东营市基岩地质背景与地热资源分布*

杨恩秀[1],杜圣贤[2],张春池[1],王立法[1],代东峰[3],江波[1]
(1.山东省地质调查院,山东 济南 250013;2.山东省地质科学实验研究院,山东 济南 250013;3.山东省第四地质矿产勘查院,山东 潍坊 261021)

摘要:东营市地热资源丰富,地热分布受储盖条件及基岩构造背景等因素制约,热水储层为多层结构系统。在一定深度范围内,地温总体呈高、低相间的带状展布。其平面展布,相对高温区与基岩潜凸区一致,相对低温区与基岩潜凹区一致。地热主要为正常增温传导型,在潜凸与潜凹结合部位,可能存在水热对流型。

关键词:基岩地质;地温梯度;潜凸;潜凹;潜山披覆背斜构造;山东;东营
中图分类号:P641.5+2;P314.1 文献标识码:A

0 概述

东营市西依滨州,南接淄博、潍坊,东临渤海。构造位置地处济阳断陷的东部,是一在中生代构造基础上发展起来的新生代断陷盆地,其内沉积了巨厚的古近系、新近系和第四系。全区有较高的地温场和大地热流值,是山东省地热资源最丰富的地区之一。近年研究发现,该区为层控热储,热水储层为多层结构系统,地热异常区和异常强度受基岩地质构造背景控制,因此研究基岩地质背景对该区地热资源的探采具有重要意义。

1 地质背景

1.1 地层

东营市地处新生代拗陷盆地区,现仍在接受沉积。地表广泛分布第四纪地层,其下隐伏分布有早前寒武纪泰山岩群、变质花岗岩体和寒武—奥陶纪、石炭—二叠纪、侏罗—白垩纪、古近纪、新近纪等地层。新近纪和第四纪地层呈近水平状态产出,分布遍及全区。前新近纪地层分布明显受构造控制,其基岩地质特征见图 1。

早前寒武纪泰山岩群与变质花岗岩体构成本区的基底岩系,岩性以新太古代—古元古代花岗质岩石为主,含有泰山岩群黑云变粒岩、斜长角闪岩等变质岩石包体。

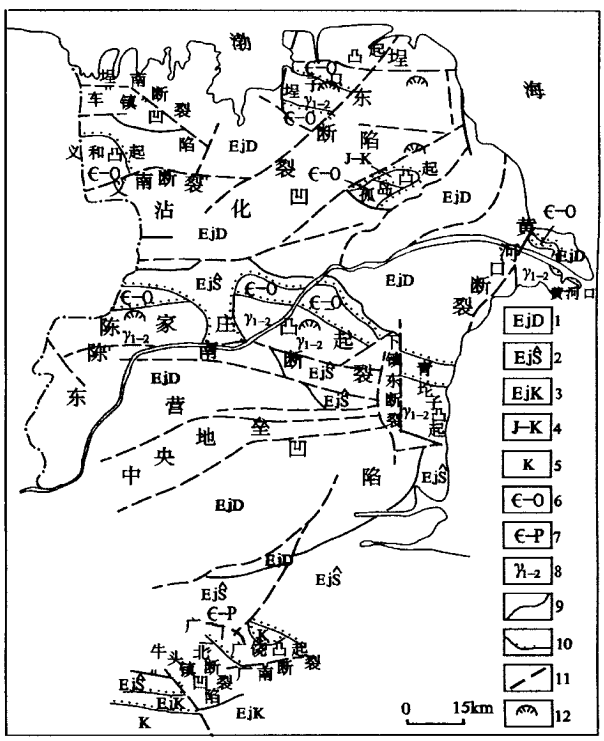


图 1 东营市前新近纪基岩地质略图

1,2,3—古近纪济阳群东营组,沙河街组,孔店组;4—侏罗—白垩系;5—白垩系;6—寒武—奥陶系;7—寒武—二叠系;8—新太古代—古元古代花岗岩;9—地质界线;10—不整合地质界线;11—推测断层;12—潜山披覆背斜构造

寒武—奥陶纪地层自下而上分为长清群、九龙

*收稿日期:2002-11-26;修订日期:2003-06-16;编辑:张天祯
作者简介:杨恩秀(962-),男,山东金乡人,高级工程师,主要从事区域地质调查和矿产勘查工作。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

群和马家沟组。长清群下部为朱砂洞组,岩性为含燧石结核白云岩、灰岩夹薄层白云岩等,厚度约在45m;馒头组岩性以页岩、粉砂岩为主,夹云泥岩、泥灰岩、薄层灰岩等,顶部为细粒砂岩,总厚度约250m。九龙群由下至上依次发育张夏组、崮山组、炒米店组及三山子组。张夏组以鲕粒灰岩、藻丘灰岩为主,夹页岩及薄层硅质灰岩等,厚度在180~190m;崮山组岩性为薄层含生物碎屑疙瘩状灰岩、黄绿色页岩等,厚约50m;炒米店组岩性以竹叶状砾屑灰岩与泥质条带灰岩互层,夹藻灰岩等,厚度约在150m;三山子组为中厚层细晶白云岩、含燧石结核细晶白云岩,夹薄层细晶白云岩等,厚一般约150m,顶部发育区域性不整合面。马家沟组岩性以中—厚层微晶灰岩与云斑灰岩、中—薄层白云岩互层,顶部为区域性不整合面,发育古喀斯特地貌,地层厚度一般530~560m。

石炭—二叠纪地层自下而上分为本溪组、太原组、山西组和石盒子组。其中本溪组岩性为铁质泥岩、泥岩,夹铝土岩(C层铝土矿)等,厚度一般20~30m;太原组岩性为砂质泥岩、粉砂岩与钙质砂岩互层,夹生物灰岩、煤层及煤线等,地层总厚约180m;山西组岩性为泥岩、砂质泥岩与长石石英砂岩、粉砂岩互层,夹3~6层煤及煤线,厚度约60m;石盒子组岩性为长石砂岩、粉砂岩,夹泥岩、页岩、铝土岩及煤线,总厚约200m。

侏罗—白垩纪地层自下而上分为淄博群、莱阳群和青山群。淄博群下部为坊子组,岩性以泥岩、炭质泥岩为主,夹砂岩及煤层,厚约400m;上部为三台组,岩性以砂岩、泥岩为主,夹含砾砂岩,上部夹泥灰岩及煤线,厚度100~350m。莱阳群下部为林寺山组,岩性以含砾砂岩、砂砾岩为主,夹泥质砂岩、泥岩,厚度198.5m;上部为杨家庄组,以泥岩、砂岩、含砾砂岩为主,夹砂质泥岩等,厚度145.5m。青山群仅有八亩地组,岩性为安山岩、安山质凝灰岩与泥岩互层,夹砂岩、含砾砂岩等,厚度约700m。

古近纪地层为济阳群,自下而上分为孔店组、沙河街组和东营组。孔店组以泥岩为主,夹粉砂岩、炭质泥岩、云泥岩,局部夹煤层及油页岩,厚度0~>490m;沙河街组岩性以泥岩为主,夹砂岩、粉砂岩、含砾砂岩、薄层碳酸盐岩、盐岩、石膏岩、油页岩等,厚0~>3 650m;东营组以泥岩为主,夹砂岩、含砾砂岩、薄层粉砂岩、白云质灰岩等,厚0~1 250m。

新近纪地层为黄骅群,下部为馆陶组,上部为明化镇组。馆陶组下部岩性为厚层砾岩、砂砾岩,夹砂岩、粉砂岩、泥岩,厚约300m;上部岩性以泥岩、细砂岩互层为主,夹粉砂岩,厚约148m。明化镇组下部以泥岩为主,夹砂岩、细砂岩、粉砂岩,厚291.5m;上部岩性为砂岩与泥岩互层,厚379.5m。

第四纪地层分为平原组、黑土湖组、黄河组。平原组以土黄色粉细砂、粉砂为主,夹粉砂质粘土,大约沉积于5000a之前;黑土湖组为灰黑色粉砂质粘土、粘土质粉砂,厚0~3.5m,沉积年龄约在5000a;黄河组为土黄色粉细砂,夹粉砂质粘土,厚约21m,沉积年龄一般小于5000a。

1.2 基岩构造

该区大地构造隶属华北板块(Ⅰ级)、华北断拗(Ⅱ级)及济阳断陷(Ⅲ级)的东部,跨越埕子口-宁津潜隆、沾化-车镇潜陷、东营潜陷3个Ⅳ级构造单元和埕子口潜凸、车镇潜凹、义和潜凸、沾化潜凹、孤岛潜凸、青坨子潜凸、陈家庄潜凸、黄河口潜凸、东营潜凹(包括中央地垒)、广饶潜凸、牛头镇潜凹10个Ⅴ级构造单元(图1)。

在广饶、陈家庄、青坨子、黄河口、埕子口等潜凸区,基岩具基底—盖层双层式结构。基底岩系由新太古代变质表壳岩系(以泰山岩群斜长角闪岩、黑云变粒岩为主)、新太古代TTG质花岗片麻岩和古元古代二长花岗岩等岩石构成,往往发育构造面理,在断裂带、古风化壳附近,往往发育裂隙、孔隙等容矿构造,是地热的良好储集层之一;盖层多为NW倾斜的单斜层状构造,以寒武纪、奥陶纪、石炭纪、二叠纪碳酸盐岩、陆源碎屑岩为主,发育喀斯特洞隙、裂隙和孔隙等。在埕子口潜凸区,由于受近SN向的伸展—滑脱机制影响,在盖层中形成轴向近EW向的宽缓背斜构造。在义和、孤岛潜凸区,其南侧分布有寒武纪—奥陶纪碳酸盐岩、页岩等,北侧被中、新生代地层不整合覆盖。

潜凸的周围,由于古近纪—新近纪地层的上超式沉积,而形成所谓的‘潜山披覆背斜构造’。在东营潜凹的中部,由于受近EW向的断裂切割,形成地垒式的中央地垒,隆起带地层以沙河街组、东营组为主。‘潜山披覆背斜构造’和中央地垒都为地下水热的小范围对流提供了有利的条件,而古近纪—新近

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

纪地层中的泥岩、粉砂质泥岩等地层往往起到隔水层作用。潜凸区的高点,往往有较高的地温梯度值。

在潜凹区,一般沉积有巨厚的古近纪济阳群孔店组、沙河街组、东营组等地层,地层产状一般保留了向盆地中心倾斜的原始沉积状态,也利于层间的水热对流—传导。

基岩中断裂构造较发育,其多呈近 EW 向、NE 向、NW 向和近 SN 向等,规模较大者有广饶断裂、广北断裂、陈南断裂、义南断裂、埕东断裂等,它们都是潜凹、潜凸的分界断裂,决定了该区总体的构造格局,其中陈南断裂规模最大,断距达 5000 余米。这些主干断裂多是在中生代断裂基础上发展而成的,控制着盆地的形成与发展。断裂构造由于切割不同层位,成为重要的容矿—导矿构造。

1.3 盆地形成及演化

在古近纪早期,本区地壳处于强烈的拉伸环境中,断裂活动强烈,不均匀的断陷活动形成一系列的断陷与隆起,基岩地貌形态以受断裂分割的潜凸、潜凹相间分布为特征,并且凸中有凹,凹中有凸 图 1)。断陷盆地边沉降、边接受沉积。在凹陷区,古近纪地层厚度明显增大,深凹槽一般靠近断裂 在凸起区,古近纪地层较薄或缺失。古近纪末期,不均匀的断陷活动显著减弱,并且经过长期的隆起—剥蚀及拗陷—充填,使该区地形接近夷平状态。从中新世至全新世,本区进入统一的以沉降为主的时期,普遍接受了新近系及第四系沉积。

2 含水层及热储层特征

2.1 含水层类型及特征

该区碳酸盐岩、碎屑岩比较发育,构造活动强烈,某些地层的孔隙度较大,储水量丰富构成含水层 泥岩及泥质粉砂岩孔隙度小,渗透率低,往往起到隔水层作用。根据含水层时代和孔隙类型可以划分为:

()早前寒武纪基底块状岩类裂隙含水岩组 :主要分布在断裂带或古风化壳附近,以裂隙型孔隙为主,岩石的孔隙度一般较大,是本区重要的含水岩系。

()寒武—奥陶纪碳酸盐岩喀斯特裂隙—孔隙含水岩组 :孔隙类型以原生的粒间孔隙、鸟眼孔隙和次生的喀斯特孔隙、晶间孔隙、裂缝孔隙为主,孔隙度大小明显受沉积相和成岩—构造作用控制。奥陶纪马家沟组中的喀斯特现象一般比较普遍,岩石的孔隙度较大,是本区重要的含水岩组之一。

()侏罗—白垩纪碎屑岩孔隙—裂隙含水岩组 :含水层以砾岩、砂岩地层为主,孔隙类型以原生的粒间孔隙为主,并发育由溶解及构造作用形成的铸模孔隙、粒内孔隙及裂缝孔隙等。

()古近纪碎屑岩裂隙—孔隙含水岩组 :古近纪地层中碎屑岩所占比例较大,岩石的原生粒间孔隙比较发育,孔隙度较大,含水量比较丰富,是本区重要的含水层之一。

()新近纪碎屑岩孔隙裂隙含水岩组 :含水层主要对应于馆陶组、明化镇组砂岩、砾岩等碎屑岩地层,孔隙类型以原生粒间孔隙为主。

()松散碎屑沉积物孔隙含水岩组 :含水层主要为平原组、黄河组。孔隙类型为原生的粒间孔隙。

2.2 热储层类型及特征

本区地面以下 300m 深 伏致相当于第四系底界)的水温约在 25℃,接近热水温度的下限值。根据当前经济技术条件,认为埋深 300m 以下、2000m 以浅的含水岩组 系)可以划归热储层之列。受古地形影响,古近纪、新近纪地层尤其是馆陶组及明化镇组,往往不整合覆盖于不同时代的地层之上,其中的泥岩及泥质粉砂岩等将不同时代或不同层位的热水储层隔开,构成储盖系统。该区的热水储层具多层结构 :上层是馆陶组热储层、明化镇组热储层,分布遍及全区 ;中层为东营组热储层,主要分布于潜凹区 ;下层为前寒武纪基底岩系热储层、寒武系—奥陶系热储层,分布于潜凸区。由于潜凸区是相对高温区,因此下层是目前地热探采的主要层位,中央地垒区的中层热储也已被开采利用。

前寒武纪基底岩系热储层分布于草桥、陈家庄、青坨子、埕东等潜凸区,属裂隙储水层,主要含水段位于基底古风化壳以及发育于该岩系中的构造破碎带内。

寒武系—奥陶系热储层属喀斯特孔隙储水层,分布于草桥、义和庄、陈家庄、青坨子、五号桩、孤岛、埕东等潜凸区。寒武纪、奥陶纪地层以碳酸盐岩为主,夹页岩、砂岩等,在某些层位喀斯特裂隙发育,这些裂隙既有原生,也有次生的,连通性好,水量丰富,

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

水温高,是该区最重要的热储层之一。

东营组热储层属碎屑岩孔隙型储水层,分布于东营潜凹中央地垒及义和潜凸等地。以东营组的砂岩地层为主,渗透率 0.9 ~ 1.2 μm^2,孔隙度 30% ~ 32%,为较好的热储层。

馆陶组热储层和明化镇组热储层属碎屑岩孔隙型储水层,前者主要分布于埕东、草桥、胜坨、青坨子一带,孔口水温 40 ~ 50℃,岩石孔隙度 30% ~ 60%,渗透率 1.0 ~ 1.4μm^2;后者主要分布于陈家庄潜凸及其周围地区,孔口水温一般 25 ~ 30℃,为低温热水层。

3 地热分布

东营市属地温异常区,全区地温梯度大于 3℃,一般在 3.5 ~ 4℃,部分地区大于 4.5℃。根据本区钻井测温资料和水文地质资料,全市可圈定 10 个地热分布区(图 2)。

(1)草桥地热区(Ⅰ):分布广饶县颜徐—大码头一带,与广饶潜凸的范围一致。地下 2000m 内平均地温梯度可达 5.8℃,最高水温高达 91.6℃。草 2 井井口热水温度为 56℃,自流量 600 m^3/d;通古 2 井水量 240 m^3/d、井口水温 71℃。主要地热储集层为寒武—奥陶系、前寒武基底岩系等。寒武—奥陶纪碳酸盐岩顶面埋深 586 ~ 1 900m,其上被馆陶组、明化镇组、平原组所覆盖。

(2)青坨子地热区(Ⅱ):分布于垦利县青坨子东北沿海地带,范围与青坨子潜凸吻合,地温梯度为 4 ~ 4.5℃,建 1 井水量 1 337 m^3/d,井口水温 48℃。地热储集层主要为东营组、前寒武基底岩系,前者埋深一般在 600 ~ 800m,后者埋深一般大于 900m。

(3)广利地热区(Ⅲ):分布于东营潜凹东部广南水库一带,水温 53 ~ 55℃,地热储集层为东营组。建 2 井、建 4 井水量和井口水温分别为 1 709 m^3/d,55℃和 1 399 m^3/d,50℃。

(4)胜坨地热区(Ⅳ):分布范围与东营潜凹中央地垒基本吻合,地温梯度为 3.5 ~ 4℃,为中温地热区。坨 33 井水量 118 m^3/d、井口水温 70℃,地热储集层以东营组为主。

(5)陈家庄地热区(Ⅴ):分布于河口区盐窝和垦利县西宋等地,异常范围与陈家庄潜凸的范围一致。

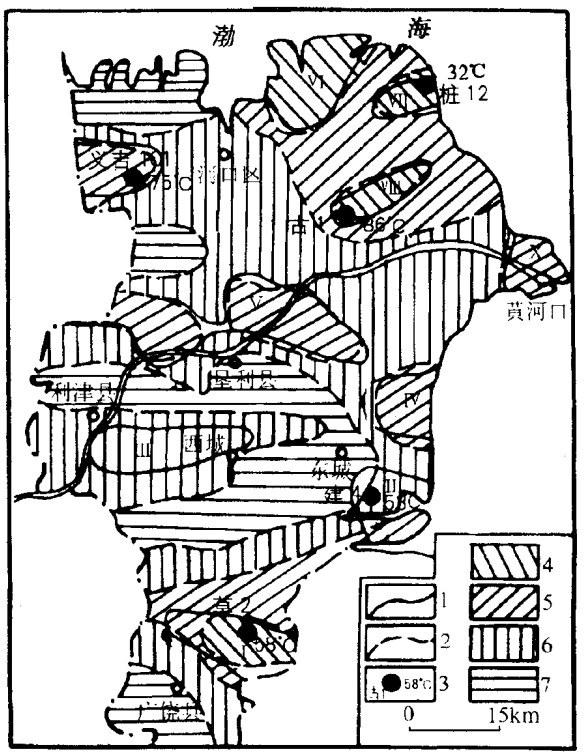


图 2 东营市地温等值线及地热分布略图

1—地热区边界;2—地温梯度等值线;3—热水钻孔编号及井口水温;4,5,6,7—地温梯度大于 4.5℃,4 ~ 4.5℃,3.5 ~ 4℃,小于 3.5℃;Ⅰ—草桥地热区;Ⅱ—青坨子地热区;Ⅲ—广利地热区;Ⅳ—胜坨地热区;Ⅴ—陈家庄地热区;Ⅵ—埕东地热区;Ⅶ—五号桩地热区;Ⅷ—孤岛地热区;Ⅸ—义和地热区;Ⅹ—黄河口地热区

可分为东、西两个地热区。地热储集层主要为前寒武纪基底岩系、寒武—奥陶系及黄骅群。东部地热区地温梯度一般 3.44 ~ 4.17℃,水温可达 75℃;西区地温梯度为 3.57 ~ 4.38℃,水温可达 60℃。陈 10 井取水井段为寒武—奥陶系碳酸盐岩,水量 902 m^3/d,井口水温 75℃;陈 8 井取水井段为明化镇组,出水量 1181m^3/d,井口水温 32℃。

(6)埕东地热区(Ⅵ):分布于北部沿海黄河故道两侧,范围与埕子口潜凸的范围一致,地温梯度 > 4.5℃,主要地热储集层为寒武—奥陶系。

(7)五号桩地热区(Ⅶ):地温梯度一般大于 4.5℃,桩 12 井出水量 976 m^3/d,井口水温可达 98℃。主要地热储热层为寒武—奥陶系。

(8)孤岛地热区(Ⅷ):分布于孤岛、仙河等地,范围与孤岛潜凸区一致,地温梯度一般大于 3.5℃,古 1 井出水量 720 m^3/d,井口水温达 86℃;孤东 4 井出

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

水量 302 m^3/d，水温 80℃。主要地热储集层为寒武—奥陶系。

(6)义和地热区（Ⅸ）：分布于太平、义和一带，范围与义和潜凸区分布范围一致。地温梯度一般为 4～4.5℃。义古 101 井取水井段为寒武纪-奥陶纪碳酸盐岩，在深 1 558.5～1 702.0m 井段和 1688.6～1716.0m 井段水量、水温分别为 3 384 m^3/d，67℃和 155 m^3/d，55℃。主要地热储集层为寒武—奥陶系、东营组等。

(0)黄河口地热区（Ⅹ）：分布于黄河入海口附近，黄河口断裂东侧。地温梯度一般为 4～4.5℃，主要地热储集层为寒武—奥陶系及东营组等。

4 结论及探讨

()东营市地热分布受凹、凸相间的基岩构造格局控制。相对高温区与基岩隆起区一致，相对低温区与构造潜凹区相对应，地热资源探采最好选择在潜凸区。

()该区热储层主要分为两类：一类为以砂岩、砂砾岩为主的碎屑孔隙裂隙式热储层，以东营组、馆陶组为主；另一类为以碳酸盐岩为主的喀斯特孔隙—裂隙式热储层，主要为寒武纪—奥陶纪地层。

()该区地热的热源主要来自地壳大地热流的正常增温传导加热，但在凹、凸相间的构造格局制约下造成热流的从新分配，可能存在水热对流系统。

参考文献：

[] 陈墨香，汪集旸，邓孝，等. 中国地热资源——形成特点和潜力评估 [M]. 北京：科学出版社，1994，1－339.

[] 王钧，黄尚瑶. 华北中新生代沉积盆地的地热资源及开发利用远景 [A]. 中国地质科学院地质力学研究所. 地热专集（第二辑）[M]. 北京：地质出版社，1989，48－57.

[] 胜利油田石油地质志编写组. 胜利油田 [M]. 北京：石油工业出版社，1993，271－302.

[] 陈墨香. 华北地热 [M]. 北京：科学出版社，1988，3－117.

Geological Background and Geothermal Resource Distribution of Basic Rocks in Dongying City

YANG En－xiu[1]，DU Sheng－xian[2]，ZHANG Chun－chi[1]，WANG Li－fa[1]，DAI Dong－feng[3]，JIANG Bo[1]

(1. *Shandong Geological Survey Institute*，*Shandong Jinan* 250013，*China*；2. *Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences*，*Shandong Jinan* 250013，*China*；3. *No*.4 *Exploration Institute of Geology and Mineral Resources*，*Shandong Weifang* 261021，*China*)

Abstract：Geothermal resource is very rich in Dongying city. Its distribution is controlled by reserve covering condition and tectonic background of basic rocks，and hot water reservoir is multi－strata system. In a certain depth scope，temperature distributes in stripe while high and low temperature are contacted with each other. Compared with high temperature area，its plane distribution is conformity with buried lifting area of basic rocks；while compared with low temperature area，its plane distribution is conformity with buried depression area of basic rocks. Geotherm in this area majorly belongs to normal temperature increasing conduction type. In combining section of buried lifting and depression areas，water and therm convective type geotherm maybe occurred.

Key words：Geology of basic rocks；geothermal gradient；buried lift；buried depression；draping anticlinal structure of buried hills；Shandong province；Dongying city

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net