

DB 13

河 北 省 地 方 标 准

DB13/T 2552—2017

地下水地源热泵系统工程技术规程

Technical specification for groundwater heat pump system

2017 - 09 - 06 发布

2017 - 10 - 06 实施

河北省质量技术监督局 发 布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 工程勘查 4

5 地下水换热系统 7

6 建筑物内系统 13

7 整体运转、调试与验收 13

8 监控与运行管理 14

附录 A（规范性附录） 勘查报告编写要求 16

附录 B（资料性附录） 地下水地源热泵系统水质要求..... 17

附录 C（规范性附录） 雷诺指数的计算方法和结垢性判定..... 18

附录 D（规范性附录） 拉申指数的计算方法和结垢性、腐蚀性判定..... 19

附录 E（资料性附录） 井室、井口装置和监测仪表安装示意图..... 20

附录 F（资料性附录） 潜水泵扬水管路百米损失..... 24

附录 G（资料性附录） 动态监测数据表 25

附录 H（资料性附录） 热源井验收记录表 26

参考文献 27

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由河北省国土资源厅提出。

本标准由河北省地热资源开发研究所起草。

本标准参加编写单位：河北工业大学、哈尔滨工业大学、河北建设勘察研究院有限公司、河北省水利水电第二勘测设计研究院、河北建工集团有限责任公司、中国地质调查局浅层地热能研究与推广中心、河北博纳德能源科技有限公司、北京市华清地热开发有限责任公司、恒有源科技发展集团有限公司。

本标准主要起草人员：李文良、马云青、李瑞鹏、苏永强、张长茂、李 郡、徐忠立、张海军、朱振仑、倪 龙、聂庆科、郑晓亮、卢双宝、张文秀、孙 骥。

本标准主要审查人员：康凤新、王景刚、王华军、邢忠信、张彦峰。

引 言

为使地下水地源热泵系统工程的勘察、设计、施工、验收做到技术先进、经济合理、安全适用，保护地下水资源和生态环境，保证工程质量，制定本规程。

目前河北省地下水地源热泵系统工程存在一些问题，比较突出的有地下水回灌不畅、地下水资源浪费和系统运行费用高等，规程编写组对这些问题进行了广泛的调查研究，认真总结了省内外的实践经验，吸取了近年来地下水地源热泵系统领域取得的最新研究成果，参考和借鉴了相关规范规程和先进标准，并进行了广泛的征求意见。

规程遵循保护资源、合理开发的原则，地下水必须完全回灌，按地下水的回灌量确定开采量，不得对地下水资源造成浪费及污染。规程保留了GB 50366的相关内容，补充完善了地下水换热系统勘察工作要求，增设了热源井设计、地下水回灌及监测等相关条文。

地下水地源热泵系统工程的工程勘察、热源井井身结构及其井位布置、地下水回灌系统和地下水监测系统的设计与施工应有具有相应资质的勘察、设计、施工单位进行。

地下水地源热泵系统工程勘察、设计、施工、验收除应符合本规程外，还应符合国家及河北省现行有关标准的规定。

地下水地源热泵系统工程技术规程

1 范围

本标准规定了地下水地源热泵系统工程的术语和定义、工程勘查、地下水换热系统、建筑物内系统、整体运转调试与验收、监控与运行管理等基本内容。

本标准适用于河北省行政区域内新建、改建和扩建的以地下水地源热泵技术进行供热、供冷或加热生活热水系统工程的勘查、设计、施工、验收及运行管理。

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 19409 水（地）源热泵机组
GB 50013 室外给水设计规范
GB 50015 建筑给水排水设计规范
GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB 50027 供水水文地质勘察规范
GB 50093 自动化仪表工程施工及质量验收规范
GB 50242 建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范
GB 50243 通风与空调工程施工质量验收规范
GB/T 50265 泵站设计规范
GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范
GB 50274 制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范
GB 50296 管井技术规范
GB 50366 地源热泵系统工程技术规范
GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
CJJ/T 13 供水水文地质钻探与管井施工操作规程
CJJ 76 城市地下水动态观测规范
CJJ/T 81 城镇供热直埋热水管道技术规程
CJJ 138 城镇地热供热工程技术规程
DZ/T 0225 浅层地热能勘查评价规范
HG/T 20679 化工设备、管道外防腐设计规范
SL 187 水质采样技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地下水地源热泵系统 groundwater-source heat pump system

以地下水为高(低)温热源,由热泵机组、地热能交换系统、建筑物内系统组成的供热(冷)空调系统。

3.2

水源热泵机组 water-source heat pump unit

以水或添加防冻剂的水溶液为低温热源的热泵。通常有水/水热泵、水/空气热泵等形式。

3.3

地热能交换系统 geothermal exchange system

将浅层地热能资源加以利用的热交换系统。

3.4

浅层地热能 shallow geothermal energy

蕴藏在地表以下一定深度范围(一般为200 m)内岩土体、地下水或地表水中,温度低于25℃,具有开发利用价值的热能。

3.5

传热介质 heat transfer fluid

地源热泵系统中,通过换热管与岩土体、地下水或地表水进行热交换的一种液体,一般为水或添加防冻剂的水溶液。

3.6

地下水换热系统 groundwater heat exchange system

与地下水进行热交换的地热能交换系统,分为直接地下水换热系统和间接地下水换热系统。

3.7

直接地下水换热系统 direct groundwater heat exchange system

由抽水井取出的地下水,经处理后直接流经水源热泵机组热交换后返回地下同一含水层的地下水换热系统。

3.8

间接地下水换热系统 indirect groundwater heat exchange system

由抽水井取出的地下水经中间换热器热交换后返回地下同一含水层的地下水换热系统。

3.9

工程勘察 engineering investigation

根据工程要求,查明、分析、评价建设场地水文地质环境特征和岩土体工程条件,并编制勘察文件的活动。

3.10

含水层 aquifer

地下水面以下饱水的透水层。

3.11

渗透性 permeability

含水层多孔介质能够被水或其它液体透过的性质。

3.12

岩土体 rock-soil body

岩石和松散沉积物的集合体，如砂砾石、土体等。

3.13

水文地质勘查孔 hydrogeological exploration borehole

为查明水文地质条件，按水文地质钻探要求施工的钻孔。

3.14

抽水井 production well

用于从地下含水层中取水的井。

3.15

回灌井 injection well

用于向含水层灌注回水的井。

3.16

热源井 heat-source well

用于从地下含水层中取水或向含水层灌注回水的井，是抽水井与回灌井的统称。热源井有管井、大口径井和辐射井，本规程热源井指管井。

3.17

抽水试验 pumping test

一种在井中进行计时计量抽取地下水，并测量水位变化的试验，目的是了解含水层富水性，并获取水文地质参数。

3.18

回灌试验 injection test

一种向井中连续注水，使井内保持一定水位，或计量注水、记录水位变化来测定含水层渗透性、注水量和水文地质参数的试验。

3.19

水文地质参数 hydrogeological parameter

表征含水层水文地质特征的数量指标，包括渗透系数、导水系数、释水系数、给水度、越流参数等。

3.20

灌采比 the ratio of recharge and pumping

同一个热源井中单位回灌水量与单位抽水水量的比值。

3.21

浅层地热能勘查评价 shallow geothermal exploration evaluation

对一定区域内的构造、地层、地下水、地貌、地质环境、浅层地热能容量和开发利用方案等地质情况进行调查研究的总称，分为区域浅层地热能勘查和场地浅层地热能勘查。

3.22

浅层地热换热功率 shallow geothermal heat power

单位时间内从浅层岩土体、地下水和地表水中交换的热量。

3.23

地下水循环量 groundwater circulation

从含水层中抽取利用后，完全回灌到原含水层中的地下水量。

3.24

热均衡评价 thermal equilibrium evaluation

对在一定时间内浅层岩土体、地下水和地表水中的热能补给量、热能排泄量和储存热量进行的均衡评价。

4 工程勘查

4.1 一般规定

4.1.1 地下水地源热泵系统方案设计前，应进行工程场地状况调查，并应对浅层地热能资源进行勘查。

4.1.2 对已具备水文地质资料或附近有水井的工程场地，可通过调查获取水文地质资料。

4.1.3 工程勘查的范围宜大于拟定换热区。

4.1.4 工程勘查单位应具有水文地质勘查资质。工程勘查完成后，应编写工程勘查报告，并对资源可利用情况提出建议。勘查报告编写应符合附录 A 的要求。

4.2 工程场地状况调查

工程场地状况调查应包括以下内容：

- a) 场地规划面积、形状及坡度；
- b) 场地内已有建筑物和规划建筑物的占地面积及其分布；
- c) 场地内树木植被、池塘、排水沟及架空输电线、电信电缆的分布；
- d) 场地内已有的、计划修建的地下管线和地下构筑物的分布及其埋深；
- e) 场地内已有水井的位置。

4.3 地下水场地浅层地热能勘查

4.3.1 地下水地源热泵系统方案设计前，应根据地下水地源热泵系统对水量、水温和水质的要求，对工程场地的水文地质条件按 DZ/T 0225 的规定进行场地浅层地热能勘查。

4.3.2 勘查应包括下列内容：

- a) 地下水类型；
- b) 含水层岩性、分布、埋深及厚度；
- c) 含水层的富水性和渗透性；
- d) 地下水径流方向、速度和水力坡度；
- e) 地下水水温及其分布；
- f) 地下水水质；
- g) 地下水水位动态变化；
- h) 地球物理测井；
- i) 确定合理的地下水循环量和地下水抽、灌井合理间距；
- j) 进行地下水换热系统场地浅层地热能评价，提出合理的开发利用方案。

4.3.3 勘查应进行水文地质试验，试验应包括下列内容：

- a) 抽水试验；
- b) 回灌试验；
- c) 水温测量；
- d) 取分层水样进行水质分析；
- e) 地下水流向试验。

4.3.4 当地下水场地浅层地热能勘查结果符合地下水地源热泵系统要求时，应采用成井技术将水文地质勘查孔完善成热源井加以利用，成井过程应由水文地质专业人员进行监理。

4.3.5 勘查应符合下列要求：

- a) 勘查孔的布置应根据场地情况确定，工作量符合表 1 的规定：

表1 勘查孔工作量

工程设计负荷 q (kW)	勘查孔数量(个)
$q < 500$	1~2
$500 \leq q < 2000$	2~3
$q \geq 2000$	≥ 3
注：工程设计负荷取建筑冷、热负荷中较大者。	

- b) 勘查孔的深度应根据含水层或含水构造带埋藏条件确定，宜小于 200m。当有多个含水层组且无水质分析资料时，应进行分层勘查，取得各层水化学资料；
- c) 勘查孔设计和施工应符合 GB 50027 的规定，勘查孔的孔间距设计宜符合 5.2.6 的规定。

4.3.6 抽水试验应符合以下要求：

- a) 抽水试验应符合 GB 50027 的规定。抽水试验应做三个落程，三个落程的降深分别为设计最大降深的 33%、66%和 100%；
- b) 抽水试验结束前应在井口按 SL 187 的规定取样送检，进行水质和含砂量测定，分析项目应满足附录 B 的要求。

4.3.7 回灌试验应符合以下要求:

- a) 抽水试验结束后应做回灌试验,回灌试验宜采用定流量试验方法,回灌试验稳定延续时间应大于 36h。回灌试验应做三个回灌量,回灌量分别为设计回灌量的 50%、80%和 110%;
- b) 同一回灌井不同回灌试验方式的顺序为真空回灌、自流回灌和加压回灌,更换回灌方式之前应先使地下水的水位恢复到初始状态。地下水位埋深小于 10m 时可不进行真空回灌试验;
- c) 应进行同层回灌。宜采用单井回灌试验,有条件的项目可进行对井回灌试验或群井生产性回灌试验;
- d) 回灌水质应不低于回灌含水层的水质,回灌水含砂量应小于 1/200000 (体积比);
- e) 回灌试验应布设一定数量的观测井;
- f) 回灌试验结束后,应对井内沉淀物进行处理。

4.3.8 浅层地热能评价

4.3.8.1 场地回灌能力评价

根据抽水/回灌试验数据确定灌采比。地下水回灌能力评价按表2的规定。

$$B = \frac{q_g}{q_c} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

B—灌采比,无量纲;

q_g —单位回灌量 ($\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}$);

q_c —单位涌水量 ($\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}$)。

表2 地下水回灌能力评价标准

灌采比 (%)	>80	50~80	<50
回灌能力	强	较强	弱

4.3.8.2 浅层地热资源评价

4.3.8.2.1 热源井单井换热(冷)功率计算

$$Q_s = q_w \Delta T \times 1.163 \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Q_s —热源井单井换热功率(kW);

q_w —热源井单井地下水循环利用量 (m^3/h),指能够完全回灌的热源井出水量;

ΔT —地下水利用温差($^{\circ}\text{C}$)。夏季制冷工况最大可按 10°C 温差计算;冬季制热工况与地下水温度有关,一般可按 5°C ~ 8°C 温差计算;

1.163—换算系数。

4.3.8.2.2 浅层地热资源量计算

按地下水的回灌量确定浅层地热资源量。

$$Q_h = \sum_{n=1}^n Q_s \dots\dots\dots (3)$$

式中：

Q_h —浅层地热资源量(kW)；

n —工程最大可同时利用抽水井数量。

4.3.8.2.3 热均衡评价

地温场均衡评价宜分别进行近期(5年)、中期(10年)和远期(20年)评价,对地下温度场的变化进行预测。评价方法参见DZ/T 0225。

4.3.8.3 地下水水质评价

地下水水质评价包括以下内容：

- a) 分析地下水水质对地下水地源热泵系统设备的影响,并评价和预测浅层地热能开发利用对区域水质的影响；
- b) 地下水水质符合附录 B 的规定；
- c) 应对地下水的腐蚀性和结垢性进行评价：
 - 1) 当地下水中氯离子(Cl^-)毫克当量百分数 $\leq 25\%$ 时,宜按雷诺指数(RI)判定地下水的结垢性。雷诺指数的计算方法和结垢性判定应符合附录 C 的规定；
 - 2) 当地下水中氯离子(Cl^-)毫克当量百分数 $> 25\%$ 时,宜按拉申指数(LI)判定地下水的结垢性。拉申指数的计算方法和结垢性判定应符合附录 D 的规定；
 - 3) 地下水的腐蚀性可按拉申指数判定,腐蚀性判定应符合附录 D 的规定。

4.3.8.4 环境影响预测

主要内容：计算替代常规能源量和节能减排量。评价浅层地热能开发利用所产生的大气环境效应、地温场影响和生态环境影响,评价地下水抽水/回灌可能形成的地面沉降、岩溶塌陷和地裂缝等地质环境影响,提出相应的防治措施。

4.3.8.5 经济成本评估

评估包括初投资和运行成本。

4.3.8.6 开发利用方案制定

包括：换热方式、换热量、换热温差、地下水开采量和回灌量、长期监测孔的设置和制定监测方案等。

5 地下水换热系统

5.1 一般规定

5.1.1 地下水换热系统应根据工程勘查资料进行设计。应采取可靠回灌措施,确保置换冷量或热量后的地下水全部回灌到同一含水层,并不应对地下水资源造成浪费及污染。系统投入运行后,应对抽水量、回灌量及其水质进行定期监测。

5.1.2 地下水的持续出水量应满足地下水换热系统最大吸热量或释热量的要求。

5.1.3 地下水供水管、回灌管不应与市政管道连接。

5.1.4 热源井设计单位应具有水文地质勘查资质，设计内容应包括设计文件和有关图纸；设计应经过施工图审查机构审查。

5.2 热源井设计及布局

5.2.1 热源井设计应符合 GB 50296 的相关规定，并应包括下列内容：

- a) 热源井的抽水量和回灌量、水温和水质；
- b) 热源井的数量、井位分布及取水层位；
- c) 井管配置及管材选用，抽灌设备选型；
- d) 井身结构、填砾位置、滤料规格及止水材料；
- e) 抽水试验和回灌试验要求及措施；
- f) 井口装置及附属设施。

5.2.2 井身结构设计和出水量的确定应符合下列要求：

- a) 过滤器（管）应采用耐腐蚀的材料制作，当采用抗腐蚀性差的材料时，应做防腐处理。缠丝过滤器的缠丝和包网材料应选用具有抗腐蚀性和抗结垢的不锈钢丝、铜丝或增强型聚乙烯滤水丝；
- b) 松散层过滤器直径宜大于 ϕ 426mm，钢管壁厚应大于 6mm，孔隙率应大于 25%。回灌井含水层上部应安装适当长度的过滤器。宜采用骨架缠丝过滤器，骨架钢筋宜大于 ϕ 16mm，加强筋宜大于 ϕ 18mm，骨架间距宜小于 30mm；
- c) 热源井井管寿命应长于地下水地源热泵系统寿命，宜采用铸铁管或钢管；
- d) 热源井孔径应尽量大，以提高回灌能力。松散含水层，孔径宜不小于 ϕ 750mm；基岩含水层，裸眼孔径宜不小于 ϕ 311mm；
- e) 在有地下咸水区域，要采取可靠止水措施，防止地下水串层污染；
- f) 热源井的深度宜小于 200m。热源井与建（构）筑物及市政地下管网设施应保持足够的安全距离，宜大于 10m；
- g) 热源井位的设置应避开有污染的地面或地层。热源井井口应严格封闭，井内装置应使用对地下水无污染的材料；
- h) 热源井井管与周围地层间应采用可靠措施进行密封和稳固，保证井口安全。

5.2.3 大口径井设计应符合 GB 50013 的规定。

5.2.4 抽水井数量的确定

5.2.4.1 地下水循环量的确定

工程项目所需的热源井地下水循环量，应采用下列公式进行计算：
夏季制冷工况地下水循环量：

$$Q_c = \frac{3600q_c}{\rho c_p(t_2 - t_1)} \left(\frac{EER + 1}{EER} \right) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

Q_c —夏季供冷地下水循环量 (m^3/h)；

q_c —夏季建筑设计冷负荷 (kW)；

ρ —地下水密度，可取 $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ ；

c_p —地下水比热容，可取 $c_p=4.1868 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ ；

t_1 —换热器进口地下水温度($^\circ\text{C}$)；

t_2 —换热器出口地下水温度($^\circ\text{C}$)；

EER—水源热泵机组制冷性能系数。

冬季制热工况地下水循环量：

$$Q_h = \frac{3600q_h}{\rho c_p(t_1 - t_2)} \left(\frac{COP - 1}{COP} \right) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

Q_h —冬季供热地下水循环量 (m^3/h)；

q_h —冬季建筑设计热负荷 (kW)；

COP—水源热泵机组制热性能系数。

5.2.4.2 抽水井数量的确定

$$N_c = \frac{(Q_c \text{ 或 } Q_h)}{q_w} \times (1+K) \dots\dots\dots (6)$$

式中：

N_c —抽水井数量，备用井不应少于一眼；

K —安全系数，无量纲，宜取10~20%；

q_w —单井地下水循环利用量 (m^3/h)，按第4章提供的数据；

Q_c 或 Q_h 取二者中的较大值，即满足制冷或制热最大负荷。

5.2.5 回灌井数量的确定

回灌井数量应在进行回灌试验后根据灌采比确定。

$$N_h = \frac{N_c}{B} (1+K) \dots\dots\dots (7)$$

式中：

N_h —回灌井数量，备用井不应少于一眼。

5.2.6 热源井的布置

热源井布置应符合下列要求：

- a) 热源井的布置应以灌定采；
- b) 热源井的布置应避免抽水井与回灌井发生热贯通效应，抽水井与回灌井间距可通过试验或采用当地经验数据确定。松散卵砾石层宜为 100m 左右；中粗砂地层宜为 50m 左右；
- c) 与相邻项目热源井距离应根据地下水流向、已有热源井的布置和使用现状综合确定。回灌井宜在抽水井下游。

5.2.7 热源井群设计时，应同时布置长期观测网。长期观测网的布置和观测孔的设计应符合 GB 50027 的规定。

5.3 热源井井口装置设计

5.3.1 热源井井口处应设检查井。井口之上若有构筑物，应预留一定空间满足检修要求，或在构筑物上留有检修口。

5.3.2 热源井井室应满足井口设备安装和潜水泵吊装要求，地下井室示意图参见附录 E 中的图 E.1。

5.3.3 自流井不应采用地下井室或半地下井室。

5.3.4 地下井室或半地下井室的建设应符合下列要求：

- a) 井室屋顶应设置潜水泵提升孔、进出人孔、进气孔及排气孔，并做防水；进气孔、排气孔管道室外部分均应设防雨、防尘帽，并在附近设置警示标志；
- b) 进气孔管道应高出室外地面 300mm，排气孔管道应高出室外地面 500mm；
- c) 室内排水沟末端应设置集水坑，并应安装自动潜水排污泵；
- d) 进出泵房的管道、电缆应预埋穿墙防水套管。

5.3.5 井口装置应满足下列要求：

- a) 密封性良好，满足井管伸缩，井口顶盖应具备可开启的水位测量孔；
- b) 抽水井与回灌井宜能相互转换，其间应设排气装置，抽水管和回灌管上均应设置水样采集口及监测口；
- c) 配置测量地下水温度、压力和流量的仪表；
- d) 能适应更换泵型规格的要求。

5.3.6 井口装置安装示意图参见附录 E 图 E.1 和图 E.2。

5.3.7 潜水泵设计及安装应符合 GB/T 50265 的规定。

5.3.8 潜水泵的吸入口应位于动水位 5m 以下。抽水井和回灌井都宜安装潜水泵，便于回扬和抽/灌井交替。潜水泵上部宜安装抽/灌分流器，安装示意图参见附录 E 图 E.2。

5.3.9 潜水泵的选型应符合下列要求：

- a) 满足地下水的温度和腐蚀性要求，宜采用深井潜水泵；
- b) 潜水泵的选型应根据地下水的温度、流量、水质、动水位、静水位、井口出水压力等要求确定，潜水泵的流量应根据单井的流量—降深曲线（Q-S 曲线）确定。潜水泵的扬程按下式计算：

$$H = (H_1 + H_2 + V^2 / 2g + h) \times 1.1 \dots \dots \dots (8)$$

式中：

H—潜水泵扬程(m)；

H₁—动水位液面到泵座出口测压点的垂直距离(m)；

H₂—系统所需的扬程(m)；

V—地下水流速(m/s)；

g—重力加速度(m/s²)；

h—潜水泵扬水管的沿程阻力损失(m)，参见附录F。

5.3.10 地下水除砂

应设置除砂器。除砂效果：粒径 $>0.08\text{ mm}$ ，除砂率 $\geq 80\%$ 。除砂器的选型应符合能耗低、排砂方便、地下水温度降低少和地下水不与空气接触的要求。

5.4 地下水回灌

5.4.1 地下水回灌系统应是一个完整的封闭系统。回灌宜采用真空回灌或自然回灌；真空回灌或自然回灌不能满足回灌要求时，可采用加压回灌。采用加压回灌时，回灌压力与流量应经过回灌试验确定。

5.4.2 应根据含水层的水文地质条件、成井工艺、回灌水量、回灌方法等因素合理确定回扬时间间隔、回扬强度和回扬持续时间。

5.4.3 回灌系统应包括热源井、井口装置、水质净化过滤装置、排气装置、加压装置等。水质净化过滤装置应满足下列要求：

- a) 基岩型地下水，过滤精度宜小于 $50\mu\text{ m}$ ；
- b) 松散层地下水，过滤精度宜为 $3\mu\text{ m}\sim 5\mu\text{ m}$ 。

5.5 防腐与除垢

5.5.1 防腐措施

地下水有腐蚀性时，应采取下列防腐措施：

- a) 采用间接换热，换热器前与地下水直接接触的管道或设备宜隔绝空气；
- b) 采用防腐材料，与地下水接触的热源井井管、设备和仪表应具有抗腐蚀性能；
- c) 热源井应采取减少空气侵入的措施；
- d) 电化学防腐；
- e) 受地下水流体高速冲击、易磨蚀的部件和转动的部件，其金属表面不应涂敷防腐涂料；
- f) 不应在地下水添加防腐剂；
- g) 设备和管道的外防腐应符合 HG/T 20679 的规定。

5.5.2 防垢除垢措施

防垢除垢应采取下列措施：

- a) 对结垢性地下水，与地下水直接接触的设备应采取防垢或阻垢措施；
- b) 阻垢可采用增压法或物理阻垢法；
- c) 回灌系统严禁使用化学法阻垢；
- d) 除垢可采用化学清洗、水力破碎和机械除垢方法。

5.6 地下水动态监测

5.6.1 热源井应按 CJJ 76 的规定进行日常开采动态监测，监测应包括地下水温度、流量、水位和水质，并应符合下列要求：

- a) 水位监测：开采期每 5 天测量 1 次动水位；非开采期每 15 天测量 1 次静水位；
- b) 温度监测：开采期每 5 天测量 1 次；非开采期每 15 天测量 1 次；
- c) 流量监测：包括瞬时流量监测和开采量统计，瞬时流量监测每天 1 次，开采量统计每月不应少于 1 次；
- d) 水质监测：每年应至少监测 2 次，时间分别在供热季开始前一周内和制冷季结束后一周内。分析项目应满足本规程附录 B 的要求。含砂量应定期监测。

5.6.2 热源井的水位监测宜采用自动水位监测仪,也可采用人工监测方法,监测仪表安装示意图参见附录 E 中的图 E.3。

5.6.3 采用自动水位监测仪时,流量、温度、压力传感器的测量范围和精度应与二次仪表匹配。精度要求:流量计 $\pm 0.01\text{m}^3$,压力表 $\pm 0.1\text{KPa}$,温度传感器 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。

5.6.4 井下自动水位监测仪探头应安装在距潜水泵吸入口 5m 的扬水管处。信号线的保护套应与潜水泵扬水管固定,信号线出井口处应密封。

5.6.5 水位、温度和流量测具应每年校验。

5.6.6 地下水动态监测原始数据应及时整理、校核,并对动态变化情况进行分析。动态监测数据表见附录 G。

5.7 地下水换热系统施工

5.7.1 热源井施工前,应取得项目所在地地下水管理部门地下水用水许可。热源井的施工单位应具有相应的钻井资质。

5.7.2 地下水换热系统施工前应具备热源井及其周围区域的工程勘查资料、设计文件和施工图纸,并完成施工组织设计。

5.7.3 热源井施工过程中应同时绘制地层钻孔柱状剖面图。

5.7.4 热源井施工应符合 GB 50296 的规定。

5.7.5 热源井在成井后应及时洗井,洗井应符合下列要求:

- a) 出水量应接近设计要求或连续两次单位出水量之差小于 10%;
- b) 出水的含砂量应小于 $1/200000$ (体积比)。

5.7.6 洗井结束后应进行抽水试验,抽水试验应稳定延续 12h,出水量应大于设计出水量。抽水试验按 4.3.6 规定的进行。

5.7.7 抽水试验结束后应做回灌试验,回灌试验稳定延续时间应大于 36h,回灌量应大于设计回灌量。回灌试验按 4.3.7 规定的进行。

5.7.8 抽水试验结束前应在井口按 SL 187 的要求取样送检,进行水质测定和含砂量测定,分析项目应满足附录 B 的要求。水样数量要求:抽水井少于 3 眼时,取 1 个水样;抽水井大于 3 眼时,取 2 个以上水样。

5.7.9 热源井施工完毕,应编制热源井运行说明,内容应包括设备型号及规格、热源井的最大允许开采量、使用中可能发生的问题及使用维修建议等。

5.8 地下水换热系统检验与验收

5.8.1 热源井应单独进行验收,且应符合 GB 50296 及 CJJ/T 13 的规定。热源井的验收应在现场进行,并应符合下列规定:

- a) 热源井井身结构应符合设计要求;
- b) 热源井深度应现场测量;
- c) 单井出水量(回灌量)及降深(上升值)应符合设计要求;

- d) 含砂量应小于 1/200000 (体积比)；
- e) 井底沉淀物厚度应小于井深的 5%。

5.8.2 热源井持续出水量和回灌量应稳定，并满足设计要求。

5.8.3 经处理后的水质应符合附录 B 的要求。

5.8.4 热源井验收后，施工单位应提交热源井成井报告，成井报告应包括综合柱状图，洗井、抽水试验、回灌试验、水质检验及按 GB 50296 要求的其他验收资料。热源井验收表见附录 H。

5.8.5 输水管网设计、施工及验收应符合现行国家标准 GB 50013、CJJ/T 81 及 GB 50268 的规定。

6 建筑物内系统

6.1 建筑物内系统设计

6.1.1 建筑物内系统的设计应符合 GB 50736 和 GB 50019 的规定。其中，涉及生活热水或其他热水供应部分，应符合 GB 50015 的规定。

6.1.2 水源热泵机组性能应符合 GB/T 19409 的相关规定，且应满足水源热泵系统运行参数的要求。

6.1.3 水源热泵机组应具备能量调节功能，且其蒸发器出口应设防冻保护装置。

6.1.4 水源热泵机组及末端设备应按实际运行参数选型。

6.1.5 在水源热泵机组外进行冷、热转换的水源热泵系统应在水系统上设冬、夏季节的功能转换阀门，并在转换阀门上做出明显标识。地下水直接流经水源热泵机组的系统应在水系统上预留机组清洗用旁通管。

6.1.6 地下水地源热泵系统在具备供热、供冷功能的同时，宜优先采用地下水地源热泵系统提供(或预热)生活热水，不足部分由其他方式解决。提供生活热水时，宜采用换热设备间接供给。

6.1.7 建筑物内系统设计时，应通过技术经济比较后，增设辅助热源、蓄热(冷)装置或其他节能设施。

6.1.8 热泵机房位置宜靠近热源井和冷热负荷比较集中的区域，机房在建筑内时应做好防震、隔声和消声措施，机房内应设排水沟、集水坑，必要时应设排水泵。

6.1.9 热泵机房内的主要人行通道宽度不宜小于 1.2m；相邻机组之间、机组与墙壁间的距离不宜小于 0.8m；高压配电盘前的通道宽度，不宜小于 2m；低压配电盘前的通道宽度，不宜小于 1.5m。

6.2 建筑物内系统施工、检验与验收

6.2.1 水源热泵机组、潜水泵、循环泵、监测设备、附属设备、管道、管件及阀门的型号、规格、性能及技术参数等应符合设计要求，并具备产品合格证书、产品性能检验报告及产品说明书等文件。

6.2.2 水源热泵机组及建筑物内系统安装应符合 GB 50274、GB 50242、GB 50243 及 GB 50093 的规定。

7 整体运转、调试与验收

7.1 地下水地源热泵系统交付使用前，应进行整体运转、调试与验收。

7.2 地下水地源热泵系统整体运转与调试应符合下列规定：

- a) 整体运转与调试前应制定整体运转与调试方案，并报送专业监理工程师审核批准；
- b) 水源热泵机组试运转前应进行水系统及风系统平衡调试，确定系统循环总流量、各分支流量及各末端设备流量均达到设计要求；确定地下水抽水、回灌和监测均达到设计要求；
- c) 水力平衡调试完成后，应进行水源热泵机组的试运转，并填写运转记录，运行数据应达到设备技术要求；
- d) 设备试运转正常后，应进行连续 24h 的系统试运转，并填写运转记录；
- e) 地下水地源热泵系统调试应分冬、夏两季进行，且调试结果应达到设计要求。调试完成后应编写调试报告及运行操作规程，并提交甲方确认后存档。

7.3 地下水地源热泵系统整体验收前，应进行冬、夏两季运行测试，并对地下水地源热泵系统的实测性能做出评价。

7.4 地下水地源热泵系统整体运转、调试与验收除应符合本规程规定外，还应符合 GB 50243 和 GB 50274 的相关规定。

7.5 竣工验收应在工程施工质量得到有效监控的前提下进行，竣工验收应由建设单位组织设计、施工、监理单位及政府有关部门共同进行。

7.6 工程竣工验收资料应包括下列文件：

- a) 图纸会审、设计变更和竣工图等；
- b) 主要材料、设备的出厂合格证明及检验报告；
- c) 隐蔽工程检查验收和施工记录；
- d) 工程设备、管道系统安装及检验记录；
- e) 管道冲洗、试压记录；
- f) 设备试运行记录。

8 监控与运行管理

8.1 应健全维护管理制度和运行操作规程，并根据系统实际运行情况不断优化运行模式。

8.2 地下水地源热泵系统应安装自动化智能控制装置，自动化设计应包括：

- a) 潜水泵运行故障报警和回灌井超水位报警；
- b) 水源侧水系统阻力超限报警、循环液泄漏报警；
- c) 热泵主机与潜水泵、循环泵等辅助设备的启停控制；
- d) 热泵机组低温保护、高低压保护、故障报警功能；
- e) 节能运行控制；
- f) 状态参数监测；
- g) 状态参数记录与存储。

8.3 运行中应对下列项目进行监测和记录：

- a) 地下水的开采量和回灌量；
- b) 抽水井出水压力和回灌井回灌压力；
- c) 热源井水位、水温、水量、水质和含砂量；

- d) 换热器、过滤装置及管路压力；
- e) 换热器、冷凝器（蒸发器）、地下水进出口温度；
- f) 热泵机组、潜水泵、循环泵用电量；
- g) 事故、故障记录；
- h) 维护、检修记录。

8.4 潜水泵、循环泵等设备及其易损易磨零件应有相应的备用品。

8.5 供热制冷期结束应对热泵机组、热源井潜水泵、循环泵和换热器等设备进行维护保养。

8.6 地下水回灌监控管理要求如下：

- a) 应及时检查回灌系统的密封情况，定期检查排气罐和过滤装置。回灌系统监测数据表参见附录G；
- b) 回灌井发生堵塞时应及时采取措施；
- c) 停灌后应及时回扬，停灌期间回灌井及管路应及时封闭。

附 录 A
(规范性附录)
勘查报告编写要求

A.1 报告提纲

勘查报告按下列结构编写。

第一章 序言

第二章 自然地理及地质概况

第三章 地下水场地浅层地热能勘查

第四章 浅层地热能评价

第五章 拟建换热系统的方式及初步方案

第六章 结论和建议

主要附件及附图：

- a) 勘查工作平面布置图；
- b) 水文地质图及水文地质剖面图；
- c) 综合柱状图、综合测井图；
- d) 抽水/回灌试验资料。

A.2 编写要求

A.2.1 编写报告时，应根据工作的不同要求、换热量大小、场地水文地质条件的复杂程度，对本提纲的内容进行合理的增、删。论述应突出资源评价，言简意赅，文字与图标相互呼应。

A.2.2 第一章说明任务来源，建设项目规模、功能及冷热负荷的要求；简要评述工作区以往地质工作的程度及浅层地热能开发利用现状；简述勘查工作的进程及工作量。

A.2.3 第二章概述勘查区的自然地理条件：包括气象、水文、区域地质条件、地层分布特征、含水层空间分布、水质、水位动态特征及补给、径流、排放条件。

A.2.4 第三章论述勘查主要内容及其布置，工作的主要成果。

A.2.5 第四章热源井抽水/回灌试验结果，论述浅层地热能利用量计算的依据，正确计算浅层地热能；根据保护资源、合理开发的原则，提出相应的利用方式，论证其保证程度，并预测其可能的变化趋势。

A.2.6 第五章评价浅层地热能的资源条件；提出拟建换热系统的方式；建议换热系统的初步方案；指出在施工中和运行后应注意的事项；建议地温场动态监测的设置及要求；指出本次工作的不足和存在的问题。

附 录 B
(资料性附录)
地下水地源热泵系统水质要求

地下水地源热泵系统水质要求见表B. 1。

表 B. 1 地下水地源热泵系统水质要求

项目名称	允许值		项目名称	允许值
含砂量	<1:20 万 (体积比)		CaO	<200mg/L
浊度	≤20 NTU		SO ₄ ²⁻	<200mg/L
PH	6.5~8.5		SiO ₂	≤50mg/L
硬度	≤200mg/L		Cu ²⁺	≤0.2mg/L
总碱度	≤500mg/L		矿化度	<3g/L
Fe ²⁺	<1mg/L		油污	<5mg/L
Cl ⁻	<100mg/L		游离 CO ₂	<10mg/L
游离氯	0.5~1.0mg/L		H ₂ S	<0.5mg/L
注：资料来源DZ/T 0225。				

附 录 C
(规范性附录)
雷诺指数的计算方法和结垢性判定

C.1 雷诺指数应按下式确定：

$$RI = 2PH_s - PH_a \dots\dots\dots (C.1)$$

$$PH_s = -\log[Ca^{2+}] - \log[ALK] + K_c \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

RI—雷诺指数；

PH_s—地下水的PH计算值；

PH_a—地下水的PH实测值；

[Ca²⁺]—地下水中钙离子的摩尔浓度；

[ALK]—总碱度，即重碳酸根HCO⁻离子的摩尔浓度；

K_c—常数。

C.2 地下水的结垢性应根据雷诺指数按表C.1 确定。

表 C.1 根据雷诺指数（RI）确定的地下水结垢性

雷诺指数（RI）	结垢性
≤4.0	非常严重
4.0~5.0	严重
5.0~6.0	中等
6.0~7.0	轻微
>7.0	不结垢
注：资料来源CJJ 138。	

附 录 D
(规范性附录)

拉申指数的计算方法和结垢性、腐蚀性判定

D.1 拉申指数应按下式确定。

$$LI = \frac{[CL] + [SO_4]}{ALK} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

LI—拉申指数;

CL—氯化物或卤化物浓度, 以等当量的CaCO₃ (mg / L) 表示;

SO₄—硫酸盐浓度, 以等当量的CaCO₃ (mg / L) 表示;

ALK—总碱度, 即重碳酸根HCO₃浓度, 以等当量的CaCO₃ (mg / L) 表示。

上述CL、SO₄、ALK也可采用相应的该离子的毫克当量数确定。

D.2 地下水的结垢性和腐蚀性可根据拉申指数按表D.1 确定。

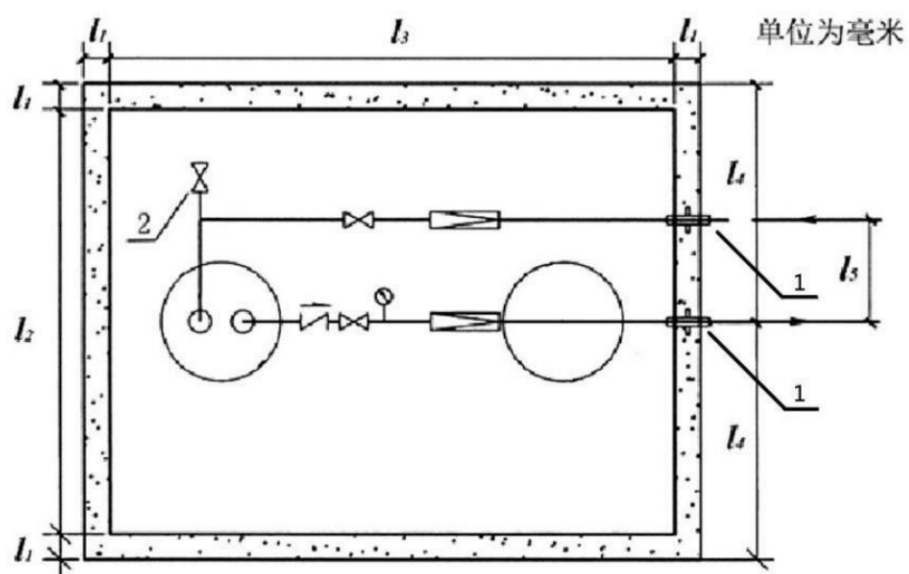
表 D.1 根据拉伸指数 (LI) 确定的地下水结垢性和腐蚀性

拉伸指数 (LI)	结垢性和腐蚀性
LI ≤ 0.5	有结垢性 , 没有腐蚀性
0.5 < LI ≤ 3.0	有腐蚀性 , 没有结垢性
3.0 < LI ≤ 10.0	轻腐蚀性
LI > 10.0	强腐蚀性
注: 资料来源CJJ 138。	

附录 E
(资料性附录)

井室、井口装置和监测仪表安装示意图

E.1 井室和井口装置安装示意图。



l_1	150
l_2	2500
l_3	3300
l_4	1400
l_5	600

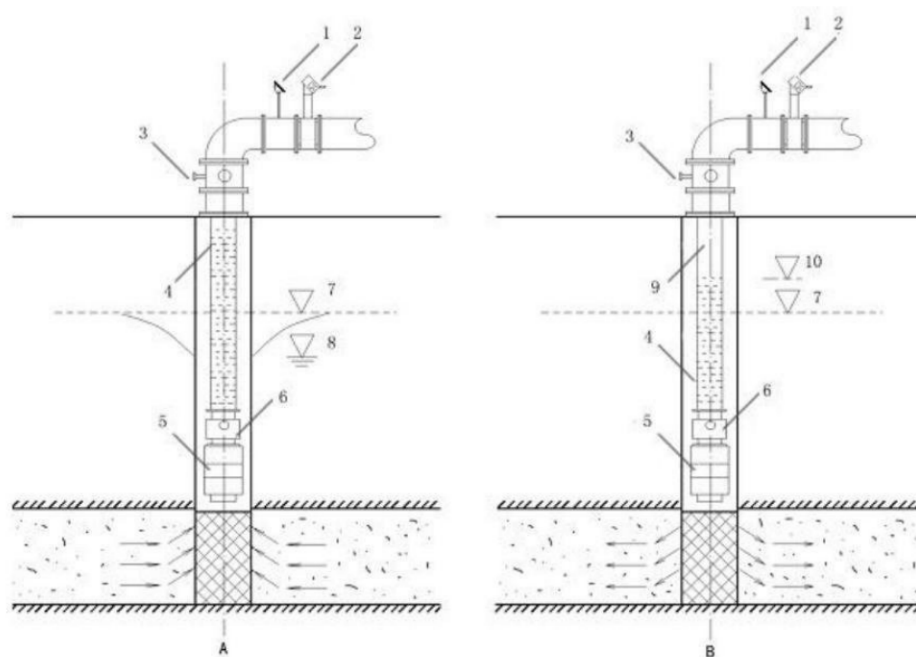
说明:

1—刚性防水套管;

2—排气阀。

图E.1 热源井井室及井口装置平面示意图

E.2 抽/灌分流器和监测仪表安装示意图。

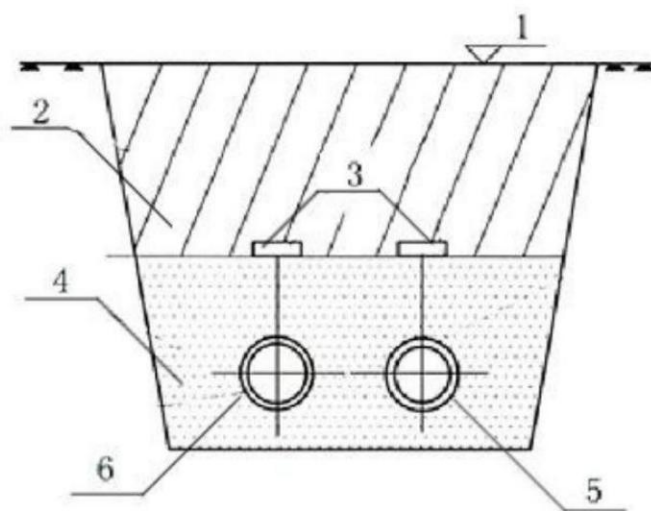


说明:

- 1—温度传感器;
- 2—电磁流量计;
- 3—水位传感器;
- 4—泵管;
- 5—潜水泵;
- 6—分流器
- 7—静水位;
- 8—动水位;
- 9—真空;
- 10—回灌动水位。

图E.3 抽/灌分流器和监测仪表安装示意图

E.3 供回水管道直埋敷设示意图。



说明:

- 1—室外地坪;
- 2—夯填土;
- 3—标志砖;
- 4—管道周围填沙;
- 5—供水管;
- 6—回灌管。

图E.4 供回水管道直埋敷设示意图

附 录 F
(资料性附录)
潜水泵扬水管路百米损失

潜水泵扬水管路百米损失可按表F.1确定。

表 F.1 潜水泵扬水管路百米损失表

管径 (mm)	扬 程 (m)											
	10	20	25	32	40	50	63	80	100	125	140	200
50	8	26	28	30								
65		8	13	20	30							
80				8	12	17	18					
100						5	8	13	17	22		
125								6	7	19	12	
150									4	5	10	

附 录 G
(资料性附录)
动态监测数据表

动态监测数据表可按表G.1设置。

表 G.1 动态监测数据表

年月： 井号： 井位：

地面至测点高度： 静水位：

日期		抽水井					回灌井					过滤器		管路 压力 (MPa)	备注
日	时	累计 流量 (m³)	瞬 时 流 量 (m³/h)	水位 (m)	出水 温度 (℃)	井 口 压 力 (MPa)	累计 流量 (m³)	瞬 时 流 量 (m³/h)	水位 (m)	注水 温度 (℃)	井 口 压 力 (MPa)	进 口 压 力 (MPa)	出 口 压 力 (MPa)		

附 录 H
(资料性附录)
热源井验收记录表

建设单位						工程名称					
热源井编号						坐标及高程					
热源井结构及尺寸											
井径 (mm)	管径 (mm)	井深 (m)	过滤器				滤料 规格	封闭 情况	沉淀管 长度 (m)	施工 日期	验收 评定
			类型	直径 (mm)		安 装 深 度 (m)					
				内径	外径						
抽水 (回灌) 试验结果											
洗井			静水位 (m)	水位下降 (上升) 值 (m)		抽 (灌) 水量		含砂量 (体积 比)	抽水 日期	验收评定	
方法	历时										
其他指标											
指标名称			井内沉淀高度 (m)			井管材质			井口止水		
验收评定											
验收结果		上述各项符合要求, 双方同意办理验收移交。									
施工单位 (盖章): 单位负责人 (签字): 项目负责人 (签字): 年 月 日						建设单位 (盖章): 单位负责人 (签字): 项目负责人 (签字): 年 月 日					

参 考 文 献

- [1] 水文地质手册（第二版），中国地质调查局，地质出版社，2012 年。
 - [2] 袁东立，地源热泵设计图集，中国建筑工业出版社，2010 年。
 - [3] 河北省地源热泵系统工程技术（重点地质部分）研究报告，河北省地热资源开发研究所，2015 年。
 - [4] 地下水源热泵工程技术规程，黑龙江省质量技术监督局，2013 年。
-