

辽宁大民屯凹陷地热资源形成条件分析

张洪梅

(辽宁省地质矿产研究院, 辽宁 沈阳 110031)

摘要: 大民屯凹陷是新生代陆相凹陷盆地, 其地层、构造、岩浆岩等地质背景具备传导性地热的良好成矿条件, 热源主要为幔源热, 储热层为沙河街组砂砾岩层段层状热储, 盖层为第四系、新近系馆陶组、明化镇组和部分古近系东营组泥岩段地层。凹陷内基底断层及多期次级断裂形成了地热田良好的导热和导水通道。新近系平均地温梯度 $2.9^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, 古近系平均地温梯度 $3.18^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, 一定深度下的地下热水可以达到理想温度, 具备地热开发条件。

关键词: 大民屯凹陷盆地 地热 形成条件 辽宁省

ANALYSIS ON THE FORMING CONDITIONS OF GEOTHERMAL RESOURCES IN DAMINTUN SAG, LIAONING PROVINCE

ZHANG Hong-mei

(Liaoning Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110031, China)

Abstract: The Damintun sag is a Cenozoic continental basin, whose geological settings such as stratigraphy, tectonics and magmatic rocks provide good conditions for conductive geotherm. The main heat source is the mantle. The sandy conglomerate layer of Shahejie formation serves as thermal reservoir, covered by Quaternary, Neogene Guantao and Minghuazhen formations and partly Paleogene Dongying formation. The basement faults and multi-staged secondary faults in the sag form good passageways for heat and water in the geothermal field. With Neogene average geothermal gradient of $2.9^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ and Paleogene of $3.18^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, the underground hot water in certain depth can reach the expected temperature for exploitation of geotherm.

Key words: Damintun sag; geotherm; forming condition; Liaoning Province

可再生能源的开发利用是国家能源发展战略的重要内容, 地下热水作为可再生资源, 其开发利用日益受到重视^[1]。随着《辽宁省地热勘查实施方案》的出台, 地热勘查进入了一个新的阶段。大民屯凹陷地区行政隶属沈阳市新民、辽中两市县, 距沈阳市 25 km, “沈阳兴隆温泉城”旅游景区即位于该凹陷盆地内。

1 大民屯凹陷地质背景

1.1 地层

收稿日期: 2012-05-03 修回日期: 2013-01-08 编辑: 张哲

基金项目: 辽宁省国土资源厅“辽宁省新民市前当堡地热普查”项目(编号 20118895)资助。

作者简介: 张洪梅(1969—), 女, 高级工程师, 主要从事地质矿产、地热资源勘查研究工作, 通信地址: 沈阳市皇姑区北陵大街 29 号北门, E-mail: linsyzhm321@163.com

大民屯凹陷为辽河断陷的二级构造带, 位于辽河断陷东北角, 大致呈北东向展布, 属新生代陆相凹陷(图 1)。基底地层主要由太古宇和元古宇的变质岩系组成, 有中生界上侏罗—下白垩统的红色砂岩、砾岩和泥岩局部残留^[2]。

新生代凹陷充填以新生界陆相河湖环境沉积物为主, 为多旋回的砂泥岩互层沉积组合, 古近系和新近系地层发育较全。其中新近系主要包括馆陶组(N_g)和明化镇组(N_m), 古近系包括房身泡组(E_f)、沙河街组四

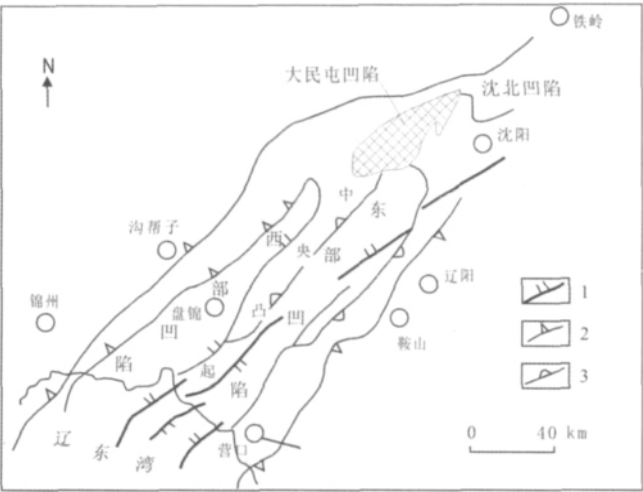


图 1 大民屯凹陷位置图
Fig. 1 Locality of the Damintun sag
1—断层(fault);2—新近系缺失线(Neogene absence boundary);3—东营组超覆线(Donying fm. overlying boundary)

段(E_s)、沙河街组三段(E_s)、沙河街组一段(E_s)和东营组(E_d)。大民屯凹陷内沙河街组二段(E_s)地层缺失(见表1)。

1.2 构造

1.2.1 区域构造

大民屯新生代凹陷盆地大地构造位置处于中朝准地台(I)华北断拗(II)下辽河断陷(III)辽河断凹(IV)的东北部,是辽河断陷6个二级构造带之一^[3],轴向北

东,长约50 km,距沈阳市25 km,面积约800 km²,平面上呈不规则三角形,南宽北窄,四周为边界断层所限。

1.2.2 构造演化

(1) 基底构造背景

中生代时期,太平洋板块以北北西方向向东亚大陆边缘俯冲,岩石圈遭受挤压,引发熔融物质上升并聚集于岩石圈底部,进而由于温度升高发生对流,使岩石圈产生热减薄,上地幔局部上拱。热膨胀上拱作用导致岩石圈发生侧向分离,在地壳薄弱地带或早期断裂处,熔融物质升至地表发生多次岩浆喷发,也导致在中国东部大陆边缘形成一系列北东及北北东向展布的中生代裂谷盆地^[4],主要发育时期为晚侏罗世和早白垩世。大民屯凹陷盆地乃至辽河断陷盆地的基底构造格局基本上在这一时期形成。

基底潜山构造表现为北高南低、东陡西缓。东北部曹台、边台潜山埋藏浅,埋藏深度500~2000 m;法哈牛、东胜堡、前当堡等潜山埋藏较深,为2000~3000 m;中南部前当堡西缘和静安堡等潜山埋深为2500~3500 m;南部荣胜堡洼陷埋藏最深,一般基岩埋深在4000 m以下。这些潜山构造主要受断层控制。

(2) 新生代构造演化

大民屯凹陷在新生代时期发生了3次较大规模的抬升隆起,遭受剥蚀,分别发生在中生界沉积末期、沙

表 1 大民屯凹陷地层表
Table 1 Stratigraphy of the Damintun sag

层位					厚度/m	主要岩性
宇/界	系	统	组	段		
新生界	新近系	中新统	明化镇-馆陶组(?)		300~500	灰白色块状砂砾岩夹薄层灰绿色泥岩和黄绿色泥岩及亚黏土,砂砾岩疏松,泥岩松软
			东营组		200~590	岩性以灰白色砂砾岩、含砾砂岩为主,与灰绿、暗紫红色砂质泥岩不等厚互层
	古近系	渐新统	沙河街组	一段	200~400	上部为灰、灰绿色泥岩与灰白色长石砂岩不等厚互层;下部为灰绿、灰、紫红色泥岩与灰白色含砾砂岩、长石砂岩不等厚互层
				三段	1000~2000	深灰、灰、绿灰、灰绿、紫红和棕红等不同颜色泥岩与几种不同粒级碎屑岩互层
				四段	300~800	上部为深灰色泥岩夹薄层砂岩和褐灰色泥岩;下部为杂色砂砾岩、砂岩、泥岩互层
		始新统	房身泡组			
		古新统			0~210	玄武岩和红色泥岩
中生界	白垩-侏罗系				0~1300	红色砂砾岩、泥岩、安山岩
元古宇					0~290	暗紫色板岩、深灰色石英岩、暗紫色白云岩与石英岩互层
太古宇						黑云母斜长变粒岩、浅粒岩、斜长角闪岩、混合花岗岩、片麻岩等

三段沉积末期及东营组沉积末期.

石油勘探资料显示, 大民屯凹陷盆地演化可分为以下 4 个阶段: 古新世的裂谷萌发阶段, 始新世的裂陷-深陷阶段, 渐新世的持续裂陷-萎缩阶段和新近纪的整体拗陷阶段. 这段时期大民屯凹陷断裂发育强度也不尽相同. 沙四、沙三段沉积时期强烈, 继承性明显; 沙一段、东营组沉积时期断裂强度逐渐减弱, 部分主干断裂性质发生改变, 新生性断裂规模较小. 至馆陶组沉积时期断块活动基本停止.

1.2.3 构造格局

经过一系列构造演化, 大民屯凹陷盆地内断裂发育, 地质情况比较复杂. 整体构造格局呈东西分带、南北分块(段)的特点. 根据凹陷基底结构特点、沉积特征、构造类型及其发展演化特征等, 具体可划分为西部斜坡带、中央深陷带、东侧陡坡带 3 个亚一级构造单元. 中央深陷带又可分为南、中、北三段, 其中的中段为两洼夹一隆, 即安福屯洼陷和胜东洼陷夹静安堡-东胜堡构造隆起带, 南、北为凹陷深洼区, 即荣胜堡洼陷和三台子洼陷, 荣胜堡洼陷西侧为前进断裂半背斜构造带(表 2).

1.3 岩浆岩

大民屯凹陷中生代之前有多期火山喷发. 太古宙初期伴随断裂活动发生火山喷发, 以断裂为喷溢通道的玄武岩, 在地形低洼处聚集. 由于受当时地貌和火山源位置的影响, 在凹陷区内形成薄厚不等的岩被, 地势低洼处较厚, 高处较薄, 其下是不整合接触的基底混合花岗岩.

2 大民屯凹陷地热地质条件

大民屯凹陷所形成的地热田属于传导性地热田, 具备完整地热田应有的热源、储热层(热储)和盖层 3 个要素, 以及良好的导水导热构造和有利地温场特征.

2.1 热源及导热构造

大民屯凹陷属于地幔隆起区. 大民屯凹陷地质构造环境背景表明, 受辽河断陷大环境影响, 经历了中生代时期, 太平洋板块向东亚大陆边缘俯冲, 造成上地幔局部上拱, 所形成的幔源热是该区主要热源, 次要热源为放射性同位素的蜕变热, 局部地区也可能存在岩浆余热等其他热源. 同一时期形成的中生代裂谷盆地构成基地的基本框架, 之后又经过 4 个阶段演化. 这一时期形成的凹陷内基底断层及多期次级断裂等, 为地热田形成了良好的导热和导水通道.

2.2 盖层、储热层(热储)及水源

大民屯凹陷内填充地层厚度大, 各岩组均为不同厚度的砂泥岩互层. 其中的泥岩层段封闭性好, 导热性差, 起到较好的隔水隔热作用, 具备良好的盖层条件. 砂砾岩层段透水性、储水性均较好, 可以作为热储层. 同时, 不同时期的断裂对周边地层的影响, 使脆性地层破碎形成裂隙, 为储水提供了空间. 再有, 新生代时期发生的几次较大规模的构造抬升隆起、剥蚀, 使地层风化形成孔隙, 再次下降接受沉积后, 也为导水、储水提供了有利条件.

盆地内气候夏季温和多雨, 年降水量较大. 地貌类型由山前倾斜平原和冲积平原组成, 地表溪渠成网, 鱼塘遍布, 为地表水下渗提供了有利的水源条件. 经过亿万年的岁月, 形成了该区丰富的地下水水源.

低温地热资源的水温下限是 25℃, 该区赋存 25℃以上热水的地层被视为地热田盖层, 厚度约为 600 m, 主要包括第四系、新近系和部分古近系东营组地层.

第四系黏土层埋藏浅, 水温低. 新近系地层明化镇组-馆陶组底板深度一般 300~500 m, 岩性为块状砂砾岩、松散砂砾层夹灰黄、黄绿色砂质泥岩和亚黏土, 地层厚 145~365 m, 不整合在东营组之上. 东营组底板埋深 330~950 m, 地层厚度 200~590 m, 岩性为以灰绿色为主体的砂质泥岩和灰色砂岩、砾岩不等厚互层. 上述地层可形成一个统一的整体, 其中的多层泥岩层段封

表 2 大民屯凹陷构造格局

Table 2 Tectonic pattern of the Damintun sag

	西部	中部			东部
北	老边斜坡带(逆断层改造)	三台子洼陷			白辛台斜坡带
中	平安堡斜坡带(逆断层改造)	安福屯洼陷	静安堡-东胜堡构造带(凹中隆)	胜东洼陷	边台-曹台陡坡带(逆断层改造)
南	网户屯斜坡带	前进构造带	荣胜堡洼陷		法哈牛断阶带

闭性好,导热性较差,可以起到良好的隔水隔热作用,可视为地热田良好的盖层。

大民屯凹陷内的地热类型属于传导性地热,热储的埋藏分布主要受岩性和构造控制,热储类型为层状热储^[9]。储热层为古近系沙河街组地层,顶板埋深 330~950 m,底板埋深 1150~3318 m 以下(钻孔未穿透),厚度大,占填充地层厚度的 1/3 以上。该组地层自下而上砂岩厚度占地层总厚度百分比呈明显升高趋势,下部(E_{s4} 、 E_{s3}^4 、 E_{s3})砂岩不发育,暗色泥岩发育较好。砂泥岩分异程度较高,尤其是沙河街组三段下部和四段地层,含水层水量不稳定,处于含油层之下,不太利于开采热水资源。上部(E_{s3}^2 、 E_{s3}^1 、 E_{s2})砂岩较发育,泥岩的发育程度明显不及下部,而且暗色泥岩较少,杂色及红色泥岩相对多,底砾岩与泥岩呈互层状交互出现,但砂泥岩分异不好,含水层水量不稳定,但其中单层较厚的砂岩-砾岩岩性段含水量较大,可作为主要热储层目标层位。

最有利的热储含水层应该是不同岩性亚段之间的接触面的底砾岩层位,因其赋存一定量的风化孔隙裂隙水,另外就是张性断裂附近发育的构造裂隙水。由于沉积条件控制,该段含水层处于封闭和半封闭状态,储层温度不易流失,是大民屯地热田开发的有利层段。

2.3 地温场条件

研究表明,岩性大致相同情况下,区域地温分布主要受构造格局的影响,基岩隆起区地温梯度较洼陷区高。大民屯地区新近系地温梯度为 $2.81\sim 2.99^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, 平均 $2.9^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, 古近系地温梯度为 $2.35\sim 4.12^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, 平均

$3.18^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, 1500 m 深度的地温可达 $42\sim 58^{\circ}\text{C}$, 2000 m 深度的地温最高可达近 80°C ^[10](图 2)。总体而言,其北西部的地温和地温梯度略高于南东部,有利地段达到一定深度的地下水可以作为地热资源开发。

3 大民屯凹陷地热田热储概念模型

本区地热田为深循环热水,大气降水沿平原地表和盆地周边山区岩石裂隙渗入地下,运移到有利的构造部位或地层层位,以热传导方式获得地下深部热能,形成热储。由于本区地层岩性表现为砂砾岩和泥岩互层,一定条件下地下流体可以在不同深度的热储层中越流补给,亦可以在静压力下沿一定通道(断裂带或开采井孔)上涌(图 3)。

4 结论

大民屯凹陷是新生代陆相凹陷,处于地幔隆起带,其地层岩性和构造及地温场特征均具备传导性低温地热田发育的条件,适合在基底潜山埋藏较浅和断裂带及其影响区域等有利地段,以及砂砾岩、风化裂隙发育等有利层位进行地热资源的合理开发。

参考文献:

- [1] 林丽,郑秀华,詹美萍. 地热能利用现状及发展前景 [J]. 资源与产业, 2006, 8 (3): 20—23.
- [2] 陈振岩,陈永成,郭彦民,等. 大民屯凹陷精细勘查实践与认识 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2007: 3—23.
- [3] 吴炳伟,张巨星,李荣辉. 辽河断陷地热资源研究与评价 [J]. 资源与产业, 2008, 10 (1): 39—44.

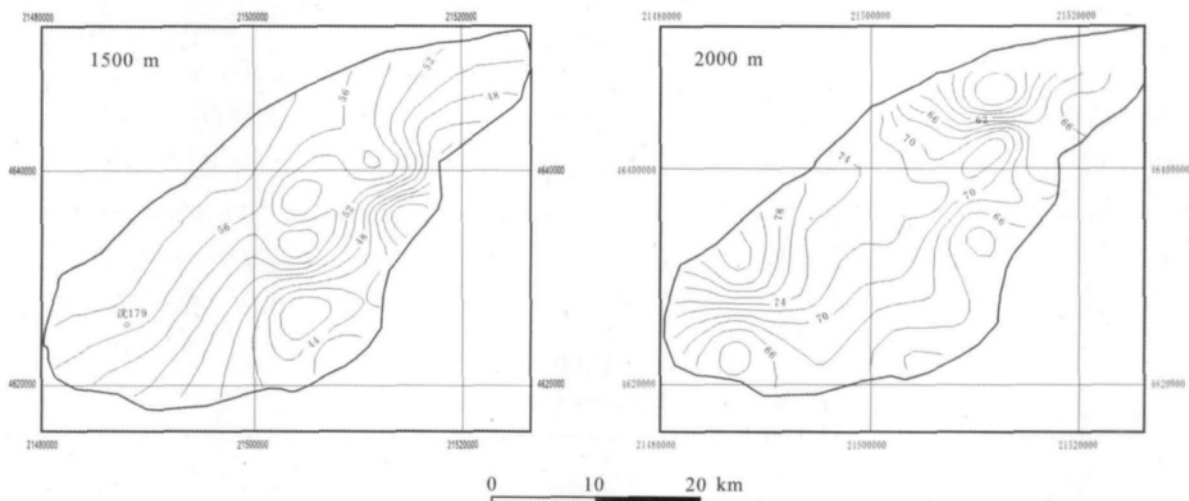


图 2 大民屯凹陷不同深度地温分布等值线图

Fig. 2 Geothermal depth of the Damintun sag by depth

[4] 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1989: 692—697.

[5] 张戈, 崔亚力, 杨绍南, 等. 辽宁省地下热水分布特征 [J]. 勘察科学

技术, 2004, 22 (2) : 640—43.

[6] 倪金, 冯丽杰, 闫宝强, 等. 辽宁省中生代盆地地下热水富集规律研究 [J]. 地质与资源, 2006, 15 (1) : 57—61.

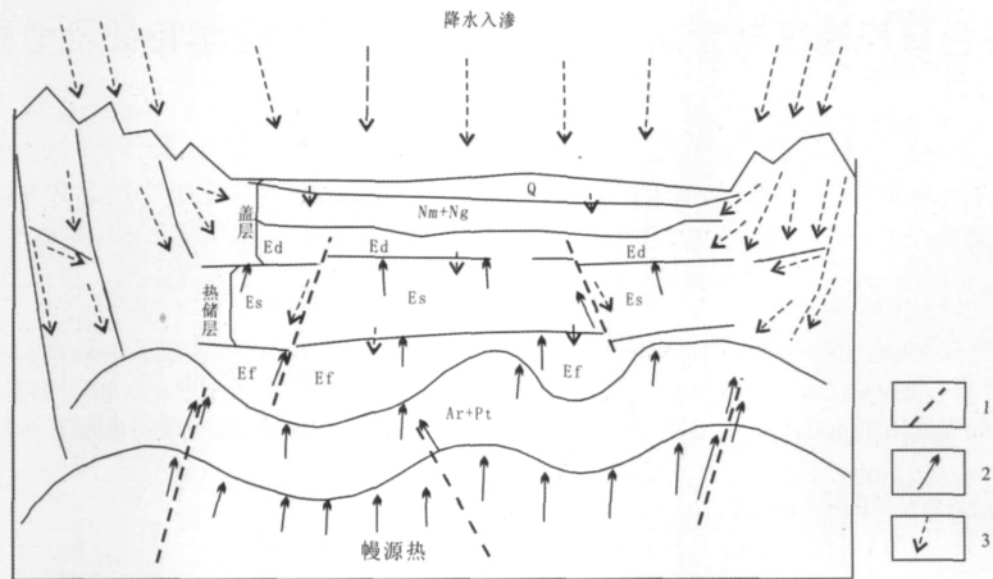


图 3 大民屯地热概念模型示意图

Fig. 3 Conceptual model of the Damintun geotherm

Q—第四系 (Quaternary); Nm+Ng—明化镇组、馆陶组 (Minghuazhen fm. and Guantao fm.); Ed—东营组 (Dongying fm.); Es—沙河街组 (Shahejie fm.); Ef—房身泡组 (Fangshenpao fm.); Ar+Pt—太古宇、元古宇 (Archean and Proterozoic); 1—断层 (fault); 2—热源传递渠道 (heat source); 3—流体补给渠道 (water supply)