

临沂市柳航头地区地热资源特征研究

苏宝杰¹, 张诚², 王威², 刘连², 刘安同¹

(1. 临沂市国土资源局, 山东 临沂 276000; 2. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

摘要:区域地质调查和地热地质勘探资料显示,临沂市柳航头地区区域构造发育较强烈,大气降水通过构造破碎带向地下深部运动,深部寒武-奥陶纪灰岩岩溶地层厚度可达1 500余米。区域地下水在深部渗透性较好的岩溶地层内径流,向柳航头地区运动过程中,不断受到地球深部热源的地温加热而形成地热水,寒武-奥陶纪岩溶地层成为热储层,其上覆地层导热率较低,是较好的盖层。结合研究区内的地热井深部测温数据和地热水化学特征数据,建立柳航头地区地热概念模型。

关键词:热储层;地热水化学特征;地热梯度;地热概念模型;柳航头地区;临沂市

中图分类号:P314.2

文献标识码:B

引文格式:苏宝杰,张诚,王威,等.临沂市柳航头地区地热资源特征研究[J].山东国土资源,2015,31(1):31-35.

SU Baojie, ZHANG Cheng, WANG Wei, etc. Study on Characteristics of Geothermal Resources in Liuhangtou Area in Linyi City[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(1): 31-35.

0 引言

华北地区是地热资源丰富的区域,从总体上看,属于以传导为主的大地热流作用机制下形成的以中、低温热水型为主的地热资源区^[1],寒武-奥陶系、中元古界的灰岩层,为岩溶-裂隙型热水,占可开采资源的54.9%^[2]。临沂市为华北平原地热资源开发利用程度较高的城市之一,2008年被中国矿业联合会授予“中国地热城”称号。鉴于临沂市地质矿产资源后备不足,集约化程度不高的形势^[3],地热资源开发利用具有战略意义,取得了明显的社会、经济与环境效益^[4-5]。河东区柳航头地区是临沂市地热资源分布区的主要组成部分之一。北起亭子头,南至三官庙一带,西起沂河,东到甘家屯一带,面积约32.65 km²。

柳航头地区位于沂河东侧,地面标高66~76 m,地势平坦。区内多年平均降水量为819 mm,主要集中在6—9月。柳航头地区交通路线包括南北贯穿的京沪高速公路、4条过境国道和18条省道干线,辅以市级和乡级公路,兖石铁路贯穿东西,区域交通便利。

1 区域地质背景

1.1 地层岩性

柳航头地区区域地层自老至新,分布有新太古代泰山岩群,元古界震旦系、古生界寒武系、奥陶系、石炭-二叠系,中生界侏罗系-白垩系和新生界古近系、第四系。

泰山岩群岩性以斜长角闪岩类及黑云变粒岩为主,厚度达2 500 m左右。震旦系主要岩性有砂岩、粉砂岩、页岩、灰岩、白云岩及其过渡岩石类型等,厚度自几米至几百米不等。寒武系底部岩性以紫红色石英砂岩为主,偶有砾岩、砂质页岩与泥岩,中上部以浅灰色、灰色厚层灰岩和白云岩为主,地层厚度400~1 180 m。奥陶系岩性以灰岩夹白云岩为主,厚度在500~600 m。石炭-二叠系下部岩性为暗红色铁质泥岩,铁质铝土岩,灰白色铝土岩,中上部为砾砂岩、灰黄色中粒砂岩,长石石英砂岩夹少量砂质页岩,夹多层灰岩和煤层,地层厚度200~260 m。侏罗系-白垩系下部地层岩性以紫红色粗砾岩、巨砾岩为主,中上部地层岩性以花岗质、碳酸盐岩质砾

收稿日期:2014-07-31;修订日期:2014-10-31;编辑:曹丽丽

作者简介:苏宝杰(1977—),男,山东临沂人,工程师,主要从事地质矿产勘查工作;E-mail:292961800@qq.com

石、砂泥质胶结、中基性火山熔岩和少量火山碎屑岩及潜火山岩组合,该套地层厚度 360 ~ 2 000 m。古近系岩性为红色砾岩夹砂岩,砾石成分以安山质为主,厚度自几米至几十米不等。第四系包括临沂组、沂河组,前者岩性主要为灰黄色粘土,含砂质粘土,厚度约 2 ~ 9 m;后者为砂砾层、含粘土质细砂层,厚度约 1 ~ 15 m^[6]。

1.2 地质构造

地质调查和遥感地质解译资料显示^[7],郯部-葛沟断裂将研究区分为东西两区,西区位于蒙山断裂以南,尼山-苍山断裂以北,属于鲁中隆起区 IV 级构造单元,孟家庄-常家村断裂自西北向东进一步将西区分割成平邑凹陷和临沂穹断。东区属于沂沭断裂带 IV 级构造单元中的马站苏村地堇(图 1)。

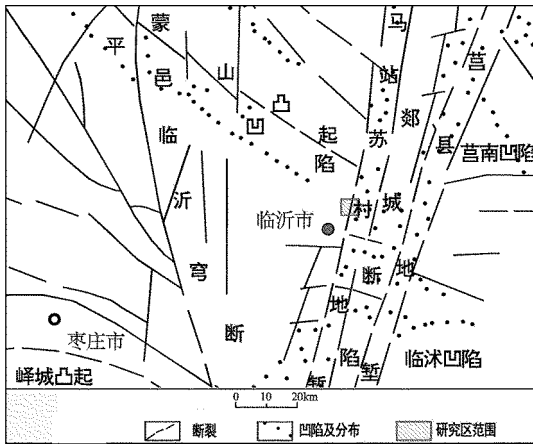


图 1 区域构造图

1.3 水文地质条件

地下热水的赋存与分布规律除了受地形、地貌、地层岩性条件影响外,同时受大地构造的控制。柳航头地区以郯部-葛沟断裂为界分为 2 个不同的水文地质区:断裂以东为鲁中深断裂带水文地质区,以西为鲁西断束水文地质区,该水文地质区又以孟家村-常家庄断裂分成平邑-方城地堇水文地质单元和临沂单斜水文地质单元(图 2)。

1.3.1 鲁中深断裂带水文地质区

鲁中深断裂带水文地质区位于沂沭断裂带之间,西侧边界为郯部-葛沟断裂,东侧边界为昌邑断裂,补给来源主要为大气降水,次要来源为沂水地区南向径流地表水入渗及地下水径流补给。地下水径流方向自东北向西南,在有利地段以泉的形式排泄

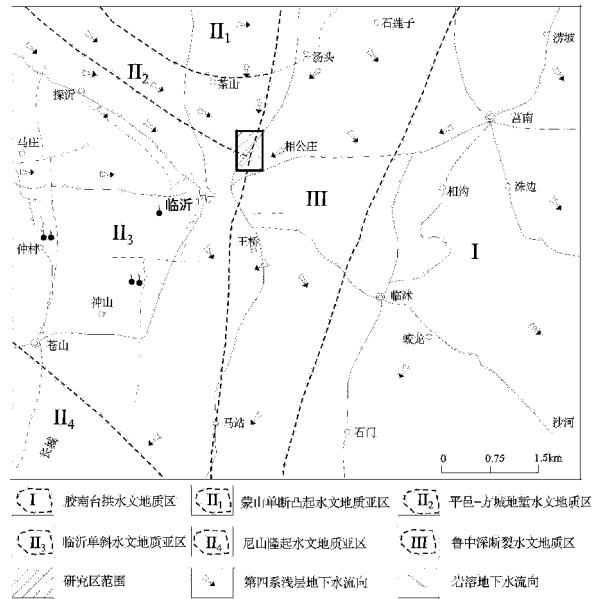


图 2 区域水文地质图

(如汤头温泉),部分地下水沿断裂破碎带向西南侧向径流排泄。

1.3.2 鲁西断束水文地质区

(1)临沂单斜水文地质单元。临沂单斜水文地质单元边界为尼山-苍山断裂、孟家村-常家庄断裂带和郯部-葛沟断裂。补给来源主要为大气降水,侧向径流补给以及上游地表水的入渗补给作为单元内地下水的次要补给源;径流方向流向由西北向东及东南方向,基本与地形坡向和岩层倾向一致。地下水排泄方式包括人为开采、有利的低洼地段出流成泉、向地表水沂河排泄,以及对深层地下水进行越流补给等。

(2)平邑-方城地堇水文地质单元。平邑-方城地堇水文地质单元位于郯部-葛沟断裂以西、蒙山断裂与孟家村-常家庄断裂带之间。补给来源主要为大气降水,其次为单元南侧白垩系裂隙水和单元北侧蒙山断块凸起的潜流侧向径流补给,以及上游地表水的入渗补给等;径流方向由西北向东南,深层岩溶水径流途径中,遇相对阻水的东侧沂沭断裂带,深层地下水一部分越流补给第四系孔隙水并向沂河排泄,一部分顺断裂破碎带向南地下径流排泄;第四系地下水一部分以潜流的形式排泄。

2 地热地质条件

2.1 热储层特征及其埋藏条件

综合分析河东区柳航头地区区域地质背景和人文地质条件,热储层主要分布在郟部-葛沟断裂以西的区域,该区热储分布由于受断裂构造和地层岩性等因素的影响而极不均匀,在目前经济技术条件下,具有开发利用价值的热储为寒武-奥陶纪层状热储层(图 3)。

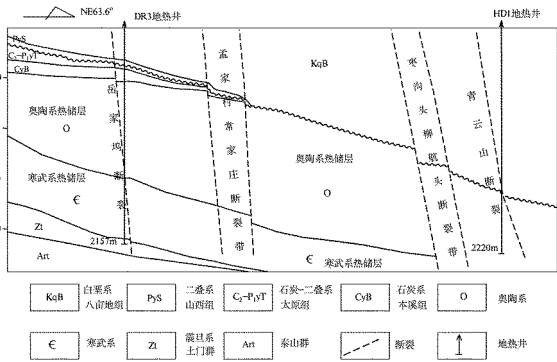


图 3 热储层埋藏条件示意图

寒武-奥陶纪热储岩性以灰白色-深灰色厚层纯灰岩及厚层豹皮灰岩为主,夹白云质灰岩、白云岩、泥灰岩、角砾状泥灰岩。

在 NW 向断裂孟家村-常家庄断裂带以南地区奥陶纪灰岩热储顶板埋深平均约 600 m。邻区 DR3 揭露奥陶纪灰岩热储顶板埋深为 576.6 m,底板埋深为 1502.6 m,厚度为 926 m,层状热储的平均裂隙率为 7%;寒武系热储顶板埋深 1502.6 m,底板埋深为 2116.6 m,厚 614 m,寒武系层状平均裂隙率为 4%。在孟家村-常家庄断裂带以北,奥陶纪灰岩热储顶板埋深较大。HD1 孔揭露奥灰热储顶板埋深为 1674 m,钻孔未揭穿热储层底板,其上覆盖有较厚的白垩系,奥灰层状热储的平均裂隙率为 2.6%^①。奥灰热储的埋深总体分布规律为南浅北深,局部受断裂构造影响较大。

2.2 地热梯度特征

2.2.1 地温梯度的水平变化特征

柳航头地区地温梯度值主要与断裂发育情况有关,在靠近活动断裂的附近地温梯度高,远离断裂带则地温梯度低,如靠近郟部-葛沟断裂的 SJ2 孔(1.67℃/100m)、SJ6 孔(2.0℃/100m),高于其他远离断裂带的井孔的地温梯度值。

2.2.2 地温场垂向变化特征

从孟家村-常家庄断裂带以北的 HD1 孔测温曲

线来看(图 4),孔底地热水温为 60.96℃,测温曲线总体上呈一条近似斜直线,反映在垂直方向上,地温在恒温带 30 m 埋深以下的变化趋势为地温随深度的增加而递增,地温梯度为 0.82~2.14℃/100m^①。

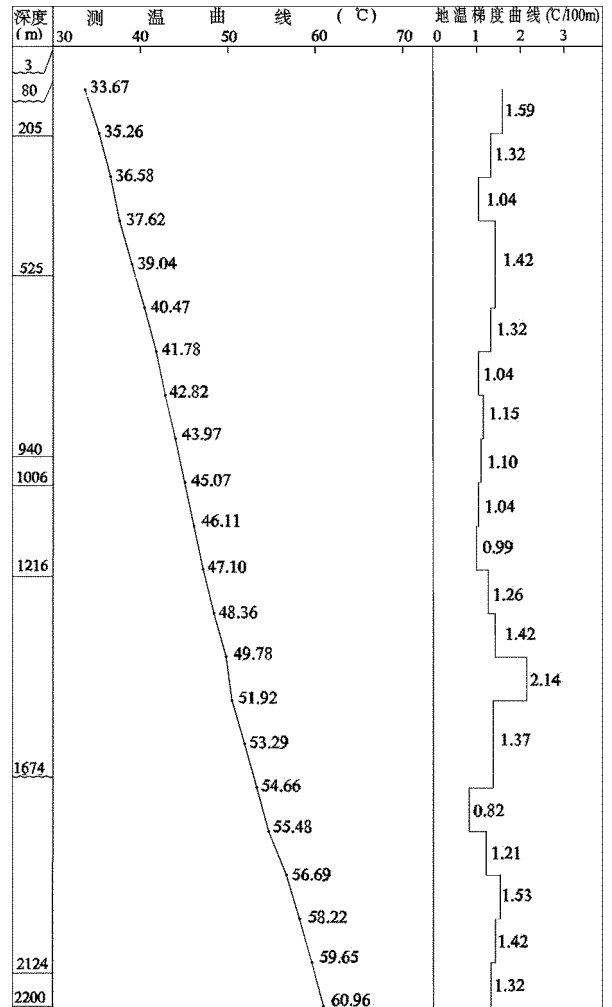


图 4 HD1 孔测温曲线及地温梯度线

2.3 地热水化学特征

HD1 地热井地热水水质分析资料(表 1)表明^①,地热水化学类型为 Cl-Na 型,pH 值 7.95,矿化度为 4360.55 mg/L,为咸水,rNa/rCl = 1.068,其系数均高于大洋水(rNa/rCl = 0.85),反映 HD1 地热水具有大陆溶滤水的特征,即地热水的最终来源为大气降水。HD1 地热水同位素测试分析项目 δD 为-62‰,δO¹⁸为-9.2‰,经研究对比 δD 和 δO¹⁸ 的值在克雷格标准降水直线 δD = 8δO¹⁸ + 10 附近(图 5),证实地下水热田由大气降水补给形成,属大气

① 景晓东,临沂市 HD1 井井流试验成果报告,2011 年。

成因。

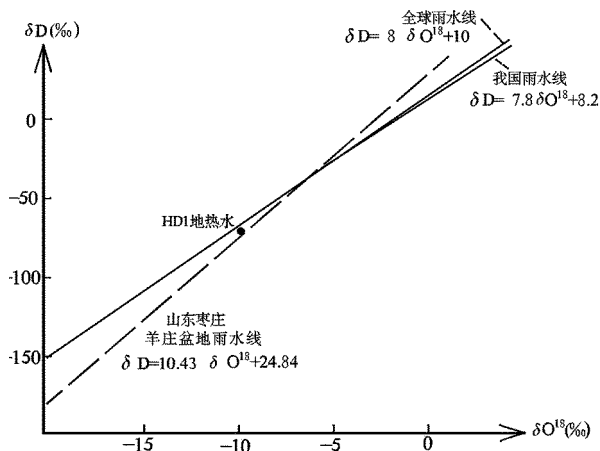


图 5 HD1 δD, δO¹⁸ 值与标准雨水线对比图

HD1 井地热流体氩的含量为 $(6.3 \pm 1.8) \text{ TU}^{\text{①}}$, 参照年龄测试标准, 说明其地热流体是现代水 (小于 5 ~ 10 a)。

表 1 HD1 井水质分析

| 常规离子 | | (mg/L) | (mmol/L) | % |
|------|-------------------------------|---------|----------|-------|
| 阳离子 | K ⁺ | 17.21 | 0.44 | 0.62 |
| | Na ⁺ | 1350 | 58.72 | 82.30 |
| | Ca ²⁺ | 191.2 | 9.54 | 13.37 |
| | Mg ²⁺ | 30.87 | 2.54 | 3.56 |
| 阴离子 | Cl ⁻ | 1756 | 49.55 | 72.72 |
| | SO ₄ ²⁻ | 760.8 | 15.84 | 23.25 |
| | HCO ₃ ⁻ | 139.1 | 2.28 | 3.35 |
| | CO ₃ ²⁻ | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 矿化度 | | 4360.55 | | |
| 总硬度 | | 604.4 | | |
| pH 值 | | 7.95 | | |
| 水质类型 | | Cl - Na | | |

3 地热概念模型

根据柳航头地区地热地质背景, 区内地热资源主要分布在郯部-葛沟断裂以西 (西区), 西区以具有一定阻水作用的孟家村-常家庄断裂带分成南北 2 个块段, 分属 2 个不同的水文地质单元, 北侧隶属于平邑-方城地堑水文地质单元, 水化学类型主要为 Cl - Na 型, 南块段隶属于临沂单斜水文地质单元, 水化学类型为 Cl · SO₄ - Na 型。

3.1 热源

参照华北地区大地热流背景和区内钻孔测温数据, 地球深部热源、岩浆热液活动及放射性元素蜕变是柳航头地区的主要地热热源, 正常地温传导是该

区的主要热量传递方式。

3.2 热储

柳航头地区西区内的层状热储为奥陶系和寒武系, 岩性以灰色、灰白色、棕红色、深灰色厚层纯灰岩、厚层灰岩及鲕粒状灰岩为主, 夹白云质灰岩、白云岩、泥灰岩、角砾状泥灰岩, 岩溶裂隙较发育, 具有储热空间, 构成岩溶裂隙层状热储层。

3.3 盖层

柳航头地区西区第四系分布连续但厚度较薄, 北块段的白垩系导热率较低, 是较好的盖层, 南部白垩系虽变薄, 但在大部分地区分布仍较稳定, 同时南块段内的石炭系也对热储起到一定的隔热保温作用 (图 6)。

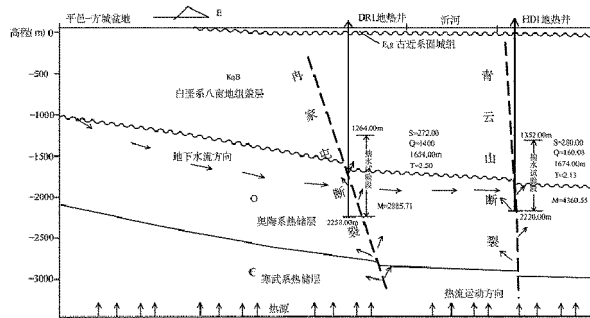


图 6 热储概念模型图

4 结论

河东区柳航头地区是临沂市地热资源分布区的主要组成部分。

柳航头地区郯部-葛沟断裂纵穿研究区, 断裂以东为鲁中深断裂带水文地质区; 断裂以西为鲁西断束水文地质区。柳航头地区地热资源主要分布在郯部-葛沟断裂以西 (西区), 深部均分布有寒武-奥陶纪灰岩岩溶地层, 厚度可达 1 500 余米, 平均裂隙率为 2.6% ~ 4.0%, 地层埋深南浅北深, 为地热水热储层。

地球深部热源、岩浆热液活动及放射性元素蜕变是柳航头地区地热热源的重要来源, 正常地温传导是该区的主要热量传递方式。区域地温梯度受郯部-葛沟断裂影响, 在靠近断裂的附近地温梯度高, 远离断裂带则地温梯度低。区内地温恒温带 30 m 埋深, 恒温带以下地温随深度的增加而递增, 垂向地温梯度为 0.82 ~ 2.14℃/100 m, 白垩系和石炭系为地热盖层。

参考文献:

- [1] 陈墨香. 华北地热[M]. 北京:科学出版社,1988:88-89.
- [2] 马刚. 华北平原北部地热资源评价[J]. 水文地质工程地质, 1990,(2):8-11.
- [3] 杨静,汪贵秀. 临沂市矿产资源开采利用调查与思考[J]. 山东国土资源,2012,28(5):52-55.
- [4] 郭仕昌,姚春梅,徐品,等. 临沂市地热地质条件及开发利用效益分析[J]. 山东国土资源,2009,25(3):31-33.
- [5] 李婷婷,许家东,陈晓梅,等. 临沂市地热井远程动态监控系统的建设与应用[J]. 山东国土资源,2013,29(10):97-100.
- [6] 李付全,高宗军. 临沂市北城新区成热地质条件浅析[J]. 重庆科技大学学报(自然科学版),2011,16(3):116-119.
- [7] 王华林,王纪强. 沂沭断裂带北段活动构造遥感地质解译与检验[J]. 测绘通报,2012,(S1):276-281.

Study on Characteristics of Geothermal Resources in Liuhangtou Area in Linyi City

SU Baojie¹, ZHANG Cheng², WANG Wei², LIU Lian², LIU Antong¹

(1. Linyi Bureau of Land and Resources, Shandong Linyi 276000, China; 2. No. 1 Exploration of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: As showed by regional geological survey and geothermal exploration information, regional structures are widely distributed Liuhangtou area in Linyi city. Precipitation always infiltrates into deep underground along tectonic fracture zone. The thickness of Cambrian - Ordovician limestone karst strata is more than 1500m. Regional groundwater runs in deep karst formation with good permeability. During the period of moving to Liuhangtou region, underground water continuously suffered from the geothermal heat of deep earth heat source, Cambrian - Ordovician karst stratum become geothermal reservoir, while the overlying strata is good cap rock with low thermal conductivity. Combining with the research of deep geothermal well temperature and chemical characteristics of geothermal water, geothermal conceptual model of Liuhangtou area has been established.

Key words: Geothermal reservoir; chemical characteristics of geothermal water; geothermal gradient; geothermal conceptual model; Linyi city