



在包头地区地下水氟污染研究中 氟示踪的应用

郑宝山

(中国科学院地球化学研究所)

陆乐水

(内蒙古包头冶金勘察大队)

氟是在自然条件下,宇宙射线和上层大气组分相互作用的产物,又是五十年代开始的大气层核试验的产物。目前天然水中监测到的氟,绝大部分是热核试验释放的人工氟。氟原子在同温层积累,形成氟标记水分子,并以大气降水的方式到达地面。利用氟示踪研究水文、气象、海洋、地球化学、环境科学的一些问题获得了比较理想的结果^[1]。近年来,我国在研究一些地区地下水的径流和补给来源,珠穆朗玛峰和托木尔峰冰川地区雪的积累速率和冰川融水的组成,乌江渡水电站岩溶地基的渗漏特性,息烽温泉水的循环时间等方面应用了氟同位素方法,解决了一些通常用常规方法难以解决的问题^[2,5]。

包头钢铁公司使用白云鄂博高氟铁矿石作为生产原料,每年以废气、废渣、废水形式排放氟,形成包头周围地区氟含量升高,甚至发生牲畜氟中毒病例,对牧业生产产生一定影响^[6]。

包钢选矿厂在生产过程中主要使用净化的黄河水,含氟0.40ppm,使用结束后含氟达8—20ppm。废水在尾矿坝内与尾矿粉分离后经回水泵房输回厂内重新用于生产。尾矿坝在1965年8月建成开始蓄水。1968年后,在尾矿坝下游发现一些含氟量超过国家卫生标准的水井,这些高氟水可能是在自然条件下就存在的,也有可能来自于尾矿坝内废水的渗漏。由于尾矿坝交付使用前,未对这一地区地下水中氟含量进行过调查,目前使用常规化学分析方法已经难以确定氟的来源了。

包钢选矿厂尾矿库位于包头市的西北,是利用哈德门沟和昆都仑河两个冲积—洪积扇中下部相邻部位处的凹地建坝后形成的。距离扇顶地下水补给源约20公里。选矿厂使用的黄河水含氟较高,而尾矿坝附近地下水由于距补给源远,氟含量应较低。如通过测定尾矿坝附近地面水、地下水中的氟含量,有可能对解决尾矿坝的渗漏问题提供线索。为此进行了该项研究。

一、样品采集及分析

1. 工作区概况:工作区北靠大青山、乌拉山区。中部自东向西主要有东达本坝沟、昆都仑河、哈德门沟三个冲积—洪积扇。南部为黄河冲积平原。扇形地

内的地下水主要接受顶部的基岩裂隙水补给,并向南流入黄河。黄河平原上的地下水除受扇形地下水补给外,还接受大气降水的补给,在丰水季节黄河水也在局部地区补给地下水。

工作区属于三湖河断陷盆地。主要含水层有两层。上层为潜水,是这次研究的主要对象。下层为承压水。两层间为巨厚的淤泥质粘土层分隔,尚未发现两者间有水力联系。尾矿坝投产前的水文地质工作表明,这一地区含水层主要是颗粒较细的粉、细砂和轻亚粘土,渗透性很差。尾矿坝投入使用后,已在坝前和坝底积下厚层粒度很细的尾矿砂。尾矿池内的废水向外渗出时必须先穿过尾矿砂层,再流过坝体上的过滤孔,进入防渗沟,或者通过地层进入潜水含水层。

2. 样品采集情况:沿地下水径流方向,自尾矿坝上游到下游采集水样五个,采样点位置及地层情况见图1、图2。作为对照,又采集了黄河水样一个(采自包钢给水厂输入端),包头地区自然高氟潜水样三

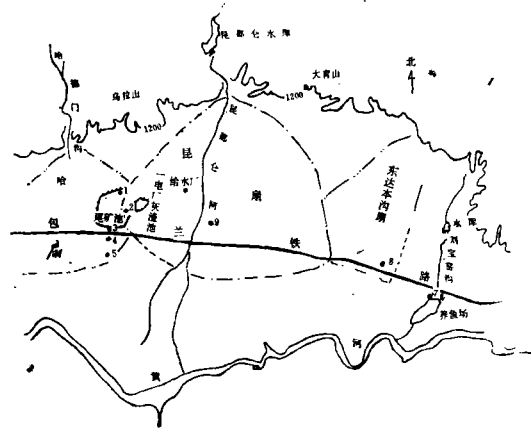


图1 取样分布图

个。采样时记录了水温、水位。并用水样冲洗之后才装入塑料桶内,使用胶布和蜡密封。采样时间为1982年7月16—18日。

3. 水中氟的测定:水样先经电解浓缩。浓缩水样在真空蒸馏器中蒸馏,去除电解质。待测水样配制曲拉通 Triton-X-100 闪烁液在液体闪烁谱仪上测

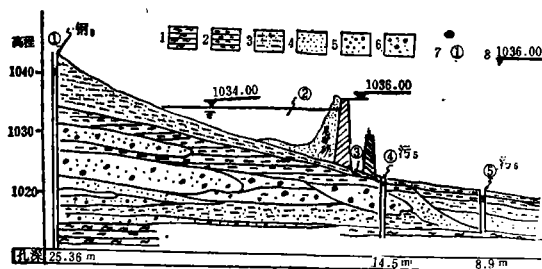


图 2 取样点位置及地质剖面图

1—砂粘土(淤泥质); 2—砂粘土; 3—粘砂土; 4—细粉砂; 5—粗砂砾石; 6—砾石; 7—采样位置; 8—海拔高程

表 1 样品分析结果表

样号	采样地点	地貌位置	水样类型	井深 (m)	氡含量 (TU)	氟含量 (ppm)	K + Na (mg/l)	Ca (mg/l)
1	尾矿坝上游	哈 扇 中 部	地下水	25.75	<2	0.8	54.7	41.9
2	尾矿池内	哈扇下部与昆扇中下部交接处	工业废水		94.6	8.0	314.9	172.9
3	防渗沟	哈扇下部与昆扇中下部交接处	废水 + 地表水		144.0	20.0	262.7	131.1
4	尾矿坝南 400 米	哈 扇 下 部	地下水	14.5	41.9	0.69	614.8	94.5
5	尾矿坝南 1500 米	哈 扇 下 部	地下水	8.7	60.2	0.72	120.0	97.1
6	黄 河	黄 河 河 床	地面水		110.0	0.40	65.1	65.3
7	王大汉营子村	黄河冲积平原	地下水	约 2.0	50	6.2	487.8	51.5
8	社灵湾村	东达本沟扇形地中下部	地下水	8.0	32.2	9.0	155.1	22.6
9	南营子村	昆扇形地中下部	地下水	约 2.0	69.3	6.7	225.9	289.3

20TU时, 存在少量热核试验生成的氡, 地下水可能是 1954—1961 年期间补给的; 地下水氡含量大于 20 TU, 说明它是最近生成的。

样品 1, 钢 8*, 距补给源约 20 公里。根据氡含量 < 2TU 判断, 钢 8* 井以上哈德门沟扇形地地下水平均流速小于 1 公里/年。钢 8* 井以下由于沉积物颗粒更细, 地下水流速应更慢一些。

主要部分来自于近期大气降水的样品 6 和样品 3 (尾矿坝南 20 米) 含氡量均大于 100TU, 而扇形地下部的潜水样品 1 含氡量小于 2TU。这说明在哈德门沟扇形地的地下水的主要补给来源是来自该沟的上游地段, 大气降水通过地面垂直渗透进入地下水的量是极少的。

2. 地下水中氡含量与径流速度:

一些文献曾报导: 地下水径流速度越慢, 地下水中氡含量越高。本次测定与此存在矛盾。如样品 8、9 (均系民用井) 氡含量分别为 32.2TU 和 69.3TU, 而氟含量高达 9.0 与 6.7 (ppm), 若与样品 1 相比较, 则与上述结论显然是不一致的。

根据我们以往的工作, 样品 8、9 所在扇形地上

量。结果用 TU 表示 (1 TU = 1 氡原子/10¹⁸ 氢原子)^[7]。

4. 水中氟的测定: 水中氟用氟离子选择电极测定。

二、样品分析结果

样品分析结果见表 1。

三、结果讨论

1. 哈德门沟冲积—洪积扇地下水流速及补给情况: 氡的半衰期为 12.26 年。1972 年国际原子能委员会同位素水文小组提出, 在北半球大陆地区, 如果没有明显的混合过程, 地下水的氡浓度小于 3TU 时, 说明从补给区到采样点需 20 年时间; 地下水氡含量 3—

部潜水面附近都存在着中更新统富水溶氟的沉积层, 而样品 1 所在扇形地上部潜水面附近至今尚未发现这一沉积地层^[8]。因此地下水迁移过程中所通过岩层中氟的含量和存在状态, 似乎对地下水中氟含量起更大的作用。

3. 尾矿坝渗漏问题:

根据这次氡含量的测定结果, 还不能对尾矿坝的渗漏作最后结论。但综合分析, 可以认为尾矿池内高氟废水主要是通过坝体向外渗漏。至于尾矿池内的垂直渗漏, 通过下部可渗透层向下游扩散, 肯定也是存在的, 但估计只占次要地位。

(1) 前已说过, 哈德门沟扇形地地下水的流速, 据氡测定认为小于 1 公里/年, 扇形地下部沉积物的颗粒较中、上部要细, 其流速一般来说应更小于此数, 若尾矿池内废水经由底部含水层向外渗透, 向下游迁移, 其流速则更应小于 1 公里/年。这就应该在坝南广大地区——主要是流向范围内, 观察到高氟地下水的分布逐年向南扩大的现象, 而实际上尚未发现。

曾认为尾矿坝南部一些民井内水的含氟量超过国家卫生标准是由于尾矿池内废水渗流所致。若按尾矿

池蓄水时间和地下水流速推算,则尾矿池内的废水沿含水层向南运动,现在还不能流入这些井内。这样将自然会想到这些井内的高氟水可能是原来就存在的,也有可能是引污灌溉的结果。

(2) 尾矿坝南20米处防渗沟内所取样品3,其氟含量不仅高于地下水、尾矿坝内水,且高于黄河水,氟的含量更为惊人,这种情况说明,它只能来自坝区高氟废水,在渗漏时又溶解了坝前所堆尾砂中的部分氟以及防渗沟两侧富含水溶氟的土壤中的氟,并经过浓缩形成。但因防渗沟地势低凹,且采样时适逢雨季,有可能混入流进防渗沟的雨水成分。

坝内尾矿池的多年最高水位为1034米,较之周围地区正常地下水位高出8米以上,自蓄水后,当地土壤盐渍化加重,造成废水和自然界中水溶性氟化物在地表富集^[9]。这些水溶性氟化物又被渗漏水所溶解,使氟含量大为增高。

(3) 尾矿坝内废水是来源于黄河新水,氟含量显著高于坝体周围地下水。如果废水通过坝底向周围含水层渗漏,则在下游地下水中氟含量应增高,并应随距离增大而逐渐降低,但实测结果也与此矛盾。坝南地下水样品4(污5*井)和5(污6*井)的氟含量,与地貌位置基本相似的样品8和9差异不大,而距坝体较远的氟含量却反而高一些,这也说明坝底渗漏并不明显。

(4) 由工作中得到的结果来看,这一地区地下水的运移速度是很慢的。根据这一点我们证实了目前尾矿池内的废水尚未对其下游地下水造成明显污染。但是从长远来说,尾矿池对其下游地下水的污染是不可避免的,这一过程进行的越慢,将来消除这一污染越困难。因此必须高度重视这一问题。

根据上述情况,包钢尾矿坝建成后对环境的主要

危害是提高了地下水位,加剧了土壤的盐渍化。坝体的侧向渗漏问题,通过加强管理,将渗漏水全部抽回坝内后可以解决。在缺水的包头地区,引用工业废水灌溉农田是难以避免的,但应持慎重态度。在地面水、地下水垂直运动强烈的地区应坚决制止。在尾矿坝的下游应加强水质监测工作,及早发现可能出现的污染问题。今后在这一地区再建尾矿坝应当先进行环境背景值工作。建坝时,应将坝底和坝体用隔水层封闭。

尾矿坝的南部位于扇形地和黄河冲积平原的交汇处,地下水流向、流速、补给关系均较复杂。此次工作采样量少,特别对深层渗漏是否存在,未能进行研究。故上述结论有待进一步工作予以证实。

本次工作得到包头市水文地质站和内蒙包头冶金勘察大队的大力支持。地化所卫克勤同志给以热情指导,并审阅了全文,林瑞芬、王志祥同志完成了氟的测定,谨此致谢。

参 考 文 献

- [1] 卫克勤等,1980,科学通报,25,10,467—470。
- [2] 林瑞芬等,1979,珠穆朗玛峰地区科学考察报告,气象与环境,科学出版社,244—247。
- [3] 王立伦等,1981,科学通报,26,17,1060—1062。
- [4] 卫克勤等,1982,中国科学院地球化学研究所年报(1980—1981),贵州人民出版社,42—44。
- [5] 姚在永等,1982,地球化学,1,76—81。
- [6] 刘煥文等,1982,环境科学,3。
- [7] 林瑞芬等,1979,地球化学,4,301—306。
- [8] 郑宝山,1983,地球化学,4,373—379。
- [9] 郑宝山,1983,环境科学学报,3,2,113—122。

(上接第61页)

均质各向异性,这较之一般水文地质研究方法,无疑具有较大的优越性。

作为发展中的事物,这种研究方法也存在有待深入探讨的问题。如渗透张量延拓的准确性,裂隙充填物的影响,裂隙交叉流的作用等(仅适用于两个由高倾角裂隙系统组成的含水介质这一特定条件)它们的解决,有赖于分层水文地质试验、地球物理测井等技术的配合及裂隙流交点效应,裂隙水力参数三维分布规律等理论的突破。可以展望,这些新技术,新理论与这种研究方法结合,将为裂隙水的研究开辟新的前景。

本文曾得到王大纯教授和田开铭教授的指导,在

此谨表谢意。

主要参考文献

1. 田开铭,对裂隙岩石渗透性的初步探讨《地质研究》1982,2期。武汉地质学院北京研究生部。
2. 帕森斯, M.L.,裂隙岩石水文地质特征的确定,《水文地质译文》地质出版会1977。
3. Snow, D.T., Anisotropic permeability of fractured media, Water Resources Research 1969, 5(6)
4. Чернышев, С. Н., Движение воды по сетям трещин Москва «Недра» 1979。