的相应情况，分析认为燕山分公司装置的反应器过滤器设计过滤速度偏高、过滤器有效过滤面积偏小。随之开发了反应器降尘器以减少从反应段进入沉降段的吸附剂粉尘浓度。降尘器在燕山分公司 1.2Mt/a S Zorb 装置上使用成功后，并在国内建设的后续装置上得到推广应用。

在首批 9 套国产化装置中，优化了反应器过滤器设计参数，并组合使用降尘器，取得明显改善效果。开工初期过滤器反吹间隔时间超过 120min，随着开工周期的延长，过滤器反



吹效果下降,但通常还能达到30min。长岭分公司1.2Mt/a S Zorb 装置经过16个月的连续满负荷运行后反吹间隔时间仍能达到90min。

通过优化反应器过滤器设计参数并组合使用降尘器,大幅延长了反应器过滤器的反吹周期,解决了困扰S Zorb 装置长周期运行的一个关键问题,为装置长周期操作、降低操作成本及S Zorb 工程技术的进步提供了有力的技术支撑。

## 2. 再生系统的技术改进

吸附剂再生系统的作用是为吸附剂的再生提供适宜的氧化环境,恢复吸附剂的吸附活性。再生器内的氧、二氧化硫和水环境易导致吸附剂反应生成硫酸锌而结块失活,不仅增大剂耗,而且脱落的块状物将堵塞再生滑阀、影响再生吸附剂的输送和装置的平稳操作。

在首批国产化9套装置上,根据再生空气干燥要求设置干燥器,并将干燥器出口空气的露点作为装置的控制参数,有效降低空气进入部位的水分压。在这一措施下,再生器内的吸附剂结块现象得到有效抑制,为装置的长周期运行排除了第二个难点。

## 3. 原料与反应产物换热器的技术改进

S Zorb 反应器为气固流化床,所有的原料汽油均在原料与反应产物换热器中完全气化并被加热炉加热到415℃以上进入反应器。原有的多套S Zorb 装置出现原料与反应产物换热器结垢严重、换热效率下降而被迫停工的情况。经检查分析,污垢主要集中在原料一侧,主要成分是盐分、机械杂质和少量的焦质。

针对这种情况,在首批国产化装置中主要采取以下两个措施:

(1) 换热器改为两列并行,每列设计负荷为60%的原料处理量,并且设置隔离和吹扫设施,可以将一列单独切出清洗,另一列维持装置低负荷操作。

(2) 设置原料过滤器,有效清除原料中的杂质。上述改进在新建装置中得到良好应用,并且在部分装置上实施了换热器一列切出清洗、另一列维持操作的应用,避免了装置停工。

## 4. 闭锁料斗及吸附剂输送系统的技术改进

S Zorb 装置设置单闭锁料斗,作为压力较高的反应部分与低压的再生部分的中间设备,需要采用氮气作为氢氧环境隔离的中间介质,采用闭锁料斗控制系统对吸附剂输送过程进行精密控制。

首批国产化装置对闭锁料斗控制系统进行了多项改进,消除了反应部分氢气窜入高温氧环境再生器的可能,并且改进闭锁料斗步序控制时间步长,促进吸附剂输送通畅。此外,改进原有的再生剂接收器、闭锁料斗的布置方式,采用同轴布置,缩短了闭锁料斗与再生部分转剂的时间。

## 5. 其他技术改进

在S Zorb 技术国产化设计和建设过程中,除重点针对延长操作周期的技术改进外,对降低装置剂耗和能耗、引进设备国产化等方面也进行了一系列的技术改进:

(1) 设置闭锁料斗氢气和氮气过滤器吸附剂回收设施与流程,回收吸附剂。

(2) 调整分馏塔压力,优化分馏部分的部分流程,降低能耗。

(3) 再生器旋风分离器、反吹氢与反应产物换热器和部分精密过滤器的国产化。

(4) 优化反应与再生系统的流程,设置再生器临时处理措施。

经过技术创新与完善形成的新一代S Zorb 技术在剂耗、能耗、辛烷值损失、运行周期等指标取得长足进步,有效提高了装置的可靠性和先进性,为该技术的推广应用奠定坚实基础。

## 第二章 催化汽油吸附脱硫工艺

### 第一节 催化汽油吸附脱硫装置原料与产品性质

#### 一、原料种类及性质

##### (一) 催化汽油

目前国内 S Zorb 装置原料大多为催化裂化装置汽油, 与其他工艺汽油(重整汽油、异构化汽油、直馏汽油以及醚化汽油等)相比, 催化汽油组成中烯烃较高, 硫含量也较高。

S Zorb 装置可采用全组分催化汽油直接进料, 对原料汽油中的硫含量及烯烃含量没有明确要求, 但对原料中的杂质含量有一定的要求。在确定装置进料前及装置运行过程中需改变进料时对原料中杂质含量进行分析, 主要的分析内容及指标要求为: 硅含量要小于 1mg/kg, 氯含量要小于 10mg/kg, 氮含量要小于 75mg/kg, 氟含量小于 1mg/kg, 钠含量小于 1mg/kg, 实际胶质含量小于 3mg/100mL。

表 2-1 为了目前国内部分催化裂化装置汽油的基本组成, 可见不同催化裂化装置生产的汽油随原料、工艺类型、所用催化剂种类及操作参数的不同其组成也不同。而同一催化裂化装置生产的汽油性质也会随装置加工原料情况及装置操作状态改变而变化, 图 2-1 为某催化裂化装置生产的汽油在四个月时间内汽油中硫含量的变化, 可见同一装置不同时间得到的产品汽油性质也会有较大的不同。

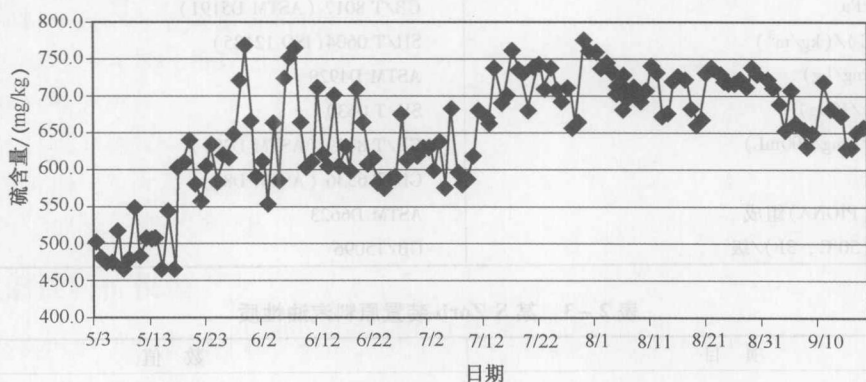


图 2-1 不同时间某催化裂化装置汽油中的硫含量

表 2-1 部分催化裂化装置汽油性质

性质	1	2	3	4	5	6
正构烷烃/(%) (体积)	5.03	4.60	3.66	4.93	4.7	5.11
异构烷烃/(%) (体积)	28.89	26.09	30.93	31.18	28.42	34.43
烯烃/(%) (体积)	36.87	36.54	30.45	25.07	40.18	24.44

续表

性质	1	2	3	4	5	6
环烷烃/% (体积)	6.51	8.83	8.26	7.31	7.53	8.15
芳烃/% (体积)	22.71	23.24	26.71	29.61	19.15	27.87
RON	92.4	93.0	93.6	92.9	89.2	90.0
MON	81.7	81.8	82.4	82.0	79.0	80.1
硫含量/(mg/kg)	456	652	320	254	764	306

为了保持装置平稳运行, 选择合理的工艺参数及操作条件, 得到理想的汽油产品, 需要对 S Zorb 装置原料进行组成及性质的详细分析, 并根据各装置的特点及要求确定合理的控制指标。装置日常生产中原料汽油需分析的常规项目主要有: 密度、蒸气压、馏程、族组成、硫含量、辛烷值、溴价和实际胶质等。有时也需要对原料汽油中的烯烃种类、硫化物的类型进行详细分析。表 2-2 中列出了装置日常生产中需对汽油进行的常规分析项目, 表 2-3 ~ 表 2-6 为某 S Zorb 装置原料汽油的分析结果。

表 2-2 S Zorb 汽油常规分析项目

分析项目	分析方法
族组成/% (体积)	GB/T 11132 (ASTM D1319) SH/T 0741 (ASTM D7753)
RON	GB/T 5487 (ASTM D2699)
MON	GB/T 503 (ASTM D2700)
硫含量/(mg/kg)	原料
	产品
蒸气压/kPa	GB/T 8017 (ASTM D5191)
密度(20℃)/(kg/m <sup>3</sup> )	SH/T 0604 (ISO 12185)
氯含量/(mg/kg)	ASTM D4929
溴价/(gBr/100g)	SH/T 0630
实际胶质/(mg/100mL)	GB/T 8019 (ASTM D381)
馏程	GB/T 6536 (ASTM D86)
汽油烃类 (PIONA) 组成	ASTM D6623
铜片腐蚀(50℃, 3h)/级	GB/T5096

表 2-3 某 S Zorb 装置原料汽油性质

项目	数值
RON	93.7
MON	82.0
溴价/(gBr/100g)	77.08
实际胶质/(mg/100mL)	2
蒸气压/kPa	58
硫/(mg/kg)	755.65
总氯/(mg/kg)	0.54
硅/(mg/kg)	<0.1
水含量/(mg/L)	118