黄河三角洲地区地热资源与规划研究

刘桂仪[1] 张新文[1] 王彦俊[1] 王 峰[2]

（山东省地矿工程集团有限公司 济南 250000；东营市国土资源局 东营 257000）

摘 要：黄河三角洲地区是山东省地热资源主要富集区之一。具有热储层分布稳定，水温适中，水量丰富且易于开发等特点，开发潜力大，开发利用前景广阔。该区地热资源为低温地热资源，温热水－热水型；区内适宜开采的热储分为层状孔隙-裂隙型和岩溶裂隙型。依据地热资源分布特点、勘查程度、开发利用现状和当地经济发展水平，划分为河口区城区、孤岛-仙河、东营中心城区及东营港重点开采规划区等4个地热重点开采规划区。

关键词：开发利用，地热资源，黄河三角洲

煤炭、石油等传统能源在给人类创造财富的同时，也给环境造成巨大的污染，寻找环保型替代能源势在必行。地热作为一种可供开发利用并有着巨大发展前景的新型能源，有着巨大的经济开发潜力。我国地热资源分布范围广，特别是中低温地热资源，储量丰富，开发历史悠久。已普遍应用于供暖、生活洗浴、热水理疗、温泉游泳、温水养殖、温室种植等领域，其开发前景十分广阔。

黄河三角洲地区，矿产资源丰富，能源矿产除石油天然气外，其地热资源也是山东省最丰富的地区，具有分布广、储量大、埋藏浅，开采条件优越等特点，是继油气资源的第二大能源矿产。黄河三角洲地区的中心城市东营市，是我国大型油田所在地，多年来石油、天然气是支持地区经济发展的重要能源支柱。进入21世纪，黄河三角洲地区油气储量呈衰减趋势，资源供给不足，煤炭供给紧俏，价格飙升，能源供应面临危机，后备资源面临严重挑战。开发利用地热资源，将资源优势转化为经济优势，对于缓解黄河三角洲地区能源紧张，推进节能减排、调整能源结构、加快生态城市建设和黄河三角洲高效生态经济发展具有重大意义。

1 地热资源基本情况

黄河三角洲地区地热勘查开始于20世纪90年代末，完成了1:10万地热资源调查评价工作，圈定多处地热异常区。开展了东营区中部、河口区城区、孤岛地区、仙河镇地区、东营港地区和东营开发区6个地热田的普查工作。同时有序推进地热资源的开发利用，先后施工20余口地热井，地热勘查精度和社会对地热资源的认知程度不断提高。

1.1 地热资源分布及类型

黄河三角洲地区的地热资源主要分布在广饶县城以北地区，面积约5655 km^2，占东营市面积的71.4%，资源储量巨大，属低温地热资源中的温热水和热水型。热源主要来自正常的地壳深部及上地幔传导热流。

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

1.2 热储类型及特征

区内适宜开采的热储分为层状孔隙-裂隙型和岩溶裂隙型。前者包括新近系馆陶组（Ng）和古近系东营组（Ed），后者主要指寒武系—奥陶系（€-O）。

1）新近系馆陶组热储。该热储层广泛分布于广饶县花官、王道、广饶县盐务局一线以北，面积约5600 km^2，占东营市面积的70.7%，在陈家庄凸起中部盐窝镇一带小面积缺失。热储岩性为粗砂岩、砂砾岩、细砂岩。据已有的地热井资料，井口水温54～85℃，东营凹陷地热井取水段1100～1400 m，井口水温较低，一般54～60℃，沾化凹陷和孤岛凸起区地热井取水段1500～2200 m，井口水温70～85℃。

2）古近系东营组热储。该热储层在东营市南部及凸起区缺失（表1），主要分布在广饶县北部、东营区中心城区、河口区城区及孤岛镇、黄河口镇、东营港一带，地质构造分布在东营凹陷区与沾化凹陷区中部，面积约3495 km^2，占东营市面积的44.1%。热储岩性主要为砂岩、细砂岩、砂砾岩。据已有地热井资料，东营凹陷内取水段1400～1600 m，井口水温一般62～98℃，单井出水量70～80 m^3/h。

表1 黄河三角洲地区热储类型及特征表

热储类型	热储层	分布	面积/km^2	占研究区面积/%	热储情况			水温与水量	
					岩性	顶板埋深/m	厚度/m	井口水温/℃	单井涌水量/（m^3/d）
层状孔隙-裂隙型	馆陶组热储	小清河以北的黄河三角洲地区。地质构造为东营与沾化凹陷区	5600	70.7	粗砂岩、砂砾岩、细砂岩	550～1250	50～540	54～60	1680～2160
								70～85	1400～2160
	东营组热储	小清河以北的黄河三角洲地区。地质构造为东营与沾化凹陷区	3495	44.1	细砂岩、砂砾岩	1300～2500	50～270	62～98	1680～1920
岩溶裂隙型	寒武-奥陶系热储	呈零星分布在义河、孤岛、埕子口、盐窝、黄河口、大码头等构造凸起区	460	5.8	纯灰岩、鲕状灰岩、豹皮灰岩及白云质灰岩等	800～2000		70～90	150～300

3）寒武-奥陶系热储。该热储层零星分布在义河庄、孤岛镇、埕子口、盐窝、西宋、黄河口、大码头等地的地质构造凸起区（表1），面积约460 km^2，占东营市面积的5.8%。热储岩性以纯灰岩为主，其次为鲕状灰岩、豹皮灰岩及白云质灰岩。孤岛镇奥陶系灰岩热储地热井，井口水温70～90℃，单井涌水量较小，一般16～13 m^3/h。

1.3 地热水化学特征

馆陶组地热水矿化度一般为9～23 g/L，水化学类型为Cl－Na型，pH值6.7～7.4，热水中偏硅酸、偏硼酸含量均达到矿水浓度，锰、碘部分能达到矿水浓度（表2），仙河镇、孤岛镇和东营城区一带地热水中锶、溴含量达到矿水命名浓度。

东营组地热水矿化度一般18～20g/L，水化学类型以Cl-Na型为主，其次是Cl-

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

表2 地热水具有医疗作用的离子或组分浓度表 单位：mg/L

离子或组分	热储热水			医疗热矿水标准		
	馆陶组	东营组	寒武-奥陶系	命名浓度	矿水浓度	医疗价值浓度
溴	0.72～48.5	28.0～41.0	15.00	25	5	5
锶	7.55～81.25	35.62～95.0	103.4	10	10	10
氟			3.20	2	2	1
锰	0.62～3.52	1.7～5.3		—	1	1
偏硅酸	35.82～58.5	36.4～48.75	62.52	50	25	25
偏硼酸	7.28～12.25	9.15～22.5	40	50	5	1.2
碘	0.6～0.9	0.715～7.0		5	—	—
锂	0.5～0.9	0.74～1.65	3.57	5	1	1

Na·Ca型，pH值7.19～7.5。热水中锶、溴含量达到矿水命名浓度，锰、偏硅酸、偏硼酸、碘等含量达到矿水浓度，部分达到矿水命名浓度。

奥陶系地热水矿化度3～17g/L，水化学类型Cl－Na型。热水中锶、溴、氟和偏硅酸含量达到矿水命名浓度，锂、偏硼酸含量达到矿水浓度。

1.4 地热资源量

据初步概算，黄河三角洲地区初步圈定地热田9个，2000 m以浅两个热储层的可利用地热资源量为79.81×10^{18}J，折合标准煤26.79×10^{8}t，热水资源量750亿m^3，属罕见的盆地型地热田。探明了东营城区、河口城区、孤岛、仙河、东营港5个特大型地热田，施工地热井10余口，井口温度54～86℃。

2 地热资源开发利用现状与前景分析

2.1 开发利用现状

地热资源开发始于20世纪80年代，21世纪初进入快速开发阶段。至2008年底，可供利用的地热井有30口，集中分布在东营市中心城区、河口城区和孤岛、仙河、东营港等地。地热水主要用于供暖、洗浴，少数用于理疗、温水养殖。2008年开采量约400 m^3。利用地热供暖的住宅小区已有10余个，东营宾馆、白云饭店、鲁班公寓、枫情水岸等各具特色，供暖面积已达50万m^2，展现出广阔的开发前景。

2.2 开发利用前景分析

地热能是一种新型的清洁能源，目前国际上有近百个国家在开发利用，并以12%的速度递增，预计到2100年地热利用将在世界能源总值中占30%～80%。在我国能源结构中，地热资源利用不足0.5%，近几年地热开采利用量仍以每年7%的速度增长。实践证明，地热资源的应用领域广泛，能显著提高经济、社会、环境效益。

黄河三角洲地区特殊的地层沉积，表现为新近系馆陶组和古近系东营组埋藏深度适中，热储层厚度和砂层孔隙度较大，温度较高，水质独特，使其成为山东省内同类型热储开发条件最好的地方。

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

1）水温高、储量丰富。黄河三角洲地区是山东省地热资源最丰富的地区之一。地热资源分布广，温度高，储量丰富。地热田分布面积达7000 km^2，占总面积的90%左右；垂向上分布由两个热储层，可分层开采利用。地热单井温度一般60～80℃，最高达98℃；单井出水量60～100m^3/d，最高达120 m^3/d。出水能力强，补给源充沛，资源再生能力较强，地热水资源丰富。初步测算可供暖约1480万m^2，目前地热供暖面积仅约50万m^2，开发利用潜力大，保障程度高。

2）水质独特、微量元素丰富。地热矿水清澈透明、口感微咸、水质洁净。水化学成分为氯化钠型，矿化度为10～20 g/L，富含对人体健康有益的锶、溴、偏硅酸、偏硼酸、锂、锰等多种微量元素。水中对人体健康有害的毒理性元素氟、酚、汞、砷、六价铬、铅等含量极低。1～3项达到医疗矿水命名标准，属复合型医疗热矿水。

3）用途广、效益高。由于地热矿水应用广泛，易于开发，费用低廉，可水热矿兼用。主要用于工业、商业、房地产、旅游、医疗、服务业的供暖、生活洗浴、热水理疗、温池游泳、温水养殖、温室种植等领域。一眼好的地热井，在热泵调峰的情况下，可供暖6万～10万m^2，同时，可满足数千人的洗浴需求。地热供暖开发不但与城市集中供暖不矛盾，而且与集中供热有机结合，是其有效的补充。

4）埋藏深度适中、便于开发利用。可开发利用地热水埋藏深度与所处地质构造位置有关，东营区中心城区地热井取水段1500～1800 m；向北河口区城区、孤岛、仙河镇地热井取水段深度加大，一般1500～2500 m，地热水开发利用深度适中。

3 地热资源开发利用初步规划

地热资源的开发利用要坚持“在保护中开发,在开发中保护”的总原则。为优化地热资源开采布局,有效指导地热采矿权的科学设置,实现有序开发、合理利用,依据地热资源分布特点、勘查程度、开发利用现状和当地经济发展水平,划分为4个地热重点开采规划区。

3.1 河口区城区重点开采规划区

以河口区城区为中心，面积约93.9 km^2。主要热储层为馆陶组和东营组。热储层较厚地段可分层开采地热水，地质可行性论证可行，井间距可适当减小，相邻地热井取水段在垂向上错开，地热井布设数量可相应适当增加。开采东营组热储的地热井网状布设，井深1900～2200 m。地热开发主要用于居民住宅、办公楼、商业酒店供暖，居民家用、酒店房间洗浴，酒店及社会公共浴池、游泳池，水产养殖等。

3.2 孤岛-仙河重点开采规划区

位于河口区孤岛镇和仙河镇地区，面积约236.8 km^2。热储层主要为馆陶组、东营组和寒武-奥陶系。规划地热水开采目的层为馆陶组热储层，采用网状布井，井深1600～2300 m。热储较厚地段可分层开采地热水，地质可行性论证可行，井间距可适当减小；相邻地热井取水段在垂向上错开，地热井布设数量可相应适当增加。该区地热开发主要用于居民住宅、办公楼、商业酒店供暖，工业烘干，居民家用、酒店房间洗浴，酒店及公共浴池、游泳池，休闲医疗，水产养殖等。

3.3 东营区中心城区重点开采规划区

以东营区中心城区为主体，面积约723.7 km^2。该区地处东营市东城和西城及开发

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

区，为东营市政治、经济、文化中心，位置优越，交通便利，经济发达，地热资源丰富。热储层为馆陶组和东营组，热储埋藏深度适中，厚度均较大。规划地热水开采目的层为东营组热储和馆陶组热储，两热储单独开采，严禁混层开采。条件允许时，相邻同层地热井取水段在垂向上尽量错开。

该区地热水开发主要用于居民住宅、办公楼、商业酒店供暖，居民家用、酒店房间洗浴，酒店及公共浴池、游泳池，保健医疗，温室种植、水产养殖等。重点发展供暖、洗浴和保健医疗。

3.4 东营港重点开采规划区

位于东营港一带，面积约31.6 km^2。馆陶组热储埋藏深度适中，且厚度巨大，为规划地热水开采目的层。由于馆陶组热储厚度巨大，可分层开采地热水，地质可行性论证可行，井间距可适当减小，相邻地热井取水段在垂向上错开，地热井布设数量相应适当增加。

该区地热水开发主要用于办公楼、商业酒店供暖，工业烘干，客房洗浴等。依托港口经济开发区重点发展供暖和工业用暖。

重点开采规划区以外地区的地热资源，地质可行性论证可行，经批准后允许开发；但地热井严禁混层开采，实际开采量不得超过相应单井地质报告中所确定的最大允许开采量；地热开发过程中做好环境保护工作。

4 主要措施与建议

4.1 科学编制地热开发利用与保护规划

坚持“在保护中开发，在开发中保护”的总体原则，坚持以科学发展观指导地热勘查开发，将地热资源管理引入法制化、规范化的轨道。在合理布局，分步实施，科学开采，综合利用的总体框架下，编制总体规划，为地热资源的开发利用制定出明确的目标、步骤及环境保护措施，形成较长时间内地热开发利用指导性文件，使地热资源向着科技型、节能型、效益型与环境友好型的方向稳步发展。

4.2 精心打造“中国地热城”品牌，提升城市形象

地热开发符合国家发展循环经济、建设资源节约型社会的要求，又符合环境生态保护政策，是名副其实的洁净能源。区内开发利用条件优越，具备发展地热产业的资源基础。应借鉴陕西省咸阳市经验，聘请专家与地勘单位进行专题研究，策划包装地热项目，争取列为省级地热重点开发区，建设地热供暖系统和设备研发基地。尽快申报“中国地热城”，扩大黄河三角洲知名度，提高城市节能与环保形象，提高居民生活质量，精心打造“中国地热城”这一特色品牌，为促进国家卫生城市建设奠定基础。

4.3 积极开展国内外合作，引进推广先进的管理经验与应用技术

为加快地热综合开发利用的发展，应积极开展国内外合作，邀请省内外、国内外专家进行精心指导与帮助。大力推广自动化监控与热泵技术，研究地热回灌技术，提高地热综合利用率，降低尾水排放温度，防止热污染等环境问题。达到梯级综合开发，多功能利用的目的。

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

4.4 尽快开展地热资源监测工作

应安装远程自动监测系统，对地热开发利用的各种信息进行实时监测研究。并根据监测信息及时调整地热开发利用规划，为政府部门提供地热管理基础资料，以指导地热监督管理工作。

4.5 开展地热尾水排放与回灌技术研究

根据东营市地表水、地下水、土壤背景和地表植被等原生与次生环境条件，目前地热尾水排放对地表水、地下水环境和土壤环境影响较小。长远考虑，应加强地热尾水的排放技术研究，加强地热回灌技术研究，增加技术储备，条件成熟后予以推广。

4.6 开展浅层地热能的调查与开发利用研究

黄河三角洲地区地下 100～200 m 埋藏有丰富的浅层地热能资源。浅层地热能可用于供暖与制冷，适宜于办公楼与高档住宅小区。目前，北京、沈阳等城市地热能的利用发展较快，是政府强力推广的节能项目。根据沈阳市政府规划，预计 2010 年利用浅层地热能可达 6500 万 m^2。建议应在进行地质调查评价的基础上，进行适宜性区划，建立浅层地热能利用示范工程，逐步推广利用。

参 考 文 献

[1] 刘桂仪，孟庆峰．德州市低温地热资源及开发利用研究［M］．“九五”全国地质科技重要成果论文集．628～632，地质出版社，2001

[2] 李明．东营市地热资源开发利用与保护研究，山东省环境地质文集．187．北京：地质出版社，2007

Study on Geothermal Resources and its Programming in Yellow River Delta Area

Liu Guiyi, Zhang Xinwen, Wang Yanjun and Wang Feng

(1. Shandong Geology and Mineral Engineering Group Co. Ltd.;
2. Dongying Bureau of Land and Resources)

Abstract: Yellow River delta area is one of main areas enriched geothermal resources in Shandong Province. There is steady distribution of reservoir. Its proper temperature and affluent yield are easy for exploitation. There is great potential of development and widespread prospects of utilization. Geothermal reservoirs are both porous-fractured layer type and karst-fractured type. Based on resources distribution, grade of exploration, status of utilization and local economic level, 4 key exploitation areas are programmed. They are urban of Hekou district, Gudao-Xianhe, downtown of Dongying and Dongying harbor.

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