

## 石化化工行业鼓励推广应用的技术和产品目录（第二批）

序号	技术/产品名称	技术/产品简介	主要技术经济指标	推广应用情况
1	化工风险预警、智能评估与管控技术	根据化学品、化学反应和反应失控有关分类，开发反应风险研究、评估与控制核心技术体系，实现反应安全风险从定性到定量的突破，可有效解决化工过程安全事故多发问题，降低百万工时伤害率，促进提升化工行业本质安全水平。	全面获取化学物质和化学反应的安全性数据；在适用领域，可推动单位产品资源消耗强度、三废排放强度减少均达到10%及以上，工艺风险等级降低至3级及以下。	该技术已在精细化工行业应用。
2	半水-二水湿法磷酸制备技术	该技术通过硫酸、返酸以及返浆调节，控制半水反应温度及浓度梯度，调控二水转化中磷石膏重结晶工艺参数，能够获得高浓度产品磷酸，降低磷石膏中总磷和水溶性磷的含量，同时节能降耗，推动绿色生产。	与传统技术相比，制备的磷酸浓度提高15%、能耗降低52%、磷回收率提高2.5%~4.5%、副产磷石膏中总磷含量低于0.5%，水溶性磷含量小于0.2%。与国际先进水平相比，磷矿消耗降低1.16%；综合能耗降低1.95%。	该技术已在磷化工领域的湿法磷酸制备应用。
3	难降解化工废水电催化氧化关键技术	通过研制高稳定高催化性能功能电极、高传质高效电催化反应器，开发高协同高削减的电化学高级氧化耦合工艺技术，解决了极端水质条件下的电极材料寿命短、反应体系能效低和产业化应用瓶颈等关键难题，实现了废水的高效、低能耗处理，为化工废水强化处理、毒性深度削减与回用提供了重要的技术支撑。	与传统技术相比，纳米嵌入型功能电极寿命提升17倍，析氧电位提高0.25V，电流效率提升300%；管式/膜电催化反应器传质效率提升5.8倍，氧化效率提升6.5倍；预处理费用降低30~50%，深度处理成本降低50~70%，泥渣产生量降低80%。	该技术已在农药、医药和化工材料及中间体等行业废水处理工程中应用。
4	多产烯烃和芳烃的炼化耦合绿色新工艺技术	通过开发以“重油加氢和高效催化裂解-柴油加氢转化-石脑油逆流重整-轻烃分离”为核心的炼化耦合绿色新工艺技术，实现油品到化学品的高效分子转化，提升烯烃和芳烃收率，促进节能减排，提高资产利用率。	与传统技术相比，可实现乙烯和丙烯收率提高6%，轻质芳烃（BTX）收率提高7%以上，汽柴油收率下降20%，能耗降低592kg标油/吨化学品，CO <sub>2</sub> 排放降低2.19吨/吨化学品。	该技术已在多家炼化企业应用。

序号	技术/产品名称	技术/产品简介	主要技术经济指标	推广应用情况
5	余压膨胀深冷法绿色高效回收聚烯烃排气新技术	通过创新余压膨胀深冷热-质-功交换网络及装备,开发了聚合物VOCs脱附-深冷氮循环和聚合反应-深冷烃循环的高效回收及深冷法监控等技术,解决了聚合物内高碳VOCs难脱附、排放气低碳VOCs难回收、流程中微量敏感组分难监控的行业难题。	乙烯回收率超过90wt%, C4+回收率提升至99.9wt%, 氮气回收率超过75wt%。与传统技术相比,可取消冰机制冷,缩短50%的开车时间。	该技术已在国内多套聚烯烃装置应用。
6	煤化工废水酚氨回收成套产业化技术	通过开发大型化、高效化和节能化的酚氨回收成套技术和核心装备,能够在低投资、低成本下实现酚氨废水中酚、氨、油等难降解污染物的回收,以及该类废水的无害化和资源化处置利用,解决低阶煤转化时产生的酚氨废水污染负荷高、生物毒性强烈的处理难题。	装置单套规模可达500吨/小时以上;总酚回收率、总氨回收率和化学需氧量(COD)脱除率最高分别在98%、99%和96%以上;吨废水蒸汽消耗不高于280公斤,碱耗不高于0.4公斤。与传统工艺相比,综合成本降低30%以上。	该技术已在多家煤化工企业应用。
7	大型化变压吸附气体分离技术	通过开发性能优良的高效吸附剂、高频次大通径的程控阀门、气流分布均匀的大型吸附塔以及具有流速控制功能的管路系统等核心硬件设备,形成了高效率、低能耗的变压吸附气体分离技术、智能化的专家控制及诊断系统,有效提升氢气提纯回收率,降低二氧化碳捕集能耗。	提纯氢气规模可达到20~100万Nm <sup>3</sup> /h;脱碳规模可达到20~30万Nm <sup>3</sup> /h。炼厂重整气提纯氢气的回收率超过92%,与现有技术相比提高2%~4%;变换气提纯氢气回收率超过90%,与现有技术相比提高1%~2%;二氧化碳捕集能耗比同等规模MEA吸收法低12%~16%。	该技术已在石油化工、现代煤化工、钢铁、冶金、能源、环保等行业应用。
8	微通道连续流催化合成吡啶杂环类清洁生产技术	通过采用微通道连续流合成技术,开发烯烃单体稳定化、高效催化氯化、清洁氯化-协同催化、废酸深度净化和盐水资源化等关键技术,解决吡啶杂环类产品生产过程中本质安全度差、原子利用率低、能耗高和“三废”排放量大且难处理等问题,实现废盐处理后满足离子膜电解要求,为安全绿色高效低碳生产提供保障。	比例可调可控合成2-氯-5-甲基吡啶(CMP)和2,3-二氯-5-甲基吡啶(DCMP),大幅缩短工艺流程,CMP和DCMP总收率提升30%,持液量降低99.9%,源头杜绝含磷废水产生。	该技术已在杀虫剂、除草剂和杀菌剂领域应用。

序号	技术/产品名称	技术/产品简介	主要技术经济指标	推广应用情况
9	重油高效催化裂解成套技术 (RTC)	通过开发以拟浓相、拟均温、拟匀速的快速流化床反应器为核心的重油高效催化裂解技术,改善了重油催化反应过程的选择性,将劣质重油经高效催化裂解最大化生产乙烯、丙烯等高附加值的化工原料,实现了劣质重油绿色低碳的高值化利用。	采用高掺渣的混合原料,该技术丙烯产率可达18%以上。与现有技术相比,丙烯产率增加2%以上,生产丙烯的碳排放降低约20%。	该技术已在多套炼化装置中应用。
10	富甲烷气绿色高效转化制合成气成套技术	通过开发回流区与平推流区耦合非催化部分氧化转化炉、薄端部高效长寿命烧嘴、撞击冷却的挠性管板火管锅炉等关键设备,以及富甲烷气绿色高效转化制合成气成套技术,实现天然气、焦炉气、荒煤气等低碳碳氢资源大规模清洁高效转化,解决了富甲烷气非催化转化制合成气面临烧嘴寿命短、转化炉拱顶壳体易超温、火管锅炉管板龟裂等工程技术难题,为低碳碳氢资源等的高值化利用,以及能源化工、钢铁等行业的低碳绿色发展提供技术支撑。	以焦炉气原料为例,有效气(CO+H <sub>2</sub> )含量94.4%,焦炉气消耗784Nm <sup>3</sup> /kNm <sup>3</sup> (CO+H <sub>2</sub> ),氧气消耗174Nm <sup>3</sup> /kNm <sup>3</sup> (CO+H <sub>2</sub> ),烃类转化率98.8%,工艺烧嘴和废热锅炉挠性管板使用寿命分别达3年和6年以上。与同类技术相比,有效气成分提高4.3%,单位有效气原料消耗降低8.6%,单位有效气氧耗降低5.9%,烃类转化率提高3%,工艺烧嘴和废热锅炉挠性管板使用寿命分别提高2年和4年。	该技术已在以天然气、焦炉气、荒煤气等为原料制乙二醇装置中应用。
11	炼厂干气回收利用成套技术	通过开发新型浅冷油吸收法炼厂干气回收利用成套技术,以炼厂碳四为吸收剂,吸收干气中的碳二及以上组份,再以稳定汽油作吸收剂,回收吸收尾气夹带的碳四组份,具有碳二组份回收率高、产品品质高、流程简单、操作简便、运转周期长、对原料适应性强、占地面积小、投资少、综合能耗相对较低等优势,能够提高炼厂干气利用价值。	C2回收率≥93%,提浓气产品中CH <sub>4</sub> 含量可控制≤5%,脱氧后O <sub>2</sub> 含量≤1ppm、NO <sub>x</sub> ≤10ppb。	该技术已在多家炼化企业的干气回收装置中应用。
12	基于磷水共脱的磷石膏晶型重构及多元化加工关键技术	通过开发能量自平衡磷石膏转晶、半水石膏高效过滤、洗液原位利用等技术,实现了基于磷水共脱的二水-半水法磷石膏晶型重构生产高纯α半水石膏产业化;突破非成型法悬浮预热、中和促解、同步还原活化、旋风预热器防结皮等关键技术,构建了磷石膏制酸联产硅钙钾镁肥/水泥切换式生产技术体系,攻克了湿法磷酸生产中磷石膏利用率低、难以大规模消纳的行业技术难题。	高纯α半水石膏P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ≤0.2%;磷石膏分解率提高至97%,钾长石转化率高达96%;硅钙钾镁肥产品可提高土壤pH 0.1~0.3个单位,促进水稻、甘蔗等农作物增产7.33%~18.02%。	该技术已在多套湿法磷酸、石膏加工等装置中应用。

序号	技术/产品名称	技术/产品简介	主要技术经济指标	推广应用情况
13	胺液脱硫系统节能与长周期稳定运行关键技术	通过采用分子设计、创新塔盘结构、耦合高精度耐污染过滤和低胺损除盐实现杂质脱除等手段，搭建包括离子色谱、质谱、XRD等手段的分析平台，形成了包含高效高选择性脱硫剂、抑发泡塔盘、胺液深度净化一体化技术，系统全局优化及在线平台，全种类杂质分析等成套技术，解决了胺液脱硫系统运行中的胺液降解、发泡、腐蚀、能耗高等问题，实现胺液系统长周期、高效、平稳运行。	降低二氧化碳共吸率10%以上，胺液使用浓度提高至32%以上，实现“油+悬浮物”脱除率95%以上，热稳盐降低至1%以下，实现胺液中4大类30余项性质的分析；成套技术全部应用后，胺液运行能耗成本下降5%左右。	该技术已在多套循环氢脱硫、干气脱硫、天然气脱硫、胺液再生等装置中应用。
14	高二聚体含量TMQ橡胶防老剂绿色合成技术	通过开发新型液体催化剂制备缩合液、连续流膜反应器制备缩合液及连续聚合反应等技术，解决了TMQ合成存在的缩合液杂质含量高、高二聚体TMQ产量低、自动化水平低、废水难处理等难题，实现了TMQ连续化、自动化、绿色化生产，提高了产品质量和产量。	产品有效体含量提高10%以上；胺类杂质减少0.8%。与现行一步法技术及两步法技术相比，废水减少63%和28%，废无机盐减少89%和81%。	该技术已经多个TMQ装置中应用。
15	工业含氨尾气氨分离回收新技术	通过开发具有自主知识产权的离子液体新型吸收剂，形成多级吸收-液膜解吸新工艺，突破了离子液体吸收剂在线连续再生关键难题，解决了现有含氨尾气处理工艺产生废水量大、氨回收利用效率较低及设备腐蚀等问题，实现工业含氨气体中氨的高效分离和回收，极大降低再生能耗，避免了氨氮废水二次污染，具有经济和环境的三重效益。	尾气达标排放，无氨氮废水产生，获得99.9%高纯氨。与水洗工艺相比，能耗降低约30%。	该技术已在三聚氰胺、合成氨、尿素、有机胺、冶炼等行业应用。
16	嵌入临氧裂解过程的三废治理与化学品生产耦合关键技术	通过综合运用化学工程、工业催化、系统工程的理论和方法，首创了“三废”临氧裂解一体化净化、捕获并利用过量原料的新型反应-分离集成、分子筛催化原子经济反应等技术，将临氧裂解净化嵌入化学品生产装置，通过环保治理与化工生产深度融合，实现化学品全流程绿色制造。	可同时处理气液两种相态的污染物，排放气非甲烷总烃 $\leq 10\text{mg/m}^3$ ，排放水COD $\leq 40\text{mg/L}$ ，其他特征污染物达标排放，装置自热运行，无需能量输入。嵌入临氧裂解的醛酯胺类化学品制造过程的原料转化率提高30%~50%，原子利用率接近100%，产品选择性提高15%~30%，节能10%~30%。	该技术已在石化化工、制药等行业“三废”治理中应用。

序号	技术/产品名称	技术/产品简介	主要技术经济指标	推广应用情况
17	“超重力+”过程强化新技术	通过开发“超重力+纳微表面”“超重力+电场”等新装备,以及工业含硫气体深度净化、碱液氧化再生等系列“超重力+”新工艺,解决了工业含硫气体深度净化、炼厂脱硫醇废碱液氧化再生等技术难题,具有脱除效率高、设备体积小、运行成本低等优势,在工业酸性气体深度净化、脱硫醇废碱液氧化再生等过程有着广泛的应用前景。	用于含硫化氢气体深度净化,低压下硫化氢脱除率可达 $\geq 99.9\%$ ,出口硫化氢浓度小于 $10\text{ppm}$ ;用于锅炉烟气一体化净化,硫硝尘含量分别降至 $5$ 、 $80$ 和 $30\text{mg/m}^3$ ;用于硫酸装置尾气脱硫, $\text{SO}_2$ 和酸雾含量均降至 $5\text{mg/m}^3$ 以下;用于脱硫碱液氧化再生,再生碱液醇钠 $\leq 100\text{ppmw}$ ,二硫化物含量 $\leq 20\text{ppmw}$ ,脱后硫含量 $\leq 10\text{ppmw}$ ,可实现碱渣近零排放。	该技术已在石油化工、饮料加工等领域应用。
18	炼化企业氢气资源梯级利用与集成优化智能管控平台	该技术针对石化企业氢气资源生产、利用、回收过程优化提升的需求,基于氢夹点技术、数学规划算法、产&用氢装置机理模型,建立石化企业氢气资源管理系统平台,解决石化企业氢气资源“看不清、说不明、管不住”等问题,实现企业氢气网络在线监控、调度方案设计、氢气系统能耗与碳排放测算、历史数据管理等功能,提升氢气系统运行效率。	原油加工过程氢气资源利用效率提高 $3\%$ 以上,减少碳基灰氢需求 $8\text{Nm}^3/\text{吨原油}$ ;减少生产过程碳排放 $9.8$ 千克 $\text{CO}_2/\text{吨原油}$ 。	该技术已在多家石化企业应用。
19	危险化学品重大火灾爆炸事故链风险防控与应急关键技术及装备	该技术通过自主设计开发空地一体化数据采集和传输应急技术终端装备和开放、动态可配置的工业级互联网PaaS平台,建立“泄漏→自燃→火灾→爆炸”事故链的理论模型,开发最大可能事故链辨识方法及动/静态风险评估技术,解决了危化品重大火灾爆炸复杂事故链难题,实现多灾种破坏效应耦合作用下装置失效机制及事故链演化传递路径概率预测和模拟,支撑危化品重特大事故的动态感知、预警和可视化事故场景的应急辅助决策。	能够预测热辐射和冲击波耦合作用下装置失效概率,实现“泄漏→自燃→火灾→爆炸”全事故链演化途径判定和风险评估;实现 $25$ 种主流数据接口、中间件数据智能采集、解析、互通和数据分析;实现化工装置典型事故链场景风险评估、分级监控预警;实现航时大于 $2$ 小时,有效任务载荷 $5$ 公斤;实现视频、数据和 $10$ 种以上工业协议接入;实现自动导航定位误差 $< 2\text{cm}$ , $6$ 小时续航,测温精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ,实现智能视频分析识别。	该技术装备已在多个化工企业和园区应用。
20	基于均相电渗析器的典型过程工业酸碱盐废水资源化利用技术	该技术开发了支持规模化生产的互穿网络结构均相电渗析膜产品,形成了典型过程工业酸碱盐废水资源化利用工艺包,运用电渗析技术对传统粘胶纤维生产、化工生产等领域的传统工艺进行绿色化改造,解决工业酸碱盐废水资源化应用难题,实现含酸、碱、盐废水资源化利用,提高原材料利用率及产品质量,减少废水废渣的产生。	单台液压型电渗析器装配膜总面积为 $1440\text{m}^2$ ,工业脱盐量为 $345\text{kg/h}$ (氯化钠,电流密度 $400\text{A/m}^2$ ,电流效率 $70\%$ )。与传统工艺相比,氯化钠浓缩浓度由 $15\%$ 提高至 $20\%$ ,能耗降低 $10\%$ 。	该技术已在化工、冶金、纺织等行业应用。

序号	技术/产品名称	技术/产品简介	主要技术经济指标	推广应用情况
21	氯碱工业用全氟离子交换膜	该产品为具有自主知识产权的低能耗、高电流效率、高交换容量、高机械性能的氯碱工业用全氟离子交换膜材料，能够匹配各类型氯碱电解槽使用需求，降低氯碱生产过程能耗，能够有效填补国内产业空白。	平均运行槽电压 $\leq 2.98V$ ( $5.5kA/m^2$ )，电流效率 $\geq 96.5\%$ 强度；离子膜适用电流密度 $5-6kA/m^2$ ，宽幅可达 $1500mm$ ，拉伸强度 $\geq 20MPa$ 。	该产品已在多家化工企业应用。
22	电子级磷酸	该产品为高端电子级磷酸，其金属离子及其他杂质含量比工业级磷酸低2000倍以上，主要用于集成电路制造过程中选择性去除氮化硅膜层，能够有效填补国内产业空白。	金属离子含量小于 $10ppb$ 。	该产品已在集成电路制造行业应用。
23	气体净化膜材料	该产品为基于气体净化膜微结构与功能关系模型开发的双疏膜材料和高温气固分离碳化硅膜材料，具有膜孔结构均一、渗透率高等特点，性能优于同类产品，形成多种气体净化膜应用工艺，开发出成套膜分离装备并实现规模化应用。	烟气处理后粉尘排放浓度 $\leq 5mg/m^3$ ，优于国家超低排放标准，对粉体产品回收率 $\geq 99.99\%$ ，膜两侧压降 $\leq 1000Pa$ ，运行寿命大于3年。	该产品已在燃煤锅炉、生物质锅炉、高价值粉体回收等工业尾气净化和气固相反应分离过程中应用。
24	液相混炼合成橡胶新材料	该产品为以液态形式进行橡胶和填料混炼合成的橡胶新材料，应用在轮胎领域能够提升产品的节能性、安全性、环保性、舒适性、静音性等，解决轮胎滚动阻力、湿地制动性能、耐磨性能无法同时改善的“魔鬼三角”问题。	橡胶复合材料中聚合物总量 $\leq 75\%$ ， $550^\circ C$ 裂解后残留物含量 $\geq 25\%$ ， $T300/T100 \geq 5$ ，白炭黑分散等级10级。与干法工艺相比，能耗降低45%。	该产品已在轮胎领域应用。

序号	技术/产品名称	技术/产品简介	主要技术经济指标	推广应用情况
25	高性能橡胶制品混炼胶制备技术及装备	该技术及装备包括橡胶块状连续混炼、串联式混炼、雾化溅射式湿法混炼方法及成套装备，以及混炼专用的密炼机转子等设备，能够有效解决传统混炼过程中填料易聚集、难分散、高能耗、批次间均匀差等问题，实现混炼胶性能的高质化以及混炼过程的节能化，提升橡胶工业竞争力。	混炼胶综合性能提高15%~20%；与传统技术相比，能耗降低约10%~15%，分散性提高1-2级。	该技术及装备已在高性能工程子午胎、高性能钢丝绳芯输送带等高端橡胶制品加工生产中应用。
26	高性能微球型钛硅分子筛催化剂	该产品为具有自主知识产权的微球型钛硅分子筛，适用于己内酰胺生产过程的氨肟化反应、丙烯环氧化制环氧丙烷、氯丙烯环氧化环氧氯丙烷等领域的清洁生产，解决工业应用过程中反应溶剂介质的绿色化、以及纳米钛硅分子筛催化剂分离困难、容易流失、制备工艺复杂、收率低、原料成本高、废液污染等问题，能够在保持纳米催化剂高活性和高选择性同时，实现较好的分离和稳定性能。	在环己酮氨肟化反应过程中表现出环己酮转化率 $\geq 99.9\%$ ，环己酮肟选择性 $\geq 99.9\%$ ，在有机溶剂和水溶剂中的耐碱过滤性能和孔道内反应传质性能优于粉体TS-1，表现出高催化性能。与纳米钛硅分子筛相比，在保持纳米催化剂高活性和高选择性的同时，具有较好的分离性能、抗碱溶硅性能和催化剂稳定性。	该产品已在多个己内酰胺装置中应用。
27	合成气/蒸汽联产气化炉	该装备设计了独特的环形单筒体和径向双面膜式水冷壁气化室与辐射废锅接口及其密封结构，实现了防积灰结渣的辐射式热回收目标，增加了有效辐射换热面积，能够解决高温高压设备直连、密封、易堵塞和余热回收难题，提高煤气化系统的热效率，可副产高品质蒸汽。	系统热效率 $\geq 98.4\%$ ；辐射废锅蒸汽产率 $\geq 794.0\text{kg/kNm}^3(\text{CO}+\text{H}_2)$ ；碳转化率 $\geq 99\%$ 。	该装备已在多家煤化工企业应用。
28	低水气比(CO)有机硫转化型耐硫变换催化剂	该产品为有机硫转化性能好的QDB-07耐硫变换催化剂，能够解决高硫煤变换原料气甲硫醇等硫化物生成的技术难题，保证了节能型低水气比新变换工艺实施，拓宽原料煤的选择范围。	与现有催化剂相比，在水/气为0.2~0.4，温度260~360℃，原料气中CO为30%~70%， $\text{H}_2\text{S}$ 为0.3%~0.6%的工艺条件下，甲硫醇等硫醇类化合物的生成率降低85%以上，有机硫总转化率大于95%，可以按60%比例掺烧高硫煤，节约原料煤的成本。	该产品已在多个煤化工装置中应用。