

# 2024 年度四川省科技进步奖公示材料

## 一、项目名称

天然气复杂硫组分深度净化与尾气 SO<sub>2</sub> 超低排放关键技术及应用

## 二、提名单位及提名意见

四川省石油学会提名该项目申报 2024 年度四川省科技进步奖

## 三、项目简介

气候问题是当今人类面临的重大全球性挑战，为落实碳达峰碳中和目标，国家在生态文明建设整体布局中对能源结构的调整和清洁能源的需求不断增加。天然气作为一种相对清洁的化石燃料，在一次能源中的份额将继续增大，预计 2030 年，我国天然气消费量将达到约 6000 亿立方米，四川省承担全国 1/3 的天然气产量。为落实习近平总书记“能源的饭碗必须端在自己手里”的指示，彻底打破国外技术垄断、解决天然气净化领域核心技术“卡脖子”问题，为我国大型酸性气田大规模产能提取和相应的含硫尾气处理提供强有力的技术保障，进一步体现国企在关系国民经济命脉关键领域的引导力、增强中国技术在国际能源市场的竞争力；同时助推国家标准《天然气》（GB 17820）和《陆上石油天然气开采工业大气污染物排放标准》（GB 39728）的制定水平，亟需开展“天然气复杂硫组分深度净化与尾气 SO<sub>2</sub> 超低排放技术”的科技攻关。

在国家科技重大专项、国家自然科学基金等的支持下，项目组历经十余年的研发，集成创新了以工艺包、溶剂、催化剂、专利设备为核心的“天然气复杂硫组分深度净化与尾气 SO<sub>2</sub> 超低排放关键技术”，突破了天然气净化领域的技术瓶颈，走出了中国清洁能源生产技术的自主创新发展之路。主要创新成果如下：

1、研发了天然气复杂硫组分深度净化与尾气 SO<sub>2</sub> 超低排放全流程成套技术，该技术涵盖工艺包、溶剂、催化剂、专利设备等，实现了机理厘清到工业化应用的全流程创新，全面打破了国外技术垄断，实现了中国技术在该领域的引领。

2、创制了一种可同时处理多种硫组分（包括 H<sub>2</sub>S 和有机硫等）的多元复合胺溶剂；首

次攻克了国产 COS 水解催化剂的工程化应用，水解率高达 99%，综合能耗较国外同类技术降低 9%。针对不同应用场景，创新性开发了两种天然气复杂硫组分深度净化的工艺包，可将总有机硫含量高达 1000mg/m<sup>3</sup> 的原料天然气脱至 H<sub>2</sub>S≤6mg/m<sup>3</sup>，总硫≤20mg/m<sup>3</sup>，达到 GB17820 一类天然气气质标准。

3、自主研发了一种环状叔胺类复合溶剂，与国际同类溶剂相比，溶液循环量可降低 12%；改进创新和集成优化了焚烧系统、急冷塔、胺液复活系统；开发集吸收与提浓功能为一体的耦合塔和富氧燃烧关键设备；创新性开发了三种硫黄回收及尾气处理工艺包。确保了克劳斯装置在低酸气浓度下的稳定运行，解决了设备腐蚀、堵塞、催化剂失活等国际难题。实现了尾气 SO<sub>2</sub>≤50mg/m<sup>3</sup> 的超低排放，优于 GB39728 要求的 400mg/m<sup>3</sup> 排放指标。

主（参）编国家、行业标准 3 项；授权发明专利 15 项、实用新型专利 15 项、软件著作权 1 项；发表论文 36 篇（SCI 9 篇、EI 1 篇、CSCD 15 篇）；出版专著 2 部；工艺包 5 项；技术秘密 3 项。

本成果研发的工艺包、专利溶剂、专利设备直接创造产值 2.8 亿元；累计节约工程费用 13.2 亿元；累计处理天然气达 2080 亿方，保证了 3120 亿元天然气产值和 36.3 亿元硫磺产值的实现。所采天然气折算替代原煤 37204 万吨，减排二氧化碳 60494 万吨、减排二氧化硫 7.3 万吨。为四川省经济发展和环境质量提升做出了重要贡献，社会经济效益显著。

经四川省石油学会鉴定认为该成果整体达到国际先进水平，其中尾气 SO<sub>2</sub> 超低排放关键技术达到国际领先水平。

#### 四、主要知识产权和标准规范目录（不超过 10 件）

表 1 主要知识产权和标准规范等目录

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
发明专利	一种羰基硫高效脱除溶剂及其制备方法	中国	ZL 202010662120.3	2021.10.15	第 4730786 号	中国石油集团工程股份有限公司、中国石油工程建设有限公司、中国	刘祺、梁宇成、韩敏、汤国军、赵启龙、赵兴涛、祁亚玲、曹文浩、兰林、	有效

						石油天然气集团有限公司	陈娟、张玉明、赵海龙	
发明专利	硫磺回收装置和方法	中国	ZL 2021 10505682.1	2021.05.10	第 7133656 号	中国石油集团工程股份有限公司	瞿杨、易铎、岑嶺、胡超、张云光、曹杰、曹东、唐忠渝、徐飞、梁革	有效
发明专利	一种复配型离子液体脱硫剂用于气体中有机硫脱除的方法及装置	中国	ZL 2021112033561	2023.10.20	第 6417406 号	西南石油大学	李爱蓉、康洛铭	有效
发明专利	一种高效复配脱硫脱碳溶剂及其应用	中国	ZL201710564592.3	2019.10.11	第 3555626 号	中国石油集团工程股份有限公司、中国石油工程建设有限公司、中国石油天然气集团有限公司	刘棋、韩淑怡、郭成华、陈运强、韩敏、陈彰兵、汤晓勇、王非、程林、肖秋涛、蒲远洋、王秀丽、黄伟光、梁宇成、李巧、傅贺平、李超群	有效
发明专利	硫磺回收方法及装置	中国	ZL 202120433634.1	2022.08.05	第 5361555 号	中国石油天然气集团有限公司、中国石油工程建设有限公司	蒲远洋、周明宇、杜通林、陈祖翰、王非、李超群、陈韶华、程林、游龙、兰林、张勇、陈运强、汤晓勇、杜仕涛、薛文奇、万娟、肖秋涛、马艳琳、马先、	有效

							邹鹏飞	
发明专利	一种适用于大操作弹性的硫磺回收装置及方法	中国	ZL 201610216559.7	2018.03.13	第 2844267 号	中国石油天然气集团有限公司, 中国石油工程建设有限公司	周明宇、张磊、赵华莱、陈韶华、马先、程林、肖秋涛、汤国军、曹文浩、蒲强、赵海龙、汤智昀	有效
其他	CPO 氧化吸收法尾气处理工艺包	中国		2024-04-19	无	中国石油工程建设有限公司西南分公司	中国石油工程建设有限公司西南分公司	有效
计算机软件著作权	硫磺回收配比控制系统 V1.0	中国	2023SR0490966	2021-09-30	软著登字第 11078137 号	中国石油工程建设有限公司、中国石油天然气集团有限公司	中国石油工程建设有限公司西南分公司	有效
国家（行业）标准	天然气净化厂设计规范	中国	GB/T 51248-2017	2017.07.31	中华人民共和国住房和城乡建设部、中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局	中国石油工程建设有限公司西南分公司	陈运强、肖秋涛、李正才、雒定明、朱学军、汤国军、周明军、赵琼、宋光红、高海明、陈玉梅、郭江菊、李科、陈彬源、谢健、陈万、陈庚、刘家洪、王非、程林、蒲远洋、傅贺平、张晓华、秦耕、孟瑶琳	有效
国家（行业）标准	气田地面工程设计节能技术规范	中国	SY/T 6331-2013	2014.04.01	国家能源局	中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司、西安	肖秋涛、汤晓勇、刘家洪、沈泽民、陈玉梅、陈运强、	有效

						长庆科技工程 有限责任公 司、中油辽河 工程有限公 司、中国石化 胜利油田设计 院	童富良、黄静、 谌天兵、傅贺 平、刘文伟、 郑欣、陆永康、 卢任务、李巧、 <b>刘棋</b> 、陈静、 李爽、王登海	
--	--	--	--	--	--	---	---	--

## 五、论文专著

序号	论文(专著) 名称/刊名 /作者	年卷页 码 (xx 年xx 卷 xx页)	发表时间 (年月 日)	通讯作 者(含 共同)	第一作 者(含 共同)	国内作者	他 引 总 次 数	检索 数据 库	论文署名 单位是否 包含国外 单位
1	土库曼斯坦 气田地面工 程技术丛书- 油气处理	/	2018.08.01	/	/	杜通林、王非、肖秋涛	/	石油 工业 出版 社	否
2	化工传递原 理教程	/	2022.01.01	/	/	任永胜、李爱蓉、孙永 刚	/	化学 工业 出版 社	否
3	Mass Transfer in a Rotating Packed Bed: A Critical Review	2019, 139, 78-94	2019.05.09	Zhihong Wang	Zhihong Wang	<b>Zhihong Wang</b> , Tao Yang1, Zhixi Liu, Shicheng Wang, Yang Gao, Mingou Wu, Yang Gao, Mingou Wu	67	SCIE	否
4	Experimental study on adsorption removal of SO <sub>2</sub> in flue	2023, 455, 140687	2023.01.01	Airong Li	Yuling Ma	Yuling Ma, <b>Airong Li</b> , Cheng Wang	24	SCIE	否

5	高含硫气田地面集输系统元素硫沉积化学防治一体化新技术	2024年第44卷第11期	2024.11.30	熊钢	熊钢	熊钢, 刘云峰, 唐永帆, 徐晓炜, 江藩, 李伟, 兰云霞, 李宏, 肖毅	/	/	否
合 计							91	/	/

## 六、主要完成单位

中国石油工程建设有限公司西南分公司、西南石油大学、中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司、四川省精细化工研究设计院有限公司、四川艾普热能科技有限公司

## 七、主要完成人情况

杜通林（中国石油工程建设有限公司西南分公司）  
程 林（中国石油工程建设有限公司西南分公司）  
王治红（西南石油大学）  
肖秋涛（中国石油工程建设有限公司西南分公司）  
王 非（中国石油工程建设有限公司西南分公司）  
徐晓炜（中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司）  
陈运强（中国石油工程建设有限公司西南分公司）  
刘 棋（中国石油工程建设有限公司西南分公司）  
李爱蓉（西南石油大学）  
岑 嶺（中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司）