

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T XXXXX—XXXX

水热型地热资源回灌技术要求

Technical requirement for reinjection of hydrothermal resources

（报批稿）

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中华人民共和国自然资源部 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

 4.1 目的 2

 4.2 基本原则 2

 4.3 总体要求 2

5 回灌设计基础 2

6 回灌系统设计 3

 6.1 回灌井布局和回灌方式 3

 6.2 回灌井设计 3

 6.3 回灌设施设计 3

7 回灌井及回灌设施建设 3

8 回灌系统运行监测和回灌井维护 4

 8.1 运行监测 4

 8.2 回灌井维护 4

9 报告编制和资料归档 4

 9.1 回灌系统设计方案编写要求 4

 9.2 回灌系统运行维护总结报告编写要求 4

 9.3 资料归档要求 4

附 录 A （资料性） 可回灌量计算方法..... 5

附 录 B （资料性） 回灌井回灌量设计方法..... 7

附 录 C （资料性） 水热型地热资源回灌记录..... 9

附 录 D （资料性） 地热流体化学组分检验项目..... 10

附 录 E （资料性） 水热型地热资源回灌系统设计方案提纲..... 11

附 录 F （资料性） 年度水热型地热回灌系统运行维护总结报告提纲..... 12

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会（SAC/TC93）归口。

本文件起草单位：北京市地质工程勘察院、山东省地质矿产勘查开发局、天津地热勘查开发设计院、北京理工大学、西安科技大学、中国矿业权评估师协会。

本文件主要起草人：徐巍、鞠建华、卫万顺、李海京、杨亚军、康凤新、赵苏民、王雨石、冯丹、刘清晓、丁桂伶、王成、毕银丽、高一鸣、康博文、王立志、乔春磊、董大啸、杨雪松、赵少杰。

水热型地热资源回灌技术要求

1 范围

本文件规定了水热型地热资源回灌设计基础、回灌系统设计、回灌井及回灌设施建设、回灌系统运行监测和回灌井维护、报告编制与资料归档等内容。

本文件适用于水热型地热资源回灌的设计、实施和管理等工作。

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/T 11615 地热资源地质勘查规范

DZ/T 0260 地热钻探技术规程

DZ/T 0330 砂岩热储地热尾水回灌技术规程

DZ/T 0331 地热资源评价方法及估算规程

DZ/T 水热型地热资源开发利用技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水热型地热资源回灌 reinjection of hydrothermal resources

将水热型地热资源流体进行人工回补的过程。

3.2

地热资源评价要素 assessment factors of geothermal resources

评价地热资源状况的参数。

注：包括地热流体资源储量、压力（水位）、温度和化学组分。

3.3

地热尾水 geothermal tailwater

从热储层抽取的经热能利用后温度下降的地热流体。

3.4

回灌系统 reinjection system

由回灌井和回灌设施、供回管线以及监测设施等构成的地热回灌完整体系。

3.5

自然回灌 natural reinjection

依靠高出区域水位的井筒水柱重力作为驱动力进行回灌的方式。

3.6

加压回灌 pressurized reinjection

依靠外力(压力泵等设备)作用增加压力进行回灌的方式。

3.7

单位回灌量 reinjection quantity per meter length

回灌井水位每米升幅的流体日回灌量，单位： $\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ 。

3.8

地热可回灌量 permissible reinjection quantity

保持地热资源评价要素（3.2）相对稳定时地热田或开采区可接受的日最大回灌量，单位： m^3/d 。

3.9

地热流体回灌率 geothermal reinjection quantity rate for a system

一定时间内，一个采灌系统中回灌的地热流体总量与实际开采的地热流体总量之比。

注：采灌系统由开采井和开采设施、回灌井和回灌设施、供回管线以及监测设施等组成，地热流体回灌率表征采灌系统的回灌程度，用百分数表示。

3.10

回灌衰减 reinjection attenuation

在回灌过程中，由于物理、化学、生物等原因造成的回灌能力随时间逐渐下降的现象。

3.11

回扬 pump lifting

利用提水设备在回灌井抽取流体，将回灌产生的杂质、淤积物排出回灌井并疏通井筒和储水空间连通性的过程。

4 总则

4.1 目的

保持地热田（或开采区）地热资源要素的相对稳定，减少地热流体直接排放对环境的污染，保障地热资源可持续开发。

4.2 基本原则

- 4.2.1 有利于地热资源保护和综合利用。
- 4.2.2 因地制宜，循序渐进开展回灌工作。
- 4.2.3 兼顾技术可行、经济合理、环境友好，体现最佳综合效益。

4.3 总体要求

- 4.3.1 水热型地热资源回灌工作应在地热资源勘查程度达到可行性勘查或开采阶段的基础上布置，单井回灌及回灌量规模较小的项目可在地热资源达到预可行性勘查阶段的基础上布置。
- 4.3.2 热能利用后的地热尾水、地热供水管道中未受污染的地热原水可进行地热资源回灌；其他水源（如地表水、地下水）应在分析、试验、监测、论证回灌不破坏地热资源评价属性的条件下进行地热资源回灌。
- 4.3.3 热能利用项目应开展回灌，回灌温度宜不低于 25℃，热补给能力强的热储回灌温度可适当降低。
- 4.3.4 回灌应与开采为同一热储层。
- 4.3.5 回灌量应小于可回灌量。
- 4.3.6 地热资源回灌应开展监测和维护。
- 4.3.7 地热资源回灌工作应注重安全生产，相关要求参照《水热型地热资源开发利用技术要求》执行。

5 回灌设计基础

5.1 收集或开展调查获取相关资料，内容如下：

- a) 热储类型、岩性与厚度、分布与埋藏条件、孔隙与裂隙发育程度；
- b) 储层温度场分布与梯度；
- c) 流体压力场分布与变化；
- d) 流体化学组分分布与特征；
- e) 单井回灌能力；
- f) 靠近城市建成区和人口、建筑密集区的回灌项目，还应开展地裂缝、地面沉降等地质灾害调查，收集周边建筑工程勘察及地基处理资料。

5.2 根据不同条件分别确定可回灌量，具体如下：

- a) 单井回灌时，可回灌量的计算按 DZ/T 0331 执行；
- b) 多井回灌时，可回灌量确定方法见附录 A。

5.3 评价回灌的可行性，内容如下：

- a) 评价回灌规模与可回灌量的关系；
- b) 评价地热流体腐蚀性、结垢性及处理措施；
- c) 评价地热资源回灌条件，提出监测要求；
- d) 评价地热井施工及设施条件。

6 回灌系统设计

6.1 回灌井布局和回灌方式

- 6.1.1 根据项目热能需求、开采规模和温度，确定地热尾水规模和温度。
- 6.1.2 根据地热流体回灌率要求、地热尾水规模和温度，设计地热流体回灌规模和回灌温度。
- 6.1.3 根据项目区热储流体压力变化确定地热流体回灌率，具体要求如下：
 - a) 区域地热水位埋深大的地热田（或开采区），地热流体回灌率应为 100%；
 - b) 区域地热水位埋深小，但持续下降的地热田（或开采区），地热流体回灌率应为 100%；
 - c) 区域地热水位埋深小且持续上升或相对稳定的地热田（或开采区），地热流体回灌率可小于 100%，外排流体按排放标准处理达标后排放。
- 6.1.4 根据回灌规模、设计单井回灌量（确定方法见附录 B）确定回灌井数量。
- 6.1.5 根据地热资源赋存条件、回灌条件和影响因素及项目区采灌井施工条件，优化确定回灌井布局、井间距，具体要求如下：
 - a) 回灌井宜布置在热储埋藏浅、回灌能力强、地温梯度高的区域；
 - b) 单井或小规模地热回灌项目，采灌井间距宜大于两倍开采影响半径或利用解析法计算确定；多井回灌项目，宜采用数值法进行布局方案模拟预测和对比分析，确定最佳布局。
- 6.1.6 根据项目区地热水位、设计单井回灌量、单位回灌量等预测回灌井水位，若回灌井水位高于井口，则设计为加压回灌；若回灌井水位低于井口，则设计为自然回灌。

6.2 回灌井设计

- 6.2.1 回灌井设计井深应保证足够的回灌储层厚度、包含储层主要的含水层段；同一区域、同一储层回灌井回灌段的井径应不小于开采井开采段的井径。
- 6.2.2 根据地热流体对环境的腐蚀性、结垢性评价，选择相应钢级或材料的套管和滤水管。
- 6.2.3 回灌井的表层套管直径应满足下入回灌管、监测设备和水泵等条件。
- 6.2.4 回灌井非回灌段应下入套管并采用水泥进行固井；回灌段应根据储层岩石稳定情况确定是否下入滤水管。
- 6.2.5 回灌井井斜、井深误差、套管与固井、岩心与岩屑采集按照 GB/T 11615 执行。
- 6.2.6 回灌井设计应提出产能测试和回灌能力测试要求。
- 6.2.7 回灌井设计应根据施工难度、经济成本，对钻井施工的重点、难点进行提示。
- 6.2.8 其他设计要求可按照 DZ/T 0260 执行。

6.3 回灌设施设计

- 6.3.1 回灌设施宜包括回灌井的井口保护装置、过滤及处理设施、回灌监测设备、回灌管道、回扬管道及相应的控制阀门；监测设备宜包括水位仪、流量计、压力表、温度计及用于流体采样的出口设备。
- 6.3.2 井口保护装置应根据用途预留回灌管、水泵、水位仪安装位置；回灌管道应安装流量计、压力表、温度计、排气设施及阀门，回扬管道应安装流量计、温度计、控制阀门。
- 6.3.3 回灌管道应设计安装除砂器和防腐防结垢的过滤装置。定量分析流体中颗粒物的粒径分布、含量及其与回灌量的关系，为设计过滤设施提供依据；或按 DZ/T 0330 设计过滤设施。
- 6.3.4 回灌设施应选用抗腐蚀的材质或进行针对性防腐处理。
- 6.3.5 采灌井的井口及与之连接的供、回管线应保持密闭、隔绝空气。
- 6.3.6 采用自然回灌方式，应在计量设备与井口之间安装控制阀门。
- 6.3.7 采用加压回灌方式，应在回灌管道上安装配套有电控装置的加压泵。

7 回灌井及回灌设施建设

- 7.1 成井及产能测试，施工质量、回灌能力应满足设计要求。
- 7.2 回灌井完井、验收合格后进行泵房与设备间建设。
- 7.3 回灌设施应按照设计图纸及相关要求进行安装调试。
- 7.4 回灌设施安装验收合格后，回灌系统方可投入运行。

8 回灌系统运行监测和回灌井维护

8.1 运行监测

- 8.1.1 回灌系统应按照设计和设备要求运行使用。
- 8.1.2 回灌系统运行期间应每日定时对开采量、开采流体温度、开采流体埋深，回灌量、回灌温度、回灌流体埋深及回灌压力等进行监测记录，建立系统运维档案。记录格式参照附录 C。
- 8.1.3 每年对回灌系统流体的化学组分进行监测，在系统运行开始后和结束前各取样 1 次，在回扬结束前取样 1 次，检测项目参考附录 D。
- 8.1.4 根据监测结果优化回灌系统运行方案。
- 8.1.5 回灌能力出现衰减时应及时研究处理。

8.2 回灌井维护

- 8.2.1 每个回灌运行期结束，宜尽快开展回扬。
- 8.2.2 回扬至水清砂净后开展回灌试验，若单位回灌量达到完井时回灌试验结果的 90% 以上，同时满足回灌需要，可结束回扬。
- 8.2.3 通过回扬无法满足回灌需要，应采取物理化学洗井或其他工程措施进行处理，直至满足回灌需要。

9 报告编制和资料归档

9.1 回灌系统设计方案编写要求

综合项目区地热资源赋存条件、资源储量、回灌条件及影响因素，结合项目建设和运行需求，编制地热回灌系统设计方案。方案具体内容包括：项目概况、回灌条件分析、回灌系统设计、回灌设施设计、系统运行监测和维护、综合效益分析等。编制提纲见附录 E。

9.2 回灌系统运行维护总结报告编写要求

回灌系统投入运行后，应按照年度编写系统运行维护总结报告。报告主要包括项目概况、回灌系统概况、回灌系统运行及监测分析、回灌系统维护、效益评价等，提出回灌系统运行存在的问题及建议措施。报告提纲见附录 F。

9.3 资料归档要求

对回灌系统设计、施工安装、验收和运行管理等资料进行整理、分类造册、存档备案。

附 录 A
(资料性)
可回灌量计算方法

A.1 回灌设计参数

A.1.1 热储几何参数

A.1.1.1 热储几何参数主要有热储面积和热储厚度。

A.1.1.2 热储面积。带状热储的面积一般按地热异常区或同一深度地热等温线所圈定的范围确定；层状热储的面积依据地热田的构造边界和同一深度的地温等值线所圈定的范围确定。如果工作任务仅涉及地热田的部分范围，应按勘查工作控制的实际面积计算。

A.1.1.3 热储厚度。应依据钻孔资料，结合地球物理勘探资料确定热储顶板深度和底板深度，依据近期开采技术水平和经济合理性确定计算的基础深度，然后计算基础深度之内的热储厚度。

A.1.2 热储物理性质

A.1.2.1 热储物理性质主要有热储温度、压力、岩石的密度、比热和热导率。

A.1.2.2 热储温度。有条件时应通过地热井内温度剖面的测量取得热储顶板温度、底板温度和热储不同深度的温度。在资料不充分时，可以通过地温梯度推测热储的温度，也可以用地球化学温标计算热储温度。据此，可以取得热储不同部位的温度分布情况。

A.1.2.3 热储压力。应通过地热井的试井资料取得热储的压力分布情况。

A.1.2.4 岩石的密度、比热和热导率。有条件时应通过试验、测试得到。在勘查程度较低时，可按照GB/T 11615取经验值。

A.1.3 热流体性质

热流体性质主要有热流体的单位质量的体积、比重、动力粘滞系数、运动粘滞系数。这些参数与地热流体所处的温度和压力有关，具体按照GB/T 11615执行。

A.1.4 热储渗透性和贮存流体能力参数

热储渗透性和贮存流体能力参数主要有孔隙率、有效孔隙度、渗透系数、导水系数、弹性释水率、弹性释水系数（贮水系数）等，在具有较长监测资料情况下，可通过监测资料反求热储的这些参数，在建立地热田数值模型时，如果实测资料不充分，在建立模型后，可通过模型反求参数。具体按照GB/T 11615和DZ/T 0331执行。

A.2 可回灌量计算方法

A.2.1 可回灌量计算应开展多井采灌试验。

A.2.2 多井采灌试验要求有多个开采井和多个回灌井，同时应布设一定数量的观测井，观测井的数量、位置应反映地热流体动力场、温度场和化学场的变化及其边界条件。

A.2.3 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（水位）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；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。

A.2.4 试验宜与地热开发利用结合进行，在实行冬季采暖的地区，可结合冬季采暖进行一个采暖期的采灌试验（不含停灌后的观测时间），以评价采灌区温度场的年际变化及其对维持采灌区持续开采的影响。

A.2.5 利用采灌试验成果和区域动态监测数据建立采灌区数值模型，计算和预测在保持采灌区地热流体压力和温度相对稳定条件下的可回灌量。

附录 B (资料性) 回灌井回灌量设计方法

B.1 回灌井回灌量设计方法

B.1.1 根据单位回灌量直接估算

设计回灌量计算公式如下：

$$Q = qS \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

Q ——设计回灌量， m^3/d ；

q ——单位回灌量， $m^3/d \cdot m$ ；

S ——设计地热水位抬升高度， m 。

B.1.2 根据回灌试验曲线确定

B.1.2.1 单井回灌试验

单井回灌试验要求如下：

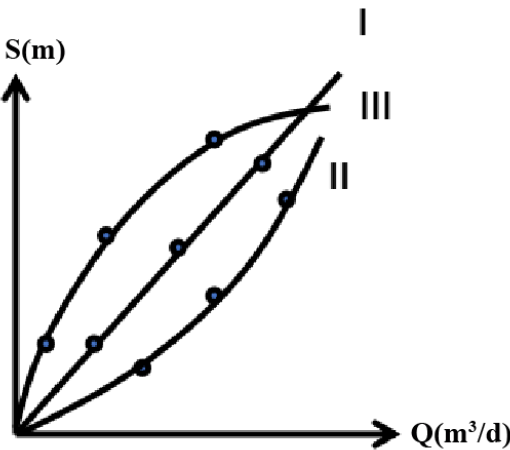
- a) 回灌试验的最大流量宜达到设计回灌量；
- b) 在整个试验期间，回灌量应逐渐增大，同时对回灌水温度、回灌井的水位进行观测，最后确定出最大回灌量和稳定回灌水位，条件具备时应按最大出水量进行回灌试验；
- c) 正式试验时回灌井水位和回灌水量应同步测量，观测时间宜在回灌开始后的 1、5、10、15、20、25、30、60 分各测一次，以后每隔 30 分钟测量一次；
- d) 气温、回灌水温应在试验期间每隔 1 小时同步测量一次；
- e) 回灌水量与回灌水位稳定 24 小时后方可停止试验，停灌后对回灌井水温进行监测。

B.1.2.2 单个回灌井时单井回灌量设计

设计回灌量通过单井回灌试验的数据确定。单井回灌试验应做3次与设计回灌温度相近的定温梯级回灌流量试验，确定同一回灌流体温度下的单井回灌能力，其中最大回灌流量的稳定时间应不少于48小时。利用回灌试验资料绘制 $Q=f(S)$ 曲线(见图1)，其中曲线I（直线）、曲线II（抛物线）为正常结果，曲线III为异常结果，可视为试验错误。

在给定回灌温度和设计水位抬升高度的条件下，可以根据 $Q=f(S)$ 曲线直接确定单井回灌量，也可以利用最小二乘法建立回灌方程进行回灌量设计。

考虑到经济和安全因素，设计单井回灌量时，自然回灌方式一般将水位低于井口设为上限，加压方式一般将增加的压力不超过1MPa设为上限。



图B. 1 回灌试验 Q-S 曲线类型图

B. 1. 2. 3 多个回灌井时单井回灌量设计

多个回灌井时利用多井回灌试验的资料确定干扰条件下回灌井的回灌量。多井回灌试验是在同一热储内, 在两个或两个以上地热井中同时进行的回灌试验, 回灌试验时宜布设一定数量的观测井。试验应准确测定回灌井的回灌量、流体压力随时间的变化以及回灌影响范围等, 最后根据单位回灌量或者 $Q=f(S)$ 曲线确定干扰条件下的单井回灌量。

附 录 C
(资料性)
水热型地热资源回灌记录

水热型地热资源回灌记录表见表C.1:

表C.1 水热型地热资源回灌记录表

| 单位: | | 回灌井号: | | | 开采井号: | | | | |
|-----|----|----------------------------|---------------|--------------|----------------------------|---------------|--------------|---------------|----|
| 日期 | 时间 | 开采量 (m ³ /d) | 开采流体埋深 (m) | 开采温度 (°C) | 回灌量 (m ³ /d) | 回灌流体埋深 (m) | 回灌温度 (°C) | 回灌压力 (MPa) | 备注 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

记录: 校核:

附 录 D
(资料性)
地热流体化学组分检验项目

地热流体化学组分检验项目表见表D. 1:

表D. 1 地热流体化学组分检验项目表

| | | | |
|--|-------------------------------|-----------|------------------|
| 主要阴离子 | HCO ₃ ⁻ | 微量元素和特殊组分 | F |
| | Cl ⁻ | | Br |
| | SO ₄ ²⁻ | | I |
| | CO ₃ ²⁻ | | 偏硅酸 |
| 主要阳离子 | K ⁺ | | 偏硼酸 |
| | Na ⁺ | | H ₂ S |
| | Ca ²⁺ | | Al |
| | Mg ²⁺ | | Pb |
| 放射性 | U | | Cs |
| | Ra | | Fe |
| | Rn | | Mn |
| | 总 α | | Li |
| | 总 β | | Sr |
| 其他 | pH 值 | | Cu |
| | 溶解性总固体 | | Zn |
| | 总硬度 | | |
| | 耗氧量 | | |
| | 悬浮物及颗粒物含量 | | |
| | 细菌 | | |
| 注：高温地热田应增加Hg、As、Sb、Bi的测试，对温泉和浅埋热储应视情况增加污染指标如酚、氰等的分析,并根据不同用途增加相关分析项目。 | | | |

附录 E

(资料性)

水热型地热资源回灌系统设计方案提纲

E.1 水热型地热资源回灌系统设计方案提纲

- 1.项目概况
地热回灌单位概况、地热用途、地热井情况等
- 2.回灌条件分析
 - 2.1 项目区地热勘查程度分析
 - 2.2 回灌影响因素分析
- 3.回灌系统设计
 - 3.1 回灌井布局
 - 3.2 回灌方式设计
 - 3.3 回灌井地质及井身结构设计
- 4 回灌设施设计
 - 4.1 回灌井口保护装置设计
 - 4.2 回灌监测设备设计
 - 4.3 回灌过滤及处理设施设计
 - 4.4 回灌管道及相应设施设计
- 5 运行监测和维护要求
 - 5.1 运行监测要求
 - 5.2 维护要求
- 6 综合效益分析
 - 6.1 经济效益分析
 - 6.2 环境效益分析
 - 6.3 社会效益分析

E.2 水热型地热资源回灌系统设计方案附图

- 附图1 回灌系统布置图
附图2 回灌井地质及井身结构设计图
附图3 回灌设施安装设计图

附 录 F
(资料性)

年度水热型地热回灌系统运行维护总结报告提纲

F.1 年度水热型地热回灌系统运行维护总结报告提纲

- 1.项目概况
 地热回灌单位概况、地热用途、地热井情况等。
 - 2.回灌系统概况
 - 3.回灌系统运行及监测分析
 - 3.1 回灌系统运行情况
 - 3.2 回灌量与水位（压力）变化
 - 3.3 回灌流体化学组分
 - 3.4 回灌运行方案调整
 - 4.回灌系统维护
 - 4.1 回灌能力衰减情况
 - 4.2 回灌维护及效果
 - 5.效益评价
 - 5.1 经济效益评价
 - 5.2 环境效益评价
 - 6.存在问题及建议措施
 - 6.1 存在问题
 - 6.2 措施建议
-