

# Analysis of the Formation Mechanism of Water Accumulation in Coal Mining Subsidence Areas with High Groundwater Level

Yi Zhang Yabin Liu

Inner Mongolia Second Hydrogeological Engineering Geological Exploration Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 017000, China

## Abstract

Water accumulation in coal mining subsidence area with high diving level is a common environmental problem faced by coal mining in China, which has a profound impact on local ecological environment, agricultural production and social economy. The paper systematically explores the formation mechanism of water accumulation in high groundwater mining subsidence areas, and combines domestic and foreign research results with field investigation data to conduct in-depth analysis from multiple aspects such as geological conditions, hydrological characteristics, rainfall impact, and groundwater action. Through remote sensing monitoring, numerical simulation, hydrological reasoning and other methods, the key processes and influencing factors of water formation were revealed, and corresponding countermeasures and suggestions were put forward. The research in this paper provides a scientific basis for the comprehensive treatment of water accumulation and ecological restoration in coal mining subsidence area with high diving level.

## Keywords

coal mining subsidence area; ponding; control

## 高潜水位采煤沉陷区积水形成机理浅析

张毅 刘雅彬

内蒙古第二水文地质工程地质勘察有限责任公司, 中国·内蒙古·鄂尔多斯 017000

## 摘要

高潜水位采煤沉陷区积水问题是中国煤炭开采普遍面临的环境难题, 对当地生态环境、农业生产和社会经济造成了深远影响。论文系统探讨了高潜水位采煤沉陷区积水的形成机理, 结合国内外研究成果与实地调查数据, 从地质条件、水文特征、降雨影响、地下水作用等多个方面进行了深入分析。通过遥感监测、数值模拟、水文推理等方法, 揭示了积水形成的关键过程和影响因素, 并提出了相应的治理对策和建议。论文的研究为高潜水位采煤沉陷区积水的综合治理与生态恢复提供了科学依据。

## 关键词

采煤沉陷区; 积水; 治理

## 1 概述

### 1.1 研究背景

煤炭作为中国主要的能源资源, 在能源消费结构中占据重要地位。然而, 煤炭开采过程中不可避免地会对地表环境造成破坏, 尤其是在高潜水位矿区, 由于地下潜水位高、松散层厚、下沉系数大, 开采后易形成采煤沉陷区, 并伴随大面积积水现象。这些积水区不仅占用了宝贵的土地资源, 还严重影响了当地的生态环境和农业生产, 给当地社会经济

带来了巨大压力。

### 1.2 研究意义

研究高潜水位采煤沉陷区积水的形成机理, 对于制定有效的治理措施、促进生态恢复、保障农业生产和维护社会稳定具有重要意义。论文旨在通过深入分析积水形成的各种因素和作用机制, 为沉陷区治理提供科学依据和技术支持。

## 2 高潜水位采煤沉陷区的形成

### 2.1 地质条件

高潜水位采煤沉陷区的形成与地质条件密切相关。这些地区通常具有较厚的松散层, 如第四纪沉积物, 且地下潜水位较高。煤炭开采后, 采空区上方岩体失去支撑, 发生应力重新分布和变形, 导致地表塌陷和沉陷盆地的形成。

【作者简介】张毅(1984-), 男, 中国陕西咸阳人, 高级工程师, 从事矿区水文地质、矿井防治水、地下水及地热资源勘查评价等研究。

## 2.2 采煤过程与沉陷机制

采煤过程中,随着工作面的不断推进,采空区逐渐扩大。在采空区上方,岩体受到拉应力和剪应力的作用,发生倾斜、弯曲、下沉等变形<sup>[1]</sup>。这些变形最终形成一个比采空区范围更大的地表下沉盆地。同时,地下水在采空区塌陷后重新分布,与地表水汇聚形成积水。

## 3 积水形成机理分析

### 3.1 地下水的作用

地下水是高潜水位采煤沉陷区积水形成的重要因素之一。在地势平缓的采煤区域,浅层地下水径流微弱,开采后形成的采空区容易成为地下水汇集的场所。地下水通过裂缝、孔隙等通道进入采空区,并在塌陷后形成积水。此外,地下水还通过蒸发、渗透等方式影响地表水的分布和循环,进一步加剧积水现象。

#### 3.1.1 地下水补给机制

地下水对沉陷区积水的补给机制复杂多样。一方面,当地降水通过地表入渗补给地下水;另一方面,地下水在水平方向上也可能发生侧向补给。在采煤沉陷区,由于地表塌陷和裂缝的形成,地下水更容易通过这些通道进入沉陷区。同时,地下水的动态变化也受到降雨、蒸发、开采活动等多种因素的影响<sup>[2]</sup>。

#### 3.1.2 地下水与积水的相互作用

地下水与沉陷区积水之间存在明显的相互作用关系。在汛期,当地表水位高于地下水位时,积水通过渗透作用补给地下水;在非汛期,当地下水位高于地表水位时,地下水则通过侧向补给或垂直渗流作用补给积水区。这种相互作用关系不仅影响积水量的变化,还可能导致地下水位的波动和地下水质的恶化<sup>[3]</sup>。

### 3.2 地表水的作用

地表水也是高潜水位采煤沉陷区积水的重要来源之一。当地降水、河流、湖泊等地表水体通过渗透、径流等方式进入沉陷区,增加了积水的量。尤其是在雨季,大量降水迅速汇集到沉陷区,导致积水面积和深度显著增加。

#### 3.2.1 地表水入渗机制

地表水入渗是沉陷区积水形成的主要途径之一。在降雨过程中,部分雨水通过地表裂缝、孔隙等通道直接渗入地下;另一部分雨水则在地表形成径流,通过土壤层的渗透作用进入地下水系统。入渗量的多少取决于土壤性质、植被覆盖、地形地貌等多种因素<sup>[4]</sup>。

#### 3.2.2 地表水与积水的相互作用

地表水与沉陷区积水之间存在密切的相互作用关系。一方面,地表水通过入渗作用补给积水区;另一方面,积水区的水位变化也会影响地表水的流动和分布。在积水面积较大时,积水区可能形成独立的水体系统,对周边地表水产生一定的拦截和调节作用。

### 3.3 降雨的影响

降雨是高潜水位采煤沉陷区积水形成的重要触发和加

剧因素。降雨量的多少、降雨强度的大小、降雨历时以及降雨的季节性分布均对积水形成产生显著影响。

#### 3.3.1 降雨量的影响

降雨量直接影响地表径流和地下水的补给量。在降雨量较大的季节,如夏季汛期,大量雨水迅速汇集到地表,通过裂缝、孔隙等通道快速渗入地下,增加地下水的水量,进而加剧沉陷区的积水现象。此外,降雨还通过增加地表水体(如河流、湖泊)的水量,提高地表水位,使地表水更容易通过渗透或漫流进入沉陷区。

#### 3.3.2 降雨强度的影响

降雨强度也是影响积水形成的重要因素。高强度降雨导致地表径流速度加快,雨水在较短时间内大量汇入地表水体和地下含水层,增加了地下水的补给速度和补给量。同时,高强度降雨还可能引发地表滑坡、泥石流等地质灾害,进一步破坏地表结构,加剧沉陷区的积水问题。

#### 3.3.3 降雨历时的影响

降雨历时对积水形成的影响主要体现在降雨过程的持续性和累积效应上。长时间的连续降雨会导致土壤水分饱和和度增加,降低土壤的入渗能力,使更多雨水在地表形成径流。此外,长时间的降雨还可能引发地下水位上升,增加地下水对沉陷区的补给量,从而加剧积水现象。

### 3.4 其他因素

除了地下水、地表水和降雨外,还有一些其他因素也影响高潜水位采煤沉陷区积水的形成。

#### 3.4.1 土壤性质

土壤性质对地表水的入渗和地下水的分布具有重要影响。不同土壤类型的渗透性、持水性和保水性存在差异,导致土壤对水分的吸收和储存能力不同。在高潜水位采煤沉陷区,土壤性质的变化可能加剧或减缓积水的形成过程。

#### 3.4.2 植被覆盖

植被覆盖对地表径流和土壤侵蚀具有显著影响。植被良好的地区,地表径流速度较慢,土壤侵蚀较轻,有利于地表水的入渗和地下水的补给。相反,植被稀疏或裸露的地区,地表径流速度较快,土壤侵蚀严重,容易加剧沉陷区的积水问题。

#### 3.4.3 地形地貌

地形地貌是影响积水形成和分布的重要因素之一。在高潜水位采煤沉陷区,地形地貌的复杂性可能导致积水的空间分布不均。例如,在低洼地带或汇水区域,由于地势较低且排水不畅,容易形成积水区;而在地势较高或排水条件较好的区域,则积水现象相对较轻。

## 4 积水范围动态演化规律

### 4.1 演化阶段

高潜水位采煤沉陷区地表积水演化一般经历未形成期、同步增长期、残余增长期和相对稳定期四个阶段<sup>[5,6]</sup>。

①未形成期:采空区尚未发生明显塌陷,积水现象不明显。②同步增长期:随着工作面的推进和采空区的扩大,塌陷和积水现象同步发展,积水面积迅速增加。③残余增长

期：工作面推进距离对积水面积日增长量的影响逐渐减弱，但积水面积仍继续增加，但增长速度放缓。④相对稳定期：积水面积趋于稳定，积水边界角趋于 $90^\circ$ ，积水区形成较为稳定的水体系统。

## 4.2 影响因素

积水范围的动态演化受到多种因素的影响，主要包括工作面推进距离、净降水量、地下水埋深等。

①工作面推进距离：是影响积水范围演化的关键因素。在同步增长期和残余增长期，工作面推进距离与积水面积日增长量呈正相关关系。②净降水量：是影响积水量的直接因素。在降水量较大的季节，积水面积和深度显著增加。③地下水埋深：影响地下水对积水的补给速度和补给量。地下水埋深较浅时，地下水更容易补给积水区；地下水埋深较深时，补给速度相对较慢。

## 5 监测与治理

### 5.1 监测

#### 5.1.1 监测方法

高潜水位采煤沉陷区积水监测与治理是一个复杂而重要的课题，它涉及地质、水文、生态等多个领域。以下是对该问题的详细分析：

##### ①遥感监测。

技术特点：遥感技术具有覆盖范围广、监测周期短、数据获取快等优点，是高潜水位采煤沉陷区积水监测的重要手段<sup>[7]</sup>。

应用实例：通过卫星遥感影像和无人机拍摄的高分辨率图像，可以定期监测沉陷区的积水范围、面积变化等信息。这种方法能够直观展示积水的空间分布和动态变化。

##### ②地面观测。

技术特点：地面观测能够提供更为精确和详细的积水数据，包括水深、水质等参数。

实施方式：在沉陷区内设立观测站点，定期测量积水面积、水深等，并收集水样进行水质分析。同时，可以结合水文地质调查数据，深入分析积水的成因和演化规律。

##### ③综合监测技术。

为了实现更全面的监测，可以将遥感监测与地面观测相结合，形成综合监测体系。此外，还可以引入 InSAR（合成孔径雷达干涉测量）技术和无人机激光雷达系统等先进技术，提高监测的精度和效率。

#### 5.1.2 监测内容

①积水范围与面积：定期监测积水的空间分布和面积变化，评估积水的严重程度和发展趋势。②水深与水质：测量积水的水深，并收集水样进行水质分析，了解积水的污染状况和生态影响。③地下水位：监测地下水位的变化情况，分析地下水对积水形成和演化的影响。

### 5.2 高潜水位采煤沉陷区积水治理

#### 5.2.1 治理原则

①科学规划：根据沉陷区的实际情况和治理目标，制

定科学合理的治理方案。②综合治理：采取多种治理措施相结合的方法，实现积水的有效控制和生态环境的恢复。③注重生态：在治理过程中注重生态保护，避免对周边环境造成二次污染或破坏。

#### 5.2.2 治理措施

##### ①排水疏干。

方法：通过建设排水系统或利用自然地形条件，将积水排出沉陷区外。

注意事项：在排水过程中要注意控制排水速度和排水量，避免对周边环境和生态系统造成不利影响。

##### ②生态修复。

方法：利用生态工程技术对沉陷区进行生态修复，如种植水生植物、构建湿地生态系统等。

效果：生态修复能够改善沉陷区的生态环境质量，提高生物多样性，同时发挥湿地的生态服务功能。

##### ③土地利用调整。

方法：根据沉陷区的实际情况和治理目标，调整土地利用方式，如将沉陷区改造为水库、湿地公园等。

效益：土地利用调整能够实现土地资源的合理利用和经济效益的最大化。

##### ④源头治理。

方法：通过改进开采工艺、采用充填开采等方式减少地表沉陷和积水现象的发生。

效果：源头治理是预防积水形成的有效手段之一，能够从根本上减少沉陷区的积水量和积水面积。

## 6 结语

高潜水位采煤沉陷区积水形成是一个复杂的地质水文过程，涉及开采沉陷、地下水文条件、地表水和降雨等多种因素。

积水形成机理的研究对于制定有效的监测和治理措施具有重要意义。通过科学合理的监测方法和治理措施相结合的方法，可以实现积水的有效控制和生态环境的恢复。

以上结论基于对相关文献和研究成果的综合分析，旨在为高潜水位采煤沉陷区积水的监测和治理提供科学依据。

### 参考文献

- [1] 康红普,徐刚,王彪,等.我国煤炭开采与岩层控制技术发展40a及展望[J].煤矿开采,2019,1(2):1-33.
- [2] 陆春辉,徐舫,陈永春,等.采煤沉陷积水与浅层地下水水资源转化研究[J].水科学与工程,2016(6):39-42.
- [3] 陆垂裕,陆春辉,李慧,等.淮南采煤沉陷区积水过程地下水作用机制[J].农业工程学报,2015,31(10):122-130.
- [4] 黄鹤湾,姬晓轩,扈剑,等.高潜水位采煤沉陷区地表水与地下水水力联系探析[J].人民黄河,2024,46(S1):66-67.
- [5] 孙茹,朱晓峻,张鹏飞,等.高潜水位采煤沉陷区积水时空演化特征研究[J].煤炭科学技术,2022,50(12):215-224.
- [6] 陈骁谢,张文涛,朱晓峻,等.高潜水位采煤沉陷区积水范围动态演化规律[J].煤田地质与勘探,2020,48(2):126-133.
- [7] 魏矿灵,王启春,郭广礼,等.利用遥感数据监测矿区开采沉陷积水变化[J].煤矿安全,2014,45(1):13-16.