

广东省东莞市塘厦三正半山酒店
有限公司塘厦大钟岭地热田
矿区生态修复方案报告表

东莞市塘厦三正半山酒店有限公司
2026 年 3 月

广东省东莞市塘厦三正半山酒店有限公司塘厦大钟岭地热田矿区生态修复报告表

采矿权人信息	采矿权人名称	东莞市塘厦三正半山酒店有限公司（加盖矿业权人公章）				
	统一社会信用代码	91441900761587897M				
	联系地址	东莞市塘厦镇迎宾大道		联系电话	/	
	采矿权证证号	C4419002020121110151066		开采主矿种	地热水	
	采矿权面积	1.548 平方公里		采矿权拐点坐标	1、2523977.60 、38505706.90 2、2524151.29 、38505975.03 3、2523985.40 、38506288.68 4、2523759.15 、38506166.47 5、2523657.08 、38506538.76 6、2523641.71 、38506817.51 7、2522506.14 、38506890.89 8、2522506.45 、38505707.57	
	采矿权有效期限	2020 年 12 月 3 日至 2030 年 12 月 3 日		矿区生态修复报告表服务期限	8 年	
	方案编制情形	☐ 首次申请采矿许可 ☐ 扩大开采区域 ☐ 缩小开采区域 ☐ 变更开采方式 ☐ 变更开采主矿种 ☐ 延续 ☒ 其他				
方案编制单位	单位名称	广东省地质技术工程咨询公司（签章）				
	统一社会信用代码	914400001903213577		联系人	陈胜男	
	联系地址	广东省广州市越秀区东风东路 739 号地质大厦 B 座 9 楼		联系电话	/	
	编制负责人					
	姓名	身份证号	专 业	职务/职 称	联系电话	签 名
	李耀鸿	/	水工环地质	高级工程师	/	
	主要编制负责人员					
	陈胜男	/	水工环地质	高级工程师	/	
	杨勇俊	/	水工环地质	高级工程师	/	
	郭详情	/	水工环地质	高级工程师	/	
林法威	/	水工环地质	工程师	/		

第一章、基本情况

一、编制依据

法律法规

- 1、《中华人民共和国矿产资源法》，2024 年 11 月 8 日第十四届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议修订，2025 年 7 月 1 日起施行。
- 2、《地质灾害防治条例》，国务院令 第 394 号，2003 年 11 月 24 日公布，2004 年 3 月 1 日起施行。

3、《中华人民共和国土地管理法》，第十三届全国人民代表大会常务委员会第12次会议于2019年8月26日通过，自2020年1月1日起施行。

4、《中华人民共和国水土保持法》，第十一届全国人民代表大会常务委员会第18次会议于2010年12月25日修订通过，2011年3月1日起施行。

5、《中华人民共和国环境保护法》，第七届全国人民代表大会常务委员会第11次会议于1989年12月26日通过，公布之日起施行。

6、《中华人民共和国矿山安全法》，第七届全国人民代表大会常务委员会第28次会议于1992年11月7日通过，1993年5月1日起施行。

7、《矿山地质环境保护规定》，国土资源部令第44号，2019年修订。

8、《广东省矿产资源管理条例》，1999年9月24日广东省第九届人民代表大会常务委员会第十二次会议通过，2012年7月26日修正。

9、《广东省地质环境管理条例》，广东省第十届人民代表大会常务委员会第五次会议通过，2003年7月25日。

10、《中华人民共和国环境影响评价法》，第九届全国人民代表大会常务委员会第30次会议于2002年10月28日通过，2003年9月1日起施行，2018年12月29日第二次修正。

规章及政策性文件

1、《国务院关于全面整顿和规范矿产资源开发秩序的通知》，国发[2005]28号文件。

2、《国土资源部办公厅关于做好矿山地质环境保护与治理恢复方案编制审查及有关工作的通知》，国土资厅发[2009]61号。

3、《国务院关于加强地质灾害防治工作的决定》，国发[2011]20号，2011年6月13日。

4、《关于加强地质灾害危险性评估工作的通知》，国土资发[2004]69号，2004年3月25日。

5、《关于进一步规范我省地质灾害危险性评估和矿山地质环境影响评价有关事项的通知》，粤国土资地环发[2007]137号，2007年6月26日。

6、《广东省国土资源厅关于进一步规范和完善地质灾害危险性评估和矿山地质环境保护与恢复治理方案评审工作的通知》，粤国土资地环发[2012]185号，2012年11月20日。

7、《土地复垦条例》，国务院第592号，2011年3月5日。

8、《广东省地质灾害危险性评估实施细则（2019年修订版）》；

9、《国土资源部 财政部 环境保护部 国家质量监督检验检疫总局 中国银行行业监督管理委员会 中国证券监督管理委员会关于加快建设绿色矿山的实施意见》（国土资规[2017]4号和广东省六厅（委署）《实施意见》）。

10、《广东省国土资源厅、广东省财政厅、广东省环境保护厅关于加快建设绿色矿山的通知》（粤国土资规字[2017]06号）。

11、《财政部 国土资源部 环境保护部关于取消矿山地质环境治理恢复保证金建立矿山地质环境治理恢复基金的指导意见》（财建[2017]638号）。

12、《关于加强矿山地质环境恢复和综合治理指导意见》（国土资发[2016]63号）。

13、《关于印发广东省推进矿山地质环境恢复和综合治理工作方案的通知》（粤国土环发[2016]154号文）。

14、《广东省地质灾害治理工程生态修复指引（试行）》（2020）。

15、《自然资源部关于进一步加强生产矿山生态修复监管工作的通知（征求意见稿）》，自然资源部 2024 年第 53 号文，2024 年 10 月 9 日。

16、《矿区生态修复方案编制指南（临时）》，自然资源部 2025 年 9 月发布。

现行规程、规范

DZ/T 0286-2015	地质灾害危险性评估规范
GB/T 958-2015	区域地质图图例
GB/T 12328-1990	综合工程地质图图例及色标
GB 12719-1991	矿区水文地质工程地质勘探规范
GB/T 14538-1993	综合水文地质图图例及色标
GB/T 21010-2007	土地利用现状分类
GB 50021-2001	岩土工程勘察规范
GB50330-2013	建筑边坡工程技术规范
GB3100-3102-1993	量和单位
GB3838-2002	地表水环境质量标准
GB11607-1989	渔业水质标准
GB 15618-2008	土壤环境质量标准
GB/T16453-2008	水土保持综合治理技术规范
GB/T18337.2-2001	生态公益林建设技术规程
GB/T 19231-2003	土地基本术语
GB/T32864-2016	滑坡防治工程勘查规范
DZ/T 0157-1995	1:50000 地质图地理底图编绘规范
DZ/T 0179-1997	地质图用色标准及用色原则（1:50000）
DZ/T 0219-2006	滑坡防治工程设计与施工技术规范
DZ/T 0220-2006	泥石流灾害防治工程勘查规范
DZ/T 0221-2006	崩塌、滑坡、泥石流监测规范
SL/T183-2005	地下水监测规范
TD/T 1012-2000	土地开发整理项目规划设计规范
HJ/T 192-2015	生态环境状况评价技术规范（试行）
LY/T 1607-2003	造林作业设计规程

NY/T 1120-2006	耕地质量验收技术规范
NY/T 1634-2008	耕地地力调查与质量评价技术规程
NY/T 1342-2007	人工草地建设技术规程
TD/T1007-2003	耕地后备资源调查与评价技术规程
TD/T1014-2007	第二次全国土地调查技术规程
TD/T1036-2013	土地复垦质量控制标准
TD/T 1044-2014	生产项目土地复垦验收规程
TD/T1031-2011	土地复垦方案编制规程
TCAGHP 011-2018	崩塌防治工程勘查规范
GB/T13727-2016	天然地热水资源地质勘查规范
GB8537-20082	地热水国家标准
GB8978-19963	污水综合排放标准
GB3838-20024	地表水环境质量标准
GB5749-20065	生活饮用水卫生标准
GB18599-2001	一般工业固体废物储存、处置场污染控制标准
UDC-TD	土地复垦技术标准

地热田矿山技术资料

1、《广东省东莞市塘厦大钟岭地热资源预可行性勘查报告》，广东省地质技术工程咨询公司，2019 年 6 月。

2、《广东省东莞市塘厦大钟岭地热田地热水矿产资源开发利用方案》，广东省地质技术工程咨询公司，2020 年 6 月。

3、《广东省绿色矿山建设评估报告（东莞市塘厦三正半山酒店有限公司塘厦大钟岭地热田）》，广东省地质技术工程咨询公司，2021 年 8 月。

其它资料

1、1959~1962 年，由广东省地质局 761 地质大队完成了惠阳幅、宝安幅 1：20 万区域地质测量，对该区地层、岩浆岩及构造均作了较详细研究，并提交了报告书。

2、1975~1977 年，由广东省地质局水文工程地质二大队编制了珠江三角洲水文地质图及报告书。

3、1981 年 6 月~1982 年 8 月，由广东省地质局水文工程地质一大队完成了惠阳幅、深圳幅 1：20 万区域水文地质普查，并提交了普查报告。

4、1988 年 12 月，由广东省地质矿产局完成了《广东省区域地质志》，并由地质出版社出版。对区内地层、岩浆岩、变质岩等前人资料进行了补充和修正。

5、1994~1995 年，由广东省地质勘查开发局区域地质调查大队完成雁田幅 1：5 万地质图。

6、2019 年 1 月 8 日通过评审的《东莞市塘厦三正半山酒店有限公司地下水取水项目水资源论证报告书》。

上述前人研究成果，为本次矿山地质环境保护与恢复治理方案的编制工作提供了大量区域地质、水文地质

基础资料。

二、矿山基本情况

矿山为开采矿山，矿山名称为广东省东莞市塘厦大钟岭地热田。矿山项目产品方案为用于医疗保健、疗养、沐浴等用水的热矿水。根据 2020 年 6 月广东省地质技术咨询公司（下称咨询公司）编制提交的《广东省东莞市塘厦大钟岭地热田热矿水矿产资源开发利用方案》。矿山开采井有 2 口，分别为 RJ1 和 RJ2，加权平均水温 34.1℃。批准的开采矿种为地热，开采方式为地下采矿，批准的生产规模为 32.91 万 m³/年。

矿山 2 口开采井、泵机房及储水池等矿山设施于 2020 年 12 月前完成建设，RJ1 和 RJ2 两口开采井占用其他草地和灌木林地，建设时期未砍伐树木，施工前植被类型为杂草，因此不涉及植被移植；剥离表土共 6m³，移至酒店区绿化带内。泵机房及储水池区域占用商服用地，建设前为混凝土地面，不涉及植被移植和表土剥离。

1、采矿权范围与期限

采矿权人为东莞市塘厦三正半山酒店有限公司，该矿山由东莞市塘厦三正半山酒店有限公司作为申报单位和采矿权申请人，法人代表为莫金进。企业性质：有限责任公司，隶属关系：独立。公司经济类型为“有限责任公司”，注册地址在东莞市塘厦镇，属于商业企业。

采矿权人于 2020 年 12 月 3 日首次获得地热水采矿许可证（附件 2），采矿证有效期为 2020 年 12 月 3 日至 2030 年 12 月 3 日。批准的矿区范围由 8 个拐点组成（表 1-1），矿区面积 1.548km²，开采深度+36.23~-1168.5m 标高（高程应采用 1985 国家高程基准）。

表 1-1 采矿权范围拐点坐标

2000 国家大地坐标系		
序号	X	Y
1	2523977.60	38505706.90
2	2524151.29	38505975.03
3	2523985.40	38506288.68
4	2523759.15	38506166.47
5	2523657.08	38506538.76
6	2523641.71	38506817.51
7	2522506.14	38506890.89
8	2522506.45	38505707.57
开采深度：+36.23~-1168.5m 标高（高程应采用 1985 国家高程基准）		

据现场调查，矿区周边直径 8 公里范围内不存在其他采矿情况。

2、矿区位置及交通

矿山位于东莞市131°方向直距约38.9km处,中心点地理坐标为:东经114°04′08″,北纬22°48′16″,矿山隶属东莞市塘厦镇管辖。区内交通非常发达,莞深高速、龙林高速、东深公路、广深铁路贯穿而过,尤其是莞深高速公路开通后,塘厦成为东莞市直通香港最快的交通要道之一,是东莞东南部的交通枢纽。由高速公路网,从勘查区到东莞城区52km,约需30分钟车程;距深圳市中心约35km,到深圳机场约40分钟车程;距广州市约108km,到广州火车站约90分钟车程;距惠州市56km,约60分钟车程,交通非常方便(图1-1)。

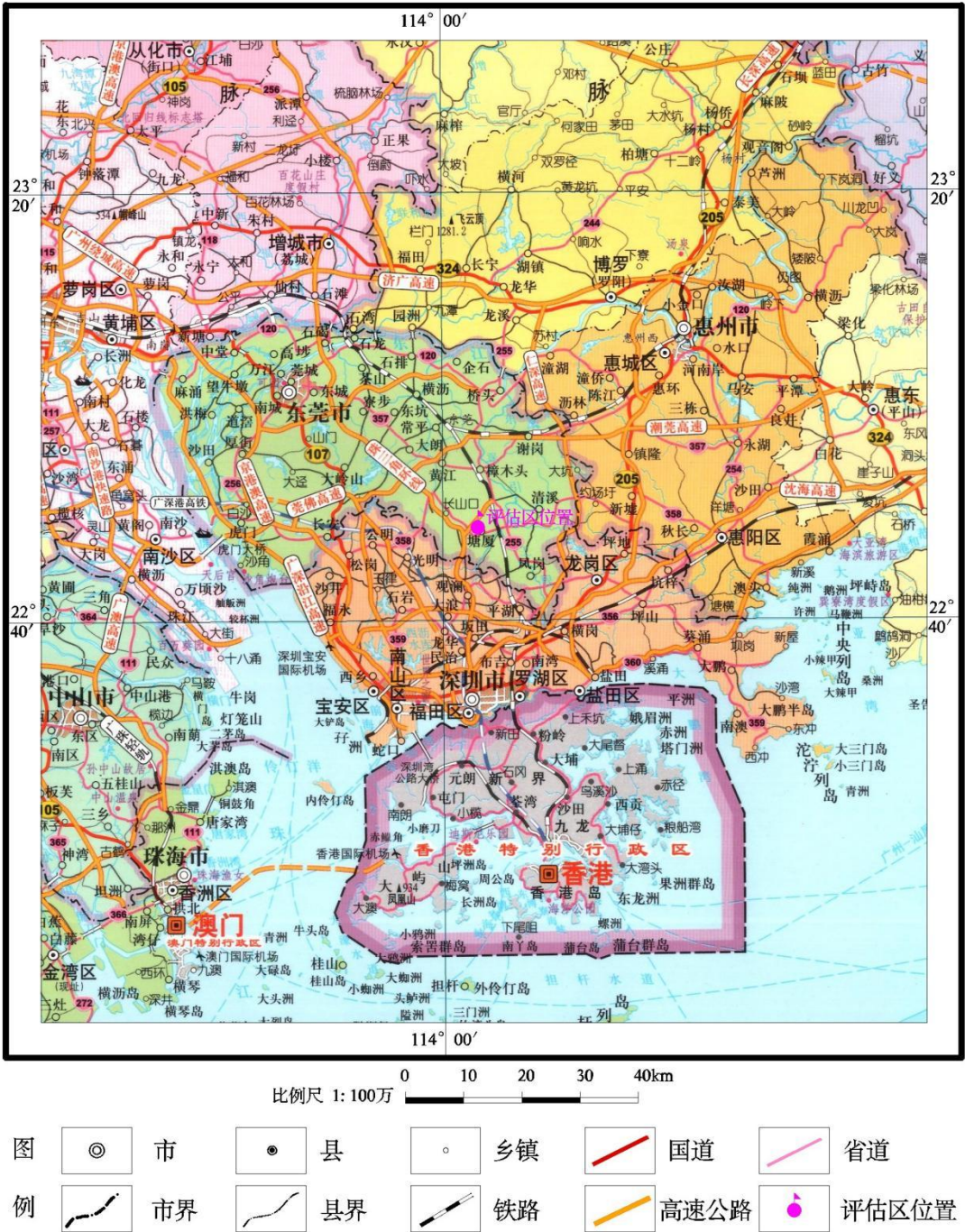


图 1-1 交通位置图

三、绿色矿山建设情况

矿山已完成省级绿色矿山建设。采矿权人于 2021 年委托广东省地质技术工程咨询公司指导其完成省级绿色矿山建设，并编制完成了本矿山的广东省绿色矿山建设评估报告，经专家组现场检查考核，同意东莞市自然资源局于 2022 年 2 月 16 日对其进行了公示。

四、方案修编情况

采矿权人曾于 2020 年委托咨询公司编制《广东省东莞市塘厦三正半山酒店有限公司地热水矿山地质环境保护与土地复垦方案》（下称原二合一方案），目的是申请探矿权转采矿权。该方案于 2020 年 8 月 26 日获得由广东省地质灾害防治协会出具的评审意见书（粤地协矿评审字[2020]第 15 号），根据评审意见，方案的适用年限为 34 年，每 5 年修编 1 次。

根据采矿权人提供信息和数据，矿山已按原二合一方案要求设立了各级保护区，树立了各级保护区界桩和标识牌，完成了水位、水温自动监测仪和在线监测计量系统的安装，按要求完成了开采井的水质、水温、水量监测和监测井的水位、水温监测，建立了开采井水量、水位、水温记录台账，并按二合一方案对地质灾害监测点进行定期人工巡视记录；且完成了监测井的水位和水温监测登记；但未按二合一方案要求完成监测井年度水质检测和地表水检测点的水质检测，今后应完善，见表 1-2。

表 1-2 原方案工程措施落实情况表

工程 项目			项目名称	备 注	完成情况
矿山地质环境	工程措施	保护工程	设置一、二、三级保护区界桩	一次性工程量	已落实
	监测工程	监测设备	2 个监测井建设	一次性工程量	已落实
			水量、水温、水位自动监测仪	一次性工程量	已落实
			2 个基准点	一次性工程量	已落实
		监测项目	2 口开采井水量、水位、水温观测	每天 1 次	已落实
			2 口监测井水位、水温观测	每月 2 次	已落实
			2 口开采井地热水质全分析检测	1 次/年	已落实
			2 口监测井水质监测	2 次/年	不完善
			1 个地表水常规指标值监测	2 次/年	不完善
			地质环境监测 （采用人工巡视手段包括地面沉降，地形地貌景观和土地破坏监测，一口开采井 2 个监测点，共 7 个监测点）	地质灾害 10 次/年 地形地貌景观和土地破坏监测 4 次/年	已落实
土地复垦		开采井、储水池、泵机房等	共计 806m ²	现阶段无需开展	

根据管理部门意见和最新相关政策，矿山应重新编制生态修复方案报告表，因此采矿权人于 2025 年 11 月

委托咨询公司编制《广东省东莞市塘厦三正半山酒店有限公司塘厦大钟岭地热田矿山生态修复方案报告表》。本报告表综合原二合一方案和矿山现阶段实际情况，将矿山地质环境保护、土地复垦与生态修复方案三合一进行编制，工程设计与部署充分考虑政策要求及实际可行性，满足生态修复目标的同时保证措施切实可行。

四、生态修复目标、方向及标准

目标：矿山生态修复的目标可归纳为以下五个核心方面，涵盖生态恢复、资源利用与社会价值实现：生态功能全面恢复、经济价值与社会效益提升、严格依法治理与监管、科学规划与技术支撑、系统性转型与长期目标。通过客土改良、植被恢复等措施，使修复区生物多样性接近未受干扰的参考区域，消除地质灾害隐患，恢复土壤、水体等生态系统的自然功能。将废弃矿山转变为生态资产，新增耕地、园地及林草湿地面积，提升土地利用价值，同时改善矿区周边人居环境，促进区域可持续发展。全面整治采矿许可证有效期内及历史遗留矿山，通过联合执法打击偷采盗采行为，确保治理任务“应治尽治、应绿尽绿”，达到环保督察验收标准。采用“春季种植为主，秋季补植为辅”的施工策略，结合当地气候条件优化时序，同时遵循国际标准（如群落相似性、生态稳定性等九大核心属性），确保修复效果持久。实现从“工业伤疤”到“生态资产”的深刻转型，通过示范工程推广先进技术，形成可复制、可推广的修复模式，为全球矿山生态修复提供经验借鉴。

方向及标准：践行生态发展理念的具体体现，是绿化祖国、造福社会，是建设和谐、稳定、持续发展的绿色 矿山重要手段，是实现人与自然和谐相处的有效途径。采取有效的生态修复治理，应遵循以下工作部署原则：以人为本的原则、科学规划合理布局的原则、因地制宜综合治理的原则、景观相似性原则、坚持工程措施与生物措施相结合的原则、兼顾经济适用美观及与周边环境相协调的原则。

第二章、矿山基础调查 一、矿区自然条件 1、气象水文 气象：矿区属亚热带季风气候，冬半年受极地冷高压脊控制，盛行东北风，天气较为干冷；夏半年则为副热带高压脊及季风低压、热带气旋所影响，盛行西南风和东南风，天气高温多雨。东莞市具有丰富的热量资源，终年气温较高，累年年平均气温为 22.8℃。最热月份为 7 月，平均气温约 28.5℃，最高气温常达 35℃ 以上；最冷月份为 1 月，平均气温约 14℃，极端最低气温可达 5℃ 左右。具有长夏无冬，冬冷夏热的特点。另外，由于与南海相邻，海洋对温度起着调节的作用，致使全年气候温和，温度变幅小，年较差为 14.4℃。矿区 5~9 月为丰水期，12 月至次年 3 月为枯水期，其余月份为平水期。矿区历史上最大 24 小时雨量为 545.4 毫米，发生于 1981 年 6 月 30 日 05 时至 7 月 1 日 05 时。近年极端强降雨有增多趋势：2005 年 5 月 25 日凌晨莞城局地大暴雨，一小时雨量达 109.3 毫米，是历史上记录到的最大 1 小时降雨量；2006 年 7 月 14~17 日的持续性暴雨过程；2008 年 5 月下旬到 6 月中旬，遭遇了 1957 年以来最严重的“龙舟水”天气过程，31 天总雨量达 950 毫米，是历史同期的近 3 倍，创历史新高，尤其是 6 月 13 日凌晨五点到早上八点三小时雨量为 219.4 毫米，突破了东莞市三小时最大雨量的历史纪录（资料来源：东莞天气）。 水文：区内地表水系较发育，山塘水库较多。观澜河从西南往东北流经塘厦镇中心与石马河汇合，经清溪、
--

樟木头、常平、桥头等镇流入东江。附近较大的水库有塘坑水库、大钟岭水库、牛眠埔水库、大坑尾水库等。

在矿区内与地热田密切相关的重要地表水体仅有大钟岭水库，在矿区内北侧，水库最南端距离大钟岭断裂带直线距离 170m，其集雨面积 2.8km²，主坝高 14m，总库容 140 万 m³，垫底库容 13 万 m³，设计灌渠总长 2800m，灌溉面积 2951 亩，自运行以来的正常蓄水位标高为 38.2m，它是塘厦地区最早建成的水库。

矿区西侧距离西侧探矿权边界 2km 左右的牛眠埔水库东侧，存在一天然泉眼，经询问当地村民及 1 年的观测，该泉冬季水量低于夏季水量，冬季不断流，夏季最大水量约 150m³/d，冬季最小水量约 80m³/d。

2、地形地貌

本区地形地貌类型为丘陵台地，北部地区零散分布丘陵山岗山冈，最高峰鸡公岭高程 144.0m，地势低点溪头村一带高程 23.0m，地形高差约 120m，总体地势北高南低。区内植被发育、林木茂密，山清水秀，风景秀丽，环境优美，水土及生态环境保持良好（图 2-1）。

矿区内迎宾大道以北地形地貌以丘陵台地为主，以南地形地貌以平地（经人工平整）为主。北部有大钟岭、大钟岭水库等地貌；南部村庄密集，以建筑物和荒地为主。

大钟岭水库周围为天然丘陵，斜坡上部主要为坡残积粉质粘土，植被很发育，坡度较缓，大部分丘陵坡度为 10°～25° 之间。

地形地貌复杂程度为简单。

3、植被

矿山气候为亚热带季风气候，以迎宾大道为界，北部丘陵台地区植被茂密；南部平地区村庄密集，建筑较多。矿区内植被为南亚热带常绿阔叶季雨林，主要林木有松科、杉科、壳斗科、樟科、桃金娘科和竹科等 20 余种、110 多个树种。常见林下植被主要有苦楝、木兰桑、大叶榕、细叶榕等，地被物以芒箕为主，草本植物以蕨类居多，藤本植物也常见。

4、土壤

矿山地貌类型属丘陵，天然生态环境良好，地表土壤以枯枝落叶层、腐殖层为主，按质地以粘质土、壤土为主，土层厚度 5~10m。

二、矿区社会经济条件

塘厦地处东莞市东南部，是东莞市东南临深片区中心、广东省中心镇、中国百强镇和世界高尔夫名镇，荣获国家卫生镇、国家级生态乡镇、国家园林城镇、广东省宜居示范镇等荣誉称号，在 2023 年全国综合实力千强镇中排第 28 位。辖区面积 128 平方公里，下辖 21 个社区。截至 2023 年年底，塘厦户籍人口约 11.13 万人，常住人口约 79.16 万人。

改革开放四十多年来，塘厦走出了一条以经济国际化带动工业化、城市化的发展道路。全镇聚集了规模以上工业企业 943 家，占全市 6.8%，排全市第二位；拥有国家高新技术企业 580 家，位居全市第 3；各级“专精特新”企业 212 家，其中国家“小巨人”企业 9 家，数量分别居全市第 2 和第 4；省级工程技术研究中心 29 家，

省重点实验室 1 家；主板上市民营企业 6 家，上市后备企业 22 家；全镇研发投入费用达 19.57 亿元，总量居全市第 3。2023 年全年，全镇实现地区生产总值 606.8 亿元，规上工业总产值 1233.8 亿元，稳住了工业根基；全年完成固定资产投资 151.6 亿元，同比增长 29.8%，其中工业投资 78.82 亿元，同比增长 38.5%，在全市镇街（不含松山湖）中排名第一；全年完成内资协议投资 298.72 亿元，完成率 203.85%，总量全市排名第一；全年的社会消费品零售总额 185.67 亿元，市场信心逐步回暖。

2024 年塘厦镇地区生产总值为 653.16 亿元，同比增长 4.8%。其中，第一产业增加值为 1.85 亿元，第二产业增加值为 427.42 亿元，第三产业增加值为 223.89 亿元。

三、矿山生产建设情况

1、建设规模

本项目用水为地下水温泉取用水，全部用于温泉项目，主要用于酒店温泉洗浴和温泉理疗项目，根据客流量、温泉项目具体经营情况和实际需求，通过水箱和管道进行温泉水的调配，输送至温泉洗浴项目和温泉理疗项目中，根据使用情况进行输水和循环加热。温泉理疗项目主要为温泉别墅，温泉洗浴主要分为八个区域，分别为圣托里尼临湖温泉区域、巴斯温泉区、比利时花园广场区、皇家能量区、皇家森林温泉区、情景温泉区、地中海温泉区以及罗马温泉区，八个区域共有温泉池 38 个。

2、开采工艺

开采井结构：大钟岭地热田 RJ1、RJ2 井施工所在地为平地，RJ1 位于迎宾大道路边，RJ2 位于塘安路路边。通过钻孔揭露，其上部残坡积土层层厚度分别为 26.00m、20.00m，各井孔内下入的套管深度分别为 242.20m、247.60m，且井管外注入水泥浆进行封闭止水，以防常温水入渗，其余各开采井孔段均为天然岩石井壁，主要含水带深度为 242.0~1039.0m。通过钻孔揭露，开采井附近主要岩性为侏罗系碎屑岩类、震旦系混合岩、燕山期花岗斑岩和第四系土层。

用途：矿山项目产品方案为用于医疗保健、疗养、沐浴等用水的热矿水（图 1-4）。

取水设备：项目取水为地下温泉水取水，开采井（RJ1 井、RJ2 井）距离项目所在酒店直线距离约 500m，开采井通过水泵取地下温泉水后，经管道输送至水箱进行储存和加热，水泵有全不锈钢井用潜水泵（型号规格 ZL150QHR30-155-18.5kW）1 台和全不锈钢井用潜水泵（ZL150QHR32-255-45kW）1 台，品牌均为天津中蓝，水泵与井口连接水管使用 316 不锈钢国标管（表 2-1）。

表 2-1 RJ1、RJ2 开采井取水设备情况表

水泵名称	水泵型号	设计扬程(m)	设计流量(m³/h)	功率(kW)	下泵深度(m)	单台设备取水能力(m³/d)	台数	年取水能力(万 m³)	备注
------	------	---------	------------	--------	---------	----------------	----	-------------	----

全不锈钢井 用潜水泵	ZL150QHR30- 155-18.5kW	155	30	18.5	120	720	1	23.76	
全不锈钢井 用潜水泵	ZL150QHR32- 255-45kW	255	32	45	230	768	1	25.34	

节水技术分析：本项目目前的节水技术主要有减少温泉水管网漏损、温泉原水回用以及使用保温水箱减少温泉水浪费。本项目地下温泉水输水、供水管网材料选用的是 316 不锈钢国标管，严格按照标准进行管道铺设、管口衔接、伸缩节预留检修口以及定期管道检修，基本避免出现输送温泉水管道出现漏损情况，提高温泉水用水效率，节约用水；项目使用水箱保温效果好，使用效率高，基本无温泉水未经使用就作为废水排出的现象。项目节水技术中管网漏损工程落实工作完成较好，现状基本无漏损现象且未来运行期间预期漏损较少，节水水平相对较高；回用水部分节水水量经过过滤处理达标后进行使用，节水效果较好，可有效提高酒店水资源利用效率。

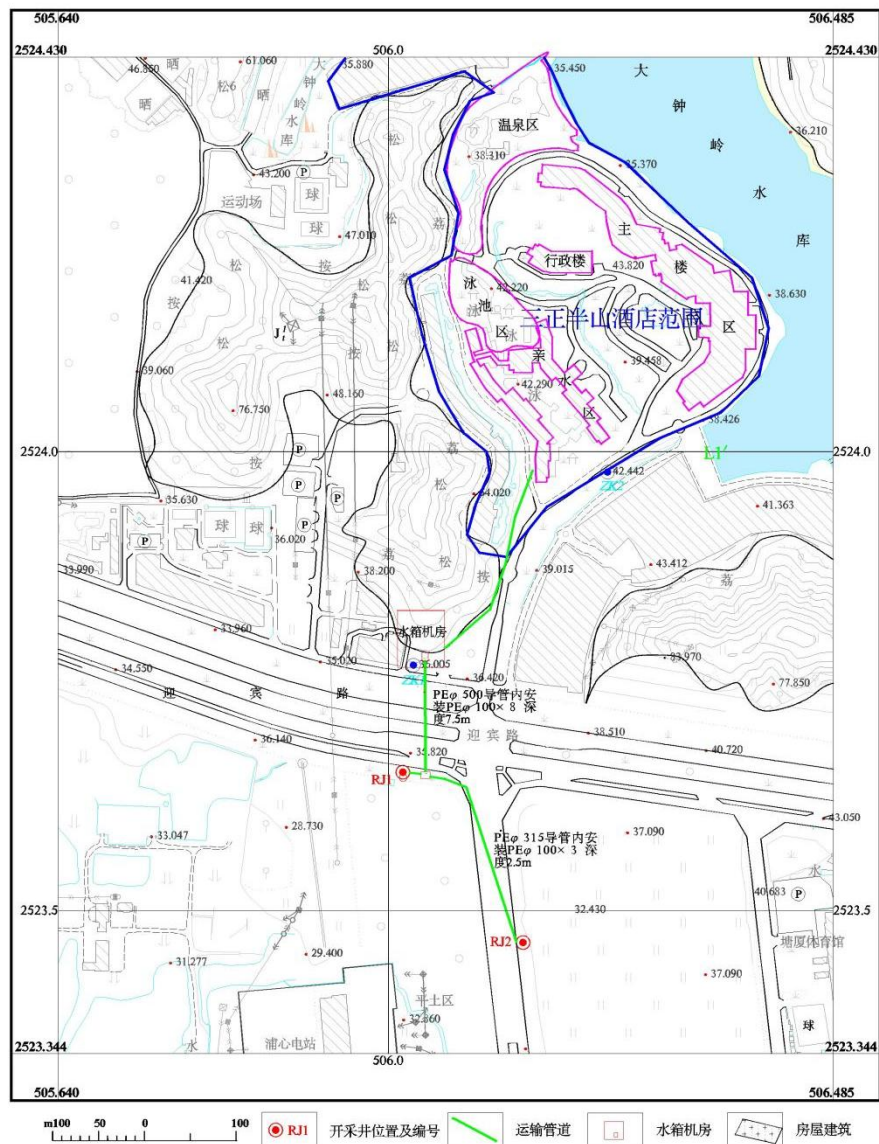


图 2-1 矿区开采供水平面布置图

3、**矿山废水和固体废弃物的排放及处置：**矿山热矿水的废水排放以废弃热水及生活用水为主，据《农田灌溉水质标准》(GB5084-2021)的规定，农田灌溉用水水温 $\leq 35^{\circ}\text{C}$ ，故应对其废热水进行处理达标后通过地下污水管道再进行排放，避免直接排放造成矿区范围及周边环境、地下水、地表水及土地资源的污染。

酒店退水主要包括温泉水退水和自来水退水，其中自来水退水分为酒店用水退水和职工生活污水，温泉水退水主要为温泉池使用后的退水。地热温泉水经酒店使用后，首先排放到酒店废水预处理池，然后温泉水退水和自来水退水排入市政管网，进入塘厦林村污水处理厂进行处理，达标后排入石马河，本项目建设前后酒店的退水部分都满足市政管网的接纳规模和污水处理厂的处理规模，对水功能区无不良影响，废水处理率达到 100%，废水经处理后循环使用率 100%。

固体废弃物主要为生活垃圾和厨余垃圾，生活垃圾和厨余垃圾经收集后统一由环卫部门处理。

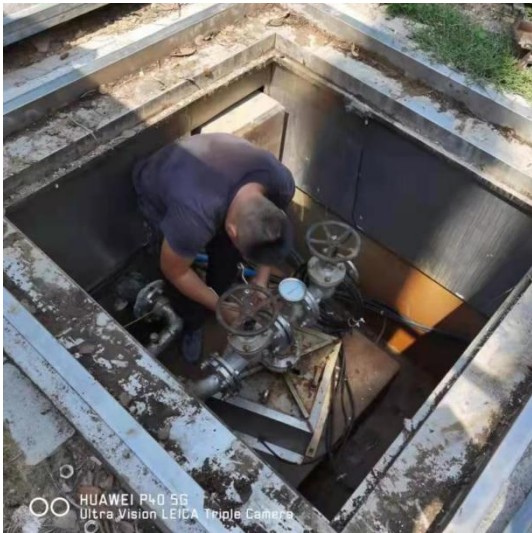
4、矿山开采历史

矿山目前批准的开采井有 2 口，分别为 RJ1、RJ2，采矿权人取得采矿许可证后正式开采此 2 口地热水井，根据采采矿权人提供资料和数据，截至目前，开采井水量、水温、水位、水质均未出现异常，且未出现超采现象。

酒店自 2020 年 12 月获得采矿许可证后开始开采地热水，但很快就爆发疫情，旅游业经历了寒冬，疫情结束后旅游业逐渐复苏，2023 年、2024 年和 2025 年全年地热水开采量分别为 27.34 万 m³、31.19 万 m³、32.23 万 m³。矿山开采过程中按要求记录地热水开采台账，并按相关部门要求上报各月地热水开采量。

开采井情况：RJ1 位于迎宾大道路边，RJ2 位于塘安路路边。通过钻孔揭露，其上部残坡积土层厚度分别为 26.00m、20.00m，各井孔内下入的套管深度分别为 242.20m、247.60m，且井管外注入水泥浆进行封闭止水，以防常温水入渗。

由于两口开采井紧邻市政道路，和政府部门协商后，为了市政美观，两口开采井采用下沉式设计，下沉深度 1m（照片 1、照片 2），井口用可移动的水泥板盖住，下沉空间做了导水管道，导水管道接通市政排水管，因此雨天不会积水，开采井附近已经设立采矿权标识牌。



照片 2-1 RJ1 开采井内部结构



照片 2-2 RJ2 开采井内部结构

两口开采井内都埋了水位，水量和水温监测仪，监测数据传输到储水池的机房，可进行统一管理（照片 3）。矿山 RJ1、RJ2 井的地理坐标及直角坐标（2000 国家大地坐标系）、高程详见表 1-3。

表 1-3 RJ1、RJ2 井的地理坐标

井号	地理坐标		2000 大地坐标（m）		1985 国家基准高程（m）
	东经	北纬	X	Y	井口标高
RJ1	114° 03′ 49.21″	22° 48′ 31.46″	2523645.56	38506015.41	36.23
RJ2	114° 03′ 54.02″	22° 48′ 25.36″	2523465.89	38506148.99	33.30

开采流程：矿山基础设施主要包括井孔、泵房、监测设施、抽水设施、输送管道、储水池、阶梯热源加热设备等。矿山采用地下开采方式，电泵根据开采井井径、水温、水量及扬程选用天津中蓝生产的热泵潜水泵。

开采井经井内地热潜水泵抽水后，通过 DN100 纤维玻璃钢保温管输送到储水池，储水池及变频水泵房位于三正半山酒店内，储水池的高位水池位于矿山 RJ1 井北侧路对面。输送管道符合卫生标准。高位保温周转蓄水池容量 1000m³，基本可满足一个高峰期的用水。矿山的开发采用阶梯热源开发方式，剩下的废水先经过降温管道，降温后，温泉水预处理池初步处理后，再排入污水处理厂，经污水处理厂处理后排入人工湿地，经人工湿地净化后，进入河流，河水可以为周围的农田进行灌溉，以保证热源和淡水资源的充分利用。三正半山酒店本着水量监测点选用应答/自报兼容的工作方式，按照“无人值守、定期巡检”的运行维护机制实施信息采集作业，对不适宜设置全自动监测点的地方，亦可按有人值守模式配置设备、设点观测的原则，对监测点进行选型。监测终端和流量计、液位计、阀门相连，负责采集用水量、水位信息，以及控制阀门的状态。

四、矿区地质环境背景

1、地层岩石

（1）区域地层与岩石

1) 区域地层

本区地层较简单，主要有第四系陆丰组（Q₁）、侏罗系塘厦组（Jt），由老至新分述如下：

①侏罗系塘厦组（Jt）：区内塘厦组地层广泛出露，在塘坑水库周边、大钟岭水库周边、牛眠埔水库周边均有出露，塘厦组地层可进一步细分为第一段（Jt¹）、第二段（Jt²）、亚公山岩契（yw）、崖山岩舌（yt）及佛岭透镜体（zl）。勘查区内及周边地层主体产状 20~45° ∠30~50°。



图 2-2 地形地貌卫星图（资料来源：谷歌地图）

第一段 (Jt^1)：岩性主要为粉砂岩与泥岩互层夹砂岩、砂砾岩及少量凝灰岩。

第二段 (Jt^2)：岩性主要为泥岩夹粉砂岩及少量砂岩、凝灰岩，上部夹较多炭质泥岩。

亚公山岩契 (yw)：岩性主要为中细粒长石石英砂岩夹粉砂质泥岩。

崖山岩舌 (yt)：岩性主要为微薄层状泥岩。

佛岭透镜体 (zI)：岩性主要为细粒长石石英砂岩夹粉砂质泥岩。

②第四系陆丰组 (Q_4)：主要分布在河谷平原及山间低洼地带，岩性主要为细砂、粉砂及炭质粘土。该组地层主要分布区东南部的在溪头村、莆心湖、诸佛岭一带。

2) 区域岩浆岩

区内岩浆岩不发育，仅零星出露小岩体及岩脉，分布范围小，区内近在老背岭南部和大钟岭南部有少量分布（图 2-3）。

①花岗斑岩体 ($\gamma\pi$)：出露于地热田中部，面积小，呈近东西走向，岩性为花岗斑岩。

②闪长岩脉 (δ)：出露于地热田外西南方向约 3km 处，面积小，呈东西走向，岩性为闪长岩。

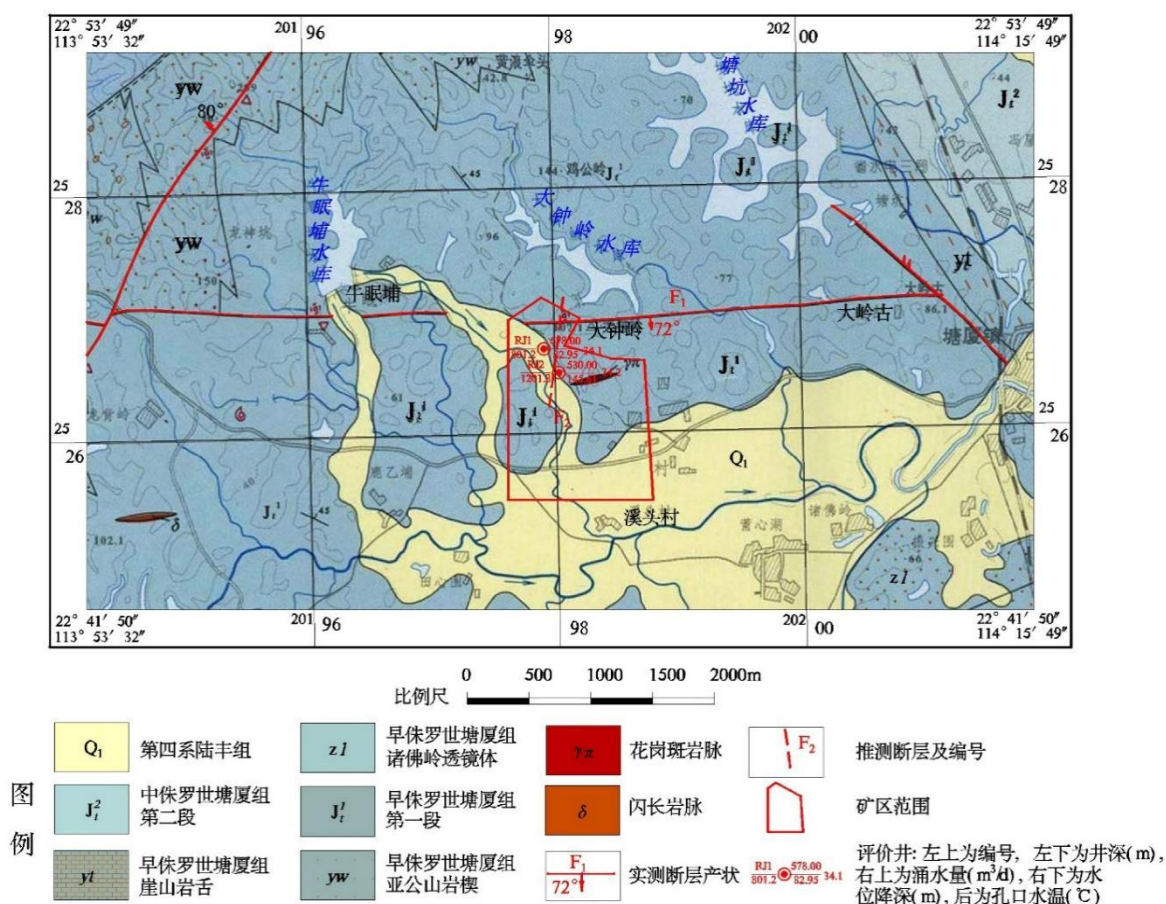


图 2-3 区域地质图 (资料来源: 1:5 万地质图)

(2) 工作区地层与岩石

1) 工作区地层

矿山内地层主要有第四系杂填土 (Q^{ml})、第四系陆丰组 (Q_1) 和侏罗系塘厦组第一段 (J_{t1}) (附图 1)。

第四系杂填土 (Q^{ml})：主要分布在人类活动的平地，灰黑色，主要由建筑碎块、泥砂和腐殖质组成，土层深度 0~28.0m。

第四系陆丰组 (Q_1)：主要分布河谷平原及山间低洼地带，岩性主要为细砂、粉砂及炭质粘土，土层厚度 0~18.0m。

侏罗系塘厦组第一段 (J_{t1})：广泛分布于丘陵山地，岩性为长石石英粉砂岩与泥岩互层夹中粗砂岩、砂砾岩及少量凝灰岩，多段岩石出现浅变质~变质，岩石结构以砂岩结构和变余砂状结构为主，上段见少量含炭质泥页岩；地层颜色下段以灰白~灰黑为主，上部为浅紫红色~灰黑色；侏罗系塘厦组的地层产状 $20\sim45^\circ \angle 30\sim50^\circ$ 。本次勘查钻孔揭露该组地层厚度为 573.10~735.40m。

震旦系 (Z)：RJ1、RJ2 揭露到沉积地层下伏震旦纪混合岩，与上覆沉积地层为不整合接触关系，岩石为灰白色条带状、肠状混合岩，局部夹片麻状黑云母斜长花岗岩或混合花岗岩。混合岩灰白色，条带为硅质成分。混合岩以条带状混合岩为主，揭露厚度大于 465.9m。

2) 工作区岩石

矿山内侵入岩主要有燕山期花岗岩（ γ ）。

燕山期花岗岩（ γ ）：RJ2 井在混合岩之下揭露到花岗岩体，花岗岩体与混合岩整体上呈渐变过渡关系，无明显侵入接触面，且无断层接触的相关证据，因此推测是侵入作用过程中发生混染作用的结果。花岗岩以中细粒花岗岩为主，其厚度应较大，本次勘查的钻孔未揭穿该层，揭露厚度大于 162.8m。

地层岩石小结：工作区地层岩性较复杂，主要为侏罗系碎屑岩类、震旦系混合岩、燕山期花岗斑岩和第四系土层，矿床围岩岩体以薄-厚层状结构为主，总体来说地层岩石复杂程度中等。

2、地质构造

区域地质构造：地热田区域上处于东西向高要—惠来深断裂带中段的南侧、北东向樟木头大断裂之东侧，莲花山深断裂带之西部。

东西向构造：高要—惠来深断裂带是组成南岭纬向构造带二级构造之一，省内断续延长约 600km，宽约 10～60km 不等，该带主要由东西走向的褶皱、断裂、破碎带、片理、片麻理、隆起带、沉降带、燕山期侵入岩和喷出岩、中—新生代构造盆地以及潜伏的基底断裂组成。波及早、晚古生代，中、新生代地层。晚近时期的河流水系、山形地地貌、地震、温泉均有表现。其成分之复杂，形迹之连续程度，在我省东西向构造带中居首位。勘查区内的大钟岭断裂带即应属于该断裂带的次一级断裂带，在勘查区内表现为北西西走向。

北东向构造：区内北东向西构造主要发育樟木头大断裂、潼湖大断裂与莲花山深断裂等，樟木头大断裂、潼湖大断裂位于地热田的西北部，本区靠近莲花山深断裂带的南段，断裂带岩层受强烈挤压和片理化，形成宽达 2km 的糜棱岩化构造破碎带，沿断裂带中晚侏罗世有大规模的火山喷发，西南段有燕山三期的花岗岩侵入，是广东省的主要热矿水带。勘查区位于北东向樟木头断裂带南段的东侧约 3.7km 处，勘查区内未见区域性的北东向构造带。

北西向构造：区内北西向构造主要为东西向和北东向深断裂带的次一级配套构造，与东西向和北东向断层交汇切错。区内主要出露有天堂围断层、清塘断层等，在天堂围断裂带附近曾打到低温热水，孔深 150.82m，单孔涌水量 13.8 m³/d，水温 30℃。勘查区位于莲花山断裂的西侧约 2.8km 处，勘查区内未见区域性的北西向构造带。

工作区地质构造：区内褶皱构造不发育，主要断裂构造发育 2 条，地质调查和地球物理勘查对勘查区内断裂构造的分析成果基本一致，均在勘查区内发现两条断层，统一命名为 F1 和 F2。

因 F1 断裂构造岩在地表出露较好，且地球物理探测中也显示明显，所以 F1 定为实测断层；F2 在地表出露弱，且没有证据证明地质调查中发现的 F2 与地球物理探测中发现的 F2 为同一断层，但因两者在同一交汇点的位置吻合，所以推测两种勘查方式中发现的 F2 为同一断层，F2 存在证据不充分，产状不定，所以将 F2 定为推测断层。

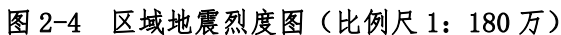
地质调查成果：现将勘查区经地质调查和地球物理探测所获得的关于断裂构造的成果叙述如下：

F1 断层走向北西西 280～290°，为实测断层。在地表出露硅化岩、硅化角砾岩、磨砾岩及断层透镜体、北西西走向密集节理）及北西西走向断层陡坎和擦痕，在大钟岭及大钟岭西侧几个丘陵上断续观察到上述构造特征，构造岩原岩均为侏罗系塘厦组砂岩类。该断裂倾向和倾角在地表显示不清晰，但显示出断层面呈舒缓波状，

F2 断层走向南北 10° 左右, 为推测断层。该断层宽度较小, 地表上的构造地貌表现为切割 F1 断裂形成垭口, 地质调查时仅有两处发现有近南北向密集节理, 断层证据不够充足, 但考虑密集的节理也可以成为导水通道, 因此地质图中用虚线表示 F2。根据该断层特征, 推测该断层切割深度有限。

(4) 区域地壳稳定性

矿区的断裂构造主要为华夏系构造，新近纪以来，区域上一直处于隆起状态，以整体上升为主，辅有弱的断块差异运动，总体上断裂差异活动不太明显，远场地震（半径 25km 以内）活动以中小地震为主，近场地震（半径 5km 以内）活动不强烈（图 2-4）。



3、水文地质

本区地下水类型主要有松散岩类孔隙水、层状岩类裂隙水和块状岩类裂隙水三种类型。

地下水类型：

（1）松散岩类孔隙水

主要分布于河谷平原及山间洼地，含水岩性主要为细砂、粉砂，属孔隙潜水含水层，局部为孔隙承压水。富水性取决于其所处位置及厚度，一般单井涌水量为 $100\sim 300\text{m}^3/\text{d}$ ，局部 $>500\text{m}^3/\text{d}$ ；水化学类型主要为 $\text{HCO}_3-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型和 $\text{HCO}_3-\text{Ca}\cdot\text{Na}$ 型，水质多数良好，矿化度多小于 $300\text{mg}/\text{L}$ 。

（2）层状岩类裂隙水

广布于丘陵山区，主要赋存于侏罗系塘厦组（Jt）粉砂岩、泥岩的风化裂隙与构造裂隙中。表层风化裂隙较发育，但裂隙多被泥质充填，风化裂隙水一般较贫乏，一般泉流量 $0.1\sim 0.4\text{L}/\text{s}$ ，地下径流模数 $1\sim 4.93\text{L}/\text{s}\cdot\text{km}^2$ ；区内东西、北东、北西向断裂构造发育，构造裂隙水受构造裂隙影响具有不均匀性，一般水量较贫乏，部分裂隙发育段富水性较好。地下水化学类型多为 $\text{HCO}_3-\text{Ca}\cdot\text{Na}$ 型和 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型，矿化度 $30\sim 400\text{mg}/\text{L}$ 。

（3）块状岩类裂隙水

分布于区内零星出露小岩体及岩脉中，分布面积小，含水岩性为花岗斑岩及闪长岩等，其富水性主要受风化带厚度，风化裂隙发育程度，补给条件的综合影响，富水性变化较大。

地下水的补给、径流和排泄条件：地下水的主要补给来源是大气降水，其次是地表水的补给。区内年平均降雨量 1800mm 、地表水系较发育。区内地形地貌、地表水系、大气降水均对地下水的补给有利，地下水的补给条件较好。地下水的径流方向大体与地表水系的流相近，区域上总体径流方向为北西往南东径流。在天然条件下，地下水多以泉水、湿地和植物蒸腾的形式排泄为主。

热储特征：该地热田的热储层受 F1 断裂所控制，分布于 F1 断裂带深部破碎带及其上盘的破碎带中，呈带状或透镜状埋藏于地下深部特定的深度范围内，为裂隙型带状热储。

通过探采井 RJ1、RJ2 和岩芯的观察，主热储层岩性为碎裂长石石英砂岩、碎裂石英砂岩和碎裂混合岩，这些构造岩既有挤压性质也有拉张性质，表明该断裂存在挤压和拉张的力学性质转换过程。从导水机制上分析，F1 断裂的张性改造与该地热田隐伏地热的形成关系是密切的。从热储层的空间分布看，该热储层沿着 F1 断裂带向深部延伸的深度及平面上的展布范围有限，由此推断热储主要位于 F1 断裂带深部的构造应力松弛区，这个区域张裂隙比较发育，导水性和富水性较好，从而形成储层，对于其他压应力集中区则不能成为热储层，构造岩带相对闭合。

总体上该地热田热储形态比较复杂，剖面上是多个脉状、透镜状含热流体集合体，但基本上受 F1 断裂控制，平面上呈带状。由于地热水的开采深度较深，且孔内套管已隔绝地下水和地表水之间的水力联系，因此地热水的开采对地表水和潜水影响较小。

综上所述，区内地下水类型较简单，以基岩裂隙含水层为主，除局部断裂破碎带地段富水性中等外，其它地段富水性较弱，以贫乏为主。另据地形地貌特征，矿区属地下水补给—径流区。综上所述，矿区水文地质条

件属中等类型。

4、工程地质

岩土体特征：工作区内主要的岩土层有人工杂填土（ Q^m ）、侏罗系塘厦组第一段（ Jt^1 ）长石石英粉砂岩、震旦系（Z）混合岩和燕山期花岗岩（ γ ）。现参照邻区岩土层的测试结果，给出工作区岩土层作天然地基设计时的地基承载力特征值的建议值见表 2-2。

表 2-2 地热水厂工程建设区岩土层天然地基设计参数建议值

岩 土 层					承载力经验值
层号	层序	岩土层名称	状态	厚度（m）	f_{ak} （kPa）
Q^m	1	杂填土	半固结	0~28.0	70
Jt^1	2-1	强风化粉砂岩	硬土状	0~28.5	450
	2-2	中风化粉砂岩	碎块状	34.5~48.3	1000
	2-3	微风化粉砂岩	块状	43.80~45.60	2000~3000
	2-4	粉砂岩	块状	177.20~244.50	3000~5000
Z	3	混合岩	块状	>465.9	3000~5000
γ	4	花岗岩	块状	>162.8	3000~5000

矿山工程地质条件：矿山工程主要包括地热水开采管井（地下工程）、井口沉箱（地面建筑）和抽水设备，属于相对简单的矿山工程。地热水赋存于地热田地热流体，赋存于侏罗系沉积岩破碎带和震旦纪混合岩破碎带中，成井口径 300~325mm，静水位埋深 1.25~10.70m。根据 2 个开采井钻孔资料，揭露大钟岭地热田矿区第四系土层上覆 0.00~2.5m 为第四系杂填土，成分以建筑碎块、腐殖质为主，覆盖层底部为粉砂岩，矿山 RJ1、RJ2 井孔内下入的套管深度分别为 242.20m、247.60m。

不良工程地质问题：工作区内主要的不良工程地质问题有：强—中风化粉砂岩及其残积土遇水软化崩解问题。全风化层及残积土在区内广泛分布且较薄，这些土层具高强度、低压缩性等特性，作为地基其工程性质较好，是多层、高层建筑比较理想的基础持力层。但是，这些岩土层含较多粗颗粒，粘土矿物则以高岭石为主，伊利石次之，因此也具有孔隙比较大、粘性较差的特点，受水影响容易软化、崩解，水理性能较差，因此在洪暴期间，矿区的边坡岩土层的不良水理性质将成为影响边坡稳定性的主要因素之一。

综上所述，矿床围岩岩体以薄—厚层状结构为主，岩石风化中等，矿层（体）顶底板和矿床围岩稳固性中等，矿山工程场地地基稳定性中等。

5、矿体（层）地质特征

热储特征：该地热田的热储层受 F1 断裂所控制，分布于 F1 断裂带深部破碎带及其上盘的破碎带中，呈带状或透镜状埋藏于地下深部特定的深度范围内，为裂隙型带状热储。

通过探采井 RJ1、RJ2 和勘查孔 ZK1 岩芯的观察，主热储层岩性为碎裂长石石英砂岩、碎裂石英砂岩和碎裂混合岩，这些构造岩既有挤压性质也有拉张性质，表明该断裂存在挤压和拉张的力学性质转换过程。从导水机制上分析，F1 断裂的张性改造与该地热田隐伏地热的形成关系是密切的。从热储层的空间分布看，该热储层沿着 F1 断裂带向深部延伸的深度及平面上的展布范围有限，由此推断热储主要位于 F1 断裂带深部的构造应力松弛区，这个区域张裂隙比较发育，导水性和富水性较好，从而形成储层，对于其他压应力集中区则不能成为热储层，构造岩带相对闭合。

总体上该地热田热储形态比较复杂，剖面上是多个脉状、透镜状含热流体集合体，但基本上受 F1 断裂控制，平面上呈带状。

盖层特征：该地热田是隐伏地热田，其边界是复杂的。从已有的资料分析，浅部泥质含量较高的沉积地层属于盖层，另外断裂两侧的地层也属于盖层。

埋藏条件：该地热田地热流体埋藏条件受断裂构造控制，主要控制性断裂为 F1，总体上地热田是分布于 F1 断裂带及其附近上盘的破碎带中，埋藏深度主要集中在 F1 断裂带深部拉张应力集中区，埋藏深度较大，目前已知该断裂带 242~1039m 为主要的热储层。

热源：根据现有的地质资料及对地热的认识水平，初步认为本地热田的热源主要有：断裂构造活动产生的摩擦热、放射性物质蜕变产生的热能、岩浆余热。

大钟岭断裂（F1）是本地热田的主要控热、控水断裂，该断裂控制了勘查区内现代地貌形态，其南侧形成低洼地，北侧形成隆起丘陵，表明该断裂近现代曾出现张性改造，因此区域断裂构造活动产生摩擦热是本地热田的主要热源之一。本地热田中间地表出露细粒花岗斑岩脉，RJ1 井 700~800m 断续出现花岗岩岩脉，RJ2 揭露花岗岩（1039~1201.8m），显示岩浆活动的存在，推测该区域沉积岩和混合岩下伏花岗岩岩体，在岩浆岩中不同程度都存在放射性物质，这些放射性物质的蜕变可长期产生大量的热能，因此，放射性物质蜕变产生的热能也可能是本地热田的热源之一。上述勘查区下伏有隐伏岩体，根据区域地质推测该隐伏岩体为燕山期岩浆活动形成，隐伏岩体上覆盖层厚度 1000m 左右，岩浆余热因盖层的存在得以保留，因此岩浆余热也可能是本地热田的热源之一。

地热流体通道：通过以往地质资料研究、结合地质调查及钻探揭露结果，综合分析认为本地热田地热是以对流方式进行热传导，地热系统在平面上呈条带状延伸，深部具有有效空隙和渗透性的断裂带（F1）为本地热系统的主要赋存和运移的通道。

地热田地热流体赋存于侏罗系沉积岩破碎带和震旦纪混合岩破碎带中。RJ1 井在揭露到浅部的构造破碎带时，井内出现自流现象，但水温不足 30°，而终孔后静止水位为 1.25m。依此判断，F1 断裂浅表虽然可以赋存常温地下水，但常温地下水与深部温水之间存在隔水层，两种不同温度、不同化学性质的地下水之间的水

力联系不密切。另外，据 RJ2 井抽水时对 RJ1 井和 ZK1 孔动水位的观测，两个观测孔水位降深不足抽水主井的 3%，由此说明 RJ1、RJ2 揭露不同的含水带，且不同含水带之间虽具水力联系，但不密切，因此，地热流体虽然都是赋存于 F1 断裂带深部特定位置的裂隙发育带中，但导水带至少两条，且空间分布相对独立，而断裂带其他深度的构造岩带相对隔水。

6、地热流体的补给、径流、排泄

地热流体的补给：本勘查区地热系统作为低温对流型地热系统，地热流体的补给来源主要是大气降水。大气降水补给丘陵区的风化裂隙和基岩裂隙，形成浅层常温裂隙水。由于丘陵区的裂隙水具高势能，在势能作用下部分基岩裂隙水向深部入渗，逐渐汇集补给断裂构造带中的裂隙水，并沿断裂带向深部径流和循环。地下水在逐渐入渗的过程中，不断吸收围岩中的地热能并溶滤岩石中的多种矿物质，从而形成了地热水，并在局部高空隙（裂隙）率的构造破碎带中富集，形成具有一定开采价值的热储。

大钟岭水库在勘查区内的北部，开采井均位于该水库南侧。大钟岭水库集雨面积 2.8km^2 ，其现行水功能区划为饮用农业用水区，水库保护目标为Ⅲ类，水库现状的实际功能为景观。经工程测绘的 RJ1 开采井井口标高为 36.23m，RJ1 井内静止水位埋深 1.25m（标高 34.98m），RJ2 开采井井口标高为 33.30m，RJ2 井内静止水位埋深 10.70m（标高 24.26m），大钟岭水库自运行以来的正常蓄水位标高为 38.2m，略高于探采井内静水位标高，勘查区 500m 埋深以浅的地层岩石以透水性较差的粉砂岩、泥质粉砂岩和泥质岩为主，大钟岭水库位于大钟岭断裂带北侧，水库最南端与大钟岭断裂带的直线距离为 170m 左右，断裂带不穿过水库区，且大钟岭断裂带倾向南，所以，大钟岭水库对勘查区内探采井没有直接补给关系。

地热流体的径流：对流型地热系统的地热流体在补给区和径流区的渗流机制主要来自于流体的势能，深部径流通道主要是 F1 断裂带的构造破碎带，总体走向受该断裂带控制，从地形地貌的特征分析，地热流体的径流方向总体是由西向东方向。

地热流体的排泄：根据勘查成果分析，本地热田地热为隐伏地热，盖层厚度大，揭露到地热流体的观测孔 ZK1 井口自流，而开采井 RJ1 的静水位埋深为 1.25m，RJ2 的静止水位埋深为 10.7m，勘查区内无天然温泉出露，结合地形地貌特征，推测地热田位于本区地热系统的径流-排泄区。目前地热田内已施工地热探采井，故区内地热流体的排泄方式为人工开采方式。

7、水质特征

根据 RJ1 井的水质分析结果，地热流体的主要特征性组分为偏硅酸、氟，条件如下：

①偏硅酸浓度：RJ1 偏硅酸含量 $26.10\sim 27.85\text{mg/L}$ ，达到有医疗价值浓度标准。

②氟离子浓度：RJ1 井氟含量 $3.46\sim 3.49\text{mg/L}$ ，达到命名矿水浓度含量。

根据 RJ2 井的水质分析结果，地热流体的主要特征性组分为氡、氟，其条件如下：

①氡浓度：RJ2 中氡含量为 $48.3\sim 59.0\text{ Bq/L}$ ，达到矿水浓度标准。

②氟离子浓度：RJ2 中氟含量 4.03~4.72mg/L，达到命名矿水浓度含量。

综上所述：RJ1 井水氟含量达到命名矿水浓度含量，可明名为氟水，RJ1 属低矿化度温水，综合地热流体的水化学类型，可综合命名为 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Na}$ 型低矿化度含偏硅酸的氟温矿水。RJ2 井水氟含量达到命名矿水浓度含量，可明名为氟水，RJ2 属低矿化度温水，综合地热流体的水化学类型，可综合命名为 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Na}$ 型低矿化度含氢的氟温矿水。

8、动态监测

本次地热勘查的动态观测周期为 2018 年 12 月至 2019 年 3 月，共 4 个月，根据动态观测结果：RJ1 井：涌水量 578~589 m^3/d ，变幅 11.0 m^3/d ；静止水位 1.21~1.27m，变幅 0.06m；水位降深 80.65~82.95m，变幅 2.30m；水温 34.1~34.1 $^{\circ}\text{C}$ ，变幅 0 $^{\circ}\text{C}$ 。RJ2 井：涌水量 530~547 m^3/d ，变幅 17.0 m^3/d ；静止水位 10.30~10.70m，变幅 0.40m；水位降深 140.23~145.61m，变幅 5.38m；水温 34.2~34.2 $^{\circ}\text{C}$ ，变幅 0 $^{\circ}\text{C}$ 。两口开采井静止水位、降深与单位涌水量动态变化属稳定型。

五、矿山地质环境现状

1、矿山地质灾害现状

迎宾大道以北地形地貌以丘陵台地为主，以南地形地貌以平地（经人工平整）为主。北部有大钟岭、大钟岭水库等地貌，大钟岭水库岸坡都已进行了人工防护，一直以来稳定性良好，矿山工程有地热水井和三正半山酒店等，地质环境条件复杂程度中等。根据现场地质调查，工作区内有三处人工挖方边坡（均非矿山建设原因开挖），但都已经过护坡工程处理。三正半山酒店开业于 2005 年，酒店内的客房、别墅区、游泳池、办公楼等工程，经过多年使用和观测，未见矿山工程引发地质灾害，对地质环境影响较轻。两口地热水开采井位于平地，开采设备放置在地下，地面用水泥石板盖住，周边没有边坡，在野外地质环境调查中未发现崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害，自然边坡稳定性良好。

综上所述，矿山现状地质灾害不发育，已有的自然边坡稳定性良好，未发现崩塌、滑坡等地质灾害，对矿山开发建设的影响程度较轻。

2、矿区含水层破坏现状

含水层影响与破坏主要体现在由采矿活动导致含水层结构破坏、含水层疏干范围、地下水水位下降速率、泉水流量减少情况、地下水位降落漏斗的分布范围、地下水水质变化、对生产生活用水水源的影响、可能引起的环境水文地质问题等。现在根据水资源和水环境两个方面进行分析。

（1）对水资源影响现状

本矿山主要从事抽取地下水的工作，与水资源关系密切，下面分别从含水层破坏与疏干、地下水资源枯竭、周边水环境影响、降落漏斗特征和补给条件预测采矿活动对水资源的影响。

1) 本地热田地热为隐伏地热, 热储呈带状, 受构造裂隙控制, 勘探类型属 II-2 型。地热水的形成、运移主要受断裂构造裂隙带控制, 具带状承压性质, 抽取地下水造成水头降低, 但合理开采地下水可保证水位位于含水层之上, 因此含水层结构破坏、含水层疏干的可能性小。

2) 矿区地下水的补给来源位于周边地区, 延伸远, 由于采矿活动对周边地表环境影响小, 地下水的补给来源不会受到影响, 因此预测地下水资源枯竭的可能性小。

3) 地下水开采主要是脉状裂隙水, 受潜水含水层及附近水库等地表水体影响较小, 所以对周边水环境的影响较小。

4) 矿山动态观测周期为 2018 年 12 月至 2019 年 3 月, 共 4 个月, 根据动态观测结果: RJ1 井: 涌水量 578~589m³/d, 变幅 11.0m³/d; 静止水位 1.21~1.27m, 变幅 0.06m; 水位降深 80.65~82.95m, 变幅 2.30m; 水温 34.1~34.1℃, 变幅 0℃。RJ2 井: 涌水量 530~547m³/d, 变幅 17.0m³/d; 静止水位 10.30~10.70m, 变幅 0.40m; 水位降深 140.23~145.61m, 变幅 5.38m; 水温 34.2~34.2℃, 变幅 0℃。两口开采井动压力恢复较快, 说明地热流体补给来源充足, 资源较丰富, 含水层的给水性、富水性较好。

根据 2021 年以来的监测数据: RJ1 井: 抽水水量最大值 486m³/d、最小值 11m³/d, 水温最大值 34.1℃、最小值 30.4℃ (有时用水量少, 抽水时间短, 水温还未稳定, 因此温度较低), 水位最大值 172.1m、最小值 4.9m。RJ2 井: 抽水水量最大值 420m³/d、最小值 10m³/d, 水温最大值 34.2℃、最小值 31.2℃, 水位最大值 128.3m、最小值 7.8m。

三正半山酒店坚持长期的地下水动态监测机制, 控制开采量, 旅游旺季抽水也绝对不可以超越取水证、采矿证的相关指标。矿山运营以来取水量在开采量允许范围内, 动水位控制在含水层顶板之上, 合理抽取地下水, 水量、水位、水质相对稳定。

5) 通过计算, RJ1 井因抽水引发的地面沉降量约为 278.13mm, 降落漏斗影响半径为 318.21m; RJ2 井因抽水引发的地面沉降量约为 223.80mm, 降落漏斗影响半径为 440.99m。由于含水层 (带) 呈带状或脉状分布, 在不同方向间的透水性及含水性差异较大, 水文地质条件与计算公式的假设条件亦有一定的差异。因此, 上述渗透系数 (K) 与影响半径 (R) 的计算结果是一个参考值。另一方面, 经现场调查、访问, 矿山运营至今未见因抽取地下水造成地面明显沉降的现象。因此, 矿山现状对水资源影响较轻。

6) 通过钻孔揭露, RJ1、RJ2 井上部残坡积土层厚度分别为 26.00m、20.00m, 井孔内下入的套管深度分别为 242.20m、247.60m, 且井管外注入水泥浆进行封闭止水, 以防常温水入渗, 其余各开采井孔段均为天然岩石井壁, 主要含水带深度为 242.0~1039.0m。

(2) 对水环境影响现状

酒店区及周边分布居民点、农田等会产生生活污水, 生活污水主要是自然排放进入排水系统, 靠地表环境自然净化达到平衡状态。

矿区的地热水属于地热田地热流体, 赋存于侏罗系沉积岩破碎带和震旦纪混合岩破碎带中, 主要受断裂控制。

矿山 RJ1、RJ2 井其上部残坡积土层厚度分别为 26.00m、20.00m，各井孔内下入的套管深度分别为 242.20m、247.60m，且井管外注入水泥浆进行封闭止水，以防常温水入渗。所以开采地热水造成污染的可能性小。经现场调查、访问，矿山运营至今尚未发生对水环境影响破坏的现象。

综上所述，抽取地下水形成降落漏斗，造成含水层结构破坏、含水层疏干的可能小，造成地下水资源枯竭的可能性小，采矿活动可引起不同程度地下水水位降低，根据详细勘察报告，该水位降深属于正常范围。由于矿区降雨丰富，水位降低后在丰水期可迅速补充自动恢复。现状矿井正常涌水量小于 $3000\text{m}^3/\text{d}$ ；矿区及周围主要含水层水位下降幅度小；矿区周围地表水体未漏失；矿山开采未影响到矿区及周围生产生活供水。因此，评定矿山开采现状对含水层影响与破坏的影响程度较轻。

3、矿区地形地貌景观（地质遗迹、人文景观）破坏现状

地形地貌景观影响与破坏主要体现在区内采矿活动对地形地貌景观、地质遗迹、人文景观等的影响和破坏情况，主要从以下几个方面进行评估：

矿区地形地貌景观破坏现状分析：对自然景观的影响：矿区为一般自然景观，不属于风景旅游区、地质遗迹和人文景观等。目前矿区内的工程活动对自然景观资源的影响区域主要为前期酒店的建设，对矿区的原始地形地貌有一定程度的破坏。前期因建设酒店形成了少量边坡，剥离表土，损坏了自然植被，一定程度上破坏了周边生态地质环境。因对边坡进行了人工护坡，且进行了绿化，对地形地貌景观影响较轻。

对建筑物及工程、设施和自然保护区的影响：本项目是在酒店原有基础上改扩建，没有增加大规模的建设。因此现状评估矿山建设对建筑物、工程设施、自然保护区、主要交通干线的影响与破坏程度较轻。

对人居环境的影响：本项目是在酒店原有基础上改扩建，没有增加大规模的建设，矿山开采方式为抽取地热水，因此对人居环境的影响较轻。

综合上述，现状矿山建设、开采对原生的地形地貌影响和破坏程度小；对人文景观、风景旅游区、城市周围、主要交通干线两侧可视范围内地形地貌景观影响较轻。因此，矿山建设、开采现状对矿区的地形地貌景观与破坏程度较轻。

4、矿区水土环境污染现状

矿区水污染现状：废热水进行处理达标后通过地下污水管道再进行排放，不会直接排放造成矿区范围及周边环境、地下水、地表水及土地资源的污染。酒店退水主要包括温泉水退水和自来水退水，其中自来水退水分为酒店用水退水和职工生活污水，温泉水退水主要为温泉池使用后的退水。地热温泉水经酒店使用后，首先排放到酒店废水预处理池，然后温泉水退水和自来水退水排入市政管网，进入塘厦林村污水处理厂进行处理，达标后排入石马河，其水功能区功能区划为农业用水，本项目建设前后酒店的退水部分都满足市政管网的接纳规模和污水处理厂的处理规模。废水排放标准执行广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）第一类

污染物最高排放标准和第二类污染物第一时段二级标准，对水功能区无不良影响，废水处理率达到 100%。

总体上现状矿山建设及采矿活动对环境水污染发育程度较轻，矿区水环境污染现状影响较轻。

矿区土壤环境污染现状：固体废弃物主要为生活垃圾和厨余垃圾，生活垃圾和厨余垃圾经收集后统一由环卫部门处理。

地热水的供水酒店面积 99455 m²，土地利用现状为商服用地（05H1），土地破坏类型主要有：挖损、压占破坏等。储水池占地面积 332 m²，土地利用现状为商服用地（05H1），占地方式为压占；两口开采井中，RJ1 开采井面积 3 m²，土地利用现状为其他草地（0404），占地方式为压占，RJ2 开采井面积 3 m²，土地利用现状为灌木林地（0305），占地方式为压占。矿山工程占用林草地面积较小，且开采过程中不会新增压占和破坏土地，因此，对土壤环境污染影响与破坏程度较轻。

现状评估采矿及建设活动对土环境污染影响与破坏程度的程度为较轻。

5、矿山地质环境现状综合评估

本次现场调查矿山现状地质灾害不发育，对地质环境影响程度较轻；矿山开采对含水层影响与破坏的影响程度较轻，现状对地形地貌景观影响程度较轻，现状对矿区水土环境污染影响与破坏程度较轻。总体而言现状对矿山地质环境影响较轻（表 2-3）。

表 2-3 评估区矿山地质环境影响现状评估一览表

矿山地质环境问题		代号	位置	形成时间	表现特征及规模	危害性	危险性	影响等级程度
地质灾害	/	/	/	/	未发现	/	/	/
含水层影响与破坏	含水层结构	HS1	含水层	/		小	小	较轻
地形地貌景观影响与破坏	对自然景观影响与破坏	DX1	酒店区	酒店建设以来	酒店对边坡进行了人工护坡，且进行了绿化	小	小	较轻
	对建筑及工程、设施和自然保护区的影响与破坏	JX1	评估区	/		小	小	较轻
	对人居环境影响与破坏	RX1				小	小	较轻
水土环境污染影响与破坏	地表水污染	KD1	评估区	酒店建设以来	生活污水主要是通过污水处理厂处理	小	小	较轻
	水土环境污染影响与破坏程度	WD1			矿山并未破坏草地、林地、荒山或未开发利用的土地	小	小	较轻

六、土地损毁与复垦现状

1、已损毁各类土地现状

矿区面积 1.548 km²。矿山的供水酒店为东莞市塘厦三正半山酒店，酒店经多年建设，于 2005 年开始营业，地热水开发利用主要沿用酒店内的原有设施。（1）由于酒店在矿山之前已经建好投入运营多年，矿山不开采后酒店也可继续运营，因此酒店区不归属于矿山已损毁土地内；（2）2 口观测井 ZK1 和 ZK2 井口仅井口管，无井盖等设施，其占地仅仅约 0.2 m²，且 2 口监测井均在酒店范围内，土地现状性质为商业服务业用地或城镇住宅用地，因此监测井不计算在已损毁土地内；（3）地热水输水管道跨塘安路和迎宾路段采用顶管施工，管道位于市政路面以下 7.5 米左右，顶管井口已复原，其余段均铺设在酒店商业服务业用地范围内，因此输水管亦不计算在已损毁土地内。根据现场实际调查、简易测量结果分析，可知矿山已压占或损毁土地主要有以下几个单元：

储水池占地面积 500 m²，土地利用现状为商服用地（05H1），占地方式为压占；泵机房占地面积 300 m²，土地利用现状为商服用地（05H1），占地方式为压占；两口开采井中，RJ1 开采井面积 3 m²，土地利用现状为其他草地（0404），占地方式为压占和损毁，损毁表土厚度为 1m，损毁土壤 3m³。RJ2 开采井面积 3 m²，土地利用现状为灌木林地（0305），占地方式为压占和损毁，损毁表土厚度为 1m，损毁土壤 3m³。根据《土地利用现状分类》标准，确定项目责任区内破坏的土地类型见表 2-4。

综上，现状已损毁土地程度较轻。

表 2-4 矿山工程设施占地表

范围	土地利用现状		国土空间总体规划	占地方式	主要建筑及设备	面积（m ² ）	百分比（%）
矿山设施	证内	商服用地（05H1）	商业服务业用地	压占	储水池	500	62%
		商服用地（05H1）	商业服务业用地	压占	泵机房	300	37%
		其他草地（0404）	防护绿地	压占和损毁	RJ1	3	0.5%
		灌木林地（0305）	城镇住宅用地	压占和损毁	RJ2	3	0.5%
合计	/	/	/	/	/	806.4	100

2、土地复垦现状

（1）土地复垦区与复垦责任范围

复垦责任区由矿区拐点范围面积加复垦影响区面积组成，复垦责任范围为损毁土地和其他占用的需复垦（或矿区影响范围）土地之和，根据上述本工作区的实际分析，本工作区已损毁土地包括泵机房、储水池及开采井，由于酒店与矿山之前已经建设好，且酒店内并未新建与矿山相关的工程，因此酒店区不归属于矿山已损毁土地

内，经广东省东莞市塘厦三正半山酒店、居民委员会及东莞市自然资源局协商讨论，在酒店停止经营后，可以由塘厦镇四村社区居民委员会继续出租给其他使用人，所以应当保留，确定酒店和储水池为不需要复垦的已占用土地，因此主要复垦对象为 RJ1 和 RJ2 开采井，矿区复垦责任区构成及占用地类结构见表 2-5 所示。

表 2-5 复垦责任范围及占用地类结构

损毁区域	损毁面积 (m ²)	损毁类型	土地利用现状	国土空间总体规划	损毁程度
RJ1	3	压占	其他草地 (0404)	防护绿地	轻度
RJ2	3	压占	灌木林地 (0305)	城镇住宅用地	轻度
储水池	500	压占	商服用地 (05H1)	商业服务业用地	轻度
泵机房	300	压占	商服用地 (05H1)	商业服务业用地	轻度
总计	806	/	/	/	/

(2) 土地利用类型

本工作区已损毁土地包括酒储水池、泵机房及开采井，储水池面积共 500 m²，泵机房占地面积 300 m²，土地利用现状为商服用地（05H1），占地方式为压占；两口开采井中，RJ1 和 RJ2 开采井面积共 6 m²，土地利用现状为其他草地（0404）和灌木林地（0305），占地方式为压占（表 2-6），共损毁土地面积 806 m²。

主要复垦范围区包括采矿工程中的开采井、蓄水池和泵机房及等占地范围，损毁形式为压占，损毁程度为轻度损毁。其中开采井占地面积约 6m²，土地利用现状的土地类型为其他草地（0404）和灌木林地（0305），国土空间总体规划（2021-2035 年）为防护绿地和城镇住宅用地。蓄水池占地约 500m²，泵机房占地约 300 m²，占地类型为商服用地（05H1），国土空间总体规划（2021-2035 年）为商业服务业用地。土地复垦区实施面积共 806m²。

表 2-6 矿山工程设施占地表

范围	土地利用现状		土地利用总体规划	占地方式	主要建筑及设备	面积 (m ²)	百分比 (%)
矿山设施	证内	商服用地 (05H1)	防护绿地	压占	储水池	500	62%
		商服用地 (05H1)	城镇住宅用地	压占	泵机房	300	37%
		其他草地 (0404)	商业服务业用地	压占和损毁	RJ1	3	0.5%
		灌木林地 (0305)	商业服务业用地	压占和损毁	RJ2	3	0.5%
合计	/	/	/	/	/	806	100

（3）复垦工程技术

预防控制措施：按照“统一规划、源头控制、防复结合”的原则，按照项目特点、施工方式及工艺等，制定项目区复垦工程的预防控制措施。项目区复垦工程预防控制措施主要包括以下几个方面：

项目区自然资源管理部门应把项目区工程土地复垦任务纳入本区土地复垦规划，对工程所占用的土地资源进行工程征占地合理性评价，合理控制建设单位的土地利用数量，不定期监督检查建设单位损坏、占用、占压土地情况，坚决杜绝建设单位乱占乱用土地资源的现象。

土地复垦方案的编制，应当根据经济合理的原则和自然条件以及土地破坏状态，因地制宜地确定复垦后的土地用途。土地复垦规划应当符合项目所在地土地利用总体规划，并与其他相关规划协调。单位和个人制定的土地复垦规划设计方案应当与本地区土地复垦规划相衔接。

本项目在其可行性研究报告和设计任务书上应当包括土地复垦的内容；设计文件必须有土地复垦的章节；工艺设计必须兼顾土地复垦的要求。

本项目土地复垦方案应当报自然资源行政主管部门审查，经审查同意后，与建设同步实施。土地复垦规划设计方案确定的任务纳入建设计划和投资概算。

建设单位应根据本项目编报的水土保持方案报告 and 环境影响评价报告，控制由于水土流失和其他环境问题引起的间接损毁土地资源现象发生。

工程技术措施：复垦单元土壤性状满足复垦为现状用地性质的质量要求，进行拆除区内建（构）筑物，设计进行回填表土后，清理建筑垃圾和废料，再进行场地平整。

工程布置：①矿山关闭后，将开采井、储水池、泵机房等砌体拆除、清理。根据工程设计，估算拆除工程量为 2000m³；②回填表土，土厚 0.5m，估算工程量为 450m³，③回填后进行场地平整，场地平整工程量为 900m²。

（4）当前复垦状态

矿山为开采矿山，现有产生土地压损的矿山设施均施工于矿山建设时期，开采过程中不会新增土地损毁，现已有矿山设施均为采矿必要设施，因此现阶段无需要土地复垦的内容，待矿山闭坑后再行实施。

七、生态状况

矿区生态状况从以下几方面进行评述：

1、地质与土壤系统：井场、蓄水池等占用区对土壤结构存在影响，地面工程开挖、尾水渗漏、固体废弃物堆放等问题进行了科学合理处理。

2、水环境系统方面：依据酒店台账，2 口开采井开采 5 年以来水质、水量、水温、水位基本稳定，以此推测目前开采区没有形成明显的地下水“降落漏斗”；地表水体未出现水温异常；地热水资源没有出现储量衰减现象。

3、生态系统：本项目为抽取地下热水，对生态系统影响程度较轻，矿区环境优美，生态系统保持良好。

4、景观与视觉系统：项目设施布局充分考虑景观美学，储水池，储水池及变频水泵房位于三正半山酒店内，储水池的高位水池位于矿山 RJ1 井北侧路对面，输送管道符合卫生标准，设施很好地嵌入自然景观。

综上，本矿山生态系统结构完整，无明显退化；地热开采对地表生态扰动极小，设施布局融入自然景观；无生物多样性热点或生态敏感区受影响。

第三章、矿山生态环境问题

矿山生态环境问题主要是矿区的已产生、可能产生矿山地质环境、土地资源和生态受损与退化等主要问题及其分布、规模、程度、特征等。本章从矿山地质灾害、矿区含水层破坏、矿区地形地貌景观、矿区水土环境污染分述矿山地质环境现状与预测（下见一、二、三四），另就土地资源和生态受损与退化情况进行说明（下见五、六）。

一、矿山地质灾害现状与预测

1、矿山地质灾害现状分析

评估区内，迎宾大道以北地形地貌以丘陵台地为主，以南地形地貌以平地（经人工平整）为主，北部有大钟岭、大钟岭水库等地貌，大钟岭水库岸坡都已进行了人工防护，一直以来稳定性良好，地质环境条件复杂程度中等，矿山工程有地热水井和三正半山酒店等。根据现场地质调查，评估区内有三个人工挖方边坡，但都经过护坡工程处理，三正半山酒店开业于 2005 年，酒店内的客房、别墅区、游泳池、办公楼等工程，经过多年使用和观测，未见矿山工程引发地质灾害，对地质环境影响较轻。两口地热水开采井位于平地，开采设备放置在地面，用水泥石板盖住，周边没有边坡，在野外地质环境调查中未发现滑坡、崩塌和泥石流等地质灾害，自然边坡稳定性良好。

综上所述，矿山现状地质灾害不发育，已有的自然边坡稳定性良好，未发现崩塌、滑坡等地质灾害，对矿山开发建设的影响程度较轻。

2、矿山地质灾害预测评估

在现状评估的基础上，根据评估区地质环境条件，结合矿山“开采设计”的工程布局、开采方式等，预测可能引发、加剧的地质灾害有：崩塌、滑坡和地面沉降；预测可能遭受的地质灾害有：崩塌、滑坡和地面沉降。[根据《关于进一步规范我省地质灾害危险性评估和矿山地质环境影响评价有关事项的通知》（广东省国土资源厅（粤国土资地环发[2007]137 号），2007 年 6 月 26 日），水土流失、软土、砂土液化不宜单列为地质灾害的灾种。

据调查，温泉洗浴项目主要利用酒店原泳池区，温泉理疗项目主要利用别墅内水池区，不会新增工程。综合地热水生产规模的总可采储量、开采方式，对地质环境影响的预测评估如下：

（1）采矿活动可能引发的地质灾害

地面沉降预测评估：本矿山是利用管井开采地下水，井径最大为 325mm，不需要大面积剥离表土，不需要开挖形成大面积采坑，没有开采边坡，没有尾矿，现状未见因矿山建设而引发的崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等地质灾害。但地热水开采可能引发的地质灾害类型主要为地面沉降，现评述如下：

地热水在开采过程中需抽地下水，若过量开采地下水可能诱发降落漏斗范围内的地面出现沉降现象。其主要诱发因素是长时间抽取地下水，而产生地面沉降的地层主要是土层。为评估地面沉降的危害性，下面以钻井揭露的 RJ1 井为例，对降水引起覆盖土层出现附加沉降量进行估算。有关抽水引起地面沉降的公式如下：

$$s_w = M_s \sum_{i=1}^n \Delta \sigma_i \frac{\Delta h_i}{E_{si}} \dots\dots\dots \text{(式 3-1)}$$

式中：

- S_w —— 由于抽水引发的地面沉降值（mm）；
- M_s —— 沉降计算经验修正系数，一般取 0.2~0.7；
- △σ_i—— 水位下降引发的各地层有效应力增量（kPa）；
- △h_i—— 受降水影响各地层厚度（m）；
- E_{si}—— 各地层的压缩模量（MPa）；
- n —— 计算的地层层数；

以 RJ1 井为例，取粘土的压缩模量分别为 4.4MPa，水位埋深取 RJ1 井静止水位为 1.25m，抽水的最大动水位埋深 82.95m，RJ1 井坡残积层粘性土层厚 16.00m，水位下降引发的各地层有效应力增量分别为 156.8kPa，沉降计算经验修正系数 Ms 取最大值 0.7。通过计算，RJ1 井 16.00m 厚范围土层因抽水引发的地面沉降量约为 278.13mm，同理计算 RJ2 的地面沉降量约为 223.80mm，对照表 3-1，评估区地面沉降危害程度小，危险性小。抽取地下水引发的地面沉降对矿山地质环境影响较轻（表 3-2）。

表 3-1 地面沉降发育程度评估表

沉降量（mm）	$s \leq 300$	$300 < s < 800$	$s \geq 800$
危害程度	危害小	危害中等	危害大
危险性等级	危险性小	危险性中等	危险性大

表 3-2 地面沉降危险性评估表

开采井编号	沉降量（mm）	危害程度	危险性等级	危害对象
RJ1	278.13	危害小	危险性小	道路及建筑
RJ2	223.80	危害小	危险性小	道路及建筑

根据《预可行性勘查报告》，本地热田热储为受构造控制的带状构造裂隙热储，热储热流体具承压，本次所施工建成的探采井（RJ1、RJ2）均揭穿了热储，可近似视作承压完整井。本次单井降压试验采用稳定流降压试验的方法。因观测孔 ZK1 的静压力在降压试验中水位变化较明显，因此，根据 RJ1、RJ2 单井降压试验成果及观测孔 ZK1 水位变化数据，采用有一个观测孔稳定流降压试验的成果，根据公式（3-2）及（3-3）对热储的渗透系数及影响半径进行计算：

$$K = \frac{0.366Q}{M(S_w - S_1)} \lg \frac{r_1}{r_w} \tag{3-2}$$

$$\lg R = \frac{S_w \lg r_1 - S_1 \lg r_w}{S_w - S_1} \tag{3-3}$$

- 其中：Q —— 抽水井涌水量，m³/d；
- M —— 抽水井含水层厚度，m；
- S_w —— 抽水井水位降深，m；
- S₁ —— 观测孔水位降深，m；
- r_w —— 抽水井半径，m；
- r₁ —— 抽水井与观测孔的距离，m。

估算时，抽水井涌水量 Q 和水位降深 S_w 取 RJ1、RJ2 多井降压试验时各个落程的井产量和水位降深；含水层厚度 M 取各井套管底部以下含水岩层总厚度分别为 559.0、791.4m；抽水井半径 r_w 取含水岩段的井孔的平均半径，均为 0.065m；抽水井与观测孔的距离按实测距离。RJ1、RJ2 井单井降压渗透系数及影响半径计算结果见表 3-3。

由于含水层（带）呈带状或脉状分布，在不同方向间的透水性及含水性差异较大，水文地质条件与计算公式的假设条件亦有一定的差异，因此，上述渗透系数（K）与影响半径（R）的计算结果是一个参考值。

表 3-3 多井降压试验渗透系数及影响半径计算结果表

抽水井		观测孔	计 算 参 数						计 算 结 果	
			Q (m³/d)	r _w (m)	S _w (m)	M (m)	r _l (m)	S _l (m)	K (m/d)	R (m)
RJ1	第一次降压	ZK1	387	0.0650	39.40	559.0	117	4.64	0.0237	243.65
	第二次降压	ZK1	542	0.0650	62.80	559.0	117	7.33	0.0208	287.68
	第三次降压	ZK1	686	0.0650	92.10	559.0	117	9.21	0.0176	318.21
RJ2	第一次降压	ZK1	382	0.0650	74.10	791.4	296	3.68	0.0092	414.45
	第二次降压	ZK1	526	0.0650	122.30	791.4	296	5.12	0.0075	433.15
	第三次降压	ZK1	652	0.0650	174.90	791.4	296	6.58	0.0065	440.99

综上所述，预测矿山长时间抽取地下水可能引发降落漏斗范围内的地面出现沉降现象，将降落漏斗影响半径取最大值，RJ1 为 318.21m，RJ2 为 440.99m，RJ1 井因抽水引发的地面沉降量约为 278.13mm，RJ2 的地面沉降量约为 223.80mm，由于评估区降落漏斗内土层沉降量小，因此地面工程遭受地面沉降潜在危害程度小，发生的可能性较小，因此预测地面沉降影响程度较轻。

挖方边坡崩塌或滑坡预测评估：矿区所在区域地貌类型属于丘陵地貌，多为侵蚀-剥蚀低丘陵。评估区内标高在 28.7~83.9m 之间，由于前期酒店、市政道路建设工程需要平整场地，开挖山坡形成共 2 处边坡 BP1 和 BP3，BP1 和 BP3 的形成和矿山建设活动无关，后期矿山建设储水池开挖了一个边坡 BP2，这三个边坡都做了护坡工程，并经多年使用非常稳定，为了科学准确的评价边坡的稳定性，防止边坡地质灾害的发生，本次野外调查对挖方边坡进行了调查，内容包括边坡岩土类型、坡度、植被、地质构造、地下水等。

挖方边坡高度为 2.20~31.60m，长度为 41.0~653.0m 不等（详见表 3-4），边坡高 8.60~31.60m 不等，皆为土质-类土质边坡。现以边坡坡高最大的 BP1 为例，现状已上下三段放坡，现状已放坡，放坡坡率为 1:0.6~1:0.8，放坡坡高 10.0m 左右，中间设 2~4m 宽的平台。参考以往钻探资料，该坡顶部为坡积粉质粘土厚度约 8.7m，其下全~强风化砂岩，属于土质~类土质边坡，现状坡面裸露，局部有植被（见图 3-1）。现状对挖方边坡已进行支护，降低了挖方边坡失稳的风险及危害程度，其潜在危害对象为附近的道路、行人等，少于 3 人，损失小于 100 万。预测 BP1 上部土质边坡发生崩塌或滑坡的危害程度小，危险性小。

综合预测，评估区中 BP1、BP2、BP3 挖方边坡发生崩塌/滑坡的潜在危害程度小、危险性小。

表 3-4 挖方边坡情况一览表

序号	编号	边坡位置	边坡规模	边坡地质环境特征概况	备注
1	BP1	迎宾路北侧	边坡高度 31.60m，长度约 653.0m。现状已分上下 3 段放坡，每段坡高坡 10.0m，坡率 1:0.6~1:0.8，中间设 2.0~4.0m 平台。	上部 8.7m 的残积粉质粘土，11.50m 的全风化砂岩，其下为强风化砂岩	和矿山建设活动无关
2	BP2	储水池旁	边坡高度 8.60m，长度约 41.0m，坡向 197°，坡度 65°。	上部 3.5m 的残积粉质粘土，5.10m 的全风化砂岩	
3	BP3	酒店道路边	边坡高度 10.60m，长度约 242.0m，坡向 122°，坡度 65°。	上部 4.0m 的残积粉质粘土，6.60m 的全风化砂岩	

表 3-5 挖方边坡（土质部分）稳定性及发育程度

序号	坡向	边坡组成	计算边坡高度	防护措施	上部稳定性	综合评估发育程度
BP1	187°	上部 8.7m 的残积粉质粘土，11.50m 的全风化砂岩，其下为强风化砂岩	土质~类土质边坡，计算高度 31.6m	有	稳定	小
BP2	197°	上部 3.5m 的残积粉质粘土，5.10m 的全风化砂岩	土质~类土质边坡，计算高度 8.6m	有	稳定	小

BP3	122°	上部 4.0m 的残积粉质粘土， 6.60m 的全风化砂岩	土质～类土质边坡， 计算高度 10.6m	有	稳定	小
-----	------	----------------------------------	-------------------------	---	----	---

表 3-6 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	≥30	≥500
中等	>3～<10	>100～<500	>3～<30	>100～<500
小	≤3	≤100	≤3	≤100

表 3-7 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

表 3-8 挖方边坡危险性判别结果

计算边坡	危害对象	防护措施	稳定性大小	判定			
				发育程度	损失大小	危害程度	危险性
BP1	道路的行人	有	小	小	威胁坡下行人 大于 3 人，可能 直接经济损失 大于 100 万	小	小
BP2		有	小	小		小	小
BP3		有	小	小		小	小

天然斜坡崩塌或滑坡预测评估：水源地所在区域地貌类型属于丘陵地貌，多为侵蚀-剥蚀低丘陵。评估区内标高在 28.7～83.9m 之间，大钟岭水库周围为天然山体，主要为上部坡残积粉质粘土，层厚 2.0～4.0m，下部全～强风化砂岩，植被很发育，坡度较缓，大部分为 10°～25° 之间，预测基本稳定，在暴雨条件雨水渗透改变上部土体稳定性，可能产生崩塌/滑坡地质灾害，预测其发生崩塌或滑坡地质灾害可能性小，危险性小，危害性小。

（2）采矿活动可能遭受的地质灾害

根据矿山地质环境条件和工程特征，预测矿山建设将可能遭受地面沉降、挖方边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡等地质灾害。

地面沉降：根据前节分析评估，预测矿山可能遭受抽水降落漏斗范围内的地面出现沉降现象，主要影响危害对象包括开采井结构以及周边的地形地貌景观，预测地面工程遭受地面沉降潜在危险性小等，危害性小等。

崩塌或滑坡：前期人工开挖了三条边坡，均已进行护坡，并且多年稳定，根据前节分析评估，矿山在进行

采矿活动中时遭受崩塌/滑坡的可能性小，地质灾害潜在危害性小，地质灾害危险性小。

综上所述，预测地热田评估区内项目建设可能引发或遭受的地质灾害有地面沉降、崩塌或滑坡（挖方边坡崩塌或滑坡、天然斜坡崩塌或滑坡）。其中地面沉降地质灾害潜在的危害小，危险性小；挖方边坡崩塌或滑坡地质灾害潜在的危害性为小，危险性小；天然斜坡崩塌或滑坡地质灾害潜在的危害性小，危险性小。

综上所述，根据地质灾害规模及潜在影响人员及经济损失，确定地质灾害危害性小、危险性小，综合评定，评估区范围内矿山相关建设项目引发和遭受地质灾害的影响与破坏程度为较轻级别。

二、矿区含水层破坏现状分析与预测

含水层影响与破坏主要体现在由采矿活动导致含水层结构破坏、含水层疏干范围、地下水水位下降速率、泉水流量减少情况、地下水位降落漏斗的分布范围、地下水水质变化、对生产生活用水水源的影响、可能引起的环境水文地质问题等。现在根据水资源和水环境两个方面进行现状和预测分析。

1、对矿区含水层破坏现状分析

对水资源影响的现状评估：本项目对地下水资源的开采严格按照开采许可量和有关规定实施，旅游旺季抽水也绝对不可以超越取水证、采矿证的相关指标，严格禁止过量开采。且坚持长期的地下水动态监测机制，采矿过程中，结合丰水期、枯水期气象特征和开采地热水状态等进行地下水水位水质动态、采矿废水排放等的监测和检测。开采至今未发现出现含水层结构破坏、含水层疏干。因此，评估目前采矿活动对水资源影响与破坏程度较轻。

对水环境影响的现状评估：地热水利用后经市政排污管道排至塘厦镇林村污水处理厂，污水出来厂对废水进行二级生化处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准、《广东省水污染物排放限值》(DB44/26-2001)一级标准较严指标，污水处理厂出水经人工湿地深度处理后排入河流。此外，经过开采，未发现因矿山开采引发的水环境改变，因此，对水环境影响较轻。自开采至今未发现造成地下水水质明显变化、影响生产生活用水水源等水环境破坏现象，因此，评估目前采矿活动对水环境影响与破坏程度较轻。

综上所述，综合评定采矿活动现状对含水层的影响与破坏程度较轻。

2、对矿区含水层破坏预测分析

对水资源影响的预测评估：本矿山主要从事抽取地下水的工作，与水资源关系密切，下面分别从含水层破坏与疏干、地下水资源枯竭、周边水环境影响、降落漏斗特征和补给条件预测采矿活动对水资源的影响。

本地热田地热为隐伏地热，热储呈带状，受构造裂隙控制，勘探类型属 II-2 型。地热水的形成、运移主要受断裂构造裂隙带控制，具带状承压性质，抽取地下水造成水头降低，但合理开采地下水可保证水位位于含水层之上，因此含水层结构破坏、含水层疏干的可能性小。

矿区地下水的补给来源位于周边地区，延伸远，由于采矿活动对周边地表环境影响小，地下水的补给来源

不会受到影响，因此预测地下水资源枯竭的可能性小。

地下水开采主要是脉状裂隙水，受潜水含水层及附近水库等地表水体影响较小，所以对周边水环境的影响较小。

矿山动态观测周期为 2018 年 12 月至 2019 年 3 月，共 4 个月，根据动态观测结果：RJ1 井：涌水量 578~589m³/d，变幅 11.0m³/d；静止水位 1.21~1.27m，变幅 0.06m；水位降深 80.65~82.95m，变幅 2.30m；水温 34.1~34.1℃，变幅 0℃。RJ2 井：涌水量 530~547m³/d，变幅 17.0m³/d；静止水位 10.30~10.70m，变幅 0.40m；水位降深 140.23~145.61m，变幅 5.38m；水温 34.2~34.2℃，变幅 0℃。两口开采井动压力恢复较快，说明地热流体补给来源充足，资源较丰富，含水层的给水性、富水性较好。因此在开采量允许范围内，动水位控制在含水层顶板之上，合理抽取地下水，可保证水量、水位、水质相对稳定。

通过前文计算，RJ1 井因抽水引发的地面沉降量约为 278.13mm，同理计算 RJ2 的地面沉降量约为 223.80mm，根据表 3-6，将降落漏斗影响半径取最大值，RJ1 的影响半径为 318.21m，RJ2 为 440.99m。由于含水层（带）呈带状或脉状分布，在不同方向间的透水性及含水性差异较大，水文地质条件与计算公式的假设条件亦有一定的差异，因此，上述渗透系数（K）与影响半径（R）的计算结果是一个参考值，对水资源影响较轻。

RJ1、RJ2 通过钻孔揭露，其上部残坡积土层厚度分别为 26.00m、20.00m，各井孔内下入的套管深度分别为 242.20m、247.60m，且井管外注入水泥浆进行封闭止水，以防常温水入渗，其余各开采井孔段均为天然岩石井壁，主要含水带深度为 242.0~1039.0m。

综上所述，抽取地下水形成降落漏斗，造成含水层结构破坏、含水层疏干的可能小，造成地下水资源枯竭的可能性小，采矿活动可引起不同程度地下水水位降低，根据矿山勘查报告，该水位降深属于正常范围。矿区降雨丰富，水位降低后在丰水期可迅速补充自动恢复。矿山严格限制开采量，杜绝超量开采，开采 5 年来开采井水质、水量、水温、水位基本稳定，未发现对水资源产生破坏。但矿山未来将长期开采地下水，持续开采可能会造成周边水头降低，进而可能破坏区域地下水平衡，周边泉水为承压水，和开采井一般存在一定的水力联系，预测流量可能减少，甚至可能干枯。因此，预测采矿活动对整体水资源影响与破坏程度较轻，但在开采井降落漏斗影响半径范围内，预测对含水层的影响与破坏程度为较严重。

对水环境影响的预测评估：矿山开采后，酒店区及周边分布居民点、农田等会产生生活污水，生活污水主要是自然排放进入市政污水排水系统，经污水处理厂处理合格后排放。

矿区的地热水赋存于地热田地热流体赋存于侏罗系沉积岩破碎带和震旦纪混合岩破碎带中，主要受断裂控制。矿山 RJ1、RJ2 井其上部残坡积土层厚度分别为 26.00m、20.00m，各井孔内下入的套管深度分别为 242.20m、247.60m，且井管外注入水泥浆进行封闭止水，以防常温水入渗。所以开采地热水造成污染的可能性小。预测采矿活动对水环境影响与破坏程度较轻。

综上所述，预测采矿活动对整体含水层的影响与破坏程度较轻，但在开采井降落漏斗影响半径范围内，预

测对含水层的影响与破坏程度为较严重。

三、矿区地形地貌景观（地质遗迹、人文景观）破坏现状分析与预测

地形地貌景观影响与破坏主要体现在区内采矿活动对地形地貌景观、地质遗迹、人文景观等的影响和破坏情况，主要从以下几个方面进行评估：

1、矿区地形地貌景观破坏现状分析

对自然景观的影响：评估区为一般自然景观，不属于风景旅游区、地质遗迹和人文景观等。目前评估区内的工程活动对自然景观资源的影响区域主要为前期酒店的建设，对矿区的原始地形地貌有一定程度的破坏。前期因建设酒店形成了少量边坡，剥离表土，损坏了自然植被，一定程度上破坏了周边生态地质环境。因对边坡进行了人工护坡，且进行了绿化，对地形地貌景观影响较轻。

对建筑物及工程、设施和自然保护区的影响：现状评估矿山建设对建筑物、工程设施、主要交通干线的影响与破坏程度较轻。矿区内不存在自然保护区。

对人居环境的影响：矿山对人居环境的影响较轻。

综合所述，现状采矿活动对矿区的地形地貌景观与破坏程度为较轻级别。

2、矿区地形地貌景观破坏预测分析

地形地貌景观影响与破坏主要体现在区内采矿活动对地形地貌景观、地质遗迹、人文景观等的影响和破坏。矿山为地下开采，和矿山相关的工程主要有开采井水泵、储水池、输水管道和酒店。现从以下几个方面进行预测评估：

对自然景观的影响预测评估：矿区附近没有地质遗迹、人文景观等保护区（点）。矿山为地下开采，和矿山相关的工程主要有开采井水泵、储水池、输水管道和酒店，酒店为前期建设工程，温泉开采利用是在现有设备条件的基础上进行的，不会地进行大规模的开挖修建工程设施。矿山为开采矿山，矿山开采过程中不会造成新的自然景观破坏，预测地热水开采对自然景观影响较轻。

对建筑物及工程、设施和自然保护区的影响：根据前文预测，矿山长时间抽取地下水可能引发降落漏斗，由于抽水影响半径内空地较多，根据前文分析，预测地面沉降、挖方边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡危险性较轻，危害性较轻。因此预测评估区内对建筑物及工程、设施影响与破坏程度为较轻级别。

对人居环境的影响：矿山开采活动主要为潜水泵抽取地热水，地热水开采对当地居民生活用水影响小。因此预测采矿活动对人居环境影响为较轻。

综合所述，预测采矿活动对矿区的地形地貌景观与破坏程度较轻。

四、矿区水土环境污染现状与预测分析评估

1、矿区水土环境污染现状分析

矿区水环境污染现状分析：矿区水环境污染主要体现在矿山生产和生活污水排放后对地表水和地下水的污染。生活污水主要为酒店内及周边分布居民点产生，可以通过进入排水系统进行污染处理。评估目前矿山采矿及建设活动造成水环境污染的发育程度较轻，危害程度小，对水环境污染影响与破坏程度较轻。

矿区土壤环境污染现状分析：地热水的供水酒店面积 99455 m²，土地利用现状为商服用地（05H1），土地破坏类型主要有：挖损、压占破坏等。储水池占地面积 332 m²，土地利用现状为商服用地（05H1），占地方式为压占；两口开采井中，RJ1 开采井面积 3 m²，土地利用现状为其他草地（0404），占地方式为压占，RJ2 开采井面积 3 m²，土地利用现状为灌木林地（0305），占地方式为压占。

压占土地以商服用地（建设用地）为主，压占林草地面积较小，且未出现水土流失现象，开采过程中不会产生化学污染，无固体废弃渣等，利用后的地热水经塘厦污水处理厂处理达标后排放，不会污矿区及周边土壤，因此，对土壤环境污染影响与破坏程度较轻。

综上，现状矿山采矿及建设活动对水土环境污染影响与破坏程度较轻。

2、矿区水土环境污染影响与破坏程度预测分析

矿区水环境污染预测分析：RJ1 井地热流体的主要化学类型为：①pH 值为 7.72~7.81，属中性偏弱碱性水；②可溶性总固体为 302.30~317.00mg/L，属淡水；③水中阴离子以重碳酸根为主，含量 184.60~207.00mg/L，阳离子以钠和钙为主，其中钠离子含量 25.75~26.50mg/L，钙离子含量 35.44~40.40mg/L，水化学类型为 HCO₃-Ca·Na 型；④氟含量 3.46~3.49mg/L。

RJ2 井地热流体的主要化学类型为：①pH 值为 7.71~7.86，属中性偏弱碱性水；②可溶性总固体为 300.00~338.14mg/L，属淡水；③水中阴离子以重碳酸根为主，含量 179.47~193.00mg/L，阳离子以钠和钙为主，其中钠离子含量 25.25~41.80mg/L，钙离子含量 30.00~33.45mg/L，水化学类型为 HCO₃-Ca·Na 型；④氟含量 4.03~4.72mg/L。

开采时应避免过量开采，过量开采会导致地下水迳流循环加大，如果地下水位持续下降，改变地下水原有的补给条件，形成补给天窗，导致地表水污染水源，地表水可能缓慢渗入补给地下水，造成地下水污染。同时过量开采可能导致水源枯竭、加速含水层的有毒、有害元素的淋滤浸出，加快水质恶化、污染。地热水开采影响范围主要沿着降落漏斗分布，且以降落漏斗中心为主。水源地应做好一级保护区的防渗工作，二级保护区保护措施，并设置三级保护区，在这些保护措施的基础上预测含水层污染可能性较小，应加强监测工作。在这些保护措施的基础上预测含水层污染可能性较小，但是含水层一旦污染，不可逆转，因此应加强监测工作。

采矿活动主要是从地下抽取地下水，属低矿化度热矿水，温泉水在利用过程中，温度会有大幅下降，其余矿物质指标与原水基本一致。另外，地热水用过之后含有 COD、BOD₅、F、氨氮、人体毛发、坏死皮肤组织、脂肪、粪大肠杆菌等污染物，且具有一定的温度，如不经降温处理直接排入污水管网，可能造成项目周边区域水土的环境污染。酒店将洗浴后的地热废水排入污水管网，经污水处理站处理后排放，有效的避免了对水土环境

产生污染。

因此，预测矿山建设及采矿活动对环境水污染造成的影响较轻。

矿区土环境污染预测分析：本矿山为地热田矿山，属于一般的工程建设，以开采热矿水为主，未来矿山开采是在现有场地的基础上进行，不会对水源地进行大规模的开挖工程设施，一般不会产生新的土地破坏或占用。采矿活动产生的废热水污染源通过处理达标后排放，对土环境的影响小。其他主要的污染源为温泉酒店的日常生活废弃物和生活废水，该类垃圾每天通过垃圾运输车外运填埋处理，生活污水主要是通过自然排放进入排水系统。因此预测矿山采矿及建设活动对土地资源污染影响与破坏程度较轻。

综上所述，预测评估矿山采矿及建设活动对水土环境污染影响与破坏程度较轻。

矿山地质环境影响现状综合评估：本次现场调查矿山现状地质灾害不发育，对地质环境影响程度较轻；矿山开采对含水层影响与破坏的影响程度较轻，现状对地形地貌景观影响程度较轻，现状对水土环境污染影响与破坏程度较轻。总体而言现状对矿山地质环境影响较轻（表 3-9）。

表 3-9 评估区矿山地质环境影响现状评估一览表

矿山地质环境问题		代号	位置	形成时间	表现特征及规模	危害性	危险性	影响等级程度
地质灾害	/	/	/	/	未发现	/	/	/
含水层影响与破坏	含水层结构	HS1	含水层	/		小	小	较轻
地形地貌景观影响与破坏	对自然景观影响与破坏	DX1	酒店区	酒店建设以来	酒店对边坡进行了人工护坡，且进行了绿化	小	小	较轻
	对建筑及工程、设施和自然保护区的影响与破坏	JX1	评估区	/		小	小	较轻
	对人居环境影响与破坏	RX1				小	小	较轻
水土环境污染影响与破坏	地表水污染	KD1	评估区	酒店建设以来	生活污水主要是通过污水处理厂处理	小	小	较轻
	水土环境污染影响与破坏程度	WD1			矿山并未破坏草地、林地、荒山或未开发利用的土地	小	小	较轻

矿山地质环境影响预测综合评估：预测矿山开采活动可能引发地质灾害有地面沉降、挖方边坡崩塌/滑坡和自然斜坡崩塌/滑坡，其危害性为小，危险性小，对矿山地质环境影响程度较轻；预测对整体含水层的影响与破坏程度分级为较轻，但在开采井影响半径内含水层影响与破坏程度分级为较严重；预测地形地貌景观影响程度为较轻；预测矿山开采对矿区水土环境污染影响与破坏程度较轻。总体而言预测对矿山地质环境影响较轻，但在开采井影响半径范围内为较严重（表 3-10）。

3-10 评估区矿山地质环境影响预测评估一览表

矿山地质环境问题		代号	分布位置	预测影响对象	预测损失情况	危害性	危险性	影响等级程度
地质灾害	地面沉降	CJ1	开采井降落漏斗影响半径内	建筑及人群	长期抽取地下水,造成周边水头降低	小	小	较轻
	挖方边坡崩塌/滑坡	BP1	迎宾道北侧	道路行人	因地质灾害规模小,造成经济损失较小	小	小	较轻
		BP2	储水池旁	道路行人	因地质灾害规模小,造成经济损失较小	小	小	较轻
		BP3	酒店道路旁	道路行人	因地质灾害规模小,造成经济损失较小	小	小	较轻
	自然斜坡崩塌/滑坡	XP1	大钟岭水库边	道路行人	因地质灾害规模小,造成经济损失较小	小	小	较轻
含水层影响与破坏	水环境	HS1	开采井降落漏斗影响半径内	含水层	长期抽取地下水,造成周边水头降低,会引起地下水补给条件改变	中等	中等	较严重
地形地貌景观影响与破坏	对自然景观影响与破坏	DX1	酒店区	植被景观	酒店后期无大规模的建设	小	小	较轻
	对建筑及工程、设施和自然保护区的影响与破坏	JX1	开采井降落漏斗影响半径内	建筑及人群	长期抽取地下水,造成周边水头降低,形成的降落漏斗可能引发地面沉降,使建筑产生裂隙	小	小	较轻
		JX2	开采井降落漏斗影响半径外,评估区内	建筑及人群	降落漏斗外,建筑产生裂隙的可能性小	小	小	较轻
	对人居环境影响与破坏	RX1	评估区内	评估区内人居环境	矿山开采活动主要为潜水泵抽取地热水,地热水开采对当地居民生活用水影响小	小	小	较轻
水土环境污染影响与破坏	地表水污染	KD1	评估区内	土地、土壤	地热水开采对周边水体产生污染小	中等	中等	较轻
	水土环境污染影响与破坏程度	WD1			矿山并未破坏草地、林地、荒山或未开发利用的土地	小	小	较轻

五、矿山土地损毁现状与预测分析评估

已损毁各类土地现状: 矿区面积 1.548 km²。矿山的供水酒店为东莞市塘厦三正半山酒店,酒店经多年建设,于 2005 年开始营业,酒店在矿山之前已经建设好并投入运营,地热水开发利用主要沿用酒店内的原有设备,因

此酒店区不归属于矿山已损毁土地内。根据现场实际调查、简易测量结果分析，可知矿山已压占或损毁土地主要有以下几个单元：储水池占地面积 500 m²，土地利用现状为商服用地（05H1），占地方式为压占；泵机房占地面积 300 m²，土地利用现状为（05H1），占地方式为压占；两口开采井中，RJ1 开采井面积 3 m²，土地利用现状为其他草地（0404），占地方式为压占和损毁，损毁表土厚度为 1m，损毁土壤 3m³。RJ2 开采井面积 3 m²，土地利用现状为灌木林地（0305），占地方式为压占和损毁，损毁表土厚度为 1m，损毁土壤 3m³。

综上，矿山现状土地损毁地类以商服用地为主，占总压占土地面积比例为 99%，共计 800 m²，其他草地和灌木林地各占 0.5%，地表压占各 3 m²，损毁土壤各 3m³。

拟损毁土地预测：地热水开发主要沿用酒店内的原有设备，在以后生产过程中，将维持现有的用地情况，不会增加新的土地破坏。预计破坏土地为 0hm²。

六、矿山生态环境现状与预测分析评估

现状：矿山现状土地损毁以商服用地为主，占总压占土地面积比例为 99%，因此，矿山现状生态受损与退化程度极轻。

预测：矿山开采过程中不会新增土地破坏，亦不新增植被破坏，因此，预测矿山生态受损与退化程度也是极轻。

第四章、矿山生态修复措施与工程设计

矿山地质环境保护、土地复垦和生态修复是贯穿于矿山建设、生产全过程的综合性工程。根据现状地质资料，矿山在生产过程中需要对预测可能发生地质灾害的区域和已经破坏土地、拟破坏土地采取预防控制措施、工程措施和生物化学措施，采取有效措施防止地质灾害和土地破坏，做到矿山地质环境保护与土地复垦、生态修复相结合来保持、恢复土地的原有功能。防治与复垦修复措施将按照系统工程原理，处理好局部与整体、单项与综合、近期与远期的相互关系，做到矿山地质环境保护与土地复垦方案投资省、效益好、可操作性强。

一、预防与保护控制措施

1、矿山地质环境保护预防

地质环境保护预防首先要落实地热田三级保护区。根据大钟岭地热田的热异常范围及热储特征，本地热田的环境保护，应将近 SN、NE 和 NW 向断裂破碎带及周边，以及沟溪、河流作为重点的保护区域，划定地热田的三级保护区。

一级保护区：分别以 RJ1 井、RJ2 井为中心半径 30m 的范围内设立一级保护区，在该范围内应采取适当的防渗措施，禁止兴建与地热水取水无关的建构筑物，避免道路排水排入地热水开采井保护范围，消除一切可能导致地热水污染的因素。

二级保护区：以 RJ1 井为中心向西和北两个方向外扩 100m，同时以 RJ2 井为中心向南和东两个方向外扩 100m 的范围内设立二级保护区，形状为正方形，面积 0.1814km^2 ，在该范围内，应禁止排放工业和生活废水，禁止堆放或填埋有害废渣，不允许进行可能破坏地热水水源地的一切活动。其拐点坐标见表 4-1。

表 4-1 二级保护区拐点坐标（2000 国家大地坐标）

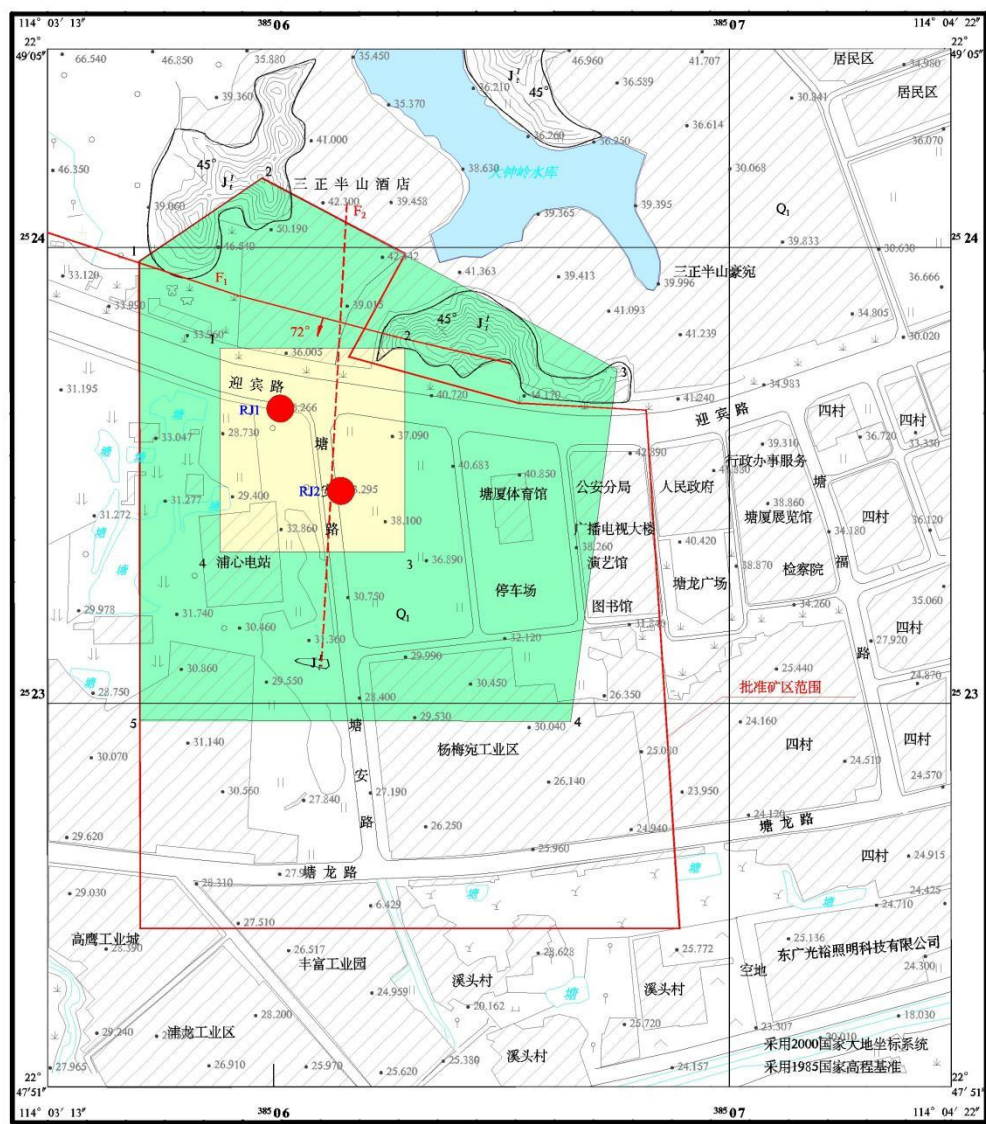
序号	X	Y
1	2523779.15	38505882.44
2	2523779.15	38506287.80
3	2523331.53	38506287.80
4	2523331.53	38505882.44

三级保护区：根据本地热田的水文地质条件，结合当地环境地质特征，划定三级保护区范围，北侧以分水岭为界，向西以 RJ1 井为中心外推至探矿权边部为界，向南和向东以 RJ2 井为中心外推 500m 为界，呈不等边多边形，面积为 0.8404km^2 ，其边界角点坐标见表 4-2。

表 4-2 三级保护区拐点坐标（2000 国家大地坐标）

序号	X	Y
1	2523962.78	38505706.91
2	2524151.36	38505974.79
3	2523731.93	38506754.42
4	2522959.61	38506652.29
5	2522959.61	38505709.81

Ⅲ级保护区是地热水资源形成与径流的地区，关系到地热水资源水量与水质是否长期稳定。区内只允许对水源地卫生情况没有危害的经济或工程活动，应加强自然生态环境的保护，不得随意毁林开荒、破坏水土保持及其他影响水源地水文地质环境的工程建设活动；禁止堆填工业与生活垃圾，以及其他对环境与地下水有污染的一切活动。



比例尺 1:10000



图4-1 三级保护区范围图

(1) 矿山地质灾害预防

矿区的现状调查未发现有明显的地质灾害现象。预测未来长期开采的情况下, 地下水形成降落漏斗, RJ1 和 RJ2 开采井可能引发和遭受地面沉降、挖方边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡。针对矿山可能引发和遭受的地质灾害, 应采取预防措施以减少或避免矿山地质灾害的发生, 保障区内居民的生命财产安全。

矿山开采以抽取地下水为主，长时间抽水形成降落漏斗，可能会引发和遭受地面沉降、挖方边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡的发生。由于挖方边坡已经完成了防护措施，因此主要措施是以监测为主，对地面沉降和挖方边坡进行监测，同时对开采井的开采水量进行严格控制，防止降落漏斗增大，预防灾害发生。

①预测地面沉降的治理工程技术措施

开采区地面沉降的恢复治理措施：做好抽水井内封堵工作，避免抽水井抽取浅层松散岩类孔隙水中的潜水，同时做好监测工作，严格控制水位降深，规范地热水开采，控制开采量，严禁超量开采，避免形成大范围降落漏斗。另外建议对相关地段加强监测，发现异常，及时报告，并采取合理的措施进行应急处理。

一旦发生地面沉陷，应立即设置警示牌、禁止人、畜进入，并及时采用压实回填、截排引地表水、及时封堵地表裂缝等工程措施，同时，采用生物措施恢复地貌景观。然后对地面沉陷破坏的土地进行整治，根据沉降规模的大小，采取回填、压实的措施，恢复原貌。

②预测崩塌、滑坡的治理工程技术措施

由于挖方边坡已经做了防护工程措施，而且经过多年边坡都稳定，因此主要加强对自然边坡和挖方边坡的监测，特别是在暴雨期间加强对未采取保护措施的人工边坡加强监测力度，出现变形或局部破坏时，及时采取加固措施。

(2) 含水层破坏预防

矿区含水层的破坏主要体现在地下水资源枯竭、地表水漏失、区域水均衡破坏、含水层结构改变四个方面。目的是通过工程应对措施、监测措施等工程，使地下水资源枯竭、地表水漏失、区域水均衡破坏、含水层结构改变得有效的控制和预防。为矿山的生产建设提供有效的数据，通过对数据的分析减轻、预防和控制含水层的破坏，并针对数据采取及时有效的应对措施，为矿山的安全生产提供了必要的保障。

(3) 水土环境污染预防

水环境污染：水环境污染主要表现为水质污染（恶化），矿山是以开采地下水为主，总体来说矿山废水（生产废水水、生活污水）对水环境的污染较小。通过长期取水样测试，结果表明开采区地下水水质稳定，符合地热水要求，生活污水经沉淀处理后排放至山坑季节性溪流中，经稀释后对河水影响不大，说明评估区矿山建设及采矿活动对外围环境水质影响较轻，对环境水污染影响程度较轻，危害程度小，对矿山地质环境影响程度较轻。

土环境污染：土环境污染主要体现在对土地资源的变形破坏和对土地资源的污染方面，矿山酒店沿用以往的设备与土地。未来不产生新增的用地，对土环境污染影响小。

2、土地复垦和生态系统功能修复预防

矿山应按照“统一规划、源头控制、防复结合”的原则，按照项目特点、施工方式及工艺等，制定项目区

复垦工程和生态系统功能修复的预防控制措施，其预防控制措施主要包括以下几个方面：①项目区自然资源管理部门应把项目区工程土地复垦和生态系统修复功能任务纳入本区土地复垦和生态修复规划，对工程所占用的土地资源进行工程征占地合理性评价，合理控制建设单位的土地利用数量，不定期监督检查建设单位损坏、占用、占压土地情况，坚决杜绝建设单位乱占乱用土地资源的现象。②生态修复方案的编制，应当根据经济合理的原则和自然条件以及土地破坏状态，因地制宜地确定复垦后的土地用途。土地复垦和生态修复规划应当符合项目所在地土地利用总体规划，并与其他相关规划协调。单位和个人制定的生态修复方案应当与本地区生态修复规划相衔接。③本项目在其可行性研究报告和设计任务书上应当包括生态修复的内容；设计文件必须有生态修复的章节；工艺设计必须兼顾生态修复的要求。④本项目生态修复方案应当报自然资源行政主管部门审查，经审查同意后，与建设同步实施。生态修复规划设计方案确定的任务纳入建设计划和投资概算。⑤建设单位应根据本项目编报的水土保持方案报告和环境影响评价报告，控制由于水土流失和其他环境问题引起的间接损毁土地资源现象发生。

本项目为已建成项目，矿山为开采矿山，开采矿种为地下热水。项目取用地下热水用于温泉疗养，采矿方式为地下开采，矿山闭坑后酒店可以流转他人经营，需要拆除设施为 RJ1、RJ2 井口、储水池和泵机房，所占用土地在国土空间总体规划中的规划地类为以商业服务业用地为主，其次为城镇住宅用地和防护绿地。矿山为开采矿山，开采过程中不会新增土地破坏，不会加剧生态系统退化。矿山企业应在矿山闭坑后按生态修复方案的要求拆除方案制定的矿山相关工程，做好土地复垦和生态修复工作。

二、主要工程形式及技术参数

1、矿山地质环境保护

（1）矿山地质灾害

①目标任务

矿区的现状调查未发现有明显的地质灾害现象。预测未来长期开采的情况下，地下水形成降落漏斗，RJ1 和 RJ2 开采井可能引发和遭受地面沉降、挖方边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡。针对矿山可能引发和遭受的地质灾害，应采取预防措施以减少或避免矿山地质灾害的发生，保障区内居民的生命财产安全。

②工程设计

矿山开采以抽取地下水为主，长时间抽水形成降落漏斗，可能会引发和遭受地面沉降、挖方边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡的发生。由于挖方边坡已经完成了防护措施，因此主要措施是以监测为主，对地面沉降和挖方边坡进行监测，同时对开采井的开采水量进行严格控制，防止降落漏斗增大，预防灾害发生。

③技术措施

预测地面沉降的治理工程技术措施：开采区地面沉降的恢复治理措施：做好抽水井内封堵工作，避免抽水

井抽取浅层松散岩类孔隙水中的潜水，同时做好监测工作，严格控制水位降深，规范地热水开采，控制开采量，严禁超量开采，避免形成大范围降落漏斗。另外建议对相关地段加强监测，发现异常，及时报告，并采取合理的措施进行应急处理。一旦发生地面沉陷，应立即设置警示牌、禁止人、畜进入，并及时采用压实回填、截排引地表水、及时封堵地表裂缝等工程措施，同时，采用生物措施恢复地貌景观。然后对地面沉陷破坏的土地进行整治，根据沉降规模的大小，采取回填、压实的措施，恢复原貌。

预测崩塌、滑坡的治理工程技术措施：由于挖方边坡已经做了防护工程措施，而且经过多年边坡都稳定，因此主要加强对自然边坡和挖方边坡的监测，特别是在暴雨期间加强对未采取保护措施的人工边坡加强监测力度，出现变形或局部破坏时，及时采取加固措施。

④主要工程量

根据前面的预测评估可知，区内发生地面沉降、挖方边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡的潜在危险小，危害性小，且发生的时间的分布的不确定性、复杂性。其主要可能发生范围在开采井附近。

监测方法主要采用日常人工巡视巡查，如发现民房开裂，则进行贴纸条，采用贴纸条的人工观测方法进行。通过巡查、调查、资料收集，对可能发生地面沉降和崩塌/滑坡的重点地段，加强对沉降观测网点的监测，随时掌握地下水开采量、水位降深及降落漏斗影响范围与地面沉降、崩塌/滑坡形成的关系，以便采取及时有效的措施，防止地质灾害的形成并减轻其危害程度。

(2) 含水层破坏

矿区含水层的破坏主要体现在地下水资源枯竭、地表水漏失、区域水均衡破坏、含水层结构改变四个方面。

①目标任务

通过工程应对措施、监测措施等工程，使地下水资源枯竭、地表水漏失、区域水均衡破坏、含水层结构改变得有效的控制和预防。为矿山的生产建设提供有效的数据，通过对数据的分析减轻、预防和控制含水层的破坏，并针对数据采取及时有效的应对措施，为矿山的安全生产提供了必要的保障。

②工程设计

地下水资源枯竭、地表水漏失、区域水均衡破坏方面：矿山地热水的形成、运移主要受断裂构造裂隙带控制，属埋藏型带状（脉状）构造裂隙水。由于该地热水含水层位于深部基岩裂隙中，上部有良好隔水层，有利于防止地表水的直接入渗污染和对可能入渗的污染物起一定的净化作用。地热水水质、水量来源稳定，严格按照规定的要求及核定的允许开采量开采，不会造成地热水资源枯竭、区域水均衡破坏和含水层结构改变。在地热水开采影响半径范围内，禁止超量开采地下水，保护好地质环境，提高水土涵养能力，主要措施为监测措施。

地表水漏失方面：由于长期抽取地热水，造成周边水头降低，破坏区域地下水平衡，会引起地下水补给条件改变，造成部分地表水漏失。因降落漏斗影响范围小，总体对周边水环境影响小。预测地表水漏失主要发生在

漏斗范围内，且在矿山关闭开采以后一段时间将会恢复。因此，暂时不对矿界范围内的地下水资源枯竭进行治疗，以监测措施为主。

水源地环境保护方面:水源地自然生态环境及地质环境良好，但在开发建设过程及建成后，将产生生活垃圾和生产废水、生活污水。应对上述废弃物进行妥善处理，对建筑、生活垃圾等固体废弃物需运至远离水源地的下游填埋处理；对生产废水、生活污水等液态废弃物，应采取密封防渗处理并集中排放。以自然生态环境保护为重点，严禁毁林开荒种地种果，保持水源地自然汇水范围内植被的完整性及覆盖率，提高水土涵养能力，保障水源地天然补给区对地下水的补给能力不遭到人为破坏。主要措施以建立水源地保护区和监测措施为主。

③技术措施

工程应对措施:检查完善矿山地质环境保护区，重点对热水的一级保护区进行检查，确认是否按《天然地热水资源地质勘查规范》（GB/T13727-2016）设置一级保护区，检查各项保护措施是否有效。必要时进行工程治理或维修，包括井口及矿山范围防渗、防漏、防污染工程治理；修复、绿化治理；加强水源地自然生态环境保护。

监测措施:对地下水资源枯竭、区域水均衡破坏、含水层结构改变、地表水漏失设置监测措施，布置监测点进行长期监控，根据监控结果，再行决定具体的防治措施，以保护地下水与地表水不受污染。

监测的内容:主要针对 RJ1、RJ2 开采井影响半径内的地下水位下降情况、水量变化情况、浑浊度变化情况及对地表水水量变化进行观测。监测点的布设:地下水动态监测点为 RJ1、RJ2 开采井，同时在地热水开采井周边设立 2 个监测井，可以用 ZK1、ZK2 井做监测井使用（ZK1 与 RJ1 揭露同一含水层，ZK2 揭露基岩裂隙冷水含水层）。监测方法:本区枯水期和丰水期地下水水质、水温和水量均变化较小，属于动态稳定型地热水。应采用人工观测或自动监测仪观测方法对地下水水位、水温、水质进行定期监测，总结变化规律，但是当变化达到允许范围临界点时需要注意，应及时分析原因并采取相应措施。

A 水温：根据以往资料，如地热水温出现明显异常，应结合近期开采情况进行综合分析，查明原因。

B 水位：随着抽水时间的延长，开采井的静止水位在某个时间可能水位略有变浅，若同比历年同期平均水位降低变化大于 10%时，需要注意水资源枯竭问题，重点查明原因，查看地表绿化情况，地形地貌的变化情况等，及时采取有效措施。

C 降深：根据抽水试验的动态观测资料，当 RJ1、RJ2 持续 7 天降深达到现有降深 200%时，需要降低开采量，或隔天抽水，以保证含水层的稳定。

D 水质：如出现细菌超标或者水质浑浊，需要停采，查明变化原因。处理方法主要是通过地面调查、监测井抽水试验和以往数据分析论证。

表 4-3 含水层破坏监测具体工程量计算表

序号	项目名称	单位	工程量	备注
----	------	----	-----	----

1	监测井（ZK1、ZK2）		个	2	一次性工程量（已完成）
2	RJ1、RJ2 开采井	水温、水位和水量监测	次/年	365	各井水温、水位和水量每天监测一次，水质监测每年1次；监测时长5年。
		水质特全分析		1	
3	ZK1、ZK2 监测井	水温、水位监测		24	水位、水温每月2次，水质一年2次；监测时长7年。
		水质特征组分分析		2	

（3）水土环境污染

①目标任务

水环境污染:水环境污染主要表现为水质污染（恶化），矿山是以开采地下水为主，总体来说矿山废水（生产废水水、生活污水）对水环境的污染较小。

矿山开采5年来，矿山企业每年对各开采井均进行了1次取水样测试，结果表明开采区地下水水质稳定，符合地热水要求，温泉废水和生活污水均经污水处理厂处理达标后排放，说明矿山建设及采矿活动对外围环境水质影响较轻，对环境水污染影响程度较轻，危害程度小，对矿山地质环境影响程度较轻。

土环境污染:土环境污染主要体现在对土地资源的变形破坏和对土地资源的污染方面，矿山酒店沿用以往的设备与土地。未来不产生新增的用地，对土环境污染影响小。

②工程设计

水环境污染工程设计:在地热水开采井周边设定一个地表水取样点，采用定期水质检测，对周围地表水体的污染情况进行监测。目前主要采用水质监测措施。

土污染工程设计:主要采用人工监测手段的方式对土地变形、污染破坏区域进行监测。

③技术措施

A 水环境污染

周边水环境保护措施:按《天然地热水地质勘察规范》（GB/T13727-2016）要求，做好一级保护区建设工作，并补充划定一、二、三级保护区界线并设定界桩，重点加强对水源地补给区的生态环境保护，禁止采伐林木，严防发生山火，确保水源地原始生态环境不遭到破坏。

监测措施:1、监测的内容主要针对矿山采矿活动引起矿区周围的地表水水质变化情况进行监测。监测点的布设在矿山附近湖泊设置1处地表水水质监测点（Js1），监测点详见附图6。监测方法为每个半年进行一次取水样分析。

B 土壤环境污染

主要措施是采用每月一次的人工监测手段，对矿山责任范围内的土地变形、污染破坏区域进行监测。

本矿的土地污染源主要为热矿水的外排以及生活污染外排，矿山业主方为温泉旅游度假企业，对热矿水的开发利用有着一整套完善的抽、输、排措施，防止了水环境污染也即防止了土地污染，因此水土环境污染防治技术可以实现。

表 4-4 水污染监测工程量计算表

序号	项目名称	单位	工程量	备注
1	Js1	次/年	1	每年 2 次，时长 7 年

2、生态修复

本矿山开采地下热水用于温泉疗养，采矿方式为地下开采，矿山闭坑后需要拆除的设施为 RJ1、RJ2 井口、储水池和泵机房，RJ1 和 RJ2 井口各压占土地面积 3m²，储水池和泵机房压占土地面积为 800m²。即本矿山的生态修复边界为：RJ1 和 RJ2 开采井、储水池、泵机房。

RJ1 压占土地性质现状为其他草地，规划性质为防护绿地，修复目标按现状土地性质为其他草地，因现阶段 RJ1 所在区域已成为公共交通道路迎宾路辅道，所以土地复垦后无需种植植被；RJ2 压占土地性质为灌木林地，规划性质为城镇住宅用地，修复目标按现状土地性质为灌木林地，现阶段井口周围均为杂草，需复垦面积仅 3m²，土地回填覆土后杂草很快可以生长，因此无需特意种植植被；储水池和泵机房压占土地面积为 800m²，土地利用性质现状为商服用地，规划性质亦为商业服务业用地，不涉及种植植被。

本矿山开采对周边生态环境影响极小，但存在小面积的土地压占和损毁，所以生态修复的措施主要为土地复垦，分析如下：

(1) 复垦工程技术

①预防控制措施

按照“统一规划、源头控制、防复结合”的原则，按照项目特点、施工方式及工艺等，制定项目区复垦工程的预防控制措施。

项目区复垦工程预防控制措施主要包括以下几个方面：

项目区自然资源管理部门应把项目区工程土地复垦任务纳入本区土地复垦规划，对工程所占用的土地资源进行工程征占地合理性评价，合理控制建设单位的土地利用数量，不定期监督检查建设单位损坏、占用、占压土地情况，坚决杜绝建设单位乱占乱用土地资源的现象。

土地复垦方案的编制，应当根据经济合理的原则和自然条件以及土地破坏状态，因地制宜地确定复垦后的土地用途。土地复垦规划应当符合项目所在地土地利用总体规划，并与其他相关规划协调。单位和个人制定的土地复垦规划设计方案应当与本地区土地复垦规划相衔接。

本项目在其可行性研究报告和设计任务书上应当包括土地复垦的内容；设计文件必须有土地复垦的章节；工艺设计必须兼顾土地复垦的要求。

本项目土地复垦方案应当报自然资源行政主管部门审查，经审查同意后，与建设同步实施。土地复垦规划设计方案确定的任务纳入建设计划和投资概算。

建设单位应根据本项目编报的水土保持方案报告 and 环境影响评价报告，控制由于水土流失和其他环境问题引起的间接损毁土地资源现象发生。

②工程技术措施

复垦单元土壤性状满足土地利用现状地类性质的质量要求，进行拆除区内建（构）筑物，设计进行回填表土后，清理建筑垃圾和废料，再进行场地平整。

工程布置：矿山关闭后，将开采井、储水池、泵机房等砌体拆除、清理。根据工程设计，估算拆除工程量为 2000m³；回填表土，土厚 0.5m，估算工程量为 450m³；回填后进行场地平整，场地平整工程量为 900m²。

（2）目标任务

根据“科学合理、实事求是”原则，依照土地利用现状，并参考国土空间总体规划，征求土地所属行政村意见并结合土地损毁分析与预测结果，预测土地复垦责任范围内复垦土地面积 806m²，依据土地复垦适宜性评价结果，确定将复垦责任范围全部进行复垦：商业服务业用地（建设用地）800m²，灌木林地 3m²，其他草地 3m²。土地复垦率为 100%。

$$\text{土地复垦率} = \frac{\text{复垦的土地面积}}{\text{复垦责任范围面积}} \times 100\% = 0.3 / 0.3 \times 100\% = 100\%。 \text{单位：} m^2$$

矿山管护期满后土地复垦率 90%以上、郁闭率 35%以上。

三、监测与管护

1、矿山地质环境监测

（1）目标任务

矿山地质环境监测目的是对预测的地质灾害地面沉降、崩塌、滑坡、含水层影响与破坏、地形地貌景观影响与破坏进行监测，发现异常，及时采取措施，避免或减轻损失。

根据矿山地质环境问题类型、特征提出矿山地质环境监测方案。应按照具体的监测项目提出监测内容、监测方法、监测网点布设及监测频率等。矿山地质环境监测范围应包括矿山开采区及矿山开采活动影响到的区域。监测内容应包括矿山建设及采矿活动引发或可能引发的地质灾害、含水层影响与破坏、地形地貌景观影响与土地资源破坏等矿山地质环境问题及主要环境要素。

（2）监测设计

①矿山地质灾害的监测

A 地面沉降监测

监测的内容：主要对开采井影响半径范围内的建筑进行监测。

监测点的布设：监测方法主要为设立 2 个基准点，对地热水开采区进行地面观测。

监测方法：监测方法主要采用日常人工巡视巡查，如发现民房开裂，则进行贴纸条，采用贴纸条的人工观测方法进行。通过巡查、调查、资料收集，对可能发生地面沉降的重点地段，建立系统的沉降观测网点，随时掌握地下水开采量、水位降深及降落漏斗影响范围与地面沉降形成的关系，以便采取及时有效的措施，防止地面沉降的形成并减轻其危害程度。

B 边坡稳定性监测（崩塌、滑坡）

监测的内容：主要对开挖边坡在极端降水条件下可能发生崩塌、滑塌等灾害以及矿区的其他自然边坡进行监测。内容主要为：斜坡体上是否存在松动的块石，斜坡体上裂缝出现的位置、规模、组合特征、形成机制、延伸方向、错距及发生时间，当地降水量变化情况等。

监测点的布设：根据预测评估崩塌、滑坡地质灾害发生可能性较小，根据场地及调查情况，于各开挖边坡处布设 1 个监测点。

监测方法：监测方法可采用定期目视监测与简易设施监测。定期目视监测要求监测责任人定期目视检查或在暴雨、汛期天气时目视检查监测区域有无异常变化，如地面裂缝、地表植被异常变化情况等；简易设施采用测绳、卷尺、钢尺等简易测量工具对边坡倾角、及边坡裂缝宽度、错距等进行测量。必要时采取高精 GPS、全站仪监测等方法进行监测，雨季应加强监测频率。

②含水层破坏的监测

监测的内容：地下水动态监测主要内容是对开采井的抽水量、水温 and 水质进行监测，以达到防治地下水污染的目的。

监测点的布设：地下水动态监测点为 2 个开采井 RJ1 和 RJ2，还有 2 个监测井 ZK1、ZK2，在矿山附近布置 1 个地表水水质监测点 JS1。

监测方法：详见含水层破坏修复与水土污染修复章节，不再重复赘述。

③地形地貌景观破坏监测

监测的内容：主要针对采矿活动引起的矿山地形地貌景观破坏进行监测。

监测点的布设：由于矿山地表工程已完成，对地形地貌景观的破坏基本完成，不设置监测点，可采用人工巡视手段进行监测。

监测方法：矿山地形地貌景观的破坏采用简易现场量测方法进行。

④土地资源破坏监测

监测的内容:主要针对采矿活动引起的土地资源景观破坏(包括土壤污染)进行监测。

监测点的布设:由于矿山地表工程已完成,后期开采对土地资源破坏较轻,不设置监测点,采用人工巡视手段进行监测。

监测方法:土地资源破坏主要采用简易现场量测方法进行。

表 4-5 矿山地质环境监测点监测频率和布设位置一览表

监测对象	监测点布置	监测数量	监测频率	监测方法	备注
崩塌、滑坡	人工开挖边坡	3 个	每月 2 次	简易人工观测法(必要时采用 GPS 监测法、全站仪配合监测)	在干旱时节要加大监测频率,加大巡视力度
地面沉降	开采区	2 个	每月 2 次	设立基准点(必要时采用 GPS 监测法、全站仪配合监测)	
地下水监测	开采井	2 个	水量、水位、水温每天 1 次,水质分析一年 1 次	自动监测仪、水质分析法	温矿泉水常规分析(53 项)
	监测井	2 个	水位、水温每月 2 次,水质分析一年 2 次		饮用水常规分析(24 项)
水质监测点	矿山附近	1 个	水质一年 2 次	水质分析法	饮用水常规分析(24 项)
地形地貌景观破坏监测	半年观测一次			简易现场测量法	
土地资源破坏监测	半年观测一次			简易现场测量法	
总计	地灾监测点 5 个,含水层监测点 4 个,地形地貌破坏和土地资源监测点各 1 个。				
备注					
温矿泉水常规分析(53 项)包括:钾,钠,钙,镁,铁,碳酸氢盐,碳酸盐,氯化物,硫酸盐,氟化物,硝酸盐,偏硅酸,二氧化碳,溶解性总固体,碘化物,亚硝酸盐,锂,锶,锌,硒,铜,砷,汞,镉,钡,铬,铅,铋,锰,镍,钴,钒,铝,银,挥发性酚类化合物,氰化物,耗氧量,硼酸盐,状态,色度,浑浊度,滋味和气味,pH,总硬度,总碱度,总酸度,硫化物,偏磷酸,偏硼酸,偏砷酸,总β,226Ra,总α,Rn。 饮用水常规分析(24 项)包括:砷,镉,铬(六价),铅,汞,氟化物,氟化物,硝酸盐(以 N 计),色度,浑浊度,臭和味,肉眼可见物,pH,铝,铁,锰,铜,锌,氯化物,硫酸盐,溶解性总固体,总硬度,高锰酸盐指数,氨(以 N 计)。					

(3) 技术措施

对预测地质灾害、地形地貌景观破坏、地下水位、水质的监测可由矿山企业设置专门部门安排专职人员进行

行监测，或委托有资质的单位进行监测，同时随时接受行政主管部门的检查。

表 4-6 矿山地质环境监测工程量表

工程 项目		项目名称	单 位	估算 工程 量	备 注
监 测 工 程	监 测 设 备	设立监测井	个	2	用 ZK1、ZK2 观测孔（已 完成）
		水量、水温、水位自动监测仪	套	4	一次性工程量（已完成）
		基准点	个	2	2020 年设立（已完成）
	监 测 项 目	开采井水量、水位、水温观测	次	1707	1 次/天
		监测井水位、水温观测		168	2 次/月
		开采井地热水质全分析检测	件	10	1 次/年
		监测井常规指标值监测		28	2 次/年
		地表水常规指标值监测		14	2 次/年
		地质环境监测 （采用人工巡视手段包括地面沉降， 地形地貌景观和土地破坏监测，一口 开采井 2 个监测点，共 7 个监测点）	次	94	地质灾害 10 次/年 地形地貌景观和土地破 坏监测 4 次/年

2、矿区生态修复监测和管护

按相关规定，矿山生态修复措施完成后应开展至少为期 3 年的生态修复监测和管护。生态修复的监测与管护旨在 科学评估修复效果，确保生态系统的结构与功能得以有效恢复，并巩固治理成果。其具体目标包括评估修复成效、及时发现问题、加强监督管理等，实现手段则涵盖了建立监测网络、应用现代技术、实施管护措施等多个方面。为实现上述目标，通常采取以下技术和管理手段：建立完善的监测体系：网络布设：建立健全覆盖全面的生态监测网络，科学布设监测点，确保数据的代表性。标准制定：制定统一的监测标准和方法，规范监测行为，提高数据质量和可靠性。指标设定：根据生态系统特性，制定包括生物多样性指数、植被覆盖度、土壤有机质含量等在内的量化监测指标体系。采用现代化技术手段：遥感与 GIS 技术：广泛应用遥感技术和地理信息系统（GIS）平台，对修复区域进行动态监测与分析，获取植被、土地利用变化等信息，实现全方位评估。实施具体的管护措施：后期管护：对生态修复后的土壤、植被、农田配套设施等制定管护方法和年限；风险预警：建立生态风险预警机制，制定应急预案，明确应对措施和责任分工，以迅速响应可能出现的生态风险。强化监督管理与执法：平台建设：建立统一的生态修复监管平台，实现数据共享和协同监管；综合执法：加强生态修复领域的综合行政执法力度，严厉打击违法行为；奖惩机制：建立奖惩机制，对表现突出的单位和个人给予奖励，对失职行为进行惩罚。

本矿山开采地热热水用于温泉疗养，采矿方式为地下开采，矿山闭坑后酒店仍可继续经营（酒店土地使用

证登记的土地出让终止日期为 2043 年 1 月 20 日，超过本期采矿证有效期，亦超过本方案适用期，见附件），需要拆除设施为 RJ1、RJ2 井口、储水池和泵机房。前文已述本矿山生态修复措施主要为土地复垦，无需种植植被。因此本矿山的生态修复监测和管护主要为土地复垦的监测与管护。

- (1) 目标任务
- 矿区土地复垦监测目标任务：掌握土地损毁范围、损毁程度、损毁土地类型。对土地复垦效果进行监测。
- 矿区土地复垦管护目标任务：对监测井进行检测，达到土地复垦质量控制标准要求。使矿山地质环境与周边生态环境相协调，达到与区位条件相适应的环境功能。

- (2) 措施和内容
- 土地复垦监测：根据划分的土地复垦单元：RJ1 和 RJ2 开采井，对 RJ1 和 RJ2 开采井进行土地损毁和复垦效果的监测。
- 土地损毁监测：采用水准测量对地表移动进行测量，利用 1985 年国家高程基准，作业前对仪器和标尺进行检查和测定。测量采用中丝法读数，直读数据，观测采用后-后-前-前顺序，精度达到三等，观测中误差＜25mm/km。
- 复垦效果监测：监测内容主要有对基准点进行监测，监测回填工作是否完善，回填位置是否存在沉降。监测方法为样方随机调查法，在治理期内每年监测 2 次。
- 土地复垦管护：由于复垦内容不涉及种植植被等，因此无需进行植被管护。

- (3) 主要工程量
- 土地损毁及复垦效果监测点的布置。在区内设置观测点 2 个。变形观测点与基准点构成沉降监测网，按四等水准测量的要求进行测量。水准基准点监测频率为半年 1 次，地表变形监测频率为半年 1 次。观测记录要准确可靠，并及时整理观测资料，并与预测结果进行对比分析。

表 4-7 矿山生态修复工程措施一览表

工程名称	单元	工程内容	技术参数
土地复垦	RJ1、RJ2 井	拆除井口设施，回填表土，场地平整	回填土厚 0.5m, 压实度≥90%
	储水池、泵机房	拆除混凝土结构，清运建筑垃圾，回填平整	拆除量 2000m³, 回填土 450m³

表 4-8 矿山地质环境和生态修复监测项目汇总表

监测对象		监测内容	监测点布设	方法
矿山地质环境	地下水	水位、水温、水质	RJ1、RJ2 开采井+ZK1、ZK2 监测井	自动传感器+季度人工采样
	地质	边坡位移、裂缝	BP1、BP2、BP3 坡顶/	目视巡查

	灾害		坡脚	
生态 修复	土地 复垦	场地平整度、植被恢复（如有）	复垦区网格布点	现场核查

第五章 工作部署与实施计划

1、工作部署

(1) 矿山地质环境治理工作部署

矿山已按原二合一方案要求设立了各级保护区，树立了各级保护区界桩和标识牌，完成了水位、水温自动监测仪和在线监测计量系统的安装，按要求完成了每年度开采井和监测井的水质监测，建立了开采井水量、水位、水温记录台账。

今后矿山仍需继续开展地热水开采动态监测，地下水动态监测点为 RJ1、RJ2 开采井和 2 个监测井为 ZK1、ZK2。对热水的水量、水温、水位每天观测 1 次，地热水质全分析由采矿权人每年取样送资质监测单位分析 1 次，监测井的地热水常规指标取一次样送具有检测资质的单位测试 2 次。在矿山附近设定一个地表水取样点（Js1），采用定期水质检测，对周围地表水体的污染情况进行监测。全面掌握地热水开采过程中地下水的动态变化规律，及时发现问题并采取有效的防护措施。对开采区等灾发隐患地进行监测，发现异常需及时上报，并采取相应补救措施。同时加强生产废水、生活污水的排放和固体废弃物的收集处理，防止对矿区地下水环境产生破坏和影响；科学合理规划生产和建设规模，防止浪费占用土地资源和破坏自然地形地貌景观；加强酒店及周边生态环境保护，植树造林，美化绿化，确保区内一切生产活动有利于矿山地质环境保护与恢复治理工作。监测工程量计算日期自 2026 年 4 月至 2033 年 12 月，其中开采井水量、水质等的监测至 2030 年 12 月，监测井和地表水监测至 2032 年 12 月，地质环境监测至 2033 年 12 月。

表 5-1 矿山地质环境治理工程量表

工程项目	项目名称	单位	估算工程量	备注
监测项目	开采井水量、水位、水温观测	次	1707	1 次/天（至 2030.12）
	监测井水位、水温监测		168	2 次/月（至 2032.12）
	开采井地热水质全分析检测	件	10	1 次/年（至 2030.12）
	监测井常规指标值监测		28	2 次/年（至 2032.12）
	地表水常规指标值监测		14	2 次/年（至 2032.12）
	地质环境监测 （采用人工巡视手段包括地面沉降，地形地貌景观和土地破坏监测，一口开采井 2 个监测点，共 7 个监测点）	次	94	地质灾害 10 次/年 地形地貌景观和土地破坏监测 4 次/年 （至 2033.12）

(2) 生态修复工作部署

本矿山开采地下热水用于温泉疗养，采矿方式为地下开采，矿山闭坑后酒店仍可继续经营（酒店所占土地的土地转让时长远超本期采矿证有效期，见附件），需要拆除设施为 RJ1、RJ2 井口、储水池和泵机房。

前文已述本矿山生态修复措施主要为土地复垦，无需种植植被。因此本矿山的生态修复工作部署主要为土地复垦。

工程技术措施：复垦单元土壤性状满足土地利用现状性质的质量要求，进行拆除区内建（构）筑物，设计进行回填表土后，清理建筑垃圾和废料，再进行场地平整。工程布置：①矿山关闭后，将开采井、储水池、废水池等砌体拆除、清理。根据工程设计，估算拆除工程量为 2000m³；②回填表土，土厚 0.5m，估算工程量为 450m³，③回填后进行场地平整，场地平整工程量为 900m²。

目标任务：根据“科学合理、实事求是”原则，参照土地利用总体规划，征求土地所属行政村意见并结合土地损毁分析与预测结果，预测土地复垦责任范围内复垦土地面积 806m²，依据土地复垦适宜性评价结果，确定将复垦责任范围全部进行复垦：商服用地（建设用地）806m²，土地复垦率为 100%。矿山管护期满后土地复垦率 90%以上、郁闭度 35%以上。

$$\text{土地复垦率} = \frac{\text{复垦的土地面积}}{\text{复垦责任范围面积}} \times 100\% = 806/806 \times 100\% = 100\%。$$
单位：m²

土地复垦总工程量：根据估算土地复垦工程量汇总见表 5-2。

表 5-2 生态修复总工程量汇总表（闭坑）

项目名称	工程类别	序号	单元及分项工程	单位	工程量
土地复垦	土壤重构工程	1	砌体拆除	100m ³	20
		2	回填表土	100m ³	4.5
		3	场地平整	100m ²	9
	监测工程	1	监测工程	次	36

2、分年度实施计划

根据方案的适用年限、现持有采矿证有效期、矿山开采进度等，年度实施计划划分为两个基本阶段，即：近期（2026.04~2030.12）、远期（闭坑后）实施计划，其相对应的治理分期目标为近期治理区、远期治理区。年度实施计划的起始年以本方案编制后开始计算。各分期治理区年度实施计划阶段、各阶段的治理对象及对应的治理区域见表 5-3。

表 5-3 各分期治理年度实施计划进度表

年度实施计划	治 理 对 象	主要任务	
2026.04~ 2030.12	开采区地面沉降的预防监测 水质污染（恶化）的预防监测； 地下水资源枯竭、区域地下水均衡、地表水漏失、含水层结构改变的预防监测。	完善监测体系、开展年度巡查、评估开采影响	
闭坑后	闭坑后开展土地复垦和监测措施。	拆除井口及池体、清运垃圾	2000m ³
		回填表土	450m ³

		场地平整与验收	900m²
--	--	---------	-------

表 5-4 各年度实施计划

对象	治理部位	措施	治理区							
			近期（2026.4~2030.12）					远期（闭坑后）		
			第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年	第 8 年
含水层影响与破坏	开采井水量、水位、水温、水质监测	记录台账、水质测试								
	监测井水位、水温、水质监测	记录台账、水质测试								
	地表水水质监测	水质测试								
崩塌、滑坡预防	评估区范围	监测								
地面沉降的预防	温泉酒店区、开采井及其周围影响区域	监测								
地形地貌景观破坏	评估区范围	监测、工程								
土地资源破坏	评估区范围	监测、工程								
生态修复与管护	闭坑后，开采区	土地复垦、监测管护								

第六章、经费估算及资金来源

资金全额由采矿权人（东莞市塘厦三正半山酒店有限公司）自筹：企业经营状况良好（年营收超亿元），具备持续投入能力，企业未申请财政补贴或生态修复专项资金。

本次估算的经费共计约 18.25 万元，其中矿山地质环境治理工程监测总经费约 12.62 万元，生态修复之土地复垦经费约 5.63 万元。

表 6-1 矿山地质环境治理、生态修复经费估算总表

项目	金额（万元）
地质环境治理（监测）	12.62
生态修复工作（土地复垦）	5.63
合计	18.25

1、矿山地质环境治理工程经费估算

根据矿山地质环境影响评估结果，结合所采取的矿山地质环境保护的分类情况，矿山地质环境治理工程监测措施经费估算总经费为：126214 元，详见表 6-2。单价依据市场行情。

表 6-2 矿山地质环境治理总投资估算表（2026-2032 年）

工程项目	保护与治理方法	单位	估算工程量	单价（元）	费用（元）
监测项目	水样瓶	个	38	5	190
	开采井水量、水位、水温观测	次	1707	10	17070
	监测井水位、水温观测		42	0	0
	监测井常规指标值监测	件	28	1200	33600
	开采井地热水质全分析检测		10	5000	50000
	地表水常规指标值监测		14	1200	16800
	地质环境监测	次	94	91	8554
	总计				126214

2、土地复垦经费估算

本项目生态修复工程总投资预计为 56340 元：其中工程施工费 53100 元；监测费 3240 元。详见表 6-3。单价依据市场行情。

表 6-3 生态修复直接工程费（闭坑）

工程名称	工程类别	序号	单元及分项工程	单位	工程量	单价	费用（元）
------	------	----	---------	----	-----	----	-------

土地复垦	土壤重构工程	1	砌体拆除	100m ³	20	1800	36000
		2	回填表土	100m ³	4.5	3000	13500
		3	场地平整	100m ²	9	400	3600
		小计					53100
	监测工程	2	监测工程	次	36	90	3240
		小计					3240
	合计						56340

附表1 矿区生态修复方案编制信息

矿 山 企 业 信 息	采矿权人名称	东莞市塘厦三正半山酒店有限公司（加盖矿业权人公章）				
	统一社会信用代码	91441900761587897M		联系人	李宁兴	
	联系地址	东莞市塘厦镇迎宾大道		联系电话	/	
	采矿权证证号	C4419002020121110151066		开采方式	地下开采	
	采矿权面积	1.548 平方公里		采矿权拐点坐标	1、2523977.60 、38505706.90 2、2524151.29 、38505975.033、 2523985.40 、38506288.68 4、2523759.15 、38506166.47 5、2523657.08 、38506538.76 6、2523641.71 、38506817.51 7、2522506.14 、38506890.89 8、2522506.45 、38505707.57	
	采矿权有效期限	2020 年 12 月 3 日至 2030 年 12 月 3 日				
	开采主矿种	地热水		其他矿种	无	
	方案编制情形	☐ 首次申请采矿许可 ☐ 扩大开采区域 ☐ 缩小开采区域 ☐ 变更开采方式 ☐ 变更开采主矿种 ☐ 延续 ☒ 其他				
编 制 单 位 及 编 制 人 员	单位名称(签章)	广东省地质技术工程咨询公司				
	统一社会信用代码	914400001903213577		联系人	陈胜男	
	联系地址	广东省广州市越秀区东风东路 739 号地质大厦 B 座 9 楼		联系电话	/	
	编制负责人					
	姓名	身份证号	专 业	职务/职 称	联系电话	签 名
	李耀鸿		水工环地质	高级工程师	/	
	主要编制负责人员					
	陈胜男	/	水工环地质	高级工程师	/	
	杨勇俊	/	水工环地质	高级工程师	/	
	郭详情	/	水工环地质	高级工程师	/	
	林法威	/	水工环地质	工程师	/	