

地热开采分类监测方法探讨

王庆兵¹, 孟祥玲^{2*}, 于世忠¹, 沙令宝¹

(1. 山东省国土空间生态修复中心, 山东 济南 250012; 2. 中国建筑材料工业地质勘查中心山东总队, 山东 济南 250012)

摘要:开展地热监测是地热资源开发利用中的一项重要基础工作,也是了解区域地热资源动态变化的重要手段。常规地热开采监测采用在开采井和回灌井里安装监测设备,获取地热开采和回灌时水温、流量、井口压力、水位、水质等动态参数信息。受开采井和回灌井成井井径、抽水设备直径、法兰盘直径、提泵、放泵、回扬等多种因素的影响,易造成监测设备安装困难及存在损坏可能和风险,不能获取稳定长期监测资料,同时获取的监测数据存在误差。本文根据多年监测实践,探索提出区域地热开采分类监测方法,用户负责实施地热开采和回灌时对水量、水温、水质等监测和传输,管理部门负责通过专用地热监测井监测获取区域水位、水温和水质等信息,二者各负其责,形成互补,可以获得长期、稳定、准确的地热水位、水温、水量和水质监测数据,为地热管理提供有效监测数据。

关键词:地热开采;分类监测;方法探讨

中图分类号:F314 **文献标识码:**A **doi:**10.12128/j.issn.1672-6979.2022.07.006

引文格式:王庆兵,孟祥玲,于世忠,等.地热开采分类监测方法探讨[J].山东国土资源,2022,38(7):38-42. WANG Qingbing, MENG Xiangling, YU Shizhong, et al. Study on Classification Monitoring Method of Heating Geothermal Mining[J]. Shandong Land and Resources, 2022, 38(7): 38-42.

0 引言

地热作为一种清洁能源日益受到全世界的关注^[1]。我国的水热型地热资源以中低温为主,适用于直接、综合利用,产生的综合效益越来越明显^[2-4]。近年来,地热利用项目已明显呈上升趋势,尤其是近年来随着市场经济的不断完善,燃料价格的不断调整,人们环保意识不断增强,加之国内地热专用技术与设备的成熟发展,使得中、低温地热直接利用展现出它独特的优势,地热供暖及综合利用方面获得了飞速地发展,突出反映在开发地区范围扩大,地热井的数量稳步增多,利用内容和形式多样化等,日益引起人们普遍的关注^[5]。

可持续地利用地热资源是地热资源开发利用的一个重要课题^[6],开展地热监测是地热资源开发利用中的一项重要基础工作,也是了解区域地热资

源动态变化的重要手段^[7]。前人开发了许多有关地热监测的管理系统^[8-10],通过对地热井的水温、流量、井口压力、水位等动态参数的监测,为合理开采地热资源、进行回灌补源以及管理提供依据^[11-14],取得了较好成效。但是管理系统更多关注系统分析与可视化,利用在开采井和回灌井内安装监测设施开展动态监测,从理论上分析该类监测方案有可行的,但是实际上,受开采井和回灌井成井井径、抽水设备直径、提泵、放泵、回扬等因素的影响,经常造成监测设备安装困难、监测设备存在损坏可能和风险,不能稳定获取长期监测资料。同时,开采期,受水泵及回灌水影响,造成井内水位及水质变化明显,监测所获取的水位和水温数据存在误差,影响了监测资料的有效利用。本文根据多年监测实践,提出区域地热开采分类监测方法,以期地为地热资源可持续开发和保护研究和管理提供真实、长期监测资料,促进地热资源健康发展。

收稿日期:2022-05-03; **修订日期:**2022-05-24; **编辑:**王敏

基金项目:山东省地质调查项目,山东省地热资源开发利用现状调查与监测示范工程,项目编号:鲁矿保[2020]2号

作者简介:王庆兵(1974—),男,江苏灌云人,正高级工程师,主要从事水文地质、环境地质工作;E-mail:wqb1232001@163.com

* **通讯作者:**孟祥玲(1974—),女,山东济宁人,高级工程师,主要从事水文地质工作;E-mail:13793180168@163.com

1 地热开发利用监测现状

目前,地热开发利用监测由地热管理部门组织开展,地热用户配合开展。常用地热资源监测方法是地热管理部门利用地热资源开采和回灌井,在开采井和回灌井分别安装水位监测设备,在地面管道

安装温度、流量和压力监测设备,对开采量(回灌量)、水温、水位、压力等进行动态监测(自动化监测或人工监测),必要时采取开采井(回灌井)水质进行水样分析,监测数据通过监控终端自动传输至管理系统,供管理部门分析使用(图1)。

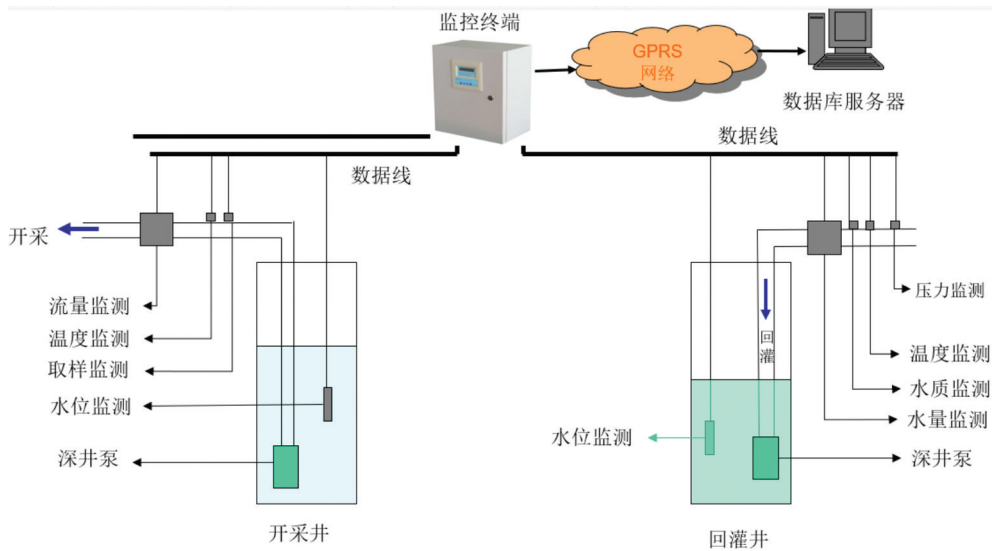


图1 常规地热开采监测系统示意图

2 地热开发利用监测存在的不足

根据资料统计^[15],地热井成井深度较深,一般为1 200~1 500 m,局部可达1 800~2 000 m。地热井成孔一般采用二开或三开成井结构,井管类型为石油套管,一开为泵室管,规格一般为 $\Phi 273.1\text{ mm}\times 8.89\text{ mm}$,二开为井壁管,规格一般为 $\Phi 177.8\text{ mm}\times 8.05\text{ mm}$ 。采用潜水泵直径一般为150 mm,法兰盘直径一般为150 mm。除去潜水泵或法兰盘占用空间,井内可用空间最大为120 mm。此外,受地层影响,钻机钻探过程中,井孔存在一定的斜度,根据有关规定和标准要求^[16],深度1 000 m以内,斜度不大于 3° ,2 000 m以内,斜度不超过 7° ,据此计算,地热井成井深度1 200~1 500 m,偏移距离约为46~58 m。

根据资料统计,开采井及安装有抽水设备的回灌井现有监测设备的安装方法有两种:一种是将监测设备绑在抽水泵的上方,随着开采设备安装时一并安装;另一种是在井壁上设置监测管,将监测仪通过监测管放至井内开展水位监测。由于经常性提泵、放泵、回扬,常引起监测中断,不能长期进行监

测,对监测设备存在损坏的可能和风险。同时,在开采期,由于开采井和回灌井内水位变化明显,监测所获取的水位和水温数据存在误差。

当回灌井内没有抽水设备时,一般直接将监测设备放置于回灌井内,开展水位监测。该方法可以进行长期监测,但是由于回灌时回灌尾水直接灌注至井筒内,易形成高低不同的水柱,造成井内水位变化明显,导致所获取的水位和水温等监测数据存在误差。

3 管理部门及用户对监测要求

管理部门利用监测资料对地热开采和回灌进行管理,需要掌握每个用户开采量、回灌量、开采水温、回灌水温、区域水位、水质、水温等信息,利用监测信息分析每个用户是否按开发利用方案进行开采和回灌,以及在多个用户开采和回灌条件下,区域地热资源的变化情况,以便发现问题及时进行优化调整。

用户通过监测,将地热开采和回灌情况及时上报,接受管理部门监督管理,用户需要掌握开采量、回灌量、开采水温、回灌水温、水质(开采水水质、回灌水水质)、回灌压力等信息,利用监测信息分析并

证明地热开采和回灌情况是否按开发利用方案进行开采和回灌,同时也为有效开发利用地热资源提供技术支撑。

4 区域地热开采分类监测研究

针对目前地热开采监测过程中存在的问题,结合开采用户和管理部门需求等,经综合研究,提出区域地热开采分类监测方案。

4.1 分类监测系统构成

为了获取地热开采区长期真实有效的地热水水

位、水温等动态特征,在已有监测技术基础上,开展优化研究,实施地热资源分类综合监测,获取开采区地下水和地热水水位、水温、水质数据,为综合分析提供长期、系统、有效数据。

一个完整的地热开采综合分类监测系统涉及数据库管理系统、4G/5G 网络通信、远程监控终端及监测端(用户端和管理端)4 部分组成(图 2)。

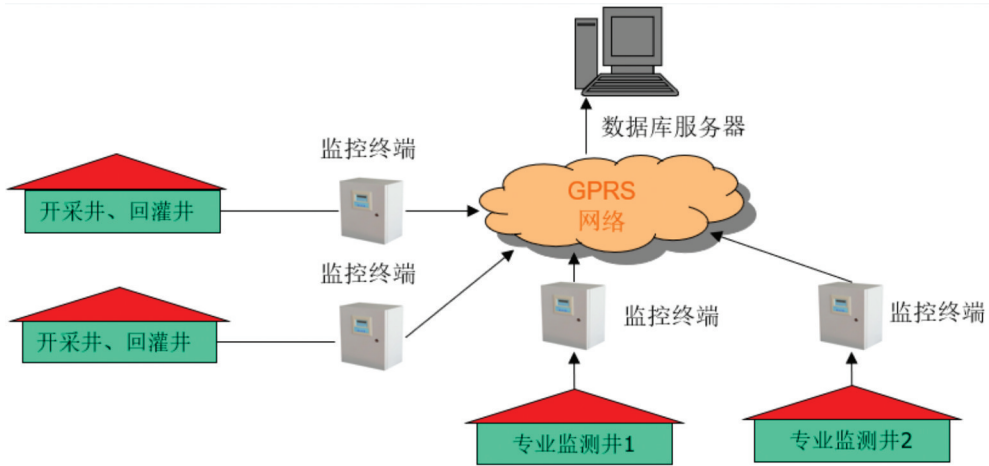


图 2 地热开采分类监测系统示意图

用户端由开采井和回灌井组成,负责地热开发利用过程中,在地表对开采井和回灌井安装监测设备,对涉及的开采量、水温、水质和回灌量、水温、压力和水质进行适时监测,监测信息通过监控终端采集后,通过 4G/5G 网络,将监测数据实时传输至数据库服务器。

管理端由专用监测井组成,负责在地表对专用监测井安装监测设备,对区域水位、水温、水质进行适时监测,监测信息通过监控终端采集后,通过 4G/5G 网络,将监测数据实时传输至数据库服务器。

4.1.1 管理系统

采用 B/S(Browser/Server)结构,支持 SQL - SEVER 2000 数据库和 WINDOWS 2000 操作系统,系统数据采集管理软件分管理软件和通信服务器软件,通信服务器软件可以兼容其他厂家生产的通讯设备,保证系统开放。

软件具有数据采集、数据维护、数据统计、图形显示、报表功能、查询检索功能、通讯功能等。

4.1.2 网络通信

采用 4G/5G GPRS 网络进行数据传输。

4.1.3 监控终端

主要由水资源控制器、数据传输模块、信号继电器、中间继电器、金属机箱等组成,实现对监测数据的集中收集和传输管理。

4.1.4 监测端

监测端由两部分组成:用户端和管理端。用户端和管理端按各自的职责分别进行监测,相关监测信息通过网络传输至数据库服务器进行汇总,实现监测信息集中、统一。

(1)用户端

由进行地热开采和尾水回灌的单位或人员负责开展,在地表对地热开采和回灌安装自动化监测装置,进行开采和回灌相关信息监测,主要监测内容包括开采井和回灌井的开采(回灌)水量、开采(回灌)水温、开采(回灌)水质、回灌压力等,由监控终端统一集中收集,通过无线网络将监测数据发送至数据库服务器(图 3)。

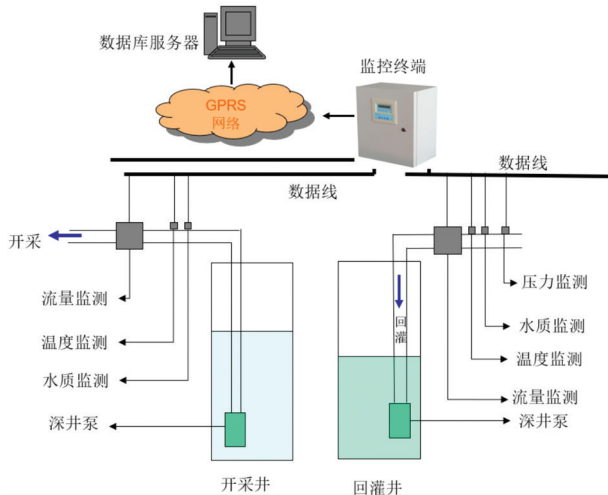


图 3 地热资源开采用户远程监测测量示意图

(2) 管理端

由进行地热管理单位或受委托的开展监测的单位负责开展,利用专门性地热监测井,安装自动化监测设置,开展区域地热水温、水质、水位监测,及时通过网络将监测数据发送至数据库服务器(图 4)。

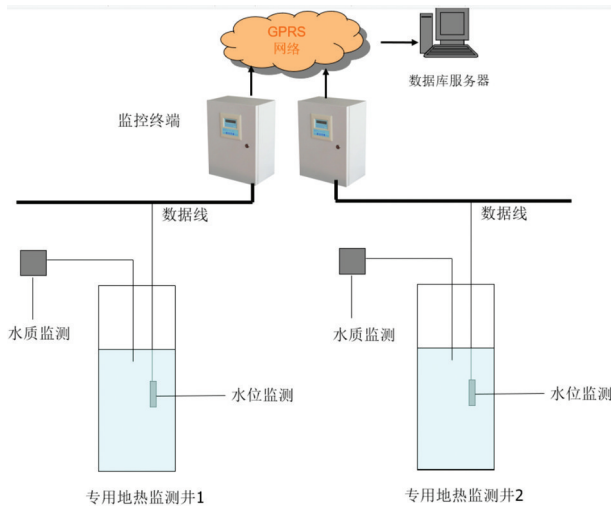


图 4 管理部门监测测量示意图

4.2 实施分类监测优点及不足

(1) 优点

与现有的地热动态监测方法对比,地热开采分类监测方法具有以下优点:

地热开采监测涉及的用户和管理部门各司其责。用户负责提供其开采和回灌时涉及的有关水量、水温、水质、压力等信息,管理部门负责获取区域地热水位、水温和水质等信息,通过网络将监测数据发送至数据库服务器,二者互不干扰。

监测设施易于保护和维修。用户不需要对开采

井和回灌井的水位进行监测,避免在井内安装水位、水温等监测设备,各类监测设备安装在地面有关管道上,井内设备设施的维护维修及回灌、回扬等不会对监测设备安全造成影响。任何一个监测设备出现故障,可随时进行维修或更新。管理部门通过专用地热监测井,安装自动化监测设备,获取区域水位、水温和水质等信息,各类监测设备安装在监测井内,人为影响小,监测设施易于管理和保护。

获取的地热相关信息齐全和完整。用户端和管理端分别进行动态监测,通过网络将监测数据发送至数据库服务器,获得长期稳定的开采和回灌监测数据。两类数据合并后,可以合成为区域地下水开采及回灌相关的水位、水温、水量、水质和压力全部信息,可以真实反映区内地热开采、回灌信息以及地热水动态变化。

(2) 存在的不足

与常规地热动态监测相比,地热开采分类监测存在一定的优点,但也存在一定的不足,主要表现在管理部门开展监测需要通过专用地热监测井实施,钻探施工专用地热监测井费用较高,可能是影响地热分类监测实施最大的困难。

5 结论

通过对现有地热监测工作进行研究,分析存在的问题与不足,研究分类监测技术。

(1)近十余年来,地热利用项目已明显呈上升趋势。在地热资源监测工作中存在一些问题,影响地热持续监测,不能稳定获取长期、真实的监测资料,不利于地热资源管理和监督。

(2)基于地热开采分类监测技术,地热开采用户和管理部门各负其责。用户负责提供其开采和回灌时涉及的有关水量、水温、水质等信息,各类监测设备安装在地面相关管道设备上,易于保护和维修;管理部门通过专用地热监测井,获取区域水位、水温和水质等信息,各类监测设备安装在专门监测井内,人为影响小,通过网络将监测数据发送至数据库服务器,可获得长期稳定的区域水位、水温和水质监测数据。

(3)实施分类监测需要通过专用地热监测井实施,钻探施工专用地热专用监测井费用较高,这可能是影响地热分类监测实施最大的困难。

参考文献:

- [1] 郑人瑞,周平,唐金荣.欧洲地热资源开发利用现状及启示[J].中国矿业,2017,26(5):13-19.
- [2] 李文,孔祥军,袁利娟,等.中国地热资源概况及开发利用建议[J].中国矿业,2020,29(S1):22-26.
- [3] 王贵玲,刘彦广,朱喜,等.中国地热资源现状及发展趋势[J].地学前缘,2020,27(1):1-9.
- [4] 自然资源部中国地质调查局,国家能源局新能源和可再生能源司,中国科学院科技战略咨询研究院.中国地热能发展报告-2018[M].北京:中国石化出版社,2018:1-9.
- [5] 孟祥玲,王庆兵,杨培杰.山东省地热资源开发利用现状调查与问题分析[J].山东国土资源,2021,37(11):36-42.
- [6] 赵丰年.新形势下地热能行业发展规划基础及目标展望[J].当代石油石化,2020,28(6):10-15.
- [7] 宗振海,王平,王冰,等.稳态测温方法在天津地热动态监测中的应用[J].地质调查与研究,2018,41(3):228-231.
- [8] 王晓玲,樊文超.基于物联网设计的地热井监测系统[J].沧州师范学院学报,2017,33(2):62-65.
- [9] 丁欣颖,刘金侠,金文倩,等.基于云计算和物联网技术的地热项目动态监测技术[J].中国科技信息,2017(18):87-88.
- [10] 刘杰.浅层地热能开发利用地质环境影响与监测系统建设研究[J].山东国土资源,2018,34(1):49-55.
- [11] 王鹏,向衡,周鑫.地热井井位部署及合理井间距浅探[J].化工管理,2018(11):72.
- [12] 崔月圆.关于山东省地热尾水回灌试验的应用研究[J].山东国土资源,2019,35(7):64-71.
- [13] 冯守涛,王成明,杨亚宾,等.砂岩热储回灌对储层影响评价:以鲁西北拗陷地热区为例[J].地质学报,2019,93(1):158-167.
- [14] 高剑,张进平,孔祥军,等.北京通州地区深部地热井间的影响分析[J].城市地质,2017,12(4):72-75.
- [15] 李肖兰,杜绍伟,张玲,等.山东省地热资源分布与开发利用研究[J].山东国土资源,2021,37(1):37-43.
- [16] GB/T 11615-2010.地热资源地质勘查规范[S].

Study on Classification Monitoring Method of Heating Geothermal Mining

WANG Qingbing¹, MENG Xiangling², YU Shizhong¹, SHA Lingbao¹

(1. Shandong Provincial Land and Space Ecological Restoration Center, Shandong Jinan 250012, China; 2. Shandong Brigade of China Building Materials Industry Geological Exploration Center, Shandong Jinan 250012, China)

Abstract: Carrying out geothermal monitoring is an important basic work in the development and utilization of geothermal resources, and it is also an important means to understand the dynamic changes of regional geothermal resources. Conventional geothermal mining monitoring uses monitoring equipment installed in mining wells and recharge wells to obtain dynamic parameter information such as water temperature, flow rate, wellhead pressure, water level, and water quality during geothermal mining and recharge. Affected by various factors, such as the well diameter of the production well and the recharge well, the diameter of the pumping equipment, the diameter of the flange, the pump, the pump, the back-up and other factors, it is easy to cause difficulties in the installation of the monitoring equipment and the possibility of damage and risk, which cannot obtain stable long-term monitoring data, and the obtained monitoring data have errors. Based on years of monitoring practice, classified monitoring methods for regional geothermal exploitation has been put forward. Users are responsible for monitoring and transmitting water volume, water temperature and water quality during geothermal exploitation and reinjection. The management department is responsible for obtaining regional water level, water temperature, water quality and other information through monitoring of special geothermal monitoring wells. Both of them have their own responsibilities and complement each other. They can obtain long-term, stable and accurate geothermal water level, water temperature, water volume and water quality monitoring data, Provide effective monitoring data for geothermal management.

Key words: Geothermal mining; classified monitoring; method study