

雄安新区雾迷山组地热储层分布特征

胡斌^{1,2}, 赵亮³, 雷海飞⁴, 王勇⁵, 杨飞^{1*}

¹油气资源与勘探技术教育部重点实验室, 湖北 武汉

²中石化江汉油田分公司基建工程部, 湖北 潜江

³中国石油大庆油田有限责任公司勘探开发研究院, 黑龙江 大庆

⁴中石化绿源热能开发有限公司, 河北 保定

⁵江汉油田分公司江汉油田储气库, 湖北 潜江

Email: *randyang@126.com

收稿日期: 2021年2月22日; 录用日期: 2021年5月7日; 发布日期: 2021年5月14日

摘要

蓟县系雾迷山组是雄安新区目前地热开发的主要地热储层。在雄安新区内, 雾迷山组热储层顶面构造埋深为600~4000 m不等, 区内被牛东断层、容东断层和牛南断层分割为雄县断块、容城断块和安新断块三个主要的热储断块。蓟县系雾迷山组, 经历了多期构造运动(蓟县、加里东、燕山、喜山等), 其地层经历过多期隆升剥蚀作用, 雾迷山组残余厚度为600~1400 m不等, 南部残余厚度大, 北部残余厚度薄。雄安新区开发利用雾迷山组地热水, 具有埋藏浅、水量大、矿化度低、水质好等特点。雄安新区地热资源高效开发利用已成为中国地热能高质量发展的示范区。

关键词

雄安, 雾迷山, 地热, 储层, 断块, 地层厚度

Distribution Characteristics of Geothermal Reservoirs in Wumishan Formation, Xiong'an New Area

Bin Hu^{1,2}, Liang Zhao³, Haifei Lei⁴, Yong Wang⁵, Fei Yang^{1*}

¹Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources, Wuhan Hubei

²Infrastructure Engineering Department of Jiangnan Oilfield, Qianjiang Hubei

³The Exploration & Development Institute of Daqing Oilfield Ltd. Company, Daqing Heilongjiang

⁴Sinopec Green Energy Geothermal Development Co., Ltd., Baoding Hebei

⁵Gas Storage Project Department of Jiangnan Oilfield, Qianjiang Hubei

*通讯作者。

文章引用: 胡斌, 赵亮, 雷海飞, 王勇, 杨飞. 雄安新区雾迷山组地热储层分布特征[J]. 地球科学前沿, 2021, 11(5): 584-589. DOI: 10.12677/ag.2021.115053

Email: randyang@126.com

Received: Feb. 22nd, 2021; accepted: May 7th, 2021; published: May 14th, 2021

Abstract

The Wumishan formation is the main geothermal reservoir in Xiong'an new area. In Xiong'an new area, the research area is divided into Xiongxi fault block, Rongcheng fault block and Anxin fault block by Niudong fault, Rongdong fault and Niunan fault. The buried depth of the top surface of the Wumishan formation is 600~4000 m. The Wumishan formation underwent multiple tectonic movements, such as: Jixian, Caledonian, Yanshan and Himalayan movements etc., so the Wumishan formation underwent multiple periods of uplift and denudation. The residual thickness of the Wumishan formation is 600~1400 m, with large residual thickness in the south and thin in the north. The geothermal water of Wumishan formation is characterized by shallow burial, large water volume, low salinity and good water quality. Xiong'an new area has become a demonstration area for high-quality development of geothermal energy in China.

Keywords

Xiong'an, Wumishan, Geothermal, Reservoir, Fault Block, Formation Thickness

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2017年4月1日,中央决定在河北省保定市设立国家级新区,包括雄县、容城、安新等三个县城及周边部分区域,要求用最先进的理念和国际一流的水准进行城市设计与规划,并集中疏解北京非首都功能,探索人口经济密集地区优化开发新模式。在雄安新区率先推进地热清洁取暖,则能为地热能资源在全国的利用发挥好示范带动作用[1]。

根据前期的地质调查,雄安新区地热水,按其赋存条件可分为二种,一种是赋存于新生界碎屑沉积层的孔隙水,一种是赋存于碳酸盐岩中的溶、裂隙中的基岩裂隙水。由于河北浅层地下水禁止开发,这里只研究基岩裂隙热储层——雾迷山组热储层[2]。

2. 蓟县系雾迷山组热储层地层特征

雾迷山组热储层为雄安新区目前地热开发的主要地热储层[3],其埋深变化较大,在1500~3500 m之间。该套地层主要由一套不同结构的白云岩建造组成,含较多的燧石条带和团块。雾迷山组在整个研究区内都有分布,厚度变化大,从50至1200 m不等。在古隆起的高点区第三纪上新世明化镇组直接覆盖于雾迷山组之上。

3. 蓟县系雾迷山组热储层岩石化学特征

据雄安新区地热井地层测井统计,蓟县系雾迷山组热储层位于组地层最上部,Rr1井揭露地层厚度

174.2 m, 储厚比 59.13%。Rr3 井揭露本组地层 729.4 m, 储厚比 5.31%, 孔隙度 5.477%。Jtxc 井揭露本组地层约 550 m, 储厚比约 22.62%, 孔隙度 8.82%。XZ1 井揭露本组地层约 557 m, 储厚比约 35%, 孔隙度 5.05% [4]。

雄安新区雾迷山组经历了漫长地质时期剥蚀、风化、淋滤作用, 其溶隙、溶孔发育, 形成了地下水储存空间[5] [6]。据现有地热井资料[7] [8], Rr3 井水温 51.0℃, 单井涌水量 100 m³/h, 单位涌水量 2.716 m³/h*m, 矿化度 2.9 g/L, pH 值 7.13, 为 CL·HCO₃-Na 型低温地热资源之温热水, 平均孔隙度 5.477%, 渗透率平均 1.14 × 10⁻⁵ um²。Rr1 井水温 47.2℃, 1994 年成井时静水位 14.5 m, 动水位 45.19 m。单井涌水量 45 m³/h, 矿化度 2.94 g/L, pH 值 7.84。为 CL·HCO₃-Na 型低温热水。Ht1 号井水温 64℃, 成井时静水位约 67 m, 动水位约 76 m, 水量 157 m³/h。BZC2 井水温 68℃, 成井时静水位约 82 m, 动水位约 94 m, 水量 115 m³/h。WQHY 井水温 68℃, 成井时静水位约 74 m, 动水位约 82 m, 水量 124 m³/h。

据 Rr3 基岩地热井成井后水质化验报告[9] [10], 热水中主要阳离子为钠离子, 含量为 856.0 mg/L; 主要阴离子为氯离子, 含量为 1127.4 mg/L, 碳酸氢根离子含量为 754.2 mg/L。溶解性总固体 2.9521 g/L, 按矿化度分类为微咸水(1~3 g/L); pH 值 7.13, 按酸碱度分类为中性水(pH 值 6.5~8.0); 总硬度(CaCO₃ mg/L) 342.3 mg/L, 按硬度分类为硬水(300.24~450.36 mg/L); 碳酸氢根离子的毫克当量百分数为 27.7, 氯离子的毫克当量百分数为 71.3, 钠离子的毫克当量百分数为 81.9, 按水化学类型分类为 CL·HCO₃-Na 型水。

4. 蓟县系雾迷山组热储层分布特征

雄安新区处于冀中凹陷中部牛驼镇凸起、容城凸起和高阳低凸起的结合部位[11] [12]。论文研究中, 利用前期地质调查报告[13]、重磁电普查[14]和地震勘探资料, 对雾迷山组热储层的分布特征进行较为详细的研究与分析。

4.1. 热储层地震反向特征

前人对本区地热储层的研究大多利用重力和电磁普查资料, 精度达不到精细刻画地热储层的要求, 论文利用地震资料, 对研究区地热储层进行精细刻画。

蓟县系雾迷山组直接被第三系所覆盖, 其中在凸起部位覆盖于新近系之下, 而在斜坡部位则与古近系接触, 表现在地震剖面上具有较强的波阻抗界面, 反射能量强, 表现为强振幅、连续性较好的反射特征, 全区可连续追踪对比(图 1)。

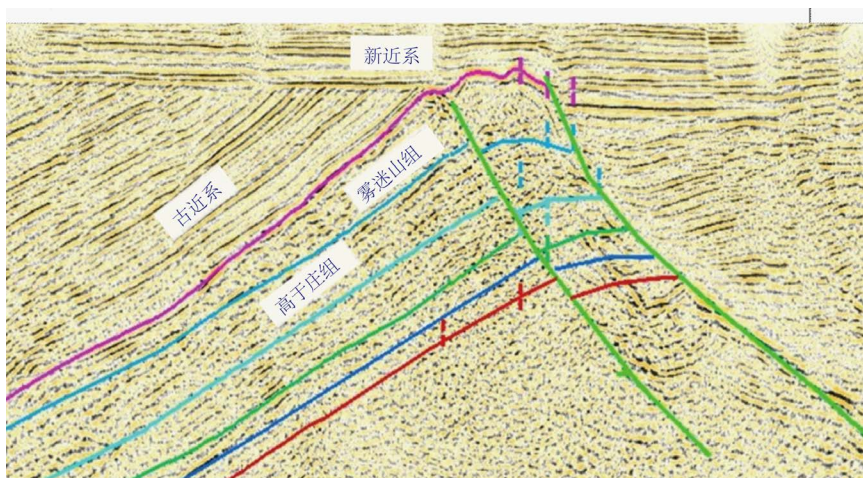


Figure 1. Seismic reflection characteristics of Wumishan formation in Xiong'an new area
图 1. 雾迷山组地震反射特征

热储层蓟县系雾迷山组以灰白色石英砂岩为主，而其下的长城系高于庄组为泥质白云岩，岩性上的差异，使得雾迷山组底界具有较清晰的反射，地震反射特征表现为能量中-强，频率较低，可连续对比追踪(图 1)。

4.2. 热储层分布

依据雾迷山组热储层顶、底面的地震反射特征，在雄安新区内对雾迷山组热储层进行追踪与解释，确定其分布范围与顶面构造埋深。在构造上，研究区被牛东断层、容东断层和牛南断层分割为雄县断块、容城断块和安新断块三个主要的热储断块(图 2)。

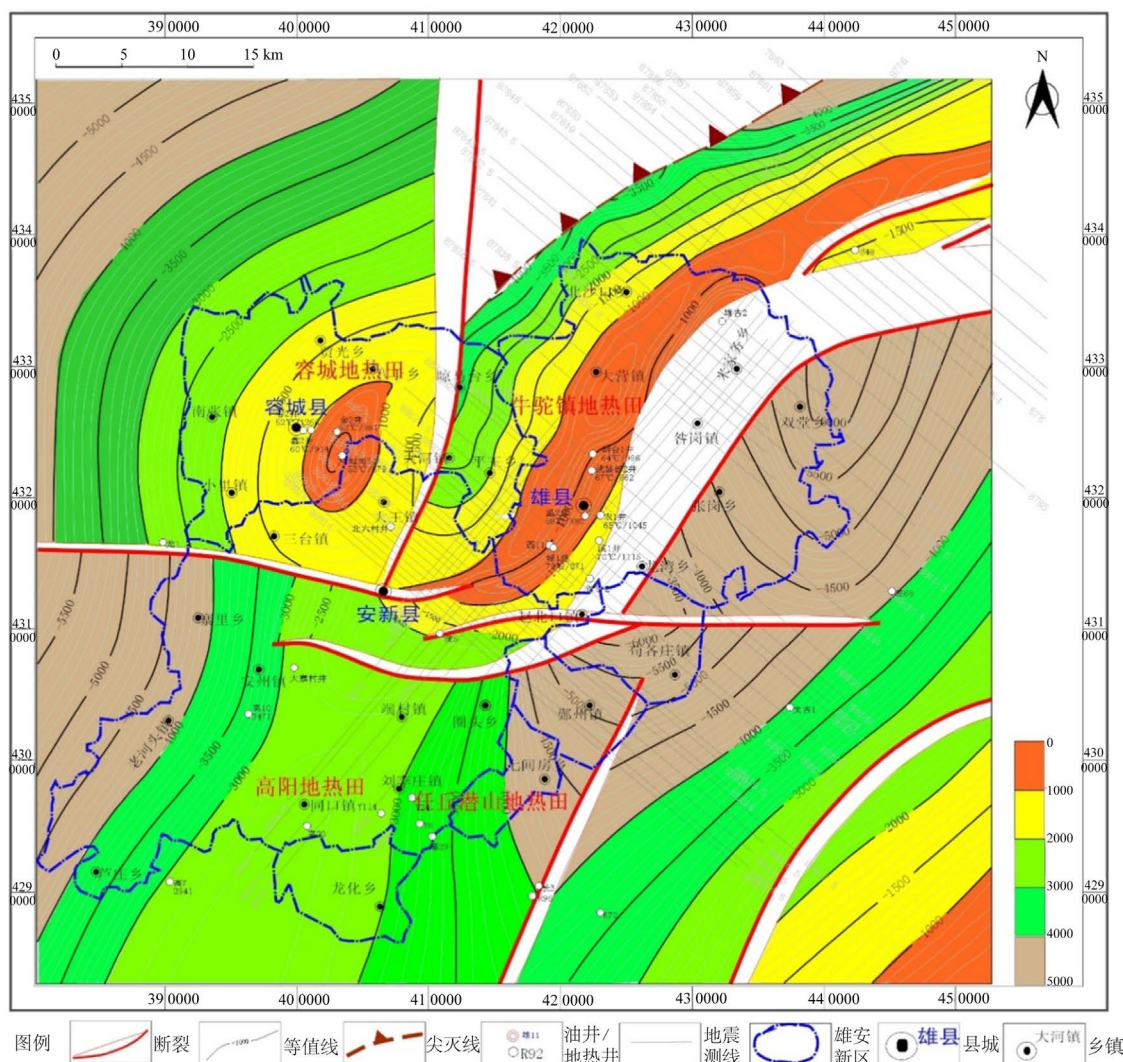


Figure 2. Buried depth map of top surface of Wumishan formation in Xiong'an new area

图 2. 雄安新区雾迷山组顶面埋深图

1) 雄县断块

雄县断块主要位于雄安新区东北部区域，构造整体呈现出东高西低、南高北低的特点；其中东部地区以牛东断层为界，构造呈北北东向的长轴背斜构造，长宽比约为 3:1，西部地区以容城断层为界，整体呈现西北倾的单斜构造。牛驼镇凸起顶部为背斜构造，断层十分发育，主要以北西向和北东向次级断层

为主，其中，北西向的断层主要分布在背斜构造南部区域，把南部分割成若干个北西向的断块；凸起带北部主要发育北东向的断层，中部主要为两组断层的结合部位，构造复杂，目前在背斜构造钻探的 ZM1 井，基本位于背斜构造的顶部，埋深 700 m。西部斜坡构造整体埋深较大，从 1500~4000 m 不等，斜坡为东高西低、北西倾，最深 4000 m，位于西北部地区，东部与背斜构造相接，斜坡带整体断层不发育。

2) 容城断块

容城断块主要位于雄安新区西北部区域，构造整体呈现出西低东高特点，其中东部地区以容东断层为界，构造呈北北东向的短轴背斜构造，长宽比约为 1:2，西部地区以容城断层为界，南部以牛南断裂带为界，整体呈现以容城县城为中心的背斜构造，顶面埋深最浅为 700 m，最深位于西北部 3000 m。雄安新区内主体埋深在小于 2000 m，占整个断块面积的 75%以上。

3) 安新断块

安新断块主要位于雄安新区中南部地区，构造整体呈现中间高两侧低特点，其中北部以牛南断裂带为界，两侧分别与保定凹陷和饶阳凹陷相接，中部埋深在 3000 m 左右，东西两侧埋深较大，在 4500 m 左右，雾迷山组顶板埋深小于 3000 米的区域面积在 50%左右，东西两侧埋深大于 3000 米，其中 3000~4000 m 区域面积约占断块面积的 30%，大于 4000 m 的区域面积为 20%左右。

由于蓟县系雾迷山组，经历了多期构造运动(蓟县、加里东、燕山、喜山等)，其地层遭受过多期隆升剥蚀作用，目前的地层厚度主要为剩余的残余厚度。从雾迷山组残余地层厚度图看(图 3)，残余厚度从

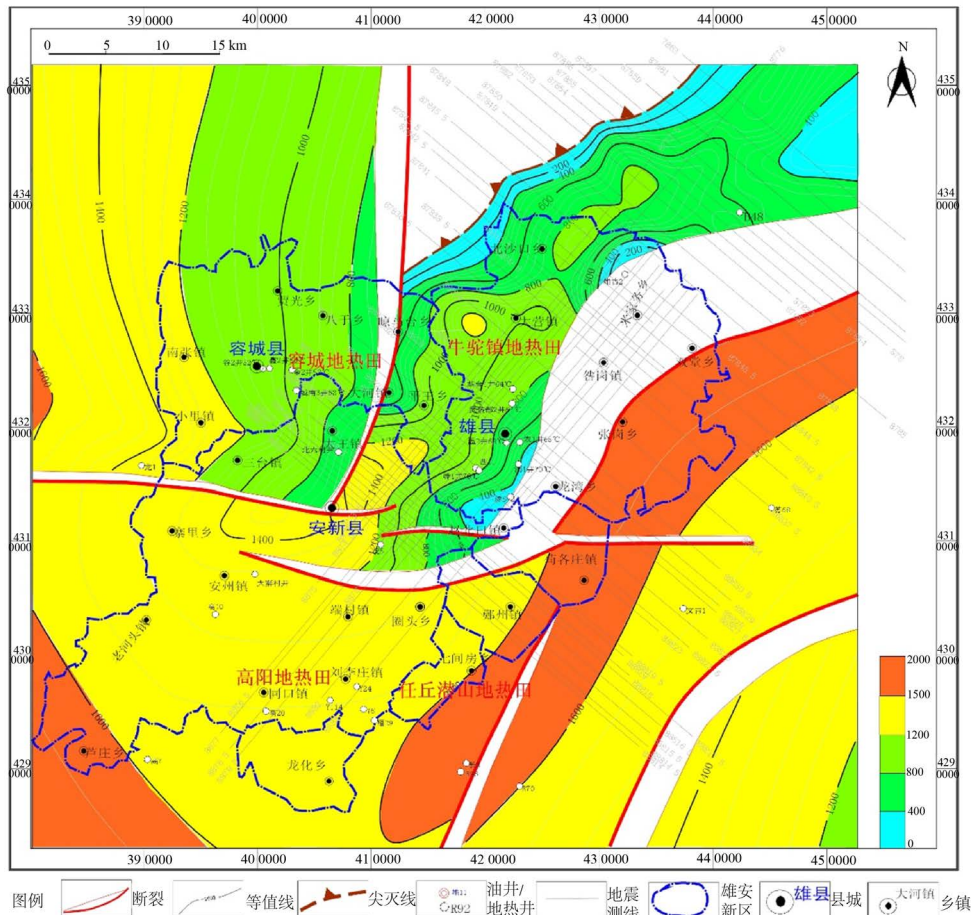


Figure 3. Residual thickness map of Wumishan formation in Xiong'an new area
图 3. 雄安新区雾迷山组残余厚度图

600~1400 m 不等, 南部残余厚度大, 北部残余厚度薄。雄县区域, 东部地区由于牛东断层的断失作用, 近断层薄, 往西逐渐增厚, 西北部地区由于前古近纪时期处于隆起的高部位地区, 造成现今残余厚度较小, 西南部地区保存较完整, 残余厚度大, 达 1400 m。容城区域, 东部残余厚度小, 西部残余厚度大, 东部受容东断层的断失影响, 局部厚度变小。安新区域, 整体残余厚度大于 1000 m。

5. 结束语

雄安新区蓟县系雾迷山组热储层在雄县断块、容城断块和安新断块三个断块均有分布, 其特征为:

1) 雾迷山组顶面构造埋深从 700~4000 m 不等, 最浅位于容城县城, 最深位于安新断块东西两侧, 其中雄县断块, 构造西低东高, 表现为单斜构造; 容城断层表现为以容城县城为中心的背斜构造; 安新断块表现为北北东向的马鞍型构造。

2) 雾迷山组残余地层厚度从 600~1400 m 不等, 南部残余厚度大, 北部残余厚度薄。雄县区域, 东部地区由于牛东断层的断失作用, 近断层薄, 往西逐渐增厚, 西南部残余厚度达 1400 m; 容城区域, 东部残余厚度小, 西部残余厚度大, 东部受容东断层的断失影响, 局部厚度变小; 安新区域, 整体残余厚度大于 1000 m。

3) 雄安新区雾迷山组地热水是赋存于碳酸盐岩中的溶、裂隙中的基岩裂隙水。雄安新区开发利用雾迷山组地热水, 钻井深度 1500~2500 m, 井口水温 60℃~85℃, 水量 80~120 m³/h, 水化学类型一般为 Cl-HCO₃-Na 型水, 矿化度一般为 2000~3000 mg/L, 矿化度低、水质好。雄安新区地热资源高效开发利用已成为中国地热能高质量发展的示范区。

基金项目

联合基金重点项目 U20A2092。

参考文献

- [1] 苏永强, 李郡. 雄安新区地热资源评价与开发应用潜力分析[J]. 河北工业大学学报, 2018, 47(4): 62-67.
- [2] 吴爱民, 马峰, 王贵玲, 刘金侠, 胡秋韵, 苗青壮. 雄安新区深部岩溶热储探测与高产能地热井参数研究[J]. 地球学报, 2018, 39(5): 523-532.
- [3] 戴明刚, 汪新伟, 刘金侠, 雷海飞, 鲍志东. 雄安新区起步区及周边地热资源特征与影响因素[J]. 地质科学, 2019, 54(1): 176-191.
- [4] 雷海飞, 李红岩, 戴明刚, 王洪亮. 雄安新区地温场特征及其控制因素[J]. 中国煤炭地质, 2020, 32(2): 46-50.
- [5] 陈墨香, 汪集旸, 汪缉安, 邓孝, 杨淑贞, 熊亮萍, 等. 华北断陷盆地地热场特征及其形成机制[J]. 地质学报, 1990, 64(1): 80-91.
- [6] 李卫卫, 饶松, 唐晓音, 姜光政, 胡圣标, 孔彦龙, 等. 河北雄县地热田钻井地温测量及地温场特征[J]. 地质科学, 2014, 49(3): 850-863.
- [7] 杨吉龙, 柳富田, 贾志, 袁海帆, 胥勤勉, 胡云壮. 河北牛驼镇与天津地热田水化学和氢氧同位素特征及其环境指示意义[J]. 地球学报, 2018, 39(1): 71-78.
- [8] 王永波, 丁文萍, 田月, 王婧, 丁蕊. 河北牛驼镇地热田高温地热水成因分析[J]. 城市地质, 2016, 11(3): 59-64.
- [9] 张德忠, 刘志刚, 卢红柳. 河北地热[M]. 北京: 地质出版社, 2013.
- [10] 庞忠和, 胡圣标, 汪集旸. 中国地热能发展路线图[J]. 科技导报, 30(32): 18-24.
- [11] 林黎, 赵苏民, 阮传侠, 王颖萍. 天津地区深部蓟县系雾迷山组热储岩溶非均一性特征研究[J]. 现代地质, 2007, 21(4): 601-604.
- [12] 王贵玲, 李郡, 吴爱民, 张薇, 胡秋韵. 河北容城凸起区热储层新层系——高于庄组热储特征研究[J]. 地球学报, 2018, 39(5): 533-541.
- [13] 熊亮萍, 张菊明. 华北平原区地温梯度与基底构造形态的关系[J]. 地球物理学报, 1988, 31(2): 146-155.
- [14] 李弘, 俞建宝, 吕慧, 肖鹏飞. 雄县地热田重磁响应及控热构造特征研究[J]. 物探与化探, 2017, 41(2): 242-248.