河南省地热资源及开发保护区划

王继华　甄习春

（河南省地质环境监测院　郑州　450016）

摘　要：在总结河南省地质结构，划分地热资源类型，研究地温场分布规律及新近系、古近系、寒武-奥陶系热储层特征的基础上，对地热资源进行了分类及经济性评价。根据利用现状分析及地热地质条件，提出了勘查、开发利用方向，全省区划分为限制开采、控制开采、鼓励开采、允许开采及其他等5个开发保护区，并指出今后主要开发对象是新近系馆陶组热储，勘查研究重点是隐伏潜山寒武-奥陶系热储，利用以供暖为主。

关键词：地热资源，热储，开发保护，区划，河南省

1　区域地质背景

河南省西北、西、南三面为隆起山地，东部为黄淮海平原，面积16.7×$10^4$$km^2$。大地构造上位于中国南北板块的拼合带，大致以焦作-商丘断裂为界，北部构造线以北北东向为主，南部构造线以北北西向为主，这种构造体系控制着地热资源的形成与储存。境内东部黄淮海平原属华北台坳南部，由一系列的次级凹（断）陷及断块隆起组成[1]，其与西部的洛阳、灵宝-三门峡及南阳等山间坳（断）陷盆地，构成河南沉降盆地，新生代堆积物最大沉积厚度达7000 m以上，是地热资源的主要储集区。

2　地热地质条件

2.1　地热资源类型及分布

根据储存条件及地温场成因，河南省地热资源分为沉降盆地传导型和隆起山地对流型两种类型。

2.1.1　沉降盆地传导型

分布在东部平原及西部山间盆地，是河南地热资源主要类型。热储介质主要为新近系、古近系松散砂岩和寒武-奥陶系碳酸盐岩，具有多层及面状分布的特点。地表一般无地热显示，地球内的热能以传导方式向地表传递，自恒温带以下地温随深度增加而升高，深大断裂往往构成地热田的边界。千米深处地温为35～50℃，局部达60℃左右，热水温度达到100℃的埋深一般需超过2500 m。

基金项目：河南省2004年度两权价款项目（豫财建[2004]219号）及2005年度两权价款项目（05081）资助

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.1.2 隆起山地对流型

主要分布在由岩浆岩、变质岩和沉积岩组成的山区。盖层不发育，热储呈带状，宽数十米至数千米。地热显示为温泉，分布受断裂控制，热源通过深循环的地下水沿断裂或裂隙对流传递，深大活动断裂一般为控热构造[2,3]，其次级断裂往往形成导热构造。热水产量视水文地质条件而定，溶隙热储较大、基岩裂隙热储一般较小，断裂发育、裂隙开启性及补给好的基岩热储水量较大。

2.2 地温场分布规律

2.2.1 平面分布规律

河南省新生界地温梯度值为2.5～4.0 ℃/100 m，总体上由山前至平原渐增，隆起区一般大于凹陷区。内黄、菏泽、通许等隆起区地温梯度相对较高，一般为2.75～3.5 ℃/100 m；开封及周口凹陷一般为2.5～3.25 ℃/100 m；汤阴及东明断陷、驻马店及潢川凹陷一般小于2.75 ℃/100 m。三门峡断陷及洛阳坳陷区一般为3.0℃/100 m；南阳坳陷中部为3.0～4.0 ℃/100 m，外围小于3.0 ℃/100 m。地温场主要受断裂构造、基底起伏或地下水活动的影响[4]，地温梯度大于3.5 ℃/100 m的异常区主要分布在通许凸起及周口凹陷两构造单元的西部，汤阴断陷、内黄凸起和开封凹陷交汇部，以及南阳盆地中部。

2.2.2 垂向变化规律

垂向上随深度增加呈现小—大—小的变化规律。小于1000 m时地温梯度一般小于3.2 ℃/100 m，深1000～2000 m的地温梯度为2.8～3.8 ℃/100 m，深度大于2000 m时一般为2.6～3.5 ℃/100 m。

根据地温梯度的变化，河南省沉降盆地1000 m埋深地温一般为35～50℃，2000 m埋深地温为58～86℃，3000 m埋深地温为90～122℃。

2.3 主要热储层特征

2.3.1 明化镇组（N_2m）孔隙热储

主要分布在东部平原，为目前主要开采层。热储顶板埋深350～400 m，底板埋深800～1500 m。储水介质主要为细、中砂层，孔隙度为30%～40%，共15～50层，单层厚1～35 m，累计厚140～370 m，凹（断）陷区厚度大于凸起区。单井涌水量在长垣-开封-太康-漯河一线以东地区为50～100 $m^3/h \cdot 20$ m，其他地区为20～50 $m^3/h \cdot 20$ m。800 m以深井口水温一般可达40℃以上，地热流体水化学类型以HCO_3－Na型为主，总溶解固体一般为0.5～1.0g/L。

2.3.2 馆陶组（N_1g）孔隙热储

主要分布在东部平原，局部缺失。顶板埋深600～1500 m，底板埋深900～2500 m。热储介质主要为细、中、粉细砂层，孔隙度为25%～30%，共10～20层，单层厚4～15 m，累计厚60～250 m。井口水温一般为45～65℃，热水产量总体上由山前向平原逐渐增大，周口-西华-太康一带为40～80 $m^3/h \cdot 20$ m。地热流体水化学类型以Cl－Na、HCO_3－Na为主，总溶解固体一般为1.0～3.0 g/L。

2.3.3 古近系（E）裂隙孔隙热储

分布在山间盆地及东部平原的凹（断）陷区，地层厚1000～5000 m。热储为砂砾岩、

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

细砂岩等，孔隙度5% ~20%，砂岩单层厚1 ~15 m，最厚达91.5 m，累计厚300 ~800 m。古近系热储胶结程度高，富水性较弱[4]，单井热水产量为5 ~20 $m^3/h \cdot 20$ m，水质差。大部分地区经济价值不大。

2.3.4 寒武-奥陶系（€-O）溶隙-裂隙热储

广泛隐伏于东部平原下部。热储层主要为奥陶系中统马家沟组和寒武系中统张夏组，岩性以灰岩、白云质灰岩、白云岩为主，厚70 ~860 m。凸起区顶板埋深一般小于2000 m,适宜开采；凹（断）陷区顶板埋深一般大于4000 m，不便开采。该类热储溶隙-裂隙发育程度随深度增加变弱，不同构造位置的水温、水质、水量有较大差异。目前仅鹤壁市及永城市进行了勘探。

3 地热资源计算

3.1 原则与方法

传导型计算深度下限为4000 m，局部为1200 ~1500 m，计算对象为新近系、古近系及寒武-奥陶系热储，计算包括储存量和地热流体可开采量（年限为100年），地热流体可开采量未考虑动态补给。对流型计算限于温度大于35℃的地热露头，仅计算地热流体可开采量。

储存资源采用静储量法和热储法[5]，地热流体可开采量新生界热储采用水头降落法，隐伏下古生界热储采用回采系数法，带状热储采用动态法及解析法。可采热流体含热能量采用水量折算法。

3.2 计算结果

地热储存资源、地热流体可开采量及所含热能量计算结果见表1。

表1 河南省地热资源计算成果

地热类型	热储	热水储存量 $10^8 m^3$	热能储存量 10^{16} kJ	地热流体可开采量/($10^4 m^3 \cdot a^{-1}$)			地热流体可采量含热能量/(10^{12} J·a^{-1})		
				经 济	次经济	合 计	经 济	次经济	合 计
传导型	N	56529.38	116345.82	14727.92		14727.92	15163.28		15163.28
	E	19161.33	137360.62	2695.80	541.03	3236.83	5786.33	2318.39	8104.72
	€-O	1836.50	339416.76	32418.13	4311.97	36730.10	73171.48	12368.34	85539.82
对流型	K-Pt			489.89		489.89	959.25		959.25
全 省		77527.21	593123.22	50331.74	4853.00	55184.73	95080.35	14686.73	109767.07

河南省地热流体可开采资源以低温、经济型为主，主要分布在东部平原。新生界地热流体在东明断陷、开封凹陷丰富，地热水可采模数大于$40 \times 10^4 m^3/100\ km^2 \cdot a$，新近系馆陶组为主；汤阴断陷、内黄凸起南部、通许凸起中部、周口凹陷及菏泽凸起黄河南段资源较丰富，可采模数（20 ~40）$\times 10^4 m^3/100\ km^2 \cdot a$；内黄凸起的核部、潢川山前坳陷、获嘉-辉县凹陷，地热资源极贫乏，开采条件差。东部平原隐伏丰富的下古生界地热资源，通许凸起中东部开采条件较为有利。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

4 地热资源开发利用与保护区划

4.1 开发利用现状及主要问题

4.1.1 开发利用现状

河南地热开发主要集中于东部平原的主要城市及漯河-周口以北、新乡-濮阳以南的20多个县市。以开发800~1200 m深度的新近系明化镇组低温资源为主。全省地热水开采总量为4419.28 × $10^4 m^3/a$。孔隙型地热水占84.76%；温度在40℃以上的地热水占22.17%。郑州、开封、商丘3市区开采程度高达130%以上，已严重超采，新乡市区开采程度100%~70%，其他地区开采程度小于40%；陕县温塘、洛阳龙门、汝州温泉镇、鲁山下汤等地因扩泉开采，大部分温泉已断流。

河南地热资源开发为直供直排，尚未回灌。用途为洗浴、城市供水、种养殖、矿泉水生产、供暖等，地热水开采比例分别为56.44%、38.13%、1.64%、0.26%、0.24%，其他用途为3.29%。

4.1.2 存在的主要问题

河南省地热开发利用方式单一，产业化水平及热能利用率低，资源浪费严重。部分地区由于地热井集中或超量开采严重，水位持续下降，资源衰减，地面沉降及温泉显示景观消失。

4.2 地热资源开发利用

4.2.1 地热勘查

重点为东部平原，主要目的层为新近系馆陶组及浅埋寒武-奥陶系热储。工作程度高的地区，应加强资源合理配置研究；空白区要采用资料二次开发、遥感、物化探、钻探、试验等综合手段，加大勘查深度，提高工作精度。2015年前工作建议：逐步开展通许凸起寒武-奥陶系地热勘查；三门峡及南阳盆地，汤阴、东明断陷及周口凹陷地热田普查；周口、新乡、濮阳、安阳等城市市区地热资源普查；济源省庄、栾川汤池寺、鲁山上汤、商城汤泉池等对流型地热勘查，促进旅游业发展。

4.2.2 利用方向及布局

新近系馆陶组热储资源丰富，水温较高、水质较好，是今后的主要利用对象；潜山寒武-奥陶系热储是今后勘查研究的重点；古近系大部分地区开发经济价值不大。利用应加大供暖及农业比例，温水主要用于种植养殖、土壤加温[6]；温热水主要用于采暖、温室；热水主要用于采暖；中温水主要用于采暖、烘干。利用布局：城市（镇）以供暖为主，其次为工业、洗浴，适量矿泉水生产（符合标准）；城市（镇）郊区、农业基地、农村等，以种植养殖为主，其次为供暖、旅游等；温泉出露区，以旅游及医疗为主，其次为供暖、种植养殖。

4.2.3 提高利用水平

针对利用中存在的问题，建议：①编制开发利用与保护规划，实行总量控制开发，分层分质合理配置利用；②推广热泵技术，提高低温资源利用水平，促进供暖产业发展；

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

③推进地热回灌[7]，开展梯级利用，提高资源利用能效；④拓宽利用领域，优化产业结构，促进地热产业化进程。同时，逐步建立动态监测网络，不断优化开采方案，防范地面沉降[8]、资源衰减等环境地质问题。

4.3 开发保护区划

根据河南省地热资源开发利用现状及地热地质条件，全省区划为5个地热开发保护区（图1）。

限制开采区（点）：包括郑州、开封、商丘等城市开采影响区及陕县温塘、洛阳龙门、汝州温泉街、嵩县汤池寺、鲁山下汤等温泉出露区。开采程度高于130%，超采较严重。前者水位下降速率快，降落漏斗范围大；后者地热显示景观消失或衰落。今后，郑州市区以开采东北部馆陶组及西南部埋藏岩溶地热水为主，开封市区以馆陶组为主，商丘市区以寒武-奥陶系及北部古近系为主；温泉出露区削减利用量，尽可能恢复地热显示景观。

控制开采区（点）：包括新乡市区及周边，济源省庄、鲁山上汤及中汤等温泉，开采程度70%～90%，潜力小。新乡一带中部超采，南部新近系及西北部寒武-奥陶系可适量扩采。

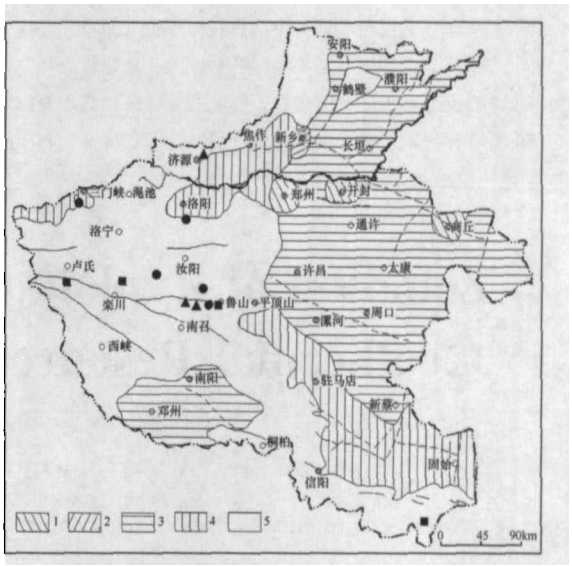

图1 河南省地热资源开发保护区划图

1—限制开采区；2—控制开采区；3—鼓励开采区；4—允许开采区；5—其他地区

鼓励开采区（点）：包括驻马店－新蔡以北大部及南阳盆地，卢氏汤河、栾川汤池寺、商城汤泉池、鲁山碱厂等温泉。平原区热储层以新近系、古近系及寒武-奥陶系为主，热水生产能力及水温适中，地热地质条件相对较好。开采程度一般小于50%，潜力较大，开发风险较低。今后东部平原应以馆陶组或寒武-奥陶系开发为主，山区保持地热显示景观，不宜盲目凿井扩泉开采。

允许开采区：分布于三门峡盆地、济源次凹、洛阳盆地及平舆凸起以南。热储主要为古近系，埋藏深、胶结程度高、热水产量小。本区开采程度小于20%，但热储条件较差，开发风险较高。

其他地区：包括内黄凸起核部及温泉出露区以外的其他山区，除局部构造发育部位外，大部分地区地热地质条件较差，现基本无开采，开发风险高。

5 结 语

地热开发对调整能源结构、构建资源节约型和环境友好型社会具有重大意义。河南以传导型为主的低、中温地热资源丰富，开发前景广阔。地热开发应与城市及新农村建设相结合，统一规划、科学利用、有效保护，加大供暖及农业利用比例，以市场为导向，以资源为基础，以产业为依托，将资源优势更好地转化为经济、社会和环境效益，为河南社会经济发展做出更大的贡献。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

参 考 文 献

[1] 河南省地质矿产局. 河南省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1989
[2] 吕志涛, 韩书记. 河南省鲁山下汤地热田地热资源分析 [J]. 地下水, 2005, 27 (1): 16~17
[3] 李宏伟, 罗锐. 龙门地下热水的开发与利用前景分析 [J]. 中国煤田地质, 2005, 17 (6): 26~27
[4] 王心义, 聂新良, 赵卫东. 开封凹陷区地温场特征及成因机制探析 [J]. 煤田地质与勘探, 2001, 29 (5): 4~6
[5] 刘向阳, 龚汉宏. 邯郸市地热资源评价 [J]. 中国煤田地质, 2007, 19 (6): 47
[6] 齐玉峰, 王现国, 王关杰. 开封凹陷区地热资源开发利用与保护 [J]. 地下水, 2007, 29 (4): 78
[7] 李喜安, 刘玉洁, 蔚远江, 等. 西安地区地热水资源开发利用现状及展望 [J]. 水资源保护, 2003, 31 (3) 52
[8] 乔光建, 刘东国. 邢台市地下热水资源合理开发利用的研究 [J]. 水资源保护, 2005, 21 (6) 44

Zonation of Exploitation and Protection of Geothermal Resources in Henan Province

Wang Jihua and Zhen Xichun

(Geo-environmental Monitoring Institute of Henan Province, Zhengzhou 450016)

Abstract: Based on the geological structures and classification of geothermal resources in Henan Province, according to the general pattern of geothermal field and the reservoir features of Holocene, Neogene, Cambrian-Ordovician, various types of geothermal resources in Henan Province were evaluated. Based on above evaluation, some suggestions were put forward concerning geothermal prospecting and exploitation, with the division of the whole province into five regions, i. e. , region of limited exploitation, region of controlled exploitation, region of encouraged exploitation, region of allowable exploitation, etc. The main object for future exploitation is Guantao formation of Neogene. The focus for investigation and research is the buried geothermal reservoir of Cambrian-Ordovician, which may be used for space heating.

Key words: geothermal resource; reservoir; exploitation and protection; zonation; Henan Province

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net