

项目情况简介（省科技进步奖）

1、项目名称

基于节能降耗的常减压蒸馏精准分离关键技术及其应用

2、主要完成人

田原宇、张君涛、乔英云、闫文廷、唐瑞源、王敬贤、汪鹏飞、刘欣梅、盖希坤、田一良、吕玉超、张燕鹏、刘洪波、申志兵、薛小平

3、提名单位

陕西化工学会

4、提名意见

该项目材料真实有效，内容符合填写要求，按要求进行了公示，公示期间无异议。

该项目针对常减压装置塔底油难以精准分离、减压深拔耗能的世界性难题，历经二十多年的持续研发与完善，创建气液界面微纳尺度更新传质理论及其调控强化方法，指导发明NS提馏深拔器、高效减压穿流复合塔板及系列配套塔内件，并通过上述塔板及配套新型塔内件协同研发，首创基于清晰切割的常减压节能深拔新技术，在国际上首次将深拔技术水平从蜡油质量较差的减压耗能深拔提升到确保油品质量的常减压节能深拔，破解了炼油业气液混相进料塔底油切割不清的世界性难题，同时又解决了环烷基原油最大化生产高性能特色油品以实现全资源高值化利用的新挑战，为我国炼化企业常减压装置扩能提质、节能降耗改造树立了行业标杆，为炼油“油转特”转型升级提供了支撑，大幅度提升了我国蒸馏技术的核心竞争力，促进了蒸馏学科发展，原始创新性强，整体技术达到国际领先水平。项目授权发明专利36件，出版专著1部，发表学术论文56篇，制订石化团体标准1项，已在中石化、中石油、中海油和延长石油集团等27家企业应用，仅延安炼油厂、中海沥青（营口）、中化华星三家炼厂加合不足1000万吨/年的常减压炼能，近三年就净增销售额33.7亿元、利税8.5亿元。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

5、项目简介

节能降耗是炼化业低碳转型的战略首选。目前常减压蒸馏是炼化企业的龙头，

减压深拔是国内外公认的炼厂节能降耗和提高综合效益的有效措施。尽管常减压蒸馏属于成熟技术,但因装置内各塔均为汽液混相进料,其实际闪蒸效率不到 75%,且汽提段国内外尚无高效提馏专用设备,造成塔底油切割不清晰,致使其存在减压深拔度不足、深拔蜡油质量差、高附加值的轻质油收率偏低、常压炉和减压炉能耗高等共性缺陷,一直是炼油业亟待破解的世界性难题。

本项目通过首创基于清晰切割的常减压节能深拔新技术,在国际上首次将深拔水平从蜡油质量较差的减压耗能深拔提升到确保油品质量的常减压节能深拔,为炼厂节能降耗和提高综合效益奠定基石。创建气液界面微纳尺度更新传质理论及其调控强化方法,指导发明 NS 提馏深拔器、高效减压穿流复合塔板及系列配套变革性减压塔内件技术,为常减压节能深拔提供强有力的保证。项目授权发明专利 36 件,出版专著 1 部,发表论文 56 篇,制订石化团体标准 1 项,已在中石化、中石油、中海油和延长石油集团等 27 家企业应用,显著提升我国常减压蒸馏技术核心竞争力,为我国炼化业节能降耗和低碳转型提供强有力的技术支撑。

6、客观评价

通过将上述塔板及其配套塔内件并与常减压蒸馏工艺调控技术耦合集成,首创基于清晰切割的常减压节能深拔成套技术并不断完善优化,积极进行推广应用。同时,首次工业化生产出合格的-50#、-60#和-70#超低凝特种柴油,并制订了**-60#超低凝特种柴油产品的石化团体标准**。

进行系列技术的鉴定,2021 年通过陕西省化工学会对“**基于清晰切割的常减压深拔成套技术及其关键装备**”进行成果鉴定,鉴定委员会一致认为,该成果在**常减压深拔成套技术及其关键装备**方面创新性显著,达到国际领先水平”。2009 年,由中国工程院院士金涌教授对主持的“**基于相界面调控的大型化高效立体复合塔板的研制与工业应用**”进行成果鉴定,专家鉴定委员会一致认为该成果达到**国际领先水平**”。2013 年,由中国科学院院士费维扬教授对主持的“**高性能系列 NS 倾斜长条立体复合塔板技术研发与工业评价**”进行成果鉴定,专家鉴定委员会一致认为该技术思路新颖,创新性强,在**通量、效率和操作弹性**等指标上取得显著进展,在**环氧乙烷精制应用**方面达到国际领先水平。2000 年,由冯成武教授等组成的专家鉴定委员会对“**NS 导向提馏专用塔板的研究开发及工业应用**”项目进行了科技成果鉴定,认为**该技术研究和应用在国内首创领先,达到国际先进水**

平”。

7、应用情况

基于清晰切割的常减压节能深拔技术已在陕西延长延安炼油厂 260 万吨/年和 300 万吨/年常压系统、中海沥青（营口）100 万吨/年环烷基原油常减压系统、中海沥青（滨州）300 万吨/年环烷基原油常减压系统、中石化湛江分公司 500 万吨/年常压系统、中国化工华星石化 500 万吨/年常减压系统、山东 50 万吨/年石大昌盛常减压系统等 27 家企业使用，取得显著的节能降耗和提质增效降投资效果，最长已超过 20 年。

另外，基于清晰切割的常减压节能深拔配套塔板及其塔内件还在中石化茂名分公司、中石化上海石化、中石化燕山石化公司、中石油克拉玛依炼油厂、中石油独山子炼油厂、中化集团正和石化公司、山东东明石化集团公司、山东恒源石化集团公司、浙江嘉兴三江化工有限公司、山西晋煤集团等企业的 EO 精制塔、MTBE 共沸塔、催化分馏塔、催化稳定塔、低温甲醇吸收塔、甲醇分离塔、生物油分离塔等 **420 座不同类型塔器上应用**，推广应用前景十分看好。

主要应用单位情况如下表：

典型应用单位名称	应用起止时间	联系人/电话	应用情况
陕西延长石油（集团）有限公司延安炼油厂	2016.10-至今	薛小平 13892155765	260 万吨/年和 300 万吨/年常压装置的常压塔汽提段进行了由 6 层 ADV 浮阀塔板改为 NS 提馏专用塔板的切割清晰改造。常压渣油初馏点由 194.3℃ 提高到 260℃、350℃前馏分含量由 9.3% 降到 4.04%、360℃前馏分含量由 11.2% 降到 5.66%，柴油收率提高 2.8 个百分点。
中海沥青（营口）有限责任公司	2022.04-至今	汪鹏飞 13809698327	中海沥青（营口）100 万吨/年环烷基原油常减压系统闪蒸塔进料段 4 层塔板、常压塔和减压塔进料段的 6 层塔板更换为 NS 提馏塔板；润滑油装置的二段汽提塔进料段 5 层塔板、常一侧线塔 8 层塔板、减一侧线塔填料更换为 NS 提馏塔板，-20#低凝燃料油年增产 6%，橡胶增塑剂 N4006 增产 2%。
山东恒源石化集团有限公司	1996.11-至今	高传成 13705349661	φ2400 塔径满足了 φ3200 塔径的处理要求，处理量提高 1 倍以上，回流比下降，直接降低设备按装费用 300 万元。
中国化工山东华星石油化工有限公司	2008.9-至今	孙广辉 13864747175	以常减压深拔为例，在塔底注气量不到 0.5% 的情况下，常压渣油 360℃前馏分从 7% 下降到 3%，柴油收率提高了 2.4 个百分点，节约塔底注汽 5% 以上；同时因降低减压塔负荷，保证减压渣油深拔。
中国海洋石油公司中海沥青（滨州）股份有限公司	1996.9-至今	邱波 05432116698	在常压塔底注汽 1%，常底 360℃以前馏分含量小于 3%，轻柴油总收率提高了 6 个百分点以上。

中国石油化工集团公司 茂名分公司	2005.10 -至今	陈观志 15820193339	产量提高 6 倍以上；回流比下降 3 倍以上；产品质量由不合格提升为国优品；节能 69% 以上，年增利税 1.0 亿元左右，年节省能耗 2600 万元以上。
北京纽斯德技术有限公司	2005.1-至今	周耀民 13911535928	负责 NS 导向提馏专用塔板、NS 除沫整流进料器、NS 复合穿流塔板、NS 层塔式液体收集器、NS 并流复合塔板等的生产与推广

8、主要知识产权和标准规范等目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种具有多级分离功能的分离器及分离方法	中国	ZL202310281118.5	2023.06.09	6043643	西安石油大学	唐瑞源； 张君涛； 田原宇； 申志兵； 郭敏
2	发明专利	一种常减压深拔评价的实验装置	中国	ZL201710171632.8	2023.11.17	6491879	中国石油大学（华东）	乔英云； 田原宇； 田斌
3	发明专利	一种煤焦重油减压深拔生产高软化点硬沥青工艺	中国	ZL201610974037.3	20190423	3346855	中国石油大学（华东）	田原宇； 乔英云； 田斌
4	发明专利	一种旋分式气液混相进料分布器	中国	ZL201720283332.4	2017.12.26	6769408	中国石油大学（华东）	乔英云； 田原宇； 田斌
5	发明专利	大型复合穿流塔板	中国	ZL201210405659.6	2014.01.15	1334773	中国石油大学（华东）	田原宇； 乔英云
6	发明专利	复合穿流塔板与纤维束填料耦合的组合式塔板	中国	ZL201210404804.9	2014.01.15	1334940	中国石油大学（华东）	乔英云； 田原宇
7	发明专利	锯齿形长条垂直筛板塔板	中国	ZL201210404542.6	2014.01.15	1334899	中国石油大学（华东）	乔英云； 田原宇
8	发明专利	锯齿形倾斜长条帽罩与规整填料块耦合的复合塔板	中国	ZL201210404536.0	2014.01.15	1334814	中国石油大学（华东）	田原宇； 乔英云
9	发明专利	一种倾斜长条立体帽罩与规整填料	中国	ZL201210404809.1	2014.01.15	1334716	中国石油大学（华东）	田原宇； 乔英云

		耦合的复合塔板						
10	发明专利	一种穿流式复合塔板	中国	ZL200810000614.4	2013.05.15	1196512	山东科技大学	田原宇; 乔英云; 盖希坤
11	论文	减压深拔技术集成与调控 II. 减压深拔原料和工艺关联与调控	中国		2013.11.12	石油炼制与化工	中国石油大学(华东)	田原宇, 乔英云
12	论文	减压深拔技术集成与调控 I. 减压深拔设备技术集成	中国		2013.10.12	石油炼制与化工	中国石油大学(华东)	田原宇, 乔英云
13	论文	新型 NS 导向提馏塔板工业应用	中国		2001.07.30	石油化工设备	中国石油大学(华东)	梁治国, 元荣彬, 田原宇, 段道顺
14	论文	Effect of Structural Parameters on the Performance of NS High-efficiency Composite Trays	中国		2009.09.30	China Petroleum Processing and Petrochemical Technology	中国石油大学(华东)	Qiao Yingyun; Tian Yuanyu; Xu Jingfang; Xie Kechang
15	著作	新型复合塔板技术	中国		2015年2月	新型复合塔板技术	中国石油大学(华东)	田原宇、乔英云

9、主要完成人情况

序号	姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
1	田原宇	1	省工程中心主任/	二级教授	中国石油大学(华东)	中国石油大学(华东)	1) 提出“全过程气液相界面调控强化清晰切割”的理念, 创建常减压清晰切割节能深拔新技术; 2) 创建气液界面微纳尺度更新传质理论及其调控强化方法, 发明高效提馏专用塔板、高效减压穿流复合塔

							板及系列配套新型塔内件。
2	张君涛	2	副校长	教授	西安石油大学	西安石油大学	1) 从常减压装置整体统筹, 通过工艺设备一体化协同研发, 将蜡油质量较差的减压耗能深拔提升到确保油品质量的常减压节能深拔, 提高优质柴油和蜡油收率的同时降低蒸馏能耗; 2) 对独创的新型高效深拔塔及其配套的锥形导向浮阀、PDV 导向浮阀、NS 除沫整流进料器、NS 复合穿流塔板、NS 抗堵喷射型液体分布器、NS 层塔式液体收集器等低压降等塔内件进行示范与推广, 为常减压节能深拔提供强有力的保证。
3	乔英云	3	市重点实验室主任	教授	中国石油大学(华东)	中国石油大学(华东)	1.对全过程气液相界面调控强化清晰切割设备及工艺进行研发, 创建常减压清晰切割深拔新技术, 为炼厂节能降耗和提高综合效益奠定基石; 2.对气液界面微纳尺度更新传质新理论进行理论研究, 为塔器分离设备的原创研发和选型提供依据和指导。
4	闫文廷	4	副厂长、总工程师	高级工程师	陕西延长石油(集团)有限责任公司延安炼油厂	陕西延长石油(集团)有限责任公司延安炼油厂	参与提出气液界面微纳尺度更新传质新理论, 在该理论的基础上 NS 复合塔板气液传质由毫米尺度提升到微纳尺度, 传质面积、时间和更新速率提高 2-3 个数量级, 从理论和工业实践上破解了塔板高效、高通量、高弹性、低压降和大型化的行业共性难题。
5	唐瑞源	5	无	讲师	西安石油大学	西安石油大学	1)对设置 NS 提馏专用塔板及其带有侧吹孔的降液管的初馏塔、常压塔和减压塔底的汽提段进行研发, 实现塔底油清晰切割; 2)对采用 NS 高效复合塔板

							的初馏塔、常压塔精馏段进行研发，实现了精准分离和节能增效。
6	王敬贤	6	无	副教授	中国石油大学（华东）	中国石油大学（华东）	对采用了 NS 除沫整流进料器的减压塔进行减压渣油的切割清晰度的小试实验与示范。
7	汪鹏飞	7	副总经理	高级工程师	中海沥青（营口）有限责任公司	中海沥青（营口）有限责任公司	1) 作为营口沥青生产技术分管副总，牵头组织营口沥青与中国石油大学（华东）建立校企战略合作机制，确立了一揽子环烷基原油高价值利用相关课题，组织论证基于减压深拔的清晰切割技术在营口沥青工业应用的可行性及必要性； 2) 推动该项目的技术改造及标定评价，确保了该技术成果在营口沥青的转化应用，即实现了降本提质增效，又助力开发出全国首创产品-60 号柴油（超低凝专用燃料），及作为第一起草人，建立了-60 号柴油团体标准（T/CSPCI 00002-2023）。
8	刘欣梅	8	院长	教授	中国石油大学（华东）	中国石油大学（华东）	1) 对系列新型高效深拔塔板及配套塔内件与工艺调控耦合进行技术指导，在初馏塔和常压塔底注汽小于 1%情况下，初底油中 200℃前馏分由 15%-20% 降到 4%，常底油中 350℃前馏分由 7%-15%降到小于 3%； 2) 通过对气液相界面调控与强化，以不同类型塔板为基础耦合填料构建新型立体复合塔板结构及其配套塔内件，确保了常减压节能深拔的实现。
9	盖希坤	9	副处长	教授	浙江科技大学	浙江科技大学	建立微纳尺度气液界面更新传质模型并进行可靠性评估
10	田一良	10	技术员	工程师	青岛原洁能	青岛原洁	对使用 NS 复合穿流塔板的

					源科技有限公司	能源科技有限公司	减压塔进行实验研究与示范推广。
11	吕玉超	11	无	副教授	中国石油大学(华东)	中国石油大学(华东)	对采用导向提馏专用塔板及其带有侧吹孔降液管技术的塔板进行板效率等性能的测定。
12	张燕鹏	12	无	无	中国石油大学(华东)	中国石油大学(华东)	建立微纳尺度气液界面更新传质模型并进行可靠性评估
13	刘洪波	13	经理	高级工程师	陕西延长石油(集团)有限责任公司延安炼油厂	陕西延长石油(集团)有限责任公司延安炼油厂	优化低压降喷淋雾化取热强化内件技术,减少雾沫夹带;
14	申志兵	14	无	副教授	西安石油大学	西安石油大学	优化常减压清晰切割节能深拔成套技术,实现装置长周期稳定运行。
15	薛小平	15	无	高级工程师	陕西延长石油(集团)有限责任公司延安炼油厂	陕西延长石油(集团)有限责任公司延安炼油厂	对双切进料/切向旋流进料强化气液闪蒸分离技术进行工业放大,为常减压清晰切割节能深拔新技术工业化奠定基础。

10、主要完成单位及创新推广贡献

排序	完成单位	对本项目的贡献
1	西安石油大学	<p>1、组织本成果的研究、推广、验收;</p> <p>2、组织科研人员对本成果进行系统优化和应用推广工作,优化常减压清晰切割节能深拔新技术并指导在延安炼油厂的推广应用,将深拔技术水平从蜡油质量较差的减压耗能深拔提升到确保油品质量的常减压节能深拔,为炼厂节能降耗和提高综合效益奠定基石; ;</p> <p>3、为本成果的优化开发提供必要的实验条件和资金支持;</p> <p>4、积极促进本成果的产业化转化;</p>
2	中国石油大学(华东)	<p>1、在本项目中主要承担装备及工艺的研发工作,发明常减压清晰切割节能深拔新技术技术研发,将深拔技术水平从蜡油质量较差的减压耗能深拔提升到确保油品质量的常减压节能深拔,为炼厂节能降耗和提高综合效益奠定基石;</p> <p>2、创建气液界面微纳尺度更新传质理论,明确气液传质的界面分散与界面更新调控强化双途径,发明高效提馏专用塔板、高效减压穿流复合塔板及系列配套新型塔内件,为常减压节能深拔提供强有力的保证。</p>

3	陕西延长石油(集团)有限公司延安炼油厂	负责 260 万吨/年和 300 万吨/年常压装置的常压塔汽提段进行了由 6 层 ADV 浮阀塔板改为 NS 提馏专用塔板的切割清晰的技术改造, 并一次投产成功。260 万吨/年常压塔处理量由 356.2 t/h 提到 360 t/h, 柴油收率提高 2.8 个百分点。300 万吨/年常压塔由 404.2 t/h 提到 415 t/h, 柴油收率提高 2.7 个百分点, 累计新增销售额达到 155912.58 万元。
4	中海沥青(营口)有限责任公司	负责对 100 万吨/年润滑油型常减压装置及其配套的 30 万吨/年润滑油高压加氢装置进行常减压清晰切割节能深拔改造。常减压系统闪蒸塔进料段 4 层塔板、常压塔和减压塔进料段的 6 层塔板更换为 NS 提馏塔板; 润滑油装置的二段汽提塔进料段 5 层塔板、常一侧线塔 8 层塔板、减一侧线塔填料更换为 NS 提馏塔板, -20#低凝燃料油年增产 6%, 橡胶增塑剂 N4006 增产 2%, 累计新增销售额达到 106962 万元。
5	浙江科技大学	积极进行常减压清晰切割节能深拔新技术技术的研发, 将深拔技术水平从蜡油质量较差的减压耗能深拔提升到确保油品质量的常减压节能深拔。 积极促进本成果的产业化转化。
6	青岛原洁能源科技有限公司	为基于清晰切割的常减压节能深拔新技术技术的工业示范和推广应用, 提供 NS 导向提馏专用塔板、NS 除沫整流进料器、NS 复合穿流塔板、NS 抗堵喷射型液体分布器、NS 层塔式液体收集器、NS 并流复合塔板等设备支持和现场技术服务。

11、完成人合作关系说明

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同立项	田原宇、张君涛、乔英云、闫文廷、唐瑞源、王敬贤、刘欣梅、、田一良、吕玉超、张燕鹏、刘洪波、申志兵、薛小平	1997.01.01—2024.03.27	陕西省化学学会:“基于清晰切割的常减压深拔成套技术及其关键装备”科学技术成果鉴定	陕西省化学学会:“基于清晰切割的常减压深拔成套技术及其关键装备”科学技术成果鉴定	
2	共同立项	汪鹏飞、田原宇、乔英云	2021.12.22—2024.4.10	《-60 号柴油》团体标准	《-60 号柴油》团体标准	
3	共同发表论文, 授权专利	田原宇、乔英云 盖希坤	2012.01.01—2024.03.27	一种穿流式复合塔板	一种穿流式复合塔板	