

煤矿井下钻进过程煤岩强度感知与 操作参数优化

汇 报 人： 曾康慧

指导老师： 吴 敏 教 授

陆承达 教 授

目录



第一部分



研究内容及任务

- 基于钻柱动力学的煤岩强度感知模型
 - ❑ 煤矿井下钻进过程与工艺分析
 - ❑ 钻柱扭向-轴向耦合动力学模型
 - ❑ 基于固有比能的煤岩强度感知算法
- 基于模糊推理的操作参数优化方法
 - ❑ 模糊推理系统设计
 - ❑ 模糊推理系统实现与仿真
- 煤矿作业现场应用
 - ❑ 操作参数优化系统
 - ❑ 地面实验情况

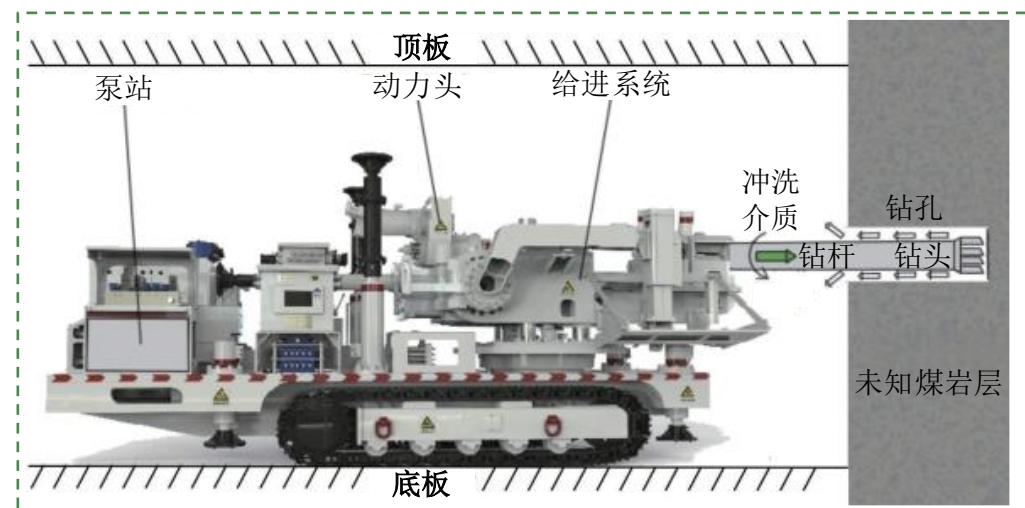


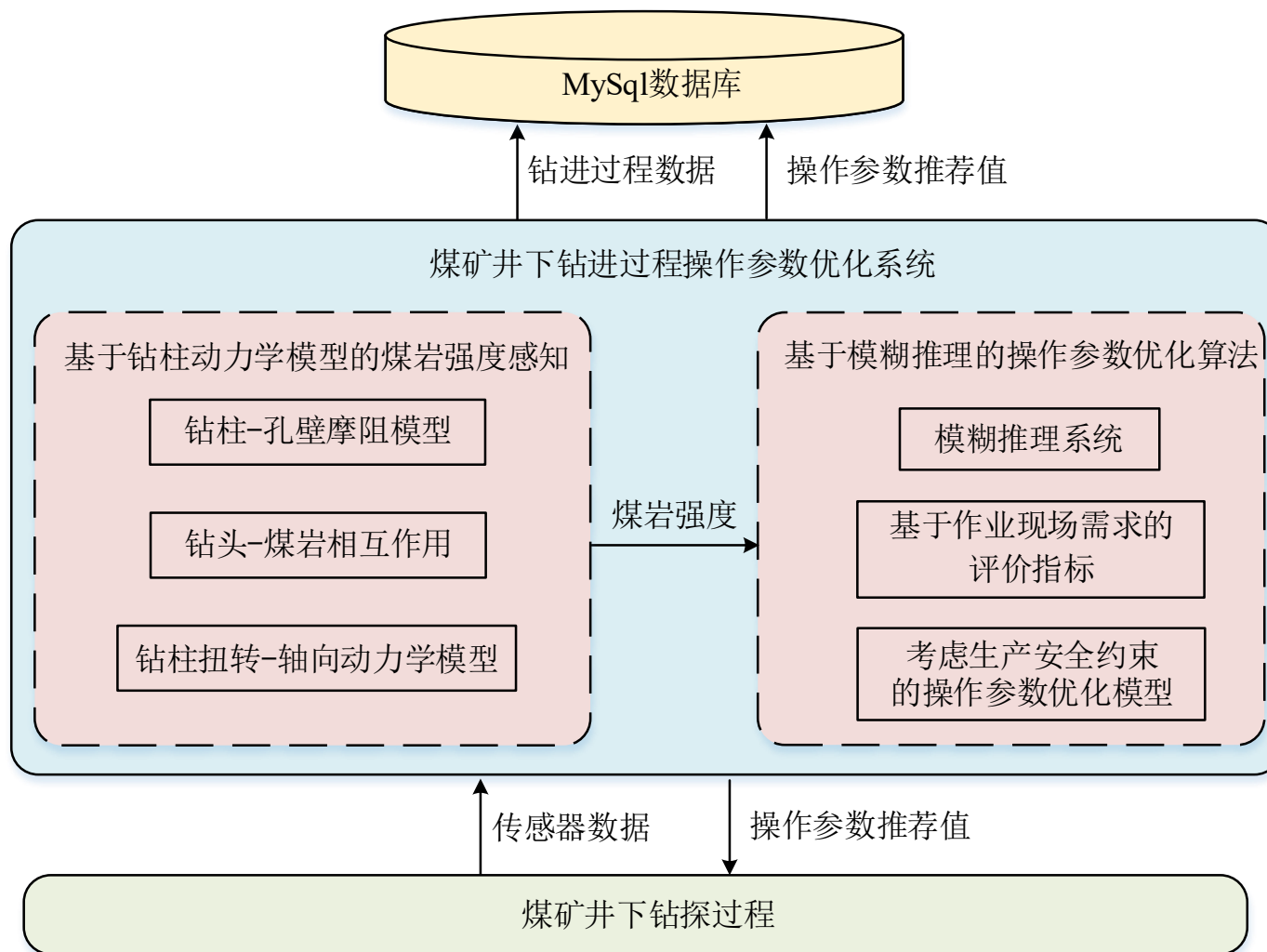
图1 煤矿井下钻进过程的示意图

第二部分



研究方案和主要措施

➤ 研究方案



研究方案

➤ 基于钻柱动力学的煤岩强度感知模型

❑ 煤矿井下钻进过程与工艺分析

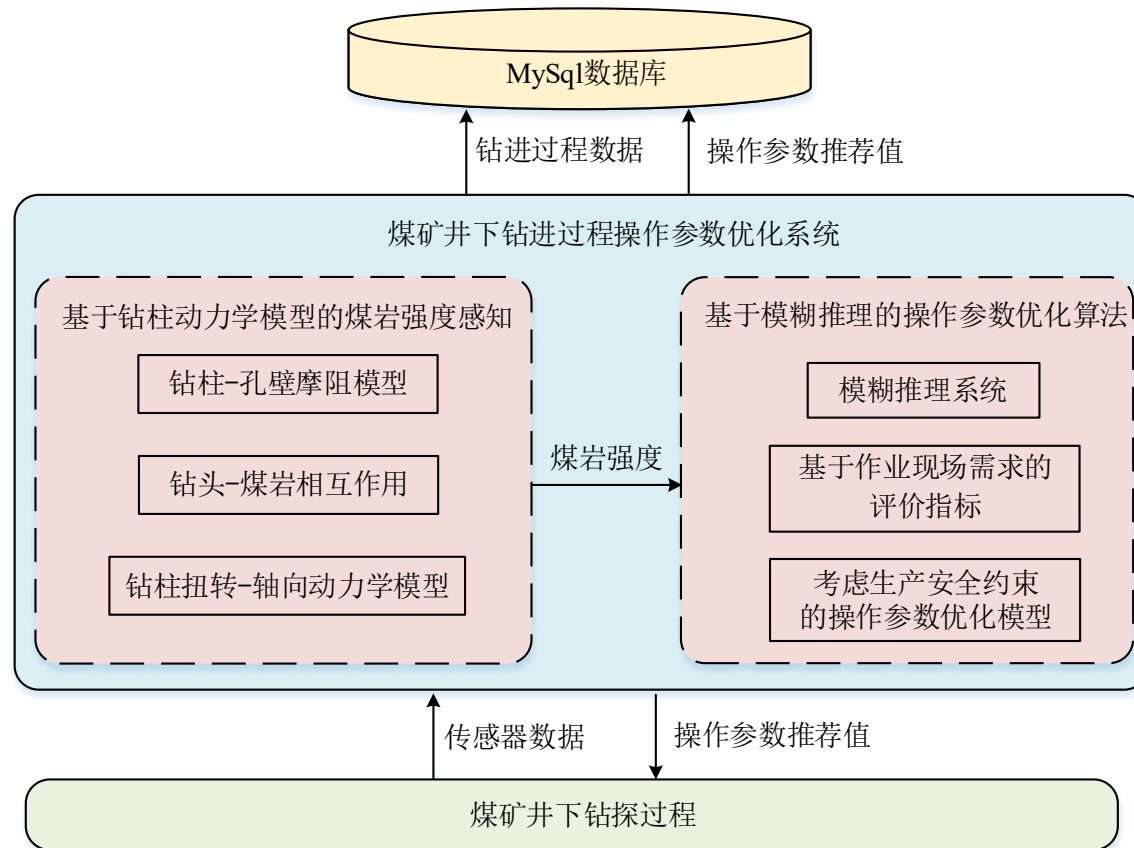
- ✓ 扭转动力学
- ✓ 轴向动力学
- ✓ 钻头-岩石相互作用

❑ 钻柱扭向-轴向耦合动力学模型

- ✓ 集总参数方法
- ✓ 有限元思想

❑ 基于固有比能的煤岩强度感知算法

- ✓ 固有比能值越大表示煤岩强度越高
- ✓ 固有比能值越小则表示煤岩强度越低



研究方案

➤ 基于模糊推理的操作参数优化方法

❑ 钻进过程煤岩强度评价指标设计

✓ 基于固有比能

❑ 模糊推理系统

✓ 模糊推理隶属度函数

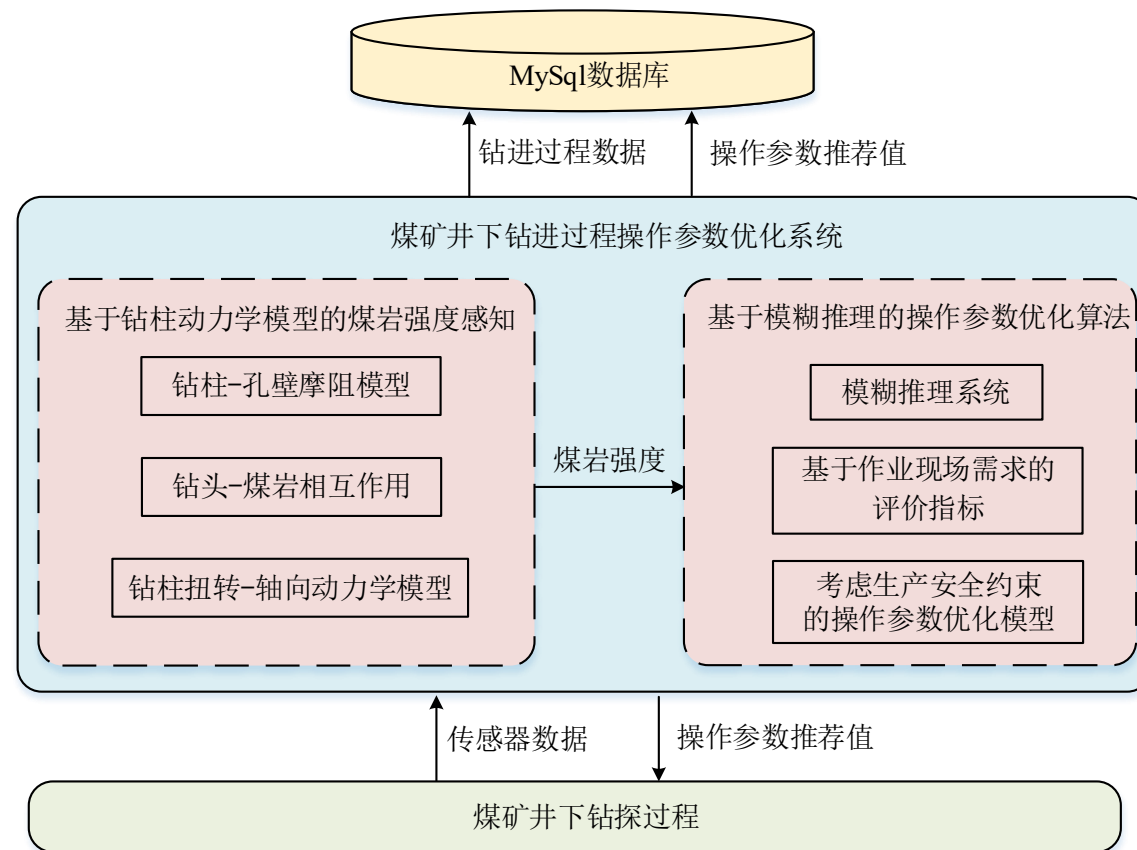
✓ 模糊推理规则

➤ 煤矿现场应用实验

❑ 操作参数优化系统

❑ 现场实验方案设计

❑ 现场实验及结果分析



第三部分



研究进展

➤ 基于钻柱动力学的煤岩强度感知模型

▣ 钻柱扭向-轴向耦合动力学模型

$$M\dot{v} = F_a - F_m - W - f,$$

✓ v 为孔口的给进速度

✓ M 为钻柱的总重量，可表示为：

$$M = \sum_{i=1}^n M_i,$$

✓ M_i 为每一个钻柱单元的质量

✓ n 为钻柱单元的总数量

✓ F_a 为液压系统输出的轴向给进压力 $F_a = P_{in}S$,

✓ P_{in} 为给进液压油缸的给进压力

✓ S 为液压油缸的有效面积

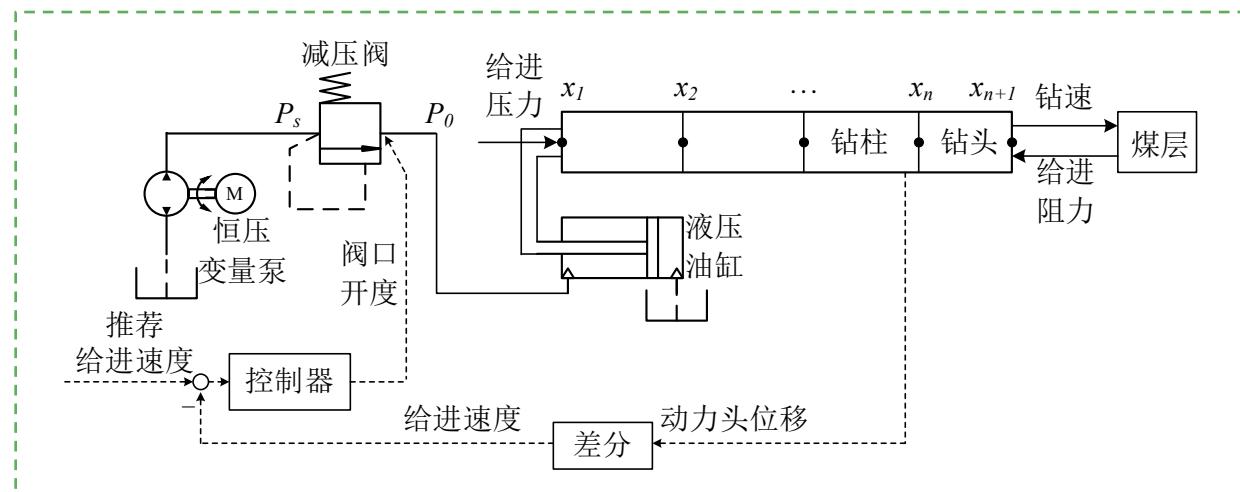


图2 钻机给进系统结构图

研究进展

➤ 基于钻柱动力学的煤岩强度感知模型

□ 基于固有比能的煤岩强度感知算法

$$M\dot{v} = F_a - F_m - W - f,$$

✓ F_m 为弯曲的钻柱在竖直方向上的重力分量 $F_m = \sum_{i=1}^n M_i g \cos \theta_i,$

✓ θ_i 是每一个钻柱单元的弯曲倾角

✓ f 为钻柱受到的摩擦力 $f = f_v + f_c,$

✓ f_v 是粘性摩擦力 $f_v = k_f v,$

✓ f_c 是库伦摩擦力 $f_c = \sum_{i=1}^n M_i g (\sin \theta_i \mu B_f \text{Sign}(v)),$

✓ W 是孔底作用于钻头的给进阻力 $W = 2r\varepsilon(\frac{\pi\zeta v}{\dot{\phi}} + \ell)$

✓ ε 为固有比能, 用于描述钻头所破碎煤岩的强度

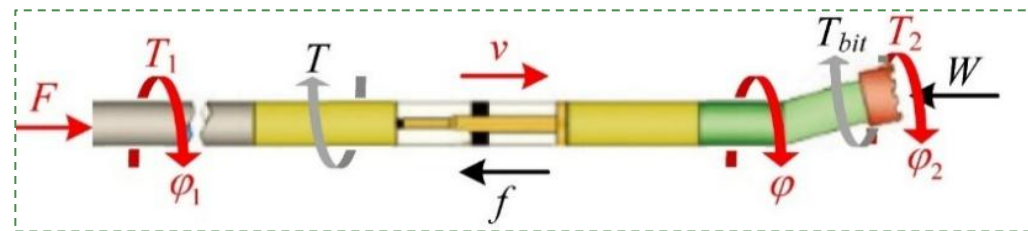


图3 钻柱受力示意图

$$\varepsilon = \frac{(F_a - M\dot{v} - f - F_m)}{2r(\frac{\pi\zeta v}{\dot{\phi}} + \ell)},$$

研究进展

➤ 基于钻柱动力学的煤岩强度感知模型

□ 基于固有比能的煤岩强度感知算法验证

- ✓ 验证数据集：安徽淮北许图疃矿场2025年3月6日钻进数据
- ✓ 钻进深度：60-70m
- ✓ 钻进参数：动力头给进压力、动力头给进速度、动力头转速、煤岩类型等
- ✓ 数据量：165985条
- ✓ 钻进现场的岩屑进行煤岩强度分析：砂岩 > 煤矸石 > 煤



煤



泥岩



砂岩

研究进展

- 基于钻柱动力学的煤岩强度感知模型
 - ❑ 基于固有比能的煤岩强度感知算法验证
 - ✓ 当固有比能下降时，此时的地层有极大可能为煤层

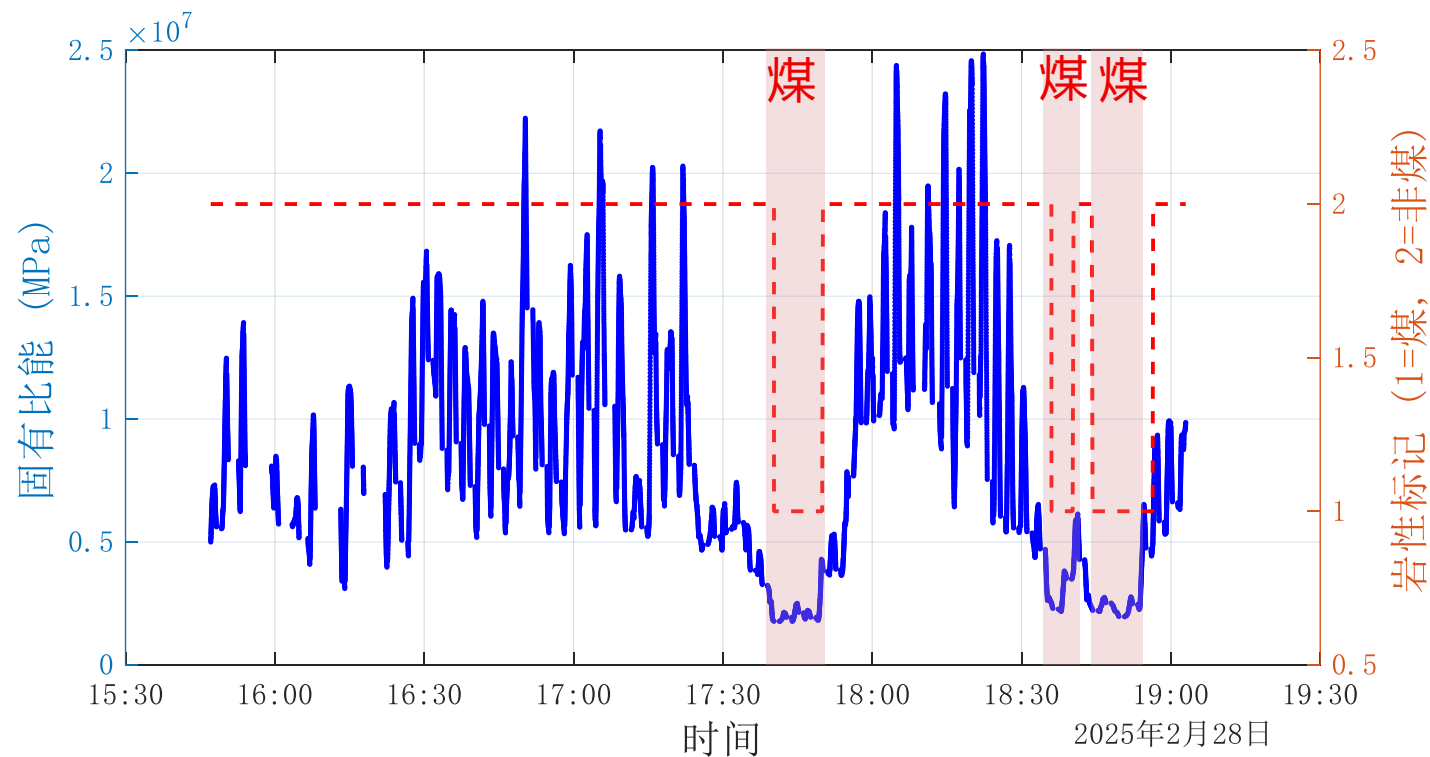


图4 煤岩强度感知验证

研究进展

➤ 基于模糊推理的操作参数优化方法

□ 模糊推理系统

- ✓ 输入：煤岩强度、给进压力，扭矩
- ✓ 输出：动力头转速、给进速度
- ✓ 算法：模糊推理系统

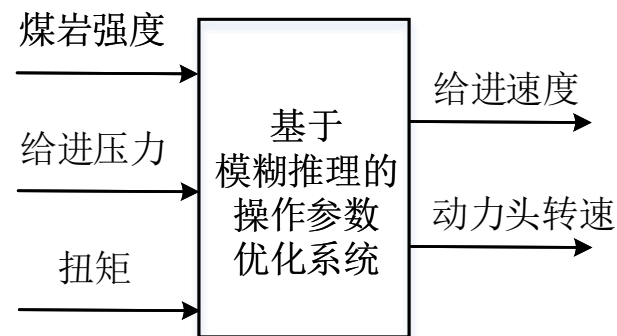


图6 操作参数优化系统

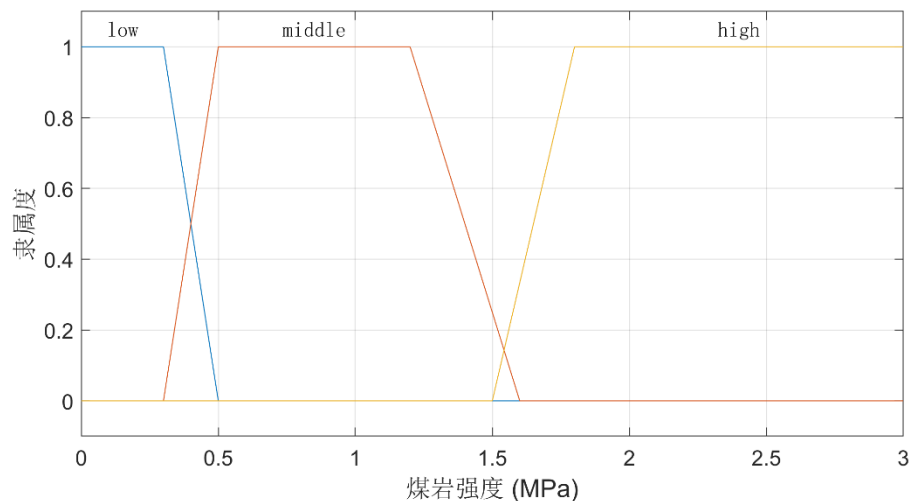


图7 煤岩强度隶属度函数

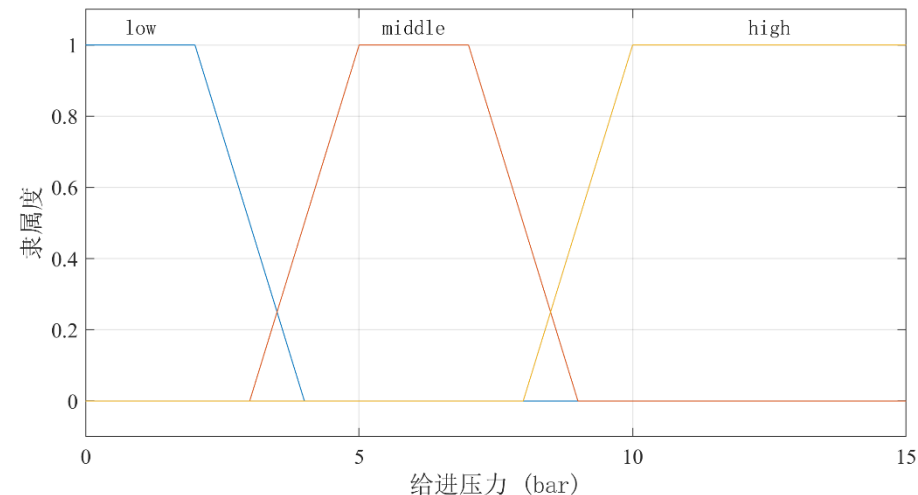


图8 给进压力模糊隶属度函数

研究进展

➤ 基于模糊推理的操作参数优化方法

▣ 模糊推理规则

表1 给进速度变化量的模糊推理规则

当前煤岩强度	机身抖动程度	给进速度变化量
非常低	非轻微	减小
低	严重	减小
中等	轻微	增大
中等	中等	不变
中等	严重	减小
高	轻微	增大
高	中等	不变
高	严重	减小
非常高	非轻微	减小

表2 转速变化量的模糊推理规则

当前煤岩强度	钻孔清洁程度	动力头转速变化量
非常低	非高	增大
低	非高	增大
中等	高	减小
中等	中等	不变
中等	低	增大
高	低	增大
非常高	低	增大

研究进展

➤ 煤矿作业现场应用

▣ 操作参数优化系统

- ✓ 以Qt上位机的形式与全液压坑道钻机进行数据交互
- ✓ 基础通讯层
- ✓ 智能钻探层
- ✓ 人机交互层

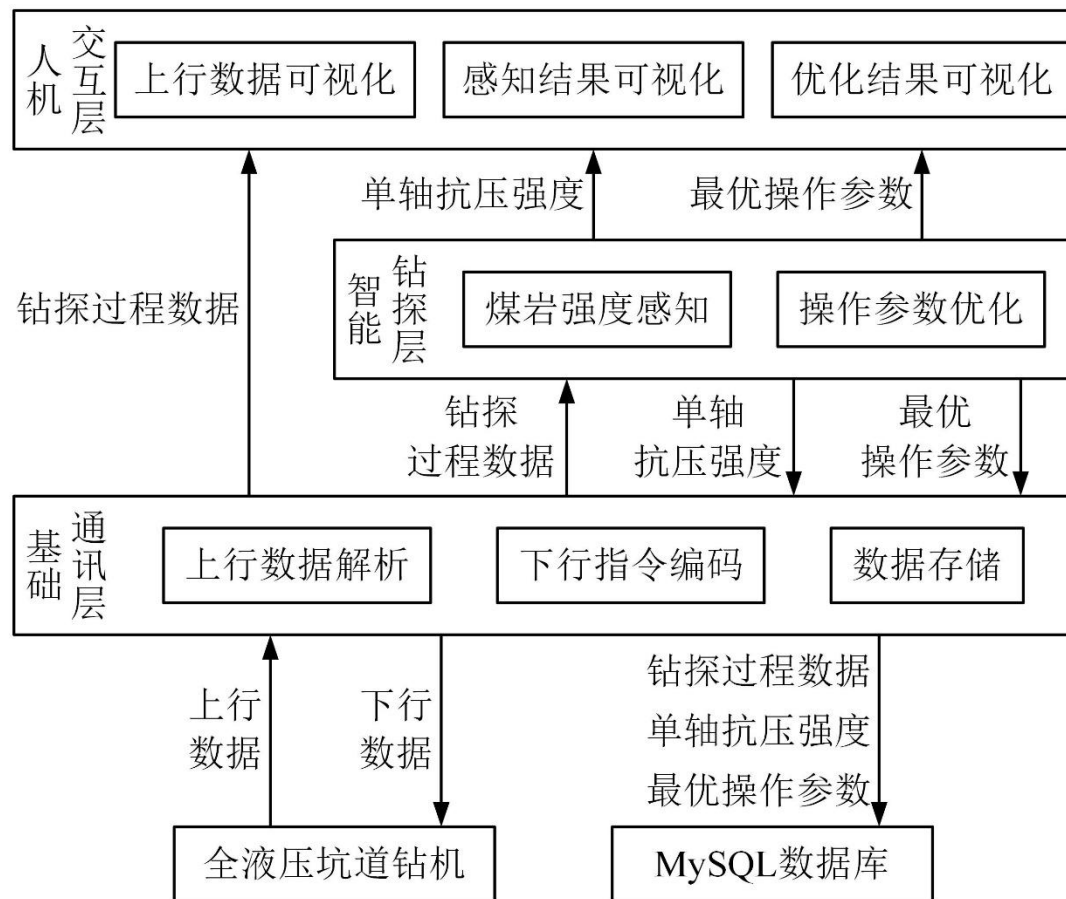


图9 操作参数优化系统的程序架构

第四部分



下一步研究计划

➤ 研究进度安排

- 2025.04.02~2025.04.30 模糊推理系统实现与仿真
- 2025.05.01~2025.05.10 完成仿真实验和现场实验验证
- 2025.05.11~2025.05.25 撰写毕业论文，完成毕业设计验收
- 2025.05.26~2025.06.06 完善毕业论文研究工作，制作毕业论文、汇报PPT并答辩

谢谢
恳请老师批评指正！