

兰考县城区地热能开发利用项目 禁止和限制范围划定报告

河南省地质矿产勘查开发局第一地质环境调查院
河南省自然资源科技创新中心（豫北地热能清洁能源研究）
二〇二三年十月

兰考县城区地热能开发利用项目

禁止和限制范围划定报告

项目负责人：白 斌

技术负责人：杨德贵

编 写 人：王 宽 白 斌 陶宗涛 高天琦 宁 佳 徐华远
张佳瑶 邵 超 周明泽 马孟科 刘喜梅 杨 飞

总 工 程 师：王 鑫

单位负责人：赵海良

编 写 单 位：河南省地质矿产勘查开发局第一地质环境调查院
河南省自然资源科技创新中心（豫北地热能清洁能源研究）

编 写 时 间：2023 年 10 月

《兰考县城区地热能开发利用项目禁止和限制范围划定报告》

审查意见

2023 年 10 月 7 日，兰考县水利局组织专家组（名单附后）在郑州市对《兰考县城区地热能开发利用项目禁止和限制范围划定报告》（以下简称《规划》）进行技术审查，河南省水利厅、开封市水利局、兰考县住建局、中石化新星河南新能源开发有限公司及兰考绿能清洁能源有限公司等单位代表参加了会议，专家组听取了编制单位河南省地质矿产勘查开发局第一地质环境调查院的汇报，经质询及讨论，形成意见如下：

一、兰考县城市规划区目前无集中供暖，居民供暖问题亟待解决。兰考县赋存了丰富的地热资源，为响应国家及我省号召，实现地热供暖可持续利用，开展兰考县城市规划区超深层水资源调查规划工作是必要的。

二、《规划》通过资料收集、现场调查、抽回灌试验等工作，初步查明了规划主要开采层位（1200m-2200m）新近系馆陶组水热型地热资源的分布、开发利用现状及存在问题。

三、《规划》在地热资源评价、开发利用现状及潜力分析的基础上，划定取水的地热能开发利用项目的禁止和限制取水范围基本合适。具体范围如下：

1、限制开采区：黄河大道以西、朝阳大道以东、文体路以南、健康路-振兴街-考城路以北；黄河大道以东、裕禄大道以西、文体路以北、兴安路以南所围区域；限制开采区总面积约 2.5km²，区内应严格控制开发利用强度，采用高效利用新技术提高资源利用率，取用地热水后全部同层等量回灌。

2、禁止开采区：主要为水源保护区、生态保护区及其他重要工程保护区，包括黄河大堤北部、黄河大堤南侧 100m 范围内、郑徐高铁两侧 200m 范围内、连霍高速两侧 50m 范围内以及文物保护区范围内，总面积约 24km²，禁采区内禁止开采地热水。

3、适宜开采区：除禁采区及限制开采区外均为适宜开采区，面积约 253.5km²。适宜开采区内取用地热水后应全部同层等量回灌。

四、《规划》根据有关法律法规，结合相关规划以及地热地质调查成果，规划确定地热水开采后全部同层等量回灌，实现了地热水的更新，符合地下水管理相关要求。

五、存在问题及建议

1、补充分析兰考县城市规划区新近系馆陶组水位下降原因及开发利用存在问题。

2、《规划》是基于兰考县城市规划区地热地质条件及开发利用现状进行编制的，在开发利用条件、环境或政策发生变化时，须对规划及时进行修订。

3、《规划》不替代地热勘查，在地热开发项目实施中，应按照有关规范进行项目地热勘查。

4、加强规划区地热资源、地热供暖等动态监测工作，细化水位、水温、水量、水质、含砂量、地面沉降等动态监测的具体措施。

专家组签字： 邓晓颖
2023 年 10 月 07 日

兰考县城区地热能开发利用项目禁止和限制范围划定报告

评审专家签字表

专家组	姓名	单位	职称/职务	签名
组长	邓晓颖	河南省地质局生态环境地质服务中心	教授级高级工程师	邓晓颖
成员	崔新华	河南省水文水资源测报中心	教授级高级工程师	崔新华
成员	杨明华	河南省水文水资源测报中心	教授级高级工程师	杨明华
成员	张连胜	河南省第五地质勘查院有限公司	教授级高级工程师	张连胜
成员	魏怀斌	华北水利水电大学	教授	魏怀斌

目 录

第一章 概述	1
1.1 项目来源	1
1.2 目标任务	1
1.3 调查区范围	2
1.4 调查层位	2
1.5 编制依据	3
1.6 工作概况及质量评述	4
第二章 地热地质研究程度	7
2.1 地热地质研究程度	7
2.2 地热开发利用现状	9
第三章 区域自然地理及地热地质条件	16
3.1 自然地理及经济概况	16
3.2 区域地质构造	18
3.3 区域地层岩性	22
3.4 区域地热地质概况	23
第四章 调查区地热地质条件	27
4.1 地层岩性	27
4.2 地质构造与地热分区	31
4.3 热储特征及其埋藏条件	32
4.4 地热流体压力场及动态特征	40
4.5 地温场特征	44
4.6 地热流体化学组分特征	49
第五章 地热资源计算与评价	51
5.1 资源量计算评价原则	51
5.2 计算分区	51
5.3 评价方法	53
5.4 地热地质参数的确定	57
5.5 地热资源量评价	61
5.7 数值模拟预测	63
第六章 地热流体质量评价	76
6.1 饮用天然矿泉水评价	76

6.2 理疗天然矿泉水评价	76
6.3 地热流体结垢性和腐蚀性评价	79
第七章 地热资源开发利用评价.....	81
7.1 地热资源开发利用可行性评价	81
7.2 地热资源开发利用潜力评价.....	83
7.3 地热资源开发利用环境影响评价.....	88
第八章 地热资源开发保护区划.....	91
8.1 指导思想	91
8.2 区划原则	91
8.3 开发保护区划	92
8.4 地热资源保护措施	96
8.5 地热资源保护建议	100
第九章 结论与建议.....	102
9.1 结论	102
9.2 建议	103
附表 1 收集资料清单	104
附表 2 地热地质调查数据汇总表	105
附表 3 抽水试验记录表	106
附表 4 回灌试验记录表	115
附表 5 水质取样检测结果	122
附表 6 调查区内文物保护禁采区位置	127
附件 项目合同书	128
附图 兰考县城区地热能开发利用项目禁止和限制范围区划图	131

第一章 概述

1.1 项目来源

地热能资源是节能环保的新型可再生能源，随着我国城镇化、工业化进程加快和经济社会的迅速发展，资源与环境矛盾日趋突出，地热清洁能源的开发利用越来越得到国家和社会的重视，依托深部地热供暖技术扩大地热能资源开发利用规模也成为节能减排、优化能源结构、减少空气污染、提高人民生活品位的重要措施之一。2018年8月，河南省发改委、国土厅、环保厅、住建厅共同发布了豫发改能源〔2018〕406号《关于开展地热能清洁供暖规模化利用试点工作的通知》，明确要求：科学编制地热开发规划。依据当地地热资源的自然禀赋、热储层特征、地下水取水许可、开发利用影响、经济社会发展需求等因素，编制地热资源开发专项规划。

兰考县独特的地质环境条件，赋存了丰富的地热资源，近年来高品质的地热能逐步成为兰考县城市供暖的主要热源。由于兰考县历来无集中供暖热源，且近年城市发展迅速，城镇化进程加快，现有供暖规模未能满足现状及未来5年中心城区供暖需求，居民供暖问题亟待解决。

为解决兰考县城区居民冬季地热供暖问题，合理合法取用地热水资源，保障地热供暖可持续发展，根据《地下水管理条例》第五十一条及相关要求，兰考县水利局特委托河南省地质矿产勘查开发局第一地质环境调查院根据兰考县水文地质条件和地下水保护要求，对现状兰考县主要开采的超深层地下水，划定需要取水的地热能开发利用项目的禁止和限制取水范围。

1.2 目标任务

1.2.1 目标

开展兰考县规划区超深层地下水资源调查，初步掌握兰考县规划区地热资源分布状况与开发利用现状，划定需要取水的地热能开发利用项目的禁止和限制取水范围，为兰考县地热供暖开发建设提供技术保障。

1.2.2 任务

本次工作主要任务如下：

(1)补充收集并研究已有资料，开展兰考县规划区超深层地下水地热地质调查、开发利用现状调查，初步查明现状及规划主要开采层位水热型地热资源分布特点和赋

存条件；

(2) 开展抽、回灌试验，了解馆陶组热储层富水性及回灌能力；

(3) 对调查区地热资源水量及水质进行评价，评价新近系馆陶组热储地热资源开采潜力；

(4) 在地热资源评价、开发利用现状及潜力分析基础上，划定取水的馆陶组地热能开发利用项目的禁止和限制取水范围。

1.2.3 水平年

根据本次收集资料丰富程度，选取较为接近现状的 2022 年为现状水平年；

根据调查区地热开采单位近年地热供暖建设规划，选取 2025 年为规划水平年。

1.3 调查区范围

《兰考县城市总体规划（2013-2030）》于 2014 年 10 月 20 日经河南省人民政府批准实施。规划期限为：2013—2030 年，其中近期为 2013—2015 年，中期为 2016—2020 年，远期为 2021—2030 年。兰考县域是指兰考县行政辖区范围，简称全县。总面积 1116 km²。城市规划区包括三义寨镇、城关乡、城关镇的全部辖区，总面积 210km²。中心城区指规划区范围内城镇化水平较高、城市人口相对集中、市政公用设施和其它设施基本具备的地区，其中城市建设用地面积 65.24 km²。

本次调查区的划定，是依据兰考县现状及规划地热井分布范围，结合《兰考县城市总体规划（2013-2030）》划定的兰考县城市规划区范围，并增加其北部的东坝头乡（大堤以南部分），总面积约 280.0km²。

1.4 调查层位

超深层地下水为 800m 以下地层中赋存的地下水，根据收集资料及初步踏勘，调查区内近年来超深层地下水主要用于温泉洗浴、理疗及供暖，全部集中在中心城区内。

其中洗浴用途的地热井井深在 1200-1300m，开采层位在 1000-1250m，属于新近系明化镇组温热水，水温 45-50℃，目前正常开采的有 18 眼井，年总取水量约 60 万 m³。该类地热井取水用于洗浴后外排未进行回灌补偿，根据最新地下水管理政策，以上地热井将不再批复延续取水许可，至 2025 年将逐步关停完毕。

其中供暖用的地热井井深在 2000-2200m 左右，开采层位主要为 1400-2200m 的新近系馆陶组热水，水温 70-80℃，该热储地热富水性强、水温高，开采经济性好，为现状及规划城市地热供暖开采层位，因此，本次调查区调查对象为 1400-2200m 的超

深层地下水。

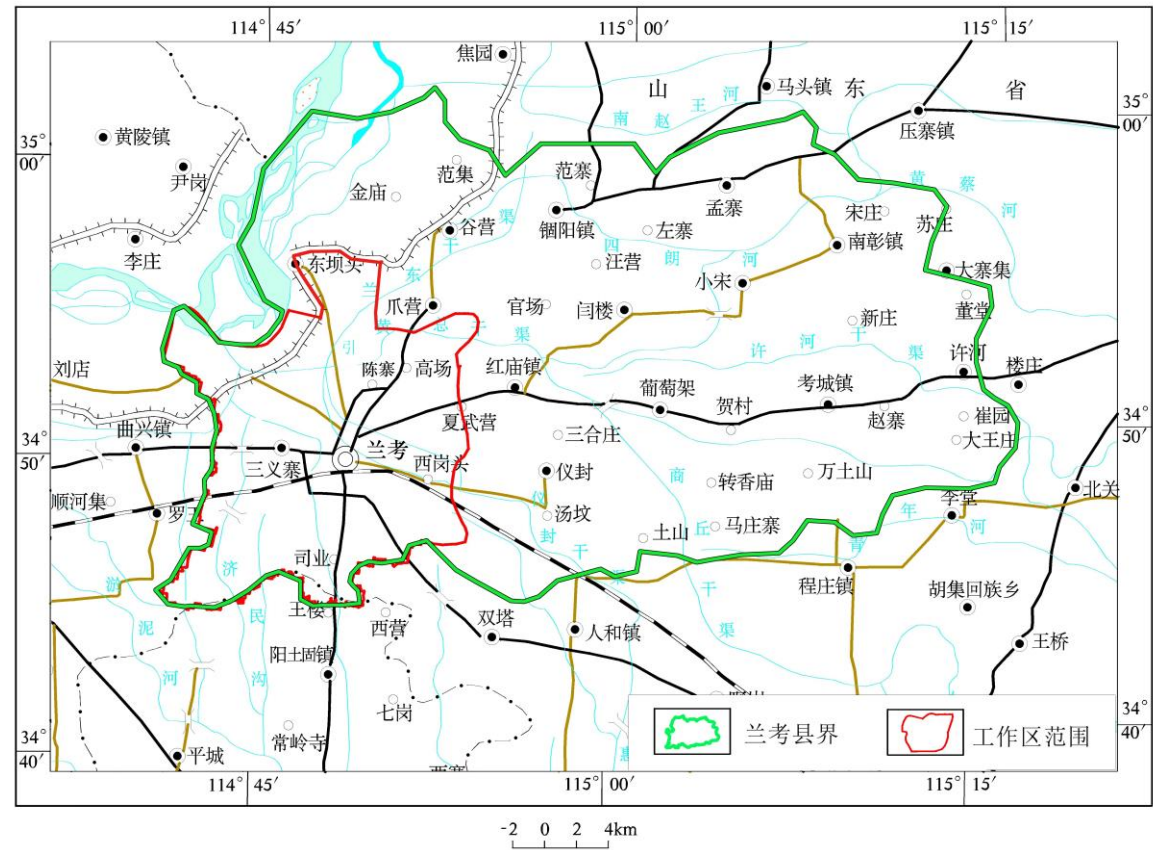


图 1-1 调查区范围及交通位置图

1.5 编制依据

1.5.1 法律法规及规范性文件

- (1) 《中华人民共和国水法》(2016);
- (2) 《中华人民共和国水污染防治法》(2017);
- (3) 《取水许可和水资源费征收管理条例》(2006);
- (4) 《国家节水行动方案》(发改环资规〔2019〕695 号);
- (5) 《地下水管理条例》(中华人民共和国国务院令 第 748 号, 2021 年 10 月);
- (6) 《地下水保护利用管理办法》(水利部自然资源部, 2023 年 6 月);
- (7) 《关于促进地热能开发利用的若干意见》(国能发新能规〔2021〕43 号, 2021 年 9 月);
- (8) 《河南省取水许可管理办法》(2021 年)
- (9) 《河南省地下水管理办法》(2022 年)

(10)《河南省人民政府办公厅关于印发河南省推进能源业转型发展方案的通知》(豫政办〔2017〕134号);

(11)《河南省人民政府关于印发河南省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要的通知》(豫政〔2021〕13号);

(12)《河南省人民政府关于公布全省地下水禁采区和限采区范围的通知》(豫政〔2015〕1号);

(13)《河南省水利厅关于公布河南省地下水超采区范围的通知》(水政资〔2014〕76号)。

1.5.2 标准规范

(1)《地热资源地质勘查规范》(GB/T 11615-2010);

(2)《城市地质调查规范》(DZ/T 0306-2017);

(3)《天然矿泉水资源地质勘查规范》(GB/T 13727-2016);

(4)《地下水动态监测规程》(DZ/T 0133-1994);

(5)《地热资源评价方法及估算规程》(DZ/T0331-2020);

(6)《地热资源开发利用方案编制规范》(DB41/1891-2019);

(7)《饮用天然矿泉水》(GB 8537-2018);

(8)《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017);

(9)《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2022);

(10)《水质采样样品的保存和管理技术规定》(HJ 493-2009);

(11)《水样的采取、保存和送样规程》(地发[1986]558号);

(12)《水样采集与送检技术要求》(GWI-B1);

(13)《地下水资源勘察规范》(SL454-2010);

(14)《地热回灌技术要求》NB/T10099-2018;

(15)《地下水超采区评价导则》GB/T 34968-2017。

1.6 工作概况及质量评述

本次按照项目合同书要求,完成了全部实物工作量。主要有:收集资料 32 份,1:5 万地热地质调查面积 280.0km²,抽水试验 9 个台班,回灌试验 12 个台班,水质分析 2 组。

1.6.1 资料收集

为查明区内地热地质条件及开发利用情况，同时指导野外工作，本次调查过程中通过对接各行政主管部门及清洁能源开发公司，收集地热井成井报告、水质检测报告、水资源论证报告、水位监测资料、区域研究成果、区域规划类成果资料共 32 份。资料清单见附表 1。

1.6.2 地热地质调查

1:5万地热地质调查采用1:5万地形图作为野外工作手图，结合GoogleEarth卫星影像进行调查，完成调查面积280.0km²。地热地质调查主要分为地热井调查及地热能开发利用调查两部分组成。其中地热井点调查内容包括井深、开采层段埋深、流量、水温、水位埋深、井口地质环境等。本次地热井调查工作共查明工作区范围内地热井23眼，基本覆盖所有供暖小区，调查开采层位均为新近系馆陶组热储，取水段一般位于1400m至2100m之间的馆陶组热储层，单井涌水量在80-125m³/h，单位涌水量在4.1~14.1m³/h·m，水位埋深在50.5~70.5m。其中地热能开发利用调查采用资料搜集、实地调查相结合的方法。结合收集资料，通过调查，基本了解了工作区范围内地热能开发利用方式及利用量。查明调查区馆陶热储开采井共54眼，主要分布于调查区中部城区范围内，井深在1946~2316m，井口水温68~80℃，全部用于住宅供暖，取水后全部等量同层回灌，目前服务供暖小区共18个，单井回灌量在70~110m³/h。调查点情况汇总见附表2。综上所述，1:5万地热地质调查面积280.0km²，满足《合同书》及相关规范的要求。

1.6.3 抽水试验

本次在东坝头乡黄河湾项目地热井进行了抽水试验，试验类型为非稳定流抽水试验，试验段1695~2063m，试验时长9个台班，试验记录见附表3。

抽水试验过程数据记录齐全，资料清晰，数据可靠。试验完成后及时进行了数据分析、参数计算及曲线绘制，编制了抽回灌试验总结报告。试验过程均依据相关规范要求执行，各项工作均满足相关规范要求。

1.6.4 回灌试验

本次在中心城区九号院小区2号地热井进行了回灌试验，采用重力回灌法，试验长12个台班，试验记录见附表4。回灌试验过程数据记录齐全，资料清晰，数据可靠。试验完成后及时进行了数据分析、参数计算及曲线绘制，编制了抽回灌试验总结报告。

试验过程均依据相关规范要求执行，各项工作均满足相关规范要求。

1.6.5 水质检测

本次在东坝头黄河湾项目地热井及中心城区九号院小区地热井分别采集水样2组，采集后当天送往河南省岩石矿物测试中心检测，检测项目包括色、嗅和味、浑浊度、肉眼可见物、PH值、氯离子、硫酸根、碳酸氢根、碳酸根、氢氧根、钾离子、钠离子、钙离子、镁离子、总硬度、溶解性总固体、铵根、全铁、磷、硝酸根、亚硝酸根、氟化物、高锰酸盐指数、氟、溴、碘、锶、锂、铁、钡、锰、偏硼酸、偏硅酸、偏硼酸。检测部门具有专业资质，检测质量可靠，测试结果可信。检测结果见附表5。

第二章 地热地质研究程度

2.1 地热地质研究程度

2.1.1 区域地质工作

1978 年，河南省地质局地质科学研究所完成的《河南省基岩地质图说明书（前新生界）》，该成果对研究调查区所处区域地质环境具有重要帮助；

1981 年，河南省地质局水文地质管理处、科技处完成的《河南省地热资源调查报告》，该报告主要对省内山区出露的地热点进行调查，总结了河南省地热分布的规律，初步将河南省划分为四个地热异常区、十个地热异常带，探讨了热储类型和地热产生的原因，同时分析了影响热储的主要因素，研究了地下热水的水化学特征，并对我省地热资源的开发利用前景作了估价，为我省今后开展地热工作打下基础；

1983 年，河南省地质局水文地质管理处冯彦斌等编著了《河南省温泉》，调查了河南省流量较大、水温大于 20℃ 的二十四处温泉，重点对其中十四处温泉的地质条件、水化学特征、开发利用现状进行了论述，结合前人资料，对全省 34 处温泉进行了总结；

河南省地质矿产勘查开发局物探队完成的《汤阴地堑南段构造特征与地震活动性研究报告》，该报告对调查区地质构造做了较详细的研究；

1989 年，河南省地质矿产局完成的《河南省区域地质志》，该报告是河南省区域地质方面的总结性著作，可为本次工作提供重要参考；

2006 年，河南省地质环境监测院于完成了《河南省地热资源调查与开发利用保护区划报告》，该项目研究了地温场空间变化规律及成因，分析了全省地热异常的分布、划分了地热系统类型及热储结构组合的类型，阐述了热储分布、埋藏条件及水文地质特征、地热流体的水化学及同位素特征、动态变化特征，研究了主要城市地热地质条件。进行了全省地热分区研究，较详细论证了各地热区的边界条件、埋藏条件、热储特征及地温场特征；

2007 年，河南省地质环境监测院先后完成了《河南省地热资源调查与开发利用保护规划》、《河南省地热、矿泉水资源调查评价报告》，基本查明了河南省地热开发利用现状，系统研究了河南全省地温场，划分了地热系统与热储结构组合类型，开展了全省地热分区和主要城市地热地质条件研究，分层、分温、分经济评价了 4000m

以浅地热资源，对新生界地热资源开采适宜性进行了划分；

2014 年，河南省地矿局第一地质环境调查院完成了《河南省深部地热综合应用技术研究》，对河南省主要热储层开展回灌实验研究，对河南省地热综合高效阶梯利用方式进行研究，为我省地热开发利用提供示范，为我省地热资源开发利用规划技术提供支撑；

2016 年，河南省地矿局第二地质环境调查院承担了“河南省兰考县城市地质调查”项目，该项目为河南省国土资源厅 2016 年度基础性地质环境调查项目。其主要任务为通过开展兰考县城市规划区 1: 2.5 万环境地质综合调查，查明兰考县城市规划区环境地质条件和主要环境地质问题，提出防治对策建议，为兰考县国土开发整治和城市规划、建设、管理提供地质依据。该项目的实施与本次工作相结合，可以为兰考县城市发展提供切实可行的地质依据。

以上这些成果为认识本区的区域地质条件，区域地质构造及地层岩性特征等方面提供了详实的基础资料。

2.1.2 地热地质工作

2002 年，河南省地质矿产勘查开发局第十一地质队完成了《河南省豫东地区地热资源综合研究报告》，该报告主要对豫东地区地热资源进行了综合研究工作。按地温分布、物理场特征、地质构造和边界条件，对新近系、古近系及下古生界热储层进行了划分，并将研究区划分为四个地热田区，并对各地热区（田）热储特征等进行了阐述，同时初步计算评价了地热资源量，提出了地热开发利用与保护建议。该报告研究范围包括本调查区，但只在区域上对调查区地热地质条件进行了阐述。

2006 年，河南省地质环境监测院完成了《河南省地热资源调查与开发利用保护区划报告》，该报告在分析河南省区域地质结构的基础上，进行了全省地热分区研究，较详细论证了各地热区的边界条件、埋藏条件、热储特征及地温场特征。在建立地热区地热地质概念模型的基础上，分层、分温、分经济性评价了 4000 m 以浅地热资源，摸清了全省地热资源分布状况，并对各热储水质及其功能进行了评价。分析了全省地热资源开发利用现状和存在的主要问题，结合地热地质条件及地热资源分布情况，指出了地热开发利用方向、确定了开发有利地段，并初步对全省地热资源的勘查及开发利用保护作出了规划，提了开发与保护措施。该报告对调查区地热地质条件进行了简单描述，对埋深 800~1600m 的含水砂层（热储层）进行分析。据已有研究成果，800~1300m 和 1300~1600m 热储层的地质、地温、水文地质、水化学特征明显不同，为

两个相互独立的热储层。但是该报告收集的地热井点分布不均，调查区缺少深部控制点，地温场可能和实际有一定出入。

2008 年，河南省地质矿产勘查开发局第二水文地质工程地质队完成了《河南省开封凹陷区地热资源调查报告》，该报告系统的分析了开封凹陷区的地热地质条件，将地面以下 300~3000m 深度内新近系和古近系分为三个热储层，分析了地热流体成因，计算评价了地热资源量，提出了地热开发利用重点勘探开发前景区，并根据调查区地热资源分布及开发利用情况，进行了调查区地热资源保护分区的划分。该报告依据地热异常与活动断裂构造关系分析，结合地热异常形成的机理，选取断裂规模、发育强度、活动性三项因子，采用定性预测方法，将调查区（兰考县西部地区）划分为一级异常区，区内发育区域性郑州—兰考断裂、北东向聊城—兰考断裂、新乡—商丘断裂三条区域性活动断裂，为多条区域性活动断裂交汇部位，断裂切穿地壳，活动强烈，异常区位于开封次级深凹陷东北部，第四纪时期深凹陷沉降幅度达数千米，可能为开封凹陷区异常最为显著的地区。但是该报告对边界断裂的研究不够。

2016 年，河南省地质矿产勘查开发局第二地质环境调查院完成了《河南省地热资源分布图》，该成果将河南省划分为沉降盆地和隆起山地两大地热区，其中沉降盆地地热区划分为 16 个地热亚区，隆起山地地热区划分为 4 个地热亚区，并对各个地热分区进行了地热资源量计算。

2019 年，河南省地质矿产勘查开发局第二地质环境调查院提交《河南省兰考县城规划区及其周边地热资源调查报告》，通过地热地质调查、物探、抽回灌试验、水质分析，初步查明河南省兰考县城规划区及其周边地热地质条件、热储特征，重点调查中心城区地热田类型、分布范围、地热资源埋藏特征、开采利用价值，初步评价地热资源储量，为城市建设、地方经济发展及地热资源开发利用提供依据，该成果为本项目提供了重要参考。

2.2 地热开发利用现状

2.2.1 地热开发利用简史

自 20 世纪 80 年代以来兰考县已开始零星开发地热资源，2000 年以后地热资源的开发利用逐渐形成规模，地热井成井深度一般在 300~1300m 之间，主要利用热储层为新近系明化镇组热储，其中 300~800m 之间的井主要分布在兰考县成规划区周边，由于其水质良好，主要用于当地生活用水及矿泉水；800~1300m 之间的这些地

热井主要集中分布在兰考县城规划区内，并将其用于娱乐、洗浴、浴疗、供暖。自 2021 年以来，以上未进行同层回灌的地热井已不再许可取水，预计至 2025 年 1300 米以浅地热井将全部停采。

2013 年河南省中石化新星石油有限公司在兰考县油田六社区内施工了一眼地热探采结合试验井，成井深度 1980m，开发利用新近系馆陶组热储，水量 $120\text{m}^3/\text{h}$ ，出口温度 72°C ，随后至 2014 年在兰考油田六社区内相继施工了 3 眼地热井，完井层位均为新近系馆陶组热储。通过以上地热井进行小区供暖，室内温度达到 20 摄氏度以上，供暖效果良好，回水温度在 $30\text{--}40^\circ\text{C}$ ，通过加压回灌 1 抽 1 回，取水使用后全部回灌，根据多年监测，水位未发生较大下降，水质基本未变化，水温基本未变化，地热供暖整体社会效益、经济效益明显。至此兰考县开始陆续开发新近系馆陶组地热水资源用于城市住宅供暖。

截止 2023 年初，中石化河南新星石油有限公司及兰考绿能清洁能源有限公司等单位共在兰考县城区实施地热井 54 眼，其中 48 眼已投入使用，用途全部为住宅供暖，许可年取水量约 $450\text{万 m}^3/\text{a}$ ，开采层位均为新近系馆陶组热储，设计供暖面积约 445万 m^2 。

2.2.2 地热开发现状及存在问题

调查区内近年来超深层地下水主要用于温泉洗浴、理疗及供暖。近年来，未进行同层回灌的洗浴、利用等地热井已不再许可取水，主要开采层位在 800-1300 米，预计至 2025 年全部停采。现状及规划开采层位主要为 1400-2200m 的馆陶组地热水。

调查区馆陶热储开采井共 54 眼，井深在 1946~2316m，井口水温在 $68\text{--}80^\circ\text{C}$ ，平均水温 73.5°C ，涌水量 $80\text{--}156\text{m}^3/\text{d}$ ，全部用于住宅供暖，服务供暖小区共 18 个。每个小区开采井 2~5 眼，抽回灌井比以 1: 1 居多，为加压回灌，1 抽 2 回的有 4 个小区，1 抽 3 回的有 1 个小区，主要为自然回灌。其中加压回灌条件下，单井回灌量在 $70\text{--}80\text{m}^3/\text{h}$ ，自然回灌条件下，单井回灌量在 $30\text{--}50\text{m}^3/\text{h}$ ，回灌温度在 $20\text{--}48^\circ\text{C}$ 。

以上小区地热井每年开采 120d（供暖季 11 月 15 日—次年 3 月 15 日），每天开采 24h，每小时开采量在 $70\text{--}90\text{m}^3/\text{h}$ ，经调查统计，2022 年兰考县城区冬季总开采量为 $320.8\text{万 m}^3/\text{a}$ ，实际供暖面积 153万 m^2 ，取水后全部回灌，回灌比例 98% 以上。地热井及开采量统计见表 2-1，分布见图 2-1。

2.2.3 地热开发存在的问题

1、根据开发利用现状已有地热井分布，部分地区地热井分布集中，回灌不到位，造成局部地区地热水位下降。同时由于调查区内存在洗浴地热井开采，无法进行回灌，部分地热井开采明化镇地热水过程中，由于部分成井或局部地层越流原因，可能对下部的馆陶组地热水造成了开采排泄，分析以上原因造成了调查区近年来馆陶组地热水位的下降。

2、调查区内兰考县中心城地热井自2014年开发利用以来，未进行系统的地热水监测，包括对地热水水位、水质、水温、含沙量、地面沉降的观测，监测缺失，存在地质环境不确定性风险。

3、近年来，馆陶组地热水主要用于供暖，供暖后尾水全部同层回灌，回灌水温度在20-48℃，由于缺少地温及水质监测，地热尾水回灌对热储层影响未知。

4、在地热水用水方面，开采单位用水过程及节水工艺缺乏监督，用水合理性执行情况未知，存在水源浪费风险。

表 2-1 开采现状一览表

井位	统一编号	井深 m	取水层位 m	单井 出水量 m³/h	出水温度 ℃	回水温度 ℃	用途	设计供暖 面积 万 m³/a	2022 年供 暖面积 万 m³/a	2022 实际 取水量 万 m³/a	开采方式
东方御景	DR01	1984	1717-1844	120	70		供暖	40.4	10.6183	14.26	1 抽 2 回
	DR02	2101.28	1500-2077	120	75	20					
	DR03	2079	1576.86-2048.13	131	75	41					
东湖颐苑	DR04	1952	1575-1897	156	76		供暖	27	3.5906	35.65	1 抽 2 回
	DR05	2090	1316.2-2079.7	120	75	48					
	DR06	2150	1628.21-2092.95	120	72	48					
凤凰城一二期	DR07	2130	1474.5-2064.4	100	71	34	供暖	38.37	16.103	33.29	1 抽 3 回
	DR08	2116		120	75						
	DR09	1946.7	1635.8~1903.9	102.81	74						
	DR10	2068.9	1527.2~2029.8	117.98	74	26					
公园首府	DR11	2000.2	1633.63-1857.31	80	72.5		供暖	37.3	10.371	24.16	1 抽 3 回
	DR12	1996	1345.78-1947.22	120	72.5	40					
	DR13	2020	1431.83-1970.57	101	75						
	DR14	2074.7	1556.09-2039.03	97	72						
华兰城 (未办证)	DR15	2050	1643.11-2019.22	107.4			供暖	35.06	0	0	1 抽 2 回
	DR16	2150	1637.86-2111.28	119.3		46					
	DR17	2300	1703.71-2074.03	110.5		36					
九号院 (未办证)	DR18				75.5		供暖	12.85	0	0	1 抽 2 回
	DR19				74						
	DR20	2135	1594.4-2118.1	120	73						

续表 2-1 开采现状一览表

井位	统一编号	井深 m	取水层位 m	单井 出水量 m³/h	出水温度 ℃	回水温度 ℃	用途	设计供暖 面积 万 m³/a	2022 年供 暖面积 万 m³/a	2022 实际 取水量 万 m³/a	开采方式
千禧庄园	DR21	2076.6	1689.58-2040	99			供暖	27.25	13.810	32.83	1 抽 3 回
	DR22	2190.0	1722.95-2151.9	128		31					
	DR54		1538.84-1996.03		72	31					
	DR23	2100.1		126	73						
清华园	DR24	2056	1509-2036	108	77		供暖	22.35	12.162	32.25	2 抽 3 回
	DR25	2150.6	1587.96-2118.35	144	73						
	DR26	2150.8	1558.04-2118.78	142		39					
	DR27	2316	1741.35~2133.7	105	77	40					
	DR28	2315.3	1671.67~2264.66	115	75						
第六社区	DR29	1980	1660-1942	100	69.5		供暖	40	20	68.8	2 抽 2 回
	DR30	1980	1660.76-1980	100	72						
	DR31	1980		115	73.5						
	DR32	1980		124	72						
商业中心	DR33	1984					供暖	38.3	13.2	11.5	2 抽 2 回
	DR34	2240									
	DR35	2140									
	DR36	2155	1795.4-1894.7	126.03	75						
龙郡盛景	DR37	2212	1520-2212	133	75		供暖	20.83	10.3	9.77	1 抽 1 回
	DR38	2240			68						
上海花园	DR39	1997					供暖	12	9.76	11.83	1 抽 1 回
	DR40	2097									

续表 2-1 开采现状一览表

井位	统一编号	井深 m	取水层位 m	单井 出水量 m³/h	出水温度 ℃	回水温度 ℃	用途	设计供暖 面积 万 m³/a	2022 年供 暖面积 万 m³/a	2022 实际 取水量 万 m³/a	开采方式
未来城	DR43	2185	1494.3-2185	126	74		供暖	11.58	9.97	12.85	1 抽 1 回
	DR44	2185	1489.71-2185	143	72						
兰湾国际	DR41	2200	1495.22-2200	125	71		供暖	23.6	9.57	11.07	1 抽 1 回
	DR42	2170	1477.42-2170	126							
凤凰城三 四期	DR45	2140					供暖	13.5	7.44	11.14	1 抽 1 回
	DR46	2150									
西城花园	DR47	2218	1504.8-2218	155			供暖	10.83	6.33	11.44	1 抽 1 回
	DR48	1988	1323-1988	144							
职业技术 学院	DR49	1946	1271-1946	126.03	72		供暖	33.88	0	0 疫情放假 未用	2 抽 2 回
	DR50	2140	1393.9-2140	155.2	74						
	DR51	2270	1521.81-2270	140.18							
	DR52	2205	1535.61-2205	155.2							
黄河湾	DR53	2089.6	1695-2063	80	72		未运行	0	0	0	/
合计								445.1	153.2	320.8	

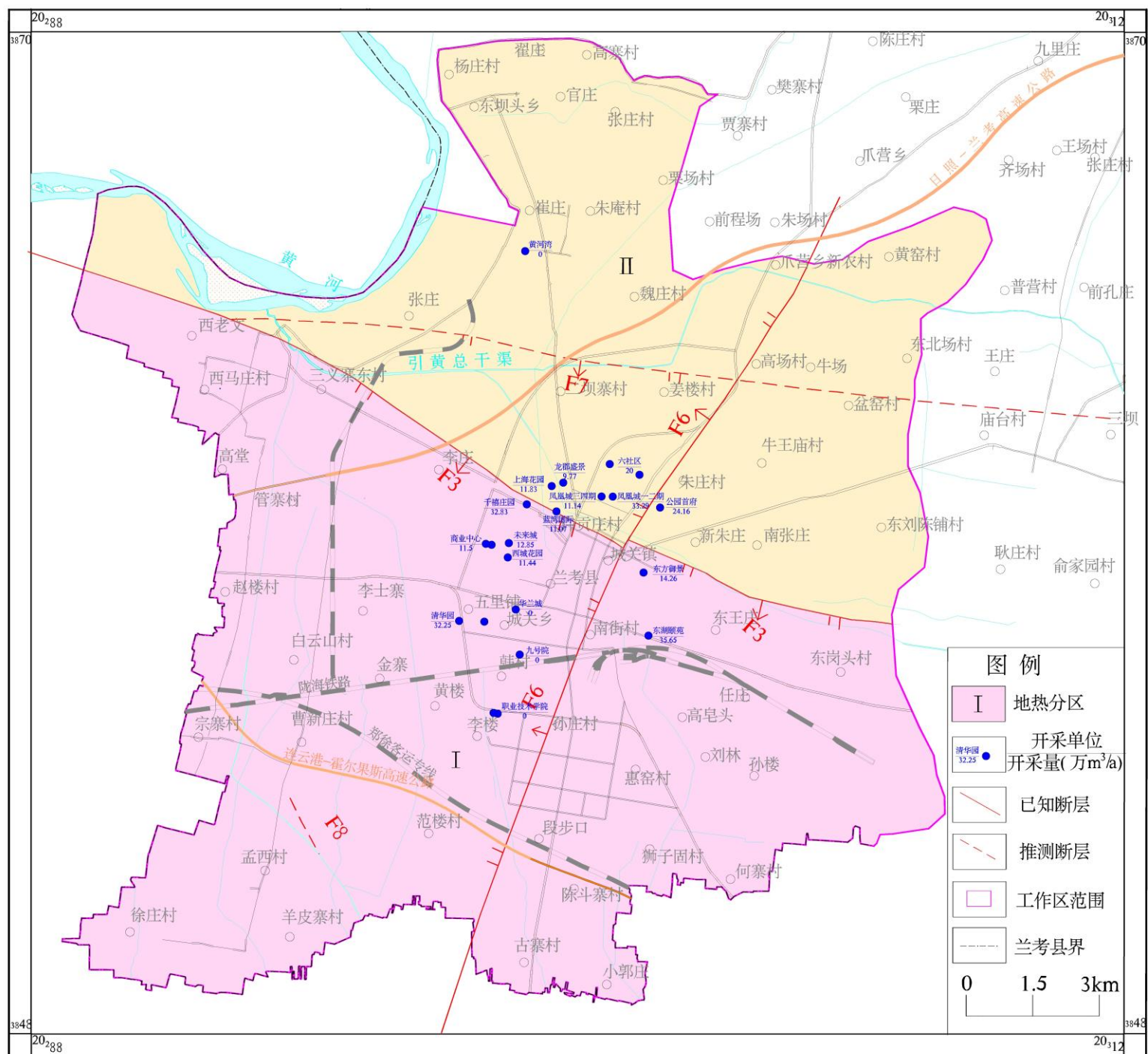


图 2-1 调查区地热开采井分布图

第三章 区域自然地理及地热地质条件

3.1 自然地理及经济概况

3.1.1 交通位置

兰考县位于豫东北部边缘，为开封、菏泽、商丘三地的交界地带。地处北纬 $34^{\circ}45'$ — $35^{\circ}02'$ 与东经 $114^{\circ}41'$ — $115^{\circ}15'$ 之间。东西长 55km，南北宽 26.5km，总面积 1094km²。北、东部与山东省东明县、曹县毗邻，南部分别与商丘市的民权县和开封市的杞县接壤，西陲开封县、西北部与新乡市的封丘县、长垣县隔黄河相望。黄河从兰考县西北部流过，距县城 11km。陇海铁路、连霍高速公路和日照—南阳高速公路及国道 310、220 和 106 线在县城交汇，县城西距郑州市 110km，距开封市 45km，东距商丘市 70km，东北距菏泽市 90km。正在建设的郑徐高速客运铁路专线在此设有客运站，是河南“一极两圈三层”中“半小时交通圈”的重要组成部分。本次工作区位于兰考县城市规划区。

3.1.2 气象

兰考县属温暖带大陆性半湿润季风气候区，四季分明，气候适中。春季少雨多风，夏季炎热多雨，秋季温凉气爽，冬季干冷稀雪，冷热干湿季节明显。光热资源丰富，年平均日照 2504 小时。多年平均气温 14.7℃，年内以 7 月份气温最高，平均为 27.3℃，极端最高气温为 43.3℃（1972 年 6 月 11 日），一月份气温最低，平均气温为 -0.4℃，极端最低温度 -15.4℃（1971 年 12 月 27 日）。无霜期平均 218 天。

调查区年降水很不均匀，多集中在 7、8、9 三个月，约占全年降水量的 60.3%。多年平均降水量为 678.2mm，年最大降水量 1170mm（1964 年），最小降水量 393.8mm（1966 年），日最大降雨量 182.3mm（1976 年 8 月 16 日）。多年平均蒸发量 1823.6mm，最大蒸发量 2380.6mm，最小蒸发量 1441.8mm，一般年蒸发量约为降水量的 2.5 倍以上（见图 1-2）。多年平均相对湿度 69%。

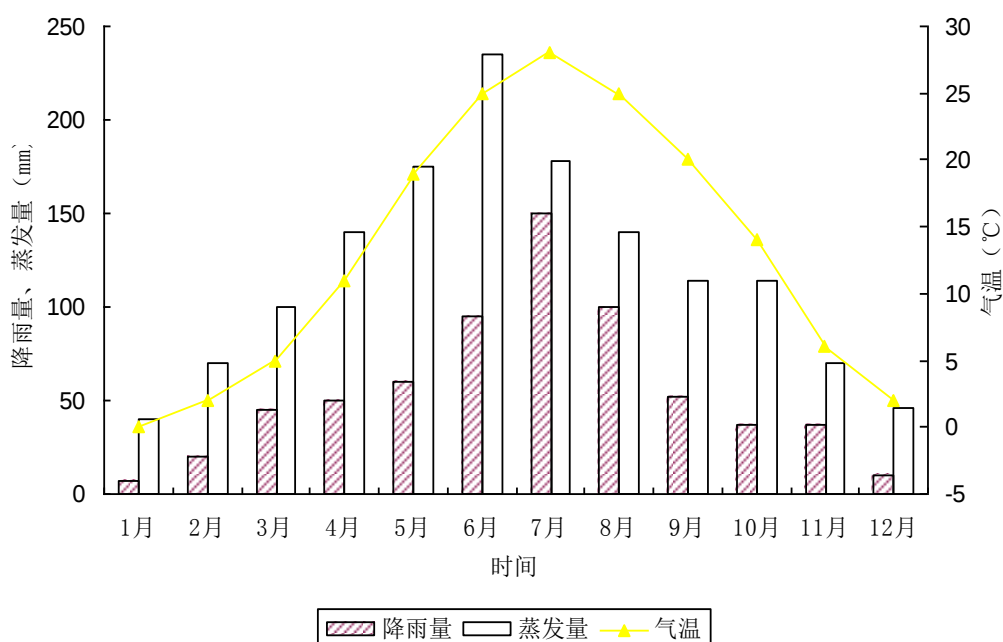


图 1-2 兰考县多月气象要素图

3.1.3 水文

兰考县河流分属黄河、淮河两个流域。以黄河大堤为分水岭，大堤以内属黄河流域，大堤以外属淮河流域；属黄河流域的面积 128.79km²，占全县总面积的 11.54%，属淮河流域的面积 987.21km²，占全县总面积的 88.46%。该县主要河流为黄河、黄蔡河、四明河、贺李河。

黄河：黄河是兰考县过境河流，县域内河道全长约 25km，大堤长 31.28km。河道在兰考县境内的基本走向呈“S”形，曲折多变，游荡性大，素有“豆腐腰”之称。由于黄河含沙量大，加上河床弯曲、坡降小、泥沙淤积严重，河床逐年增高，平均每年抬高 10cm。在兰考黄河不但形成悬河，河床高出县城地面 5~6m。三义寨引黄灌区给兰考县人民带来了一定的经济效益。黄河不仅是兰考县重要的水资源，而且也使地下水资源得到一定的补给。

黄蔡河、四明河、贺李河发源于兰考县，均属流域面积 100km² 以上的河流，是典型的雨源型河道，主要作用是排涝，无污废水纳入。

兰考县城内主要河流为杜庄河东西两支，杜庄河属于淤泥河一级支流，起源于县城北黄河故堤南侧，东西两支于杞县阳陂东北汇合。商丘干渠及其一级支流五干渠也从兰考城区穿过。

3.1.4 地形地貌

兰考县属流水堆积地貌，地处黄淮平原腹地，辽阔平坦，但微地貌差异明显。总的地势是西高东低，稍有倾斜，海拔高度为 57~75m，地面坡降为 1/5000~1/10000。历代黄河在县境内曾多次泛滥、决口、改道，遗留的两条故堤、三条故道东西横贯全境。区内人工河道、沟渠纵横交错，现代黄河大堤蔚为壮观。根据成因类型及形态特征的不同，以现代黄河大堤为界，分为黄河泛流平原和现代河床两个区，大堤以南为黄河泛流平原，大堤以北是黄河滩地。

3.1.5 经济概况

兰考县交通发达，区位优势显著。兰考处于开封、菏泽、商丘三角地带的中心部位，驾车到达新郑国际机场仅需 1 个小时，到达国际港口连云港需 4 小时。陇海铁路过境 25 公里，年货运量达 180 万吨。国道 220、106 和 310 在县城交汇，连霍高速、日南高速公路在县城西部开封县交界处相交，形成了以铁路、高速公路、国道、省道为骨架，以县、乡、村道路为脉络的交通网络体系。

2022 年，全县粮食播种总面积为 160.07 万亩，总产量 86.86 万吨，提质改造高标准农田 11.84 万亩，成功申报国家全国农业绿色发展先行区和国家乡村振兴示范县。成功申报省级一村一品示范村 2 个，成功创建农产品地理标志 3 个、有机食品 2 个、绿色食品 113 个、全国名特优新产品 5 个、绿色食品基地 56 家。“拼搏兰考·好产品”被评为“中国农产品百强标志性品牌”，“三品一标”认证数量在河南省县级层面排名第一，绿色食品认证数量在全国县级层面排名第一。成功打造河南省畜牧大县、肉牛培育示范县。

2022 年，全县规模以上工业企业 253 家，国家高新技术企业达到 27 家，专精特新中小企业 16 家；兰考经济技术开发区成功创建为全省唯一水效领跑者园区、河南省新型工业化产业示范基地。科技型中小企业入库 93 家，企业研发投入预算备案 71 家，市级以上科技创新平台达到 27 个，其中省级创新平台 16 个，获批省、市科技计划项目各 2 项。

3.2 区域地质构造

3.2.2 区域地质构造

调查区位于华北地台区，以新乡—商丘大断裂为界，将调查区分为南北两部分，其中新乡—商丘大断裂以北位于东濮凹陷内，以南位于开封凹陷内，同时调查区南邻

通许凸起，东接菏泽凸起（图 3-1）。

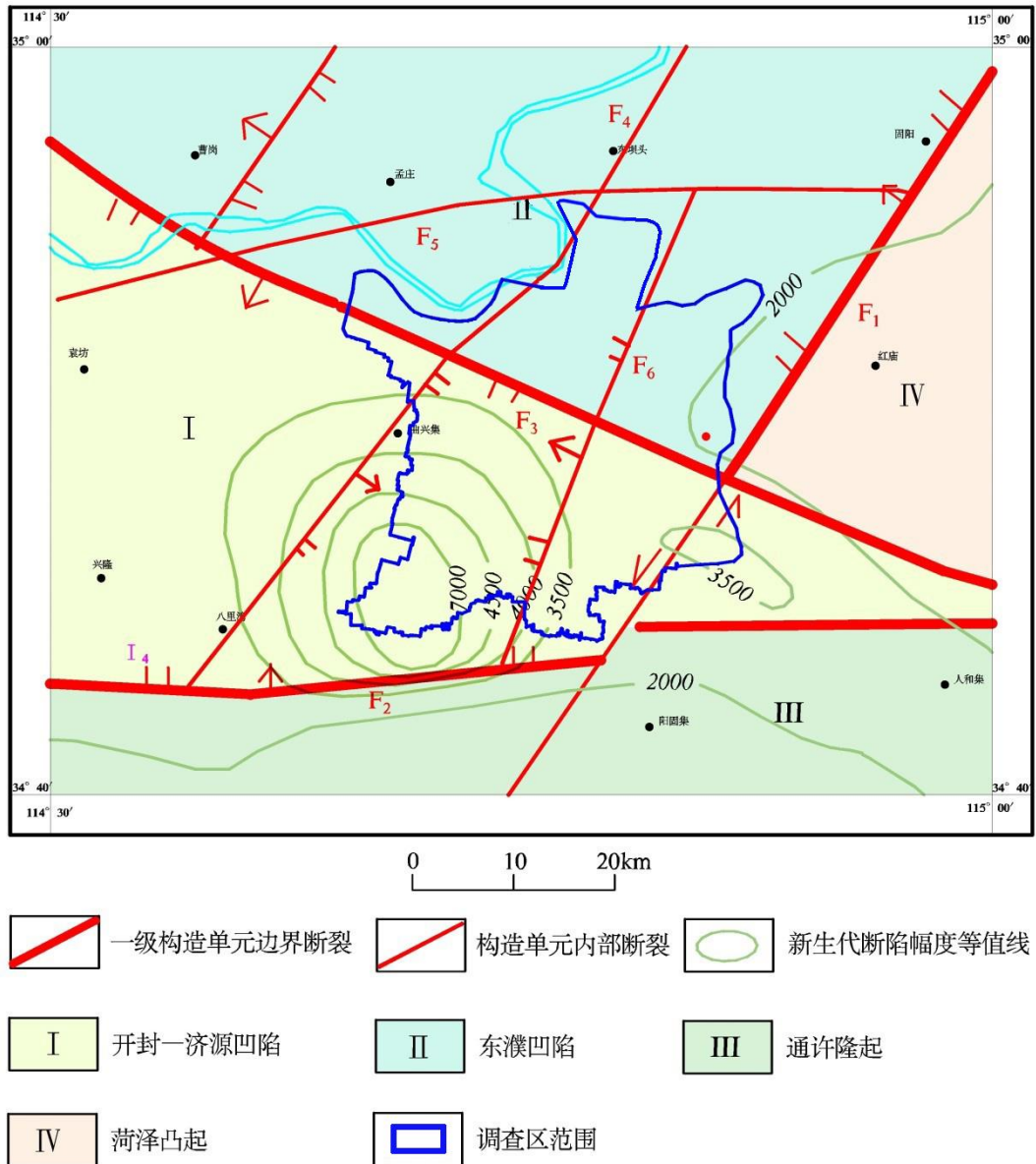


图 3-1 区域基底构造图

区域上基底断块被 NE、NW 和近东西向三组断裂（表 3-1）切割为不同的次级断块构造格局，为典型的新华夏“多字型”构造，由不同序次和级别的断隆与断陷相间分布组成。黄河以北以 NNE 向断块最为发育为特征，黄河以南以 NWW 向断块发育为特征。虽然基底断块构造活动的特征总体表现为断陷，但是，不同的断块之间中、新生代差异性升降运动明显，主要构造单元特征见表 3-2。

表 3-1 区域主要深大活动断裂一览表

断裂名称	编号	分布与规模	产状	与黄河的关系
聊城—兰考断裂	F ₁	一级区域性断裂，东濮断陷东部边界断裂	走向 NE，倾向 NW	河道东岸，控制兰考下游河流流向
郑州—兰考断裂	F ₂	一级区域性断裂，开封—济源断陷南部边界断裂	走向东西，向北陡倾	河道南岸，控制郑州—兰考段河流流向
新乡-商丘断裂	F ₃	新乡—兰考—商丘一线，长 240km，开封—济源断陷北部边界断裂	走向 NWW，总体向南陡倾	在兰考东坝头斜穿黄河
黄河断裂	F ₄	濮阳文留—长垣恼里一线，东濮断陷内渠村断陷与高村断凸边界断裂	走向 NNE，倾向 NWW，倾角 55°左右	与黄河平行且相切，控制东坝头—高村段流向
长东断裂	F ₅	展布于长垣东—开封一线，长垣断裂次级断裂	走向 NNE，倾向 SEE	南端距黄河较近

表 3-2 区域主要构造单元特征表

构造单元	编号	分布	边界特征	内部结构	地层特征
济源—开封凹陷	I	沿黄河呈近东西向展布。	其南、北、东、西边界分别为郑州—兰考断裂、新乡—商丘断裂、聊城—兰考断裂、五指岭断裂。	被北东向断裂分割为多个断凸与断凹相间的次级断块。	基底地层主要为 J-K，武陟断凸起为 T，缺失 J-K；调查区内新生界最大厚度达 4000m 以上，武陟断凸缺失 E。
东濮断陷	II	呈北东向展布于范县—兰考一带。	其东、西、南三面分别以聊兰断裂、长垣断裂、新商断裂为界，北与临清凹陷相通。	被 NNE 向次级张扭性断裂分割为多个 NNE 向断凸与断凹，呈雁行状斜列。	基底地层断凹区为 J-K，断凸区为 P；新生界地层齐全，厚度 2500m。
通许隆起	III	呈近东西向展布于尉氏—通许—商丘一带。	南界为长葛—太康断裂，北界为郑州—兰考断裂。	总体为近东西向的鞍状复背斜，为嵩箕台隆的东延。隆起区发育近东西、北东、北西向三组断裂，差异性升降幅度较小。	基底地层主体为古生界，缺失 J-K；新生界主要为 N-Q，局部小凹陷内有 E。
菏泽凸起	IV	位于山东省菏泽及河南省商丘等地。	西界为兰考—东平断裂，南界为新商断裂断裂。	近东西、南北、北西向三组断裂发育	基底为古生界，之上为上第三系和第四系，厚度 200-1400m，东薄西厚。

(1) 济源—开封凹陷带 (I)

济源—开封凹陷为一长轴近东西向的中、新生代断凹陷。其西侧以 NW 向五指岭断裂北段为界，东界为聊城—兰考断裂，北界为新乡—商丘断裂，南界以郑州—兰考断裂为界。该断陷带又被一系列 NE 向的断裂自西向东分割为济源凹陷、武陟断凸、

原阳—封丘凹陷、开封断凸、开封—兰考凹陷等多个断块，其相互间的沉降也具有一定的差异性，形成多个沉降中心，沉积形成了厚达 6000 余米的中新生代地层。从第四系的沉积厚度来看，开封凹陷厚达 320~360m，以估算第四纪时期的沉降速率为 0.166mm/年。

（2）东濮断陷（II）

为开封凹陷现河道东坝头—陶城铺段流经构造单元。东濮断陷呈 NE 向带状展布，西以长垣断裂为界，东以聊城—兰考区域性断裂为界，南以新商断裂为界，北与临清凹陷相通，为一中新生代继承性活动断块，沉积形成了巨厚的中、新生代地层，新生代厚达 6000 余米。东濮断陷总体展布方向为 NE 向，被夹于长垣断裂与兰考—东平—济南断裂二者间的 NNE 向次级断裂分割为多个呈雁行状斜列的次级断凸与断陷，由南向北依次为东坝头断凸、渠村断陷、高村断凸、濮城断陷、范东断凸、东明断陷，断凸与断陷间差异性升降运动显著。

（3）通许隆起（III）

位于黄河南岸郑州—通许广大地区，其北界断裂为郑州—兰考断裂，南界为长葛—太康断裂，东北部边界为与新乡—商丘断裂带相平行的 NWW 向次级断裂。通许隆起基底岩石组成以古生界沉积岩系为主，缺失中生界和新生界下第三系，说明在北部开封—济源断陷中生代—古近系断陷接受沉积过程中，通许隆起一直处于相对隆升状态而遭受剥蚀。

（4）菏泽隆起（IV）

菏泽隆起为鲁西断隆的西南次级构造单元，为一隐伏隆起，其周边有四条大断裂所围，西有兰考—东平—济南断裂，东有曹县断裂，北有汶泗断裂，南为商丘断裂。隐伏隆起的顶部开阔平缓，由寒武系、奥陶系组成，埋深 700~1000m，凸起边部保留部分二迭、三迭系。直到晚第三纪时期该凸起才下沉接受沉积，第四系厚度 200m 左右，按第四系厚度估算其平均沉降速率为 0.083mm/年。而据地壳垂直形变速率测量成果，兰考向北至东平湖一带地壳目前是缓慢上升的，以东明至菏泽一带上升幅度最大，可达 40~50mm。表明现今菏泽隆起构造运动仍然继承了新构造时期的相对隆升运动。

本次调查区北部位于东濮断陷，南部位于济源—开封凹陷带内。

3.2.2 新构造运动

本区新构造运动比较强烈，具有明显的继承性和差异性。中生代后，燕山运动发展到末期，本区东部凸起，西部凹陷的基底构造格局大体形成，各块段强烈的差异性升降活动已基本结束。古近纪以来本区继承了前期的构造运动，各块段主要表现为缓慢的差异活动，总的运动趋势以下降为主，但其下降幅度受断块本身运动强度控制。到晚近时期，本区各断块间差异性的沉降活动，依然转变为继承性的整体沉降运动，但区内东西部沉降幅度不同，西部沉降幅度大，东部沉降幅度小，差异性明显。

新生代区内构造活动的显著特征之一是断块之间的差异性沉降，第四纪以来，本区整体处于沉降过程中，本区位于开封凹陷与东明断陷交汇处，总体沉降在 320m 左右。晚更新世和全新世的沉降特点总体仍表现为西北部太行山前和南部通许隆起总体沉降幅度小于中部和东部，中部开封—济源断陷、东部东濮断陷为强烈沉降带，但是，二沉降带在时间上是不同步的，晚更新世开封—济源断陷沉降幅度最大，全新世东濮断陷沉降幅度最大。

依据钻孔资料，区内不同断块间第四纪沉降幅度差异巨大。开封—济源断陷第四纪沉降幅度在 80~400m，西部沉降幅度小，东部沉降幅度大，开封断陷盆地沉降幅度为 300m 左右；东濮断陷第四纪沉降幅度在 300m 以上，次级断凸区最小沉降幅度也在 150m 以上；通许隆起沉降幅度在 100m 左右。

3.3 区域地层岩性

调查区地处华北地层区华北平原分区，基底位于隐伏的秦岭东西向构造体系东端和新华夏构造体系的复合部位。调查区地壳一直处于缓慢的沉降运动中，受古地理、古气候影响，沉积了巨厚的新生代地层，根据基岩地质图（图 3-2），调查区周边区域基底主要为奥陶系、石炭系、二叠系、侏罗系及白垩系，其新生界底板埋深 2000~5000m。新生界自下而上沉积了古近系、新近系、第四系。

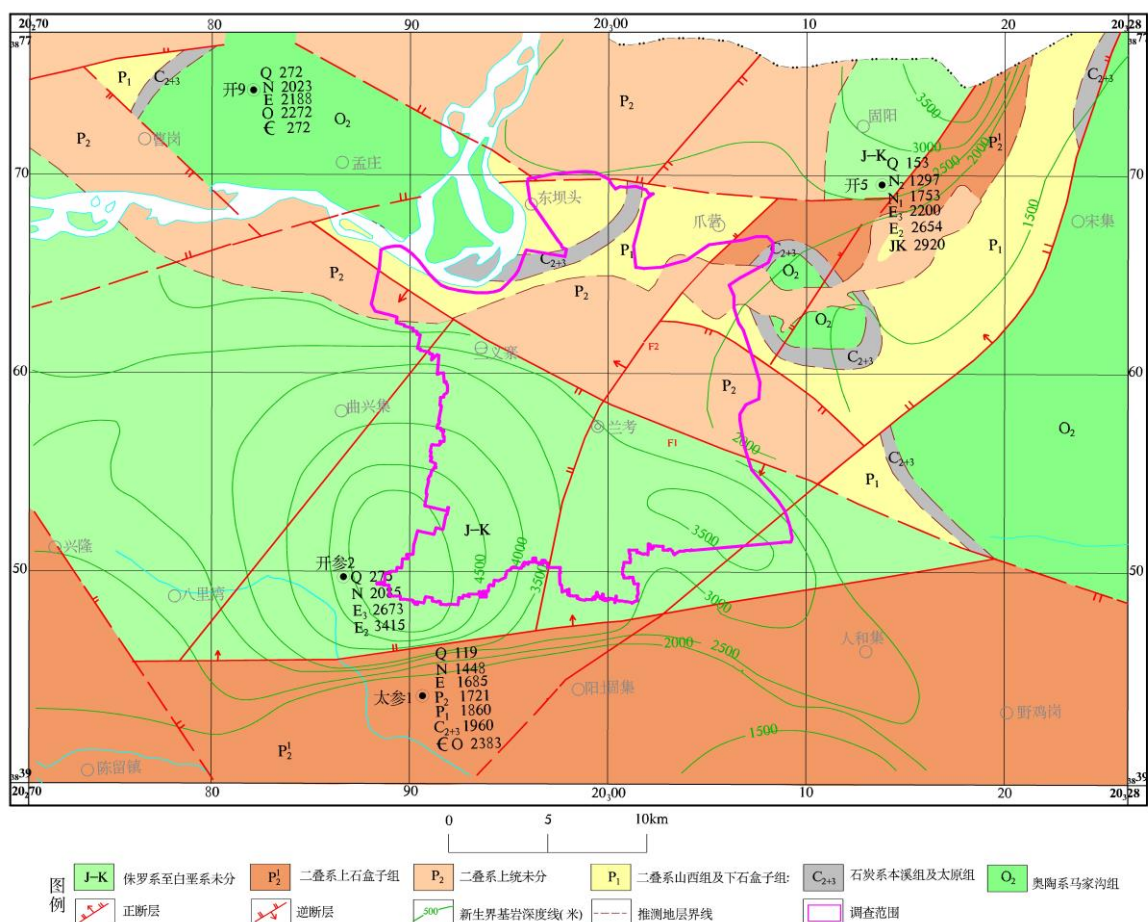


图 3-2 区域基岩地质图

3.4 区域地热地质概况

3.4.1 区域大地热流值

区域上，兰考县城地表热流值约为 59.320mW/m^2 ，开封县城附近约为 60.531mW/m^2 ，开封市城区约为 57.782mW/m^2 ，郑州市约为 54.819mW/m^2 ，平均值约为 58.487mW/m^2 。根据图 3-3 可看出，高地表热流值位于开封县城附近。

从整个华北平原来讲:调查区地表热流值(约为 59.320mW/m^2)，低于华北平原北部的 62mW/m^2 ，同时也低于其南部的通许隆起(61.480mW/m^2)。

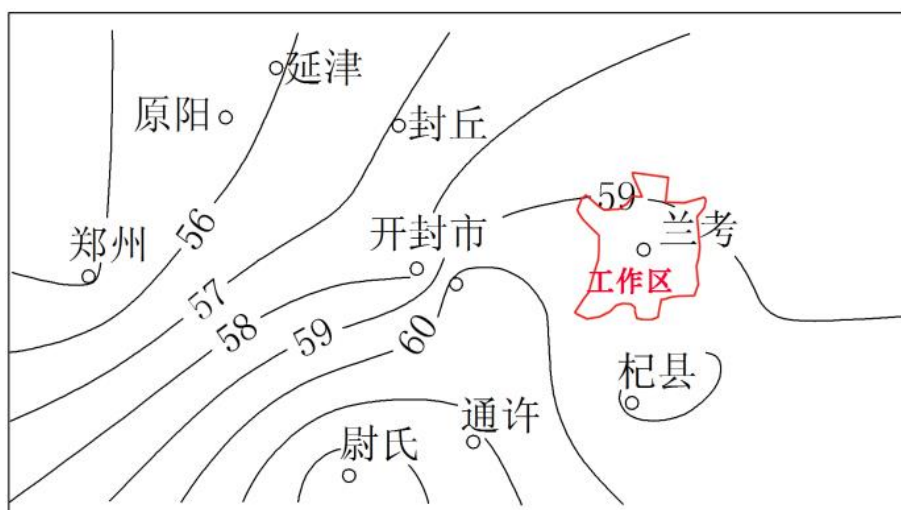


图 3-3 区域地表热流值分布图（单位：mW/m²）

3.4.2 区域热储及埋藏条件

1、济源—开封凹陷

区内热储层主要有新近系明化镇组及馆陶组热储层、古近系热储层。

（1）新近系明化镇组热储层

热储层顶板埋深 300~450m，底板埋深 1250~1350m，厚度 850~900m。主要含水介质岩性为细砂、中细砂，粗砂及含泥质砂，累计厚度占相应地层厚度的 27~60%，单层厚度 5~30m，孔隙度 30~40%。静压力水头距地面距离在中牟、开封及民权一带 20~45m（开封市埋深较大），兰考城区一带为 25~35m。地热井单井涌水量 500~1200m³/d，开封一带多在 900m³/d 以上。水化学类型以 HCO₃-Na 型为主，其次为 HCO₃·Cl-Na，总溶固 0.71~1.68g/l。

热储层盖层为新近系顶部及上覆第四系的粘性土层。

（2）新近系馆陶组热储层

顶板埋深 1250~1350m，底板埋深 1900~2200m（开参 2#为 2085m），厚度 650~850m。主要含水介质岩性下部以灰岩、泥灰岩、钙质砂岩为主；中部以细砂及疏松砂、含砾砂为主；上部以细砂及粉砂为主。累计厚度约占相应地层厚度 50%，孔隙度 25~30%。据兰考县油田六社区 1#地热井（井深 1980m）资料，单井涌水量 120m³/h。水化学类型为 Cl-Na 型，总溶固 4.75g/l。

（3）古近系热储层

热储层埋藏深度向西逐渐减小，顶板埋深 1900~2200m（开参 2#为 2673m），底板埋深 2000~6000m。含水介质主要为细砂岩、泥质砂岩，占地层厚度的 20%。根

据区域外济源—开封凹陷内的沁阳和温县地热井资料，静压力水头距地面距离 20～30m。压力水头降深 159m、125m，单井涌水量分别为 578m³/d、360m³/d。水化学类型为 SO₄—Ca、SO₄·Cl—Na 型，总溶固 3.76～8.96g/l。

2、东濮断陷

区内热储层主要有新近系明化镇组和馆陶组热储层、次为古近系热储层。

(1) 新近系明化镇组热储层

热储层顶板埋深 250-300m 左右，底板埋深 1050～1250m，厚度约 900m，由东北向西南渐厚。主要含水介质岩性为细砂、粉岩、中砂，单层厚度 1～31 m，累计厚度 300～350m，占相应地层厚度的 39%左右，孔隙度 25～30%。静压力水头距地面距离在兰考县城（井深 1100～1200m）为 32m 左右。据兰考堽阳镇地热井资料，单井涌水量 900m³/d。水化学类型为 Cl·HCO₃—Na 型，总溶固 1.18 g/l。

(2) 新近系馆陶组热储层

顶板埋深 1050～1250m，底板埋深 1500～1800m，，厚度约 600m，孔隙度 20～25%。据调查区北部安澜生态园地热井（井深 2089m）资料，单井涌水量 128m³/h。水化学类型为 Cl—Na 型，总溶固 4.85g/l。含水介质主要岩性为细砂，约占地层厚度的 30%。

(3) 古近系热储层

热储层顶板埋深 1500～1800m，底板埋深 3000～6000m。含水介质粉砂、泥质砂砾岩，累计厚度占地层厚度的 30～45%，孔隙度 10～20%。

3、通许隆起

调查区内不涉及。通许隆起区内主要热储层有新近系明化镇组及馆陶组、古近系热储层、古生界寒武—奥陶系热储层。

(1) 新近系明化镇组热储层

热储层顶板埋深 400m 左右，底板埋深 500～900m，厚度 300～500m。地层西厚东薄、南北两侧厚中间薄。主要含水介质岩性为中细砂、粉砂、粗砂及含砾砂，累计厚度占地层厚度的 30～36%，单层厚度 5～20m，最厚达 40m，孔隙度 25～30%。区外通许隆起内静压力水头距地面距离尉氏一带为 40～30m，商丘市区一般 30～50m，最大达 80m。单井涌水量 700～1600m³/d，尉氏、商丘、临颖及通许一带较大。水化学类型以 HCO₃—Na 型为主，其次为 HCO₃—Na·Ca、HCO₃·Cl—Na 型，总溶固 0.56～2.19g/l。

（2）新近系馆陶组热储层

顶板埋深 800~1100 m 左右，底板埋深 900~1500 m，厚度 100~700 m。主要含水介质岩性中细砂、含砾砂、粉砂。累计厚度约占地层厚度的 35~46%，单层厚度 5~30 m，孔隙度 20~25%。区域外通许隆起内静压力水头距地面距离尉氏及通许一带为 30~20 m 左右，许昌—鄢陵为 5~20 m，临颖一带 30~35 m，太康及西华、扶沟一带为 15~20 m，其单井涌水量 500~1600 m³/d。水化学类型以 HCO₃—Na、SO₄·HCO₃—Na 及 Cl—Na 型为主，总溶固 0.45~2.9 g/l。

（3）古近系热储层

顶板埋深 1000—1400 m、底板埋深 1600—2000 m。含水介质主要为粉细砂岩，占地层厚度的 20%。

（4）古生界寒武—奥陶系热储层

顶板埋深 1500—2000 m，上覆盖层为上古生界及新生界。热储层岩性为灰岩、白云质灰岩及白云岩。由于下古生界地壳长期上升隆起，碳酸盐岩裸露地表受到溶蚀作用，岩溶裂隙发育好，具地下水储存空间，埋藏深度适当，热储条件较好。

4、菏泽凸起（河南部分）

调查区内不涉及。菏泽凸起区内热储层主要有新近系明化镇组热储层和古生界寒武—奥陶系热储层。新近系馆陶组热储层及古近系热储层，厚度及分布面积小。

（1）新近系明化镇组热储层

热储层顶板埋深 400m 左右（岩层顶板埋深小于 200m），底板埋深 800~1500m。主要含水介质岩性为细砂、中砂、粉细，累计厚度 120~350 m，占相应地层厚度的 28~46%左右。储水性质，凸起北部与东明断陷近似，据范县一带（井深 500 m）资料，水化学类型为 Cl·HCO₃·SO₄—Na 型，总溶固 1.54g/l；据虞城自来水公司 S26#（549 m）资料，静压力水头距地面距离 27.14 m，涌水量 2160 m³/d，水化学类型为 HCO₃—Na 型，总溶固 0.83g/l。

（2）古生界寒武—奥陶系热储层

区内古生界构成 NNE 向宽缓褶皱，古生界碳酸盐岩广泛发育，顶板埋深一般 1000~2000m，热储条件及开采条件较好，根据区域资料分析，热储层地下水受到菏泽凸起东南部山区灰岩裸露区大气降水入渗的微弱补给。

第四章 调查区地热地质条件

4.1 地层岩性

调查区地处华北地层区华北平原分区,基底位于隐伏的秦岭东西向构造体系东端和新华夏构造体系的复合部位。调查区地壳一直处于缓慢的沉降运动中,受古地理、古气候影响,沉积了巨厚的新生代地层,根据基岩地质图(图 3-2),调查区周边区域基底主要为奥陶系、石炭系、二叠系、侏罗系及白垩系,其新生界底板埋深 2000~5000m。新生界自下而上沉积了古近系、新近系、第四系。

4.1.1 古近系

调查区在早第三纪时期属裂谷型沉积盆地,由于断裂的持续活动,凹陷快速下沉,凸起上升受到剥蚀夷平,对凹陷进行充填,在凹陷中心沉积了较厚的古近系,其沉积厚度 500~3000m,顶板埋深在为 2000m 左右,底板埋深约为 4000~5000m。

古近系由老到新划分为沙河街组与东营组。

(1) 上中始新统沙河街(官庄组)组 E_{2s}

该组沉积厚度为 451~1795.5m。按其岩性和化石组合特征划分为四段,由新到老分别为:沙一段、沙二段、沙三段、沙四段。

1) 沙一段

岩性为一套灰绿、棕褐、浅棕色泥岩、砂质泥岩与棕褐、浅棕、浅灰色粉细砂岩呈不等厚互层。上部为灰绿、棕褐紫色泥岩夹杂色“斑状”泥岩与浅灰、紫褐色泥质粉砂岩、细砂岩、浅灰色鲕状生物灰岩、灰黄色钙质白云岩;下部是暗棕色泥岩夹浅灰色钙质砂岩。

2) 沙二段

该段为一套厚层状砂岩与薄层泥岩互层,厚度 520~945.5m。岩性为浅灰色粉—细砂岩,深灰色泥灰岩与深褐色泥岩、砂质泥岩,岩性变化较大,底部有一层白云质灰岩。

3) 沙三段与沙四段

沙三段:岩性为棕白、浅棕色粉—细砂岩,中细砂岩—粉砂岩与棕色泥岩、粉砂质泥岩互层不等厚,以角砾岩、泥岩为主。

沙四段:该段地层是在断陷盆地初期接受的沉积,为一段深灰、棕灰色相同的泥

岩与灰白色砂岩，含砾粉砂岩、互层状沉积，并夹薄层棕色泥岩，角砾状灰岩，在氧化环境和还原环境条件下分别形成了紫红、红棕与深灰、灰色岩层。

(2) 渐新统东营组 E_{3d}

该组厚度 594~1318.5m。岩性分上、中、下三段，上段棕红色、暗棕色泥岩、含膏泥岩夹少量油页岩与浅棕、灰绿色粉—细砂岩，呈等厚互层夹有含砾砂岩；中段为厚层状浅灰、灰白色粉细中粒砂岩，含砾砂岩与棕色泥岩、浅灰色硬石膏岩呈不等厚互层夹含砾砂岩与暗棕色泥岩；下段为浅棕、浅灰、灰白色粉细中粒砂岩、含砾砂岩与暗棕色泥岩、粉砾质泥岩。

4.1.2 新近系

新近系是在古近系剥蚀夷平面的基础上，为区域性凹陷盆地沉积地层，属河湖相沉积，是调查区目前主要开采的储水层，厚度约 1700m，是一套以泥岩、砂质泥岩、粉—细砂岩、含砾细砂岩为主的正韵律层剖面组合，由下而上分别为馆陶组和明化镇组。

(1) 馆陶组 (N₁)

顶板埋深平均 1250m，底板埋深平均 2100m，整体向南倾斜，以新商断裂 (F3) 为界，南部地层平均厚度 800m，北部地层平均厚度 650m。岩性统一为一套下粗而红、上细而绿的泥岩、砂质泥岩、“块状”砂岩。为河湖相沉积。上部为浅棕、黄绿、绿灰色泥岩、砂质泥岩、粉—细砂岩；中部为浅棕、棕黄色粉砂质泥岩、粉砂岩呈不等厚互层夹杂色砂砾岩；下部为棕红、灰白色含砾细砂岩、杂色砂岩与紫红、棕红色泥岩、砂质泥岩呈不等厚互层。与下伏古近系地层呈不整合接触。见图 4-2。

(2) 明化镇组 (N₂)

顶板埋深约为 300m，底板埋深约 1250m，整体向南倾斜。岩性为一套棕红、浅棕、棕黄色泥岩、砂质泥岩与棕、浅棕、灰白、灰黄色粉细砂岩互层，底部多为含砾砂岩或砂砾岩，厚度 1100m 左右，具有由下到上变细的特征，为河湖相沉积，上部为棕黄、灰黄色粘土岩、泥质粉砂岩夹浅灰、灰白色粉砂岩；中部为浅棕、棕红色粘土岩、粉砂质粘土与浅棕、灰白色粉—细砂岩；下部棕红色泥岩、砂质泥岩与浅灰、棕黄、灰白色泥质砂岩、细—中粒砂岩、含砾砂岩呈不等厚互层。见图 4-3。

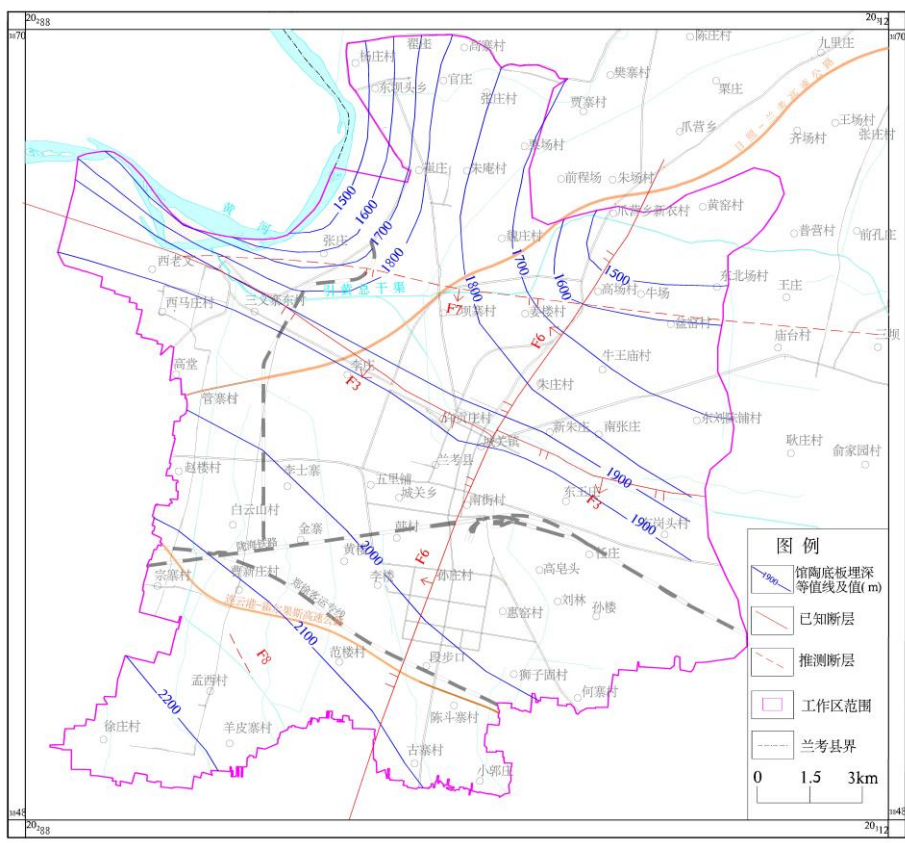


图 4-2 新近系馆陶组底板埋深等值线图

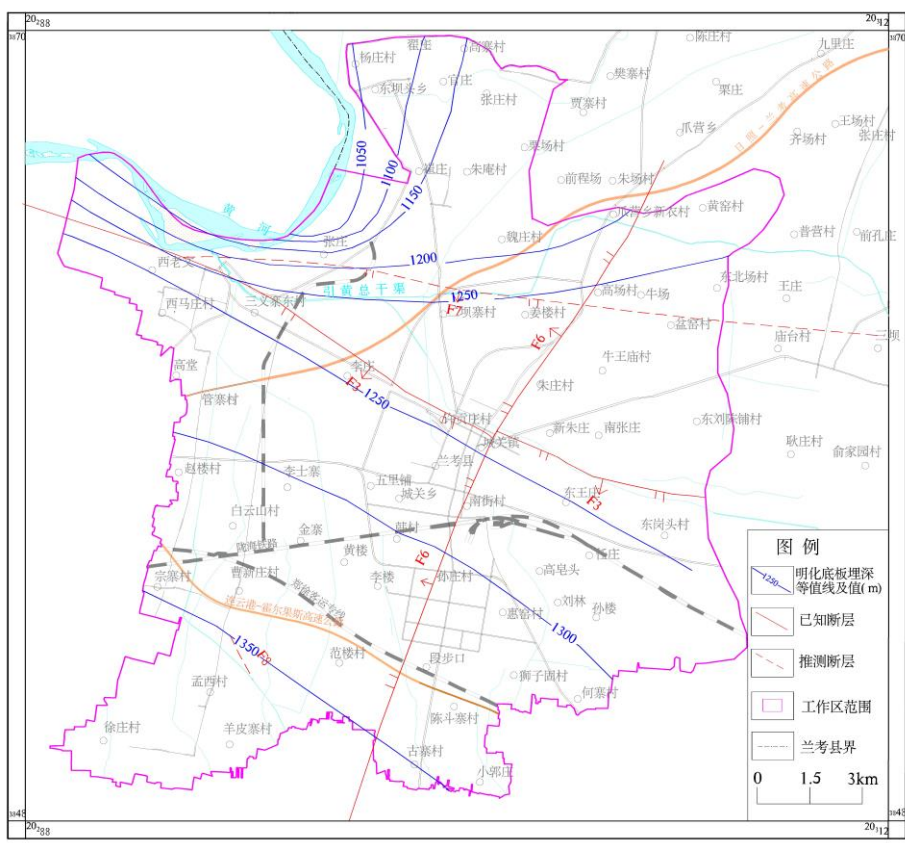


图 4-3 新近系明化镇底板（馆陶组顶板）埋深等值线图

4.1.3 第四系

第四系是本区最新的沉积盖层，覆盖于整个调查区，底板埋深在 250~450m，整体向南倾斜，底板埋深分布见图 4-4。从老至新描述如下：

（1）下更新统（Qp¹）

该地层主要是在新近纪末形成的古地形基础上沉积的一套冰水、冲积、洪积及湖相沉积层。其物质主要来源于东部山区，古气候主要受第四纪第一、第二冰期与间冰期所控制。底板埋深一般 300~360m，顶板埋深 180~220m，区内沉积厚度一般为 100~180m。岩性以杂色及棕色粘土、粉质粘土为主，夹有粉细砂、细砂层，具灰绿色网纹，粘土多含铁锰结核及钙质结核，混粒结构明显，砂层中长石风化严重，下层砂层含泥质，分选差。

（2）中更新统（Qp²）

本统顶板埋深 100~130m，沉积厚度为 50~80m，由西向东埋深逐渐变浅。岩性自上而下由棕褐色、黄棕色的粉质粘土、粉细砂渐变为棕黄色、棕红色的粉土、中细砂，夹有钙质结核富集层和少量铁锰质结核层，为冲洪积物。

（3）上更新统（Qp³）

上更新统埋藏于地表以下，顶板埋深 30~60m，地层沉积厚度一般 70~90m。其物质来源主要是黄河冲积物，上部冲积层为黄灰色、黄褐色粉砂、粉质粘土互层。下部冲洪积层属早期黄河冲积扇堆积物，主要为褐黄色或灰绿色似黄土状粉砂、粉质粘土，夹有 1~2 层粉砂或中细砂。

（4）全新统（Qh）

调查区地表出露全部为全新统，底板埋深一般 30~50m，属近代黄河冲积物。上部为黄褐色、灰黄色粉细砂、粉质粘土。下部有 1~2 层砂层，局部还含有 2~3 层淤泥层，分布比较稳定，淤泥层含有机质丰富。兰考县城南部和东南部地区分布有微起伏砂丘和平砂地，厚 1~8m，岩性均为细砂或粉砂。

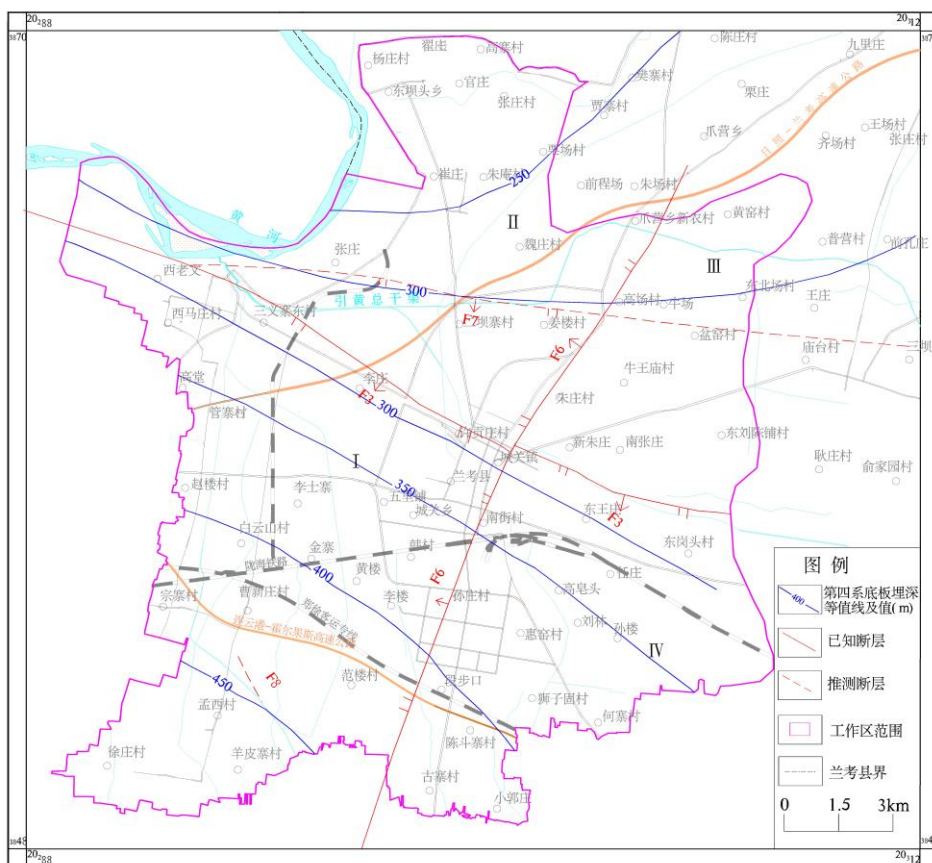


图 4-4 第四系底板埋深等值线图

4.2 地质构造与地热分区

根据区域基底构造图，调查区地跨东濮断陷及济源—开封凹陷带。根据收集物探工作资料，调查区内主要断裂为新乡—商丘大断裂（F₃）、聊兰断裂的次级断裂（F₆）及推测断层（F₇、F₈）（图 4-1），聊兰断裂次级断裂（F₆）不属于区域深大断裂且形成时代晚于新乡—商丘大断裂（F₃），推测聊兰断裂次级断裂（F₆）错动了新乡—商丘大断裂（F₃）。在物探勘探深度内，以上断裂埋藏基本在 2000 米左右，部分地段切进新近系。

地热分区：由于基底构造差异，导致调查区地层分布规律明显，主要以新乡-商丘断裂 F₃ 为界，呈现南北分布地质地层、地热地质条件不同。故以新乡-商丘断裂 F₃ 为界，将调查区化为南北两个地热分区，北部为东濮凹陷区，南部为济源-凹陷区。

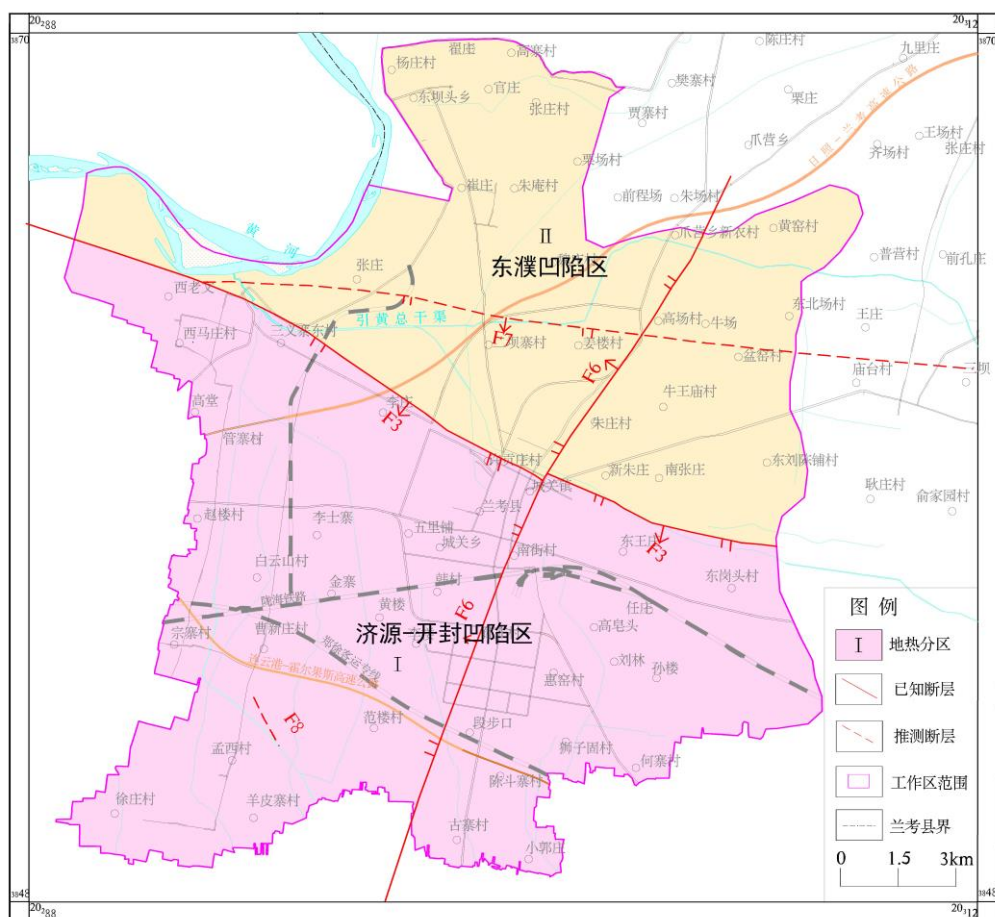


图 4-5 地热分区图

4.3 热储特征及其埋藏条件

调查区地热类型属沉积盆地传导型，热储类型为层状热储，热储结构完整，控热断裂、导热断裂、热储、盖层齐全。热源供给主要为大地热流传导，即地球内的热能通过传导方式传递到地表，地表一般无地热显示，自恒温带以下温度随深度的增加而升高。

4.3.1 盖层特征

调查区热储具有良好的盖层条件，热储盖层为巨厚的第四系，厚度一般在 300m 左右，分布稳定。其中的粘土和砂质粘土层具有很好的保温隔热作用，有利于地热资源的富集与储存。

4.3.2 热储特征

(1) 热储分布

根据资料分析,区内地热资源(即水温大于 25℃的地下水)主要赋存于深度 300~400m 以下的含水层中。对比调查区内商业中心 1#、未来城 1#、西城花园 2#、油田六社区 1#、油田六社区 3#、兰考职业学院 1#、东湖颐苑 1#、凤凰城 3#钻孔资料及前人物探工作推测,本区剖面见图 4-6、图 4-7。3000m 深度内存在多层热储层,大致可分为新近系明化镇组孔隙热储层、新近系馆陶组孔隙热储层及古近系孔隙裂隙热储两三种类型。

1) 新近系明化镇组孔隙热储层

该热储层遍布分布在各个地热分区内,其厚度较均匀,顶板埋深约为 300m 左右。

①新近系明化镇组上部热储(300~800m):热储岩性主要为薄层细砂、中细砂、粉细砂,累计厚度 216m,井口水温 30℃~40℃之间,顶板厚度 35~118m。

②新近系明化镇组下部热储(800~1250m):热储岩性以厚层中砂和中细砂为主,累计厚度 170m,井口水温 50℃左右,顶板厚度 40~175m。在未开发新近系馆陶组热储之前,该热储层是主要开采层段之一,主要用于理疗洗浴。

2) 新近系馆陶组孔隙热储层

该热储层遍布分布在各个地热分区内,顶板埋深约为 1200m 左右,底板埋深 2100m 左右,不同区域热储层厚度有所差异,热储岩性为顶部以棕红色泥岩为主夹棕黄色细砂岩,中部为棕红色泥岩与棕黄色细砂岩呈不等厚互层,下部以棕黄色细砂岩为主夹棕红色泥岩,底部见一厚层状杂色砂砾岩,含水层渗透性好,根据兰考县现有地热井成井资料,该层位地热井井口出水温度普遍在 70~80℃之间,现该层热储为兰考县城地热供暖主要利用层位。

其中在新乡—商丘大断裂(F_3)北部的东濮凹陷区,热储层顶板埋深 1050~1250m,底板埋深在 1600~2000m,热储累计厚度在 150~380m,单层厚度 9~22m;

位于新乡—商丘大断裂(F_3)南部区的济源—开封凹陷区,热储层顶板埋深 1250~1350m,底板埋深在 2200~2200m,累计厚度 201~360m,单层厚度 10~20m。

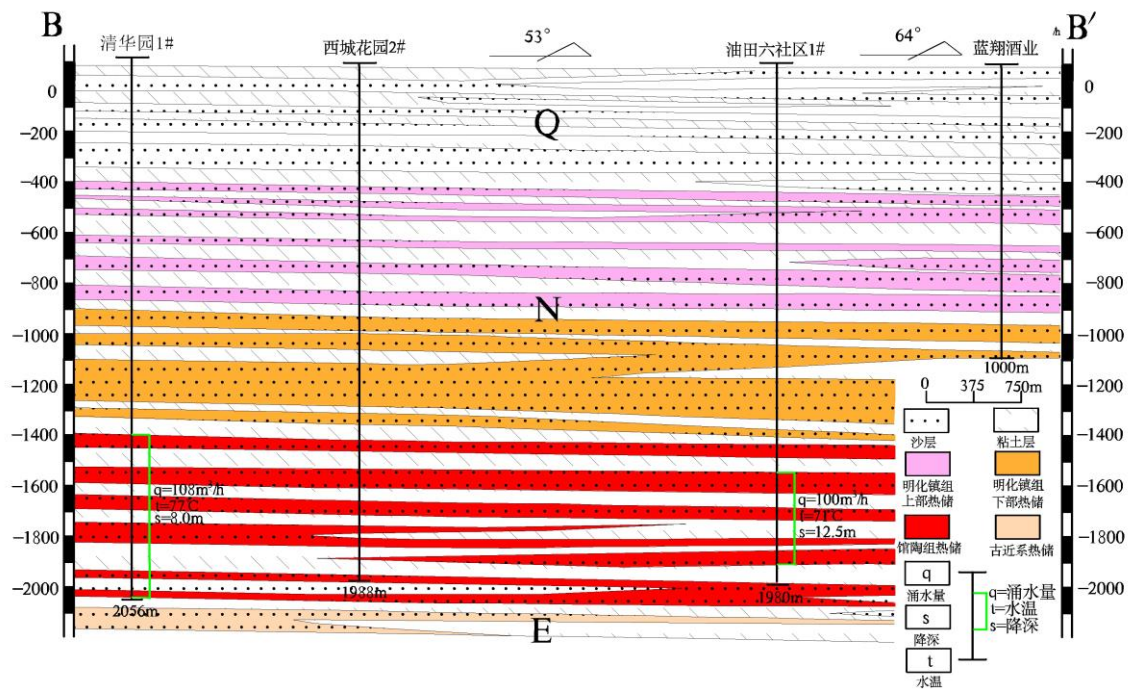


图 4-6 调查区热储层东西向地层剖面

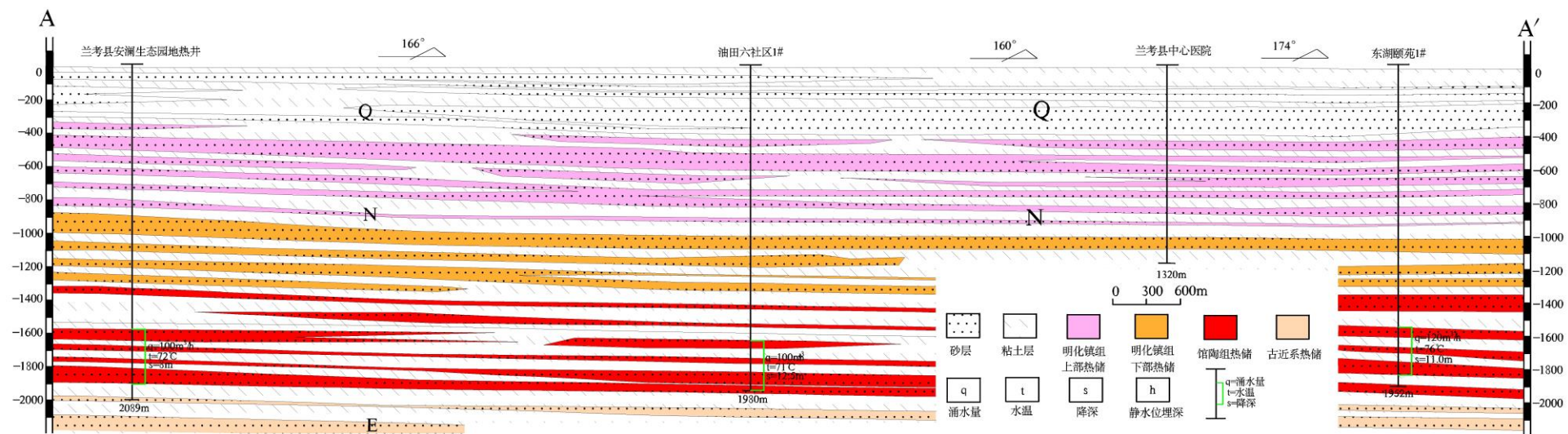


图 4-7 调查区热储层南北向地层剖面

3) 古近系孔隙裂隙储层

调查区内除Ⅱ地热分区外(推测古近系热储埋深在 2000m 左右),据区域资料,古近系热储岩性为紫红色、灰白色、灰绿色细砂岩泥岩互层。

(2) 热储富水性

1) 新近系明化镇组孔隙热储层

①新近系明化镇组上部热储取水层位在 300~800m,由于热储岩性主要为细砂、中细砂、粉细砂,其热储富水性较好,单井出水量在 42~80.6m³/h 左右。

②新近系明化镇组下部热储,取水层位在 800~1250m,热储层岩性主要由厚层中砂、中细砂为主,因此具有较好的富水性,单井出水量在 40~61m³/h 左右,单井涌水量 1.05-8.33m³/h·m。

2) 新近系馆陶组孔隙热储层

根据所收集地热井成井资料,地热井的取水段一般位于 1400m 至 2100m 之间的馆陶组热储层下部,其取水段岩性为一厚层状杂色砂砾岩,含水层渗透性良好。

济源—开封凹陷区:

南部的兰湾国际 1#(DR41),井深 2200m(垂直深度 1954m),降深 12m,涌水量 125m³/h,单井涌水量 10.4m³/h·m;未来城 1#(DR43),井深 2179m,降深 9.8m,涌水量 126m³/h,单井涌水量 12.9m³/h·m。

东濮凹陷区:

北部的安澜生态园地热井(DR53),井深 2100m,降深 8.0m,涌水量 100m³/h,单井涌水量 13.4m³/h·m 公园首府 1#(DR11),井深 2001m,降深 8.5m,涌水量 80m³/h,单井涌水量 9.4m³/h·m,部分地热井富水性见表 4-1,富水性分区见图 4-8。

由于受到断裂构造影响导致本地区热储层裂隙较发育,形成地热水良好的运移通道和储存空间。所以,热储的富水性与断裂构造的关系较为密切。

3) 古近系热储层

根据收集地热井成井资料,调查区地热井成井层位基本都位于新近系,少部分位于进入古近系,且都未揭穿,因此缺少该热储层富水性资料。根据区域资料,古近系热储层由于胶结紧,成岩程度高,其富水性、导水性普遍较差,但是根据收集物探工作,调查区内新乡—商丘断裂(F1)和聊兰断裂的伴生断裂(F2)切入古近系,受到断裂构造的影响,推测其热储层裂隙较发育,可形成地热水良好的运移通道和储存空

间。因此古近系热储具有较大的开采潜力。

表 4-1 兰考县馆陶组地热井富水性统计表

编号	位置	井深 (m)	取水段 (m)	含水层 厚度 (m)	成井水 位埋深 (m)	降深 (m)	出水量 (m³/h)	单 位 涌 水 量(m³/h/m)
DR01	东方御景 1 井	1984	1717-1844	197.6	55	8.5	120	14.1
DR04	东湖颐苑	1952	1575-1897	217	48	23	156	6.8
DR09	凤凰城一二 期 3 井	1946.7	1636-1904	156.1	47.3	8.95	102.81	11.5
DR11	公园首府 1 井	2000.2	1634-1857	182.2	47	8.5	80	9.4
DR15	华兰城 1 井	2050	1643-2019	233	49.9	16.6	93.5	4.1
DR20	九号院 3 井	2135	1594-2118	268.5	55.6	18.9	120	6.3
DR22	千禧庄园 2 井	2190	1722-2152	241.9	59	14.56	128	8.8
DR24	清华园 1 井	2056	1578-1927	216.7	56	8	108	13.5
DR30	第六社区 2 井	1980	1661-1980	298.22	38	17	100	5.9
DR36	商业中心 4 井	2155	1795-1895	260	59.5	16	126.03	7.9
DR37	龙郡盛景 1 井	2212	1520-2212	604.1	36	22	133	6.0
DR41	兰湾国际 1 井	2200	1495-2200	405	12	125	125	10.4
DR43	未来城 1 井	2185	1494-2185	396	9.8	126	126	12.9
DR50	职业技术学院 2 井	2140	1394-2140	441.6	37.9	12.6	155.2	12.3
DR53	黄河湾 项目部	2089.6	1695-2063	181	54	8	100	12.5

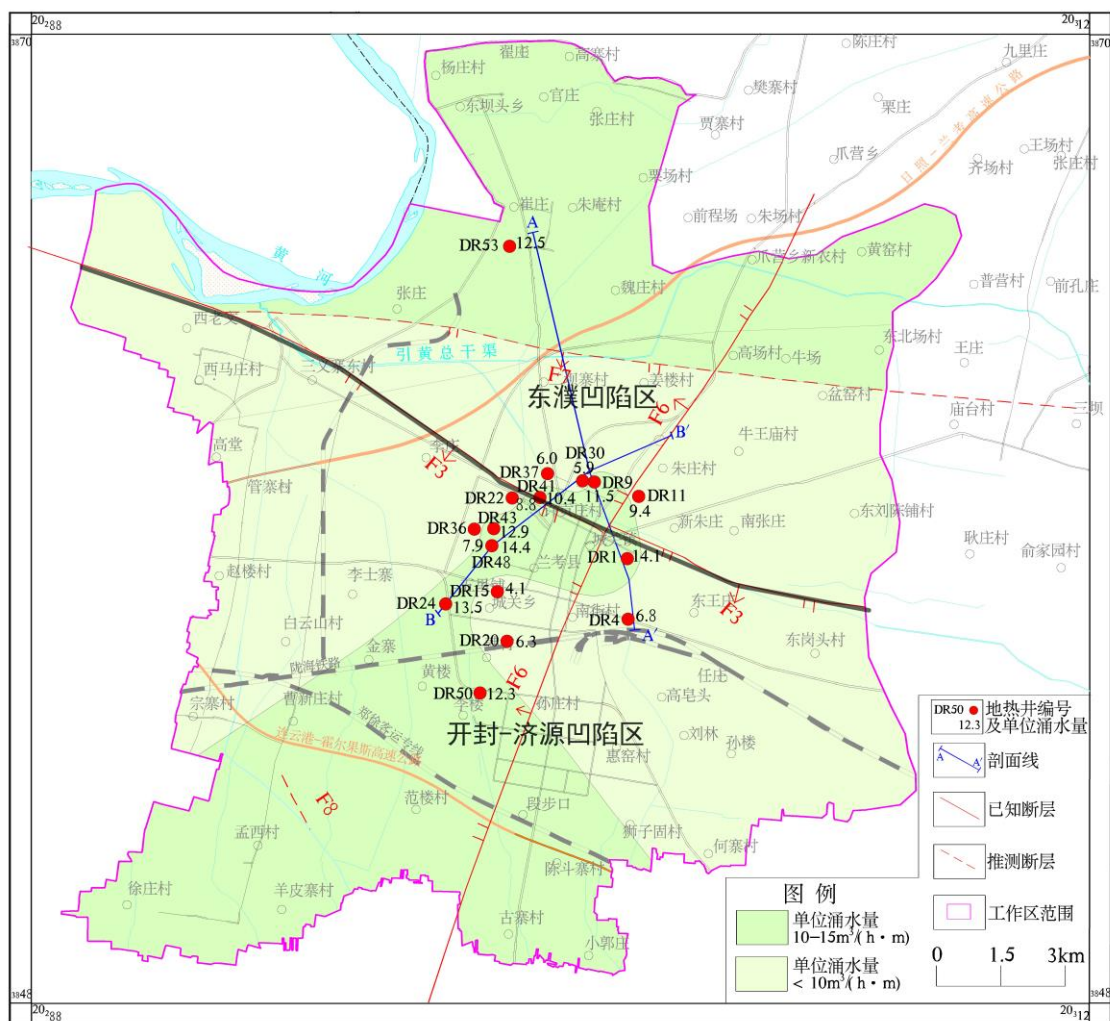


图 4-8 新近系馆陶组热储富水性分区图

(3) 热储回灌能力

位于东濮凹陷的兰考县油田六社区内的 1#、3#（成井深度均为 1980m，层位新近系馆陶组热储），根据收集其一抽一回大、小流量的未加压自然回灌试验，其中小灌量回灌试验回灌量为 $78.5\text{m}^3/\text{h}$ ，回灌系统稳定压力水柱高 17.58m，回灌温度稳定在 74°C ；大灌量回灌试验回灌量为 $114.8\text{m}^3/\text{h}$ ，回灌延续时间 9 个台班，回灌系统稳定压力水柱高 19.65m，回灌温度稳定在 74°C 。

根据本次在济源-开封凹陷区九号院小区实施的回灌试验，由于条件限制，小灌量回灌试验回灌量为 $26.3\text{m}^3/\text{h}$ ，回灌系统稳定水位埋深 55.3m，回灌温度稳定在 71°C ；大灌量回灌试验回灌量为 $36.5\text{m}^3/\text{h}$ ，回灌稳定水位埋深 41.5m，回灌温度稳定在 71°C 。见图 4-9。

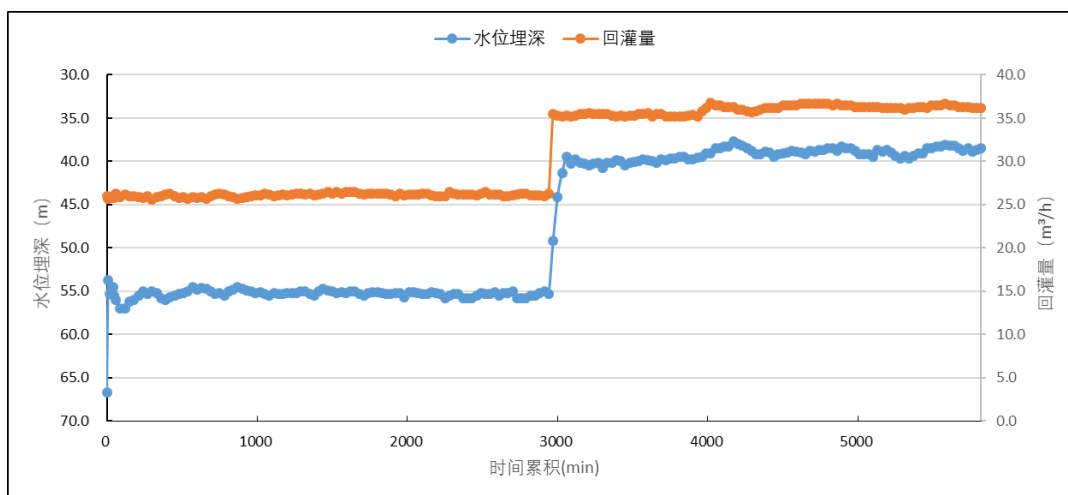


图 4-9 九号院小区地热井回灌试验曲线

表 4-2 九号院自然重力回灌试验及推测最大回灌量一览表

回灌 试验	回灌量 (m^3/h)	静水位 (m)	回灌水位 (m)	水位升幅 (m)	单位升幅回灌量 ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$)
小灌量	26.3	66.7	55.3	11.4	2.31
大灌量	36.5	66.7	41.5	25.2	1.45

由于实验条件限制，无法进行大回灌流量试验，根据九号院自然重力回灌试验单位升幅回灌量推测，并结合收集其他小区同层地热井回灌情况，自然重力回灌情况下最大回灌量为 $50\text{m}^3/\text{h}$ 。

同时，结合本次地热地质调查及资料收集，兰考县新近系馆陶组热储地热井在加压回灌条件下最高回灌量可达 $114.8\text{m}^3/\text{h}$ ，说明该地区具有良好的回灌条件，推测其与调查区内断裂导水性质有关。

4.3.3 热储层之间水力联系

调查区盖层为第四系，底板埋深 300m 左右，该层地下水埋深 6~15m 之间，下部含多层较厚的粘土和粉质粘土，不但具有良好的保温作用，同时阻隔了温水储层与第四系中冷水层的水力联系；温水储层（300~800m）与温热水储层（800~1300m）之间具有两层较厚的泥岩（夹砂层透镜体）、砂质泥岩隔水层，其隔水层底板埋深 600~800m，厚 20~30m，其透水性极差，阻隔了温热水储层与上部温水储层之间的水力联系，根据兰考县三义寨乡三义寨村矿泉水井资料显示，该井成井深度 650m，

取水层在 463.6~644.35m 之间位于温水储层，压力水头距地面距离 70.12m，同时根据兰考县天泉洗浴广场地热井资料显示，该井成井深度 1161.4m，取水层在 1087.4~1153.3m 之间位于热温水储层，压力水头距地面距离 27m；热水储层（1300~2000m）与温热水储层之间有较厚的泥岩（800~1300m）具有砂质泥岩隔水层，厚 40~51m，透水性较差，阻隔了热水储层与上部温热水储层之间的水力联系，根据兰考县油田六社区 1#地热井资料显示，该井成井深度 1980m，取水层在 1511.4~1972.3m 之间位于热水储层，压力水头距地面距离 60.69m。

由于各热储层之间存在较厚的隔水层，且不同热储层地热井压力水头距地面距离差异较大，因此各热储层之间基本无水力联系。

4.4 地热流体压力场及动态特征

由于目前明化镇组地热井均已关停，无法进行水位统调及动态观测，故根据项目任务，仅对目前主要开采层位馆陶组热储进行研究。

4.4.1 地热流体的补、径、排条件

（1）地热流体的补给

参考《开封凹陷地热资源调查报告》中的有关同位素(^{18}O 和 D)资料，对调查区稳定同位素(^{18}O 和 D)和区内外大气降水的关系分析，可知调查区地热流体的主要补给来源为开封凹陷西部山区大气降水，通过侧向径流补给区域热储，垂向补给不明显。

（2）地热流体的径流

根据本次地热井水位统调工作，馆陶组热储地热流体压力水头整体呈现出东高西低的趋势（图 4-10）。最高值位于东部的东方御景小区 1 井 16.4m，最低值位于上海花园 1 井，水位—4.39m，由于集中常年开采，附近形成了降落漏斗。

（3）地热流体的排泄

调查区内地热流体的排泄方式目前主要是人工(工业、生活用水)开采；其次为侧向径流排泄。

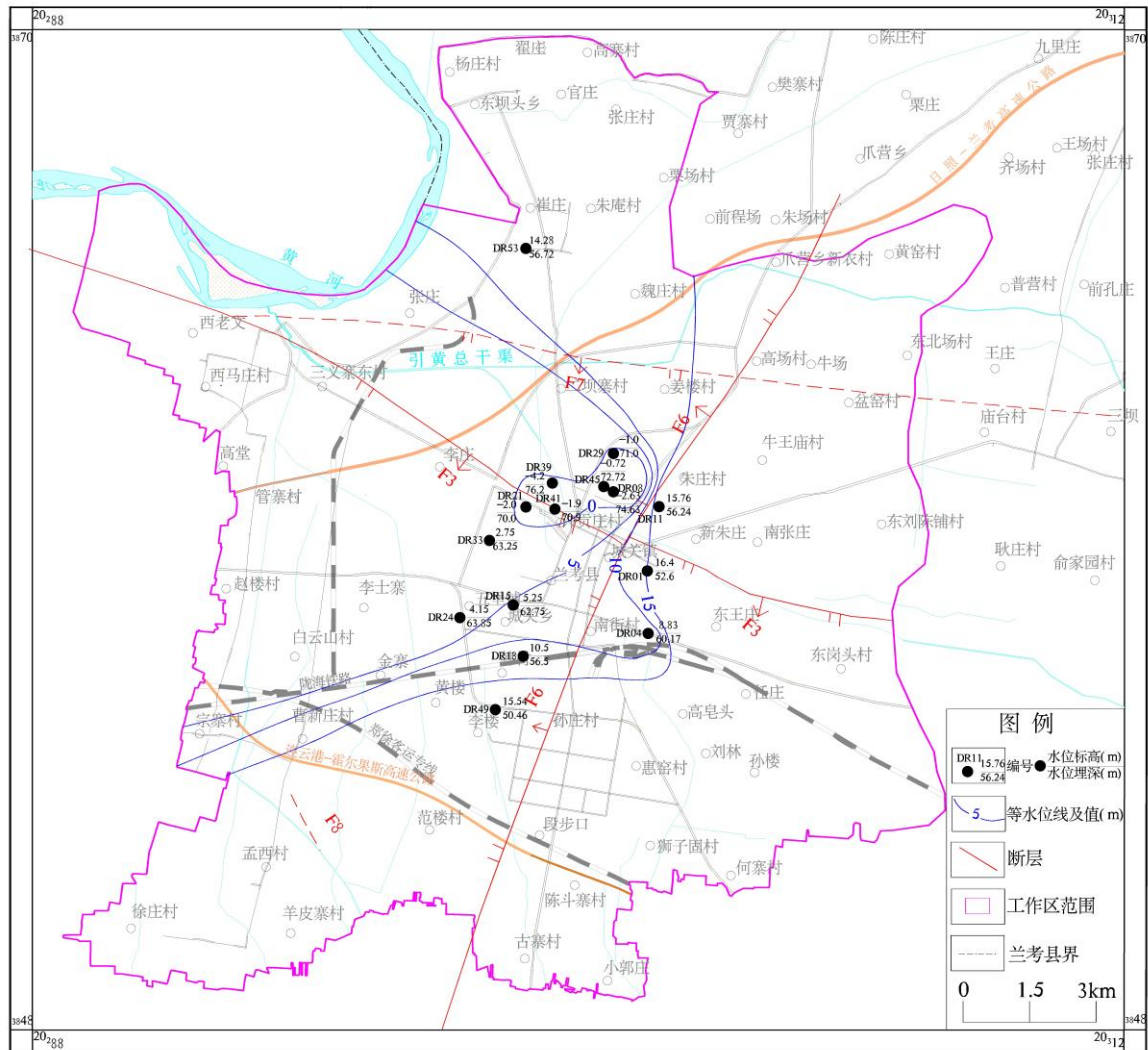


图 4-10 兰考县规划区馆陶组热储等水位线图

4.4.2 地热流体压力动态特征

由于调查区内地热流体主要赋存在 1000m 以下的砂岩地层中,且含水层之上有较厚的隔水层覆盖,因此地下水动态变化受水源地范围内水文、气象因素影响较小,调查区内地热流体动态主要反映在地热流体压力水头距地面距离的变化。

(1) 新近系明化镇组热储

历来该层热储开采用于生活用水及温泉洗浴,近年该层位水井全部停采,无最新观测数据。

(2) 新近系馆陶组热储

该热储开采井主要用于暖季供暖,井深在 2000m 左右,在供暖季 11 月至次年 3 月,该地热井压力水位埋深最大,在 75m 左右,在非供暖季 6 月至 11 月份,地热井

压力水位埋深最小，在 60m 左右。年内水位动态属于开采型，供暖季水位降低，非供暖季水位回升。

根据近年各开采单位在非供暖季对地热井水位的观测数据（表 4-3），区内地热井目前水位埋深在 44.7~72.7m。结合地热井成井报告，经对比，由于部分地区地热井分布集中，回灌不到位，造成局部地区地热水位下降。同时由于调查区内存在洗浴地热井开采，无法进行回灌，部分地热井开采明化镇地热水过程中，由于成井或局部地层原因，可能对下部的馆陶组地热水造成了开采排泄，分析以上原因造成了调查区近年来馆陶组地热水位的下降。

近年来水位变化整体表现为前期降速大，后期降速小，符合承压无限含水层泰斯理论规律，同时与近年逐步停采的洗浴地热井也有关系。根据现状水位对比各井成井时水位埋深，自各地热井成井以来，水位总降幅在 3~18m，，见图 4-11。

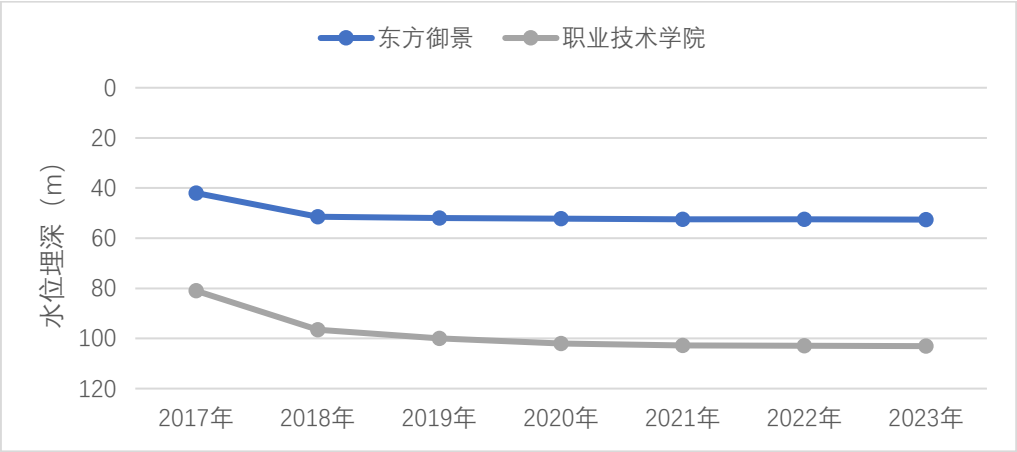


图 4-11 部分地热井近年水位动态曲线

表 4-3 地热井近年水位埋深及降幅一览表

井位	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	多年年均降速 (m/a)	近 3 年年均降速 (m/a)
东方御景	42	51.5	52	52.2	52.5	52.5	52.6	1.8	0.1
东湖颐苑	52						60.17	1.4	
凤凰城一二期		52					74.6	2.1	
公园首府		47					56.24	1.8	
华兰城				59.5			62.75	1.1	
千禧庄园		59.5					70.0	2.2	
清华园		56					63.85	1.6	
商业中心					61		64.35	1.7	
上海花园	56.8						76.20	2.2	
兰湾国际	53						70.9	3.0	
未来城	44.5						52.48	1.3	
凤凰城三四期	58			64.55			72.72	2.5	
西城花园	40.7						51.48	1.8	
职业技术学院	39	45	48	49.8	50.3	50.4	50.46	1.9	0.2
黄河湾	46						56.72	1.8	
九号院						55.5	56.5	1.0	

4.5 地温场特征

(1) 变温带

地壳表层温度主要受太阳辐射热的影响,而发生明显变化的地带称为变温带。其温度随深度变化很大,变温带的温度夏季随深度递减,冬季随深度递增。变温带的深度,一般日变温带为1~2m,年变温带为日变温带的20倍,即20~40m左右。结合本次野外调查工作,变温带下界深度确定为水面下10m即地面下平均16.66m处。

(2) 恒温带

本次调查区恒温带温度的确定采用统计与多年平均气温相结合的方法,并在此基础上,综合考虑已有的研究成果。根据已有成果,取16.3℃为规划区的恒温带温度,恒温带埋深确定为地面下16.7m处。

(3) 增温带

恒温带以下越向深处温度越高的带为增温带,本次调查区恒温带以下至2500m以内均为增温带。根据调查区内地热井测井温度和恒温带资料计算地温梯度($\Delta T/\Delta H$),公式如下:

$$\Delta T/\Delta H = \frac{T - T_0}{h - h_0} \times 100 \quad \text{式 4-1}$$

式中: $\Delta T/\Delta H$ —地温梯度;

T —钻孔测井温度(℃);

T_0 —恒温带温度(16.3℃);

h —钻孔测温段埋深(m);

h_0 —恒温带埋深(16.7m)。

依据规划区及其附近地热井调查资料,新近系馆陶组地热水温度在71~76℃,结合恒温带温度,其中在新乡—商丘大断裂(F_3)北部的东濮凹陷区,平均出水温度71.5℃;新乡—商丘大断裂(F_3)南部区的中牟凹陷区,平均出水温度74.3℃。南部馆陶组热储温度明显高于北部。

采用式4-1计算调查区增温带地层的地温梯度值,计算结果见表4-4,地温梯度分布见图4-12。

由图可知，调查区内地温梯度在 $2.79\sim 3.13^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，由北向南逐渐增大。其中在北部的东濮凹陷区，平均地温梯度 $2.82^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。南部的中牟凹陷区，平均地温梯度 $3.00^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

表 4-4 调查区平均地温梯度统计表

地 热 区	编 号	名 称	成井深度 (m)	垂直深度 (m)	取水段 垂直埋深(m)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	平均地温 梯度 ($^{\circ}\text{C}$ /100m)
东 濮 凹 陷 区	DR53	黄河湾项目（原安澜生态园）	2089.6	2089.6	1695-2063	72	2.99
	DR29	石油局六社区 1 号井	1980	1980	1660-1942	71	2.79
	DR11	公园首府 1 号井	1996	1996	1633.6-1857.3	72.5	2.84
	DR41	兰湾国际 1 号井	2200	1964	1495-2200	71	2.81
	DR38	龙郡盛景 2 号井	2200	2007	1386.7-2007	71	2.75
	平均值					71.5	加权 2.82
济 源- 开 封 凹 陷 区	DR43	未来城 1 号井	2185	1964	1494.3-2185	74	2.96
	DR15	华兰城 1 井	2050	1831	1462-1796	73	3.12
	DR49	兰考职业技术学院 1 号井	2205	1934	1271-1946	76	3.11
	DR04	东湖颐园 1 号井	1952	1952	1575-1897	76	3.08
	DR01	东方御景 1 号井	1984	1984	1717-1844	75	2.98
	DR33	商业中心 1 号井	1984	1984	1664.7-1756.5	74	2.93
	DR24	清华园 1 井	2056	1820	1335.8-1802.3	74	3.13
	DR20	九号院 3 井	2135	1856	1386.1-1841.3	72	3.03
	平均值					74.3	加权 3.00

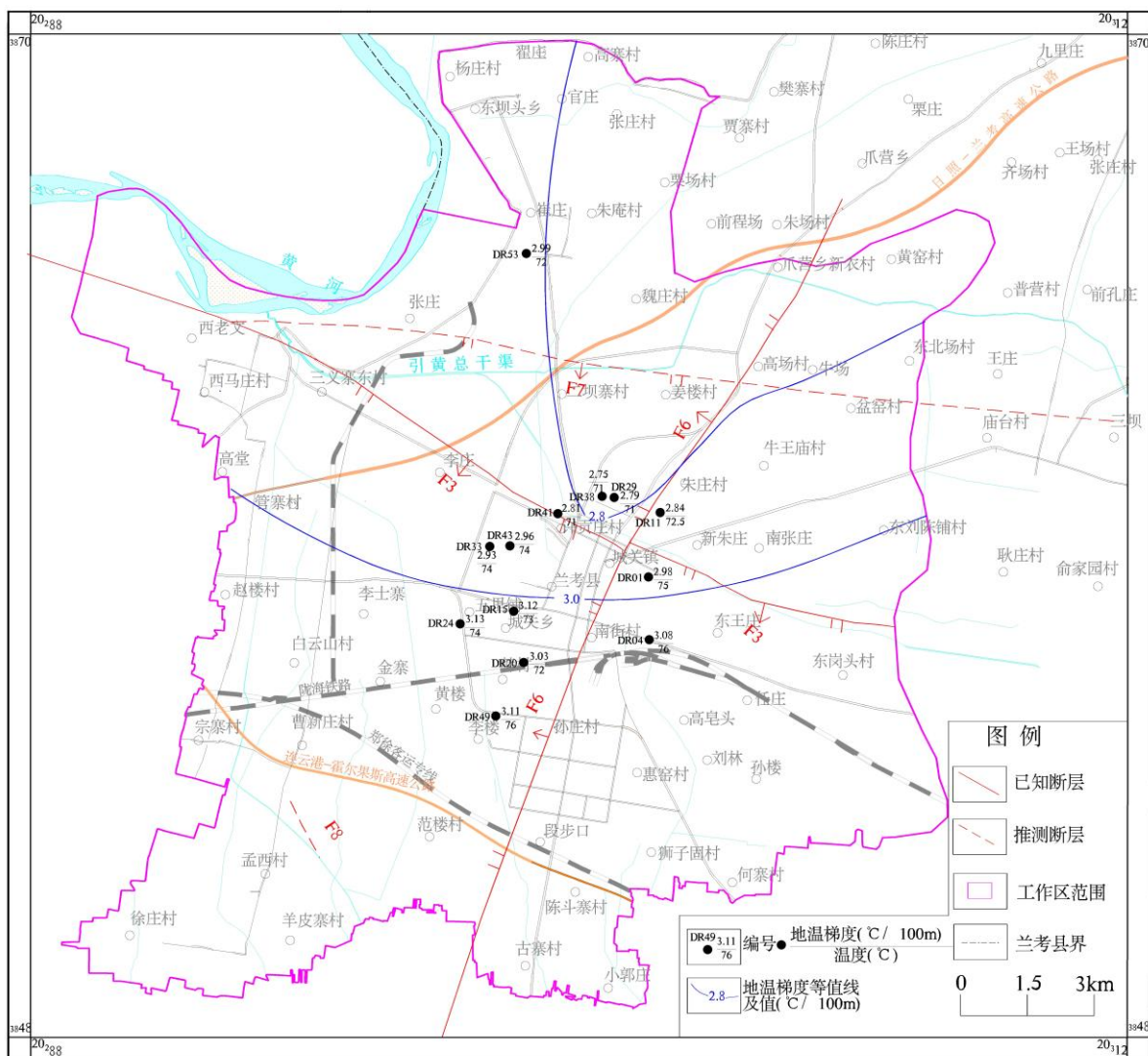


图 4-12 调查区地温梯度等值线图

(4) 深部热储温度推断

根据调查区水文地质条件情况,采用地温梯度推断法,利用热储上部的地温梯度推算深部热储温度。

计算公式为:

$$t = (d-h) \times \Delta t / \Delta h + t_0 \quad \text{式 4-2}$$

式中: t —热储温度, $^{\circ}\text{C}$;

d —热储埋藏深度, m ;

h —常温带埋藏深度, (16.7m) m ;

$\Delta t / \Delta h$ —地温梯度, $^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$;

t_0 —常温带温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

根据式 4-2 对调查区地热井不同热储温度进行计算，获得不同埋藏深度处的热储温度（表 4-5），其中推测 2500m 深度地温等值线见图 4-13。

表 4-5 调查区平均地温梯度统计表

编号	名称	平均 地温梯度	推测 2500m 深度地温	推测 3000m 深度地温
		(℃/100m)	(℃)	(℃)
DR29	中原石油局 1 号井	2.79	86.8	100.7
DR41	兰湾国际 1 号井	2.81	87.3	101.3
DR38	龙郡盛景 2 号井	2.75	85.8	99.5
DR43	未来城 1 号井	2.96	91.0	105.8
DR33	商业中心 1 号井	2.93	90.3	104.9
DR15	华兰城 1 井	3.12	95.0	110.6
DR49	兰考职业技术学院 1 井	3.11	94.7	110.3
DR04	东湖颐园 1 号井	3.08	94.0	109.4
DR01	东方御景 1 号井	2.98	91.5	106.4
DR11	公园首府 1 号井	2.84	88.0	102.2
DR24	清华园 1 井	3.13	95.2	110.9
DR20	九号院 3 井	3.03	92.7	107.9
DR53	黄河湾项目	2.99	91.8	106.7

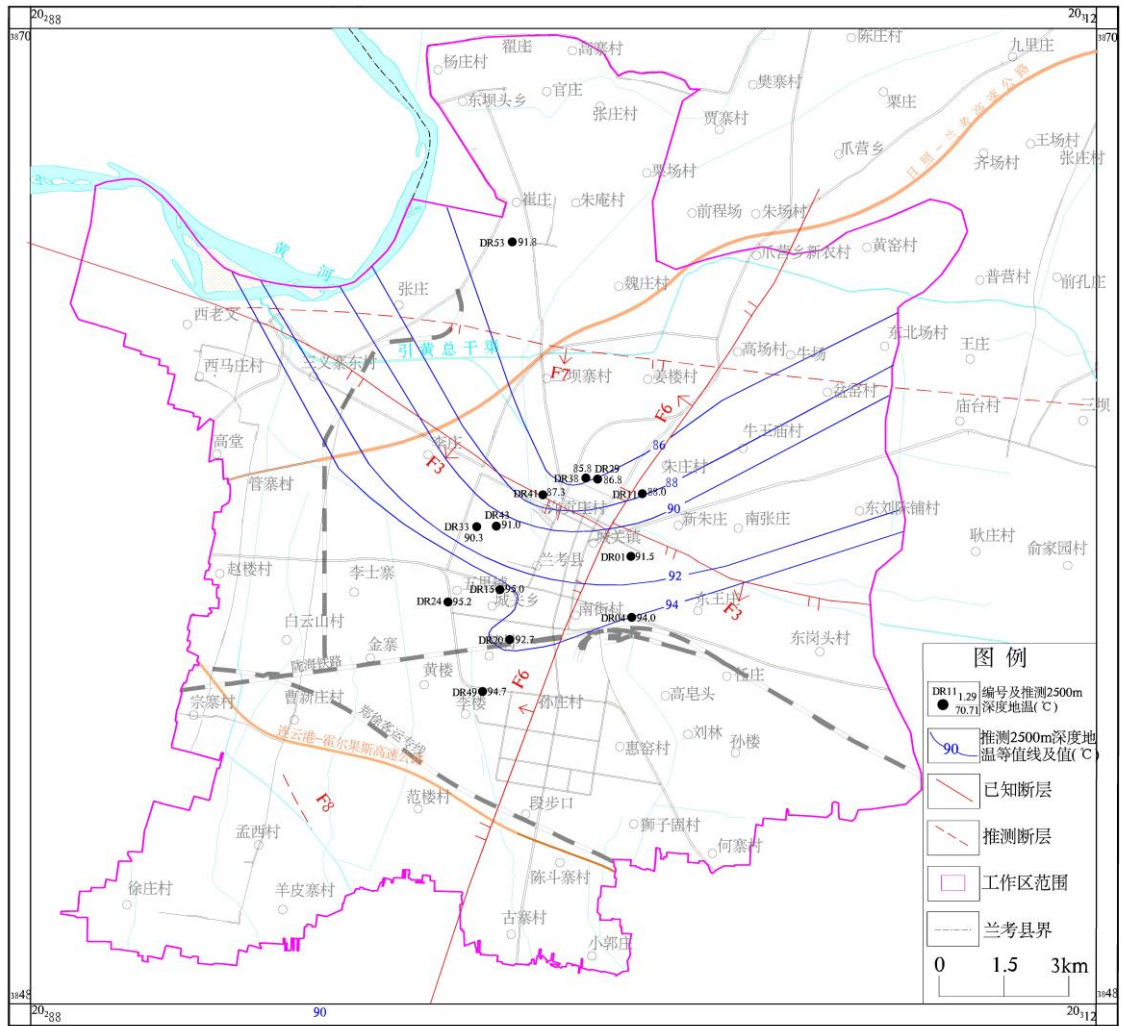


图 4-13 推测 2500m 深度地温等值线图

(5) 热储温度垂向分布特征

垂向上地温梯度值基本上随着深度的增加而减小，主要是地层岩性不同影响着岩石热导率的变化，而地温梯度与岩石的热导率成反比（一般白云岩热导率高于泥灰岩和石英砂岩，而泥灰岩和石英砂岩高于砂岩、泥岩的热导率）。根据调查区地层的分布特征分析，第四系泥质成份较多，结构松散，孔隙度小，所以热导率也较小；新近系地层砂岩成份较第四系增多，成岩性及密度增大，热导率也相应增加。见图 4-14。

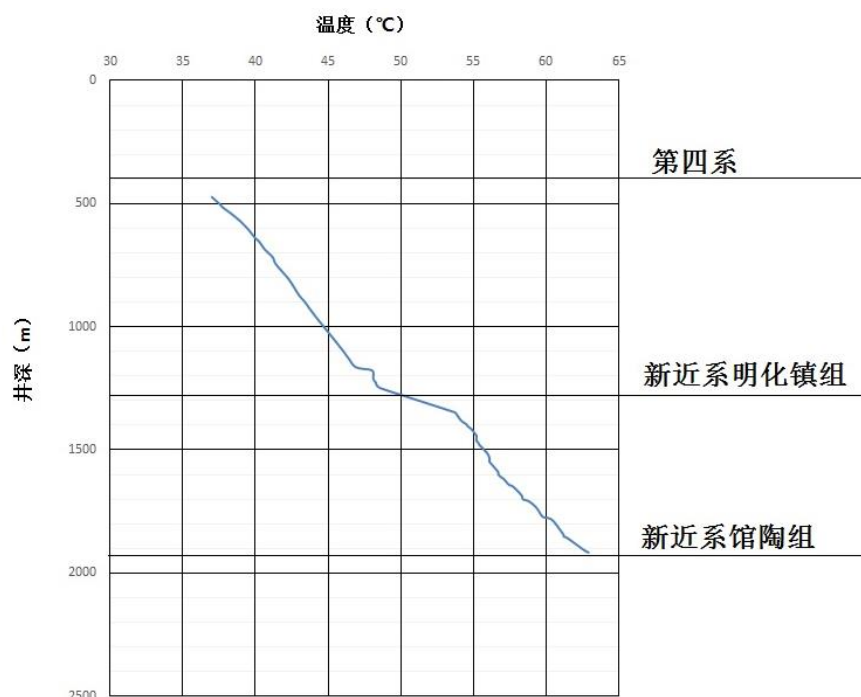


图 4-14 兰考职业技术学院地热井测井温度变化曲线

另外地下水的流动提高了岩石的导热性，使梯度值变小，从而表明地温场的垂向变化主要随着地层岩性和地下水活动变化。同时调查区位于新乡—商丘大断裂和聊兰断裂次生断裂的交汇部位，受集中于古近系顶部的沿断裂和裂隙上升的深部热水影响，地温梯度也偏高，这种变化规律反映了传导型地热田的特征。图 4-14 是根据地热井物探测井资料绘制，可以看出，地热井温度总体符合随着深度加大地层温度逐渐增高的趋势。

4.6 地热流体化学组分特征

从地热流体水文地球化学特征研究结果可知，K、Na、Ca、Mg、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 SiO_2 等常量组份及 Li、Rb、Sr、 HBO_2 、Hg、As、Br、I 等微量组份分别受热水温度控制，可用来区分热水和冷水。

据调查区范围内馆陶组地热水水质化验成果（见表4-6），区内馆陶组地热水矿化度10.5~22.8g/L，均属于微咸水；

pH 值6.71~8.10，最高值位于油田六社区，其他地区 PH 均偏中性。

总硬度1.23~3.40g/L（以 CaCO_3 计），均为硬水。

按舒卡列夫分类法进行分类，全区水化学类型均为 Cl-Na 型。

表 4-6 新近系馆陶组地热流体水化学一览表

位置	K ⁺ +Na ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	CO ₃ ²⁻ (mg/L)	总硬度 (mg/L)	PH	溶解性 总固体 (mg/L)	氟 F ⁻ (mg/L)	偏硅酸 (mg/L)	铁 Fe (mg/L)	水化学 类型
东湖颐苑 1 井	4642.8	651.2	81.3	8330.8	614.2	167.8	0	1960.8	7.59	14536.6	0.62		1.77	Cl-Na
东湖颐苑 3 井	2886.7	636	68	9231	690	141	0	1870	6.71	17720	0.38		0.006	Cl-Na
公园首府 3 井	3514	475.38	59.7	6279.8	592.26	170.9	0	1432.8	6.98	11010.1	0.70	46.28		Cl-Na
公园首府 4 井	3410	410.46	50.81	5937.88	607.32	174.19	0	1234.0 ₉	7.45	10507.9	0.73	49.40		Cl-Na
华兰城 1 井	6610	1112.3 ₂	116.40	10546.3	403.64	162.46	0	3256.6 ₈	7.31	18718.5	0.58	59.33	0.11	Cl-Na
华兰城 2 井	5095	975.59	105.58	9518.32	572.42	180.92	0	2871.6 ₉	7.16	16365.8	0.73	53.95	1.26	Cl-Na
清华园 2 井	3020.5	703	74	9614	596	125	0	2066	6.79	20176	0.41		0.009	Cl-Na
清华园 3 井	3020.5	703	57	9714	596	125	0	1966	6.81	19757	0.46		0.007	Cl-Na
天晟公馆 4 井	4250	502.41	74.76	6602.56	695.18	201.08	0	1562.3 ₂	7.8	12232.9	0.74	49.28	1.26	Cl-Na
油田六社区	4766.9	794.79	61.24	8331.81	755.99	136.68	0	2235	8.10	14900.3	0.48	42.9	1.13	Cl-Na

第五章 地热资源计算与评价

5.1 资源量计算评价原则

1、本区地热资源为低温热水型，地热能的开发利用是通过热水资源的开发利用而实现的，因此，地热资源估算限定为地下热水资源，以具有实际开发利用前景的新近系馆陶组热储层资源量进行计算。

2、如前文所述，层状热传导热储层径流速度缓慢，再生周期长，本次地下热水资源计算属于区域性资源数量级概算，因此，从区域性开采出发，将地下热水资源视为基本上不可再生的能源，在评估中考虑的中心问题是热水积存量和以积存量为基础计算出可采量，而不考虑热水资源动态补给量问题。

3、本次资源量评价采用多种方法进行评价，计算结果对比验证，提升结果可信度。回灌条件下资源量评价采用两种方法进行评价，计算结果对比验证，并选取合理值。

4、根据目前地热水资源管理办法，建设需要取水的地热能开发利用项目，应当对取水和回灌进行计量，实行同一含水层等量取水和回灌。所以进行回灌条件下地热流体可开采量计算。同时，由于近年来调查区地下水有所下降，为分析原因，同时保守起见，计算最不利情况的不回灌条件下地热流体可开采量。

5、公式法计算可采资源量评价以 25 年为开采年限。

5.2 计算分区

本次调查区热储类型为沉积盆地型低温地热资源，根据《地热资源评价方法及估算规程》（DZ/T 0331-2020）沉积盆地型地热资源评价热储范围的确定方法：有井控制的，应同时满足埋深在 2500m 以内，热储层温度在 25℃ 以上；单井涌水量大于 20m³/h；中低温地热资源 100a 内水位下降小于 100m，水位下降速率小于 1m/a。

根据初步查明的地热地质条件，调查区在垂向上分为三个热储层，分别为新近系明化镇组、馆陶组、古近系热储层，结合本次工作中查明的开发利用情况及未来发展需求综合考虑，本次仅对新近系馆陶组热储层进行计算，评价范围与调查区一致，为 280.0km²。为合理评价调查区资源量，根据调查区地热地质条件的平面分布的规律性及差异，主要依据 F3 及 F6 两个断层，及热储富水性平面分布差异性，将调查区分为五个计算区（图 5-1），各计算区地质基本特征描述如下：

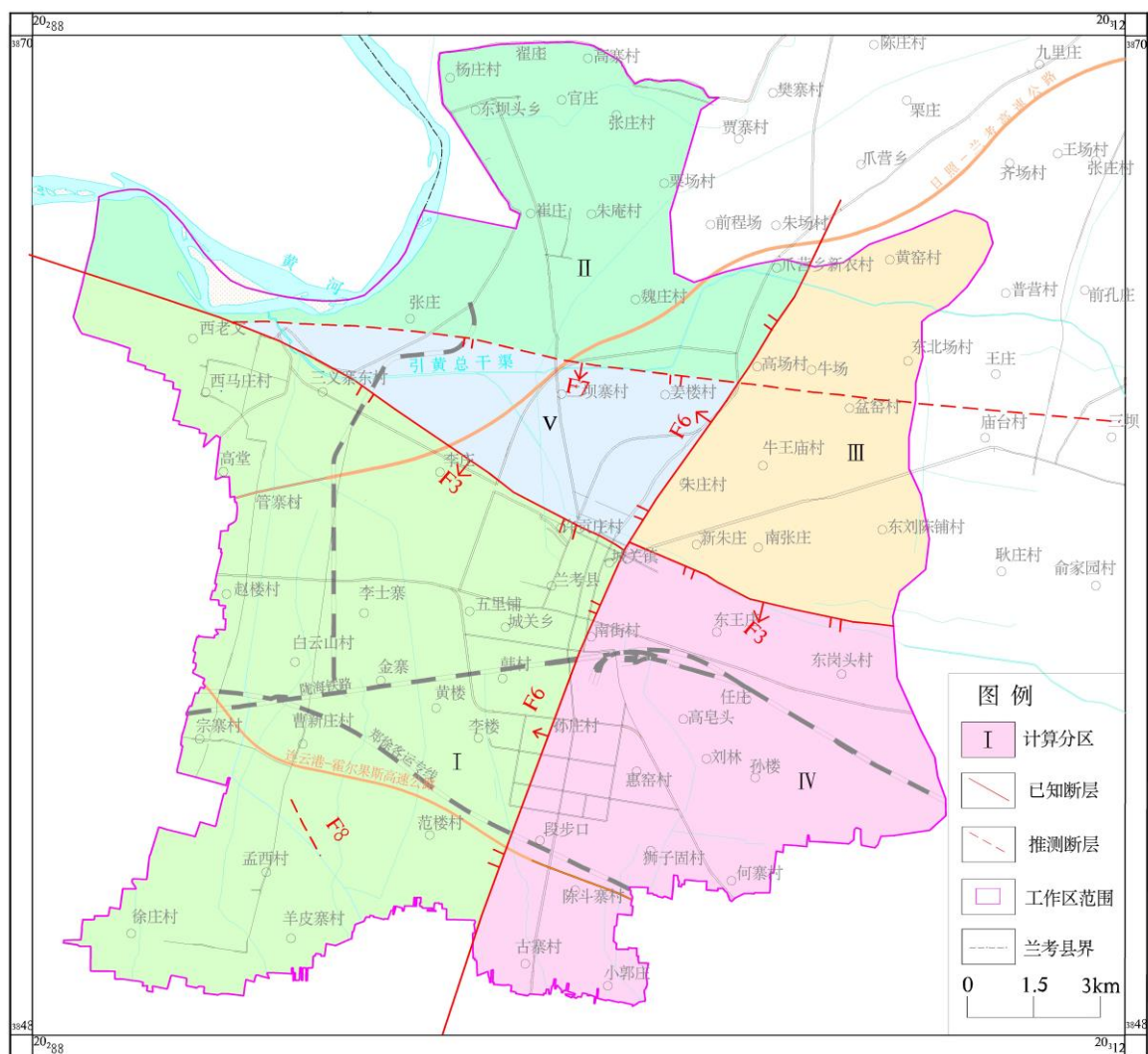


图 5-1 计算分区图

I 区，位于济源—开封凹陷内，即调查区内新乡-商丘断裂（F3）以南，聊兰断裂的次级断裂（F6）以西的区域，分布面积 105.9km²，热储层平均埋深 1300~2100m，累计厚度 201~361m，单层厚度 10~20m。

II 区，位于东濮凹陷内，即调查区内推测 F7 以北，聊兰断裂的次级断裂（F6）以西的区域，分布面积 50.7km²，热储层埋深 1150~1900m，累计厚度 150~388m，单层厚度 9~22m。

III 区，位于东濮凹陷内，即调查区内新乡-商丘断裂（F3）以北，聊兰断裂的次级断裂（F6）以东的区域，分布面积 38.9km²，热储层埋深 1250~1800m，累计厚度 127~375m，单层厚度 8~19m。

Ⅳ区，位于济源—开封凹陷内，即调查区内新乡-商丘断裂（F3）以南，聊兰断裂的次级断裂（F6）以东的区域，分布面积 60.5km²，热储层埋深 1300~2050m，累计厚度 202~357m，单层厚度 9~19m。

Ⅴ区，位于东濮凹陷内，调查区内新乡-商丘断裂（F3）以北，推测 F7 断裂以南，聊兰断裂的次级断裂（F6）以西的区域，分布面积 24.0km²，热储层埋深 1180~1900m，累计厚度 150~380m，单层厚度 10~20m。

各计算分区基本情况见表 5-1。

表 5-1 计算分区地热地质基本情况表

热储类型 分区	热储 层	计算 分区 编号	面积 km ²	热储层 平均厚度 (m)	底板 埋深 (m)	顶板 埋深 (m)	地温梯度 ℃/100m	热储 温度 (℃)	热储层岩性
济源—开封 凹陷	Ng	I	105.9	281	1300	2100	3.05	74	砂岩
东濮凹陷		II	50.7	219	1150	1900	2.80	71.5	砂岩
东濮凹陷		III	38.9	251	1250	1800	2.84	72.5	砂岩
济源—开封 凹陷		IV	60.5	278	1300	2050	3.00	75.5	砂岩
东濮凹陷		V	245.0	215	1180	1900	2.99	72	砂岩

5.3 评价方法

依据《地热资源地质勘查规范》（GB/T11615-2010）和《地热资源评价方法及估算规程》（DZ/T 0331-2020），评价地热资源的热储量、流体储存量、允许开采热量和流体允许开采量。具体方法如下：

5.3.1 地热资源（存储）资源量计算方法

采用热储法计算，计算公式如下：

$$Q = C_r \rho_r (1 - \varphi) V (T_1 - T_0) + C_w \rho_w q_w (T_1 - T_0) \text{ 式 5-1}$$

式中：Q—地热资源量，kJ；C_r，C_w—分别为热储岩石比热和水的比热，kJ/kg·℃；ρ_r，ρ_w—分别为热储岩石密度和水的密度，kg/m³；q_w—流体储量，包括静储量和弹性储量，m³；T₁—热储温度，℃；T₀—恒温层温度，℃。

5.3.2 地热流体储存量计算方法

包括容积储存量与弹性储存量两部分，计算公式如下：

$$Q_{\text{储}} = \varphi V + S(h - H)A \quad \text{式 5-2}$$

式中：\$Q_{\text{储}}\$—地热流体储存量，\$\text{m}^3\$；\$\varphi\$—热储岩石孔隙率（或裂隙率），%；\$V\$—热储体积，\$\text{m}^3\$；\$S\$—弹性释放系数；\$h\$—平均承压水头标高（或埋深），\$\text{m}\$；\$H\$—平均热储顶面标高（或埋深），\$\text{m}\$；\$A\$—评价热储面积，\$\text{m}^2\$。

5.3.3 地热流体可采资源量计算方法

（1）回灌条件下地热流体可开采量

1) 热突破公式法

在隔水隔热均一、等厚的热储层中，热量只靠对流方式传递时，本次采用热突破公式计算回灌条件下地热流体可开采量，对井系统的热突破公式为：

$$t = \frac{\pi R_1^2 M}{3Qf} \quad \text{式 5-3}$$

式中：

\$t\$—热突破时间，单位为天（d）；

\$R_1\$—井间距，单位为米（m）。

当\$t\$取25年（36500d）时，上式可变换成下式：

$$R_1 = \sqrt{\frac{3 \times 36500 \times Qf}{\pi M}} \quad \text{式 5-4}$$

故，采用热突破公式计算的回灌条件下地热流体可开采量为

$$Q_a = \frac{AQ}{\pi R_1^2} = \frac{AM}{3 \times 36500f} \quad \text{式 5-5}$$

$$f = \frac{\rho_w c_w}{\rho_e c_e}; \rho_e c_e = \varphi \rho_w c_w + (1 - \varphi) \rho_r c_r$$

式中：

\$Q_a\$—一回灌条件下可开采量，单位为立方米每天（\$\text{m}^3/\text{d}\$）；

\$A\$—评价面积，单位为平方米（\$\text{m}^2\$）；

\$M\$—热储层厚度，单位为米（m）；

\$\Phi\$—热储岩石孔隙度；

\$\rho_r\$—热储岩石的密度，单位为千克每立方米（\$\text{kg}/\text{m}^3\$）；

\$\rho_w\$—地热流体的密度，单位为千克每立方米（\$\text{kg}/\text{m}^3\$）；

\$\rho_e\$—热储层的密度，单位为千克每立方米（\$\text{kg}/\text{m}^3\$）；

c_w — 地热流体的比热容, 单位为焦耳每千克摄氏度[J/(kg·℃)];

c_r — 热储岩石的比热容, 单位为焦耳每千克摄氏度[J/(kg·℃)];

c_e — 热储层的比热容, 单位为焦耳每千克摄氏度[J/(kg·℃)]。

2) 权益保护半径法

本次新近系馆陶组热储地热流体可采量计算与评价工作采用地热回灌条件下单井开采权益保护半径计算地热流体可开采量, 采用此方法需满足下列假设条件: ①除了抽取和回灌的热量外, 系统与外界没有能量交换; ②按回灌条件下开采 25 年, 热储温度下降 2℃; ③回灌未发生热突破且抽水井井口温度与热储层回灌前温度一致; ④ $\alpha\beta \leq 0.55$, 即在回灌状态下, 热储层未发生热突破现象。25

由于调查区新近系热储含水层埋深超过 1000m, 与浅层水水力联系微弱, 因此满足上述条件。采用下式估算回灌条件下地热井对热储的影响半径, 以及回灌条件下流体可开采量:

$$Q_a = \frac{AQ}{\pi R_2^2} = \frac{\delta AM}{(1 - \alpha\beta)tf} \quad \text{式 5-6}$$

$$\text{其中, } R = \sqrt{1 - \alpha\beta} \times \sqrt{\frac{Qtf}{\delta M\pi}}; \quad \sqrt{1 - \alpha\beta} \times \sqrt{\frac{Q_d tf}{0.15H\pi}};$$

$$f = \frac{\rho_w C_w}{\rho_e C_e};$$

$$\rho_e C_e = \phi \rho_w C_w + (1 - \phi) \rho_r C_r;$$

$$\alpha = \frac{Q_i}{Q_d}; \quad \beta = \frac{T_2 - T_0}{T_1 - T_0}$$

式中: R —回灌条件下的影响半径, m; ρ_w, ρ_r —热储水的密度, 岩石的密度, kg/m³; C_w, C_r —热储水的比热, 岩石的比热, kJ/kg·℃; ϕ —热储岩石孔隙度; t —时间, 取 25 年, 36500, d; Q_d —20m 水位降深时, 单井涌水量, m³/d; Q_i —回灌量, m³/d; δ —热储温度下降 2℃减少的地热储存量的比例; T_1 —热储温度, ℃; T_2 —回灌温度, 取 25℃; T_0 —恒温层温度, ℃; α —回灌率, 考虑依灌定采和管道跑冒滴漏情况, 孔隙型层和岩溶型层状热储层取 95%; Q_a —回灌条件下可开采量, m³/d; A —评价面积, m²; M —热储层厚度, m。

(2) 不回灌条件下地热流体可开采量

1) 最大允许降深法

可采地热流体量采用最大允许降深法, 设定一定开采期限内 (一般为100年), 计

算区中心水位降深与单井开采附加水位降深之和不大于100m时，动用的弹性释水量，作为计算区地热流体的可开采量，计算公式为：

$$Q_w = \mu \bullet M \bullet F \frac{S_{\max}}{t} \quad \text{式 5-7}$$

式中：

Q_w ——可开采热量量（ m^3/a ）；

Q_{we} ——可利用热能量（ J/a ）；

μ ——热储层弹性释水率（ m^{-1} ）；

M ——热储层计算段平均厚度（ m ）；

F ——热储层计算面积（ m^2 ）；

t ——设计开采年限（ a ）。设计 100 年。

$S_{\max}$ ——热储层水位最大允许降深（ m ），根据目前静水位埋深，设计水位埋深不超过 100m 对应的剩余降深，38~44m。

2) 经验系数法

根据《地热资源评价方法及估算规程》（DZ/T0331-2020），地热流体可开采量可采用经验系数法，即开采系数法。开采系数的大小，取决于热储岩性、孔隙裂隙发育情况以及补给情况，有补给情况下取大值，无补给情况下取小值。公式如下：

$$Q_w = Q_r \times X \quad \text{式 5-8}$$

式中：

Q_w ——地热流体可开采量，单位为立方米每年（ m^3/a ）

Q_r ——地热流体存储量，单位为立方米（ m^3 ）；

X ——可采系数，根据《地热资源评价方法及估算规程》（DZ/T0331-2020），对于孔隙型层状热储层，取值为 3%~5%（100a），即 0.0003~0.0005/a。由于本项目动态补给量微弱，故本次取值 3%（100a），即 0.0003/a。

（3）可开采资源热量计算公式

$$Q_{wr} = Q_w C_w \rho_w (t_r - t_r) \quad \text{式 5-9}$$

式中： Q_{wr} ——地热流体可开采热量（ kJ/a ）；

Q_w ——地热流体可开采量（ m^3/a ）；

C_w ——地热流体的比热容（ $kJ/(kg \cdot k)$ ）；

ρ_w ——地热流体的密度 (kg/m^3);

t_r ——热储温度 ($^{\circ}\text{C}$);

t_0 ——恒温层温度 ($^{\circ}\text{C}$)。

5.4 地热地质参数的确定

5.4.1 参数确定方法

(1) 计算区面积 A

依据新生界沉积层结构、砂岩层厚度变化及区域构造单元,划分各热储层在相应计算区、段的沉积分布范围,分区面积由计算机量取。

(2) 热储层厚度 M

根据各分区的热储层顶底板等值线之差的平均值确定。

(3) 热储温度 T 与恒温层温度 T_0

热储温度依据计算段平均深度及平均地温梯度值计算求取;恒温层温度取区域地质资料经验值。

(4) 孔隙度 φ

结合华北地区 12 口钻孔岩芯资料建立的新生界砂岩、泥岩孔隙度——深度统计曲线和兰考职业学院探采 1 井孔隙度——深度统计曲线(图 5-2),综合确定孔隙度为 23%。

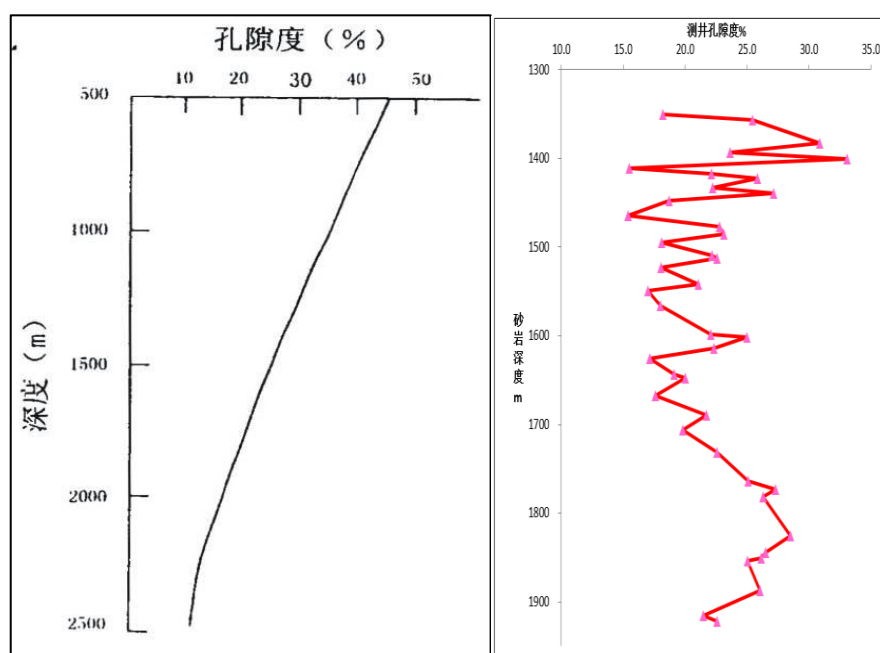


图 5-2 华北盆地新近系砂岩和兰考职业学院探采 1 井孔隙度-深度曲线

(5) 岩石及水的比热、密度

根据《地热资源地质勘查规范》(GB/T11615-2010) 确定：水的密度 ρ_w 按照附录 C 推荐的不同温度下的密度经验值确定；水的比热容 C_w 取 4.18kJ/kg·℃；石灰岩比热容 C_r 为 0.920kJ/kg·℃，密度 ρ_r 2700kg/m³。各分区的参数取值详见表 5-2。

(6) 渗透系数 K、导水系数 T

1) 求参方法

根据《地热资源评价方法及估算规程》(DZ/T0331-2020)，采用单井稳定流试井资料求取渗透系数、导水系数时，用裘布依公式和 W.Sihardt 影响半径经验公式，采用迭代法求取热储渗透系数和影响半径，计算公式如下：

$$K = \frac{0.366Q}{MS} \lg \frac{R}{r} \quad \text{式 5-10}$$
$$R = 10S\sqrt{K}$$
$$T = KM$$

式中：K—渗透系数 (m/d)；Q—稳定出水量 (m³/d)；M—含水层厚度 (m)；S—水位降深 (m)；R—影响半径 (m)；r—抽水孔半径 (m)；T—导水系数 (m²/d)。

2) 求参结果

据收集钻孔抽水试验及本次实测抽水试验数据，采用上述公式对试验资料进行计算，结果如下：

表 5-2 K、T 计算结果一览表

地热 分区	井位	统一 编号	井深 m	水量 m³/d	降深 m	含水层 厚度 m	渗透系数 K			导水系数 T		
							m/d			m²/d		
							单井	项目	分区	单井	项目	分区
I	华兰城	DR15	2050	2578	26.0	233.0	0.52	0.48	1.09	120.56	140.58	393.38
		DR16	2150	2863	20.0	336.5	0.50			167.69		
		DR17	2300	2652	23.5	320.1	0.42			133.48		
	九号院	DR20	2135	2880	18.9	268.5	0.67	0.67		180.76	180.76	
	千禧庄园	DR21	2077	2376	19.0	302.7	0.48	0.71		145.07	194.12	
		DR22	2190	3072	14.6	241.9	1.03			248.63		
		DR23	2100	3024	18.9	306.9	0.61			188.64		
	西城花园	DR47	2218	3720	5.3	416.2	1.79	1.92		745.35	740.21	
		DR48	1988	3456	5.0	358.2	2.05			735.08		
	职业技术 学院	DR50	2140	3725	12.6	441.6	0.76	1.34		334.39	607.80	
		DR51	2270	3364	3.5	482.0	2.00			965.95		

地热 分区	井位	统一 编号	井深 m	水量 m³/d	降深 m	含水层 厚度 m	渗透系数 K m/d			导水系数 T m²/d		
							单井	项目	分区	单井	项目	分区
	未来城	DR52	2205	3725	7.8	415.5	1.26			523.0		
		DR43	2185	3024	9.8	396.0	0.86	1.72		339.78	672.48	
		DR44	2185	3432	3.5	389.0	2.58			1005.19		
	清华园	DR24	2056	2592	8.0	216.7	1.68	0.82		363.58	217.72	
		DR25	2151	3456	15.3	274.4	0.97			266.98		
		DR26	2151	3408	23.1	316.1	0.56			177.45		
		DR27	2316	2520	23.0	269.3	0.48			130.53		
		DR28	2315	2760	21.5	358.4	0.42			150.07		
II	第六社区	DR30	1980	2400	17.0	298.2	0.55	0.55		162.74	162.74	
	龙郡盛景	DR37	2212	3192	22.0	604.1	0.27	0.27		165.23	165.23	
	兰湾国际	DR41	2200	3000	12.0	405.0	0.69	0.71		278.97	280.80	
		DR42	2170	3024	12.0	382.1	0.74			282.63		
	凤凰城一二期	DR07	2130	2400	10.0	306.6	0.86	1.22		265.20	319.56	
		DR08	2116	2880	8.5	362.6	1.02			370.10		
		DR09	1947	2467	9.0	156.1	2.04			318.59		
		DR10	2069	2832	9.7	335.0	0.97			324.33		
III	公园首府	DR11	2000	1920	8.5	182.2	1.38	0.68		252.20	181.96	
		DR12	1996	2880	15.1	601.4	0.35			209.46		
		DR13	2020	2424	23.5	280.5	0.44			122.38		
		DR14	2075	2328	18.9	270.3	0.53			143.81		
	黄河湾	DR53	2090	2090	8	181	1.40			253.4		
IV	东方御景	DR01	1984	2880	8.5	197.6	1.96	0.96		387.70	267.99	
		DR02	2101	2880	14.0	577.0	0.39			225.31		
		DR03	2079	3144	19.3	353.3	0.54			190.94		
	东湖颐苑	DR04	1952	3744	23.0	175.5	1.17	0.70		205.33	219.61	
		DR05	2090	2880	11.0	763.5	0.36			275.05		
		DR06	2150	2880	18.9	321.0	0.56			178.45		
V	黄河湾	DR53	2090	2090	10.06	181	1.042	1.42	1.42	257.4	257.4	257.4

(7) 弹性释水系数 μ^*

据本次实测抽水试验及收集资料数据,按照计算分区分别选取 1 组具有代表性抽水试验资料进行计算分析,采用降深-时间配线法求取水文地质参数。

①由实际资料绘制 $\lg s - \lg t$ 曲线与 $W(u) - \frac{1}{u}$ 标准双对数曲线进行拟合,选配合点,取其坐标值 $W(u)$, S 值和 $\frac{1}{u}$, t 值,带入公式计算有关参数。

$$T = \frac{Q}{4\pi[S]} W(u) \quad \text{式 5-11}$$

$$\mu^* = \frac{T}{\alpha} = \frac{4Tt}{r^2 \frac{1}{u}}$$

式中：T—导水系数（m²/d）；Q—稳定出水量（m³/d）； $W(\mu)$ —井函数；S—水位降深（m）； α —导压系数(m²/d)；u—井函数自变量； μ^* —弹性释水系数。

②由 Aquifertest 软件进行分析计算，采用无越流的 Theis（配线）法求取水文地质参数。计算结果见表 5-3。

表 5-3 弹性释水系数结果表

地热分区	井位	统一编号	井深 m	水量 m ³ /d	降深 m	含水层厚度 m	弹性释水系数 μ^*
I	九号院	DR20	2135	2880	18.9	268.5	0.00062
II	第六社区	DR30	1980	2400	17.0	298.2	0.00073
III	公园首府	DR13	2020	2424	23.5	280.5	0.00071
IV	东方御景	DR03	2079	3144	19.3	353.3	0.00063
V	黄河湾	DR53	2090	100	1.06	181	0.00070

5.4.2 参数确定结果

根据前文参数确定方法，各分区参数具体见表 5-4。

表 5-4 各分区参数取值结果表

参数	符号	单位	I	II	III	IV	V
计算热能面积	A	km ²	105.9	50.7	38.9	60.5	24.0
热储层平均有效厚度	D	m	281	219	251	278.5	215
热储层有效孔隙率	Φ	%	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
热储岩石密度	ρ_r	kg/ m ³	2600	2600	2600	2600	0600
热储地热水密度	ρ_w	kg/ m ³	977.7	975	975	977.7	975
热储岩石比热	C _r	J/kg·℃	880	880	880	880	880
热储水比热	C _w	J/kg·℃	4180	4180	4180	4180	4180
热储层计算段的平均温度	T	℃	74	73	73	74	73
基准温度	T ₀	℃	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3
热储起始点以上水头高度	H	m	1522.5	1513.7	1447	1500.3	1510.0
热储顶板埋深		m	1571	1556	1492	1552	1550
水位埋深		m	48.5	42.3	45	51.7	46.0

渗透系数	K	m/d	1.09	0.69	0.68	0.83	1.42
导水系数	T	m ² /d	393.38	232.08	181.96	243.8	257.4
弹性释水系数	μ^*		0.00062	0.00073	0.00071	0.00063	0.0007

5.5 地热资源量评价

包括储存资源量及可开采量的计算。其中储存资源量采用体积法计算，回灌条件下可开采量分别热突破法、权益保护半径法及比拟法 3 种方法分析计算，未回灌条件下可开采量采用最大允许降深法及经验系数法进行计算，相互验证后取值。

5.5.1 地热资源量

根据式 5-1 计算得，新近系馆陶组热储中储存热量为 $11.3 \times 10^{15} \text{kJ/a}$ ，其中岩石中储存的热量为 $7.3 \times 10^{15} \text{kJ/a}$ 、水中储存的热量为 $4.0 \times 10^{15} \text{kJ/a}$ ，可折合标准煤 $38.5 \times 10^4 \text{t/a}$ 。各分区资源量见表 5-5。

表 5-5 调查区储存资源量计算结果表

计算分区 编号	分区面积 km ²	热储 温度 ℃	热储中储存 的水量 10 ⁹ m ³	热储中 水的热量 10 ¹⁵ kJ	岩石中储存 的热量 10 ¹⁵ kJ	热储中储存 的热量 10 ¹⁵ kJ	折煤量 10 ⁴ t
I	105.9	74	6.9	1.6	3.0	4.7	15.9
II	50.7	73	2.6	0.6	1.1	1.7	5.8
III	38.9	73	2.3	0.5	1.0	1.5	5.1
IV	60.5	74	3.9	0.9	1.7	2.6	9.0
V	24.0	73	1.2	0.3	0.5	0.8	2.7
合计	280.0	/	17.0	4.0	7.3	11.3	38.5

5.5.2 地热流体可开采资源量

(1) 回灌条件下地热流体可采量

权益保护半径法计算地热流体可开采资源量

利用表 5-4 各地热分区取值，根据式 5-6 权益保护半径法计算各分区地热流体可开采量见表 5-6。

表 5-6 权益保护半径法计算可开采量结果表

计算分区 编号	分区面积 km ²	热储 温度 ℃	地热流体 可开采量 10 ⁶ m ³ /a	地热流体 可采量模数 (×10 ⁴ m ³ /a/km ²)	可开采热量 10 ¹² kJ/a	折煤量 10 ³ t/a
I	105.9	74	140.6	132.75	33.2	1131.2
II	74.7	73	54.1	106.79	12.4	426.8
III	38.9	73	41.3	106.29	9.6	326
IV	60.5	74	69.4	114.70	16.4	558.4
V	24.0	73	25.2	104.84	6	198.4
合计	280.0	/	305.5	109.10	71.6	2442.4

最终确定回灌条件下调查区地热流体总可采量为 $305.5 \times 10^6 \text{m}^3/\text{a}$ ，单位面积地热水可开采量为 $109.1 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}/\text{km}^2$ ，调查区总可开采热量为 $71.6 \times 10^{12} \text{kJ/a}$ 。

(2) 不回灌条件下地热流体可采量

1) 最大允许降深法计算地热流体可开采资源量

利用表 5-4 各地热分区取值，根据式 5-7 最大允许降深法计算各分区地热流体可开采量见表 5-7。

表 5-7 允许最大降深法计算可开采量结果表

计算分区 编号	分区面积 (km ²)	热储 温度 (℃)	地热流体 可开采量 (10 ⁶ m ³ /a)	可开采热量 (10 ¹² kJ/a)	折煤量 (10 ³ t/a)
I	105.9	74	1.7	0.4	13.9
II	50.7	73	0.8	0.2	6.5
III	38.9	73	1.0	0.2	8.0
IV	60.5	74	1.4	0.3	11.1
V	24.0	73	0.7	0.2	5.8
合计	280.0	/	5.7	1.3	45.3

2) 经验系数法计算地热流体可开采资源量

利用表 5-4 各地热分区取值，根据式 5-8，经验系数法计算各分区地热流体可开采量见表 5-8。

表 5-8 经验系数法计算可开采量结果表

计算分区 编号	分区面积 (km ²)	可开系数 (a)	地热流体储 存量 (10 ⁸ m ³ /a)	地热流体可 开采量 (10 ⁶ m ³ /a)	可开采热量 (10 ¹¹ kJ/a)	折煤量 (10 ³ t/a)
I	105.9	0.0003	69.4	2.1	4.9	16.8
II	50.7		26.1	0.8	1.8	6.2
III	38.9		22.9	0.7	1.6	5.4
IV	60.5		39.3	1.2	2.8	9.5
V	24.0		12.1	0.4	0.8	2.9
合计	280.0	0.0003	169.8	5.1	11.9	40.7

3) 结果选定

综上, 不回灌条件下采用了最大允许降深法及经验系数法 2 种计算方法, 对比结果见表 5-9。其中最大允许降深法计算结果与经验系数计算值较为接近, 故两种方法均较可靠, 保守起见, 本次采用两种计算结果的较小值, 取经验系数法结果, 即不回灌条件下, 地热流体可采资源量为 $5.1 \times 10^6 \text{m}^3/\text{a}$, 可开采热量 $11.9 \times 10^{11} \text{kJ/a}$, 折标准煤 $4.07 \times 10^4 \text{t/a}$ 。

各分区地热流体可开采量见表 5-11。

表 5-9 不回灌条件下地热流体可采量计算结果表

计算分 区编号	分区面积 (10 ⁶ m ²)	热储 温度 (℃)	地热流体可采量 (10 ⁶ m ³ /a)		保守取值 地热流体可 采量 (10 ⁶ m ³ /a)	可开采热量 (10 ¹¹ kJ/a)	折煤量 (10 ³ t/a)
			最大允许 降深法	经验系数法			
I	105.9	74	1.7	2.1	2.1	4.9	16.8
II	50.7	73	0.8	0.8	0.8	1.8	6.2
III	38.9	73	1.0	0.7	0.7	1.6	5.4
IV	60.5	74	1.4	1.2	1.2	2.8	9.5
V	24.0	73	0.7	0.4	0.4	0.8	2.9
合计	280.0	/	5.7	5.1	5.1	11.9	40.7

5.7 数值模拟预测

为验证资源量计算结果, 并对不同方案进行预测分析, 本次在充分利用所收集资料的基础上, 深入认识调查区深层地下水系统的基本水文地质条件, 建立调查区深层

地下水系统的水文地质概念模型，进而建立与概念模型相适应的数学模型，利用矩形网格有限差分法对目标层地下水系统进行三维数值模拟，预测分析开采方案可行性。

5.7.1 模拟范围

调查区内地热资源的开发供暖主要利用的是新近系馆陶组热储，因此本次工作对调查区内新近系馆陶组热储进行地热流体可采量数值模拟，馆陶组热储遍布全区，所以本次模拟范围为调查区范围，面积 280.0 万 m²。

5.7.2 概念模型

调查区热储层之间存在较厚隔水层，不同层间无明显的水力联系，但工作区热储层地热流体和区外同层地热流体存在水力联系。因此，将工作区地下水水流系统概化为：在平面上为无限伸展的，在垂直剖面上为一个主要含水砂层，其上、下为相对隔水的无越流补给的砂岩、泥岩层所组成的三层结构系统。分别为上部的明化镇组热储层、中间的馆陶组热储层及下覆的古近系热储层。见图 5-3。

盖层：调查区热储具有良好的盖层条件，热储盖层为巨厚的第四系，厚度一般在 300m 左右，分布稳定。其中的粘土和砂质粘土层具有很好的保温隔热作用，有利于地热资源的富集与储存。

储层：该热储层遍布分布在各个地热分区内，顶板埋深约为 1250m 左右，底板埋深 2100m 左右，不同地热分区，热储层厚度差异较大，热储岩性为顶部以棕红色泥岩为主夹棕黄色细砂岩，中部为棕红色泥岩与棕黄色细砂岩呈不等厚互层，下部以棕黄色细砂岩为主夹棕红色泥岩，底部见一厚层状杂色砂砾岩，含水层渗透性好，根据兰考县现有地热井成井资料，该层位地热井井口出水温度普遍在 70~80℃ 之间，现该层热储为兰考县城地热供暖主要利用层位。

模型底部：根据本次评价深度及区域资料，设 2500m 深度为恒定大地热流边界，边界大地恒定热流为本次评价热储层稳定底部热源，主要为古近系地层。

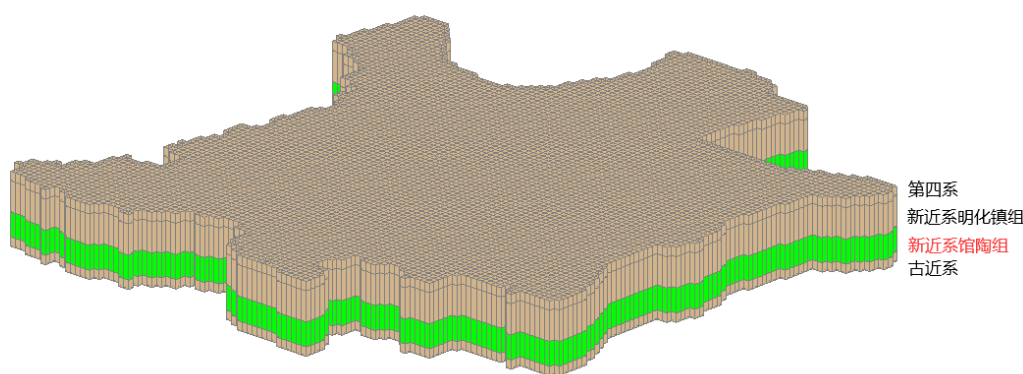


图 5-3 调查区地质模型图

流体运移：馆陶组热储层地热流体主要补给来源为区外西部山区大气降水，垂向补给不明显，地热流体由西向东或由西北向东南径流，运移缓慢，地热流体人为开采为主要排泄途径。在开采时热储层地热流体属于非稳定的静储量消耗型。地热类型为呈层状分布的盆地型地热，断裂导热作用不明显，热流传递方式为传导型。

5.7.3 数学模型

由上所述，调查区地下水流为三维流动系统，在不考虑流体密度变化的情况下，其数学模型为：

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial}{\partial x} (K_x \frac{\partial H}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_y \frac{\partial H}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (K_z \frac{\partial H}{\partial z}) + \varepsilon = s_s \frac{\partial H}{\partial t} \quad (x, y, z) \in \Omega, t > 0 \\ H(x, y, z, t) \Big|_{t=0} = H_0(x, y, z) \quad x, y, z \in \Omega \\ K \frac{\partial H}{\partial n} \Big|_{(x, y, z) \in \Gamma} = q(x, y, z) \end{array} \right.$$

式中： H —地下水水头(m)；

K_x, K_y, K_z — x, y, z 方向渗透系数(m/d)；

K —边界法线方向渗透系数；

s_s —含水层比储水系数(1/m)；

Γ —模拟区域第二类边界；

H_0 —含水层初始水头(m)；

q —含水层二类边界单位面积过水断面补给流量(m²/d)；

ε —源汇项强度(包括开采强度等)(1/d)；

Ω —渗流区域；

n —渗流区边界的单位外法线方向，矢量。

5.7.4 水流数值模型

(1) 网格剖分

建立了地下水渗流的数学模型之后，要对渗流区进行离散化(剖分)。将复杂的渗流问题处理成在剖分单元内简单的规则的渗流问题。无论是用有限元法或是用有限差分法进行数值计算。计算结果的精度和可靠性、收敛性及稳定性在很大程度上取决于单元的剖分方法及单元剖分程度，在离散化时要遵循两条基本原则：

①几何相似。要求物理模拟模型从几何形状方面接近真实被模拟体。

②物理相似。要求离散单元的特性从物理性质方面(含水层结构、水流状态)近似于真实结构在这个区域的物理性质。

网格剖分对计算的精度及计算的效率有很重要的影响。本研究对重点调查区网格水平距离在 100m 左右。见图 5-4。

模拟范围为整个调查区，面积 280.0km²。根据调查区地热边界条件，模拟区域在垂向上共分为 4 层，本次主要对第三层馆陶组热储进行水流模拟，为精细刻画，对其进行了参数分区（图 5-5），

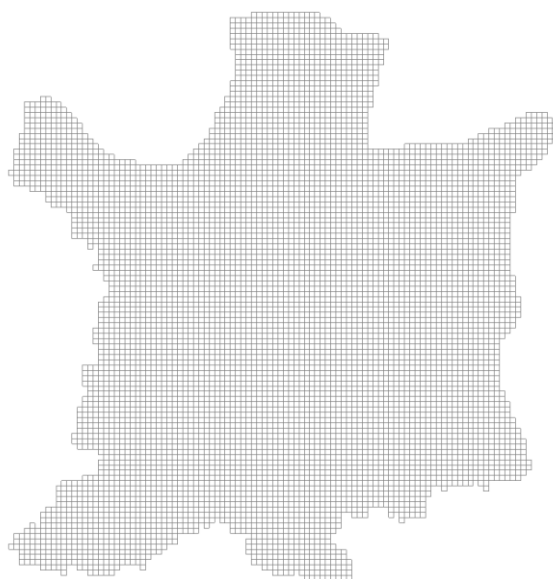


图 5-4 调查区网格剖分图

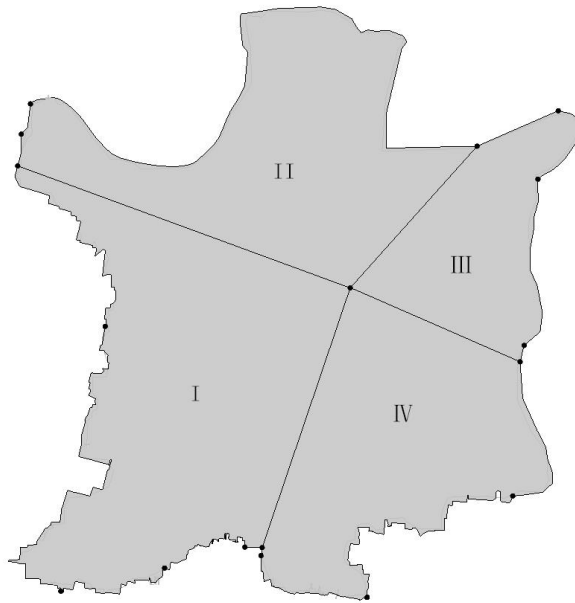


图 5-5 调查区地热分区

(2) 边界条件

①侧向边界

根据近年多次水位流场分布情况，对模拟区边界条件进行定义概化，本次模拟区边界条件包括零通量边界及通用水头边界。分布及参数取值见图 5-6。

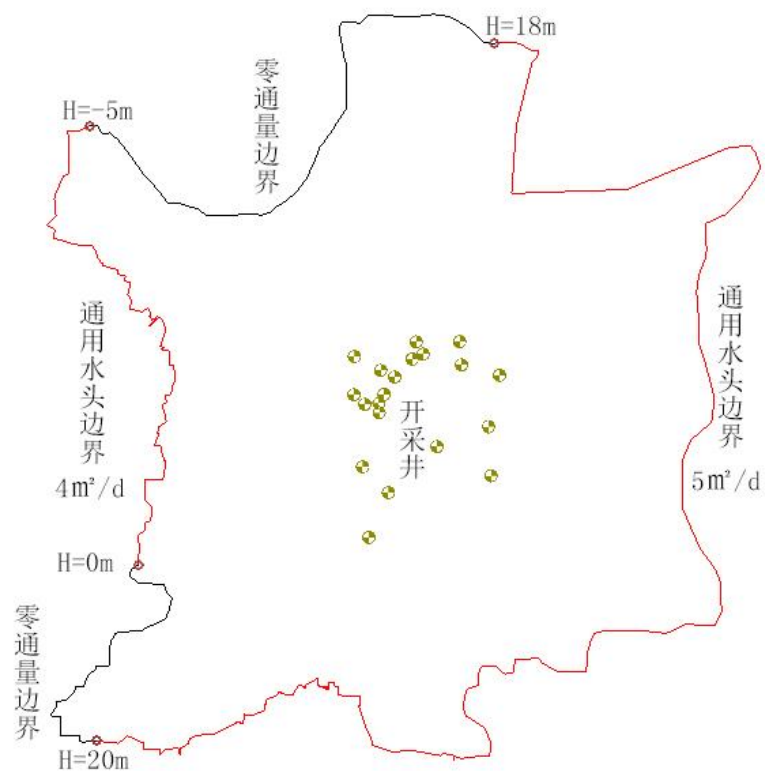


图 5-6 边界条件概化

②底部边界

底边界定为第二类边界条件，深度在 2100m 左右，主要为调查区底部流体向上入渗量，但流量很少。因为深度大、资料少等原因，不能完全掌握其流量变化情况，因此在本次模拟中定为零流量边界。

③顶部边界

由于上边界埋深在 1250m 左右，且上有几十米厚的隔水层，因此做零流量边界。

(2) 初始条件

由于调查区内的水文地质研究少，其地热资源开采大多处于无序状态，常年观测数据较少，很难确定初始压力水头，因此采用稳定流模型来确定初始流场，然后用计算出来的初始流场做动态模拟的初始水头，见图 5-7。

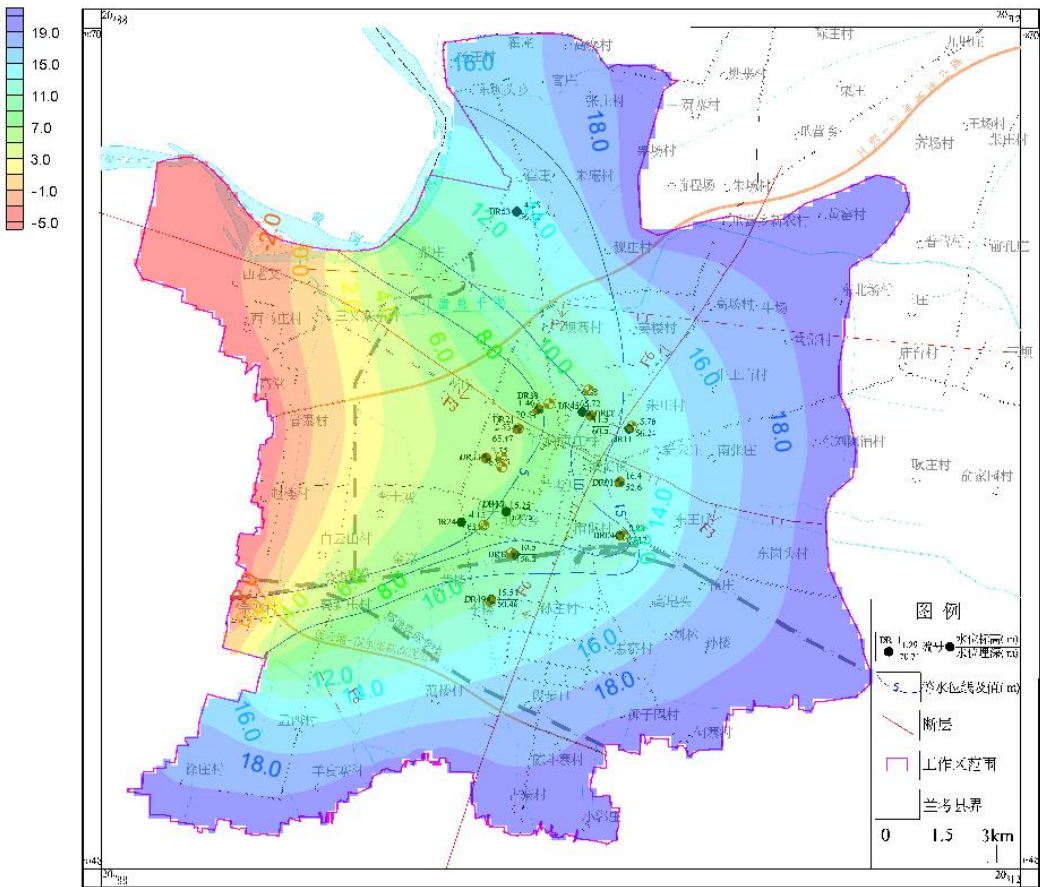


图 5-7 初始流场及实测流场拟合图

(3) 模型校正

由于调查区地热大多处于无序开发状态且常年观测资料较少，因此拟应用流场随机识别法，既把观测到的各观测孔的压力水头投放到相同时刻的模拟流场中的对应位置上，检验模拟效果。

根据 3 个新近系馆陶组热储地热井近 5 年水位动态资料，进行模型校正，验证期 2018~2022 年。其中商业中心地热井水位动态及模拟水位动态对比见图 5-8。

模型经过校正后对比计算压力水头与观测压力水头发现，大部分观测点能够符合的较好，能够比较真实的反映调查区地下水流场的变化规律。

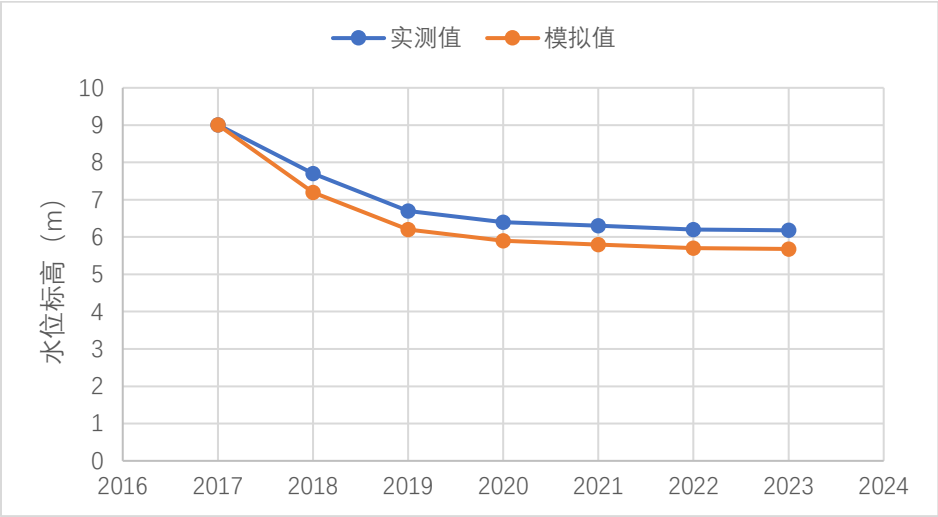


图 5-8 模拟压力水头高程与实测值比较图

5.7.5 开采方案模拟预测与评价

据访问，调查区 5 年内拟新增供暖面积 555 万 m^2 ，拟新增地热开采井 27 眼，回灌井 46 眼，预计年开采量 800 万 m^3/a 。其中取水后全部同层等量回灌。新增开采井分布于 18 个住宅小区，井位置分布见图 5-9。

模拟方案一：将未来 5 年开采方案(新增地热开采井 27 眼，回灌井 46 眼，年开采量 800 万 m^3/a ，回灌量 800 万 m^3/a)代入已校正的数值模型，分别模拟预测回灌条件下未来 1 年 3 年、5 年、10 年水位流场变化情况。

表 5-10 模拟方案一开采量

计算分区 编号	分区面积 (km^2)	热储 平均温度 ($^{\circ}\text{C}$)	地热流体 开采量 $10^4\text{m}^3/\text{a}$
I	105.9	74	1757
II	50.7	73	677
III	38.9	73	517
IV	60.5	74	867
V	24.0	73	315
合计	280.0	/	4130

模拟方案二：对前文计算的不回灌条件下地热水可采量为 249 万 m^3/a ，通过 6 眼取水井均布带入模型模拟预测，取水不回灌。

预测流场结果分别见图 5-10 至 5-13。

其中中心城区最大降幅所在地为未来都市小区地热井，预测不回灌及回灌情况下水位动态曲线见图 5-14、图 5-15。

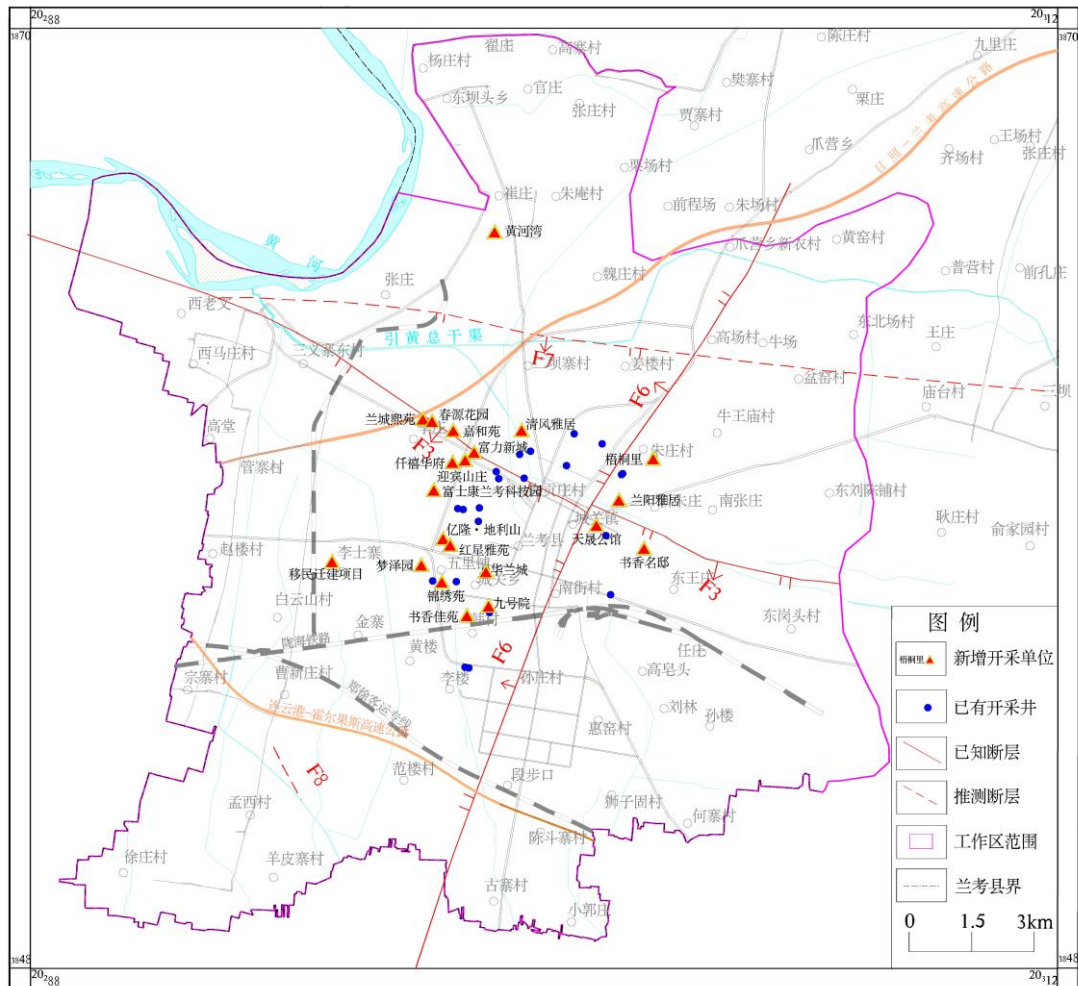
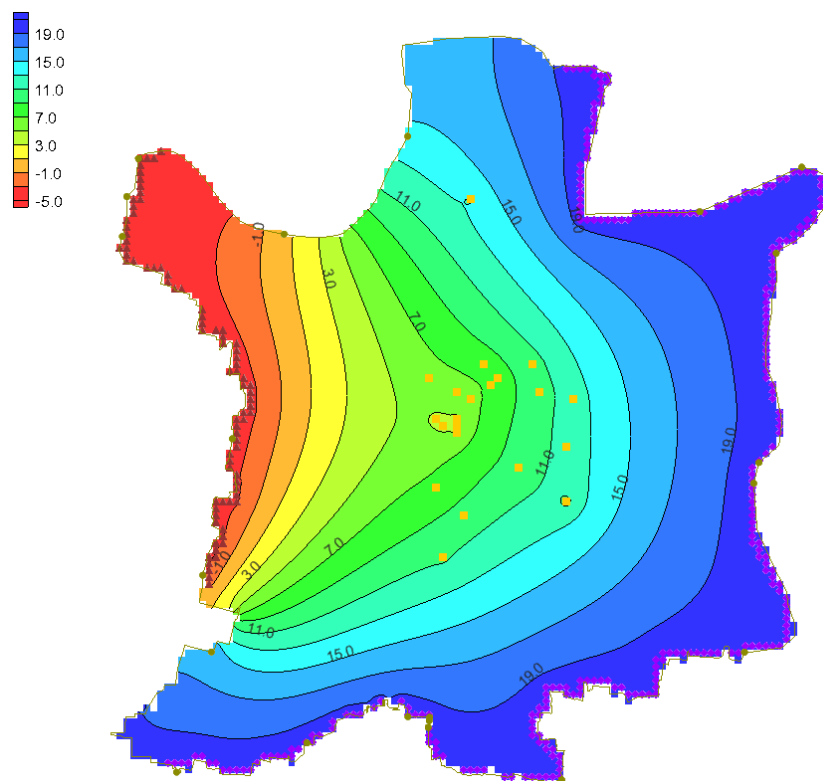
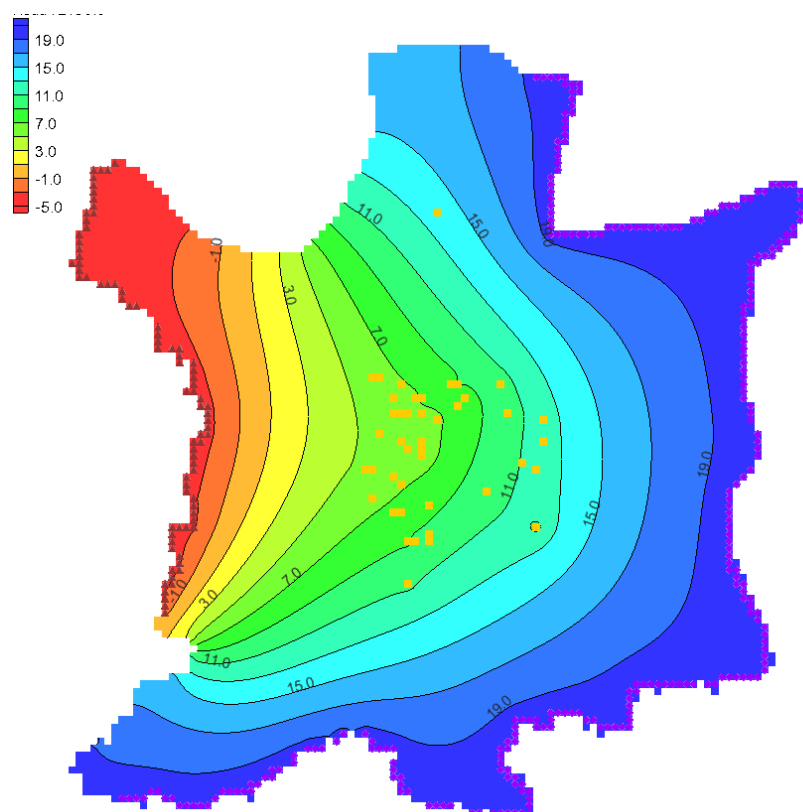


图 5-9 未来 5 年拟新增取水单位分布图

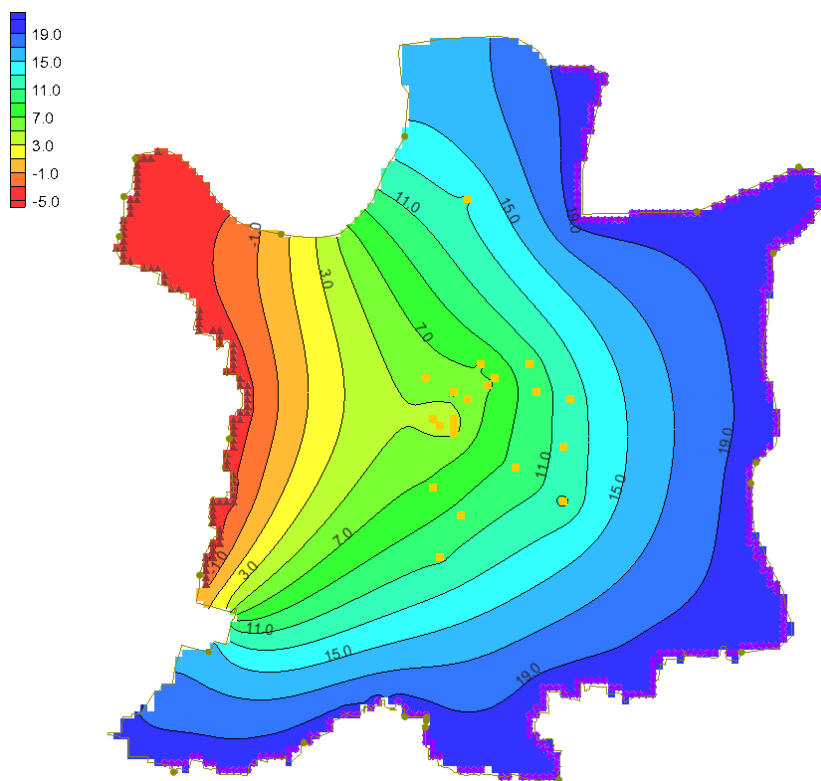


不回灌条件下

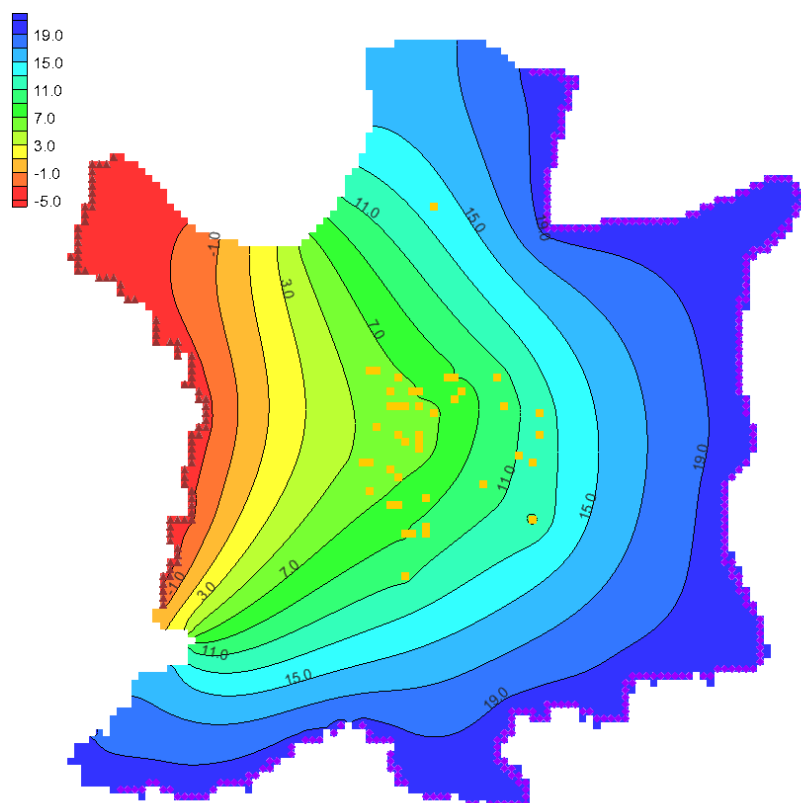


回灌条件下

图 5-10 预测第 1 年末流场图

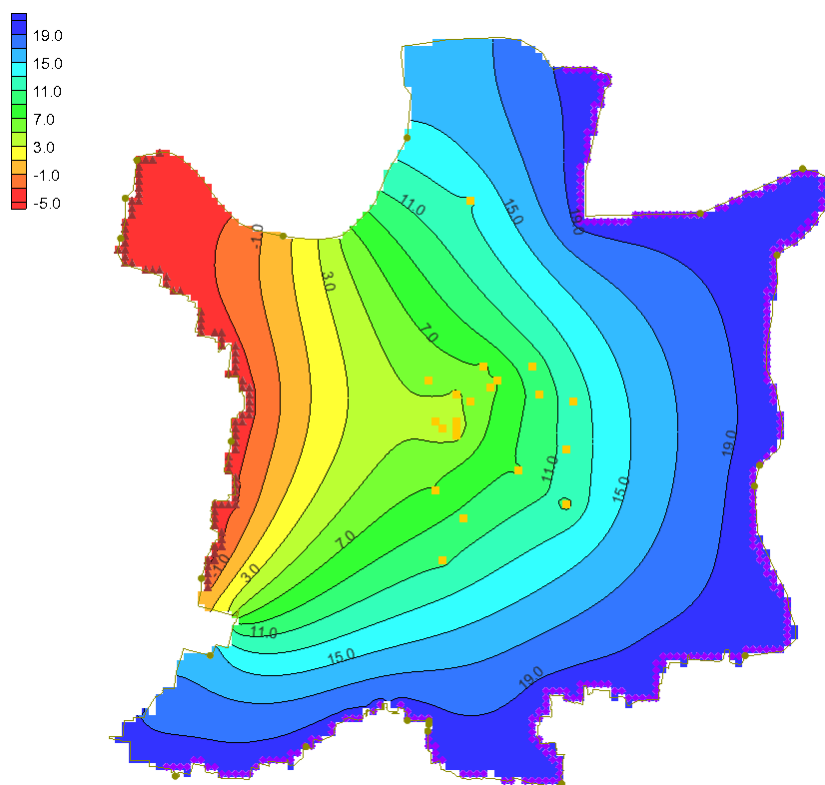


不回灌条件下

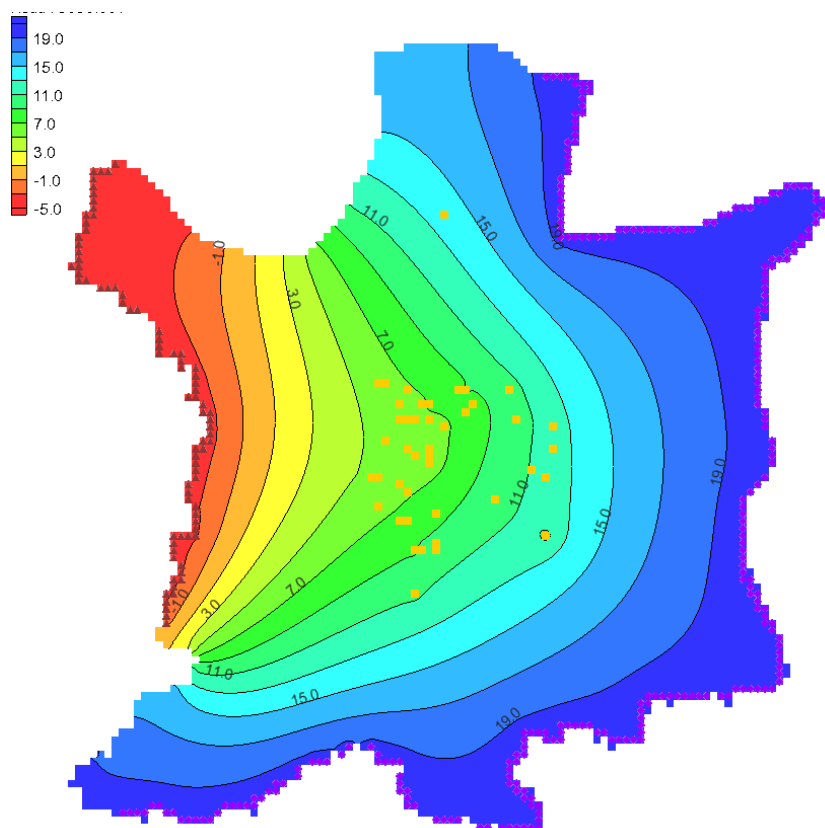


回灌条件下

图 5-11 预测第 3 年末流场图

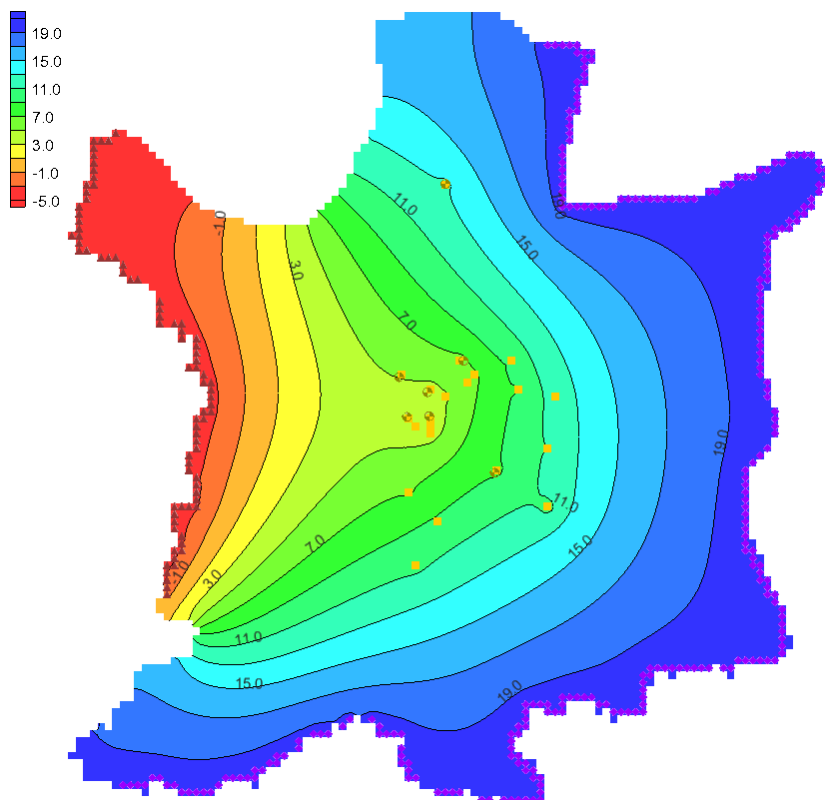


不回灌条件下

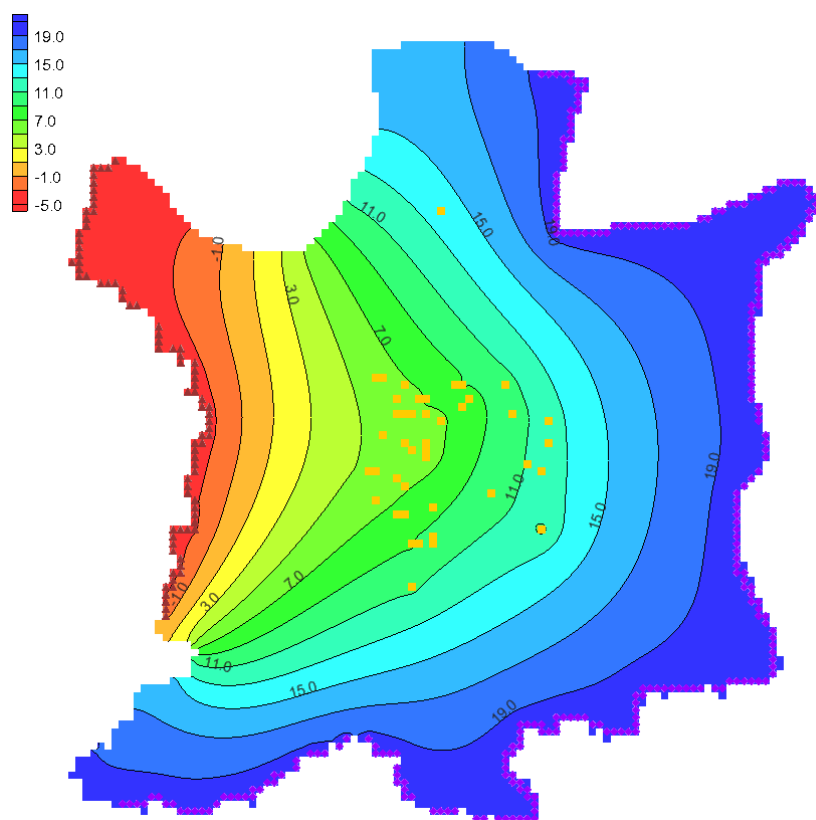


回灌条件下

图 5-12 预测第 5 年末流场图



不回灌条件下



回灌条件下

图 5-13 预测第 10 年末流场图

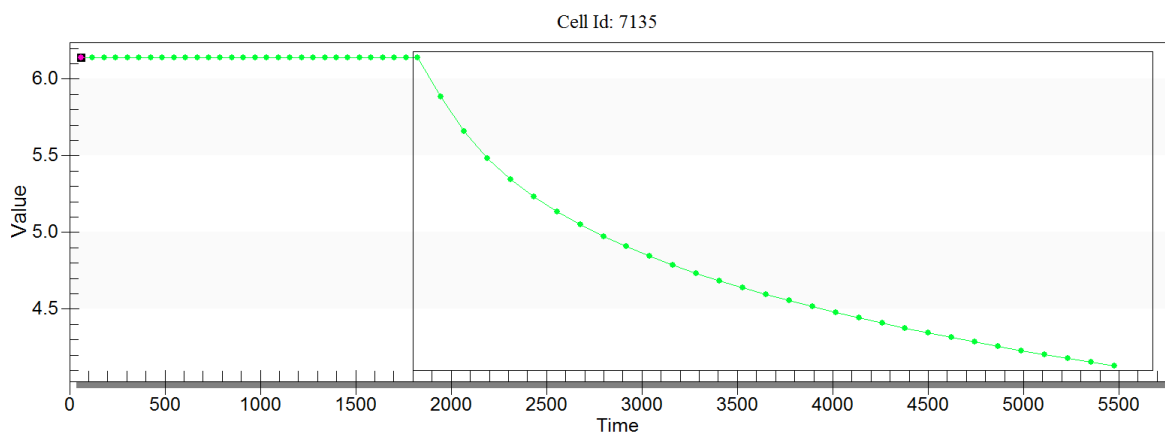


图 5-14 预测不回灌条件下新建未来城都市小区地热井水位动态曲线

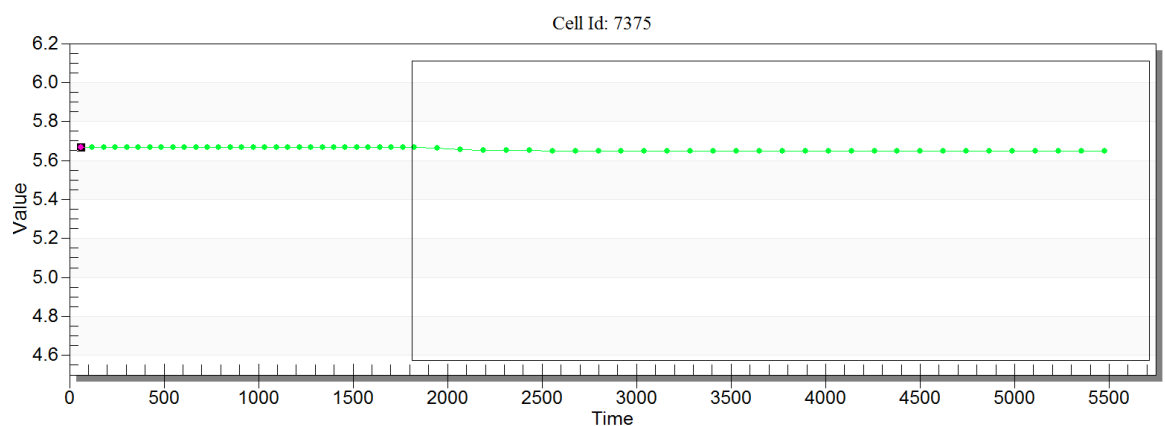


图 5-15 预测回灌条件下新建未来城都市小区地热井水位动态曲线

由图 5-14 可知，中心城区新增地热取水量 249 万 m^3/a 不回灌条件下，10 年后调查区新近系馆陶组热储层地下压力水头明显下降。中心城区热储压力水头在 4~13m 左右，地下水 10 年最大降幅约为 2.1m，年均降幅 0.21m/d；

由图 5-15 可知，新增地热开采井 27 眼总年开采量 800 万 m^3/a 并全部回灌条件下，中心城区热储压力水头在 6~13m 左右，地下水 10 年最大降幅约为 0.3m，年均降幅 0.03 m/d。

综上，回灌条件下水位降幅远小于不回灌情况，不回灌及回灌条件下年降幅均小于 1m/d，且水位降幅逐年趋缓，对地下水影响逐年减小至微弱。即调查区内兰考县中心城区年新增开采 249 万 m^3/a 馆陶组地热水合理可行，即调查区不回灌条件下允许开采量为 249 万 m^3/a ，回灌条件下未来 5 年年均开采量 800 万 m^3/a 可行。

第六章 地热流体质量评价

天然矿泉水资源是指在天然条件下赋存于地层中，在地质作用下自然形成的，以地下水中含有一定量的矿物质为特征的，且矿物质含量、温度和水位等物理化学特征在天然周期波动范围内相对稳定的矿产资源。根据其物理化学特性和对人体理疗作用划分为饮用天然矿泉水资源和理疗天然矿泉水资源。

根据本次分析的地热流体化学成分资料，对调查区馆陶组热储层地热流体的水质从饮用天然矿泉水、理疗天然矿泉水、生活饮用水、地热流体结垢和腐蚀性等方面进行评价。

6.1 饮用天然矿泉水评价

6.1.1 评价方法

饮用天然矿泉水评价依据《饮用天然矿泉水水质标准》（GB8537-2018），采用单项组分评价，以单项因子含量与标准含量对比，从而判断调查区馆陶组各项指标是否符合饮用天然矿泉水水质标准。

6.1.2 评价结果

根据调查区内的地热井水样检测结果，对照饮用天然矿泉水水质标准，区内地热水平饮用天然矿泉水水质评价结果见表 6-1（备注：加粗为超标项）。

调查区新近系馆陶组地热流体中，溶解性总固体和部分锂、锶、偏硅酸含量虽然达到了饮用天然矿泉水界限指标，但所有水样中锰、耗氧量超过指标限制，另部分水样中溴酸盐、硼酸盐、挥发酚含量却超过了限量指标，故调查区所有馆陶组地热水全部不能作为饮用天然矿泉水饮用。

6.2 理疗天然矿泉水评价

6.2.1 评价方法

理疗天然矿泉水评价依据《天然地热矿泉水资源地质勘查规范》（GB/T 13727—2016）表 1《理疗天然矿泉水水质标准》，采用单项组分评价，以单项因子含量与标准含量对比，从而判断新近系馆陶组各项指标是否符合理疗天然矿泉水水质标准。

表 6-1 饮用天然矿泉水评价表单位: mg/L

指标	项目	标准含量	东湖颐苑 1 井	公园首府 4 井	华兰城 1 井	千禧庄 园 1 井	龙郡盛 景 1 井	清华园 2 井	商业中 心 4 井	天晟公 馆 4 井	油田六社 区	职业技术 学院 1 井	西城花 园探采 1 井	兰湾国 际 1 井	未来城 1 井	东坝头 黄河湾	中心城 区 9 号 院
界限指标	锂	≥0.2			4.06			1.89			5.11					0.77	2.96
	锶	≥0.2			966			82.09			23.86					30.3	74.2
	锌	≥0.2			0.005	0.124	0.02	0.004	0.10		<0.005	0.02	0.02	0.02	0.02		
	偏硅酸	≥25.0		49.40	59.33					49.28	42.9					46.2	47.5
	硒	≥0.01									<0.001	<0.0004					
	游离 CO ₂	≥250	19.80	11.09			6.83		0	2.77	17.6	0	0	11.8	0		
	溶解性总固体	≥1000	14536.6	10507.93	18718.5	25408	16800	20176	22600	12232.92	14900.33	21600	38700	16500	12600	13031	18216
限量指标	硒	<0.05									<0.001	<0.0004					
	锑	<0.005									0.002						
	铜	<1.0	<0.003		<0.009	0.070	0.05	0.006	0.05		<0.005	0.05	0.05	0.05	0.05		
	钡	<0.7									0.21					0.2	0.29
	总铬	<0.05	<0.002			0.028	0.01		0.004		<0.001	0.012	0.007	0.008	0.005		
	锰	<0.4	1.95		0.670	2.816	2.16	3.63	4.42		1.78	3.52	3.98	2.38	2.68	2.12	4.44
	镍	<0.02									<0.005						
	银	<0.05									<0.005						
	溴酸盐	<0.01			<0.016						/						
	硼酸盐	<5			6.85						8.32					9.25	11.6
	氟化物	<1.5	0.62	0.73	0.58	0.5	0.675	0.41	0.130	0.74	0.48	0.006	1.12	0.692	1.32	0.217	0.124
	耗氧量	<2.0		13.20	16.00	7.4	4.7		7.4	11.34	10.26	10.0	/			6.13	5.89
	挥发酚	<0.002			<0.0003		0.0067		0.0012		<0.002	0.0016	0.0031	0.0077	0.0039		
	氰化物	<0.01			<0.004						<0.001						
	矿物油	<0.05									<0.05						
	阴离子合成洗涤剂	<0.3									<0.05	0.23	0.12	0.09	0.1		
	226Ra	<1.1Bq/l						0.14			/						
	总 β	<1.5Bq/l			0.153			0.71			/	/	/				
评价结果			不符合	不符合	不符合	不符合	不符合	不符合	不符合	不符合	不符合	不符合	不符合	不符合	不符合	不符合	不符合

6.2.2 评价结果

根据调查区内的地热井水样检测结果，对照理疗天然矿泉水水质标准，区内地热水利疗天然矿泉水水质评价结果见表 6-2。

根据表 6-2 可知，东湖颐苑 1 井、清华园 2 井、公园首府 4 井、千禧庄园 1 井、天晟公馆 4 井、油田六社区、西城花园探采 1 井、兰湾国际 1 井、未来城 1 井、东坝头黄河湾、中心城区 9 号院的地下水中溶解性总固体含量达到了评价指标，可命名为矿水；

龙郡盛景 1 井、商业中心 4 井、兰考职业技术学院探采 1 井的地下水中溶解性总固体、砷含量均达到了评价指标，可命名为砷矿水；

华兰城 1 井的地下水溶解性总固体、偏硅酸含量均达到了评价指标，可命名为硅酸矿水。

表 6-2 地热流体理疗矿泉水评价结果一览表单位：mg/L

位置	评价指标 限值	溶解性 总固体	偏硅酸	溴	碘	铁	砷	氡	评价 结果
		>1000	>50	>25	>5	>10	>0.7	>110	
		矿（泉）水	硅酸水	溴水	碘水	铁水	砷水	氡水	
东湖颐苑 1 井		14536.6			0.5				矿水
公园首府 4 井		10507.93	49.40						矿水
华兰城 1 井		18718.5	59.33	<0.016	0.72	0.11	0.0013		硅酸矿水
千禧庄园 1 井		25408				1.022			矿水
龙郡盛景 1 井		16800				1.71	2.4		砷矿水
清华园 2 井		20176				0.009	0.036	0.1 Bq/l	矿水
商业中心 4 井		22600				1.88	1.5		砷矿水
天晟公馆 4 井		12232.92	49.28						矿水
油田六社区		14900.33	42.9	11	1.8	1.13	0.002		矿水
兰考职业技术学院探采 1 井		21600				0.83	3.8		砷矿水
西城花园探采 1 井		38700				0.25	0.0038		矿水
兰湾国际 1 井		16500				0.3	0.0024		矿水
未来城 1 井		12600				0.15	0.0042		矿水
东坝头黄河湾		13031	46.2	6.72		0.57			矿水
中心城区 9 号院		13031	47.5	7.58		0.20			矿水

6.3 地热流体结垢性和腐蚀性评价

结垢是地热开发利用中普遍存在的问题。地热流体矿化度较高，当溶解在地热流体中的固体物质超过饱和度时，会发生结垢作用。结垢可能引起管道管径减少，换热设备传热效率降低，水流阻力增大，能耗增加，严重者甚至可能造成换热设备及管道的堵塞。

成垢作用是指水中所含的一些离子、化合物在水煮沸时发生相互作用而产生沉淀，附着于锅炉壁上形成锅垢。地热流体的结垢性可用锅垢总重量(H_0)和硬垢系数(K_n)来评价。

腐蚀是地热开发利用中普遍存在的问题。由于地热流体温度较高，而且含有多种腐蚀性化学组份，往往对地热利用设备造成严重的腐蚀破坏。地热流体的腐蚀性可以按腐蚀系数(K_k)进行定量评价。

6.3.1 评价方法

依据《地热资源地质勘察规范》(GB/T11615-2010)，参考工业锅炉用水腐蚀性和结垢性评价，对调查区馆陶组地热水腐蚀性和结垢性进行评价。

主要考虑成垢作用、腐蚀作用、起泡作用三个因素，并以锅垢总量 H_0 、硬垢系数 K_n 、腐蚀系数 K_k 和起泡系数 F 进行评价。工业锅炉用水评价指标见表 6-3。

表 6-3 工业锅炉用水水质评价标准

成垢作用				起泡作用		腐蚀作用	
锅垢总量 (H ₀)	水质类型	硬垢系数 (K _n)	水质类型	起泡系数 (F)	水质类型	腐蚀系数 (K _k)	水质类型
< 125	锅垢很少的水	< 0.25	软垢水	< 60	不起泡的水	> 0	腐蚀性水
125-250	锅垢较少的水	0.25-0.5	软硬垢水	60-200	半起泡的水	$\begin{matrix} < 0 \\ K_k+0.0503Ca^{2+} > 0 \end{matrix}$	半腐蚀性水
250-500	锅垢较多的水	> 0.5	硬垢水	> 200	起泡的水	$\begin{matrix} < 0 \\ K_k+0.0503Ca^{2+} < 0 \end{matrix}$	非腐蚀性水
> 500	锅垢很多的水	-	-	-	-	-	-
$H_0=S+C+36rFe^{2+}+17rAl^{3+}+20rMg^{2+}+59rCa^{2+}$ H ₀ -锅垢总量 (mg/L) S-悬浮物含量 (mg/L) C-胶体含量 (mg/L)		$K_h=H_h/H_0$ $H_h=SiO_2+20rMg^{2+}+68(rCl+rSO_4^{2-}-rNa^{+}-rK^{+})$		F=62rNa ⁺ +78rK ⁺		酸性水: $K_k=1.008(rH^{+}+rAl^{3+}+rFe^{2+})+rMg^{2+}-rCO_3^{2-}-rHCO_3^{-}$ 碱性水: $K_k=1.008(rMg^{2+}-rHCO_3^{-})$	
rFe ²⁺ 、rMg ²⁺, 分别为 Fe ²⁺ 、Mg ²⁺离子含量 (毫克当量/升)							

6.3.2 评价结果

根据表 6-3 中腐蚀性和结垢性评价方法，对调查区馆陶组地热水进行腐蚀性和结垢性评价，评价结果见表 6-4。

表 6-4 调查区馆陶组地热水腐蚀性和结垢性评价成果表

位置	锅垢总量分级	锅垢性质	起泡性分级	腐蚀性分级
东湖颐苑 1 井	锅垢很多	硬垢水	起泡	腐蚀性水
公园首府 4 井	锅垢很多	硬垢水	起泡	腐蚀性水
华兰城 1 井	锅垢很多	硬垢水	起泡	腐蚀性水
天晟公馆 4 井	锅垢很多	硬垢水	起泡	腐蚀性水
油田六社区	锅垢很多	硬垢水	起泡	腐蚀性水
东坝头黄河湾	锅垢较多	硬垢水	起泡	半腐蚀性水
中心城区 9 号院	锅垢很多	硬垢水	起泡	半腐蚀性水

从表 6-4 可以看出，调查区仅有东湖颐苑 1 井、公园首府 4 井、华兰城 1 井、天晟公馆 4 井、油田六社区、东坝头黄河湾、中心城区 9 号院等 7 处地热水可进行结垢性和腐蚀性评价。

从锅垢总量分级看，除东坝头黄河湾锅垢较多以外、其余均为锅垢很多的水；从锅垢性质看，均为硬垢水。因此需做软化处理，即加入一定的除垢剂后，再投入使用为宜。

从起泡性质看，均为起泡水，起泡是地热流体中的固溶物和悬浮物的浓缩导致的，使用消泡剂（如有机硅消泡剂），可以使地热流体在高浓度倍数运行条件下，达到预防蒸汽携带物对食品和衣物的污染。

在腐蚀性方面，除东坝头黄河湾、中心城区 9 号院为半腐蚀性水以外、其余均为腐蚀性水，对地热水来说，在地热流体压力水头变动带内及动压力水头以上部位，若井口不进行密闭，就会有大量的氧溶入，将会加速对此段钢管的腐蚀，所以井口装置一定要密闭减缓地热流体对钢管的腐蚀速度。

第七章 地热资源开发利用评价

7.1 地热资源开发利用可行性评价

7.1.1 开发经济性评价

依据地热井可能的成井深度，区别地热资源开采的经济型，分为：最经济的，成井深度一般小于 1000m；经济的，成井深度一般 1000~3000m；有经济风险的，成井深度大于 3000m。

调查区 3000m 左右深度内存在多层热储层，主要分为新近系明化镇组上部热储层、新近系明化镇组下部热储层、新近系馆陶组热储层及古近系热储层四种类型。依据钻孔降压试验成果，调查区内主要热储层为新近系细砂、底部砾石和古近系细砂。调查区平均地温梯度 3.07℃/100m，新近系明化镇组上部热储地热流体温度约 30℃~40℃，新近系明化镇组下部热储地热流体温度约 50℃左右，新近系馆陶组热储地热流体温度约 70~74℃，推测古近系热储地热流体温度大于 70℃，区内热储地热流体均大于地热流体温度最低界限 25℃，具有开采价值。全区钻孔施工难度小、资金投入少，地热资源开发经济性为最经济的。

7.1.2 开发利用方向

地热资源是通过漫长的地质作用形成的集热、矿、水为一体的具有复合优势的矿产资源，具有多重开发利用价值。根据地热流体质量评价，新近系馆陶组热储层地热流体中部分离子含量达到了矿水浓度，具有一定的理疗价值，可作为理疗热矿水。而由于理疗开采地热水无法进行回灌补偿，不符合水资源管理政策将逐步停用，结合目前清洁能源供暖需求，目前兰考县城区地热开发方向主要包括住宅供暖。

兰考县现阶段地热资源主要用于商业服务和居住供暖，其主要开发的热储层位为新近系明化镇组热储（逐渐停止使用）和新近系馆陶组热储。针对供热对象不同，对热能品质要求的不同，将热能进行梯级开发利用。地热梯级利用过程第一梯次是将开采出来的 60℃以上地热水，经过换热器提取热能供管网系统供热，之后进入二级换热器；第二梯次是将经过一级换热后的地热水（50℃至 55℃）进行再次换热，提取热能供地面辐射式采暖系统供热；第三梯次是将由第二梯次系统排出的地热水（35℃左右），进入热泵机组进行温度的提升后（55℃左右），再供新开发的小区 and 办公场所采暖。

7.1.3 可供暖规模评价

兰考县新近系地热流体为低温地热资源，依据地热流体可采量及其产能，评价其可开发利用的规模，用于采暖的用热规模为 50 W/m^2 。采用无调峰设施的地热水居室采暖面积估算，计算公式如下：

$$F = E_n / Q_f \quad \text{式 7-1}$$

$$E_n = 48.6Q(t_1 - t_0) \quad \text{式 7-2}$$

式中：

F ——采暖面积， m^2 ；

E_n ——热水产能， W ；

Q_f ——居室采暖热指标， W/m^2 ；

Q ——地热流体水量， m^3/d ；

t_1 ——地热水采暖进水温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_0 ——地热水采暖排水温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

依据前述地热资源计算与评价结果及地热供暖耗水（热）量参考标准，对利用新近系馆陶组地热流体进行冬季供暖的可供面积进行了计算评价，具体见表 7-1。

根据《河南省兰考县供暖专项规划（2017-2030）》，规划 2030 年供热需求面积为 2826 万 m^2 。计算兰考县城规划区地热资源总可供暖面积为 5382 万 m^2/a ，地热流体产能能够达到供暖需求。

表 7-1 地热资源开发规模评价表

评价对象		总可供暖面积 (万 m^2/a)	现状年供暖面 积 (万 m^2/a)	规划 2030 年 供暖需求 (万 m^2/a)
热储	分区			
新近系馆陶 组热储	I	1920	500	2826
	II	2570		
	III	289		
	IV	1460		
合计		6239		

7.1.4 地热产量适宜性分区

根据地热井的地热流体单位产量大小，确定适宜开采地区，分为：①极适宜开采区：地热井地热流体单位产量大于 $100\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ ；②适宜开采区：地热井地热流体单位产量大于 $50\sim 100\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ ；③较适宜开采区：地热井地热流体单位产量大于 $5\sim 50\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ ；④不适宜开采区：地热井地热流体单位产量小于 $5\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ 。

本次工作仅对新近系馆陶组热储进行地热流体适宜性开采评价，依据调查区地热井抽水试验资料，新近系馆陶组热储层地热井单位涌水量约为 $129.6 \sim 338.8 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}$ （表 7-2），即本次调查区地热流体产量均属于极适宜开采区。

表 7-2 地热资源开发适宜性评价表

分区	地热井	井深 m	单井出水量 m^3/h	产量 $\text{m}^3/\text{d} \cdot \text{m}$	适宜性评价
I	DR15	2050	93.5	129.6	极适宜开采
	DR20	2135	120	152.4	极适宜开采
	DR22	2190	128	211.0	极适宜开采
	DR24	2056	108	324.0	极适宜开采
	DR36	2155	126.03	189.0	极适宜开采
	DR37	2212	133	145.1	极适宜开采
	DR41	2200	125	250.0	极适宜开采
	DR43	2185	126	308.6	极适宜开采
	DR50	2140	155.2	295.6	极适宜开采
	DR53	2089.6	100	300.0	极适宜开采
II	DR09	1946.7	102.81	275.7	极适宜开采
	DR30	1980	100	141.2	极适宜开采
III	DR11	2000.2	80	225.9	极适宜开采
IV	DR01	1984	120	338.8	极适宜开采
	DR04	1952	156	162.8	极适宜开采

综上，调查区馆陶组地热水在回灌条件下，全区均为产量适宜开采区。

7.2 地热资源开发利用潜力评价

根据《地热资源评价方法及估算规程（DZ/T0331-2020）》，应根据各地热分区主要热储层的地热流体开采程度、地热流体热量潜力模数和最大水位降速三个指标结合来确定地热资源开发利用潜力，取三个指标中最不利者将其分为严重超采区、超采区、基本平衡区、具有一定开采潜力区、具有开采潜力区和极具开采潜力区。

7.2.1 开采系数指标评价开采潜力

本次采用不回灌条件下的水量开采系数及回灌条件下热量开采系数进行综合评价，取最不利值作为最终值。

其中热量开采系数指标衡量地热资源开发利用潜力，公式如下。

$$C_E = \frac{E_k}{E_y} \times 100\% \dots\dots\dots \text{式 7-3}$$

式中：C_E——地热流体热量开采系数；

E_k——地热流体开采热量，kJ/a；已开采热量，按已有资料统计。

E_y——地热流体允许开采热量，kJ/a，采用不回灌条件下结果。

采用地热流体热量开采系数来划分，定级标准见表7-3。

不回灌条件下各地热分区水量开采系数见表7-4；

回灌条件下各地热分区热量开采系数见表7-5。

表 7-3 热量开采系数分区参考表

分区	热量开采系数（CE）
严重超采区	≥120%
超采区	100%～120%
基本平衡区	80%～100%
具有一定开采潜力区	60%～80%
具有开采潜力区	40%～60%
极具开采潜力区	<40%

表 7-5 回灌条件下地热流体开采系数与潜力模数计算表

计算分区编号	分区面积（km ² ）	地热流体可开采量 10 ⁴ m ³ /a	地热流体可开采热量 10 ¹¹ kJ/a	地热流体已开采量（10 ⁴ m ³ /a）	已开采热量 10 ⁹ kJ/a	热量开采系数（CE）%	热量潜力模数 10 ⁹ kJ/（a·km ² ）
I	105.9	1757	4.1	120.9	0.27	0.06	3.9
II	50.7	677	1.6	86.0	0.20	0.07	3.2
III	38.9	517	1.2	24.2	0.06	0.03	3.1
IV	60.5	867	2.0	49.9	0.12	0.04	3.3
V	24.0	315	0.7	0	0	0	2.9
合计	280.0	4130	9.7	261.0	0.61	0.05（平均）	3.3（平均）

由上文资源量评价结果计算，各计算分区热量开采系数均<40%，均为极具开采潜力区。

7.2.2 资源量潜力模数评价开采潜力

采用地热流体潜力模数衡量地热资源开发利用潜力。地热流体热量潜力模数依据下式进行计算。

$$M = \frac{E_y - E_K + R}{A} \dots\dots\dots \text{式7-4}$$

式中：M—地热流体热量潜力模数 ($\text{kJ}/\text{km}^2\cdot\text{a}$)；

E_y —地热流体允许开采热量 (kJ/a)，按照不回灌条件下计算结果；

E_k —地热流体开采热量 (kJ/a)；

R—地热流体热量补给量 (kJ/a)，保守原则不考虑。

A—面积 (km^2)。

根据潜力模数整体情况，按表7-7进行潜力级别评价。

表7-7 热量潜力模数潜力分级参考表

分区	热量潜力模数 $10^8\text{kJ}/(\text{a}\cdot\text{km}^2)$
严重超采区	<1
超采区	$1\sim5$
基本平衡区	$5\sim15$
具有一定开采潜力区	$15\sim30$
具有开采潜力区	$30\sim50$
极具开采潜力区	≥ 50

计算馆陶组热储各地热分区热量潜力模数见表7-5，其中V区热量潜力模数在 $15\sim 30\times 10^8\text{kJ}/(\text{a}\cdot\text{km}^2)$ ，属于具有一定开采潜力区，I、II、III、IV区热量潜力模数在 $30\sim 50\times 10^8\text{kJ}/(\text{a}\cdot\text{km}^2)$ ，属于具有开采潜力区。见图7-1。

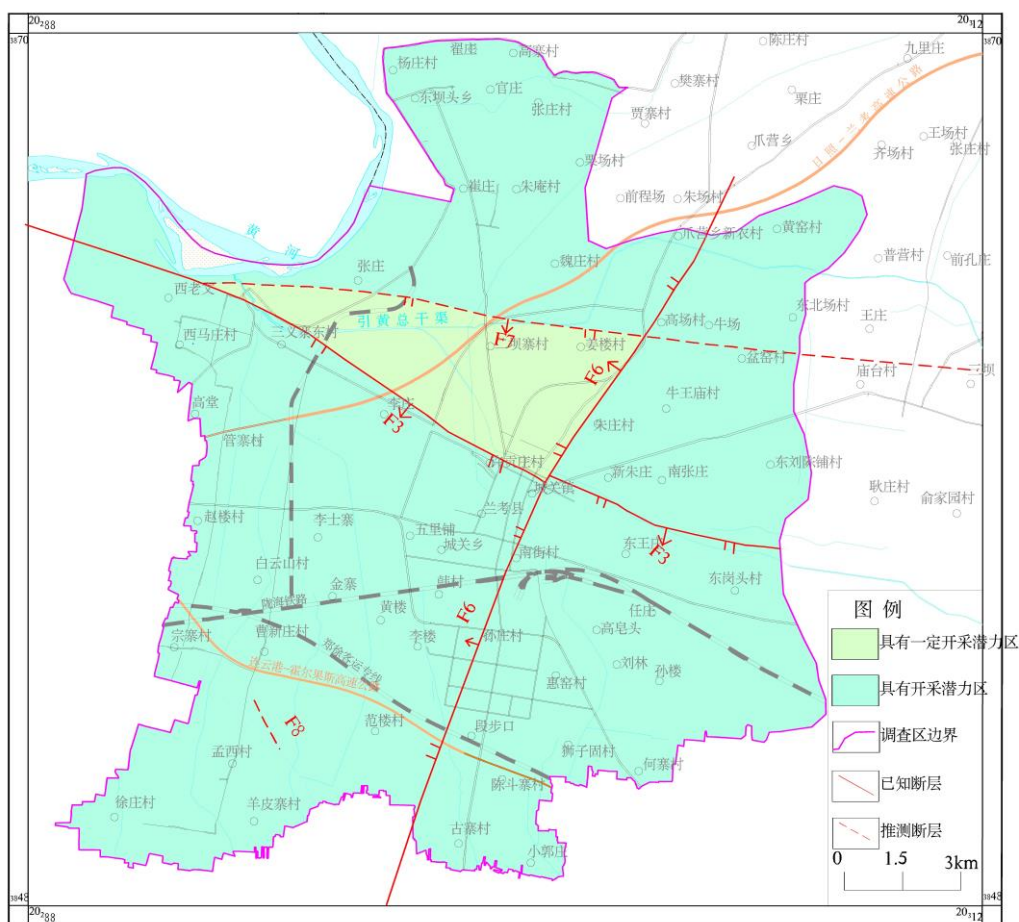


图 7-1 潜力模数指标法评价开发潜力分区图

7.2.3 最大水位降速评价开采潜力

采用地热流体最大水位降速指标衡量地热资源开发利用潜力，分类划定见7-8。

表 7-8 最大水位降速分区表

分区	最大水位降速 (m/a)
严重超采区	≥ 4.0
超采区	2.0~4.0
基本平衡区	1.0~2.0
具有一定开采潜力区	0.5~1.0
具有开采潜力区	0.2~0.5
极具开采潜力区	< 0.2

工作区馆陶组地热流体水位近年平均水位降速见表4-3。由表可知，近年来，调查区内地热井水位降幅在1.0~3.7m/a，全区平均年降幅1.8m。其中在千禧庄园、兰湾国际、上海花园、凤凰城小区、六社区附近年降幅大于2m/a，且目前水位高程均在0m以下，形成了水位漏斗。根据表7-8，确定调查区在兰湾国际及凤凰城小区附近为超采区，其他地区全部为基本平衡区。

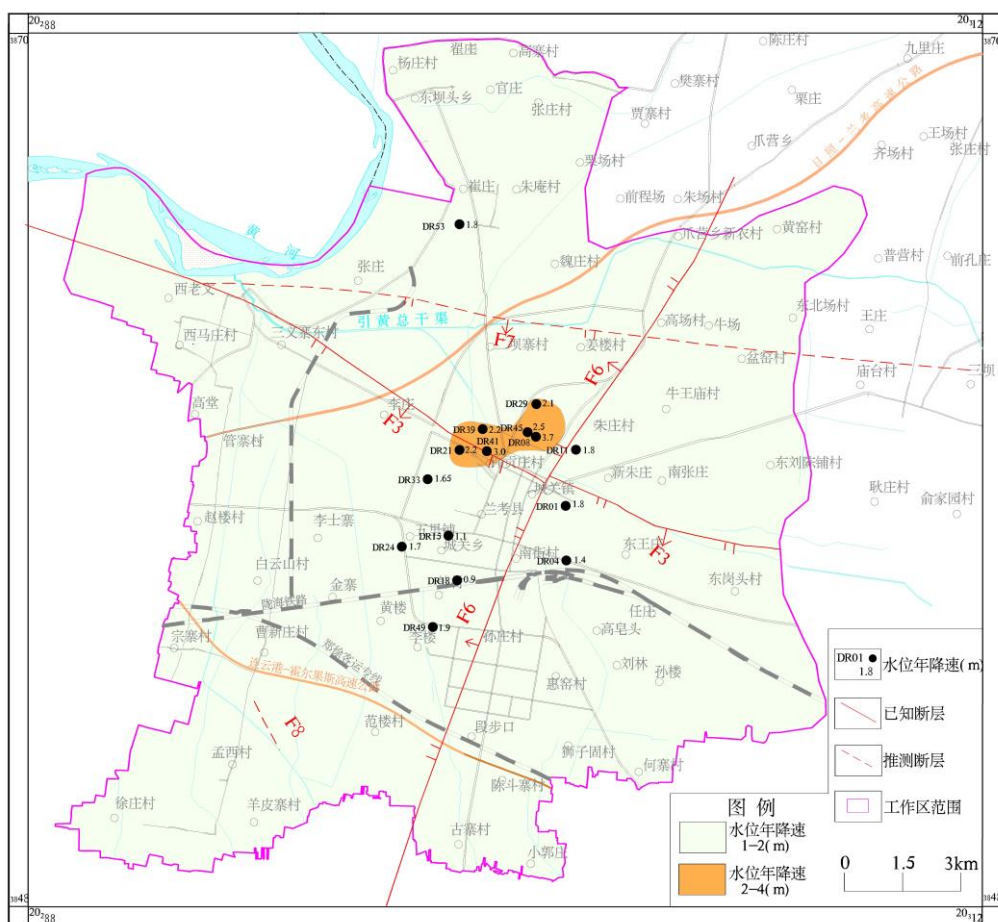


图 7-2 水位降速指标开采潜力分区

7.2.4 潜力综合评价

根据《地热资源评价方法及估算规程（DZ/T0331-2020）》，应取开采系数、潜力模数、最大水位降速评价法三个指标中最不利者将其分为严重超采区、超采区、基本平衡区、具有一定开采潜力区、具有开采潜力区和极具开采潜力区。

综合评价，中心城区北部的千禧庄园、上海花园、兰湾国际、凤凰城小区及油田六社区附近为超采区，面积 2.5km²。其他地区全部为基本平衡区。

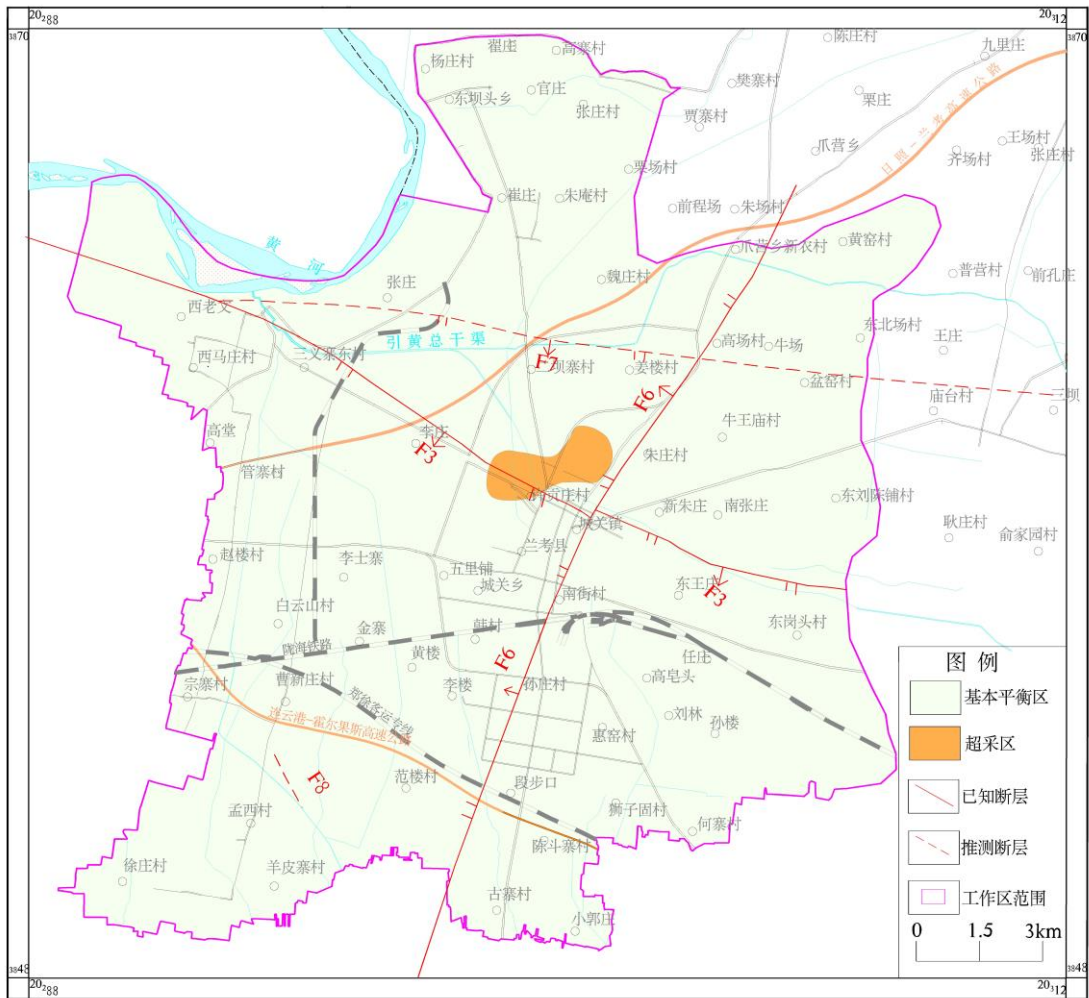


图 7-2 调查区馆陶组地热开发利用潜力分布图

7.3 地热资源开发利用环境影响评价

7.3.1 节能减排效果估算

地热资源经济价值的计算采用类比常规能源（燃煤）的方法进行折算，根据地热资源地质勘查规范（GB/T11615-2010）中节煤量公式计算，结合前述地热产能计算结果，对利用新近系馆陶组地热流体进行节煤量折算。

根据地热资源地质勘查规范（GB/T 11615-2010）中关于地热流体开采一年相当节煤量的减排量规定，结合上文地热可采量计算结果，对利用调查区内地热流体开采一年相当节煤量及污染物减排量进行了计算，计算结果见表 7-7。

表 7-7 地热水开采一年节煤量及其减排量表

评价对象	节约标准煤	二氧化碳	二氧化硫	氮氧化物	悬浮质粉	煤灰渣
	M(10 ³ t/a)	CO ₂ (10 ³ t/a)	SO ₂ (10 ³ t/a)	NOX (10 ³ t/a)	尘 (10 ³ t/a)	(10 ³ t/a)

热储	/	标煤×2.386	标煤×1.7%	标煤×0.6%	标煤×0.8%	标煤×0.1%
新近系馆陶组热储	2442.4	1277.2	8.8	3.2	4	1.2

7.3.2 地热流体开发利用对环境影响评价

兰考县地热资源具有一定的开发潜力，但在开发地热资源的同时还应防范可能引发的环境地质问题的影响。

(1) 对生态环境的影响

调查区地热流体为以高矿化、高氯、高钠为其特征，不宜灌溉，如果“不达标”排放就会以化学污染、热污染方式对生态环境产生不良影响。高矿化地热废水排入湖泊、河流则将造成地表水提的污染和水质变化，渗入地下则可能造成浅层地下水污染。而超过 35℃ 的水用于灌溉会抑制农作物生长，并可能造成严重的土壤板结或盐碱化。地表水体温度升高还会引起溶解氧减少，氧扩散系数增大，致使鱼类因缺氧而死亡；还有与水体富氧化而引起水生生物大量繁殖，藻类和浮游生物爆发性生长，当蓝藻占优势时，水味劣化，甚至使人、畜中毒；水中含有的污染物如毒性较大的汞、铬、砷、酚和氰化物等，其化学活动性和毒性都有可能因水温的增高而加剧。

在热利用效率较低的情况下，地热尾水温度普遍较高，其排放过程中热量的释放还使局部地区的小气候发生变化，若其违法直接排往市政污水管道，不仅浪费资源，而且，会导致细菌、病毒、有害微生物和蚊、蝇大量繁殖，并可能传染各种疾病。因此，相关部门必须按照地下水管理办法加强管控，保证地热尾水原水同层回灌。

(2) 对地热资源衰减的影响

兰考县地热资源大体处于“静储量”状态。因此，对地热流体的开采基本属于疏干性开采，当适量开采时不致产生严重后果，但不合理的井群布局 and 过量开采，将至地热资源衰减，甚至造成地热资源枯竭。

地热单井开采引起地热流体压力降低影响范围较大，逐渐增大的非稳定过程；如果在其影响范围布井就会产生井间干扰，尤其在井间密布的地区，这种降压的叠加效应将加剧相互干扰的程度，使开采动压力水头迅速降低，单位出水量锐减，将导致“抽空掉泵”，危及地热井的使用寿命。地热流体开采动压力水头大幅度降低的现象，在我国地热资源规模性开发的地区普遍存在，如天津市市区主要开采的蓟县系雾迷山组热储层，目前压力水头平均年降幅约 6~9m；北京、西安等地区也面临主要开发热储地下水压力水头下降和压力水头距地面距离过大的情况；西安由于近年洗浴用地热流

体开采急剧增加，每年地热流体位下降达 5m；北京小汤山地热田压力水头下降 1~1.5m；还有一些地区由于地热流体压力水头下降致流自热泉断流。应引起注意的是，还未形成规模开发的兰考县地热流体压力水头下降的情况已经显现。

因此，调查区地热资源开发必须实行总量控制，综合利用，梯级开发，提高地热资源利用技术和水平，并建立区域资源开发监督监测系统，开展动态预测预报。

（3）对地面沉降的影响

几乎从任何热储层抽取地热利用提取都可能导致可检测的地面沉降。国内外由于开采地热流体而导致地面沉降的实例并不鲜见。如新西兰怀拉基地热田，1956 年地热井试采时即开始了地面沉降监测工作，监测数据表明，1964~1974 年地面沉降量最大，约为 4.5m，影响范围达 65km²，并且发生了水平位移，最大位移 0.4m。目前我国有近 70 个城市因不合理开采地热流体诱发了地面沉降，沉降范围 6.4 万 km²。沉降中心最大沉降量超过 2m 的由上海、天津、太原、西安、苏州、无锡、常州等城市。

河南省地质矿产勘查开发局第四地质矿产调查院于 2012 年对郑徐高铁商丘段沉降进行了研究，在调查收集了铁路沿线地下水开采利用情况及地面沉降现状的基础上，采用 Visual Modflow 软件对郑徐高铁商丘段地下水变化进行数值模拟，同时，结合该地区地面沉降量与地下水位变化间的相互关系，计算出不同开采量、开采时间下的地面沉降量，得出了郑徐高铁穿过部位的预测沉降量，为高铁安全运营采取处理对策提供了依据。模拟现状条件下抽采 10 年中深层地下水，工程沿线地下水水位下降速率 0.40~1.00m/a，水位下降在 4~10m，工程沿线因开采地下水引发的地面沉降量为 24.02~57.06mm，现状条件下抽采 20 年中深层地下水，工程沿线地下水水位下降速率 0.4~0.7 m/a，地下水水位下降约在 8~14m，工程沿线抽采中深层地下水引发的地面沉降量为 43.84~88.88mm。

地面沉降是一种缓变型的地质灾害，其形成机理一般认为是由于长期开采破坏了原有的水力平衡，使原先饱和的含水层疏干压密，从而减弱了对覆岩的顶托力；另一方面粘土类土大量疏水压密则进一步加剧了地面沉降，而粘性土层的释水压密特征与含水砂层的释水压密特征不同，属不可逆变形，它是产生地面沉降最主要原因。

因此，积极推行地热尾水的回灌，树立地热回灌是地热开发的第一前提的观点，并逐步实行“采一贯一”或“采一贯二”硬性措施，在回灌效果较差的情况下，则应严格限定地热流体开采最大允许深度。

第八章 地热资源开发保护区划

8.1 指导思想

深入贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想，坚持生态优先，绿色发展，全面落实“安全、绿色、高效”的能源发展战略，科学高效开发利用地热资源，充分发挥地热资源优势，为兰考县清洁供暖及地热资源利用提供技术支撑。2021年9月10日国家能源局发布的国能发新能规〔2021〕43号《关于促进地热能开发利用的若干意见》提出，大力开发利用地热能，对深入贯彻习近平生态文明思想，落实碳达峰、碳中和目标具有重要意义。2022年12月郑州市人民政府发布《郑州市“十四五”现代能源体系规划》，提出因地制宜发展可再生能源供暖；加快推进郑州市地热资源勘查评价工作，规范地热能开发利用；选择地热能资源较为丰富的地区，重点以“取热不取水”方式推进地热取暖。

根据《地下水管理条例》第五十一条，县级以上地方人民政府水行政主管部门应当会同本级人民政府自然资源等主管部门，根据水文地质条件和地下水保护要求，划定需要取水的地热能开发利用项目的禁止和限制取水范围。

8.2 区划原则

地热资源是“热、矿、水”三位一体的清洁能源，可用于发电、供暖、温泉洗浴、医疗保健、种植养殖、旅游等产业。地热资源科学、高效、综合开发利用，对优化能源结构、节能减排、环境保护具有积极意义。而地热资源属于深层承压水，属于难以更新的地下水，为可持续开发，地热资源的区划及开发利用要坚持“在保护中开发、在开发中保护”的总方针，并遵循以下基本原则：

1、符合政策

2021年9月10日国家能源局发布的国能发新能规〔2021〕43号《关于促进地热能开发利用的若干意见》提出，大力开发利用地热能，对深入贯彻习近平生态文明思想，落实碳达峰、碳中和目标具有重要意义。《河南省新能源和可再生能源发展“十四五”规划》提出：持续推进地热资源勘查评价，加快中深层地热能集中连片开发，推动地热能集中供暖纳入城镇供热管网规划。

根据《地下水管理条例》第五十一条及《河南省地下水管理办法》第二十七条，禁止在集中式地下水饮用水水源地建设需要取水的地热能开发利用项目；禁止抽取难以更新的地下水用于需要取水的地热能开发利用项目。

本次区划开采地下水后全部同层回灌，根据回灌试验，分析调查区热储回灌能力良好，结合调查区内已有取水项目近年回灌监测及管理情况，规划年地热开发全部同层回灌有保证，能够对地下水进行更新，符合《地下水管理条例》。

2、需求导向

兰考县2018年以前供热用能是以煤炭为主，多为独立供热，无序供热情况严重，公建主要采用暖气片采暖，而近年来国家对于分散锅炉供热的整治拆除和建设限制使得限制供热已严重滞后于城市发展。根据《河南省兰考县供暖专项规划(2017-2030)》，2030年供热需求面积为2826万m²，现状供暖规模500万m²，供暖需求缺口较大。本次区划将为兰考县地热资源开发利用提供技术保障。

3、科学利用

按照合理开发、有序推动、取能不取水的原则，大力发展中深层地热供暖。扩大地热能在住宅小区、医院、学校、公共建筑等区域供暖制冷应用。结合调查区各区地热资源温度、产量、水质、成井深度，对地热资源开发方向进行合理界定，在开发利用时，灵活采用“地热+”方式、梯级利用方式，对地热资源实现充分、高效利用。

8.3 开发保护区划

8.3.1 区划分区

根据前述开发经济性评价、产量适宜性评价，水质评价等结果可知：

调查区全区新近系馆陶组热储层开采钻孔施工难度小、资金投入少，新近系馆陶组热储层地热资源开发经济性为最经济的，地热井单位涌水量约为129.6～338.8m³/d·m，地热流体产量评价均属于极适宜开采区。

本次开发利用与保护区划，针对潜力评价的超采区，划定为限制开采区，针对调查区内的水源保护区、生态保护区、文物保护区、高铁、高速保护区划为禁采区。其他区域潜力评价为基本平衡区的，综合钻探经济性及产量适宜开采性，划定为适宜开采区。划分依据见表8-1。

表 8-1 地热资源开发利用分区划定表

开发保护分区	潜力评价
适宜开采区	基本平衡区
限制开采区	降速超采区、水位漏斗区
禁止开采区	水源、生态、文物等保护区

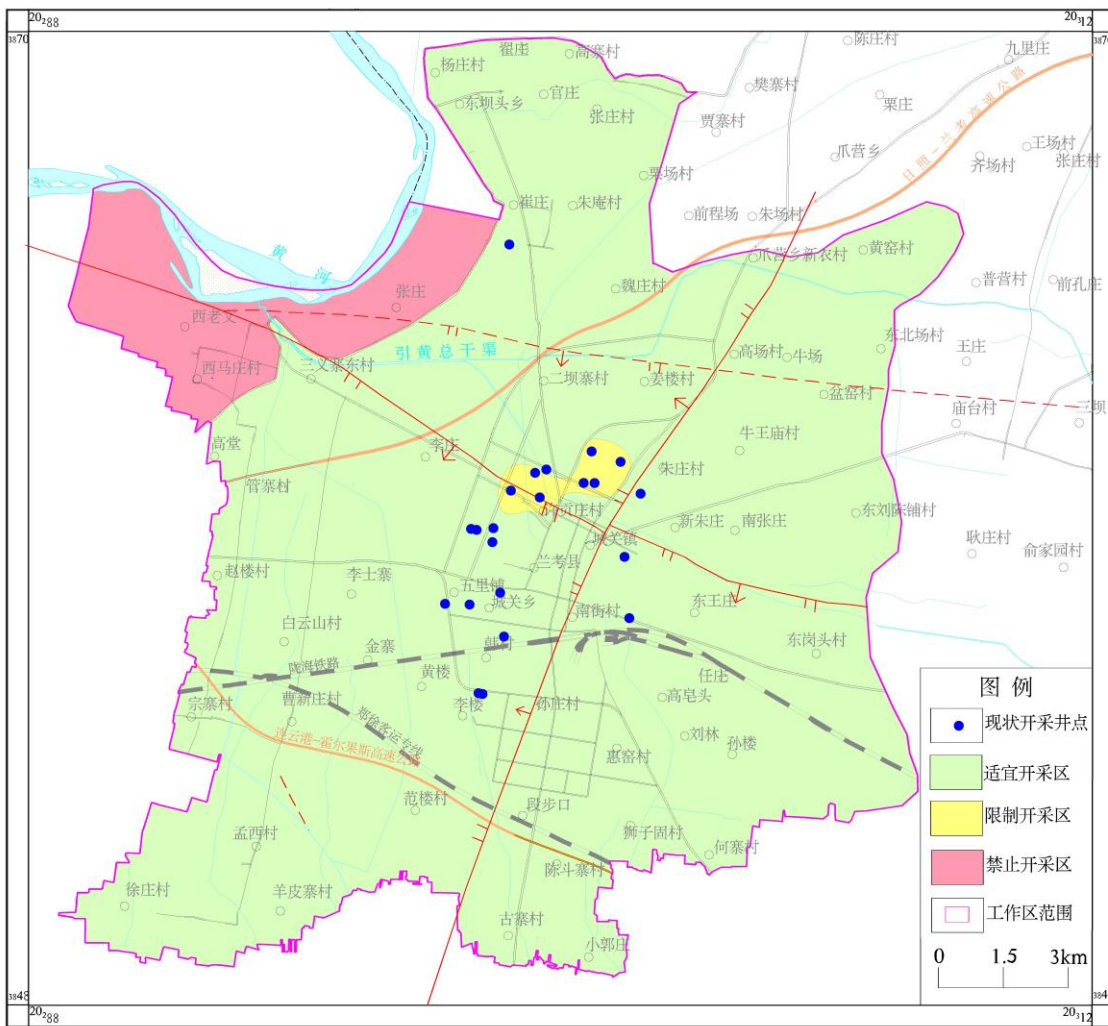


图 8-1 地热水开发保护区划图

1、限制开采区

分布于中心城区北部的千禧庄园、上海花园、兰湾国际、凤凰城小区及油田六社区附近，面积 2.5km²。具体范围包括两个区域，边界如下：

- 1) 黄河大道以西、朝阳大道以东、文体路以南、健康路-振兴街-考城路以北;
- 2) 黄河大道以东、裕禄大道以西、文体路以北、兴安路以南。



图 8-2 限制开采区范围

2、禁止开采区

水源保护区、生态保护区及其他重要工程保护区设为禁采区。根据相关法律法规，调查区地下水禁采区位置见表 8-2。总面积约 24km²。见图 8-1。

表 8-2 地下水禁采区汇总表

位置	范围	法律依据
黄河大堤	大堤南侧 100m 内	《河南省黄河河道管理办法》
黄河滩区	大堤至河道	《黄河保护法》
郑徐高铁	两侧 200m	《铁路安全管理条例》第三十五条
连霍高速	两侧 50m	《河南省高速公路条例》
文物保护区	见附表 6	

3、适宜开采区

根据前文开发经济性评价结果：全区钻孔施工难度小、资金投入少，地热资源开发经济性为最经济的。

根据前文开发方向分析，目前兰考县城地区地热开发方向主要为住宅供暖。

根据前文可供暖规模评价，兰考县城规划区地热资源总可供暖面积为 5382 万 m²/a，地热流体产能能够达到规划区供暖需求。

根据前文地热产量适宜性分区，新近系馆陶组热储层地热井单位涌水量约为 129.6~338.8m³/d·m，调查区地热流体产量均属于极适宜开采区。

根据前文地热资源开发利用潜力评价，除中心城区北部的千禧庄园、上海花园、兰湾国际、凤凰城小区及油田六社区附近为超采区，其他地区全部为基本平衡区。

综上，划定除禁采区及限制开采区外均为适宜开采区，面积 253.5km²。

8.3.2 各区管理措施

1. 适宜开采区

(1) 开采强度控制措施。其一，考虑到热储层对开采强度反应的滞后现象，应遵循稳步推开的原则，使地热井布局科学合理；在建设规划程度较高地区，完成区域开发利用规划，不宜采取单一分散式开发模式；按照地热可采量强度控制原则，审批项目布局的合理性。其二，优先考虑建设规划程度高、集约化技术水平高、综合效益高的项目。

(2) 利用方式控制措施。采用梯级、综合、高效利用新技术，提高资源利用率，地热采暖项目必须采用回灌开发模式。

(3) 保护方式控制措施。有尾水直接排放的利用项目，必须采取回灌开发模式；避免出现地热井布局不合理现象。

2. 限制开采区

根据《地下水保护利用管理办法》，地下水限制开采区，应逐步削减地下水取水量。省、自治区、直辖市水行政主管部门根据区域地下水保护及超采治理要求，制定地下水取水量削减方案。为保障民生需求和支撑高质量发展或者对用水有特殊要求确需取用地下水的新建项目，许可水量或用水指标应通过核减其他取水户地下水取水量或通过用水权交易获得。

(1) 限制开采区主要分布于地热计算Ⅱ区内，面积 2.5km²，根据该区地热流体可采模数 106.79 万 m³/a/ km²，计算限制开采区回灌条件下可采量为 267 万 m³/a，目前限制开采区内千禧庄园、兰湾国际、上海花园、凤凰城一二期、三四期、第六社区总开采量为 240 万 m³/a，规划年限制开采区应限制开采量在 267 万 m³/a。

(2) 利用方式控制措施。采用梯级、综合、高效利用新技术，提高资源利用率。

(3) 保护方式控制措施。新批地热供热项目必须采用回灌开发模式，限制开采区内新增许可水量或用水指标应通过核减其他取水户地下水取水量或通过用水权交易获得。

3. 禁止开采区

根据《地下水保护利用管理办法》，地下水禁止开采区内，不得新建、改建、扩建地下水取水工程，县级以上地方人民政府水行政主管部门应当限期关闭地下水禁止开采区内已建地下水取水工程。

8.4 地热资源保护措施

8.4.1 开发前科学勘查

针对公益性地质勘查项目，建议提高勘查精度，通过已有资料及分析，增加地热地质勘查及物探勘查工作，查明地区地热资源赋存条件，划定适宜开采区域，为矿权出让服务。地热勘查应分层勘查、分层评价，严禁串层勘查，勘探孔及开采井应严格止水工艺，严禁串层取水。

针对企业地块地热开发项目，深部高温的地热资源价值较大，但开发深度越深，风险越大。为减少风险，建议用投入少、精度高的地球物理勘查方法对深部地质条件进行勘查，确定最优井位及取水层位。在成井后，下管前应进行严格进行物探测井，查明取水层位置后进行下管取水。

8.4.2 地热梯级利用

地热水梯级开发利用方式主要有两种类型：①根据不同项目对水温的要求不同，对地热流体依次逐级利用；②多级次从地热流体中提取热量，如供暖中的地热梯级利用，使用热泵技术提取地热尾水热能进一步使用，从而达到降低尾水温度的目的。

单一的开发利用不仅浪费资源，而且经济效益也不理想，因此应特别重视地热流体的梯级利用，使有效的热能得到充分利用，以提高资源的综合效益。根据调查区地热利用需求，馆陶组地热水利用用途主要为供暖，地热水温度在70-80℃，为减少地热水开采量，应采用供暖+板换利用模式梯级利用地热水。

供暖+板换利用模式主要是指充分发挥地热水温度，在一次供暖之后利用板换+热泵技术进行二次循环加热供暖，且循环利用过的地热水通过回灌井注入热储层中进行二次加热。既充分利用了地热能量，同时节约水资源，促进水资源可持续性利用。

8.4.3 多能互补

地热能综合利用系统是以清洁能源为主体，可再生能源为核心，形成以地热能、太阳能、空气能、生物质能、燃气等多种清洁能源的“地热+”和“+地热”的多能互补、综合利用模式，可以弥补地热资源不足的问题，节约地热资源开发。目前主要有天然气、空气能及太阳能三种能源与地热能组成的综合利用系统。

在地热能综合应用方面，国家发改委等九部门日前印发《“十四五”可再生能源发展规划》明确提出，探索新型管理技术和市场运营模式，鼓励采取地热区块整体开发方式，推广“地热能+”多能互补的供暖形式。推动地热能供暖集中规划、统一开发，鼓励开展地热能与旅游业、种养殖业及工业等产业的综合利用。

地热能+天然气多能源耦合供热系统以地热水为基础能源，天然气作为调峰能源的联合供热形式在提高供热能力的同时，两种能源相互备用，最大利用地热能这一可再生能源的同时，保障了供热系统的能源稳定性。

地热能+空气源热泵主要被用于冬季供热，通过智联云控平台进行智能调控，一般天气条件下，直接利用地热水提取热量实现供热；极端寒冷天气条件下，在地热水提供的热量基础上，通过空气源热泵进行辅助升温，保障供热效果。系统采用先进的智慧化控制平台，能够实现变工况自适应调节供水温度，具备实时监控、智能分析、节能控制、综合管理等功能，实现系统在最佳运行工况进行管理运营，达到简化运行调节、提高供热服务质量，降低能源消耗的目的和效果。

地热能+太阳能系统广泛用于联产发电，该系统分为两个子系统（太阳能子系统+地热能子系统）。其中，太阳能子系统是由太阳能集热器收集热量，经热传导循环工质将热能传输至换热器，再由换热器制取过热水蒸气，过热水蒸气进入汽轮机做功，热传导循环工质经换热器输出后重新回到太阳能集热器，形成新的循环。地热能子系统是由水泵抽取地热井中地热水进入一级扩容器，地热水一部分闪蒸为蒸汽后再通过换热器成为过热蒸汽后进入汽轮机做功，从一级扩容器出来的余下地热水进入二级扩容器。在二级扩容器中一部分工质闪蒸为蒸汽后通过换热器成为过热蒸汽再进入汽轮机做功。而换热完后的地热水与汽轮机乏汽经过冷凝后的水一起经过水处理后进入回灌井。

8.4.4 地热尾水回灌

根据《地热回灌技术要求》NB/T10099-2018，地热流体回灌的方式主要有两种，包括自然回灌和加压回灌。

重力回灌：依靠自然重力进行回灌也适用于低压力水头距地面距离和渗透性良好的含水层，此法的优点是系统简单。目前调查区内地热供暖使用的基本为新近系馆陶组热储内的地热流体，其回灌采用的是重力自然回灌。

加压回灌：加压回灌用于高压力水头距地面距离和低渗透性的含水层，其缺点是回灌时，对井的滤水层和含水砂岩的冲击力强，但回灌效果好。

为保证回灌量，一般采用相应回灌处理工艺如下：

1、回灌水的处理

在回灌过程中，回灌系统要严格保证密闭，当回灌流体中由于某些物质存在和外界条件发生变化而可能发生沉淀时，或有些组分接近其在水中的溶解度时，更要严格避免地热流体和空气接触。一般采用间接供暖方式（钛板换热器），回灌系统中的输水管道材料优先选用非金属管材；回灌系统中设备要增加粗、精两级过滤器、排气罐、及除砂器等设备，具体系统流程如图8-2所示。

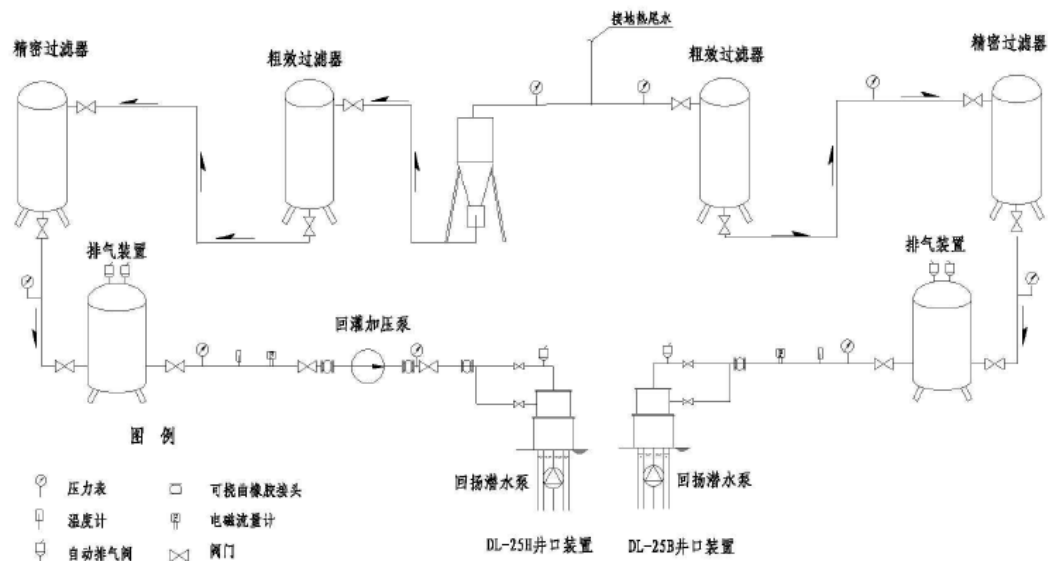


图 8-2 地面回灌系统工艺流程图

1) 除砂器

针对回灌流体含砂的特点，地面系统中增加了除砂装置-旋流式除砂器。该系统回灌流体中氯离子含量为360mg/L左右，材质选用不锈钢，粒径 $>0.08\text{mm}$ 的除砂率 $\geq 80\%$ 。

2) 粗过滤器

粗过滤系统由四个过滤器并联组成，采用的是 $50\mu\text{m}$ 的第三代缠绕滤芯，可多次反冲洗，单体罐过滤量为 20t/h ，回灌并联设计过滤量可达 80t/h 。在过滤器两端安装压力监测器，根据两端压力的变化可以确定过滤器的工作状态，以定清洗滤料的时间，保证过滤效果（图8-3）。

3) 精过滤器

精过滤系统也是由四个过滤器并联组成，过滤器采用的是溶喷滤芯，过滤精度由原来的 $3\sim 5\mu\text{m}$ 提高至 $1\sim 3\mu\text{m}$ ，可多次反冲洗，单体罐过滤量为 20t/h ，回灌并联可达

80t/h。由于过滤精度较高，不仅能有效地防止井内回灌物理堵塞，还可以拦截或吸附微生物和细菌（图8-3）。



图 8-3 过滤系统照片

4) 排气装置

当地热尾水在管道流动时，由于管径阻力和流动状态的变化，水动力流场状态发生变化，流体中的部分气体析出并生成气泡，一旦驻留在岩石空隙中会产生气堵。为了将气泡中的气体在回灌前释放出来，设置排气罐装置。地热尾水进入罐体，管径的变化，流速迅速降低，压力下降，气泡内的压力和罐内压力形成压差，迫使气泡爆裂，将气体释放出来。排气罐可以有效释放回灌尾水中的多余气体，如甲烷、二氧化碳等，避免回灌过程中产生气体堵塞。

5) 回灌加压泵

为了防止由于回灌井口压力过高（回灌水位上升较快）而回灌困难，在不具备自然回灌的条件时，可启动加压泵，采用加压回灌方案。

6) 井口装置

回灌井井口要注意井口密闭性、水平、牢固等方面。当密封不严时，井口瞬时产生负压吸入空气，大量氧气驻留在井口至动静水位的井筒空间内，发生氧化反应，加速腐蚀，溶解氧则加速与水接触表面的腐蚀。

2、回灌井水回扬

回扬是一种用于预防和处理管井堵塞的主要方法，即在回灌能力开始下降时逆开采几个小时，抽排出回灌井水中堵塞物，这种回扬技术在中国也得到了推广和应用。

人工回灌工程中，一般都要用到回扬，只是具体的回扬间隔和回扬持续时间不同。每口回灌井回扬次数和回扬持续时间主要由含水层颗粒大小和渗透性而定；在岩溶裂隙含水层中进行管井回灌，长期不回扬，回灌能力仍可不受太大影响；在松散粗大颗粒含水层进行管井回灌，约需一周回扬1~2次；在中、细颗粒含水层里进行管井回灌，回扬间隔时间要进一步缩短，约需每天回扬1~2次。在回灌过程中，掌握适当的回扬次数和时间，才能获得最优的回灌效果。回扬持续时间应以浑水抽净，抽出清水为止。对细颗粒含水层来说，回扬尤为重要。实践表明，在几次回灌之间进行回扬与连续回灌不进行回扬相比，前者能恢复回灌水位，保证回灌井正常工作。

《地热回灌技术要求》NB/T10099-2018提出在回灌井堵塞时，宜用回扬的方法处理，恢复至初始单位开采量后方可进行回灌。回扬技术现在山东、河北、辽宁、陕西、山西等地区的地热回灌项目得到了推广和应用，效果良好。

8.5 地热资源保护建议

(1) 部分地区地热井开采较为集中，开采量及井群密度较大，应采取错峰开采措施，减少开采量，以缓解地热水位下降速度。

(2) 进行地热水回灌技术研究工作，以指导地热水开发单位制定地热水回灌方案并尽快实施，确保地热水资源的采补平衡。

(3) 根据地热水资源储量与可采资源量，调整开采规模，禁止发展单一洗浴等纯消耗性项目。

(4) 调查区古近系热储层地热地质条件还需进一步调查评价，查清古近系地热水资源的现状及形成规律，并用来指导调查区古近系地热水资源的开发利用及规划。

(5) 在地热水开发利用的过程中，要加强对地热水资源的动态监测和地热井的管理，建立起一套完整的动态监测系统，来获取水温、水位、流量、水质等基础数据，了解地热水资源的动态变化。这不仅有利于弄清地热水资源的深部地质情况，为综合开采和预防以地面沉降为主的地质灾害等提供可靠的依据，也是兰考县地热水开发利用规划实施的基础。

(6) 结合城市经济发展的需要，进一步研究、调整有效保护和合理开发地热水资源的相关政策，加强与相关部门的协调，严格地热井的审批手续和开采量指标，加强地热井开采量的统计工作，依法征收地热水资源费，对违规行为进行严格处罚。以减少地热水资源的浪费，加强地热水资源的保护，实现地热水资源的可持续利用。

（7）发挥价格的经济杠杆作用，研究、制定有利于地热保护、能够减少资源浪费的价格政策，适时调整适于发展与保护的价格体系；建立地热开发市场的信用体系，完善地热监控系统，通过公告、公示等形式，及时公告地热开发中的相关信息，逐步规范地热开发行为，加强地热水资源管理。

（8）未来在地热资源开发利用时要严格按照《开封市实行最严格水资源管理制度考核办法》和《地下水管理条例》进行审批。

（9）建议将现有分散的已关停地热井，组成抽回灌井群，重新启用为附近区域供暖，实现取热不取水的可持续开发，对于节省建井成本，具有现实意义。建议水资源管理部门对已封停地热井进行勘探性解封，支持勘查单位进行异地地热单井资源整合可行性研究或试验。在技术可行条件下，采矿权人办理取水许可及采矿权证，编制“三合一”方案，通过取热不取水方式启用封停地热井服务地区供暖。参考天津政策，采取“批新井、带老井”、开采单井整合、补建回灌井等措施，解决集中单井回灌问题。

（10）建议建设地热能供暖连片示范区，利用集群优势探索全产业链发展，连片开发区域建议选择拟开发的高档社区或人口较为密集的居住区或商业中心。通过示范工程建设，推动上下游协同发展做大做强地热供暖产业，基于示范工程加强各方面技术研究，实现地热能技术研究、开发与装备制造协同发展、促进资源开发与生态保护融合发展。

第九章 结论与建议

9.1 结论

9.1.1 地热地质条件

调查区 2200m 深度内存在多层热储层，可分为新近系明化镇组孔隙热储层、新近系馆陶组孔隙热储层及古近系孔隙裂隙热储两三种类型。地热类型属沉积盆地传导型，热储结构完整，控热断裂、导热断裂、热储、盖层齐全。热源供给主要为大地热流传导，即地球内的热能通过传导方式传递到地表，地表无地热显示，自恒温带以下温度随深度的增加而升高。热储盖层为巨厚的第四系，厚度一般在 300m 左右，分布稳定。

新近系馆陶组孔隙热储层为目前主要开采层位，热储遍布调查区，地层顶板埋深约为 1250m 左右，底板埋深 2100m 左右。热储顶部以棕红色泥岩为主夹棕黄色细砂岩，中部为棕红色泥岩与棕黄色细砂岩呈不等厚互层，下部以棕黄色细砂岩为主夹棕红色泥岩，底部见一厚层状杂色砂砾岩，含水层渗透性好，根据兰考县现有地热井成井资料，该层位地热井井口出水温度普遍在 70~80℃ 之间，现该层热储为兰考县城地热供暖主要利用层位。

新近系馆陶组地热取水段一般位于 1400m 至 2100m 之间，岩性为一厚层状杂色砂砾岩，含水层渗透性良好。单位涌水量在 129.6~338.8m³/d·m，产量均属于极适宜开采区。调查区新近系馆陶组地热水温度在 71~76℃，地温梯度在 2.79~3.13℃/100m，由北向南逐渐增大。自然重力回灌条件下，最大回灌量为 50m³/h，加压回灌条件下最高回灌量可达 114.8m³/h，调查区中心城区回灌条件较好。

新近系馆陶组地热流体主要补给来源为开封凹陷西部山区大气降水，垂向补给不明显。馆陶组热储地热流体压力水头整体呈现出东高西低的趋势，区域内无明显降落漏斗。调查区内地热流体的排泄方式目前主要是人工开采。区内地热井水位埋深在 44.7m~70.5m，由于长年开采，区域水位逐年下降，近年平均水位降速在 0.9~2.0m，全区新近系馆陶组水化学类型为 Cl-Na 型。

9.1.2 地热资源评价

新近系馆陶组储存热量为 11.3×10¹⁵kJ/a，其中岩石中储存的热量为 7.3×10¹⁵kJ/a、水中储存的热量为 4.0×10¹⁵kJ/a，可折合标准煤 38.5×10⁴t/a。

调查区回灌条件下地热流体总可采量为 $305.5 \times 10^6 \text{m}^3/\text{a}$ ，总可采热量为 $71.6 \times 10^{12} \text{kJ/a}$ 。数值模拟不回灌条件下中心城区馆陶组地热水年降幅均小于 1m/d ，水位逐年趋缓，对地下水影响逐年减小，模拟预测未来 10 年兰考县中心城区回灌条件下年开采量 800 万 m^3/a 可行。

调查区内新近系馆陶组地热流体为沉淀物很多的硬垢水。因此需做软化处理，即加入一定的除垢剂后，再投入使用为宜。大部分地热井水中溶解性总固体含量达到了评价指标，可命名为矿水。其中龙郡盛景、商业中心、兰考职业技术学院地热井水中溶解性总固体、砷含量均达到了评价指标，可命名为砷矿水；华兰城地下水溶解性总固体、偏硅酸含量均达到了评价指标，可命名为硅酸矿水，全区地热水中锰及耗氧量全部超标，未达到饮用天然矿泉水水质标准。

9.1.3 地热资源开发保护区划

限制开采区：黄河大道以西、朝阳大道以东、文体路以南、健康路-振兴街-考城路以北；黄河大道以东、裕禄大道以西、文体路以北、兴安路以南围成的区域。总面积 2.5km^2 。取水的地热利用项目需严格同层回灌，并严格控制开采强度，开采量应控制在 267 万 m^3/a ；限制开采区内梯级利用热能，采用高效利用新技术提高资源利用率。新批地热供热项目必须采用回灌开发模式，对地下水进行更新；限制开采区内新增许可水量或用水指标应通过核减其他取水户地下水取水量或通过用水权交易获得。

禁采区：主要分布于水源保护区、生态保护区及其他重要工程保护区，包括北部黄河大堤北部、黄河大堤南侧 100m 内、郑徐高铁两侧 200m 内、连霍高速两侧 50m 内以及文化保护区范围内，总面积约 24km^2 ，禁采区内禁止开采地热水。

根据《地下水管理条例》，区划范围内地热水开采后全部同层回灌，对地下水进行更新。

9.2 建议

- 1、坚持合理开发、综合利用、注重社会、生态效益，开发与保护并重。
- 2、建立监测站点，进行地热井水位、水质、含沙量、水温、取水量及回灌量的动态监测和预警工作。

附表 1 收集资料清单

序号	井位	具体位置	井深	资料名称	备注
1	东方御景小区	1#开采井	1984	成井报告	含抽水试验
2		2#回灌井	2101.3	成井报告	含水质、抽水试验
3		4#回灌井	2079	成井报告	含抽水试验
4	东湖颐苑小区	1#开采井	1952	成井报告	含抽水试验
5		2#回灌井	2090	成井报告	含抽水试验
6		3#回灌井	2150	水质报告	含水质
7	凤凰城一二期小区	1#回灌井	2130	成井报告	含抽水试验
8		2#开采井	2116	成井报告	含抽水试验
9	公园首府小区	1#开采井	2000.18	成井报告	含抽水试验
10		2#回灌井	1996	成井报告	含抽水试验
11		3#回灌井	2020	成井报告	含水质、抽水试验
12		4#回灌井	2074.69	成井报告	含水质、抽水试验
13	华兰城小区	1#开采井	2050	成井报告	含水质
14		2#回灌井	2150	成井报告	含水质
15	千禧庄园小区	1#开采井	2076.58	成井报告	含水质、抽水试验
16		2#回灌井	2190.02	成井报告	含抽水试验
17	清华园小区	1#开采井	2055.98	成井报告	含抽水试验
18		2#开采井	2150.6	成井报告	含水质、抽水试验
19		3#回灌井	2150.8	成井报告	含水质、抽水试验
20	第六社区	1 井	1980	成井报告	含水质、抽水试验
21	第六社区	2 井	1980	成井报告	
22	兰考县武装部内西		2155	成井报告	含水质、抽水试验
23	龙郡盛景小区	定向井	2212	成井报告	含水质、抽水试验
24	西城花园	2 井	1988	成井报告	含水质
25	安澜生态园黄河湾		2089.6	水资源论证报告	
26	大浪淘沙洗浴中心		1200	水资源论证报告	
27	朗庭假日酒店		1200	水资源论证报告	
28	在水一方酒店		1200	水资源论证报告	
29	新时代商务公司		1156	水资源论证报告	
30	新星供暖公司及绿能供暖公司地热井水位监测数据				近 7 年
31	河南省兰考县供暖专项规划(2017-2030)				
32	兰考县城市地质调查报告终稿				

附表 2 地热地质调查数据汇总表

编号	名称	经度	纬度	井深 (m)	水位埋深 (m)	地面高程 (m)	水位标高 (m)	取水段 (m)	取水层厚度 (m)	出水温度 (℃)
DR49	职业技术学院 1 井	114°47'59.09"	34°48'08.47"	1946	50.46	66	15.54	1271-1946	677.4	72
DR47	西城花园 1 井	114°48'07.72"	34°50'02.32"	2218	51.48	66	14.52	1505-2218	416.2	
DR33	商业中心抽水井	114°47'50.55"	34°50'12.16"	1984	63.25	66	2.75			
DR41	兰湾国际 1 井	114°48'49.92"	34°50'37.04"	2200	70.9	69	-1.9	1495.-2200	405	71
DR39	上海花园 1 井	114°48'45.17"	34°50'55.08"	1997	76.2	72	-4.2			
DR38	龙郡盛景 2 井	114°48'56.39"	34°50'55.19"	2240	60.25	73	12.75			68
DR45	凤凰城三四期 1 井	114°49'30.76"	34°50'53.24"	2140	65.72	72	6.28			
DR08	凤凰城一二期 2 井	114°49'39.34"	34°50'49.58"	2116	60.5	72	11.5		362.6	75
DR11	公园首府 1 井	114°50'20.13"	34°50'39.35"	2000	56.24	72	15.76	1634-1857	182.2	72.5
DR21	千玺庄园 1 井	114°48'22.24"	34°50'37.21"	2076	65.47	68	2.53	1689-2040	302.7	73
DR24	清华园 1 井	114°47'25.89"	34°49'15.23"	2056	63.85	68	4.15	1509-2036	216.72	77
DR15	华兰城 1 井	114°48'12.87"	34°49'25.22"	2050	62.75	68	5.25	1643-2019	233	75.5
DR18	九号院 3 井	114°48'22.71"	34°48'47.94"	2135	56.5	67	10.5			
DR04	东湖颐苑 1 井	114°50'12.86"	34°49'06.40"	1952	60.17	69	8.83	1575-1897	217	76
DR01	东方御景 1 井	114°50'10.95"	34°49'52.15"	1984	52.6	69	16.4	1717-1844	197.6	70
DR53	黄河湾项目区 (原安澜生态园)	114°48'17.17"	34°53'46.37"	2089.6	56.72	71	14.28	1695-2063	181	72

附表 3 抽水试验记录表

抽水水位观测记录表													
试验点统一编号		114480166 345348601		野外编号		051		试验编号		12253		第 / 落程	
地理位置		兰考黄河湾地槽井						试验开始时间		2023.7.13 11:20			
序号	观测时间	累计时间 (min)	抽 水 孔 (井)					水 位 观 测 孔			备注		
			水位埋深 (m)	水位降深 (m)	抽水量 (L/s)	气温 (℃)	水温 (℃)	观测孔一埋 深 (m)	观测孔二埋深 (m)	观测孔三埋深 (m)			
	2023.7.13 11:20	0	57.07	0								共深 2023.6	
		1	69.9	12.83								M=181m	
		2	75.76	18.69									
		3	77.95	20.88									
		4	78.58	21.51									
		6	78.56	21.49									
		8	78.36	21.29									
		10	78.07	21				33					
		15	77.78	20.71									
		20	77.5	20.43				42					
		25	77.27	20.2									
		30	72.67	15.6	52	34	57						
		40	69.8	12.73			63						
		50	71.93	14.86			66						
	12:20	60	68.25	11.1	106	35	69						
记录: 王冠			观测: 白超			审核: 杨代贵							

抽水水位观测记录表

试验点统一编号		1144801663453482601		野外编号		CS1		试验编号		第1落程	
地理位置		兰考黄河管地热井						试验开始时间		2023.7.13 11:20	
序号	观测时间	累计时间 (min)	抽 水 孔 (井)					水 位 观 测 孔			备注
			水位埋深 (m)	水位降深 (m)	抽水量 (L/s) ^{1/2}	气温 (°C)	水温 (°C)	观测孔一埋 深 (m)	观测孔二埋深 (m)	观测孔三埋深 (m)	
		80	72.86	15.79							
		100	72.53	15.46							
	13:20	120	72.15	15.08	107		71				
		150	71.61	14.54							
	14:20	180	71.07	14	105		72				
		210	70.44	13.37							
	15:20	240	69.53	12.46	109	36	71				
	15:50	270	69.36	12.29							
	16:20	300	69.03	11.96	106	35	72				
	16:50	330	68.85	11.78							
	17:20	360	68.41	11.34	104	33	72				
	17:50	390	68.17	11.1							
	18:20	420	67.62	10.55	99	30	71				
	18:50	450	67.38	10.31							
	19:20	480	67.31	10.24	100	27	72				

抽水水位观测记录表

试验点统一编号		1144801663453482601		野外编号		CS1		试验编号		第1落程	
地理位置		兰考黄河地热井						试验开始时间		2023.7.13 11:20	
序号	观测时间	累计时间 (min)	抽水孔(井)					水位观测孔			备注
			水位埋深 (m)	水位降深 (m)	抽水量 (L/s)	气温 (°C)	水温 (°C)	观测孔一埋 深 (m)	观测孔二埋深 (m)	观测孔三埋深 (m)	
	20:20	540	67.23	10.16	99	26	71				
	21:20	600	67.2	10.13	101	25	72				
	22:20	660	67.12	10.05	102	24	72				
2023.7.14	00:20	780	67.03	9.96	102	23	72				
	02:20	900	66.98	9.91	100	23	71				
	04:20	1020	67.07	10	99	22	72				
	06:20	1140	67.3	10.23	101	22	71				
	07:20	1200	67.23	10.16	103	23	71				
	07:50	1230	67.26	10.19							
	08:20	1260	67.26	10.19	102	24	72				
	08:50	1290	67.29	10.22							
	09:20	1320	67.25	10.18	101	26	71				
	09:50	1350	67.21	10.14							
	10:20	1380	67.22	10.15	103	28	71				
	10:50	1410	67.27	10.2							

抽水水位观测记录表

试验点统一编号		1144801663432482601		野外编号		CS1		试验编号				第 落程	
地理位置		兰考黄河湿地热井							试验开始时间		2023.7.13 11:20		
序号	观测时间	累计时间 (min)	抽 水 孔 (井)					水 位 观 测 孔			备注		
			水位埋深 (m)	水位降深 (m)	抽水量 (L/s) ^{1/2} /h	气温 (°C)	水温 (°C)	观测孔一埋 深 (m)	观测孔二埋深 (m)	观测孔三埋深 (m)			
	2023.7.14 11:20	1440	67.25	10.18	100	31	72						
	11:50	1470	67.29	10.22									
	12:20	1500	67.31	10.24	100	34	72						
	12:50	1530	67.28	10.21									
	13:20	1560	67.25	10.18	99	35	72						
	13:50	1590	67.27	10.2									
	14:20	1620	67.26	10.19	102	35	72						
	14:50	1650	67.28	10.21									
	15:20	1680	67.24	10.17	102	36	72						
	15:50	1710	67.22	10.15									
	16:20	1740	67.23	10.16	100	35	71						
	16:50	1770	67.28	10.21									
	17:20	1800	67.21	10.14	101	34	72						
	17:50	1830	67.18	10.11									
	18:20	1860	67.15	10.08	101	33	72						

抽水水位观测记录表

试验点统一编号		114480166453482601		野外编号		CS1		试验编号		第1落程	
地理位置		兰考黄河湾地热井						试验开始时间		2023.7.13 11:20	
序号	观测时间	累计时间 (min)	抽 水 孔 (井)					水 位 观 测 孔			备注
			水位埋深 (m)	水位降深 (m)	抽水量 (L/s) ^{m/h}	气温 (°C)	水温 (°C)	观测孔一埋 深 (m)	观测孔二埋深 (m)	观测孔三埋深 (m)	
	18:50	1890	67.18	10.11							
	19:20	1920	67.17	10.1	100	30	72				
	19:50	1950	67.15	10.08							
	20:20	1980	67.13	10.06	99	28	71				
	21:20	2040	67.15	10.08		27					
	22:20	2100	67.16	10.09	99	26	71				
	23:20	2160	67.13	10.06		25					
	2023.7.15 00:20	2220	67.12	10.05	100	24	72				
	01:20	2280	67.13	10.06	100	24	72				
	02:20	2340	67.12	10.05	99	23	72				
	03:20	2400	67.12	10.05	101	23	72				
	04:20	2460	67.11	10.04	103	23	72				
	05:20	2520	67.15	10.08	100	23	72				
	06:20	2580	67.13	10.06	100	24	72				
	07:20	2640	67.12	10.05	99	25	72				

恢复水位观测记录表

统一编号		114480166245348-601		野外编号		C51		试验编号				第		1		落程	
地理位置		兰考黄河湾地热井							试验开始时间		2023.7.13 11:20						
序号	观测时间(日期 时间)	累计时间 (min)	抽 水 井 (井)				水 位 观 测 孔			备注							
			恢复水位 埋深(m)	抽水量 (L/s)	气温 (℃)	水温 (℃)	观测孔一埋 深 (m)	观测孔二埋 深(m)	观测孔三埋 深 (m)								
	2023.7.15 11:20	0	67.13														
		1	62.4														
		2	60.73														
		3	59.64														
		4	58.5														
		6	58.13														
		8	57.91														
		10	57.79														
		15	57.68														
		20	57.52														
		25	57.44														
		30	57.39														
		40	57.36														
		50	57.31														
	12:20	60	57.27														
		80	57.23														

恢复水位观测记录表

统一编号		114480166345342601		野外编号		CS1		试验编号		第		1		落程	
地理位置		兰考黄河湾地热井							试验开始时间		2023.7.13 11:20				
序号	观测时间(日期 时间)	累计时间 (min)	抽 水 井 (井)				水 位 观 测 孔			备注					
			恢复水位 埋深(m)	抽水量 (L/s)	气温 (℃)	水温 (℃)	观测孔一埋 深 (m)	观测孔二埋 深(m)	观测孔三埋 深 (m)						
		100	57.21												
	13:20	120	57.2												
		150	57.19												
	14:20	180	57.17												
		210	57.16												
	15:20	240	57.15												
	15:50	270	57.13												
	16:20	300	57.12												
	16:50	330	57.11												
	17:20	360	57.11												
	17:50	390	57.1												
	18:20	420	57.08												
	18:50	450	57.07												
	19:20	480	57.08												
	20:20	540	57.07												
	21:20	600	57.07												

恢复水位观测记录表

统一编号		1144801663453482601		野外编号		CS1		试验编号				第	1	落程
地理位置		兰考黄河湾地热井							试验开始时间		2023.7.13 11:20			
序号	观测时间(日期 时间)	累计时间 (min)	抽 水 井 (井)				水 位 观 测 孔			备注				
			恢复水位 埋深(m)	抽水量 (L/s)	气温 (℃)	水温 (℃)	观测孔一埋 深 (m)	观测孔二埋 深(m)	观测孔三埋 深 (m)					
	22:20	660	57.07											
	2023.7.16 00:20	780	57.08											
	02:20	900	57.07											
	04:20	1020	57.07											
	06:20	1140	57.07											
	07:20	1200	57.07											
	07:50	1230	57.07											
	08:20	1260	57.08											
	08:50	1290	57.07											
	09:20	1320	57.07											
	09:50	1350	57.07											
	10:20	1380	57.07											
	10:50	1410	57.07											
	11:20	1440	57.07											

附表 4 回灌试验记录表

回灌试验记录表

统一编号	1144819.17344859201	野外编号	HG1
经度	114°48'19.17"	纬度	34°48'54.92"
地理位置	兰考县九号路		
试验编号	DR18	试验起始时间	2023.7.18/10:30
		升程编号	1
观测时间	累计时间	水位埋深(m)	回灌量(m³/d)
7/18 10:30	0	66.7	26
	10	53.7	25.7
	20	55.3	25.9
	30	55.0	25.8
	40	54.8	26.0
	50	55.5	25.8
11:30	60	56.0	26.3
	90	57.0	25.9
12:30	120	57.0	26.2
	150	56.2	26.0
13:30	180	55.5	25.9
	210	55.0	25.8
14:30	240	55.3	26.0
	270	55.0	25.6
15:30	300	55.2	25.9
	330	55.8	26.0
16:30	360	56.0	26.2
	390	55.7	26.3
17:30	420	55.5	26.0
	450	55.3	25.9
18:30	480	55.2	25.8
	510	55.0	25.7
19:30	540	54.5	25.9
	570	54.8	25.8
20:30	600	54.6	25.9
	630	54.7	25.7
21:30	660	55.0	25.7
	690	55.3	26.0
22:30	720	55.2	26.0

#深 2135m
H=207m

记录:王瑞

观测:白刘

审核人:杨海昌

- 1 -

回灌试验记录表

统一编号	11448191/3448549201	野外编号	HG1
经度	114°48'19.7"	纬度	34°48'54.9"
地理位置	兰考县大吕院		
试验编号		试验起始时间	2022.7.18/10:30
		升程编号	1
观测时间	累计时间	水位埋深(m)	回灌量(m³/d)
	750	55.5	26.2
23:30	780	55.0	26.0
	810	54.8	25.9
7/19 0:30	840	54.5	25.7
	870	54.7	25.8
1:30	900	54.9	25.9
	930	55.0	25.9
2:30	960	55.2	26.1
	990	55.1	26.1
3:30	1020	55.3	26.3
	1050	55.5	26.2
4:30	1080	55.2	26.0
	1110	55.3	26.1
5:30	1140	55.3	26.2
	1170	55.2	26.1
6:30	1200	55.2	26.2
	1230	55.2	26.3
7:30	1260	55.0	26.2
	1290	55.0	26.3
8:30	1320	55.2	26.1
	1350	55.3	26.1
9:30	1380	55.5	26.2
	1410	55.0	26.3
10:30	1440	54.7	26.3
	1470	54.9	26.5
11:30	1500	55.0	26.3
	1530	55.2	26.3
12:30	1560	55.1	26.5
	1590	55.2	26.5

回灌试验记录表

统一编号	1144819173448349201	野外编号	HG1
经度	114°48'19.7"	纬度	34°48'54.92"
地理位置	兰考县法院		
试验编号		试验起始时间	2023.7.18/10:30
		升程编号	1
观测时间	累计时间	水位埋深(m)	回灌量(m³/q)
13:30	1620	55.0	26.5
	1650	55.0	26.5
14:30	1680	55.3	26.3
	1710	55.5	26.2
15:30	1740	55.2	26.3
	1770	55.1	26.3
16:30	1800	55.1	26.3
	1830	55.2	26.3
17:30	1860	55.3	26.3
	1890	55.3	26.3
18:30	1920	55.2	26.2
	1950	55.2	26.0
19:30	1980	55.7	26.3
	2010	55.1	26.1
20:30	2040	55.1	26.2
	2070	55.2	26.2
21:30	2100	55.3	26.3
	2130	55.3	26.3
22:30	2160	55.1	26.1
	2190	55.2	26.1
7/20 23:30	2220	55.3	26.0
	2250	55.8	26.0
01:30	2280	55.5	26.5
	2310	55.3	26.3
11:30	2340	55.3	26.2
	2370	55.8	26.2
21:30	2400	55.8	26.2
	2430	55.8	26.2
3:30	2460	55.5	26.1

回灌试验记录表

统一编号	1144819113448549201	野外编号	HG1
经度	114°48'19.17"	纬度	34°48'54.92"
地理位置	兰考县九店		
试验编号		试验起始时间	2023.7.18/10:30
		升程编号	1
观测时间	累计时间	水位埋深(m)	回灌量(m³/d)
	2490	55.2	26.3
4:30	2520	55.3	26.5
	2550	55.3	26.2
5:30	2580	55.1	26.2
	2610	55.5	26.2
6:30	2640	55.2	26.0
	2670	55.2	26.0
7:30	2700	55.0	26.1
	2730	55.8	26.2
8:20	2760	55.8	26.3
	2790	55.8	26.3
9:30	2820	55.5	26.1
	2850	55.5	26.1
10:30	2880	55.2	26.0
	2910	55.0	26.0
11:30	2940	55.5	26.3
28.7.18	2970	49.2	35.5
12:30	3000	44.1	35.3
	3030	41.3	35.2
13:30	3060	39.5	35.3
	3090	40.3	35.2
14:30	3120	39.8	35.3
	3150	40.2	35.5
15:30	3180	40.3	35.5
	3210	40.5	35.6
16:30	3240	40.3	35.5
	3270	40.2	35.5
17:30	3300	40.8	35.5
	3330	40.2	35.5

回灌试验记录表

统一编号	1144819173448549201	野外编号	HG1
经度	114°48'19.17"	纬度	34°48'54.92"
地理位置	兰香园A号院		
试验编号		试验起始时间	2023.7.18 / 10:30
		升程编号	1
观测时间	累计时间	水位埋深(m)	回灌量(m³/d)
18:30	3360	40.2	35.3
	3390	39.9	35.2
19:30	3420	40.0	35.3
	3450	40.5	35.2
20:30	3480	40.2	35.3
	3510	40.1	35.3
21:30	3540	40.0	35.5
	3570	39.8	35.5
22:30	3600	39.8	35.6
	3630	40.0	35.2
23:30	3660	40.2	35.5
	3690	39.8	35.5
7/21 0:30	3720	39.9	35.2
	3750	39.7	35.2
1:30	3780	39.7	35.2
	3810	39.5	35.2
2:30	3840	39.5	35.2
	3870	39.8	35.3
3:30	3900	39.8	35.4
	3930	39.6	35.3
4:30	3960	39.5	35.2
	3990	39.1	35.2
5:30	4020	39.1	35.2
	4050	38.5	35.2
6:30	4080	38.5	35.2
	4110	38.5	35.6
7:30	4140	37.7	35.8
	4170	38.0	36.5
8:30	4200	38.0	36.0

回灌试验记录表

统一编号	1144817344854701	野外编号	HG1
经度	114°48'19.17"	纬度	34°48'54.82"
地理位置	兰东采油厂		
试验编号		试验起始时间	2021.7.18/10.30
		升程编号	1 _h
观测时间	累计时间	水位埋深(m)	回灌量(m³/d)
	4230	38.2	36.0
9:40	4360	38.5	35.8
	4490	38.8	35.7
7/11 10:30	4620	39.2	35.8
	4750	39.2	35.9
11:30	4880	38.9	36.2
	5010	39.0	36.2
12:40	5140	39.3	36.2
	5270	39.2	36.2
13:30	5400	39.1	36.5
	5530	39.0	36.5
14:30	5660	38.8	36.5
	5790	38.9	36.5
15:30	5920	39.0	36.7
	6050	39.2	36.7
16:30	6180	38.8	36.7
	6310	39.0	36.7
17:30	6440	38.7	36.7
	6570	38.7	36.7
18:30	6700	38.5	36.7
	6830	38.5	36.5
19:40	6960	38.8	36.7
	7090	38.9	36.5
20:40	7220	39.5	36.5
	7350	39.5	36.5
21:30	7480	39.5	36.3
	7610	39.8	36.3
22:30	7740	39.2	36.3
	7870	39.2	36.3

回灌试验记录表

统一编号	1144819173948548.01	野外编号	H61
经度	114°48'17.7"	纬度	34°48'59.9"
地理位置	山东省济南市		
试验编号		试验起始时间	2023.7.18/10:30
		升程编号	1
观测时间	累计时间	水位埋深(m)	回灌量(m³/d)
7:30	5100	39.5	36.3
	5130	38.7	36.3
7/20 0:30	5160	38.9	36.2
	5190	38.7	36.2
1:30	5220	39.0	36.2
	5250	39.0	36.2
2:30	5280	39.7	36.2
	5310	39.4	36.0
3:30	5340	39.7	36.0
	5370	39.4	36.2
4:30	5400	39.1	36.3
	5430	39.1	36.3
5:30	5460	38.5	36.2
	5490	38.5	36.5
6:30	5520	38.3	36.5
	5550	38.3	36.5
7:30	5580	38.1	36.7
	5610	38.2	36.5
8:30	5640	38.2	36.5
	5670	38.5	36.3
9:30	5700	38.8	36.3
	5730	38.5	36.3
10:30	5760	38.9	36.3
	5790	38.7	36.2
11:30	5820	38.5	36.2

附表 5 水质取样检测结果



GTZJ-JL-94

报告号(批号): 2023SY130

检测报告



检 测 报 告

报告号(批号): 2023B093

共 2 页 第 1 页

样品状态	液体	样品包装	瓶装
收样日期	2023年7月15日	检测日期	2023年7月15日 至 2023年8月10日
检测项目与参数		检测方法依据	主要检测仪器
钾、钠、钙、镁、铁、锰、磷	水质 32种元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法HJ 776-2015		iCAP7400 Radical全谱直读等离子体发射光谱仪
锶、钡、锂、硼	水质 65种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法 HJ 700-2014		XSERIES 2 电感耦合等离子体质谱仪
氯化物、硫酸盐、氟化物、硝酸盐、亚硝酸盐、溴化物	水质 无机阴离子（F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、Br ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻ ）的测定 离子色谱法HJ 84-2016		Dionex AQUION IC离子色谱仪
偏硅酸	地下水水质分析方法第62部分：硅酸的测定 硅钼黄分光光度法DZ/T 0064.62-2021		G-9 紫外可见分光光度计
浑浊度	水质 浊度的测定 浊度计法 HJ 1075-2019		WGZ-2数字式浊度仪
碘化物	水质 碘化物的测定 离子色谱法 HJ 778-2015		Dionex AQUION IC离子色谱仪
氨氮（以N计）	水质 氨氮的测定 流动注射-水杨酸分光光度法 HJ 666-2013		G-9 紫外可见分光光度计
pH	水质 pH值的测定 电极法 HJ 1147-2020		PHS-3C数字酸度计
色度	水质 色度的测定（3 铂钴比色法） GB/T 11903-1989		*
碳酸根、重碳酸根、氢氧根	地下水水质分析方法第49部分：碳酸根、重碳酸根和氢氧根离子的测定 滴定法 DZ/T 0064.49-2021		*
*	*		*
备注：1.*代表以下空白。			
审 核：胡晓梅			批 准：于子许
报告编制：李振			签发日期：2023年 8 月 11 日





检 测 报 告

报告号(批号): 2023B093

检验类别: 委托检测

委托单位: 河南省地质局地质灾害防治中心水资源分院

样品名称: 地下水

收样日期: 2023年7月15日

样品数量: 2个

取样地点: /

共 2 页 第 2 页

送样编号	检测号	检 测 结 果 $\rho(B)/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$						
		锶	钾	钠	钙	镁	铁	锰
DR54	2023B0930001	74.2	47.3	5400	1133	115	0.20	4.44
DR53	2023B0930002	30.3	25.0	4076	580	58.1	0.57	2.12
		*	*	*	*	*	*	*
		钡	磷	锂	氟化物	氯化物	硫酸盐	硝酸盐
DR54	2023B0930001	0.29	<0.06	2.96	0.124	11668	561	9.20
DR53	2023B0930002	0.20	<0.06	0.77	0.217	8049	759	7.11
		*	*	*	*	*	*	*
		亚硝酸盐	溴化物	碘化物	氨氮(以N计)	硼	重碳酸根	碳酸根
DR54	2023B0930001	<0.016	7.58	3.30	2.47	11.6	161	0
DR53	2023B0930002	<0.016	6.72	1.52	1.99	9.25	170	0
		*	*	*	*	*	*	*
		氢氧根	pH(无量纲)	偏硅酸	色度/度	浑浊度/NTU	*	*
DR54	2023B0930001	0	7.2	47.5	<5	43.2	*	
DR53	2023B0930002	0	7.1	46.2	<5	9.7	*	
		以下空白						



共 2 页 第 2 页

印章



检验类别： 委托检测

样品名称: 地下水

样品数量: 2个

共 2 页 第 2 页

[illegible]

附表 6 调查区内文物保护禁采区位置

编号	名称	地址及位置
1	毛主席视察黄河纪念亭	兰考县东坝头镇东坝头村南
2	石楼瓷器遗址	兰考县考城镇石楼村西北
3	陈平墓遗址	兰考县桐乡街道办事处陈寨村中路南
4	毛主席视察许贡庄纪念亭	兰考县桐乡街道办事处许贡庄村南
5	焦桐	兰考县桐乡街道办事处朱庄村南
6	李心昂烈士碑	兰考县堽阳镇后李场村西北
7	兰阳县治遗址	兰考县桐乡街道办事处老韩陵村西南
8	梁羽明墓	兰考县桐乡街道办事处韩村村北
9	王庄烈士墓	兰考县桐乡街道办事处王庄村东
10	泡桐试验站	兰考县桐乡街道办事处张庄村
11	平乐寺	兰考县兰阳街道办事处南大街路北
12	李愚墓遗址	兰考县兰阳街道办事处南街村
13	后尖庄重修泰山行宫碑	兰考县三义寨乡后尖庄村东
14	创建真武庙碑暨重修龙张庙碑	兰考县东坝头镇长胜村北
15	张庄下马台沙丘	兰考县东坝头镇张庄村西
16	东坝头镇老河务局办公楼旧址	兰考县东坝头镇坝头村西

附件 项目合同书

兰考县城市规划区超深层水 资源调查规划项目合同书

甲 方： 兰考县水利局
乙 方： 河南省地质矿产勘查开发局
第一地质环境调查院



甲方：兰考县水利局

乙方：河南省地质矿产勘查开发局第一地质环境调查院

为了保护甲乙双方合法权益,根据《中华人民共和国民法典》等相关法律、法规的规定,并严格遵循政府采购项目采购文件的相关规定,经双方协商一致,签订本合同。

第一条、项目概况

1.1 项目名称: 兰考县城市规划区超深层水资源调查规划

1.2 工作范围: 兰考县城市规划区

1.3 工作性质(阶段): 调查

1.4 主要工作量: 1:50000 综合地热地质调查 100km², 水质分析, 抽回灌试验等。

1.5 预期成果: 提交《兰考县城市规划区超深层水资源调查规划报告》及相关附图、附件; 提供超深层水禁采区域和可采区域。

1.6 工作期限: 自签订合同起三个月内完成。

第二条、工作质量要求

按照国家相关法律、法规、技术规范、标准和省、市、县相关业务主管部门要求开展工作,所有工作成果需通过专家组评审。



第四条、双方权利与义务

1、甲方的权利和义务

①对所有成果享有所有权，有权对乙方工作进行监督、检查，对乙方工作不合理的地方要求整改。

②为乙方提供行政支持，协助及配合乙方收集所需的各类资料，协调乙方在工作过程所遇到的各类地方关系。向乙方及时支付合同规定的项目费用。

2、乙方的权利和义务

①应在合同约定的时间内保质保量完成各项工作，对于成果评审时专家提出的问题，乙方应及时修改并补充完善。

②应对甲方提供的文件、资料以及该项目成果资料进行保密，未经甲方允许不得泄露给第三方。

③乙方有向甲方要求及时支付项目费用的权利。

第五条、违约责任

合同履行期间，由于甲方原因终止合同或甲方要求解除合同时，按实际完成工作量支付乙方相应费用，由于乙方原因终止合同或乙方要求解除合同的，甲方不予支付乙方任何费用。

第六条、其他

1、本合同履行过程中双方若发生争议，可友好协商解决。协商无果，任何一方可以向乙方驻所在地人民法院起诉，进行裁决。

2. 本合同一式六份，甲乙双方各执三份，自双方签字盖章之日起生效，每份具有同等法律效力。

3. 本合同未尽事宜，双方可另行签订书面补充协议。

甲 方：兰考县水利局（盖章）

代 表 人：

乙 方：河南省地质矿产勘查开发局第一地质环境调查院（盖章）

代 表 人：

日 期： 年 月 日



扫描全能王 创建

附图 兰考县城区地热能开发利用项目禁止和限制范围区划图

兰考县城区地热能开发利用项目禁止和限制范围区划图

