

山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区 矿山地质环境保护与恢复治理方案

中石化绿源地热能（山东）开发有限公司商河分公司

二〇二二年十一月

山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区 矿山地质环境保护与恢复治理方案

编写单位：山东永泰地质勘察有限公司

项目负责： 孟祥坤

编 写 人： 梁明笑 张公伟 王连鹏

审 查 人： 范德生

总工程师： 王德江

总 经 理： 李怀金

报告提交单位：中石化绿源地热能（山东）开发有限公司
商河分公司

报告提交时间：二〇二二年十一月

摘 要

济南市商河县武夷东片区地热矿区位于济南市商河县许商街道。矿区极值坐标（中央子午线 117 度，2000 国家大地坐标系）X: .

,Y: , 矿区面积为 2.43km²。区内共有地热井 14 口，开采井 7 口，回灌井 7 口，目的层为新近纪馆陶组，开采标高-

, 井口温度 56~58℃。地下热水赋存于馆陶组热储，属层状孔隙热储。含水层厚度 73.7~108m。孔隙度为 25~30%，地温梯度 3.53℃/100m。

本次评估范围为划定矿山范围，矿山地质环境影响评估分级为一级。通过对矿区及周围地质环境调查、资料收集，结合矿山实际并经综合分析，对矿山地质环境影响程度进行了评估，其对地质环境影响程度现状为较小，预测结果为较小，矿山地质环境保护与恢复治理分区为一般防治区。

该矿山地质环境保护与恢复治理的工程措施为矿山地质监测工程和回灌工程，主要投入工程量为对地热井、回灌井的水位、水温、水量进行长期动态监测，水质定期进行监测。

该方案适用年限为 5 年，矿山地质环境保护与恢复治理经费估算为 181000 元。

主题词： 地热 商河县 矿山地质环境 恢复治理

目 录

前 言	1
一、项目来源	1
二、目的与任务	1
三、方案编制的依据	1
四、方案的适用年限	3
五、矿业权设置	4
六、矿山开发利用现状	6
七、矿山利用方案概述	7
第一章 自然地理与社会经济概况	15
一、矿山地理位置	15
二、地形地貌	15
三、气象水文	15
四、社会经济概况	18
第二章 矿区地质环境	19
一、地层岩性与地质构造	19
二、水文地质条件	21
三、工程地质条件	21
四、矿体（层）地质特征	22
五、矿山及周边其他人类工程活动情况	33
第三章 矿山地质环境影响评估	36
一、评估范围和评估级别	36
二、现状评估	37
三、预测评估	43
四、已采取的防治措施和治理效果	47
第四章 矿山地质环境保护与恢复治理分区	48
一、分区原则与方法	48

二、分区评述	48
第五章 矿山地质环境保护与恢复治理原则、目标和任务	50
一、矿山地质环境保护与恢复治理原则	50
二、矿山地质环境保护与恢复治理目标和任务	50
三、矿山地质环境保护与恢复治理工作部署	50
第六章 矿山地质环境防治工程	52
一、矿山地质环境防治工程	52
二、矿山地质环境监测工程	52
三、矿山地质环境回灌工程	53
第七章 经费估算与进度安排	55
一、工程量估算	55
二、经费估算	55
三、地质环境保护与恢复治理进度安排及资金保障	57
第八章 保障措施与效益分析	59
一、保障措施	59
二、效益分析	59
第九章 结论与建议	61
一、结论	61
二、建议	61

附图目录

顺序号	图号	附件名称	比例尺
1	1	山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区矿山地质环境问题现状图	1:25000
2	2	山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区矿山地质环境影响现状评估图	1:25000
3	3	山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区矿山地质环境影响预测评估图	1:25000
4	4	山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区矿山地质环境保护与恢复治理工程部署图	1:25000

附表目录（附正文后）

序号	附表名称	页号
1	矿山地质环境现状调查表	1-2
2	矿山地质环境保护与治理恢复方案报告表	3

附件目录（附正文后）

序号	附件名称
1	商河县自然资源局请示
2	济南市自然资源和规划局批复文件
3	委托书
4	水质分析报告
5	储量报告专家评审意见书
6	开发利用方案评审意见
7	《鲁北平原地热开发与深层地下水及地面沉降的相关性评价报告》评审意见

前 言

一、项目来源

为办理“山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区”的采矿权，根据国土资源部制定下发的《关于做好矿山地质环境保护与土地复垦方案编报有关工作的通知》（国土资规〔2016〕21号）、《山东省国土资源厅关于做好矿山地质环境保护与土地复垦方案编报有关工作的通知》（鲁国土资字〔2017〕300号）、《山东省地质环境保护条例》和《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》（DZ/T0223-2011）的规定，中石化绿源地热能（山东）开发有限公司商河分公司委托山东永泰地质勘察有限公司编制“山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区矿山地质环境保护与恢复治理方案”。、

本次所编制的方案是首次编制。

二、目的与任务

编制该方案的目的是通过野外调查结合资料收集、分析、整理、研究，查明该矿山开发利用造成的矿山地质环境问题、提出拟采取的矿山地质环境恢复治理方案，为实施保护、监测和恢复治理矿山地质环境提供技术依据。

编制该方案主要任务为：

- 1、基本查明矿山地质环境条件和矿山地质环境问题，并对矿山开发利用可能引起的环境地质问题进行分析。
- 2、开展矿山地质灾害、含水层破坏、地形地貌景观（地质遗迹、人文景观）破坏、矿区水土环境污染的现状评估和预测评估。
- 3、提出矿山地质环境恢复治理措施。
- 4、进行矿山地质环境恢复治理的经费预算，提出保护与恢复治理的保障措施。

三、方案编制的依据

（一）法律法规

- 1.《中华人民共和国矿产资源法》；
- 2.《中华人民共和国土地管理法》（2019年8月26日）；
- 3.《中华人民共和国水土保持法》（2011年3月1日）；
- 4.《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日）；
- 5.《中华人民共和国土地管理法实施条例》（2021年7月2日）；
- 6.《基本农田保护条例》（1998年12月27日中华人民共和国国务院令第257号发布，2011

年1月8日修订)；

- 7.《地质灾害防治条例》（中华人民共和国国务院令第394号）；
- 8.《土地复垦条例》（中华人民共和国国务院令第592号，2011年3月5日）；
- 9.《矿山地质环境保护规定》（国土资源部令第44号，2009年5月1日）；
- 10.《山东省地质环境保护条例》（2003年9月1日起施行）；
- 11.《山东省基本农田保护条例》（2004年7月1日起施行）；
- 12.《山东省土地整治条例》（自2016年1月1日起施行）。

（二）政策性文件

- 1.《国土资源部办公厅关于做好矿山地质环境保护与土地复垦方案编报有关工作的通知》（国土资规[2016]21号）；
- 2.《矿山地质环境保护与土地复垦方案编制指南》（中华人民共和国国土资源部 2016年 12 月）
- 3.《山东省矿山地质环境恢复和综合治理工作方案》（鲁国土 资发[2017]1 号）
- 4.《山东省国土资源厅关于做好矿山地质环境保护与土地复垦方案编报有关工作的通知》（鲁国土资字[2017]300 号）；
- 5.《关于印发山东省矿山地质环境治理恢复基金管理暂行办法的通知》（鲁自然资规〔2020〕5 号）。
- 6.《关于切实加强地热资源保护和开发利用管理的通知》（鲁国土资规〔2018〕2 号）
- 7.《关于推进矿产资源管理改革若干事项的通知》（鲁自然资规[2020]2 号）
- 8.《济南市矿产资源总体规划（2021-2025）》（报批稿）
- 9.《商河县矿产资源总体规划（2021-2025）》

（三）规范标准

- 1.《区域地质图图例》GB/T 958-2015
- 2.《综合工程地质图图例及色标》GB/T 12328-1990
- 5.《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）；
- 3.《矿区水文地质工程地质勘探规范》GB 12719-1991
- 4.《地表水环境质量标准》GB3838-2002
- 5.《地质灾害危险性评估规范》（GB / T40112-2021）；
- 6.《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》（DZ/T0223-2011）；
- 7.《矿山地质环境监测技术规程》（DZ/T0287-2015）；
- 8.《矿区地下水监测规范》（DZ/T0388-2021）；

- 9.《山东省地质勘查预算标准》（鲁财资环[2020]30号）（2020年12月）；
- 10.《山东省地质灾害防治规划》（2018-2025年）；
- 11.《济南市市地质灾害防治规划》（2018-2025年）；
- 12.《1:50000 地质图地理底图编绘规范》DZ/T 0157-1995
- 13.《地质图用色标准及用色原则》（1:50000）DZ/T 0179-1997
- 14.《地下水监测规范》SL/T183-2005。

（四）与本项目有关的技术文件

- 1.《山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区地热资源储量报告》（山东永泰地质勘察有限公司，2022 年）；
- 2.《山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区地热资源开发利用方案》（山东永泰地质勘察有限公司，2022 年）；
- 3.《山东省济南市商河县武夷东片区地热井水资源论证报告书》（山东永泰地质勘察有限公司，2022 年）；
- 4.《山东省济南市济阳-商河地区地面沉降调查评价报告》（中化地质矿山总局山东地质勘查院，2016 年）；
- 5.《济南市地热尾水回灌试验应用报告》（山东省地矿工程集团有限公司，2016 年）；
- 6.中石化绿源地热能（山东）开发有限公司商河分公司提供的其它资料。

（五）编制工作概况

2022 年 11 月 15 日，山东永泰地质勘察有限公司组织相关技术人员成立项目组开展《山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区矿山地质环境保护与恢复治理方案》的编制工作，即日项目组便展开调查工作。

地热地质调查工作自 2022 年 11 月 15 日开始至 2022 年 11 月 20 日结束，分为资料收集和野外调查两个步骤，分别进行了以往资料收集、地热地质调查、矿山地质环境及土地资源调查、水样采集等野外工作；2022 年 11 月 21 日至 2022 年 11 月 23 日，为资料综合整理、分析研究及方案编写阶段。2022 年 11 月 24 日，提交了《山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区矿山地质环境保护与恢复治理方案》。

四、方案的适用年限

该矿山开采矿种为地热，采矿权人为中石化绿源地热能（山东）开发有限公司商河分公司，申请矿山服务年限为五年，因此，该方案批准之日起，同为五年。另外，如矿山范围、开采方式等发生变化，需对本方案进行修编，并报原批准机关审批。

五、矿业权设置

根据《商河县矿产资源总体规划（2021-2025）》，2022年5月20日，济南市自然资源和规划局以“《关于做好商河县地热采矿权出让前期工作的批复》（济自然规划字[2022]34号）”同意在商河县贾庄等地设置25处地热采矿权。

矿区名称为“商河县武夷东片区地热”矿区，商河县武夷东片区（CQ04）地热矿区矿区范围由7个拐点圈定，X: ,Y: , 矿区面积为2.43km²。（表0-1）。商河县自然资源局委托山东永泰地质勘察有限公司编制的《山东省济南市商河县郑路社区地热矿区地热资源储量报告》、《山东省济南市商河县郑路社区地热矿区地热资源开发利用方案》分别于2022年6月12日、6月24日通过评审，确定了矿区储量及开发利用方式。

矿权范围内有4个供暖单元，共有地热井14眼，其中旭润新城2采2灌，水木清华1采1灌，东盛阳光花园2采2灌，武夷御泉名城2采2灌。坐标详见表0-2；位置见图0-1。开采矿种为地热，开采方式为地下开采。

表0-1 矿山范围拐点坐标一览表（2000国家大地坐标系）

矿区	拐点	2000 国家大地坐标系		面积 (km ²)	开采深度标高 (m)	开采矿种	开采方式
		X	Y				
商河县武夷东片区 (CQ04)	1			2.43		地热	地下开采
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						

表 0-2 矿区井位坐标一览表

区块名称 矿权编号	供热 工程 名称	地热 井编 号	地热井类 型	坐标（2000 国家大地坐标系）		定向井井底坐标（2000 国 家大地坐标系）		地面 标高	孔口 标高
				X	Y	X	Y		
武夷东片 区地热 (CQ04)	旭润 新城 小区	C43	开采井						
		C126	开采井						
		H41	回灌井						
		H42	回灌井						
	水木 清华	C48	开采井						
		H49	回灌井						
	东盛 阳光 花园	C44	开采井						
		C45	开采井						
		H46	回灌井						
		H47	回灌井						
	武夷 御泉 名城	C50	开采井						
		C51	开采井						
		H53	回灌井						
		H54	回灌井						

图 0-1 划定矿区范围图

六、矿山开发利用现状

（一）区域开发利用现状

根据《商河县矿产资源总体规划》(2021—2025 年), 商河全县馆陶组及东营组热储热水可采资源量为 $6566.35 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ 。商河县第一眼地热井施工于 2004 年, 自 2004 年至 2013 年商河县地热开发还处于较低的水平, 主要有县粮食局小区, 武夷山小区、豪门小区、涌鑫小区等用于供暖及温泉基地用于供暖与洗浴, 年均用地热量 100 万 m^3 左右。2013 年中石化绿源地热能(山东)开发有限公司在商河成立中石化绿源地热能(山东)开发有限公司商河分公司, 逐步提高了地热开发程度与规模, 并率先开展了生产性地热尾水回灌, 至 2022 年, 根据商河 19 个地热矿区开发利用生产规模统计, 商河县地热开发生产规模达

到 821.24 万 m^3/a ，在不计回灌量的情况下，占商河馆陶组及东营组热储热水可采资源量 $6566.35 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ 的 12.51%。商河县地热水开发尚有较大潜力。

地热利用已开始进入成熟稳定阶段，带动了房地产、旅游服务业的发展，取得了显著的社会、经济和环境效益。

（二）矿区地热井开发利用现状

该矿区共 14 眼地热井，采用“7 采 7 灌”模式，供暖采用全封闭井管抽出式开采，供暖后的地热尾水经二级过滤、排气后通过回灌井直接回灌至同层热储中。

山东永泰地质勘察有限公司于 2022 年编制了《山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区地热资源开发利用方案》，该方案于 2022 年 6 月通过了济南市自然资源和规划局组织的评审。确定矿区内地热井生产规模为 $5765.93 \text{m}^3/\text{d}$ 、69.19 万 m^3/a ，服务年限为 10 年。

七、矿山利用方案概述

该矿区包括 4 个小区，分别为旭润新城小区、水木清华住宅小区、东盛阳光小区、武夷御泉名城小区。该矿区内共有地热井 14 口，其中 7 口开采井，7 口回灌井，旭润新城小区 2 采 2 灌（C43-H41，C126-H42）、水木清华住宅小区 1 采 1 灌（C48-H49）、东盛阳光小区 2 采 2 灌（C44-H46，C45-H47）、武夷御泉名城小区 2 采 2 灌（C50-H52，C51-H53）。

单个小区开发模式，互不相连，该矿区为 7 采 7 灌开发模式。旭润新城与水木清华住宅小区采用 2 次换热加热泵间供的开发利用模式进行供暖，东盛阳光花园小区与武夷御泉名城小区采用 1 次换热间供的开发利用模式进行供暖，即自开采井抽出的地热水经过除砂器除砂，然后通过换热器换热，间接向建筑物供暖，温度降低后的地热尾水经处理后通过回灌井回灌到同层热储中。

（一）建设项目及用热工程概况

1. 商河县旭润新城地热供暖项目为多层住宅建筑，供暖面积为 10 万 m^2 ，采暖方式为 2 级板式换热加热泵采暖。旭润新城项目现有地热井配置为“2 口生产井+2 口回灌井”。

旭润新城小区开采井在 2021~2022 年累计开采量 29.67 万 m^3 ，温度 56°C ，回灌井累计回灌量 29.02 万 m^3 ，回灌温度 22°C ，灌采比达到 97.81%。

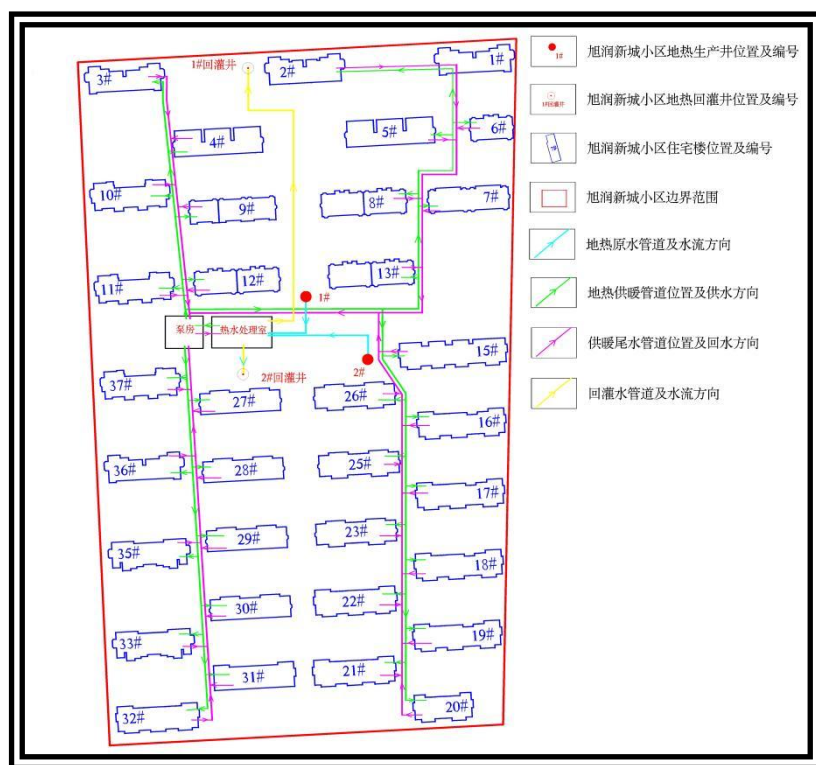


图 0-2 旭润新城小区用热工程布置平面示意图

2.商河水木清华住宅小区供暖项目为多层住宅建筑，地热井用于冬季供暖，采暖面积约为 6.2 万 m^2 ，采暖方式为 2 级板式换热加热泵采暖。地热井采用一对一开发利用模式小区。水木清华住宅小区开采井在 2021~2022 年累计开采量 16.55 万 m^3 ，温度 56°C ，回灌井累计回灌量 16.31 万 m^3 ，回灌温度 25°C ，灌采比达到 98.57%。

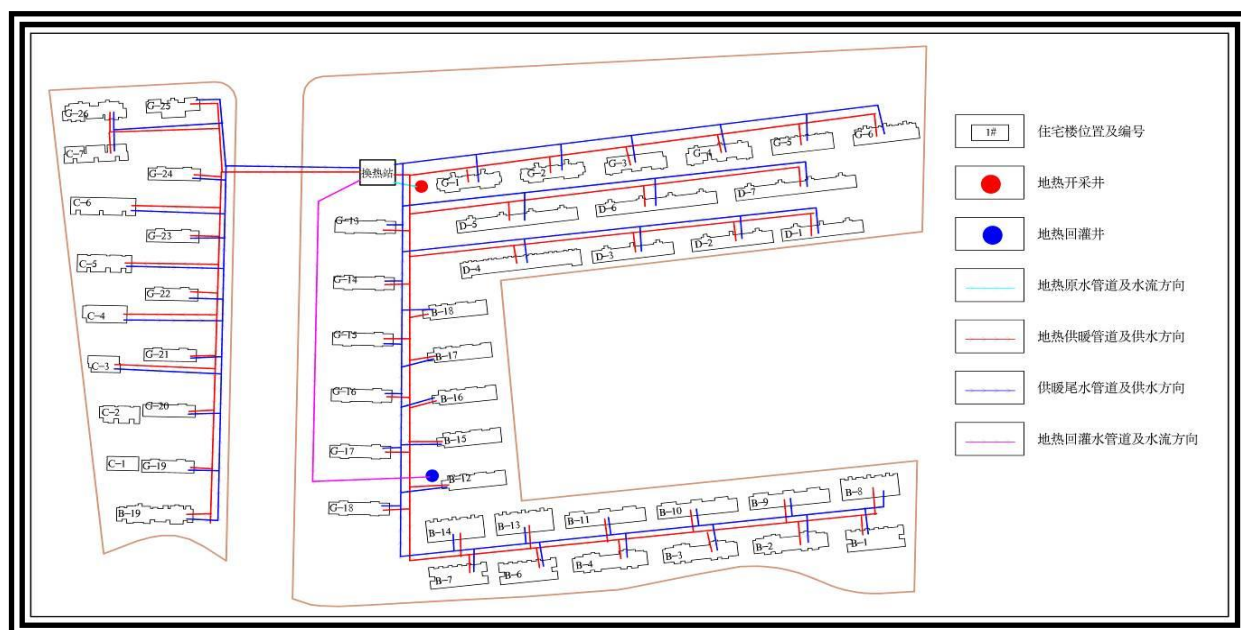


图 0-3 水木清华住宅小区用热工程布置平面示意图

3.东盛阳光花园小区供暖项目为多层住宅建筑，供暖面积 6 万 m²。采暖方式为 1 级板式换热。盛阳光花园小区项目现有地热井配置为“2 口生产井+2 口回灌井”。东盛阳光花园小区开采井在 2020~2022 年未开采利用。

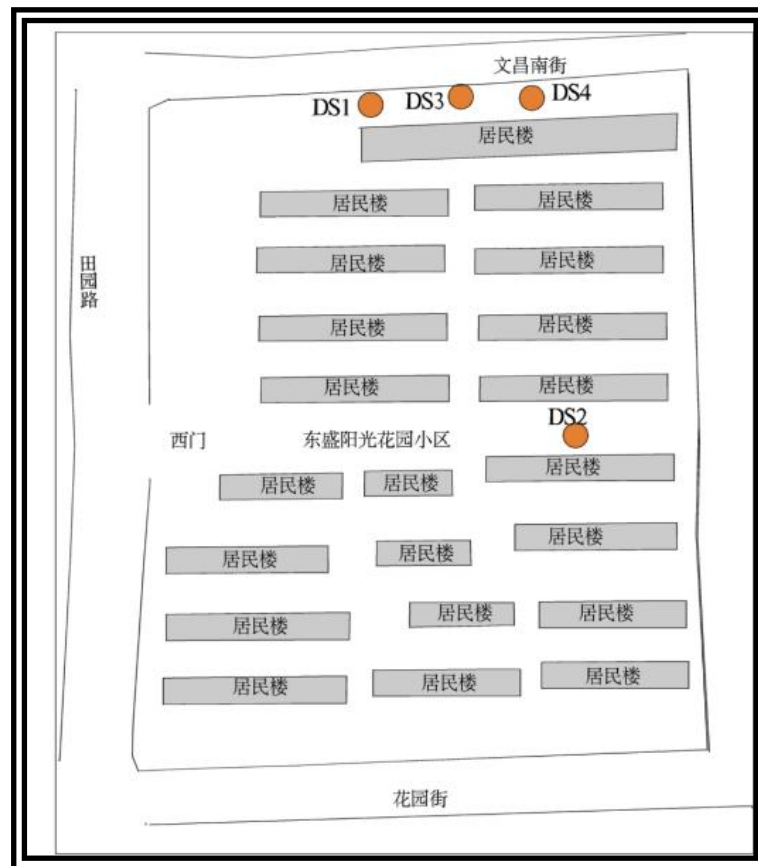


图 0-4 东盛阳光花园小区用热工程布置平面示意图

4.武夷御泉名城小区供暖项目为多层住宅建筑，供暖面积 6 万 m²。采暖方式为 1 级板式换热。盛武夷御泉名城小区项目现有地热井配置为“2 口生产井+2 口回灌井”。武夷山御泉名城小区开采井在 2020~2022 年未开采利用。



图 0-5 武夷御泉名城小区用热工程布置平面示意图

(二) 开采深度及影响范围

1. 开采深度

C43、C126、C48、C44、C45、C50、C51 井取水段分别为 1120.00~1420.00m、1120.00~1420.00、1231~1500m、1174~1302m、1228~1355m、1174m~1302m、1228m~1355m，开采热储层为新近纪馆陶组。

2. 影响范围

根据《单井地热资源评价技术规程》(DB37/T4243-2020) 第 10.4 条，当武夷东片区地热开采井开采量为 5395.83m³/d 时，其影响半径 R 为 858.67m，影响范围面积 $A = \pi R^2$ ，即为 2.32km²。

(三) 开采方式与地热流体利用基本工艺流程

矿区地热井开采方式为潜水泵抽出式，开采层位为新近纪馆陶组，动水位埋深 85~90m。供暖期可选用扬程 120m，功率 55KW 深井泵抽取，将深井泵下至地面下 120m 处，采用变频供水系统，并在井中埋设输水管道，将地下水引至地热处理控制室。潜水泵可选用型号为 200QJR100/120，其外径 184mm，出水口径 100mm，材质为铸铁。

井口设施包括：井口装置（可选用 TY-JK 型井口装置）、除砂器（可选用 QWXL-100 型旋流除砂器）、阀门与仪表及其它电气设备（包括潜水泵控制柜及系统循环控制柜、补水泵组控制柜等）。

地热流体利用方式：间供、地板采暖、尾水回灌。供暖回灌工艺流程：开采井原水→除砂→供暖系统→粗过滤→精过滤→排气→自然回灌→回灌井。

1.旭润新城小区

结合供热站实际条件，本供暖工程地热流体利用方式：2级板换+热泵、地板采暖、尾水回灌。供暖回灌工艺流程：

开采井原水→除砂→换热系统→粗过滤→精过滤→排气→自然回灌→回灌井。

具体利用方式和基本流程为：地热井抽出的热水经过除砂、排气后通过换热器提取热量为地板辐射采暖系统供热，地热尾水温度降至约 20℃后经过过滤、排气后进入回灌井回灌至同层热储中。为间供地板辐射采暖系统供热，设计供热负荷 4440kW。地热供暖工艺流程见图 0-6。

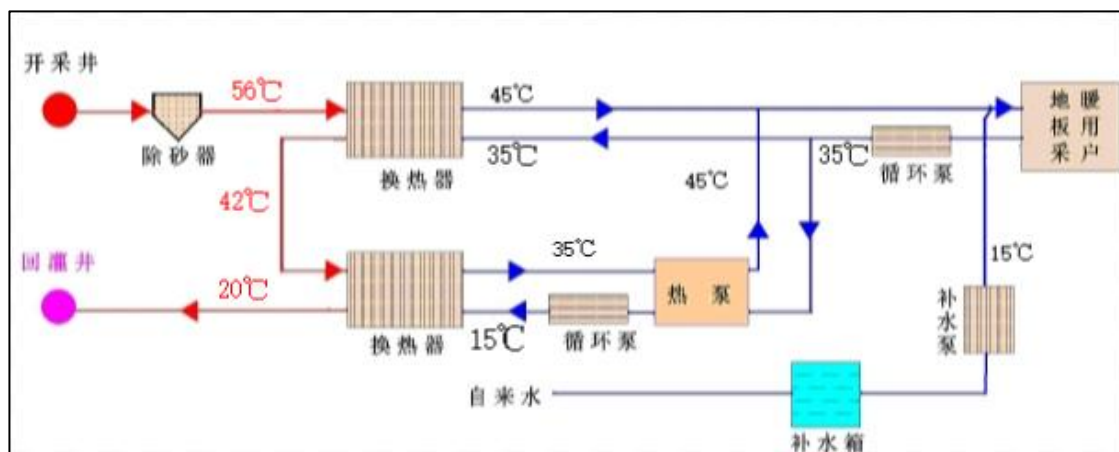


图 0-6 工艺流程示意图

本系统地热潜水泵、加压循环泵、热泵、电缆等设备均采用耐高温、防腐蚀的材料；潜水泵管路及输水管路采用内衬树脂加外保温钢管进行铺设，以减弱地热流体对设备及管路的腐蚀带来的不良结果。

2.水木清华住宅小区

结合供热站实际条件，本供暖工程地热流体利用方式：二级板换+水源热泵、地板采暖、尾水回灌。供暖回灌工艺流程：开采井原水→除砂→换热系统→粗过滤→精过滤→排气→自然回灌→回灌井。

具体利用方式和基本流程为：地热井抽出的热水经过除砂、排气后通过换热器提取热量为地板辐射采暖系统供热，地热尾水温度降至约 20℃后经过过滤、排气后进入回灌井回灌至同层热储中。

回灌至同层热储中。为间供地板辐射采暖系统供热,设计供热负荷 2480kW。地热供暖工艺流程见图 0-7。

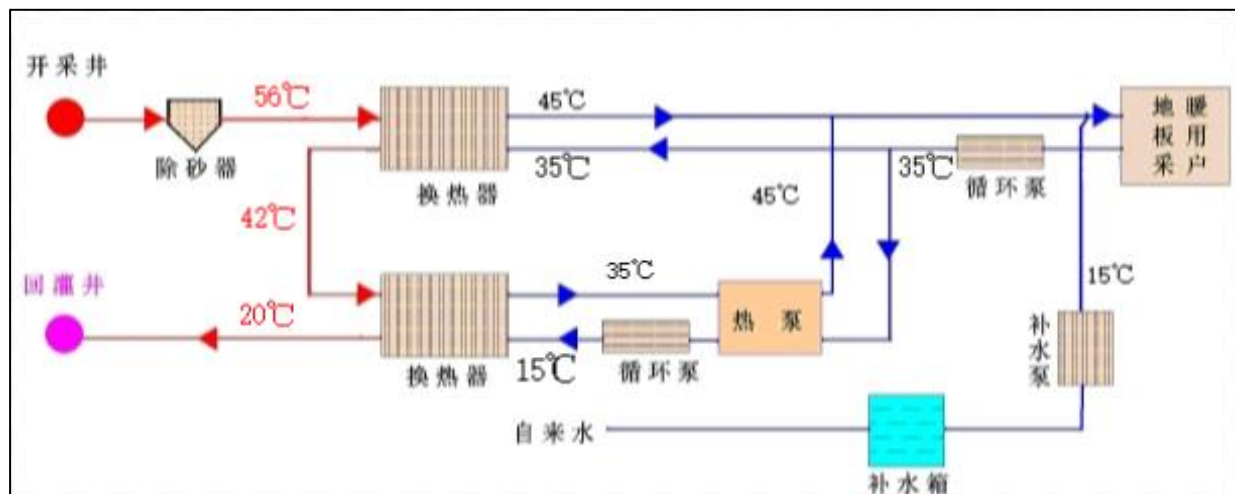


图 0-7 采灌工艺流程示意图

本系统地热潜水泵、加压循环泵、热泵、电缆等设备均采用耐高温、防腐蚀的材料；潜水泵管路及输水管路采用内衬树脂加外保温钢管进行铺设，以减弱地热流体对设备及管路的腐蚀带来的不良结果。

3.东盛阳光花园小区

结合供热工程实际条件，本次设计地热流体利用方式：二级板换+水源热泵、地板采暖、尾水回灌。供暖回灌工艺流程：开采井原水→除砂→换热系统→粗过滤→精过滤→排气→自然回灌→回灌井。

具体利用方式和基本流程为：地热井抽出的热水经过除砂、排气后通过换热器提取热量为地板辐射采暖系统供热，地热尾水温度降至约 20℃ 后经过过滤、排气后进入回灌井回灌至同层热储中。为间供地板辐射采暖系统供热，设计供热负荷 2400kW。地热供暖工艺流程见图 0-8。

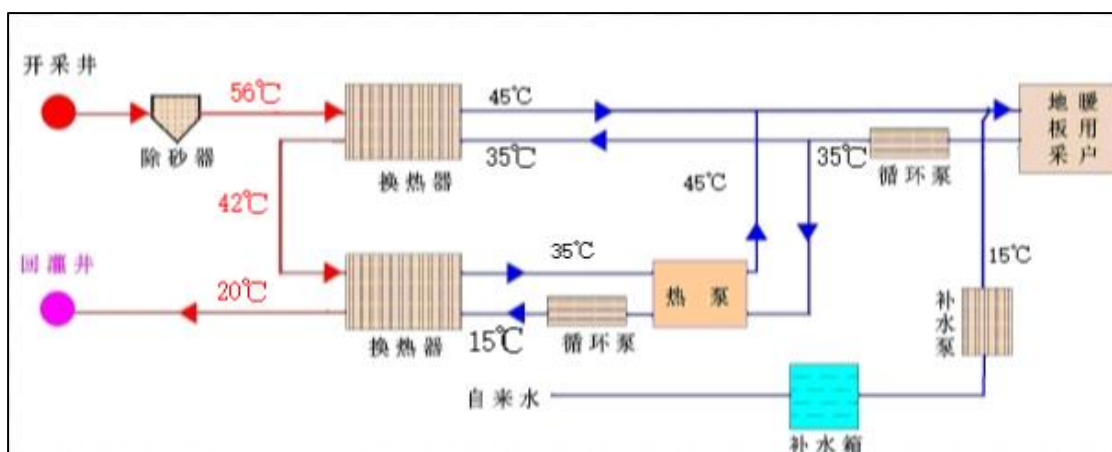


图 0-8 采灌工艺流程示意图

潜水泵管路及输水管路采用内衬树脂加外保温钢管进行铺设,以减弱地热流体对设备及管路的腐蚀带来的不良结果。

4.武夷御泉名城小区

结合供热工程实际条件，本次设计地热流体利用方式：二级板换+水源热泵、地板采暖、尾水回灌。供暖回灌工艺流程：开采井原水→除砂→换热系统→粗过滤→精过滤→排气→自然回灌→回灌井。

具体利用方式和基本流程为：地热井抽出的热水经过除砂、排气后通过换热器提取热量为地板辐射采暖系统供热，地热尾水温度降至约 20℃后经过过滤、排气后进入回灌井回灌至同层热储中。为间供地板辐射采暖系统供热，设计供热负荷 2400kW。地热供暖工艺流程见图 0-9。

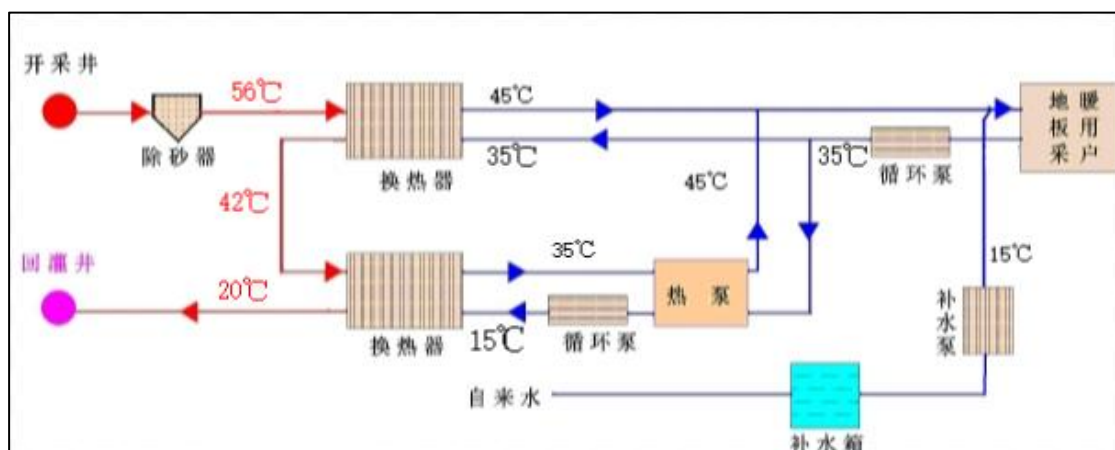


图 0-9 采灌工艺流程示意图

本系统地热潜水泵、加压循环泵、热泵、电缆等设备均采用耐高温、防腐蚀的材料；潜水泵管路及输水管路采用内衬树脂加外保温钢管进行铺设,以减弱地热流体对设备及管

路的腐蚀带来的不良结果。

第一章 自然地理与社会经济概况

一、矿山地理位置

商河县武夷东片区矿区位于济南市商河县县城，坐落在济南市商河县商中路东，国道 340 以东，温泉街以北。交通便利，地理位置优越，见图 1-1。

商河地处山东省北部，位于东 北纬 之间，隶属济南市，是济南市的北大门。东靠滨州市的惠民、阳信，公路直达渤海沿岸；西与德州市的临邑毗邻，距津浦铁路及德州市 90km，南临济阳县，到济青、京福高速公路 70km，距济南飞机场 50km，北与德州市的乐陵接壤，公路畅通京津。省道 S248 线纵贯南北，S316 线横跨东西，全县公路通车里程达 1170km，公路密度名列全省之首。

二、地形地貌

拟设矿区地处黄河下游冲积平原区，地形平坦，地势南高北低，西高东低，自西南向东北缓缓倾斜，海拔高度 12~17m，地面坡降 1/10000 左右。微地貌形态为河滩高地和坡地，地表岩性以粉土和粉质粘土为主。

河滩高地：是区内分布最广的微地貌形态，为故（古）河道河漫滩沉积而成，地表岩性主要为粉土，地形上较其它地方高出 1~2m，地下水位埋藏较深，排水条件良好，一般不易受涝碱的威胁，但易受旱。

缓平坡地：为黄河泛滥漫流沉积所成，地表岩性以粉土、粉质粘土为主，由于地下水位埋藏较浅，且排水不畅，故易碱易涝。

三、气象水文

（一）气象

商河县地处中纬度，属暖温带半湿润季风气候，春季干燥少雨，多西南风，夏季炎热多雨，秋季天高气爽，冬季严寒干燥，多东北风。历年年平均气温 12.7℃；光照充足，年平均日照总时数 2613 小时。历史最大冻土深度 59cm。全年一月份最冷，月平均气温 -3.6℃，日最低气温 ≤ -5.0 的寒冷日数，年平均为 641 天，严寒天气最早开始于 11 月下旬，最晚结束于 3 月中旬。七月份最热，月平均气温 26.8℃，日最高气温 ≥ 35℃ 的炎热日数，年平均为 15.8 天，炎热天气一般从 6 月上中旬开始，至 9 月上旬结束。最高气温 42.7℃(1942 年 7 月 6 日)，最低气温 -21.7℃(2021 年 1 月 7 日)。

图 1-1 工作区交通位置图

商河县多年（2000 年～2021 年）平均降水量 669.1mm（图 1-2），最大为 1120.7mm（2007 年），最少为 278.0mm（2003 年）；多年平均蒸发量 1525.6mm（见图 1-3），区

域蒸发量大于降水量，相对差值呈现由东南向西北的递增趋势，干旱指数为 2 左右，无霜期为 192~238 天。

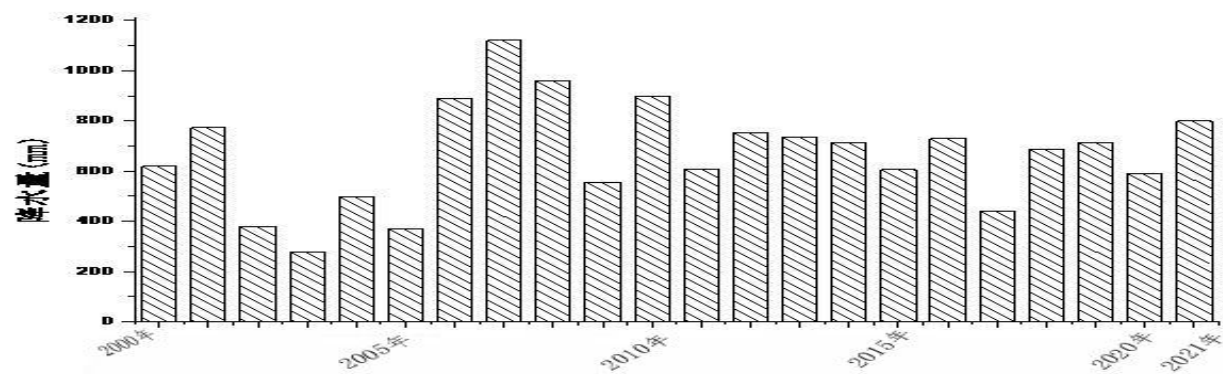


图 1-2 商河县 2000~2021 年降水量直方图

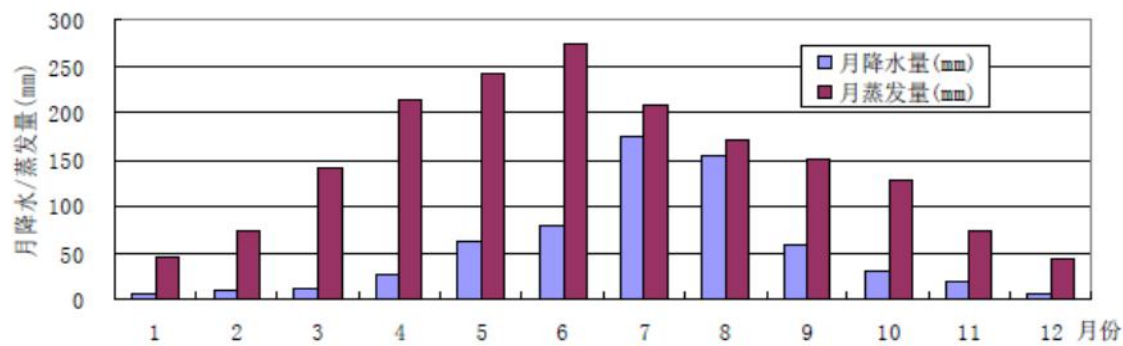


图 1-3 商河县多年平均蒸发量统计图

(二) 水文

商河县境内主要河流有黄河、徒骇河、垛石河、土马河、寺干沟、临商河、商中河和商东河，除了徒骇河外，其它河流多为季节性雨源型河流，其主要功能是排洪泄涝和进行农业灌溉。

黄河：位于拟设矿区东南，是济南市重要的客水资源。根据洛口水文站资料，黄河多年平均径流量 435 亿 m³，流量 1387m³/s。黄河为一地上河，河床每年平均淤高 0.126m。最大洪水主要集中在六至九月份，凌汛一般发生在十二月份至来年二月份；黄河在济南河段的结冰期最早在 12 月上旬，最晚在 1 月上旬开始结冰，流冰期为半月左右，黄河水无嗅无味，pH 值为 8 左右，属于淡水，为重碳酸钠型水。

徒骇河：干流自山东聊城莘县起，流经聊城市区、茌平县、高唐，德州、禹城、齐河、临邑，济南济阳、商河，滨州惠民、滨县、沾化等 13 个县(市)，最后在沾化汇入渤海。河道全长 436km，流域总面积 13902km²。

商中河：商中河又名跃进河。原为 1958 年开挖的引水河道，1969-1970 年按“1964

年雨型”排涝标准扩大治理，改作德惠新河支流。源于徒骇河，南自杨庄铺乡南河头村起，北至赵魁元乡帽杨村入德惠河。长 39km，流域面积 343km²。河床底宽 9~15m，河底高程 11.32~6.2m，排涝水位 11.4m，流量 123.7m³/s，为贯通县境中部的排灌中枢。

四、社会经济概况

商河县现辖 1 个办事处、11 个乡镇，即许商街道办事处、玉皇庙镇、怀仁镇、贾庄镇、殷巷镇、郑路镇、龙桑寺镇、白桥镇、孙集镇、韩庙镇、沙河镇、张坊镇。至 2020 年，全县人口 62.77 万人，其中城镇人口 21.07 万人，占全县总人口 33.57%；农村人口 41.7 万人，占全县总人口 66.43%。

2021 年，商河县地区生产总值 208.5 亿元，按可比价格计算，比上年增长 9.2%。其中，第一产业增加值 56.1 亿元，增长 10.1%；第二产业增加值 64.2 亿元，增长 13.6%；第三产业增加值 88.2 亿元，增长 5.8%。三次产业构成比为 26.9：30.8：42.3。全年人均地区生产总值 39439 元，增长 15.9%，实现经济总量、发展质量、人均均量“三量齐升”。

表 1-1 2021 年商河县主要工业产品产量及增长速度

产品名称	计量单位	产量	比上年增长(%)
纱	万吨	4.9	7.6
服装	万件	214	-25.0
日用玻璃制品	万吨	10.1	7.9
饲料	万吨	28.1	-15.4
鲜、冷藏肉	万吨	4.8	-37.6
纸制品	万吨	9.5	4.2
商品混凝土	万立方米	185.2	27.8
钢结构	万吨	13.1	12.1

2021 年全县地方一般公共预算收入累计完成 20.0 亿元，增长 33.4%，其中税收收入 16.0 元，占比达 80.0%。地方一般公共预算支出 43.4 亿元，下降 14.1%。其中，教育支出 10.2 亿元，下降 11.9%；一般公共服务支出 4.8 亿元，下降 10.2%；节能环保支出 0.3 亿元，下降 91.0%；城乡社区支出 8.8 亿元，增长 39.4%。

2021 年末，全县实现城镇新增就业 2082 人，城镇等级失业率 1.61%，远低于全市平均水平。全县各类在校学生总计 9.60 万人。全县拥有卫生机构 445 处。全县年末户籍总人口 639503 人，男女性别比例为 103.7：100，人口出生率 7.35%，死亡率 6.05%，自然增长率 1.3‰。

第二章 矿区地质环境

一、地层岩性与地质构造

（一）地层岩性

自新生代以来，区内以持续沉降构造运动为主，沉积形成了巨厚的新生界。新生界系海相、湖相和河流相碎屑物质互层沉积，并含丰富的有机物。在调查区内，第四系、新近系和古近系地层较为发育，地层岩性特征如下：

1.古近系东营组（E3d）：根据区域地质资料，其埋深一般 1370~1500m，厚度大于 200m。上部以棕红夹灰绿色泥岩和灰白色泥质砂砾岩为主；中部为紫红、灰绿色泥岩与灰白色细砂岩互层；下部为浅灰色细砂岩、粉砂岩与灰绿色、紫红色泥岩互层。是区内良好的热储层。

2.新近系馆陶组（N1g）：本组与下伏东营组呈区域性不整合接触，可分为上、下两段。馆下段岩性为灰色、灰白色块状砾岩、含砾砂岩、砂岩，底部为含石英、黑色燧石砾状砂岩、砂砾岩，夹灰绿色紫红色泥岩；馆上段岩性为紫红色、灰绿色泥岩与粉砂岩互层，下部砂岩较发育，中、上部泥岩较发育。在调查区内地热井资料，该组厚度一般为 300~600m，顶板埋深 950~1120m，是区内较好的热储层，目前商河县已有的地热井均利用该热储层。

3.新近系明化镇组（N2m）：区内分布较普遍，主要为土黄、棕红色泥岩、砂质泥岩与灰白色砂岩。在垂直向，上部颗粒粗，下部颗粒细，具反旋回沉积特征。与下伏馆陶组呈整合或假整合接触。本组下部为大段泥岩，极少见砂岩，是区域地热盖层。顶板埋深为 200~400m，底板埋深为 950~1120m。

4.第四系（Q）：区内普遍分布，上部为浅棕黄、浅绿、灰色砂质粘土、粘土夹粘土质粉砂岩，下部为浅黄、浅灰绿色粉砂质粘土或浅灰绿色粘土质粉砂，地层厚度 200~400m，与下伏地层呈不整合接触。

（二）地质构造

1.区域地质构造

采矿区所处位置在大地构造单元上位于华北陆块（Ⅰ级）华北拗陷（Ⅱ级）济阳拗陷区 Ia（Ⅲ级）惠民潜断陷 Ia4（Ⅳ级）的次级构造单元临邑凹陷（潜）Ia42（Ⅴ级）（见图 2-1、表 2-1）。

表 2-1 区域地质构造单元简表

一级	二级	三 级	四级	五级
华北陆块	华北拗陷	济阳拗陷区	惠民潜断陷	临邑凹陷（潜）

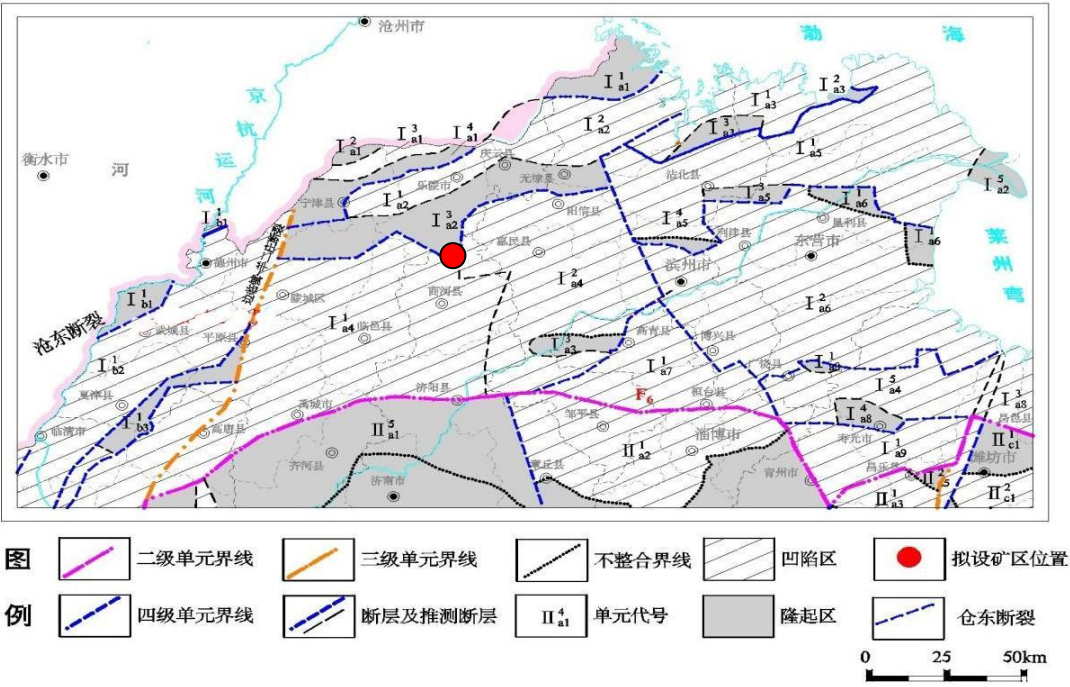


图 2-1 区域地质构造简图

2.断裂活动

矿区周边区域内新生代以来断裂构造运动活跃，主要受新华夏构造体系的影响，断裂主要发育方向为 NNE、NE 向，均隐伏于新近纪地层之下。这些断裂不仅切割了中生代地层，而且还控制了新生代地层的沉积发育，其中影响本区的断裂主要为临邑断裂。

临邑断裂位于临邑凹陷的中部，走向 NE，倾向 SE，倾角 75° ，为南盘下降、北盘上升的张扭性正断层带，古近系断距 800m，新近系断距 150~300m。该断裂形成于燕山运动末期，后期经历了古近纪始新世~新近纪上新世后期的构造运动，控制断层两侧新生代沉积厚度，使其相差 250m 左右，属活动性强裂的断裂，导致深部岩浆沿断裂构造应力集中区上涌侵入东营组。

本区在大地构造单元上属华北板块（I 级），华北拗陷（II 级），济阳拗陷区(III级)，惠民拗陷(IV级)西部，临邑凹陷（V 级）的西南部（见图 2-1）。在地层分区上属华北平原地层分区济阳地层小区。区内以太古界变质岩为基底，其上沉积了一套古生界和新生界。

自古近纪以来，本区经历了多次构造运动，发育了一系列 NE、NWW 及近 EW 向继承性断裂，发生了大规模的不均一的断陷活动，形成一系列凹陷和凸起。调查区位于惠民凹陷西南部构造带，南为临邑凹陷。古近纪时期，本区处于强烈的拉张作用下，断裂活动强烈，并在工作区附近地区形成构造活动带，小型断裂发育，并控制着区内古近系的沉积。进入新近纪，断裂活动减弱。

二、水文地质条件

本区属于黄河下游冲积平原水文地质区，地下水赋存于新生界不同粒径的含水层（组）中。受新生代以来阶段性和差异性升降运动的影响，其含水层（组）在空间分布上结构复杂，重迭交错，地下水具有明显的分带性。在埋深 500m 内，根据地层岩性、含水层的水力性质、埋藏特点及地下水化学特征，本区地下水在垂直方向上由浅到深可分为：浅层潜水—微承压、中层承压、深层承压含水层组。

1. 浅层潜水—微承压含水层（组）

系指埋藏在 0~60m 深度以内的地下水，主要赋存在第四系全新统及上更新统上部，为冲积、湖积相地层。含水层岩性主要为粉砂、粉细砂，含水层厚度 10~20m，单井涌水量为 20~30m³/h，水位埋深 2~3m。矿化度 >2g/L，水化学类型为 Cl·SO—Ca·Na 型和 Cl·SO₄·HCO₃—Na·Mg 型。地下水主要接受大气降水的垂直入渗和河流沟渠的侧渗补给，水平径流较迟缓，水力坡度小，主要排泄方式为蒸发和人工开采。

2. 中层承压水

系指埋藏于 60~200m 深度内的承压水，主要赋存在第四系上更新统下部和中更新统。含水层岩性主要为粉砂、粉细砂、细砂，含水层厚度 20~30m，单井涌水量 30~50m³/h，水化学类型以氯化物型为主，矿化度 >2g/L，目前尚未开采利用。

3. 深层承压水

系指埋藏在 200m 深度以下或中层咸水体底界面以下的地下水，主要赋存在第四系下更新统和新近纪明化镇组中。淡水顶界面为 150~200m，在 200~500m 取水区间内含水层岩性主要为粉细砂、中细砂和中砂。含水层累计厚度 70~80m。单井涌水量为 40~60m³/h，矿化度 1~2g/L，水化学类型为 HCO₃·SO₄·Cl—Na 型。区内深层地下水的主要接受远距离侧向迳流和上部弱透水层的越流补给等。由于其补给途径长，水力坡度小，径流迟缓，属消耗型水源。

三、工程地质条件

该矿区属于黄河下游冲积平原，地形平坦，上覆第四纪松散沉积物及新近纪明化镇

组，下伏古近纪渐新世东营组（E_{3d}）地层，主要岩性上部以棕黄、棕红色泥岩夹灰白、浅灰色细砂岩为主，呈交互层状；下部为灰白、浅灰色粗砂岩夹浅灰、灰绿色泥质砂岩及灰白色砂砾岩夹泥岩砂岩、泥岩，呈交互层状，地层厚度达数百米，力学强度高，稳定性好。工程地质条件较好。

矿区热储盖层厚度大稳固性强，矿山工程地质条件较好。但是由于所开采热储层的地下水补给能力差，如不控制合理的井距及抽水量，长期过量抽汲地下热流体会造成压力或水位明显下降。故应将地热井的数量、井距及地热水开采量严格控制在合理范围之内。

四、矿体（层）地质特征

（一）热储层划分

热储系统划分主要根据热储含水层系统的埋藏条件、岩性、岩相特征、热流体的储集空间类型、地热流体温度、埋深、水化学特征、经济技术开发条件及区域研究程度进行。在同一热储系统内，根据地质时代，热储含水岩层颗粒粗细的沉积旋回组合规律及水文地质特征等因素，可将其进一步划分为热储层组。

根据上述划分原则，本次将古近纪、新近纪陆相沉积层划分为一个热储系统，称之为碎屑岩热储系统。该热储系统自上而下划分为四个热储层组：

- （1）明上段热储层组：新近纪明化镇组上段含水层组；
- （2）明下段热储层组：新近纪明化镇组下段含水层组；
- （3）馆陶组热储层组：新近纪馆陶组含水层组；
- （4）东营组热储层组：古近纪东营组含水层组。

矿区主要研究热储层为馆陶组热储。

（二）主要热储基本特征

目前，矿区内地热井开采热储层位为新近纪馆陶组热储层组，因此本次重点对馆陶组热储进行阐述。

区域内馆陶组热储温度基本在 53~58℃ 之间，主要特征为中部温度高，由中部向东、西南两侧降低（图 2-2）。温度最高点位于贾庄镇工业园内，最高温度达到 58℃；其次县城中心地区和北部温度较高，大约为 56~57℃；温度最低点位于郑陆镇郑路社区内，最低温度为 53℃。区内有一处温度异常区：农业科技示范园、37° 小区该处由于地热井密集，地热利用程度高，热储温度 55~56℃。本区恒温带深度为 20.00m，恒温带温度为 12.8℃。区域地温梯度变化规律是：由中北向两侧地温梯度逐渐降低。通过已有地热井井

口温度计算，该区盖层地温梯度约为 $3.37\sim 3.76^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。最高点位于商河东北沙河镇，地温梯度为 $3.76^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。最低点位于易祥片区、玉皇庙南片区和郑路镇，地温梯度在 $3.37^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 左右（图 2-5）。

垂向变化规律是：在恒温带以下，地温随深度的增加而增加。地温增加的幅度可用地温梯度表示，研究资料表明，地温梯度在垂向上的变化主要受岩石热传导率及地下水活动的综合影响，热传导率低，地温梯度高；反之则低。地下水活动强烈，地温梯度低。该区垂向上地温总的特征是：第四系结构疏松，热传导率小，起阻热作用，地温梯度高，但受地下水活动的影响，地温梯度有所降低。古、新近系结构较第四系紧密，热传导率大于第四系，但赋存于地层中的地下水基本上处于静止状态，热能受地下水对流传播的影响小，地温梯度高；基岩结构致密，热传导率大，地温梯度低。区域矿化度在 $4.9\sim 13.4\text{g/L}$ 范围内，由北向南逐渐增大（图 2-3）。商河西北怀仁矿区附近地热水矿化度最低，约为 4.9g/L ；农业科技示范园南部矿化度地热水最高，为 13.4g/L 。区内有几处矿化度异常区：1、商河东北部沙河镇矿区附近，地热水矿化度在 9.0g/L 左右；2、商河县城西北，集中供热中心、颐景城、泰和名都、凤凰城等小区的部分地热水矿化度在 $9\sim 11\text{g/L}$ 左右；3、商河县城东南的农业科技示范园南部地热水矿化度在 $11.4\sim 13.4\text{g/L}$ 左右。

区域静水位由东北向西南逐渐升高，埋深在 $56.7\sim 69.8\text{m}$ 之间（图 2-4）。商河北部地热井较少，地热利用程度较低，静水位埋深一般在 $56.7\sim 60\text{m}$ 之间；商河中心城区及玉皇庙中心城区，地热井密集，地热利用程度高，静水位埋深一般 $66\sim 68\text{m}$ 。沙河社区附近静水位埋深最小，约 56.7m ；贾庄开元新村静水位埋深最大，约 69.8m 。

图 2-2 馆陶组热储中心温度等值线图

图 2-3 馆陶组水化学等值线图

图 2-4 静水位埋深等值线图

图 2-5 地温梯度平面分布等值线图

（三）区域地球物理场特征

利用重力场的空间变化可以研究或探测区域埋藏较深、分布范围广的区域地质因素（断裂、基底起伏等）引起的重力异常。在相同区域重力背景下，根据地球内部明显重力值次级变化—重力正负异常带和重力梯度可大致划分凸起和凹陷，并推测断裂的存在。

拟设矿区处于临邑潜凹陷东部，附近布格重力等值线分布不密集，重力值在 $0\text{m}\gamma$ 左右，重力正异常值表示凸起区，重力负异常值表示凹陷区，区内区内布格重力等值线与基底构造轮廓一致，总体呈 NE 向，其峰值中心与潜凹或潜凸基本一致。在凸起和凹陷的交接部位表现为等值线密集，重力梯度大，各凹陷区底部等值线稀疏平缓。

（四）热储层的水文地质特征

据夏热 1 井所揭露地层的埋深、岩性、结构、地温等，结合区域地热水文地质资料，可将地热井井热储层划分为：新近系明化镇组下段热储层组、馆陶组热储层组。其中馆陶组热储层组是本次勘探目的层。

1. 第四纪平原组（Qpp）

层底埋深约 280.00m，厚度 280.00m，主要岩性上部以土黄色粘土为主，夹粉质粘土及粉砂。粉质粘土为土黄色，可塑，粉砂为暗土黄色，成份以石英、长石为主；下部以土黄色夹灰绿色、褐红色粘土为主，粘土可塑，局部见少量钙质结核，与下伏明化镇组不整合接触。

2. 新近纪明化镇组（N2m）

层底埋深 1150.00m，厚 870.00m，岩性以土黄色、棕红色泥岩、砂质泥岩和灰白色、浅灰色砂岩为主，局部夹灰绿色泥岩及钙质团块。上部泥岩成岩性差；下部泥岩成岩性较好、质纯。砂岩为钙质胶结，胶结较疏松。上部以粉~细砂岩为主，下部以细—中细砂岩为主。砂岩成份以石英为主、长石次之，并含云母和暗色矿物，分选及磨圆中等。与下伏新近纪馆陶组呈整合接触。

3. 新近纪馆陶组（N1g）

该区的热储层为新近纪馆陶组热储层组。

顶板埋深约为 950m，钻探深度 1534m。在 950.00~1534m 区间内，砂岩累计总厚度约 137m，该层段地层细砂岩、含砾粗砂岩和砂砾岩发育，单层厚度大，最大厚度达 21m，岩相主要为河流相的细砂岩、泥质砂岩、含砾砂岩、砂砾岩，为钙质胶结或半固结状，其分选性和磨圆度较差。砾石成分主要为石英、长石，直径 1~10mm。砂层孔隙度一般为

25~30%，平均孔隙度 27%。地下热水溶解性总固体 9000~10000mg/L，井口温度为 56.0~58.0℃，水化学类型为 Cl-Na 型。

（五）地热资源类型

城区北片区地热井，所揭露的地层为新生界第四系松散沉积物和新近系陆相碎屑沉积岩。开采的地热资源主要赋存在新近系碎屑沉积岩中，属层状孔隙—裂隙型的热储。地热资源类型为低温地热资源热传导型。地热水储存在新近系馆陶组层状砂岩、粗砂岩、砂砾岩的孔隙—裂隙内，热水水温 54.0~59.0℃，根据地热资源温度分级（表 2-2），该地热井属温热水-热水型。

表 2-2 地热资源温度分级

温 度 分 级		温度(t) 界限/℃	主 要 用 途
高温地热资源		T≥150	发电、烘干、采暖、
中温地热资源		90≤ t < 150	烘干、发电、采暖、
低温地热资源	热水	60 ≤t < 90	采暖、理疗、洗浴、温室、
	温热水	40≤t < 60	理疗、洗浴、采暖、温室、养殖
	温水	25≤ t < 40	洗浴、温室、养殖、农灌
表中温度是指主要储层代表性温度			

（六）矿区补径排条件

地热水取水段标高为-1047.13~-1514.5m，为新近纪馆陶组热储层，主要岩性为中砂岩及砂砾岩。上有多层泥岩覆盖，构成良好的隔水顶板。地热水与上覆中层咸水、浅层淡水及大气降水无水力联系。地热水的径流微弱，补给条件差。

区内地热水除少量沉积物沉积时保留下来的沉积水和封存水外，绝大部分为沉积物形成后在漫长的地质时期中，由远、近山区的侧向径流补给。根据区域古地理条件推测，补给区可能在南部的泰沂山区或西部的太行山区，大气降水垂直入渗后，沿含水层水平方向经深部循环补给。

排泄条件，人工开采为其重要的排泄方式，此外还有水力梯度运移。开采条件下，开采量主要来源于含水层本身的储变量。

（七）地热井动态变化特征

根据本次调查工作及中石化绿源地热能（山东）开发有限公司商河分公司提供的相关资料，结合《山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区地热资源储量报告》地热井的水位呈缓慢下降趋势，水质、水温、水量变化略有起伏，总体动态特征基本保持稳定。

1.水位

根据地热供暖原理和用水特性，本次建设项目取用水仅是为了充分利用地热水的地温

资源，它是用打井的方式取水，通过供暖系统与水进行能量交换后，复归入地下，整个过程是封闭的，并实行同层抽取同层回灌的模式，不改变地下水类型，基本不消耗地下水资源。在实际运行过程中，仅在取水井和回灌井附近的局部产生一定的水位改变，而对区域和周边的地下水位基本不产生影响，开采后区域地下水位仍会保持原来的运动状态，不会发生明显改变。

地热井水位埋深的波动主要受人为开采的影响，年内季节性变化明显，地热流体的动态变化表现为在冬季采暖期水位下降，非采暖期水位又略有回升。

2004 年商河第一口开采井成井时，水头高出地面 7m，，2017 年商河开始进行地热回灌前静水位埋深 56m，2004 至 2017 年水位下降速率 4.8mm/a.

2021 年做产能测试时测得静水位埋深约为 67m 左右，水位下降速率约为 2.2m/a 左右。说明回灌条件下水位下降速率减缓。随着以灌定采的全面实施，水位下降速率会逐步减小。

说明回灌条件下水位下降速率减缓。随着以灌定采的全面实施，水位下降速率会逐步减小。图（2-6）

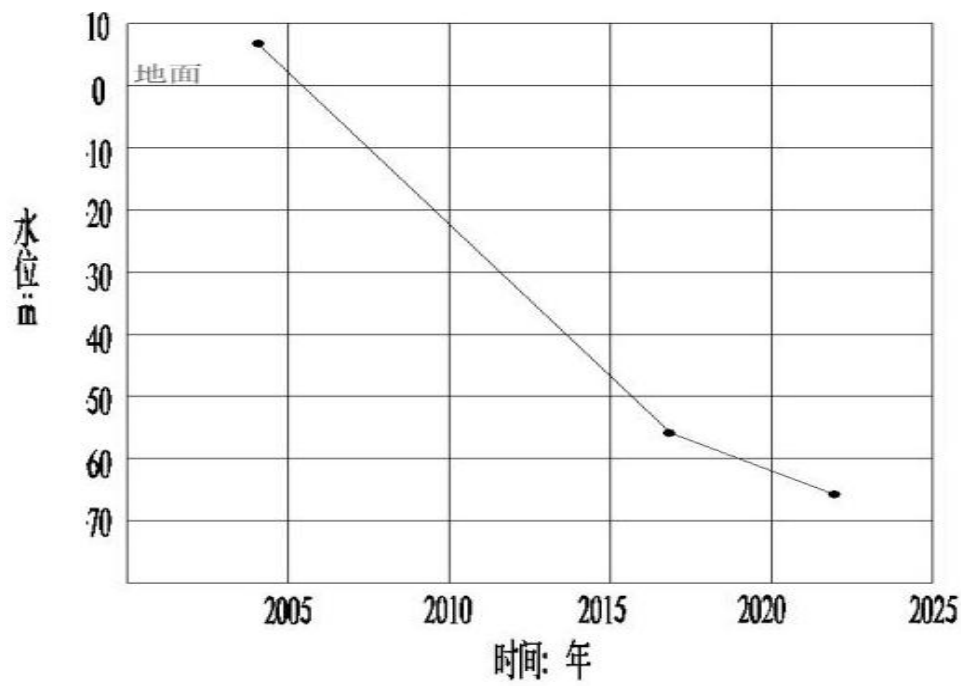


图 2-6 静水位水位动态变化示意图

2.水温

C43 开采井自 2013 年成井，成井之初井口水温为 58℃；C126 开采井自 2019 年成井，成井之初井口水温为 58℃，2021 年 11 月初对进行产能测试时，C50 开采井与 C51 开采井井口水温均为 57.5℃到 58℃。通过对比可以看出，地热流体温度几乎没有变化。

C48 开采井、H49 回灌井成井之初井口水温为 58℃，一直用于水木清华供暖工程供

暖，出水口温度未下降，根据取水量大小，稳定在 57.5-58℃之间。

C50 开采井与 C51 开采井 2008 年成井时出水口水温为 58℃，与之相对应的 H52 回灌井与 H53 回灌井 2017 年成井时井口水温为 58°；2021 年 11 月初对进行产能测试时，C50 开采井与 C51 开采井地热水井口水温均为 57.5℃到 58℃。通过对比可以看出，地热流体温度几乎没有变化。

3.水量

开采井 C43 降深 27.6m，涌水量 90.5m³/h，降深 15m，涌水量 71.2m³/h，降深 5.6m，涌水量 37.6m³/h。开采井 C126 降深 26.1m，涌水量 88.4m³/h，降深 12.9m，涌水量 64.2m³/h，降深 6.0m，涌水量 35.3m³/h。开采井 C48 降深 25.6m，涌水量 87.5m³/h，降深 13.1m，涌水量 64.09m³/h，降深 5.2m，涌水量 34.6m³/h。开采井 C44 降深 27.3m，涌水量 97.5m³/h，降深 12.87m，涌水量 64.03m³/h，降深 6.2m，涌水量 44.6m³/h，见表 2-6。开采井 C45 降深 26m，涌水量 87.5m³/h，降深 14m，涌水量 64.2m³/h，降深 6.0m，涌水量 34.6m³/h。开采井 C50 降深 21.7m，涌水量 66m³/h，降深 16.8m，涌水量 53.1m³/h，降深 6.4m，涌水量 23.17m³/h。开采井 C51 降深 25.6m，涌水量 83m³/h，降深 12.9m，涌水量 62m³/h，降深 5.2m，涌水量 31m³/h。

4. 水质

C126 开采井于 2019 年成井时采取水样并进行了全分析；本次于 2021 年 11 月采取了 C43、C48、C45、C51 水样送至鲁北地质工程勘察院试验测试中心进行检测分析。通过水质分析资料对比，各离子含量有增有减，地热流体水质略有变化，水化学类型仍为 Cl—Na 型。

表 2-3 C43 开采井水质化验结果对比

分析项目	含量（mg/L）		2021 年与 2019 年相比 变化量（mg/L）
	2019 年 6 月	2021 年 11 月	
Na ⁺	2861.00	2905.87	+44.87
Ca ²⁺	429.06	444.46	+15.4
Mg ²⁺	74.86	76.18	+1.32
HCO ₃ ⁻	133.16	135.2	+2.04
Cl ⁻	4695.04	4688.96	-6.08
F ⁻	0.43	0.82	+0.39
SO ₄ ²⁻	898.16	882.29	-15.87
矿化度	9146.99	9170.01	+23.02
总硬度	1379.60	1543.8	+164.2
PH	7.60	7.64	+0.04

表 2-4 C48 开采井水质化验结果对比

分析项目	含量 (mg/L)		2021 年与 2017 年相比 变化量 (mg/L)
	2019 年 6 月	2021 年 11 月	
Na ⁺	2861.00	2948.78	+87.78
Ca ²⁺	429.06	450.31	+21.25
Mg ²⁺	74.86	67.32	-7.54
HCO ₃ ⁻	133.16	136.7	+3.54
Cl ⁻	4695.04	4650.91	-44.13
F ⁻	0.43	0.82	+0.39
SO ₄ ²⁻	898.16	882.29	-15.87
矿化度	9146.99	9175.15	+28.16
总硬度	1379.60	1493.6	+114
PH	7.60	-7.93	-0.33

表 2-5 C45 开采井水质化验结果对比

分析项目	含量 (mg/L)		2022 年与 2017 年相比 变化量 (mg/L)
	2017 年 10 月	2022 年 3 月	
Na ⁺	2861.00	2920.78	+59.78
Ca ²⁺	429.06	454.41	+25.35
Mg ²⁺	74.86	77.32	+2.46
HCO ₃ ⁻	133.16	146.2	+13.04
Cl ⁻	4695.04	4630.96	-64.07
F ⁻	0.43	0.82	+0.39
SO ₄ ²⁻	898.16	892.29	-5.87
矿化度	9146.99	9160.7	+13.71
总硬度	1379.60	1585.64	+206.04
PH	7.60	7.77	+0.17

表 2-6 C51 开采井水质化验结果对比

分析项目	含量 (mg/L)		2022 年与 2017 年相比 变化量 (mg/L)
	2017 年 6 月	2022 年 3 月	
Na ⁺	2861.00	2948.78	+87.78
Ca ²⁺	429.06	450.31	+21.25
Mg ²⁺	74.86	67.32	-7.54
HCO ₃ ⁻	133.16	136.7	+3.54
Cl ⁻	4695.04	4650.91	-44.13-
F ⁻	0.43	0.82	+0.39
SO ₄ ²⁻	898.16	882.29	-15.87
矿化度	9146.99	9175.15	+28.16
总硬度	1379.60	1493.6	114
PH	7.60	7.93	0.33

五、矿山及周边其他人类工程活动情况

该矿区周边有采矿权 3 处和油气田矿权 2 处,本矿权范围与周边其他矿业权范围不重叠,各矿区情况如下: (图 2-7)

图 2-7 矿业权设置叠合图

1.商河县豪门又一城南部片区地热矿区

位于本矿区以西，编号 CQ03，距离本矿区最近距离约为 151.20m，该矿区内有地热井 12 眼，其中开采井 4 眼，回灌井 4 眼，备用井 4 眼，开采标高- m。矿区范围由 8 个拐点坐标圈定，极值坐标为 X ， Y ，面积 3.19km²。开采热储为馆陶组热储，地热开发主要用于供暖。

2.商河县农业科技示范园片区地热矿区

位于本矿区西南方向，编号 CQ06，距离本矿区最近距离约为 262.48m，该矿区内有地热井 13 眼，其中开采井 5 眼，回灌井 6 眼，备用井 2 眼，开采标高-
矿区范围由 4 个拐点坐标圈定，极值坐标为 X
，面积 4.68km²。开采热储为馆陶组热储，地热开发主要用于种植、供暖。

3 商河县 37° 片区地热矿区

位于本矿区以南，编号 CQ07，距离本矿区最近距离约为 209.2m，矿区内有地热井 8 眼，其中开采井 4 眼，回灌井 4 眼，开采标高 m。矿区范围由 4 个拐点坐标圈定，极值坐标为 X
， Y
，面积 1.80km²。开采热储为馆陶组热储，地热开发主要用于供暖。

4 油气田矿权

矿区周边涉及商河油气田和玉皇庙油气田。商河油气田位于本矿区以西，边界距离约为 100.00m，玉皇庙油气田位于本矿区以南，边界距离超过 3000.00m。

第三章 矿山地质环境影响评估

一、评估范围和评估级别

（一）评估范围

评估区范围依据周围地形、地貌及地质环境条件，结合矿山项目性质确定。该矿山周围地形平坦，地貌类型单一，岩土体工程地质性质良好，水文地质条件较好，断裂构造发育较弱，破坏地质环境的人类工程活动较强烈；矿山开采深部新近系馆陶组地热水主要用于采暖，因此，确定本次评估范围为划定矿山范围，评估区地理极值坐标为 X：

， Y ，面积 4.68km²。

（二）评估级别的确定

根据《矿山环境保护与综合治理编制规范》（DZ/T0223—2011）（以下简称《编制规范》），矿山地质环境影响评估精度级别应根据评估区重要程度、矿山生产建设规模、矿山地质环境条件复杂程度等综合确定。

1.评估区内居民集中居住区人口在 500 人以上；根据《编制规范》附录 B 规定，确定评估区重要程度属于重要区。

2.评估区范围内未发现有断裂通过，地貌单元类型单一，微地貌形态简单，地形起伏变化平缓。根据《编制规范》附录 C 规定，确定该矿山地质环境条件复杂程度为简单。

3.矿山生产规模 69.19 万 m³/a，根据《编制规范》附录 D 规定，确定该矿山属大型矿山。

综上所述，评估区重要程度分级为重要区，矿山地质环境条件复杂程度为简单，矿山生产建设规模为中型，根据《编制规范》规定，确定本次矿山地质环境影响评估分级为一级（见表 3-1）。

表 3-1 矿山地质环境影响评估分级表

评估区 重要程度	矿山生产 建设规模	地质环境条件复杂程度		
		复杂	中等	简单
重要区	大型	一级	一级	一级
	中型	一级	一级	一级
	小型	一级	一级	二级
较重要区	大型	一级	一级	一级
	中型	一级	二级	二级
	小型	一级	二级	三级
一般区	大型	一级	二级	二级
	中型	二级	二级	三级
	小型	二级	三级	三级

二、现状评估

(一) 地质灾害危险性现状评估

1.评估灾种的确

根据《编制规范》，矿山地质灾害评估的类型主要指因矿山建设和生产活动而引发的崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷（包括岩溶塌陷、采空塌陷）、地裂缝及地面沉降等。

(1) 崩塌、滑坡、泥石流

评估区地貌类型属黄河冲积平原，地势平坦，远离山体，不具备产生崩塌、滑坡、泥石流地质灾害的地质环境条件。因此，产生崩塌、滑坡、泥石流地质灾害的可能性很小。

(2) 地面塌陷

矿区沉积有较后的新生界地层，第四系下伏岩层岩性以砂岩夹泥岩为主，为不可溶岩石，富水性差，不会形成因基岩面水位上下波动掏蚀、吸蚀土层而形成的塌陷；矿区周围及临近区域均无重要固体矿产的开采，目前也为勘测到有重要固体矿产，因此，该矿山不具备产生地面塌陷的条件。

(3) 地裂缝

根据调查和已有资料分析，评估区无地裂缝发生的记录，根据地质结构、水动力条件等分析，发生地裂缝的可能性小。

(4) 地面沉降

商河县属地面沉降易发区，根据以往监测成果数据分析，引发地面沉降的主要因素为地下水的开采及土体自然固结，虽然尚未有证据表明地热水开采对地面沉降有直接影响，但在上部欠固结土影响下，地面沉降发育。

综上所述，评估区发生崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷（包括岩溶塌陷、采空塌陷）及地裂缝等地质灾害的地质环境条件不充分。具备发生地面沉降地质灾害的地质环境条件，因此，地面沉降作为本次地质灾害评估的灾种。

2.地质灾害危险性现状评估

根据《山东省济南市地面沉降工作开展情况》（监测周期 2016 年 6 月-2019 年 8 月），商河县城近五年的平均沉降速率 8~12mm/a，累计沉降量 24~36mm，见图 3-1,图 3-2。评估区位于商河县城北部，近五年平均均沉降速率 8~12mm/a，属于地面沉降弱-中等发育区(表 3-2)。

表 3-2 地面沉降发育程度分级表

因 素	发育程度		
	强	中等	弱

近五年平均沉降速率 (mm/a)	≥ 30	10~30	≤ 10
累计沉降量 (mm)	≥ 800	300~800	≤ 300
注：上述两项因素满足一项即可，并按强至弱顺序确定			

区内地面沉降属于区域性地面沉降，属缓变性的地质灾害，经调查目前评估区内还未发现因地面沉降而产生的地裂缝、管道破裂等灾情及险情，参照地质还危害程度分级表（表 3-3），初步确定矿区地质灾害危害程度小。

表 3-3 地质灾害危害程度分级表

危害程度	灾 情		险 情	
	死 亡 人 数 / 人	直 接 经 济 损 失/万 元	受 威 胁 人 数 /人	可 能 直 接 经 济 损 失 /万 元
大	≥ 10	≥ 500	≥ 100	≥ 500
中 等	$> 3 \sim < 10$	$> 100 \sim < 500$	$> 10 \sim < 100$	$> 100 \sim < 500$
小	≤ 3	≤ 100	< 10	< 100

根据地面沉降发育程度分级、地质灾害危害程度分级进行地质灾害危险性分级（表 3-4），矿区地面沉降地质灾害危险性现状评估为小。

表 3-4 地质灾害危险性分级表

危 害 程 度	发 育 程 度		
	强	中 等	弱
大	危 险 性 大	危 险 性 大	危 险 性 中 等
中 等	危 险 性 大	危 险 性 中 等	危 险 性 中 等
小	危 险 性 中 等	危 险 性 小	危 险 性 小

图 3-1 济南市地面沉降监测点分布图（2016 年 2 月~2019 年 9 月）

图 3-2 济南市地面沉降现状图（2019 年 8 月）

本矿区地热资源开发利用始于 2015 年，根据以往监测成果数据分析，商河县地面沉降的主要影响因素包括地下水、地热、油气开采、大面积地面堆载等。不具备发生崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷（包括岩溶塌陷、采空塌陷）及地裂缝等地质灾害的地质环境条件，本次地热开采实施“两采两灌”的开采模式，即地热开采井开采后的地热尾水回灌至同层热储中，结合地质灾害危险性分级，初步判断矿区地面

沉降地质灾害影响程度现状评估为较轻。地热水水位下降速率有减缓的趋势，但总体还在下降。

综上，矿区地面沉降地质灾害影响程度现状评估为较轻。

（二）含水层影响现状评估

1.上部含水层破坏现状评估

矿区地热井用于小区供暖，设计开采量小于批复的允许开采量。地热井成井时严格执行国家相关规范，地热井为二级成井结构，采用两次下管的成井工艺，施工工艺、止水质量、施工质量完全合格，有效地隔绝了上下不同含水层间的穿通，居民生产和生活用水的第四系孔隙水含水层与矿区开采 1047.13m 以下的馆陶组含水层二者之间的水力联系微弱，且地热尾水经回灌井回灌至热储含水层，不会产生废水，供暖水管道密封良好，故不会影响到矿区及周围生产生活用水。

矿山开采对上部含水层现状评估为较轻。

2.矿山利用热储含水层破坏现状评估

矿区严格按照审批的生产规模进行开发利用地热资源，不存在过量超采现象。2017 年，矿区在开采期间进行了地热尾水的回灌，回灌率达 90%以上，因此可以有效防止地下水水位的下降趋势，因此对地下水水位现状影响的评估为较轻。

根据监测数据，开采井水温变化不大，其动态较为稳定，所以本矿山开采对热储层水温影响较轻。

通过对比水质分析结果，各离子含量，有增有减，变化不大，水化学类型为 Cl-Na 型，未发生变化，矿区地热井的水质没有出现明显的变化，说明矿区对热储含水层水质的影响程度很小。

综上所述，矿山开采对热储含水层破坏的影响现状评估为较轻。

（三）地形地貌景观影响现状评估

评估区地形相对平坦，地貌类型属黄河冲积平原，区内无著名的地质地貌景观和地质遗迹。评估区内的井孔口低于地面 2m，输水管道和地下热水处理系统均埋置于地面以下，未影响上部建设用地的使用。因此，矿山建设对地质地貌景观（地质遗迹、人文景观）影响现状评估较轻。



照片 3-1 矿区井口照片

（四）土地资源影响现状评估

该地热矿山矿区范围内有地热井 14 眼。地热矿山开采地下热水用于供暖。地热井口位于地面以下,排输水管道埋于小区道路的地下,地下热水处理系统利用了小区的地下室。地热资源的开采和利用,未影响小区的地面和上部建筑的使用。该矿山开采方式为利用管井直接从地下提取地下热水,对地形地貌影响很小,也没有固体废弃物产生,不会对土地造成污染。矿山范围内地热资源利用所需要的设施有管井设施、输排水管道、泵房及地热水处理系统等,上述设施均位于地面以下,未影响建设用地的使用。地热矿山开采对土壤类型、土地利用类型、土地生产力及生物多样性等影响程度很小。该矿山无固体废弃物排放,地下热水利用后通过回灌井回灌至热储层目的,无废水外排。因此该矿山对水土环境污染较轻。

矿区土地损毁程度现状评估为较轻。

（五）现状评估分级

矿区严格按照审批的生产规模进行开发利用地热资源,不存在过量超采现象,矿区自 2018 年实施回灌以来,回灌率达 90%以上,因此可以有效防止地下水水位的下降趋势,因此对地下水水位现状影响的评估为较轻。

表 3-5 矿山地质环境影响评估现状分级表

评估 区段	影响程度分 级	面积 (km ²)	分布 范围	矿山地质 灾害	矿区含水层破 坏	地形地貌景观 (地质遗迹、 人文景观)影 响	土地资源 影响
I 区	较轻	2.43	评估区范围	小	较轻	较轻	较轻

三、预测评估

(一) 地质灾害危险性预测评估

(一) 地质灾害危险性预测评估

1、矿山开采引发或加剧地质灾害危险性的预测

(1) 地面沉降成因机理

地面沉降是指发生在较大面积的地表高程降低、地面舒缓变形的现象和持续过程。地面沉降的成因是多方面的，不同地区地面沉降的规模和变形特点不尽相同。归纳起来主要有三种：构造运动引起的地面沉降，地面加载引起的地面沉降，地下水、石油、天然气开采引起的地面沉降。此外，还有黄土的湿陷、矿山采空区塌陷、地震等也会造成地表高程降低、地面变形。

地面沉降多发生在新生代松散堆积物分布区，松散堆积物形成时间较短，往往处于未固结或欠固结阶段，松散的自然堆积结构一旦受到外部施加力，容易变形，体积变小。抽汲地下水、石油、天然气等流体，会使原有流体与周围介质的压力平衡被破坏，等效于给介质施加新的应力，引起介质压密、体积缩小，从而导致地面下沉。因此，含水层的释水压密、油、气储层的释油、释气压密，则是区域性地面沉降形成的主要原因。

根据太沙基公式，饱水的多孔介质含水层失水压密原理，是在抽水条件下，含水层水位下降，含水层压密，体积变小，地面下沉，直至形成新的压力平衡。而相反，在注水条件下，水位恢复上升，饱水多孔介质含水层厚度变大。

地面沉降的影响因素包括地层的岩性、厚度、地层组合形式、抽水方式、抽水地点、抽水量的大小等。研究表明，相对隔水的黏性图层的累积厚度越大，地面沉降的总幅度也越大；黏性土层数越多，单层厚度越小的情况下，地面沉降速率越大，地面稳定所需的时间越短。

根据地下水渗流理论，在介质相同的情况下，抽水量与地下水降深基本具有

线性统计关系。当采区抽水量小于地下水补给量，地下水降落漏斗不会一直扩张，而是在一定范围内，随补给的情况，张缩有秩，在长期稳定开采过程中，地面沉降会由开采初期的快速发展逐渐趋于稳定，直至地面不再变形下沉。相反，如果地下水开采量超过补给量，地下水降落漏斗会不断扩大，地面沉降量持续增长。

总之，地面沉降存在多重诱因。其中，地下水开采是主要影响因素。而深层地热水开采与地面沉降的影响主要取决于开采方式、地质条件和水文地质条件。在开采方式合理的情况下，深层地热水开采不会对浅层地下水位造成明显影响，也不会引起明显的地面沉降。

（2）地热开发与地面沉降的关系

本次工作搜集了山东省鲁北地质工程勘察院于 2020 年 9 月提交的《鲁北平原地热开发与深层地下水及地面沉降的相关性评价》，据该报告分析：鲁北平原区地面沉降形成机理主要为深层地下水超量开采，导致深层地下水水位持续下降，形成区域性水位降落漏斗，造成压缩层有效应力增加，诱发地面沉降地质环境问题。该报告从深层地下水含水层开采层段与地热热储开采层段空间分布特征、地层岩性特征，长系列深层地下水与地热水的水位和水化学动态监测数据等方面进行了深入的研究和严谨的推理分析，表明区内深层地下水含水层与地热热储二者之间无水力联系；该报告以地热开发历史最长、开采强度最大的德城区为例，通过分层沉降监测数据计算，地热开发诱发的地面沉降率约 1.11mm/a，小于自然构造沉降量。地热开发诱发的地面沉降极其微弱，可以忽略。在“同层回灌，取热不取水，以灌定采、采灌均衡”的地热回灌开发模式下，地热开发不会进一步诱发地面沉降。

该矿区地热流体开发以新近纪馆陶组地层为开采目的层，根据开发利用方案，预计采用潜水泵抽出+地热弃水回灌的开发利用方式，地热流体经逐级提热利用后，回灌至同层热储中，对热储层的压力平衡破坏较小。矿区地热储层与深层地下水含水层中间相隔有不透水层，两者无水力联系。“采灌均衡、采热不采水”条件下地热开发而引发地面沉降程度较为微弱。因此，矿区内地热资源的开发引发或加剧地面沉降地质灾害危险性的预测评估为小，即矿山开采引发或加剧地面沉降地质灾害危险性的预测评估为小。

2、矿山开采可能遭受地质灾害危险性的预测

矿区本身可能遭受的地质灾害是地面沉降。由于评估区地面沉降属于区域性缓慢沉降，对地面建筑物造成的影响为较均匀的缓慢变形，由前节所述可知本矿区位于地面沉降弱-中等发育区，危害程度小；根据《鲁北平原地热开发与深层地

下水及地面沉降的相关性评价》，地热水开采对地面沉降影响及其微弱，地面沉降的发生和分布特点与深层地下水的开发活动高度有关。《地下水管理条例》已于 2021 年 12 月 1 日发布实施，在严格的地下水开发与保护管理制度下，超采深层地下水的行为将得到最有效的遏制。依据《地质灾害危险性评估规范》(GB/T 40112-2021) 中“9.2 建设工程本身可能遭受已存在的地质灾害危险性预测评估”，建设工程本身可能遭受已存在的地质灾害危险性预测评估”确定矿山开采可能遭受地面沉降地质灾害危险性的预测评估为小。

表 3-8 矿山地质灾害危险程度分级表

危害 程度	险情	
	受威胁人数/人	可能直接经济损失/万元
大	≥100	≥500
中等	>10~<100	>100~<500
小	≤10	≤100

由（表 3-8）确定矿山开采可能遭受地面沉降地质灾害危险性的预测评估为小。

综上，矿区地质灾害地面沉降影响程度预测评估为小。

（二）含水层影响预测评估

1. 上部含水层影响预测评估

(1) 矿山开采过程中对上部含水层的影响

矿区地热井采用黏土球止水，该井成井工艺良好，井身结构合理，止水效果良好，无涌沙现象发生。所以矿山开采过程中对上部含水层的水质、水量基本无影响，故预测矿山开采不会对上部含水层产生影响。

(2) 矿山开采利用后的废水对浅部含水层的影响

矿区地热井供暖尾水采用同层对井加压回灌模式，供暖后的地热尾水经粗过滤、精过滤、排气设施后通过回灌井加压回灌至同层热储中，避免对地下热水造成污染，或堵塞回灌井。因此，矿山开采利用后的尾水回灌后不会对浅部含水层造成影响。

(3) 矿山开采对地下水水位的影响

由前节所述可知，矿区采矿活动不会对上部地下水位产生影响，故今后只要定期维护保养地热井，不改变矿区地热资源开发利用方式，预测不会对上部地下水位产生影响。

2. 热储层影响预测评估

地热矿区内地热井开采热储层位为新近系馆陶组热储层组，其顶板埋深约为 975m，底板埋深约 1278m，与下覆地层东营组呈不整合接触。受基底构造控制，热储厚度分布不

均，热储岩相主要为河流相的细砂岩、泥质砂岩、含砾砂岩、砂砾岩，为钙质胶结或半固结状，其分选性和磨圆度较差。砾石成分主要为石英、长石，直径 1~10mm。砂层单层厚度变化大，单层厚度多在 3~91.4m，孔隙度为 24%~31%，矿化度约 9.0g/L，水化学类型为 Cl-Na 型，井口水温约 56℃，pH 值 7~8，属低温地热资源热水型。

根据区内地热井测井资料分析，热储层孔隙度 27.70%，热储层渗透率为 265 μm^2 。根据区域钻探资料及水质分析结果，区内地热井涌水量 102m³/h，矿化度 9.0g/L，地热水化学类型为 Cl-Na 型，水温 56℃。

随着区内地热开采量的增加，水位会持续大幅下降，地热水温度方面，预测随着回灌工程的持续进行，地热井水位下降速率会逐渐变小，区内热储含水层水位埋深将逐步小幅下降。开采井含水层富水性没有明显变化，水温、水质均保持比较稳定，本矿山开采对热储层水温、水质影响较轻。因此，矿山开采对含水层影响预测评估为较轻。

（三）地形地貌景观（地质遗迹、人文景观）影响预测评估

该地热井位于建设用地范围内，且该矿山开采方式为利用管井直接从地下提取，对地表形态影响很小。因此，矿山建设和生产对地形地貌景观（地质遗迹、人文景观）的影响和破坏程度为较轻。

（四）土地资源影响预测评估

该矿山开采方式为利用管井直接从地下提取地下热水没有固体废弃物产生，不会对土地造成污染。矿山范围内地热资源利用所需要的设施有管井设施、输排水管道、泵房及地热水处理系统等，上述设施均位于地面以下，未影响建设用地的使用。本矿山开采利用后的供暖尾水通过回灌井回灌至热储目的层，无废水外排现象，因此预测矿山开采对水环境污染的较轻。地热矿山开采对土壤类型、土地利用类型、土地生产力及生物多样性等影响程度很小。因此矿山开采对土地影响预测评估为较轻。

（五）地下水水位影响预测评估

矿区在开采期间严格按照审批的生产规模进行开发利用，不存在过量超采现象；且已经进行了地热尾水的回灌，回灌率达 90%以上，因此对地下水水位影响的预测评估为较轻。

综上所述，矿山地质环境影响现状评估和预测评估均为较轻（见表 3-6）。

表 3-6 矿山地质环境影响评估预测分级表

评估 区段	影响程度 分级	面积 (km ²)	分布 范围	矿山地 质灾害	矿区含水 层破坏	地形地貌景 观（地质遗 迹、人文景 观）影响	土地资源 影响
I 区	较轻	2.43	评估区范围	小	较轻	较轻	较轻

四、已采取的防治措施和治理效果

根据《山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区地热资源开发利用方案》（2022 年），要求对地热井加强地热水动态监测工作，安装地热井监测设备，对地热井压力、水温及水质进行定期观测与上报。

第四章 矿山地质环境保护与恢复治理分区

一、分区原则与方法

（一）分区原则

以矿山开采对地质环境的影响为主，突出矿山地质环境问题现状，兼顾矿山地质环境背景和矿产资源开发利用规划以及矿山环境土地复垦难易程度。分区原则：

- 1.坚持“预防为主，防治结合”的原则；
- 2.坚持矿产资源“在保护中开发、在开发中保护”的原则；
- 3.坚持“科学规划、因地制宜、综合治理、经济可行、合理利用的原则”。

（二）分区方法

根据该矿山的特点和性质，本次工作的评估范围为矿区范围。矿山地质环境影响程度现状评估和预测评估分级为较轻，因此，矿山地质环境治理划分为一个区，即一般防治区（见表 4-1）。

表 4-1 矿山地质环境保护与恢复治理分区表

现状评估	预测评估		
	严重	较严重	较轻
严重	重点区	重点区	重点区
较严重	重点区	次重点区	次重点区
较轻	重点区	次重点区	一般区

表 4-2 矿山地质环境保护与治理分区表

分区编号	面积(km ²)	分布范围	矿山地质环境影响程度现状评估分级	矿山地质环境影响程度预测评估分级	分区级别
I 区	2.43	矿区范围	较轻	较轻	一般防治区

二、分区评述

本矿区处于地面沉降弱发育区，经调查评估区内未发现因地面沉降而产生的地裂缝，管道破裂等地质灾害，且经过论证，矿区的地热资源开发利用地面沉降的影响极其轻微，可忽略不计，因此，综合评定矿山活动对评估区造成地质灾害危险性的现状评估和预测评估为较轻；矿山活动对地形地貌景观及土地资源影响的现状评估和预测评估均为较轻。

矿区开发利用采用“7采7灌”的模式，回灌工程的实施，对减缓水位下降具有良好的效果；通过对水质分析对比，水质基本没有发生变化。综合评定矿山活动对含水层影响的现状评估和预测评估均为较轻。

综上所述，本区矿山地质环境影响程度地质灾害危险性小，对含水层的影响程度和破坏较轻，对地形地貌景观影响程度和破坏较轻，对土地资源影响和破坏程度较轻，对地下水水位的影响较轻，只需进行简单的保护及治理措施即可予以解决，因此，划分其防治级别为一般防治区。为减缓矿区热储层地热流体水位下降，保证地热资源的可持续开发利用，需对矿区地热井进行监测并进行地热尾水回灌。

第五章 矿山地质环境保护与恢复治理原则、目标和任务

一、矿山地质环境保护与恢复治理原则

矿山地质环境保护与治理，坚持以下原则：

1. “预防为主，防治结合”的原则；
2. “在保护中开发，在开发中保护”的原则；
3. “依靠科技进步，发展循环经济，建设绿色矿业”的原则。
4. “谁破坏、谁治理、谁保护”的原则。

二、矿山地质环境保护与恢复治理目标和任务

（一）矿山地质环境保护与恢复治理目标

保证矿区供暖后的地热尾水回灌率，避免或者减缓热储层地热流体水位下降过快，以保证地热资源的可持续开发利用。

（二）矿山地质环境保护与恢复治理任务

在对矿山地质环境影响评估的基础上，结合本矿实际，编制矿山地质环境保护与恢复治理方案，主要任务包括：

- 1.对地热开采井水量、水质、水位、水温定期进行监测；
- 2.对回灌井的回灌量、水位、水质进行定期监测，确保回灌尾水水质未收到污染，保证回灌工程的顺利实施；
- 3.在经济合理的基础上，进行矿山地质环境保护和恢复治理工程的经费估算，提出保护与恢复治理的保障措施，进行社会效益、环境效益、经济环境效益分析。

三、矿山地质环境保护与恢复治理工作部署

（一）总体部署

矿山地质环境保护与恢复治理工作部署，应根据划分的防治区，结合本矿山开发利用方案设计的矿山服务年限、矿山开采工艺流程等统筹安排。采用自动监测与人工监测相结合的方法，对矿区地热井的开采量、水位、水温和水质进行长期动态监测，严禁超采，对回灌井的回灌量、水位、水质进行定期监测，确保回灌尾水水质未收到污染，保证回灌工程的顺利实施。

（二）年度实施安排

该矿山开采矿种为地热水，根据本矿山特点，矿山开采服务年限内，每年的实施计划

基本相同。

1.对地热井水位、水温、水量进行长期动态监测，掌握地热水水位、水温、水量动态变化规律，做到合理开采，科学管理，严禁超采。

2.每年的供暖季对地热井采取地热水样进行检验分析，及时了解地热水水质变化，防止水质恶化。

3.对回灌井的回灌量、水位、水质进行定期监测。

表 5-1 矿山地质环境保护与恢复治理年度工作一览表

防治工程				监测频率
监测工程	开采井	供暖期	水位监测	自动监测，1次/小时
			水温监测	自动监测，1次/小时
			水量监测	自动监测，1次/小时
		非供暖期	水位监测	自动监测，1次/10天
		水质分析		1件/年
	回灌井	供暖期	水量检测	自动监测，1次/小时
			压力监测	人工监测，1次/天
		非供暖期	水质分析	1件/年
回灌工程	回灌井回扬		2次/每年	

第六章 矿山地质环境防治工程

一、矿山地质环境防治工程

该矿山 2022 进行了“山东省济南市商河县武夷东片区地热矿区地热资源开发利用方案”编制工作，确定了今后的开采方案，要求对地热井水量、水位、水质和水温进行了长期动态监测，地热开采量小于采矿许可证规定的允许开采量；地热供暖尾水用于回灌。矿山运行以来严格按照经过审批的开采方案进行开采，地热井水量、水位、水质和水温基本保持稳定。矿山地质环境影响程度和矿山土地损毁程度的现状评估和预测评估均为较轻。

该矿山下一步要继续按照相应的规范、规程及经过审批的开采方案运行，以保证地热资源的可持续利用。因此该矿山不需要进行矿山地质灾害治理、矿区土地复垦、含水层破坏修复、水土环境污染修复等工程。本次矿山地质环境保护与恢复治理主要问题是供暖换热后的地热尾水的回灌，一是保证回灌率，二是应急尾水处置方案。

二、矿山地质环境监测工程

矿山监测项目包括开采井水位、水温、水量、水质；回灌井的回灌量、水质、过滤罐压力。水质、过滤罐压力采用人工监测，其他项目采用自动监测与人工监测相结合。

（一）监测项目

主要包括：流量、水位、水温、气温、系统压力，水质（感观指标、主要阴阳离子和 Br、I、Li、Sr、Fe、Li、Sr、Ba、偏硅酸、Cu、Zn、氡，总 α 、总 β 放射性指标）等。水质及系统压力采用人工监测，流量、开采量、水位、水温、气温监测可采用仪器进行自动监测与人工监测相结合。

（二）监测频率及方法

水质及系统压力采用人工监测，流量、开采量、水位、水温、气温监测可采用仪器进行自动监测与人工监测相结合。

1、自动监测方法及频率

自动监测仪选用 CHR.WYZ-1 型压力式水位监测仪，地下水自动监测系统管理软件安装在中心计算机上，通过一个接收模块负责接收各个观测井发回来的水位水温数据并同时存入数据库。完成观测井的信息管理、水位水温等采集数据的管理、历史数据的查询、检索和导出等，系统支持主动问询和主动上报方式，上报时间间隔可任意设置。

水位：自动监测仪器实时监测（根据自然资源部门要求统一设定数据采集时间间隔）。

水量：自动监测仪器实时供暖季实时监测（根据自然资源部门要求统一设定数据采集时间间隔）。

水温、气温：自动监测仪器实时供暖季实时监测。（根据自然资源部门要求统一设定数据采集时间间隔）。

2、人工监测方法及频率

（1）供暖期

水量：利用安装的流量计记录开采量、回灌量，记录频率 1 次/1 月；

过滤罐压力：利用安装的压力表记录，记录频率 1 次/1 天；

水质：采集开采井水样 1 件并进行水质分析，分析频率 1 次/1 年。

（2）非供暖期

供暖结束后采集回扬水并进行水质分析，共计 1 件，分析频率 1 次/1 年。

表 6-1 地质环境防治工程每年投入工作量一览表

序号	项目名称	单位	工作量	监测频率
自动监测	水位监测	次	40656	开采期每天 24 次，非开采期每月 3 次
	水温观测	次	40320	开采期开采井、回灌井分别每天 24 次
	水量观测	次	40320	开采期开采井、回灌井分别每天 24 次
人工监测	压力检测	次	840	开采期每天 1 次
	水量监测	次	35	开采期每月 1 次
	水质分析	件	2	矿区每年 2 件（开采井、回灌井各一件）
	回扬	2 次/年	14	每眼回灌井每年回灌前后各一次

三、矿山地质环境回灌工程

（一）回灌模式

目前回灌井热储层压力相对较小且有良好的回灌空间，矿区采灌井开采热储层均为馆陶组，为保证回灌率，综合确定回灌模式为同层对井自然回灌。

（二）回灌水源

矿区开采井用于冬季供暖。供暖采用换热供暖方式，供暖尾水水质与开采井水质相比不会发生大的变化，故直接采用供暖尾水作为回灌水源对回灌井热储层水质影响较小，采用供暖尾水作为回灌水源。

（三）回灌工艺

宏业名庭供暖项目地热井回灌模式为 1 采 2 灌，同层回灌的模式，御景城供暖项目为一采一灌模式，御景城供暖项目为一采一灌模式，回灌水源即为换热后的地热尾水，地面回灌系统包括井口装置、回灌管路、根据实际尾水情况选择过滤器（除砂器、粗过滤器、精过滤器）、排气罐、回扬泵及监测计量设施。回灌工艺流程如下：

开采井 → 除砂器 → 板式换热器 → 粗、精过滤器 → 除气罐 → 加压泵（备用）→ 回灌井

（四）回灌要求

地热尾水回灌率应满足山东省国土资源厅、山东省水利厅《关于切实加强地热资源保护和开发利用管理的通知》（鲁国土资规[2018]2 号），开采孔隙热储型地热资源的回灌率不低于 80%的要求，逐步探索实现 100%回灌。

（五）回扬

供暖前对回灌井进行回扬，至恢复出水能力方可回灌。供暖回灌结束后应对回灌井进行回扬，至水清砂净，以防止下个供暖季孔内堵塞。

（六）应急尾水处置方案

在回灌站设立地热尾水应急储备箱，若回灌井出现问题，可将地热尾水储存其中，待检修完毕后再回灌至回灌井中。

该方案批准实施后应严格按照方案部署的会馆工作进行，保质保量完成矿山地质环境保护与恢复治理的任务

第七章 经费估算与进度安排

一、工程量估算

该矿山地质环境保护与恢复治理的工程措施为矿山地质监测工程和回灌工程，主要投入工程量为对地热井、回灌井的水位、水温、水量进行长期动态监测，水质定期进行监测，每年的监测内容相同。

（一）监测工程

（1）供暖期

开采井：7口开采井各采集水样一件。水位、水温、开采量均利用已安装的自动监测系统进行检测，每月月底人工统计开采量1次/月，共计35次/年。

回灌井：压力监测频率1次/天，7口井共计840次/年。回灌量利用已安装的自动监测系统进行监测，每月月底人工统计回灌量1次/月，共计35次/年。

（1）非供暖期

开采井：水位、水温均利用已安装的自动监测系统进行监测。

二、经费估算

（一）经费估算依据

本矿山地质环境治理保护与恢复治理工程的经费估算主要依据山东省财政厅、山东省自然资源厅颁发的《山东省地质勘查预算标准》（鲁财资环〔2020〕30号）、山东地区劳动生产人员配备、材料消耗定额及工资、津贴等有关标准，同时结合当前市场价格。

经费估算依据为国家发展计划委员会、建设部颁布的《工程勘察设计收费标准》（2002版），并结合市场价格综合编制。

最终确定：水质分析综合单价2000元/件（包括取样、送样、化验等费用）；人工监测工程有值班人员完成，不计费；回灌工程回扬2000元/次（包括电费、人工，吊装等）。

（二）经费估算

本矿山地质环境自我保护与恢复治理工程的经费估算主要包括自动监测系统（前期已安装）的维护费用、水质检测和回扬费用。现将本方案适用年限内所需各项费用估算如下：

1.自动监测系统的维护费

根据该矿山地热资源开发利用方案，已设计开采井、回灌井各安装一套自动监

测系统（共安装 7 套）本次仅估算使用过程中的维护费用，即数据传输费用和开采井已安装水位自动监测仪的探头更换费用。

根据相关材料并参考市场价，数据传输费用 300 元/年·套，探头更换费用 3000 元/个，电磁流量计更换费用为 3500 元/台。

综上，在 5 年内更换探头和电磁流量计的情况下，自动监测系统的维护费用为：
 $300 \text{ 元/年} \cdot \text{套} \times 14 \text{ 套} \times 5 \text{ 年} + 3000 \text{ 元/个} \times 7 \text{ 个} + 3500 \text{ 元/台} \times 14 \text{ 台} = 91000 \text{ 元}$ 。

在 5 年内不更换探头和电磁流量计的情况下，自动监测系统的维护费用为：
 $300 \text{ 元/年} \cdot \text{套} \times 14 \text{ 套} \times 5 \text{ 年} = 21000 \text{ 元}$ 。

2. 人工监测工程

水样采集与分析估算费用为： $2 \text{ 件/年} \times 2000 \text{ 元/件} \times 5 \text{ 年} = 20000 \text{ 元}$

3. 回灌工程

回扬估算费用： $14 \text{ 次/年} \times 2000 \text{ 元/次} \times 5 \text{ 年} = 140000 \text{ 元}$

综上，山东省济南市商河县城区北片区地热矿区矿山地质环境保护与恢复治理工程 5 年的费用为 181000 元，年度费用估算情况详见表 7-1。

表 7-1 恢复治理 5 年费用一览表

防治工程			频率	工程量	综合工价	合计 (元)	备注
自动 监测 系统 维护	数据传输		1 套/年	70	300	21000	流量包
	开采井	更换探头			3000 元/ 套		损坏 维修 更换
		电磁流量计			3500 元/ 套		
	回灌井	电磁流量计			3500 元/ 套		
人工 监测 工程	开采井	开采量	每眼统计 1 次/月	35	0	0	由值班 人员完 成
	回灌井	压力记录	1 次/天	840	0	0	
		回灌量	每眼统计 1 次/月	35	0	0	
回灌 工程	回扬		2 次/年	70 次	2000	140000	电费、人 工、吊装
开采井水质分析			1 件/年	1	2000	10000	
回灌井水质分析			1 件/年	1	2000	10000	

三、地质环境保护与恢复治理进度安排及资金保障

根据本方案适用期内工作部署及年度实施计划，将各年度工作部署及经费使用情况安排如表 7-2。各年度工作严格按照前述的年度工作安排进行，将各年度方案执行费用计入当年生产成本中，在单位设立基金账户，接受自然资源部门监督检查。

恢复治理措施由本矿山采矿权人负责并组织实施。做好矿山工作，必须制定出切实可行的资金保障措施，本方案将从资金的来源、存放、管理、使用、审计等环节落实资金保障措施。按照“谁开发、谁保护，谁破坏、谁治理”的原则。矿山地质环境保护与恢复治理费用由造成矿山环境问题的单位承担。

表 7-2 恢复治理措施各年度工作部署及经费使用情况

防治工程			监测频率	综合单价	各年度工程量及费用										
					第一年		第二年		第三年		第四年		第五年		
					工程量	费用（元）	工程量	费用（元）	工程量	费用（元）	工程量	费用（元）	工程量	费用（元）	
监 测 工 程	开采井	开采量	1 次/月	0	35	0	35	0	35	0	35	0	35	0	
	回灌井	压力监测	1 次/天	0	840	0	840	0	840	0	840	0	840	0	
		回灌量	1 次/月	0	35	0	35	0	35	0	35	0	35	0	
回灌工程	回灌井	回扬	2 次/年	2000 元/件	14	28000	14	28000	14	28000	14	28000	14	28000	
开采井		水质分析	1 件/年	2000 元/件	1	2000	1	2000	1	2000	1	2000	1	2000	
回灌井		水质分析	1 件/年	2000 元/件	1	2000	1	2000	1	2000	1	2000	1	2000	
人工监测工程合计（元）					32000		32000		32000		32000		32000		
人工监测工程总计（元）					160000										
自动监测工程		水位	次/每小时	0	40656	0	40656	0	40656	0	40656	0	40656	0	
		水温	次/每小时	0	40320	0	40320	0	40320	0	40320	0	40320	0	
		水量	次/每小时	0	40320	0	40320	0	40320	0	40320	0	40320	0	
自动监测工程维护费用		数据传输	1 套/年	300 元/套	14	4200	14	4200	14	4200	14	4200	14	4200	
		更换探头		3000 元/个	如有损坏更换										
		电磁流量计		3500/台	如有损坏更换										
自动监测工程费用合计（元）					4200		4200		4200		4200		4200		
自动监测工程费用总计（元）					21000										

第八章 保障措施与效益分析

一、保障措施

（一）组织保障

方案由该矿山的采矿权人负责并组织实施。

（二）技术保障

方案的实施应有充分的技术保障措施。采矿权人必须安排专人专门负责地热水井的长期动态监测和地面沉降监测工作。

（三）资金保障

按照“谁开发、谁保护，谁破坏、谁治理”的原则。矿山地质环境保护与恢复治理费用由造成矿山环境问题的单位承担由中石化绿源地热能（山东）开发有限公司商河分公司负担全部费用。

二、效益分析

（一）社会效益

开发地热对减少环境污染，改善投资环境，降低投资成本非常有利。地热资源的合理开发利用，必将取得较好的社会效益。

（二）环境效益

采用地热水加高温水源热泵取代燃煤锅炉可取得很好的环保效应和经济效应：避免了燃煤锅炉的废气、废渣对周围环境的污染，省掉了燃煤的运输费用、贮煤场地费用、除尘费用、灰渣的运输处理费用等。同时解决了低温地热水或地热尾水排放对环境造成的热污染的问题。据有关资料，每燃烧 1 吨煤，将产生 2386kg 二氧化碳、17kg 二氧化硫、6kg 氮氧化物、8kg 煤尘、100kg 灰渣，利用地热将大量减少有毒物质、废弃物的产生，具有较好的经济效益。利用该热水井开采 50 年将减少的排放量见表 8-1。

区内地热水可采量 5765.93m³/d，年可利用热能为 20.91×10⁷MJ，折合标准煤 7133.16 t。年减少 CO₂ 排放量 17019.72 t，SO₂ 排放量 121.26 t，NO_x 排放量 42.80 t，悬浮质粉尘 57.07 t，煤灰渣 7.13 t。年节约治理费用总计 198.37 万元。（表 8-2）

表 8-1 利用地热资源减少的排放量一览表

项目	二氧化碳 CO ₂	二氧化硫 SO ₂	氮氧化物 NO _x	悬浮质粉尘	煤灰渣*
单位	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a
计算式	2.386M	1.7%M	0.6%M	0.8%M	0.1%M
计算结果	17019.72	121.26	42.80	57.07	7.13
M 为地热井开采一年所获热量与之相当的节煤量, 即 5765.93t/a (120d)					

表 8-2 节省治理费用

项目	二氧化碳 CO ₂	二氧化硫 SO ₂	氮氧化物 NO _x	悬浮质粉尘	煤灰渣
单价	0.1 元/kg	1.1 元/kg	2.4 元/kg	0.8 元/kg	运输费
节约费用 (万元)	170.20	13.34	10.27	4.57	/

第九章 结论与建议

一、结论

1.济南市商河县武夷东片区地热矿区位于山东省西北部商河县许商街道办事处，隶属于济南市。矿区范围极值直角坐标：X ， Y:

，矿区面积为 2.43km²。

2.矿区内有地热井七眼，其中开采井七眼，回灌井四眼。地热井开采热储层为新近纪馆陶组。地热水开采方式为地下开采，规划生产规模 69.19 万 m³/a，属中型矿山，开采深度：标高 m。

3.该矿山地质环境问题影响 评估区范围为矿区范围，矿山地质环境影响评估分级为一级。评估区采矿活动引发的地质灾害现状评估和预测评估危险性均为小；采矿活动对矿区地形地貌景观、含水层、土地资源的影响现状和预测评估分级均为较轻。采矿活动对矿山地质环境影响程度分级为较轻。矿山地质环境保护与恢复治理分区划分为一般防治区。

4.该矿山地质环境保护与恢复治理的工程措施为矿山地质监测工程和回灌工程，主要投入工作量为对地热井、回灌井的水位、水温、水量进行长期动态监测，水质定期进行监测。

5.该方案适用年限为 5 年。通过估算，该矿山开采 5 年的矿山地质环境保护与恢复治理费用为 181000 元。

二、建议

- 1.做好对开采井、回灌井的水质、水量、水位、水温的动态监测工作；
- 2.做好地热尾水回灌工作，以达到地热资源持续开发利用。