**中 国 矿 业 大 学**

2021**级硕士专业学位研究生**

**选**

**题**

**报**

**告**

**选题 名称：基于矿井直流电法的矿井油型气涌出危险性判识方法与应用**

**学 院： 安全工程学院**

**学科 专业： 资源与环境（安全工程）**

**研究生姓名： 孔睿**

**导师 姓名： 魏明尧**

**中国矿业大学学位管理办公室制**

2023年3月16日

**目 录**

[1. 研究背景和意义 1](#_Toc131753203)

[2. 国内外研究现状 1](#_Toc131753204)

[2.1研究现状 1](#_Toc131753205)

[2.1.1概念 1](#_Toc131753206)

[2.1.2发展 1](#_Toc131753207)

[2.2研究现状 1](#_Toc131753208)

[2.2.1 研究现状 1](#_Toc131753213)

[2.2.2 硅酸镁低pH值水泥研究现状 1](#_Toc131753214)

[2.3 研究现状 1](#_Toc131753215)

[2.3.1 研究 1](#_Toc131753216)

[3. 研究内容和技术路线 1](#_Toc131753217)

[3.1 研究内容 1](#_Toc131753218)

[3.2 研究技术路线 1](#_Toc131753219)

[4.2注浆材料孔溶液pH值研究 1](#_Toc131753220)

[4.3性能研究 1](#_Toc131753221)

[4.4下一步实验计划 1](#_Toc131753222)

[4. 时间费用安排 2](#_Toc131753223)

[5.1 时间安排 2](#_Toc131753224)

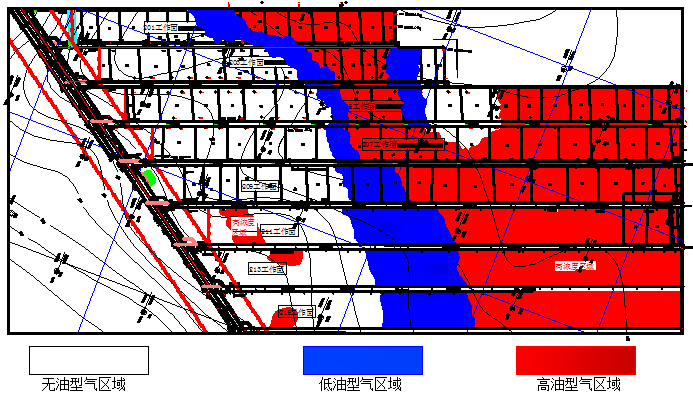
[5.2 费用安排 2](#_Toc131753225)

# 研究背景和意义

煤炭是一种地球上分布最广泛、储量最庞大的能源资源，同时作为我国的战略资源和主要能源，分别占我国一次能源生产总量的76%和能源消费总量的56.7%，而原油和天然气对外依存度分别达到了73%和43%[1]。在新能源飞速发展的当下，中国工程院预测直到2050年煤炭在我国的能源地位依然能达到50%，这意味着我国再很长一段时间内煤炭的能源主体地位不会发生改变[2]。所以如何以最大限度地减少伤亡的方式开采煤炭，对于确保可靠的能源供应、维护社会秩序和促进国家经济持续增长极其重要。

尽管近年来随着国家对煤矿安全生产工作的高度重视，对相关企业的严厉整顿，以及煤矿安全生产科技的高速发展，使得煤矿事故整体大幅减少。但是随着近地地层中资源的日渐枯竭以及可供开采的绿色煤炭资源量极其有限，导致煤炭开采工作不得不指向深部煤炭资源和非绿色煤炭赋存区。煤炭开采深度和产量的不断增加导致高瓦斯突出矿井的数量也随之水涨船高，且伴随着深部开采环境中高地应力、高渗透地压、高地温以及强烈开采扰动等复杂地质条件，一旦发生矿井事故，应急救援工作难以开展。近二十年全国煤矿事故统计分析表明，在众多矿井事故中瓦斯事故的危险级别最高[3]。而一直以来，瓦斯灾害的研究方向主要聚焦于危险性更大的煤与瓦斯突出瓦斯灾害[4补充煤与瓦斯突出研究]，大量预测与预警技术的研究也是围绕煤与瓦斯突出事故的预测与预警来进行展开，往往只将瓦斯异常涌出作为煤与瓦斯突出灾害的前兆响应[5补充煤与瓦斯在预警方面的研究]，缺少对瓦斯异常涌出预测预警的更深层次研究。而面对新的采场环境挑战，瓦斯异常涌出所造成的瓦斯超限的严重性与防治难度都将直线上升，所以与煤与瓦斯突出相比，瓦斯异常涌出作为煤炭安全开采过程中不可忽视的重点问题，其发生前的特征响应与危险性精准判识同样是亟待解决的重大科学问题[6]。

瓦斯异常涌出过程中，矿井瓦斯的主要来源有开采煤层、临近层煤层以及巷道围岩。一般来说随着时间和空间的推移，围岩瓦斯通常以一致的方式从周围的岩石中缓慢释放，通常量很少，然而，如果周围的岩石存在大量发育裂隙，为气体提供容纳空间，那么气体就会大量积聚。而当采矿活动突然改变应力并导致裂隙联通时，储存的瓦斯可能会突然释放，导致岩石中瓦斯的大量异常涌出，造成采掘面瓦斯浓度超限。围岩瓦斯异常涌出现象在煤油气共生矿井中表现的尤为明显[7]，以黄陵矿区为例，黄陵矿区作为国家“八五”计划重点建设项目和二十项兴陕工程之一，属于典型的煤油气共生矿区。黄陵二号煤矿开采条件复杂，煤油气共生灾害严重，多次发生围岩瓦斯异常涌出现象，其中以底板瓦斯异常涌出为主，通过对涌出的气体进行研究发现，底板异常涌出气体与煤层气不同，其成因类型和气体成分属油型气。2012年至今先后发生四起严重的底板油型涌出事故，其中201胶带巷涌出点底板裂隙内瓦斯浓度最高达到95%，累计涌出瓦斯8500m3；201辅运巷掘进七联巷乡里100m处出现底板油型气涌出，涌出范围逐步扩展至迎头，涌出时间长，衰减速度慢，共计涌出油型气21万m3；205胶带巷油型气涌出实测强度为0.185～1.960m3/min，单孔油型气涌出总量为7600m3；215辅运巷掘进工作面底板探查钻孔时出现油型气异常涌出，24小时涌出量约为1万m3。根据已采工作面底板油型气赋存情况，绘制215工作面底板瓦斯（油型气）赋存图如图1-1所示。特别是随着我国矿井的持续开采，全国瓦斯矿井数量不断增加，以油型气为主的瓦斯异常涌出灾害将在我国其他类似地区带来巨大挑战。

图1-1 201～215工作面瓦斯（油型气）赋存图

目前传统采矿行业为及时发现和预防瓦斯涌出事故，一般通过建立煤矿安全监控预警平台，安装瓦斯浓度、瓦斯压力、气体组分等传感器对煤矿内部关键位置进行监测，或者采用利用瓦斯抽采钻孔对工作面瓦斯涌出量进行预测，实现煤矿安全相关数据实时采集与上传，出现瓦斯浓度超限情况及时报警并由地面工作站管理人员实施组织、指挥工作[]。但对瓦斯涌出时浓度、压力等相关参数的数据监测与传输相比于瓦斯事故实际发生时间具有滞后性，且煤矿瓦斯涌出灾害往往在极短时间内完成，其一旦发生所造成的一系列连锁反应后果不堪设想，而检测系统所发挥的报警功能为时已晚，传统煤矿安全监控预警只能基于瓦斯涌出相关参数进行事后报警，难以对已有监测数据未来变化趋势进行预测与评估，无法做到灾害提前预警预报。随着我国煤炭行业装备技术的不断发展以及人工智能领域的飞速崛起，诸多专家学者运用神经网络、深度学习等计算机领域方法在瓦斯灾害预警问题上取得一定进展[]，但在油型气瓦斯涌出过程中，其影响因素往往存在动态变化，而在目前瓦斯涌出预测预警工作中，一般选取邻近面瓦斯涌出量、煤层埋深、岩层岩性等静态参数做为特征指标，将瓦斯涌出量大小作为单一评判结果[]，已难以满足煤油气共生矿井生产过程中对瓦斯涌出风险预测预警准确性、时效性和动态性现实需求。

因此，如何获取油型气瓦斯涌出前的危险特征，选取与之相关并行之有效的评价指标、建立科学可靠的评价模型是实现油型气涌出危险性精准判识的关键。所以本文拟以直流电法探测技术作为主要监测手段，通过COMSOL Multiphysics数值模拟、理论研究以及现场实验测试等方式，对工作面岩层电性异常数据进行深入分析与挖掘，分析掘进过程中底板油型气瓦斯涌出关键影响因素，建立以岩层电性参数为主、其他“静态因素”为辅的油型气瓦斯涌出危险性动态判识方法，提供一种针对瓦斯异常涌出前预报预警的新方法与新思路，进一步完善瓦斯防治体系，为减少矿井巷道瓦斯事故、保障煤矿更加安全高效的生产做出贡献。

# 国内外研究现状

## 2.1油型气成因研究现状

油型气作为一种特殊类型的天然气，特指分散的腐泥型有机质以及以腐泥型为主的混合有机质，在过成熟阶段成油的热演化过程中，由有机质和液态烃裂解所形成，油型气主要成分为甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、戊烷、己烷、氢气、一氧化碳等多种混合气体，其中甲烷为主要构成成分，约为90％。煤层瓦斯与围岩油气共生现象目前主要存在于黄陵矿区、鄂尔多斯矿区、焦坪矿区、甘肃窑街矿区、子长矿区、彬长矿区等煤、油气共生矿井数量较多的地区，油型气瓦斯灾害具有发生时间突然、发生过程隐蔽、涌出量大等特点，特别是以底板涌出形式发生时，后果尤为严重。

黄陵矿区油型气的来源主要有以下方面：一、产气烃源岩。相关学者通过烃源岩评价和油源对比分析可知，鄂尔多斯盆地延长组属于大型内陆湖盆沉积，具有丰富的油源储存，并在漫长的沉积过程中形成了混合型至腐泥型烃源岩，具有较高的产烃能力，黄陵矿区正处于该烃源岩的沉积中心位置重叠范围处。所以分析认为黄陵矿区的底板异常涌出油型气来源于三叠系延长组烃源岩。二、烃源岩热演化史。盆地构造热演化史时影响烃源岩成熟度、煤油气生成、运移和聚集的关键因素之一，地层整体不均匀抬升，湖盆大面积泥炭沼泽化，在地层发生的埋藏热与岩浆侵入等构造热事件，使地层温度急剧升高，为三叠纪延长组烃源岩成熟度的升高提供有利条件，并在早白垩纪中期达到生烃产气的高峰，发育出了以腐泥型为主的烃源岩。三、油型气运移通道。鄂尔多斯盆地内至少存在三组不同方向的基底断裂，这些断裂所引发的活动及活动过程中产生的小断层与微裂缝，区域上构成了油气运移的纵向通道。黄陵矿区位于七号断裂东侧，基底断裂所形成的断层与裂缝是2号煤层下部三叠系油气向上运移的通道，在一定条件下可形成岩性圈闭或构造圈闭富集气体。

## 2.2油型气涌出规律研究现状

## 2.3油型气防治技术研究现状

# 研究内容和技术路线

## 3.1 研究内容

## 3.2 研究技术路线

## 4.2注浆材料孔溶液pH值研究

## 4.3性能研究

## 4.4下一步实验计划

# 时间费用安排

## 5.1 时间安排

论文具体进度如表 5‑1所示。

表 5‑1 论文进度安排

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 时间（月） | 内容 |
| 1 | 2022.12~2023.02 | 撰写选题报告 |
| 2 | 2023.03~2023.06 | 进行低pH值注浆材料配比研究实验 |
| 3 | 2023.07~2023.12 | 对确定的材料的不同性能进行研究实验 |
| 4 | 2024.01~2024.03 | 论文的撰写、修改与完善 |
| 5 | 2024.04~2024.05 | 完成论文，制作PPT，准备答辩 |

## 5.2 费用安排

本研究经费预算如表 5‑2所示。

表 5‑2 论文费用安排

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 费用项目 | 费用估算（元） |
| 1 | 实验材料及检测费用 | 27000 |
| 2 | 论文打印装订费用 | 500 |
| 3 | 答辩费用 | 2000 |
| 4 | 合计 | 29500 |

**校对报告**

当前使用的样式是 [中国矿业大学学位论文]

当前文档包含的题录共10条

有0条题录存在必填字段内容缺失的问题

所有题录的数据正常

**参考文献**

[1] 谢和平，吴立新，郑德志. 2025年中国能源消费及煤炭需求预测[J]. 煤炭学报. 2019, 44(07): 1949-1960.

[2] 袁亮. 我国煤炭资源高效回收及节能战略研究[J]. 中国矿业大学学报(社会科学版). 2018, 20(01): 3-12.

[3] 范超军,王一琦,杨雷等.2012—2021年我国煤矿安全事故统计与规律分析[J].矿业研究与开发,2023,43(04):182-188.

[6] 谢和平.“深部岩体力学与开采理论”研究构想与预期成果展望[J].工程科学与技术,2017,49(02):1-16.DOI:10.15961/j.jsuese.201700025.

[7] 陈冬冬.煤油气共生矿井围岩气多因素耦合区域预测技术——以鄂尔多斯盆地黄陵矿区为例[J].煤田地质与勘探,2018,46(02):49-53.

[6] Vasconcelos R G W, Walkley B, Day S, et al. 18-month hydration of a low-pH cement for geological disposal of radioactive waste: The Cebama reference cement[J]. Applied Geochemistry, 2020,116:104536.

[7] Vuorinen U, Lehikoinen J, Imoto H, et al. Injection Grout for Deep Repositories Subproject 1: Low-pH Cementitious Grout for Larger Fractures, Leach Testing of Grout Mixes and Evaluation of the Long-Term Safety, 2005[C].

[8] García Calvo J L, Sánchez Moreno M, Alonso Alonso M C, et al. Study of the Microstructure Evolution of Low-pH Cements Based on Ordinary Portland Cement (OPC) by Mid- and Near-Infrared Spectroscopy, and Their Influence on Corrosion of Steel Reinforcement: Materials[Z]. 2013: 6, 2508-2521.

[9] Zhu Y, Ma B, Li X, et al. Ultra high early strength self-compacting mortar based on sulfoaluminate cement and silica fume[J]. Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed., 2013,28(5):973-979.

[10] Tang H, Li X, Zhang F, et al. Properties and hydration mechanism on high-strength anchorage grouting material for highway slope[J]. Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed., 2013,28(6):1181-1185.