

真空作业提高地浸采铀钻孔抽液量试验研究

李熙琪¹, 谭凯旋², 阳奕汉³

(1. 南华大学 环境保护与安全工程学院, 湖南 衡阳 421001;

2. 南华大学 核资源工程学院, 湖南 衡阳 421001; 3. 新疆中核天山铀业有限公司, 新疆 伊宁 835000)

摘 要:提高钻孔抽液能力是原地浸出采铀生产过程中的关键问题. 本文采用在空气提升溶液的条件下, 配上钻孔的真空作业来增加钻孔涌水量. 试验表明, 采用真空作业时钻孔的涌水量均有所增加, 而且较稳定, 平均增长率为 20.3%. 同时发现试验前后溶液的酸度和金属铀浓度变化甚微. 采用真空作业, 是强化地浸试验和生产过程的有效手段, 可在地浸矿山推广应用.

关键词:抽液能力; 真空作业; 钻孔; 地浸采铀

中图分类号:TD868

文献标识码:B

The Method of Vacuum Operation for in Situ Leaching of Uranium Mining

LI Xi-qi¹, TAN Kai-xuan², YANG Yi-han³

(1. School of Environmental Protection and Safety Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China; 2. School of Nuclear Resources Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China; 3. Xinjiang Tianshan Uranium Corporation, CNNC, Yining, Xinjiang 835000, China)

Abstract: Improving the pumping capacity of wells is a key issue for the production of in-situ leaching of uranium mining. Under the condition of air lift of solutions, the vacuum operations in drillings were studied to increase the water yield of wells. The test results indicated that the water yield of wells had increased and were stable, the average increasing rate was about 20.3%. The acidity and uranium concentration of solutions vary little between before and after test. Using vacuum operations is an effective method for strengthening production of in situ leaching of uranium and can be applied to in situ leaching mines

key words: pumping capacity; vacuum operation; well; in situ leaching of uranium mining

收稿日期: 2013-07-10

基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划项目(91026015)

作者简介: 李熙琪(1965-), 男, 湖南郴州人, 南华大学环境保护与安全工程学院高级实验师. 主要研究方向: 地浸采铀.

0 前言

原地浸出采铀是集采选冶于一体的新型采矿方法,通过钻孔来实现溶液的循环,溶浸液通过注孔注入到矿层,溶液在矿层中渗透迁移,浸出液通过抽液孔提升至地表。当前,地浸采铀无论是在世界还是在我国都得到了高度重视^[1-5]。

真空作业作为提高钻孔涌水量的有效手段,早在六十年代初前苏联就已应用于煤田钻孔降水,可使钻孔涌水量显著增加。七十年代,我国部分煤田也相继采用真空作业来提高钻孔涌水量,效果也较明显。但是对于将真空作业这一手段运用于原地浸出采铀试验和生产,提高钻孔的涌水量,进而提高钻孔的单位生产能力,这在国外也还没有进行过详细系统地研究,而在我国则属首创^[6-8]。

1 真空作业原理

大气压的大小可以影响钻孔的涌水量和孔内水位。当大气压增大时,钻孔的涌水量便要降低,而孔内水位也要下降;反之,当大气压下降时,钻孔的涌水量则略有上升。产生这种现象的原因是作用在岩层中地下水面上的空气压力所致,其变化速度与地球表面上的大气压相比,是非常缓慢的。这样,如果地表上的压力迅速下降,而在覆盖含水层的岩石内部,在某一时刻内仍然保持着较高的压力,结果在地下水的埋藏区和地下水在地表的露头之间便形成一个压力差,从而使钻孔的涌水量和水位发生了变化。唧筒吸水的钻孔的涌水量要比一般的钻孔涌水量大得多,这是因为在进行抽水时,在钻孔的套管中(当这些套管同时也是吸水管时)形成了真空,而在其周围仍然保持着原有的大气压,结果在钻孔中和钻孔附近边形成了压力差;从而增加了水的流入量。在钻孔中形成真空状态的钻孔,称为真空钻孔。

在钻孔中能够形成和保持真空的方法有数种:

1)利用专门的真空泵;2)利用射水泵,这种水泵是利用深水泵从钻孔中抽出来的承压水来工作的;3)在静水位以下或在钻孔口通过建立密闭围堤的方法,直接用深水泵来形成真空。

采用专用真空泵形成的真空是最大的,也是最稳定的。本次试验采用专用真空泵来形成和保持真空。

2 试验设施及安装

2.1 试验设施

1)真空泵两台:SZB-4 水环真空泵一台,2X-8 旋片式真空泵一台;

2)真空表四只

3)截止阀(Dg15)

4)抽气管(PE 管)

2.2 设施安装及操作

利用云南某浸试验矿山的现有材料,在地浸生产钻孔上加工安装了真空作业系统,详见真空钻孔结构图1;抽气管3通过钻孔口上的栓塞进入钻孔抽液管与孔壁之间;启动真空泵,通过管2将钻孔中的空气抽出,使之形成真空,其真空度通过真空表4来测定。在抽气管3与真空泵6之间装有安全活门(止气阀门5)。

3 现场试验

本试验分别选用了云南某矿床正在生产的DK9311、DK9038、DK25、DK9032、DK9039、DK9001、DK9033、DK9031、DK9016等九个钻孔进行了真空试验,另外在黑龙江501矿床也进行了真空对比试验。

3.1 真空度对涌水量影响试验

选用了DK25、DK9031两孔进行了不同不真空度钻孔涌水量变化的试验。测试真空度对涌水量的变化规律。

3.2 真空稳定效果试验

真空作业可以提高钻孔的涌水量,但是钻孔涌水量的增加是否稳定,这是我们试验必须回答的问题。我们对真空钻孔进行了较长时间的观测,测得了一系列数据,收到了较好的效果。

4 结果分析讨论

4.1 真空对钻孔涌水量的影响

真空度对钻孔涌水量有一定的影响,这种影响在真空度底时变化尤为明显,在云南某矿床地浸钻孔中当真空度达到 -0.054 MPa 时再增大真空度,涌水量的增长幅度甚小,最终维持在一稳定值。分析可能存在有如下几点原因:

1)矿层本身的渗透性限制。

2)地下水贮存并非真空完全承压含水层。

3)隔水顶板为弱透水层。

4)钻孔封孔质量欠佳。

4.2 真空作业对注孔注液量的影响

采用真空作业后,在注液压力保持不变的情况下,注孔的注液量有所增加.这是由于在注孔附近的抽孔因采用真空作业,加大了水位降深,形成了更大的降水漏斗,加快了溶液流向真空作业钻孔运动的速度,使得抽孔涌水量增大,同时由于加快地下液流的流速,使得注孔中注入的溶液更易更快地流向抽孔,从而使注孔的注液量增加.

表 1 试验前后水量对比

孔号	试验前抽液量 /(m ³ ·h ⁻¹)	真空时抽液量 /(m ³ ·h ⁻¹)	增长率 /%
DK9032	0.587	0.665	13.3
DK9033	0.171	0.254	48.5
DK9031	0.312	0.351	12.5
DK9039	0.258	0.353	36.8
DK9001	0.628	0.770	13.6
DK25	0.378	0.476	25.9
DK9311	0.202	0.241	19.3
DK9038	0.467	0.574	22.9
DK9016	0.792	0.939	18.6
平均 增长率	$(\sum Q_s / \sum Q - 1) \times 100\%$		20.3

4.3 真空钻孔流量,金属浓度和酸度的变化

采用真空作业钻孔的涌水量均有所增加,且比较稳定.溶液的金属浓度和酸度在真空作业前后的过程中变化甚微,既真空作业钻孔的酸度和金属浓度与真空作业前一致,因此可以认为真空作业增加了钻孔的涌水量,即增加了钻孔的单位生产能力.

在真空作业区,由于在真空钻孔中形成负压,加大了钻孔内水位降深,钻孔的涌水量增大,同时在真空作业区内注孔的注液量也相应增大,抽注液的同时增加,从某种意义上讲也就是保证了真空作业区内的抽注的整体平衡.如果在真空作业区内不相应增加注液量,则由于真空钻孔的涌水量的增加,会打破以前的抽注平衡,从而会出现注水量 < 抽出量,抽出了部分地下水,造成浸出液的酸度和浓度发生变化.在真空业区,可以不需采取任何措施,可以保持抽注的整体平衡,使溶液的酸度和金属浓度不发生变化.

4.4 真空作业适应的条件

真空钻孔是在井壁管和抽水管所形成的环形空间中抽真空,从而加大钻孔中的水位降深,提高抽液量.本次试验是在气升泵的时候采用真空作

业,但真空作业也同样适合用于深井泵提升溶液的情况,在用深井泵抽水时,同样可以在抽水管与井壁管之间形成真空.

5 真空钻孔的水文地质计算

关于真空钻孔的涌水量的计算方法问题和钻孔降水漏斗的形成问题尚处于研究阶段.

当在承压含水层的钻孔中形成真空时,水位便上升到真空值;如果这时的水位的标高和不用真空量一样,则很明显,水的流入量(与不用真空时相比)将与钻孔的涌水量和真空值的大小成正比的增加:

$$QB = q(s + hB) \tag{1}$$

或
$$QB = 2.73(s + hB) / (Lg R + Lg r) \tag{2}$$

因此,对于承压含水层,当动水位不低于含水层顶板的情况下,钻孔的涌水量可以按照式(1)来计算.真空钻孔涌水量增长幅度(率)可以用式(2)来进行计算.

在用真空进行抽水时,关于钻孔外的水位性状问题,还没有用试验方法加以解决,而在理论上解决的也不完全.在与大气圈相接触的地方,承压水受到大气圈的压力.如果不用真空的方法从钻孔中抽水,则大气的压力就不随着水移向钻孔.如果钻孔是真空状况,而且在进行抽水时所具有的标高,则与真空值相适应的大气压力便变成一种动力,增加水流入钻孔的速度;也即钻孔外的水力坡度,由于大气压力而增加,而流向钻孔的水量也随之增加.

6 结 论

钻孔的真空作业是增加钻孔涌水量的有效途径,在云南某矿床,采用真空作业可使钻孔的抽液能力提高 20.3%.当注液压力保持不变时,真空作业区注孔的注液量增加,保证了抽注液量的平衡.

参考文献:

[1] 阙为民,王海峰,田时丰,等.我国地浸采铀研究现状与发展[J].铀矿冶,2005,24(3):113-117.
[2] 苏学斌,杜志明.我国地浸采铀工艺技术发展现状与展望[J].中国矿业,2012,21(9):79-83.
[3] 牛学军,谭亚辉,苏艳茹,等.我国铀矿采冶技术发展方向和重点任务[J].铀矿冶,2013,32(1):22-26.

(上接第 27 页)

- [4] IAEA. Recent developments in uranium resources and production with emphasis on in situ leach mining[M]. Vienna, Austria:IAEA-TECDOC-1396,2004.
- [5] IAEA. Manual of acid in situ leach uranium mining technology[M]. Vienna, Austria:IAEA-TECDOC-1239,2004.
- [6] 王海峰,苏学斌,刘乃忠,等. 美国地浸铀矿山钻孔成井工艺及井场运行[J]. 铀矿冶,2010,29(3):113-118.
- [7] 李晓剑,姜岩,姚益轩,等. 提高地浸采铀钻孔涌水量的技术措施及其应用[J]. 铀矿冶,2010,29(2):57-69.
- [8] 周义朋,沈照理,孙占学,等. 地浸采铀抽注平衡关系对溶浸液流失与地下水流入的影响[J]. 有色金属(矿山部分),2013,65(4):1-4.