

# 地热资源地质勘查规范

# 目 次

1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 总则 .....	4
4.1 目的任务 .....	4
4.2 基本要求 .....	5
5 地热资源勘查内容与要求 .....	5
5.1 地热资源勘查内容 .....	5
5.2 不同勘查阶段工作要求 .....	6
5.3 不同类型地热田勘查重点 .....	7
6 勘查工作控制程度要求 .....	8
6.1 地热田勘查类型划分与热田规模、地热资源分级 .....	8
6.2 勘查工程控制程度 .....	9
7 勘查工作质量要求 .....	10
7.1 航卫片解译 .....	10
7.2 地质调查 .....	11
7.3 地球化学调查 .....	11
7.4 地球物理勘查 .....	11
7.5 地热钻探 .....	12
7.6 地热井产能测试 .....	13
7.7 地热流体与岩土实验分析 .....	15
7.8 地热资源动态监测 .....	15
8 绿色勘查与安全勘查 .....	16
8.1 绿色勘查 .....	16
8.2 安全勘查 .....	17
9 地热资源储量计算与评价 .....	17
9.1 可开采量分级条件及用途 .....	17
9.2 计算原则 .....	18
9.3 计算参数要求 .....	18
9.4 计算方法要求 .....	19
9.5 地热资源储量可靠性评价 .....	19
10 地热流体质量评价 .....	21
10.1 一般要求 .....	21
10.2 地热流体不同用途评价 .....	21
10.3 地热流体中 有用矿物组分评价 .....	21

10.4 地热流体腐蚀性评价 .....	22
10.5 地热流体结垢评价 .....	22
11 地热资源开发利用条件评价 .....	23
11.1 地热资源开发可行性评价 .....	23
11.2 地热资源开发利用环境影响评价 .....	23
12 资料整理与报告编写要求 .....	24
12.1 资料整理要求 .....	24
12.2 报告编写要求 .....	25
附 录 A (资料性) 地球化学温标 .....	26
A.1 二氧化硅地热温标 .....	26
A.2 钾镁地热温标 .....	27
A.3 钾钠地热温标 .....	27
附 录 B (规范性) 地热流体分析样品的采集与保存方法 .....	29
B.1 采集点的选定及野外测试 .....	29
B.2 不同分析项目的采样要求 .....	29
B.3 采样容器洗涤要求 .....	32
B.4 添加药品的准备 .....	32
附 录 C (规范性) 地热资源储量计算方法 .....	33
C.1 计算参数的确定 .....	33
C.2 计算方法 .....	40
附 录 D (资料性) 地热常用量代号和单位名称 .....	45
附 录 E (资料性) 理疗热矿泉水水质标准 .....	48
附 录 F (资料性) 地热水利用的节煤减排量及居室采暖面积估算表 .....	49
附 录 G (资料性) 地热资源勘查报告编写提纲及附图附表要求 .....	51
G.1 报告编写提纲 .....	51
G.2 报告主要附图 .....	51
G.3 报告主要附表 .....	52

# 地热资源地质勘查规范

## 1 范围

本文件规定了地热资源地质勘查的术语和定义、总则、工作内容和要求、勘查工作控制程度、勘查工作质量要求、绿色勘查与安全勘查、地热资源储量计算与评价、地热流体质量评价、地热资源开发利用条件评价和资料整理与报告编写要求等。

本文件适用于水热型地热资源地质勘查工作部署、实施、验收及报告评审备案等(不包括干热岩型、岩浆型地热资源勘查和通过热泵技术开采利用的浅层地热能勘查)。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 5084 农田灌溉水质标准
- GB 5749 生活饮用水卫生标准
- GB 8537 饮用天然矿泉水
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB 11607 渔业水质标准
- GB/T 13727-1992 天然矿泉水资源地质勘查规范
- DZ/T 0260 地热钻探技术规程
- DZ/T 0331 地热资源评价方法及估算规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**地热** geothermal

地球内部所储存的热量。

### 3.2

**地热资源** geothermal resources

能够被人类所利用的地球内部的地热能、地热流体及其有用组分。

注1:目前可利用的地热资源主要包括:天然出露的温泉、通过热泵技术开采利用的浅层地热能、通过人工钻井直接开采利用的地热流体以及干热岩体中的地热资源。

注2:水热型地热资源是赋存于天然地下水及其蒸汽中的地热资源。

### 3.3

**地热资源勘查** geothermal resources exploration

采用地质调查、地球物理、地球化学、钻探、试验测试、动态监测、资源评价等方法手段，查明地热资源赋存规律、地热资源储量、富集特征和开发条件的地热地质工作。

注：根据勘查工作程度，可分为调查、详查、勘探和开采等阶段。

### 3.4

#### 地热资源评价 geothermal resources assessment

在综合分析地热资源勘查成果的基础上，运用合理方法对地热资源储量、可开采量及质量进行的计算与评价。

### 3.5

#### 地热流体质量 quality of geothermal fluid

地热流体的物理性质、化学成分、微生物指标及其能量品位。

### 3.6

#### 地热异常区 geothermal anomalous area

又称地热区，指地表放热量或大地热流值显著高于大陆地壳热流平均值的地区。在实际工作中，通常指具有某种地表热显示或一定深度内赋存有开发利用前景的热储分布地区。

### 3.7

#### 地热系统 geothermal system

构成相对独立的热能储存、运移、转换的系统。按地质环境和能量传递方式可划分为对流型地热系统和传导型地热系统。

### 3.8

#### 地热田 geothermal field

经地质勘查证实可供经济规模化开发利用的地热资源相对富集区。

### 3.9

#### 热储 geothermal reservoir

埋藏于地下、具有有效空隙和渗透性的地层、岩体或构造带，其中储存的地热流体可供开发利用。

#### 3.9.1

##### 层状热储 stratified reservoir

指以传导热为主、分布面积大并具有有效空隙和渗透性的地层构成的热储。泛指沉积盆地型热储。

#### 3.9.2

##### 带状热储 zoned reservoir

指以对流传热为主、平面上呈条带状延伸、具有有效空隙和渗透性的断裂带构成的热储。

### 3.10

#### 盖层 cap rock

覆盖在热储之上的不透水或弱透水岩层的总称。在层状热储中，通常将覆盖在主要热储或开发利用热储之上的地层通称之为主要热储的盖层。

### 3.11

#### 热源 heat source

供给热储中岩石和地热流体热的来源，可以是现代岩浆活动形成的岩浆房，也可以是来自地壳深部的热传导或来自沟通深部热源的现代活动性断裂带的热对流。

### 3.12

#### 地热增温率 geothermal gradient

也称地温梯度，指地球不受大气温度影响的地层温度随深度增加的增长率。通常用恒温带以下每深入地下 100m 所增加的地温值（ $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ）来表示。

### 3.13

#### 地热资源储量 geothermal resources reserves

在当前技术、经济可行的勘查深度内，经过勘查工作，一定程度上查明储存于热储岩石及其空隙中所赋存的地热流体量和热量。

### 3.14

#### 地热资源可开采量 geothermal resources exploitable reserves

经勘查，计算评价的热储中能够在当前经济技术和环境约束条件下可以开采出来的地热流体量和热量。

### 3.15

#### 地热流体 geothermal fluid

包括地热水和地热蒸气以及少量的非凝性气体，但不包括天然的碳氢化合物可燃气体。

### 3.16

#### 干度 steam fraction

高温地热的两相流体中蒸气含量占水汽总流量的质量百分比。

### 3.17

#### 产能测试 well testing

地热井成井后的产量试验，需测定井产量、静压力、动压力、压力降、流体温度和流体质量等。

### 3.18

#### 有效空隙率 effective porosity

地热流体贮存空间（连通性孔隙、裂隙）体积占热储总体积的比率。

### 3.19

#### 渗透性 permeability

地质体可以让流体渗透、透过的能力。

注：一般以渗透率，即压力梯度为1时，动力粘滞系数为1的液体在介质中的渗透速度来表示其能力的大小。

### 3.20

#### 热导率 heat conductivity

物质传递分子运动热能的能力。沿热传导方向单位厚度物质当两壁温差为1℃时，单位时间内所通过的热量，单位为W/m·K。

### 3.21

#### 比热 specific heat

比热容的简称。指单位质量的物质当温度升高1℃时所吸收的热量或降低1℃时所释放出的热量，单位为J/kg·℃。

### 3.22

#### 弹性释水系数 elasticity releasable factor

因地热流体开采造成热储压力下降，使受容积压缩系数控制的那部分地热流体逐渐得以膨胀释放的能力。

### 3.23

#### 井产量 well production

指单个地热井的热流体产率，单位为m<sup>3</sup>/d或L/s或t/h。

### 3.24

#### 静压力 static pressure

地热井在非产能测试条件下的闭井流体压力。

### 3.25

**动压力** dynamic pressure

地热井在产能测试时带有压力下降的流体压力。

### 3.26

**压力降** pressure drawdown

地热井在产能测试条件下**静压力**（3.24）与**动压力**（3.25）之差，相当于抽水试验的降深。

### 3.27

**单位产量** specific capacity

每米压力降（3.26）的热流体产量，单位为  $\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$  或  $\text{L}/\text{s}\cdot\text{m}$ 。

### 3.28

**地热回灌** geothermal reinjection

将利用后（降低了温度）的地热流体或其它清洁水源通过地热井注入热储的工艺。

### 3.29

**热储工程** reservoir engineering

涉及热储性质的工程数据和为取得这些数据需进行的测试和研究，包括地热井产能测试、动态拟合、热储模型和回灌等。

### 3.30

**概念模型** conceptual model

对地热田包括热储、盖层、热源和热传递、流体运动等要素的几何及物理形态的简化描述。

### 3.31

**热储模型** reservoir modeling

在掌握地热田机制和开采生产的全系列工程测试数据的基础上，用类比、统计、解析、数值法等建立的用于模拟热储形态、参数变化及边界条件的计算模型。

### 3.32

**地热资源动态监测** geothermal resources dynamic monitoring

对地热资源的开采量、回灌量、流体压力（水位）、流体温度、化学组分（水质）以及热储温度等进行连续观测。

### 3.33

**绿色勘查** green geological survey and mineral exploration

在地质勘查全过程中，落实绿色发展理念，通过运用高效、环保的方法、技术、工艺和设备等，减少或避免对生态环境造成的不利影响，并对受扰动的环境进行修复，实现地质勘查、生态环保、社区和谐的多赢效果。

## 4 总则

### 4.1 目的

在查明地热地质背景的前提下，确定地热资源可开发利用的地区及合理的开发利用深度；查明热储的岩性、空间分布、空隙率、渗透性、产能及其与断裂构造的密切程度；查明热储盖层岩性、厚度变化、对热储的封闭情况及其地热增温率；查明地热流体的温度、赋存状态、物理性质与化学组分，并对其利用方向做出评价；查明地热流体动力场特征、补径排条件，计算评价地热资源储量，提出地热资源可持

续开发利用的建议。为开发与保护地热资源提供资源储量、可开采量等数据及其所需的地质资料，以减少开发风险，使地热资源开发利用的社会经济效益与环境效益相协调。

## 4.2 基本要求

4.2.1 勘查工作应遵循循序渐进的原则分阶段实施。按照工作程度由低到高，地热资源勘查分为地热资源调查、详查、勘探及开采四个阶段，不同勘查阶段工作的成果，应满足相应设计阶段的要求。只有在勘探阶段提交的探明及以上级别的可开采量才是进行地热资源较大规模开发利用的依据；地热地质条件简单的中、小型地热田或单个地热井勘查，可根据实际情况简化或合并勘查阶段。

4.2.2 勘查工作开始前应充分搜集分析地质、地热、钻探、地球物理及地球化学等资料并编制勘查实施方案；应在综合分析地层、岩性、断裂构造、岩浆（火山）活动、地温场、地球物理及地球化学勘查成果的基础上布设勘探井。

4.2.3 地热勘查钻井，应按照“探采结合”的原则进行布置和施工。地热勘查孔有条件成井的，应按地热生产井钻井技术要求成井，完井后转为生产井利用；地热生产井应按地质勘查孔的技术要求进行钻井施工，取全取准各项钻井地质及地热参数资料，做好地质编录，为地热田地质研究和资源的开发与保护提供地质资料。

4.2.4 经过勘查的地热田或边采边探已形成一定开采规模的地热开采区，应及时总结分析勘查资料，对地热资源储量进行计算评价，提出相应的地热资源勘查评价报告，为科学制定地热资源开发利用规划或方案提供依据。

4.2.5 对已投入规模化开采的地热田或地热集中开采区，宜每隔5年依据开采动态资料对其可开采量进行核实评价，为资源管理保护、确保资源可持续利用提供依据。

4.2.6 依据地质勘查可靠程度，地热资源可开采量分为推断的(D)、控制的(C)、探明的(B)和验证的(A)四级（见表1）。

表1 地热资源储量分类简表

勘查阶段		开采	勘探	详查	调查
地热资源 储量	地热资源可开采量	验证的(A)	探明的(B)	控制的(C)	推断的(D)
	尚难利用的资源储量				

## 5 地热资源勘查内容和要求

### 5.1 地热资源勘查内容

#### 5.1.1 地质研究

5.1.1.1 研究地热田的地层、构造、岩浆（火山）活动及地热显示等特点，确定热储、盖层、控热构造、热储类型、地热水源及不同类型地热田勘查工作重点。

5.1.1.2 对地热田周边及相关地区，应进行必要的地质调查和地球物理、地球化学勘查，研究地热田形成的地质背景及地热流体的动力场、温度场和循环途径；

5.1.1.3 对地表热显示及井（孔）温度进行系统调查，确定地热异常区范围，分析研究热异常区形成的原因和条件。

5.1.1.4 查明地热田的范围、热储、盖层、地热流体通道、地温场及地热田的边界条件，确定地热田的地热地质模型。

5.1.1.5 研究地热资源形成的地质环境条件及开发地热资源对地质环境可能造成的影响。

## 5.1.2 地温场研究

5.1.2.1 查明地热田不同地段、不同深度的地温变化，确定恒温带深度、热储盖层的地热增温率和热储的温度，研究勘查深度内的地温场特征，圈定地热田范围。

5.1.2.2 利用地热增温率或地球化学温标估算热储温度（参见附录 A），并对热田成因、控热构造和热源做出分析推断。

## 5.1.3 热储研究

查明各热储的岩性、厚度、埋深、分布、相互关系及其边界条件，测定各热储的空隙率、有效空隙率、弹性释水系数、渗透系数、压力传导系数、压力水头高度等参数，详细研究主要热储或近期具有开发利用价值热储的渗透性、地热流体的产量、温度、压力及其变化，为地热资源/储量计算提供依据。

## 5.1.4 地热流体研究

5.1.4.1 查明地热流体的温度、相态、排放时的汽、水比例（蒸汽干度）、非凝气体成分，为地热资源的开发利用与环境影响评价提供依据。

5.1.4.2 测定地热流体的物理性质与化学成分、微生物含量、同位素组成、有用组分及有害成分，评价地热流体的可能利用方向。

5.1.4.3 测量各地热井（孔）地热流体的压力、产量特征，研究地热流体与大气降水、常温地下水和不同热储间地热流体的相互关系，分析地热流体的来源、储集、运移、排泄条件。

5.1.4.4 研究地热流体的温度、压力、产量及化学组分的动态变化。

## 5.2 不同勘查阶段工作要求

### 5.2.1 调查阶段

将有地热显示或拟开发地热的地区开展调查工作：

- a) 分析研究区域已有的地质、航卫片图像地质解译、地球物理、地球化学、放射性调查以及相关地热资料的基础上，确定调查区；
- b) 初步查明调查区及外围的地层、构造、岩浆（火山）活动情况，重点对地热天然露头（泉）和地热井等地热显示开展野外调查，推断地热异常区的热储、盖层、导水和控热构造、热源及水源，初步圈定地热异常的范围，提出热储概念模型；
- c) 测定地热流体的天然排放量及其化学成分，估算地热异常区的热储温度和天然热流量；对地热显示点开展动态监测工作；
- d) 提交推断的（D级）资源储量，评估地热异常区开发利用前景，为详查工作提供依据。

### 5.2.2 详查阶段

在地热调查工作的基础上，确定详查区。详查区应进行下述工作：

- a) 基本查明地热异常区内的断裂及其产状，地层及岩浆岩的孔隙、裂隙、岩溶及水热蚀变发育，地温变化及地温梯度，划分热储、盖层、导水与控热构造，确定勘探孔的靶区和目标层位；
- b) 基本查明热储的岩性、厚度、埋深，地热流体的温度、压力、产量，热储的孔隙率及渗透性；
- c) 基本查明热储中地热流体的相态，地热井排放的汽水比例，地热流体的化学成分、有用组分和有害成分以及地热流体的补给、运移、排泄条件，确定水源与热源，圈定地热流体富集地段，初步建立热储参数模型；
- d) 开展单井回灌试验研究，对地热流体动态（采灌量、水头压力、水温、水质）进行长期监测研究，掌握年动态特征；

- e) 提交控制的（C级）地热资源储量与可开采量，为勘探工作和编制地热资源开发利用总体规划提供依据。

### 5.2.3 勘探阶段

在地热详查工作的基础上，圈定勘探区。勘探区应进行下述工作：

- a) 进行地温调查，地质及地球物理、地球化学勘查，查明勘探区的地层结构、岩浆岩分布与主要控热构造，各热储的岩性、厚度、分布、埋藏条件及其相互关系；
- b) 选择代表性地段进行地热钻探或探采结合钻井工程，查明其地层结构、热储及其盖层的地热增温率；主要热储特征（渗透性、有效空隙率等）、地热流体温度、压力、产量及化学组分等；
- c) 进行地热多井、群井生产性测试，了解井间干扰情况及流体动力场变化特征，为确定合理的开采生产井群布局提供可靠依据；
- d) 开展单井或多井回灌试验研究，对地热流体动态（采灌量、水头压力、水温、水质）进行长期监测研究；
- e) 根据多个地热钻井（孔）测试资料、年动态监测及经验参数，采用至少二种方法计算评价并提交探明的（B级）地热资源储量与可开采量，为地热资源开发利用设计提供依据。

### 5.2.4 开采阶段

对已规模化开采地热资源的地热田或地区进行开采阶段勘查，开采区应进行下述工作：

- a) 综合分析区内已有的地质、水文地质、地热地质、深部地热钻井及地球物理勘查资料，详细查明地热田或研究区内的地质构造、岩浆活动，热储岩性、厚度、分布范围及其埋藏条件，建立准确的地热地质概念模型；
- b) 全面分析地表热显示及井孔测温资料，详细查明区内的地热增温率、勘查深度内地温场的空间变化规律，准确确定热储温度；
- c) 对地热流体动态（采灌量、水头压力、水温、水质）进行长期监测研究，定期普测全区地热流体压力、温度、化学组分变化，分析不同储层和主要开采热储的开采量变化及其引起的地热流体压力、温度、水质动态变化规律，建立评价区数值模型；
- d) 依据热储特征、地热田开发的实际需要与可能，对热储进行回灌试验研究，查明回灌对地温场与渗流场的影响，确定最佳的回灌地段、层位、灌采比、采灌井的合理布局及保持地热田持续开发利用的采灌强度；
- e) 查明全面实施采灌结合、实现采区地热水、热(能)、化学组分开发利用最优方案，研究不良环境、工程地质现象发生的原因，提交验证的（A级）地热资源储量与可开采量；
- f) 每5年对地热流体可开采量及开采后对环境的影响进行重新评价，为地热资源合理利用、有效保护和可持续开发提供依据。

## 5.3 不同类型地热田勘查重点

### 5.3.1 高温地热田

通过地质调查圈定地热异常分布范围，对区内新构造运动与岩浆活动的进行研究，开展深部地球物理、地球化学勘查，查明热源、热通道及其与热储、载热流体的关系。

### 5.3.2 主要受断裂构造控制呈带状分布的地热田

5.3.2.1 应研究控制或影响地热资源分布的主要断裂构造的形态、规模、产状、力学性质及其组合关系。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/926143103212010032>