

# 2019 年度国家科学技术进步奖提名项目 公示材料

## 一、项目名称：西部煤矿一氧化碳溯源定量分析及分源治理关键技术与装备

## 二、提名单位及提名意见

提名者：中国煤炭工业协会

晋、陕、蒙、宁等西部地区是我国主要的能源基地，煤炭产量达全国的 70%。西部煤田属于浅埋深厚煤层群、开采后地表塌陷严重，矿井大范围多通道漏风引发的煤炭自燃严重威胁矿井安全生产。矿井一氧化碳是煤层自燃主要标志性气体，准确监测监控矿井 CO 来源和生成规律是预防煤层自燃及引发矿井采空区瓦斯重要技术途径。

该项目经过十余年的联合科技攻关，开发了矿井 CO 溯源定量分析及分源治理的关键理论、技术、材料与装备，形成成套技术体系。以溯源定量分析明确区分自燃和非自燃因素生成 CO，提高自燃预警正确性；基于 CO 分源控制理念，研发多点风压调节技术、智能注氮惰化工艺装备、漏风隔离和控制材料实现煤自燃有效治理和 CO 浓度超限控制。研究成果提高了我国西部煤田自燃、瓦斯爆炸灾害防治和一氧化碳超限治理技术水平，具有重大科学意义和实用价值。有关专家评价认为，项目核心技术成果达到国际领先水平。

该项目获 3 项国家自然科学基金重点和面上项目等支持，曾获中国煤炭工业科学技术奖一等奖 4 项，发表论文 102 篇，SCI 收录 32 篇、EI 收录 30 篇，出版著作 3 部，授权发明专利 20 项，实用新型 6 项，软件著作权 3 项，负责制定《矿井煤自燃标志气体及临界值技术规范》、《煤矿防灭火技术规范》等标准 3 项。

该项目已在开滦集团内蒙分公司、神华集团（新疆、内蒙乌海公司）、冀中能源、陕西华彬煤业等全国多个大型煤炭企业 20 余个矿井推广应用，有效遏制了井下一氧化碳超限、煤自燃和采空区爆炸，实现了易自燃煤层群的安全高效开采，已创直接经济效益 5.3 亿元，经济和社会效益显著。

提名该项目为国家科学技术进步奖 二 等奖。

## 三、项目简介

晋、陕、蒙、宁等西北地区是我国超过 70%煤炭产量的最主要能源基地，西部煤矿绝大多数瓦斯含量低，但其安全开采存在以下亟待解决的难题：1）由于西部煤田大多为浅埋深厚煤层，开采后地表塌陷严重、形成大范围多通道漏风，引发的煤炭自燃成为西部煤田开采最严重的安全威胁；2）近年来，煤矿井巷瓦斯爆炸事故已得到基本控制，但由于采空区，包括低瓦斯煤层采空区均容易积聚爆炸性瓦斯，采空区自燃引起的瓦斯爆炸已占重特大瓦斯爆炸事故的大多数，因此，防自燃就可以防治大多数重特大瓦斯爆炸事故的发生；3）煤层自燃生成的大量一氧化碳（以下

简称 CO)，叠加西部煤田非自燃因素如煤常温氧化、煤层所含原生残余 CO 等非自燃因素生成 CO，造成采煤工作面及其上隅角易出现 CO 浓度超限，而难以解决；4) 作为煤自燃预报主要标志性气体，来自不同产生源的 CO 的叠加干扰造成煤自燃误报，该问题一直困扰非自燃因素生成 CO 量较大的西部煤田的煤自燃预警实践。因而，解决上述自燃预警、治理、采空区瓦斯爆炸和工作面 CO 浓度超限防治等问题已成为西北煤田安全开采的重点和难点，成为我国煤炭行业亟需攻克的重大课题。

经过十余年的联合科技攻关，开发了矿井 CO 溯源定量分析及分源治理的关键理论、技术、材料与装备，形成成套技术体系。以溯源定量分析明确区分自燃和非自燃因素生成 CO，提高自燃预警正确性；基于 CO 分源控制理念，研发多点风压调节技术、智能注氮惰化工艺装备、漏风隔离和控制材料实现煤自燃有效治理和 CO 浓度超限控制。

本项目的重要性创新成果如下：

**(1) 首次系统提出了不同源 CO 的溯源计算方法，形成非自燃生成 CO 对自燃正确预警干扰的排除技术；揭示了煤自燃阶段跃迁机理理论，构建了煤自燃“五阶段”分级预警指标体系，实现及时有效煤自燃预警。**

首次采用全过程隔氧封闭方法现场测试到原生 CO，首次提出了自燃与非自燃不同源产生 CO 的溯源计算方法；提出了非自燃生成 CO 对自燃正确预警干扰的剔除技术。应用自主研发的全程煤程序升温与绝热氧化实验系统，揭示了煤自燃潜伏、储热、蒸发、活跃及乏氧五个阶段临界点跃迁表征特征参数变化规律和跃迁机理；首次提出了煤自燃“五阶段”预警指标体系，提高了自燃预警的及时性和防治措施的有效性。

**(2) 创新研发了适用于抑制井下巷道低温氧化的新型粘结性防灭火材料及其工艺，研发了一种矿用环保型堵漏风复合泡沫及应用工艺，抑制煤层低温氧化 CO 生成。**

研发了适用于大范围多源漏风条件下、能与煤岩体有效黏合，形成适应煤岩体动态变形环境的堵漏、阻燃隔离层的廉价粘结性防灭火材料。研发了一种矿用堵漏风复合泡沫及应用工艺，攻克了发泡反应放热量大的难题。

**(3) 创新研发了智能控制连续注氮技术、适用于 CO 流向控制的自动控制正压通风系统等多种针对不同源 CO 的治理装备。**

创新性提出了“边旋转边拖动”的连续注氮牵引方式，得到了牵引动力、牵引距离等技术参数并首次研制出智能控制连续注氮装备与工艺。集成创新研发了适用于容易自燃煤层开采的多通道、大区域漏风条件下多点风压自动调节技术，能有效控制 CO 流向采煤工作面。

## 四、客观评价

### 1 鉴定结论

1) “容易自燃复杂采空区下工作面的防火技术与实践”项目鉴定结论:

2013 年 12 月 24 日,中国煤炭工业协会对该项目进行了科技成果鉴定,鉴定委员会由张铁岗院士为组长的专家组,对中国矿业大学(北京)等单位共同完成的“容易自燃复杂采空区下工作面的防火技术与实践”项目进行成果鉴定。

鉴定委员会一致认为“物化成果丰富,同意通过成果鉴定,成果总体达到国际先进水平,在基于煤自燃阶段跃迁机理的“五阶段”自燃危险性预报决策体系和连续拖管注氮技术和装备方面达到国际领先水平。”

该项目获 2014 年中国煤炭工业科学技术一等奖(证书编号为:2014-121-D01,项目组成员为第 1、2、6、7 获奖人)。

2) “矿井重大动态隐患应急处置控制技术及应用”项目鉴定结论:

2012 年 12 月 27 日,中国煤炭工业协会在北京组织以卢鉴章为组长的鉴定委员会,对中国矿业大学(北京)等完成的“矿井重大动态隐患应急处置控制技术及应用”项目进行成果鉴定。鉴定认为项目成果总体达到国际先进水平,在自燃灾害预警、灾害应急处置等技术方面达到国际领先水平。

该项目获中国煤炭工业科学技术一等奖(证书编号为:2013-129-R02,项目组成员为第 2 获奖人)。

3) “矿井一氧化碳溯源定量分析及分源治理关键技术与装备”项目鉴定结论:

2018 年 3 月 24 日,中国煤炭工业协会在北京组织以卢鉴章为组长的鉴定委员会,对中国矿业大学(北京)等完成的“矿井一氧化碳溯源定量分析及分源治理关键技术与装备”项目进行成果鉴定。鉴定认为项目成果总体达到国际先进水平,在矿井 CO 溯源定量分析等研究方面达到国际领先水平。

该项目获中国煤炭工业科学技术一等奖(项目组成员为第 1、2、3、4、5、7、15 获奖人)。

4) “矿用绿色高分子灭火材料的研究与应用”项目鉴定结论:

2017 年 12 月 30 日,中国煤炭工业协会在北京组织以王德明为组长的鉴定委员会,对山东科技大学等完成的“矿用绿色高分子灭火材料的研究与应用”项目进行成果鉴定。鉴定认为项目成果总体达到国际领先水平。

该项目获中国煤炭工业科学技术一等奖(项目组成员为第 1 获奖人)。

## 2 社会评价

基于项目研究成果,制定了《矿井煤自燃标志气体及临界值技术规范》(GB)、《煤矿防灭火技术规范》等 3 项国家、行业标准。

## 3 主要科技奖励

获奖项目名称	获奖时间	等级	授奖单位
容易自燃复杂采空区下工作面的防火技术与实践	2014 年	一等	中国煤炭工业协会
矿井重大动态隐患应急处置控制技术及应用	2013 年	一等	中国煤炭工业协会

煤矿深部开采若干问题的应用技术研究	2005 年	一等	教育部提名国家科学技术进步奖
矿井一氧化碳溯源定量分析及分源治理关键技术与装备	2018 年	一等	中国煤炭工业协会
防治煤炭自燃的绿色高效防灭火材料的研发与工程应用	2018 年	一等	中国煤炭工业协会

## 五、应用情况

本项目组直接联系的推广应用企业有：开滦集团内蒙分公司、神华集团（新疆、内蒙乌海公司）、冀中能源、陕西华彬煤业等全国多个大型煤炭企业 20 余个矿井。项目成果总体推广应用情况见下表。

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人
1	开滦（集团）有限责任公司	整体技术年	8 座煤矿	2005 年-2018 年	武建国
2	神华乌海能源有限责任公司	整体技术	3 座煤矿	2010 年-2018 年	周勇
3	陕西华彬煤业股份有限公司	整体技术	5 座煤矿	2010 年-2018 年	周贤

## 六、主要知识产权和标准规范等目录

知识产权类别	知识产权具体名称	国家	专利号	授权公告日	证书编号	专利权人	发明人	专利的有效状态
发明专利	一种矿用堵漏风酚脲醛发泡树脂、复合泡沫及其制备方法	中国	ZL 201410058748.7	2016.08.17	2185730	胡相明	胡相明, 等	有效
发明专利	一种注氮防灭火智能控制装置	中国	ZL 201711247328.3	2018.11.2	3131120	中国矿业大学（北京）	朱红青, 李峰	有效
发明专利	大区域自动控制均压防灭火系统	中国	ZL 201310156831.3	2016.06.27	1935764	中国矿业大学（北京）	朱红青, 谭波, 李峰, 等	有效
发明专利	全阶段煤自燃实验系统	中国	ZL 201310400658.7	2015.08.26	1768947	中国矿业大学（北京）	王海燕, 等	有效
发明专利	一种注氮装置及其实现注氮的方法	中国	ZL 201310156212.4	2016.06.29	2132103	中国矿业大学（北京）	朱红青, 李峰, 谭波, 等	有效

发明专利	一种用于煤层火灾治理的稠化胶体	中国	ZL 201110038864.9	2013.02.06	1134031	中国矿业大学（北京）	朱红青，等	有效
发明专利	防治煤炭自燃的粉煤灰-水泥泡沫材料及其制备方法	中国	ZL 201410174835.9	2016.09.14	2239429	胡相明	胡相明，等	有效
发明专利	一种防治煤炭自燃的智能凝胶材料	中国	ZL 201410113510.X	2016.08.17	2188274	胡相明	胡相明，等	有效
发明专利	一种用于煤层火灾治理的凝胶泡沫	中国	ZL 201410025728.X	2016.08.17	2175348	山东科技大学	王刚，等	有效
发明专利	矿井井下火灾及有毒有害气体正压束管监测系统	中国	ZL 201410217688.9	2014.11.26	2095603	山东科技大学	陆伟，等	有效

## 七、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	完成单位	项目中贡献
朱红青	1	学院院长	教授	中国矿业大学（北京）	项目负责人，全面负责项目研究，对创新点 1、2、3 有突出贡献。构建了煤自燃“五阶段”分级预警指标体系；研发了粘结性防火材料、智能控制连续注氮技术、自动控制正压通风系统等多种针对不同源 CO 的治理装备。
郑庆学	2	总工程师	高工	开滦（集团）有限责任公司	项目主要完成人，对创新点 1、2 有突出贡献。提出了“取样-密封-储存-破碎-测试”全过程注 N <sub>2</sub> 隔氧测试方法与“边旋转边拖动”拖管牵引方式。
王翰锋	3	书记	研究员	煤炭科学研究院有限公司	项目主要完成人，对创新点 1、3 有突出贡献。提出了“基于恒温解吸曲线积分”计算 CO 及修正方法；得到了调压冗余度允许范围计算公式，确定了最优调压范围为 0~50Pa。
陆伟	4		教授	山东科技大学	项目主要完成人，对创新点 1、3 有突出贡献。得到 CO、C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 、C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 等与煤温变化关系，分析了不同煤质煤样各阶段煤自燃特征；设计了系统的自动控制风门。
周勇	5	副总经理	教授级高工	神华乌海能源有限责任公司	项目主要完成人，对创新点 1、2 有突出贡献。提出了自燃与非自燃不同源产生 CO 的溯源计算方法，得出煤层中原生 CO 不是超限主要原因；提出了主动式阻燃隔离层设计方案。
胡相明	6	系副主任	副教授	山东科技大学	项目主要完成人，对创新点 2 有突出贡献。创新性地合成了酚脲醛树脂，具有发泡温度低、阻燃性好、力学性能高等特点，其成本仅为聚氨酯泡沫的一半，比酚醛泡沫便宜 25%。
谭波	7	系副主任	副教授	中国矿业大学（北京）	项目主要完成人，对创新点 1、2 有突出贡献。得到松散煤低温耗氧速率与温度、氧浓度及煤样粒径的关系、柴油动力矿用防爆车井下运行中在半封闭受限空间尾气 CO 与井下爆破 CO 浓度随时间变化关系。
王海燕	8	系副主任	教授	中国矿业大学（北京）	项目主要完成人，对创新点 1、2 有突出贡献。研发了煤程序升温与绝热氧化实验装置，揭示了煤自燃潜伏、储热、蒸发、活跃及乏氧阶段临界点跃迁表征特征。
李峰	9		副教授	中国矿业大学（北京）	项目主要完成人，对创新点 1、3 有突出贡献。研制出智能控制连续注氮装备与工艺、多点风压自动调节系统；设计了自动调压系统匹配图，开发了自动调压系统控制软件。
王刚	10		教授	山东科技大学	项目主要完成人，对创新点 1、3 有突出贡献。参与了煤自燃“五阶段”分级预报预警体系的构建；研究了通风装置的控制原理与通信协议，协助研发了多点风压自动调节系统。

## 八、主要完成单位及创新推广贡献

编号	单位名称	创新推广贡献
1	中国矿业大学（北京）	（1）提供实验室场所、相关仪器设备；（2）配备相关的研究、实验和测试人员；（3）提供各种资料、参考文献的查询服务；（4）进行该项目的理论、实验和现场研究；（5）负责本项目创新点 1、2、3 的理论分析与设计工作。主要贡献如下：首次系统提出了不同源 CO 的溯源计算方法，构建了煤自燃“五阶段”分级预警指标体系。研发了适用于抑制井下巷道低温氧化的新型粘结性防灭火材料及其工艺。研发了形成堵漏、阻燃隔离层的成本低廉的粘结性防灭火材料。研发了智能控制连续注氮技术、自动控制正压通风系统等。
2	开滦（集团）有限责任公司	（1）参与本项目技术创新点 1、3 的设计，及其在开滦（集团）有限责任公司所属矿区的现场具体应用与推广工作；（2）负责项目实施推广的组织协调等；（3）配备科研人员 20 余人、提供地面和井下试验、测试所需的资料与场地等。主要贡献如下：研究现场实测数据对应于各阶段温升，确定易监测更有效的各个阶段煤自燃气体浓度变化率预报指标，提出了“取样-密封-储存-破碎-测试”全过程注 N <sub>2</sub> 隔氧测试方法。提出了“边旋转边拖动”拖管牵引方式。③组织协调煤自燃“五阶段”分级预警指标体系、智能控制连续注氮技术、多点风压自动调节技术、硬件系统与装备的在现场安装调试及其具体应用效果的分析。
3	煤炭科学技术研究院有限公司	（1）负责立项和研究方案的审定；（2）负责本项目技术创新点 1、3 的现场设计、应用、推广工作；（3）负责项目实施推广的组织协调等；（4）配备科研人员 20 余人、提供现场实验设备。主要贡献如下：提出了“基于恒温解吸曲线积分”计算 CO 及修正方法。研究了不同条件下自动调压系统调压冗余度对调压效果的影响以及调压区域两端压力变化与漏风量动态定量关系，得到了最优调压范围为 0~50Pa；协助开发了自动调压系统控制软件。组织协调适用于容易自燃煤层开采的多通道、大区域漏风条件下多点风压自动调节技术、硬件系统在现场安装调试及具体应用效果分析。
4	山东科技大学	（1）负责本项目技术创新 2 点的理论分析与设计工作；（2）对创新点 1、2 有突出贡献，合作授权发明专利 7 项，发表学术论文被 SCI/EI 检索 23 篇；（3）配备科研人员 10 余人进行该项目的理论、实验和现场应用。主要贡献如下：根据实验得到 CO、C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 、C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 等与煤温变化关系，分析了不同煤质煤样各阶段煤自燃特征，协助构建了煤自燃“五阶段”分级预警指标体系。合成了酚脲醛树脂，明确了树脂最佳合成条件；采用固态多聚甲醛代替液体甲醛，减少了减压脱水环节，杜绝了废水产生，降低了成本；研制了低热值催化体系，降低了树脂发泡时的产热量，发泡时最高温度控制在 50~60℃，具有发泡温度低、阻燃性好、力学性能高等特点，其成本仅为聚氨酯泡沫的一半，比酚醛泡沫便宜 25%。为粘结性防灭火材料的研制提供实验场所。

## 九、完成人合作关系说明

朱红青，项目总负责人，负责立项、设计方案的指导、审定以及组织协调等工作。提出了不同源 CO 的溯源计算方法，形成非自燃生成 CO 对自燃正确预警干扰的排除技术；揭示了煤自燃阶段跃迁机理理论，构建了煤自燃“五阶段”分级预警指标体系，提高了自燃预警的及时性和防治措施的有效性；研发了适用于大范围多源漏风条件下、能与煤岩体有效黏合，形成适应煤岩体动态变形环境的堵漏、阻燃隔离层的廉价粘结性防火材料；研发了智能控制连续注氮技术、适用于 CO 流向控制的自动控制正压通风系统等多种针对不同源 CO 的治理装备。授权发明专利 10 项、实用新型 1 项、软件著作权 3 项，发表学术论文 49 篇，SCI 检索 7 篇、EI 检索 18 篇，获得省部级科学技术一等奖 4 项。

郑庆学，项目研究成果在开滦（集团）有限责任公司所属矿区应用的总协调人、组织者。研究现场实测数据对应于各阶段温升，确定易监测更有效的各个阶段煤自燃气体浓度变化率预报指标，协助构建了煤自燃“五阶段”分级预警指标体系；协助研发了一套能精确测定煤层原生残余 CO 方法，提出了“取样-密封-储存-破碎-测试”全过程注 N<sub>2</sub> 隔氧测试方法；协助研发了智能控制连续注氮技术，提出了“边旋转边拖动”拖管牵引方式；协助研发了适用于容易自燃煤层开采的多通道、大区域漏风条件下多点风压自动调节技术。获得省部级科学技术一等奖 1 项。

王翰锋，项目主要完成人，主要承担了项目研究、成果应用与推广等工作。提出了“基于恒温解吸曲线积分”计算 CO 及修正方法，可定量计算解吸原生 CO 随时间的变化规律；研究了不同条件下自动调压系统调压冗余度对调压效果的影响以及调压区域两端压力变化与漏风量动态定量关系，得到了调压冗余度允许范围计算公式，确定了最优调压范围为 0~50Pa，解决了多源漏风条件下多个相异压差值平衡时顾此失彼、难以确定最优调压值的难题。发表重要学术论文 2 篇，获得省部级科学技术一等奖 2 项。

陆伟，项目主要完成人，主要承担项目研究及成果应用等工作。协助研发了煤程序升温与绝热氧化实验装置，根据实验得到 CO、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 等与煤温变化关系，分析了不同煤质煤样各阶段煤自燃特征；协助研发了适用于 CO 流向控制的自动控制正压通风系统，设计了系统的自动控制风门；授权发明专利 2 项，发表学术论文 4 篇，SCI 检索 3 篇、EI 检索 1 篇；获得国家技术发明二等奖 1 项、省部级科学技术一等奖 2 项。

周勇，项目研究成果在神华乌海能源有限责任公司所属矿区应用的总协调人、组织者。研究了全过程隔氧封闭方法现场测试原生 CO 技术，提出了自燃与非自燃不同源产生 CO 的溯源计算方法，提出了非自燃生成 CO 对自燃正确预警干扰的剔除技术；通过对大南湖煤矿等实验结果计算出煤样的残余 CO 含量约 1.19L/t，由此得出煤层中原生 CO 不是超限主要原因。研究了上覆复杂采空区与生产区域间多源漏风与遗煤自燃规律，提出了上覆采空区与生产区域间主动式阻燃隔离层设计方案。发表学术论文 1 篇，获得省部级科学技术一等奖 2 项。

胡相明，项目主要完成人，主要承担项目研究及成果应用等工作。通过一步法创新性地合成了酚脲醛树脂，明确了树脂最佳合成条件；采用固态多聚甲醛代替液体甲醛，减少了树脂合成过程中的减压脱水环节，从工艺路线上杜绝废水产生，降低了成本；研制了低热值催化体系，降低了树脂发泡时的产热量，发泡时最高温度控制在 50~60℃；通过在发泡树脂中添加聚乙二醇、玻璃纤维和纳米粘土，提高了泡沫的韧性。研发的堵

漏风复合泡沫具有发泡温度低、阻燃性好、力学性能高等特点，其成本仅为聚氨酯泡沫的一半，比酚醛泡沫便宜 25%。授权发明专利 3 项，发表学术论文 15 篇，SCI 检索 13 篇、EI 检索 2 篇，获得省部级科学技术二等奖 1 项。

谭波，项目主要完成人，主要承担项目研究及成果应用等工作。研究得到松散煤低温耗氧速率与温度、氧浓度及煤样粒径的关系，建立了松散煤耗氧复合作用模型，可计算煤氧化生成 CO；得到了柴油动力矿用防爆车井下运行中在半封闭受限空间尾气 CO 与井下爆破 CO 浓度随时间变化关系公式；研发了形成堵漏、阻燃隔离层的成本低廉的粘结性防火材料，具备柔性、抗动态变形特征，粘结形成的隔离层随垮塌煤岩体整体垮塌，该材料与煤粘结性好，实现 1 个月无离析。授权发明专利 4 项、实用新型 4 项，发表相关学术论文 15 篇，SCI 检索 2 篇、EI 检索 9 篇，获得省部级科学技术一等奖 2 项。

王海燕，项目主要完成人，主要承担项目研究及成果应用等工作。研发了煤程序升温与绝热氧化实验装置，可自动记录气体温度、流量及煤样温度等实测数据，提高了测量数据精准度及效率；进行了不同煤种、粒径、氧气浓度、水分含量等 410 组煤样正交实验，揭示了煤自燃潜伏、储热、蒸发、活跃及乏氧阶段临界点跃迁表征特征；研究了开采过程中上覆岩层裂隙发育状况，确定采空区与生产区域隔离层位置、厚度、范围等参数，保证上覆采空区与生产区域间隔阻燃层在采动垮落后的后续有效性。授权发明专利 1 项，发表相关学术论文 6 篇，SCI 检索 3 篇、EI 检索 3 篇，获得省部级科学技术一等奖 2 项。

李峰，项目主要完成人，主要承担项目研究及成果应用等工作。基于弹性力学理论、结构力学理论与卸荷拱原理，获得不同条件下旋转拖管的转矩，研制出智能控制连续注氮装备与工艺，拖管长度高达 80m，确保注氮出口稳定保持在最佳位置，提高了采空区惰化效果。研发了以矿井监控系统为平台的多点风压自动调节系统，设计了自动调压系统匹配图，开发了自动调压系统控制软件，能实现多点风压调节；基于矿井监测监控系统，研发了风压自动调节系统，实现风机与风窗的及时自动控制与调节，能及时满足调压需要。授权发明专利 4 项，发表学术论文 7 篇，EI 检索 5 篇，获得省部级科学技术一等奖 2 项。

王刚，项目主要完成人，主要承担项目研究及成果应用等工作。协助研发了煤程序升温与绝热氧化实验装置，协助研究了煤自燃潜伏、储热、蒸发、活跃及乏氧阶段临界点跃迁表征特征，参与了煤自燃“五阶段”分级预报预警体系的构建；研究了通风装置的控制原理与通信协议，协助研发了以矿井监控系统为平台的多点风压自动调节系统及其控制软件。授权发明专利 2 项，发表学术论文 4 篇，SCI 检索 4 篇，获得省部级科学技术二、三等奖各 1 项。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同知识产权	朱红青 谭波 李峰	2008.01.01- 2018.12.31	大区域自动控制均压防火系统	附件 1.2	发明专利



2	论文合著	朱红青 王翰锋	2005.01.01- 2018.12.31	自动均压系统的均压效果 影响分析及研究	附件 5.27	核心论文
3	论文合著	胡相明 陆伟	2010.01.01- 2018.12.31	Influence of synthetic conditions on the performance of melamine-phenol-formalde hyde resin microcapsules	附件 5.18	SCI 论文
4	共同知识产权	朱红青 李峰	2008.01.01- 2018.12.31	一种注氮防灭火智能控制 装置	附件 1.3	发明专利
5	共同获奖	胡相明 王刚	2013.07.01- 2018.12.31	深部综放工作面瓦斯与火 耦合灾害协同防控技术研 究	未列入附 件	2016 年煤 炭工业协 会三等奖
6	专著合著	朱红青 谭波	2008.01.01- 2018.12.31	矿井火灾防治	附件 5.29	2015 年出 版
7	专著合著	谭波 李峰	2008.01.01- 2018.12.31	矿井火灾灭火救援技术与 案例	附件 5.30	2015 年出 版
8	共同获奖	朱红青 郑庆学 王翰锋 周勇 李峰 谭波 王海燕	2008.01.01- 2018.12.31	矿井一氧化碳溯源定量分 析及分源治理关键技术 与装备	未列入附 件	2018 年煤 炭工业协 会一等奖