

雄安新区地热资源预可行性勘查技术规程 (试行)

Technical Code of Practice for Prefeasibility Exploration of Geothermal
Resources in Xiong'an New Area

2021-03-22 发布

2021-04-01 实施

河北雄安新区管理委员会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 勘查内容与要求.....	3
6 地球物理勘查.....	5
7 地热钻探	5
8 降压、回灌试验.....	7
9 地热资源量评价.....	8
10 地热流体质量评价.....	9
11 地热资源开发利用评价.....	10
附录 A （资料性附录）建议报告编写提纲.....	13
参 考 文 献	15

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由河北雄安新区管理委员会提出并归口。

本文件主要起草单位：中国地质科学院水文地质环境地质研究所、中国地质调查局水文地质环境地质调查中心、中国地质科学院。

本文件主要起草人：马峰、王贵玲、张薇、朱喜、贾小丰、张保建、李胜涛、刘志明、王婉丽、张汉雄、宋健、刘东林、邢一飞、唐显春、李燕燕等。

雄安新区地热资源预可行性勘查技术规程（试行）

1 范围

本文件规定了河北雄安新区地热资源预可行性勘查工作的基本原则、目的任务、勘查内容、工作质量、资源储量估算等要求。

本文件适用于河北雄安新区水热型地热资源预可行性勘查工作。

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 5084-2005 农田灌溉水质标准
GB 5749-2006 生活饮用水卫生标准
GB 8537-2018 食品安全国家标准 饮用天然矿泉水
GB 8978-2002 污水综合排放标准
GB 11607-1989 渔业水质标准
GB/T 11615-2010 地热资源地质勘查规范
GB/T 14848-2017 地下水质量标准
GB 50027-2001 供水水文地质勘察规范
HJ 493 水质采样、样品的保存和管理技术规定
DZ/T 0260-2014 地热钻探技术规程
DZ/T 0331-2020 地热资源评价方法及估算规程
DB13/T 2553-2017 地热回灌运行操作规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水热型地热资源 hydrothermal geothermal resource

以蒸汽或液态水作为载体的地热资源，可以通过抽取地热流体或井下换热等方式获得深部的热量。

3.2

预可行性勘查 prefeasibility exploration

检查、验证、追索地热异常线索，揭露勘查区主要热储层并获取热储基本参数，对区内的地热资源进行评价，提出控制条件下的地热资源可采资源量，为地热可行性勘查及矿业权出让提供地质依据。

3.3

降压试验 drawdown test

通过对钻孔实施不同降深条件下的抽水作业，同时监测抽水过程中的水位、水温和流量的变化，达到获取目标热储渗透性、导水性等基本参数的工程。

3.4

回灌试验 **re injection test**

通过对钻孔实施不同流量的注水回灌作业，测定回灌井的回灌量、压力、流体温度随时间的变化，确定目标热储回灌能力的工程。

3.5

有效钻孔 **available bore**

对于勘查区块或开采区块而言，钻孔控制面积部分与勘查区块或开采区块范围重合，揭露目标热储层且具有详实可靠的地质分层、测井及热储参数等资料，可用于预可行性勘查评价的地热钻孔。

3.6

采灌均衡 **balanced production-reinjection**

对于开发的地热区块，目标热储的水位和温度在长期开采过程中能够保持动态的平衡，不会发生明显的水位下降或热突破。评价计算中认为年水位下降不超过2 m，100年热储平均温度下降小于2℃为采灌均衡。

3.7

雄安新区城市坐标系 **the urban coordinate system of Xiong'an New Area**

雄安新区城市坐标系采用高斯正形投影，与2000国家大地坐标系的椭球参数相同，投影面为2000国家大地坐标系采用的参考椭球面，以东经116° 00' 00" 作为中央子午线。

4 总则

4.1 本文件涉及的水热型地热资源预可行性勘查包括馆陶组砂岩热储和寒武系、蓟县系碳酸盐岩热储。

4.2 地热资源预可行性勘查的目的任务是初步查明雄安新区地热资源赋存地质条件、热储特征，确定地热流体的温度、物理性质与化学组分，并对其利用方向作出评价，评价控制的地热资源储量，研究地热流体可开采量以及地热开发利用前景，提出地热资源可持续开发利用的建议，以减少今后勘查开发风险，评价地热资源开发利用的社会、经济和环境综合效益，为矿业权出让和开发规划提供依据。

4.3 地热资源预可行性勘查应坚持绿色勘查和保护环境的理念，防止因地热资源的开发而诱发的次生环境地质问题。

4.4 地热资源预可行性勘查应尊重地质规律和经济规律，坚持循序渐进、技术可行、经济合理的原则，遵循由已知到未知、由浅入深、由疏到密，区域展开、点面结合、重点突破的施工顺序。

4.5 在充分收集以往水文地质调查、地球物理勘查和地球化学调查、地热钻探等资料的基础上，适当补充工作量，达到对地热区块目标热储层地热资源量控制性评价的目标。

4.6 坚持边勘查、边整理研究、边指导施工的原则，并及时整理原始地质资料，及时编制各类过渡性及综合性图表，及时提交成果报告。

4.7 开展地热资源预可行性勘查工作，须编写预可行性勘查工作方案，经主管部门审定后组织实施。工作方案的主要内容包括：目的、任务、地理概况、研究程度、区域地质、地热地质条件、工作布置及工作量、技术要求、地热流体的动态观测、物探钻探及相关试验、储量计算与评价方法、人员组成、设备、工作计划、经费预算、预期成果和提交报告时间等。

4.8 地热预可行性勘查评价目标层为埋藏深度4000 m以浅的蓟县系碳酸盐岩热储。对于存在的馆陶组砂岩热储以及寒武奥陶系灰岩热储的区块，应对其地热资源量进行估算。

4.9 雄安新区地热预可行性勘查按照雄安新区划定的地热勘查区块和开采区块分别进行评价，勘查区块与开采区块的有效钻孔均应满足预可行性勘查评价控制程度要求。

4.10 本文件针对雄安新区地热资源预可行性勘查阶段的地热地质调查，勘查比例尺为1:2.5万和1:5万，原则上小于等于20 km²的区块采用1:2.5万控制程度；大于20 km²的区块采用1:5万控制程度。

5 勘查内容与要求

5.1 勘查内容

5.1.1 初步查明区域地层、构造、基底起伏情况，地温异常范围，地热流体温度、物理性质和化学成份及区域动态特征，圈定地热资源有利开发的范围。

5.1.2 初步查明地热区块内的地温及地温梯度的空间变化，并对地热成因、热储结构特征、控热构造及可能存在的热源做出合理推断。

5.1.3 初步查明目标热储层地热流体类型、温度、压力、单井涌水量及变化规律，各热储层之间的水力联系；各热储层地热流体的补给、径流和排泄条件，地热流体动态的一般规律及边界条件，具体勘查内容包括目标热储层的岩性、产状、埋藏深度、厚度、分布范围、控热构造性质以及热储的空隙率、渗透系数、热导率、给水度（弹性释水系数）和压缩系数等。

5.1.4 初步查明目标热储地热流体水化学特征，地热流体质量以及同位素地球化学特征。

5.1.5 初步查明目标热储回灌能力，获取热储回灌参数。

5.1.6 利用控制性勘查资料及经验参数，主要用热储法、比拟法、解析法、数值法等估算地热资源静态储量以及采灌均衡条件下地热资源可开采量，对地热资源开发利用前景作出评价，提交地热资源预可行性勘查报告。

5.2 勘查手段

5.2.1 收集资料

5.2.1.1 收集研究区已有地热井资料，包括完井报告、降压试验、回灌试验、开发利用状况等。

5.2.1.2 收集研究区及周边地球物理勘查资料，包括航磁遥感、重力法、电磁法、地震法勘查和测井等资料。

5.2.1.3 收集研究区地热井、潜水井、地表水近 5 年来的水质分析资料，用于分析流体地球化学动态特征。

5.2.1.4 收集研究区及周边地温场资料，包括现有地热井测温、温度场分布、地温梯度和大地热流值等资料。

5.2.1.5 收集研究区目标热储长期水位动态监测资料及地热井开发利用资料。

5.2.1.6 搜集其它相关成果报告等。

5.2.2 调查取样

5.2.2.1 地热井调查 调查地热井基本情况（地理坐标、地面高程、井口高程、地热井类型、井深、管材类型、开采层段埋深、成井日期、主要用途、施工单位等）；探采井情况（开采井口温度、气温、水位埋深、井底温度、井内最高温度、压力、流量等）；开发利用情况（开发利用历史动态、开发利用现状等）；样品采集（进行岩心、水质分析样品的采集工作等）。

5.2.2.2 样品分析 通过采集钻孔中各热储层岩心的方式进行岩石地球化学取样。包括薄片鉴定、物性测试、岩矿分析、岩石热物性分析等。

5.2.3 地温测量

5.2.3.1 浅井测温 垂直调查区构造方向利用分布式地温监测设备开展浅井的稳态测温，获取 50 m 或 100 m 的浅层地温梯度。

5.2.3.2 地热井稳态测温 针对揭露目标热储层且长期静置的地热井，开展稳态测温工作，获取全井地温变化情况。

5.2.4 水文试验

5.2.4.1 降压试验 对于研究区潜在热储层选择代表性地热井实施三个降深的降压试验，监测抽水过程中的水位、水温和流量的变化。

5.2.4.2 回灌试验 对于研究区潜在热储层选择代表性地热井实施三个升深的回灌试验，测定回灌井的回灌量、压力、流体温度随时间的变化。

5.2.4.3 示踪试验 选择代表性的地热采灌区，结合采灌试验，通过在回灌井投放示踪剂，在开采井定期采样，监测热储流体的空间运移规律。

5.2.5 地球物理勘查

必要时应补充地球物理勘查工作，物探测线应垂直主要构造走向，精测剖面应通过拟定地热钻井部位，勘查解译深度应大于热储底板埋深。

5.2.6 地球化学勘查

针对勘查区已有地热井，选择代表性地热流体样品做水质全分析和同位素测试；对钻井岩心的水热蚀变，采集代表性岩样作岩石化学全分析和等离子体光谱及质谱分析或光谱半定量分析；对于高温地热井进行气体化学、气体同位素测年分析。具体地球化学勘查任务按照 GB/T 11615-2010 规范。

5.2.7 地热钻探

针对目标热储空间展布和赋水性能主要参数不明的勘查区，在地球物理探测解译的基础上，开展验证性地热钻探，揭穿目标热储层，获取热储参数。地热钻探应实行“探采结合”的原则，地热勘查钻孔具备开采利用条件的，应按成井技术要求实施。

5.3 勘查要求

5.3.1 范围及类型

5.3.1.1 勘查范围以新区确定的地热勘查区块、开采区块为边界。勘查评价深度为 4000 m 以浅，热储层温度 25℃ 以上。

5.3.1.2 1:2.5 万地热地质调查宜采用 1:1 万地形图为工作底图。1:5 万地热地质调查宜采用 1:5 万或 1:1 万地形图为工作底图。

5.3.2 工作量定额

5.3.2.1 设计主要工作量定额参照表 1。

表1 地热预可行性勘查每20 km²基本工作量定额表

工作精度	调查点 (个)	水位统测点 (个)	降压试验 (组)	回灌试验 (组)	常规水质分析 (件)	岩心样 (件)	稳态测温 (口)
1:2.5/1:5 万	30~40	5~10	1~2	1~2	2~5	0~3	1~2

注：近 5 年来完成的相关工作可纳入基本工作量，用于预可行性勘查评价。

5.3.2.2 调查点应以地热显示点（井）和地热成因相关地质构造点为主，同时少量兼顾调查区浅井，浅井调查以稳态测温、水质分析为主。

5.3.2.3 调查点、水位统测点等宜在调查区范围内均匀分布。

5.3.2.4 岩土样分析应选择目标热储层样品。

5.3.2.5 对于勘查区块不足或多于 20 km² 的，应按照勘查区面积成比例减少或增加工作量。

5.3.2.6 高程系统应采用正常高系统，高程基准采用 1985 国家高程基准；平面坐标系采用雄安新区城市坐标系。

5.3.2.7 每一个达到预可行性勘查的地热区块应建立 1~2 个典型地层标准柱状图和 1~2 个标准剖面。

6 地球物理勘查

6.1 内容要求

6.1.1 地球物理勘查应以满足目标热储的预可行性勘查为目的，采用不同的地球物理方法解译勘查区断裂构造、热储空间结构、热储参数等，并为地热钻探提供依据。

6.1.2 地热地球物理勘查重点是初步查明热储层顶底板埋深、厚度，断裂构造的几何形态、性质等。

6.1.3 地球物理勘查方法根据地热区块的地质条件和被探测体的物性特征进行选择。除使用常规的电法、磁法、重力方法外，还可选择分辨率较高或探测深度较大的人工地震、电磁测深（如大地电磁测深、可控源音频大地电磁测深、广域电磁测深等）。

6.1.4 预可行性勘查时地球物理勘查方法宜进行 1:10 万重磁面积测量，1:10 万电磁测深或电测深面积测量。

6.1.5 应根据探测对象的物理特征进行选择，对于单一方法不易判定的或较复杂的地热地质问题，宜采用两种或两种以上方法相互验证。

6.1.6 地球物理勘查解译深度应大于拟钻地热井的深度。

6.2 工作方法

6.2.1 系统收集前人区域地质、水文地质、地球物理和钻探资料。

6.2.2 物探测线部署原则建议在结合实际地形物条件的同时，一般遵循由面到线再到点的设计思路，根据预可行性勘查阶段需要解决的问题选择地球物理勘查技术方法，合理部署相关工作。

7 地热钻探

7.1 钻探布署

7.1.1 依据勘查区块内有效地热钻孔的控制面积部署钻探工作量。雄安新区馆陶组层状砂岩热储的单井控制面积为 20~30 km²；寒武系、蓟县系碳酸盐岩热储，单井控制面积为 20~30 km²；同一类型地热区块，构造条件复杂具有多层热储时取小值，构造条件简单取大值。

7.1.2 工作区范围所有有效钻孔在勘查区块内的控制面积应不小于整个勘查区块面积的 50%。

7.1.3 有效钻孔控制面积取单井控制面积的 50%，有效钻孔控制范围等效为圆面积计算。

7.1.4 勘查区块内存在控制性断裂，且断裂两侧热储特征变化较大时，有效钻孔控制范围不应穿过断裂，应取断裂为边界。

7.2 钻探目的

7.2.1 明确钻探需求，查清重点地区基底起伏、热储层、盖层形态及其空间分布，揭示热储层发育深度、开发潜力以及开采条件。

7.2.2 明确地热勘查区块地层分布状况，确定主要目标热储层（新近系、寒武系、蓟县系）顶/底面埋深、热储厚度。

7.2.3 确定井口水温、水量，对揭露的目标热储层进行分层降压试验，获取热储参数，评价各热储层单井热负荷生产能力。

7.2.4 获取热储层、盖层物性以及热物性等参数，为地热资源评价提供基本参数。

7.3 钻探相关要求

7.3.1 地热钻探孔设计、施工、钻进中的地质编录与完井的各种测试应满足查明地热区块的地层结构、地质构造、岩性、地温变化、热储的渗透性、地热流体压力及其物理性质、化学组分，取得代表性计算参数的需要。

7.3.2 勘查区块内存在多层热储时，应分别查明各热储层的温度、地热流体压力和物理化学性质。

7.3.3 对拟投入开发利用的地热钻孔，应对井的表层管和技术管进行严格固井，表层套管下入深度应满足试井和持续开采的要求，固井水泥应上返至井口；下部技术套管下至热储一定深度内，固井水泥应填满套管与孔壁间的环状间隙，以保持套管稳定和严格封闭热储以上含水层位。

7.3.4 井身质量按照《地热资源地质勘查规范》（GB/T 11615-2010）执行。对于超过 2000 m 的地热井，3000 m 内井斜不大于 7° ，4000 m 内井斜不大于 9° ，4000 m 以上终孔井斜不大于 10° ，设计定向井除外。

7.3.5 地热勘探孔宜采用三开结构。终孔直径不宜小于 215.9 mm，钻至揭穿目标热储层主要富水段。根据地层破碎程度裸孔或下入 177.8 mm 花管，为取水作业准备。

7.3.6 对主要热储层宜进行取心，取心长度不小于 4 m，岩心直径不小于 70 mm。做好全孔岩屑录井与地质编录，非目标储层段岩屑录井样品采集间距 5 m，目标储层段岩屑录井采样间距加密到 2 m；对代表性井段应采取岩石磨片样和化学分析样，进行室内鉴定和准确定名。

7.3.7 地热钻井过程中应对岩屑或岩心样品进行地质观测与编录，观测记录其岩石成份、不同成份岩屑所占比例及其随钻进深度的变化，判定地层的岩石名称及变层的深度并保留代表性岩屑样品。

7.3.8 地热钻井过程中在下管前和完钻后，须进行地球物理测井，不应漏测井段。测井项目应包括井温、井径、井斜、电阻率、自然电位、自然伽玛、声波时差、电阻率成像等；钻遇热储层顶、底板及终孔时，应进行测温，测温前停钻时间不少于 24 小时。严重漏失井段测温的停钻时间应适当延长。

7.3.9 目的层段应注意观测冲洗液性能及漏失量变化、详细记录钻进过程中的涌水、井喷、漏水、涌砂、逸气、掉块、塌孔、放空、缩径等现象及出现时的井深和层位，测定涌水、井喷的高度、涌水量、温度及冲洗液的漏失量等，对井段的热储特性、地热流体赋存部位进行预估；系统测定井口冲洗液出口和入口的温度变化并做好记录，对储、盖层界面进行判断。

7.3.10 降压试验前应做好洗井工作。洗井应依据热储渗透性及埋深、孔内情况进行，在未采用清水钻进情形下，应采用适宜的机械或化学方法清除孔内及热储层段井壁的泥浆、岩屑、岩粉等堵塞物，保证井净水清，达到流体中悬浮物含量小于 1/20000（质量比），成井井底沉砂不超过 3 m，流体产量与压力下降保持相对稳定（前后比较变化小于 10%）。

7.3.11 钻探施工全过程做好环境保护，钻井液选用无毒害化学处理剂，采用泥浆不落地系统对钻井液及时处理，地热水不得随意排放。

7.3.12 为保护热储层，如未用清水钻进，需严格加强固相控制，利用四级固控充分清除劣质固相，防止其进入热储层通道造成固相污染。目的层采用低固相钻井液，严格控制钻井液性能，防止污染水层。

7.3.13 钻探相关技术要求按照 DZ/T 0260-2014。

7.4 完井要求

7.4.1 完井后统一按照探采结合井及监测井的要求做好井口保护，做好警示告知牌，高出地面的井管不应超过地面标高的 1 m，地面以下的井口，应有足够大的口径和井壁强度。

7.4.2 安装长期水位动态监测设备，完善井口装置。

8 降压、回灌试验

8.1 降压试验要求

- 8.1.1 根据已有地热井的情况，降压试验宜首先考虑带观测井的非稳定流降压试验，其次为不带观测孔的稳定流降压试验。
- 8.1.2 新施工的地热勘探井宜尽可能对所有揭露的潜在热储层进行降压试验，包括馆陶组、寒武系、蓟县系热储，在钻探条件无法达到分层抽水时，首先应保证完成蓟县系热储的降压试验。
- 8.1.3 对于水温大于 100℃ 的地热井，开展降压试验应进行水汽分离。
- 8.1.4 降压试验前要进行试抽水，根据试抽水情况，选择扬程、出水量、耐温度、功率等技术指标相适宜的热水泵型号，初步确定抽水最大降深（ S_{max} ）及采用水位恢复法初步确定最高热水位埋深。
- 8.1.5 降压试验前应制定试验方案，根据工作区研究程度，对于资料充足的地区，可施工简易降压试验，满足单次大降深保持动水位稳定 2~4 小时。
- 8.1.6 试验期间宜采用井下压力计测量压力变化，条件不具备只能从孔口测量水位（压）时，应同时测得孔内地热流体温度，换算准确反映储层压力的热水头。
- 8.1.7 测试资料应满足确定流体运动方程，计算储层渗透系数、有效空隙度或弹性释水系数、压力传导系数，评价单井合理产量的要求。
- 8.1.8 降压试验结束前应完成水样采集要求按照 HJ 493。
- 8.1.9 降压试验观测记录以及资料整理要求按照 GB 50027-2001。

8.2 稳定流降压试验

- 8.2.1 宜进行 3 次降深降压试验，最大降深试验稳定时间大于 24 小时，中、小降深稳定时间均为 8 小时，简易降压试验保持动水位稳定（即观测水位每小时波动小于 5~8 cm）2~4 小时。
- 8.2.2 稳定流降压试验采用反向抽水，先进行最大降深（ $S_3=S_{max}$ ）降压试验，其后为中、小降深，降深比例分别为大降深的 2/3 和 1/3 左右。最大水位降深（热水头）应大于 10 m。

8.3 非稳定流降压试验

- 8.3.1 指带有一个或多个观测孔的主孔降压试验，一般观测孔距离主孔的距离不小于 500 m。
- 8.3.2 多孔降压试验，以地热井最大出水能力作为抽水量，主孔热水头降深应大于 20 m，抽水延续时间不少于 120 小时，对于热水头下降难以达到 20 m 的地热井，主孔抽水量应大于 300 m³/h。
- 8.3.3 恢复水位观测至拐点出现后再连续观测 10 个小时即可结束。
- 8.3.4 试验资料要求能确定地热流体动力场的变化及其边界条件，为资源计算与评价、确定合理开采方案提供资料。

8.4 回灌试验要求

- 8.4.1 对周边具备回灌井的地热勘探孔，宜首先考虑开展同层降压回灌试验。
- 8.4.2 对有必要开展回灌试验但周边不具备同层回灌井的，可开展异层回灌，要求开采层水质优于回灌井水质，同时应在回灌前对两种水质进行配伍试验，并对回灌水源实质进行评价。在保证回灌热储层不受回灌水影响的前提下方可回灌，否则不应回灌。
- 8.4.3 编制回灌方案，回灌方式采用自然回灌。
- 8.4.4 回灌试验应布设一定数量的观测井，试验前实测回灌井和观测井的井温及地热流体的温度、压力及化学组分；试验期间（包括回灌期间及停灌后）应定期监测其变化并分析这些变化与灌（采）量变化的关系。
- 8.4.5 具备条件的基岩地热井在回灌试验时应用无害示踪剂进行示踪试验，测定回灌流体的运移途径、速度；停灌后仍应定期监测回灌井、观测井压力、地温的变化，以及相邻开采井地热流体的温度、压力

及化学组分的变化，直至相对稳定。

8.4.6 非生产性回灌时间 7-10 天，从小到大回灌 3 个流程；生产性回灌时间不少于 4 个月（不含恢复观测时间）。

8.4.7 回灌设备应包括回灌过滤设备、排气罐、井口装置及各类仪表等。

8.4.8 回灌试验应准确测定回灌井的回灌量、压力随时间的变化、回灌影响范围及影响区内热储温度、地热流体温度、压力、产量和化学组分变化等，为确定合理回灌方案提供依据。

8.4.9 估算回灌量或进行回灌评价时，应统一换算成回灌水水温 25℃ 条件下回灌量。

8.4.10 回灌运行时，应始终保证回灌水管下入回灌井的动水位以下。

8.4.11 密切监测回灌井的水位、回灌量、过滤装置、管路压力等数据变化情况，正确判断系统是否产生了堵塞等影响回灌效果的情况，及时采取有效措施予以防治。

8.4.12 地热回灌水主要控制指标及操作规程按照 DB13/T 2553-2017。

9 地热资源量评价

9.1 计算参数确定

9.1.1 地热资源储量计算参数宜通过试验和测试取得。对难以通过测试得到的参数或勘查工作程度较低时，可采用以往资料或经验值。相关参数的具体计算要求和方法按照 GB/T 11615-2010、DZ/T 0331-2020。

9.1.2 地热资源评价时应取得下列参数：

- a) 地热井参数：地热井位置、深度、揭露热储厚度、单井涌水量、温度、压力、流体化学成分、开发利用层段等。
- b) 热储几何参数：热储面积、顶板深度、底板深度和热储厚度等。
- c) 热储物理性质：热储温度、压力、岩石的密度、比热、热导率和压缩系数等。
- d) 热流体性质：热流体的体积、比重、热焓、动力粘滞系数等。
- e) 热储渗透性和贮存流体能力的参数：渗透率、渗透系数、压力传导系数、弹性释水系数（贮水系数）、空隙率、有效空隙率等。
- f) 监测资料：地热井的生产量、回灌量、温度、压力、化学成分等随时间的变化。
- g) 热储的边界条件：边界的位置、热力学和流体动力学特征等。

9.1.3 参数的分布应能控制地热区块或勘查区的特征。在建立数值模型时，如果实测资料不充分，可通过模型反求热储的参数。

9.2 计算方法要求

9.2.1 地热资源储量估算应在建立地热区块概念模型的基础上，根据地热资源类型、地热地质条件和研究程度的不同，选择相应的方法进行。概念模型应能反映地热区块的热源、热储层和盖层、内外部边界条件、地热流体的补给、运移等特征。

9.2.2 计算方法或计算模型应符合实际，模型的建立与计算方法的采用，应在充分分析整理勘查资料和监测资料的基础上进行。

9.2.3 有条件的情况下，宜根据技术经济条件和综合利用方向，对不同计算方案进行对比、论证，确定合理的开发利用方案，并根据确定的开发利用方案，预测地热区块的地温场、渗流场（具有流体质量长观数据的研究程度较高地区，还应包括流体质量）的变化趋势，论证可开采量的保证程度，对地热资源开发利用方式提出初步建议。

10 地热流体质量评价

10.1 地热流体综合利用评价

10.1.1 理疗热矿水评价：地热流体通常含有某些特有的矿物质（化学）成分，可作为理疗热矿水开发利用，可按照 GB/T 13727-2016，对其属于何种类型的理疗热矿水作出评价。

10.1.2 饮用天然矿泉水评价：地热流体符合饮用天然矿泉水界限指标及限量指标的，可依据 GB 8537-2018 进行评价。

10.1.3 生活饮用水评价：地热流体可作为生活饮用水源的，应根据 GB 5749-2006 和 GB/T 14848-2017 作出评价。

10.1.4 农业灌溉用水评价：低温地热流体（水）在用于采暖供热等目的后排放的地热废弃水，可用于农田灌溉，按照 GB 5084-2005 对其是否适宜于农田灌溉作出评价。

10.1.5 渔业用水评价：低温地热水用于水产养殖的，按照 GB 11607-1989 对其是否符合水产养殖作出评价。

10.2 地热流体中 useful 矿物组分评价

中高温地热流体通常含有高浓度的矿物质，有的为热卤矿物水，可从中提取工业可利用的成分，对达到工业利用可提取有用元素最低含量标准的，可按照《矿产工业要求参考手册》予以评价。

10.3 地热流体腐蚀性评价

10.3.1 对地热流体中因含有氯离子、硫酸根离子、游离二氧化碳和硫化氢等组分而对金属有一定的腐蚀性的，可通过挂片试验等测定其腐蚀率，对其腐蚀性作出评价。

10.3.2 可参照工业上用腐蚀系数来衡量地热流体（水）的腐蚀性：若腐蚀系数 $K_K > 0$ ，称为腐蚀性水；腐蚀系数 $K_K < 0$ ，并且 $K_K + 0.0503Ca^{2+} > 0$ ，称为半腐蚀性水；腐蚀系数 $K_K < 0$ ，并且 $K_K + 0.0503Ca^{2+} < 0$ ，称为半腐蚀性水。

腐蚀性系数的计算：

酸性：

$$K_K = 1.008 (rH^+ + rAl^{3+} + rFe^{2+} + rMg^{2+} - rHCO_3^- - rCO_3^{2-})$$

碱性：

$$K_K = 1.008 (rMg^{2+} - rHCO_3^-)$$

式中：

r—离子含量的每升毫克当量数。

10.4 地热流体结垢评价

10.4.1 对地热流体中所含二氧化硅、钙和铁等组分因温度变化而产生结垢，应通过试验，评价其结垢程度。

10.4.2 参照工业上用锅垢总量 H_0 (mg/L) 来衡量地热流体的结垢性：若锅垢总量 $H_0 < 125$ ，称为锅垢很少的地热流体；锅垢总量 $H_0 = 125 \sim 250$ ，称为锅垢少的地热流体；锅垢总量 $H_0 = 250 \sim 500$ ，称为锅垢多的地热流体；锅垢总量 $H_0 \geq 500$ ，称为锅垢很多的地热流体。

$$H_0 = S + C + 36r Fe^{2+} + 17r Al^{3+} + 20r Mg^{2+} + 59r Ca^{2+}$$

式中：

S—地热流体中的悬浮物含量 (mg/L)；

C—胶体含量 $C=SiO_2+Fe_2O_3+Al_2O_3$ (mg/L) ;

r—离子含量的每升毫克当量数。

11 地热资源开发利用评价

11.1 地热资源开发可行性评价

11.1.1 考虑当前地热资源开采技术的可能性、经济的合理性以及开发利用的科学性对其开发的可行性作出评价。

11.1.2 依据地热流体的出井口温度，评价可能的利用范围，如表 2 所示。

表2 地热资源温度利用分级

温度分级		温度 t 界限, °C	主要用途
高温地热资源 (I 级)		$t \geq 150$	发电、烘干、工业利用、采暖
中温地热资源 (II 级)		$90 \leq t < 150$	烘干、发电、采暖
低温地热资源	热水 (III 级)	$60 \leq t < 90$	采暖、理疗、洗浴、温室种植
	温热水 (IV 级)	$40 \leq t < 60$	理疗、休闲洗浴、采暖、温室种植、养殖
	温水 (V 级)	$25 \leq t < 40$	洗浴、温室种植、养殖、农灌和采用热泵技术的制冷供热

注：表中温度是指地热流体的出井口温度

11.1.3 依据地热井的地热流体单位产量大小，确定开采适宜性分区，分为：适宜开采区：地热井地热流体单位降深产量大于 $100 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ ；较适宜开采区：地热井地热流体单位降深产量 $100 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{m} \sim 20 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ ；适宜性差开采区：地热井地热流体单位降深产量小于 $20 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ ；地热区块的开采适宜性应根据地热井统计规律进行确定。

11.1.4 依据地热流体化学组分的含量，确定可作为地热流体的利用方向、方式和排放要求。见表 3。

表3 不同质量热流体的利用方向、方式与排放要求

溶解性总固体含量 (mg/L)	利用方向		利用方式		排放要求
	达到生活饮用水或饮用天然矿泉水标准	达到理疗矿水质标准	理疗洗浴	其他	
<1 000	饮用及生产矿泉水	理疗洗浴、采暖、农业等	直接利用	直接利用	医用处理后排放，其他回灌
1 000~3 000	/	理疗洗浴、采暖等	直接利用	间接利用	直接利用处理后排放、间接利用回灌
3 000~10 000	/	理疗洗浴、采暖等	直接利用	间接利用	
>10 000	/	理疗洗浴、采暖等	直接利用	间接利用	

11.1.5 依据地热流体可开采量及其产能，评价其可开发利用的规模。中、低温地热资源用于采暖、供生活热水、温泉洗浴、理疗、洗浴、农业温室、水产养殖等的规模进行估计。

表4 地热供暖、供热、理疗、洗浴等耗水（热）量参考标准

项目	供暖	供生活热水	温泉洗浴	理疗	农业温室	水产养殖
单位	W/m^2	$\text{m}^3/(\text{年}\cdot\text{人})$	$\text{m}^3/(\text{年}\cdot\text{次})$	$\text{m}^3/(\text{床位}\cdot\text{年})$	W/m^2	$\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{年})$
标准	30~40	10~15	0.3~0.5	100	60~80	5~7

11.2 地热流体不同用途评价

11.2.1 地热供暖评价

依据下式计算单井/地热区块可供暖面积：

$$F=48.46Q(t_1-t_0)/Q_f$$

F —供暖面积 (m^2)，

Q —地热水流量 (m^3/d)，

t_1 —地热水采暖进水温度 ($^{\circ}C$)，

t_0 —地热水采暖排水温度 ($^{\circ}C$)，

Q_f —居室采暖热指标 (W/m^2)，取值为 $30\sim 40 W/m^2$ 。(民用节能建筑取 $30W/m^2$ ，公共建筑取 $40W/m^2$)

11.2.2 地热发电评价

雄安新区地热流体拟采用双工质循环发电，依据下式计算单井/地热区块发电潜力：

$$P=Ne\cdot q_m$$

P —发电量 (kW)，

Ne —单位流量净发电量 ($kW\cdot h/t$)，

q_m —井口质量流量 (t/h)。

单位流量净发电量 Ne 参考下表取值，非整数温度下的发电量可进行插值估算。R123a、R600a、R152a 代表三种不同的发电工质。

表5 不同发电工质下地热水单位流量净发电量表

地热出口温度 ($^{\circ}C$)	R123a 发电量 ($kW\cdot h/t$)	R600a 发电量 ($kW\cdot h/t$)	R152a 发电量 ($kW\cdot h/t$)
80	1.29	1.34	1.29
90	1.90	2.12	2.02
100	2.75	2.89	2.75
110	3.59	3.99	3.80
120	4.77	5.09	4.84
130	5.92	6.57	6.28
140	7.40	8.05	7.72
150	8.91	9.99	9.69
160	10.69	11.92	11.65
170	12.54	14.44	14.47
180	14.74	16.95	17.29

11.3 地热资源开发利用环境影响评价

11.3.1 高温地热流体中通常含有 CO_2 、 H_2S 等非凝结气体，应评价其对大气可能造成的污染，提出污染防治建议。

11.3.2 地热尾水的直接排放会造成热污染和其中有害组分对地表水、土壤水以及地下水水质的污染，应遵循 GB 8978 评价其排放对环境的影响。

11.3.3 对于馆陶组热储层，应对开采地热流体可能产生的地面沉降作出风险评价，提出相应的防治措施建议。对于上覆松散覆盖层厚度小的碳酸盐岩热储层，应对开采地热流体可能引发的对岩溶热储层的溶蚀和地面变形破坏（塌陷或沉降等）等作出评价，针对问题提出相应的防治措施建议。

11.3.4 对位于白洋淀湿地、水源地等生态环境保护区得地热开发，须开展地热开发利用得生态环境敏感性评价。

11.4 地热资源开发利用现状与潜力评价

以地热区（田）为单元，依据地热井调查数据按热储段和利用方向进行分类解析，分析各热储段和各利用方向的现状，并计算地热资源总开发利用量。结合地热资源评价结果，分析地热资源的盈余量和开发利用潜力，论证获得开发利用潜力的途径、措施和可行性，合理开发和配置地热资源。

11.5 地热资源综合开发利用评价

地热资源开发利用应基于温度、流量等级区划及流体水化学特征区划，并结合以往的开发利用情况、地区经济发展状况，充分考虑梯级开发利用技术等确定其合理开发利用方向。主要开发利用方向包括：地热发电、地热供暖、旅游疗养、养殖、种植和工业利用等。

附录 A

(资料性附录)

建议报告编写提纲

- 1 前言
 - 1.1 任务由来
 - 1.2 目的任务
 - 1.3 位置交通
 - 1.4 自然地理概况
- 2 地热地质研究程度及勘查工作质量评述
- 3 区域地热地质条件
- 4 工作区地热地质条件
 - 4.1 工作区边界条件
 - 4.2 热储特征及其埋藏条件
 - 4.3 地热流体流场特征及动态
 - 4.4 地球物理与地温场特征
 - 4.5 地热流体化学特征
- 5 地热开发利用现状及动态
- 6 地热资源计算与评价
 - 6.1 热储地质模型
 - 6.2 主要计算参数
 - 6.3 地热资源可开采量计算
 - 6.4 地热资源评价
- 7 地热流体质量评价
- 8 经济与环境影响评价
- 9 地热资源开发利用与保护
- 10 结论

报告主要附图

- 1 工作区实际材料图
- 2 区域地热地质图
- 3 勘查区地热地质图
- 4 地热地质剖面图
- 5 热储水位埋深及等水位线图
- 6 地热区块地热资源开采条件分区图
- 7 地热区块地温分布图或一定深度内的地温等值线图
- 8 地热流体化学图
- 9 地热井水位动态曲线图
- 10 地热井综合地质柱状图册

报告主要附表

地热勘查过程中取得的各项测试数据应系统整理，列表成册，与勘查报告内容有关的，应作为报告的附表，一般包括：

- 1 地热流体、岩土化学成分（含同位素）及物理性质分析成果汇总表
- 2 岩矿鉴定成果表

3 地热井试验（含回灌）成果资料汇总表

4 地热井测温资料汇总表

5 地热井动态观测资料汇总表

6 地热流体历年开采（回灌）量统计表

凡与报告密切有关而报告本身未作详细论述的物化探报告、各种专题研究报告等，可作为报告附件提交。

参 考 文 献

- [1] GB 8537 饮用天然矿泉水
- [2] GB/T 14157 水文地质术语
- [3] GB/T 13727 天然矿泉水地质勘探规范
- [4] GB/T 17766 固体矿产资源储量/分类
- [5] GB 15218 地下水资源分类分级标准
- [6] GB/T 13908 固体矿产地质勘查规范总则
- [7] GB/T 33444 固体矿产勘查工作规范
- [8] GB/T 25283 矿产资源综合勘查评价规范
- [9] DZ 40-85 地热资源评价方法
- [10] DZ/T 0181 水文测井工作规范
- [11] DZ/T 0004-2015 重力调查技术规范（1:50000）
- [12] DZ/T 0173-1997 大地电磁测深法技术规程
- [13] DZ/T 0280-2015 可控源声频大地电磁法技术规程
- [14] DZ/T0133 地下水动态监测规程
- [15] DZ/T0151 区域地质调查中遥感技术规定（1:50000）
- [16] DZ/T 0148-2014 水文水井地质钻探规程
- [17] SY/T 5724-2008 套管柱结构与强度设计
- [18] SY/T 5088-2008 钻井井身质量控制规范
- [19] SY/T 5412-2005 下套管作业规程
- [20] SY/T5480-2007 固井设计规范（参照）
- [21] SY/T 6592-2004 固井质量评价方法（参照）
- [22] SY/T 6417-2009 套管、油管 and 钻杆使用性能
- [23] SY/T 6268-2008 套管和油管选用推荐作法
- [24] SY 5593-1993 钻井取心质量指标
- [25] SY/T 5347-2005 钻井取心作业规程
- [26] SY/T 5609-1999 石油钻机型式与基本参数
- [27] HJ 493 水质采样、样品的保存和管理技术规定
- [28] NB/T 10097-2018 地热能术语

