

# Discussion on the Mechanism of Lagging Water Inrush in Mine

Rongmao Lu

China Coal and Hydrological Bureau Eco-Environmental Engineering Co., Ltd., Nanchong, Sichuan, 637716, China

## Abstract

The problem of delayed water inrush in coal mine has always been a hidden danger in coal mining. Combined with the author's engineering experience, this paper discusses the mechanism of delayed water inrush in coal mine. Firstly, it introduces the research results of mine lag, and comes to the conclusion that most of the research contents do not consider the time factor of lag water inrush. Then, the mechanism of delayed water inrush from faults and the mechanism of delayed water inrush activation from collapse columns are discussed respectively. Finally, combined with the existing water control technology, the prevention and treatment measures of fault lag water inrush and collapse column lag water inrush are analyzed.

## Keywords

delayed water inrush; fault activation; collapse column activation; key technology for treatment

## 矿井滞后突水机理探讨

卢荣茂

中煤水文局生态环境工程有限公司, 中国·四川南充 637716

## 摘要

矿井滞后突水问题一直是煤矿采掘工作的隐患问题, 结合笔者工程经验, 论文对矿井滞后突水机理进行探讨。首先, 介绍了目前在矿井滞后方面研究成果, 并得出大部分研究内容未考虑滞后突水的时间因素; 其次, 分别讨论了断层滞后突水机理和陷落柱滞后突水活化机理; 最后, 结合现有防治水技术分析断层滞后突水及陷落柱滞后突水预防及治理措施。

## 关键词

滞后突水; 断层活化; 陷落柱活化; 治理关键技术

## 1 引言

采矿过程矿井突水一直严重威胁采矿工作的顺利进行, 一旦发生突水事故, 给矿上经济和人员健康带来严重损失。矿井突水主要是顶底板及老空突水。现阶段, 矿井滞后突水问题已经发展为煤矿突水事故的主要问题, 尤其是深部煤炭资源的开采, 滞后突水问题愈发突出。掌握滞后突水机理, 同时有效预防和治理矿井滞后突水问题是目前急需解决的问题。

## 2 研究现状

矿井滞后突水是指煤矿在开采时并未发生突水, 开采后某一时刻发生突水的现象, 称为矿井滞后突水。

煤矿滞后突水, 是原来的隔水断层活化成为导水断层<sup>[1]</sup>

**【基金项目】**中国煤炭地质总局科技创新资助项目(项目编号: ZMKJ-2020-J05)。

**【作者简介】**卢荣茂(1966-), 男, 中国湖南浏阳人, 从事水文地质工程地质环境地质研究。

或者原来没水的陷落柱在某一时刻突然导通, 发生突水事故。

目前研究断层和陷落柱突水的文章很多, 但很少有专门讨论矿井滞后突水的研究。在采矿过程中, 安全生产一直是重中之重, 矿井防治水工作自然也需要一直围绕矿业生产。现阶段的矿井防治水理论已经比较成熟, 从突水机理到防治水治理, 在中国已经形成一套完整的技术体系, 并且可以应对大部分的突水现象<sup>[2]</sup>。但是由于水文地质条件的复杂性, 共性问题的基础上也会存在个性差异。考虑到时间因素的影响, 很多矿区都或多或少遇到滞后突水的问题, 比如某矿, 由于开采作用, 某工作面开始突水, 前期涌水量为 50m<sup>3</sup>/s, 2h 后水量达到 150m<sup>3</sup>/s, 这就是一种滞后突水现象。还有些矿区, 在开采初期并没有涌水, 随着巷道的反复穿插, 开始出现涌水现象。

现阶段, 对于矿区的突水, 从理论, 到勘察手段, 到防治水技术研究成果颇丰。但并未考虑到具体滞后突水的时间影响。在滞后突水方面的研究, 时间是很重要的因素, 考虑时间变量拟合突水曲线, 是矿井滞后突水的重点。也是目前矿井水害防治亟待解决的问题。

### 3 断层滞后突水

#### 3.1 断层滞后突水机理

断层活化导水是断层滞后突水的根本原因, 具有较大的不可预测性, 也更易造成灾难, 是地下工程重大威胁。为此, 相关研究人员进行了深入研究。认为当断层面的切应力大于断层面的抗剪强度时, 断层上下盘会产生相对运动, 促使断层导水怕<sup>[3]</sup>。从裂隙渗流理论考虑采动附加应力导致导水裂隙带内地下水与断层面的法向应力失衡是不导水断层活化导水的诱因, 是断层活化导水的必要条件<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 断层滞后突水导致煤层顶板突水

断层导致煤层顶板突水有两方面因素: 一是断层本身活化导水; 二是断层存在导致导水裂隙带高度增加, 破坏隔水层导通含水层, 导致矿井突水。

李辉<sup>[5]</sup>等人以南方塘冲煤矿为例, 分析了由断层引发的顶板岩溶水的突水机理, 塘冲煤矿顶板岩溶水在煤层上方 90~100m, 其下有 10~30m 厚的隔水层, 突水事故在一般情况下是难以发生的。而此次由于断层的作用诱发了突水事故, 说明断层的作用不只是自身导水, 还可能破坏采场围岩承载结构, 引起上覆岩层失稳而发生突水事故。

#### 3.3 断层滞后突水导致煤层底板突水

断层导致煤层底板突水, 主要是大矿区深部开采, 承压奥灰水导通断层发生突水。底板突水有两方面因素: 一是断层本身活化导水; 二是由于断层的存在导致底板岩性破坏受力程度降低, 破坏带深度增加, 可能导通含水层。

李凯<sup>[6]</sup>等以中国徐州某矿不导水断层为例, 采用多场耦合数值模拟, 推断开采条件下深部煤层断层活化, 导致突水。在矿业开采推进过程中, 断层带内应力集中影响区不断向断层上部移动; 随着采场的推进, 断层活化区域由底部不断向上扩展, 当断层活化区域与采场底板的塑性破坏区相连时, 对于含水断层即形成导水通道, 奥陶系高压水沿断层面发生渗流突变, 引发底板突水事故。

### 4 陷落柱滞后突水

#### 4.1 陷落柱滞后突水机理

陷落柱是一种特殊类型的埋藏型岩溶, 它的形成是由于岩溶性岩体因水溶作用塌陷破坏形成的, 陷落柱成为垂向导水通道需具备 3 个基本条件: ①该陷落柱所处地段岩溶含水层富水; ②要有一定的水头压力; ③陷落柱体胶结不良、导水性好<sup>[7]</sup>。实例表明, 采掘工程接近强含水岩溶陷落柱, 如果不能有效控制沟通强含水岩溶陷落柱的涌水钻孔, 或者人为反复地钻探破坏了强含水岩溶陷落柱的围岩区, 在水流冲刷和其他因素的综合作用下, 陷落柱围岩应力场发生变化, 应力骤降带范围扩大, 围岩导水性增强, 阻止和限制地下水流动能力减弱, 从而形成突水通道引发突水。

#### 4.2 采矿活动对陷落柱滞后突水的影响

由于地质构造的影响, 陷落柱内的水平应力和垂直应力均小于正常的地应力。陷落柱的下部充填好、充填物的胶结程度高, 垂向应力等值线在陷落柱附近从上至下呈现漏斗状分布, 并且陷落柱上部垂直应力小于下部。工作面的回采使应力重新分布, 在工作面前方形成了应力集中, 在顶板和底板中形成了卸压区。受采动影响陷落柱中水平径向应力小于正常地应力, 水平切向应力大于正常的地应力。由于上述问题的存在, 随着采掘工作面的进行, 煤壁前方塑性区和陷落柱的裂隙带和破碎带叠加, 此时导水通道已经形成, 如果同时具备岩溶含水层富水并形成水头压力就会发生陷落柱突水事故。

当考虑充水因素时<sup>[8]</sup>, 陷落柱渗透区的塑性破坏范围增大, 充水陷落柱周边发育有塑性破坏区和渗透区域, 塑性破坏区发育不太规则, 渗透区域由下向上逐渐变大更容易导致陷落柱突水。当工作面回采对陷落柱产生扰动时, 随着充水水压增大, 其对陷落柱本身的泥化带、裂隙带和破碎带的宽度都有很大的增加, 有效的隔水带减少。充水陷落柱较不充水的危害要大得多, 即使是较小的采动影响也能够对陷落柱产生较大的活化作用。

采矿过程对充水陷落柱破坏的实质是陷落柱在采动应力场和渗流场的相互作用下, 渗流压力引起陷落柱围岩产生应变, 同时采掘工作形成的应变也同样会引起渗流系数的变化。并且, 渗流场和应力场自身随时间、空间发生变化, 且两者相互作用处于一种复杂动态变化过程中。

### 5 预防及治理措施

#### 5.1 断层滞后突水治理

断层突水主要取决于 3 个方面的因素: 一是丰富的地下水的存在是造成底板突水的物质基础; 二是矿山压力和水压力的共同作用是造成底板突水的动力源; 三是断层及采矿裂隙的存在是造成底板突水的通道。因此, 只要减弱含水层的富水性、降低造成突水的力源、堵塞或避开突水的通道, 就可以大大减少底板突水的概率。减弱含水层富水性的主要技术方法是对煤层底板直接突水的含水层进行注浆改造, 使其在有可能突水的地段变为弱含水层或隔水层; 降低突水力源的主要技术方法是采用“双降”, 即降低矿山压力和水头压力, 避开突水的通道的技术方法是留足防水煤柱; 堵塞突水通道的技术方法是注浆加固充填导水断层和裂隙<sup>[9]</sup>。具体措施包括: ①底板含水层注浆改造; ②减小采厚(减小开采引起裂隙带高度); ③降低矿山压力; ④降低水头压力; ⑤留足断层防水煤柱; ⑥对断层加强探查。

#### 5.2 陷落柱滞后突水治理

陷落柱突水的预防工作主要是留防水煤柱, 同时采用超

前探测查<sup>[10]</sup>，查明陷落柱的存在，并尽量避免接触。在目前的回采工艺和技术条件下，注浆封堵是对陷落柱突水效果最好的治理措施，中国诸多矿区的生产实践也充分证明了这一点。具体措施包括<sup>[11]</sup>：①巷道截流技术（适用于独头巷道内突水事故）；②“止水塞”技术（适用于准确掌握了陷落柱范围和位置的突水情况）；③“三段式”堵水技术（根据陷落柱内部特征人为的划分为三段，本质是“止水塞”技术的细化，效果好，节约治理成本）；④返流注浆技术（已初步控制陷落柱突水，未明确陷落柱范围，可继续打钻孔加速封堵）；⑤留足防水煤柱。

## 6 结语

①论文分析了矿井滞后突水研究现状，并对矿井滞后突水做了定义，提出深入研究滞后突水的时间因素优点可以在最短时间内预测突水可能，尽早治理可节约大量的经济成本，可以合理计算突水淹井时间。在原有计算时间的基础上，可增加灾害发生时间，为人员安全及提早部署赢得宝贵时间。

②讨论了活化断层的滞后突水机理。由于开采工作的进行，导致矿压改变，原隔水断层活化导水。同时，由于断层的存在，岩层的结构和力学性质改变，在煤层顶板增加了开采裂隙带高度，更容易破坏隔水层导通含水层引发突水事故；在煤层底板，开采破坏带深度增加，有可能导通奥灰水，诱发突水事故，一般发生在大水矿区。

③讨论了陷落柱活化导水突水机理。由于采矿活动影响，随着采掘工作面的进行，煤壁前方塑性区和陷落柱的裂隙带和破碎带叠加，此时导水通道已经形成。由于充水陷落柱周边发育有塑性破坏区和渗透区域，塑性破坏区发育不太规则，

渗透区域由下向上逐渐变大更容易导致陷落柱突水。

④结合上述滞后突水机理和现有防治水手段，分别总结了断层突水和陷落柱突水预防及治理技术。

## 参考文献

- [1] 王壹,杨伟峰,李明,等.采动断层活化引发突水机理研究[J].煤炭工程,2011(8):90-92.
- [2] 刘兴和.综放工作面过陷落柱注浆加固技术研究[J].能源与节能,2017(1):121-123.
- [3] 朱砚秋,杨力.采动诱发断层活化规律的试验研究[J].煤矿安全,2017,48(4):29-31.
- [4] 许进鹏,张福成,桂辉,等.采动断层活化导水特征分析与实验研究[J].中国矿业大学学报,2012(3):415-419.
- [5] 李辉,彭刚,彭文庆.断层活化引发顶板岩溶水突水机理分析[J].煤矿现代化,2009(4):126-128.
- [6] 李凯,茅献彪,陈龙,等.采动对承压底板断层活化及突水危险性的影响分析[J].力学季报,2011,32(2):261-268.
- [7] 李振华,谢晖,李见波,等.采动影响陷落柱活化导水规律试验研究[J].中南大学学报(自然科学版),2014(45):4377-4382.
- [8] 王家臣,杨胜利.采动影响对陷落柱活化导水机理数值模拟研究[J].采矿与安全工程学报,2009(2):140-143.
- [9] 王则才.肥城煤田断层突水及防治方法[J].煤田地质与勘探,2005,33(21):86-89.
- [10] 于绍波,李昭水,姜化举,等.采煤工作面内隐伏陷落柱的综合探测与治理技术[J].矿业安全与环保,2017,44(1):91-94.
- [11] 张晓峰.综放工作面过陷落柱突水机理及防治技术研究[J].煤矿现代化,2017(2):26-32.