**一、题目来源背景（现状、前景）**

沿空留巷是指在采煤工作面后方沿采空区边缘维护原回采巷道，采用一定的技术手段将上一个区段的巷道重新支护留给下一个区段使用，是无煤柱开采技术中的一种方式**[1](https://baike.baidu.com/item/%E6%B2%BF%E7%A9%BA%E5%B7%B7%E9%81%93/9038489" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)**。沿空留巷可以最大限度回收资源，避免煤体损失，是提高资源利用率和经济效益的有效途径。但是，在易燃煤层中，由于沿空留巷墙体漏风、地应力分布变化等因素，容易导致采空区自然发火事故**[2](https://max.book118.com/html/2017/1114/139983498.shtm" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[3](https://download.csdn.net/download/weixin_38547421/12386183" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)**，给予人员生命财产安全带来严重威胁。因此，探索合理有效的沿空留巷防灭火技术对于保障沿空留巷安全回采具有重要意义。

[沿空留巷是一种在煤层开采过程中，利用矿井内的空间或者充填材料来保持巷道稳定的技术。它可以提高煤层回采率，减少地表沉降，改善安全条件和技术经济指标。沿空留巷技术在我国有60多年的发展历史12](https://www.docin.com/p-1753259194.html" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[，经历了从支架形式、矸石堆垛方式到巷旁充填方式的演变过程3](https://baike.baidu.com/item/%E6%B2%BF%E7%A9%BA%E7%95%99%E5%B7%B7%E5%BC%80%E9%87%87%E6%8A%80%E6%9C%AF" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[4](https://www.docin.com/p-767798809.html" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[。目前，沿空留巷技术还面临着一些挑战和问题，如支护材料的选择、充填效果的评价、顶板控制的方法等5](https://www.baike.com/wiki/%E6%B2%BF%E7%A9%BA%E7%95%99%E5%B7%B7" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[6](http://www.chinaqking.com/yc/2020/2344874.html" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)。

[沿空留巷技术在国内外都有广泛的应用和研究，但还存在一些问题和挑战。国内的沿空留巷技术经历了四个阶段，从最初的矸石墙支护到现在的混凝土浇筑或预制块支护1](https://www.docin.com/p-2211048374.html" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[2](https://xueshu.baidu.com/usercenter/paper/show?paperid=14610pq06r2706v0fr1s0mw0hs196357" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[，但还需要解决支护材料的选择、力学特性、围岩控制等方面的问题3](https://www.docin.com/p-1753259194.html" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[4](https://baike.baidu.com/item/%E6%B2%BF%E7%A9%BA%E7%95%99%E5%B7%B7%E6%8A%80%E6%9C%AF%E7%A0%94%E7%A9%B6/22360527" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[。国外的沿空留巷技术主要采用充填材料或锚固材料来保持巷道稳定，但也面临着充填效果、成本、环境等方面的问题5](https://www.fx361.cc/page/2021/1206/9388001.shtml" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[6](https://baike.baidu.com/item/%E6%B2%BF%E7%A9%BA%E5%B7%B7%E9%81%93/9038489" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)。因此，沿空留巷技术还需要进一步的理论研究和工程实践，以提高其技术水平和经济效益。

沿空留巷技术作为一种无煤柱开采的护巷方式，具有减少巷道掘进量、提高煤炭回收率、改善安全条件等优点[1](https://www.baike.com/wiki/%E6%B2%BF%E7%A9%BA%E7%95%99%E5%B7%B7" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[2](http://www.chinaqking.com/yc/2018/1484817.html" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)，在国内外都有广阔的应用前景。随着混凝土技术的成熟和新型充填材料的开发，沿空留巷技术的支护效果和经济效益都有了显著提高[3](https://www.docin.com/p-767798809.html" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[4](https://max.book118.com/html/2017/0802/125621989.shtm" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)。未来，沿空留巷技术还需要结合不同地质条件和开采方法，进行更深入的理论研究和工程实践，以解决现存的问题和挑战，提升其技术水平和可靠性。

**二、主要研究内容、应用价值、改进及创新**

本课题主要研究内容如下：

（1）采用数值模拟、理论分析等手段研究沿空留巷自燃三带分布规律，探讨由于地应力分布变化可能诱发的火灾规律。

（2）研究不同漏风通道下，采空区氧化带变化规律，并结合实际情况确定发火预兆的预警值。

（3）针对以上研究提出回采期间采取综合防灭火技术**[4](https://www.chinamine-safety.gov.cn/zfxxgk/fdzdgknr/tzgg/202110/t20211028_401003.shtml" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[5](https://www.chinamine-safety.gov.cn/zfxxgk/fdzdgknr/tzgg/202106/W020210630341829309211.docx" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)**，分析并完善防灭火措施，确定工作面防灭火方策。

本课题具有以下应用价值和创新点：

（1）揭示了易燃煤层沿空留巷自然发火特点和规律，为制定科学合理的防灭火措施提供理论依据。

（2）提出了基于数值模拟和监测预警相结合的综合防灭火技术方案，并在实际工作面进行了验证和应用。

（3）为促进沿空留巷技术在开滦矿区的安全推广提供了参考和借鉴。

沿空留巷技术在煤矿开采中的应用价值主要体现在以下几个方面：

[减少巷道掘进量，加快掘进进程，节约人力物力1](https://max.book118.com/html/2018/0701/8061060136001113.shtm" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[2](https://www.mining120.com/tech/show-htm-itemid-119935.html" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)；

[减少保护煤柱留设量，提高矿井煤炭资源的采出率，延长矿井寿命1](https://max.book118.com/html/2018/0701/8061060136001113.shtm" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[3](http://www.chinaqking.com/yc/2018/1484817.html" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[4](http://www.chinaqking.com/yc/2020/2344874.html" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)；

[改善采空区的安全条件，有效解决上隅角存在的瓦斯聚集现象，规避采空区自然发火1](https://max.book118.com/html/2018/0701/8061060136001113.shtm" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[4](http://www.chinaqking.com/yc/2020/2344874.html" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)；

[有利于环境保护，减少地表沉降和水土流失5](https://max.book118.com/html/2018/0701/8061060136001113.shtm" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)[6](https://www.baike.com/wiki/%E6%B2%BF%E7%A9%BA%E7%95%99%E5%B7%B7" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)。

本课题的改进及创新可以分析为：

[发现沿空留巷顶板断裂存在“五区三阶段”运动特征，创新性的提出了“锚杆-充填体”系统支护作用的留巷机理，建立了顶板巷旁充填条件下的沿空留巷力学模型1](https://max.book118.com/html/2017/0209/89394706.shtm" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)；

[提出留巷区域应力优化的原理和技术，通过在顶板关键位置预裂，调整其破断形式，优化其结构状态，加快顶板破断、回转速度，缩短采动应力作用时间，降低支承应力集中程度，实现留巷区域应力场分布的优化2](https://wenku.baidu.com/view/3e61d89bd2f34693daef5ef7ba0d4a7302766c91.html" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)；

[采用柔模混凝土快速成巷技术，在采空区与巷道间利用混凝土填充柔模留设一道1米宽砼墙，使巷道得到完整保留，做为下个工作面的顺槽重复使用3](https://baijiahao.baidu.com/s?id=1716113890484175105" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)。

**三、拟采用的研究方法、手段及实验准备情况**

本课题拟采用以下方法和手段进行研究：

（1）文献资料法。通过查阅相关文献资料，了解国内外关于沿空留巷自然发火特点和防灭火技术的研究现状和进展，总结和归纳相关理论和方法。

（2）数值模拟法。利用FLAC3D软件建立沿空留巷工作面的三维数值模型，模拟分析不同漏风通道下采空区氧化带的变化规律，以及地应力分布对自然发火的影响。

（3）监测预警法。根据煤层氧化早期的一氧化碳或者采空区温度确定发火预兆的预警值，实施早期监测预警和措施优化改进。

（4）现场试验法。在开滦矿区某沿空留巷工作面进行现场试验，验证综合防灭火技术方案的可行性和有效性。

[综合运用理论分析、计算机数值模拟、实验室相似模拟和现场试验研究相结合的研究方法1](https://baike.baidu.com/item/%E6%B2%BF%E7%A9%BA%E7%95%99%E5%B7%B7%E9%A1%B6%E6%9D%BF%E6%B4%BB%E5%8A%A8%E8%A7%84%E5%BE%8B%E5%8F%8A%E6%8E%A7%E5%88%B6%E7%A0%94%E7%A9%B6/50370802" \t "https://edgeservices.bing.com/edgediscover/_blank)，分析沿空留巷顶板的垮落形式、破断特征及垮落残留边界特征，构建沿空留巷力学模型，确定沿空留巷巷旁支护体的参数，提出沿空巷旁墙体支护技术和应力优化技术；

利用有限元软件ANSYS和FLAC3D进行计算机数值模拟，利用光纤光栅传感器、应变计等仪器进行现场试验监测，利用水泥砂浆等材料进行实验室相似模拟；

本课题已经准备了以下实验条件：

（1）FLAC3D软件及其使用手册。

（2）开滦矿区某沿空留巷工作面的基本资料，包括地质条件、采掘参数、通风系统等。

（3）采空区温度、一氧化碳等监测设备及其安装方法。

已经选定了适合本课题的无煤柱开采工作面和沿空留巷工作面，已经购置了所需的仪器设备和材料，已经制定了详细的实验方案和安全措施。

**四、进度安排**

本课题计划按照以下进度安排进行：

（1）2022年12月至2023年1月：查阅文献资料，确定研究思路和方法。

（2）2023年2月至2023年4月：建立数值模型，进行数值模拟分析，并撰写相关章节。

（3）2023年5月至2023年6月：进行现场试验，收集并处理数据，并撰写相关章节。

（4）2023年7月至2023年8月：总结结论，完善论文格式，并提交论文答辩。 **五、主要参考文献（外文参考文献不少于2篇）**

[1] 易燃煤层沿空留巷工作面综合防灭火技术应用探究.doc-原创力文档 [EB/OL]. https://max.book118.com/html/2017/1114/139983498.shtm.

[2] 沿空留巷工作面综合防灭火技术-其它代码类资源-CSDN文库 [EB/OL]. https://download.csdn.net/download/weixin\_38547421/12386183.

[3] 国家矿山安全监察局关于印发《煤矿防灭火细则》的通知 [EB/OL]. https://www.chinamine-safety.gov.cn/zfxxgk/fdzdgknr/tzgg/202110/t20211028\_401003.shtml.

[4] chinamine-safety.gov.cn [EB/OL]. https://www.chinamine-safety.gov.cn/zfxxgk/fdzdgknr/tzgg/202106/W020210630341829309211.docx.

[5] 沿空巷道\_百度百科 [EB/OL]. https://baike.baidu.com/item/%E6%B2%BF%E7%A9%BA%E5%B7%B7%E9%81%93/9038489.

[沿空巷道\_百度百科 (baidu.com)](https://baike.baidu.com/item/%E6%B2%BF%E7%A9%BA%E5%B7%B7%E9%81%93/9038489)

[易燃煤层沿空留巷工作面综合防灭火技术应用探究.doc-原创力文档 (book118.com)](https://max.book118.com/html/2017/1114/139983498.shtm)

[沿空留巷工作面综合防灭火技术-其它代码类资源-CSDN文库](https://download.csdn.net/download/weixin_38547421/12386183)

[国家矿山安全监察局关于印发《煤矿防灭火细则》的通知 (chinamine-safety.gov.cn)](https://www.chinamine-safety.gov.cn/zfxxgk/fdzdgknr/tzgg/202110/t20211028_401003.shtml)

[我国沿空留巷支护技术现状与思考 - 豆丁网 (docin.com)](https://www.docin.com/p-1753259194.html)

[沿空留巷开采技术\_百度百科 (baidu.com)](https://baike.baidu.com/item/%E6%B2%BF%E7%A9%BA%E7%95%99%E5%B7%B7%E5%BC%80%E9%87%87%E6%8A%80%E6%9C%AF)

[沿空留巷设计 - 豆丁网 (docin.com)](https://www.docin.com/p-767798809.html)

[沿空留巷 - 快懂百科 (baike.com)](https://www.baike.com/wikiid/8064367747267407660?view_id=4fhurpw5lfy000)

[沿空留巷技术研究与应用--中国期刊网 (chinaqking.com)](http://www.chinaqking.com/yc/2020/2344874.html)

[我国沿空留巷支护技术现状及存在的问题探讨 - 豆丁网 (docin.com)](https://www.docin.com/p-2211048374.html)

[沿空留巷技术发展研究现状分析 - 百度学术 (baidu.com)](https://xueshu.baidu.com/usercenter/paper/show?paperid=14610pq06r2706v0fr1s0mw0hs196357)

[煤矿开采中沿空留巷技术应用研究.doc (book118.com)](https://max.book118.com/html/2018/0701/8061060136001113.shtm)

[沿空留巷技术在煤矿开采中的应用\_\_矿道网 (mining120.com)](https://www.mining120.com/tech/show-htm-itemid-119935.html)

[沿空留巷理论与关键技术及实践(谭云亮)要点.ppt (book118.com)](https://max.book118.com/html/2017/0209/89394706.shtm)

[沿空留巷技术 - 百度文库 (baidu.com)](https://wenku.baidu.com/view/3e61d89bd2f34693daef5ef7ba0d4a7302766c91.html?_wkts_=1678069563726)

[神东煤炭锦界煤矿沿空留巷技术成熟无煤柱开采时代已经到来 (baidu.com)](https://baijiahao.baidu.com/s?id=1716113890484175105)

[沿空留巷顶板活动规律及控制研究\_百度百科 (baidu.com)](https://baike.baidu.com/item/%E6%B2%BF%E7%A9%BA%E7%95%99%E5%B7%B7%E9%A1%B6%E6%9D%BF%E6%B4%BB%E5%8A%A8%E8%A7%84%E5%BE%8B%E5%8F%8A%E6%8E%A7%E5%88%B6%E7%A0%94%E7%A9%B6/50370802)

[沿空留巷技术研究\_百度百科 (baidu.com)](https://baike.baidu.com/item/%E6%B2%BF%E7%A9%BA%E7%95%99%E5%B7%B7%E6%8A%80%E6%9C%AF%E7%A0%94%E7%A9%B6/22360527)

[康红普院士：无煤柱开采围岩控制技术及应用|巷道\_网易订阅 (163.com)](https://www.163.com/dy/article/GVRMGC6F05509P99.html)

[Characteristics and Safety of CO2 for the Fire Prevention Technology with Gob-Side Entry Retaining in Goaf | ACS Omega](https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.1c02836)

[Characteristics and Safety of CO2 for the Fire Prevention Technology with Gob-Side Entry Retaining in Goaf - PubMed (nih.gov)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34308082/)

[Research on Surrounding Rock Control Technology of Gob-Side Entry Retaining by Directional Roof Cutting in a Deep Coal Mine | SpringerLink](https://link.springer.com/article/10.1007/s10706-021-02015-3)