



完成人合作关系说明

本项目主要完成人围绕工业窑炉复杂烟气污染治理重大需求，形成了长期、稳定的科研合作关系，合作涵盖宽温域净化材料创制、多污染物协同净化工艺开发及关键装备研制与系统集成等环节，高校与企业优势互补、产学研用深度融合，构建了联合攻关体系。

第一完成人：任山

2018-2023 年，项目第一完成人任山与第八完成人杨剑共同获得多项授权发明专利，包括：一种测试炭基吸附剂脱汞性能的方法及装置(ZL201510393354.1)；一种纳米铁钴复合催化剂制备方法（ZL201810428464.0）；一种半焦低温 SCR 脱硝催化剂及其制备方法（ZL201810468403.7）和一种电炉粉尘提锌尾渣制备 SCR 脱硝催化剂的方法（ZL202111473786.5）。

2019 年，项目第一完成人任山与第八完成人杨剑共同获得“燃煤烟气协同脱硝脱汞催化剂制备关键技术及应用”重庆市科技进步一等奖（证书编号：2018-J-1-06-R02）。

2019 年，项目第一完成人任山与第八完成人杨剑共同获得“适应恶劣燃煤烟气条件的新型脱硝脱汞催化剂制备关键技术”中国产学研合作创新成果二等奖（证书编号：20199150）；

2019-2024 年，项目第一完成人任山与第四完成人石建稳共同申报秦创原“科学家+工程师”队伍建设项目，并获立项（S2025-YD-QCYK-0321）。

2020 年，项目第一完成人任山与第八完成人杨剑共同获得“烟气脱硝催化剂定向配方优化与应用技术开发”中国发明创业成果一等奖（证书编号：2020-CAICG-1-M01）。

2020 年，项目第一完成人任山与第八完成人杨剑共同获得“催化剂 SCR 脱硝过程失活再生关键技术开发”中国发明创业创新二等奖（证书编号：2020-CAICX-2-H81）。

2023-2026 年，项目第一完成人任山与第二、三、十完成人赖志强、王嘉庆、刘满溢相继合作发表学术论文：Catalysis Today 2023, 418: 114053; Chemical Engineering Journal, 2025, 524: 169007; Applied Catalysis B: Environment and Energy, 2026, doi: 10.1016/j.apcatb.2026.127365。

2026 年，项目第一完成人任山与项目其他完成人赖志强、王嘉庆、石建稳、边靖、艾华、苏伟、杨剑、宋美娟、刘满溢共同完成“工业窑炉复杂烟气污染治理关键技术与装备”科技成果评价。



第二完成人：赖志强

2013-2018 年，项目第二完成人赖志强与第五完成人边靖、第六完成人艾华共同获得授权专利：一种文丘里式喷雾干燥法脱硫装置及其脱硫方法（ZL201610432628.8）；一种电除尘器绝缘锥套筒旋流反吹方法（ZL201510424186.8）。

2014-2022 年，项目第二完成人赖志强与第五完成人边靖、第六完成人艾华相继合作发表学术论文：重型机械,2016,(2):51-53；中国重型装备,2018,(3):7-8；中国金属通报,2019,(5):243-244；重型机械,2022,(3):32-35。

2021-2023 年，项目第二完成人赖志强与第五完成人边靖、第六完成人艾华、第九完成人宋美娟共同产业合作，完成项目工程应用。包括：福建青拓实业股份有限公司烧结烟气超低排放项目（合同编号：Y2201122）；新疆华兴玻璃有限公司玻璃窑炉烟气治理项目（合同编号：Y2101109）。

2024-2026 年，项目第二完成人赖志强与第三完成人王嘉庆共同获得授权专利，包括：一种绝热防焦的耐高温泄爆阀、制作及泄爆方法（ZL202510933007.7）；一种适用于大型除尘器结构的双阶段屈服耗能支撑（ZL202520800135.X）。

2024-2026 年，项目第二完成人赖志强与第三完成人王嘉庆、第七完成人苏伟合作发表学术论文：重型机械,2025,(6):69-74；山西冶金,2026,49(5):145-148；重型机械,2026,(4):61-71。

2025-2026 年，项目第二完成人赖志强、第三完成人王嘉庆、第五完成人边靖、第六完成人艾华、第九完成人宋美娟与第七完成人苏伟开展产业合作：高炉煤气预脱氯关键技术开发（合同编号：Y2501134.W17）。

2025-2026 年，项目第二完成人赖志强、第三完成人王嘉庆、第五完成人边靖、第六完成人艾华、第九完成人宋美娟与第八完成人杨剑开展产业合作：催化剂研发及反应机理研究（合同编号 Y2501147.W07）

第三完成人：王嘉庆

2018-2020 年，项目第三完成人王嘉庆与第七完成人苏伟共同获得“钢铁工序烟气多污染物半干法协同超低排放治理技术及应用”中冶集团科学技术奖一等奖（证书编号：2020Y003）。

2018-2025 年，项目第三完成人王嘉庆与第七完成人苏伟合作发表多篇学术论文，包括：Chemical Engineering Journal, 2023, 476: 146390；Fuel, 2022, 321: 124050；Catalysis Science & Technology, 2022, 12: 3863-3873；Fuel, 2026, 407: 137150。

2019-2021 年，项目第三完成人王嘉庆与第四完成人石建稳、第七完成人苏伟合作发表学术论文：Journal of Cleaner Production, 2021, 289: 125756。

2020-2022 年，项目第三完成人王嘉庆与第七完成人苏伟共同获得授权发明



专利，包括：一种同时脱除氮氧化物和一氧化碳的催化剂及制备方法（ZL202110063660.4）；一种选择性脱氯的吸收剂、制备方法和使用方法（ZL202111402502.3）。

2025-2026 年，项目第三完成人王嘉庆与第二完成人赖志强共同立项科研项目，包括：中国重型机械研究院股份公司自立课题（K2505408）；中国机械工业集团有限公司青年科技基金项目（QNJJ-PY-2025-15）。

各完成人通过共同完成科研项目，合作发表学术论文、授权发明专利、完成科技成果评价及工程示范验证，形成了从净化材料创制、协同工艺开发到装备研制、系统集成及工程应用的完整技术链条与稳定合作体系，为本项目三项主要科技创新的形成和成套技术开发奠定了坚实的合作基础。

第一完成人签名：任山



完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同获奖	任山/1, 杨剑/8	2014-06-01	2017-12-31	“燃煤烟气协同脱硝脱汞催化剂制备关键技术及应用”, 重庆市科技进步一等奖	未列入附件
2	共同获奖	任山/1, 杨剑/8	2019-12-01	2019-12-01	“适应恶劣燃煤烟气条件的新型脱硝脱汞催化剂制备关键技术”, 中国产学研合作创新成果奖二等奖	未列入附件
3	共同获奖	任山/1, 杨剑/8	2020-10-01	2020-10-01	“催化剂 SCR 脱硝过程失活再生关键技术开发”, 中国发明创业创新奖二等奖	未列入附件
4	共同获奖	任山/1, 杨剑/8	2020-12-01	2020-12-01	“烟气脱硝催化剂定向配方优化与应用技术开发”, 中国发明创业奖·成果奖一等奖	未列入附件
5	共同获奖	任山/1, 杨剑/8	2021-01-01	2021-01-01	“复杂燃煤烟气多污染物协同脱除关键技术与应用”, 中国产学研合作创新成果奖二等奖	未列入附件
6	共同知识产权	任山/1, 杨剑/8	2015-07-07	2018-07-24	一种测试炭基吸附剂脱汞性能的方法及装置, ZL201510393354.1	其他附件 2-5
7	共同知识产权	任山/1, 杨剑/8	2018-05-07	2021-06-22	一种纳米铁钴复合催化剂制备方法, ZL201810428464.0	必备附件 1-2
8	共同知识产权	任山/1, 杨剑/8	2018-05-16	2021-02-02	一种半焦低温 SCR 脱硝催化剂及其制备方法, ZL201810468403.7	未列入附件
9	共同知识产权	任山/1, 杨剑/8	2021-11-30	2023-05-02	一种电炉粉尘提锌尾渣制备 SCR 脱硝催化剂的方法, ZL202111473786.5	其他附件 2-3
10	论文合著	任山/1, 刘满溢/10	2022-12-24	2023-06-01	Recent advance for NO _x removal with carbonaceous material for low-temperature NH ₃ -SCR reaction[J]. Catalysis Today, 2023, 418: 114053.	未列入附件
11	论文合著	任山/1, 刘满溢/10	2025-05-07	2025-09-26	Facet-dependent reactivity of CeO ₂ by tuning oxygen vacancies to simultaneously promote NH ₃ -SCR and CO oxidation[J]. Chemical Engineering Journal, 2025, 524: 169007.	未列入附件



12	论文 合著	任山/1, 赖志强 /2, 王嘉庆/3	2025- 06-08	2026- 08-16	Dynamic Surface Reconstruction Induced by <i>In Situ</i> Bi ⁰ for Efficient and Durable Photocatalytic NO Removal in S-scheme Bi ₄ O ₅ Br ₂ /Bi ₄ TaO ₈ Br Heterojunction[J].Applied Catalysis B: Environment and Energy, 2026: 127365.	未列入 附件
13	共同 科技 成果 评价	任山/1, 赖志强 /2, 王嘉庆/3, 石建稳/4, 边靖 /5, 艾华/6, 苏 伟/7, 杨剑/8, 宋美娟/9, 刘满 溢/10	2013- 06-01	2026- 09-03	科技成果评价报告“工业窑炉复杂烟气污染治理关键技术与装备”(2026XCP01819)	其他附 件 2-8
14	共同 知识 产权	赖志强/2, 边靖 /5, 艾华/6	2013- 06-01	2017- 04-26	一种电除尘器绝缘锥套筒旋流反吹方法, ZL201510424186.8	未列入 附件
15	共同 知识 产权	赖志强/2, 边靖 /5, 艾华/6	2015- 06-17	2018- 10-09	一种文丘里式喷雾干燥法脱硫装置及其脱硫方法, ZL201610432628.8	其他附 件 2-6
16	共同 知识 产权	赖志强/2, 王嘉 庆/3	2024- 10-25	2026- 02-03	一种适用于大型除尘器结构的双阶段屈服耗能支撑, ZL202520800135.X	未列入 附件
17	共同 知识 产权	赖志强/2, 王嘉 庆/3	2025- 01-08	2025- 09-19	一种绝热防焦的耐高温泄爆阀、制作及泄爆方法, ZL202510933007.7	必备附 件 1-1
18	论文 合著	赖志强/2, 边靖 /5, 艾华/6	2014- 04-01	2016- 03-20	地下停车场机动车尾气治理技术的研究[J].重型机械, 2016,(2):51-53.	未列入 附件
19	论文 合著	赖志强/2, 艾华 /6	2017- 03-15	2018- 07-25	高硫球团矿链篦机回转窑烟气脱硫工程实践[J].中国重型装备, 2018,(3):7-8.	未列入 附件
20	论文 合著	赖志强/2, 艾华 /6	2018- 03-23	2019- 05-31	红土镍矿回转窑烟气石灰石膏法脱硫系统设计概况[J].中国金属通报, 2019,(5):243-244.	未列入 附件
21	论文 合著	赖志强/2, 艾华 /6	2021- 10-25	2022- 05-20	炼钢厂热泼渣废气白雾治理及水分回收系统[J].重型机械, 2022,(3):32-35.	未列入 附件
22	论文 合著	赖志强/2, 王嘉 庆/3, 苏伟/7	2024- 07-15	2025- 11-20	烧结烟气脱硝反应器中双功能催化剂的设计及性能优化[J].重型机械, 2025,(6):69-74.	未列入 附件
23	论文 合著	赖志强/2, 王嘉 庆/3	2024- 12-10	2026- 07-20	KOH 改性活性炭对轮胎硫化废气中极性 VOCs 的吸附强化与机	未列入



					理[J].重型机械,2026,(4):61-71.	附件
24	论文 合著	赖志强/2,王嘉庆/3	2025-05-06	2026-05-31	基于磁流变阻尼器的环保隔尘可移动式落砂机的设计与研究[J].山西冶金,2026,49(5):145-148.	未列入附件
25	产业合作	赖志强/2,边靖/5,艾华/6,宋美娟/9	2021-02-07	2022-06-30	新疆华兴玻璃有限公司玻璃窑炉烟气治理项目(合同编号:Y2101109)	必备附件2
26	产业合作	赖志强/2,边靖/5,艾华/6,宋美娟/9	2022-04-19	2023-11-30	福建青拓实业股份有限公司烧结烟气超低排放项目(合同编号:Y2201122)	必备附件2
27	产业合作	赖志强/2,边靖/5,艾华/6,苏伟/7,宋美娟/9	2025-02-28	2026-12-28	高炉煤气预脱氯关键技术开发(合同编号:Y2501134.W17)	其他附件2-12
28	产业合作	赖志强/2,边靖/5,艾华/6,杨剑/8,宋美娟/9	2025-03-30	2027-09-15	催化剂研发及反应机理研究(合同编号Y2501147.W06)	其他附件2-13
29	共同获奖	王嘉庆/3,苏伟/7	2018-08-25	2020-12-30	“钢铁工序烟气多污染物半干法协同超低排放治理技术及应用”中冶集团科学技术奖一等奖	未列入附件
30	共同知识产权	王嘉庆/2,苏伟/7	2020-09-18	2022-12-02	一种同时脱除氮氧化物和一氧化碳的催化剂及制备方法,ZL202110063660.4	未列入附件
31	共同知识产权	王嘉庆/3,苏伟/7	2021-11-24	2022-08-16	一种选择性脱氯的吸收剂、制备方法和使用方法,ZL202111402502.3	未列入附件
32	论文合著	王嘉庆/3,苏伟/7	2018-12-30	2022-03-20	Bifunctional Mn-Cu-CeOx/ γ -Al ₂ O ₃ catalysts for low-temperature simultaneous removal of NO _x and CO[J]. Fuel, 2022, 321: 124050.	未列入附件
33	论文合著	王嘉庆/3,苏伟/7	2019-11-05	2022-05-09	Promotional effect of Sn additive on the chlorine resistance over SnMnOx/LDO catalysts for synergistic removal of NO _x and o-DCB[J]. Catalysis Science & Technology, 2022, 12: 3863-3873.	未列入附件
34	论文合著	王嘉庆/3,石建稳/4,苏伟/7	2019-05-08	2020-12-31	Mineral-derived catalysts optimized for selective catalytic reduction of NO _x with NH ₃ [J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 289: 125756.	未列入附件



35	论文 合著	王嘉庆/3, 苏伟 /7	2020- 12-30	2023- 09-30	TiO ₂ -coated CeCoO _x -PVP catalysts derived from Prussian blue analogue for synergistic elimination of NO _x and o-DCB: The coupling of redox and acidity[J].Chemical Engineering Journal, 2023, 476: 146390.	未列入 附件
36	论文 合著	王嘉庆/3, 苏伟 /7	2022- 10-23	2025- 10-10	PVP modulation of CeCoO _x morphology to enhance chlorine resistance and o-dichlorobenzene degradation[J]. Fuel, 2026, 407: 137150.	未列入 附件
37	共同 立项	赖志强/2, 王嘉 庆/3	2025- 04-01	2027- 03-31	中国重型机械研究院股份公司 自立课题“转炉一次烟气中低温 余热回收技术”(K2505408)	未列入 附件
38	共同 立项	赖志强/2, 王嘉 庆/3	2025- 03-01	2027- 12-31	中国机械工业集团有限公司青 年科技基金项目“钢铁烧结烟气 多污染物协同治理耦合余热梯 级利用关键技术研究” (QNJJ-PY-2025-15)	未列入 附件

承诺：本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：任山