

# 煤田水文地质条件评价与矿井水害防控技术研究

王国章

阜新矿业（集团）有限责任公司恒大煤矿

DOI:10.32629/gmsm.v9i3.2494

**[摘要]** 煤炭在我国能源格局中的地位短期内难以撼动,安全高效地把煤采出来,始终是绕不开的现实课题。本文围绕煤田水文地质条件的分类评价展开,把孔隙充水、裂隙充水、岩溶充水三大类矿床的勘查要点和评价准则捋了一遍,同时对“查探放排堵截”六位一体的防控技术做了较为系统的梳理。

**[关键词]** 煤田水文地质; 条件评价; 矿井水害; 防控技术; 综合探查; GIS分析

中图分类号: F407.1 文献标识码: A

## Evaluation of Coal Field Hydrogeological Conditions and Research on Mine Water Hazard Prevention and Control Technology

Guozhang Wang

Fuxin Mining (Group) Co., Ltd. Hengda Coal Mine, Fuxin City

**[Abstract]** The position of coal in China's energy structure is difficult to shake in the short term. Safely and efficiently extracting coal remains an unavoidable practical challenge. This paper focuses on the classified evaluation of coal field hydrogeological conditions, reviewing the exploration essentials and evaluation criteria for three major types of deposits—pore-water-filled, fracture-water-filled, and karst-water-filled—while systematically sorting out the six-in-one prevention and control technology of “exploration, detection, drainage, discharge, blocking, and interception.”

**[Key words]** Coal field hydrogeology; Condition evaluation; Mine water hazard; Prevention and control technology; Integrated exploration; GIS analysis

### 1 引言

煤是我国的主体能源,这一点在相当长的时期内不会改变,采煤安不安全,直接关系到国计民生。但矿井水害这个东西,就像藏在地层深处的暗流,你不知道它什么时候会冒出来。有一个数据值得警醒:近些年煤矿重大事故里头,水害事故的占比非常高,死亡人数甚至一度超过了瓦斯事故,水害可以说是名副其实的煤矿第二大灾害。华北型煤田底板奥灰水突水、陕北侏罗纪煤田烧变岩溃水溃沙、老空水淹井、顶板砂岩水害,等等。<sup>[1]</sup>

为什么水害老是出?是对水文地质条件认识不到位,还是探查手段跟不上,防控体系有漏洞。有些煤矿对周边老窑、塌陷区的积水情况根本没搞清楚,隐蔽致灾因素普查流于形式,探放水作业弄虚作假的风险也确实存在。再加上矿井越打越深,承压水头越来越高,导水裂隙带往上发育得越来越厉害,水害威胁不是线性增长,而是在加速。这种情况下,把煤田水文地质条件的评价做扎实,把水害防控技术研究往深里推,已经不是可做可不做了,而是必须马上干的事。

### 2 煤田水文地质条件分类与评价体系

#### 2.1 煤田水文地质条件分类

要防住水害,第一步就得把水文地质条件搞明白、分清楚。我国煤田分布太广了,各地条件差异很大,不建立一套分类框架,防治工作就没法有针对性地开展。按照直接充水含水层的含水空间特征,煤矿床水文地质勘查通常划分成三大基本类型。

孔隙充水矿床,含水层主要是松散沉积物和砂岩,水存在岩石颗粒之间的孔隙里。水量大不大,跟含水层厚度、粒度、分选性、胶结程度都有关系。北方石炭二叠纪煤田和南方新生代煤田比较多见这一类。裂隙充水矿床靠的是基岩裂隙导水,水储存在节理、层理和构造裂隙中,水量多少主要看裂隙发育程度和连通性怎么样,华北型煤田和西南高瓦斯煤田多属于这种。岩溶充水矿床最麻烦,储水空间是碳酸盐岩里的岩溶裂隙和溶洞,地下水赋存条件特别复杂,水量可能很大也可能不大,但一旦来水就是突发性的,华北奥陶系灰岩地区最常见,也最危险。<sup>[2]</sup>

在这三大类基础上,岩溶充水矿床还可以按充水方式再分:顶板进水为主和底板进水为主。顶板进水多发生在煤系上面有石灰岩的地方,开采导致导水裂隙带把上部岩溶含水层沟通了,水就从顶上灌下来。底板进水则常见于底板奥灰水突水区域,

高水头承压水顺着底板断裂带和岩溶管道冲进矿井,破坏力比顶板进水大得多。另外,根据直接充水含水层的富水性、补给条件,再结合煤层和当地侵蚀基准面的关系,还可以把各类矿床分成简单、中等、复杂、极复杂四个等级。简单型的矿井涌水量小而且稳定,极复杂型的就头疼了,多层含水层叠加、断裂导通、岩溶发育,好几重威胁凑在一起,是防治水工作最需要下功夫的地方。

## 2.2 煤田水文地质评价体系

### 2.2.1 孔隙充水矿床评价要点

这类矿床要重点弄清楚含水层的成因类型、分布范围、岩性厚度、结构粒度、胶结程度以及富水性和渗透性,同时还要评价流沙层能不能疏干、地表水对开采有多大影响。含水层成因类型不一样,空间展布规律和补给来源就不一样。比如冲积层孔隙水跟河流补给关系密切,基岩风化带孔隙水则主要靠降雨入渗,两者富水特征差别挺大的。岩性厚度是衡量储水能力的基本参数,砂砾石层的含水能力明显高于粉砂和粘土互层。<sup>[3]</sup>粒度和胶结程度直接决定渗透系数——分选好、胶结松的含水层渗透性强,疏干排水相对容易;细粒、胶结致密的就难办了,常规疏干手段基本不起作用。

### 2.2.2 裂隙充水矿床评价要点

评价这类矿床,核心是把裂隙含水层的裂隙性质、规模、发育程度和分布规律查清楚,同时要关注岩石风化带的深度和风化程度,以及构造破碎带跟各含水层和地表水之间的水力联系。裂隙按成因分为原生和次生两大类,原生的包括层理、节理、劈理,次生的主要是构造应力形成的剪切裂隙和张裂隙。不同性质的裂隙导水能力天差地别——张开型裂隙导水好得多,闭合型的就差很多,充填型裂隙则要看充填物是什么、有多厚。裂隙发育程度可以用线密度和面密度来定量描述,发育越厉害,导水能力越强,矿井涌水量也就越大。

### 2.2.3 岩溶充水矿床评价要点

岩溶充水矿床的评价难度最高。要着重查明岩溶发育跟岩性、构造等因素之间的关系,岩溶在空间上怎么分布、充填了多深多满、富水性如何变化,还要分析疏干排水条件下会不会出现突水突泥和地面塌陷。岩溶发育程度受很多因素制约:可溶性岩石的成分和厚度、构造裂缝的密度和方向、地下水化学性质和循环交替强度等等。一般来说纯灰岩地区岩溶最发育,泥质灰岩和白云岩地区依次递减。构造裂缝给岩溶发育提供了优先通道,沿着主断层和褶皱轴部,岩溶往往最为强烈。

### 2.2.4 含水层富水性与隔水层稳定性评价

含水层富水性是整个评价体系里最关键的量化指标。按钻孔单位涌水量可以分成弱、中等、强、极强四个等级,按天然泉流量也是四级。这个等级直接决定了矿井正常涌水量多大、突水事故可能有多严重,是选排水设备和制定防治水方案的基本依据。弱富水的对矿井充水影响不大,中等富水的采下以后涌水量可能明显增加,强富水和极强富水的就是突水事故的主要水源了,必须拿出专项措施来治。评价富水性的时候不能光看一个

指标,要综合考虑渗透系数、厚度、水头高度和补给条件,不然容易判断失误。

## 3 矿井水害致灾机理与典型特征分析

### 3.1 地表水与含水层充水致灾机理

矿井水害说到底是水文地质条件和采动应力共同作用的结果。地表水从煤层露头或者采动塌陷裂缝灌进矿井,这是浅埋煤层最主要的水害来源。北方不少煤田上覆松散层不厚,河流、水库就在煤层正上方,采动裂缝等于给地表水体开了条路,涌水量跟着降雨强度剧烈波动。煤层上覆含水层的水在浅部开采阶段是主要充水来源,一旦导水裂隙带发育高度把上部强含水层沟通了,静储量瞬间释放,初期涌水量能飙到正常涌水量的好几倍。煤层下伏含水层属于间接充水,它的突水往往带着很高的水头压力,破坏性极强,是深部开采最让人头疼的水害威胁之一。

### 3.2 老空水与底板承压水突水致灾机理

老空水是最隐蔽的威胁。整合矿井里面,周边关掉的小煤矿采掘范围搞不清楚、水文资料缺失,老空积水就那么潜伏在采掘前方。老空水不光水量大,还经常伴着硫化氢之类的有毒气体一起出来,对井下人员来说是复合型的致命威胁。底板承压水突水则是深部开采绕不过去的难题——采掘活动让底板隔水层承受的水压超过了它的临界抗突强度,承压水就沿着裂隙通道把底板突破了,涌进矿井。<sup>[4]</sup>这种突水水压高、水量大、来得猛,几分钟就能把一个采区灌满,防控难度极大。

### 3.3 烧变岩与离层水致灾机理

陕北那边特有的烧变岩水害这几年越来越突出。烧变岩沿着煤层露头区发育,是顶板岩层受热烧结坍塌后形成的特殊地质体,裂隙多、渗透性强、富水性还不均匀,有补给的时候容易形成强富水集中水体,峰值水量极大,边界又复杂,破坏力很强。顶板离层水在采动应力周期性来压的时候突然释放,也是导致工作面涌水量剧烈波动的一个重要原因。总结来看,各类水害有个共同特点——隐蔽性强、时变性明显、突发性突出,必须靠系统化的超前探查理论和方法来应对。

## 4 水害防控技术体系与探查方法

矿井防治水工作有一套被反复验证过的方针:预测预报、有疑必探、先探后掘、先治后采。在这个方针下面,具体实施的是“查探放排堵截”六位一体的综合防控。

### 4.1 防治水工作方针与责任体系

“预测预报、有疑必探、先探后掘、先治后采”这十六个字,是几十年水害防治经验浓缩出来的,构成了煤矿水害防控最基本的准则。在这套方针指导下,“查探放排堵截”六位一体的措施形成了从探测到治理、从排放到封堵的完整链条。

责任体系方面,企业主要负责人是防治水工作第一责任人,对全矿水害防治负总责。总工程师管技术,负责方案审批和技术措施落实。矿井必须配防治水专业技术人员、专业探放水队伍和专用探放水设备,三者缺一不可。水文地质条件复杂和极复杂的矿井要设立专门的防治水机构,配专职副总工程师分管,技术

力量不能打折扣。各级管理人员和作业人员都要接受防治水培训,知道本矿井有什么水害类型、避灾路线怎么走。防治水资金要纳入年度安全投入计划,专款专用,探放水设备更新、水文地质补勘、注浆治理这些钱必须保障到位。责任体系落实不到位,防治水工作就只能是空转,任何一个环节出问题都可能酿成大祸。

#### 4.2 地面与井下防治工程措施

地面防治是第一道防线。井口标高必须高于历年最高洪水位,这是死指标,没得商量。地面上要修截水沟、排水渠、沉淀池这些疏排水设施,把大气降水和地表水挡在外面。矿区里的报废钻孔、地表裂隙要逐一封堵,不能让它们变成地表水入渗的暗道。

井下防治的核心是探放水。探放老空水必须严格走“查全、探清、放净、验准”四步。查全就是把周边老窑的采掘资料收集齐全,不留死角。探清是通过物探和钻探把老空水的位置、范围、积水量搞准确。放净是在保证安全的前提下把水全部放掉。验准是放水完了以后再用钻探验证,确认水患确实消除了。探放水钻孔超前距不能小于三十米,止水套管长度不能小于十米,必须用专用钻机、由专业队伍施工,安装视频监控全程监督,造假的事情坚决杜绝。排水系统要有足够的能力,备用水泵和应急电源也得配上,极端情况下得能扛得住。

#### 4.3 多元探查技术体系

探查技术走的是“物探先行、化探跟进、钻探验证、综合探测”的路线,目的是构建多手段协同的立体化探测网络。

地震勘探是查大尺度地质构造的主力,三维地震能把落差大的断层及其延展方向查清楚,揭示含水层的空间分布。这几年基于曲波稀疏变换和平面波分解的绕射波分离方法有了突破,能消除强反射波对弱信号的遮挡,把断层断点和散射点的成像精度提上来了,对小尺度断层和陷落柱的刻画更清楚。电法和电磁法各有各的用处——瞬变电磁法利用脉冲磁场激发地下涡流,

圈定采空区位置和积水情况很准,对付老空水害效果特别好。可控源音频大地电磁法用人工场源在宽频段激发天然电磁场信号,查深部含水构造有优势,探测深度能达到几千米。但不管用什么物探手段,最后都得靠钻探来验证。物探发现异常了,必须打钻查明异常体到底是什么、什么特征,确认到了安全边界再进入下一轮物探加钻探,这样反复查,直到把致灾隐患消除干净。

### 5 结论

煤田水文地质条件评价和矿井水害防控,说到底是个多学科交叉的系统工程。地质、水文地质、工程地质、环境地质得当作一个整体来看,用先进的综合手段去勘查评价。从孔隙充水到裂隙充水再到岩溶充水,从老空水到烧变岩水到底板奥灰水,各类水害的致灾机理虽然各有各的特点,但归根结底就是要把隐蔽致灾因素识别准、防控做到前头。“查探放排堵截”六位一体的技术体系配合“预测预报、有疑必探、先探后掘、先治后采”的工作方针,构成了水害防控的完整闭环。把这套东西真正落实到位,矿井水害才能从根本上得到控制。

#### [参考文献]

- [1]程洲.煤田水文地质勘探新技术在含水层定位中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2026,(05):166-168.
- [2]孙豫陇.水文地质特征与矿井水害防治对策[J].中国金属通报,2022,(03):121-123.
- [3]武强.矿井水害防控与智能化应急救援体系助力矿山智能化建设[J].山西煤炭,2021,41(04):1-2.
- [4]王皓,董书宁,乔伟,等.矿井水害防控远程服务云平台构建与应用[J].煤田地质与勘探,2021,49(01):208-216.

#### 作者简介:

王国章(1987--),男,汉族,本科,群众;现就职于阜新矿业(集团)有限责任公司恒大煤矿,地质测量部部长、地质工程师;研究方向:煤田地质。