

项目公示信息

一、项目名称：寒(太)灰隔水性能与突水水源快速判识关键技术研究

二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省教育厅

提名意见：

矿井水害问题长期以来严重制约着我国煤炭高产高效开发，尤其在涉及煤储量占全国近四分之一的区域，灰岩水害问题尤为突出。项目团队以西安科技大学为核心，在与中国平煤神马控股集团有限公司等单位的紧密合作下，有效应对了我国中深部及深部煤矿开采中煤层底板高承压岩溶水充水问题，这一问题历来是煤炭开发领域的重大难题。该项目通过野外地质调查、水文地质补充勘探和水化学试验等高水平研究工作，不仅成功开发了基于MATLAB GUI的矿井突水水源快速判定系统，提高了突水事故的应急响应速度和处理效率，还首次在平顶山矿区确认了寒武系顶部存在的相对隔水层，为该矿区及类似地质条件的矿区提供了关键地质信息。此外，项目团队通过系统的试验研究和综合物探技术，成功解决了深部开采中遇到的寒武系灰岩水和太原系灰岩水的双重威胁。这一成就解决了矿井突水水源快速判定和底板隔水层性能研究的技术难题，对我国煤矿安全生产具有深远影响。本成果已在河南平顶山矿区、陕西澄合矿区等多个煤矿区进行了科学应用，显著提高了矿井的安全生产水平，延长了矿井的服务年限，对全国受水害威胁的煤矿区煤炭资源的合理、高效、安全开采具有重要意义。总体而言，本项目的技术达到了国际领先水平，并在实际应用中取得了显著的社会和经济效益，极大地促进了我国煤炭资源的高效、安全开采。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科技科技进步奖提名条件。特提名为陕西省科技进步奖二等奖。

三、项目简介

本成果属于资源勘查与地质保障，主要应用于煤矿防治水工程和承压水体上采煤。

平顶山矿区煤炭开采多面临严重的煤层底板高承压岩溶水充水问题，随着近些年浅部资源开采逐渐转向深部，煤层底板承受的水压也随之增大，开采的危险程度显著增加，如平顶山煤田现阶段开采的己组煤埋深已达千米，下伏寒武系灰岩水压力大、地温高，石炭系灰岩弱富水含水层层数多，加之大埋深下底板破坏深度大，破坏规律也有别于华北煤田中深埋煤矿区，许多矿井下组煤开采时面临工作面出水水源探查难、开采受制于底板超高承压寒灰水和太灰水双重威胁加剧，尤其是寒武系灰岩水水温高达60℃，即便发生较小的突涌水事故，也必将给矿井带来较大灾害，深部开采存在底板水安全隐患，是世界性难题。本成果针对深部开采水害防治及承压开采技术难题，从观念创新、方法创新、工艺创新等多方面开展研究工作，在充分收集平顶山矿区从普查以来各种地质、水文地质资料及区域资料基础上，以平煤股份五矿、十二矿为典型矿井，采用野外地质调查、水文地质补充勘探、水化学试验、井下综合物探、井下深孔压水试验、三维成像试验、声波测试、寒灰承压水导升试验、室内溶蚀试验、现场实测、数值模拟及综合分析等技术方法和手段，实现了矿井可持续长远发展，有利于受寒武系灰岩水威胁矿井己组煤、庚组煤等深部水平开拓延深，实现与下组煤之间的配采，延长了矿井服务年限，对平顶山矿区乃至全国受水害威胁煤矿区煤炭资源合理、高效、安全开采以及实现矿井可持续发展具有重要的意义。

创新性成果：①首次提出了平顶山矿区寒武系顶部存在相对隔水层观念，并根据崮山组各层段的富水性差异划分和确定了相对隔水层位置及其厚度，诠释平顶山矿区寒武系灰岩顶部“有压无水”根源；②通过系统的试验研究、勘探工程来实现缺失奥灰地层煤矿区寒武系灰岩顶部相对隔水层和太原组灰岩阻水性能研究与应用的典型案例在平顶山矿区乃至华北矿区尚属首次；③自主开发了一套基于MATLAB GUI的矿井突（出）水水源判别系统，实现了矿井水源

快速判定，从检测至判别结果确定控制在10分钟内，系统操作简单、判别效率高、准确可靠，可为矿井节资增效，该成果已成功应用到平顶山矿区、澄合矿区、韩城矿区等多个煤矿区；④基于平顶山矿井现场实测和模拟分析，采用通用全局优化算法（UGO1）构建了平顶山矿区煤岩层工作面的非充分开采阶段和充分开采阶段“采高-采宽-采深”多因素底板扰动破坏深度新预测模型，预测新模型相关系数大于0.9，回归公式的拟合程度较高，满足工程实际需要；⑤采用“人工电场+天然电场”综合物探技术精准定位了井下钻孔施工地点，现场钻孔出水量达到35m³/h（以往钻探出水量均未超过5m³/h），破解了寒武系灰岩“有压无水”难题，实现了井下钻孔疏水降压预期效果，寒灰水位显著下降，由原下降量不足10m/年增加至30m/年，极大提高了己煤带压开采安全系数，降低了突水系数值，加快了采区后续开采建设；⑥建立了平顶山矿区底板承压水危险性评价综合评价体系，科学评价了己₁₅-23270、己₁₅-32040、己₁₆₋₁₇-23260、己₁₅-31040面带压开采回采危险性。

四、客观评价

该项目针对看完过深部开采水害防治及承压开采技术难题，从观念创新、方法创新、工艺创新等多方面开展了深入的研究工作，在充分收集平顶山矿区、澄合矿区等煤矿区，从普查以来各种地质、水文地质资料及区域资料入手，收集整理了董家河煤矿、董东煤矿、西卓煤矿、陈家山煤矿、桑树坪煤矿、平煤股份五矿、平煤股份十二矿、平煤股份十矿等大量的水化学基础数据，并以董家河煤矿、平煤股份五矿、平煤股份十二矿为典型矿井，采用野外地质调查、水文地质补充勘探、水化学试验、井下综合物探井下深孔压水试验、三维成像试验、声波测试、寒灰承压水导升试验、室内溶蚀试验、现场实测、数值模拟及综合分析等技术方法和手段，基于Piper三线图-箱型图-聚类分析法建立了PAC-Fisher、SOFM神经网络、PLS-DA及PSO-SVM多元判别模型常量离子库，首次开发了矿井突水水源快速判别系统，实现了水样检测至结果判别时长控制仅用10分钟即可完成，经平煤矿区己₁₅-32010、己₁₅-23270工作面和滑

北矿区23503工作面等多个出水水源判识应用，验证了系统可靠性，操作简单、判别效率高、准确可靠，可为矿井节资增效；并分析研究了寒(太)灰隔水能力，首次提出了平顶山矿区寒灰崮山组顶部与华北型煤田其他煤矿区奥陶系灰岩顶部存在相似性，同样存在一定厚度的相对隔水层，诠释了平顶山矿区寒武系灰岩顶部“有压无水”的根源，分析了寒(太)灰岩含水层的富水性与富水规律，确定了己组煤底板寒武系崮山组顶部和太原组灰岩岩溶裂隙发育、空间展布特征、隔水性、底板破坏深度发育特征、承压水原始导升规律、采动导升规律及其水化学特征；构建了大埋深(500~1200m)条件下非充分开采和充分开采两阶段“采宽-采深-采高”多因素底板破坏深度新预测模型:采用“人工电场+天然电场”综合物探技术，精准定位了井下钻孔施工地点，现场钻孔出水量达到35m³，井下钻孔疏水降压达到了预期效果，整个矿井寒灰水压下降明显，已煤安全开采得到保障，突水系数值降低，成功破解了寒武灰岩“有压无水”难题；利用本项目研究成果对己₁₅-23270、己₁₅-32040、己₁₆₋₁₇-23260、己₁₅-31040等多个工作面带压开采科学评价，提出了己组煤带压开采建议及防治对策，研究成果对解放平顶山矿区深部采区压煤资源提供了科学数据和技术支撑，实现了矿井可持续长远发展，有利于受寒武系灰岩水威胁矿井己组煤、庚组煤等深部水平开拓延深，实现与下组煤之间的配采，延长了矿井服务年限，对平顶山矿区、渭北矿区煤炭资源合理、高效、安全开采以及实现矿井可持续发展具有重要的意义。

该技术西安科技大学通过与中国平煤神马控股集团有限公司、陕西陕煤澄合矿业有限公司、陕西省煤田地质集团有限公司、中煤科工西安研究院(集团)有限公司、国能神东煤炭集团大柳塔煤矿等单位合作，经多年产学研联合攻关，已在多个煤矿区进行了科学应用，无底板突水事故发生，取得了良好的社会和经济效益。

五、应用情况

本项目自实施以来，在国内多个煤矿区，如河南平顶山矿区和

陕西澄合矿区、韩城矿区、**神东矿区**等得到了广泛的部署和应用，**不仅在安全生产方面取得了显著成效，也在经济效益上实现了突破**，总体达到了数十亿元的经济效益，该效益的显著提升，**主要得益于项目技术的广泛应用和高效执行，确保了矿井的连续运营和安全生产**，同时减少了因水害事故引发的潜在经济损失。该项目综合了地质勘探、水文分析、**突水预警系统开发与实施**等多个技术环节，**通过创新的科技手段，有效解决了长期困扰煤炭开采行业的矿井水防治难题。**

在平顶山矿区，项目的实施彻底改变了该地区煤炭开采的安全现状，**新型的底板隔水层性能评估技术和突水水源快速判识系统的应用，成功避免了多起潜在的突水灾害。**这些系统利用先进的MATLAB GUI界面，实现了从水样检测到判别结果的快速转换，**将应急响应时间从数小时缩短至10分钟内，极大提高了应急处置的效率和精确度。**此外，陕西澄合矿区的应用实例表明，**通过推广先进的底板注浆加固技术和水害防治新工艺，极大地增强了矿区的安全开采能力**，这些技术的实施不仅确保了矿区的生产安全，也显著提高了煤炭回收率和企业经济收益。

国能神东煤炭集团大柳塔煤矿在此项目中发挥了关键作用，该集团的庞大矿业网络成为新技术广泛应用的平台。**神东集团针对不同矿区的具体条件，系统优化了工艺流程和安全标准，确保了新技术的标准化实施和广泛应用。**在其矿区内不仅成功部署了矿井突水水源快速判定系统，**而且通过集成地下水库建设项目，实现了水源的精准判别和高效管理。**此外，神东集团还将这些技术应用于环境管理和资源优化领域，**通过建立高效的水源管理系统，优化了水资源使用效率，并加强了环境影响控制，显著提升了企业的可持续发展能力。**

总体来看，**通过先进的底板隔水层性能评估技术和突水水源快速判识系统的实施，矿区能够有效预防和迅速应对突发的水害事件，极大地降低了因突水导致的生产中断和设备损坏。**这些技术不仅提升了矿井的安全性，也优化了资源的开采效率，**增加了煤炭的**

产出和质量，从而直接增加了销售收入；同时项目的实施还帮助矿区节省了大量的水处理和排水费用，进一步提高了经济效益。社会效益方面，项目的成功实施提高了矿区及其周边社区的安全标准，减少了由于矿业事故可能引起的人员伤亡和环境损害。

总之，这些技术的推广和应用不仅限于项目实施区，其影响力已经扩展到全国市场。项目团队通过参与矿业安全会议和技术交流，向矿业专家和企业展示了这些先进技术，这些创新成果在矿山安全开采领域获得了广泛的认可和高度评价，标志着项目不仅在解决具体矿区的实际问题上取得了巨大成功，也在提升矿业安全技术、推动行业标准制定和促进国际技术交流等多方面发挥了重要作用。因此，本项目的实施不仅显著提高了参与矿区的安全生产水平，也促进了煤炭行业的技术进步和环境保护，为煤炭开采行业的安全生产和资源管理提供了新的技术支持和发展方向。

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)	专利号	授权公告日	证书编号	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人)
1	发明专利	一种底板隔水岩层稳定性计算方法	中国	ZL 2021 1 0626701.6	2023 年 5 月 26 日	第 6002235 号	西安科技大学;陕西省煤田地质有限公司 陕西陕煤澄合矿业有限公司	李昂;段中会;李远谋;刘朝阳;马丽;王峰;杨增平 杨宇轩;丁学松;纪丙楠;周永根;高帅;吕伟;张壮
2	发明专利	一种压水试验系统及方法	中国	ZL 2021 1 0675847.X	2022 年 8 月 26 日	第 5406189 号	中国平煤神马能源化工集团有限责任公司; 平顶山天安煤业股份有限公司五矿; 西安科技大学	李延河; 刘兴全; 杜永红; 王应德; 李昂; 董献勇; 杨宇轩; 韩泰然; 刘庆锋; 景长生; 孔巍; 和平; 冯峰; 赵秋培; 丁学松; 焦会力; 纪丙楠
3	发明专利	一种黄土塬煤矿区大组合基距组合激发地震勘探方法	中国	ZL 2015 1 0194728.7	2018 年 5 月 04 日	第 2911443 号	陕西省煤田物探测绘有限公司	冯西会;许德才;汝小岗;马丽;朱芳香

4	发明专利	一种监测预留煤柱沿空留巷底板裂隙发育的系统及方法	中国	ZL 2016 1 0789375.X	2023 年 5 月 02 日	第 5938406 号	中国平煤神马控股集团有限公司;西安科技大学 平顶山天安煤业股份有限公司	王新义;于振子;李昂;代志旭;张波;李宏跃;孙亚辉;陈晓龙;韩泰然
5	发明专利	一种顶板两带高度测试装置及测试方法	中国	ZL 2021 1 0675855.4	2023 年 9 月 19 日	第 6333265 号	西安科技大学;陕西陕煤澄合矿业有限公司;陕西昂西智慧矿业科技有限公司	李昂;杨宇轩;刘朝阳;王峰;丁学松;杨增平;纪丙楠翟彦妮;周永根;李远谋;高帅;吕伟;张壮;王伟东
6	计算机软件著作权	矿井突(出)水水源判别系统 V1.0	中国	2023SR0387166	2022 年 8 月 03 日	第 10974337 号	西安科技大学	李昂;高喆森

续表

序号	论文专著名称	刊名	作者	第一完成单位	年卷页码	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	SCI 他引次数	他引总次数	知识产权是否归国内所有
7	深部煤岩层复合结构底板破坏机制及应用	岩石力学与工程学报 (EI)	李昂, 纪丙楠, 牟谦, 王满, 于振子, 邓五	西安科技大学	2022 年 41 卷 3 期	2022.10	李昂	李昂	李昂, 纪丙楠, 牟谦, 王	-	13	是

	研究		先，李宏跃，韩泰然， 郭壮						满，于振子， 邓五先，李宏 跃，韩泰然， 郭壮			
8	大埋深高承压水双层 结构底板破坏机理及 应用研究	煤炭科学技术 (EI)	李昂，周永根，杨宇 轩，于振子，牟谦，王 满，张波	西安科技大 学	2023 年 51 卷 10 期 207-219 页	2023.10	李昂	李昂	李昂，周永 根，杨宇轩， 于振子，牟 谦，王满，张 波	-	2	是
9	Numerical Analysis of the Water-blocking Performance of a Floor with a Composite Structure under Fluid-solid Coupling	Mine Water and the Environment (SCI)	Ang Li ; Qian Mu ; Li Ma ; Chaoyang Liu ; Shengquan Wang ; Feng Wang ; Lin Mou	西安科技大 学	2021 年 40 卷 479-496 页	2021.02	李昂	李昂	李昂 ; 牟谦 ; 马丽 ; 刘朝 阳 ; 王生全 ; 王峰 ; 牟林	6	-	是
10	Research on reinforcement	Geomechanics and	Ang Li ; Bingnan Ji ;	西安科技大	2022 年 29 卷 6	2022.06	李昂	李昂	李昂 ; 纪丙	0	-	是

	mechanism of soft coal pillar anchor cable	Engineering (SCI)	Haifeng Zhou ; Feng Wang ; Yingjie Liu ; Pengfei Mu ; Jian Yang ; Ganggang Xu ; Chunhu Zhao	学	期 697-706 页				楠 ; 周海丰 ; 王峰 ; 刘英 杰 ; 穆鹏飞 ; 杨健 ; 徐刚 刚 ; 赵春虎			
--	---	------------------------	---	---	-------------	--	--	--	---	--	--	--

七、主要完成人情况

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
李昂	1	所长	副教授	西安科技大学	西安科技大学	作为项目总策划，不仅进行了项目总体设计，而且整合了各方资源，确保项目目标与国家矿业安全标准的对接。深入参与了关键技术决策，推动了项目在理论和实践层面的突破。
李延河	2	总经理	正高级工程师	中国平煤神马控股集团有限公司	中国平煤神马控股集团有限公司	主导了项目的战略规划和执行监督，协调各研究和实施团队之间的合作，确保项目按期完成，有效地将研究成果转化为实际应用，增强了项目的商业和实用价值。
冯西会	3	副总经理	正高级工程师	陕西省煤田地质集团有限公司	陕西省煤田地质集团有限公司	负责组织和执行项目所需的地质和水文地质调查，提供了矿区水文地质结构的详细分析，为项目决策提供了科学依据。
王峰	4	部长	高级工程师	陕西陕煤澄合矿业有限公司	陕西陕煤澄合矿业有限公司	主导并实施了水源判别关键技术的现场应用，监控并评估了评价效果，并按照评价结果采取了现场注浆和封堵现场实施，为改进技术和提高底板加固效率提供了关键数据。
于振子	5	所长	高级工程师	中国平煤神马控股集团有限公司	中国平煤神马控股集团有限公司	设计并执行了关键的物理和力学试验，通过数据分析优化了底板防治方案，显著提高了安全性和经济效益。
马丽	6	副主任	正高级工程师	陕西省煤田地质集团有限公司	陕西省煤田地质集团有限公司	管理和分析大量水文地质数据，开发了水害预测模型，极大地提高了矿井水害预警的准确性和及时性。
周海丰	7	总工程师	正高级工程师	国能神东煤炭集团大柳塔煤矿	国能神东煤炭集团大柳塔煤矿	作为项目的技术顾问，提供了宝贵的行业经验和技術指导，优化了项目的技术路线，确保了技术解决方案的实用性和创新性，并

						将水源判别系统融合到神华神东开放系统，实现地下水库水源精准判别。
冯峰	8	总工程师	高级工程师	中国平煤神马控股集团有限公司	中国平煤神马控股集团有限公司	负责技术研发中的关键实验操作和数据处理，确保了实验数据的准确性和解决方案的科学性。
韩泰然	9	副主任	高级工程师	中国平煤神马控股集团有限公司	中国平煤神马控股集团有限公司	负责协调项目资源，解决项目实施中的实际问题，确保了项目的顺利执行和成果的应用。
高喆森	10	项目负责人	无	西安科技大学	西安科技大学	在野外进行岩石样品采集，并在实验室进行详细的物理和力学性质测试，为底板加固技术的开发和软件系统数据库建设提供了实验基础和理论分析。

八、主要完成单位及创新推广贡献

1.西安科技大学

作为项目的主导和依托单位，西安科技大学在项目中的角色至关重要，不仅承担了整个项目的科学理论研究与技术开发，而且组织实施了所有关键实验和高级数值模拟工作；此外，该校研究团队成功解决了寒(太)灰隔水层底板在高承压水环境下的失稳机理及其复杂力学响应难题，并采用了先进的物理模拟和数值模拟技术，开发并完善了多层结构稳定性评估技术；通过理论与实验相结合的方式，深入分析了底板承压条件下的变形规律、渗流特征及应力分布，为底板防灾减灾提供了切实可行的技术方案。该校还开创性地开发了一套实时底板变形监测系统，显著提高了矿井安全监控的实时性和准确性，解决了底板采动变形监测难题。

2.中国平煤神马控股集团有限公司

作为主要合作伙伴，中国平煤神马控股集团有限公司负责将研究成果实施于现场应用中，特别是在突水事故的实际预防和控制中展示了显著效果。重点解决了高承压水环境下突水事故的快速判定和应急处理难题，采用了基于 MATLAB GUI 的矿井突水水源快速判定系统，提高了突水事故的应急响应速度和处理效率，并通过实地应用，该公司不仅确保了新技术的实用性，还通过工业试验评估了新技术在提高矿井安全性和经济效益方面的双重影响，显著降低了突水风险，提升了生产效益。

3.陕西省煤田地质集团有限公司

陕西省煤田地质集团有限公司在项目中承担了煤田地质勘探的关键任务，提供了精准的地质和水文地质数据，重点解决了寒(太)灰隔水层的地质结构复杂性和水害预测的精确性问题。为项目研发和成功实施提供了先进的地质勘探技术和数据分析方法，其地质团队还参与了地质数据的综合分析和模型建立，为底板灰岩水害的预测和防治提供了科学依据，为判定突水风险和开采安全评估提供了重要支持。

4.陕西陕煤澄合矿业有限公司

在本项目中，陕西陕煤澄合矿业有限公司发挥了至关重要的角色。该公司在底板注浆加固和带压开采工艺的设计及实施方面具有丰富经验，重点解决了底板在复杂地质条件下的稳定性和安全开采问题，并采用了新型底板注浆技术，增强了底板岩层的整体强度和稳定性，成功应用于澄合矿区的实际生产中，显著提高了煤层开采的安全性和经济效益。此外，该公司还引入了基于 MATLAB GUI 的矿井突水水源快速判定系统，该系统在澄合矿区得到了积极的应用和验证，这一系统能够实时监测并迅速判定潜在的水害威胁，极大地提高了对突水事故的响应速度和处理效率。通过在实际生产中集成此技术，澄合矿区不仅优化了水害防治措施，还实现了更高效的资源管理和降低了潜在的安全风险。该系统的成功应用不仅增强了澄合矿区的安全生产能力，也为整个渭北矿区提供了一个模范示例，带动了新技术在更广泛地区的推广和应用，极大地提升了区域矿业的安全生产水平。通过澄合矿区的广泛应用，陕煤澄合矿业有限公司不仅验证了底板加固技术的实用性，也展示了水源快速判定系统的高效性，这些技术的综合应用标志着公司在矿业安全技术领域取得的重要进展。

5.国能神东煤炭集团大柳塔煤矿

国能神东煤炭集团大柳塔煤矿在本项目中充分利用其庞大的矿业网络，为新技术提供了广泛的实际应用平台。该集团重点解决了新技术在不同矿区条件下的适应性和推广应用问题，采用了系统的工艺流程优化和安全标准制定，确保了新开发技术的广泛应用和标准化实施。该公司不仅在其矿区内实施了新开发的技术，还参与了项目的评估和优化工作，通过实际应用反馈优化技术方案，显著促进了煤炭开采技术的进步和矿工安全的提升，神东集团特别注重在其矿区内实施

地下水库建设项目，将矿井突水水源快速判定系统融合到神华神东开放系统中，实现了地下水库水源的精准判别和管理；此外，神东集团在项目中展示了其技术创新和实施能力的高度，集团对于新技术的应用不仅限于提高现有矿业安全标准，还积极探索将这些技术用于更广泛的环境管理和资源优化领域，通过建立高效的水源管理系统，神东集团不仅优化了水资源的使用效率，还增强了对环境影响的控制，这些措施显著提高了企业的可持续发展能力。神东集团的这些努力不仅强化了矿区的安全生产环境，也为矿业技术的未来发展方向提供了新的视角和可能性，为整个煤炭产业的技术进步和环境保护设立了新的标准。

九、完成人合作关系说明

项目实施期间，项目完成人高喆森由主持人李昂副教授指导攻读硕士学位；李延河、冯西会、王峰、于振子、马丽、周海丰、冯峰、韩泰然合作参与项目的研究工作，主要取得成果如下：

- 1.李昂/1、王峰/4、马丽/6 合作发表主要知识产权 1。
- 2.李昂/1、李延河/2、韩泰然/9、冯峰/8合作发表主要知识产权 2。
- 3.冯西会/3、马丽/6合作发表主要知识产权3。
- 4.李昂/1、于振子/5、韩泰然/9合作发表主要知识产权4。
- 5.李昂/1、王峰/4合作发表主要知识产权5。
- 6.李昂/1、高喆森/10目前正在项目负责人指导下攻读硕士学位并合作发表主要知识产权6。
- 7.李昂/1、于振子/5、韩泰然/9合作发表主要知识产权7。
- 8.李昂/1、于振子/5 合作发表主要知识产权 8。
- 9.李昂/1、王峰/4、马丽/6、周海丰/7合作发表主要知识产权9。
- 10.李昂/1、王峰/4、周海丰/7 合作发表主要知识产权 10。