

济南北部地热田开发与保护建议

张中祥, 张海林

(山东省地矿工程勘察院, 济南 250014)

摘要: 采用地热资源调查、热流试验、地热地质勘探等方法,对济南市北部古生界奥陶系热储地热田进行了地热开采技术条件分区、地热资源区划、地热资源保护等方面的研究。地热田内断裂构造的复合部位是热源和水源的通道,且影响带内岩溶裂隙发育。该地段储水空间较大,施工地热井的成功率高,单井出水量大。地热开发必须坚持“保护中开发,开发中保护”的原则。遵循科学的开采方案,设计合理的开采井深和布井间距,最大限度地利用地热资源并延长地热田的服务年限。

关键词: 济南;地热田;开发;保护;建议

中图分类号: P314.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2008)03-0264-05

济南市是山东省省会城市,在大力提倡建设和谐社会的今天,寻找新的绿色能源引起社会各界的高度重视。

自二十世纪七十年代煤炭勘探过程中发现地热显示以来,有关部门开展过多次地热勘查、勘探工作,已施工十余眼地热井,部分地热井已被开发利用,并取得了一定的社会与经济效益。近年来,社会各界更加关注济南市的地热资源,地热开发项目正在兴起,但由于地热地质条件不清、地热开发管理混乱,容易造成盲目开采、资源浪费、水温降低等现象。鉴于此,山东省财政厅以鲁财建指[2003]105号文下达矿产资源补偿费项目——济南北部地热田开发与保护研究。笔者以该项目工作成果^[1]为依托,在地热地质综合调查、热流试验、地热流体腐蚀性试验等工作的基础上,对济南北部地热资源开发利用进行科学规划,提出地热田开发与保护建议。

1 地热田基本特征

1.1 地热形成模式

济南地区奥陶系石灰岩分布广泛^[2],是区域内的主要含水层。在南部山区,灰岩大面积裸露,可直接得到大气降水补给,岩溶水径流方向基本上与单斜构造地层倾斜方向一致,至山前平原区分布巨厚的古近系、新近系、石炭—二叠系砂页岩,覆盖于奥

陶系含水层之上。奥陶系石灰岩中的岩溶水从南部山区到山前平原区,即从裸露区到覆盖区,受“济南岩体”阻挡,水位上升,出露地表形成著名的济南泉群^[3],泉水水温 17℃左右,矿化度 0.5 g/L 左右。从南部山区到泉群出露是一个完整的补给、径流、排泄循环系统。

岩溶地下水由南向北径流过程中,一部分在水头差作用下或顺地层倾向或沿岩浆岩围岩裂隙或通过断裂构造继续向北运移,经“济南岩体”进行深循环,在北部齐广断裂沟通地壳深部热源、大地热流以及上覆巨厚保温盖层的共同作用下,地下水温度升高,矿化度增加,形成以奥陶系石灰岩为主的岩溶裂隙型层状热储地热田。

1.2 热储埋藏条件

利用区内实际揭露热储钻孔和胜利油田地震解译资料^[4],并结合山东省古近系和新近系的基岩地质图^[5],编绘了济南北部地热田奥陶系热储顶界埋深等值线(图1)。在区域北倾单斜构造的背景下,奥陶系总体上由南而北逐渐深埋。受断裂控制,东西方向上埋深存在较大差异:以辛集—焦斌断裂为界,断裂以西埋深大于 2 000 m,以东一般小于 2 000 m。在 2 000 m 以浅范围内,西以桑梓店断裂、东以济北黄河断裂为界,分为三个断块:西部断块、中部断块和东部断块。西部断块位于桑梓店断裂以

收稿日期: 2008-05-08

责任编辑:刘新秒

基金项目: 山东省矿产资源补偿费项目:济南北部地热田开发与保护研究(鲁财建指[2003]105号)

作者简介: 张中祥(1967-)男,山东省东阿县人,1988年8月毕业于郑州地质学校,水文地质工程地质专业,高级工程师,长期从事水文地质、环境地质及地热勘察与研究,Email:zhongxiangz67@163.com。

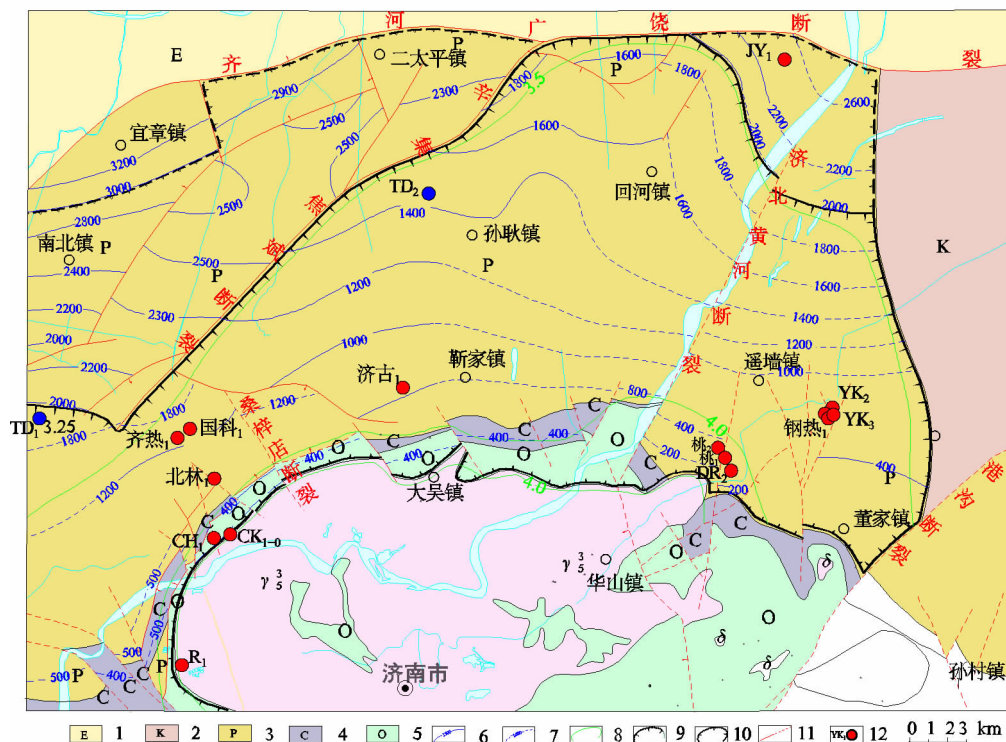


图1 济南市北部地热田地热图

Fig.1 Geological map of the geothermal field to the northern Jinan

1. 古近系; 2. 白垩系; 3. 二叠系; 4. 石炭系; 5. 奥陶系; 6. 奥陶系顶板埋深等值线; 7. 推测奥陶系顶板埋深等值线; 8. 地热梯度等值线($^{\circ}\text{C}/100\text{m}$); 9. 热储埋深 200 m 以浅地热田范围; 10. 热储埋深 2 000 ~ 3 000 m 地热田范围; 11. 断层及推测断层; 12. 地热井及编号

西,断裂构造复杂,平行于“灰岩条带”和 NW 向两组断裂将其切割成“豆腐块状”,该断块内已有的 CK₁₋₀、北林₁、齐热₁ 地热井 NW 向排列,井间距约 2 km,热储顶界埋深分别为 194 m、763 m、1 306 m,往西至齐河一带达 2 000 m;中部断块位于桑梓店断裂和济北黄河断裂之间,断裂构造相对简单,奥陶系顶界埋深由南而北逐渐增加,由“灰岩条带”上 200 m 左右向北至济古₁ 为 832 m,至齐广断裂达 2 000 m;东部断块位于济北黄河断裂以东,构造相对复杂,以近 SN 向断裂为主,桃园-鸭旺口一带,现有地热井 7 眼,热储顶板埋深受断裂控制差异较大。如坝子村 DR₂ 井与西北部桃₂ 井相距不足 600 m,奥灰埋深分别为 293 m 和 413 m,鸭旺口一带奥灰顶界埋深 500 ~ 700 m,向北逐渐深埋,至郭中寨村达 2 000 m。

1.3 地热田范围

根据前述奥陶系热储埋藏条件,参照《地热资源地质勘查规范》(GB11615-89),将埋深 2 000 m 以浅奥陶系分布范围作为经济型地热资源分布范

围,2 000 ~ 3 000 m 热储埋深范围作为亚经济型地热资源分布范围(图 1)。

1.3.1 经济型地热田范围

南部边界:①西南部地区:据“济北煤田勘探报告”和“济南市槐荫区三教堂-吴家堡地热资源普查报告”,“济南岩体”以西新生界之下沉积石炭、二叠系,推测奥陶系顶板埋深 500 ~ 700 m。在三教堂附近施工的两个测温孔(孔深 272 m、290 m)未揭露奥陶系石灰岩,但在 250 m、280 m 处测得的温度均为 24.3 $^{\circ}\text{C}$,推测至奥陶系温度大于 25 $^{\circ}\text{C}$;南部位里村北“济南市淡水养殖研究所”院内 1997 年施工的供水井水温 25 $^{\circ}\text{C}$ 左右,含水层为辉长岩裂隙,出水量 1 560 m³/d。由此可见,“济南岩体”以西具备地热形成的地质条件。②中部:据以往勘探资料,“济南岩体”北侧分布近东西向奥陶系石灰岩条带,在石灰岩条带上已有地热显示点(如 CK₁₋₀、CH₁),可将“济南岩体”北边界作为地热田的南(中部)边界。③东南部:“济南岩体”至“西顿丘岩体”之间零星分布小岩浆岩体,表明地下深处有岩浆岩分布,且可能

连为一体,阻挡南部山区奥陶系裂隙岩溶水向北径流进行深循环加温,至北部形成地下热水。港沟断裂北段西侧已有鸭旺口、坝子地热显示点,东侧目前未有地热显示点。因此,将港沟断裂北段作为济南北部地热田的东南边界。

北部边界:以齐河-广饶断裂为界。据胜利油田地震勘探资料,齐-广断裂是一区域性大断裂,控制着区域地层分布,断裂以北除沉积第四系、新近系外,还沉积巨厚的古近系。断裂以南缺失古近系,新近系直接覆盖在石炭系-二叠系之上。齐-广断裂至“济南岩体”之间奥陶系石灰岩广泛分布,而断裂以北由于埋深大于3000 m,目前开采技术条件下,除凸起区外一般不作为热储层。

东部边界:工作区东部新近系之下为白垩系分布区,根据区域地层资料推测奥陶系埋深一般较大,目前没有揭露奥陶系石灰岩的钻孔。因此,将白垩系分布区的西边界作为济南北部地热田的东部边界。

西部边界:据胜利油田人工地震解译资料,以辛集-焦斌断裂为界,以西奥陶系埋深大于2000 m,以东小于2000 m,辛集-焦斌断裂可作为济南北部地热田经济型地热资源的西部边界。

1.3.2 亚经济型地热田范围

分布在工作区西北和东北部。西北部以奥陶系3000 m埋深等值线和齐广断裂为北边界,辛集-焦斌断裂和2000 m埋深等值为南、东边界,东北部则北起齐广断裂,南至2000 m埋深界线。

1.4 地温场特征

利用区内盖层地温梯度资料绘制了地温梯度等值线(图1)。从图中可以看出:地温梯度变化与基底构造关系密切,总体随奥陶系石灰岩热储埋深的增加而减小。分布在济南岩体外围灰岩近东西向展布,其地温梯度大于 $4^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$;分布在地热田中部奥陶系灰岩顶界埋深小于2000 m的区域,地温梯度达 $3.5 \sim 4.0^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$;而位于地热田西北、东北部的奥陶系石灰岩顶界埋深大于2000 m的区域,地温梯度一般小于 $3.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。

2 开采技术条件分区

根据前述地热田范围和奥陶系热储的埋藏条件综合分析,首先将济南北部地热田划分为经济型(小于2000 m)地热资源开采区和亚经济型(2000 ~ 3000 m)地热资源开采区两个大区。然后对经济型开采区按照500 m埋深差划分为5个亚区。

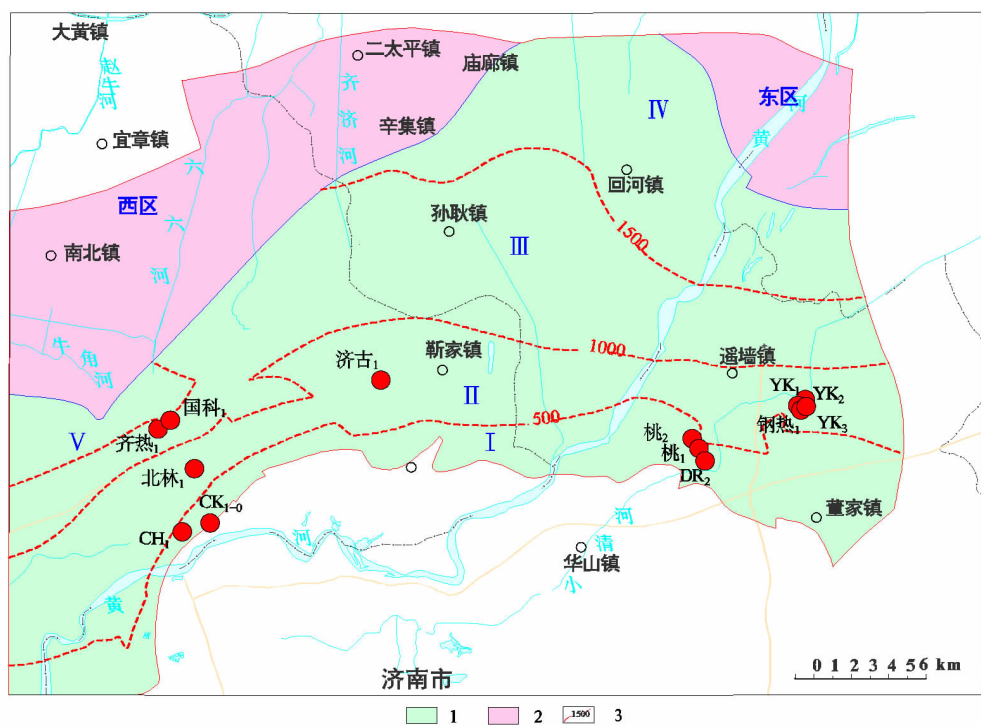


图2 济北地热田开采技术条件分区图

Fig. 2 Mining technical condition zone to the northern Jinan

1. 经济型开发区; 2. 亚经济型开发区; 3. 开发区界限及热储埋深

2.1 经济型地热资源开采区

位于前述经济型地热田范围内,热储埋深小于 2 000 m,开采经济条件较好。该区以 5 00 m 埋深差进一步划分为五个亚区(图 2)。

I 亚区:位于地热田南部灰岩条带和东部桃园-董家一带。热储顶板埋深小于 500 m,适宜成井深度小于 700 m,推测热储温度 25 ~ 40℃。

II 亚区:位于灰岩条带外围旧齐河-北郊林场-靳家-鸭旺口呈近东西向带状展布。热储顶板埋深 500 ~ 1 000 m,适宜成井深度 700 ~ 1 200 m,推测热储温度 40 ~ 50℃。

III 亚区:位于焦斌-表白寺-孙耿-清宁-遥墙机场呈弧形带状分布。热储顶板埋深 1 000 ~ 1 500 m,适宜成井深度 1 200 ~ 1 700 m,推测热储温度 50 ~ 65℃。

IV 亚区:位于地热田北部、齐广断裂南侧。热储顶板埋深 1 500 ~ 2 000 m,适宜成井深度 1 700 ~ 2 200 m,推测热储温度 65 ~ 80℃。

V 亚区:位于齐河县城东侧。热储顶板埋深 1 500 ~ 2 000 m,适宜成井深度 1 700 ~ 2 200 m,推测热储温度 65 ~ 80℃。

2.2 亚经济型地热资源开采区

该区位于前述亚经济型地热田分布区。热储埋深

2 000 ~ 3 000 m,开采深度大,经济上不合算。根据地理位置分为东西两个亚区:西亚区位于齐河县城以北-安头-辛集-廊庙-南北镇一带,东亚区位于济阳县城一带。由于热储层埋深较大,热储温度较高(推测可达 80 ~ 90℃),成井深度 2 200 ~ 3 200 m。

3 开发利用区划

在综合考虑济北地热田开采技术条件、开发利用现状、区位优势等的基础上,将地热田划分为地热梯级综合开发利用示范区、地热近期开发区、地热亟待勘查开发区、地热保护开发区及地热远景开发区(图 3)。

3.1 地热梯级综合开发利用示范区

位于地热田西南部,齐河经济开发区内。区内现有齐热 1、国科 1、北林 1 三眼地热井,水温 43 ~ 57℃,单井出水量 100 m³/d 左右,且交通便利,地理位置优越。经处理后的地热水和热泵技术可建成一个集供暖、洗浴、休闲、种植、养殖等于一体的示范样板,达到以点带面,辐射全区乃至全省的地热梯级利用示范基地。目前已建有山东省地热资源科技开发示范基地和国科高尔夫温泉别墅等地热开发项目。

3.2 地热近期开发区

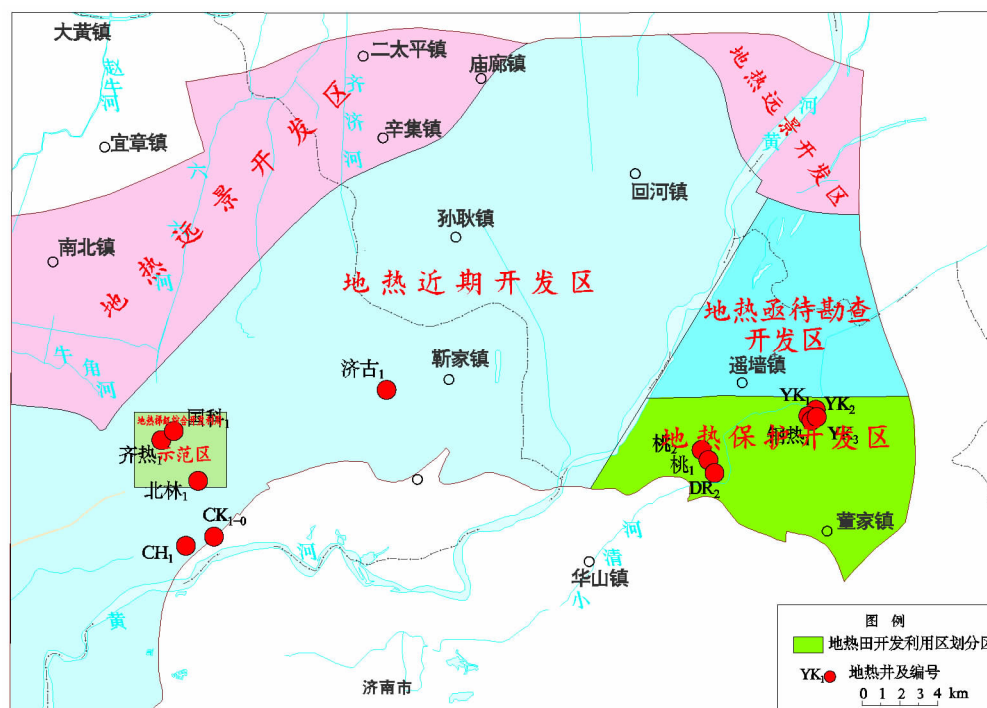


图 3 济南北部地热田开发利用区划图

Fig.3 Exploitation regionalization map of the geothermal field to the northern Jinan

位于地热田中部,呈北东向带状分布,面积占整个地热田的1/2左右。该区南部地热井温度43~57℃,推测向北温度仍将增加,至齐广断裂一带可达80℃左右。区内以往勘查研究程度较高,热储埋藏深度相对较小,开采经济条件好,成井深度一般小于2 200 m,适宜近期规划开发。

3.3 地热亟待勘查开发区

位于地热田东部遥墙镇以北、黄河以东地区。该区为济南国际机场所在地,机场是泉城济南对外的门户,在该区进行温泉开发,建成集供暖、旅游、休闲娱乐、商务会所等项目于一体的综合性度假村,不仅能够提高济南在国际上的知名度,树立泉城美好形象,而且可以改善该区域的生态环境质量。该区以南已有多处地热显示点,热储埋深300~500 m,单井出水量5 000~10 000 m³/d,孔口水温33~43℃,受温度低等的制约开发潜力相对较小。而遥墙以北热储埋深逐渐增大,热水温度有望高于60℃,目前在该区考察、投资的客户较多,但以往研究程度相对较低,地热地质条件较复杂,应尽快投入勘查工作,适应地热开发的需求。

3.4 地热保护开发区

位于地热田东南部鸭旺口-桃园一带。该区已施工7眼地热井,济钢温泉度假村已开发利用,效益较好。而其他地热井由于管理不善,存在随地排放等严重的资源浪费和水温逐年降低的趋势,这与地热井布局不合理有关。如鸭旺口出现3、4眼井“扎堆”现象,有的井间距不足百米,长期开采易形成局部水头压力下降过快,增大与南部冷水区水头差,进而增加南部冷水的径流量,造成地热田温度降低的后果。因此,该区应坚持在保护中开发的原则,充分利用已有地热井,严禁随意施工打井。

3.5 地热远景开发区

位于地热田西北和东北部的亚经济型开采区。由于热储埋藏深度大于2 000 m,成井难度较大,费用较高,开采经济效益较差,推测热储温度80~90℃,目前经济技术条件下不宜开采,可规划为地热远景开发区。

4 地热田保护建议

在能源日趋紧张的今天,开发利用地热资源具有明显的社会、经济、能源和环境效益,合理开发利用这一宝贵的资源具有十分重要的意义。国内、外

地热开发经验教训告诉我们,盲目无序地开采地热资源将破坏地热田原有的形成机理,影响其应有的服务时间和质量。为此,我们应在开发地热资源的同时,及时对地热田进行合理的保护。

济南北部地热田属沉积型地热田^[6],是一个相对独立的地质建造,具有储(热储层)、盖(盖层)、通(热流通道)、源(补给来源)四个要素。储、盖、通是漫长的地质历史的产物,在一定时期内不会发生大的改变,而热水的补给来源可通过人类工程活动而发生变化,改变地热田热水的温度和质量。从区域地热地质、水文地质条件分析,济北地热田奥陶系热储热水的补给来源主要为济南岩体以南冷水区的裂隙岩溶水,在开采地热水的同时,应密切关注水温和水质的变化。据计算,当整个地热田按平均布井66眼、开采量132 657 m³/d时,至100年末地热田内奥陶系水位将平均下降50 m,人为拉大了南、北及冷、热之间的水位差,将增强上游冷水的径流补给能力,改变地下热水的天然水动力场和水化学场,从而造成水温降低和水化学成分的变化。

为保护地热田热水温度和医疗价值作用,有效地控制冷水区径流补给量,建议实施如下保护措施:

(1)加强济北地热田勘查评价工作,降低地热开发风险。进行群孔热流试验,求取更加准确的地热资源计算参数,确定更加合理的布井间距。

(2)严禁盲目施工地热井。采取先评价后施工、局部服从全局的科学态度,避免由于集中开采形成局部降落漏斗,增加南部冷水的径流补给强度。

(3)加强地热田水位、水温、水质、地面沉降等监测力度,建立长期监测管理制度,系统掌握地热水动态变化规律,以便及时调整开采计划^[7]。区内目前地热水水头一般高出地面几米至十几米,监测难度相对较大,进行水位观测时或在孔口密封加压力表,或在井口安装竖管人为抬高水头,并设专人进行定期测量、记录、填写报表等。

5 结语

济南北部地热田的开发应遵循其内在的规律性。地热田内断裂构造的复合部位是热源和水源的通道,且影响岩溶裂隙发育,储水空间较大,施工地热井的成功率高,单井出水量大。地热开发必须坚持“保护中开发,开发中保护”的原则。遵循科学的

开采方案,设计合理的开采井深和布井间距,最大限度地利用地热资源并延长地热田的服务年限。

参考文献:

- [1] 张中祥.济南北部地区地热田开发与保护研究[R].山东省地矿工程勘察院,2005.
- [2] 徐军祥,康凤新.山东省地下水资源可持续开发利用研究[M].北京:海洋出版社,2001.
- [3] 济南泉水[M].山东省地矿局.济南:黄河出版社,2003.
- [4] 任发琛.济阳拗陷地质构造研究[M].东营:胜利油田出版社,1988.
- [5] 山东省前晚第三纪基岩地质图[R].山东省地矿局.北京:中国地质图制印厂,1981.
- [6] 陈墨香.华北地热[M].北京:科学出版社,1986.
- [7] 马凤如,林黎,王颖平,等.天津地热资源现状与可持续性开发利用问题[J].地质调查与研究,2006,29(3):1-8.

Development and Protection Suggestion for Geothermal Field in Northern Jinan, Shandong Province

ZHANG Zhong-xiang, ZHANG Hai-lin

(Shandong Provincial Geo-mineral Engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: Through the geothermal resource investigation, heat flow experiment and geothermal geological prospecting, we mainly study the geothermal resource exploitation condition, geothermal resource regionalization, geothermal resource protection to the northern Jinan, Shandong Province. Based on the exploitation condition, present development situation, geographical superiority, 5 divisions are suggested. They are comprehensive development demonstrating zone, the recent development zone, the prospecting zone, the protection development zone, and the development zone in the near future. In view of the reality of the geothermal field, we also propose development and the protection suggestions.

Key word: Jinan; geothermal field; development; protection; suggestion

《地质调查与研究》征订启事

经国家科委和新闻出版署批准,我刊《前寒武纪研究进展》于2003年起更名为《地质调查与研究》。办刊宗旨:本刊为地质科学领域中的学术性刊物,执行党的基本路线及国家的出版政策法规,坚持“百花齐放,百家争鸣”的双百方针,面向地质调查和研究工作,为地质调查和研究成果提供交流载体,推动我国地质调查和研究工作的开展,为我国的经济建设和发展服务。主要刊登内容:地质调查和研究中的新认识、新成果、新进展,地区性、专业性焦点、难点问题,新理论、新技术、新方法、新工艺的研究和引进。内容涉及基础地质、矿床地质、同位素地质年代、第四纪地质、水资源与环境、灾害地质、城市地质、农业地质、旅游地质、地球物理勘查、地球化学勘查、地质调查信息等领域,以及国民经济和社会发展对地质工作的需求等方面的文章,亦刊登国外相关领域的研究动态和成果。主要开设栏目:基础地质、矿产资源、水文地质、灾害地质、环境地质、技术方法等,非常适合地质工作者、地质院校师生和有关单位的管理者阅读参考。

本刊为80页的季刊,公开发行人,每期约12万字,可全年订阅,也可分期订阅。订阅办法:1)单位和个人均可向我刊编辑部订阅;2)邮局汇款,地址:天津市河东区大直沽八号路4号,邮编:300170;3)银行信汇:天津市河东区工商行大直沽分理处,账号:0302040109006621382。

联系电话:022-24023549

《地质调查与研究》编辑部