

广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井

地热资源开发利用方案

翁源县自然资源局

2024年7月

广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井 地热资源开发利用方案

申报单位：翁源县自然资源局



编制单位：广东省核工业地质局二九三大队

法定代表人：陈计中

审核人：黄宏坤

项目负责人：冀石磊



开发利用方案编写人员名单表

方案负责人				
姓名	职务	专业	技术职称	签名
冀石磊	技术员	地质矿产勘查	工程师	冀石磊
方案主要编写人员				
序号	编写人	专业	技术职称	签名
1	冀石磊	地质矿产勘查	工程师	冀石磊
2	李欣	地质矿产勘查	工程师	李欣
3	周栋文	地质矿产勘查	工程师	周栋文

广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井地热矿产资源开发利用方案综合信息表

企业名称	翁源县自然资源局																			
矿山名称	广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井																			
方案基本情况	开发利用方案名称	广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井地热矿产资源开发利用方案																		
	开发利用方案编制情形	<input checked="" type="checkbox"/> 采矿权新立 <input type="checkbox"/> 采矿权扩大拟设采矿权范围 <input type="checkbox"/> 变更开采主矿种 <input type="checkbox"/> 变更开采方式																		
	勘查/采矿许可证号																			
	勘查/采矿许可证有效期																			
矿产资源情况	评审备案资源量(保有)	1136 (单位: m ³ /d)																		
	勘查程度	<input type="checkbox"/> 详查 <input type="checkbox"/> 勘探																		
	估算可采储量	1136 (单位: m ³ /d)																		
	估算设计利用资源量	3.75 × 10 ⁵ (单位: m ³ /a)																		
开采矿种	开采主矿种	地热																		
	共生矿种																			
	伴生矿种																			
建设方案	开采方式	<input type="checkbox"/> 露天 <input checked="" type="checkbox"/> 地下 <input type="checkbox"/> 露天+地下																		
	拟建设生产规模(计量单位/年)	3.75 × 10 ⁵ 立方米/年(实际生产建设规模在矿山初步设计和安全设施设计中确定, 计量单位按照《关于调整部分矿种矿山生产建设规模标准的通知》(国土资发〔2004〕208号)中规定)。																		
	估算服务年限(年)	30年																		
拟申请采矿权拟设采矿权范围(具体以登记管理机关批准拟设采矿权范围坐标为准)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>点号</th> <th>X 坐标</th> <th>Y 坐标</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2719099.00</td> <td>38525047.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2718940.00</td> <td>38525200.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2718858.00</td> <td>38525172.00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2718908.00</td> <td>38525035.00</td> </tr> <tr> <td>拟设采矿权面积</td> <td colspan="2">0.02km²</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">2000国家大地坐标系</p>		点号	X 坐标	Y 坐标	1	2719099.00	38525047.00	2	2718940.00	38525200.00	3	2718858.00	38525172.00	4	2718908.00	38525035.00	拟设采矿权面积	0.02km ²	
点号	X 坐标	Y 坐标																		
1	2719099.00	38525047.00																		
2	2718940.00	38525200.00																		
3	2718858.00	38525172.00																		
4	2718908.00	38525035.00																		
拟设采矿权面积	0.02km ²																			
备注	矿产资源储量评审备案按照相关规定执行。																			

摘要

广东省翁源县坝仔镇半溪地热田地热资源位于翁源县30°方向，直距约45km，行政区划隶属翁源县坝仔镇所辖。中心地理坐标：东经114°14'54"、北纬24°34'23"。245省道从坝仔镇境内通过，拟设采矿权与省道之间有乡村公路相连，交通较为便利。

半溪地热田ZK02井主要热源为地下深部岩浆活动，其次为放射性物质蜕变；其地热储为隐伏于地下的北北东向102-石角围断裂带；主要导水通道为北西西向构造裂隙；主要盖层为地热储上面的花岗岩岩体。

半溪地热田ZK02井地热资源地热勘查类型为II-2型，属小型温热水地热田，热矿水可用于理疗、洗浴、采暖、温室等，利用方式为直接利用。其开采技术条件属水文地质条件复杂程度简单，工程地质条件复杂程度简单和地质环境条件中等的类型(II-3)。

查明半溪地热田ZK02井地热流体控制的可开采量为1136m³/d（降深36.79m），地热产能为1222kw；井口温度45.0℃；年开采累计可利用的热能量5.807×10⁷MJ。属于低温小型规模地热资源，其可开采量级别为控制的，其可开采量的确定基准日为2024年3月31日。

本次设计推荐采用地下开采方式。设生产规模为：开采地热流体1136m³/d或3.75×10⁵m³/a(按330d/a计)，地热流体水温45.0℃。按照《矿山生产建设规模分类》划分，半溪地热田ZK02井建设规模属大型。设计矿山服务年限为30年（以实际发证为准）。

生产工艺流程：在ZK02井用热水潜水泵抽取地热水，采用纤维玻璃钢保温管将抽取的地热引出地表并直接引入高位保温蓄水池；再由高位保温储水池通过纤维玻璃钢保温管输送到宾馆区、浸浴池等用水点直接供应地热水。

矿山若能达产，矿山企业年缴交的税金、收益金与附加约为54万元，企业的投资利税率约为4.89%，静态投资回收期约12.17年，在矿山生产年限内可以收回投资成本，并且该项目能为社会提供几十个工作岗位，说明该项目在经济上是可行的。

总之，矿山企业有一定经济效益和社会效益，开发利用其资源，可以促进当地经济的发展。

矿山企业要建设绿色矿山，在开采过程中要严格执行《矿山安全法》、《环境保护法》等法律、规程，做好安全生产和环境保护工作。

目录

第一章 概述.....	1
1.1 水源地简介.....	1
1.2 编制依据.....	4
第二章 地热资源需求现状和预测.....	7
2.1 省内外地热资源开发、需求情况和预测.....	7
第三章 地热田资源概况.....	10
3.1 地热田的总体概况.....	10
3.2 地热田资源概况.....	10
3.3 地热储特征及其埋藏条件.....	21
3.4 地热流体流场及其动态.....	23
3.5 地温场特征.....	24
3.6 地热流体化学特征.....	27
3.7 地热流体质量评价.....	29
3.8 地热资源开发技术条件.....	34
3.9 地热资源储量.....	36
第四章 主要建设方案的确定.....	43
4.1 开采方案.....	43
4.2 地热水的开采.....	45
第五章 水源保护及周围环境保护.....	48
5.1 对开采井、地热水水温、水位、水量、水质进行动态监测的具体措施.....	48
5.2 水源地的环境保护措施.....	48
5.3 水源地地质环境保护与治理恢复措施.....	49
5.4 地热资源开发环境影响.....	50
5.5 环境保护措施.....	51
第六章 水土保持方案.....	53
第七章 安全生产要求.....	55
第八章 绿色矿山建设.....	57
8.1 基本要求.....	57
8.2 规范管理.....	57
8.3 综合利用.....	57
8.4 环境保护.....	58
8.5 数字化矿山建设.....	58
8.6 矿山企业形象.....	58
8.7 保障措施.....	59
第九章 投资估算与经济效益分析.....	61
9.1 投资估算.....	61
9.2 经济效益分析.....	61
第十章 开发方案简要结论.....	63
10.1 设计利用矿产资源储量、实际生产规模和矿山服务年限.....	63
10.2 产品方案.....	63
10.3 厂址与开采输送方案.....	63
10.4 开采方式.....	63
10.5 项目经济综合评价.....	64

附表

- 1、主要开采技术指标表
- 2、综合技术经济指标表

附件：

- 1、委托书；
- 2、《广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井地热资源储量核实报告》矿产资源储量评审意见书（粤资储评审字[2024]86号，广东省矿产资源储量评审中心，2024年7月1日）；

附图：

序号	图号	附图名称	比例尺
1	I	广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井地热资源水文地质图	1:1000
2	II	广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井地热资源三级环境保护区范围图	1:1000
3	III	广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井地热资源开发利用总平面布置图	1:2000
4	IV	广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井综合柱状图	1:1000

第一章 概述

1.1 水源地简介

1.1.1 项目基本情况

采矿权人：招拍挂后确定

开采矿种：地热流体

开采方式：地下开采

生产规模： $3.75 \times 10^5 \text{m}^3/\text{a}$

拟设采矿权面积： 0.02km^2

开采标高：463m至-328.81m

服务年限：30a（以实际发证为准）

办证性质：采矿权新立登记

1.1.2 水源地位置与交通

1、水源位置

拟设广东省翁源县坝仔镇半溪地热田 ZK02 井位于翁源县 30°方向，直距约 45km，行政区划隶属翁源县坝仔镇所辖。中心地理坐标：东经 $114^{\circ}14'54''$ 、北纬 $24^{\circ}34'23''$ 。245 省道从坝仔镇境内通过，拟设采矿权与省道之间有乡村公路相连，交通较为便利（图 1-1）。

广东省翁源县坝仔镇半溪地热田拟设采矿权范围由 4 个拐点依次围合而成，面积 0.02km^2 ，开采标高 463m~ -328.81m。其拐点直角坐标（2000 国家大地坐标系）见表 1-1。

广东省翁源县坝仔镇半溪地热田 ZK02 井，其坐标（2000 国家大地坐标系）和井口高程见表 1-2。

表1-1 采矿许可证范围拐点坐标一览表

拐点号	2000坐标系	
	X	Y
1	2719099.00	38525047.00
2	2718940.00	38525200.00
3	2718858.00	38525172.00
4	2718908.00	38525035.00

表1-2 ZK02井坐标

序号	孔号	Y	X	标高 (m)	孔深 (m)
1	ZK2	2718897.12	38525098.09	328.59	657.40
2000国家大地坐标系					

1.1.3 自然地理经济及气候条件概况

1、自然地理概况

拟设采矿权位于南岭山系东段，粤东北与赣南交界处的九连山脉地带，为近东西向的丘陵区，地形的形成属侵蚀构造应力作用产物，标高 235.0m~463.5m，呈东高西低之势，最高山峰仙人顶 463.5m，最低山谷标高 235.0m，山势陡峻，一般坡度为 30°~60°，区内植被发育，以灌木、杂树为主。

2、气象水文

拟设采矿权属亚热带山地气候，温暖潮湿多雨，少见冰雪，季节性温差较大，年气温在-2~38℃之间，年平均气温为 20.8℃，最低气温在 12~1 月，最高气温在 7~8 月。年平均降雨量为 1868mm，雨季多集中在 2~5 月、6~8 月，5~6 月份多大雨或暴雨，7~8 月份多雷雨；年平均蒸发量为 1630mm，多集中在 7~9 月。年平均降水量大于年平均蒸发量，台风影响不大。本地区枯水期为每年 12 月至次年 3 月，丰水期为 5 月至 9 月，平水期为 4 月、10 月和 11 月。

区内无大型地表水体，山间水系发育，常年流水，水质及水量可满足生活及生产需要。由于区内地形切割强烈，为地表水的排泄提供了良好的条件，区内最低侵蚀基准点位于拟设采矿权西部寨下溪河床一带，其标高约 235m。区内最大河流为寨下溪，平均流量约 55.63L/s，寨下溪自东向西穿过拟设采矿权，在上角村一带汇入下庄河，后经坝仔、江尾汇入滙江，属北江水系。

3、社会经济概况

半溪地热田所在的坝仔镇，经济主要以农业为主，主要农作物包括茶树、兰花、甘蔗、蔬菜、水稻、三华李、青梅、小黄姜、玉米及毛竹等。其中，兰花和茶叶是当地的特色产业。坝仔镇山川秀丽，风景宜人，历史文化底蕴深厚，民情风俗醇厚质朴，坝仔镇致力于打造“大力发展生态经济，打造融湾生态康养旅游强镇”。为了推动经济发展，坝仔镇大力引进特色民宿、餐饮、创意园等文旅项目，打造红色康养旅游研学休闲胜地。同时，该镇还持续完善上下游产业链，打造“兰花+茶业”现代农旅融合发展示范带。在 2022 年，坝仔镇实现生产总值 7.315

亿元，财政总收入 5409 万元，税收收入 270 万元。

拟设采矿权内村民以从事农作物种植为主，以香菇、竹木等采种为辅助生活来源，农作物以稻谷为主，经济作物有油茶、花生等，山区盛产香菇、木耳等特产，其次以竹、木采植为辅助生活来源，生活水平中等，劳动力资源丰富。改革开放以来，青壮年外出打工较多，当地劳动力不充裕，当地电力由南方电网供给，能保证生产生活要求。



1-地级市；2-县、区；3-乡、镇；4-省界；5-地级界；6-铁路；7-高速铁路；8-高速公路及编号；9-高级公路；10-国道及编号；11-省道；12-河道；13-拟设采矿权位置

图 1-1 地热田交通位置图

1.1.4 水源地开采历史及现状

1、开采历史

广东省翁源县坝仔镇半溪地热田为新拟设采矿权，目前，该地热田未取得采矿权，尚未开发利用。

1.1.5 矿权设置情况

为了推进乡村振兴战略，促进翁源县经济发展，翁源县自然资源局拟设立坝仔镇半溪地热田地热资源采矿权。2021年7月24日，翁源县自然资源局委托我对广东省翁源县坝仔镇半溪地热田开展地热资源储量核实工作。

根据半溪地区温泉出露水点的水温及水系分布与断裂走向延伸的空间关系，及2021年7月24日翁源县自然资源局委托书，地热资源拟设采矿权面0.02km²，由4个拐点组成（2000国家大地坐标系）：

1.X=2719099.00, Y=38525047.00; 2.X=2718940.00, Y=38525200.00;
3.X=2718858.00, Y=38525172.00; 4.X=2718908.00, Y=38525035.00。

本次拟开采井为ZK02孔，成井深度657.40m，钻孔坐标X=2718897.12、Y=38525098.09（2000国家大地系），孔口地面标高328.59m。根据拟设采矿权位置地形标高与生产井成井深度标高，拟开采标高为463m至-328.81m。

1.1.6 编制目的

广东省翁源县坝仔镇半溪地热田为新拟设采矿权。根据原中华人民共和国国土资源部《关于加强对矿产资源开发利用方案的通知》(国土资发[1998]98号)和原广东省国土资源厅《关于委托广东省矿业协会组织审查矿产资源开发利用方案的通知》(粤国土资发[2006]254号)精神，需编制矿产资源开发利用方案，2024年7月3日，翁源县自然资源局委托广东省核工业地质局二九三大队编制矿产资源开发利用方案，我队按照广东省矿业协会关于《热矿水(或矿泉水)矿产资源开发利用方案编写要求和说明》为采矿权的设置和出让提供合理的开发利用方案。

1.2 编制依据

1.2.1 基础资料

1、区域地质（水文地质）调查

(1) 1987年，我队（华南地勘局二九三大队）开展了1:2.5万下庄地热田水文地质调查工作，初步查明了下庄地热田水文地质特征；

(2) 2013~2014年，我队实施了广东省财政厅项目《粤北贵东岩体铀资源远景调查》，开展了1:5万地质测量、1:1万地质剖面测量和物探工作，大致查明了区内地层、构造、岩浆岩的产出、分布等特征。

2、拟设采矿权地质（水文地质）工作

(1) 1970~1983年，我队对下庄—寨下地区（包含半溪地区）进行了多阶

段不同程度的地质勘查及研究，施工了大量槽探、钻探和坑探工作，初步查明了拟设采矿权位置周边地层、构造和岩浆岩出露情况，初步查明了部分隐伏构造在深部的出露情况；

(2) 2008~2009年，我队实施了中央地勘基金项目，对寨下地区施工钻孔19个，投入钻探工作量8000余米，钻孔ZK0241-1施工700m，孔深486m开始涌水，终孔后涌水量达6.98L/s，温度达40°C；开展了少量区域水文地质工作，布置了少量水文观测点和水质简分析样，初步查明了拟设采矿权位置地下水主要类型及其特征。

(3)《广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井地热资源储量核实报告》(广东省核工业地质局二九三大队，2024年5月)；

(4)《广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井地热资源储量核实报告》评审意见书(粤资储评审字【2024】86号，广东省矿产资源储量评审中心，2024年7月1日)。

1.2.2 有关法律、法规、规范、标准及文件

- (1) 《中华人民共和国矿产资源法》(2009年8月27日修正)；
- (2) 《中华人民共和国矿山安全法》(2009年8月27日修订)；
- (3) 《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001, 2009版)；
- (4) 《1:2000地形图测量规范》(GB/T6962-2005)；
- (5) 《地热资源地质勘查规范》(GB/T11615-2010)；
- (6) 《食品安全国家标准饮用天然矿泉水》(GB8537-2018)；
- (7) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996)；
- (8) 《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)；
- (9) 《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)；
- (10) 《地表水环境质量标准》(GB3838-2020)；
- (11) 《农田灌溉水质标准》(GB5084-2021)；
- (12) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)；
- (13) 《水污染物排放限值》(DB4426-2001)；
- (14) 《生产过程安全卫生要求总则》(GB12801-2008)；
- (15) 中华人民共和国国土资源部《关于加强对矿产资源开发利用方案的通知》(国土资发[1998]98号)；

(16) 广东省矿业协会关于《热矿水(或矿泉水)矿产资源开发利用方案编写要求和说明》；

(17) 《关于我省矿泉水、地热(温泉)卤水和小型粘土开采安全生产条件问题的通知》(粤安监[2006]288号文)。

第二章 地热资源需求现状和预测

2.1 省内外地热资源开发、需求情况和预测

开发利用地热流体具有广阔的前景，我们的祖先早就利用地热流体治病，明代李时珍著述的《本草纲目》中就记载有硫磺泉、砒泉、朱砂泉、矾石泉对各种疾病的疗效，说明我国对地热流体的性质、分类及用途早已有所认识。我国著名科学家李四光指出，开发利用地热能，就像人类发现煤炭、石油能够燃烧一样，开辟了人类用能的新纪元。

国外对地热资源的开发利用和勘探程度比我国高，如东南亚、日本等，并已广泛应用于工业发电、农业种养、渔业养殖、健康疗养和旅游休闲，日本已是世界著名的温泉旅游胜地。国外的勘探程度也比我国高，最深已达万米以下。

国内有不少温泉已成为著名的旅游景区和疗养胜地。如北京市小汤山温泉、陕西骊山温泉、吉林长白山温泉、新疆水磨沟温泉、云南腾冲温泉、四川药王泉、重庆南、北温泉、广东从化温泉、台湾北投温泉等。改革开放以来，特别是1996年到现在是地热资源勘查开发的快速发展时期，这是经济发展，人民生活水平提高，环保意识增强，旅游业、房地产业、现代化农业发展对地热资源需求日益增大的必然结果。大量市场资金的投入，使新增的温泉开发区逐年增多，北京、广东、天津、山东、福建、湖北、湖南、云南等省市近年的温泉开发正以惊人的速度发展。从现已开发的温泉资料统计，绝大部分经济效益比较乐观，对当地的经济的发展有明显促进作用。

广东省是温泉资源比较丰富的省区之一。据《中国温泉资源》(1:60万中国温泉分布图说明书)提供的数据，天然温泉点数居全国第三位，按温泉密度也居全国第三位。按温泉分级统计，广东省水温 $>30^{\circ}\text{C}$ 的温泉数为302处，其中 $\geq 34^{\circ}\text{C}$ 有医疗价值的温泉数为280处。但我省的温泉利用程度依然较低，利用发电的仅有丰顺县邓屋一处、用于医疗的仅从化温泉三处，部分用于洗浴和热带渔养殖，绝大部分未利用。从20世纪80年代开始，随着我省经济的快速增长，人民生活水平的不断提高，外商投资的增加，新建规模较大的温泉度假村日益增多，先后有中山三乡温泉、斗门御温泉、清远三坑温泉、恩平金山、帝都、阳江温泉和龙门

温泉等多处温泉旅游度假区，开创了温泉旅游度假开发新模式，并成为我省旅游新热点。以恩平市为例，2010年全市在温泉旅游带动下接待中外游客200万人次，旅游业总收入超过5.0亿，被原国土资源部命名为“中国温泉之乡”。

目前我省地热资源的勘查、开发方兴未艾，正从沿海经济发达区向经济较落后的边远区延伸，这必将成为我省经济可持续发展的优资之一，具有良好的开发前景。

随着国内疫情形势好转，人们休闲消费逐渐恢复，人们更加喜欢回归自然，更向往青山绿水，利用假期开展度假一日游、二日游和较长时间的休闲旅游，康乐疗养相结合的度假活动已成潮流。城市的人群喜欢到农村、山野享受自然风光，温泉自然是一个好去处。从现已开发的温泉资料统计，绝大部分经济效益比较可观，对当地的经济发展有明显的促进作用。

韶关市温泉资源较丰富，现在已开发的有乳源丽宫温泉、乳源蓝山源岭南东方、小坑经律论温泉小镇、新丰云天海温泉、曲江曹溪温泉、南雄全安温泉、仁化城口温泉等较具规模。随着人民生活水平的不断提高，越来越多人选择温泉旅游度假这种健康休闲模式，温泉度假的市场需求将越来越大。

2.1.1产品价格分析

1、利用地热资源发展旅游业

翁源县半溪地区地热田位于翁源县30°方向，直距约45km，行政区划隶属翁源县坝仔镇所辖。245省道从坝仔镇境内通过，拟设采矿权与省道之间有乡村公路相连，交通便利。

根据地热流体的水质测试结果，pH值为7.20~7.27，属弱碱性水；溶解性总固体为753~752mg/L，为中等矿化度淡水；总硬度为85.5~76.6mg/L，属软水。偏硅酸含量为74~72mg/L，为硅水。根据降压试验结果该地热流体温度为45°C，为温热水。水中放射性未见异常。氟化物含量为6.8~6.1mg/L，为氟水；达到医疗地热流体氟水命名标准，水化学成分对取水设施和输水管道的腐蚀性较小，便于取水设施和用水设施的维护。由上可见，水质特征适合保健疗养用水。

从交通条件和地热流体的开采条件及可采水量、水温和水质而言，半溪地热田资源适合开发建设以休息、保健和旅游为主的度假村。对于当地来说，合理开发利用当地的天然资源，往往可起到事半功倍的效果，尤其是开发建设温泉旅游

度假村，其所产生的不只是直接经济效益，更重要的是对推销和宣传当地的土特产，带动种养业及旅游业和其他第三产业的发展，改善投资环境，加快当地招商引资步伐，解决就业问题，促进当地经济发展都将起到积极的作用。根据开发建设者的规划和设计意图，该项目供水系统建设总投资约920万元，预测税后年利润约75.6万元，形成45万元税收，项目预计12.17年实现投资回收。

目前，我省利用温泉资源开发建设度假村已进入较为成熟的阶段，其经济效益往往取决于度假村所处的位置、自然环境、温泉的可采水量及水温、建设理念与规模、服务管理水平等。应根据人民消费需求的变化、总结其他温泉度假村成功的经验，科学合理地开发利用该地热资源，提高社会效益和经济效益。

第三章 地热田资源概况

3.1 地热田的总体概况

3.1.1 水源地的总体规划情况

半溪地热田地处华南粤北山区,该地区年平均气温较高,零度以下气温少见,半溪地热田ZK02井热矿水中的氟、偏硅酸及温度达到了有疗养价值浓度,因此该地热田主要潜在利用方式为温泉、洗浴和理疗。该地热田附近无工业污染和居民点,周围自然生态环境保持良好,是个一处理想的地热资源温热水水源地。半溪地热田ZK02井在拟设采矿权范围内,水源地建立的三级保护区,其中一级保护区也在拟设采矿权范围内,在管理上对水源地的环境保护十分有利。

在半溪地热田ZK02井西北侧约500m处正在修建假日酒店,有利于地热矿泉水开发利用。

3.1.2 水源地矿产资源概况

从分析结果看,半溪地热田ZK02井地热流体水化学类型均为 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型;pH为7.20~7.27,属弱碱性水;溶解性总固体为753~752mg/L,为中等矿化度淡水;总硬度为85.5~76.6mg/L,属软水。氟化物含量为6.8~6.1mg/L,为氟水;偏硅酸含量为74~72mg/L,为硅水。根据降压试验结果该地热流体温度为 45°C ,为温热水。水中放射性未见异常。因此,半溪地区热矿水初步命名为含氟偏硅酸-重碳酸钠型温热水。

通过勘查论证和评审认定,查明半溪地热田ZK02井地热流体控制的可开采量为 $1136\text{m}^3/\text{d}$,地热产能为 1222kw ;井口温度 45.0°C ;年开采累计可利用的热能量为 $5.807\times 10^7\text{MJ}$ 。属于低温小型规模地热资源,其可开采量级别为控制的,其可开采量的确定基准日为2024年3月31日。

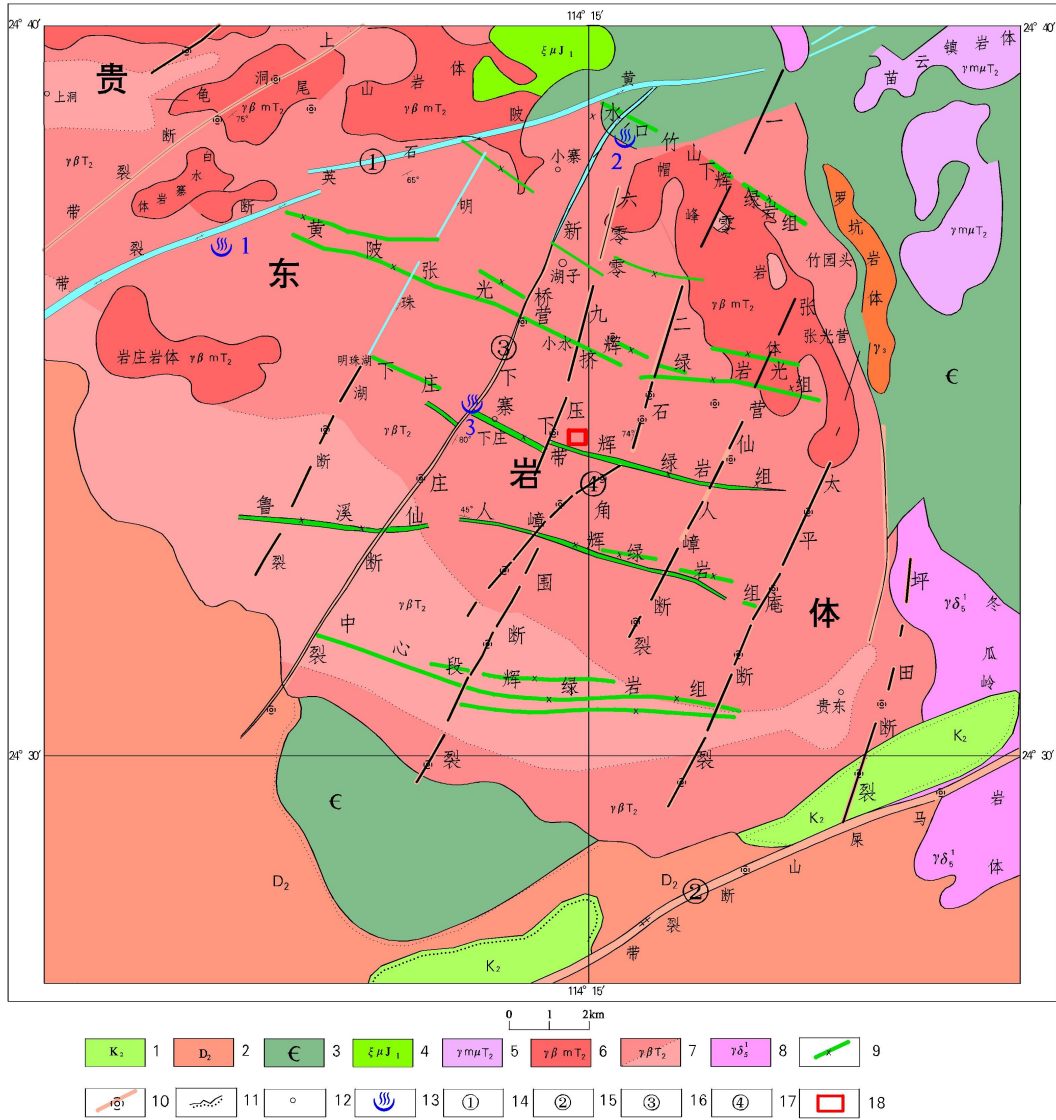
3.2 地热田资源概况

3.2.1 地热田的地质及构造

3.2.1.1 区域地质

1、地层

区域地层主要为寒武系水石组、泥盆系中统杨溪组、老虎头组和春湾组、白垩系上统丹霞组等。



1、白垩系上统；2、泥盆系；3、寒武系；4、英安斑岩；5、细粒白云母花岗岩；6、中细粒二云母花岗岩；7、印支期花岗岩；8、花岗闪长岩；9、辉绿岩带；10、硅化带；11、地层不整合线；12、居民点；13、热点；14-黄陂石英断裂带；15-马屎山断裂带；16、新桥-下庄断裂带；17、102-石角围断裂带；18、拟设采矿权位置；资料来源：二九三大队

图3-1半溪地区区域地质图

(1) 寒武系

主要出露在贵东岩体外围的北部、东部和南部，为寒武系水石组，岩性主要以灰绿-黄绿色条纹或条带状泥质板岩、绢云母板岩、绢云千枚岩、变质粉砂岩为主，夹变质细粒长石石英砂岩、细粒长石石英杂砂岩、碳质层、含腕足类。

(2) 泥盆系

主要分布在贵东岩体的南部，为泥盆系中统杨溪组、老虎头组和春湾组，杨溪组主要岩性为紫红、灰褐、黄褐、黄白色厚层状-块状复成分砾岩、石英质砾

岩、含砾杂砂岩、粗-细砂岩夹粉砂岩等；老虎头组主要岩性为紫灰、灰褐、灰白、黄白色中厚层状-块状长石石英砂岩、石英砂岩夹粉砂岩、含砾砂岩、泥岩等；春湾组主要岩性为灰白、黄褐、灰褐、浅紫红色中薄层状粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩夹细粒长石石英砂岩、泥岩等。

（3）白垩系

主要分布在贵东岩体的东南部边缘，为白垩系上统丹霞组，主要出露的岩性为紫红、砖红色厚层-巨厚层状砾岩、砂砾岩、含砂砂岩、不等粒长石石英砂岩，夹砂质粉砂岩和粉砂质泥岩等。

（4）第四系

分布于坝仔、司前街、南径等一带的河流两侧和山沟等低洼地段。由粘土、亚粘土、砂、砾、卵石等组成。

2、岩浆岩

（1）酸性岩

主要岩石为印支期花岗岩，岩性为粗粒巨斑状黑云母二长花岗岩，小岩体主要有印支期的鲁溪岩体、下庄岩体、帽峰岩体、龟尾山岩体、岩庄岩体、白水寨岩体；其中鲁溪岩体岩性主要为粗粒斑状黑云母花岗岩，黑云母常见绿泥石化，主要基质组成为斜长石、石英、黑云母；下庄岩体岩性为中粒斑状黑云母花岗岩，主要矿物组成为碱性长石、斜长石、石英及黑云母，帽峰岩体、龟尾山岩体、岩庄岩体、白水寨岩体岩性为细粒二云母花岗岩，似斑状结构，矿物组成为碱性长石、斜长石、石英、黑白云母。花岗岩岩石受早期动力变质明显，过渡相岩石可见长石斑晶破碎、双晶挠曲，黑云母破碎后被熔蚀或挤压成束状，石英早期破碎，呈缝合线状交接。花岗岩自变质交代作用和气液蚀变强烈，形成多期次迭加。主要有钾长石化、钠长石化、云英岩化、电气石化、绿泥石化、绿帘石化、伟晶岩化、白云母化、绢云母化和硅化、绢云母-伊利石化（水云母化）、高岭土化（蒙脱石化）、碳酸盐化等。

（2）中酸性岩

中酸性岩主要为石英正长岩、英安斑岩。石英正长岩分布在岩体北部、西部和深部，属印支第四阶段的浅成侵入体，往往与补体花岗岩相伴生。岩性为中粗粒斑状石英正长岩或细粒石英正长岩。英安斑岩（主要为上洞岩体）分布在北部

及岩体外接触带，为中酸性超浅成侵入产物。它受东西向构造控制，呈岩株和岩脉产出。

（3）中基性岩

中基性岩主要为纤闪石化辉绿岩、角闪辉绿岩等，成组成群分布，从北往南分布有水口—竹山下（第一组）、黄陂—张光营（第二组）、下庄—寨下（第三组）、鲁溪—仙人嶂（第四组）、中心段（第五组）等辉绿岩组，约呈3~4km的等间距分布。矿物成分：斜长石，主要是拉、中长石，含量45%~53%；角闪石，含量30%~46%，部分50%~70%。辉石8%，石英5%。其次有磁铁矿、黄铁矿、绿帘石等；普遍具纤闪石化，具辉绿结构、岗纹辉绿结构、自形半自形粒状结构等。

3、区域构造

区域主要有东西向（北西西向）、北东东向和北北东向三组构造带。

（1）东西向（北西西向）构造带

由韧性剪切带、挤压带和中基性岩脉等组成的复杂构造带，属于冷洞—司前一竹山下和大宝山—白门楼—仙人嶂东西向复杂构造带的组成部分，从北往南依次有水口—竹山下、黄陂—张光营、下庄—寨下、鲁溪—仙人嶂、中心段五组，充填岩性主要为辉绿岩；另外还有雷打山、大帽峰、石土岭、阿婆髻等四组东西向糜棱岩带。

（2）北东东向构造带

该组构造带区域上属粤北山字型构造东翼弧组成部分，有北西部的黄陂石英断裂带，南东部的马屎山断裂带，两带之间还有同序次低级别的蚀变碎裂岩带，呈等间距分布。以充填白色块状高温石英为主，压扭性，左行扭动，普遍可见其错移辉绿岩脉等。黄陂石英断裂带与马屎山断裂带之间具断陷带性质，为全南断陷带南西段，与红盆分布紧密相联系。

（3）北北东向构造带

该组构造带区域上属油山—下庄新华夏系的一部分，为后期活动的构造，压扭性，多为左行扭动，错移早形成的辉绿岩、挤压带、石英断裂带等，成组分布，以充填各色微晶石英、沥青铀矿、黄铁矿、赤铁矿、萤石、方解石等为主要特征。从西往东有明珠湖、新桥—下庄、102—石角围、仙人嶂—张光营、太平庵、坪

田等六组，分布幅度宽约23km，约呈3km的等间距分布。

地热田位于102-石角围断裂带与下庄-寨下辉绿岩组交汇部位附近。

①102—石角围断裂带：位于拟设采矿权中东部，产状 $295^{\circ}\sim 305^{\circ}\angle 75^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ，长 $>16\text{km}$ ，宽 $1\sim 3\text{m}$ ，局部 $10\sim 30\text{m}$ ，呈右列式展布，具分支复合，局部扭动时张开，是拟设采矿权内的主要含水构造之一，在以往的地质钻探工作中，在石角围一带揭露到涌水钻孔ZK0241-1，涌水量达 6.98L/s ，温度达 40°C 。

②北西西向构造：主要为下庄-寨下辉绿岩组，区内走向延伸长约 1.5km ，东西向横贯拟设采矿权位置，脉宽 $40\text{m}\sim 50\text{m}$ ，局部达 100m ，整体产状 $10^{\circ}\sim 40^{\circ}\angle 75^{\circ}\sim 85^{\circ}$ ，局部有倒转现象，沿走向、倾向与花岗岩呈现凹凸不平的锯齿状接触，厚度变化大，为张性构造。被后期北东、北北东向构造错断，沿走向和倾向都有膨大、收缩、分支现象，带内充填的辉绿岩呈暗绿色、绿色，致密块状，岩石结构呈半自形柱粒结构、细粒结构、辉绿结构、残余辉绿结构等多种结构。

3.2.1.2 地热田地热地质条件

1、地质条件

(1) 地层

拟设采矿权范围内出露地层为第四系（Q），出露面积约占拟设采矿权总面积的10%，分布于拟设采矿权东南侧低洼地段，为第四系河漫滩冲积层，厚度 $0\sim 2.5\text{m}$ ，主要成分为石英颗粒、黏土以及少量卵石。

(2) 构造

拟设采矿权内主要有北北东向和北西西向两组构造。拟设采矿权位于北北东向102-石角围断裂带的西南延伸方向，102-石角围断裂带在此处隐伏。102-石角围断裂带产状 $295\sim 305^{\circ}\angle 75\sim 80^{\circ}$ ，长 $>16\text{km}$ ，宽 $1\sim 3\text{m}$ ，局部 $10\sim 30\text{m}$ ，呈右列式展布，具分支复合，局部扭动时张开，是区内的主要含水构造之一。拟设采矿权内地表出露的北北东向构造带主要有F1号带和F2号带。拟设采矿权内北西西向构造带主要为下庄-寨下辉绿岩组，区内走向延伸长约 1.5km ，东西向横贯拟设采矿权位置，脉宽 $40\text{m}\sim 50\text{m}$ ，局部达 100m ，整体产状 $10^{\circ}\sim 40^{\circ}\angle 75^{\circ}\sim 85^{\circ}$ ，局部有倒转现象，沿走向、倾向与花岗岩呈现凹凸不平的锯齿状接触，厚度变化大，为张性构造。被后期北东、北北东向构造错断，沿走向和倾向都有膨大、收缩、分支现象，带内充填的辉绿岩呈暗绿色、绿色，致密块状，岩石结构

呈半自形柱粒结构、细粒结构、辉绿结构、残余辉绿结构等多种结构。

(3) 岩浆岩

拟设采矿权内岩浆岩广泛分布，约占拟设采矿权总面积的 90%，其主要岩性为印支期中粒斑状黑云母花岗岩和辉绿岩。印支期中粒斑状黑云母花岗岩岩石坚硬致密，裂隙不发育，岩石多呈花岗结构、似斑状结构，块状构造。风化后多呈灰白色，松散。岩石主要由斑晶和基质组成，此外含少量的磷灰石、锆石和金属不透明矿物等副矿物；斑晶主要为钾长石，粒径 5.0~23.0mm，见卡氏双晶、格子双晶，部分蚀变成粘土等致使表面混浊，颗粒碎裂，见大的钾长石颗粒中包含小的斜长石、石英颗粒；基质主要由钾长石、石英、斜长石、黑云母和少量白云母等组成，中细粒花岗结构，粒径多为 0.3~3.5mm。其中，钾长石为不规则粒状的正长石、条纹长石、微斜长石，见条纹结构、格子双晶，部分蚀变成粘土等致使表面混浊；斜长石为较自形的酸性长石，颗粒碎裂，见聚片双晶，局部双晶纹弯曲断裂，部分蚀变成粘土、绢云母等致使表面混浊；石英呈他形粒状，局部交代长石，见晶内裂隙、重结晶、波状消光现象；黑云母呈片状、条状，部分蚀变成白云母、绿泥石，并析出铁质；白云母，片状，干涉色鲜艳，少量副矿物为磷灰石、锆石和金属不透明矿物。磷灰石，自形粒状、柱状，正中突起，一级暗灰干涉色，少量锆石，自形粒状，正极高突起，干涉色鲜艳，偶见金属不透明矿物，不规则粒状，部分已氧化，不均匀分布于岩石中。辉绿岩呈暗绿色、绿色，拟设采矿权内以岩组形式出露，主要充填在北西西向张性构造中。矿物成分：斜长石，主要是拉、中长石，含量 45%~53%；角闪石，含量 30%~46%，部分 50%~70%。辉石 8%，石英 5%。其次有磁铁矿、黄铁矿、绿帘石等；普遍具纤闪石化，具辉绿结构、岗纹辉绿结构、自形半自形粒状结构等。

2、水文地质条件

区域内地下水类型按赋存条件划分，主要有松散岩类孔隙水、块状岩类风化裂隙水和块状岩类构造带裂隙水 3 大类。其水文特征分述如下：

(1) 松散岩类孔隙水

该类型地下水主要赋存于第四系河漫滩冲积层中，主要分布于拟设采矿权东南侧低洼地段。主要由大气降水补给，以下降泉形式出露，其厚度为 0~2.5m，为完全氧化带水，富水性和透水性较好，水量较小，常以下降泉的形式排泄，泉

水流量受季节变化影响明显。可溶性总固体 $< 50\text{mg/L}$ ，水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Mg}$ 为主。

(2) 块状岩类风化裂隙水

该类型地下水主要赋存于基岩的风化破碎裂隙带中，拟设采矿权内广泛分布，多出露在沟谷两侧或陡壁处，多以下降泉形式出露。富水性差，透水性、补给和排泄条件较好。其循环深度决定于基岩裂隙、节理的发育程度，一般循环深度为几米到几十米不等。流量为 $0.033\sim 0.114\text{L/s}$ ，主要受大气降水补给，以下降泉形式出露，随季节变化明显，雨季水量大，旱季水量小。可溶性总固体一般为 $10\sim 400\text{mg/L}$ 。水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-(K+Na)}$ 为主。

(3) 块状岩类构造带裂隙水

该类地下水主要赋存于构造裂隙中。水量和运动方向均受构造影响，是地下水形成的主要通道。区域主要构造有北北东和北西向两组，北东向和北西向构造带为主要含水构造，影响着地下水运动方向并为地下水提供储存空间，北东向为构造带是拟设采矿权内的主要地热储，北西向构造带是拟设采矿权内的主要导水通道。该类地下水主要受大气降水和风化裂隙水补给，以下降泉或上升泉形式出露，流量为 $0.022\sim 2.970\text{L/s}$ 。呈带状或透镜状分布，可溶性总固体一般在 $100\sim 600\text{mg/L}$ 之间，pH 值为 $6.5\sim 7.3$ ，水温 $23\sim 42^\circ\text{C}$ ，水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-Na}\cdot\text{Ca}$ 型为主，微酸性-中性。

3、地热地质条件

拟设采矿权位于 102-石角围断裂带范围内，该断裂带为一条活动多期次的深大断裂，该组深断裂的出现能把地壳深部的热量带到地表；北西向构造带为一组张性断裂带，张性裂隙发育，为大气降水的导入提供了良好地通道；而北东向 102-石角围断裂在拟设采矿权内隐伏，其上部的花岗岩体坚硬致密，对构造内的地热流起着良好地保温作用。因此拟设采矿权为地热资源的形成提供了良好的成矿条件。

4、地热田边界条件

半溪地热田属对流型地热系统，即大气降水沿北西西向张性裂隙进入地下深循环，并在北北东向深大断裂带汇集，由北北东向深大断裂切割导出的热量对地下水进行加热形成地热流体，最后通过钻孔、构造裂隙在低洼地段流出，形成温

泉。由此可见，半溪地热田地热储后北北东向构造带严格控制，热储层主要呈狭长的带状分布，局部出现似层状分布。依据ZK02钻孔所揭露的地层岩石特征、孔内地温、地热流体产量和水温等条件综合判断，该地热田地热流体受北北东向102-石角围断裂带控制，因此推测拟设采矿权内地热储与隐伏的102-石角围断裂走向相同，为北北东向。地热储中心为102-石角围断裂带与北西西向下庄-寨下辉绿岩组的上盘交汇位置，其西南侧边界为下庄-寨下断裂的下盘面，北东向边界不清。依据水化学温标计算得出，半溪地热田地热流体循环深度为1920m，同时前人在本区开展大量钻孔找矿工作，当钻孔深度小于500m时均未揭露温泉，故认为本地热田地热储上下边界为500~1920m。

3.2.2 地热田水文地质

3.2.2.1 区域水文地质条件

1、水文地质

区域地下水主要类型有孔隙水、风化裂隙水、构造裂隙水，分别赋存于第四系松散层、风化裂隙、构造破碎带中。按地下水成因和埋藏条件，将本区地下水分为潜水与承压水。

(1) 第四系孔隙潜水

该类型地下水区域分布面积较小，此类潜水主要赋存于第四系冲积、洪积和残积物中，分布于沟谷平缓地段，山坡与山涧盆地（洼地）及两河交汇部位等。主要由大气降水补给，以下降泉形式出露，流量 0.002~0.300L/s，其厚度为 0~10m，为完全氧化带水，富水性和透水性较好，水量较小，常以坡积下降泉的形式排泄，泉水流量受季节变化影响明显。矿化度小于 50mg/L，水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-(K+Na)}$ 为主。

(2) 风化裂隙潜水

区域广泛分布，多出露在沟谷两侧或陡壁处，主要赋存于基岩的风化破碎裂隙带中，多以下降泉形式出露，部分为微承压水。含水性、透水性、补给和排泄条件都较好。其循环深度决定于基岩裂隙、节理的发育程度，一般循环深度为几米到几十米不等。流量为 0.003~0.537L/s，主要受大气降水补给，以下降泉形式出露，随季节变化明显，雨季水量大，旱季水量小。矿化度一般为 10~400mg/L。水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-(K+Na)}$ 和 $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\text{-(K+Na)}$ 型为主。

(3) 构造带裂隙承压水

构造带裂隙承压水主要赋存于构造裂隙及构造硅化带中。水量和运动方向均受构造影响，是地下水形成的主要通道。区域主要构造有北北东、北东东向和北西西向三组，北北东向和北东东向构造带为主要含水构造，影响着地下水运动方向并为地下水提供储存空间，同时，也为矿床充水提供水源和通道。主要受大气降水和风化裂隙水补给，以下降泉或上升泉形式出露，流量为 0.003~0.600L/s。呈带状或透镜状分布，矿化度一般在 100~600mg/L 之间，pH 值为 6.5~7.3，水温 23~56℃，水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-(K+Na)}$ 和 $\text{HCO}_3\text{-(K+Na)·Ca}$ 型为主，微酸性-中性。

2、地下水补径排条件

根据以往长期动态观测资料显示，区域地下水主要受大气降水补给，地下水是地表水的经常性补给源，地表水的流量主要随大气降雨量的变化而变化。本区地形较为陡峻、切割强烈，地表水的自然疏干条件较好。

第四系残坡积层孔隙含水层的地下水由大气降水直接补给。其排泄以蒸发和下降泉为主，部分补给基岩裂隙含水层。

基岩裂隙含水层主要由大气降水通过孔隙含水层间接补给，部分由大气降水直接补给。其排泄以下降泉及补给断裂构造含水层为主。

构造裂隙含水层主要受基岩裂隙含水层直接补给，部分出露于地表的构造会直接受到大气降水的补给。

表3-1 半溪地区区域地热水水质分析一览表

名称 分析项目	pH	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	偏硅酸 (mg/L)	游离 CO ₂ (mg/L)	侵蚀 CO ₂ (mg/L)	矿化度 (mg/L)	总硬度 (mg/L)
新桥温泉	6.37	53.89	23.28	58.17	9.26	420.46	23.57	7.43	82.07	33.61	0.00	407	183.41
下庄地区 ZK0214-2	8.19	214.60	25.90	56.20	6.93	725.10	51.01	10.83	24.31	11.60	1.08	748	168.90
白水寨温泉	7.54	17.77	7.38	20.10	1.97	122.80	0.64	0.95	15.99	6.00	17.30	136	58.30
寨下地区 ZK0241-1	7.44	135.00	5.01	26.44	0.99	450.00	12.00	0.48	32.33	67.76	0.00	463	70.15
上爱温泉	7.22	28.10	9.85	185.70	20.18	625.00	64.36	4.39	35.20	40.62	0.00	653	546.80
36公里 ZK116A-1	6.01	125.80	32.90	72.33	7.41	636.48	24.17	9.28	90.01	69.54	0.00	605	211.15

3.2.2.2 地热田水文地质条件

区域内地下水类型按赋存条件划分，主要有松散岩类孔隙水、块状岩类风化裂隙水和块状岩类构造带裂隙水3大类。其水文特征分述如下：

1、松散岩类孔隙水

该类型地下水主要赋存于第四系河漫滩冲积层中，主要分布于拟设采矿权东南侧低洼地段。主要由大气降水补给，以下降泉形式出露，其厚度为0~2.5m，为完全氧化带水，富水性和透水性较好，水量较小，常以下降泉的形式排泄，泉水流量受季节变化影响明显。可溶性总固体 $< 50\text{mg/L}$ ，水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Mg}$ 为主。

2、块状岩类风化裂隙水

该类型地下水主要赋存于基岩的风化破碎裂隙带中，拟设采矿权内广泛分布，多出露在沟谷两侧或陡壁处，多以下降泉形式出露。富水性差，透水性、补给和排泄条件较好。其循环深度决定于基岩裂隙、节理的发育程度，一般循环深度为几米到几十米不等。流量为 $0.033\sim 0.114\text{L/s}$ ，主要受大气降水补给，以下降泉形式出露，随季节变化明显，雨季水量大，旱季水量小。可溶性总固体一般为 $10\sim 400\text{mg/L}$ 。水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-(K+Na)}$ 为主。

3、块状岩类构造带裂隙水

该类地下水主要赋存于构造裂隙中。水量和运动方向均受构造影响，是地下水形成的主要通道。区域主要构造有北北东和北西向两组，北东向和北西向构造带为主要含水构造，影响着地下水运动方向并为地下水提供储存空间，北东向为构造带是拟设采矿权内的主要地热储，北西向构造带是拟设采矿权内的主要导水通道。该类地下水主要受大气降水和风化裂隙水补给，以下降泉或上升泉形式出露，流量为 $0.022\sim 2.970\text{L/s}$ 。呈带状或透镜状分布，可溶性总固体一般在 $100\sim 600\text{mg/L}$ 之间，pH值为 $6.5\sim 7.3$ ，水温 $23\sim 42^\circ\text{C}$ ，水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-Na}\cdot\text{Ca}$ 型为主，微酸性-中性。

3.3 地热储特征及其埋藏条件

3.3.1 地热储特征

1、岩性特征

半溪地热田地热储周边围岩主要为中粒斑状黑云母花岗岩和辉绿岩。中粒斑状黑云母花岗岩岩石坚硬致密，裂隙不发育，岩石多呈花岗结构、似斑状结构，块状构造。风化后多呈灰白色，松散。岩石主要由斑晶和基质组成，此外含少量的磷灰石、锆石和金属不透明矿物等副矿物；斑晶主要为钾长石，粒径5.0~23.0mm，见卡氏双晶、格子双晶，部分蚀变成粘土等致使表面混浊，颗粒碎裂，见大的钾长石颗粒中包含小的斜长石、石英颗粒；基质主要由钾长石、石英、斜长石、黑云母和少量白云母等组成，中细粒花岗结构，粒径多为0.3~3.5mm。辉绿岩呈暗绿色、绿色，拟设采矿权内以岩组形式出露，主要充填在北西西向张性构造中。矿物成分：斜长石，主要是拉、中长石，含量45%~53%；角闪石，含量30%~46%，部分50%~70%。辉石8%，石英5%。其次有磁铁矿、黄铁矿、绿帘石等；普遍具纤闪石化，具辉绿结构、岗纹辉绿结构、自形半自形粒状结构等。

2、构造特征

拟设采矿权内主要有北北东向和北西西向两组构造。拟设采矿权位于北北东向102-石角围断裂带的西南延伸方向，102-石角围断裂带在此处隐伏。102-石角围断裂带产状 $295\sim 305^{\circ}/75\sim 80^{\circ}$ ，长>16km，宽1~3m，局部10~30m，呈右列式展布，具分支复合，局部扭动时张开，是区内的主要含水构造之一。拟设采矿权内地表出露的北北东向构造带主要有F1号带和F2号带。拟设采矿权内北西西向构造带主要为下庄-寨下辉绿岩组，区内走向延伸长约1.5km，东西向横贯拟设采矿权位置，脉宽40m~50m，局部达100m，整体产状 $10^{\circ}\sim 40^{\circ}/75^{\circ}\sim 85^{\circ}$ ，局部有倒转现象，沿走向、倾向与花岗岩呈现凹凸不平的锯齿状接触，厚度变化大，为张性构造。被后期北东、北北东向构造错断，沿走向和倾向都有膨大、收缩、分支现象，带内充填的辉绿岩呈暗绿色、绿色，致密块状，岩石结构呈半自形柱粒结构、细粒结构、辉绿结构、残余辉绿结构等多种结构。

3、地热储形态特征

半溪地热田区域构造岩浆活动频繁，区内北西西向、北东东向、北北东向断裂构造十分发育。根据前人多年来在贵东岩体内的地质工作成果及地质修测结

果：北北东向和北东东向构造为区内的深大断裂，地下热水大多储存在这些深大断裂内部，这些北北东向和北东东向的构造构成了半溪地区地热田区域的主要地热储。热储层主要呈狭长的带状分布，局部出现似层状分布。

从半溪地区地热田区域温泉出露及钻孔揭露情况看，半溪地区几乎所有温泉出露点均位于北北东向深大断裂附近。102-石角围断裂带拟设采矿权内的主要含水构造之一。半溪地热田拟开采井ZK02，位于区域深大断裂102-石角围断裂带西南延伸区域内，102-石角围断裂带在该区域隐伏，地表未出露。因此，102-石角围断裂带为本半溪地热田的主要地热储。

4、地热储盖层特征

半溪地区地热田区域水主要储存于北北东向和北东东向断裂构造带中，构造带围岩主要为花岗岩，这类花岗岩岩体裂隙不发育，富水性差，为隔水层，能很好的起到隔水隔热的作用。拟设采矿权内的第四系松散覆盖层也能起到一定的隔热作用。区内地热储大多表现为前期张开、后期压扭的特性，前期张开很好的为热水的存储提供空间，后期由于构造体系的复合和干扰，应力作用的集中和强化，使构造产生切割、拐弯和闭合等现象，将构造带内的地下热水分割成脉状，连通性变差；同时压扭的构造特性也使得热量不易于散发；起到了较好的隔水、隔热作用。根据钻探揭露资料，ZK02井主要出水段在深度574m至616m，物探测井资料显示，ZK02井主要出水段在深度约592m，因此，ZK02井盖层厚度约574m。

半溪地区地热田储量拟设采矿权位置地热储为隐伏于地下的102-石角围断裂带，其上部坚硬致密的花岗岩为地热储起着良好的保温隔水作用，是该地热资源形成的良好盖层。

3.3.2 地热储埋藏条件

1、工程揭露情况

半溪地热田拟设采矿权地热储为隐伏地下的102-石角围断裂带，根据102-石角围断裂带在东北部的出露特征情况看，该地热储产状 $115\sim 125^{\circ}\angle 75\sim 80^{\circ}$ ，宽1~3m，局部10~30m，呈右列式展布，具分支复合特征。从拟设采矿权揭露情况看，ZK0241-1及ZK02均为揭露102-石角围主带。从地下热水出露情况看，ZK0241-1主要出水位置为537.20m，标高约为-225.00m，水头标高大于315.19m；ZK02主要出水位置为574.00~616.00，标高约为-245.00~-287.00m。局部扭动时

张开本热储赋存的热矿水承压力较高，前人施工的ZK0241-1孔截穿热储含水带时，其承压水位高出孔口约6m，ZK0241-1孔热矿水呈自流状态，单井涌水量为6.98L。

3.3.3 热源及导水通道

1、热源

半溪地区区域具有“五中心”（晚期花岗岩浆活动中心、中基性岩浆上涌中心、铀活化中心，晚期断裂构造活动中心、晚期热液活动中心）特征，多期次强烈的构造岩浆活动形成多次热液活动，这些频繁的地质作用也为区内的地热资源提供了大量的热量补充。

其次，半溪地区地壳成熟度高，具有二元结构的富铀层，铀丰度高；地壳有二次以上拉张，区域性深大断裂切割岩体，地幔物质多次上涌，提供丰富铀源；丰富的放射性物质的蜕变，也能为区内地热资源形成提供少量的热量。

2、导水通道特征

半溪地区区域构造活动频繁，北西西向构造发育，该组构造带早期呈张性，填充基性岩脉（主要为辉绿岩），后期压扭，形成韧性剪切带，岩石破碎，裂隙发育，部分呈张性。这些北西西向的构造裂隙为大气降水下渗提供了通道，控制了地下热水的形成，入渗的大气降水经深部循环加热形成地下热水。地下热水在一定深度后，沿着北北东向或北东东向深大断裂构造上升，在地形切割剧烈地段，成为热水集中涌出的有利地段。

半溪地热田地热储量拟设采矿权位置内，北西西向构造发育，下庄-寨下辉绿岩组在拟设采矿权中南部穿过，脉宽40m~50m，整体产状 $10^{\circ}\sim 40^{\circ}\angle 75^{\circ}\sim 85^{\circ}$ ，局部有倒转现象，沿走向、倾向与花岗岩呈现凹凸不平的锯齿状接触，厚度变化大，为张性构造。被后期北东、北北东向构造错断，沿走向和倾向都有膨大、收缩、分支现象，带内充填的辉绿岩呈暗绿色、绿色，岩石结构呈半自形柱粒结构、细粒结构、辉绿结构、残余辉绿结构等多种结构。辉绿岩组岩石破碎，裂隙发育，为半溪地热田的大气降水入渗提供了通道。

3.4 地热流体流场及其动态

半溪地区地热田地热流体主要赋存于102-石角围断裂带地热储中，根据

ZK02地热流体水位情况，结合前人在本地区开展勘查成果认为：半溪地区属地热流体地热流体排泄区，即以102-石角围断裂带为中心地热流体向两侧花岗岩补给，因此其流场水头以102-石角围为中心向两侧花岗岩逐步降低。

对ZK02探采结合孔开展了地热流体动态观测工作，详细数据见表3-2和图3-16。通过ZK02钻孔地热流体动态观测数据可以看出，ZK02号探采结合孔施工完成后流量为4.348L/s，其自流量在2023年11月份最大，最大流量可达4.766L/s；而后流量逐步减小，在2024年2月份和3月份自流量最小，最小流量为2.798L/s，其后自流量有所上升。

从地热流体温度看，ZK02探采结合孔地热流体温度较为稳定，其温度除个别数据为42.5℃外，其余数据均为42.0℃。由此可见半溪地热田地热流体补给充足，其温度不受大气温度及流量变化影响。

3.5 地温场特征

在ZK02井施工过程中，开展了系统的测井温工作。井温测量在施工停止后，静置12h以上开展的，测出的井温曲线图见图3-1。



图3-1 半溪地热田ZK02井系统测温曲线图

表3-2 半溪地热田ZK02孔地热流体动态观测数据一览表

年月日	流量(L/s)	水温(°C)	气温(°C)	年月日	流量(L/s)	水温(°C)	气温(°C)
2023.10.28	4.348	42.0	25.0	2024.02.14	2.883	42.5	21.0
2023.11.02	4.539	42.0	28.0	2024.02.22	2.798	42.0	10.0
2023.11.09	4.766	42.0	22.0	2024.02.27	2.798	42.0	6.0
2023.11.20	4.539	42.0	23.0	2024.03.02	2.798	42.0	11.0
2023.11.27	3.922	42.5	26.0	2024.03.07	2.798	42.0	12.0
2023.12.03	3.523	42.5	15.0	2024.03.12	2.798	42.0	19.0
2023.12.08	3.332	42.0	20.0	2024.04.01	3.332	42.0	26.0
2023.12.13	3.239	42.5	19.0	2024.04.06	3.523	43.0	16.0
2023.12.18	3.148	42.0	7.0	2024.04.11	3.332	42.5	25.0
2023.12.23	3.059	42.0	5.0	2024.04.17	3.059	43.0	21.0
2023.12.28	3.059	42.0	18.0	2024.04.22	3.239	42.0	26.0
2024.01.02	3.059	42.0	16.0	2024.04.27	2.883	42.0	23.0
2024.01.07	3.059	42.0	20.0	2024.05.02	2.970	43.0	19.0
2024.01.12	3.059	42.0	17.0	2024.05.07	2.798	42.0	24.0
2024.01.18	3.059	42.0	21.0	2024.05.12	2.883	42.0	23.0
2024.01.23	2.97	42.0	3.0	2024.05.17	2.970	42.0	21.0
2024.01.28	2.97	42.0	9.0	2024.05.22	2.970	42.0	25.0
2024.02.02	2.798	42.0	14.0	2024.05.27	2.883	42.0	27.0
2024.02.09	2.798	42.0	8.0				

依据钻孔系统测温结果：ZK02钻孔井温测量深度656.00m，井温最大值为45.87°C(孔深586.00m处)，根据本地区前人工作成果，本地区恒温层实测为-25m，其恒定温度取值与本地平均气温相同（即20.8°C）。则其钻孔最大增温值为25.07°C，经计算ZK02井地热储平均增温率为4.469°C/hm。

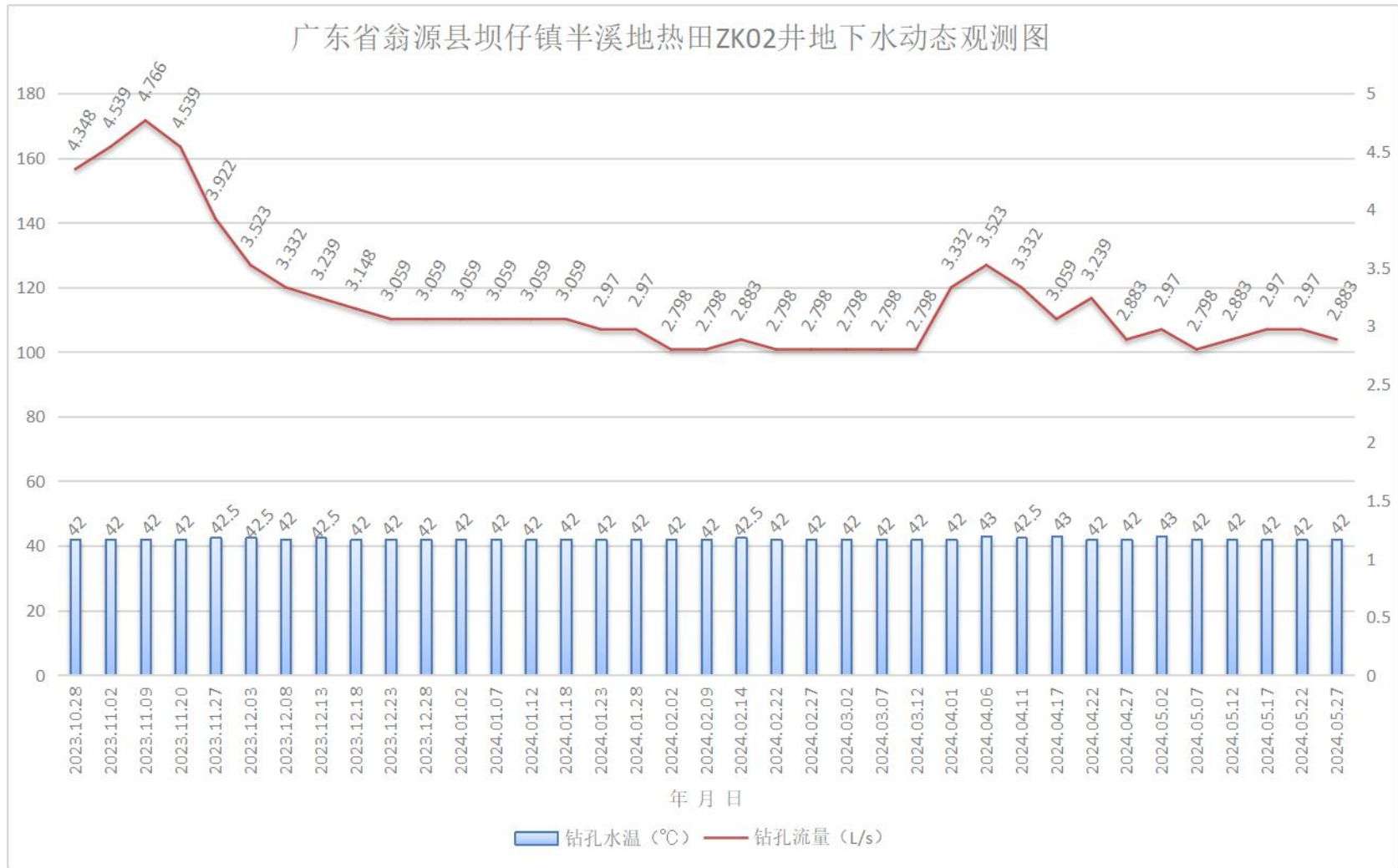


图3-2 半溪地热田ZK02井地下水动态观测图

3.6 地热流体化学特征

3.6.1 地热流体化学组分特征

我队为了解半溪地热田ZK02井地热流体组分特征情况，在ZK02井两次降压试验后均进行了地热流体取样分析，地热水全样品送至广东省地质实验测试中心进行分析测试，分析结果详见表3-3。地热水中铀样品送至广东省核工业地质局辐射环境监测中心进行分析测试，测试结果为水中铀含量0.29μg/L。

表 3-3 半溪地热田 ZK02 井地热流体化学分析结果一览表

检测项目	单位	检测结果		检测项目	单位	检测结果	
		2023.11	2024.03			2023.11	2024.03
pH	无量纲	7.20	7.27	铅	mg/L	0.00010	0.00015
总硬度	mg/L	85.5	76.6	状态	/	无异物	微量黄色悬浮物
溶解性总固体	mg/L	753	752	色度	度	<5	<5
耗氧量	mg/L	0.62	0.43	浑浊度	NTU	0.8	1.5
挥发性酚类化合物	mg/L	<0.002	<0.002	滋味和气味	/	无	无
氰化物	mg/L	<0.002	<0.002	总碱度	mg/L	393	408
氟化物	mg/L	6.8	6.1	总酸度	mg/L	28.7	29.6
硫酸盐	mg/L	6.3	6.5	硝酸盐	mg/L	1.3	0.3
氯化物	mg/L	2	2.1	磷酸盐	mg/L	<0.05	0.1
溴化物	mg/L	<0.02	—	亚硝酸盐	mg/L	<0.0033	<0.0033
碘化物	mg/L	0.006	0.022	二氧化碳	mg/L	25.3	26
偏硅酸	mg/L	74	72	硫化物	mg/L	<0.01	<0.01
碳酸盐	mg/L	<5	<5	*偏磷酸	mg/L	<0.04	0.09
碳酸氢盐	mg/L	479	498	*偏硼酸	mg/L	0.162	0.142
钙	mg/L	28.6	27	*偏砷酸	mg/L	0.0018	0.0017
镁	mg/L	0.736	0.716	铬	mg/L	0.00033	0.0001
钾	mg/L	4.26	4.39	镍	mg/L	0.00009	0.00015
钠	mg/L	159	176	钴	mg/L	<0.00003	<0.00003
铝	mg/L	<0.040	<0.040	钒	mg/L	<0.00007	<0.00007
总汞	mg/L	<0.0004	<0.0004	银	mg/L	<0.00003	0.00004
锂	mg/L	0.311	0.33	硒	mg/L	<0.00009	<0.00009
硼	mg/L	0.04	0.035	镉	mg/L	<0.00006	0.00009
锰	mg/L	0.114	0.101	钡	mg/L	0.021	0.017
铁	mg/L	0.164	0.192	总α放射性	Bq/L	0.728	—
铜	mg/L	0.00012	0.00010	总β放射性	Bq/L	0.42	—
锌	mg/L	0.0917	0.0408	226Ra 放射	Bq/L	0.226	—
砷	mg/L	0.0011	0.0010	氡	Bq/L	55.9	—
锶	mg/L	0.529	0.508	铀	mg/L	—	0.00029
锇	mg/L	0.00008	<0.00007				

从两次分析结果看，半溪地热田ZK02井地热流体水化学类型均为HCO₃-Na

型；pH为7.20~7.27，属弱碱性水；溶解性总固体为753~752mg/L，为中等矿化度淡水；总硬度为85.5~76.6mg/L，属软水。氟化物含量为6.8~6.1mg/L，为氟水；偏硅酸含量为74~72mg/L，为硅水。根据降压试验结果该地热流体温度为45℃，为温热水。水中放射性未见异常。因此，半溪地区热矿水初步命名为含氟偏硅酸-重碳酸钠型温热水。

3.6.2 地热流体化学组分动态特征

2008年11月，前人对ZK0241-1涌水钻孔开展了水化学取样分析，2023年11月和2024年3月对ZK02井开展了温泉水化学全分析工作，其动态变化对照表详见表3-4。

从上述对照表可以看出，地热流体化学组分整体比较稳定、元素变化较小，水化学类型均为HCO₃-Na型；从pH值看，均为弱碱性；从溶解性总固体看，均为淡水，从总硬度看，均为软水。个别项目变化比较大，主要为氯化物和二氧化碳。

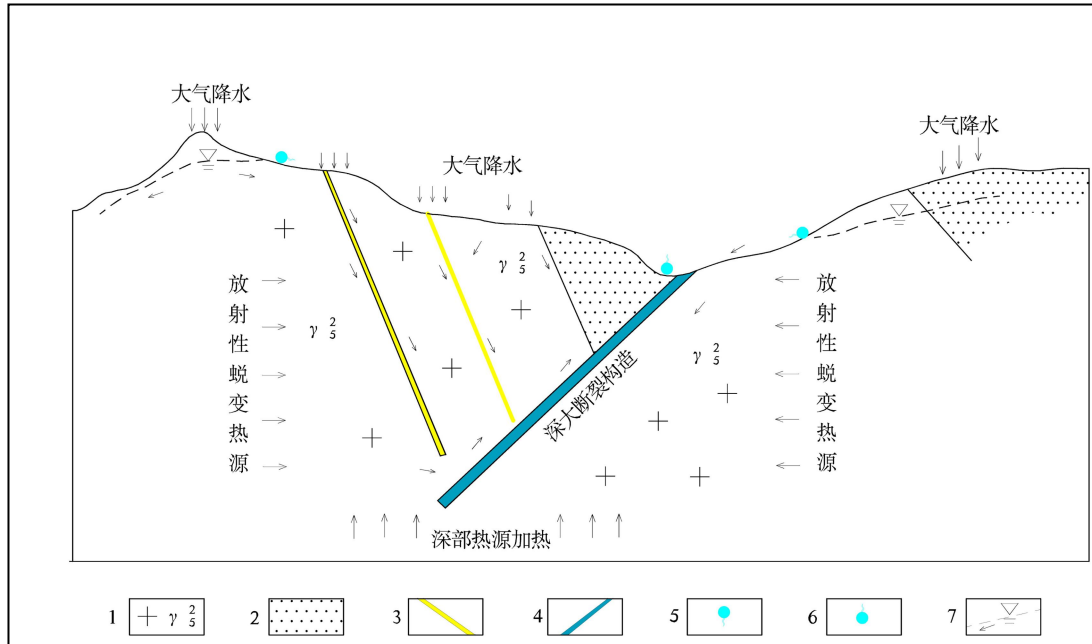
表3-4 ZK02水化学分析动态对照表

序号	分析项目	计量单位	分析测试结果		
			2008.11 (ZK0241-1)	2023.11 (ZK02)	2024.03 (ZK02)
1	pH值	—	7.44	7.20	7.27
2	溶解性总固体	mg/L	463	753	752
3	总硬度	mg/L	70.15	85.5	76.6
4	钾	mg/L	5.01	4.26	4.39
5	钠	mg/L	135	159	176
6	钙	mg/L	26.44	28.6	27.0
7	镁	mg/L	0.99	0.736	0.716
8	碳酸氢盐	mg/L	450	479	498
9	硫酸盐	mg/L	12	6.3	6.5
10	氯化物	mg/L	0.48	2.0	2.1
11	二氧化碳	mg/L	67.76	25.3	26.0
12	铀	μg/L	0.37	—	0.29

3.6.3 地热田成因分析

拟设采矿权范围未开展同位素分析，根据前人在本区的工作经验及储量核实成果认为：本区地下热水属于大气降雨成因，地下水增温主要受地热增温率影响，同时还受一定量的放射性蜕变及岩浆侵入活动的影响。大气降水经深循环被逐渐

加热增温，被增温后的地下热水沿构造断裂带向上运移，在适宜条件下出露于地表（图 3-3）。所以拟设采矿权内的地热水点严格受断裂构造带控制。



1-花岗岩；2-石英砂岩；3-破碎带及构造带；4-深大断裂构造；5-下降泉；6-上升泉；7-地下水位及流向

图 3-3 半溪地热田对流型地热系统模型示意图

由此可见，影响本区地热资源的因素有：①深大断裂构造带及其性质；②地热增温率；③岩浆侵入活动；④放射性蜕变；⑤地下水深循环等。

深大的张性断裂构造带有助于地下水的深循环，同时也为岩浆侵入活动开辟的通道；地热增温率越大，越有利于地热对地下热水的加热增温作用；岩浆的侵入活动对地热增温率起着一定的影响，同时通过深大断裂构造带直接对地下热水起着增温作用；放射性蜕变产生的热量对地下热水的增温作用也起着一定的影响；由于本区地热水主要受地热增温率的影响，因此地下水的循环深度影响着地下热水的增温作用。

3.7 地热流体质量评价

3.7.1 理疗热矿水评价

在2023年11月9日和2024年3月29日对ZK02井开展了地热矿水全分析工作，分析结果与《地热资源地质勘查规范》（GB/T11615-2010）附录E理疗热矿水水质标准对比见表3-5。

表3-5 半溪地热田ZK02井热矿水理疗评价对照表

成分	有医疗价值浓度 (mg/L)	矿水浓度 (mg/L)	命名矿水		地热水中含量		备注
			浓度 (mg/L)	命名	(mg/L)		
					2023年11月	2024年3月	
二氧化碳	250	250	1000	碳酸水	25.3	26.0	
总硫化氢	1	1	2	硫化氢水	—	—	
氟	1	2	2	氟水	6.8	6.1	氟水
溴	5	5	25	溴水	<0.02	<0.016	
碘	1	1	5	碘水	0.006	<0.002	
锶	10	10	10	锶水	0.529	0.508	
铁	10	10	10	铁水	0.164	0.192	
锂	1	1	5	锂水	0.311	0.330	
钡	5	5	5	钡水	0.021	0.017	
偏硼酸	1.2	5	50	硼水	0.162	0.142	
偏硅酸	25	25	50	硅水	74	72	硅水
氡(Bq/L)	37	47.14	129.5	氡水	6.3	—	
温度(°C)	>34			温泉	46	45	
矿化度	<1000			淡水	753	752	

从上述对照表可以看出，半溪地热田ZK02井热矿水中的氟、偏硅酸及温度达到了有疗养价值浓度，其中氟和偏硅酸达到命名矿水浓度，命名为氟偏硅酸低温地热资源温热水。

3.7.2热矿水饮用评价

为了开展热矿水的饮用评价，我对ZK02井地热矿水开展了生活饮用水取样工作，样品送至广州市花都质量技术监督检测所进行热矿水生活饮用水分析，其分析结果详见表3-6。

表3-6 半溪地热田ZK02井热矿水生活饮用分析结果一览表

序号	检验项目	单位	标准要求	检验结果	单项评价	序号	检验项目	单位	标准要求	检验结果	单项评价
1	臭和味		无异 臭、异	无异 臭、异	合格	17	砷 (以 As 计)	mg/L	≤0.01	未检出	合格
2	肉眼 可见物		无	无肉 眼可	合格	18	汞 (以 Hg 计)	mg/L	≤0.001	未检出	合格
3	色度	度	≤15	<5	合格	19	铝 (以 Al 计)	mg/L	≤0.2	未检出	合格
4	浑浊度	NTU	≤1	<0.5	合格	20	铜 (以 Cu 计)	mg/L	≤1.0	未检出	合格
5	pH	-	6.5~ 8.5	7.29	合格	21	铁 (以 Fe 计)	mg/L	≤0.3	0.18	合格
6	总硬度(以 CaCO ₃ 计)	mg/L	≤450	80.3	合格	22	锰 (以 Mn 计)	mg/L	≤0.1	0.093	合格
7	溶解性 总固体	mg/L	≤1000	408	合格	23	锌 (以 Zn 计)	mg/L	≤1.0	0.1	合格
8	高锰酸盐 指数(以 O ₂ 计)	mg/L	≤3	0.34	合格	24	镉 (以 Cd 计)	mg/L	≤0.005	未检出	合格
9	氰化物 (以 CN 计)	mg/L	≤0.05	未检 出	合格	25	铅 (以 Pb 计)	mg/L	≤0.01	未检出	合格
10	氟化物 (以 F 计)	mg/L	≤1.0	5.98	不合 格	26	铬 (六价)	mg/L	≤0.05	未检出	合格
11	氯化物 (以 Cl 计)	mg/L	≤250	0.93	合格	27	三氯甲烷	mg/L	≤0.06	未检出	合格
12	硝酸盐 (以 N 计)	mg/L	≤10	未检 出	合格	28	菌落总数	CFU/mL	≤100	19	合格
13	硫酸盐 (以 SO ₄ ²⁻ 计)	mg/L	≤250	5.74	合格	29	总大肠 菌群	MPN/100mL	不得检 出	未检出	合格
14	亚氯酸盐	mg/L	≤0.7	未检 出	合格	30	大肠埃希 氏菌	MPN/100mL	不得检 出	未检出	合格
15	氯酸盐	mg/L	≤0.7	未检 出	合格	31	总α放射 性	Bq/L	≤0.5	未检出	合格
16	溴酸盐	mg/L	≤0.01	未检 出	合格	32	总β放射 性	Bq/L	≤1	未检出	合格

按照国家《生活饮用水标准》(GB5749-2022)相关规定,此热矿水的氟化物含量5.98mg/L,超过标准规定的≤1.0mg/L,不能直接作为生活饮用水水源。

3.7.3游泳池用水评价

根据半溪地热田ZK02井热矿水分析成果与国家《游泳池水质标准》(CJ244-2016)中项目限值对照表见表3-7。

表3-7 半溪地热田ZK02井热矿水分析结果与游泳池水质项目限值对照表

项目	限值	检验结果	单项评价
浑浊度 (NTU)	≤0.5	<0.5	合格
pH	7.2~7.8	7.20~7.27	合格
菌落总数 (CFU/mL)	≤100	19	合格
总大肠杆菌群 (MPN/100mL)	不应检出	未检出	合格
水温 (°C)	20~30	45	不合格
三氯甲烷 (mg/L)	≤100	未检出	合格
总碱度 (以CaCO ₃ 计) (mg/L)	60~180	393~408	不合格
溶解性总固体 (mg/L)	与原水相比, 增量 不大于1000	753~752	合格

从上述对照表可以看出, 半溪地热田ZK02井热矿水总碱度和温度超过了《游泳池水质标准》(CJ244-2016)中的相关限值, 不能直接作为普通游泳池用水。

3.7.4 农业灌溉用水评价

由于半溪地热田ZK02井热矿水水温45°C, 氟化物含量6.8~6.1mg/L, 超出了《农田灌溉水质标准》(GB5084-2021)中限定的水温≤35°C、氟化物含量≤2~3mg/L的限量标准, 其余元素均未超标。因此, 半溪地热田ZK02井地热矿水不能直接排放作为农田灌溉用水。

3.7.5 渔业用水评价

由于半溪地热田ZK02井热矿水氟化物含量6.8~6.1mg/L, 超出了《渔业水质标准》(GB11607-1989)中限定的氟化物含量≤1mg/L的限量标准, 其余元素均未超标。因此, 半溪地热田ZK02井地热矿水不能直接排放作为渔业养殖用水。

3.7.6 热矿水腐蚀性评价

参照《矿产工业要求参考手册》相关指标, 半溪地热田ZK02井地热流体有用矿物组分均未达到工业可利用最低含量标准, 故半溪地热田ZK02井地热流体无有用矿物组分。

3.7.7 热矿水有用矿物组分评价

我对地热流体开展了全分析工作, 适宜采用工业上用腐蚀系数来衡量地

热流体的腐蚀性。半溪地热田ZK02井地热流体呈弱碱性，则其腐蚀性系数计算公式如下：

$$K_k = 1.008 \cdot (rMg^{2+} - rHCO_3^-)$$

式中：

K_k -----腐蚀性系数；

1.008---换算系数；

r -----离子含量的每升毫克当量数。

根据地热流体全分析数据代入相关参数，经计算半溪地热田ZK02井地热流体腐蚀性系数值为 $K_k = 1.008 \times (0.061 - 7.852) = -7.853$ ；同时

$K_k + 0.0503Ca^{2+} = -7.853 + 0.0503 \times 1.427 = -7.781 < 0$ ，因此半溪地热田ZK02井地热流体为非腐蚀性水。

3.7.8 地热流体结垢评价

1、地热流体结垢总量评价

我对地热流体开展了全分析工作，适宜采用工业上用锅垢总量 H_0 (mg/L) 来衡量地热流体的结垢性。工业上锅垢总量计算公式如下：

$$H_0 = S + C + 36rFe^{2+} + 17rAl^{3+} + 20rMg^{2+} + 59rCa^{2+}$$

式中：

H_0 ----地热流体锅垢总量；

S -----地热流体中的悬浮物含量，单位为毫克每升 (mg/L)；

C -----胶体含量 $C = SiO_2 + Fe_2O_3 + Al_2O_3$ ，单位为毫克每升 (mg/L)；

r -----离子含量的每升毫克当量数。

根据地热流体全分析数据代入相关参数，胶体含量 $C = 57.66 + 0.23 + 0.08 = 57.97$ (mg/L)，则地热流体锅垢总量：

$H_0 = 0 + 57.97 + 36 \times 0.03 + 17 \times 0.001 + 20 \times 0.061 + 59 \times 1.427 = 144.48$ (mg/L)，锅垢总

量 $H_0 = 125 \sim 250$ mg/L，为锅垢很少的地热流体。

2、碳酸钙结垢趋势判断

半溪地热田ZK02井地热流体中氯离子含量为0.67%<25%，依据《地热资源地质勘查规范》（GB/T11615-2010）相关规定，适宜采用雷兹诺指数（*RI*）定性估计地热流体碳酸钙的结垢趋势。雷兹诺指数计算公式如下：

$$RI = 2pH_s - pH_a$$

$$pH_s = -\lg[Ca^{2+}] - \lg[ALK] + Ke$$

式中：

RI -----雷兹诺指数；

pH_s ----计算出的pH值；

pH_a ----地热流体实测的pH值

[*Ca²⁺*]---地热流体中钙离子的摩尔浓度；

[*ALK*]---总碱度，即重碳酸根HCO₃⁻¹离子摩尔浓度；

Ke -----常数（当总固形物200mg/L~6000mg/L时，取值1.8~2.6之间，温度大于100℃取低值，低于50℃取高值）。

半溪地热田ZK02井地热流体总固形物为753mg/L，水温为45℃，故 *Ke* 取值为2.5。则计算出的pH值为 $pH_s = -\lg 1.427 - \lg 7.852 + 2.5 = 1.451$ ；计算得出雷兹诺指数 $RI = 2 \times 1.451 - 7.2 = -4.30 < 4.0$ 。可见半溪地热田ZK02井地热流体碳酸钙结垢趋势非常严重。在水泵、管道安装电子阻垢仪防止结垢，定期对高位保温水池进行清洗除垢。

3.8 地热资源开发技术条件

3.8.1 水文地质条件

本地热田地热水赋存于构造裂隙中，岩性主要为印支期花岗岩。ZK02井及物探揭露地热水埋深超过500m。500m以上覆盖印支期花岗岩。ZK02井采用无心钻机方式，进行全孔岩屑录井与地质编录，并保留了全井岩屑以便进行采样分析。成井口径为377mm满足取样、测井、安装相应开采设备等试验要求。ZK02井技术套管长101.00m未下至热储层深度，没能严格封闭热储层以上含水层位，因而

导致ZK02井产出的地热水是在水热对流系统中由深循环构造裂隙热水与浅循环常温构造裂隙水以及风化裂隙水混合而成，这种不同水质储层相互串层沟通容易造成污染。因此，水文地质勘查类型为第二类，水文地质复杂程度属简单类型。

3.8.2 工程地质条件

半溪地热田ZK02井地热储围岩及盖层均为印支期花岗岩，根据前人在本地区的工作成果及ZK02井揭露成果，本地区印支期花岗岩为中粒黑云母花岗岩，岩质坚硬致密，厚度大，且连续完整，RQD大于90%，节理裂隙整体不发育，局部较发育，为块状坚硬-较坚硬岩组，岩体质量级别为I级至II级，岩石的稳固性好，不易发生不良地质现象。因此，工程地质勘查类型为第三类，工程地质复杂程度属简单类型。

3.8.3 环境地质条件

在地下热水开采过程中，由于大量的抽取地下水，形成降落漏斗，至使浅部含水层和热储层失水，失去了原来地下水的浮托力，一旦地下水位下降过大，存在引发地面塌陷的风险。由于评价井位于花岗岩体中，地热储围岩及盖层岩石稳固性好，地下热水开采引发地面塌陷的风险极小。废弃地热水的排放，就其原来所含的物质成份而言，水中的氟元素较高可能会对周边居民生活环境有一定影响。热水在利用过程中造成的人为污染，应严格控制，严格执行国家和地方政府有关法规和污水排放标准，如有超标应进行处理，然后排放。此外为防止热水中氟对周围水源及土壤的污染。另外，热水不宜直接用于农业灌溉，可利用泉区溪流江水进行稀释和降温，尽可能减少热水排放对周边环境造成的不良影响。因此，地质环境类型为第二类，地质环境条件中等。

综上所述，半溪地热田ZK02井产出的地热水是在水热对流系统中由大气降水深循环加热后岩深大断裂上升而形成，这种不同水质储层相互串层沟通容易造成污染，水文地质条件属简单类型。地热储围岩及覆盖层为印支期花岗岩，岩质坚硬致密，节理裂隙不发育，岩石稳固性好，工程地质属简单类型。地热水开采存在导致地面塌陷的风险，废弃地热水的排放，就其原来所含的物质成份而言，水中的氟元素较高可能会对周边居民生活环境有一定影响，地质环境条件中等。因此，半溪地热田ZK02井为开采技术条件属水文地质条件复杂程度简单，工程

地质条件复杂程度简单和地质环境条件中等的类型(II-3)。

3.9 地热资源储量

3.9.1 热储模型

根据前人资料和储量核实工作结果,半溪地热田的热储模型主要为:大气降水沿北西西向张性裂隙进入地下深循环,并在北北东向深大断裂带汇集,由北北东向深大断裂切割导出的热量对地下水进行加热形成地热流体,最后通过钻孔、构造裂隙在低洼地段流出,形成温泉。北西西向构造起着导水作用,北北东向构造是主要地热储,同时起着沟通了深部蕴藏的岩浆热源作用。温泉位于断裂带交汇处所形成的相对低洼地段,由于位能相对较低,来自深部地热流体,经深循环加热,使密度降低,在热力作用和水头压力作用下,沿断裂构造通道上涌。因此,从补给、径流到排泄就形成了大气降水水与热矿水的环流通道,即水热对流系统。在本水热对流系统中,热储类型属带状裂隙型热储。

3.9.2 主要计算参数

1、孔井结构及热储层

评价井(ZK02)的井孔结构及岩性详见附图4。ZK02井开孔孔径377mm,终孔孔径153mm,孔深657.40m。根据井孔资料,地热流体含水层主要为花岗岩构造裂隙带,主要富水位置为574.00~616.00,标高约为-245.00~-287.00m,视厚度为42.00m,真厚度为24.62m,裂隙较发育,富水性中等。

2、热储温度和循环深度计算

(1) 热储温度计算

根据半溪地区地热流体的化学特征,其热储温度的计算,分别采用二氧化硅地热温标、钾镁地热温标和钾钠地热温标三种方法进行计算。

① 二氧化硅地热温标

热水中的二氧化硅是由热水溶解石英所形成,地热流体孔口温度为45.0℃,这部分热水在其达到孔口取样点时没有沸腾,故选用下列公式计算其地热储温度:

$$t = \frac{1309}{5.19 - \lg C_1} - 273.15$$

式中：

t ----热储温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

C_1 ----热水中溶解的 H_4SiO_4 形式的 SiO_2 含量，单位为毫克每升（ mg/L ）。

根据半溪地区地热流体全分析数据，其地热流体中的偏硅酸含量为72 mg/L ，除以1.3（ SiO_2 与 H_2SiO_3 的换算系数）得到二氧化硅含量为55.38 mg/L 。

则其地热储温度为： $t=1309/(5.19-\lg 55.38)-273.15=106.6$ （ $^{\circ}\text{C}$ ）。

②钾镁地热温标

钾镁地热温标公式代表的是不太深处的地热储层中的热动力平衡条件，尤其适用于中低温地热田，其计算公式为：

$$t = \frac{4410}{13.95 - \lg(C_2^2/C_3)} - 273.15$$

式中：

t ----热储温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

C_2 ----热水中钾的含量，单位为毫克每升（ mg/L ）；

C_3 ----热水中镁的含量，单位为毫克每升（ mg/L ）。

根据半溪地区地热流体全分析数据，其地热流体中钾的含量为4.39 mg/L ，镁的含量为0.716 mg/L 。则其地热储温度为： $t=4410/[13.95-\lg(4.39^2/0.716)]-273.15=79.1$ （ $^{\circ}\text{C}$ ）。

③钾钠地热温标

根据水岩平衡和热动力方程推导的计算公式：

$$t = \frac{1390}{1.75 - \lg(C_2/C_4)} - 273.15$$

式中：

t ----热储温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

C_2 ----热水中钾的含量，单位为毫克每升（ mg/L ）；

C_4 ----热水中钠的含量，单位为毫克每升（mg/L）。

根据半溪地区地热流体全分析数据，其地热流体中钾的含量为4.39mg/L，钠的含量为176mg/L。则其地热储温度为： $t=1390/[1.75-\lg(4.39/176)]-273.15=141.4$ （°C）。

在考虑钠长石和钾长石平衡的条件下采用以下计算公式：

$$t = \frac{933}{\lg(C_4/C_2) + 0.933} - 273.15$$

式中参数同上，代入相关参数经计算其地热储温度为： $t=933/[\lg(176/4.39)+0.933]-273.15=94.8$ （°C）。

由于半溪地区地热储储存在花岗岩体中，其热源推测是经断裂构造带控制的深部热对流，故选用上述四种算法计算结果的算术平均值作为本地热储的深部温度，其计算结果为105.5°C。

（2）循环深度计算

根据上述地热储中心温度计算结果计算地下水循环深度，其计算公式如下：

$$H = 100 \cdot (t - t_0) / \frac{dT}{dz} + h_0$$

式中：

100--单位换算系数，无量纲；

H ---地下水循环深度，单位米（m）；

t ----深部地热储中心温度，单位摄氏度（°C）；

t_0 ----恒温层温度，单位摄氏度（°C）；

$\frac{dT}{dz}$ ----地温梯度，单位摄氏度每百米（°C/hm）；

h_0 -----恒温层深度，单位米（m）。

代入相关参数，则半溪地热田地热流体循环深度为： $H=100 \times (105.5 -$

20.8) /4.469+25=1920.28 (m)。

3.9.3 降压试验

为了获得地热储的水文地质参数，我队和平水期（2023年11月28日）和枯水期（2024年3月26日）对ZK02钻孔开展了两次地热井单井降压实验，均开展了三次降深稳定流降压试验，降压试验根据《地热资源地质勘查规范》

（GB/T11615-2010）、《供水水文地质勘察规范》（GB50027-2001）和《水文地质手册》（第二版）等相关规程规范进行，详细试验结果见表3-8。

表3-8 ZK02地热井降压试验成果表

降压次数	降深序号	降压时间 年.月.日.时.分		延续时间 h:min	稳定时间 h:min	静水位埋深 m	水位降深 m	涌水量 m ³ /d	单位涌水量 L/(s.m)	水温 °C
		起	止							
平水期	1	2023.11.20. 8:29	2023.11.24. 9:30	97:00	71:31	+11.10	42.04	1308.18	0.360	46.0
	2	2023.11.24. 9:30	2023.11.25. 21:00	35:30	8:00		31.97	1036.54	0.375	46.0
	3	2023.11.25. 21:00	2023.11.27. 12:45	39:45	7:45		21.44	765.68	0.413	46.0
枯水期	4	2024.3.21. 9:30	2024.3.25. 10:30	97:00	37:00	+9.60	36.79	1136	0.357	45.0
	5	2024.3.25. 10:30	2024.3.26. 17:30	31:00	11:00		25.74	795.05	0.357	45.0
	6	2024.3.26. 17:30	2024.3.28. 7:45	38:15	12:15		14.99	432.17	0.334	45.0

注：“+”代表高出地面。

3.9.4 渗透系数与影响半径

由于半溪地区热储层为102-石角围断裂带，其围岩为花岗岩，地热流体具有层压性，因此采用以下公式计算其渗透系数：

$$K = \frac{0.366Q}{m \cdot s_w} \lg \frac{R}{r_w}$$

式中：

K -----渗透系数，单位为米每天（m/d）；

Q -----涌水量，单位为立方米每天（m³/d）；

m -----含水层厚度，单位为米（m）；

s_w -----降深，单位为米（m）；

R -----影响半径，单位为米（m）；

r_w -----降压井半径，单位为米（m）。

其中， R 采用公式 $R = 10S\sqrt{K}$ 近似计算。

分别代入两次降压试验的相关参数，经计算，第一次降压试验渗透系数为 1.838m/d，最大降深影响半径为563.00m；第二次降压试验渗透系数为 1.625m/d，最大降深影响半径为486.77m。

3.9.5 地热流体可开采量计算

1、可开采量确定

本地区位于粤北山区，本地区枯水季节为每年 12 月份至次年 3 月份。从 ZK02 探采结合孔动态观测数据可以进一步看出，每年的 3 月份本地区地下水的最枯季节（详见本文 4.4 节）。ZK02 探采结合孔枯水期降压试验时间为 2024 年 3 月 21 日至 2024 年 3 月 26 日，正好处于本地区的最枯季节。因此，以枯水期降压试验的最大降深地热流体产量 1136m³/d（降深 36.79m）作为控制的可开采量，井口水温 45.0℃，其影响半径为 486.77m。

2、热能和热量计算

（1）热能计算

根据上述可采量和地热流体温度计算半溪地热田 ZK02 井产能计算公式为：

$$W_t = 4.1868 \cdot q \cdot (t_1 - t_0)$$

式中：

W_t -----热功率，单位为千瓦（kW）；

q -----地热流体可开采流量，单位为升每秒（L/s）；

t_1 -----地热流体温度，单位为摄氏度（℃）；

t_0 -----当地平均气温，单位为摄氏度（℃）。

4.1868-----单位换算系数。

代入上述参数，则半溪地热田产能为： $W_t = 4.1868 \times 13.148 \times (45.0 - 22.8) = 1222$

(kW)。

(2) 热量计算

根据上述计算结果，半溪地热田ZK02井地热流体年开采累计可利用的热能量计算公式为：

$$\sum W_t = 86.4DW_t / K$$

式中：

$\sum W_t$ -----开采一年可利用的热能量，单位兆焦（MJ）；

D -----全年开采日数（按24h换算的总日数，按330天），单位为天（d）；

W_t -----地热田产能，单位为千瓦（kW）；

86.4-----单位换算系数；

K -----热效率比（按燃煤锅炉的热效率0.6计算）。

代入相关参数，则半溪地区地热田地热流体年开采累计可利用的热能量为： $\sum W_t = 86.4 \times 330 \times 1222 / 0.6 = 5.807 \times 10^7$ （MJ）。

3.9.6资源储量估算结果

截至2024年3月31日，半溪地热田ZK02井查明地热流体控制的可开采量（在含义上等同于GB/T15218-2021的C级允许开采量）为1136m³/d(降深36.79m)，井口温度45.0℃，热功率1222kw，属于低温小型规模地热资源，据《地热资源评价方法及估算规程》(DZ/T0331-2020)，热效比不纳入计算，年开采累计可利用的热能量为5.807x10⁷MJ。

3.9.7对地质勘探报告的评述

《广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井地热资源储量核实报告》编写是在收集分析利用前人地质成果的基础上，开展了地质、水文地质综合调查、地球物理勘探和枯水期降压试验、地热流体化学分析及一年的动态监测等工作,对地热流体的化学组分和地热流体可开采量作出了评价。基本查明了半溪地热田ZK02井地热流体赋构造破碎带中的构造裂隙中，热储呈带状分布，属层状岩类的带状构造裂隙承压水；查明了地热流体明显受北北东向和北东东向断裂构造控制，基本查明了地热田的热储、热储盖层、热源和热流体通道与形成机理，以及

地热流体的补给、径流与排泄条件。查明了半溪地热田 ZK02 井地热流体化学组分,分析结果表明主要化学组分部分变化不大,水质较稳定。根据水质检验结果,地热流体属理疗用氟水、硅水,可作为热矿水资源开发利用。查明了半溪地热田 ZK02 井地热流体的静止压力、水位降深、地热流体资源量和温度变化情况与年度变化规律。

储量评审结论:报告达到核实报告的要求,同意报告评审通过,可作为采矿权设置的地质依据。

第四章 主要建设方案的确定

4.1 开采方案

4.1.1 热矿水水源地保护区范围

半溪地热田 ZK02 井地热储赋存地段，目前无工业生产设施，对热矿水水源地可能存在的污染源主要为村民生活废弃物及农业生产使用的肥料和有毒农药等，为确保热矿水水质不受污染，在开发利用本地热田热矿水的建设中，需确保热矿水水源地三级卫生保护区的设置投入。

半溪地热田 ZK02 井热矿水主要用途为理疗、温泉洗浴等，根据《天然矿泉水地质勘探规范》(GB/T13727-2016)，并参考《饮用水水源保护区划分技术规范》(HJ338-2018)、《食品安全国家标准包装饮用水生产卫生规范》(GU19304-2018)的要求和地热田的实际情况，充分考虑地下水补给、径流、排泄条件等，设立三级保护区，具体如下：

1、一级保护区

以 ZK02 井为中心，半径 30m 的范围为一级保护区。区内严禁无关人员居住或逗留；禁止兴建与热矿水引水无关的建筑物；消除一切可能导致热矿水水质污染的因素及活动。

2、二级保护区

以 ZK02 为中心，向外 50m 范围为二级保护区。区内不得新设居民点和其他工厂，不得设置厕所、堆放垃圾、废物或铺设污水管道，禁止设置可导致地热流体质量改变的引水工程，不允许进行任何可能破坏水源地地质环境或可能引起含水层污染的人类生活及经济-工程活动。

3、三级保护区

以地下水补给、径流条件和最低一级自然分水岭为边界，划定三级保护区(拐点坐标见表 4-1)。在三级保护区范围内应尽量保持自然状态，禁止滥采地下水，禁止向寨下溪注入有害的污染物。同时在保护区范围内应保护植被，防治水土流失，只允许进行对水源地没有危害的工程-经济活动。

表4-1 半溪地热田ZK02井地热资源三级保护区拐点坐标一览表

拐点编号	2000国家大地坐标系	
	X	Y
1	2719114.00	38524960.00
2	2719117.00	38525020.00
3	2719138.00	38525072.00
4	2718968.00	38525210.00
5	2718946.00	38525301.00
6	2718706.00	38525196.00
7	2718727.00	38525026.00
8	2718750.00	38524848.00
9	2718879.00	38524872.00
面积	0.12km ²	

4.1.2建设规模及建设项目产品方案

1、设计生产规模的确定

《广东省翁源县坝仔镇半溪地热田 ZK02 井地热资源储量核实报告》通过了广东省矿产资源储量评审中心专家组评审，评审结果为半溪地热田 ZK02 井查明地热流体控制的可开采量(在含义上等同于 GB/T15218-2021 的 C 级允许开采量)为 1136m³/d(降深 36.79m)，井口温度 45.0℃，热功率 1222kw，属于低温小型规模地热资源。

根据《资源储量核实报告》及《资源储量核实报告评审意见书》，本《方案》推荐建设生产规模为:开采地热流体 1136m³/d 或 3.75×10⁵m³/a(按 330d/a 计)，地热流体水温 45.0℃。按照《矿山生产建设规模分类》划分，半溪地热田 ZK02 井建设规模属大型。

2、开采方式

根据翁源县坝仔镇半溪地热田 ZK02 井地热资源埋藏条件，采用地下开采方式。

3、产品方案

产品为医疗保健、疗养、沐浴用的地热流体。

4、矿山服务年限

本方案设计服务年限为 30 年，（以自然资源管理部门实际发证为准），因地热流体是可再生资源，将来可根据实际情况再申报延长服务年限。

4.1.3 开采输送方案、厂址选择及主体工程

1、输送方案

采用地下方式取用地热水，即在 ZK02 井用热水潜水泵抽取地热水，采用纤维玻璃钢保温管将抽取的地热引出地表并直接引入高位保温蓄水池；再由高位保温蓄水池通过纤维玻璃钢保温管输送到宾馆区、浸浴池等用水点直接供应地热水。

2、厂址选择

方案设计本着经济合理利用、减少矿山建设投资的原则，选择投资较少、运输较方便的地方作为工业场地。本矿为新设矿山，在 ZK02 井处修筑水泵房，厂址拟设在拟设采矿权的北侧主要用于建设酒店和温泉池区（详见图总平面布置图）。

3、主体工程

本矿山为新设矿山，需新建高位保温蓄水池及输水管道。设计拟在 ZK02 井西侧约 50 米处修筑 1#高位保温蓄水池和 2#高位保温蓄水池，2 个高位保温蓄水池通过输水管并联，通过水管阀门开关控制蓄水和用水，2 个高位保温蓄水池容量均为 400m³，采用半下沉式钢筋混凝土结构水池，规格为 10m×20m×2m。可保温储存 17 小时地热流体允许开采的流量，能满足高峰期用水，保证每天既不过度开采地热流体同时地热流体也得到充分开发利用。地热流体废水处理站设在温泉区的北侧。

4.2 地热水的开采

4.2.1 劳动定员和工作制度

1、劳动定员

类比同类型地热水取用企业，配备各工种劳动人员（见表 4-2）。

2、工作制度

年工作日 330 天，工人采用轮换制，并以轮休方式让工人能享受到休息或度假；生线作业：水泵工每天 3 班，每班工作 8 小时，其余工种每天 1 班，每班工

作 8 小时。地热水机房日常维护及小修在班后进行，大修安排非工作日进行。

表 4-2 劳动定员一览表

序号	岗位或工种	人数	备注
1	矿长	1	不含 后 勤 人 员
2	安全矿长（兼安全工程师）	1	
3	生产矿长（兼地质工程师）	1	
4	机电矿长（兼机电工程师）	1	
5	总工程师（兼采矿工程师）	1	
6	财务人员(会计、出纳)	2	
7	水处理技术员	1	
8	质检员	1	
9	水泵工	4	
10	合计	13	

4.2.2 工艺流程

1、生产工流程

ZK02 井选用山西天海泵业有限公司产的 150QJ（R）50-100 型井用潜水泵将地热水泵到 1#和 2#位保温蓄水池，高位保温蓄水池通过输水管道自流到各地热用水点。

1、主要生产设备

表4-3 生产设备信息表

供水位置	潜水泵型号 离心泵型号	流量 (m ³ /h)	扬程(m)	下泵深度(m)	生产厂家	备注
ZK02	150QJ（R） 50-100	50 m ³ 每 小时	100	40	山西天海泵业 有限公司	2台（其中 一台备用）

输水管须采用防腐性能好的纤维玻璃钢保温管，纤维玻璃钢保温管是针对温泉水特性研制的新产品。本方案采用河北华瑞玻璃钢有限责任公司生产的纤维玻璃钢保温管，其有如下优越特性：

- （1）高强度，本产品采用最新复合材料制成，节约施工难度和成本，抗外载能力强；
- （2）耐化学腐蚀，使用寿命长；
- （3）绝缘性能良好(35KV 以上耐压)；
- （4）具有很好的耐老化能力，阻燃性好；

- (5) 能在-30°C~164°C的温度下长期使用；
- (6) 使用寿命在 50 年以上；
- (7) 热损率仅为 0.20°C/km。

4.2.3地热水综合利用

将各级温泉浴池排出的浴后废水经处理达标后，统一收集至度假村游泳池。污水处理需委托有相关资质的设计单位进行污水处理流程设计。地热水废水在排放前必须经处理，达到《广东省地方标准水污染物排放限值》(DB 4426-2001)标准方可排放或用于度假村景观用水、养殖及度假村绿化用水。

第五章 水源保护及周围环境保护

5.1 对开采井、地热水水温、水位、水量、水质进行动态监测的具体措施

为掌握开采井地热水的动态变化规律，必须建立系统的地下矿水动态监测网，

具体措施如下：

为掌握开采泉井地热流体的动态变化规律，必须建立系统的地下地热流体动态监测网，具体措施如下：

1、开采井在抽水的情况下，要记录抽水的起止时间，出水管安装水表记录其开采量。在抽水前 10 分钟，观测井中水位埋藏深度(即抽水前静止水位埋深)。抽水后观测动水位埋深、水温、气温。

2、对开采井，每季度采集全分析或简分析水样一个，送测试单位检验，在取得一个水文年水质检验成果的基础上，可改为每年采集全分析水样一个(可在丰、枯、平水期交叉取样)。

3、为了保障半溪地热田资源可持续开发利用，为防止在使用过程中地表水入渗补给致使温泉水温下降，开采井采用水泥砂浆对管外进行封堵，并加强现有泉、井动态监测及一、二、三级保护区的建设，发现有异常情况，应立即停止生产，及时查寻原因或邀请相关人员进行分析，及时采取相应的补救措施。

4、建立开采井档案，详细记录开采井的抽水时间、水位、水温、水量、水质等参数。通过参数的对比、分析，以指导合理开发和保护本区地热资源。

5.2 水源地的环境保护措施

地热资源开发利用过程中必须认真加强环境保护，开发利用与环境保护工作应进行同步规划，开发利用的生产设施与环境保护设施应进行同步建设，采取有效措施防止地热资源开发而造成生态环境恶化。地热流体、生活用水的排放，应严格遵守国家和地方制定的有关法规和排放标准。为保护地热资源，应及时设立卫生防护带，建立三级保护区。

虽然半溪地热田 ZK02 井热储围岩岩石坚硬,在地热资源开发时抽取地下水,不容易引发地面塌陷等地质灾害,但在今后地热资源开发过程中,仍应严格控制地热流体的开采量,防止超量开采,确保地热资源的永续利用。

1、地热田自然生态环境及地质环境良好,但在开发建设过程及建成营运后,随着人类活动的日趋频繁,难免对自然生态环境造成影响,必须采取措施加强对自然生态环境的保护,严禁毁林开荒,保持地热田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,保障天然补给区对地下地热流体的补给能力不遭到人为破坏。

2、为避免过量开采地热流体引发地面变形开发利用地热资源应严格控制开采量,开采过程中要建立和完善地下水动态观测制度,掌握温泉地热流体的水量、水质、水温和水位变化规律,以及加强地面变形监测,防止地质灾害、环境地质问题的发生。

5.3 水源地地质环境保护与治理恢复措施

5.3.1 水源地地质环境条件评价

根据前述拟设采矿权的自然地理经济及气候条件概况、地质、开采技术条件综合分析,拟设采矿权的地形地貌复杂程度为简单;地层岩性、地质构造复杂程度为简单;水文地质、工程地质条件复杂程度简单和地质环境条件中等的类型(II-3)。

据现场调查,拟设采矿权及其周边未有地质灾害的发生,采矿活动对地形地貌景观、含水层、土地资源的破坏程度较轻。

5.3.2 水源地地质环境问题及其保护与治理恢复措施

据现场调查,拟设采矿权及其周边未有地质灾害的发生,根据前述矿山开采条件及开采方案,地热流体开采造成的地质环境问题主要有地形地貌景观的破坏、占用破坏土地资源问题。

地形地貌景观的破坏问题:主要是建设井房及铺设输水管、修建高位保温蓄水池、截、排水沟而对地形地貌景观的破坏。井房、高位保温蓄水池建设占用土地(荒山),影响程度小。

1、保护与治理恢复措施

根据上述的矿山地质环境问题，提出如下的处理措施：

每月对定期对井房、高位保温蓄水池周边进行巡视，及时清除排水沟的内的淤积物，保证排水沟的畅通。

5.4 地热资源开发环境影响

5.4.1 地热流体排放对环境的影响

根据半溪地热田 ZK02 井地热流体 2023 年 11 月和 2024 年 3 月的地热水水质全分析结果，参照中华人民共和国国家标准《污染综合排放标准》（GB8978-1996）中地热水有害成份最高排放标准，其对照情况见表 5-1。由对照表可见，半溪地热田 ZK02 井地热流体中所含的对环境有害影响的组分未超过允许排放浓度。热矿水中氟含量超饮用水标准。建议在下游下庄河建立水质监测点，开展日常水质检查，主要监测项目为水中氟含量，在枯水季节要加大监测频次，如对地表水产生污染，必须进行热矿水的水质处理，降低氟的排放量。

表 5-1 半溪地热田 ZK02 井地热水水质与有害成分最高允许排放浓度对照表

污染物	总汞	总镉	总铬	总砷	总铅	总镍	总银	总 α 放射性	总 β 放射性	
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Bq/L	Bq/L	
最高允许排放浓度	0.05	0.1	1.5	0.5	1.0	1.0	0.5	1.0	10	
热矿水	2023.11	<0.0004	<0.00006	0.00033	0.0011	0.00010	0.00009	<0.00003	0.728	0.42
	2024.03	<0.0004	0.00009	0.00010	0.0010	0.00015	0.00015	0.00004	—	—
评价	允许	允许	允许	允许	允许	允许	允许	允许	允许	

5.4.2 地热水开采对周边环境的影响

1、半溪地热田 ZK02 井地热水开采不需要大规模的地面工程，采用钻小口径深井抽汲方式开采，对周边地形地貌破坏小，不易造成滑坡、崩塌以及水土流失等灾害。对局部地形地貌破坏区域及时复绿，修建截排水沟，防止诱发地质灾害。

2、半溪地热田 ZK02 井地热储为隐伏于地表深处的 102-石角围断裂带，地热水开发抽取的主要是深层构造裂隙承压水，但从其补给、径流条件看，地热水的抽取使构造裂隙地下水位下降较大，对区内浅层地下水水位的存在一定程度影

响。但由于地热储围岩为坚硬完整的花岗岩，降压形成的降落漏斗范围较小（影响半径为 486.77m），同时开采井位于山区周边无居民建筑物，仅有一条村道在开采井北侧通过，因此，半溪地热田 ZK02 井地热水开发诱发的地面沉降、地裂缝和地面塌陷的可能性较小，仅对北侧村道地基稳定性有一定的影响。

3、根据降压试验成果资料，开采时最大影响半径为 486.77m，因此，半溪地热田 ZK02 井地热水开采时会造成局部地下水位下降。但对开采区外造成周边地下水水源枯竭的可能性小。

4、半溪地热田 ZK02 井热矿水中的氟含量虽然未超过《污染综合排放标准》（GB8978-1996）中地热水有害成份最高排放标准，但超过《生活饮用水卫生标准》、《农田灌溉水质标准》和《渔业用水水质标准》，所以，易产生氟污染。但其污染程度较轻。

5.5 环境保护措施

为了更好地开发半溪地热田地热资源，保护自然环境，避免引起环境地质问题，建议做好以下环境保护措施：

1、建议对地热资源开发利用进行严格的管理，实行科学规划，实现统一集中开采，统一供热，或进行统一的地热资源调配使用。

2、对地热资源的开发利用应本着客观科学、优化配置、集约利用等原则，遵照国家相关的法规和制度，依法办事。

3、建立地热资源保护区，确保地热资源不受人为因素的污染。新布设地热开采井时，应有具有相关资质的地勘单位进行论证并经自然资源行政主管部门审批后实施。

4、建立地热资源地下水动态变化特征的监测系统，掌握地热流体的水位、水质、水温、水量等的变化规律。

5、加强地面变形等的检测工作，预防地质灾害发生。以 ZK02 井为圆心，半径 50 米的范围内定期观测，并在 ZK02 井 30 米范围内安装 2 个水准仪对地面沉降进行监测；

6、建立起雨、污、地热水等分离的独立的排放系统，雨水只需沉淀后可直接排放，生活污水可作绿化植物有机肥料；

7、将各级温泉浴池及游泳池排出的浴后废水统一收集至地热流体污水处理站。污水处理需委托有相关资质的设计单位进行污水处理流程设计。所有地热水废水在排放前必须经处理，达到《广东省地方标准水污染物排放限值》（DB 4426-2001）标准方可排放或用于度假村景观用水、养殖及度假村绿化用水。

第六章 水土保持方案与土地复垦方案

6.1 水土保持方案

预测地热田开发和工程建设可能因污、废水排放不当造成水土环境污染、地下水污染、水土流失和边坡失稳等。需采取工程、生物和地下水环境监测等防治措施，分述如下：

(1) 污、废水不当排放形成的水土环境污染防治措施：在热矿水的开发建设过程中，应对废弃热矿水的排放作系统规划，建设污废水处理系统，防止直接排放造成矿区水土的环境污染，建议按环保部门审批的环境影响评价报告中有关排放要求做到达标排放。

(2) 地下水污染的防治措施 矿区自然生态环境及地质环境良好，但在开发建设过程中，将产生较多建筑、生活垃圾和产生生活废水。应对上述废弃物进行妥善处理，对固体废弃物需运至政府建设的一般固废收纳区域处理；对液态废弃物，采取密封防渗处理并集中排放。

(3) 水土流失和边坡失稳的防治措施 矿区水土流失仅在局部开挖和堆填区形成，其规模较小，防治措施包括：开挖区在施工场地上游布设排洪沟，防治地表径流汇集于开挖区形成对裸露土体的冲刷；开挖完工后，可采取植树种草的生物防治措施，以达到蓄水保土的目的；对较高的边坡采用工程加固措施防止边坡失稳。对堆填区可采用碾压夯实及植树种草处理，局部人工填土边坡可采用砌石护坡处理，可减轻水土流失和边坡失稳的发生。

6.2 土地复垦方案

为加强采矿权的管理，落实“谁开采谁治理”的原则，保护和恢复自然生态环境。根据《广东省采石取土管理规定》、《土地复垦条例》(国务院令第 592 号)和《矿山地质环境保护规定》(国土资源部令第 44 号)、《广东省国土资源厅转发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》(粤国土资地环发[2017]4 号)等的要求，按土地复垦条例规定，根据实际因地制宜开展土地复垦工作，要明确项目建设单位责任义务和范围，明确地矿行政主管部门与采矿权人之间的权利和义务，以法律的形式和经济手段保护环境。

矿业权人应委托有资质的单位编写矿山恢复治理与土地复垦方案,按程序上报并经有关主管部门批准。将方案提出的各种措施和要求,及时认真落实,做到 矿山生产与土地复垦同时进行。

矿山建设中,不占用农田保护区,少占林地。在矿山生产和管理过程中,应根据不同地段的实际情况及时绿化。

对温泉区建设形成的最终平台、边坡和空旷地带,应及时种树植草,边坡种植攀爬的藤蔓植物,以实现平台、边坡的绿化。

第七章 安全生产要求

1、企业必须严格执行《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国矿山安全法》，执行《广东省安全生产条例》（2023年），执行《关于我省矿泉水、地热(温泉)卤水和小型、粘土开采安全生产条件问题的通知》(粤安监〔2006〕288号文)，以及各级政府安全部门制定的法律、法规。

2、企业必须设置安全生产管理机构，配备专职安全生产管理人员。建立、健全主要负责人、分管负责人、安全生产管理人员和各职能部门、岗位安全生产责任制；配备专职或兼职安全生产管理人员；制定安全检查制度、安全教育培训制度、生产安全事故管理制度、设备安全管理制度、安全生产奖惩制度等规章制度；制定作业安全规程和各工种操作规程。

3、主要负责人和专、兼职安全生产管理人员的安全生产知识和管理能力需经考核合格；特种作业人员经有关业务主管部门考核合格，取得特种作业操作资格证书；其他从业人员按照规定接受安全生产教育和培训，并经考试合格。

4、配备必要的应急救援器材、设备、指定专兼职的应急救援人员。

5、任命各级(班组)安全责任人及明确其安全生产岗位职责，安全责任层层落实，并与工资挂钩，对违章现象予以处理、记录和跟踪整改。员工要树立“安全第一”的思想，自觉接受安全教育，学习安全知识。

6、生产岗位员工必须按规定穿戴劳动保护用品。

7、车间专职安全员要切实履行职责，随时检查安全生产制度落实情况，制止违章操作和冒险作业；电器和机械设备故障由专业人员排除，非专业人员严禁自己动手处理。

8、作业场所设置必要的安全警示标志；机器设备转动、传动等部位要设置可靠的安全防护装置；电气设备金属外壳必须按规范做好接地接零保护；照明、移动电器必须安装漏电保护器。

9、依法参加工伤保险，为从业人员缴纳工伤保险费。

10、主要建构筑物要求按国家有关地震烈度等级设防。

11、凡高度超过15m的建构筑物均设置避雷带。

12、各防火地点，均按规定设有灭火器材、报火警仪器等。

13、在地热流体的各使用点，应设置安全使用提示，注明水温、水深、水质简介，提醒客人合适的浸泡时间、地热流体的功能及身体禁忌，确保使用安全。

第八章 绿色矿山建设

开采地热资源时，应按绿色矿山建设的要求进行开发，按 2018 年 6 月国家绿色矿山建设规范《非金属矿行业绿色矿山建设规范》(DZ/T0312-2018) 和 2017 年《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》完成绿色矿山建设。

8.1 基本要求

- 1、严格遵守《中华人民共和国矿产资源法》、《广东省矿产资源管理条例》、《广东省地质环境保护条例》等法律法规，证照齐全，合法经营，遵纪守法；
- 2、具有通过审查的矿产资源开发利用方案、矿山地质环境保护方案；
- 3、依法纳税，依规缴费,严格按照《矿山地质环境治理恢复合同书》履行矿山地质环境治理恢复责任，设立矿山环境治理恢复基金会计科目，并按比例提取费用。

8.2 规范管理

科学管理、自我完善的安全标准化管理体系,是企业持续发展的动力。未来企业自行或应委托具有相应资质的单位编写《矿山恢复治理与土地复垦方案》、《水土保持方案报告书》，并送相关部门审查备案，最终资料由办公室负责保存，按方案和报告中的措施则由相关部门共同实施完成。

结合实际情况，未来矿山企业建立完善的《创建安全绿色矿山管理制度》、《企业主要负责人安全生产职责》、《公司安全生产管理制度》、《安全事故应急救援制度》、《环境污染应急救援制度》、《职业健康管理制度》等制度保障的安全、绿色生产，公司主要负责人应经过专业岗位培训，取得相应上岗证，严格按照矿产资源开发利用方案进行开采，建立严格的水位、水温、水量、水质动态监测制度，掌握年度变化特征和多年变化趋势。

8.3 综合利用

- 1、在抽水到洗浴，再到水处理、排放等全流程过程中，设计的设备设施、保温、检测等环节的设施设备要进行不断地应用提升技术水平、做到节能减排，综

合利用。提高经济、社会与环境效益显著，达到了省内同类矿山先进水平：

2、按开发利用方案的设计，在地热水利用过程中，第一级为浴池和浴缸；第二级为露天常温游泳池；第三级为度假村绿化用水；最后是处理排放。在实际使用过程中合理配置优化，不断提升分级利用、优质优用、综合利用的水平；

3、地热水排放尾水温度小于 35℃，地热水利用率 $\geq 95\%$ ；

4、建立生产全过程能耗核算体系，控制并减少单位矿山应成立绿色矿山建设工作机构，分工明确，责任落实。

5、不断提高对科技创新的重视程度和加强科技创新资金的投入，定期组织各员工进行各项学习和培训。

8.4 环境保护

切实履行矿山地质环境治理恢复与土地复垦义务，根据《矿产资源开发利用方案》、《建设用地地质灾害危险性评估报告》《环境影响报告》，做到按资源开发利用方案、矿山建设水土保持方案同时设计、同时施工、同时投入生产和管理，确保拟设采矿权环境得到及时的治理和恢复。

8.5 数字化矿山建设

1、生产技术工艺装备现代化，及时淘汰高能耗、高污染、低效率的工艺和设备；

2、产学研用科技创新平台完善，矿山的研发投入资金不低于上年度主营业务收入的 1%。

4、生产运营管理采用信息技术、网络技术、控制技术、智能技术，实现矿山企业经营、生产决策、安全生产管理和设备控制的信息化。

8.6 矿山企业形象

1、拟设采矿权规划建设布局合理、厂貌场地整洁，标识、标牌等规范统一、清晰美观；

2、拟设采矿权（含职工生活区）地面工程系统及配套设施完善，道路平整规范、交通方便，运行安全；

3、职工物质、体育、文化生活丰富，重视职工生活、关注职工健康，维护

职工权益，业主与职工关系融洽、氛围和谐。企业职工满意度不低于 80%；

4、企业形象好，无不良信用记录，履行社会责任，积极参与和支持社会公益事业，主动接受社会团体、新闻媒体和公众监督；

5、企业与乡镇、村（社区）及周边居民关系和谐，拟设采矿权周边群众满意度不低于 80%，妥善处理好各种利益纠纷，及时受理回应矿山所在地利益相关者的诉求，没有发生重大群体性事件。

8.7 保障措施

绿色矿山是一个全新的矿山发展模式，以保护环境、降低资源消耗、追求循环经济为目的。在建设绿色矿山的道路上坚持“节能降耗，科学开采；防治结合，和谐发展”的原则，真正步入“经济效益好、资源消耗低、环境污染少”的良性循环，实现了经济与社会、人与自然的协调发展。为加强和进一步促进绿色矿山建设，建议未来在温泉开发利用时采取以下措施，积极的响应绿色矿山建设，并建立和完善绿色矿山建设长效机制

1、成立“绿色矿山建设”专门机构

建立统筹协调分类实施机制，确保有序进行。绿色矿山建设是一个系统工程，涉及企业、主管部门和相关单位多个实施主体。各有关部门要在建设领导小组的统一领导下，按照各自职责分工，协调配合，将各个具体建设项目与不同层级、不同类别的有关规划进行衔接和协调，突出重点，需求主导，急用先行，按方案组织实施。

2、建立评估机制

建立工程实施评估机制，保证工程顺利完成。要高度重视绿色矿山工程的实施工作，制定具体的配套措施，明确责任，保障绿色矿山工程目标和任务落实到位。对绿色矿山工程实施方案情况进行总体跟踪分析和监督检查。当环境变化或由于其他原因导致实施方案发生严重偏离绿色矿山工程建设目标时，有关部门可适时提出调整方案，报请矿山“工程”领导小组审议批准。

3、专款专用建设绿色矿山

落实资金投入是绿色矿山工程建设顺利推进的关键环节和重要保障，要本着“花钱办实事、集中资金办大事”的原则，严格控制资金的投入和使用。要以企业

自筹资金为主，建立多渠道投入机制，根据绿色矿山工程项目建设特点和性质，明确投资主体，完善投入机制，拓宽投入渠道，加快推进进度。企业要主动向政府有关部门汇报工程情况，配合政府工作。绿色矿山工程建设项目涉及的有关部门和单位，要按照相关规定尽快进行项目立项审批，按最终审定的自己投入额度和投入渠道，落实投入资金；已审批同意的项目，要加快建设进度，确保建设项目按计划实现。

4、加强“绿色矿山建设”宣传

加强宣传“绿色矿山建设”，推进舆论引导。加大绿色矿山建设宣传力度，通过各种形式的“绿色矿山建设”宣传，为绿色矿山建设营造良好的舆论环境，鼓励“绿色矿山建设”，调动广大员工的积极性和参与性，实现人人都是绿色矿山建设的参与者。

5、持续推进环保工作

定期组织检查，不断推进环保工作。制定确保顺利实施“绿色矿山建设”规划的各项措施和监督考核制度，并定期组织对绿色矿山建设进行检查，及时发现问题并解决问题。依靠科技进步，提高“绿色矿山建设”水平。

第九章 投资估算与经济效益分析

9.1 投资估算

9.1.1 投资估算范围

本项目为新设矿山，前期建设投资估算约920万元。详见表9-1半溪地热田ZK02井温泉开发项目总投资费用估算

表9-1 半溪地热田ZK02井温泉开发项目总投资费用估算

序号	指标名称	单位	数量
一	工程直接费用	万元	400
1	建筑设施费	万元	150
2	道路	万元	50
3	各种设备	万元	60
4	供排水管网	万元	50
5	绿化工程	万元	30
6	保养及维护	万元	20
7	其他工程费用	万元	30
二	工程建设其他费用	万元	420
1	征地	万元	120
2	勘查评价等前期费用	万元	300
三	预备资金及流动资金	万元	100
合计		万元	920

9.2 经济效益分析

9.2.1 成本估算

1、单位矿石直接生产成本

根据抽取地热水工艺，结合当地物价和工资水平，参考同类型温泉度假区开发成本费用，估算地热水开采的年总成本（表9-2）。

表9-2 半溪地热田ZK02井地热水每年总成本费用估算表

序号	项目	产品成本（万元/年）	备注
1	人员工资	62.4	0.4 万元/人·月×12 月×13 人
2	电费	36	3 万元/月×12 月
3	园林绿化及生态环境修复	12	1 万元/月×12 月
4	管道及设备维缮	6	0.5 万元/月×12 月
5	污水处理、净化	24	2 万元/月×12 月

6	采购销售费用	5	含广告宣传费
7	绿色矿山建设	10	
8	安全生产费	5	
9	管理费	10	
合计		170.4	

年生产成本为：170.4 万元

9.2.2 矿山年销售收入

根据韶关市近几年的温泉理疗洗浴价格分析，设计地热水生产建设规模若按设计开采量 1136m³/d（按 330d/a 计算，年可开采量 3.75×10⁵m³/a），拟设采矿权地热水销售价格预估为 8 元/m³，年销售收入 37.5×8=300 万元。

9.2.3 正常年税金及利润

本矿产品增值税按销售收入6%计取；城市维护建设税按增值税税额的5%计取；教育费和地方教育费附加按增值税税额的5%计取；所得税按年税后利润的25%计取；资源税从价计取：

- (1) 年应交增值税 $300 \times 6\% = 18$ 万元
- (2) 年城市维护建设税： $18 \times 5\% = 0.9$ 万元
- (3) 年教育费附加： $18 \times 5\% = 0.9$ 万元
- (4) 矿业权收益： $300 \times 3\% = 9$ 万元
- (5) 年税金、收益与附加合计： $18 + 0.9 + 0.9 + 9 = 28.8$ 万元
- (6) 年税前利润： $300 - 170.4 - 28.8 = 100.8$ 万元
- (7) 年所得税： $100.8 \times 25\% = 25.2$ 万元
- (8) 年税后利润： $100.8 - 25.2 = 75.6$ 万元
- (9) 投资利税率为： $(18 + 0.9 + 0.9 + 25.2) \div 920 \times 100\% \approx 4.89\%$
- (10) 投资利润率： $75.6 \div 920 \times 100\% \approx 8.22\%$
- (11) 静态投资回收率： $920 \div 75.6 \approx 12.17$ 年

第十章 开发方案简要结论

10.1 设计利用矿产资源储量、实际生产规模和矿山服务年限

广东省翁源县坝仔镇半溪地热田 ZK02 井地热资源新设地热流体采矿权,评审结果为半溪地热田 ZK02 井查明地热流体控制的可开采量(在含义上等同于 GB/T15218-2021 的 C 级允许开采量)为 1136m³/d(降深 36.79m),井口温度 45.0°C,热功率 1222kw,属于低温小型规模地热资源。推荐设计生产规模,开采地热流体 1136m³/d 或 3.75×10⁵m³/a(按 330d/a 计),按照《矿山生产建设规模分类》划分,半溪地热田 ZK02 井建设规模属大型。

设计矿山服务年限为 30 年(以自然资源管理部门实际发证为准),因地热流体是可再生资源,将来可根据实际情况再申报延长服务年限。

10.2 产品方案

产品方案为医疗保健、疗养、沐浴用地热流体。

10.3 厂址与开采输送方案

方案设计本着经济合理利用、减少矿山建设投资的原则,选择投资较少、运输较方便的地方作为工业场地。本矿为新设矿山,在 ZK02 井处修筑水泵房,设计拟在 ZK02 井西侧约 50 米处修筑 1#高位保温蓄水池和 2#高位保温蓄水池,2 个高位保温蓄水池通过输水管并联,通过水管阀门开关控制蓄水和用水,2 个高位保温蓄水池容量均为 400m³,采用半下沉式钢筋混凝土结构水池,规格为 10m×20m×2m。(详见附图 3)。

采用地下方式采取地热流体,即在 ZK02 井用热水潜水泵抽取地热流体,采用纤维玻璃钢保温管将抽取的地热流体引出地表并直接引入高位保温蓄水池;再由高位保温蓄水池通过纤维玻璃钢保温管输送到宾馆区、浸浴池等用水点直接供应地热流体。

10.4 开采方式

采用地下开采方式。

10.5 项目经济综合评价

项目估算总投资 920 万元。

本矿设计生产规模为 37.5 万 m³/a，年经营收入 300 万元，年经营成本 170.4 万。预测企业的年税金、收益金与附加约为 54 万元，企业的投资利税率为 4.89%，投资利润率为 8.22%，静态投资回收期为 12.17 年。

项目在今后的服务年限内，并可提供包括后勤人员约 13 个就业岗位，提高当地人民的生活水平，而且矿山主要为温泉区供应地热流体，可促进当地旅游业发展，为当地提供就业岗位，提高当地人民的生活水平，说明该项目经济效益和社会效益明显。

10.6 存在的主要问题及建议

1、为安全生产及合理利用资源，应建立健全地热水动态长期观测制度，对水温、水质、水位及水量作定期监测，并做好监测瓣归档工作。随时注意分析研究动态变化情况，指导矿泉水长期合理开发，发现水质、水量有不良变化时，应及时查明原因，并采取防治措施，确保地热流体水源地开发的可持续发展。

2、应积极配合地方政府有关主管部门，加强水源地的封山育林工作，保证水质良好，水源能长久利用。

3、水源地三级保护区内应加强对生态环境的监测工作，规范污水处理，发现生态环境有不良变化，应根据实际采取有针对性的防范措施。

4、为避免长期抽取地热流体，可能造成的地面变形，采矿权人要按照批准的生产建设规模开采地热流体，禁止超采，确保地热流体永续开发利用。

5、通过地热流体质量评价，认为半溪地热田 ZK02 井热矿水中的氟、偏硅酸及温度具有疗养价值，不能作为生活饮用水及饮用天然矿泉水，不宜直接用于普通游泳池用水、灌溉农田或直接作为渔业用水使用，热矿水中无有用矿物组分，是锅垢很少的地热流体，但其碳酸钙结垢趋势非常严重。因此，地热流体经处理达标后，方可输送至室内泳池进行循环利用，地热流体废水需收集统一处理达到排放标后且温度小于 35℃之后才能排放。

附表 1 主要开采技术经济指标

序号	指标名称	单位	数量	备注
一	地质			
1	地热流体可采量	m ³ /d	1136	控制
2	水质		理疗用氟、硅地热流体	
3	水温	°C	45	ZK02
4	水位降深	m	36.79	
5	钻孔深度	m	657.40	
6	三级保护区范围	km ²	0.12	
二	采矿			
1	批准储量规模	m ³ /d	1136	加权平均温度:45°C
2	实际生产规模	m ³ /d	1136	53.53万m ³ /a
3	开采方式		地下开采	
4	主要采矿方法		热水潜井泵抽水	
5	泉(井)口高程	m	328.59	
6	加权平均水温	°C	45	
7	输送方案		高位保温蓄水池+保温管直接供水	
三	基建时间	月	12	
四	矿山设计生产年限	年	30	
五	工作制度			
1	年工作天数	天	330	
2	每天工作班数	班	3	
3	每班工作h数	班	8	

附表 2 综合技术经济指标

序号	指标名称	单位	数量	备注
一	年经营收入	万元	300	
二	年经营费用	万元	170.4	
1	人员工资	万元	62.4	
2	电费	万元	36	
3	园林绿化及生态环境修复	万元	12	
4	管道及设备维缮	万元	6	
5	污水处理、净化	万元	24	
6	采购销售费用	万元	5	
7	绿色矿山建设	万元	10	
8	安全生产费	万元	5	
9	管理费	万元	10	
三	税前利润	万元	100.8	
四	所得税	万元	25.2	25.00%
五	年税后利润	万元	75.6	
六	静态投资回收期	年	12.17	不含建设期， 自筹资金不计息

广东省翁源县自然资源局

委托书

广东省核工业地质局二九三大队：

根据原中华人民共和国国土资源部《关于加强对矿产资源开发利用方案的通知》(国土资发[1998]98号)和原广东省国土资源厅《关于委托广东省矿业协会组织审查矿产资源开发利用方案的通知》(粤国土资发[2006]254号)精神，现委托贵单位编写《广东省翁源县坝仔镇地热田 ZK02 井地热矿产资源开发利用方案》，请贵单位组织有关人员，按照国家有关法律、法规和行业有关规范、规程技术、标准进行编写并按时提交。为确保方案编写过程中的客观、公正、合理，我方作出以下承诺，并承担相应的法律责任。

1. 我方提供的一切图纸、资料均真实、可靠；
2. 出具的各类证照、文件均合法、有效；
3. 不干涉编写工作。

附后：拟设采矿权范围拐点坐标表

翁源县自然资源局

2024年7月5日

附：

拟设采矿权范围拐点坐标表

拐点编号	2000 坐标系	
	X 坐标	Y 坐标
1	2719099.00	38525047.00
2	2718940.00	38525200.00
3	2718858.00	38525172.00
4	2718908.00	38525035.00
面积为0.02km ²		



《广东省翁源县坝仔镇半溪地热田 ZK02 井地
热资源储量核实报告》

矿产资源储量评审意见书

粤资储评审字（2024）86号

广东省矿产资源储量评审中心

2024年7月1日



申报单位: 翁源县自然资源局

报告编写单位: 广东省核工业地质局二九三大队

报告编写人: 冀石磊、李欣、周栋文、吴海辉、李杰、胡飞、刘立、赵艺川、张明、吕翔、彭辉才、周连、李俊、何伟、林颖达、慕永灯

报告审核: 黄宏坤、高君健

总工程师: 张振奋

单位负责: 陈计中

评审机构: 广东省矿产资源储量评审中心

评审专家:

组长: 梁俊平 (水工环地质专业)

组员: 林希强 (水工环地质专业)

杨成奎 (水工环地质专业)

评审方式: 会审

评审受理日期: 2024年5月6日

评审会议日期: 2024年6月22日

评审完成日期: 2024年7月1日

评审地点: 广州市

翁源县自然资源局委托广东省核工业地质局二九三大队编制了《广东省翁源县坝仔镇半溪地热田 ZK02 井地热资源储量核实报告》（以下简称“报告”），目的是为新设翁源县坝仔镇半溪地热田地热资源采矿权提供地质依据。报告于 2024 年 5 月 6 日送到广东省矿产资源储量评审中心（以下简称“评审中心”），经评审中心审查认为：申报材料符合要求，予以受理。按相关规定随机抽取并聘请地质矿产资源评审专家梁俊平、林希强、杨成奎（名单附后）组成专家组对报告进行审查并提出了修改意见。评审中心于 2024 年 6 月 22 日组织专家在翁源县召开评审会，报告评审原则通过，对报告提出了进一步完善的意见。

经修改后的报告，于 2024 年 7 月 1 日送达评审中心，并经评审专家复核认为：报告已修改完善。现提出评审意见如下：

一、矿区概况

（一）位置交通及自然地理概况

地热田位于翁源县县城 30° 方向，直距约 45km，行政区划隶属翁源县坝仔镇所辖。勘查区中心点地理坐标：东经 114° 14′ 54″、北纬 24° 34′ 23″。245 省道从坝仔镇境内通过，勘查区与省道之间有乡村公路相连，交通较为便利。

地热田位于南岭山系东段，粤东北与赣南交界处近东西向的九连山脉地带，属丘陵地貌区，地面标高 235.0m~463.5m，呈东高西低之势，最高山峰仙人顶标高 463.5m，最低山谷标高 235.0m，山势陡峻，自然地形一般坡度为 30°~60°，区内植被发育，以灌木、杂树为主。

本区地处亚热带山地气候区，多年平均气温为 20.8℃，最低气温在 12~1 月，最高气温在 7~8 月。年平均降雨量为 1868mm，雨季多集中在 2~5 月、6~8 月，5~6 月份多大雨或暴雨，7~8 月份多雷雨；年平均蒸发量为 1630mm，多集中在 7~9 月。年平均降水量大于年平均蒸发量。本地区枯水期为每年 12

月至次年3月，丰水期为5月至9月，平水期为4月、10月和11月。

区内无大型地表水体，常年山间溪流发育。区内最低侵蚀基准点位于勘查区西部寨下溪河床一带，其标高约 235m。区内最大河流为寨下溪，平均流量约 55.63L/s，寨下溪自东向西穿过勘查区，后汇入下庄河。

（二）矿权设置

为了推进乡村振兴战略，促进翁源县经济发展，翁源县自然资源局拟设立坝仔镇半溪地热田地热资源矿业权。根据半溪地区温泉出露水点的水温及水系分布与断裂走向延伸的空间关系，勘查范围面积约 1.21km²，由以下 4 个拐点组成（2000 国家大地坐标系）。

1. X=2719389.00, Y=38524648.00;
2. X=2719389.00, Y=38525660.00;
3. X=2718200.00, Y=38525660.00;
4. X=2718200.00, Y=38524648.00。

根据 2021 年 7 月 24 日翁源县自然资源局委托书，地热资源核实范围面积 0.02km²，由以下 4 个拐点组成（2000 国家大地坐标系）。

1. X=2719099.00, Y=38525047.00;
2. X=2718940.00, Y=38525200.00;
3. X=2718858.00, Y=38525172.00;
4. X=2718908.00, Y=38525035.00。

本次地热田内评价井为 ZK02 井，成井深度 657.40m，钻孔坐标（2000 国家大地系）X=2718897.12、Y=38525098.09，孔口地面标高 328.59m。根据核实区地形标高与生产井成井深度标高，拟开采标高为 463m 至 -328.81m。

根据“翁源县土地利用总体规划示意图（2022 年）”，拟设采矿权土地类型为乔木林地、水工建筑用地和其他草地。在拟设采矿权西部外围约 150m 处有生态保护区，居民区及基本农田位于拟设采矿权北西方向约 300m 处。

在拟设采矿权南部外围存在一固体采矿权，有效期限为 2010 年 5 月 7 日至 2033 年 5 月 7 日，目前已停止开采。本次拟设采矿权与周边保护区、已设置采矿权位置见图 1。

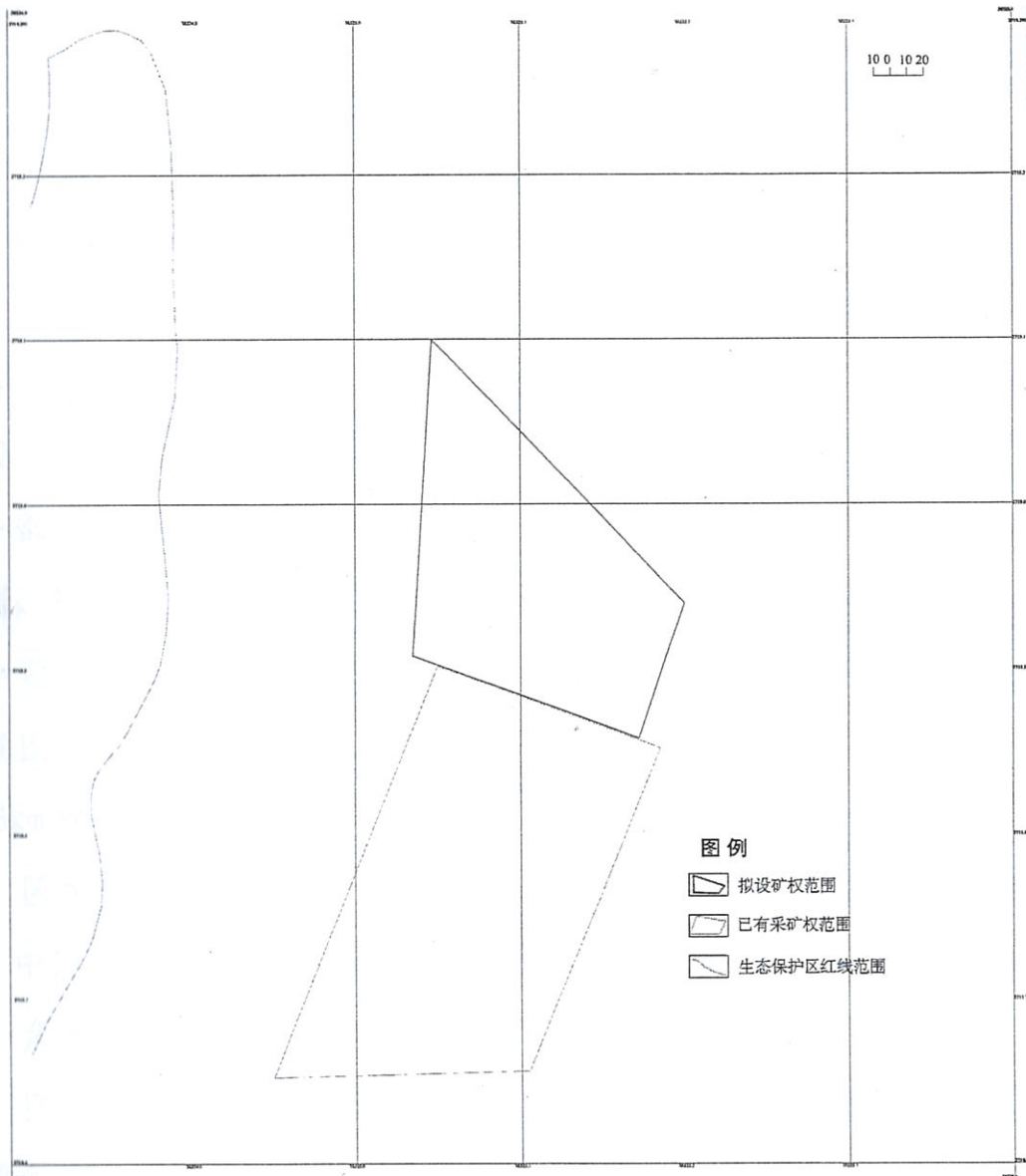


图1 拟设矿区与已有采矿权及生态保护区红线套合图

(三) 区域地质概况及地热田特征

1. 区域地质概况

矿区所在区域发育地层有寒武统水石组、泥盆系中统杨溪组、老虎头组和春湾组、白垩系上统丹霞组等。

区域主要有东西向（北西西向）、北东东向和北北东向三组构造带。东西向（北西西向）构造带由韧性剪切带、挤压带和中基性岩脉等组成的复杂构造带，属于冷洞-司前-竹山下和大宝山-白门楼-仙人嶂东西向复杂构造带的组成部分，从北往南依次有水口-竹山下、黄陂-张光营、下庄-寨

下、鲁溪-仙人嶂、中心段五组，充填岩性主要为辉绿岩；另外还有雷打山、大帽峰、石土岭、阿婆髻等四组东西向糜棱岩带。北东东向构造带区域上属粤北山字型构造东翼弧组成部分，有北西部的黄陂石英断裂带，南东部的马屎山断裂带，两带之间还有同序次低级别的蚀变碎裂岩带，呈等间距分布。以充填白色块状高温石英为主，压扭性，左行扭动，普遍可见其错移辉绿岩脉等。黄陂石英断裂带与马屎山断裂带之间具断陷带性质，为全南断陷带南西段，与红盆分布紧密相连。北北东向构造带区域上属油山-下庄新华夏系的一部分，为后期活动的构造，压扭性，多为左行扭动，错移早期形成的辉绿岩、挤压带、石英断裂带等，成组分布，以充填微晶石英、黄铁矿、赤铁矿、萤石、方解石等为主要特征。从西往东有明珠湖、新桥-下庄、102-石角围、仙人嶂-张光营、太平庵、坪田等六组，分布幅度宽约 23km，约呈 3km 的等间距分布。

区内酸性岩主要为印支期花岗岩，岩性为粗粒巨斑状黑云母二长花岗岩。中酸性岩主要为石英正长岩、英安斑岩。中基性岩主要为纤闪石化辉绿岩、角闪辉绿岩等。

区内地下水类型有松散岩类孔隙水、风化裂隙水、构造裂隙水。松散岩类孔隙水，含水层厚度 0~10m，富水性和透水性较好，水量较小，常常在坡积层底部以下降泉的形式排泄，泉水流量受季节变化影响明显；溶解性总固体小于 50mg/L，水化学类型以 $\text{HCO}_3^- (\text{K}+\text{Na})$ 为主。风化裂隙潜水主要赋存于基岩的风化裂隙带中，多以下降泉形式出露，部分为微承压水。流量为 0.003~0.537L/s，主要受大气降水补给，以下降泉形式出露，溶解性总固体 10~400mg/L，水化学类型以 $\text{HCO}_3^- (\text{K}+\text{Na})$ 和 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4^- (\text{K}+\text{Na})$ 型为主。构造裂隙水主要赋存于构造裂隙及构造硅化带中，呈带状或透镜状分布，主要受大气降水和风化裂隙水补给，以下降泉或上升泉形式出露，流量为 0.003~0.600L/s；溶解性总固体在 100~600mg/L 之间，pH 值 6.5~7.3，水温 23~56℃，水化学类型以 $\text{HCO}_3^- (\text{K}+\text{Na})$ 和 $\text{HCO}_3^- (\text{K}+\text{Na}) \cdot \text{Ca}$ 型为主。

2.地热田特征

(1) 热储

地热田地热流体主要赋存于印支期中粒斑状黑云母花岗岩与构造破碎带的构造裂隙中，热储呈带状分布，北北东向和北东东向的构造构成了半溪地区地热田区域的地热储带，其中 102-石角围断裂带为本次半溪地热田地热储量核实的主要地热储带，热储层主要呈狭长的带状分布，局部出现似层状分布。

(2) 热储盖层

核实区热储为隐伏于地下的102-石角围断裂带，上部第四系热储盖层透水性弱的粘性土分布连续，厚度不一，透水性差；上部坚硬致密的花岗岩为地热起着良好的保温隔水作用，是该地热资源形成的良好盖层。

(3) 热源

推断本地热田的热源可能来源于：①断裂构造活动产生的摩擦热，②放射性物质蜕变产生的热能。

3.地热流体通道及形成机理分析

地热田内北西西向构造发育，该组构造带早期呈张性，填充基性岩脉（主要为辉绿岩），后期压扭，形成韧性剪切带，岩石破碎，裂隙发育，部分呈张性。北西西向构造裂隙为大气降水下渗提供了通道，入渗的大气降水经深部循环加热形成地热流体。地热流体在一定深度后，沿着北北东向或北东东向深大断裂构造上升，在地形切割剧烈地段，成为热水集中涌出的有利地段。

4.地温场特征

ZK02 井井温测量深度 656.00m，井温最大值为 45.87℃（孔深 586.00m 处），选取-25.00m 作为本地区恒温层，其恒定温度取值与本地平均气温相同（即 20.8℃），钻孔最大增温值为 25.07℃，经计算 ZK02 井热储平均增温率为 4.469℃/hm。

(四) 地球化学特征

1. 地热流体特征

地热田 ZK2 井地热流体经丰水期和枯水期取样进行水质全分析, 地热流体水中阴离子以重碳酸根为主; 阳离子以钠为主, 水化学类型为 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型。溶解性总固体为 752 ~ 753mg/L, 偏硅酸 (H_2SiO_3) 质量浓度 72 ~ 74mg/L, pH 值 7.20 ~ 7.27。氟化物含量为 6.8 ~ 6.1mg/L。地热流体腐蚀系数 K_r 、 $K_r+0.0503\text{Ca}^{2+}$ 均小于 0, 为非腐蚀性水; 本地热田地热流体锅垢总量 $\text{H}_0125 \sim 250\text{mg/L}$, 为锅垢很少的地热流体。地热流体偏硅酸含量和氟离子含量达到命名矿水浓度标准, 结合其他水质特征, 为氟、硅温热矿水。

2. 地热流体评价

本地热田地热流体按地热资源温度分级属低温地热资源的温热水。根据不同要求, 对地热流体的用途评价如下:

(1) 根据水质特征, 对照医疗用热矿水水质标准, 偏硅酸含量和氟离子含量达到命名矿水浓度标准, 可作为医疗用氟、硅温热矿水开发利用。

(2) 对照《生活饮用水卫生标准》(GB5749—2022), 地热流体中氟质量浓度已超过生活饮用水 (1.0mg/L) 和饮用天然矿泉水 (1.5mg/L) 的最高限值, 不宜直接作为生活饮用水或饮用天然矿泉水水源。

(3) 对照《农田灌溉水质标准》(GB5084-2021), 地热流体的水温、氟化物超过标准值, 不适宜直接用于农田灌溉。

(4) 对照《渔业水质标准》(GB11607—1989), 氟质量浓度超过标准, 不适宜直接用于渔业用水。

(五) 环境评价及保护

对照《水污染物排放限值》(DB4426-2001), 本地热流体中已检测项目的第一类和第二类污染物未超过最高允许排放浓度。地热流体氟浓度超过生活饮用水水质标准, 而且地热流体水温较高, 如排放不当, 将会造成氟化物污染和热害, 故应防止将地热流体直接排入农田而危害农作物及污染土壤层, 也不能直接作为渔业养殖用水使用, 尤其应注意防止氟化物污染温泉区

附近的生活饮用水源。

参照《天然矿泉水资源地质勘查规范》(GB/T13727-2016)、《饮用水水源保护区划分技术规范》(HJ338-2018)的要求和地热田的实际情况,划定了本地热田的三级保护区。以 ZK02 井为中心,半径 30m 的范围为一级保护区;区内严禁无关人员居住或逗留;禁止兴建与热矿水引水无关的建筑物;消除一切可能导致热矿水水质污染的因素及活动。二级保护区:以 ZK02 井为中心,向外 50m 范围为二级保护区;区内不得新设居民点和其他工厂,不得设置厕所、堆放垃圾、废物或铺设污水管道,禁止设置可导致地热流体质量改变的引水工程,不允许进行任何可能破坏水源地地质环境或可能引起含水层污染的人类生活及经济-工程活动。三级保护区:以地下水补给、径流条件和最低一级自然分水岭为边界,划定三级保护区,面积 0.12km²。在三级保护区范围内应尽量保持自然状态,禁止滥采地下水,禁止向寨下溪注入有害的污染物。同时在保护区范围内应保护植被,防止水土流失,只允许进行对水源地没有危害的工程-经济活动。

为确保长期合理开采地热流体,保证水质的长期稳定,应建立长期动态观测制度,生产井安装全自动监测设备,对开采井的水位、水量、水温和水质进行长期观测,建立观测资料档案库,及时掌握变化趋势,用以指导地热水合理开发,避免过度开采,当发现水位、水质、水量、水温有明显变化时,应及时找出原因,采取相应措施确保可持续开发利用。

二、矿区地质勘查工作

(一) 地质勘查工作及开采简况

1. 地质勘查工作

(1) 1970~1983 年,广东省核工业地质局二九三大队对下庄一寨下地区(包含半溪地区)进行了多阶段不同程度的地质勘查及研究,施工了大量槽探、钻探和坑探工作,初步查明了核实区周边地层、构造和岩浆岩出露情

况，初步查明了部分地段深部存在隐伏构造的情况。

(2) 2008~2009年，广东省核工业地质局二九三大队实施了中央地勘基金项目，对寨下地区施工钻孔19个，投入钻探工作量8000余米，钻孔ZK0241-1孔深700m，孔深486m开始涌水，终孔后涌水量达6.98L/s，温度达40°C；开展了少量区域水文地质工作，布置了少量水文观测点和采取了水质筒分析样，初步查明了核实区地下水主要类型及其特征。

2. 开采简况

本区域以往未开发利用地热资源。

(二) 本次核实工作

勘查单位于2023年5月开展了1:2000地形地质测量面积1.21km²，1:2000水文地质测绘面积1.21km²，音频大地电磁法AMT（点距20m）300点，1:5000剖面布设（点距20m）6km，水文地质钻探657.4m，单井降压试验60台班，水质全分析样2组，评价井动态观测185次。2024年5月提交《广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井地热资源储量核实报告》。

(三) 核实工作工程控制

本次核实，在收集现有地质地热资料的基础上，通过地形测量、地质调查、剖面测量、地球物理勘探、样品分析测试及动态观测、降压试验等工作，基本查明了水源地内ZK2（评价井）评价井的地热流体可开采量和质量及动态变化特征。

(四) 可开采量的确定

ZK2井枯水期单井降压试验产量1136m³/d（降深36.79m，井口水温45°C）作为控制的地热流体可开采量。

三、报告评审情况

(一) 评审依据

根据《地热资源地质勘查规范》（GB/T11615—2010）、《天然矿泉水资

源地质勘查规范》(GB/T 13727—2016)、《地下水资源储量分类分级》(GB/T 15218—2021)、《水污染物排放限值》(DB 4426-2001)、《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)、《农田灌溉水质标准》(GB 5084—2021)、《渔业水质标准》(GB11607—1989)等有关规定。

(二) 评审方式

1. 评审方式:

会审。

2. 评审相关因素的确定

(1) 可开采量计算范围为采矿许可证范围。

(2) 本报告可开采量的确定符合《地热资源地质勘查规范》(GB/T 11615-2010)要求。

3. 资源储量计算方法的验证

可开采量根据本次核实期间的降压试验及长期动态观测成果确定。

4. 地热流体可开采量确定基准日

地热流体可开采量确定基准日为2024年3月31日。

(三) 主要成绩

1. 在收集分析利用前人地质成果的基础上,开展了地质、水文地质综合调查、地球物理勘探和枯水期降压试验、地热流体化学分析及一年的动态监测等工作,对曹溪地热田地热流体的化学组分和地热流体可开采量作出了评价,为地热田开发利用提供了可靠资料。

2. 通过核实,基本查明了半溪地热田 ZK02 井地热流体赋构造破碎带中的构造裂隙中,热储呈带状分布,属层状岩类的带状构造裂隙承压水;查明了地热流体明显受北北东向和北东东向断裂构造控制,基本查明了地热田的热储、热储盖层、热源和热流体通道与形成机理,以及地热流体的补给、径流与排泄条件。

3. 查明了半溪地热田 ZK02 井地热流体化学组分,分析结果表明主要化

学组分部分变化不大，水质较稳定。根据水质检验结果，地热流体属理疗用氟水、硅水，可作为热矿水资源开发利用。

4. 查明了半溪地热田 ZK02 井地热流体的静止压力、水位降深、地热流体资源量和温度变化情况与年度变化规律。

5. 根据枯水期降压试验和动态监测结果，评价了地热流体资源量，将半溪地热田 ZK02 井枯水期降压试验地热流体产量 $1136\text{m}^3/\text{d}$ （降深 36.79m，井口水温 45°C ）确定为控制的可开采量合适。

6. 评价了地热田的开采技术条件；按照要求划分了三级水源保护区。

7. 报告章节安排合理，内容齐全，附图、附表总体符合有关要求。

（四）评审结果

截至 2024 年 3 月 31 日，半溪地热田 ZK02 井查明地热流体控制的可开采量（在含义上等同于 GB/T 15218—2021 的 C 级允许开采量）为 $1136\text{m}^3/\text{d}$ （降深 36.79m），井口温度 45.0°C ，热功率 1222kw，属于低温小型规模地热资源。据《地热资源评价方法及估算规程》（DZ/T 0331—2020），热效比不纳入计算，年开采累计可利用的热能量为 5.807×10^7 MJ。

（五）地质矿产资源评审专家分歧意见

无。

（六）存在问题及建议

1. 半溪地热田构造复杂，ZK2 井地热流体受北北东向和北东东向断裂构造控制，应对地热流体补给来源进行深入研究。

2. 生产井应安装自动监测系统，掌握开采动态变化规律和发展趋势，及时调整开采规模。

3. 地热田临近采矿区，需加强 ZK2 井地热流体热储与相邻矿区关系的研究，并在生产过程中对地热流体水化学组分的监测。

四、评审结论

报告达到核实报告的要求，同意报告评审通过，可作为采矿权设置的地质依据。

附件1:《广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井地热资源储量核实报告》

评审专家名单（签名）

附件2: 参加《广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井地热资源储量核实报告》评审会议人员名单

附件3: 矿产资源储量评审备案信息表

专家组组长:



2024年7月1日

附件 1: 《广东省翁源县坝仔镇半溪地热田 ZK02 井地热资源储量
核实报告》评审专家名单 (签名)

姓名	评审内容	技术职务	签名
梁俊平	水工环地质	教授级高工	梁俊平
林希强	水工环地质	教授级高工	林希强
杨成奎	水工环地质	高级工程师	杨成奎

附件 2: 参加《广东省翁源县坝仔镇半溪地热田 ZK02 井地热资源储量核实报告》评审会议人员名单

姓名	职务、职称	单 位
梁俊平	教授级高工	广东省自然资源厅（退休）
林希强	教授级高工	广东省地质学会
杨成奎	高级工程师	广东省有色地质勘查院
徐志添	高级工程师	广东省核工业地质局二九三大队
冀石磊	工程师	广东省核工业地质局二九三大队
高君健	高级工程师	广东省核工业地质局二九三大队
彭辉才	高级工程师	广东省核工业地质局二九三大队
华天宇	工程师	广东省核工业地质局二九三大队
曾会明	股长	翁源县自然资源局
李云		翁源县自然资源局
吴远健	高级工程师	广东省矿产资源储量评审中心

附件3矿产资源储量评审备案信息表

矿区基本情况 (1)	矿业权人： 翁源县自然资源局	外部条件 (2)	位于： 翁源县城（市）30 方位
	勘查/采矿许可证号：		直距： 45km
	许可证有效期：		距矿区（山）最近交通线名称：
	矿区名称： 广东省翁源县坝仔镇半溪地热田		S245
	矿山名称： 广东省翁源县坝仔镇半溪地热田		最近车站名称： 翁源县汽车站
	矿区编号：		运距： 47km 直距： 45km
	所属矿山编号：	交通类别： 公路	
	所在行政区： 广东省韶关市翁源县	矿产资源 储量 报告 情况 (3)	报告名称： 广东省翁源县坝仔镇半溪地热田ZK02井 地热资源储量核实
	中心点坐标： 经度（或Y）： 114.1452 纬度（或X）： 24.3428		报告提交时间： 2024年05月06日
	资源储量规模： 小型		提交评审备案事由：
储水（热）层年代： 印支期	探矿权转采矿权		
地质特征 (4)	岩性： 中粒斑状黑云母花岗岩	水质情况 (5)	溶解性总固体： 0.752 克/升
	成因类型： 构造裂隙水		pH值： 7.27
	地下水类型： 气带水		总硬度： 76.6 毫克/升
	埋深： 顶板埋深： 574m 底板埋深： 616m		水温： 45 ℃
	渗透系数： 1.625m/d		总硫化氢： <0.01 毫克/升
	出露形式： 钻孔（井）		偏磷酸： 0.0017 毫克/升
	地热水温： 最高： 45℃ 平均： 45℃		锂： 0.311 毫克/升
	主要用途： 洗浴		碘： 0.022 毫克/升
开采情况 (6)	生产井数： 1		铁： 0.192 毫克/升
	井深： 657.40m		钡： 0.017 毫克/升
	布井区面积： 0.01km ²		锰： 0.101 毫克/升
	保护区面积： 0.01km ²		钠： 176 毫克/升
	潜力分析： 本次储量核实仅为ZK02井地热资源单井评价，勘查程度较低，根据地热温标算法估算热储温度为79.1~141.4℃，因此，半溪地热田深部可能存在中高温热储层，有较大的地热资源前景。	偏硅酸： 72 毫克/升	
		偏硼酸： 0.142 毫克/升	
评审备案情况 (7)	评审机构： 广东省矿产资源储量评审中心	其他 (8)	钙： 27 毫克/升
	评审时间： 2024年06月22日		水质类型：
	评审备案日期：		HC03-Na
	评审备案机关：		与矿产资源储量数据库中矿区（山）的关系： <input checked="" type="checkbox"/> 追加 <input type="checkbox"/> 覆盖
	评审备案文号：		备注：只评审不备案

