# 市国土房管局关于印发天津地区地热单（对）井资源评价技术要求的通知

## （津国土房热〔2014〕269号）

各区、县国土分局，滨海新区规划国土局，蓟县地矿局，各有关单位：

现将修改后的《天津地区地热单（对）井资源评价技术要求》印发给你们，请遵照执行。天津市国土资源和房屋管理局印发的《天津地区地热单（对）井资源评价技术要求》（津国土房热〔2006〕239号）同时废止。

2014年12月2日

附件：天津地区地热单（对）井资源评价技术要求

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

天津地区地热单（对）井资源评价技术要求

前 言

2006年以来，天津市国土资源和房屋管理局印发的《天津地区地热单（对）井资源评价技术要求》（津国土房热〔2006〕239号）一直作为地热资源技术管理文件。随着国土资源部《地热资源地质勘查规范》（GB/T 11615—2010）的重新修订和颁布，同时天津地区的主要地热田已进入到优化开采阶段，新增地热探矿权区块以对井方式开发利用资源，部分历史上形成的地热单井开采系统通过补建回灌井及资源整合等措施已进行优化改造并步入可持续性开发阶段，热储回灌量逐年增大，流体回灌量也终将转化为资源可开采潜力的情况变化，急需根据天津地区地热资源特点和开发利用的新情况，对津国土房热〔2006〕239号文件进行重新编写修订，以提高其时效性、适应性和可操作性。

本技术要求与津国土房热〔2006〕239号文件相比，主要变化如下：

——注重了对热水头的观测和计算；

——根据地热井降压试验具体情况，流量、降深Q-s曲线形态由降深控制改为流量控制；

——在热储参数计算中增加了降压曲线拟合求参方法，力求获得全面水文地质参数；

——增加了地热井回灌试验技术要求和回灌井的可灌量估算与确定；

——针对天津地区地热开采具体情况，将地热井热资源开采年限设定为50年。同时按照《地热资源地质勘查规范》（GB/T 11615-2010）中关于开采权益保护半径计算方法及原理，根据地热井实际开采情况进行修正；

——充分考虑了地热回灌的工作意义，并将对井中回灌井的回灌能力作为确定开采井可采资源量的重要依据之一；

——在估算地热井可采资源量时，根据热储压力动态具体情况，对区域水位年降幅、合理降深分别作了具体要求。同时，鉴于天津地区目前地热开采实际情况，提出在确定地热井合理的、允许的、稳定的可采资源量时，不应以单一指标来简单评价，而要综合分析区域水位年降幅，地热井回灌能力及其50年热突破半径，开采井抽水影响半径，开采权益保护范围、相邻已有地热井的开采权益保护半径，按照以灌定采、采灌平衡原则，资源利用区域整体规划和地区局部规划等多种因素确定合理降深，计算地热流体可开采量，对地热井资源进行可靠性评价；

——依据《地热资源地质勘查规范》（GB/T 11615-2010），规定了地热资源评价、开发利用评价、流体质量评价、经济环境效益评价等技术要求；

——对地热资源勘探成果整理、资源评价、勘探报告编写内容和要求作了具体规定和要求。

起草单位：天津地热勘查开发设计院。

主要起草人员：曾梅香、张子亮、刘荣光、沈健、田信民。

1 总 则

1.1 为满足当前地热资源管理工作需要，规范地热井资源评价，制定本技术要求。

1.2 本技术要求主要适用于地热单（对）井储量评价和勘探报告的编写，为储量审批和资源的开发管理提供依据。

1.3 主要内容：地热单（对）井的降压、放喷、回灌试验技术要求，热储水文地质参数的计算方法，单（对）井可开采量和可回灌量的计算与评价，流体质量评价，开发利用评价，地热单（对）井勘探报告编写内容，地热勘查成果及原始资料的整理和汇交。

1.4 用于供热为目的的地热开发，应采用对井方式开采地热资源；鼓励原单井供热系统补建回灌井，以回灌方式开发利用地热资源。

1.5 引用的相关标准、规范

1.5.1 《地热资源地质勘查规范》（GB/T 11615—2010）；

1.5.2 《供水水文地质勘察规范》（GB 50027—2001）；

1.5.3 《供水管井施工技术规范》（GB 50296—99）；

1.5.4 《地热资源评价方法》（DZ40—85）；

1.5.5 《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》（CJJ/T 13—2013）；

1.5.6 《地热单井勘查报告审批要求》（储办发〔1996〕51号）；

1.5.7 《天津市地热资源规划》（2011-2015年）。

2 地热井资源计算/储量评价原则

2.1 本技术要求中的热储层顶板埋深、底板埋深、热水头埋深均以海平面计算。

2.2 本技术要求中的热水头埋深、动水位埋深均按热储平均温度下的流体密度进行换算。

2.3 评价热储导水性能时，为消除温度的影响统一用渗透率表征或表明某一温度下的渗透系数。

2.4 为获得热储全面、准确的水文地质参数，宜充分利用周围已有的地热井做观测孔（如对井）进行多井降压试验。

2.5 地热井降压试验时，最大降深试验宜按非稳定流方法进行，以便获得更为精确的热储水文地质参数。

2.6 地热井开采热资源以50年为周期寿命来考虑。地热流体可开采量应综合现状、资源储量、规划等情况，每5年重新审核、每10年进行一次再评价。

2.7 在评价确定对井中开采井可采资源量时，要同时考虑到回灌井的调节作用和回灌流体对热储资源的补给。一般情况下，①根据地热地质条件、抽水影响半径、区域水位年降幅、合理开采降深拟定开采方案，以此初步估算出开采量；②利用回灌试验数据，综合回灌流体冷峰面运移速度、热储吸收热量和流体能力，并结合实际测试资料，确定回灌井的可灌量和回灌能力，充分肯定通过回灌量的回注补充，对储存量的调节作用，并以此来评价初步估算出的开采量的合理性；③依据“在保护中开采，在开采中保护”的总原则，遵循“以灌定采”、“采灌平衡”等要求，确定其开采的合理井距及其开采权益保护半径，综合评价并确定地热开采井稳定的允许可采资源量。

3 地热井产能测试

3.1 洗井

3.1.1 洗井方法及技术要求

a) 地热井完井后应进行产能测试，测试前必须做好洗井工作。

b) 洗井的目的：疏通热储层，以达到最佳出水能力和回灌效果，初步确定抽水最大降深smax和最大涌水量Qmax。同时可采用水位恢复法，初步确定热水头H0埋深值。

c) 洗井应依据热储渗透条件及埋深、孔内情况，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。一般采用空压机或空压机与大型水泵联合震荡洗井。在产能较小的碳酸盐岩岩溶裂隙型热储层中，如在空压机洗井效果欠佳的情况下，需进行储层改造（地层压裂及酸化处理），达到沟通裂隙通道、增大单井涌水量和回灌量、提高流体温度的目的。

d) 洗井要充分有效，达到流体中悬浮物含量小于1/200000（质量比），流体产量与压力下降保持相对稳定（前后比较变化小于10%）。

3.1.2 洗井水位动态观测要求

a) 洗井前要测量井内流体静水位埋深和对应的液面温度。

b) 洗井之后要待地热井水位恢复到接近（近似）初始状态下方可进行降压试验等产能测试。

3.2 一般要求

3.2.1 地热井产能测试包括降压试验、放喷试验和回灌试验等。各类地热勘探孔与开采井、回灌井都必须进行测试，通过测试取得目的热储层压力、产能、温度、单位涌水量、井流方程和采灌量比及热储层的渗透性等参数。

3.2.2 对负水头承压井采用定流量降压试验，对自流井（正水头）采用放喷试验。

3.2.3 产能试验所采用的设施包括潜水泵、泵管、测管材料应是防腐材质。

3.2.4 检查潜水泵安装是否正确：下泵深度宜超过静水位液面以下30～50m，新近系孔隙型热储层地热井要适当加深，防止抽水时因水位降深过大而造成吊泵事故出现。

3.2.5 技术人员应明确各类试验的目的、方法，编写产能测试详细方案，提示试验过程中可能出现的各种风险及困难，并提出应对预案。

3.2.6 试验期间宜采用井下压力计测量压力变化，条件不具备只能从井口测量水位（压）时，应同时测得井口地热流体温度，换算准确反映热储层压力的水头。

3.2.7 热储层天然水位动态监测

a) 为了解地热井产能测试前的热储层静水位埋深，并判断潮汐、固体潮作用对热储压力天然动态的影响，正式试验前应对热储层水位埋深进行不少于24h天然动态观测，观测频率为1次/h，观测值精确到±5mm。

b) 热储层水位天然动态监测井宜选择距离产能测试的地热井最近的同一目的热储层地热井，要求其水位、流体温度没有人为扰动，具备稳态条件。当没有符合这一条件的观测井时，应选择产能测试井自身作为天然水位动态监测井，井内水位应是消除了钻井液对热储流体的温度影响，并且是洗井结束至少24h后已接近或完全恢复到原始状态。

3.2.8 地热井降压试验依据抽水时动水位稳定情况及是否有观测孔分为稳定流和非稳定流。稳定流降压试验操作简单；非稳定流降压试验一般带有一个或多个观测孔，所获取的信息量更多。应针对具体情况和条件按要求进行操作并取全取准相关数据。

a) 稳定流降压试验：该方法通过抽水流量Q及所对应的井中热储压力变化值即水位稳定降深sw，计算热储水文地质参数（渗透系数K、导水系数T和抽水影响半径R等）。并通过热储压力变化值与其对应的涌水量关系，推算地热井水流方程，绘制Q-f(sw)曲线。

b) 非稳定流降压试验：该方法通过热储压力随时间变化过程计算热储水文地质参数（导水系数T和弹性释水系数S等）。

3.2.9 产能测试结束前，应取地热流体全分析水样一组。针对特殊利用行业的地热流体，还应有针对性的采集特征组份样品送检，包括气体样、悬浮物、同位素、细菌样等。

3.3 降压试验

3.3.1 降压试验的目的

a) 确定地热井的水流方程sw—f(t)和储层渗流类型，计算热储水文地质参数，进行开采动态预测。

b) 确定井流方程sw=aQ+bQ2或Q—f(h)，计算热储的静水压力水头（热水头H0）和井的产能，确定地热井的可采资源量。

3.3.2 依据勘查的需要，分为单井和多井降压试验。

3.3.3 降压试验设备的选择及准备工作

a) 根据地热井试水情况，选择扬程、涌水量、温度、功率等技术指标相适宜的潜水电泵。

b) 检查排水管道是否畅通，以确保降压试验连续进行。

c) 检查观测水位、水量、水温等仪器仪表及用品、工具。

d) 降压试验观测原始记录表。

3.3.4 单井降压试验

a) 为反映Q—sw曲线形态，宜进行3次及以上降压的稳定流试验。为保持3次降深地热流体温度变化不大，先进行最大降深（s3=smax）抽水，其后为中、小降深。3次降压试验应连续进行，最后进行水位恢复试验。

b) 地热井在抽水期间，尤其是在抽水的初期，井口流体温度不是恒定不变的，而是随着时间的延续不断升高，而水的密度与温度的变化成反比，造成观测水位不能真实地反映地热井实际水位（热储压力）的变化。此时，尽管地热井内水位上升或保持不变，但热储压力却下降，这种现象称之为“井筒效应”。由于地热井抽水这种特殊的“井筒效应”，降压试验各降深采用流量控制更合理也便于操作。因此，地热井降压试验各降深采用流量控制，其比例分别为Q3=Qmax，Q2、Q1分别为最大流量的2/3和1/3左右。

c) 最大降压试验抽水延续时间不少于48h，稳定延续时间不少于24h。如果单位产量小于10m3/d·m及流体压力持续下降、降压延续时间48h内水位仍未稳定，应适当延长试验时间，直到水位稳定时间持续达到24h，涌水量波动不大于1%。或者在现场利用降压试验数据绘制降深、历时的sw—lgt曲线，在 2个对数周期内出现直线段来判断是否已达到稳定时间。

中、小降深抽水时，热储压力稳定延续时间分别不少于12h和8h。

d) 各落程是否达到稳定以观测水位在一定范围内波动、波动幅度小于2～3cm，且水位动态数据不再持续下降或上升为准。

e) 测试资料应满足确定流体运动方程。利用3次降压试验数据建立井流方程和求取热水头H0，计算储层渗透系数K、有效孔隙度n或弹性释水系数S、压力传导系数a等热储水文地质参数，评价单井合理产量的要求。

3.3.5 多井降压试验

a) 指带有一个或多个观测孔的主孔降压试验，主要在对井中第二眼井成井时的降压试验中采用。当地热地质条件复杂、对井及附近地热井尤其是同层地热井较多且相距较近时，具备观测条件的都应进行多井降压试验。

b) 在单井降压试验的基础上进行，宜进行1~2次降压的稳定流或非稳定流试验，最大一次降压的延续时间不少于120h。如果同期观测孔出现水位持续下降或水位波动较大情况，应适当延长试验时间。

c) 抽水井抽水对最近观测井引起的水位下降值不小于20cm。

d) 试验资料除满足单井试验的各项要求外，还应能确定降压影响半径R、井间干扰系数等参数。

3.4 放喷试验

3.4.1 主要针热储水头高于地面的地热井，即自流井（正水头）。分为单井放喷试验和多井放喷试验。

3.4.2 单井放喷试验

a) 可先用端压法测算单井的热压力。

b) 准确测定须在井口进行汽、水分离，分别测定不同压力下的汽、水流量和温度，并测定分离蒸汽中的不凝结气体含量，确定单井的热焓和热流体产量，绘制井口压力、产量与温度、流量和时间的关系曲线。

c) 试验延续时间不少于360h。

3.4.3 多井放喷试验

a） 指带有一个或多个观测孔的主孔降压试验，当地热地质条件复杂、对井及附近同层地热井较多且相距较近时，具备观测条件的都应进行多井降压试验。

b） 宜进行1~2次降压的稳定流或非稳定流试验，最大一次降压的延续时间不少于120h。如果同期观测孔出现水位持续下降或水位波动较大情况，应适当延长试验时间。且与单井降压试验合并进行，取得抽水井的井流方程。

c） 试验资料除满足单井试验的各项要求外， 还应能确定降压影响半径、井间干扰系数等参数。

3.5 自然回灌试验

3.5.1 地热井回灌试验的目的

a) 通过开采井的水位下降曲线，计算补给带的宽度和采灌条件下的水文地质参数，对开采动态进行预测。

b) 通过回灌井的回灌量和相应热储压力变化情况，确定对井可采资源潜力，评价可采资源量。

C) 要求进行定流量的回灌试验，宜在多井降压试验之后开展，查明采灌开采影响的水动力条件。

3.5.2 准备工作技术要求

回灌试验前期的准备工作是回灌试验科学合理进行的基础条件，主要包括回灌过滤设备安装、回灌系统管路检查、回灌方式选择、回灌井的回扬及水位天然动态观测。

a) 回灌过滤设备安装

回灌水质是保证回灌试验顺利进行的必备条件。为保证地热流体中悬浮固体颗粒不被传输到循环系统管路，首先需在开采井井口设置除砂、除污设备，从而减轻回灌系统过滤装置的工作负担。同时根据试验井储层类型选择合适的过滤器。目的层为孔隙型热储时需同时安装粗过滤和精细过滤两组过滤器，粗过滤精度为50µm，精过滤为3～5µm；目的层为基岩岩溶裂隙型热储时安装一组过滤器，精度不小于50µm。

b) 回灌排气设备安装

为了防止气相成份产生贾敏效应影响回灌效果，在回灌井管路上须安装排气罐，用以排出回灌流体中的气体。回灌前应检查排气阀门，罐体内压力应大于大气压，不让空气进入，同时保证排气通道畅通。

c) 回灌系统管路检查

地热对井回灌管路应保持密闭状态，仪表、仪器正常运行。正式回灌试验前应对管道进行冲洗，保证管道和过滤设备内部清洁，以避免管道及过滤设备内部污垢回灌至井内影响回灌效果。冲洗时间视其尾水的清洁程度而定。

d) 回灌方式选择

为保证回灌系统在真空密闭条件下进行，采用回灌管内进水方式进行回灌，回灌管应下至回灌井静水位以下10～15m深度。

3.5.3 回灌试验操作技术要求

a) 为了解热储层水位天然动态，确定回灌所引起的储层热流体水位变化，正式回灌试验前须对井中水位进行24h天然动态观测。观测要求按本技术要求的3.2.5条进行。

b) 为反映回灌量Q回、井中水位回升s升的 Q回—s升曲线形态，一般应进行三组以上的多组回灌试验。根据地热流体的特点，宜采用定流量的方法进行回灌，回灌量从小到大依次进行，第一组进行小流量回灌（以产能测试时最大抽水流量的1∕2为宜），后续每组试验逐级增加10～30m3/h，最大一组回灌试验的回灌量应达到或接近其产能测试时的最大涌水量，以验证回灌井的回灌能力。

c) 第一组试验回灌井的动水位需稳定8h以上，第二和三组动水位需稳定16h和48h以上。各组试验是否达到稳定以观测水位波动幅度应小于5cm/30min、且水位动态数据不再持续下降或上升为准。

d) 停灌后应进行水位恢复试验。

e) 测试资料应满足确定流体运动方程的要求。利用多组回灌试验数据建立井流方程，计算热储注水渗透系数K注、导水系数T注和回灌影响半径R注等热储水文地质参数，评价单井合理可灌量。

3.5.4 回灌试验前或试验中的回扬洗井工作

a) 回扬洗井是清洗回灌井内部腐蚀污垢及细菌滋生等产生的悬浮物、防止污染热储层、提高回灌率的一种技术手段。新近系孔隙型热储层回灌井一般在回灌试验前或试验中都可采用回扬洗井方式提升回灌能力；基岩岩溶裂隙型热储层回灌井如果长期暴露在空气中未作任何密封防腐保护处理、且回灌量偏低时，可酌情进行回扬洗井处理。

b) 根据回灌井降压试验情况，选择型号匹配的潜水泵与泵管对回灌井进行回扬，回扬不得少于24h，做到回扬水质无明显杂质。回扬时每30min记录回灌井回扬流量、回扬水温、水位、管道压力等动态数据及回扬水质的清洁情况，必要时可在回扬泵启动后回扬水温无明显变化或井内水位基本稳定（波动范围在5～10cm/30min）时取样进行地热流体质量分析，分析项目应包括：全分析、酸性样、碱性样、气体样、悬浮物（含量、颗粒大小及成份）、溶解氧含量、侵蚀性二氧化碳、细菌样（铁细菌、硫酸盐还原菌、腐生菌）。

c) 回灌井的回扬洗井工作按本技术要求的3.1条进行。

3.6 产能测试数据采集与资料整理

3.6.1 降压试验数据观测要求

a) 降压前必须准确观测抽水井的静水位埋深h1及对应的液面温度，观测次数不少于3次。

b) 降压试验过程中，抽水井和观测井均要求液面温度、流量及水位同步观测。

c) 稳定流观测时间为开泵后第5、10、15、20、25、30、40、60、80、100、120min，稳定后每30min观测一次。

d) 非稳定流观测时间为开泵后第1、2、3、4、6、8、10、20、30、40、50、60、80、100、120、150、200、250、300、350、400min、……即对数周期。

e) 抽水井水位观测精确到1cm，观测井数据精确到5mm。

f) 水温观测数据精确到0.1℃。

g) 地热井开采流量的测量宜采用堰箱计量时，堰高测量应读数到1mm。采用水表计量时，应读数到 0.1m3。

h) 单井降压试验停泵后，立即进行水位恢复试验，首先观测恢复最高水位（即热水头H0），然后按非稳定流方法进行水位、液面温度同步观测。连续观测时间不得少于6h。

i) 多井降压试验停泵后，抽水井、观测井均应立即进行热储压力（水位）恢复观测。抽水井应在获得热水头H0后，按停泵后非稳定流观测时间进行水位及液面温度同步观测，观测井按非稳定流观测时间进行观测，当观测井水位历时h—t曲线出现拐点后再观测3～5个数据即可结束，抽水井同时停止观测。

3.6.2 回灌试验数据观测要求

a) 准确测定开采井、回灌井的井口标高及井位坐标、测点至地面的距离。

b) 回灌前24h内必须准确观测回灌井的静水位埋深及对应的液面温度，观测次数不少于3次。

c) 每一组回灌试验观测时间间隔为回灌开始后第5、10、15、20、25、30、40、50、60、80、100、120min，之后每30min观测一次。

d) 回灌试验过程中，抽水井同时要求对温度、流量及水位同步观测，观测时间、频率与回灌井一致。

e) 水位观测精确到1cm，水温观测数据精确到0.1℃。

f) 回灌试验时对过滤器、排气装置的进口与出口压力进行跟踪监测，与水位同步观测，观测时间、间距、频率一致。

3.6.3 产能测试资料整理

a) 产能试验现场应做好试验原始数据记录工作，并在试验现场绘制必要的草图（如sw—Lgt、sw—，等等），以判断是否存在管道流，及时调整地热井采灌方案。同时也可发现试验过程中出现的问题，做到及时纠正或补做试验。

b) 检查产能测试各种记录表，对水位、水量、水温、观测时间等数据，要进行审查、校对，发现有误可根据情况进行修正，誊清一份归档，并制成电子版及时录入地热钻井数据库。

c) 绘制降压试验相关曲线图

流量Q、历时t曲线：Q—f(t)曲线；

流温T、历时t曲线：T—f(t)曲线；

水位h、历时t曲线：h—f(t)曲线；

降深sw、历时t曲线：sw—f(t)曲线；

降深sw、历时t曲线：sw—曲线；

降深sw、历时t曲线：sw—lgt曲线；

流量Q、水位h曲线：Q—f(h)曲线；

流量Q、降深sw曲线：Q—f(sw)曲线；

单位涌水量q、降深sw曲线：q—f(sw)曲线；

计算参数时所需要的其它相应曲线。

4 热储水文地质参数计算方法

4.1 水位校正和单位涌水量计算

4.1.1 由于地热井特殊的“井筒效应”，产能测试各个阶段所观测到的所有水位所对应的温度可能均不相同，需将观测水位值统一换算到某个流体温度下才能进行相互对比，使不同温度下的观测水位埋深、水量、水温相匹配，并求取热储水文地质参数。

4.1.2 静水位修正

a) 抽水（回灌）前测得的静水位埋深，对应的是水温自上而下逐渐增高的水柱，须统一换算成热储平均温度水柱所对应的静水位埋深（热水头H0），形成温度统一的热力场，才能进行热储温度下的水文地质参数计算。

b) 热水头H0的确定可采用以下几种方法进行计算，并相互验证。

方法一：公式计算法

观测水位换算到热储平均温度下的水位校正可采用式（4－1）进行。

 **…………………………………………………(4－1)

式中：H0—自然地面起算的热水头埋深（m）；

H中—热储中点垂深（孔隙型热储为取水段中点垂深）（m）；

h1—抽水前观测到的静水位埋深（m）；

h0—观测基点距地平面的高度（m）；

ρ平—稳态下地热井内水柱平均密度（即热储温度与抽水时井口流温的平均值所对应密度）（kg/m3）；

ρ高—热储温度所对应流体密度（kg/m3）。

方法二：回归法

按照井流方程及热水头、动水位与降深关系换算。依据降压试验时3次降深测得的稳定动水位hi和对应的抽水流量Qi，通过2次回归计算热水头H0值。

具体计算方法：以3个抽水流量为横坐标，对应稳定动水位为纵坐标，绘制散点图，采用添加多项式的2次阶数，选项中选中“显示公式”、“显示R平方值”，公式中自动产生的常数项即为热水头H0值。

利用回归法计算热水头H0时，应利用式（4—1）对观测到的稳定动水位，按热储温度进行水位校正。

方法三：水位恢复法

降压试验停泵后，立即观测恢复水位。由于热储层的高压力，动、势能量的转换，当井内水位恢复到最高点后将逐渐回落，其峰值即为热水头H0。此方法可供参考。

4.1.3 降压试验动水位校正

各降深产能测试时所取得的水位，均应利用式（4—1）对观测到的稳定动水位，按热储平均温度进行水位校正，以便于水位对比分析和参数计算。

4.1.4 回灌试验水位校正

回灌试验由于试验时间和回灌水源的限制，试验过程中的尾水温度与后期系统实际供暖运行的尾水温度存在较大差异。因此回灌水位可按实际回灌试验时最大稳定回灌流体温度进行统一水位校正；同时也可按照《地热资源地质勘查规范》（GB/T 11615—2010）中第6.1.3条地热资源温度分级所界定25℃进行水位校正。

4.1.5 单位涌水量计算方法

地热井单位涌水量q可采用式（4—2）进行计算求得。

q=Q/sw ………………………………………………………………………………(4－2)

式中：q—单位涌水量（m3/h·m）；

Q—抽水流量（m3/h）；

sw—抽水稳定降深（稳定动水位与热水头之差）（m）。

4.2 稳定流降压试验求参方法

4.2.1 天津地热流体均为承压水，地热井一般以揭穿目的层为终孔原则，因此应采用承压完整井公式来计算热储水文地质参数。

4.2.2 单井降压试验求参方法

a) 地热井单井稳定流降压试验时，利用裘布依Dupuit 公式及溪哈尔特经验公式（4—3），采用叠代法，来求取热储渗透系数K和抽水影响半径R。

………………………………………………………(4－3)

式中：*K*—热储平均温度下的热储渗透系数（m/d）；

*Q*—抽水流量（m3/d）；

*R*—抽水影响半径（m）；

*rw*—抽水井热储段井半径（m）；

*Sw*—抽水稳定降深（m）；

*M*—热储垂直厚度（m）。

b) 热储导水系数T采用式（4—4）来求得。

T=KM …………………………………………………………(4－4)

式中：T—导水系数（m2/d）；

其余符号意义同前。

c) 热储渗透率k采用式（4—5）来求得。

 ………………………………………………………(4－5)

式中：k—热储渗透率（m2）；

ηt—t℃时热流体的运动粘滞系数（m2/s）；

Kt—t℃时热储的渗透系数（m/s）；

g—重力加速度（9.8m/s2）。

4.2.3 地热井多井稳定流降压试验，当带有一个观测孔时，如果观测孔受抽水主孔影响水位有变化时，可参考相关规范采用式（4—6）来计算水文地质参数。



 ……………………………………………………(4－6)

式中：sw —抽水井水位稳定降深（m）；

s1 —观测孔水位稳定降深（m）；

r —观测孔与抽水井井底水平距离（m）；

其余符号意义同前。

4.2.4 地热井多井稳定流降压试验，带有两个观测孔时，可采用式（4—7）来计算水文地质参数。



 ………………………………………………………(4－7)

式中：s1—近观测孔水位稳定降深（m）；

s2—远观测孔水位稳定降深（m）；

r1—近观测孔与抽水井井底水平距离（m）；

r2—远观测孔与抽水井井底水平距离（m）；

其余符号意义同前。

4.2.5 当地热井中的水位降深较大时（超过50m），可采用雅克布公式（4—8）修正降深。修正降深sw＇与实际降深sw之间的关系为：

 ………………………………………………………(4－8)

式中：sw′—修正降深（m）；

sw—实际降深（m）；

H0′—热储层顶板至热水头埋深的高度（m）。

4.2.6 采用压力测试方法，利用公式（4—9）来求取相关水文地质参数。

 ………………………………………………………(4－9)

式中：ΔP—达到稳定状态时抽水井与观测孔之间的流体压力差（Pa）；

其余符号意义同前。

4.3 非稳定流降压试验求参方法

4.3.1 Theis 配线法

在两张相同模数的双对数坐标纸上，分别绘制Theis 标准曲线W(u)—1/u 和降压试验数据sw—t曲线，保持坐标轴平行，使两条曲线配合，得到配合点的水位降深[sw]、时间[t]、Theis井函数[w(u)]及[1/u]的数值。或在模数为6.25cm的双对数透明纸上绘制sw—t降压试验曲线与W(u)—1/u标准量板套对，采用式（4—10）来计算相关水文地质参数。

； 

；  ……………………………………………………(4－10)

式中：r—观测孔与抽水井井底水平距离（m）；

S—弹性释水系数（无量纲）；

a—压力传导系数（m2/d）；

其余符号意义同前。

4.3.2 Jacob 直线图解法

当降压试验时间较长，u= r2/(4at)＜0.01时，在单对数坐标纸上降压试验数据曲线sw—lgt为一直线（延长后交时间轴于t0， 此时sw=0.00m），在直线段上任取一个对数周期，查得t1、s1、t2、s2，则可采用式（4—11）来计算相关水文地质参数。

；； ……………………………………(4－11)

式中：s1—抽水井t1时刻的水位稳定降深（m）；

s2—抽水井t2时刻的水位稳定降深（m）；

t0、t1 、t2—抽水开始到计算时的延续时间（s）；

其余符号意义同前。

4.3.3 降压曲线拟合求参方法

a) 由于降压试验是大流量到小流量反向进行，大降深抽水从初始流场开始，抽水量大，能够对热储地热流体的初始流场进行强烈激发，且水位观测相对误差较小，因此可利用大降深（s3）绘制sw～t历时曲线，采用泰斯井函数(4－12)进行拟合求参。

 ……………………………………………………………… (4－12)

井函数自变量u: 

泰斯井函数级数展开式：

式中：*s（r,t）*—抽水影响范围内，任一点任一时刻的水位稳定降深（m）；

*t*—抽水开始到计算时的延续时间（d）；

其余符号意义同前。

b) 充分利用实测数据，通过调整导水系数T及压力传导系数，使理论曲线与实测曲线达到最佳拟合状态，从而获得热储水文地质参数。

c) 对于基岩热储层，主要拟合出流体温度基本稳定后的曲线尾支段。

4.3.4 水位恢复资料求参方法

a) 利用地热井产能测试停泵后的水位恢复观测数据和资料进行参数计算，避免了抽水时涌水量波动造成的干扰，能够较准确地计算热储水文地质参数。

b) 当u<0.01时，依据泰斯势叠加公式（4—13），使用Excel表绘制降深-历时对数曲线，以历时lg(t/t—t0)为x轴、剩余降深sr为y轴，添加线性趋势线获得趋势线斜率k0，求取热储水文地质参数。该方法对于观测孔具有良好效果。



*k0*=2.3*Q*/4*T*； ** …………………………………………………(4－13)

式中：*sr*—剩余降深值（m）；

t0—抽水开始到计算时的延续时间（d）；

t—恢复观测距抽水开始的时间（d）；

k0—剩余降深对数历时曲线趋势线斜率；

其余符号意义同前。

4.4 复杂条件下热储水文地质参数计算

如果降压试验受到不同水文地质边界影响时，则应根据实际情况选取符合水文地质条件的方法进行计算，具体方法参见《供水水文地质手册》第二册。或按边界水力性质设置虚拟井按势叠加原理进行计算。

4.5 回灌井注水水文地质参数计算

4.5.1 地热回灌是抽水的逆向过程，抽水是热储层释放压力的过程，而回灌则是增加了储层压力。地热井回灌条件下的水文地质参数是衡量回灌热储层吸收热量与流量能力大小的指标。

4.5.2 利用回灌试验观测资料求取回灌井水文地质参数

a) 回灌井的注水渗透系数K注、导水系数T注，采用式（4—14）来计算。



 ………………………………………………………………(4－14)

式中：K注—校正到回灌流体温度下的热储注水渗透系数（m/d）；

T注—校正到回灌流体温度下的热储注水导水系数（m2/d）；

Q注—回灌井稳定回灌量（m3/d）；

s注—回灌试验时井筒流体稳定水位与试验前静水位之差（m）；

M—热储垂直厚度（m）；

R注—回灌影响半径（m）；

rw—回灌井热储段井半径（m）。

b) 采、灌系统中，由于水源不同，回灌流体温度值的高低差别较大。对井在供暖期实际运行时，回灌水源一般是经过换热后温度降下来的地热供暖尾水，其温度与各个地热站的资源利用率、梯级利用程度、工艺设计有关。为便于统一对比判断地热井在实际供暖运行后的回灌能力，应依据《地热资源地质勘查规范》（GB/T 11615—2010）中第6.1.3条地热资源温度分级，计算出回灌流体温度为25℃时的水文地质参数。

c) 可根据热储渗透率k仅取决于储层岩石的性质、而与热流体的性质无关的特点，进行不同流体温度下的参数换算。对同一热储层来说渗透率k为固定值，利用k值不变，采用式（4—15），将不同回灌流体温度下的回灌井水文地质参数统一换算到25℃时的注水渗透系数K´、导水系数T´。

 ………………………………………………………………(4－15)

式中：k—热储渗透率（m2）；

K´—回灌流体温度为25℃时的热储注水渗透系数（m/s）；

μT—温度25℃条件下的流体运动粘滞系数（kg/m·s）；

ρT—温度25℃条件下的热流体密度（kg/m3）；

g —重力加速度（9.8m/s2）。

4.6 热储水文地质参数选取

4.6.1 选取不同方法所求得的相关参数的平均值作为该地热井热储的水文地质参数。

4.6.2 选取多组回灌试验所获得的地热井回灌参数的平均值作为该地热井热储的注水水文地质参数。

5 地热单（对）井资源计算与可靠性评价

5.1 地热单（对）井可采量估算与确定

5.1.1 地热井井流方程的确定

a) 根据3次降深的降压试验观测数据，采用多项式(5－1)来确定地热井井流方程。

*sw* =*aQ*+*bQ2* ………………………………………………………………(5－1)

式中：*a*—热储层流损失系数；

*b*—井筒紊流损失系数；

其余符号意义同前。

b) 具体方法：依据地热井降压试验资料，利用Excel绘制出抽水流量Q与降深值sw的Q—sw散点图，以降深值（sw）为x轴，以流量（Q）为y轴，添加二次多项式趋势线，趋势线格式选项中设置截距为零，显示的公式即为井流方程。

5.1.2 根据不同水位降深值，运用井流方程计算对应的地热单（对）井稳定产量。

5.1.3 单井地热流体可采量估算与确定

a) 对单个地热开采井，可依据井产能测试资料按井流量方程估算单井的稳定产量，或以降压试验资料采用内插法估算单井可采量。

b) 估算单个地热开采井地热流体可采量，当热储层区域水位下降速率孔隙型热储不大于2.5m/a、裂隙型热储不大于3m/a时，计算使用的压力降低值即水位降深一般取值为±30m（压力0.3Mpa），最大应不大于50m（压力0.5Mpa）；当热储层区域水位下降速率孔隙型热储大于2.5m/a、裂隙型热储大于3m/a时，计算使用的水位降深一般取值为±20m。

c) 预测单井最大涌水量需外推时，采用的降深值不得大于降压试验最大降深值的1.5倍。

5.1.4 对井地热流体可采量估算与确定

a) 针对现阶段已实施回灌式开采或采灌结合的地热开发项目，应充分考虑地热流体回灌作用。在综合考虑回灌流体进入热储层后的注入渗流、冷锋面运移所产生的热突破、回灌流体对热储层储存量的回补作用的同时，结合实际回灌试验，采用“以灌定采”、“采灌平衡”等方法，计算其保持水头压力、热（量）均衡条件下的合理开采强度，并以此来综合评价确定地热开采井可采资源量。

b) 对井系统在评价开采井可采资源量时，应将回灌井的回灌量综合考虑并纳入其中。

c) 对井地热流体可采量评价确定在按照“以灌定采” 、“采灌平衡”等原则的基础上，开采井可采资源量确定须同时满足以下条件：回灌井的可灌量必须大于开采井开采量的90%（即回灌率为90%）；开采量的90%流体通过回灌后，50年内冷峰面不得到达开采井。

d) 利用合理开采降深来对比分析估算对井的可采资源量时，应充分考虑到回灌对热储流体的回补作用。利用降压试验资料、采用内插法估算对井中开采井的可采资源量时，当热储层区域水位下降速率孔隙型热储不大于2.5m/a、裂隙型热储不大于3m/a时，计算使用的压力降低值即水位降深以±50m进行估算；当热储层区域水位下降速率孔隙型热储大于2.5m/a、裂隙型热储大于3m/a时，计算使用的水位降深一般取值为±40m。

5.2 回灌井可灌量估算与确定

5.2.1 回灌井可灌量估算

a) 用注水渗透系数K注，利用式（5—2）来计算回灌井的可灌量。

………………………………………………………………(5－2)

式中：*Q注*—回灌井稳定可灌量（m3/d）；

K注—校正到回灌流体温度下的热储注水渗透系数（m/d）；

s注—回灌井内流体水位上升到允许的最大值（统一取距离井口10m）（m）；

M—热储垂直厚度（m）；

R注—回灌影响半径（m）；

rw—回灌井热储段井半径（m）。

b) 用冷锋面运移时间计算回灌井的可灌量。基岩岩溶裂隙型与松散孔隙型分别采用不同公式进行计算。

① 对于基岩岩溶裂隙型热储层回灌井，可采用公式（5—3）来计算。

 …………………………………………………………(5－3)

式中：Q注—回灌井稳定可灌量（m3/d）；

D—采、灌对井井底距离（m）；

M—热储垂直厚度（m）；

t—冷峰面到达开采井的允许时间（d，按50年计）；

ρwβw、ρaβa—回灌温度下的流体和热储的热容（MJ/m3•℃）。

② 对于孔隙型热储层回灌井，可采用公式（5—4）来计算。

 ………………………………………………………………(5－4)

式中：*n*—热储平均孔隙度（无量纲）；

其余符号意义同前。

③ 以上二种计算方法只考虑了热储层内岩石骨架所储存热量，冷热流体即热储层与回灌流体的热平衡，没有考虑大地热流补给的热量，而实际上这部分热量是巨大的，因此方法①、②求出的回灌量偏于保守。

c) 采用热储吸收率式（5—5）计算回灌井的可灌量。热储吸收率P求得方法为：根据三组回灌试验基础参数，绘制热储吸收率P与回灌井水位变化关系函数图，即可得到相对水位变化值下的热储吸收率。

*Q*=*PMs注* ………………………………………………………………(5－5)

式中：*P*—热储吸收率（m3/d·m2）；

*s*注—回灌试验时井筒流体稳定水位与试验前静水位之差（m）；

其余符号意义同前。

5.2.2 回灌井可灌量的确定

a) 要确定地热回灌井的合理可灌量，应根据以上3种不同计算方法得出的可灌量，同时结合回灌试验时地热井的实际回灌情况，来综合评价确定其可灌量。

b) 确定回灌井可灌量时，有两种特殊情况应酌情考虑：

回灌井回灌能力极弱（小于出水量的三分之一）：这种情况多出现在孔隙型热储层回灌井中，回灌试验中无法以三组稳定的回灌量进行。此时，宜以该井回灌试验过程中相对延续时间较长的一段回灌量作为其可灌量。并采用类比方法，对比分析相同地质构造条件下、成井工艺相同的同类型地热井的回灌能力，作为确定其可灌量的依据。

回灌井回灌能力极强（大于最大出水量）：这种情况多出现在基岩热储层回灌井中，大多是由于岩溶裂隙非常发育、存在溶洞等强导水储水构造所致。回灌试验中随着回灌量的增加水位无明显上涨甚至下降情况，能形成负压回灌。这种情况下回灌井的可灌量确定主要是应考虑冷锋面的运移，以对井中的开采井和附近其它同层开采井流体温度不应下降、不产生热突破为宜。

5.3 地热资源可靠性评价

5.3.1 鉴于目前天津地区单井开采与采灌对井开采共存的局面，地热资源可靠性评价大类上分两种情况，即单井地热资源评价和采灌对井地热资源评价。

5.3.2 单（对）井的地热资源可靠性评价是在综合考虑各种因素影响的情况下，地热井所能允许的稳定的可采资源量。这些因素包括：区域水位年降幅；热（量）均衡条件下的开采合理降深、合理开采规模和强度；采灌对井合理井距；抽水影响半径；开采权益保护半径；以灌定采、采灌平衡；地热资源开发利用区域整体规划和地区局部规划；等等。无论是以单井方式、还是以对井采灌式开采地热资源，在确定地热井可采资源量时，不应以单一指标来简单评价。

5.3.3 按本技术要求的5.1条、5.2条，估算和初步确定单井的稳定产量和可采量；对井的可采资源量和可灌量。

5.3.4 依据初步确定的地热单井稳定产量和对井的可采资源量，按相关公式估算其开采井的权益保护半径。对盆地型热储类型，可按地热井开采50年，依据《地热资源评价方法》（DZ 40—85）中热储层地热流体回收率参考值，采用公式（5—6）来估算地热开采井的权益保护半径R热，视其为地热井开采权益保护范围。

 ………………………………………………………………(5－6)

式中：R热—开采50年地热井权益保护半径（定向井以目的层中部为圆心）（m）；

QW—地热井开采量（m3/d）；

N—地热井开采50年的总天数（以24小时/天计）；

f—流体比热/热储岩石比热的比值（介于3-5之间，对于孔隙型热储只计算砂岩层的热储存量f约为1.7）；

M—热储垂直厚度（m）；

λw—地热回收率（见表5-1）。

表5-1 不同热储类型地热回收率（w）一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 热储类型 | 热储条件 | 热储回收率 |
| 孔隙型 | 大型沉积盆地的新生代砂岩孔隙度大于20％时 | 0.25 |
| 基岩岩溶裂隙型 |  | 0.15 |
| 中生代砂岩和花岗岩等火成岩类 |  | 0.05～0.1 |

5.3.5 同层各开采井之间的合理井距应大于2倍热补给半径或抽水影响半径。

a) 在该地热单（对）井项目周边尚无其它同层地热开采井或与现有地热开采井的井距超过计算的开采权益保护半径2倍时，可将初步确定的可开采量作为该单（对）井系统中开采井的可采资源量；若与现有同层地热开采井井距小于计算的开采权益保护半径2倍时，则应以其实际井距的二分之一作为该开采井的权益保护半径，并以该范围内的可采热储存量作为该井地热流体开采允许排放的热量，进而反求其可开采量，以此作为最终确定的地热井可采资源量。

b) 当抽水影响半径大于热补半径，即抽水影响半径大于热均衡原理计算的地热井开采对热储的影响距离时，应以抽水影响直径作为合理布井井距，并以此来计算地热井可采资源量。

5.3.6 对有一定补给的热储层，可按影响半径公式计算开采影响半径，再考虑可能的井间干扰，适当增大一定的距离，确定为其开采的合理井距及其权益保护范围。

5.3.7 鉴于现阶段天津地区地热资源开采现状和规模、热储层压力场动态变化特点，以可持续性集约节约开发利用为前提，在集中开采区，单井应严格控制开采量。

5.3.8 地热井地热资源评价仅考虑了单一项目所在地区的开采、回灌局部情况，但地热资源开发区域性很强。热储压力下降只有通过区域性评价才能得到较为合理的结果，每眼（对）地热井开发利用共同形成区域性热储压力下降；反过来，区域性热储压力下降又影响着每眼（对）井。因此，地热井地热资源评价方法应每5年结合区域性评价进行调整。

6 地热资源开发利用评价

6.1 地热资源开发利用经济效益评价

6.1.1 依据地热井地热流体可采资源量，按公式（6－1）计算其产热功率（热能或电能）。

Wt=4.1868Q(t-t0) ………………………………………………………(6－1)

式中：Wt—热功率（kW）；

Q—地热流体可采资源量（L/s）；

t—地热流体温度（℃）；

t0—当地年平均气温（℃）；

4.1868—热功当量换算系数。

6.1.2 地热流体全年开采累计可利用的热能量按公式(6－2)估算。

……………………………………………………………(6－2)

式中：∑Wt—地热井开采一年可利用的热能（106J）；

d—全年开采日数（按24h换算的总日数）（d）；

Wt—由（6-1）式计算得出的热功率值（kW）；

K—热效比（按燃煤锅炉的热效率0.6计算）；

86.4—单位换算系数。

6.1.3 地热流体建筑采暖面积估算

a) 无调峰设施的地热流体建筑采暖面积按公式(6－3)进行估算。

*F*=48.46*Q*(*t1*-*t0*)/*Qf*…………………………………………………………(6－3)

式中：F—采暖面积（m2）；

Qf—建筑采暖热指标（W/m2）；

Q—地热流体可采资源量（m3/d）；

t1—地热流体采暖进水温度（℃）；

t0—地热流体采暖排水温度（℃）。

b) 有调峰设施的地热流体建筑采暖面积估算按加用调峰负荷占供热总量的比例进行相应计算。

6.2 地热资源开发利用环境评价

6.2.1 地热资源开发利用所获热量与之相当的节能效果，减排量、节省污染治理费用等，按照《地热资源地质勘查规范》（GB/T 11615-2010）中附录F所列方法和要求进行估算和评价。

6.2.2 按《地热资源地质勘查规范》（GB/T 11615-2010）中第10.2条要求，对地热资源开发利用的环境影响进行综合分析和评价。

7 地热资源流体质量评价

地热流体的水质、不同用途、有用矿物组分、腐蚀结垢性等评价，按照《地热资源地质勘查规范》（GB/T 11615-2010）中第9条所列方法和要求进行。理疗、洗浴等特殊行业按照《地热资源地质勘查规范》（GB/T 11615-2010）中附录E进行评价。

8 单（对）井地热资源评价报告编写

8.1 资料整理

8.1.1 应对地热资源勘查工作取得的各项资料, 包括: 地质调查、地球物理与地球化学勘查、地热钻井、地球物理测井、试井、井史、地热流体化学分析、岩土测试、降压及回灌试验观测原始记录表、完井报告等资料进行分类整理、编目、造册、存档备查。

8.1.2 对地热钻井取得的实物地质资料（岩芯、岩屑等）应进行整理, 建立标准地质剖面保存；有重要地质意义的地热钻井实物资料（岩芯、岩屑）应予以长期保存。

8.1.3 所有资料按要求汇交至相关地质资料管理部门，出具资料汇交合格证明之后方可进行储量评审。

8.2 报告内容要求

8.2.1 地热资源地热井勘探工作完成后, 应及时编写与勘查阶段相适应的勘探报告。

8.2.2 地热资源勘探报告依据实际需要可分为: 单井地热勘探报告、对井地热资源勘探报告。

8.2.3 单、对井地热资源勘探报告: 指为单个地热井开发单位提供利用的地热井勘探报告, 主要依据单、对井勘探成果评价其可开采量及开采保护区范围, 为资源的开发管理提供依据。报告内容一般包括:

a) 前言：简述勘探项目概况；地热井所处的地理位置；探矿权、采矿权登记情况；以往地热地质工作及研究程度；勘探目的和任务；勘探工作量及质量评述等。

b) 地热地质特征：简述地热井所处的地质构造部位；构造特征；地层概况；地温场及热储层特征；勘探项目附近地热开发利用现状。

c) 钻井工程：详述地热井钻探工程实施情况与问题；成井地质剖面；物探测井及井身结构；钻遇地层情况及特征；地温梯度及热储发育特点。

d) 地热井可开采量计算与评价：成井水文地质试验（降压、回灌等）资料分析；数据整理及热储水文地质参数计算；地热井可灌性分析及合理回灌量确定；计算地热井可开采量及其放热量；估算地热井热补给半径，评价地热井开采影响区内的可采热储存量。

e) 开采保护区评价：结合地热井降压影响半径、热补给半径，圈定评价地热开采权益保护范围，提出合理井距的建议。

f) 水质评价：地热流体水质分析成果；水质评价应侧重供暖、理疗、洗浴、农业养殖种殖等方面的用途评价。

g) 利用效益评价：对地热流体利用所产生的经济、环境、社会效益进行客观评价。主要评价地热利用的节能和减排效果；针对高矿化度尾水废水直接排放可能的空气污染、热污染、地表水及地下水水质污染、土壤板结盐渍化等环境影响评价；地热开发对造成地面沉降可能性、海水入侵可能性、高铁地铁等线性工程、地质景观和浅层地下水源保护性地的影响评价。

h) 结论及开发利用建议：侧重热储层特征、地热井可开采量、水质及用途、开采影响范围及其合理井距、环境影响评价等方面的结论和意见。

附：① 钻井地质剖面图及钻井平面位置图；

② 水文地质试验观测资料；

③ 水、岩分析化验资料；

④ 成井质量验收报告。

8.3 勘探报告编写提纲

8.3.1 地热资源勘探报告是地热资源勘查的阶段性或最终成果, 是地热资源统计登记、开发利用规划与管理的主要依据, 报告内容应能反映地热资源勘查的主要成果。

8.3.2 报告编写提纲包括以下内容。

第一章 前言

第一节 项目概要

第二节 地热勘查研究程度

第三节 勘查目的任务

第四节 勘探工作质量评述

第二章 区域地热地质条件

第一节 构造特征

第二节 地层概况

第三节 地温场特征

第四节 热储层特征

第五节 开发利用现状及区域热储开发动态

第三章 地热井热储工程

第一节 地热井工程

第二节 地球物理测井

第三节 钻遇地层特征

第四节 地热井热储特征

第四章 地热井产能测试与可开采量计算与评价

第一节 降压试验

第二节 回灌试验

第三节 数据整理及热储参数计算

第四节 地热井可灌性分析及可开采量计算与评价

第五节 开采保护区论证

第六节 开采初步预报

第五章 地热流体质量评述

第一节 地热流体水质特征

第二节 地热流体质量评价

第六章 地热资源开发利用经济效益及环境影响评价

第一节 地热资源开发利用经济效益评价

第二节 地热资源开发利用环境影响评价

结论及建议

附：① 水文地质试验及动态观测资料（降压、放喷、回灌试验记录表）

② 水、岩分析化验资料

③ 成井质量验收报告

9 地热单（对）井资源评价报告审批要求

9.1 成井质量及各项测试数据资料的可靠性。

9.2 地热井可开采量的计算与评价：应确定地热井可开采量、开采影响范围及合理井距。

9.3 地热流体水质及其用途评价。

9.4 地热流体开采利用中余热及废水排放对当地环境影响评价及消除影响的措施。

9.5 审查结论应明确地热井主要开采层位、可开采量、保护区范围与合理井距、地热流体主要用途及开发中应注意的问题，审批文件内容可简化。

附表1

编号

降压试验观测原始记录表

第————页共————页井号——————— 井位——————— 井口标高————————m 静水位埋深m /液面温度℃—————— 落程————————

基点至地面高度————————m 压力表中心至地面距离————————m 堰形————————

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 观 测 时 间 | | | | | | 水 量 观 测 | | | | 水 位 观 测 | | | | 水温  (℃) | 气温  (℃) | 备注 | 记录者 |
| 月 | 日 | 时 | 分 | 时间间隔  (min) | 累计时间  (min) | | 堰口高度  (cm) | 抽水流量 | | 由基点起算  (m) | 压力表读数  (MPa) | 水位标高  (m) | 水位降落  (m) |
| (L/s) | (m3/h) |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

审核者

附表2

编号———————

回灌试验观测原始记录表

第 页共————页

井号———————— 井位———————— 静水位埋深————————m 基点至地面高度————————m

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 观测时间 | | | | | | 回灌井数据 | | | | | | | 开采井数据 | | | | | 记录者 | |
| 月 | 日 | 时 | 分 | 时间间隔  (min) | 累计时间  (min) | 瞬时流量  (m3/h) | 累计流量  (m3) | 水位  (m) | 温度  (℃) | 压力  (MPa) | 粗过滤  (Kg) | 精过滤  (Kg) | 瞬时流量  (m3/h) | 累计流量  (m3) | 位  (m) | 度  (℃) | 力  (MPa) |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

审核者