

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T XXXXX—XXXX

砂岩热储地热尾水回灌技术规程

Technical regulations for geothermal return water reinjection of sandstone reservoir

(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	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	3
5 回灌目的层可回灌性勘查与地质设计	3
5.1 回灌目的层勘查	3
5.2 回灌目的段的确定	4
5.3 回灌井地质设计	5
6 回灌井钻井技术设计与施工	6
6.1 回灌井钻井技术设计	6
6.2 施工工艺及要求	7
7 地面回灌系统设计与安装	10
7.1 地面回灌系统设计	10
7.2 地面回灌系统安装要求	10
8 回灌试验	12
8.1 一般规定	12
8.2 梯级流量试验	12
8.3 梯级温度试验	12
9 回灌工艺	12
9.1 一般规定	12
9.2 回灌方式	12
9.3 回扬	13
9.4 回灌数据统计分析	14
9.5 生产性回灌方案	14
10 回灌监测与评价	14
10.1 一般规定	14
10.2 回灌监测的内容	15
10.3 回灌热储参数变化分析	15
10.4 回灌评价	16
11 系统维护与保养	16
11.1 回灌运行前的养护	16

11.2	回灌运行期的养护	17
11.3	停灌后的养护	17
12	成果验收与资料提交	17
12.1	成果验收	17
12.2	资料提交与归档	18
附录 A (资料性附录)	合理采灌井距	19
附录 B (资料性附录)	大口径填砾井身结构	20
附录 C (资料性附录)	固井射孔井身结构	21
附录 D (资料性附录)	定向钻进的井身结构	22
附录 E (资料性附录)	常用套管尺寸及规格	23
附录 F (资料性附录)	回灌系统运行流程图	24
附录 G (规范性附录)	回灌井回灌监测记录表	25
附录 H (规范性附录)	开采井回灌监测记录表	26
附录 I (资料性附录)	回灌目的层可回灌性勘查报告提纲	27
附录 J (资料性附录)	年度回灌总结报告提纲	29
	参考文献	31

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国自然资源部提出。

本标准由全国国土资源标准化技术委员会（SAC/TC93）归口。

本标准起草单位：山东省地质矿产勘查开发局第二水文地质工程地质大队、天津地热勘查开发设计院、河北省地矿局第三水文地质工程地质大队、中国地调局地球深部探测中心、中石化绿源地热能开发有限公司、清华大学。

本标准主要起草人：康凤新、周群道、赵苏民、秦耀军、谭现锋、王贵玲、郑喜珍、郭世炎、赵志宏、黄星、刘志涛、沈健、万军伟、朱利民、赵书兴、赵季初、赵长亮、冯守涛、毛连义。

引 言

地热能是一种绿色低碳、可循环利用的可再生清洁能源，广泛应用于供暖、理疗、种植、养殖等领域。加快地热能勘查开发利用，对于调整能源结构、推进节能减排、改善大气质量、减轻冬季雾霾具有重要的现实意义。但由于前期地热资源粗放的开发利用方式，地热供暖尾水的大量排放不但造成了资源浪费并导致热储压力不断下降、抽水耗能不断增加，高矿化度的地热尾水对周边地表水、地下水及土壤环境也带来了负面影响。

为实现地热资源的绿色可持续开发利用，必须对地热供暖尾水进行回灌处理，从而避免因地热尾水直接排放引起的热污染和化学污染，并维持热储压力、缓解地热水水位的大幅持续下降，保证地热田的可持续开采，即砂岩热储地热尾水回灌是地热资源可持续开发的主要保障措施。然而，砂岩热储地质条件的复杂性，造成了尾水回灌难度大，热储层易发生堵塞而使回灌量衰减迅速。鉴此，为适应我国砂岩热储地热资源大规模开发利用的需求，经大量回灌试验研究和生产性回灌实践探索，针对砂岩热储地热尾水回灌的难点及要点，提出了相应的技术方法及工艺流程，制定了本标准。

砂岩热储地热尾水回灌技术规程

1 范围

本标准规定了回灌目的层可回灌性勘查与地质设计、回灌井钻井技术设计与施工、地面回灌系统设计与安装、回灌试验、回灌工艺、回灌监测与评价、系统维护与保养、成果验收与资料提交等技术要求。

本标准适用于砂岩热储地热尾水回灌。松散砂层等类型回灌可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

砂岩热储 sandstone reservoir

埋藏于地下，具有一定的胶结或成岩性，且有一定有效孔隙度和渗透性的多孔介质，其中存储的地热流体可供开发利用。

3.2

地热尾水 geothermal return water

供暖或发电利用为主的密闭系统，提取热量后的地热流体。

3.3

地热回灌 geothermal reinjection

将地热尾水通过回灌井灌入热储层的过程。

3.4

自然回灌 natural reinjection

常温、常压条件下的回灌。

3.5

加压回灌 pressurized reinjection

人工增加压力的方式进行的回灌。

3.6

回灌系统 reinjection system

地热回灌中，包括开采井、回灌井以及连通采、灌井之间的管路装置、过滤设备、排气设施、加压设备和监测设施等组成的系统。

3.7

回灌井 reinjection well

用于将地热尾水灌入同一热储层的地热井。

3.8

回灌监测 reinjection monitoring

通过布设的监测点,利用仪器仪表和其它装置对地热流体进行监测,主要包括:地热流体压力、流量、温度及化学成份等,监测周期和频率可根据需要而定。

3.9

回扬 flow reversal

为清除回灌井中的沉淀物和热储层中的堵塞物,利用回扬设备在回灌井中进行的抽水工作。

3.10

成井工艺 well completion operation

完成钻进施工后,进行的测井、换浆、下管、填砾、止水、固井、射孔、洗井、完井试验等工序。

3.11

热突破 geothermal breakthrough

灌入的地热尾水使开采井温度降低的现象。

3.12

回灌试验 reinjection test

在一定周期内将地热尾水灌入回灌井中,根据动态监测数据,对回灌井可回灌性进行的试验和评价。

3.13

合理采灌井距 reasonable distance between production and reinjection wells

在100年开采、回灌周期内,开采井不产生热突破的前提下,采、灌井在回灌目的热储层的适宜距离。

3.14

回灌率 reinjection ratio

回灌量占开采量的比例。回灌率可分为瞬时回灌率、累计回灌率和某个区域的回灌率。

3.15

单位回灌量 specific reinjection rate

每米水位升幅的回灌流量。

3.16

大口径填砾井 large diameter gravel packing well

滤水段孔径不小于400mm、管径不小于177.8mm、孔管环隙填充一定规格砾料的地热井。

3.17

堵塞比 clogging ratio

回灌末期单位回灌量的减少量与回灌初期的单位回灌量之比。

3.18

疏通比 clearance ratio

回扬末期的单位涌水量与回灌前单位涌水量之比。

3.19

热储层损害 geothermal reservoir damage

储层孔隙被缩小或被堵塞而造成渗透性能降低的现象。

4 总则

4.1 砂岩热储地热尾水回灌主要流程包括回灌目的层可回灌性勘查、回灌井地质设计、回灌井钻进技术设计、回灌井施工、地面回灌系统设计、地面回灌系统安装、回灌试验、生产性回灌、回灌监测、回灌评价和系统维护与保养等，工作流程如图 1 所示。

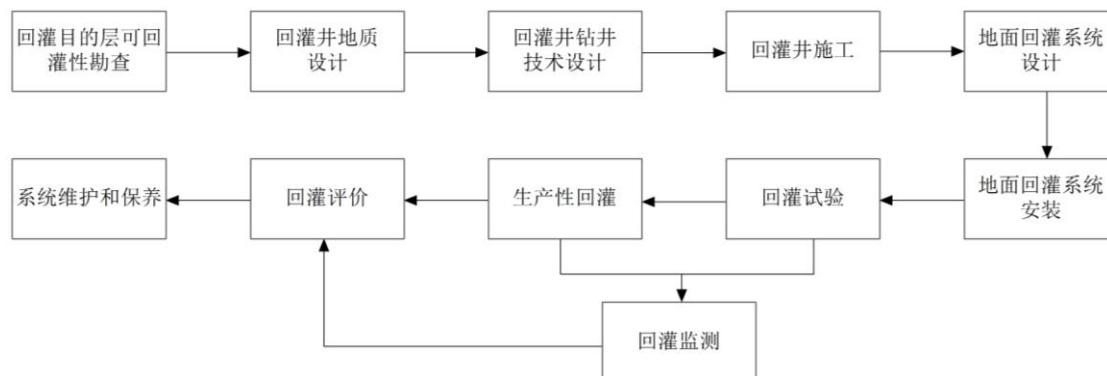


图1 砂岩热储地热尾水回灌工作流程图

4.2 砂岩热储地热资源开发时，应配套施工回灌井，实施采灌平衡，维持开发热储层压力。

4.3 应进行同层回灌，维护热储层原有水质。

4.4 应不改变热储层的结构和不影响开采井水温。

4.5 地热资源的勘查、开发、设计和施工应以生态环境保护优先、绿色勘查，按 T/CMAS 0001 执行。

5 回灌目的层可回灌性勘查与地质设计

5.1 回灌目的层勘查

5.1.1 地热地质参数

地热地质参数的勘查，应符合下列要求：

- 应进行综合测井，解译回灌热储的地层岩性、渗透率、孔隙度、单层厚度、热储厚度、含水率、泥质含量等参数；
- 应开展非稳定流抽水试验，确定回灌热储层的渗透系数、弹性释水系数、导水系数等参数；
- 应进行砂粒大小和级配的实验分析工作。
 - 砂岩分类，用主要粒径颗粒质量占总质量百分比判定，见表 1。

表1 砂岩分类与定名

砂岩分类	颗粒级配
砾砂岩	粒径大于 2mm 的颗粒质量占总质量 25%~50%
粗砂岩	粒径大于 0.5mm 的颗粒质量超过总质量 50%
中砂岩	粒径大于 0.25mm 的颗粒质量超过总质量 50%
细砂岩	粒径大于 0.1mm 的颗粒质量超过总质量 75%
粉砂岩	粒径大于 0.1mm 的颗粒质量不超过总质量 75%

2) 砂粒级配，用不均匀系数 C_u 来判定 ($C_u=d_{60}/d_{10}$)，见表 2。

注1: d_{60} 为热储层砂、土试样筛分中能通过网眼的颗粒，其累计质量占试样总质量的60%时的最大颗粒直径。

注2: d_{10} 为热储层砂、土试样筛分中能通过网眼的颗粒,其累计质量占试样总质量的10%时的最大颗粒直径。

表2 回灌热储层砂粒级配判定

不均匀系数 (C_u)	$1 < C_u \leq 3$	$3 < C_u \leq 5$	$5 < C_u \leq 10$	$C_u > 10$
级配评价	均匀质砂	较均匀质砂	较不均匀砂	不均匀砂

5.1.2 沉积环境

沉积环境的勘查,应满足下列要求:

- 达到可行性勘查阶段以上的地区,应进行回灌热储层沉积环境、分布特征、矿物组份、颗粒形态(颗粒大小及组分含量、分选性、磨圆度、胶结状态)、平面及垂向的演化规律、成岩作用及杂基的勘查研究;
- 未达到可行性勘查阶段以上的地区,宜开展地热地质勘查和施工探采结合井工作。

5.1.3 流体特征

流体特征的勘查,应满足下列要求:

- 应开展稳定流抽水试验,确定回灌热储层的涌水量、降深等出水能力参数;
- 应进行水质全分析、同位素分析,分析项目按 GB/T11615 执行,确定地热流体水化学性质及补给条件,年龄,更新速度等;
- 应进行悬浮物测试,确定其物理成分;
- 进行水位、水温监测,确定回灌热储层的流场及温度场特征。

5.2 回灌目的段的确定

5.2.1 回灌目的层应选择与开采井对应的热储层、段。

5.2.2 回灌目的段应选择颗粒粗、级配好的砂岩热储层、段,并应根据其孔隙度、渗透率和单层厚度再进行选取和可回灌性判定。砂岩段的可选性及可回灌性判定依据如下:

- 根据孔隙度 (n) 进行砂岩段选取和可回灌性判定,见表3。

表3 根据孔隙度选取砂岩段及可回灌性判定

孔隙度 (n)	可回灌性	可选性
$n \leq 10\%$	差	不应选取
$10\% < n \leq 15\%$	较差	不宜选取
$15\% < n \leq 20\%$	较好	宜选取
$n > 20\%$	好	应选取

- 根据渗透率 (k) 进行砂岩段选取和可回灌性判定,见表4。

表4 根据渗透率选取砂岩段及可回灌性判定

渗透率 $k/\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$	可回灌性	可选性
$k \leq 100$	差	不应选取
$100 < k \leq 200$	较差	不宜选取
$200 < k \leq 500$	较好	宜选取
$k > 500$	好	应选取

c) 根据单层厚度 (h) 进行砂岩段选取和可回灌性判定, 见表 5。

表5 根据单层厚度选取砂岩段及可回灌性判定

单层厚度 h/m	可回灌性	可选性
$h \leq 5$	差	不应选取
$5 < h \leq 10$	较差	不宜选取
$10 < h \leq 20$	较好	宜选取
$h > 20$	好	应选取

5.2.3 回灌目的段的选择, 应满足下列要求:

- a) 砂岩段颗粒为细砂级 (0.01mm) 以上、不均匀系数小于 5;
- b) 砂岩单层段孔隙度大于 15%;
- c) 砂岩单层段渗透率大于 $200 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;
- d) 砂岩单层段厚度宜大于 10m;
- e) 满足 a~d 条件的砂岩层, 累计厚度应大于 80m。

5.3 回灌井地质设计

5.3.1 设计要求

5.3.1.1 设计应由地质、钻探技术人员共同编制, 经施工单位技术负责审核后提交任务来源单位, 经评审和审批后, 方可实施。

5.3.1.2 设计的内容应符合国家、行业及地方有关地热回灌的要求和规定。

5.3.1.3 井身结构应满足钻井、回灌、回扬及获取水文地质参数的需要。

5.3.1.4 钻井工艺选择应有利于保护热储层、避免或减少对热储层的污染。

5.3.1.5 设计与实际情况不符时, 应及时变更设计并报批。

5.3.2 设计内容

5.3.2.1 前言

5.3.2.1.1 工程概况

项目来源、钻井编号、钻井类型、井口坐标、设计井深、设计回灌目的层、钻井目的及任务; 交通位置、气象、周边环境情况等。

5.3.2.1.2 设计编写的依据

项目任务书 (合同)、相关标准及规范、相关技术成果及资料等。

5.3.2.2 设计井地热地质条件

地质构造概况、地层概况、钻遇地层预测、目的热储层特征预测、水位预测、水温预测、水量预测等。

5.3.2.3 合理采灌井距

应根据回灌目的热储层的渗透率、孔隙度、热储层厚度, 以及回灌量、回灌尾水温度、回灌时间等控制因素, 采用解析法或数值模拟法计算确定, 参见附录A。

5.3.2.4 钻井设备及场地布置

钻井主要设备和技术参数；地热井井控装置；施工场地面积、通水、通电、通路措施、场地平整；钻井平台搭建、设备安装及钻前准备。

5.3.2.5 回灌井钻井质量

5.3.2.5.1 地质录井：岩心录井、岩屑录井、泥浆录井、钻时录井；综合测井、抽水试验、回灌试验等。

5.3.2.5.2 成井质量：钻井液要求，过滤器类型、长度及质量要求，洗井要求等。

6 回灌井钻井技术与施工

6.1 回灌井钻井技术设计

6.1.1 井身结构

6.1.1.1 大口径填砾井身结构

大口径填砾井身结构参见附录B，应满足下列要求：

- a) 泵室段，孔径不小于 550mm，管径不小于 273.1mm，长度不小于 300m；
- b) 井壁段，孔径不小于 400mm，管径不小于 177.8mm，长度根据实际需求确定；
- c) 滤水段，孔径不小于 400mm，管径不小于 177.8mm，长度根据回灌目的层条件确定；
- d) 若套管有重叠，重叠段应大于 30m。

6.1.1.2 固井射孔井身结构

固井射孔的井身结构参见附录C，应满足下列要求：

- a) 泵室段，孔径不小于 444.5mm，管径不小于 339.7mm，长度不小于 300m；
- b) 井壁段，孔径不小于 311.2mm，管径不小于 244.5mm，长度根据实际需求确定；
- c) 滤水段，孔径不小于 311.2mm，管径不小于 244.5mm，长度根据回灌目的层条件确定；
- d) 若套管有重叠，重叠段应大于 30m。

6.1.2 钻井工艺

钻井工艺应满足下列要求：

- a) 各井段钻井方法、钻头类型、钻具组合、钻进参数和技术要求；取心井段与取心方法，取芯钻进的配备、使用及操作要求，按 DZ/T0260 执行；
- b) 受场地条件限制，采灌井距小于合理井距时，应采用定向钻井工艺；回灌目的层砂岩层总厚度小于 80m 时，宜采用定向钻井工艺。定向钻井按 DZ/T0260 执行，井身结构参见附录 D。

6.1.3 钻井液

6.1.3.1 热储温度条件

应根据热储层的温度选择适宜的钻井液：

- a) 小于 90℃ 的低温地热井，一般选用膨润土低固相钻井液；
- b) 90~150℃ 的中温地热井，一般采用膨润土、高岭土或海泡土及其混合土配浆，采用铬褐煤、丙烯酸盐、特种树脂等处理剂处理并加温石棉；

- c) 大于 150℃ 的高温地热井，主要用海泡土配浆，采用铬褐煤、丙烯酸盐、特种树脂和温石棉进行处理。

6.1.3.2 地层条件

应根据地层的条件选择适宜的钻井液：

- a) 地层稳定时，可选用清水、无固相钻井液；
- b) 地层松散、破碎时，应适当提高钻进液的黏度和切力，选用高密度优质钻井液；
- c) 在易水化膨胀坍塌的地层钻进时，应使用失水量低的钻井液，宜选用钾基钻井液、钙处理钻井液等具有较强抑制性能的钻井液。

6.1.3.3 水源条件

在缺水地区施工时，应选用节水钻井液。

6.1.4 成井工艺的选取原则

6.1.4.1 大口径填砾工艺

选用大口径填砾工艺时，应满足下列规定：

- a) 回灌目的段的渗透率小于 $500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ；
- b) 回灌目的段砂岩层的颗粒为中砂以下；
- c) 回灌目的段砂岩层为弱固结～半固结（成岩程度低）；
- d) 孔壁稳定；
- e) 回灌目的段易出砂；
- f) 成井深度宜小于 2000m。

6.1.4.2 固井射孔工艺

选用固井射孔工艺时，应满足下列规定：

- a) 回灌目的段的渗透率大于 $500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ；
- b) 回灌目的段砂岩层的颗粒为中砂以上；
- c) 回灌目的段砂岩层为半固结～固结（成岩程度高）；
- d) 回灌目的段不易出砂；
- e) 成井深度宜大于 2000m。

6.1.5 其他要求

事故预防措施、抽水试验、井口装置和钻井交付、安全技术措施、施工组织与进度计划、工程预算等内容，按 DZ/T 0260 执行。

6.2 施工工艺及要求

6.2.1 钻井液

宜选用对热储层有保护作用或对热储层损害小的钻井液，并满足下列要求：

- a) 钻井液宜选用低密度、满足储层近平衡钻井的需要；
- b) 钻井液应与储层岩石、储层中流体相配伍；
- c) 应具有良好的封堵能力，减少对热储层的渗透污染；固井射孔工艺成井时回灌层段应选用高封堵钻井液；

- d) 钻井液应易解堵，渗透性能恢复率应大于 80%。

6.2.2 测井

应进行测井工作，并符合以下要求：

- a) 测井前应保持钻井液性能良好，保持井壁稳定，井底干净；
- b) 常用测井项目包括：双感应-八侧向、视电阻率、自然电位、自然伽玛、声波时差、声波幅度、井温、井径及井斜；
- c) 提升（或下放）测井时要缓慢匀速，提升（或下放）速度小于 0.25m/s。

6.2.3 冲孔换浆

6.2.3.1 测井之后进行破壁，破壁结束后，可利用井内原钻具进行排渣和冲孔换浆。

6.2.3.2 较稳定地层换浆，钻井液黏度控制在 15s~20s，密度小于 1.15g/cm³；稳定性较差地层换浆，钻井液黏度控制在 20s~25s、密度 1.15 g/cm³~1.20g/cm³。

6.2.4 下管

6.2.4.1 井管及套管材质应为石油套管，套管规格参见附录 E，套管连接应使用套管钳上扣，上扣扭矩应符合石油套管标准。

6.2.4.2 根据测井及解译结果，确定目的热储层及滤水管的深度及长度，要求滤水管与主要砂层的对准率达到 90% 以上。

6.2.4.3 下管前应校正孔深。

6.2.4.4 全井下管时，应在底部有 30m~50m 沉淀管。

6.2.4.5 井管下放速度不宜过快，不稳定地层应小于 0.3m/s。

6.2.5 填砾

6.2.5.1 砾料质量要求

砾料的质量应满足下列要求：

- a) 砾料应选择石英含量 60% 以上，质地坚硬，密度大，浑圆度好的砂砾；
- b) 在标准土酸（3%HF+12%HCl）中，砾石的溶解重量百分数不应超过 1%。

6.2.5.2 砾料的砾径

砾径的选择应符合下列要求：

- a) 对回灌含水层进行颗粒分析，确定含水层的粒度中值（即 d_{50} ）。
- b) 所填砾料规格应为 $D_{50} = (6 \sim 8) d_{50}$ 。

注： D_{50} 为砾料筛分中能通过网眼的颗粒，其累计质量占试样总质量的50%时的最大颗粒直径； d_{50} 为回灌目的层砂样筛分中能通过网眼的颗粒，其累计质量占试样总质量的50%时的最大颗粒直径。

6.2.5.3 填砾厚度及高度

填砾的厚度及高度应符合下列要求：

- a) 填砾厚度应大于 $12D_{50}$ ，一般控制在 75mm~150mm。
- b) 填砾高度应高出滤水管顶界面 30m~50m。

6.2.5.4 填砾的方法

6.2.5.4.1 大口径填砾工艺在下管后，填砾前，应进行二次换浆，换至钻井液黏度不大于 18s，遇孔壁不稳定地层时，钻井液黏度可适当提高。

6.2.5.4.2 常用填砾方法为：

- a) **动水填砾**，井管底、井管口密封，冲洗液从井管返到环隙，从环隙返到地面，冲洗液黏度达 18s、密度达到 1.05 g/cm^3 左右时，把砾料从环隙均匀填入，一般填入速度为 $3\text{m}^3/\text{h}\sim 6\text{m}^3/\text{h}$ 。填砾过程中注意返水量，泵压及冲洗液黏度的变化。当砾料超过最上部滤水管时，压力达到最大值，应注意调整冲洗液黏度。
- b) **静水填砾**，将砾料从环隙均匀投入，利用砾料密度大于冲洗液，将冲洗液从井管内压出，通过导管将溢出的冲洗液导入到环隙内，应保持环隙冲洗液面与地面基本持平，若环隙冲洗液面下降，应从泥浆池抽取冲洗液进行补充，投砾速度控制在 $10\text{m}^3/\text{h}\sim 15\text{m}^3/\text{h}$ 为宜。
- c) **抽水填砾**，将砾料从环隙均匀投入，利用潜水泵从井管内抽水，冲洗液导入到环隙内，应保持环隙冲洗液面与地面基本持平，投砾速度控制在 $15\text{m}^3/\text{h}\sim 20\text{m}^3/\text{h}$ 为宜。

6.2.6 止水及方法

6.2.6.1 大口径填砾工艺地热井砾料底部宜用橡胶止水，砾料顶部宜用粘土止水或水泥固井止水；多开孔或射孔工艺井，应采用水泥固井止水。

6.2.6.2 常用止水方法为：

- a) **粘土止水**，可选用直径 $15\text{mm}\sim 30\text{mm}$ 的半干粘土球止水，止水厚度大于等于 10m；
- b) **橡胶止水**，止水位置应在泥岩密实井段，安装橡胶伞 2 组~4 组；
- c) **固井止水**，表层套管固井时，水泥浆返至地表；技术套管固井时，水泥浆返高应不低于 400m，套管重叠段用水泥封固严密；水泥标号不宜小于 P.O 42.5；回灌目的层固井时，宜采用 G 级油井水泥。

6.2.7 固井

固井时应符合下列要求：

- a) 固井前应做好水泥浆稠化时间试验工作，确保施工质量和固井安全；固井段内井管应安装扶正器，保证井管居中；
- b) 固井前应循环钻井液不少于 2 个循环周；
- c) 注水泥浆前应泵入 $2 \text{ m}^3\sim 3\text{m}^3$ 的清水作为隔离液；
- d) 注水泥浆液过程中，应随时监控水泥浆密度和泵压变化；水泥浆密度一般控制在 $1.60\text{g/cm}^3\sim 1.85 \text{ g/cm}^3$ ；
- e) G 级油井水泥候凝时间大于等于 48h。矿渣硅酸盐水泥候凝时间大于等于 72h。
- f) 固井结束后，应及时清洗有关设备和工具。

6.2.8 射孔

6.2.8.1 射孔作业前应根据地层的特性配制与地层相配伍的射孔液（地层条件较好时，可将钻井液全部替换为清水）。

6.2.8.2 射孔井段的深度应以测井资料为基准进行校对，保证射孔枪下到正确位置。

6.2.8.3 射孔井段长度应根据地质录井及测井资料确定，一般不小于 80m，射孔参数参考表 6。

6.2.8.4 同一射孔段，不应为了增加孔密而进行重复射孔。

表6 射孔参数参考表

射孔套管 Φ/mm	射孔枪 Φ/mm	射孔孔径 Φ/mm	孔密 孔/米	孔道深度 mm
244.5	127	12	≥15	≥600
177.8	89	8	≥15	≥400
	127	12	≥15	≥600
注：射孔枪应配备相应型号的射孔弹。				

6.2.9 洗井

6.2.9.1 应根据地热井类型、成井工艺、地热地质条件等确定洗井方法和洗井时间。

6.2.9.2 常用以下洗井方法：活塞洗井、潜水泵抽水洗井、焦磷酸钠洗井（井内浸泡 4h~8h、浓度 0.6%~1%）、高压喷射洗井、空压机气举洗井等。宜采用多种洗井方法联合洗井：

- a) 大口径填砾工艺成井宜采用活塞洗井、潜水泵抽水洗井或空压机气举洗井；
- b) 射孔工艺成井采用空压机气举洗井，潜水泵抽水洗井；
- c) 洗井要求做到水清砂净，涌水量和水温无明显变化后做抽水试验。

6.2.10 抽水试验

抽水试验按GB/T 11615执行。

6.2.11 水质测试

水样采集、保存与测试按GB/T 11615执行，热储层含有其它气体时，应按照相关规定取样检测。

7 地面回灌系统设计与安装

7.1 地面回灌系统设计

7.1.1 地面回灌系统选择应依据地热尾水的流量、温度、水质确定，过滤精度应依据地热尾水颗粒物、悬浮物的颗粒直径和数量确定。

7.1.2 地面回灌系统应包括井口装置、回灌管道、过滤器（除砂器、粗过滤器、精过滤器）、排气罐、加压泵、回扬泵及监测、计量等设备（设施），安装流程参见附录 F。

7.1.3 回灌设备的安装应依据设计施工。

7.2 地面回灌系统安装要求

7.2.1 回灌井井口装置

7.2.1.1 回灌井井口装置应进行加固、密闭，回灌水管、测管、仪表、阀门等应采取耐腐蚀措施和密封连接方式。

7.2.1.2 在回灌井井口宜安装氮气保护设施隔绝氧气，充氮装置应设有压力自动调节控制系统。

7.2.2 回灌管道

7.2.2.1 地面回灌系统采用的管材和管件应符合相关标准的技术要求，且满足回灌系统工作压力的要求。

7.2.2.2 地面回灌系统的输送管径应根据地热尾水输送量确定，一般不宜小于 $\Phi 150\text{mm}$ 。

7.2.2.3 地面回灌系统的管材和管件的材质应根据地热尾水的水温、水质选定，且满足耐腐蚀和安装连接方便的要求，应符合下列规定：

- a) 地热尾水具有腐蚀性时，应选用玻璃钢管、碳钢管材或不锈钢钢管；
- b) 地热尾水无腐蚀性时，可选用防腐处理的无缝石油钢管或碳钢管材；
- c) 地热尾水温度高于当地平均气温时，不应选用 PE 管材。

7.2.3 过滤设备

7.2.3.1 地热回灌尾水应先经过除砂器处理，选用的除砂器应符合下列规定：

- a) 对地热流体中，直径大于 0.075mm 的固体颗粒的整体除砂效率应不小于 90%；
- b) 应满足排砂方便、温度降低少、水头损失小，地热流体不与空气接触等要求；
- c) 进水口直径宜大于或等于出水口直径，最高使用压力不大于 1MPa；
- d) 外露金属面喷涂防锈底漆和面漆，内衬玻璃钢厚不小于 1.5mm 或静电喷涂环氧树脂厚度大于 0.2mm。

7.2.3.2 除砂后的地热尾水应经过粗、精二级或多级过滤设备处理，粗、精过滤器设备应符合下列规定：

- a) 粗过滤器过滤精度应达到 $30\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ ，精过滤器过滤精度应达到 $1\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$ ，泥质含量较高时，宜在粗过滤装置前加装排污器。
- b) 粗、精过滤设备应由单个或多个过滤器组成，精度相同的过滤器采用并联方式连接，精度不同的过滤器采用串联方式连接，粗、精过滤设备宜一用一备。
- c) 应根据回灌水量确定单个过滤器过滤量和过滤器数量，过滤器整体外壳承受压力应高于回灌系统最大工作压力。
- d) 每个过滤器应配有精确度等级达到 1.0 级的差压变送器，或在过滤器进、出水两端分别安装精度为 0.01MPa 的表盘式压力监测仪。
- e) 滤芯材料耐温性能高于地热尾水最高温度；过滤精度应满足系统所需精度要求；应满足可反冲洗或更换要求。
- f) 当过滤装置两端的压差达到 50kPa~60kPa 时，应进行反冲洗或更换滤芯。
- g) 反冲洗应采用大水量清洗，具体水量宜根据过滤装置的过水能力确定，反冲洗的持续时间不小于 20min。

7.2.4 排气设备

回灌系统应安装排气设备，排气设备应符合下列规定：

- a) 回灌系统中的排气装置应安装在回灌加压泵之前。
- b) 排气装置的罐体顶部应设置自动排气阀，排气点应设在排气罐的最高点。
- c) 应通过排气管道将释放出的气体排出设备间，若气体具有易燃易爆性或有毒性，应按《危险化学品安全管理条例》及相关国家标准、行业标准进行处理。
- d) 排气罐的进出水口应安装在排气罐的最低点，排气罐的容积不小于 1m^3 。
- e) 排气罐体容许的工作压力应高于回灌系统的最大工作压力。

7.2.5 加压泵

回灌系统应安装加压泵，加压泵应符合下列规定：

- a) 加压泵应安装在排气罐的排水端。
- b) 加压泵宜选用变频的管道泵。
- c) 加压泵的规格、型号应根据回灌压力和回灌量的要求确定，并符合压力容器的设计安装要求。

7.2.6 回扬泵

回灌系统应安装回扬泵，回扬泵应符合下列规定：

- a) 选择带有抽灌转换装置的潜水泵。
- b) 根据抽水试验最大出水量选择适宜的潜水泵，泵头下入深度应大于抽水试验最大降深 5m。
- c) 潜水泵和泵管应经过防腐防垢处理，确保无锈、无腐蚀，测管畅通。

7.2.7 变频器

开采泵、回扬泵、加压泵应用变频器来控制，变频器应符合下列规定：

- a) 变频器的功率宜大于控制设备的额定功率。
- b) 变频器的工作功率宜为额定功率的 60%~80%。
- c) 变频器与所控制设备的距离不应大于 100m。
- d) 变频器应安装在通风条件好的室内场地；如果需露天安放，变频器外壳应具有防雨功能。

8 回灌试验

8.1 一般规定

生产性回灌前应进行回灌试验，确定可回灌性和方法。

8.2 梯级流量试验

梯级流量试验应在定水温条件下进行，控制灌入流量，确定该井的可回灌性，试验方法如下：

- a) 以 20m³/h 的回灌流量梯度增量进行回灌，水位每级应稳定 48h。
- b) 最大自然回灌量以回灌井水位距井口不少于 10m，稳定时间应大于 120h 为准。

8.3 梯级温度试验

梯级温度试验应在定流量回灌条件下进行，通过调节温度，确定温度对回灌的影响，试验方法如下：

- a) 原水温度回灌试验（与开采井井口水温相同）时，水位应稳定 48h。
- b) 35℃（模拟地板辐射供暖尾水温度试验）时，水位应稳定 48h。
- c) 25℃（模拟热泵利用供暖尾水温度试验）时，水位应稳定 48h。

注：在易堵塞地区（回灌目的层泥质含量较高的地区），每个试验阶段结束后应进行回扬，至水清砂净。

9 回灌工艺

9.1 一般规定

9.1.1 生产性回灌前，应分别对开采井和回灌井进行回扬，直至水清砂净，按抽水试验要求做好水温、水位、水量数据记录，并进行相应的分析对比。

9.1.2 应通过回灌管进行回灌，回灌管应保持密封，浸入水中深度应大于 5m。

9.1.3 瞬时回灌率应不低于 80%。

9.2 回灌方式

9.2.1 自然回灌

采用自然回灌的方式进行回灌应符合下列要求：

- a) 回灌前应记录回灌井流量表起始读数、水位、液面温度等；
- b) 检查并保证回灌系统密封。关闭回扬水阀和回扬排水阀，开足回灌进水阀，再缓慢打开控制阀，让地热尾水从回灌管中进入回灌井；
- c) 回灌过程中密切关注回灌系统畅通和回灌井水位变化情况。当回灌井水位无快速上升，回灌量稳定时，持续回灌；当回灌井水位上升较快时应加密观测，水位距井口小于 10m 时，应停止回灌采取措施；
- d) 回灌开始至结束后一定时间内，按要求连续观测、记录瞬时回灌量和累计回灌量、水位、温度等数据。对异常情况发生的时间、现象、原因分析、处理措施和效果要详细记录，确保回灌过程中数据记录准确、完整。

9.2.2 加压回灌

加压回灌应先排出井筒内的气体，加压回灌应符合下列要求：

- a) 加压回灌前观测、记录好流量表起始读数、回灌井水位、压力等原始数据。
- b) 当管网余压不足时开启加压泵进行加压回灌，压力从小到大逐渐迭加，直至回灌量正常。
- c) 加压回灌时回灌系统应通畅，井口压力无明显、快速上升，加压管道无异响、泄漏、变形等异常现象，确保人员与设备安全。
- d) 记录加压回灌量（瞬时回灌量和累计回灌量）、水温、井口管道压力表读数，确保数据记录准确完整。
- e) 当井口压力达到加压回灌设计值，应停止加压回灌，待井口压力减小到 0 时，再进行检查、维护。

9.3 回扬

9.3.1 回灌井堵塞时（见 10.4.2），宜用回扬的方法处理，恢复至初始单位开采量，方可进行回灌。

9.3.2 回扬过程中应按时记录回扬量与静、动水位，宜取水样分析悬浮物含量及离子成分。

9.3.3 回扬的时机

9.3.3.1 适时回扬

生产性回灌时，发生下列情况时应进行回扬：

- a) 回灌量稳定，水位或压力持续上升时；
- b) 水位或压力稳定，回灌量逐步减小时；
- c) 水质发生恶化时。

9.3.3.2 定时回扬

回灌堵塞规律明显的地热回灌井，应定期进行回扬清洗；每次回扬应掌握好回扬次数和持续时间，回扬至水清砂净。回扬的次数和持续时间宜根据下列因素确定：

- a) 含水层中颗粒越细，宜增加回扬的次数和持续时间；
- b) 回灌量越大，宜增加回扬的次数和持续时间；
- c) 用机械压力加压回灌时，压力越大，宜增加回扬的次数和持续时间。

9.3.3.3 延时回扬

发生以下情况时，应延长回扬的持续时间：

- a) 回扬水质浑浊不清时；

- b) 动水位持续下降时;
- c) 回扬量持续减小时。

9.3.4 回扬的方法

9.3.4.1 连续回扬

宜用最大涌水量连续抽水的方式进行回扬，中途不停，至水清砂净。连续回扬适用于下列情况：

- a) 回灌井洗井不彻底；
- b) 回灌井轻微堵塞（见 10.4.2）时；
- c) 连续回扬可以疏通（见 10.4.3）时。

9.3.4.2 间隔回扬

宜用最大涌水量抽水的方式进行回扬至水清砂净，停抽不小于4h后，再次回扬至水清砂净；依次循环至回灌井疏通。间隔回扬适用于下列情况：

- a) 回灌井洗井不彻底；
- b) 回灌井中等堵塞时；
- c) 连续回扬不能疏通时。

9.3.4.3 回灌回扬

宜用最大涌水量抽水的方式进行回扬至水清砂净后，用不溢出井口的水量（一般不大于开采井采量的25%）进行回灌，回灌时间不小于8h，再次回扬至水清砂净；依次循环至回灌井疏通。回灌回扬适用于下列情况：

- a) 回灌井严重堵塞时；
- b) 间隔回扬不能疏通时。

9.4 回灌数据统计分析

应对回灌数据进行统计分析，满足下列要求：

- a) 绘制回灌量与回灌井水位埋深、回灌井水位升幅历时曲线；
- b) 绘制回灌量与开采井水位埋深、开采井水位升（降）幅历时曲线；
- c) 定流量回灌时，绘制回灌温度与回灌井水位升幅历时曲线；
- d) 将回灌后的回扬水位、流量与回灌前的抽水数据进行对比分析，评价可回灌性。

9.5 生产性回灌方案

根据回灌试验结果，制定适宜的回灌方案。回灌方案应包括最大回灌量、适宜的尾水温度、回灌方式、回扬周期及方法、堵塞处理预案等。

10 回灌监测与评价

10.1 一般规定

10.1.1 在回灌过程中，应对开采井和回灌井进行监测。有条件地区，宜以采灌井联线为中轴布置监测断面，重点监测水位、水质、水温变化。

10.1.2 水位、水温和采灌量应同步监测、记录，监测记录表见附录 G、附录 H。

10.2 回灌监测的内容

10.2.1 水位监测

应对开采井、回灌井和观测井的水位进行监测，水位监测应符合下列规定：

- a) 在回灌前确定回灌井、开采井和观测井的初始水位；
- b) 开采井、回灌井和观测井动水位进行同步监测，监测频率 30min 一次，监测记录精确到厘米；
- c) 应在定压条件下测量；
- d) 可用人工测量或用自动水位仪进行监测。自动水位仪应定期进行人工校正。

10.2.2 水量监测

应对开采量、回灌量、回扬量、排放量进行监测，水量监测应符合下列规定：

- a) 观测记录的频率 30min 一次，监测记录精确到 0.1m³；
- b) 回灌时应采用电磁流量计、声波流量计或水表等流量计进行计量；
- c) 流量计进水前端直管长度不小于 70cm，后端直管长度不小于 30cm。

10.2.3 水温监测

应对开采井井口水温、尾水温度和回灌井的液面水温进行监测，水温监测应符合下列规定：

- a) 在开采井口、回灌井口、除砂器前端分别安装温度计；
- b) 观测记录的频率 30min 一次，监测记录精确到 0.1℃；
- c) 应采用电磁温度计、机械温度计或分布式光纤测温系统，不宜采用液体温度计。

10.2.4 水质监测

应对开采井水质、地热尾水水质、回扬水质进行定期监测，水质监测应符合下列规定：

- a) 地热开采井、地热尾水水质需每 2 个月监测 1 次；回扬水质每月监测 1 次；
- b) 水质监测应进行水质全分析（分析项目按 GB/T11615 执行）、悬浮物分析和细菌分析。

10.2.5 温度场监测

应进行温度场监测，温度场监测应符合下列规定：

- a) 回灌前进行井内测温，观测回灌井垂向上的温度序列，作为温度场演变研究的初始值；
- b) 回灌结束后，应对回灌井不同深度的温度每 30d~60d 监测 1 次，分析回灌对热储温度场的影响。

10.2.6 回扬监测

应进行回扬监测，回扬监测应符合下列规定：

- a) 对单次回扬的持续时间进行监测记录；
- b) 对回扬的间隔、周期进行监测记录。

10.3 回灌热储参数变化分析

回灌热储层参数变化分析应符合下规定：

- a) 采用非稳定流抽水试验计算相关地热地质参数；
- b) 对比分析回灌前后地热井地热地质参数的变化；
- c) 对比分析多年回灌的地热地质参数及其变化规律。

10.4 回灌评价

10.4.1 回灌效果评价

- 10.4.1.1 回灌评价时，回灌井初始水位应参照非稳定流抽水试验观测井水位进行修正。
- 10.4.1.2 回灌量和回灌井水位同步稳定时，该水位为该回灌量所对应的稳定水位。
- 10.4.1.3 稳定水位与初始水位的差，为该回灌量下的水位升幅。
- 10.4.1.4 用单位回灌量即回灌量与水位升幅的比值来评价该井的回灌效果；回灌效果按表 7 进行评价。
- 10.4.1.5 如果进行了加压，水位应换算为自然条件下的数值。

表7 回灌效果评价表

单位回灌量 $q_r / (\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m})$	$q_r < 0.5$	$0.5 \leq q_r \leq 1.0$	$q_r > 1.0$
回灌效果评价	较差	一般	较好

10.4.2 回灌堵塞评价

- 10.4.2.1 根据回灌量、回扬量与水位的关系，分析、评价回灌井的堵塞情况；
- 10.4.2.2 回灌时，回灌井水位突然上升或连续上升，回扬时的动水位突然下降或连续下降，不能稳定在某一标高，判定为回灌井堵塞；
- 10.4.2.3 回灌井的堵塞程度，可通过堵塞比 (ϵ_s) 来判别：
 - a) 在一个回灌期内，当 $\epsilon_s \leq 0.3$ 时，为轻度堵塞；
 - b) 当 $0.3 < \epsilon_s < 0.6$ 时，为中等堵塞；
 - c) 当 $\epsilon_s \geq 0.6$ 时，为严重堵塞。

10.4.3 回扬疏通评价

- 10.4.3.1 回扬时水位不能稳定，应停止回灌，待问题解决后继续回灌。
- 10.4.3.2 回扬效果用疏通比 (ϵ_d) 进行评价：
 - a) 当 $\epsilon_d \geq 0.8$ 时，疏通良好；
 - b) 当 $0.5 \leq \epsilon_d < 0.8$ 时，中等；
 - c) 当 $\epsilon_d < 0.5$ 时，疏通较差。

10.4.4 热储层损害评价

- 10.4.4.1 应根据回灌前后回灌井的渗透系数来判别热储层的损害情况。
- 10.4.4.2 当回灌后的渗透系数 (k_r) 大于回灌前的渗透系数 (k_e)，判断为热储层改良。
- 10.4.4.3 当回灌后的渗透系数小于回灌前的渗透系数，判断为热储层损害，损害程度用 k_r/k_e 进行评价：
 - a) 当 $0.8 \leq k_r/k_e < 1$ 时，轻度损害；
 - b) 当 $0.5 \leq k_r/k_e < 0.8$ 时，中度损害；
 - c) 当 $k_r/k_e < 0.5$ 时，严重损害。

11 系统维护与保养

11.1 回灌运行前的养护

- 11.1.1 回灌前应用回灌水对整个系统管路进行冲洗，排掉系统中的气体及固体颗粒。
- 11.1.2 应检查回灌管路漏水、漏气情况；检查仪器仪表和设备的正常工作情况。
- 11.1.3 回灌管路应做保温处理。

11.2 回灌运行期的养护

- 11.2.1 回灌期间应做好设备、仪器的防冻、防雨保护措施，防止他人损坏或对人身安全产生影响。
- 11.2.2 应定期对过滤设备进行排污、反冲洗或清洗。
- 11.2.3 应定时检查管道的密闭性，是否存在漏水、进气情况。
- 11.2.4 应定时检查温度计、流量计、压力计的工作情况。

11.3 停灌后的养护

- 11.3.1 停灌前，需对过滤设备进行排污、反冲洗或清洗。
- 11.3.2 回灌结束后，应进行回扬洗井。
- 11.3.3 回扬洗井后，排出管道和过滤设备内的积水，对设备进行检查维护。
- 11.3.4 回灌井发生严重堵塞，回扬的方法不能疏通时，宜采用酸洗或空压机洗井。
- 11.3.5 各项工作结束后，应将井下设备提至地面，清理附着杂物，涂刷防腐层，并密封井口。

12 成果验收与资料提交

12.1 成果报告编制与验收

12.1.1 成果验收的依据

成果验收的依据如下：

- a) 项目任务书；
- b) 项目设计书；
- c) 地面回灌系统建设方案；
- d) 回灌操作方案；
- e) 有关规范和技术要求。

12.1.2 成果报告编制

应编写成果报告，成果报告应包含下列内容：

- a) 回灌目的层可回灌性勘查报告编制参见附录 I；
- b) 回灌系统建设和总结报告；
- c) 年度回灌总结报告编制参见附录 J。

12.1.3 成果验收

- 12.1.3.1 应取得不少于一个采暖季的开采、回灌监测数据，并经过第三方机构编制年度回灌总结报告。
- 12.1.3.2 申请成果报告评审，应提供下述技术文件：
 - a) 项目任务书；
 - b) 项目设计书及审查意见；
 - c) 质量检查意见；
 - d) 野外验收意见。
- 12.1.3.3 最终成果须经任务来源单位组织验收。

12.2 资料提交

应包括以下资料：

- a) 成果类：成果报告，以及专题报告、附图、附表、数据库及评审意见书等附件；
- b) 技术文件类：中标通知书、合同书、项目任务书、设计书及其审批意见书、野外验收意见书等文件；
- c) 电子类文件：工作中形成的各类电子介质载体的文件、图表、数据、图像等；
- d) 其他应提交的原始资料。

附 录 A
(资料性附录)
合理采灌井距

A.1 相对独立的对井同层回灌

若该对井采灌井与其他采灌井距离较远，其他采灌井对该对井采灌井的影响可以忽略，回灌量等于开采量时，可参考式 (A.1) 进行合理采灌井距计算：

$$r_T = \sqrt{\frac{\beta_w Q t}{\pi H \langle \rho \beta \rangle}} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

r_T ——合理井距，单位为米(m)；

β_w ——地热水比热容，单位为焦耳每千克摄氏度(J/(kg·°C))；

Q ——开采量（回灌量），单位为千克每秒(kg/s)；

t ——热突破时间，单位为秒(s)；

$\langle \rho \beta \rangle$ ——含水层单位体积热容量，单位为焦耳每立方米摄氏度(J/(m³·°C))，可用式 (A.2)

计算：

$$\langle \rho \beta \rangle = \phi \beta_w \rho_w + (1 - \phi) \beta_r \rho_r \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

ϕ ——砂岩孔隙度；

ρ_r ——砂岩密度，单位为千克每立方米(kg/m³)；

β_r ——砂岩比热容，单位为焦耳每千克摄氏度(J/(kg·°C))；

β_w ——地热水比热容，单位为焦耳每千克摄氏度(J/(kg·°C))；

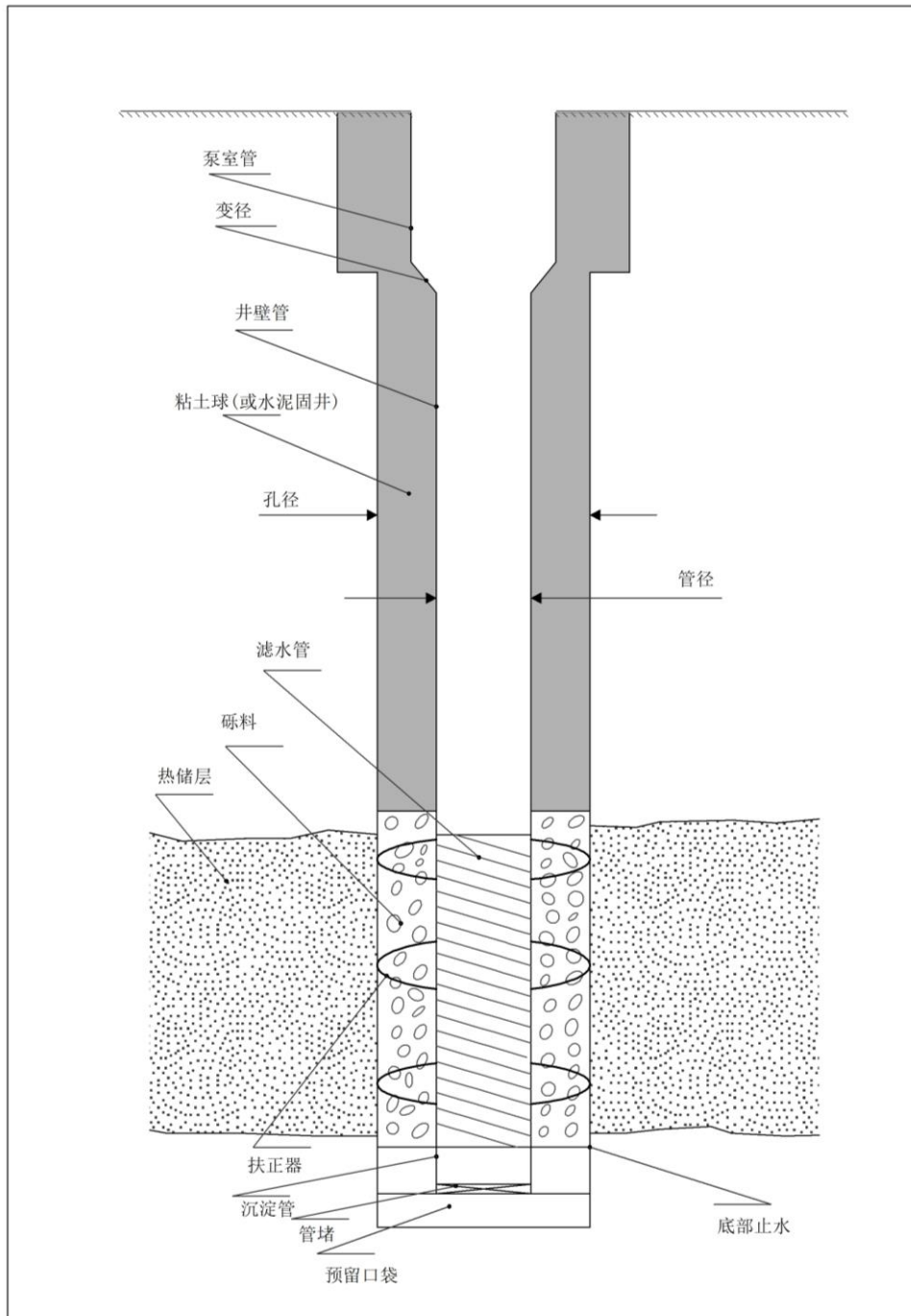
ρ_w ——地热水密度，单位为千克每立方米(kg/m³)。

A.2 受其他采灌井影响的对井同层回灌

若该对井采灌井与其他采灌井距离较近，受其他采灌井影响时；或回灌量不等于开采量时，合理采灌井距宜用数值模拟法确定。

附录 B
(资料性附录)
大口径填砾井身结构

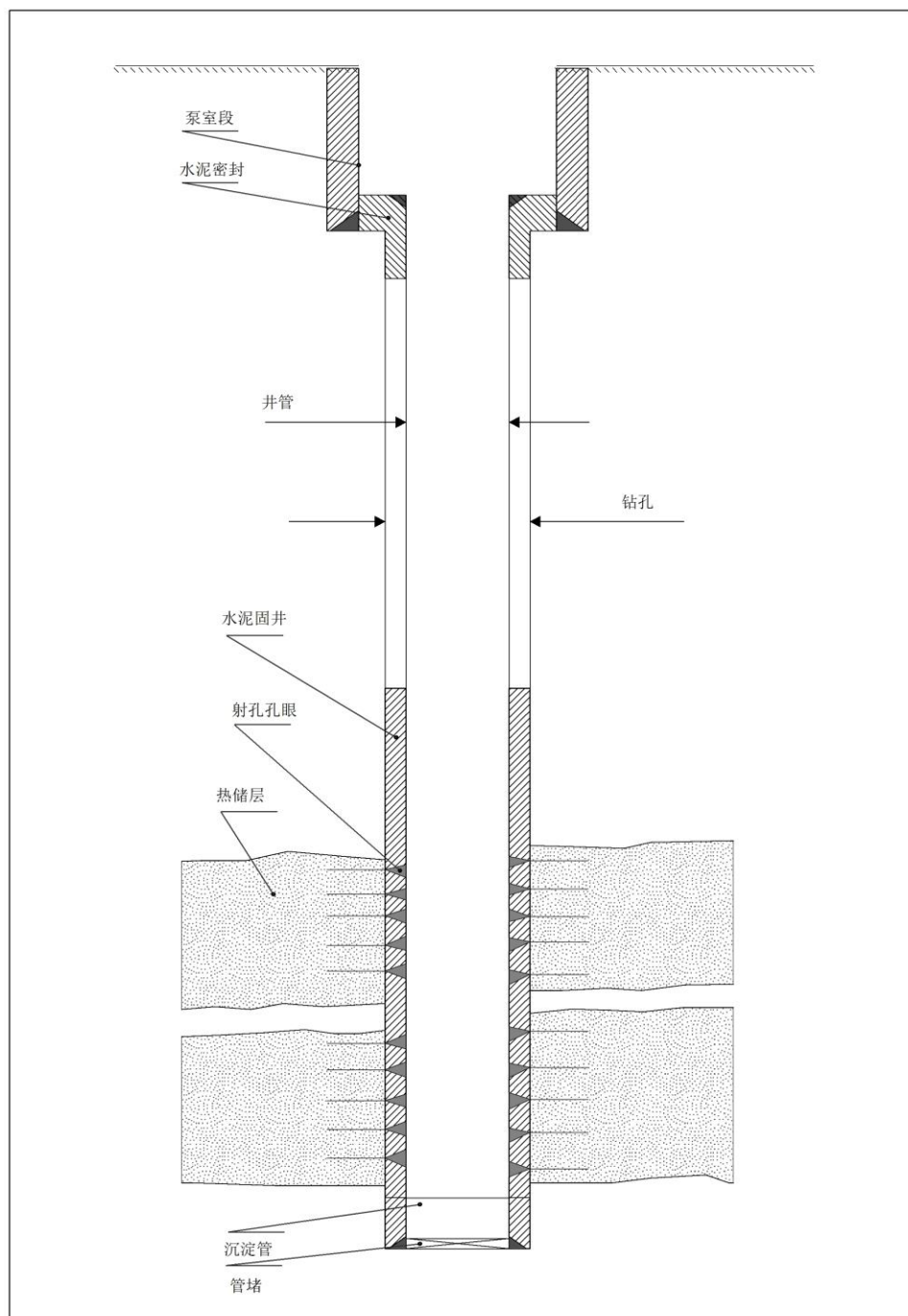
大口径填砾井身结构见图B.1。



图B.1 大口径填砾井身结构

附录 C
 (资料性附录)
 固井射孔井身结构

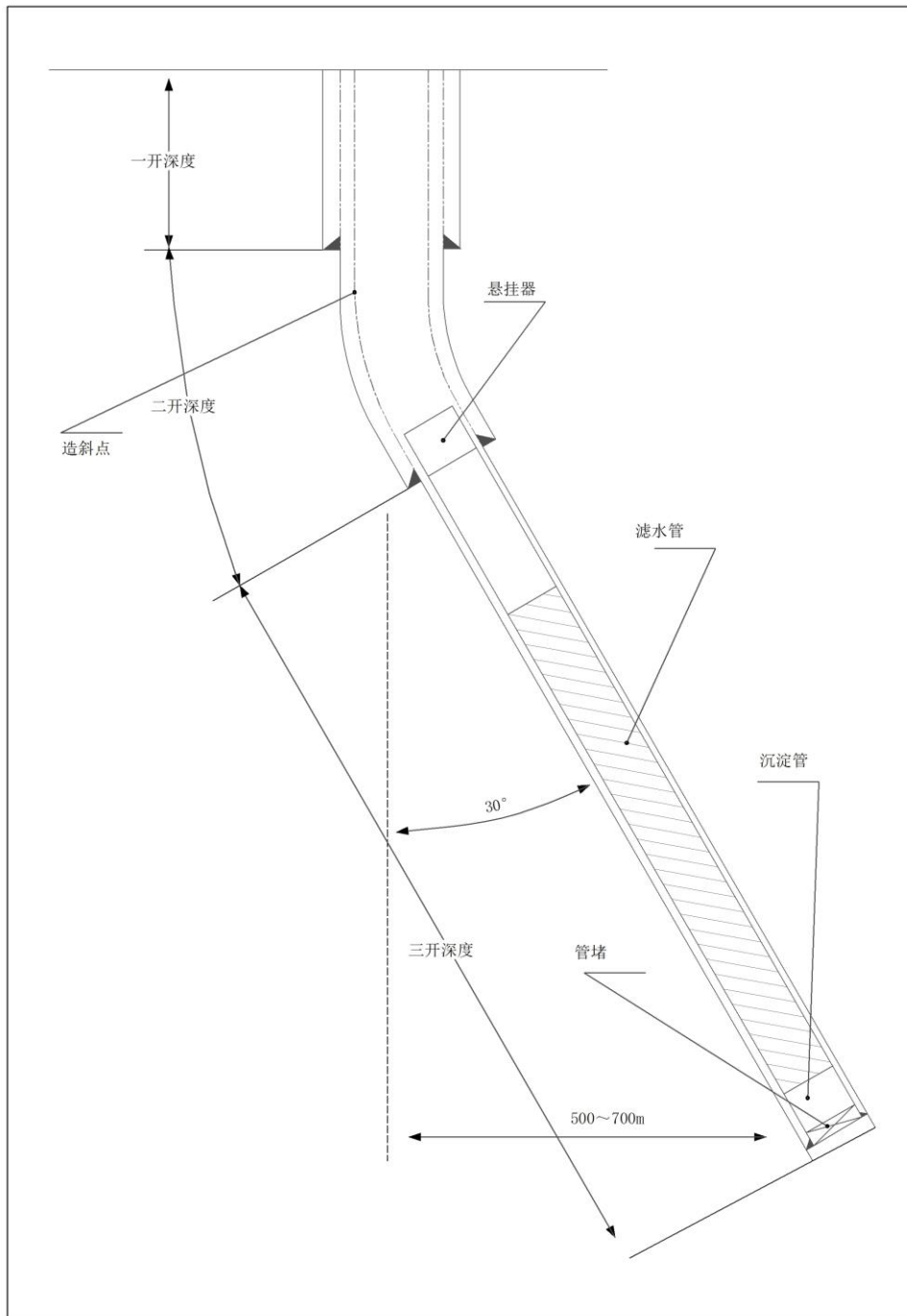
固井射孔井身结构见图C.1。



图C.1 固井射孔井身结构

附录 D
(资料性附录)
定向钻进的井身结构

定向钻进井身结构参见图D.1。



图D.1 定向钻进井身结构

附 录 E
(资料性附录)
常用套管尺寸及规格

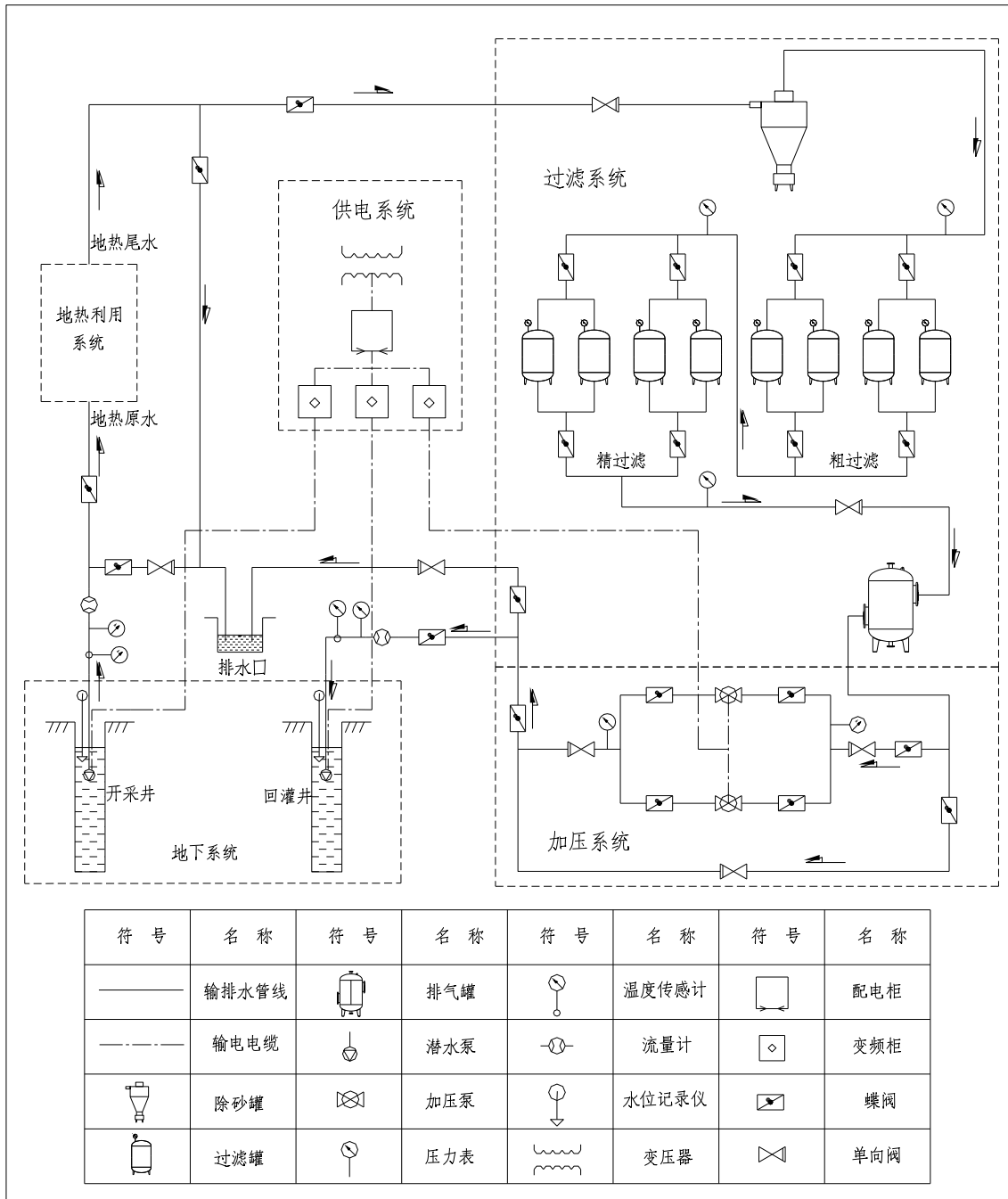
常用套管规格见表E.1。

表E.1 常用套管尺寸及规格

外 径 mm(in)	名义重量 kg/m (lb/ft)	壁厚 mm (in)	内径 mm (in)	通径 mm(in)	接箍外径 mm (in)	螺纹类型	钢级	长度 m (ft)
177.8 (7)	25.52 (17.00)	56.60 (38.00)	166.1 (6.538)	162.9 (6.413)	194.5 (7.656)	圆螺纹 偏梯螺纹	J55 N80 P110	8-12 (26.2-39.4)
	29.79 (20.00)	6.91 (0.272)	164.2 (6.456)	160.8 (6.331)				
	34.26 (23.00)	8.05 (0.317)	161.7 (6.366)	158.5 (6.204)				
	38.73 (26.00)	9.19 (0.362)	159.4 (6.276)	156.2 (6.151)				
	43.20 (29.00)	10.36 (0.408)	157.1 (6.180)	153.9 (6.059)				
	47.66 (32.00)	11.51 (0.453)	154.8 (6.090)	151.6 (5.969)				
	52.13 (35.00)	12.65 (0.498)	152.5 (6.004)	149.3 (5.879)				
56.60 (38.00)	13.72 (0.540)	150.4 (5.430)	147.2 (5.795)					
219.1 (8-5/8)	35.75 (24.00)	6.71 (0.264)	205.7 (8.093)	202.5 (7.972)	244.5 (9.625)	圆螺纹 偏梯螺纹	J55 N80 P110	8-12 (26.2-39.4)
	41.71 (28.00)	7.72 (0.304)	203.7 (8.020)	200.5 (7.894)				
	47.66 (32.00)	8.94 (0.352)	201.2 (7.927)	198.0 (7.795)				
	53.62 (36.00)	10.16 (0.400)	198.8 (7.827)	195.6 (7.701)				
	59.58 (40.00)	11.43 (0.450)	196.2 (7.724)	193.0 (7.598)				
244.5 (9-5/8)	48.11 (32.30)	7.92 (0.312)	328.7 (9.001)	244.7 (8.845)	269.6 (10.625)	圆螺纹 偏梯螺纹	J55 N80 P110	8-12 (26.2-39.4)
	53.62 (36.00)	8.94 (0.352)	236.6 (8.921)	222.6 (8.765)				
	59.58 (40.00)	10.03 (0.395)	224.4 (8.835)	220.4 (8.679)				
	64.79 (43.50)	11.05 (0.435)	232.4 (8.755)	218.4 (8.599)				
	70.01 (47.00)	11.99 (0.472)	320.5 (8.681)	216.5 (8.525)				
	71.69 (53.50)	13.84 (0.545)	216.8 (8.535)	212.8 (8.379)				
273.1 (10-3/4)	48.78 (32.75)	7.09 (0.279)	258.9 (10.192)	254.9 (10.035)	298.5 (11.752)	圆螺纹 偏梯螺纹	J55 N80 P110	8-12 (26.2-39.4)
	60.32 (40.50)	8.89 (0.350)	255.3 (10.050)	251.3 (9.894)				
	67.77 (45.50)	10.26 (0.400)	252.7 (9.950)	248.8 (9.794)				
	75.96 (51.00)	11.43 (0.450)	250.2 (9.850)	246.2 (9.694)				
	82.67 (55.50)	12.57 (0.495)	247.9 (9.760)	243.9 (9.604)				
339.7 (13-3/8)	71.50 (48.00)	8.38 (0.330)	322.9 (12.715)	319.0 (12.559)	365.1 (14.374)	圆螺纹 偏梯螺纹	J55 N80 P110	8-12 (26.2-39.4)
	81.18 (54.50)	9.65 (0.380)	320.4 (12.615)	316.5 (12.459)				
	90.86 (61.00)	10.92 (0.430)	317.9 (12.515)	313.9 (12.359)				
	101.69(68.00)	12.19 (0.480)	315.3 (12.415)	311.4 (12.259)				

附录 F
(资料性附录)
回灌系统运行流程图

回灌系统的设计与安装流程见图F.1。



注：加压泵、精过滤和粗过滤设备宜一用一备。

图F.1 回灌系统运行流程图

附 录 I

(资料性附录)

回灌目的层可回灌性勘查报告提纲

1.1 可回灌性勘查报告的作用及要求

回灌目的层可回灌性勘查报告是砂岩热储地热尾水回灌勘查的阶段性成果，是回灌井技术设计、地面回灌系统设计的主要依据，报告内容应能反映回灌目的层可回灌性勘查的主要成果，按I.2、I.3要求编制。

1.2 可回灌性勘查报告提纲

勘查报告编写提纲应包含以下内容：

- 1 前言
 - 1.1 项目由来
 - 1.2 目的任务
- 2 回灌场地地热地质条件
 - 2.1 地层
 - 2.2 构造与断裂
 - 2.3 热储特征
 - 2.4 地热资源开发及回灌现状
- 3 回灌条件勘查
 - 3.1 沉积环境
 - 3.2 回灌井钻遇地层
 - 3.3 地球物理测井
 - 3.4 回灌目的层颗粒分析
 - 3.5 回灌目的层确定
- 4 抽水试验与回灌试验
 - 4.1 抽水试验及数据分析
 - 4.2 回灌试验系统设计
 - 4.3 回灌试验及数据分析
 - 4.4 可回灌性评价
- 5 地热流体及尾水水质特征
 - 5.1 地热流体水质特征
 - 5.2 尾水水质特征
- 6 生产性回灌方法及工艺设计
 - 6.1 地面回灌系统设计
 - 6.2 生产性回灌方法
 - 6.3 生产性回灌工艺
- 7 结论与建议

1.3 可回灌性勘查报告附件：

勘查过程中取得的各项数据应系统整理，列表成册，与回灌目的层可回灌性勘查报告有关的应作为附件，一般包括：

- a) 地热井完井报告；
- b) 钻井地质综合图表；
- c) 抽水试验观测记录表；
- d) 抽水试验小结报告；
- e) 回灌试验观测记录表；
- f) 回灌试验小结报告；
- g) 水、岩分析与实验报告。

附 录 J
(资料性附录)
年度回灌总结报告提纲

J.1 年度总结报告的作用及要求

年度回灌总结报告是砂岩热储地热尾水回灌勘查的阶段性或最终成果，砂岩热储地热尾回灌可行性评价、地热资源开发利用规划与管理的主要依据，报告内容应能反映本年度回灌的主要成果，按J.2、J.3要求编制。

J.2 年度总结报告提纲

年度回灌总结报告编写提纲应包含以下内容：

- 1 前言
 - 1.1 项目由来
 - 1.2 目的任务
- 2 地热地质条件
 - 2.1 地层
 - 2.2 地质构造
 - 2.3 回灌目的层地热地质特征
- 3 回灌工程建设情况
 - 3.1 地下回灌系统的建设情况
 - 3.2 地面回灌系统的建设情况
 - 3.3 回灌系统工艺流程
- 4 年度回灌数据分析评价
 - 4.1 开采量与回灌量数据分析
 - 4.2 回灌量与回灌井水位分析
 - 4.3 回灌量与开采井水位分析
 - 4.4 回扬数据分析
 - 4.5 温度场分析
 - 4.6 水质分析
 - 4.7 年度回灌评价
 - 4.8 与往年回灌结果对比分析
 - 4.9 存在问题及分析
- 5 结论与建议

J.3 年度总结报告附件

回灌过程中取得的各项数据应系统整理，列表成册，与年度回灌总结报告有关的应作为附件，一般包括：

- a) 回灌井回灌监测记录表；

- b) 开采井回灌监测记录表;
- c) 回灌井井内测温记录表;
- d) 开采井井内测温记录表;
- e) 水质分析报告。

参 考 文 献

- [1]GB 50027-2001 供水水文地质勘查规范
 - [2]GB 50021-2001 岩土工程勘察规范
 - [3]GB 50052-2016 供电系统设计规范
 - [4]GB 50217-2016 电力工程电缆设计规范
 - [5]CJJ 13-2013 供水水文地质钻探与凿井操作规程
 - [6]CJJ 34-2010 城镇供热管网设计规范
 - [7]CJJ 138-2010 城镇地热供热工程技术规范
 - [8]GB 12228 通用阀门、碳素钢锻件技术条件
 - [9]GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范
 - [10]GB 50235 工业金属管道工程施工及验收规范
 - [11]CJJ 28 城镇供热管网工程施工及验收规范
 - [12]DZ/T 0054 定向钻探技术规程
 - [13]DZ/T 0148 水文地质钻探规程
 - [14] Bödvarsson G (1972) Thermal problems in the siting of reinjection wells. *Geothermics* 1: 63–66
 - [15] Axelsson G (2012) The Physics of Geothermal Energy. In: Sayigh A, (ed.) *Comprehensive Renewable Energy*, Vol 7, pp. 3–50. Oxford: Elsevier
-