

设备安全运行与管理 **丛书**

特阀 安全运行与管理

袁黎明 肖佐华 编著
黄梓友 审核

中国石化出版社
[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

TE 96
456
1-

设备安全运行与管理丛书

特阀安全运行与管理

袁黎明 肖佐华 编著
黄梓友 审核

中国石化出版社

内 容 提 要

本书介绍了催化裂化装置特阀——单双动滑阀、塞阀、高温蝶阀、高温闸阀的相关基础理论和安全运行管理知识。内容包括:特阀主辅部分相关的原理和结构特点以及特阀的运行维护、HSE 管理、故障分析与处理等。

本书具有较强的实用性,通俗易懂,深入浅出,可操作性强。可供石化行业工程技术人员、设备管理人员、检(维)修人员及装置操作人员使用,也可作为操作人员、检(维)修人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

特阀安全运行与管理/袁黎明,肖佐华编著.
—北京:中国石化出版社,2007
ISBN 978-7-80229-271-0

I. 特… II. ①袁… ②肖… III. 石油炼制-催化
裂化-阀门-安全技术 IV. TE96

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 032699 号

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.cn

中国石化出版社图文中心排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

850×1168 毫米 32 开本 9.25 印张 245 千字

2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷

定价:28.00 元



20 世纪中叶，我国流化催化裂化工业开始起步，经过半个世纪的发展，国内的催化裂化工业有了长足发展，不论是催化裂化技术，还是装置的数量、规模，都发生了巨大的变化，不少企业建成投产了二套、三套催化裂化装置，单套装置生产规模也从 1.0Mt/a 发展到 3.0Mt/a，甚至更大。装置运转更加平稳，催化裂化技术也成为中国石化工业的核心技术。

21 世纪初，中国加入了世贸组织，对石油、石化企业而言带来了新机遇，也引入了更大的竞争。能否拥有与之相适应的经营管理、专业技术和操作技能人才队伍，是否拥有一大批精通业务的工程技术人员和操作工人，是企业能否安全生产、平稳长周期运转，能否发展的关键。然而目前国内关于催化裂化特阀运行维护、安全管理方面的书籍很少，适合基层工程技术人员、管理人员和操作工培训使用方面的教材也比较欠缺。在石油化工的国际化发展形势下，提高职工技术素质、增强企业竞争力便是有效的手段，从事催化裂化管理、操作的基层工作者需要掌握特阀基础理论、运行管理方面的知识，为方便培训使用，因此编写了此书。

本书共分七章，着重介绍特阀的结构原理、安全运行和管理方面的知识，同时也兼顾故障检修和操作维护方面的内容。第一章概括介绍了催化裂化特阀的发展情

况；第二章主要介绍各种特阀的结构与特点；第三章介绍特阀控制与执行系统的结构特点，重点讲述了气动、电液执行系统的组成、结构性能方面的内容；第四章介绍了特阀的日常操作维护；第五章结合现代石油化工企业 HSE 管理理念，讲述了特阀的安全运行管理；第六章比较全面地介绍了特阀的常见运行故障处理方法；第七章列举了国内近几年发生的典型特阀事故案例，并进行了分析。鉴于特阀气动和电液控制系统相对复杂，故障点多，本书在附录 A、附录 B 完整收录了“液压系统通用技术条件”、“气动系统通用技术条件”，以方便读者阅读时参考和工作中查阅。本书第二章~第三章较全面地对特阀和执行控制部分的结构原理特点进行了讲述，弥补了目前市面上该领域书籍中所欠缺的该部分内容，有利于读者对安全运行和管理章节内容的学习和理解。

本书由袁黎明主编，肖佐华修改补充，黄梓友负责审核。

在编写过程中，参考了路甬祥、曹汉昌、郝希仁、张韩、张硕德、时铭显、于克敏等许多前辈、专家的著作，引用了《中国流化催化裂化 20 年》、《中国流化催化裂化 30 年》、《液压气动技术手册》等公开发行书籍、内部资料及国内公开发表技术论文中的部分内容，编写中得到了关广伟、叶国庆、何可禹、刘大东、李长洛、雷建平同事的帮助，在此一并致谢。同时感谢家人关照和支持。

鉴于笔者经验不足，水平有限，书中不妥之处敬请同行、专家和广大读者不吝指教。

绪论	(1)
第一章 特阀的应用与发展	(4)
第一节 滑阀的应用与发展	(4)
第二节 塞阀的应用与发展	(7)
第三节 高温蝶阀的应用与发展	(10)
第四节 高温闸阀的应用与发展	(11)
第二章 特阀的结构与特点	(13)
第一节 滑阀的结构特点	(13)
第二节 塞阀的结构特点	(23)
第三节 高温蝶阀的结构特点	(32)
第四节 高温闸阀的结构特点	(38)
第三章 特阀控制与执行系统的结构特点	(44)
第一节 电液特阀控制系统原理组成	(44)
第二节 电液特阀执行与传动部分的结构 原理	(106)
第三节 气动特阀控制系统原理组成	(114)
第四节 气动特阀执行与传动部分的结构与 原理	(126)
第五节 电液与气动控制系统的性能比较	(146)
第四章 特阀的日常操作维护	(149)
第一节 特阀的运行操作	(149)
第二节 特阀的日常管理	(151)
第三节 特阀辅助机构的运行维护	(163)
第四节 特阀的特级维护管理	(178)
第五章 特阀的安全运行管理	(183)
第一节 HSE 简介	(183)

目 录

第二节	特阀运行的 HSE 管理	(186)
第三节	特阀检修的 HSE 管理	(197)
第四节	特阀的应急预案	(214)
第六章	特阀常见运行故障处理	(223)
第一节	常见阀体紧急故障抢修	(223)
第二节	特阀控制与执行部分故障处理	(226)
第三节	特阀故障处理作业指导书	(249)
第七章	特阀典型事故原因分析与预防	(254)
第一节	单动滑阀事故	(254)
第二节	双动滑阀事故	(259)
附录 A	液压系统通用技术条件	(264)
附录 B	气动系统通用技术条件	(274)
参考文献		(288)

绪 论

催化裂化装置中的单双动滑阀、塞阀、高温蝶阀和高温闸阀，因其在生产中的地位重要、技术含量高、故障影响大，为加强在安全生产管理的各个环节中对关键阀门设备的重视程度，故称其为特阀。

随着炼油工业的飞速发展，催化裂化技术在国内外工业应用中也取得了巨大进步。自从我国第一套催化裂化装置 1965 年在抚顺石油二厂建成投产近 40 年来，国内催化裂化工艺发展异常迅速，无论在科研、设计和生产制造等方面，都取得了重大的进展，特别是近 20 年来，催化裂化新技术、新工艺、新设备和新型催化剂等重大科技成果大量涌现，作为催化裂化装置的关键设备之一，滑阀、塞阀、高温闸阀和高温蝶阀也伴随炼油技术发展而更加广泛地得到应用。相对于过去固定床催化裂化工艺，提升管催化裂化装置操作温度和压力大幅度提高，特别是我国在过去的 20 年里大力发展了重油催化裂化加工技术，无论在耐高温、耐磨损、使用寿命，还是在调节性能方面，对特阀的本体结构和执行机构的设计都提出了更高的要求，也促进了配套关键设备的技术进步。

在 20 世纪 90 年代以前，在国内各炼油厂的催化裂化装置上还广泛使用着热壁式气动调节风动滑阀等，它们的性能虽然能满足装置操作要求，但是，由于其传动效率低、推力偏小、阀内件容易磨损以及阀板易出现“卡阻”现象，直接或间接影响了装置的平稳运行和长周期安全生产。随着重油催化裂化技术的发展，再生温度和再生压力不断提高，高效催化剂、助剂的应用，以及大型烟气能量回收机组的应用等，都对配套单双动滑阀、塞阀、高

温闸阀、高温蝶阀的耐高温、耐磨损性，以及执行机构控制和自保联锁等性能提出了更高的要求，原热壁滑阀的内部零件、阀体结构以及阀盖、阀杆密封和气动执行机构性能已不能适应。

早在 20 世纪 60 年代末，国外催化裂化装置上已经开始使用冷壁式电液滑阀、电液塞阀、电液高温蝶阀等代替传统的气动和电动控制方式。经过这些年的不断改进发展，滑阀、塞阀、高温蝶阀及其电液执行机构从结构和制作工艺上日趋完善，其阀体采用隔热耐磨双层衬里，执行机构采用控制精度高、推力大、响应速度快和稳定性好的电液执行机构，极大地改善了产品的适应性。20 世纪 90 年代前后，国内炼油企业在催化裂化装置上也大量引进和应用了国外滑阀、塞阀和高温蝶阀及配套的电液执行机构。

在国内炼油工业迅速发展的形势下，国内的科研、设计、制造单位和炼油企业共同努力，积极消化吸收先进技术，试验开发国产特阀设备，并取得了巨大成功。1989 年由洛阳石化工程公司、北京设计院、九江仪表厂、兰州炼化总厂机械厂和胜利炼油厂等科研机构和企业共同努力下，开发出了国产高性能的分体式电液冷壁滑阀，并试运成功。1989 年 4 月，由洛阳石化工程公司和兰州炼化总厂机械厂及航空工业总公司 634 所共同努力，完成的 $\phi 1000$ 电液控制冷壁双动滑阀在兰炼同轴催化裂化装置上投入工业应用。在推广应用 BDY-9 与 LBHZ 的同时，1991 年又成功开发了设有备用油泵的 LBHF 分体式电液执行机构，其技术含量高、性能稳定。对于同轴式催化裂化工艺，我国早在 1964 年就进行了设计、建设、试验工作，1975 年制造完成，1977 年成功应用。另外，1995 年在消化吸收国外先进技术的基础上，设计开发了国产单面密封的楔形电动高温闸阀。目前，我国自主开发的催化裂化装置专用特阀设备在国内均已得到推广应用。

近年来，由于新材料、新工艺、新设备在催化裂化装置的应用，以及管理水平的提高，装置运行周期已经达到 3 年甚至 5 年

以上；装置长周期安全稳定运行，对特阀及其控制、执行机构等综合性能提出了更高要求；特阀及其控制、执行机构的发展完善，也促进了催化裂化工业的精细、高效、安全生产。鉴于此，本书侧重于对特阀主辅部分相关的原理和结构特点，以及特阀运行维护、HSE 管理、故障分析与处理等几个方面知识进行比较全面的介绍，力求贴近实际，以满足生产运行管理和检修维护的需要。

第一章 特阀的应用与发展

特阀在催化裂化装置生产的不同环节上都起着重要作用，功能各异，但从设备结构组成上都可分为三个部分，即：阀体、执行传动部分和控制部分。阀体作为最终实现调节或切断功能的关键部分，直接接触高温催化剂或烟气，工作条件苛刻，对设计、选材和制造要求高，也是操作维护的重点部位。

第一节 滑阀的应用与发展

一、滑阀的应用

滑阀作为催化裂化装置的关键阀门，在反应再生生产工艺中，对催化裂化的反应温度控制、物料调节、压力控制起着关键作用，特别是再生滑阀和待生滑阀还起到紧急情况下自保切断两器的安全保护作用。

按在催化裂化装置中阀板动作形式，滑阀可分为单动和双动滑阀。

单动滑阀多应用于催化剂循环管路，其安装位置及所起作用因催化裂化装置类型不同而异。如图 1-1(a)所示，同高并列式催化裂化装置上的待生催化剂单动滑阀(待生滑阀)位于 U 形管上增压风入口的上游；再生催化剂单动滑阀(再生滑阀)位于 U 形管上进料入口的上游。都处于垂直管线上，并在距 U 形管最小距离处。在正常操作时，单动滑阀处于较大开度或全开位置，只在发生事故时才起紧急切断作用。

如图 1-1(b)所示在高低并列式催化裂化装置中，再生和待

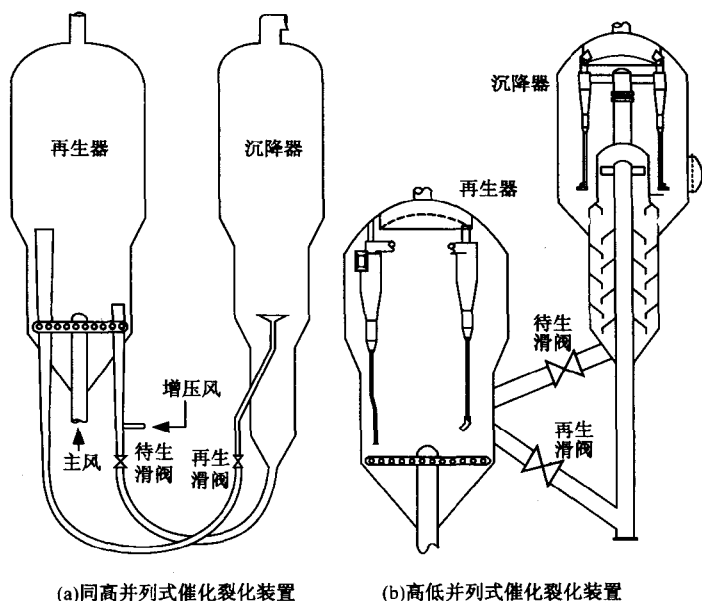


图 1-1 单动滑阀在催化装置的应用

生单动滑阀分别在不同的管路上。再生单动滑阀设置在从再生器向提升管反应器输送再生恢复活性的催化剂管路上，用于控制催化剂循环量和反应温度，是催化裂化反应操作的重要调节控制阀；待生单动滑阀设置在从反应沉降器通过待生斜管向再生器输送反应失活的催化剂管路上，用于控制沉降器料位，是催化裂化再生工艺操作的重要调节控制阀；同时再生、待生单动滑阀也是在紧急事故状态下，用于切断两器实现自保联锁的关键阀门。

同高并列式装置的单动滑阀直径设计成与催化剂输送管直径相同，使阀孔面积尽可能大而减少管路压降。而在高低并列式装置中的单动滑阀直径虽会影响催化剂循环量和压降，但单动滑阀的压降主要取决于装置的压力平衡。因此设计滑阀时，通常使滑阀正常流通面积占滑阀总面积的 50% ~ 60%，因为超过 70% 时

调节作用已甚小。

双动滑阀安装在再生器出口或三旋出口烟气管道上。对于无烟气能量回收机组的装置，双动滑阀有两大作用：一是正常操作时调节再生器压力；二是留有安全余隙，以免滑阀突然关闭时再生器超压。对于配有烟气能量回收机组的装置，双动滑阀也有两大作用：其一是在烟气能量回收机组运转时，关小烟气旁路，使大量烟气通过烟气能量回收机组，更多地回收能量；其二是在该系统故障停运时，通过调整烟气泄放量，来控制再生器压力。双动滑阀的压力降由再生压力及其后部烟气线路上的各项阻力与烟卤抽力决定的。为了避免双动滑阀通道线速超过声速，规定双动滑阀下游压力和上游压力之比应不小于 0.59。

双动滑阀的最小流量应按主风机停车时进入再生器的所有气体介质质量来决定，并按正常温度和泄放压力计算余隙面积。双动滑阀全开时的最大流量，应是主风机最大流量时的烟气量和正常运转时进入再生器的气体介质之和。其中主风机最大流量应按冬季吸入温度和最大转速时考虑，并在转化为烟气量时要考虑到烟风比。在参照风机设计性能的前提下，当主风机为电动机带动，按电动机额定功率计算主风量；当主风机为烟机透平带动，按烟机透平最大连续运转功率计算主风量。双动滑阀最大和最小流通面积，已经有成熟的计算公式，可以进行定量计算。设计中，应保持最小（余隙）面积不大于最大（全开）面积的 25%。

二、滑阀的发展概况

由于滑阀工作在高温、有催化剂颗粒冲刷的条件下，在其结构设计和材料选择上也经历了多次改进、完善。目前催化裂化装置在用的主流滑阀，按隔热形式可分为外保温的热壁滑阀和内设隔热耐磨衬里的冷壁滑阀。阀体内壁只有一层耐磨层，操作时，阀体温度与内部零件温度差不多，阀外铺设保温材料的结构叫热壁结构。而阀体内除耐磨层外还有隔热衬里层，阀壁设计温度约

350℃的结构叫冷壁结构。

早在 20 世纪 60 年代末,国外催化裂化装置上已经开始使用冷壁式滑阀,经过这 40 余年的不断改进,滑阀及其执行机构的结构日趋完善。阀体设计上采用了隔热耐磨双层衬里结构,执行机构上则采用了控制精度高、推力大、响应速度快和稳定性好的电-液执行机构。

催化裂化加工工艺在国内外发展较快。在 20 世纪 90 年代美国 Kellogg、UOP 等公司设计的催化裂化装置生产能力为 500~600 万 t/a;加工能力、负荷率、开工率均在 95%以上,开工周期为 3~5 年。滑阀直径达 3.3m,阀体最大设计压力也达到 0.53MPa(表),最大设计压差达到 0.35MPa,最高设计温度 900℃;能在 840℃高温下持续操作。成熟的设计方案和制造工艺,保障滑阀可连续操作 3 年以上而不需停工检修。

近年来,针对长期运行于高温环境下的固定螺栓出现断裂而造成事故这一现象。美国 TAPCO 公司经过研究创新,开发出无螺栓滑阀。该设计消除了内部螺栓上的负载,也就避免上螺栓在拉应力下的断裂,从而消除了该类滑阀故障的发生,确保滑阀的安全运行。

国内的滑阀研究工作起步晚,厂商相对较少,经过近 30 余年的发展,研制了高性能、良好性价比的滑阀应用于炼化工业,为国内催化技术进步和装置大规模化生产奠定了基础。

第二节 塞阀的应用与发展

一、塞阀的应用

塞阀是提升管流化催化裂化装置的关键设备之一。按其在工艺过程中的作用分为待生塞阀和再生塞阀两种。分别安装在装置再生器底部的待生和再生立管上(表 1-1),用来调节待生和再

生催化剂的循环量，以控制汽提段料位和提升管出口温度，在开停工或装置故障时作为切断阀使用。为适应装置开停工过程中立管的膨胀和收缩，塞阀具有可靠的自动吸收膨胀和补偿收缩功能。塞阀主要由阀体部分和执行机构等部分组成。

塞阀最早用于凯洛格公司的同轴 A 型催化裂化装置上，其作用是控制反应器和再生器之间的催化剂循环量。通常塞阀位于再生器或反应器底部，分为空心塞阀和实心塞阀两种。

表 1-1 塞阀在催化裂化装置上的安装位置

装置类型	空心塞阀	实心塞阀
同轴 A、C 型	反应提升管底部	待生立管底部
同轴 B 型	待生催化剂提升管底部	再生催化剂立管底部 待生立管底部
同轴 F、超正流		再生催化剂立管底部
石伟 RFCC 装置	半再生催化剂提升管底部	
快速床再生		外循环管底部

二、塞阀的发展

塞阀随着正流式催化裂化发展而诞生，正流式催化裂化装置由美国 M.W.Kellogg 公司研究开发，自 1951 年 7 月在加拿大 Edmonton 建成投产以来，塞阀在工业装置上的应用已达 50 多年。随着炼油工艺技术的发展，塞阀的操作条件也不断变化，温度和压力进一步提高，随着催化裂化装置的大型化，塞阀在结构、耐磨材料的选用以及执行机构形式的设计上也随之有了重大发展。目前已有上百套催化裂化装置，数百台以上的塞阀在使用中，塞阀的规格尺寸由 15cm(节流口径)、长 4.3m、重 2t，发展到 97cm(节流口径)、长 7m、重 6t，并随着新建装置规模扩大而变得更大。

国内于 1973 年开始在洛阳炼油实验厂新建 3~5 万 t/a 的同

轴式催化裂化装置时,进行了塞阀的研制工作,由洛阳石化工程公司设计,石油部一公司(中国石油第一建设公司)施工,机具厂制造的第一套节流口径为 15cm 及 17.5cm 的气动调节式风动(待生及再生)塞阀,并于 1977 年在洛阳炼油实验厂顺利投用。1980 年又为兰州炼油化工总厂 50 万 t/a 的新型催化裂化装置设计了节流口径为 25cm 的塞阀,并于 1982 年正式投用。截止目前,国内约数百套塞阀在流化催化裂化装置上应用。

炼油技术的发展,一方面促进了塞阀技术进步,另一方面也拓宽了塞阀的应用范围。当前,新建装置上已经把塞阀应用在并列式催化裂化装置上,甚至一些催化裂化装置在外取热器循环线上也采用了塞阀。

装置的大型化发展,以及控制技术的进步也使塞阀的执行机构由气动调节、风动马达驱动向电讯号控制、液压驱动方式发展。大连开发区炼油厂 200 万 t/a 催化裂化装置上,首次设计应用了节流口径为 $\phi 60\text{cm}$,总长为 6.68m,总重为 4.88t 的电液塞阀。在技术进步和实践的基础上,国内塞阀设计制造水平取得了长足发展,实践证明,国产实心阀头的塞阀设计合理、性能优良、运行可靠、被控参数平稳、满足工艺要求,已经跨入了先进水平行列,但是,空心阀头塞阀与国外同期相比还有一定差距。

塞阀和滑阀相比较,具有以下特点:

(1) 介质(催化剂)是沿着阀头的整个 360° 表面均匀分配,介质在流动方向上没有明显的改变,使磨损均匀并且小于滑阀,而且在磨损后,阀头和阀座可以通过锥形的接触面补偿磨损而不影响控制。

(2) 控制催化剂流量的部件只是形状简单的阀头,使其在高温下承受强烈磨损的部件减到最少,也使一些机械设计问题,如滑阀中导轨与阀板在高温下的间隙问题不复存在。

(3) 塞阀和滑阀都可实现自动控制,如图 1-2 所示,塞阀总是安装在易于操作和维护的再生器底部位置上。

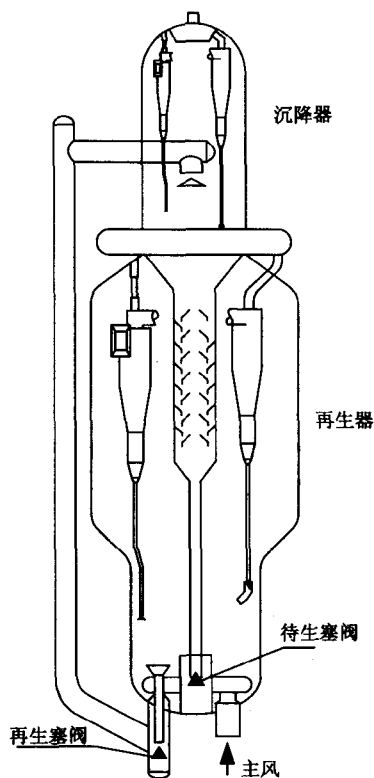


图 1-2 再生、待生塞阀在同轴式催化裂化装置上的应用示意图

第三节 高温蝶阀的应用与发展

烟机是催化裂化装置最大的能量回收设备，为了保障其操作的便捷和安全性，通常在其入口设计 1 台可用于调节和紧急情况下辅助切断作用的蝶阀，由于其工作环境温度高，故习惯性称其谓高温蝶阀。高温蝶阀在催化装置上有两个作用，一是正常操作