

# 深度探索 deepseek: 窦林名教授提出的动静载叠加诱冲机理

窦林名教授是我国冲击地压防治领域的权威专家，其提出的\*\*“动静载叠加诱冲机理”\*\*是煤矿冲击地压防控理论的核心突破之一。该机理系统揭示了静载荷与动载荷耦合作用下岩体失稳的物理本质，为深部矿山开采安全提供了重要的理论支撑和技术指导。以下从理论背景、核心观点、应用实践及学术影响四个方面展开阐述。

## 一、理论背景与学术定位

窦林名教授团队长期致力于煤矿冲击地压研究。随着我国煤矿开采深度增加（部分矿井超过 1500 米），高地应力（静载）与采掘扰动（动载）的耦合作用导致冲击地压频发，传统单一载荷理论难以解释复杂灾变机制。基于此，窦教授突破静态力学分析框架，创新性提出\*\*“动静载叠加诱发冲击”\*\*的核心假说，将静载（原岩应力、构造应力）与动载（采动应力波、爆破振动）的时空耦合效应纳入统一分析体系，填补了该领域理论空白。

## 二、理论核心观点

### 1. “三要素”诱冲条件模型

窦教授提出冲击地压发生的三大必要条件：

- **静载能量积聚**：煤岩体处于高静载应力状态，储存大量弹性应变能；
- **动载扰动触发**：采掘、爆破等动载扰动打破原有应力平衡，引发能量释放；
- **介质强度弱化**：煤岩体因裂隙发育或物理损伤导致承载能力下降。

三者缺一不可，且相互作用形成“能量-扰动-介质”的连锁反应链。

### 2. 动静载耦合的临界判据

通过实验室真三轴试验与现场监测，窦教授团队建立了“静载应力阈值-动载扰动强度”临界曲线：

当静载应力超过煤岩体强度的 70% 时，微小动载扰动（如应力波动  $\geq 5$  MPa）即可诱发冲击；

若静载接近强度极限（ $>90\%$ ），动载扰动甚至可能引发“无预警”冲击地压。

### 3. 应力波传播与能量释放机制

**动载扰动波**（如掘进机震动）在煤岩体中传播时，与静载应力场叠加形成局部超高压应力区；

能量释放呈现“链式反应”特征：微破裂产生应力波  $\rightarrow$  波阵面扩展新裂隙  $\rightarrow$  裂隙群贯通导致宏观破坏。

## 三、工程应用与技术创新

### 1. 冲击危险性的“分源量化评价”方法

- **静载源评估**：采用地应力反演技术，绘制采区静载应力分布云图；

- **动载源监测**：通过微震系统实时捕捉采掘扰动能量（单位：J），划分动载危险等级；

- **综合预警模型**：建立“静载应力比-动载扰动能-电磁辐射强度”多参数预警指标，准确率提升至 85% 以上。

## 2. “主动卸压-动态调控”防控技术

- **静载卸压**：定向水力压裂、大直径钻孔卸压，降低煤体静载应力至临界值以下；

- **动载调控**：优化采掘工艺（如控制推进速度）、采用低扰动爆破技术，限制动载扰动强度；

- **案例**：山东华丰煤矿应用该技术后，冲击地压事件减少 72%，成为行业标杆。

## 四、学术影响与理论发展

### 1. 理论体系拓展

窦教授团队进一步提出“多场耦合诱冲理论”，将渗流场（瓦斯压力）、温度场（深部地温）纳入分析框架，揭示“应力-瓦斯-温度”协同诱冲机制。

### 2. 技术标准制定

基于该机理编制的《煤矿冲击地压防治细则》被纳入国家安全生产标准，指导全国煤矿冲击地压防治工作。

### 3. 国际认可

相关成果发表于《International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences》《岩石力学与工程学报》等顶级期刊，被美国、澳大利亚学者称为“窦氏模型”(Dou's Model)。

## 五、挑战与未来方向

### 1. 深部复杂条件适用性

- 当前理论在千米以深、强构造应力区的预测精度有待提升；
- 亟需开发“地质-开采-应力”全要素耦合数值模型。

### 2. 智能化防控

- 结合 AI 算法（如深度学习）实现动静载信号的实时反演与预警；
- 研发自适应卸压机器人、智能吸能支护装备。

## 结语

窦林名教授的“动静载叠加诱冲机理”不仅是冲击地压防治的理论基石，更推动了矿山力学从静态分析向动态耦合研究的范式转变。该理论的成功实践表明，工程灾害防控需从“被动防御”转向“主动调控”，为深部资源安全开采提供了中国方案。未来，随着智能化技术与多学科交叉融合，这一理论有望在隧道工程、页岩气开发等领域发挥更广泛的作用。