

# Research on Application of Isotope Technology in Hydrogeology of Mineral Deposit

Jing Chen Rongmao Lu

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

## Abstract

Isotope technology as a basic type, practical disciplines, more and more are used in all areas of production and life. Through literature review, the paper clarified the principle and application of isotope technology in mine water on the one hand, including using D and O isotopes to determine the source of water-filled water, using tritium isotopes combined with hydrogeochemical knowledge to determine water channels, and using isotope tracers technology to judge the water conservancy connection of each aquifer. On the other hand, it focuses on the latest application of isotope technology in groundwater at this stage, including the use of combined isotope to determine the source of groundwater pollution and isotope technology combined with hydrogeological test methods to determine whether the fault conducts water. The research conclusions of the paper are of great significance to the hydrogeological exploration technology of mineral deposits.

## Keywords

isotope tracing; combined isotope; multi-method combination

## 同位素技术在矿床水文地质中的应用研究

陈靖 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

同位素技术作为一门基础性、实用型学科,越来越多的被应用在生产生活的各个领域。论文通过文献综述,一方面阐明了同位素技术在矿井水方面的原理及应用,包括利用D、O同位素含量判断充水水源,利用氚同位素结合水文地球化学知识判断导水通道,以及利用同位素示踪技术,判断各含水层水利联系;另一方面,重点论述了现阶段同位素技术在地下水中的最新应用,如利用组合同位素判断地下水污染源及同位素技术结合水文地质试验手段判断断层是否导水。论文研究结论对矿床水文地质探查技术具有重要意义。

## 关键词

同位素示踪;组合同位素;多手段组合

## 1 引言

同位素技术是一门传统学科,19世纪末,贝克勒尔发现天然放射性,尤其是玛丽·居里和皮埃尔·居里发现镭后,放射性同位素技术就迅速得到了应用,但是受同位素制备能力的限制,该技术发展十分缓慢。20世纪50年代以后,随着放射性同位素制备能力的提高,同位素应用得到了快速发展,被广泛应用到核仪表、辐照加工、癌症治疗、辐射育种等领域。21世纪,随着同位素分析测量技术、生物技术及半导体技术的进步,同位素应用取得了较大进展,同位素在经

济建设、国防建设和科学研究中的应用十分广泛<sup>[1]</sup>。掌握同位素技术在矿井水中的应用,可在煤矿防治水、废矿矿山地下水污染修复中起到事半功倍的效果。

## 2 同位素技术在矿井水方面应用

### 2.1 矿井突水水源判别

煤矿突水后,首先要准确快速地识别突水水源,及时采取有效的防范和防治措施,以便最大限度地减轻经济损失和人员伤亡<sup>[2]</sup>。稳定同位素中 $\delta D$ 和 $\delta O$ 的分析能够给矿井突水水源的判别分析提供有力的依据<sup>[3]</sup>。一般情况下,矿井地下水因埋深的不同(同位素蒸发效应影响)、补给区域高程的不同(同位素高度效应影响)、不同气候条件下(同位素温度效应影响等)大气降雨补给的不同,其含水层中的稳定同位素占 $\delta D$ 和 $\delta O$ 的含量不同<sup>[4]</sup>。地表或浅层第四系水受

**【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】**陈靖(1997-),女,中国内蒙古赤峰人,本科,从事环境水文地质、地下水污染修复等研究。

蒸发影响较大,富含稳定性同位素  $\delta D$  和  $\delta O$ ,而来自于高海拔灰岩露头区大气降雨补给的奥陶系灰岩水中稳定性同位素  $\delta D$  和  $\delta O$  含量低于本区浅层地下水,而由于温度效应来自于第四纪冰期和间冰期寒冷气候条件下的大气降水入渗形成的地下水,稳定性同位素  $\delta D$ 、 $\delta O$  同位素含量都低于当地现代大气降水,据此可作为水化学分析判别突水水源的一种有力的证据。

## 2.2 地下水径流通道的确定

地下水径流通道的确定是煤矿防治水工作重要的基础,它为疏干、降压、带水压开采以及注浆工程布置、实施提供设计依据<sup>[5]</sup>。在径流通道的确定上通常应用放射性同位素氙等值线图的方法,结合地下水位(水温)等值线图、地质一物探一水文地质分析法综合研究<sup>[6]</sup>。地下水的氙浓度及其变化与补给来源密切相关,当地下水直接由大气降雨补给时,其氙浓度反应大气降水的氙浓度变化特征。但由于含水层中的水流混合、叠加和时间延迟,与同期降水相比,其氙浓度减少,变幅减弱,并在时间上滞后。当地下水由河水(湖水)补给时,则其氙浓度与河水(湖水)的氙浓度变化相类似。因此利用氙浓度等值线图的特征结合地质一水文地质条件综合分析可确定地下水径流通道。

## 2.3 不同含水层水力联系的判定

不同含水层水力联系的确定是研究含水层之间隔水层隔水效果的主要方法,从水化学探测的手段上一般采用水化学资料分析或人工示踪试验的方法<sup>[7]</sup>,人工示踪的优点是收到示踪剂后,能比较直观地反映出含水层之间的水力联系<sup>[8]</sup>,若长时间未接收到示踪剂(示踪剂量少、投放点未在水流通道区域),会造成判断分析上的失误。不同含水层同位素组成(直接补给水源、补给时间、循环条件等不同因素)会存在一定的差异,结合天然同位素  $\delta D$ 、 $\delta O$  和 T 的分析,对示踪试验结果起到进一步补充完善和互相验证的作用。

## 3 同位素组合及结合其他方式应用

### 3.1 组合同位素 S、D、O 追踪地下水污染

目前煤矿废水污染地下水相当严重。利用传统的同位素技术已经不能满足受煤矿废水影响的地下水污染问题。周建伟利用组合同位素技术研究中国山东省淄博市洪山一寨里废弃煤矿地下水局部污染问题<sup>[9]</sup>,是同位素技术很好的尝试。李小倩研究了山西合山地区酸性矿山废水对地下水污染的硫氧同位素示踪,运用三元混合模型,矿区地下水基本都受到酸性矿山废水的入渗影响,合山地区酸性矿山废水对地下水硫酸盐的贡献比例为 16%~52%,平均为 30%<sup>[10]</sup>。

硫酸盐硫氧同位素不仅能够指示酸性矿山废水的产生机制与氧化途径,还能够灵敏地示踪酸性矿山废水对地下水的

污染,为示踪与评价矿山开采活动对地下水的污染提供了有效的分析工具。

### 3.2 同位素技术结合抽水试验验证断层导水问题

D、O 同位素应用主要是判断矿井充水水源及含水层之间水力联系。目前已经有文献将同位素和地下水动力学抽水试验结合<sup>[11]</sup>,判断断层是否为导水断层。抽水试验方法通常用于分析含水层之间的水力联系,抽水试验与同位素分析数据二者数据相互论证,可进一步了解研究区水的来源和矿井水间接充水通道。

运用多方法结合,判断矿井水的水量、水质、充水水源、充水通道,可以更加清楚直观地为矿井防治水提供有效依据。方法新颖值得借鉴。随着同位素检测技术的普及,相信在不久的将来,同位素作为一种检测手段会越来越多的同其他手段结合。两种方法的结果可以互相论证,使试验结果可信度更高。

## 4 结语

论文通过文献综述,详细论述了同位素技术在矿井水中的应用,进一步分析了组合同位素技术及其与水文地质试验组合的分析地下水污染源及断层导水。主要结论如下:

①同位素技术应用在矿井水方面,可以判别矿井充水水源,不同垂深、水动力、温度、气候等条件使得 D、O 同位素含量不同;可以确定地下水径流渠道,应用放射性同位素氙等值线图的方法,结合地下水位(水温)等值线图、地质一物探一水文地质分析法综合研究;判断不同含水层之间的水力联系,通过同位素示踪,通过不同含水层之间同位素含量不同来判断。

②现阶段同位素创新技术在地下水,矿井水中的应用主要包括组合同位素使用,判断污染源及同位素技术结合水文地质试验,判断断层导水。

## 参考文献

- [1] 吴志芳,刘曦明,张玉爱.同位素应用的现状和新进展[J].同位素,2012(2):118-125.
- [2] 潘国营,张坤,王佩璐,等.利用稳定同位素判断矿井水补给来源——以平禹一矿为例[J].水资源与水工程学报,2011(6):119-123.
- [3] 王广才,段琦,卜昌森,等.水文地球化学方法在煤矿水害研究中的应用——以平顶山、肥城矿区研究为例[J].地质评论,2001,47(6):653-658.
- [4] 刘峰.D、(18)O、T在矿井水文地质探查中的应用及前景[A].煤矿水害防治技术研究——陕西省煤炭学会学术年会论文集(2013)[C].陕西省煤炭学会,2013:6.
- [5] 胡中信,薛怀军,穆月祥.同位素技术在矿井水防治研究中的应用[J].煤炭工程,2006(11):48-50.

- [6] 潘国营,王素娜,范书凯.环境同位素技术在矿井水防治中的应用[J].能源技术与管理,2008(1):7-10.
- [7] 孙洪星,王兰健,邹人和.环境同位素示踪技术在矿井水防治中的应用[J].水文地质工程地质,2000(5):34-38.
- [8] 田秀荣,魏芳,魏甜.水环境同位素测试分析对判别矿井水文地质条件的意义[J].中国煤炭地质,2015(3):53-57.
- [9] Zhou J, Zhang Q, Kang F, et al. Using multi-isotopes (34S, 18O, 2H) to track local contamination of the groundwater from Hongshan-Zhaili abandoned coal mine, Zibo city, Shandong province[J]. International Biodeterioration & Biodegradation, 2016.
- [10] 李小倩,张彬,周爱国,等.酸性矿山废水对合山地下水污染的硫氧同位素示踪[J].水文地质工程地质, 2014(6):103-110.
- [11] Yao M, Liu P, Shang M, et al. Determining sources of mine water based on hydraulic characteristics analysis of a fault system[J]. Environmental Earth Sciences, 2016,75(10):858.

(上接第 114 页)

针对第二种故障,我们在斜口处增加了硅胶封口与轴内孔灌胶,使电缆与轴成为一个整体,从而避免了电缆震动与轴的摩擦,也就对电缆起到了保护作用。

在加注灌封胶时,将轴头孔堵死,将朝下的两个电缆斜出口也用硅胶封死后,在最上端电缆斜口处将液体灌封胶注入,待固化后电缆与轴体将成为一个整体。

通过以上的方案实施,我们成功解决了该型发电机引出线批量故障的问题,对未发生故障的机组采取了预防性的技改,避免了批量下塔维修,产生了较好经济效益。

### 3.4 预防措施

通过以上的方案实施,我们成功解决了该型发电机引出线批量故障的问题,但对未发生故障的机组采取预防性的技改毕竟是要产生较大的维护费用,因此为了保证在预防性技改前设备的安全运行,我们可以采取以下措施减缓故障的发生,相对延长其使用寿命。

①对震动较大的机组实行深度维检,打开发电机端盖检查引出线及极间连线是否有断前迹象,如发现极间连线有裂纹或引出线铜排变形严重者,可在塔上进行技改,防止事态扩大。

②对于振动大的发电机机组排除震动因素,诸如轴承磨

损、电蚀,对中等问题。

③日常维护需加强对轴承缺油的追责以及加强对轴承温度的监控<sup>[9]</sup>。

## 4 结语

通过对比分析、工艺改进及相应计算,可以得知转子高速旋转时,铜导线受到的离心力非常大,在铜导线内部产生应力集中,如果不采取消除离心力带来的应力集中,时间一长铜导线就会疲劳断裂。无论是铜扁线还是电缆线,折弯的地方容易断裂失效。所以,今后的发电机设计和工艺中,要充分考虑到离心力造成的应力集中,对发电机软体结构造成的损害。截至论文发表前,此技改已在该型发电机的结构中进行了应用,得到了好的验证。

## 参考文献

- [1] 张瑞洋,潘文林,郑加取,等.基于SMES协同去磁的双馈风力发电机高电压穿越控制策略[J].水电能源科学,2021,39(8):185-189+152.
- [2] 乔丽娜.高压电机定子绕组接线方式及线路固定分析[J].防爆电机,2017,52(4):52-54.
- [3] 王朝东,徐奉友,李春阳,等.风电机组自适应控制策略研究[J].工业仪表与自动化装置,2021(3):122-125.