

河北省滦县李家峪灰场 2[#] 副坝区 灰水运动的水文地质评价

刘海龙¹, 吴勇², 谢文垠², 赵连彬², 刘建良¹

(1. 河北省地勘局第五地质大队, 唐山 063004;

2. 成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 成都 610059)

摘要: 韩家哨村位于河北省滦县李家峪灰场北部谷地, 地势低于灰场, 距离约 800 m。灰场运行期间, 该区地下水出现水位升高及水质变差等问题。本文从水文地质条件角度, 详细研究灰水的运移途径及其对该区地下水的影响。韩家哨村区域地下水系统分为上层滞水和孔隙-裂隙(溶隙)潜水含水层系统。潜水含水层系统水力传导系数为 172.6~203.4 m²/d。地下水补给主要来源于韩家哨村以南坝后地形较高区域及灰水。灰水渗漏优势区韩家哨村南部宽约 200 m 的带状区域。灰场堆灰形成新的地下水分水岭致使灰水在 2[#] 副坝前垂直下渗进入风化带, 沿白云岩裂隙(溶隙)补给潜水含水层, 并向韩家哨村区域流动补给孔隙含水层, 改变后的潜水部分通过民井向外排泄。

关键词: 水文地质评价; 灰水; 潜水含水层; 白云岩; 河北

中图分类号: P641 **文献标识码:** A

1 前言

粉煤灰常见微量元素有 Ag, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, F, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Ti, V, Zn 等^[1]。这些微量元素或污染组份的含量与煤的来源有关, 是构成灰水中污染组份的来源, 各组份在灰水中的浓度与其在粉煤灰中的赋存形式、浸出率等有关。灰水对地表水的影响研究较多^[2~5]。灰水对地下水的影响研究也有一些研究, 如渭河电厂一期灰场灰水已对当地 30 m 以上潜水含水层地下水的 pH 及 F⁻ 含量造成影响, 其影响范围达 1 356 m^[6]; 焦作某电厂堆灰场附近浅层地下水中发现 Cr⁶⁺^[7]。范俊玲等^[8] 根据焦作市某粉煤灰堆放场的水文地质情况, 结合淋滤液中 Cr⁶⁺ 离子析出过程, 探讨了 Cr⁶⁺ 离子对岩溶地下水的影响。粉煤灰灰水对地下水环境影响的模拟实验及数值模拟也有相关研究^[9,10]。美国印第安那州 Pines 镇埋深为 716~1 512 m 松散砂层中的地下水受到市政路基回填的粉煤灰淋滤液污染, 致使饮用水中 B、Mn、Mo 的浓度超过美国饮用水标准^[11]。从上

述文献可以看出, 粉煤灰灰场灰水对地表水及地下水的潜在污染可能对灰场附近地区的社会经济发展及人体健康构成威胁, 因此从水文地质条件角度, 具体而详细研究灰水的运移途径及其对地下水的影响具有重要意义。

李家峪灰场位于河北省滦县榛子镇, 灰面现标高约 90 m。韩家哨村海拔 40~50 m, 距离该灰场北部副坝约 800 m。灰场位置明显高于该村海拔, 地形上明显具有补排关系。灰场运行期间, 时有村民反映当地地下水位升高及饮用水水质变差等问题。为了查明上述现象是否与灰场灰水渗漏有关, 开展了陡河电厂李家峪灰场 2[#] 副坝附近灰水运动的水文地质条件研究, 并对韩家哨村地下水影响进行初步评价工作, 本文是在此工作基础上完成的。

2 韩家哨村区域水文地质背景特征

2.1 韩家哨村区域降水特征

本区属暖温带半湿润季风型气候, 季风显著, 四季分明; 具有冬季寒冷, 春季干燥, 夏季炎热多雨, 秋季凉爽的气候特点。冬季多偏北风, 夏季多偏南风。

多年平均气温 11.3 (1956 ~ 2005), 最低气温 - 22.7 (1983.1.28), 最高气温 39.6 (1972.6.10), 多年平均降水量: 667.5 mm (2005 年平均降雨量 477.5 mm, 2006 年平均降雨量 541.8 mm), 80 % 以上的降雨量集中在 6 ~ 9 月, 最多降水量年份: 1967 年 1 211.1 mm; 最少降水量年份: 2002 年 352.5 mm; 日最大降水量: 200.0 mm (1967 年)。全年平均日照 2 654 h, 日照率 60 %, 一般 10 月下旬出现霜冻, 全年无霜期 176 ~ 194 d, 最大冻土深度 0.8 m。

2.2 韩家哨村区域地形地貌

陡河电厂灰场位于陡河水库东岸, 其东部为蛮子山、老山和横岭子山; 往南至胡山一带; 西部是黑山; 南部南山与之隔沟相对。场内地形低洼, 沟壑纵横, 为明显的侵蚀构造类型。研究区相对高差 50 ~ 80 m, 成为低山丘陵的地貌形态。坡面广布残积物和坡积物, 并多已垦为农田, 使得山岳坡形呈阶梯状。韩家哨村区域广泛分布硅质及燧石白云岩, 除老山发现 3 处小规模溶洞外, 多数为溶孔、溶槽等弱岩溶现象, 且溶孔与溶槽多集中成蜂窝状发育, 形成差异溶蚀现象。

2.3 韩家哨村区域地层与岩性

韩家哨村区域地处燕山台褶带内, 研究区出露的地层为震旦系高于庄组 (Z_4q)、杨庄组 (Z_2y)、雾迷山组 (Z_2w) 和景儿峪组 (Z_3j) 以及第四系, 其中震旦系总厚约 1 334 m。

高于庄组 (Z_4q) 出露。岩性为灰白色钙质白云岩, 风化面为灰褐色和灰白色。含黑色及白色燧石。节理裂隙发育, 沿节理裂成碎块。

杨庄组 (Z_2y): 砖红色、紫红色泥灰岩及钙质白云岩。泥灰岩带有灰白色斑点或团块、斑点形状, 粒径 2 ~ 40 mm, 以 5 mm 多见。泥灰岩为微粒-细粒结构。岩石中含有方解石脉, 其溶蚀后形成了溶孔和溶槽。此层含有数层浅灰色白云质泥灰岩, 性质极差, 易风化, 遇水变软。虽然厚度不大 (一般均 2 m 左右), 但因倾角较大, 故风化深度较大。

雾迷山组 (Z_2w): 下部, 燧石结核白云岩夹钙质白云岩。岩石多呈暗灰、褐灰色, 少数灰黑色, 比高于庄组白云岩色深。含黑色及白色燧石, 呈结核状、条带或似层状, 或呈团块状分布。大的结核粒径有 60 cm, 具窝卷状构造。因抗风化力强而突出于白云岩层面。此层白云岩比高于庄组白云岩坚硬, 性质较好。中部, 泥灰岩夹薄层白云岩。泥灰岩为紫红, 褐红灰绿色, 细粒-中粒结构, 板状构造, 风化后呈片状。节理裂隙发育易风化。上部为暗灰-褐灰色钙

质白云岩, 夹有白色燧石条纹。中粒-粗粒结构, 块状构造, 表面有溶孔、溶沟、溶槽等溶蚀现象。

景儿峪组 (Z_3j): 韩家哨村区域内出露的有两层: 上部为淡绿色、灰绿色厚层泥灰岩, 下部为碎屑岩。

第四系: 第四系主要是残积层及坡积残积层。残积层的岩性与母岩相同, 为碎石和少量粘性土。灰色和灰黄色。厚度较小, 一般在 0.8 m 左右。坡积残积层: 岩性是亚粘土, 黄褐色或褐红色, 含少量碎石。厚度一般 0.5 ~ 3.0 m, 大者可达 4.8 m。

2.4 韩家哨村区域地质构造

构造位置处于祁吕山字型东翼反射弧内侧。区内主要构造为冶里背斜、白云山断层及次一级的 F9 断层。此三构造控制了韩家哨村区域的基本构造特点。其他较小的构造线是伴随此三构造而产生的更次一级的压性和压扭性断裂。

冶里背斜位于韩家哨村区域西北部, 南起瓦缸窑, 北经马家沟, 到双桥唐家庄一带向东弯曲, 走向 NE40° ~ 60°, 再往北被白云山断层所截, 全长大于 10 km。背斜轴部为下震旦统高于庄组 (Z_4q) 白云岩, 两翼远离轴部方向依次排列中震旦统杨庄组 (Z_2y) 白云质泥灰岩, 雾迷山组 (Z_2w) 白云岩和上震旦统景儿峪组 (Z_3j) 碎屑岩。东北段到灰场一带背斜向北东方向倒转, 两翼地层倾向相同, 倾向 NW, 倾角 50° ~ 70°。

白云山断层北起蛮子山西坡, 向南经过果园, 老山西侧, 横岭子山东坡到甘雨沟消失, 全长约 4 km, 形成于冶里背斜后期, 并截断背斜东北端, 为平移逆冲断层。走向南段 N80°W, 北段 N5°W, 倾向 SW, 倾角 48°。

F9 断层斜穿 2[#] 副坝, 全长大于 2 km, 走向 NE10°, 倾向 NW, 破碎带宽 15 m, 为压扭性断层, 由于断层顺扭, 使 2[#] 副坝高于庄组 (Z_4q) 地层南移了 110 m。

3 韩家哨村区域含水岩组的识别与划分

根据钻孔资料, 韩家哨村区域 10.0 m 以内的白云岩岩心大部分呈碎块状, 属强风化带, 在 10.0 m 以下裂隙发育, 地下水水位埋深 20.8 ~ 33.0 m。地下水为浅层风化带孔隙裂隙水为主。根据地形地貌、地层、岩性组合及构造等特征, 结合地下水的补给、径流和排泄特点, 2[#] 副坝至韩家哨村一带主要是浅-中丘, 以浅丘为主, 浅层风化带裂隙较发育, 风化带厚 0.0 ~ 10.0 m, 地下水径流条件较好, 水位埋

深分成为 10.0 m 以上及 35.0 m 以下两种明显区别的水位,表明表层为强风化孔隙裂隙水及埋藏较深的裂隙水。韩家哨村一带地形较平缓,风化层厚 2.0~12.0 m,水位埋深多为 20.0 m 以上,地下水类型主要为风化带孔隙-裂隙水。韩家哨村附近部分为冲洪积物及风化带,民井主要取用的是 10.0 m 以内的孔隙-裂隙水。

3.1 韩家哨村区域地下水等水位线图

根据实测数据绘出研究区地下水等水位线图(图 1)。韩家哨村区域地形东南高西北低,坝后的水力梯度由于地形起伏大,高程变化大,造成水力梯度大,韩家哨村一带地形平缓,水力梯度小。根据地下水等水位线的密集程度,将该地区划分两个小区域,从大坝往北到 ZK02 之间为区域 I,从 ZK02 再往北到韩家哨村最北部的 S15 为区域 II。区域 I 的水力坡度为 0.091,区域 II 的水力坡度为 0.009,水力坡度变化大主要是由于该地区的地形地貌决定的。

根据地形地貌,结合水文地质、钻孔资料,通过地下水等水位线图分析,地下水的排泄区为韩家哨村及村北河流区域,灰水渗漏优势区韩家哨村南部宽约 200 m 的带状区域。

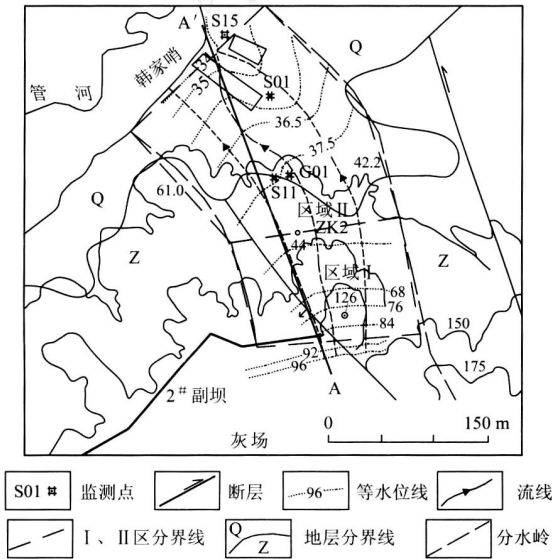


图 1 韩家哨村区域地下水水位及分区图

Fig. 1 Groundwater contour and sub region of hydraulic conductivity

3.2 地下水补给过程模式

补给区主要是浅-中丘地形,主要为浅丘地形,高程大约 100~180 m,从区域地形来看属地形较高的地区,往北韩家哨村一带地区 30~40 m 的高程,是居民区,较为平缓,高差起伏不大,韩家哨村以北

西河流高程 30 m 左右,整个韩家哨村区域为东南高西北低,东南为低丘,西北为较平缓的地区。

图 2 为 2# 副坝到韩家哨村一带的地下水运动模式图。灰水在 2# 副坝坝前垂直下渗先进入风化带,沿白云岩裂隙进入潜水含水层,在水力梯度的作用下,从坝前向排泄区运动,到达韩家哨村区域时,补给孔隙含水层,并部分通过民井向外排泄。

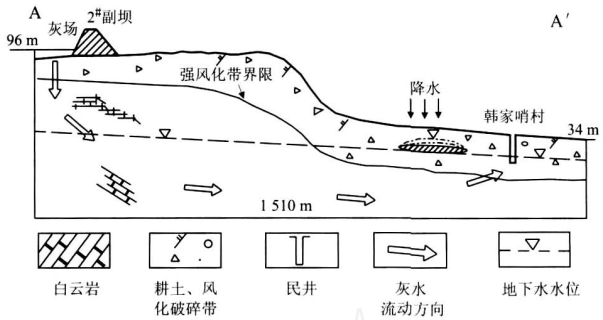


图 2 2# 副坝-韩家哨村地下水运动模式

Fig. 2 Groundwater flow model in Hanjiaoshao area

韩家哨村区域的地下水补给主要来源于韩家哨村以南坝后地形较高区域,以大气降水的补给为主。在原地形条件下,2# 副坝所在位置为地形上的鞍部,为地下水的分水岭。建坝后,由于沉积灰渣堆积,改变了原有地貌,致使地下水分水岭重新分布,在 2# 副坝坝前附近,灰水首先下渗至风化层,通过裂隙通道补给白云岩裂隙含水层,再向地貌较低的南部韩家哨村区域流动。

3.3 水文地质参数

根据现场抽水试验纪录的数据,绘制 s-t 曲线见图 3。

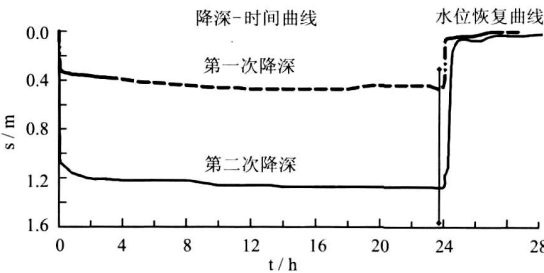


图 3 抽水试验 s-t 曲线

Fig. 3 Results of pumping test

根据抽水试验的数据,利用地下水向潜水完整井运动时计算渗透系数的公式^[12]:

$$k = \frac{0.732Q}{(2H_0 - s_w - s_1)(s_w - s_1)} \lg \frac{r_n}{r_w}$$

计算后的结果为第一阶段渗透系数 $k_{11} = 10.8$ (m/d), 第二阶段渗透系数 $k_{12} = 8.5$ (m/d);

利用吉林斯基推导的公式^[12]:

$$k = \frac{Q}{(2l(s-s_1))} \left(\ln \frac{1.6l}{r} - \operatorname{arsinh} \frac{l}{x_1} \right)$$

计算后的结果为第一阶段渗透系数 $k_{21} = 9.4$ (m/d), 第二阶段渗透系数 $k_{22} = 7.4$ (m/d);

利用泰斯公式计算得: $T_1 = 203.4$ (m²/d), $T_2 = 172.6$ (m²/d), 利用公式: $k = \frac{T}{H_0}$ 计算得第一阶段渗透系数 $k_{31} = 10.8$ (m/d), 第二阶段渗透系数 $k_{32} = 9.2$ (m/d);

根据以上计算结果取平均值后得:

$$k = \frac{k_{11} + k_{12} + k_{21} + k_{22} + k_{31} + k_{32}}{6} = 9.3 \text{ (m/d)}$$

根据 Siechartd 经验公式计算影响半径^[12]: $R = 3\,000 s \sqrt{k}$

计算所得结果为 $R = 39.6$ (m), 说明该地区抽取地下水时影响半径约 40 m。

4 韩家哨村区域地下水污染评价

4.1 污染源

韩家哨村的南部约 800 m 陡河电厂灰场灰水为该村地下水的主要补给区,且主要的补给水源为灰水,其中部分组份指标已经超过国家相关标准,在一定程度上已为污染源,尽管目前该区地下水水质还符合现行国家饮用水标准,但从水质特征及组份分析,原天然状态地下水的特征已有一定改变。

4.2 灰水的渗漏途径与通道

随排灰过程在坝前汇集灰水,由于灰渣具良好渗透性,灰水经坝前灰渣下渗至风化带,沿白云岩裂隙经坝基或绕坝渗漏进入到孔隙-裂隙含水层。韩家哨村区域的裂隙发育,离地表 10 m 和 30 m 左右为透水层或含水层。从水文地质角度上看,该区域的表层的风化裂隙及深部的构造裂隙均可视为良好的渗漏通道,为灰水渗漏创造了良好的通道条件,同时地貌上韩家哨村区域处于地形相对较低部位,灰场 2# 副坝到韩家哨村居民点存在水头差,为渗漏提供了水动力条件。因此,韩家哨村区域及其居民区一带是受到大唐陡河电厂李家峪灰场灰水渗漏的影

响的。

5 结论及建议

(1) 韩家哨村区域为在上层滞水和孔隙-裂隙(溶隙)潜水含水层系统。地下水补给主要来源于韩家哨村以南坝前地形较高区域及灰水。灰水渗漏优势区韩家哨村南部宽约 200 m 的带状区域。

(2) 韩家哨村区域为在上层滞水和孔隙-裂隙(溶隙)潜水含水层系统水力传导系数为 172.6 ~ 203.4 m²/d,影响半径约 49 m。

(3) 陡河电厂灰场灰水在 2# 副坝坝前垂直下渗进入风化带,沿白云岩裂隙(溶隙)补给潜水含水层,运动至韩家哨村区域补给孔隙含水层,并部分通过民井向外排泄。

参考文献

- [1] 王希梅,张永波.粉煤灰浸出特性及其贮放对地下水环境的影响[J].山西水利,2007,(2):89-92.
- [2] 唐文伟,顾国维.燃煤电厂氟污染规律研究[J].重庆环境科学,1999,(8):40-43.
- [3] 朱莉娜,王瑞久.用环境同位素研究灰场灰水对周围地下水的影响[J].环境科学研究,2002,(15):32-36.
- [4] 邵生俊,于清高.贮灰场灰水污染物迁移的数值分析[J].环境科学学报,2006,(26):1136-1139.
- [5] 黄爽,蔡树英,杨金忠.电厂粉煤灰场对地下水环境影响的初步研究[J].武汉大学学报,2001,34(5):7-8.
- [6] 郑定溶.粉煤灰贮放中的若干土工及环保问题[J].岩土工程学报,1988,10(5):124-127.
- [7] 贺玉晓,尹国勋.某电厂堆灰场附近浅层地下水中 Cr^{6+} 的成因及治理措施[J].环境污染治理技术与设备,2003,(4):74-76.
- [8] 范俊玲,尹国勋.焦作市某电厂粉煤灰堆放场引起岩溶地下水 Cr^{6+} 污染的初步研究[J].能源环境保护,2005,(19):27-30.
- [9] 郑继东,邵龙义.滨马电厂粉煤灰矿井填充对地下水环境影响的模拟实验[J].矿业安全与环保,2006,(33):8-12.
- [10] 尹国勋,余功耀,王亮.粉煤灰堆放场灰水与基底灰岩的水-岩作用[J].安全与环境学报,2006,6(6):32-34.
- [11] US EPA. Using Coal Ash in Highway Construction, A Guide to Benefits and Impacts [S]. EPA-530-K-05-002,2005.
- [12] 刘国强.水文地质手册[S].中国地质出版社,2005.

HYDROGEOLOGICAL ASSESSMENT ON ASH WATER MOVEMENT IN 2[#] SUB DAM OF LIJIAYU ASH FIELD AT LUANXIAN, HEBEI, PRC

LIU Hai-long¹, WU Yong², XIE Wen-yin², ZHAO Lian-bin², LIU Jian-liang¹

(1. The Fifth Geological Group of Geological Survey Bureau of Hebei Province, Tangshan 063004, China;

2. State Key Laboratory of Geological Hazard Prevention and Geological Environment Protection,
Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Hanjiashao Village is located in the north valley of 2[#] sub dam of Lijiayu Ash Field where the distance is 800 m far away from the village at Luanxian, Hebei Province. The groundwater table near the village goes up and groundwater quality changes badly during the ash field running. Two groundwater systems, which are perched water system and unconfined aquifer system are classified in the village area. The hydraulic conductivity of the unconfined aquifer is 172.6 ~ 203.4 m²/d. The infiltration area of the precipitation and ash water where is recharge area of the aquifer system is located in the south higher slope of the dam and ash field. The flow way of the ash water and its effects on groundwater are evaluated. The preferential flow zone with 200 m width occurs between the sub dam and the village. The new groundwater watershed appears after ash field running. The ash water infiltrates directly to weathered zone first at the ash field, and recharge to the unconfined fractured dolomite rock aquifer, in which water discharge to the porous aquifer where the wells are dug by residents of the village.

Key words: hydrogeological assessment; ash water; unconfined aquifer; dolomite; Hebei

作者简介: 刘海龙(1968 -),男,河北省地勘局第五地质大队,高级工程师,大学本科,主要从事环境工程工作。

本刊设置年度优秀论文奖的启事

近年来本刊的论文水平和质量有较大的提高,出现了不少优秀的高水平论文。为了表彰优秀,鼓励创新,《地质灾害与环境保护》将设置年度优秀论文奖。我们将通过专家评审与读者投票的方式选出年度十佳,获奖论文将给予一定物质奖励,欢迎各位读者踊跃投票。投票方式:通过电子邮件将您认为一年度中最好的论文的题目以及第一作者名字发给本刊(每个人投票不超过十篇)。

欢迎投票,欢迎投稿。

本刊编辑部

2009 年 9 月