

河南鹤壁新区 2 号地热井存在问题分析与研究

吴 焯

(郑州经济管理干部学院环境工程系,河南 郑州 451191)

摘 要:针对鹤壁新区 2 号地热井基本情况和水质,就出现的主要问题和腐蚀性进行了分析评价和研究,认为在解决除垢和系列环境等问题后,其地热资源具有较高的综合开发利用价值。

关键词:鹤壁;地热资源;地热井;结垢

中图分类号:TE249 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2006)12-0045-03

鹤壁是河南省北部太行山东麓一座新兴的城市,地处汤阴断陷平原区,淇河贯穿于市区的南部,风光旖旎、环境幽雅,是一个理想的旅游、渡假和疗养的胜地。自 1999 年开始,鹤壁市政府和国土资源局非常重视地热资源勘查和开发,并投入大量资金钻成 3 眼地热井,井深分别为 1270、3276、3318.68 m。但是由于地热井流体的特殊情况,导致目前没有开发利用,从而造成资源和能源的浪费。为此,鹤壁市政府多次邀请国内地质、石油等专家进行论证和评估,但至今未能有效解决。

1 2 号地热井基本情况

1.1 地层与成井结构

鹤壁新区 2 号地热井于 2001 年 6 月完工,并于 2001 年 8 月通过专家验收。其地层主要是(自下至上)奥陶系(O)、二叠系(P)、三叠系(T)、古近系(E)和新近系(N),热矿水赋予中奥陶统灰岩和白云质灰岩断裂带中。

该井井深 3276 m,其成井结构:0~303.3 m 井径 339.7 mm,303.3~1872.09 m 井径 244.5 mm,1872.09~2782.4 m 井径 177.8 mm,2782.4~3276 m 井径 152 mm 裸眼,管材均为 J55 石油套管。

1.2 地热流体参数和水质评价

该井为自喷,最大高度可达 26 m,自喷流量为 1847 m³/d,井底温度 101.5℃,井口温度 74℃,含有大量的 CO₂ 气体,气水比为 11.5:1,其中 CO₂ 气体含量高达 82.44%,CH₄ 含量为 17.56%。

经原地质矿产部矿泉水水质检测中心、中国石油勘探开发研究院实验中心、中国地质科学院水文地质环境地质研究所、河南省地质环境监测总站、河

南省职业病防治研究所等多次检测分析,该地热矿水水化学类型为 HCO₃-K·Ca 或 HCO₃-Ca·K 型水,总硬度在 1140.4~1477.0 mg/L 之间,溶解性总固体 4857.8 mg/L,pH 值为 6.32~6.90,属于中性极硬咸水。热矿水中氟含量 2.3~3.0 mg/L,偏硅酸 61.75~74.75 mg/L,镭 4.37×10⁻¹¹~11.8×10⁻¹¹ g/L,偏硼酸 18.07~23.2 mg/L,锂 0.65~0.74 mg/L,游离 CO₂ 177.8~194.53 mg/L。按照《医疗热矿水水质标准》(GB 11615-89)可命名为氟水、硅水、镭水复合型医疗热矿水。偏硼酸含量达到医疗热矿水浓度;游离 CO₂、锂含量接近医疗价值的浓度值。对金属井管腐蚀有直接影响的铁离子、硫酸根离子、钙离子、镁离子分别为:3.0、627.75、411.42、109.47 mg/L。放射性物质 β 和 Ra²²⁶ 分别为 8.79、4.31 Bq/L(国家饮用水标准分别小于 1.50、1.1 Bq/L),由此可见该井作为饮用水和饮用天然矿泉水时其放射性严重超标。

2 地热井现状及问题分析

目前鹤壁现有的 3 眼地热井均未开发利用,2005 年 4 月政府拟开发利用 2 号地热井时出现了涌砂、出水口结垢严重和井口压力变化(间歇性井喷)等问题,图 1 和图 2 是该井出水和出水口 18 天时的结垢(厚度高达 50 mm)情况。

针对出现的问题和水质情况,笔者分析研究认为该井问题的主要原因如下。

(1) 地热井出砂问题。主要由客观和主观方面原因造成。客观方面原因是:该井硫酸根离子、游离二氧化碳和可溶性总固体含量分别高达 627.75、194.53、4857.8 mg/L。其中硫酸根离子、游离二氧

收稿日期:2006-10-20

作者简介:吴焯(1968-),女(壮族),广西桂林人,郑州经济管理干部学院环境工程系教研室主任、讲师,地质环境工程专业,工学硕士,从事地质环境和化学分析研究和教学工作,河南省郑州市新郑龙湖中山北路 1 号,(0371)62508218, babylyuan@eyou.com。

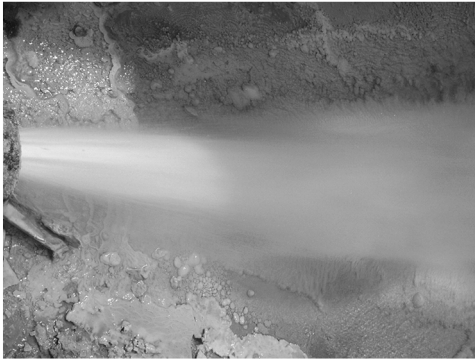


图1 2号井出水口气水混合物



图2 出水口18天时的管壁胶结情况

化碳不仅可以腐蚀金属井管,而且会对水泥(混凝土)产生严重侵蚀作用;可溶性总固体含量高则增加了水的导电性,从而使腐蚀电流增高。主观上主要有2方面原因:一是开启该井阀门时由于操作过快而导致井喷使井内造成瞬间负压过大,并对井管产生巨大的作用力;二是长期未使用该井(4年之久),地下流体没有流动,则造成腐蚀和结垢。上述原因一方面可能导致金属井管腐蚀,另一方面造成固井水泥完整性和强度的破坏。根据出砂情况和固井情况,认为是在一开和二开套管重叠处(300 m左右)水泥环遭受破坏而引起的出砂(后经井下电视检测得到证实)。

(2) 结垢问题。水垢的形成是一个复杂的物理化学过程,该井主要是由于热水中钙镁离子、游离二氧化碳等含量过高,在出水口压力和温度的突降条件下,溶解度降低而形成大量的水垢,其主要成分为硫酸钙、碳酸钙、硅酸钙、氢氧化镁等。

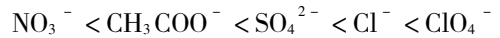
(3) 井口压力不稳定、井喷存在间歇性问题。主要是因为该井的 CO_2 来源机理所决定,即来源于幔源性玄武岩喷发、析出及壳源碳酸岩溶解、热解生成的混合气,在一定时间内聚集释放的一个循环过程。

3 地热腐蚀评价

金属井管腐蚀是指金属在周围介质(大气、土壤和地下水)作用下,由于化学变化、电化学变化或物理溶解作用而产生的破坏。它包括金属材料和环境介质两者在内的一个具有反应作用的体系。从热力学观点看,绝大多数金属都具有与周围介质发生作用而转入氧化(离子)状态的倾向。因此,金属发生腐蚀是一种到处可见的自然现象。

该井金属井管腐蚀的影响因素主要有以下几个方面。

(1) SO_4^{2-} 离子。金属井管的腐蚀速度与水中的阴离子的种类有密切关系,地下水中不同的阴离子在增加金属腐蚀方面具有以下顺序:



该井 SO_4^{2-} 离子高达627.75 mg/L,并且在阴离子腐蚀顺序上仅次于 Cl^- ,所以将增加其腐蚀反应的阳极过程速度,引起金属井管的局部腐蚀。

(2) 硬度。地下水中的钙镁离子浓度总和称水的硬度,该井的硬度高达1477.0 mg/L。钙镁离子浓度过高时,则会与水中的碳酸根、磷酸根或硅酸根作用生成碳酸钙和硅酸镁垢,引起垢下腐蚀。

(3) 溶解气体。在地下水存在着氧、二氧化碳、硫化氢、二氧化硫等可溶解气体,它们对金属井管的腐蚀起着一定的作用。其中,氧在中性水中对金属的腐蚀起着重要的作用。二氧化碳在地下水中生成碳酸或碳酸氢盐,使水中的pH值下降,水的酸性增加,将有助于氢的析出和金属表面膜的溶解破坏,没有氧存在时,溶解状态的二氧化碳会导致钢的腐蚀,在地热矿泉水井中含有大量的二氧化碳,这种溶解性气体对金属管材有着很强烈的腐蚀作用。

(4) 井内悬浮固体。在所有的地热(中深)井中都不同程度存在着由泥土、砂粒、尘埃、腐蚀产物(垢)、微生物粘泥等不溶性物质组成的悬浮物。该井热水的色度和浑浊度分别为32.0和6.4(国家标准分别小于15和5)。当水井流速较低或不经常使用的时候,这些悬浮物容易在井壁管上或缝隙处、变径处、滤水管等部位生成松散的沉积物,从而引起垢下腐蚀。当抽水速度过高或强力开采时,则容易引起磨损腐蚀。

(5) 井内流速。在地热井金属井管腐蚀主要是耗氧腐蚀。因此在流速低的情况下,金属的腐蚀速度随水的流速增加而增加。这是因为水的流速增加,水携带到金属表面的溶解氧的含量也随之增加。当水流速足够高时,足量的氧到达金属表面,使金属

部分或全部钝化,此时金属的腐蚀速度将下降。若水流速继续增大时,水对金属表面上的钝化膜的冲击腐蚀将使金属的腐蚀速度重新增大。特别是该井存在间歇性井喷问题,其瞬间流速极大,则极易造成溶解氧浓差腐蚀和磨损腐蚀。

(6)井管的应力。该井井深较大,并且井底温度和出口温度差值为40℃左右,所以,其井管在受到巨大的压应力、拉应力的同时,还受到温差引起的应力。由于多种应力的存在,则存在应力腐蚀。

总而言之,该井同时存在垢下腐蚀、溶解氧浓差腐蚀、磨损腐蚀、应力腐蚀等多种类型的联合腐蚀。其中,垢下腐蚀为主要腐蚀类型。

4 2号地热井开发建议

通过初步勘查,鹤壁新区具有非常丰富的地热资源,其最大特征是在地热矿水中含有大量的CO₂气体,并且流量和温度相当可观。为了更好地开发利用宝贵的地下资源和洁净能源,提出以下建议。

(1)由于该井为气水混合地热井,在国内罕见并具有较大的开发利用价值,特别是CO₂气体可广泛应用于制造干冰、食品储存、冷藏、化工、医疗、采油等行业。所以,在井口安装气水分离器可同时开采地热和CO₂资源。地热可用于城市供热、温泉洗浴、医疗保健、游泳和种植,达到综合开发利用之目的。

(2)根据井下电视检测结果和综合分析认为在Ø339.7 mm和Ø244.5 mm套管重叠处(井深300 m左右)水泥环遭受破坏而引起出砂。针对该问题必须由专业队伍首先对该段进行修补后,方可使用。否则会造成破裂缝隙进一步扩大,引起上部坍塌、井底淤积而堵塞气水通道。另外,含砂量过高时容易导致地面设备、管道的堵塞和磨损,同时也将出现磨损腐蚀。

(3)该地热矿水中的氟和放射性β、Ra²²⁶严重超标。所以,该水不能作为饮用矿泉水使用。同时,还应严格控制尾水的随意排放。否则,热矿水中的

氟和放射性β、Ra²²⁶会进一步污染土壤和地表水源。一旦造成污染将会转移到水生物和粮食蔬菜中,人体食用后造成损害增加肿瘤发生率以及发育中的变态。

(4)在地热矿水开发的同时,必须对大量的CO₂和CH₄气体进行分离回收利用,一方面作到对资源的综合利用,另一方面防止大气污染,避免由于CO₂和CH₄气体的直接排放导致温室效应。

(5)该井的结垢具有特殊性,不属于一般的水垢成因。所以,对于出水口严重结垢问题,应进一步进行专题研究,搞清机理并拿出切实可行的解决办法。

(6)对于该井的特殊性,由地质、环境、钻探和水文地质专业人员进行深入研究,了解整个鹤壁地热分布区域的压力和井喷变化规律,按《地热资源地质勘查规范》(GB 11615-1989)进行热水和气体的储量评价、流体质量评价和环境评价,为今后科学合理开发利用提供依据。

总而言之,河南鹤壁地热和CO₂资源非常丰富,目前存在的突出问题主要是结垢和开发时的环境问题。若能把这些问题解决好,使其达到综合开发利用之目的,那么,将会取得显著的经济效益、社会效益和环境效益。

参考文献:

- [1] 卢予北. 地热资源开发与问题研究[M]. 郑州:黄河水利出版社,2005.
- [2] 刘志国. 某千米地热井水质变化的处理对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(6).
- [3] 卢予北. 郑州市超深层地热资源科学钻探工程[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(7).
- [4] 卢予北. 地热深层过滤器挤毁事故成因与处理技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(3).
- [5] 卢予北. 创新理念,激活地热洁净能源勘查与开发[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(8).

致谢:文章编写过程中得到了河南省地矿局第二水文地质工程地质队钻探总工程师卢予北高级工程师和邓晓颖主任的大力支持和帮助,在此表示衷心地感谢!

山东省第四届深基础优秀工程评选揭晓 山东省地矿局申报成果全部获奖,占获奖总数58%

本刊讯 山东省第四届深基础优秀工程评选活动日前结束,山东省地矿局所属6家施工公司申报的21项成果全部获奖,占了本年度获奖成果总数的58%。

山东省深基础优秀工程评选活动,从2000年起至今已经举办到第四届,前三届由省深基础工程协会主办,从第四届开始由省建筑工程管理局和省深基础工程协会联合开展。本次评优活动,全省共有

14家地基与基础施工企业申报参评,经专家评审有36项成果获奖,山东省地矿局推荐的21项成果获得“满堂红”,其中获一等奖6项、二等奖10项、三等奖5项,成果所占比例较大,获奖等次较高,充分体现了该局施工企业对成果管理的重视,同时也进一步提高了该局的社会信誉,树立了地矿品牌形象,为进一步提高施工企业市场竞争力创造了有利条件。(张敏 秦幸福 供稿)