

2017 年度国家科学技术进步奖推荐项目

公示材料

一、项目名称

煤层气储层开发地质动态评价关键技术与探测装备

二、推荐单位意见

我国煤层气资源丰富，预测储量和常规天然气相当，但储层透气性差，地面抽采难度大。目前仅沁水、鄂尔多斯盆地布井开发成功，但单井产气量亟待提高，地面井规模也亟待突破“两盆之见”，建设新的开发基地。

针对上述“瓶颈”问题，中国矿业大学、中国地质大学（北京）、山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司、中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司、中国石油大学（北京）、中国煤炭地质总局等 9 家单位在国家重大科技专项等课题支持下，产学研联合攻关，取得了煤层气有利建产区综合评价、叠置含气系统开发工艺优化设计、煤储层开发地质动态数值模拟、物理模拟和现场探测关键装备等原创性技术成果。有关专家评价认为，成果总体达到国际领先水平。

该项成果已在沁水、鄂尔多斯、西南、准噶尔等盆地或地区 30 余个区块进行了应用，相关区块布井成功率、单井日均产气量大幅度提高，为难抽采煤层气资源开发利用做出了成功技术示范。

项目已授权中国发明专利 25 件（申报 42 件），实用新型专利 9 件，软件著作权 9 件。发表论文 288 篇（SCI 收录 76 篇，EI 收录 143 篇），出版专著 8 部。培养博士和硕士研究生 241 名。应用研究成果研制并颁布实施国家标准 1 项。项目成果曾获 2016 年度中国煤炭工业协会科学技术一等奖。

特推荐该项成果为 2017 年度国家科技进步一等奖。

三、项目简介

(一) 主要技术内容

本成果学科领域：矿山工程技术、采矿工程的煤层气开采（4403525）。

该项目面向我国煤层气产业快速发展面临的两方面技术“瓶颈”：一是现有两大开发基地（沁水、鄂尔多斯两个盆地）布井成功率、单井平均产气量亟待提高，以尽快扩大生产规模；二是地面井规模开发基地长期局限于上述两大基地，必须突破“两盆之见”，建设后备开发基地。该项目针对上述“瓶颈”问题开展攻关研究，突破了一系列技术难题，取得五个方面原创性成果。

1) 构建了煤储层动态地质评价与预测技术基础。建立了煤层气高产井区地质模式，建立了煤储层渗流及煤层气开发地质动态数学模型，创立了叠置煤层气系统理论，为开发动态评价技术创新与装备研发提供了关键基础。

2) 首创了煤层气有利建产区（甜点区）综合评价技术。包括以模糊隶属度为核心的高阶煤储层甜点区以及以构造分析为核心的中阶煤储层甜点区综合评价方法，形成了具原位现场适用性、储层动态变化适用性的精细评价技术体系。

3) 创建了叠置煤层气系统合采兼容性评价技术。揭示了不同产层组合条件下合采地质动态规律以及合采干扰机理，建立了叠置含煤层气系统合采最佳匹配条件分析及优化设计流程，研发成功“五步法”合采兼容性评价技术。

4) 研制成功煤储层开发地质动态数值模拟技术。创建了以“三孔两渗”数学模型为核心的煤储层开发地质动态模型组，建立了开发动态数值分析方法体系，研发成功煤储层开发动态地质评价软件系统（CBMDPS V1.0）。

5) 发明了煤储层开发动态物理模拟和现场探测关键装备。主要包括叠置煤层气藏开采层间干扰模拟等 2 套装置、煤储层物性低场核磁共振检测仪，以及煤层气直井流体参数检测仪。

(二) 技术经济指标

该项目成果授权中国发明专利 25 件（申报 42 件），实用新型专利 9 件，计算机软件著作权 9 件。发表学术论文 288 篇（SCI 收录 76 篇，EI 收录 143 篇）；出版专著 8 部。研究成果研制并颁布实施国家标准（GBT 29119-2012 煤层气资源勘查技术规范）1 项。培养研究生 241 名（含博士生 62 名），占全国同期煤层气地质研究生培养量的 70%；以项目创新团队为纽带，培养各级技术专家 130 余名。获中国煤炭工业协会科学技术一等奖 1 项、教育部自然科学二等奖 1 项。

(三) 推广应用及效益情况

该项目成果被山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司、中石油华北油田分公司等多家煤层气企业推广应用 30 余个区块，覆盖了我国目前最重要的煤层气开发基地及后备建设基地。编制的国家标准已应用于国内 11 个煤炭（煤层气）勘查区。

该项目成果的应用，使相关区块布井成功率提高 16%~21%，单井日均产气量提高 32%~6 倍，三年来新增销售额 19.4 亿元、新增利润 4.52 亿元，避免投资损失 2.51 亿元，潜在经济价值约 1913 亿元。

该项目成果还支持了鄂尔多斯盆地东北缘煤系气开发、滇东黔西煤层气开发两个“十三五”国家科技重大专项项目的获准立项，为我国煤层气开发后备基地建设做出了重要贡献。

四、客观评价

(一) 与国内外相关技术的比较

与国内外相关技术的比较，该项目在理论基础、技术研发、装备研制等三方面均取得原创性显著的研究成果（表1）。

表1 该项目科技成果与国内外同类科技成果的综合比较

比较内容		国内外	该项目
煤储层动态地质评价与预测理论	高产井区地质模式	区块尺度，构造应力	井区尺度，水平应力差
	排采地质动态数学模型	单孔两渗，双孔双渗	三孔两渗模型
	多层叠置含煤层气系统	统一含气系统，层间干扰	叠置含气系统，系统间干扰(地质兼容性)
煤层气开发地质动态评价与预测技术	有利建产区地质综合评价技术	单因素简单叠加，定性评价	主控因素赋值及耦合，定量评价
	叠置含气系统开发工艺优化设计技术	单层开发，多层水平井，合采盲目试错法	合采地质兼容性分步优选，产层组合验证法
	煤储层开发地质动态数值模拟技术	渗透率定值，双孔两渗，不考虑煤粉运移	渗透率动态变化，三孔两渗模型，煤粉运移
煤储层开发动态物模和现场探测装备	煤储层开发动态物理模拟实验平台	单一煤层	多煤层、叠置含煤层气系统相互干扰
	低场核磁共振岩心分析系列装备	孔隙及渗流特性分布，孔隙水及其可动性	煤层气相态定量识别，等温吸附量测试
	煤层气井流体参数探测仪	只能探测流体压力	流体压力，温度，液位，流速，密度
	煤储层含气性超低频电磁探测仪	不能探测吸附气	非接触式，非采样式，可定期监测煤层含气量动态变化

(二) 验收意见

国家油气重大专项办对国家重大科技专项项目《煤层气储层工程与动态评价技术（2008ZX05034）》验收意见（2011.05.26）：项目集成构建的3项技术，是重大专项“煤层气勘探和高效开发重大技术”的重要组成部分，为“沁水盆地南部煤层气直井开发示范工程”和“晋城矿区煤层气矿井抽采示范工程”提供了技术支持；培养各级技术专家87名、研究生107名，为专项研究目标的实现发挥了重要作用。

国家油气重大专项办对国家重大科技专项项目《煤层气储层工程与动态评价技术（2011ZX05034）》验收意见（2016.07.04）：项目取得了五项具有原创性的核心研究成果，应用于沁水盆地南部煤层气直井（项目60）、鄂尔多斯盆地煤层气开发（项目62）、沁水盆地南部煤与煤层气共采（项目63）等示范工程以及黔西、准噶尔盆地南缘等地煤层气勘探开发，提高了布井成功率和单井产气

量，为煤层气开发战略接替区开拓提供了地质动态评价依据；项目建立了一支长期稳定的专业研究队伍，培养研究生 240 人（含博士生 76 人）。

国家自然科学基金委员会对重点基金项目《黔西—滇东煤层气成藏效应及其地质选择过程（40730422）》主要验收意见（2012.02.21）：项目通过研究，提出了“多层叠置独立含煤层气系统”学术观点，建立了基于能量动态平衡的煤层气成藏研究思路和方法，综合评价为“优”。

山西省科技厅对山西省煤层气联合基金重点项目《沁水盆地南部太原组流体系统及其煤层气排采优化技术基础（2012012001）》验收意见（2016.08.31）：项目在叠置含煤层气系统识别特征、合采煤层气井产出水源解析、叠置含气系统合采可行性判识及有利区评价理论与方法等方面取得了原创性研究成果。

（三）鉴定结论

中国煤炭工业协会专家组对“煤层气储层开发地质动态评价关键技术与探测装备”成果会审鉴定结论（2016.01.23）：建立了我国中-高阶煤储层高产井区地质模式和煤层气排采地质动态数学模型，建立了中-高阶煤储层煤层气有利建产区综合评价方法，研发成功了叠置含气系统煤层气开发工艺优化设计技术，建立了以“三孔两渗”等为核心的煤储层开采动态数学模型，发明了煤储层渗流动态物理模拟试验装置，研制成功煤层气井流体参数探测仪和煤储层含气性超低频电磁探测仪，研究成果在煤储层开发地质动态评价关键技术与探测装备研究方面取得了突破和创新，在沁水、鄂尔多斯、黔西等地区等得到有效的推广和应用，成果达到了国际领先水平。

（四）科技查新

由中国矿业大学委托，教育部科技查新工作站（G04）对“煤层气储层工程与动态评价技术”成果进行了国内外查新，2015 年 12 月 11 日出具了查新报告。最终查新结论如下：在所查范围内国内外公开发表的文献中，除该委托查新课题组成员发表的文献外，未见有与“煤层气储层工程与动态评价技术”主要成果内容相同和密切相关的研究报告。

（五）获奖情况

项目成果曾获得省部级（或相当级别）科学技术一等奖 1 项、自然科学二等奖 1 项（表 2）。

表 2 该项目成果曾获科技奖励情况

获奖项目名称	获奖类别	获奖时间	奖励等级	授奖单位	主要获奖人
--------	------	------	------	------	-------

获奖项目名称	获奖类别	获奖时间	奖励等级	授奖单位	主要获奖人
煤层气储层开发地质动态评价关键技术与探测装备	科学技术	2016	一等	中国煤炭工业协会	秦勇、汤达祯、刘大锰、韦重韬、王生维、张遂安、吴财芳、唐书恒、傅雪海、许江、王延斌、杨兆彪、姚艳斌
煤层气能量动态平衡系统及其控藏效应	自然科学	2014	二等	教育部	秦勇、韦重韬、吴财芳、傅雪海、姜波

五、推广应用情况

该项目技术已在我国现有两大煤层气地面开发基地（沁水、鄂尔多斯盆地）及黔西、新疆等后备基地推广应用，现有大型生产基地覆盖面 100%，生产区块覆盖面超过 60%，后备基地覆盖面 2/3，行业骨干企业覆盖面达到 70%（表 3）。相关区块布井平均成功率提高了 16%~21%，单井日均产气量提高了 32%~6 倍，降低了勘探开发风险，新增销售额 19.4 亿元，新增利润 4.52 亿元，节支 2.51 亿元。项目技术成果为沁水盆地南部太原组（约 8700 亿 m³）、黔西龙潭组（约 21000 亿 m³）难采煤层气资源的动用做了成功技术示范，该项目技术贡献（按 10%）的潜在经济价值约 1913 亿元（按整体采收率 40%）；支持了 2 个“十三五”国家重大专项项目（2016ZX 05044，2016ZX05066）获准立项，为后备开发基地建设做出了贡献。

表 3 该项目关键技术成果部分应用证明清单

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/电话	应用情况
山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司	整体技术	2009-2016	郝海金 03563653987	优化设计、部署和施工沁南 4 个区块直井 832 口，单井日均产量提高 32%，其中 264 口合采井提高 42%。新增销售额 10.34 亿元，新增利润 1.71 亿元。
中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司	整体技术	2009-2016	胡秋嘉 03172722909	优化布置、施工樊庄区块 320 口井，单井日均产气量提高 20%，新增销售额 5262 万元，新增利润 316 万元；并为优选合层开采有利建产区提供了关键技术支撑。
中联煤层气有限责任公司	创新点 3、4	2009-2016	傅小康 01064298288	为潘庄区块提交了探明储量 92.84 亿 m ³ ，为临兴神府两区块煤系气共采井产层组合优化，以及国家科技重大专项“十三五”2 个项目立项提供了关键技术支撑。
贵州省天然气能源投资公司	创新点 2、3、4	2013-2016	杨光大 085187160555	优化审减 55 口井，节支 1.93 亿元。优化设计 1 个区块 19 口井，单井日均产量提高 83%，新增产值 5047 万元、利润 606 万元。
新疆科林思德新能源公司	创新点 3	2012-2016	杨雪松 09913688721	优化新疆 1 个区块 22 口井排采制度优化，单井日均产气量提高 2.4 倍，新增销售额 5737 万元，新增利润 402 万元。
贵州省煤层气页岩气工程技术中心	创新点 3	2012-2016	易同生 085184808551	调整勘探部署黔西 6 口井，优化 2 个区块 12 口井产层设计及排采制度，单井日均产量提高 130%，新增销售额 1516.62 万元，新增利润 3359 万元（含节支）。
北京奥瑞安能源技术开发公司	整体技术	2009-2016	崔玉环 01082966900	国内 10 个区块煤层气勘探开发及技术服务，新增销售额 7.31 亿元，项目技术成果贡献率 15%，新增利润 4245 万。
中国煤炭地质总局	整体技术	2011-2016	吴国强 01088246688	合编的国家标准已在 11 个煤炭（煤层气）勘查区推广应用，潜在经济效益显著。
煤层气开发利用国家工程研究中心	创新点 2	2010-2016	胡爱梅 01063591288	为渭北区提供了 150km ² 的滚动开发面积，为临汾增产达产提供了技术建议，为柳林区块提交 200 亿 m ³ 探明储量和建设 2 亿 m ³ /年产能示范基地提供了关键地质依据。

六、主要知识产权证明目录

表 4 知识产权证明目录

知识产权类别	知识产权具体名称	国家	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	有效状态
发明专利	多层叠置煤层气系统开采井设计方法	中国	2014103990427	20161026	2283102	中国矿业大学	吴财芳、李腾、刘小磊、张晓阳、霍战波、周琦忠	有效专利
发明专利	煤层气排采井井底气流上举参数检测装置	中国	2012104708392	20150527	1675993	中国地质大学(武汉)	王生维、乌效鸣、路桂英、陶扬、张峰、李瑞、李炯	有效专利
软件著作权	煤层气储层开发动态评价软件系统 V1.0	中国	2015SR193290	20150520	1080376	中国矿业大学	秦勇、韦重韬、杨永国、罗金辉、陈玉华	有效专利
发明专利	一种欠饱和煤储层开发的气水产出动态相渗曲线测量方法	中国	2014103345386	20160817	2189426	中国地质大学(北京)	赵俊龙、汤达祯、许浩、孟艳军、陶树、李松	有效专利
发明专利	一种采用低场核磁共振进行煤样甲烷吸附量测量的方法	中国	2013103952793	2015111	1837695	中国地质大学(北京)	姚艳斌、谢松彬、刘大锰、李振涛	有效专利
发明专利	流固耦合煤岩剪切-渗流试验装置	中国	2014100364027	20160106	1911853	重庆大学	许江、尹光志、王维忠、彭守建、李波波、蒋长宝、刘东、刘义鑫、叶桂兵、程立朝	有效专利
发明专利	一种超声波加载下渗流、解吸实验两用夹持器	中国	2015101958597	20160615	2111041	中国矿业大学	秦勇、师庆民、杨兆彪、申建、兰凤娟、陈义林、吴财芳、屈争辉	有效专利
发明专利	一种煤层气井上下立体联合抽采方法	中国	2014102576627	20161012	2267185	中国矿业大学	吴财芳、李腾、刘小磊、张晓阳、霍战波、周琦忠	有效专利
发明专利	一种测量煤中不同状态水分含量的方法	中国	2012103952746	20160203	1939384	中国地质大学(北京)	姚艳斌、刘俊刚、刘大锰、吴建国	有效专利
软件著作权	煤层气井排采参数监测仪软件 V1.0	中国	2015SR005536	20150112	0892618	中国地质大学(武汉)	王生维、乌效鸣、吴川	有效专利

七、主要完成人情况

表 5 该项目主要完成人情况

排序	姓名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对该项目技术创造性贡献
1	秦勇	副校长	教授	中国矿业大学	中国矿业大学	该项目成果所依托的 3 个重大重点项目负责人，国家科技重大专项项目课题 4 负责人，该报奖项目创新成果 3 第一完成人、创新成果 1、4、5 主要完成人。
2	汤达祯	无	教授	中国地质大学（北京）	中国地质大学（北京）	该项目成果所依托的国家科技重大专项项目合作负责人，国家自然科学基金重点项目第二完成人，该报奖项目创新成果 1、2 主要完成人。
3	李国富	煤层气事业部部长	高工	山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司	山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司	该项目成果所依托的国家科技重大专项项目晋煤集团现场试验和整体技术成果应用实施协调人，山西省煤层气联合基金重点项目主要完成人，创新成果 2、3 主要完成人。
4	朱庆忠	总经理助理	高工	中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司	中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司	现场试验和整体技术成果应用实施协调人，负责组织该报奖项目整体成果在华北油田所属煤层气区块的现场试验、资料分析和高校对接，创新成果 2、3 的主要完成人。
5	刘大锰	副校长	教授	中国地质大学（北京）	中国地质大学（北京）	该项目成果所依托的国家科技重大专项项目课题 1 负责人，该报奖项目创新成果 2 第一完成人，成果 1、5 主要完成人。
6	韦重韬	无	教授	中国矿业大学	中国矿业大学	该项目成果所依托的国家科技重大专项项目课题 5 负责人，国家自然科学基金重点项目主要完成人，该报奖项目创新成果 4 第一完成人，成果 1 主要完成人。
7	王生维	无	教授	中国地质大学（武汉）	中国地质大学（武汉）	该项目成果所依托的国家科技重大专项项目课题 2 负责人，该报奖项目创新成果 5 中煤层气井流体参数探测仪第一完成人，成果 1 主要完成人。
8	张遂安	煤层气工程中心主任	教授	中国石油大学（北京）	中国石油大学（北京）	该项目成果所依托的国家科技重大专项项目课题 3 第一负责人，该报奖项目创新成果 1、3 主要完成人。
9	吴财芳	教育部重点实验室副主任	教授	中国矿业大学	中国矿业大学	该项目成果所依托的国家科技重大专项项目协调人、课题 4 骨干，该报奖项目创新成果 3 合作完成人。
10	许江	教育部重点实验室副主任	教授	重庆大学	重庆大学	该项目成果所依托的国家科技重大专项项目课题 4 第二负责人，该报奖项目创新成果 5 中含甲烷煤岩渗流细观剪切实验装置第一完成人、成果 3、1 主要完成人。

排序	姓名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对该项目技术创造性贡献
11	王延斌	无	教授	中国矿业大学（北京）	中国矿业大学（北京）	该项目成果所依托的国家科技重大专项项目课题 5 第二负责人，该报奖项目创新成果 4 主要完成人。
12	白建平	副总经理	高工	山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司	山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司	该项目技术成果在晋煤集团煤层气区块应用推广现场负责人，所依托的山西省煤层气联合基金重点项目第二完成人，该报奖项目创新成果 3 主要完成人。
13	唐书恒	能源学院副院长	教授	中国地质大学（北京）	中国地质大学（北京）	该项目成果所依托的国家科技重大专项项目课题 3 第二负责人，该报奖项目创新成果 1、2 主要完成人。
14	傅雪海	无	教授	中国矿业大学	中国矿业大学	该项目成果所依托的国家科技重大专项项目课题 3 第三负责人，该报奖项目创新成果 3 主要完成人。
15	姚艳斌	无	教授	中国地质大学（北京）	中国地质大学（北京）	该项目成果所依托的国家重大专项项目课题 1 主要完成人，该报奖项目创新成果 1、2、5 主要完成人。

八、主要完成单位及创新推广贡献

中国矿业大学。(1) 该项目成果所依托的 3 个重大重点项目牵头单位，负责项目总体方案设计以及实施的组织与协调。(2) 创新成果 3、4 的第一完成单位，创建了叠置煤层气系统合采兼容性评价技术，研制成功煤储层开发地质动态数值模拟技术。(3) 创新成果 1、5 的合作完成单位之一，建立了煤层气开发地质动态数学模型组，创立了多层叠置煤层气系统地质理论，发明了多层叠置煤层气藏开采层间干扰模拟实验装置。(4) 牵头协调项目成果的推广应用，具体负责创新成果 3、4 在沁水盆地、黔西地区和准噶尔盆地的应用推广工作。(5) 作为第一单位，完成国家发明专利 17 件（授权 7 件），实用新型专利 5 件（均授权），计算机软件著作权 7 件，省部级（或相当级别）科技奖励 2 项，发表 SCI 论文 28 篇，培养研究生 79 名（含博士生 17 名）。

中国地质大学（北京）。(1) 该项目成果所依托的国家科技重大专项项目主要合作单位及联合负责人，所依托的国家自然科学基金重点项目两个完成单位之一，联合负责项目总体方案设计以及实施的组织与协调。(2) 创新成果 2 的第一完成单位，首创了煤层气有利建产区（甜点区）地质综合评价技术。(3) 创新成果 1、5 的合作完成单位之一，建立了煤层气高产井区地质模式，发明了煤储层物性低场核磁共振检测仪。(4) 协助协调项目成果的推广应用，具体负责创新成果 2 在沁水盆地、鄂尔多斯盆地的推广应用。(5) 完成国家发明专利 11 件（授权 7 件），计算机软件著作权 1 件，合作获得中国煤炭工业协会科技进步一等奖，发表 SCI 论文 41 篇，培养研究生 67 名（含博士生 30 名）。

山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司。(1) 该项目成果所依托的山西省煤层气联合基金重点项目的提出单位、合作单位和资助单位，负责项目总体方

案设计。(2) 项目关键技术成果的合作完成单位, 尤其是总结了该单位在沁水盆地南部所属区块叠置煤层气系统合采地质规律, 为兼容性评价技术的建立提供了重要基础。(3) 负责项目关键技术成果在沁水盆地南部相关区块的现场试验和推广应用, 施工太原组/山西组煤层气合采井 264 口, 单井日均产气量提高了 42%; 负责煤层气井流体参数探测仪、煤储层含气性超低频电磁探测仪的现场试验观测, 据此提出完善装备设计和数据处理系统的建议并被采纳。(4) 完成国家发明专利 1 件 (授权 1 件), 合作发表论文 10 篇, 提供现场条件联合培养研究生 52 名 (含博士生 18 名)。

中国石油大学 (北京)。(1) 该项目成果所依托的国家科技重大专项项目主要合作单位, 参与项目总体方案设计, 负责所在课题的技术设计和实施组织。

(2) 创新成果 1、3 的合作完成单位之一, 建立了煤储层渗流数学模型, 揭示了叠置含气系统合采干扰机理。(3) 共同完成创新成果 3 在沁水盆地、黔西地区的推广应用。(4) 作为第一单位, 完成国家发明专利 1 件 (授权 1 件), 合作获得中国煤炭工业协会科技进步一等奖, 培养研究生 33 名 (含博士生 1 名)。

中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司。(1) 项目关键技术成果的合作完成单位, 尤其是总结了该单位在樊庄、郑庄、沁南等煤层气区块所属区块叠置煤层气系统合采地质规律, 为兼容性评价技术的建立提供了重要基础。

(2) 负责项目关键技术成果在所属区块的现场试验和推广应用, 对沁水盆地南部樊庄、郑庄、沁南三个区块甜点区开展精细评价, 根据评价结果指导滚动开发工程部署, 陆续施工煤层气开发井 562 口, 布井成功率从 65% 提高到 81%, 直井单井日均产气量从 $1600\text{m}^3/\text{d}$ 提高到 $3400\text{m}^3/\text{t}$ 。(3) 完成实用新型专利 1 件 (均授权), 合作发表论文 11 篇, 提供现场条件联合培养研究生 37 名 (含博士生 10 名)。

中国地质大学 (武汉)。(1) 该项目成果所依托的国家科技重大专项项目主要合作单位, 参与项目总体方案设计, 负责所在课题的技术设计和实施组织。

(2) 创新成果 5 的合作完成单位之一, 合作建立了煤储层渗流数学模型, 发明了煤层气井流体参数探测仪。(3) 组织了煤层气井流体参数探测仪成果在沁水盆地南部的现场试验和推广应用。(4) 作为第一单位, 完成国家发明专利 3 件 (授权 3 件), 计算机软件著作权 1 件, 合作获得中国煤炭工业协会科技进步一等奖, 培养研究生 19 名 (含博士生 1 名)。

重庆大学。(1) 该项目成果所依托的国家科技重大专项项目主要合作单位, 参与项目总体方案设计, 负责煤层气渗流规律研究和模拟实验装置的研制。(2) 创新成果 1、5 的合作完成单位之一, 合作建立了煤储层渗流数学模型, 发明了含甲烷煤岩渗流细观剪切实验装置。(3) 帮助该项目其他创新成果设计渗流模拟实验, 并具体实施主体模拟实验。(4) 完成国家发明专利 8 件 (授权 5 件), 实用新型专利 3 件 (均授权), 合作获得中国煤炭工业协会科技进步一等奖, 发表 SCI 论文 5 篇, 培养研究生 21 名 (含博士生 6 名)。

中国矿业大学（北京）。（1）该项目成果所依托的国家科技重大专项项目主要合作单位，参与项目总体方案设计，负责煤层气排采过程中煤储层吸附膨胀收缩规律研究。（2）创新成果 5 的合作完成单位之一，合作建立了煤储层渗流数学模型，为煤层气开发地质动态数学模型组的建立提供的关键基础。（3）作为第一单位，完成国家发明专利 1 件（授权 1 件），合作获得中国煤炭工业协会科技进步一等奖，发表 SCI 论文 2 篇，培养研究生 22 名（含博士生 7 名）。

中国煤炭地质总局。（1）全国煤炭地质管理机构和全国最大的煤炭地质企业，为该项目成果的获得提供了重要支撑，承担了联合国内相关企业、高校、科研院所协调、制订和实施应用专业技术标准的责任。（2）中国煤炭地质总局与该项目完成单位及完成人具有长期而密切的合作关系，包括应用该项目技术成果在制订、推广、应用国家标准《煤层气资源勘查技术规范（GB/T 29119-2012）》中的合作。（3）中国煤炭地质总局、中国矿业大学、安徽理工大学三方共建了煤系矿产资源重点实验，为项目中部分实验室物理模拟工作提供了技术支撑。

九、完成人合作关系说明

中国矿业大学、中国地质大学（北京）、中国石油大学（北京）、中国地质大学（武汉）、重庆大学、中国矿业大学（北京）从 2008-2015 年联合承担并完成该项目成果依托的国家科技重大专项项目（一期、二期），已进行了长达 8 年的科技攻关合作，该报奖项目高校完成人均为其中的研究骨干。

中国地质大学（北京）作为该项目成果依托的国家科技重大专项项目（一期、二期）主要合作单位及联合负责人（汤达祯），联合负责项目总体方案设计以及实施的组织与协调；作为依托的国家自然科学基金重点项目两个完成单位之一，与中国矿业大学共同完成了“黔西—滇东煤层气成藏效应及其地质选择过程”研究任务（汤达祯，刘大锰，唐书恒，等），并为多层叠置煤层气系统地质理论的创立做出了贡献。

山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司是我国连续 10 年地面井煤层气产量最高的企业，2006 年在其下属子公司山西蓝焰煤层气集团有限责任公司建立煤层气产学研基地，中国矿业大学、中国石油大学（北京）均为该基地首批共建成员单位。该公司以提出生产难题、共同承担科技攻关项目、提供现场实验条件、联合培养研究生等多种形式，与该报奖项目高校完成单位开展长期产学研合作。在该申报项目中，该公司负责组织了项目整体成果在晋煤集团所属煤层气区块的现场试验（李国富）；提出了沁水盆地南部太原组流体系统及其煤层气排采优化技术的难题，与中国矿业大学联合承担并完成了山西省煤层气联合基金重点项目，并联合发表学术论文（白建平）。

中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司是我国大型煤层气勘探开发企业之一，也是中国矿业大学、中国地质大学（北京）等该项目完成高校的研究生培养基地，长期的产学研合作，共同开展煤层气勘探开发技术攻关研究。该公司以所属的樊庄、郑庄、沁南等煤层气区块生产难题为导向，通过委托项

目合作、研究生培养等形式，将该报奖项目技术成果推广应用于现场问题的解决。在本申报项目中，该公司委托朱开忠负责组织了该报奖项目整体成果在所属区块的现场试验、资料分析和高校对接，针对三个区块不同的煤层气地质条件和生产问题开展合作研究，并联合发表了学术论文。

中国煤炭地质总局作为全国煤炭地质管理机构和全国最大的煤炭地质企业，承担了联合国内相关企业、高校、科研院所协调、制订和实施应用专业技术标准的责任，尤其是与该报奖项目中国矿业大学完成人具有长期而密切的合作关系，包括应用该项目技术成果制订了国家标准《煤层气资源勘查技术规范(GB/T 29119-2012)》，并具体实施了该标准的推广应用，以及共建煤系矿产资源重点实验的合作。