

煤自燃活性结构超声萃取及定向阻化防控技术研究

所属领域：煤矿安全

成果简介：

1. 成果的基本情况

西安科技大学自 2016 年开始采用超声萃取技术对煤自燃过程中的关键活性基团及其演变规律进行研究，研发了基于水滑石和温敏性水凝胶的可调式的成本低廉、可控调节、绿色高效等优点煤自燃系列定向阻化剂，并开发了定向阻化剂的配套装备且确定了现场喷洒和灌注应用工艺，还建立了能够准确预测自燃程度的 PCA-PSOSVM 模型，已在多个煤炭企业获得应用和推广。

2. 主要技术指标

(1) 采用超声萃取技术对煤自燃活性官能团离散化，并逐一进行分析。研究得到了不同萃取剂及其复合试剂对煤自燃活性官能团的萃取效果，并确定了煤自燃过程中的关键活性官能团种类及其演变规律。研究发现，-OH 和 -COO- 是煤自燃链式反应的关键基团，对煤自燃从分子层面的阻化，主要是对自由基 -OH 和 -COOH 进行阻化和销毁。

(2) 研发了可定向阻化 -COOH 的 LDHs 类阻化剂；研发了可定向阻化 -OH 的温敏性水凝胶阻化剂，设定温度下可发生相变，由高流动性的液态，变成良好覆盖性的胶体，成胶温度和时间均可调节。现场可针对不同煤矿煤样的官能团的差异性，有针对性的复配出定向阻化剂，提高阻化效果。

(3) 根据现场环境，设计了能够自动添加定向阻化剂的射流比例器，研制了梭形雾化喷洒装置，用于定向阻化剂的架后雾化喷洒；研制了发泡灌注装置，实现了定向阻化剂的定量发泡和采空区灌注，并在现场进行了工业性试验，效果显著。

3. 应用范围：煤矿火灾防治工程领域

4. 市场需求及经济效益分析

本项目的研究为煤自燃灾害的防控起到重要的指导及实践意义，不仅提升了使用单位的煤炭产量（2016-2018 年实现新增利润 9000 余万元），还确保了煤矿井下生态环境及井下作业工人的健康和安全，实现了煤炭的高效开采及作业安全，应用逐年增长。

5. 合作方式：合作开发

6. 联系方式

负责人姓名：张玉涛 电 话：18729293992 E-mail: ytzhang@xust.edu.cn

7. 影像资料：

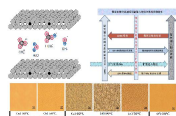
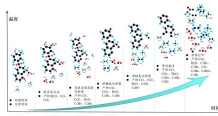


图 1 煤自燃指标气体和活性结构关联机制 图 2 环保型阻化剂阻化机理及相变过程 图 3 定向阻化剂雾化喷洒装置

采用超声萃取技术，结合 TG/DSC-FTIR 联用实验和量子化学计算，研究了煤分子活性基团和官能团氧化放热反应历程，揭示了煤分子基团和气体产物随温度变化的内在关联机制，创建了煤自燃过程基团突变理论，确定了六个突变点温度及对应的标志气体，将煤自燃过程精细划分为“吸附、复合、自热、临界、热解、裂变、燃烧”七个阶段，为揭示煤自燃阶段特性和实现煤自燃灾害程度准确识别奠定了理论基础。

当 $Zn_1Mg_2Al_1-CO_3-LDHs$ 覆盖在煤表面后，层板间的 -OH 可与 -COO- 形成弱氢键，进而惰化 -COOH、中断煤自燃链式反应，从而有效抑制煤自燃的发展。阻化剂常温下为液态，流动性强，易于输送和喷洒，在一定温度下可发生体积相变而凝胶化（如图 2 所示），且相变温度和强化时间均可调节。低温下，绿色环保温敏性水凝胶可与 -OH 形成氢键，加上离子间静电和范德华力的协调作用，使得疏水基团周围形成束缚水分子的稳定水合结构，从而起到惰化 -OH 的效果；温度升高，水合结构遭到破坏，氢键作用减弱，温敏性水凝胶发生相转变而凝胶化，包裹于煤表面，阻止煤与氧气接触，可进一步减少 -OH 生成；高温阶段，水凝胶发生热分解，形成碳层包裹于煤表面，从而进一步抑制煤自燃的发生。