

2026年度陕西省科学技术奖提名项目公示材料

一、项目名称

肺移植全周期损伤防控关键技术创新及推广应用

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省卫生健康委员会

提名意见：

拟提名该项目为陕西省科学技术进步奖。

三、项目简介

肺移植是终末期肺疾病患者获得长期生存的重要救治手段，其疗效不仅取决于移植手术本身，更取决于供肺获取、离体保存、术中植入及术后管理各环节的连续质量控制。西北地区肺移植救治面临跨区域供肺获取与转运、复杂供受者围术期管理和同质化建设等现实需求，亟需建立贯通供肺端、手术端和受者端的全周期损伤防控与转化应用技术体系。

然而，当前肺移植全周期管理仍面临三大关键挑战：一是术前供肺风险识别与离体质量控制不够精准。供者微生物风险、供肺质量异质性、传统培养结果滞后、低温保存与转运过程中的温度波动、离体功能评价不足等因素相互叠加，制约了供肺可用性判断和边缘供肺精细化利用。二是术中复杂肺移植术中复合损伤防控不足。供受者匹配、术式选择与容量适配、减容策略、气道血管精细重建、麻醉/液体管理、通气与ECMO辅助以及初始血流恢复相互影响，机械性、生理性和炎症性损伤易在关键窗口叠加放大。三是术后感染、免疫损伤与药物风险难以早期鉴别和精准处置。感染、排斥及其他早期并发症临床表现交织，免疫状态与药物暴露动态变化，现有管理仍缺少闭环路径。

针对上述肺移植全周期损伤防控难题，项目组围绕“提高供肺可用性、降低围术期复合损伤、改善移植物早期功能与受者结局”这一核心目标，以“术前供肺质量控制—术中精准协同减损—术后多维风险管理”为主线，依托集多层级动物模型、离体器官评价、供受者关联样本、全过程临床数据和培训协作于一体的创新研究与转化应用平台，系统开展离体供肺保护、复杂肺移植精准术式、围术期损伤防控及术后连续管理研究。项目解析了供肺离体保存、术中植入及术后管理各阶段的关键损伤环节，创建了供肺风险前移识别、离体动态保护与工程化质量评价技术，形成了以精准术式为牵引、手术操作与麻醉/ECMO等生理支持相协同的术中减损技术，建立了感染预警、免疫损伤鉴别与药物精准管理相结合的术后连续管理技术。通过关键技术的集成验证、规范固化与推广应用，推动肺移植由分段式、经验性管理向全周期、精准化和可评价的损伤防控模式转变。取得的创新性成果如下：

创新成果一：创建供肺风险前移识别与离体质量控制技术，提升跨区域供肺获取与利用效能。

针对跨区域供肺获取中供者维护不规范、感染风险识别滞后、评估取舍标准不统一、离体保存损伤累积和转运时效难以保障等难题，项目组构建了贯通“供者维护—评估取舍—离体保护—快速转运—质量评价”的连续技术体系，推动供肺管理由经验决策向风险可识别、损伤可干预、质量可评价的精准管理转变。

（1）建立供者风险前移筛查与供肺综合评估方法。针对供者维护不规范、供肺取舍依赖经验及传统培养结果滞后等问题，规范供者呼吸循环维护和保护性通气，综合氧合功能、影像、支气管镜及微生物学指标，建立供肺质量评估与取舍标准；采用Xpert

Carba-R开展供者支气管肺泡灌洗液快速检测，实现高危耐药菌风险获取前识别，为供肺精准选择和围术期抗感染决策提供依据。

（2）创建供肺离体动态保护技术。针对长时间低温保存和跨区域转运中温度波动、代谢紊乱及屏障损伤等问题，提出“油封—动态温控”离体保护方法，并在多层级模型和离体灌注平台开展验证，形成供肺主动保护新策略。该策略将传统低温保存由单纯延长保存时间，拓展为对离体损伤过程的主动调控。

（3）研发供肺工程化质量评价与转运质控技术。针对供肺保存、转运监测与功能评价相互割裂的问题，整合离体灌注、在线监测和低温转运技术，建立供肺保存、转运与功能评价一体化质控流程；依托OPO组建全天候获取团队，衔接民航、高铁绿色转运通道，优化获取、转运与植入衔接，压缩冷缺血时间。该技术实现供肺状态可记录、转运过程可追溯、器官功能可评价，为跨区域供肺规范转运和精准利用提供支撑。

创新成果二：创建以精准术式为牵引的术中协同减损技术，提升复杂肺移植手术安全性与移植物早期恢复能力。

针对复杂肺移植中供受者容量不匹配、气道血管重建困难、呼吸循环支持要求高及初始血流恢复易诱发复合损伤等难题，项目组以精准手术技术为核心，协同麻醉、ECMO、通气与围术期保护策略，形成术中全过程协同减损技术，推动肺移植术中管理由单一手术操作向“精准术式—生理支持—损伤保护”一体化模式转变。

（1）建立复杂供受者精准匹配与个体化术式选择策略，提高移植物与受者的适配性。针对供受者容量不匹配和复杂解剖条件下常规术式适用性受限的问题，围绕单肺、双肺、肺叶移植及减容相关术式，建立供受者匹配、术式选择和容量适配的个体化技

术策略，为复杂终末期肺疾病患者获得适宜移植物和精准手术治疗提供依据。

(2) 形成精细重建与围术期生理支持协同技术，降低关键手术环节损伤。针对气道血管吻合、肺动脉高压、单肺通气、液体负荷及初始血流恢复等关键环节风险叠加的问题，形成精细化气道血管重建、麻醉液体管理、ECMO辅助及血流恢复协同控制技术。该技术将手术操作与呼吸循环支持纳入统一过程管理，提高了复杂肺移植术中关键环节的可控性和可重复性。

(3) 提出术中复合损伤多靶点保护策略，拓展肺移植术中保护的技术内涵。针对缺血再灌注、氧化应激、代谢失衡、炎症放大及肺泡—毛细血管屏障损伤相互耦合的问题，围绕代谢重塑、细胞死亡调控、炎症抑制和屏障保护等关键环节，开展多层级机制与干预研究，形成“手术过程控制+代谢炎症保护”协同防控思路。该策略将术中保护由单纯改善血流恢复，拓展为面向复合损伤关键环节的综合干预。

创新成果三：创建术后“感染风险前移—免疫损伤鉴别—药物精准管理”风险防控技术链，提高肺移植早期并发症的识别与处置能力。

针对肺移植术后供者来源感染、耐药菌传播、感染与排斥临床表现交织、免疫抑制剂暴露波动及早期并发症处置不精准等难题，项目组构建了感染、免疫和药物风险连续识别与分层管理技术体系，推动术后管理由经验性、单点式处置向风险前移、精准鉴别和个体化干预转变。

(1) 建立术后感染风险前移预警与精准病原识别方法。针对肺移植受者感染起病隐匿、常规病原学检测时效不足的问题，围绕供者风险筛查、呼气VOCs无创预警及mNGS等精准病原检测技

术，形成“风险预警—病原确认—靶向处置”的感染早期识别路径。相关研究分别发表于BMC Infectious Diseases(供肺定植菌NGS)、Infection(供者CRO获取前快速筛查)、Transplant International(受者mNGS)及Chinese Chemical Letters、中国呼吸与危重监护杂志(呼气VOCs无创预警)，并获授权实用新型专利“一套用于呼气诊断的气体收集装置”(ZL202222836899.3)。该方法将感染防控关口由出现严重临床表现后的被动治疗，前移至高危风险识别和早期病原判断阶段。

(2) 创建感染与免疫损伤多维鉴别技术。针对感染与排斥临床表现相似、单一检测难以准确区分的问题，建立以T淋巴细胞亚群动态变化为基础的术后免疫监测参照，并联合dd-cfDNA和支气管肺泡灌洗液mNGS等检测手段，形成病原、免疫和移植物损伤信号协同判读方法。T淋巴细胞亚群动态参照相关研究发表于《器官移植》；dd-cfDNA联合mNGS鉴别方法相关研究发表于Heliyon。该方法为肺移植术后感染与排斥的早期鉴别及精准干预提供了新的技术依据。

(3) 形成药物暴露监测与个体化精准处置策略。针对抗感染药物与免疫抑制剂相互作用复杂、及早期并发症处置缺乏个体化依据的问题，围绕抗感染治疗安全性、免疫抑制剂群体药动学、急性排斥免疫调控等，构建“病原信号—免疫状态—药物暴露—分层处置—结局评价”的连续管理路径；并以抗菌蛋白和抗菌肽等研究，为难治性感染防控提供临床前候选干预依据。中国肺移植受者他克莫司群体药动学模型及早期剂量优化方案分别发表于European Journal of Pharmaceutical Sciences、European Journal of Clinical Pharmacology，并参与制定《模型引导的抗排异治疗患者

他克莫司精准用药专家共识》。该策略推动术后治疗由经验性用药向监测指导下的精准管理转变。

四、客观评价

1. 该项目供肺风险前移识别与离体质量控制技术的评价

(1) 针对 α 1-Anti-trypsin improves function of porcine donor lungs during ex-vivo lung perfusion 这篇文章，Miravittles M, Anzueto A, Barrecheguren M. Nine controversial questions about augmentation therapy for alpha-1 antitrypsin deficiency: a viewpoint. Eur Respir Rev. 2023;32(170):230170. 文章引用：在猪模型中，24 小时的离体肺组织可改善肺生理功能，减轻肺水肿和炎症，并减少细胞凋亡。

(2) 针对 Real-time, random-access organ screening for carbapenem-resistant organisms (CRO) reduces CRO-associated, donor-derived infection mortality in lung transplant recipients 这篇文章，Impact of Xpert® Carba-R-based screening for carbapenem-resistant organisms on infection-related mortality in hematopoietic stem cell transplant recipients. Front Cell Infect Microbiol. 2025;15:1698525. 文章引用：在移植前使用 Xpert Carba-R 对供体器官进行实时 CRO 筛查，有助于临床医生快速制定肺移植策略，并降低受体 CRO 相关供体来源感染死亡率。

2. 该项目术中协同减损技术的评价

(1) 美国佛罗里达大学外科系及肺与重症医学系 Ashish K. Sharma 教授团队在发表于国际高水平期刊 Frontiers in Immunology 的综述中引用项目组研究成果并评价：“在猪肺移植模型中使用离体肺灌注（EVLV）进行的多项临床前研究已经表明，通过常温与低温条件调节供体器官保存温度，能够提高循环死

亡后捐献（DCD）器官的适用性并减轻肺移植后缺血再灌注损伤。”

（2）加拿大多伦多大学Mingyao Liu团队在发表于国际高水平期刊 *Cells* 的研究中引用项目组研究成果并评价：“利用离体肺灌注作为平台，借助药物、干细胞和基因修饰促进离体器官修复和再调理的研究兴趣也在不断增长。因此，将临床离体肺灌注延长至12小时以上的策略具有重要价值，且对于克服许多治疗干预措施转化过程中的潜伏期、实现长期修复十分必要。”

（3）比利时安特卫普大学医院胸外科专家、安特卫普大学教授及国际肺癌研究协会（IASLC）前主席Paul Van Schil教授团队在发表于国际高水平期刊 *Antioxidants* 的肺移植缺血再灌注损伤综述中引用项目组研究成果并评价：“除MaR1外，经典铁螯合剂如去铁胺或亲脂性抗氧化剂如liproxstatin-1在理论上可应用于供肺以抑制铁死亡性损伤。”同时指出：“该领域仍处于新兴阶段，但鉴于铁死亡在缺血再灌注诱导细胞死亡中的核心作用，靶向铁死亡具有良好前景。”

（4）日本京都大学胸外科Hiroshi Date教授团队在发表于国际高水平期刊 *Scientific Reports* 的肺移植供肺冷保存研究中引用项目组研究成果，并将其作为肺移植冷保存相关细胞死亡机制的重要研究依据：“目前已认识到包括凋亡、坏死性凋亡和铁死亡在内的多种细胞死亡方式；然而，细胞死亡与冷缺血之间的关系尚未完全阐明。在肺移植中，有报道表明凋亡、坏死性凋亡和铁死亡与缺血再灌注损伤相关。”

3. 该项目术后“感染风险前移—免疫损伤鉴别—药物精准管理”风险防控技术链的评价

(1) 国际肺移植感染领域综述肯定供者耐药菌实时筛查及mNGS精准病原识别的临床价值。

意大利锡耶纳大学及锡耶纳大学医院团队Margherita Sambo等于2025年在Frontiers in Microbiology发表肺移植多重耐药革兰阴性菌感染专题综述。该综述引用项目组2024年Infection发表的供者CRO实时筛查研究，认为供肺碳青霉烯耐药革兰阴性菌实时筛查可能有助于降低相关供者来源感染死亡风险；同时引用项目组2022年Transplant International发表的肺移植受者mNGS研究，认为与传统检测方法相比，mNGS具有更强的感染病原识别能力，并可辅助区分肺移植受者感染性与非感染性肺部疾病。上述评价从“供者端风险前移”和“受者端精准病原确认”两个环节，对本项目技术路径给予了独立同行认可。

(2) 国际肺移植生物标志物综述肯定dd-cfDNA联合病原测序的感染—排斥鉴别效能。

美国Inova Heart and Vascular Institute肺病与移植团队Zein Kattih、Shambhu Aryal于2025年在Frontiers in Transplantation发表综述，系统讨论了项目组2023年Heliyon发表的188例肺/心肺移植受者研究。综述指出，dd-cfDNA联合病原体下一代测序可用于鉴别新发肺部并发症中的排斥与感染；该研究联合判别的敏感度为98.21%、特异度为94.7%、阳性预测值为88.7%、阴性预测值为99.2%，支持项目由单一病原检测向“感染—免疫损伤多维鉴别”延伸的技术价值。

(3) NIH/Johns Hopkins等团队将项目组联合判别研究纳入胸部器官移植dd-cfDNA代表性验证研究。

美国国立卫生研究院国家心肺血液研究所（NHLBI）、Johns Hopkins University等机构Sean Agbor-Enoh团队于2025年在

Transplant International发表胸心移植dd-cfDNA监测综述，在胸部器官移植dd-cfDNA代表性验证研究汇总中纳入项目组2023年Heliyon研究，并列示dd-cfDNA联合mNGS预测评分AUROC为0.986，特异度94.7%、敏感度98.2%、阳性预测值88.7%、阴性预测值99.2%，体现该成果在肺移植无创损伤监测及感染—排斥鉴别领域的代表性。

中国人民解放军总医院第八医学中心石炳毅教授在发表于《器官移植》的综述中引用项目组T淋巴细胞亚群动态变化研究成果，肯定其为肺移植术后免疫监测提供了重要参考。

项目组建立的中国肺移植受者他克莫司群体药动力学模型及移植早期剂量优化方案，已被国内外同行广泛引用和验证。该研究成果发表于European Journal of Pharmaceutical Sciences，截至目前已被引用15次。该模型为后续多项研究提供了关键方法学基础：Yi-Chang Zhao等基于该模型，为伏立康唑联合用药下他克莫司的个体化给药方案提供了定量依据；Ke Hu等首次将该模型应用于低红细胞压积儿童肺移植受者，优化了他克莫司初始给药剂量；同时，该模型也被拓展应用于肾移植患者环孢素药代动力学建模比较及心脏移植受者他克莫司治疗方案优化。基于上述系列研究成果，项目组系统规范了模型引导的精准用药方法在移植患者他克莫司个体化给药中的应用，推动了他克莫司用药从经验性调整向模型引导精准管理的转变。

五、应用情况

该项目针对肺移植供肺质量控制不足、复杂及高风险手术损伤大、术后感染与排斥早期识别困难等临床难题，立足“肺移植全周期损伤防控”的核心理念，紧密围绕临床实践，系统构建了供肺质量控制、术中协同减损、术后多维风险防控及创新研究与

转化支撑四大技术体系，并通过技术培训、多中心协作和区域推广实现成果转化应用。项目技术已在西安交通大学第一附属医院系统应用，并推广至西北及国内11家医疗机构，累计完成供肺评估418例次、肺移植216例，其中复杂及高风险肺移植114例，培训专业技术人员1260人次，初步形成了立足陕西、服务西北、辐射全国的肺移植全周期损伤防控技术体系。

1. 供肺质量控制技术的应用：建立供肺获取、保护与转运全流程质控体系

针对供肺质量评价不精准、离体保存损伤及跨区域转运风险等问题，项目建立了“供者风险筛查—离体动态保护—工程化质量评价—转运质控—可用性决策”技术路径，累计应用于418例次供肺评估和367例次跨区域供肺转运，提高了供肺获取、保存及利用全过程的安全性和规范化水平。

项目应用供者支气管肺泡灌洗液快速检测等技术，累计筛查高危供者286例，将病原检测时间由传统培养的48~72小时缩短至1.5小时，识别潜在耐药菌高风险供者42例，并据此优化供肺选择及围术期抗感染方案。通过风险前移识别和综合质量评价，避免高风险供肺无效获取21例次，使供者来源严重感染发生率由12.8%下降至5.6%，提高了供肺选择的精准性。

“油封—动态温控”离体保护及转运质控技术累计应用于供肺保存与转运312例次，使转运过程异常温度波动发生率由14.7%下降至3.1%，供肺到院后氧合功能不良发生率由22.4%下降至12.2%，边缘供肺利用率由18.3%提高至31.6%，有效拓展了可利用供肺来源。

同时，项目建立离体供肺灌注、在线监测和功能分层评价流程，累计完成离体供肺灌注评价86例次，其中38例经评价和干预

后成功用于临床移植，进一步提高了边缘供肺利用效率及跨区域供肺转运安全性。

2. 术中协同减损技术的应用：提升复杂及高风险肺移植手术安全性

以精准术式为牵引的术中协同减损技术体系针对复杂肺移植术中供受者容量不适配、气道血管重建与麻醉及ECMO支持缺乏协同、移植肺复合损伤机制相互放大等关键难题，从术式选择、围术期生理支持及术中损伤保护三个层面进行系统优化：建立复杂供受者精准匹配与个体化术式选择策略，提高移植物与受者适配性；形成精细重建与围术期生理支持协同技术，降低关键手术环节损伤；提出术中复合损伤多靶点保护策略，拓展肺移植术中保护技术内涵。临床应用结果显示，本中心肺移植围术期30天生存率达到92.6%，处于国内一线水平；1年、3年生存率分别为72.4%和62.8%，达到国内中上水平，初步验证了该技术体系在降低术中损伤、改善移植物早期功能方面的临床价值。围绕该技术体系，牵头制定《中国肺移植生物样本库构建临床指南（2025年）》，参与制定《肺移植术后慢性移植肺失功诊治专家共识（2025版）》和《肺移植全程康复指南（2026版）》，推动肺移植术中减损与围术期管理规范化。相关研究成果发表于Transplantation、Clinical and Translational Medicine、Redox Biology、International Journal of Surgery、Journal of Thoracic Disease等期刊，涵盖右肺减容术式优化、围术期ECMO支持策略、肺移植术后感染管理以及缺血再灌注损伤、铁死亡、炎症小体活化、代谢调控和细胞外囊泡等机制研究，为术中复合损伤多靶点保护提供了从临床到前临床的多层次证据。其中，供肺离体灌注保护相关研究受到佛罗里达大学外科系终身教授Ashish K. Sharma、多伦多大学肺移植专

家Mingyao Liu等国际同行引用；铁死亡抑制减轻肺移植冷缺血再灌注损伤相关研究受到国际肺癌研究协会主席、比利时安特卫普大学医院胸外科专家Paul Van Schil教授及日本京都大学教授Hiroshi Date等国际同行的引用和评述。上述成果为复杂肺移植术中协同减损和围术期管理规范化提供了循证依据，初步显示出提升手术安全性和移植物早期恢复能力的应用价值，长期生存获益及多中心推广效果尚需进一步随访和评价。

3. 术后多维风险防控技术的应用：实现感染、排斥及药物风险早期识别与精准干预

针对肺移植术后感染与排斥表现重叠、病因识别困难及免疫抑制治疗个体差异大的问题，项目构建了“感染风险预警—病原精准识别—免疫损伤鉴别—药物暴露监测—分层干预”术后风险管理路径，累计应用于526例肺移植受者。

其中，呼气挥发性有机物检测应用302例次、dd-cfDNA检测286例次、支气管肺泡灌洗液mNGS检测341例次、T淋巴细胞亚群动态监测468例次、免疫抑制剂药物暴露监测396例次。通过病原学、免疫状态、移植物损伤及药物暴露等多维信息综合判读，将肺部并发症平均明确诊断时间由72小时缩短至24小时，感染与排斥早期鉴别准确率由68.2%提高至88.5%，提高了术后并发症诊疗的及时性和精准性。

实施感染风险分层和精准抗感染策略后，严重肺部感染发生率由32.6%下降至21.3%，感染相关病死率由15.2%下降至7.8%；通过免疫状态和药物暴露动态监测，免疫抑制剂目标浓度达标率由61.4%提高至82.7%，急性排斥发生率由19.8%下降至12.7%。

上述技术推动肺移植术后管理由传统“并发症发生后处置”向“风险前移、早期识别、精准干预”转变，提高了术后感染、排斥及药物相关风险的综合防控能力。

4. 创新研究与转化平台的应用：支撑关键技术持续验证和成果转化

围绕肺移植损伤机制研究及关键技术评价需求，项目建立了小鼠、大鼠和猪三级肺移植损伤研究模型，建成小动物EVLP、大动物离体肺灌注及单插管V-V ECMO等实验平台，累计开展各类动物及离体器官实验328批次，为供肺离体保护、术中复合损伤及术后免疫调控等关键技术提供了统一、规范的实验验证条件。

项目建立肺移植供受者关联生物样本库，累计纳入供受者486对，规范保存血液、支气管肺泡灌洗液、肺组织、灌注液及呼气样本7820份；同步关联供者资料、离体保存参数、术中过程数据、术后检测结果及结局随访信息，形成覆盖肺移植全过程的临床数据库，为技术优化、风险模型构建及临床转化提供数据支撑。

围绕供肺评估、离体保存、手术实施、ECMO管理、术后监测及样本采集等关键环节，项目制定技术及管理SOP 23项，将前三项关键技术由分散研究成果进一步整合为可验证、可评价、可复制的标准化技术包，为区域协作及持续推广应用奠定了基础。

5. 推广应用和人才培养：形成立足陕西、服务西北、辐射全国的推广格局

项目通过技术培训、手术指导、病例会诊、进修学习及多中心协作等方式，先后在西北及国内11家医疗机构开展技术推广，举办国家级、省级继续教育培训班28期，培训肺移植外科、麻醉、重症、呼吸、感染、检验及器官保存等专业技术人员1260人次，

接收进修人员86人，提升了区域肺移植专业队伍及多学科协作能力。

项目协助6家医疗机构建立肺移植围术期技术流程，指导4家医疗机构开展肺移植临床工作，推动供肺评估、转运质控、ECMO辅助、术后感染监测及样本规范采集等技术在区域内落地应用。相关技术在推广单位累计应用于肺移植及围术期管理312例次，未发生重大技术相关安全事件，体现了项目技术体系良好的可复制性和推广安全性。

项目累计发表相关论文68篇，其中SCI论文42篇；授权国家发明专利12项、实用新型专利9项，形成指南、专家共识及技术规范5项。相关成果被国内外论文、指南及专家共识引用，并在全国性学术会议进行专题交流，进一步扩大了陕西肺移植技术的学术影响力和行业辐射力。

通过上述成果的系统应用与推广，项目实现了供肺获取与转运、复杂肺移植手术、术后风险管理及科研转化平台的有机衔接，推动肺移植由单一手术技术向“术前供肺保护—术中协同减损—术后风险防控”全周期质量管理模式转变，初步建立了具有区域特色、可复制推广的肺移植全周期损伤防控技术体系，为提升西北地区肺移植诊疗能力和改善肺移植患者长期预后提供了重要技术支撑。

六、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	指南	中国肺移植生物样本库构建临床	中国	2025 ,16 (06) : 833-845	2025	器官移植	西安	张广健，胡

		指南（2025 年版）			年 9 月 9 日		交通大学第一附属医院	春晓， 陈 静 瑜，林 慧，王 亚文
2	论文	Nlrp3 Inflammasome Inhibitor MCC950 Ameliorates Obliterative Bronchiolitis by Inhibiting Th1/Th17 Response and Promoting Treg Response After Orthotopic Tracheal Transplantation in Mice	美国	2020 Jun;104(6):e1 51-e163	20 20 年 1 月 29 日	TRANSPLAN TATION	华中科技大学附属同济医学院	徐 凯 英，童 松，吴 创 岩， 丁 祥 超，陈 九 玲， 余 明， 王思桦
3	论文	Neutralizing IL-17 prevents obliterative bronchiolitis in murine orthotopic lung transplantation	美国	2011 May;11(5):911 -22	20 11 年 4 月 19 日	AMERICAN JOURNAL OF TRANSPLAN TATION	西安交通大学第一附属医院	樊 林， H L Benson , R Vittal, E A Mickler , R Presson , A Jo Fisher, O W Cummi ngs, K M Heidler , M R Keller, W J

							Burling ham, D S Wilkes
4	实用新型	一套用于呼气诊断的气体收集装置	中国	CN219501053 U	2023年08月11日	第 19491573 号	西安交通大学第一附属医院 张广健，赵恒，刘博豪，吴炜，姜雪
5	论文	肺移植外科手术中右肺减容方式探讨	中国	2025;16(6):907-913	2025年11月25日	器官移植	西安交通大学第一附属医院 王泓，李懿，李益行，冯锦腾，赵恒，张言鹏，高山，王绩，李钊，李硕，张广健
6	论文	Controllably Self-Assembled Antibacterial Nanofibrils Based on Insect Cuticle Protein for Infectious Wound Healing	美国	2023 Dec 12;17(23):23679-23691	2023年10月20日	ACS NANO	西安交通大学第一附属医院 龚秋雨，刘博豪，陶润怡，黄银娟，曾小燕，朱星卓，赵轶龙，张言鹏，杨梅，王绩，刘钊，田张

							广健
7	论文	METTL3-mediated m6A Modification Promotes miR-221-3p Expression to Exacerbate Ischemia/Reperfusion-Induced Acute Lung Injury	美国	2025 Apr;39(4):e70235	2025年03月24日	JOURNAL OF BIOCHEMICAL AND MOLECULAR TOXICOLOGY	西安交通大学第一附属医院 杨阳，晨鲁，李璐子，曹旺，吴先通，齐飞
8	论文	Real-time, random-access organ screening for carbapenem-resistant organisms (CRO) reduces CRO-associated, donor-derived infection mortality in lung transplant recipients	德国	2024 Apr;52(2):403-412	2023年8月23日	INFECTION	上海交通大学附属胸科医院 周文，沈施，雷建新，高辉，杨付杰，旭朱，敏芳，张申，张翀，李峰，张海，姚峰，方文涛
9	论文	SNHG16 alleviates pulmonary ischemia-reperfusion injury by promoting the Warburg effect through regulating MTCH2 expression: experimental studies	英国	2025 Feb 1;111(2):1874-1890	2025年9月9日	INTERNATIONAL JOURNAL OF SURGERY	上海交通大学附属胸科医院 周文，王韶，华继，杨春，石冯，琪娜，娜凯，高恒，万伯，顺梦，施焜，项蒙

10	论文	Green channel of human organ transport improved the utilization rate of Chinese citizens' donated lungs: a single-center data analysis	中国	2021 Jan 5;134(2):222-224.	2020年8月31日	CHINESE MEDICAL JOURNAL	南京医科大学附属医院无锡市人民医院	李小杉, 胡春晓, 刘峰, 黄健, 刘东, 于智慧, 李慧星, 赵瑾, 马千里, 陈静瑜
----	----	--	----	----------------------------	------------	-------------------------	-------------------	--

七、主要完成人情况

姓 名	张广健	排 名	1
行政职务	院党委委员 胸外科主任		
技术职称	主任医师		
工作单位	西安交通大学第一附属医院		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献： 项目总负责人，项目发起人、组织者及指导者，对第 1-3 项创新点做出创造性贡献。 作为主要完成人，对“主要科技创新”部分第 1、2、3 项有实质性贡献。 主要贡献证明材料附件编号：“七、主要知识产权和标准规范等目录”第 1、5-10 项内容。			

姓名	陈静瑜	排名	2
行政职务	副院长、肺移植中心主任	技术职称	主任医师
工作单位	浙江大学医学院附属第二医院		
完成单位	无锡市人民医院		
对本项目主要学术贡献：			
国内肺移植技术体系的主要开拓者和推广者。对本项目第 1 项创新点（供肺评估取舍、器官转运绿色通道、供肺利用率提升）和第 2 项创新点（体外肺灌注与边缘供肺保护）做出创造性贡献；并以肺移植术后长期免疫抑制管理研究支撑第 3 项创新点。作为主要完成人，对“主要科技创新”部分第 1、2、3 项有实质性贡献。			
主要贡献证明材料附件编号：六、主要知识产权和标准规范等目录第 3、10 项。			

姓名	王思桦	排名	3
行政职务	胸外科党支部书记、副主任	技术职称	主任医师
工作单位	华中科技大学同济医学院附属协和医院		
完成单位	华中科技大学		
对本项目主要学术贡献：			
华中地区肺移植临床与协作的主要完成人。参与供肺综合评估、复杂胸外科手术式及肺移植围术期技术在协作单位的落地应用，对第1项创新点（供肺质量控制与区域获取协作）和第2项创新点（精准术式与术中减损）有实质性贡献。 主要贡献证明材料附件编号：项目技术推广应用及协作单位实施证明。			

姓名	周文勇	排名	4
行政职务	胸外科主任助理	技术职称	副主任医师
工作单位	上海市胸科医院		
完成单位	上海交通大学		
对本项目主要学术贡献：			
上海交通大学附属胸科医院肺移植团队核心成员。创建供者获取前碳青霉烯耐药菌实时筛查路径，降低供者来源感染相关死亡风险，对第 1、3 项创新点有创造性贡献；开展体外肺灌注药物干预缺血再灌注损伤研究，对第 2 项创新点有实质性贡献。			
主要贡献证明材料附件编号：六、主要知识产权和标准规范等目录第 8 项。			

姓名	樊林	排名	5
行政职务	普通外科副主任	技术职称	主任医师
工作单位	西安交通大学第一附属医院		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：			
负责肺移植围术期多学科协同中的腹部外科支持。参与复杂受者合并腹部问题的评估与处置、围术期脏器功能维护及加速康复路径衔接，对第2项创新点（术中协同减损）和第3项创新点（术后并发症综合管理）有实质性贡献。 主要贡献证明材料附件编号：项目围术期多学科协作及临床应用证明。			

姓名	付军科	排名	6
行政职务	院党委委员、南院区执行院长、胸外科党支部书记、胸外科学科带头人	技术职称	主任医师
工作单位	西安交通大学第一附属医院		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：			
学科奠基人和肺移植临床工作的开创者之一。长期主持复杂胸部手术与肺移植团队建设，组织气道血管精细重建、围术期管理及区域技术推广，对第2项创新点			

（精准术式与术中协同减损）有创造性贡献，并对第 1、3 项创新点的临床转化有实质性贡献。
主要贡献证明材料附件编号：项目临床实施、人才培养及技术推广证明。

姓名	吴齐飞	排名	7
行政职务	胸外科副主任	技术职称	主任医师
工作单位	西安交通大学第一附属医院		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：			
肺移植临床骨干，曾赴加拿大多伦多总院研修肺移植。揭示 METTL3 介导 m6A 修饰加重缺血再灌注性肺损伤的机制，为术中复合损伤保护提供分子依据，对第 2 项创新点有创造性贡献；参与肺移植手术实施与围术期管理，对第 1、3 项创新点有实质性贡献。			
主要贡献证明材料附件编号：六、主要知识产权和标准规范等目录第 7 项。			

姓名	张勇	排名	8
行政职务	胸外科副主任	技术职称	副主任医师
工作单位	西安交通大学第一附属医院		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：			
肺移植与复杂胸部手术临床骨干。参与供受者匹配、气道重建及围术期管理流程固化，推动术中关键环节标准化，对第 2 项创新点有实质性贡献；参与供肺获取协作与术后早期管理，对第 1、3 项创新点有实质性贡献。			
主要贡献证明材料附件编号：项目临床实施及技术推广证明。			

姓名	贺海奇	排名	9
行政职务	无	技术职称	副主任医师
工作单位	西安交通大学第一附属医院		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：			
参与肺移植相关胸部微创技术、围术期管理和临床病例实施，协助完善术中操作规范与加速康复衔接，对第2项创新点有实质性贡献。			
主要贡献证明材料附件编号：项目临床实施证明。			

姓名	高蕊	排名	10
行政职务	核医学科党支部书记	技术职称	主任医师
工作单位	西安交通大学第一附属医院		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：			
以分子影像与氧化应激机制研究支撑肺移植损伤评估。参与 NORAD 介导铁自噬调控移植肺氧化应激的研究，对第 2 项创新点（术中复合损伤机制与保护）有实质性贡献。			
主要贡献证明材料附件编号：六、主要知识产权和标准规范等目录第 6 项。			

姓名	张言鹏	排名	11
行政职务	无	技术职称	主治医师
工作单位	西安交通大学第一附属医院		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：			
参与右肺减容个体化术式临床研究及猪左肺原位移植模型构建，为供受者容量适配和术中减损提供实验与临床依据，对第2项创新点有实质性贡献。			
主要贡献证明材料附件编号：六、主要知识产权和标准规范等目录第5、9项。			

姓名	王泓懿	排名	12
行政职务	无	技术职称	主治医师
工作单位	西安交通大学第一附属医院		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：			
右肺减容临床研究第一作者，参与肺移植围术期 ECMO 应用及复杂术式实施。围绕供受者容量不匹配提出中叶减容等个体化策略，对第 2 项创新点有创造性贡献。			
主要贡献证明材料附件编号：六、主要知识产权和标准规范等目录第 5、9 项。			

姓名	冯锦腾	排名	13
行政职务	无	技术职称	主治医师
工作单位	西安交通大学第一附属医院		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：			
参与右肺减容临床研究及猪左肺原位移植模型标准化构建，为术中减损技术提供可重复的大动物实验平台，对第2项创新点有实质性贡献。			
主要贡献证明材料附件编号：六、主要知识产权和标准规范等目录第5、9项。			

姓名	李硕	排名	14
行政职务	无	技术职称	医师
工作单位	西安交通大学第一附属医院		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：			
参与右肺减容临床研究及猪左肺移植模型相关工作，并配合供受者功能评估，对第2项创新点有实质性贡献。			
主要贡献证明材料附件编号：六、主要知识产权和标准规范等目录第5、9项。			

姓名	高山	排名	15
行政职务	无	技术职称	主治医师
工作单位	西安交通大学第一附属医院		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：			

肺移植临床团队成员。参与右肺减容个体化术式临床研究及猪左肺原位移植模型构建，并承担相关学术交流，对第2项创新点（精准术式与术中减损）有实质性贡献。 主要贡献证明材料附件编号：六、主要知识产权和标准规范等目录第5、9项。

八、主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	西安交通大学
对本项目主要学术贡献： 西安交通大学为本项目第一完成单位，负责项目总体设计、组织实施、关键技术集成验证及成果推广。依托西安交通大学第一附属医院肺移植临床、科研和多学科协作平台，围绕肺移植术前、术中和术后全周期损伤防控开展系统研究。 在术前供肺质量控制方面，组织建立供者风险筛查、供肺综合评估、离体保护、转运质控及功能评价流程，开展“油封—动态温控”等供肺离体保护技术和多层级离体器官评价研究；在术中损伤防控方面，建立复杂供受者精准匹配、个体化术式选择、气道血管精细重建及麻醉、ECMO、通气和血流恢复协同管理技术，并围绕缺血再灌注损伤、氧化应激、代谢调控、细胞死亡和炎症反应等开展机制及干预研究；在术后管理方面，开展感染风险预警、免疫损伤鉴别、药物暴露监测及个体化处置研究。 同时建立多层级肺移植动物模型、离体肺灌注平台、供受者关联生物样本库和全过程临床数据库，负责相关技术规范、SOP、人才培养、多中心协作和成果推广，为三项主要科技创新的形成、验证和临床转化作出了核心贡献。	
单位名称	无锡市人民医院
对本项目主要学术贡献： 无锡市人民医院长期开展肺移植临床技术创新和推广应用，在我国供肺评估、供肺获取与转运、边缘供肺利用及肺移植规范化建设方面具有较好的临床实践基础。 本项目中，主要围绕供肺评估取舍、跨区域供肺获取与绿色转运、供肺利用效率提升以及边缘供肺保护等开展技术与临床实践，参与建立供肺综合评价和规范化转运技术体系，为项目第1项创新“供肺风险前移识别与离体质量控制技术”提供了重要临床和应用支撑；围绕体外肺灌注、边缘供肺评价和保护等开展研究，为第2项创新中供肺保护及移植物早期功能改善提供了技术基础。 同时，围绕肺移植受者长期管理和免疫抑制治疗等开展临床研究，并参与肺移植相关指南和规范建设，为项目术后连续管理技术和成果推广应用提供支持，对项目技术体系的跨区域验证和规范化推广作出了重要贡献。	
单位名称	上海交通大学

对本项目主要学术贡献： 上海交通大学依托上海市胸科医院肺移植临床及转化研究平台，重点参与供者感染风险前移识别、肺移植缺血再灌注损伤机制及干预技术研究。 针对肺移植供者来源耐药菌感染风险高、传统微生物培养周期长的问题，建立基于 Xpert Carba-R 的供者获取前碳青霉烯耐药菌实时筛查路径，实现高危供者感染风险前移识别，为供肺选择及围术期精准抗感染决策提供依据，对项目第 1 项和第 3 项创新作出了重要贡献。 同时围绕体外肺灌注、肺缺血再灌注损伤、代谢调控和细胞损伤机制开展研究，为供肺离体保护及术中复合损伤多靶点防控提供实验和机制依据；参与相关临床技术的验证和推广，为形成肺移植全周期损伤防控技术体系提供了重要支撑。	
单位名称	华中科技大学
对本项目主要学术贡献： 华中科技大学依托华中科技大学同济医学院附属协和医院胸外科及相关研究平台，参与肺移植临床技术、区域协作以及移植后免疫损伤机制研究。 围绕供肺综合评估、复杂胸外科及肺移植手术技术、围术期管理等开展临床实践和协作，参与相关技术在华中地区的验证和应用，为项目第 1 项创新中的供肺质量控制和区域获取协作，以及第 2 项创新中的精准术式与术中协同减损提供临床支撑。 同时开展移植后炎症及免疫损伤相关机制研究，围绕 NLRP3 炎症小体、Th1/Th17/Treg 免疫调控等形成研究基础，为肺移植术后免疫损伤认识和干预提供实验依据。通过临床协作、技术验证和研究成果输出，对项目技术体系的多中心验证及区域推广作出了重要贡献。	

九、完成人合作关系说明

项目围绕肺移植“供肺获取与离体保护—术中植入与损伤控制—术后感染、免疫及药物管理”的完整临床技术链，由第一完成人张广健牵头组织实施，逐步形成以西安交通大学为主体，无锡市人民医院、上海交通大学、华中科技大学等单位共同参与，临床研究、基础与转化研究及技术推广相结合的长期协作关系。

张广健负责项目总体设计、技术体系凝练、临床组织实施和成果集成。陈静瑜长期开展肺移植临床技术及供肺评估、获取、转运和边缘供肺利用工作，与项目团队围绕供肺质量控制、肺移植规范化技术及相关指南建设开展合作。王思桦围绕供肺评估、复杂肺移植手术及围术期管理开展区域临床协作，并参与移植免

疫损伤相关研究。周文勇围绕供者耐药菌获取前实时筛查、肺移植感染风险防控以及缺血再灌注损伤机制和干预研究开展合作。

西安交通大学团队内部形成了长期稳定的临床与科研协作关系。樊林、付军科、吴齐飞、张勇、贺海奇、高蕊等围绕复杂肺移植手术、多学科围术期管理、缺血再灌注损伤及相关机制研究开展协作；张言鹏、王泓懿、冯锦腾、李硕、高山等围绕供受者容量适配、右肺减容个体化术式、猪左肺原位移植模型及术中损伤防控等共同开展临床和实验研究，其中多名完成人共同完成右肺减容临床研究。

各完成人通过共同开展临床研究、论文合著、指南及技术规范制定、动物模型和转化研究、病例协作、技术推广及人才培养等方式形成持续、实质性的合作关系，共同完成了项目三项主要科技创新，并推动相关技术在多家医疗机构推广应用。

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	共同制定临床指南、技术规范协作	张广健/1、陈静瑜/2、周文勇/4、冯锦腾/13	2020 年	2025 年 11 月	共同参与《中国肺移植生物样本库构建临床指南(2025 年版)》制定。张广健、陈静瑜为执笔作者及通信作者，周文勇、冯锦腾为审稿专家；建立肺移植生物样本	六、主要知识产权和标准规范等目录第 1 项；《中国肺移植生物样本库构建临床指南（2025 年版）》

					采集、储存、质控及多中心共享规范	
2	肺移植临床技术与供肺管理协作	张广健/1、陈静瑜/2	2006 年	至今	围绕供肺评估取舍、供肺获取与转运、边缘供肺利用、肺移植临床规范及科研平台建设开展合作，并共同牵头肺移植生物样本库指南制定	六-1、六-10；指南；相关临床协作及推广应用证明
3	感染风险防控与多中心学术协作	张广健/1、周文勇/4	2020 年	至今	围绕肺移植供者感染风险前移识别、供者CRO获取前快速筛查及术后感染风险管理开展协作；共同参与肺移植生物样本库规范制定	六-8；指南；多中心协作证明
4	区域肺移植临床协作及技术推广	张广健/1、王思桦/3	2022 年	至今	围绕供肺综合评估、复杂肺移植手术、围术期管理及相关技术区域推广开展合作	项目技术推广应用证明、协作单位实施证明；相关临床资料
5	复杂肺移植手	张广健/1、樊林/5、付军	2006 年	至今	共同开展复杂肺移植手术、气	肺移植病例资料、手术记录、MDT 记录、

	术及围术期多学科协作	科/6、吴齐飞/7、张勇/8、贺海奇/9			道血管重建、供受者匹配、ECMO及围术期多学科协同管理，形成术中协同减损技术体系	技术 SOP 及应用证明
6	肺移植损伤机制与转化研究合作	张广健/1、吴齐飞/7、/10 等	2020 年	至今	围绕肺缺血再灌注损伤、氧化应激、代谢调控及细胞死亡等开展基础与转化研究，为术中复合损伤防控提供机制依据	对应研究论文、课题任务书、实验记录等
7	共同临床研究、论文合著	张广健/1、张言鹏/11、王泓懿/12、冯锦腾/13、李硕/14、高山/15	2022 年	2025 年 11 月	共同开展供受者容量不匹配及右肺减容个体化术式研究，形成《肺移植外科手术中右肺减容方式探讨》论文及个体化减容策略	六、主要知识产权和标准规范等目录第 5 项；论文全文
8	大动物模型及转化平台合作	张言鹏/11、冯锦腾/13、李硕/14、高山/15 等	2022 年	按实际完成时间填写	共同构建并标准化猪左肺原位移植模型，为供肺保护、缺血再灌注损伤和术中减损技术提供大动	动物伦理批件、原始实验记录、模型 SOP、实验照片/记录及相关论文或课题材料

					物 验 证 平 台	
9	临 床 指 南 制 定 与 多 中 心 资 源 共 享 合 作	张 广 健 /1、陈静 瑜/2、周 文勇/4、 冯 锦 腾 /13 及 相 关 完 成 人	2023 年	2025 年 11 月	建 立 肺 移 植 供 受 者 样 本 采 集、 存 储、质 控 和 共 享 的 标 准 化 路 径，为 本 项 目 供 受 者 关 联 样 本 库 和 多 中 心 协 作 提 供 规 范 依 据	六-1；指南全 文