



重油催化裂化后反应系统关键装备技术

一、技术简介

1、技术背景

流化催化裂化（Fluid Catalytic Cracking，简称 FCC）工艺在我国石油加工业中占有举足轻重的地位，年加工量达 1.3 亿吨，占原油一次加工能力的 36%，居世界次席，生产了 70~80% 的汽油和约 30% 的柴油。除了先进的催化剂和反再工艺技术外，最大限度缩短后反应系统油气停留时间、实现油气和催化剂间的高效分离是获得理想产品分布、实现装置长周期运行的关键之一。

催化裂化是典型的快速平行-串联反应，目的产品是反应的中间产物，为了实现目的产品收率的最大化，需要控制反应时间在 2~3 秒之间，裂化后的油气通过后反应系统进入产品分馏系统。后反应系统（见图 1）是指油气从提升管反应器出口到离开沉降器所涉及的一系列装备，其核心是提升管出口快分系统，主要功能是抑制油气二次反应和回收催化剂，以实现理想的产品分布和装置的长周期运转。早期采用惯性和粗旋快分的后反应系统设计只重视油气和催化剂分离，而忽略了裂化反应后油气进入沉降器而产生的返混滞留问题，使油气在后反应系统内的平均停留时间长达 20 秒左右，发生的二次反应（热裂化和催化裂化反应）导致目的产品收率下降。此外，后反应系统还必须能够抑制结焦。油气长时间滞留会在沉降器内结焦，由结焦引起的非计划停工目前已成为制约重油催化裂化装置长周期运转的最主要制约因素之一。催化裂化后反应系统的核心装备是提升管出口快分系统。高效快分系统要求必须在同一台设备内同时达到“三快”和“两高”的要求，“三快”是指“油剂的快速脱离”、“分离催化剂的快速预汽提”和“分离油气的快速引出”，“两高”是指“催化剂的高效分离”和“高油气包容率”（即返混进入沉降器空间的油气量要小）。以上“三快”和“两高”要求相互影响、相辅相成、缺一不可。

在本技术开发之初，国内在这一领域尚未开始研究，已有的提升管末端分离设备大多是惯性分离设备，只注重气固的一次分离效率，而未意识到缩短后反应系统油气停留时间的必要性。此时，国外一些石油公司刚刚开始这一领域的研究开发，当时真正能够

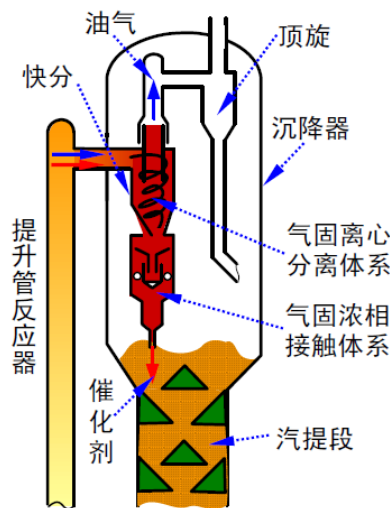
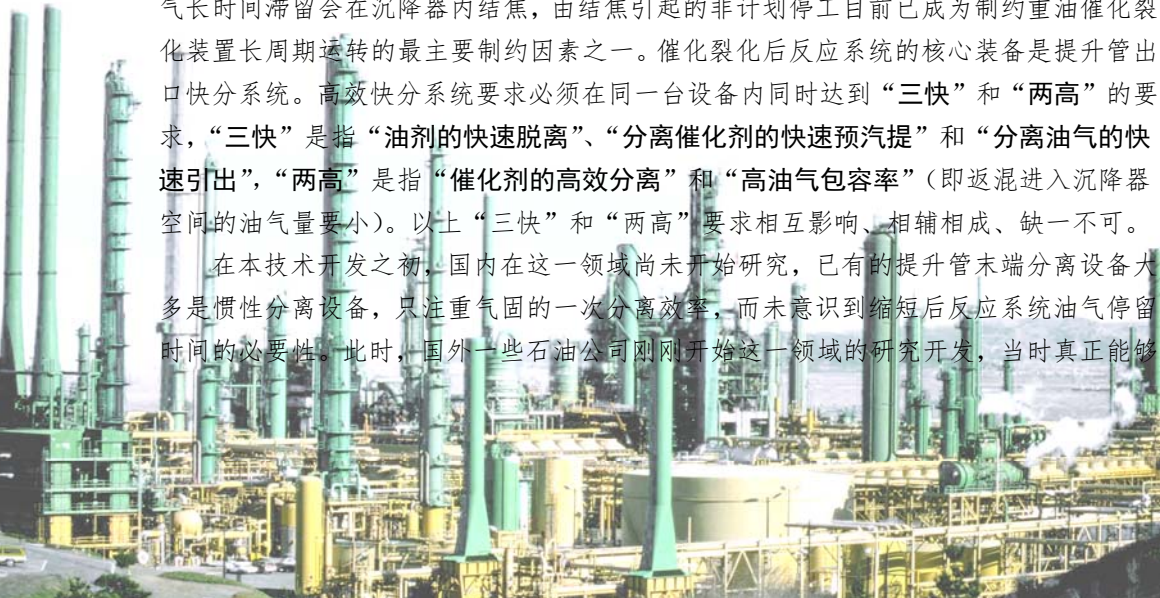


图 1 催化裂化装置后反应系统





同时实现“快”和“分”两个层面功能的技术只有 Mobil 公司的闭式直联粗旋系统和 UOP 公司的 VDS 系统。两种系统当时还都处在早期开发阶段，虽然都在一定程度上缩短了油气的停留时间，但都存在油气向下返混问题，油气的包容率不高，且由于采用闭式直联油气引出方式，操作弹性都很低。

基于以上背景，中国石油大学（北京）在中国石油天然气集团公司等单位的大力支持下从 1993 年开始，几乎和国外同步着手进行催化裂化提升管末端快分装备技术的研究，经过十多年的实验室基础研究和应用实践，摸索出了一套实现催化裂化快分系统“三快”和“两高”要求的有效途径。截至 2010 年，已形成了 4 种不同构型的新型提升管末端快分系统，可以满足我国目前存在的所有类型的催化裂化装置，并在 48 套工业装置中成功应用，创造了巨大的经济效益和显著的社会效益，同时也提升了我国催化裂化装置关键装备的技术水平。

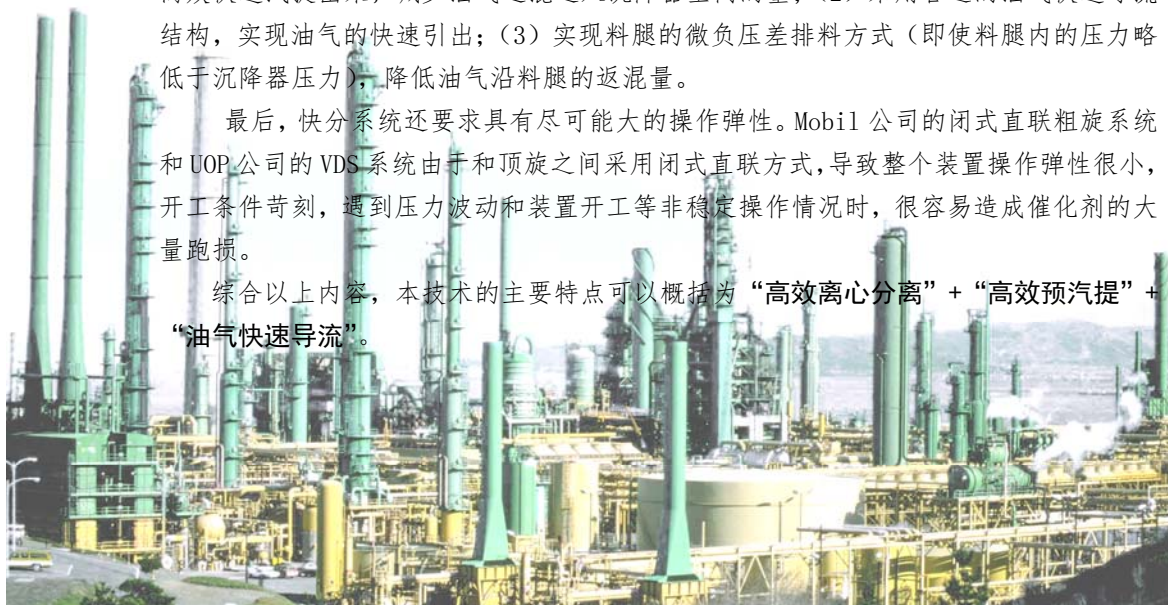
2、技术总体构思

首先，催化裂化反应属于典型的快速平行顺序反应，所需目的产品（汽油、柴油和液化气）是反应的中间产物，而主反应时间只有 2~3 秒。因此严格控制反应时间是实现催化裂化理想产品分布的关键，这就需要快分必须具有尽可能高的气固分离效率，以实现油剂的高效快速脱离，及时终止催化裂化反应。快分分离效率的提高也降低了下游顶旋入口的颗粒浓度和处理负荷，有助于降低催化裂化装置的剂耗。在高温高压二相流系统中，用离心力场实现气固间高效分离是目前最经济有效的手段，对于这类气固分离系统，要想提高气固分离效率，必须要强化其离心力场，抑制二次流的不利影响。

另一方面，分离后的油气如果长时间滞留在高温环境下，会发生不利的二次裂化和结焦，为避免产品分布恶化以及由于结焦引起的装置非计划停工，要求油气在后反应系统内的停留时间要短，同时油气的包容率要高。随着催化裂化原料不断变重，对后者的要求越来越高，因为一旦油气从快分料腿或快分升气口返混进入巨大的沉降器空间，由于表观气速急剧下降，这部分油气将在沉降器中停留长达 100 秒以上，很容易在沉降器内结焦。为达到上述两个目的，需要：（1）设置预汽提段，将催化剂夹带和吸附的油气高效快速汽提出来，减少油气返混进入沉降器空间的量；（2）采用合适的油气快速导流结构，实现油气的快速引出；（3）实现料腿的微负压差排料方式（即使料腿内的压力略低于沉降器压力），降低油气沿料腿的返混量。

最后，快分系统还要求具有尽可能大的操作弹性。Mobil 公司的闭式直联粗旋系统和 UOP 公司的 VDS 系统由于和顶旋之间采用闭式直联方式，导致整个装置操作弹性很小，开工条件苛刻，遇到压力波动和装置开工等非稳定操作情况时，很容易造成催化剂的大量跑损。

综合以上内容，本技术的主要特点可以概括为“高效离心分离”+“高效预汽提”+“油气快速导流”。





二、技术用途

重油催化裂化后反应系统关键装备技术目前已经形成系列化技术，适用于国内所有构型的催化裂化装置，可根据不同装置特点实施量体裁衣式设计。不仅适用于新装置设计，而且也很容易在老装置上实施技术改造，以最大限度提高装置轻油收率，延长装置运行周期。专家鉴定认为，本技术总体已达到国际先进水平，一些关键技术已达到国际领先水平。另外，实施本技术所形成的经济效益远高于其投资成本，通常所需投资仅为国外同类技术的 1/20~1/10，因此，具有明显的技术和市场价格竞争力。

三、技术关键、创新点及技术水平

1、技术关键

和单一功能的旋风分离器和催化裂化沉降器下部的汽提段不同，新型快分系统要同时实现“快”和“分”两个层面的功能，这涉及到两种具有很大差异的气固流动体系的耦合问题。如图 2 所示，一种体系是气固离心分离体系，其特点是固体颗粒浓度较低、气流湍流度高、强旋流，强调以强离心力场实现气固的高效分离；另一种体系是存在于快分预汽提器中的浓相气固接触体系，其特点是固体颗粒浓度高、气流湍流度低、强调以高效气固接触实现两相间的高效传质。要开发出高效的快分系统，必需在对这两种大差异流动体系深化认识的基础上，通过高效的耦合和强化措施，消除两者之间存在的不良影响，实现两种大差异体系的高效协同。

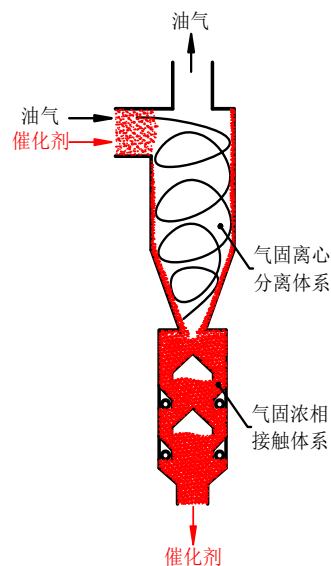


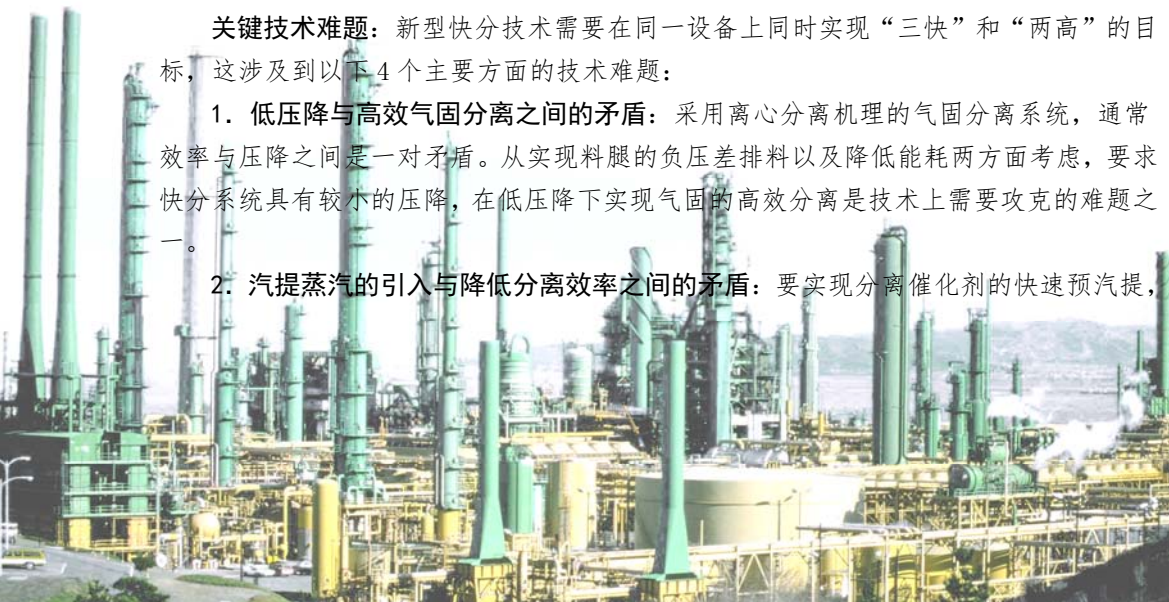
图 2 快分系统存在的两种两相流体系

关键科学问题：快分系统所涉及的这两种气固流动体系具有各自不同的特点，且需要两者间的高效协同，因此，更深层次地认识这两种气固流动体系的特性、获得灵活调控和高效耦合的方法是本技术必须解决的关键科学问题。

关键技术难题：新型快分技术需要在同一设备上同时实现“三快”和“两高”的目标，这涉及到以下 4 个主要方面的技术难题：

1. **低压降与高效气固分离之间的矛盾：**采用离心分离机理的气固分离系统，通常效率与压降之间是一对矛盾。从实现料腿的负压差排料以及降低能耗两方面考虑，要求快分系统具有较小的压降，在低压降下实现气固的高效分离是技术上需要攻克的难题之一。

2. **汽提蒸汽的引入与降低分离效率之间的矛盾：**要实现分离催化剂的快速预汽提，





就必须向快分内引入一定量的汽提蒸汽。引入汽提蒸汽相当于人为地强化了二次流，势必会降低快分的分离效率，必须要从技术层面上保证一定量汽提蒸汽引入后快分仍能保持高的分离效率。

3. 简单设备结构与实现高效预汽提之间的矛盾：为保证快分系统的长周期运行，必须采用尽可能简单的设备结构实现长周期高效的运转。特别是对于快分的预汽提器，如果采用较复杂的设备结构，固然气固接触效果较好，但很难避免结焦堵塞或磨损失效等故障，因此需要开发出结构尽可能简单且气固接触效率高的预汽提结构。

4. 油气的快速引出与降低系统操作弹性间的矛盾：Mobil 公司的闭式直联旋风分离系统和 UOP 公司的 VDS 系统都采用了闭式直联方式，这种结构虽然实现了油气的快速引出，但整个装置的操作弹性较小，开工条件苛刻。因此需要充分认识这一问题内在的本质原因，开发出操作弹性高的油气引出结构，避免在非稳定操作条件下催化剂的跑损。

2、技术主要创新点

自 1993 年以来，经过十多年来的研究和应用实践，本项目在快分系统所涉及的多相流体系的认识上得到了进一步的深化，目前已在气固分离强化、气固传质强化、油气的快速引出等方面产生了一系列创新技术。代表性的创新技术有：

(1) 高效气固旋流分离技术

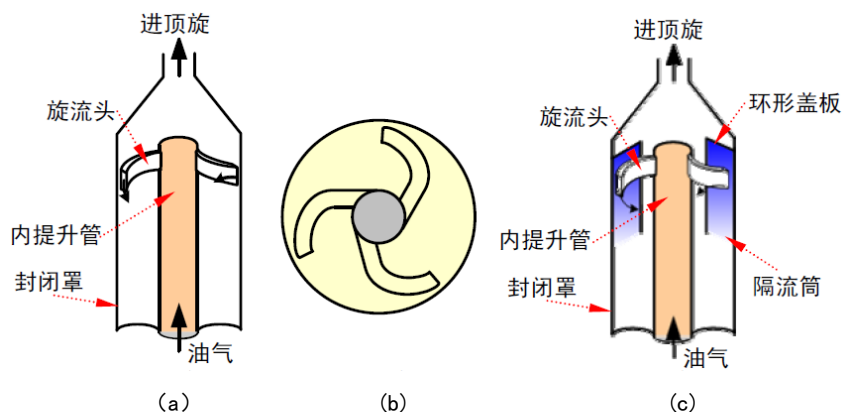
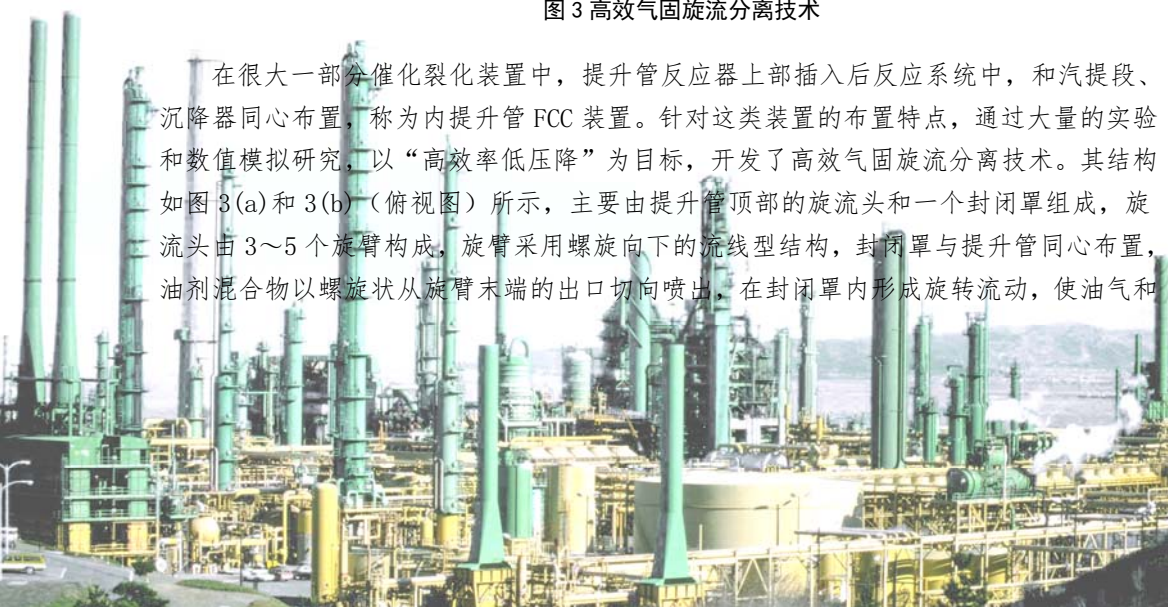


图3 高效气固旋流分离技术

在很大一部分催化裂化装置中，提升管反应器上部插入后反应系统中，和汽提段、沉降器同心布置，称为内提升管 FCC 装置。针对这类装置的布置特点，通过大量的实验和数值模拟研究，以“高效率低压降”为目标，开发了高效气固旋流分离技术。其结构如图 3(a)和 3(b)（俯视图）所示，主要由提升管顶部的旋流头和一个封闭罩组成，旋流头由 3~5 个旋臂构成，旋臂采用螺旋向下的流线型结构，封闭罩与提升管同心布置，油剂混合物以螺旋状从旋臂末端的出口切向喷出，在封闭罩内形成旋转流动，使油气和





催化剂颗粒在强离心力场的作用下高效分离。这种分离装置的特点是结构紧凑、压降小、对于 FCC 催化剂可达到 >98.5% 的分离效率。为了适应装置大型化的发展要求，近年来，通过深入系统的基础研究，又开发出了一种具有更高分离效率适合于大型催化裂化装置的旋流分离结构，其结构如图 3(c) 所示。其创新之处是在旋臂出口附近设置隔流筒，隔流筒骑跨旋臂，隔流筒上部用一块环形盖板和封闭罩壁相连，以阻止气体直接从隔流筒和封闭罩之间的环隙上升逃逸。实验结果表明，增设隔流筒后，消除了

在旋流头出口附近直接上行的“短路流”，同时也强化了隔流筒内的离心力场，分离效率大幅度提高，可确保在大型 FCC 装置上达到 >99% 的催化剂分离效率。

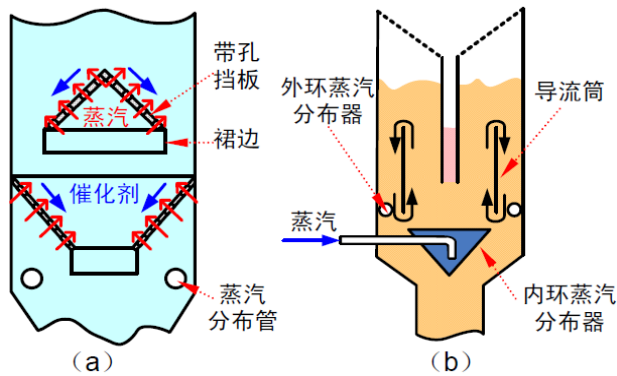


图 4 高效催化剂预汽提技术

(2) 高效催化剂预汽提技术

预汽提器是为了在较短的时间内用蒸汽将吸附在催化剂内孔和夹带在催化剂颗粒之间的油气置换出来，其关键在于实现气固两相间高效的接触。结合快分系统的特点，开发了两种高效预汽提技术。第一种称为高效错流挡板预汽提技术，如图 4(a) 所示，其构思是采用带有裙边的盘环形挡板，挡板上开孔，通过合理匹配挡板开孔率和催化剂流率，使汽提蒸汽从挡板上的开孔上升，而催化剂则沿挡板倾斜下流，蒸汽和催化剂形成错流接触，从而达到改善气固接触、提高预汽提效率的目的。另一种称为密相环流预汽提技术，如图 4(b) 所示，该技术借鉴了气液环流反应器的理念，通过在气固流化床设置环形导流筒，将流化床分隔成内外环两个区，内环区气速较高，而外环区气速较低，在密度差的推动下，催化剂颗粒形成如图 4(b) 所示的环流模式。这样，催化剂可以和新鲜汽提蒸汽多次接触，汽提后的油气则直接引出而不会被催化剂再次吸附，不仅大大提高了预汽提效率，而且使得设备结构更加简单，更容易安装和检修。

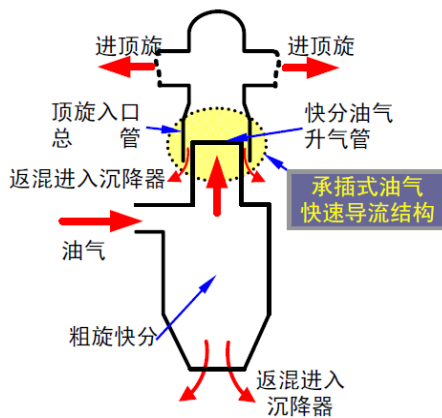


图 5 承插式油气快速导流结构





(3) 高油气包容率技术

提高油气包容率从快分的两个出口着手，一个是快分的催化剂排料口，一个是油气的升气管口。该技术通过流场调控实现了料腿的微负压差排料，即在操作中快分料腿中的压力要略低于沉降器压力。通过调配预汽提结构、使气体沿预汽提器下行的阻力和分离系统的压降相匹配，使几乎所有气体都选择从快分升气管引出，从而大大降低了油气从排料口的返混夹带。快分升气管则采用如图 5 所示的承插式油气快速导流结构。其关键在于利用了文氏管的引射原理，既阻止了油气沿环隙溢出到沉降器空间，又使快分系统获得了更大的操作弹性。

(4) 系统集成理论及优化设计方法

将上述单项创新技术进行高效集成，成功地构建出四种新型快分系统，建立了一套完整的快分系统放大和优化设计方法，可适用于不同构型、不同规模的催化裂化装置，实现了“量体裁衣”式设计。

1. 挡板汽提式粗旋快分系统（Fender-Stripping Cyclone, 简称 FSC）

FSC 系统本项目最早成功应用的一种快分系统，其结构和工业应用方案如图 6 所示，主要适用于外提升管催化裂化装置。FSC 系统在传统粗旋快分的基础上，集成了高效挡板预汽提技术和高油气包容率技术。其预汽提器位于粗旋分离空间下方，相当于普通旋风分离器的灰斗。分离系统和预汽提系统高效耦合的关键是在灰斗上方设置优化的稳涡杆和在灰斗内设置优化的消涡板，稳涡杆用以削弱预汽提蒸汽对分离效率的不利影响，消涡板用以消除粗旋底部“旋进涡核摆动”对预汽提器操作的不利影响。

FSC 系统于 1996 年首次在吉林延边炼油厂 15 万吨/年全常渣 FCC 装置上进行了工业试验，次年又在两套 100 万吨级的催化裂化装置（前郭石化、抚顺一厂）上成功应用。结果表明，使用 FSC 系统后，轻油收率提高 1 个百分点以上，干气和焦炭收率均有显著降低，油浆固含量保持在 2.0 g/L 以下，说明 FSC 气固分离系统具有很高的分离效率，运行安全可靠，操作弹性大。到目前为止，FSC 系统先后在国内 15 套工业催化裂化装置上成功应用，包括目前我国最大的大连石化的 350 万吨/年重油催化裂化装置，总加工量达到了 1223 万吨/年。

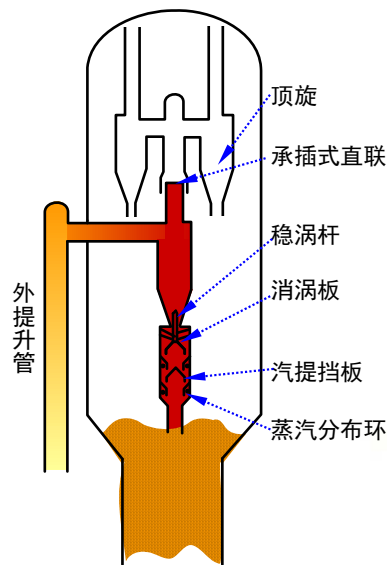


图6 FSC系统





II. 预汽提旋流式快分系统 (Vortex Quick Separator, 简称 VQS)

为了适应内提升管构型的重油催化裂化装置,通过集成气固旋流分离技术、高效挡板预汽提技术和高油气包容率技术形成了 VQS 系统。其结构如图 7 所示,在内提升管出口采用具有 3~5 个旋臂的旋流头,旋流头外部增设封闭罩,旋流头下部增设 3~5 层高效错流预汽提挡板,封闭罩上部采用承插式导流管和顶旋连接。VQS 系统是一种紧凑型的提升管末端快分系统,主要应用于内提升管催化裂化装置,同时也非常适合于催化裂化装置实施 MIP (Maximizing Iso-Paraffin) 技术改造。

VQS 系统于 1998 年首次成功应用在燕山石化分公司的 80 万吨/年全大庆减渣催化裂化装置中,次年又在九江石化分公司 100 万吨/年催化裂化装置上进行了全面的工业试验。结果表明,改用 VQS 系统后,产品分布得到了明显改善,轻质油收率提高了 1.0 个百分点以上,干气和焦炭产率分别下降了 0.5 个百分点;油浆固含量可降低到 4 g/l 以下,操作弹性可在 74~105% 范围内变化;待生剂上焦炭的 H/C 降低 1.0 个百分点以上,说明具有较高的预汽提效率;显著缓解了沉降器结焦,延长了开工周期,保证了装置连续运行 3 年以上;同时大幅度提高了掺渣比,掺渣比由改造前的 33.06% 提高到改造后的 45.3%。到目前为止, VQS 系统已先后在 18 套工业装置上成功应用,总加工量达到了 1980 万吨/年。

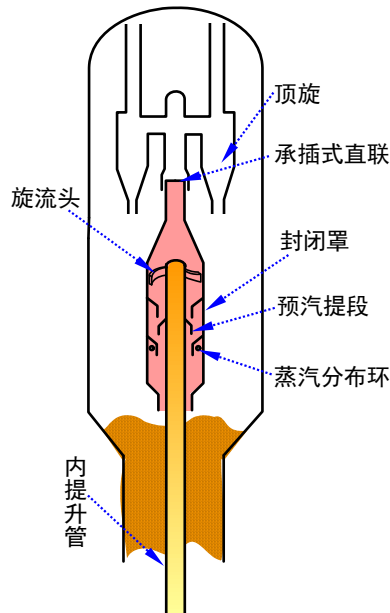


图7 VQS系统

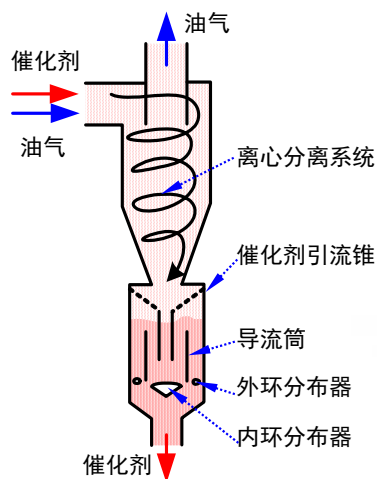


图8 CSC快分系统

III. 密相环流预汽提粗旋快分系统 (Circulating-Stripping Cyclone, 简称 CSC)

将高效密相环流预汽提技术与粗旋快分相耦合,形成了带有密相环流预汽提器的快分 (CSC) 系统,





带格式的: 缩进: 首行缩进: 2 字符

其应用方案和 FSC 系统（见图 6）相同，快分结构如图 7 所示。其独特的环流预汽提结构大大提高了预汽提效率，特殊设计的催化剂引流锥有效限制了分离系统“旋进涡核摆动”对预汽提系统的不利影响，实现了两者之间的高效协同。由于其结构更简单，便于检修，因此更适合应用在处理掺渣比较大、易结焦原料的重油催化裂化装置中。

2000年，CSC系统在石油大学（华东）胜华炼油厂10万吨/年催化裂化装置上成功进行了工业试验，之后，又在扬子石化80万吨/年重油催化裂化装置上进行了系统的工业验证，结果表明，轻油收率可提高1.5个百分点以上，干气和焦炭产量降低1.0个百分点。由于其简单高效的特点，CSC系统很快就得到了广泛的应用，目前已经在13套工业装置上获得了应用，总加工量达到了1060万吨/年。

IV. 带隔流筒预汽提旋流快分系统（Super-Vortex Quick Separator，简称 SVQS）

SVQS系统是为了适应装置大型化发展要求开发的一种高效型旋流快分系统，其应用方案和VQS系统（图7）相同，区别在于采用了旋流分离强化技术（图3（c）），即在VQS旋臂位置添加了带有环形盖板的隔流筒，使其分离效率大大提高。SVQS系统已经于2006年在金陵石化一催化MIP改造中首次工业应用，到目前为止，已平稳运行三年以上，说明SVQS完全可以达到工业要求。另外，第二套SVQS系统已于2010年3月应用于中石化燕山石化第二套催化裂化装置中。

3、技术水平

2009年6月10日，中国石油和化学工业协会组织专家对本项目进行了鉴定，与会专家一致认为，该系列技术“总体达到了国际先进水平，其中高效气固旋流分离、高效预汽提和提高油气包容率三项技术达到了国际领先水平”，具有“广阔的应用前景和推广价值”。

四、技术与经济指标

1、主要技术指标

相比使用惯性和粗旋快分的后反应系统，使用本技术可以提高轻油收率 1.0 个百分点以上，干气和焦炭产率分别降低 0.5 个百分点，沉降器结焦显著抑制，装置开工周期显著延长。

2、主要经济指标

以轻质油收率增加 1.0 个百分点为基准，相比使用惯性和粗旋快分的后反应系统，每万吨原料可以增加效益 20 万元以上。

五、工业应用及效益情况





本项目开发了四种新型快分系统，其中 FSC 系统在 1996 年首次工业应用，VQS 系统在 1998 年首次工业应用，CSC 系统在 2000 年首次工业应用，SVQS 系统在 2006 年首次工业应用。到目前为止，四种快分系统累计已在 48 套各种型式和规模的催化裂化装置上获得了成功应用，总加工量超过了 4000 万吨/年，接近国内 FCC 总处理量的 30%，累计创造经济效益 46.5 亿元，其优异的性能在炼油行业中树立了很好的口碑和较高的信誉。具体应用厂家和规模情况见表 1-4。

表 1 FSC 系统应用情况

序号	采用 FSC 系统的工业装置	装置规模	投用时间
1	中石油前郭石化分公司重油 FCC 装置	80	1997
2	抚顺石油一厂重油 FCC 装置	100	1997
3	抚顺石油二厂重油 FCC 装置	100	2000
4	中原油田石化总厂 FCC 装置	50	1998
5	兰州石化燃料动力厂 FCC 装置	50	2000
6	中石油辽河石化分公司 FCC 装置	80	2001
7	新疆泽普石化厂 FCC 装置	9	1999
8	吉林江南炼厂 FCC 装置	9	1998
9	吉林延边炼厂 FCC 装置	15	1996
10	茂名石化三催化	100	2002
11	吉化公司 FCC 装置	140	2002
12	大连石化 FCC 装置	350	2002
13	中石油呼和浩特石化分公司 FCC 装置	60	2001
14	中石油独山子石化分公司 FCC 装置	50	2001
15	正和集团 FCC 装置	30	2000





表 2 VQS 系统应用情况

序号	采用 VQS 系统的工业装置	装置规模	投用时间
1	中石化九江石化分公司二催化	100	2000
2	中石化九江石化分公司一催化	140	2004
3	中石油兰州石化分公司一催化	140	2003
4	中石油兰州石化分公司二催化	300	2006
5	中石化燕山石化分公司一催化	80	1998
6	中石化金陵石化分公司二催化	120	2002
7	中石化金陵石化分公司一催化	100	2003
8	中石化长岭石化分公司	100	2002
9	青岛大炼化 MIP	290	2007
10	中石化天津石化分公司 MIP	100	2007
11	黑龙江石化 MIP	40	2003
12	中石油哈尔滨石化分公司 MIP	60	2005
13	中原油田石化总厂 MIP	50	2005
14	前郭石化分公司 MIP	100	2007
15	玉门油田分公司二催化	50	2004
16	中石油大庆石化分公司 MIP	100	2009
17	陕西延长石油集团榆林石化 MIP	60	2009
18	陕西延长石油集团永坪炼油厂 MIP	50	2009

表 3 CSC 系统应用情况

序号	采用 CSC 系统的工业装置	装置规模	投用时间
1	胜华炼油厂 FCC 装置	10	2000
2	黑龙江石化厂 FCC 装置	40	2001
3	胜华炼厂两段提升管 FCC 装置	50	2002
4	中石油前郭石化分公司 FCC 装置	80	2002
5	中石油大庆炼化分公司 ARGG 装置	180	2002
6	中石油大庆炼化分公司 ARGG 装置	100	2003
7	中石油独山子石化分公司 FCC 装置	80	2004
8	中石化扬子石化分公司 FCC 装置	80	2003
9	中石油呼和浩特石化分公司 FCC 装置	80	2005
10	中石油辽河石化分公司 FCC 装置	80	2006
11	中石油格尔木石化分公司 FCC 装置	60	2007
12	中海油惠州炼化 MIP 装置	120	2008
13	中石化广石化分公司 FCC 装置	100	2009

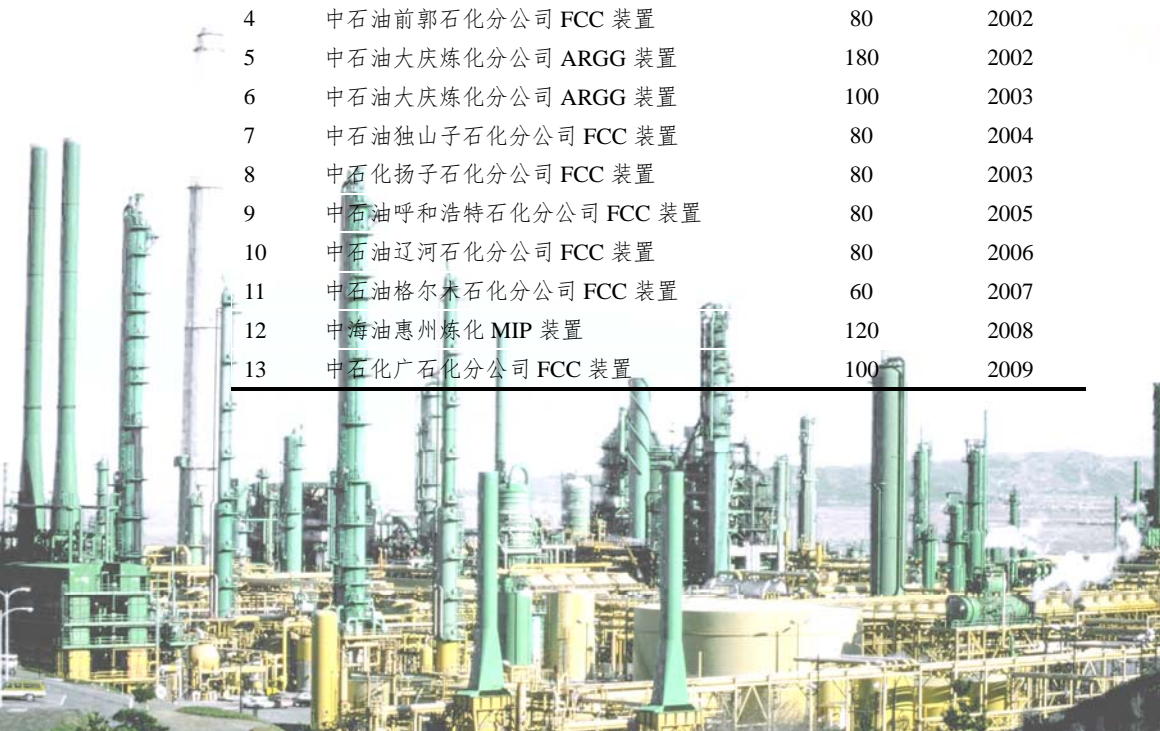




表 4 SVQS 系统应用情况

序号	采用 CSC 系统的工业装置	装置规模	投用时间
1	中石化金陵石化分公司一催化	100	2006
2	中石化燕山石化分公司二催化	80	2010

六、技术知识产权与获奖情况

1、授权专利情况

- (1) 提升管催化裂化反应系统气固快速分离和气体快速引出方法及装置, 中国发明专利, ZL 96103419.X.
- (2) 提升管反应系统旋流式气固快速分离和引出方法及装置, 中国发明专利, ZL 96103478.5.
- (3) 旋流式气固快速分离器, 中国发明专利, ZL 96103420.3.
- (4) 多级串联紧凑型气固快速分离及沉降方法及装置, 中国发明专利, ZL 01100418.5.
- (5) 一种带有密相环流预汽提器的提升管出口的气固快分方法及设备, 中国发明专利, ZL 98102166.2.
- (6) 提升管气固旋流组合快分设备, 中国发明专利, ZL 02159407.4.
- (7) 提升管气固旋流快分设备, 中国发明专利, ZL 02159408.2.
- (8) 组合式催化剂汽提器, 中国发明专利, ZL 200610088923.2.
- (9) 一种重油催化裂化沉降器抑制结焦的方法, 中国发明专利, ZL 200310121301.1.
- (10) 一种无沉降器催化裂化装置, 中国发明专利, ZL 200610162084.4.
- (11) 无沉降器催化裂化装置, 中国发明专利, ZL 200610162095.2.
- (12) 带预汽提段的开式直联多臂旋流分离设备, 实用新型专利, ZL 01228805.5.
- (13) 一种带有密相环流预汽提器的提升管出口的气固快分设备, 实用新型专利, ZL 98204681.2.
- (14) 一种高效再生催化剂汽提设备, 实用新型专利, ZL 00259076.X.

2、获得省部级以上奖励情况

- (1) 2010 年国家科技进步二等奖.
- (2) 2009 年中国石油与化学工业协会科技进步一等奖.
- (3) 2010 年 教育部技术发明二等奖.

七、技术推广应用前景分析

1、技术推广应用前景





目前,我国催化裂化装置总加工能力约为 1.3 亿吨/年,未来还要进一步增加到 1.7 亿吨/年,随着炼油行业对重油高效利用、节能降耗和环保要求的日益严格,预计本技术还将得到更广泛的推广应用。

2、技术潜在用户

国内外各炼油企业。

八、技术所有者

中国石油天然气集团公司、中国石油大学(北京)

联系电话: 010-89733803

