

附件 1

重新提名成果申请表

提名单位 (签章):

提名专家 (签字):

重新提名时间: 年 月 日

材料名称	上次提名	本次提名
提名年度	2021	2022
成果名称	西北侏罗纪煤自然发火特性及防控方法研究	西北侏罗纪煤自然发火特性及防控方法研究
提名奖励等级	一等奖	一等奖
提名单位 (专家)	新疆大学	新疆大学
完成单位	新疆大学、西安科技大学	新疆大学、西安科技大学
完成人员	曾强、王彩萍、肖旻、赵婧昱、邓军	曾强、王彩萍、肖旻、赵婧昱、邓军
创新内容 (创新点)	<p>本项目围绕西北侏罗纪煤层自然发火规律、煤自燃危险区域判定、精准高效防控等关键科学问题,提出了煤氧化过程中活性基团突变量化表征方法,确定了煤自燃微观结构演变机制,揭示了微观基团演化和宏观气体产物及热效应的内在关联机制,开辟了西北侏罗纪煤自燃灾害分级预警策略和危险区域动态可视化判定方法,形成了煤自然发火内部惰化耦合、外部降温的协同防控体系,经查新机构国际范围内检索查证,在检索到的国内外相关文献报道中,除本项目成果外,未见与本项目研究成果相同的公开报道。</p> <p>本项目在煤炭学报, Int. J. Min. Sci. Technol., Sci. Total Environ., Energy, Fuel, Process Saf. Environ.等国内外著名刊物上发表代表性学术论文 20 篇,其中 IF>5 的 12 篇[Appl.</p>	<p>本项目围绕西北侏罗纪煤层自然发火规律、煤自燃危险区域判定、高效防控等关键科学问题,提出了煤氧化过程中活性基团突变量化表征方法,确定了煤自燃微观结构演变机制,揭示了微观基团演化和宏观气体产物及热效应的内在关联机制,建立了西北侏罗纪煤自燃灾害分级预警策略和危险区域动态可视化判定方法,形成了煤自然发火内部惰化耦合、外部降温的协同防控体系,经查新机构国际范围内检索查证,在检索到的国内外相关文献报道中,除本项目成果外,未见与本项目研究成果相同的公开报道。</p> <p>本项目在 Int. J. Min. Sci. Technol., Sci. Total Environ., Energy, Fuel, Process Saf. Environ.等国内外著名刊物上发表代表性学术论文 50 篇,其中 IF>8 的 14 篇[Sci. Total Environ. (1 篇, IF=10.753)、Fuel(8 篇,</p>

Therm. Eng. (3 篇, IF=5.295)、Fuel(4 篇, IF=6.609)、Energy (2 篇, IF=7.147)、Process. Saf. Environ. (1 篇, IF=6.158)、Sci. Total Environ. (1 篇, IF=7.963)、Rock Mech. Rock Eng. (1 篇, IF=6.73)], IF > 3 的 8 篇 [J. Therm. Anal. Calorim. (4 篇, IF=4.626)、J. Loss Prevent. Proc. (1 篇, IF=3.66)、Safety Sci. (1 篇, IF=4.877)、Int. J. Min. Sci. Technol. (1 篇, IF=4.084)、Nat. Hazards (1 篇, IF=4.9)], 高被引论文 (ESI) 3 篇。论文在 Web of Science 核心合集被引用 793 次, 他引 525 次, 单篇最高引 168 次, 获煤炭青年科技奖优秀博士学位论文 1 项, 《煤炭学报》优秀学术论文 1 项, 代表性国家发明专利 4 项、软件著作权 2 项。项目执行期间培养博士 10 余名, 硕士 50 余名。

本项目属于矿山安全基础研究, 围绕侏罗纪煤自然发火特性及其防控方法深入开展了系统性研究, 取得的具体原创性研究成果如下:

一、发现了西北侏罗纪煤微观结构氧化过程中的突变特征; 提出了煤自燃全过程实验模拟方法; 建立了活性基团演化和气体产物及热效应的本质响应机制, 为西北侏罗纪煤自燃预测预警提供了理论基础和依据。(学科分类: 矿山安全(学科代码: 44075); 代表性论文 1、2、3、4)

我国西北地区多数煤层埋藏浅、露头多、风化氧化强烈, 且属温带大陆性气候, 干旱少雨, 导致西北侏罗纪煤比其他区域煤更易自燃, 自然发火规律更加复杂, 难以掌握。因此, 掌握西北侏罗纪煤自然发火规律, 为煤自燃的精准监测监控和主动防控提供必备基础。通过对侏罗纪煤的微观结构研究, 并建立了煤自主升温-绝氧降温-二次复燃全过程实验模拟新方法, 掌握了煤自然发火

IF=8.035)、Energy (5 篇, IF=8.857)], IF > 5 的 13 篇 [Process. Saf. Environ. (3 篇, IF=7.926)、Rock Mech. Rock Eng. (1 篇, IF=6.518)、Safety Sci. (1 篇, IF=6.392)、Int. J. Min. Sci. Technol. (1 篇, IF=7.67)、Applied Thermal Engineering (5 篇, IF=6.465)], IF > 3 的 20 篇 [J. Therm. Anal. Calorim. (10 篇, IF=4.755)、ACS Omega (1 篇, IF=4.132)、RSC Advances(1 篇, IF=4.036)、J. Loss Prevent. Proc. (3 篇, IF=3.916)、Thermochimica Acta (3 篇, IF=3.378)、Environmental Earth Sciences(2 篇, IF=3.119)]。论文在 Web of Science 核心合集被引用 1773 次, SCI 他引 1213 次。项目执行期间培养博士 10 余名, 硕士 60 余名。

本项目属于矿山安全基础研究, 围绕侏罗纪煤自然发火特性及其防控方法系统开展了研究, 取得的具体研究成果如下:

一、发现了西北侏罗纪煤微观结构氧化过程中的突变特征; 提出了煤自燃全过程实验模拟方法; 建立了活性基团演化和气体产物及热效应的本质响应机制, 为西北侏罗纪煤自燃预测预警提供了理论基础和依据。(学科分类: 矿山安全(学科代码: 44075); 代表性论文 1、2、3、4)

通过对侏罗纪煤的微观结构研究, 建立了煤自主升温-绝氧降温-二次复燃全过程实验模拟新方法, 掌握了煤自然发火特性, 为西北侏罗纪煤自燃预测预警提供了理论基础。在该研究方向发表 SCI 收录的论文 26 篇, 其中 IF > 8 的 6 篇, IF > 5 的 6 篇, IF > 3 的 12 篇, 高被引论文 2 篇, 论文被引用 1111 次, 其中 SCI 他引 792 次。

(1) 阐述了西北侏罗纪煤自燃过程微观结构演变机制, 提出了煤的活性基团氧化过程的跃迁突变理论。

采用 XRD 衍射仪和傅里叶红外光谱仪等, 研究了侏罗纪煤孔隙结构、微晶结构、化学基团

特性,为西北侏罗纪煤自燃预测预警提供了坚实的理论基础和依据。在该研究方向发表被SCI收录的论文7篇,其中IF>5的3篇,IF>3的4篇,高被引论文2篇,论文被引用184次,其中SCI他引120次,获《煤炭学报》优秀学术论文1篇,项目结题证明2项。

(1)阐述了西北侏罗纪煤自燃过程微观结构演变机制,提出了煤的活性基团氧化过程的跃迁突变理论,发展了煤自燃微观机理的内涵。

采用XRD衍射仪和傅里叶红外光谱仪等,研究了侏罗纪煤孔隙结构、微晶结构、化学基团的分布特征,发现煤分子结构中对煤氧化过程影响较大的关键活性基团为羟基、甲基与亚甲基、烷基醚和羧基等。根据煤分子结构特征,采用量子化学分析、相似分子结构化学反应类比、活性基团萃取实验等方法,分析了煤分子活性基团氧化反应历程,揭示了煤分子中链式结构物理吸氧、化学吸氧、氧化反应、热解断裂和环状结构裂解、裂变,以及气固燃烧的非稳态演变进程,提出了西北侏罗纪煤自燃进程基团突变理论。

代表性论著 1[Sci. Total Environ. 2018, 640, 1478-1488, IF=7.963]针对新疆地区大泉湖火区煤自燃气体产物,估算了熄灭过程火区的CO、NO、NO₂、NO_x气体的排放量。该论文他引7次,被Sci. Total Environ., Fuel, Nat. Resour. Res.等国际著名期刊引述和认可。

代表性论著 2[Int. J. Min. Sci. Technol. 2018, 28, 469-475, IF=4.084]认为煤样温度越高,自由基浓度越高,加速煤氧化反应速率和产生更多的官能团。煤氧化过程首先产生苯酚、芳香烃、甲基和亚甲基,并在较高的温度氧化消耗,产生更多的羧基。官能团的变化与自

的分布特征,发现煤分子结构中对煤氧化过程影响较大的关键活性基团为羟基、甲基与亚甲基、烷基醚和羧基等。根据煤分子结构特征,采用量子化学分析、相似分子结构化学反应类比、活性基团萃取实验等方法,分析了煤分子活性基团氧化反应历程,揭示了煤分子中链式结构物理吸氧、化学吸氧、氧化反应、热解断裂和环状结构裂解、裂变,以及气固燃烧的非稳态演变进程,提出了西北侏罗纪煤自燃进程基团突变理论,建立了火区烟气排放计算模型。

代表性论著 1[Sci. Total Environ. 2018, 640, 1478-1488, IF=10.753]针对新疆地区大泉湖火区煤自燃气体产物,估算了熄灭过程火区的CO、NO、NO₂、NO_x气体的排放量。该论文SCI他引10次,被Sci. Total Environ., Fuel, Nat. Resour. Res.等国际著名期刊引述和认可。

代表性论著 2[Int. J. Min. Sci. Technol. 2018, 28, 469-475, IF=7.67]研究表明煤样温度越高,自由基浓度越高,加速煤氧化反应速率和产生更多的官能团。煤氧化过程首先产生苯酚、芳香烃、甲基和亚甲基,并在较高的温度氧化消耗,产生更多的羧基。官能团的变化与自由基的浓度和煤种相关。该论文SCI他引19次,被Fuel, Nat. Resour. Res., J. Mol. Liq.等国际著名期刊引述和肯定。

(2)提出了煤自主升温-绝氧降温-二次复燃全过程实验模拟方法。

提出了模拟煤自主升温-绝氧降温-二次复燃全过程的新方法,掌握了煤自燃发展过程中的氧化温度和指标气体变化规律,确定了侏罗纪煤自燃过程中的六个突变点温度及对应的气体表征指标(CO、O₂、ΔCO/ΔO₂、C₂H₄、C₂H₄/C₂H₆、C₂H₂),建立了实验与现场实测数据库,构建了煤自燃发展程度与煤体属性和氧化温度、气体表征参数的量化对应体

由基的浓度和煤种相关。该论文他引 12 次, 被 Fuel, Nat. Resour. Res., J. Mol. Liq. 等国际著名期刊引述和肯定。

(2) 提出了煤自主升温-绝氧降温-二次复燃全过程实验模拟方法, 拓展了煤自燃测试方法的外延。

研发了吨级和公斤级煤自然发火测试系统, 提出了精准模拟煤自主升温-绝氧降温-二次复燃全过程的新方法, 掌握了煤自燃发展过程中的氧化温度和指标气体变化规律, 确定了侏罗纪煤自燃过程中的六个突变点温度及对应的气体表征指标 (CO 、 O_2 、 $\Delta\text{CO}/\Delta\text{O}_2$ 、 C_2H_4 、 $\text{C}_2\text{H}_4/\text{C}_2\text{H}_6$ 、 C_2H_2), 建立了实验与现场实测数据库, 构建了煤自燃发展程度与煤体属性和氧化温度、气体表征参数的量化对应体系, 获得了精准表征煤自燃温度的主要指标。

代表性论著 3[Fuel, 2018, 227, 325-333, IF=6.609]采用实验炉模拟了煤自主升温-绝氧降温-二次复燃全过程。在两次自燃期间, 温度变化率先增加后降低。煤温低于 300°C 时, 一次自燃过程的 CO 、 CO_2 明显低于二次自燃过程, 而高于 300°C 后, 烷烃和烯烃的产生量逐渐减弱。该论文他引 41 次, 同时被评为高被引论文, 获得高度评价。

(3) 建立了活性基团和气体产物及热效应的本质响应机制, 提出了煤自燃过程精细划分方法。

掌握了煤自燃过程中活性基团变化特征与气体产物、热效应参数变化, 计算了多升温速率下煤样在氧化过程的热动力学参数, 揭示了侏罗纪煤自燃氧化的热动力学机制。采用关联性分析, 建立煤高温氧化过程的宏观表征与微观特性的量化判定指标, 研究了煤宏观特性变化规律与其微观特征变化之间的对应关系, 进一步揭

系, 获得了表征煤自燃温度的主要指标。

代表性论著 3[Fuel, 2018, 227, 325-333, IF=8.035]采用实验炉模拟了煤自主升温-绝氧降温-二次复燃全过程。在两次自燃期间, 温度变化率先增加后降低。煤温低于 300°C 时, 一次自燃过程的 CO 、 CO_2 明显低于二次自燃过程, 而高于 300°C 后, 烷烃和烯烃的产生量逐渐减弱。该论文 SCI 他引 56 次, 为高被引论文。

(3) 建立了活性基团和气体产物及热效应的本质响应机制, 提出了煤自燃过程精细划分方法。

通过分析煤自燃过程中活性基团变化特征与气体产物、热效应参数变化, 计算了多升温速率下煤样氧化热动力学参数, 揭示了侏罗纪煤自燃氧化的热动力学机制。采用关联性分析, 建立煤高温氧化过程的宏观表征与微观特性的量化判定指标, 研究了煤宏观特性变化规律与其微观特征变化之间的对应关系, 发现了煤自燃不同氧化阶段的关键活性基团, 建立了煤自燃进程中煤分子活性基团与突变温度的对应关系, 揭示了煤分子基团随温度变化的内在关联机制。

代表性论著 4[J. Therm. Anal. Calorim. 2016, 126, 1591-1602, IF=4.755]分析了不同阶段下煤的放热量, 确定了煤氧化过程中气体产物产量与煤的变质程度相关。该论文 SCI 他引 34 次, 被引文 4[Fuel Process. Technol., 2018, 171, 350-360, IF = 7.033] 得到充分肯定。

二、提出了西北侏罗纪煤自燃灾害分级预警策略, 拓展了煤自燃高温区域发展演化预测方法, 建立了煤自燃危险区域动态可视化判定模型, 为西北侏罗纪煤自燃分区分级防控提供了方法。(学科分类: 矿山安全(学科代码: 44075); 代表性论文 5、6)

通过“测气定温、测温定位”建立了煤自燃灾害分级预警准则和高温区域发展演化预测新方

示了西北侏罗纪煤自燃机理，确定了煤自燃不同氧化阶段的关键活性基团，建立了煤自燃进程中煤分子活性基团与突变温度的对应关系，定义了“吸附、复合、临界、热解、裂变、燃点”六个特征温度，揭示了煤分子基团随温度变化的内在关联机制，创造性地提出了自燃进程精细划分方法。

代表性论著 4[J. Therm. Anal. Calorim. 2016, 126, 1591-1602, IF=4.626]确定了煤氧化过程的五个特征温度，分析了不同阶段下煤的放热量，确定了煤氧化过程中气体产物产量与煤的变质程度相关。同时较低变质程度煤样导致热释放率和总放热量的增加，表现出更容易发生自燃现象，而当煤发生自燃后，煤自燃强度主要与煤本身固有的物理和化学性质相关。该论文他引 29 次，被引文 4[Fuel Process. Technol., 2018, 171, 350-360, IF = 7.033] 得到充分肯定。

二、提出了西北侏罗纪煤自燃灾害分级预警策略，开辟了西北侏罗纪煤自燃高温区域发展演化预测的新方法，建立了煤自燃危险区域动态可视化判定模型，为西北侏罗纪煤自燃分区分级精准防控提供了方法指导。(学科分类：矿山安全(学科代码：44075)；代表性论文 5、6)

西北侏罗纪煤采空区遗煤多，漏风通道复杂，火源隐蔽，现有技术难以精准识别高温点位置，及判断火区发展程度。因此，如何精准的掌握危险区域发展态势及位置，从而为防控技术的精确应用提供条件，是煤自燃火灾防控的重中之重。通过“测气定温、测温定位”的理念，创建了煤自燃灾害分级预警准则和高温区域发展演化预测新方法，基于现场监测数据，建立了煤自燃氧化升温模拟系统，精准掌握危险区域发展态势及位置。在该研究方

法。在该研究方向发表 SCI 收录论文 13 篇，其中 IF>8 的 3 篇，IF>5 的 4 篇，IF>3 的 5 篇，论文被引用 317 次，其中 SCI 他引 215 次。

(1)提出了西北侏罗纪煤自燃灾害分级预警策略，建立了煤自燃过程阶段性判定准则。

基于六个突变点温度及对应的标志气体，建立了“潜伏、复合、自热、临界、热解、裂变、燃烧”七阶段划分方法。提出了西北侏罗纪煤自燃过程“灰色、蓝色、黄色、橙色、红色、黑色”六级预警策略，建立了煤自燃灾害分级预警准则。

代表性论著 5[Energy, 2019, 169, 587-596, IF=8.857]研究表明随着温度升高，C=C 键逐渐破坏并氧化，导致更高的活化能和 CO 产生量。该论文 SCI 他引 63 次，为高被引论文，引文 5 [Energy, 2020, 204, 117905, IF =8.857] 对论文进行了充分肯定。

(2)提出了西北侏罗纪煤自燃高温区域发展演化预测新方法，实现了“测气定温”的精准识别。

结合采空区温度、气体浓度等实时监测数据，采用离散数据插值法，重建采空区气体、温度离散数据三维分布场，结合煤自燃危险区域六级预警定量判定准则，基于粒子群优化随机森林和支持向量机方法，提出了采空区高温区域发展演化预测新方法，实现了“测气定温”精准识别。

代表性论著 6[Fuel, 2018, 223, 63-73, IF=8.035]基于氧化实验数据，选择 O₂、CO、CO₂、CH₄、C₂H₄ 和 C₂H₆ 气体浓度为训练数据集，采用随机森林 (RF) 方法预测，并与 BPNN 和 MLR 方法结果对比验证，表明 RF 方法具有较高的精度和适用性，能够准确地预测煤自燃的温度。该论文 SCI 他引 43 次，被 Fuel Process. Technol., Fuel, Int. J. Hydrogen Energy., Energy Sci. Eng.等国际著名期刊引述。

(3)提出了西北侏罗纪煤自

向发表被 SCI 收录的论文 9 篇，其中 IF>5 的 7 篇，IF>3 的 2 篇，论文被引用 476 次，其中 SCI 他引 318 次，高被引论文 1 篇，获煤炭青年科技奖优秀博士学位论文 1 项。

(1) 提出了西北侏罗纪煤自燃灾害分级预警策略，建立了煤自燃过程阶段性精准判定准则。

基于六个突变点温度及对应的标志气体，建立了“潜伏、复合、自热、临界、热解、裂变、燃烧”七阶段精细划分方法，为煤自燃分级预警和主动防控奠定了理论基础。提出了西北侏罗纪煤自燃过程“灰色、蓝色、黄色、橙色、红色、黑色”六级预警策略，建立了煤自燃灾害分级预警准则（图 3）。

代表性论著 5[Energy, 2019, 169, 587-596, IF=7.147]选取了煤氧化高温阶段的五个特征温度，将高温氧化过程划分为四个阶段，确定了各个阶段指标性气体、活化能及热能变化，其中加速氧化阶段被认定为最危险的阶段，表现为好氧速率最大。随着温度的持续升高，C=C 逐渐被破坏并氧化，导致更高的活化能和 CO 产生量。该论文他引 43 次，同时认定为高被引论文，引文 5 [Energy, 2020, 204, 117905, IF =7.147] 对论文进行了充分肯定。

(2) 提出了西北侏罗纪煤自燃高温区域发展演化预测的新方法，实现了“测气定温”的精准识别。

结合矿井采空区温度、气体等实时监测数据，采用离散数据插值法，重建了采空区气体和温度离散数据三维分布场，并结合煤自燃危险区域六级预警定量判定准则，基于粒子群优化的随机森林和支持向量机方法，提出了高温区域发展演化预测的新方法，实现了“测气定温”的精准识别。

代表性论著 6[Fuel, 2018, 223, 63-73, IF=6.609]提出了一

燃危险区域多元信息融合判定方法，建立了煤自燃危险区域动态可视化判定模型。

通过建立了煤自燃危险度概率函数模型，提出了基于多元信息耦合叠加原理的采空区煤自燃危险区域融合判定方法，实现了动态推进过程中采空区煤自燃多场分布显示、图形曲线绘制以及采空区煤自燃“三带”分布推算，建立了煤自燃危险区域动态可视化判定模型，实现了采空区“测温定位”的危险区域精准圈划。

代表性论著 6[Fuel, 2018, 223, 63-73, IF=8.035]通过随机森林方法，预测采空区内煤自燃危险区域，获得不同位置的预测结果。该论文得到引文 6 [Fuel, 2021, 289, 119745, IF = 8.035] 的充分肯定。

三、提出了西北侏罗纪煤自然发火内部惰化耦合、外部降温的协同防控方法，建立了煤自燃“时空-靶向-适配”精准防控体系，为西北侏罗纪煤炭资源安全高效开采提供方法。（学科分类：矿山安全(学科代码：44075)；代表性论文 7、8）

通过内部阻化与外部隔氧降温分区分级适配新理念，实现阻化剂“时空-靶向-适配”的绿色高效防控。在该研究方向发表被 SCI 收录的论文 11 篇，其中 IF>8 的 5 篇，IF>5 的 3 篇，IF>3 的 3 篇，论文被引用 345 次，其中 SCI 他引 206 次。

(1) 提出了惰化侏罗纪煤关键活性基团的内部阻化方法，实现了对火区不同区域的靶向阻化。

定量表征了氧化过程中化学阻化剂对活性基团的惰化程度。构建了阻化剂抑制活性基团反应的特征结构模型，提出了惰化侏罗纪煤关键活性基团的内部阻化方法，建立了化学阻化剂与煤氧化活性基团之间的靶向关联数据库，实现了对火区不同区域的靶向阻化。

代表性论著 7[Fuel, 2019, 246, 160-168, IF=8.035]通过研究

种 RF 方法,同时基于大规模的氧化实验,选择实验结果中的 O₂、CO、CO₂、CH₄、C₂H₄ 和 C₂H₆ 气体浓度作为训练数据集,并与 BPNN 和 MLR 方法的结果进行对比和验证,显示 RF 方法具有较高的精度和适用性,且稳定性较好,能够准确地预测煤自燃的温度,BPNN 模型在训练和测试阶段的性能指标存在较大变化,MLR 模型的预测性能较差,不能到达较高的精度。该论文他引 25 次,被 Fuel Process. Technol., Fuel, Int. J. Hydrogen Energy., Energy Sci. Eng.等国际著名期刊引述。

(3) 提出了西北侏罗纪煤自燃危险区域多元信息融合判定方法,建立了煤自燃危险区域动态可视化判定模型。

采用采空区煤自燃环境特征参数的效用函数,建立了煤自燃危险度概率函数模型,提出了基于多元信息耦合叠加原理的采空区煤自燃危险区域融合判定方法。构建了采空区煤氧化自燃智能动态模拟系统,实现了动态推进过程中采空区煤自燃多场分布显示、图形曲线绘制以及采空区煤自燃“三带”分布推算,建立了煤自燃危险区域动态可视化判定模型,实现了采空区“测温定位”的危险区域精准圈划。

代表性论著 6[Fuel, 2018, 223, 63-73, IF=6.609]基于煤自燃发火特征参数,建立采空区煤温和气体数据库,通过随机森林方法,预测采空区内煤自燃危险区域,获得不同位置的预测结果,随着工作面的推进,采空区的温度先增加后降低,距离工作面 20m 内的温度相对稳定,距离工作面 20-80m 的温度迅速增加,距离工作面 80-120m 的温度变化率放缓,而距离工作面大于 120m 的温度开始降低。该论文得到引文 6 [Fuel, 2021, 289, 119745, IF = 6.609] 的充分肯定。

表征了离子液体对氢键、亚甲基和羧基的影响,表明离子液体在低温过程中具有较好的阻化性能。该论文 SCI 他引 15 次,代表性引文 7 [Fuel, 2021, 289, 119745, IF = 8.035] 对该论文进行了充分肯定。

(2) 提出了火区定向外部隔氧降温防控方法,实现了对煤自燃程度的控制。

根据煤自燃发展程度和范围,提出了物理阻化剂外部隔氧降温的防控方法。结合煤自燃分级预警的温度和气体指标,提出了“动态推进、端头封堵、注惰降氧、分段隔离、灌浆抑温、主动封面”等相互协同的煤自燃主动防控策略,实现了阻化剂对煤自燃程度的高效控制。

代表性论著 8[Energy, 2018, 160, 1174-1185, IF=8.857]研究表明煤中掺杂混合物 NCC-Zn/Mg/Al-CO₃-LDHs 可在低温和高温下抑制煤氧化反应中的质量损失率,表现出最佳的抑制性能。同时混合物的添加,可降低煤氧化过程热量的释放,减小 CO₂ 气体产物的产生,其中 NCC-Zn/Mg/Al-CO₃-LDHs 将煤的特征温度提高了 68.4°C,将热释放速率降低了 35.89mW/mg。该论文 SCI 他引 49 次,代表性引文 8 [Energy, 2020, 229, 120651, IF =8.857] 对该论文进行了高度的评价。

(3) 提出了侏罗纪煤自燃“时空-靶向-适配”防控理论。

基于自燃火灾危险区域动态精准判定模型,确定了开采煤层采空区自然发火隐患区域与煤自燃危险程度,结合煤火灾害“防一控一灭”分区综合防治理念,划分出煤自燃进程中阻化剂分区分级的类别,提高了阻化剂抑制不同程度煤自燃的高效性与适用性,实现西北侏罗纪煤自燃“时空-靶向-适配”的协同精准防控。

代表性论著 7[Fuel, 2019, 246, 160-168, IF=8.035]和代表性论著 8[Energy, 2018, 160, 1174-1185, IF=8.857]研究了阻化

	<p>三、提出了西北侏罗纪煤自然发火内部惰化耦合、外部降温的协同防控方法，建立了煤自燃“时空-靶向-适配”的精准防控体系，实现了西北侏罗纪煤炭资源高效绿色开采。(学科分类：矿山安全(学科代码：44075)；代表性论文 7、8)</p> <p>西北侏罗纪煤自燃风险高，火源隐蔽，防治难度大，且当前阻化方法针对性不强、阻化寿命短，时效性及适用性差、污染环境，因此，本项目提出了既能有的放矢、针对性防控，缩短灭火救灾时间，又能提高阻化效率的主动防控方法。通过内部阻化与外部隔氧降温分区分级适配新理念，划分出煤自燃阻化剂分区分级的类别，以及对应的适用性和时效性指标，解决了煤火灾害防控由被动治理向主动防控的难题，实现了阻化剂“时空-靶向-适配”的绿色高效防控。在该研究方向发表被 SCI 收录的论文 4 篇，其中 IF>5 的 2 篇，IF>3 的 2 篇，论文被引用 133 次，其中 SCI 他引 87 次，项目结题证明 1 项。</p> <p>(1) 提出了惰化侏罗纪煤关键活性基团的内部阻化方法，实现了对火区不同区域的靶向阻化。</p> <p>定量表征了氧化过程中化学阻化剂对活性基团的惰化程度，化学阻化剂通过优先与煤分子中的活性基团（主要是羟基和羧基等煤分子侧链活性基团）反应，生成稳定的基团（如羰基），造成煤分子的夺氧能力减弱，从而阻断了煤的氧化反应进程。构建了阻化剂抑制活性基团反应的特征结构模型，提出了惰化西北侏罗纪煤关键活性基团的内部阻化方法，建立了化学阻化剂与煤氧化活性基团之间的靶向关联数据库。确定了化学阻化剂对不同煤自燃程度的阻化特性及其阻化效率，实现了对火区不同区域的靶向阻化。</p>	<p>剂的阻化机理和阻化率，提高了阻化剂抑制煤自燃的高效性和适用性。</p>
--	--	--

代表性论著 7[Fuel, 2019, 246, 160-168, IF=6.609]以离子液体为化学阻化剂,认为离子液体能够影响煤中活性官能团的产生,尤其对氢键、亚甲基和羧基的影响较大,进而减小煤氧化过程 CO 气体的产生,同时煤的耗氧速率、热释放强度降低,临界温度值升高,表明离子液体在低温过程中具有较好的阻化性能。该论文他引 11 次,代表性引文 7 [Fuel, 2021, 289, 119745, IF = 6.609]对该论文进行了充分肯定。

(2) 提出了火区的精准定向外部隔氧降温防控方法,实现了对煤自燃程度的高效控制。

根据煤自燃发展程度和范围,提出了物理阻化剂外部隔氧降温的精准防控方法。结合煤自燃分级预警的温度和气体指标,提出了“动态推进、端头封堵、注惰降氧、分段隔离、灌浆抑温、主动封面”等相互协同的煤自燃主动防控策略,弥补了单一阻化剂时效性、经济性问题,实现了阻化剂对煤自燃程度的优势互补和高效控制。

代表性论著 8[Energy, 2018, 160, 1174-1185, IF=7.147]认为煤中参杂混合物 NCC-Zn/Mg/Al-CO₃-LDHs 能够在低温和高温下抑制煤氧化反应中的质量损失率,表现出最佳的抑制性能。同时混合物的添加,能够降低煤氧化过程热量的释放,减小 CO₂ 气体产物的产生,其中 NCC-Zn/Mg/Al-CO₃-LDHs 将煤的特征温度提高了 68.4°C,将热释放速率降低了 35.89mW/mg,并认为混合物 GC-Na₃PO₄ 对煤氧化的抑制能力较差,不适用于抑制煤的燃烧。该论文他引 30 次,代表性引文 8 [Energy, 2020, 229, 120651, IF =7.147] 对该论文进行了高度的评价。

(3) 提出了侏罗纪煤自燃

	<p>“时空-靶向-适配”防控理论新方法。</p> <p>基于自燃火灾危险区域动态精准判定模型，确定了开采煤层采空区自然发火隐患区域与煤自燃危险程度，结合煤火灾害“防一控一灭”分区综合防治理念，划分出煤自燃进程中阻化剂分区分级的类别，提高了阻化剂抑制不同程度煤自燃的高效性与适用性，实现了西北侏罗纪煤自燃“时空-靶向-适配”的协同精准防控。</p> <p>代表性论著 7[Fuel, 2019, 246, 160-168, IF=6.609]和代表性论著 8[Energy, 2018, 160, 1174-1185, IF=7.147]分别内部阻化和外部吸热降温方面开展了相应的阻化基础性研究，确定了阻化剂的阻化机理和阻化率，提高了阻化剂抑制煤自燃的高效性和适用性，得到了众多国际期刊的引述，以及国内外学者的充分认可和肯定。</p>	
经济效益 (万元)	/	/
社会效益	/	/
<p>发表论文题目、作者、刊名、年卷期</p>	<p>申报系统填报 SCI 论文：20 篇</p> <p>1)Q. Zeng*, J. Dong, L. Zhao, Investigation of the potential risk of coal fire to local environment: A case study of Daquanhu coal fire, Xinjiang region, China, Science of The Total Environment, 2018, 640, 1478–1488.</p> <p>2)C.P. Wang, Y. Xiao*, Q.W. Li, J. Deng, K. Wang, Free radicals, apparent activation energy, and functional groups during low-temperature oxidation of Jurassic coal in Northern Shaanxi, International Journal of Mining Science and Technology, 2018, 28, 469–475.</p> <p>3)Y. Xiao*, S.J. Ren, J. Deng, C.M. Shu, Comparative analysis of thermokinetic behavior and gaseous products between first</p>	<p>申报系统填报 SCI 论文：20 篇</p> <p>1)Q. Zeng*, J. Dong, L. Zhao, Investigation of the potential risk of coal fire to local environment: A case study of Daquanhu coal fire, Xinjiang region, China, Science of The Total Environment, 2018, 640, 1478–1488.</p> <p>2)C.P. Wang, Y. Xiao*, Q.W. Li, J. Deng, K. Wang, Free radicals, apparent activation energy, and functional groups during low-temperature oxidation of Jurassic coal in Northern Shaanxi, International Journal of Mining Science and Technology, 2018, 28, 469–475.</p> <p>3)Y. Xiao*, S.J. Ren, J. Deng, C.M. Shu, Comparative analysis of thermokinetic behavior and gaseous products between first and second coal spontaneous</p>

	<p>and second coal spontaneous combustion, <i>Fuel</i>, 2018, 227, 325–333.</p> <p>4)C.P. Wang, Y. Yang, Y.T. Tsai, J. Deng, C.M. Shu*, Spontaneous combustion in six types of coal by using the simultaneous thermal analysis-Fourier transform infrared spectroscopy technique, <i>Journal of Thermal Analysis and Calorimetry</i>, 2016, 126, 1591–1602.</p> <p>5)J.Y. Zhao*, J. Deng, T. Wang, J.J. Song, Y.N. Zhang, C.M. Shu, Q. Zeng, Assessing the effectiveness of a high-temperature-programmed experimental system for simulating the spontaneous combustion properties of bituminous coal through thermokinetic analysis of four oxidation stages, <i>Energy</i>, 2019, 169, 587–596.</p> <p>6)C.K.* Lei, J. Deng*, K. Cao, L. Ma, Y. Xiao, L.F. Ren, A random forest approach for predicting coal spontaneous combustion, <i>Fuel</i>, 2018, 223, 63–73.</p> <p>7)J. Deng, Z.J. Bai*, Y. Xiao, C.M. Shu*, L.W. Bai, Effects of imidazole ionic liquid on macroparameters and microstructure of bituminous coal during low-temperature oxidation, <i>Fuel</i>, 2019, 246, 160–168.</p> <p>8)J. Deng, Y. Yang *, Y.N. Zhang, B. Liu, C.M. Shu*, Inhibiting effects of three commercial inhibitors in spontaneous coal combustion, <i>Energy</i>, 2018, 160, 1174–1185.</p> <p>9)J. Deng, Y. Yang *, Q.W. Li, J.H. Lu, H. Wen, Experimental studies of spontaneous combustion and anaerobic cooling of coal, <i>Fuel</i>, 2015, 157, 261–269.</p>	<p>combustion, <i>Fuel</i>, 2018, 227, 325–333.</p> <p>4)C.P. Wang, Y. Yang, Y.T. Tsai, J. Deng, C.M. Shu*, Spontaneous combustion in six types of coal by using the simultaneous thermal analysis-Fourier transform infrared spectroscopy technique, <i>Journal of Thermal Analysis and Calorimetry</i>, 2016, 126, 1591–1602.</p> <p>5)J.Y. Zhao*, J. Deng, T. Wang, J.J. Song, Y.N. Zhang, C.M. Shu, Q. Zeng, Assessing the effectiveness of a high-temperature-programmed experimental system for simulating the spontaneous combustion properties of bituminous coal through thermokinetic analysis of four oxidation stages, <i>Energy</i>, 2019, 169, 587–596.</p> <p>6)C.K.* Lei, J. Deng*, K. Cao, L. Ma, Y. Xiao, L.F. Ren, A random forest approach for predicting coal spontaneous combustion, <i>Fuel</i>, 2018, 223, 63–73.</p> <p>7)J. Deng, Z.J. Bai*, Y. Xiao, C.M. Shu*, L.W. Bai, Effects of imidazole ionic liquid on macroparameters and microstructure of bituminous coal during low-temperature oxidation, <i>Fuel</i>, 2019, 246, 160–168.</p> <p>8)J. Deng, Y. Yang *, Y.N. Zhang, B. Liu, C.M. Shu*, Inhibiting effects of three commercial inhibitors in spontaneous coal combustion, <i>Energy</i>, 2018, 160, 1174–1185.</p> <p>9)Q. Zeng*, Y. Pu, Z. Cao, Kinetics of oxidation and spontaneous combustion of major super-thick coal seam in Eastern Junggar Coalfield, Xinjiang, China, <i>Journal of Loss Prevention in the Process Industries</i>, 2018, 56, 128–136.</p> <p>10)Qiang Zeng, Li Shen, Jie Yang. Potential impacts of mining</p>
--	---	--

	<p>10)J. Deng, J.Y.* Zhao, Y.N. Zhang, A.C. Huang , X.R. Liu, X.W. Zhai, C.P. Wang, Thermal analysis of spontaneous combustion behavior of partially oxidized coal. <i>Process Safety Environmental Protection</i>, 2016, 104, 218–224.</p> <p>11)J Deng, Q.W. Li, Y Xiao *, C.M. Shu, Experimental study on the thermal properties of coal during pyrolysis, oxidation, and re-oxidation, <i>Applied Thermal Engineering</i>, 2017, 110, 1137–1152.</p> <p>12)Jun Deng, Yang Xiao, Junhui Lu, Hu Wen, Yongfei Jin, Application of composite fly ash gel to extinguish outcrop coal fires in China, <i>Natural Hazards</i>, 2015,79: 881–898.</p> <p>13)J Deng, JY Zhao*, Huang AC, Y.N. Zhang, C.P. Wang, C.M. Shu, Thermal behavior and microcharacterization analysis of second-oxidized coal, <i>Journal of Thermal Analysis & Calorimetry</i>, 2016, 127, 1–10.</p> <p>14)Y. Xiao*, Q.W. Li, J. Deng, C.M. Shu, W. Wang. Experimental study on the corresponding relationship between the index gases and critical temperature for coal spontaneous combustion, <i>Journal of Thermal Analysis and Calorimetry</i>, 2017, 127, 1009–1017.</p> <p>15)Y. Xiao*, H.F. Lü, A.C. Huang, J. Deng, C.M. Shu, A new numerical method to predict the growth temperature of spontaneous combustion of 1/3 coking coal. <i>Applied Thermal Engineering</i>, 2018,131, 221–229.</p> <p>16)Yang Xiao, Huifei Lü, Xin Yi, Jun Deng, Chimin Shu, Treating bituminous coal with ionic liquids to inhibit</p>	<p>of super-thick coal seam on the local environment in arid Eastern Junggar coalfield, Xinjiang region, China. <i>Environmental Earth Sciences</i> , (2020) 79:88.</p> <p>11)J.Y. Zhao*, J. Deng, L. Chen, T. Wang, J.J. Song, Y.N. Zhang, C.M. Shu, Q. Zeng, Correlation analysis of the functional groups and exothermic characteristics of bituminous coal molecules during high-temperature oxidation, <i>Energy</i>, 2019, 181, 136–147.</p> <p>12)J.Y. Zhao*, T. Wang, J. Deng, C.M. Shu, Q. Zeng, T. Guo, Y.X. Zhang, Microcharacteristic analysis of CH₄ emissions under different conditions during coal spontaneous combustion with high-temperature oxidation and in situ FTIR, <i>Energy</i>, 2020, 209, 118494.</p> <p>13)Z.J. Bai, C.P. Wang*, J. Deng. Analysis of thermodynamic characteristics of imidazolium-based ionic liquid on coal, <i>Journal of Thermal Analysis and Calorimetry</i>, 2020, 140, 1957–1965.</p> <p>14)Z.J. Bai, C.P. Wang*, J. Deng, F. R. Kang, C.M. Shu, Effects of ionic liquids on the chemical structure and exothermic properties of lignite, <i>Journal of Molecular Liquids</i>, 2020, 309, 113019.</p> <p>15)S.J. Ren, C.P. Wang, Y. Xiao*, J. Deng, Y. Tian, J.J. Song, X.J. Cheng, G.F. Sun, Thermal properties of coal during low temperature oxidation using a grey correlation method, <i>Fuel</i>, 2020, 260, 116287.</p> <p>16)Y. Xiao*, Q.W. Li, J. Deng, C.M. Shu, W. Wang. Experimental study on the corresponding relationship between the index gases and critical temperature for coal spontaneous combustion, <i>Journal of Thermal Analysis and Calorimetry</i>, 2017, 127, 1009–</p>
--	--	--

	<p>spontaneous coal combustion, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2019,135:2711–2721.</p> <p>17)J. Deng, Q.W. Li, Y. Xiao*, C.P. Wang, Chi-Min Shu, Thermal diffusivity of coal and its predictive model in nitrogen and air atmospheres, Applied Thermal Engineering, 2018,130, 1233–1245.</p> <p>18)J.Y. Zhao*, J. Deng, J.J. Song, C.M. Shu, Effectiveness of a high-temperature-programmed experimental system in simulating particle size effects on hazardous gas emissions in bituminous coal, Safety Science, 2019, 115, 353–361.</p> <p>19)Y. Xiao*, J.H. Lu, C.P. Wang, J. Deng, Experimental Study of High-Temperature Fracture Propagation in Anthracite and Destruction of Mudstone from Coalfield Using High-Resolution Microfocus X-ray Computed Tomography, Rock Mechanics and Rock Engineering, 2016, 49, 3723–3734.</p> <p>20)Q. Zeng*, Y. Pu, Z. Cao, Kinetics of oxidation and spontaneous combustion of major super-thick coal seam in Eastern Junggar Coalfield, Xinjiang, China, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2018, 56, 128–136.</p>	<p>1017.</p> <p>17)D.J. Li, Y. Xiao*, H.F. Lu, Effects of 1-butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate on the exothermic and heat transfer characteristics of coal during low-temperature oxidation, Fuel, 2020, 273, 117589.</p> <p>18)Y. Xiao*, H.F. Lü, X. Yi, J. Deng, C.M. Shu, Treating bituminous coal with ionic liquids to inhibit spontaneous coal combustion, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2019, 135, 2711–2721.</p> <p>19)J. Deng, J.Y.* Zhao, Y.N. Zhang, A.C. Huang , X.R. Liu, X.W. Zhai, C.P. Wang, Thermal analysis of spontaneous combustion behavior of partially oxidized coal. Process Safety Environmental Protection, 2016, 104, 218–224.</p> <p>20)J. Deng, Y. Yang *, Q.W. Li, J.H. Lu, H. Wen, Experimental studies of spontaneous combustion and anaerobic cooling of coal, Fuel, 2015,157, 261–269.</p> <p>系统填报外 SCI 论文：38 篇</p>
获得的自主知识产权	/	/
应用推广单位名称	/	/

注：提名单位及提名专家以上材料重新提名前后有改变的需提供相关证明材料，并将该附件及证明材料刻录至光盘内（电子版）一并提交至自治区科技厅成果转化与科技奖励处。

一、项目名称

西北侏罗纪煤自然发火特性及防控方法研究

二、提名单位及提名意见

提名单位：新疆大学

提名意见：

针对西北侏罗纪煤层自然发火规律、煤自燃危险区域判定、精准高效防控等关键科学问题。在国家自然科学基金等项目支持下，通过研究西北侏罗纪煤自燃过程微观结构和宏观表征变化，构建了煤自燃发展程度与煤体属性和氧化温度、气体表征参数的量化对应体系，揭示了微观基团演化和宏观气体产物及热效应的内在关联机制，建立了西北侏罗纪煤自燃进程精细划分体系，提出了煤自燃灾害分级预警策略；基于实验和现场监测数据，采用数学和数值模拟等方法，确定了现场煤自燃程度和发火位置，实现了西北侏罗纪煤自燃高温区域的动态可视化；基于高温危险区域分区分级物化阻化方法试验，提出了西北侏罗纪煤自然发火内部惰化耦合、外部降温的协同防控方法，建立了煤自燃“时空-靶向-适配”的防控体系，为煤火灾害有效防控提供了方法与途径。

我单位认真审阅了该推荐材料及完成人资格，确认推荐材料真实有效，相关栏目符合填写要求。

同意推荐该项目为自治区自然科学奖一等奖。

三、项目简介

该项目属于矿山安全技术领域。

本项目在国家自然科学基金等项目的资助下，项目围绕西北侏罗纪煤层自然发火规律、煤自燃危险区域判定、高效防控等关键科学问

题，基于煤自燃过程实验模拟与微观结构演变，提出了侏罗纪煤自燃灾害分级预警策略，建立了煤自燃危险区域动态可视化判定模型，拓展了煤自然发火内部惰化耦合、外部降温的协同防控方法，形成了煤自燃“时空-靶向-适配”防控体系，揭示了西北侏罗纪煤自然发火规律，为煤自燃分区分级防控提供了理论基础与方法。主要学术贡献如下：(1) 发现了西北侏罗纪煤微观结构氧化反应过程中的突变特征；提出了煤自燃过程实验模拟方法；建立了活性基团演化与宏观气体产物及热效应的本质响应机制，为煤自燃预测预警提供了理论基础。(2) 提出了煤自燃灾害分级预警策略，拓展了煤自燃高温区域发展演化预测方法，建立了煤自燃危险区域动态可视化判定模型，为煤自燃分区分级防控提供了理论基础与方法。(3) 提出了煤自然发火内部惰化耦合、外部降温的协同防控方法，建立了煤自燃“时空-靶向-适配”防控体系，为西北侏罗纪煤炭资源安全高效开采提供了方法途径。

本项目在 Fuel, Energy, Science of The Total Environment, Process Safety and Environmental Protection, Applied Thermal Engineering 等国际著名刊物上发表被 SCI 收录的学术论文 50 篇，其中 IF>8 的 14 篇，IF>5 的 13 篇，IF>3 的 20 篇。经国际范围内检索查证，在检索到的国内外相关文献报道中，除了本项目成果外，未见与本项目研究成果相同的公开报道。论文在 Web of Science 核心合集被引用 1773 次，SCI 他引 1213 次。

四、代表性论文专著目录

代表性论文专著目录

序号	论文专著 名称/刊名 /作者	影响因子	年卷页码 (xx 年 xx 卷	发表时间 (年月 日)	通讯 作者 (含	第一 作者 (含	国内作 者
----	----------------------	------	-----------------------	-------------------	----------------	----------------	----------

			xx 页)		共同)	共同)	
1	Investigation of the potential risk of coal fire to local environment: A case study of Daquanhu coal fire, Xinjiang region, China.	10.753	2018,640 : 1478-1488	2018/11/1	Qiang Zeng	Qiang Zeng	Qiang Zeng, Jing-xuan Dong, Longhui Zhao
2	Free radicals, apparent activation energy, and functional groups during low-temperature oxidation of Jurassic coal in Northern Shaanxi	7.67	2018, 28(3):469-475.	2018/5/1	Yang Xiao	Caiping Wang	Caiping Wang, Yang Xiao, Qingwei Li, Jun Deng, Kai Wang
3	Comparative analysis of thermokinetic behavior and gaseous products between first and second coal spontaneous combustion.	8.035	2018,227: 325-333	2018/9/1	Yang Xiao	Yang Xiao	Yang Xiao, Shuai-jing Ren, Jun Deng, Chimin Shu
4	Spontaneous combustion in six types of coal by using the simultaneous thermal analysis-Fourier transform infrared spectroscopy technique.	4.755	2016,126: 1591-1602	2016/12/1	Chi-Min Shu	Caiping Wang	Caiping Wang, Yi Yang, Yun-Ting Tsai, Jun Deng, Chi-Min Shu

5	Assessing the effectiveness of a high-temperature-programmed experimental system for simulating the spontaneous combustion properties of bituminous coal through thermokinetic analysis of four oxidation stages.	8.857	2019, 169 : 587-596	2019/2/15	Jingyu Zhao	Jingyu Zhao	Jingyu Zhao , Jun Deng , Tao Wang, Jiajia Song , Yanni Zhang, Chimin Shu, Qiang Zeng
6	A random forest approach for predicting coal spontaneous combustion	8.035	2018, 223:63-73	2018/7/1	Chang -kui Lei , Jun Deng	Chang -kui Lei	Chang-k ui Lei , Jun Deng, Kai Cao, Li Ma, Yang Xiao , Lifeng Ren
7	Effects of imidazole ionic liquid on macroparameters and microstructure of bituminous coal during low-temperature oxidation	8.035	2019,246: 160-168.	2019/6/15	Zu-Jin Bai, Chi-M in Shu	Jun Deng	Jun Deng, Zu-Jin Bai, Yang Xiao, Chi-Min Shu, Laiwang Bin

8	Inhibiting effects of three commercial inhibitors in spontaneous coal combustion	8.857	2018, 160:1174-1185	2018/10/1	Yi Yang, Chi-M in Shu	Jun Deng	Jun Deng, Yi Yang, Yanni Zhang, Bo Liu, Chimin Shu
---	--	-------	---------------------	-----------	-----------------------	----------	--

五、主要完成人情况

曾强	排名	1	行政职务		技术职称	教授
	工作单位	新疆大学				
	完成单位	新疆大学				
	项目第一完成人，完成了本项目中煤自燃氧化动力学特性研究内容，对创新点 1 具有创造性贡献，是代表论著 1 的第一作者和通讯作者，代表性论著 5 的完成人之一，是本项目国家自然科学基金面上项目、新疆国际合作项目的主持人。					
王彩萍	排名	2	行政职务		技术职称	副教授
	工作单位	西安科技大学				
	完成单位	西安科技大学				
	项目第二完成人，完成了西北侏罗纪煤微观结构氧化反应机制、内部惰化耦合防控方法研究工作，对科学发现 1、3 具有创造性贡献，是代表性论著 2、4 的第一作者。					
肖 畅	排名	3	行政职务		技术职称	教授级高工
	工作单位	西安科技大学				
	完成单位	西安科技大学				
	项目第三完成人，完成了煤自燃全过程实验模拟，建立了活性基团演化和宏观气体产物及热效应的本质响应机制等研究工作，对科学发现 1 具有创造性贡献，是代表性论著 3 的第一作者及通讯作者，是代表性论著 2 的通讯作者。					
赵婧昱	排名	4	行政职务		技术职称	副教授
	工作单位	西安科技大学				
	完成单位	新疆大学				
	项目第四完成人，完成了煤微观结构与宏观指标气体、温度的演化规律等研究工作，对科学发现 1 具有创造性贡献，是代表性论著 5 的第一作者及通讯作者。					
邓 军	排名	5	行政职务		技术职称	教授
	工作单位	西安科技大学				
	完成单位	西安科技大学				
	项目第五完成人，完成了西北侏罗纪煤自燃灾害分级预警策略，建立					

	了煤自燃危险区域动态可视化判定模型等研究工作，对科学发现 2、3 具有创造性贡献，是代表性论著 7、8 的第一作者，代表性论著 6 的通讯作者。
--	--

完成人合作关系说明

《西北侏罗纪煤自然发火特性及防控方法研究》项目是由新疆大学、西安科技大学共同完成。近年来，完成单位通过“产-学-研”合作建立了紧密的联系，产出了共同成果，取得了显著的社会效益。

项目完成单位之间在科研平台、项目合作、人才培养等方面都展开了紧密的合作：1) **人才培养**：项目第一完成人曾强为新疆大学教授，是完成人赵婧昱副教授的博士后导师，共同发表了多篇高水平学术论文。2) **科研平台**：项目完成单位新疆大学、西安科技大学在煤火灾害实验平台及团队建设进行了长期合作，为两校学生开展实验研究提供了便利。3) **项目合作**：本项目的**主要研究内容**“西北侏罗纪煤自燃过程微观结构演变机制”和“活性基团演化和宏观气体产物及热效应的本质响应机制”由新疆大学、西安科技大学共同完成，在2021年8月12日被中国煤炭工业协会鉴定为国际先进。本项目的**主要研究对象**为侏罗纪煤层，由新疆大学提供。其次，两单位人员共同合作完成及承担科研项目包括“国家自然科学基金面上”、“中德科学中心煤火合作研究小组”、“新疆国际合作”、“煤火灾害治理天山创新团队”等项目。上述三方面的研究充分体现了新疆大学、西安科技大学项目完成人之间紧密的合作关系。

项目完成人之间**分工明确**，对本项目的完成均有支撑和贡献。项目完成人自2011年开展西北侏罗纪煤自然发火特性及防控方法研究以来，在国家自然科学基金等项目的资助下，项目成员广泛调研文献资料，充分了解研究前沿，深入研究需解决的关键问题，项目完成人之间分工明确，对本项目的完成均有支撑和贡献。项目第一完成人曾强，长期从事煤火热动力学及煤自然发火防控等研究工作，是本项目的负责人，主要负责项目的总体方案规划、研究内容与试验方案制定；项目第四完成人赵婧昱主要负责理论研究、实验设计与分析；项目的其他完成人王彩萍、肖旻、邓军均为西安科技大学安全科学与工程学院教师，主要负责相关理论研究、实验测试与分析。

项目完成人获得了**多项共同成果**，包括科研项目，学术论文等，详见《完成人合作关系情况汇总表》。

本人作为该项目的第一完成人，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：



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)	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同成果鉴定	曾强、王彩萍、肖旸、赵婧昱、邓军	2011.01-2020.12	西北侏罗纪煤自然发火特性及防控方法研究	鉴定证书	
2	共同立项	曾强、邓军、肖旸、赵婧昱	2019.01-至今	Application of Numerical Modeling for the Precise Detection, Monitoring and Early Warning of Underground Coal Fires in Xinjiang	计划任务书	中德中心项目
3	共同立项	曾强、赵婧昱	2018.01-2020.12	地下煤火监测预警建模与数值方法研究	计划任务书	国际合作项目
4	共同立项	曾强、赵婧昱	2019.01-至今	准东矿区巨厚煤层开采煤自燃防治理论基础	计划任务书	面上项目
5	共同立项	曾强、赵婧昱	2021.01-至今	煤火灾害治理天山创新团队	计划任务书	创新团队
6	论文合著	赵婧昱/1 邓军/2 曾强/7	2018.07-至今	Energy. 2019, 169, 587-596.	代表性论著 5	
7	论文合著	赵婧昱/1 邓军/2 曾强/8	2018.07-至今	Energy, 2019, 181, 136-147	论著 11	
8	论文合著	赵婧昱/1 邓军/3 曾强/5	2017.07-至今	Energy, 2020, 209, 118494	论著 12	
9	论文合著	王彩萍/1 肖旸/2	2017.01-至今	Int. J. Min. Sci. Techno. 2018, 28, 469-475.	代表性论著 2	
10	论文合著	肖旸/1 邓军/3	2017.03-至今	Fuel. 2018, 227, 325-333.	代表性论著 3	
11	论文合著	王彩萍/1 邓军/4	2017.04-至今	J. Therm. Anal. Calorim. 2016, 126, 1591-1602.	代表性论著 4	
12	论文合著	邓军/2 肖旸/5	2017.08-至今	Fuel. 2018, 223, 63-73.	代表性论著 6	
13	论文合著	邓军/1 肖旸/3	2018.05-至今	Fuel. 2019, 246, 160-168.	代表性论著 7	

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：