

ICS 27.080
CCS P45

DB 14

山 西 省 地 方 标 准

DB 14/T 2385—2021

浅层地源热泵系统工程技术规范

Technical code for shallow ground-source heat pump system

2021 - 12 - 28 发布

2022 - 03 - 28 实施

山西省市场监督管理局 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 基本规定	4
5 工程勘察	5
5.1 浅层地埋管换热系统勘察	5
5.2 地下水换热系统勘察	6
5.3 中水换热系统勘察	7
6 系统设计	8
6.1 浅层地埋管换热系统设计	8
6.2 地下水换热系统设计	10
6.3 中水换热系统设计	11
6.4 浅层地源热泵机房设计	12
7 系统施工	14
7.1 浅层地埋管换热系统施工	14
7.2 地下水换热系统施工	15
7.3 中水换热系统施工	16
7.4 浅层地源热泵机房施工	16
7.5 系统试压	17
8 调试、验收、监测与运行管理	17
8.1 调试与验收	17
8.2 监测与控制	19
8.3 运行管理	21
9 资源环境保护	21
附录 A（规范性） 中水换热系统计算公式	23
附录 B（资料性） 地埋管外径及壁厚	24
附录 C（规范性） 竖直地埋管换热器的设计计算	25
附录 D（规范性） 地下水换热系统总需水量的确定	28
参考文献	29

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。

本文件由山西省能源局提出并监督实施。

本文件由山西省能源标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：山西综改示范区供热有限公司。

本文件参与起草单位：太原理工大学、山西双良再生能源产业集团有限公司、山西土木学会暖通空调专业委员会、山西省可再生能源研究院、山西省可再生能源行业协会、山西双良新能源热电工程设计有限公司、中石化新星双良地热能热电有限公司。

本文件主要起草人：田琦、李宝山、刘鑫、李泽、杜彦青、贾佳、李沿英、徐坤、乔景亚、张晓亮、胡锡荣、马宁甫、张震宇、张亮亮、王凯、牛克龙、杨艳、梁亚玲、曹子龙、贺淑芹、王超慧、张志强、高鹏。

浅层地源热泵系统工程技术规范

1 范围

本文件规定了浅层地源热泵系统工程勘察、设计、施工、验收及运行管理的相关要求。

本文件适用于新建、改建和扩建的，以浅层的岩土体、地下水及中水为低温热源，以水或添加防冻剂的水溶液为传热介质，采用蒸汽压缩热泵技术进行供热、供冷或加热生活热水的系统工程。

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 18430.1 蒸汽压缩循环冷水(热泵)机组 第1部分工业或商业用及类似用途的冷水(热泵)机组

- GB 50013 室外给水设计标准
- GB 50014 室外排水设计标准
- GB 50015 建筑给水排水设计标准
- 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 50050 工业循环冷却水处理设计规范
- GB 50054 低压配电设计规范
- GB 50093 自动化仪表工程施工及验收规范
- GB 50189 公共建筑节能设计标准
- GB 50242 建筑给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 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 供水管井技术规范
- GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
- 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
- GB/T 50801 可再生能源建筑应用工程评价标准
- GB 55010 供热工程项目规范
- GB 55015 建筑节能与可再生能源利用通用规范
- CJJ 13 供水水文地质钻探与凿井操作规程
- CJJ 34 城镇供热管网设计规范
- CJJ 101 埋地聚乙烯给水管道工程技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

浅层地热能资源 shallow geothermal resources

蕴藏在浅层的岩土体、地下水或地表水中的热能资源。地表水包括河流、湖泊、海水、中水或达到国家排放标准的污水、废水等。

3.2

浅层地热能交换系统 shallow geothermal exchange system

将浅层地热能资源加以利用的热交换系统。

3.3

浅层地源热泵系统 shallow ground-source heat pump system

以浅层的岩土体、地下水或地表水为低温热源，由水源热泵机组、地热能交换系统、建筑物内系统组成的供热空调系统。根据地热能交换系统形式的不同，浅层地源热泵系统分为浅层地埋管地源热泵系统、地下水地源热泵系统和地表水地源热泵系统。

3.4

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机组。

3.5

传热介质 heat-transfer fluid

浅层地源热泵系统中，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。

3.6

浅层地埋管换热系统 shallow ground heat exchanger system

传热介质通过竖直或水平浅层地埋管换热器与浅层岩土体进行热交换的地热能交换系统。

3.7

浅层地埋管换热器 shallow ground heat exchanger

供传热介质与浅层岩土体换热用的，由埋于地下的密闭循环管组构成的换热器。根据管路埋置方式不同，分为水平浅层地埋管换热器和竖直浅层地埋管换热器。

3.8

水平浅层地埋管换热器 horizontal shallow ground heat exchanger

换热管路埋置在水平管沟内的浅层地埋管换热器。

3.9

竖直浅层地埋管换热器 vertical shallow ground heat exchanger

换热管路埋置在竖直钻孔内的浅层地埋管换热器。

3.10

环路集管 circuit header

连接各并联环路的集合管，通常用来保证各并联环路流量相等。

3.11

岩土体 rock soil body

岩石和松散沉积物的集合体，如砂岩、砂砾石、土壤等。

3.12

岩土热响应试验 rock-soil thermal response test

通过测试仪器，对项目所在场区的测试孔进行一定时间的连续加热，获得岩土综合热物性参数及岩土初始平均温度的试验。

3.13

岩土综合热物性参数 parameter of the rock-soil thermal properties

是指不含回填材料在内的，地理管换热器深度范围内，岩土的综合导热系数、综合比热容。

3.14

岩土初始平均温度 initial average temperature of the rock-soil

从自然地表下10m~20m至竖直地理管换热器埋设深度范围内，岩土常年恒定的平均温度。

3.15

测试孔 vertical testing exchanger

按照测试要求和拟采用的成孔方案，将用于岩土热响应试验的竖直地理管换热器称为测试孔。

3.16

换热孔 heat exchange hole

浅层地理管换热系统运行期间，其中埋设的地理管换热器参与热量交换的钻孔。

3.17

地下水换热系统 groundwater 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。

3.18

直接地下水换热系统 direct closed-loop groundwater 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。

3.19

间接地下水换热系统 indirect closed-loop groundwater 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。

3.20

含水层 aquifer

导水的饱和岩土层。

3.21

管井 deep well

井管从地面打到含水层，抽取地下水的井。

3.22

井身结构 well structure

构成钻孔柱状剖面技术要素的总称，包括钻孔结构、井壁管、过滤管、沉淀管、管外滤料及止水封井段的位置等。

3.23

抽水井 production well

用于从地下含水层中取水的井。

3.24

回灌井 injection well

用于向含水层灌注回水的井。

3.25

换热井 heat exchange well

用于从地下含水层中取水或向含水层灌注回水的井，是抽水井和回灌井的统称。

3.26

抽水试验 pumping test

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

3.27

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。

3.28

中水 reclaimed water

中水是指污水经适当再生工艺处理后，达到一定的水质标准，满足某种使用功能需求，可以进行有益使用的水。

3.29

中水热能资源 reclaimed water heat resources

中水中所蕴藏的低温热能，其能量主要来源于城市排热、污水处理工艺的增热产热和太阳辐射等。

3.30

中水换热系统 reclaimed water heat exchanger system

使用中水与某种介质进行热能交换的系统。

3.31

直接式中水换热系统 direct reclaimed water heat exchanger system

中水经过水处理后直接进入热泵机组换热器进行换热的热交换系统。

3.32

间接式中水换热系统 indirect reclaimed water heat exchanger system

中水经过水处理后进入中间换热器与热泵机组实现间接换热的换热系统。

3.33

间接式中水换热器 indirect reclaimed water heat exchanger

间接式中水换热系统中，从中水中取热或释热，并传递给其它介质的设备。

4 基本规定

4.1 浅层地热资源为可再生能源，有条件项目应优先采用浅层地源热泵系统。

4.2 浅层地源热泵系统设计前应进行工程场地状况调查，对项目可行性进行评估。

4.3 工程场地状况调查的主要内容包括（但不限于）：

- a) 场地以往相关资料的收集；
- b) 场地规划面积、形状及地形地貌特征；
- c) 场地内已有建筑和规划建筑物的占地面积及其分布、基础形式及埋深；
- d) 场地内已有树木植被、池塘、排水沟及架空输电线、市政管网、交通设施、历史文化遗迹、电信电缆的分布及综合管线分布；

- e) 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；
 - f) 交通道路状况及施工所需的电源、水源等；
 - g) 场地内已有水井的位置；
 - h) 工程场区及附近地下水径流方向、速度、地下水静水位、水温、水质分布、冻土层厚度等。
- 4.4 对已有气象水文地质资料或附近有水井的地区，可通过调查获取水文地质和气象资料。
- 4.5 浅层地源热泵系统设计前应根据地热资源条件、当地政府的相关政策、建筑空调与供热负荷特点、节能与环保要求，通过技术经济比较，合理确定浅层地源热泵系统方案。
- 4.6 冷、热负荷的确定应按 GB 50736、CJJ 34 和 GB 50189 的规定执行；既有建筑应按调查实际热负荷确定。
- 4.7 浅层地源热泵系统全年能效比应满足 GB 50801 的要求。
- 4.8 浅层地源热泵系统设计、施工与运行管理还应满足 GB 55010、GB 55015 以及 GB/T 50801 的节能环保等相关要求。
- 4.9 浅层地源热泵系统工程的勘察、设计、施工和监理应由具有相应资质的单位完成。

5 工程勘察

5.1 浅层地埋管换热系统勘察

- 5.1.1 浅层地埋管地源热泵系统方案设计前，应对工程场区内岩土体地质条件进行勘察。
- 5.1.2 浅层地埋管换热系统勘察的内容包括（但不限于）：
- a) 岩土层的结构与分布；
 - b) 岩土体热物性参数；
 - c) 岩土体温度随深度的变化；
 - d) 地下静水位、水温、水质及分布；
 - e) 地下水径流方向、流速。
- 5.1.3 勘察报告的内容包括（但不限于）：
- a) 项目概况；
 - b) 勘察工作概况；
 - c) 拟建工程场区场地条件；
 - d) 拟建工程场区地质条件；
 - e) 岩土热物性特征；
 - f) 地下换热器换热能力分析评价；
 - g) 拟建工程的风险性评估；
 - h) 结论与建议。
- 5.1.4 当浅层地埋管地源热泵系统的应用建筑面积在 $3000\text{m}^2\sim 5000\text{m}^2$ 时，宜进行岩土热响应试验；当应用建筑面积大于等于 5000m^2 时，应进行岩土热响应试验。岩土热响应试验方法应符合 GB 50366 附录 C 的规定，热物性参数的测量宜采用现场测试法，测试仪器仪表应具有有效期内的检验合格证、校准证书或测试证书。
- 5.1.5 测试孔的埋管换热器设置方式、深度和回填方式应与拟建设的工程换热孔保持一致。
- 5.1.6 测试设备与测试孔的连接应减少弯头、变径，连接管外露部分应保温，保温层厚度不应小于 20mm。
- 5.1.7 应用条件评估应根据可用的场地面积，结合岩土层的结构确定换热井井深，初步确定浅层地埋管换热器的布置。再根据单位延米的换热量，评估浅层地埋管换热系统具有的最大瞬时换热能力。计算

方法如下：

$$Q = aql \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- Q——浅层地埋管换热器最大瞬时换热量（kW）；
- a——单位延米换热量修正系数，可取0.8；
- q——单孔设计工况下单位延米换热量（W/m）；
- l——浅层地埋管系统总延米数（km）。

5.2 地下水换热系统勘察

5.2.1 地下水地源热泵系统方案设计前，应根据地源热泵系统对水量、水温和水质的要求，对工程厂区的水文地质条件进行勘察。

5.2.2 地下水水文地质勘察的内容包括（但不限于）：

- 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、流速、水力坡度、补给排泄条件；
- 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。

5.2.3 地下水换热系统勘察应进行水文地质试验。试验内容包括（但不限于）：

- a) 抽水试验；
- b) 回灌试验；
- c) 测量水位、水温和水量；
- d) 取分层水样并化验分析分层水质；
- e) 示踪试验；
- f) 渗透系数计算。

5.2.4 当地下水换热系统的勘察结果符合浅层地源热泵系统要求时，应采用成井技术将水文地质勘探井完善成换热井加以利用。成井过程应由水文地质专业人员进行监理。

5.2.5 勘查井勘察工作要求应符合下列规定：

- a) 抽水试验及回灌试验可利用已建井开展，不具备合适水井的应专门施工勘查井，勘查井施工应满足 GB 50027 的要求；
- b) 根据浅层地热能开发工程的建设需求、工作面积、工程负荷，确定勘察井的数量，按表 1 确定；
- c) 勘查井的深度，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，宜进行分层勘查，获取各层水化学资料；
- d) 勘查井的布置应依据地下水流场、渗透率及其他水文地质参数确定；
- e) 抽水试验及回灌试验步骤应满足 GB 50027 的要求；
- f) 在勘查井中取样分析地下水，机组热源侧水质应符合 GB/T 18430.1 的要求；
- g) 岩溶发育地区应对可能引起的地面塌陷等情况进行重点评述。

表1 勘察井工作量

系统应用建筑面积 A (m ²)	勘察井数量 (个)
A < 10000	1~2
A ≥ 10000	≥2

5.2.6 水文地质勘察报告的内容包括（但不限于）：

- a) 项目概况；
- b) 勘察工作概况；
- c) 拟建工程场地条件；
- d) 目标含水层分析评价；
- e) 换热井抽、灌能力分析评价；
- f) 地质环境影响与评价；
- g) 结论与建议。

5.2.7 应用条件评估应根据水文地质勘察报告，采用水文地质学的方法，计算工程场区可持续的最大允许涌水量，并根据抽水井与回灌井的距离确定可利用的温差，从而得出场区内地下水能满足的最大供热、供冷负荷。

5.3 中水换热系统勘察

5.3.1 中水热能资源勘察的内容包括（但不限于）：

- a) 中水输水路线；
- b) 中水源位置与建筑物的距离、取水与退水点位置；
- c) 中水源逐时流量及逐时水温；
- d) 中水水质条件，水质调查项目见表 2；
- e) 中水取水管线下游用户情况，包括用水需求的水量、水温、水质等；
- f) 中水处理厂的维修规律。

表2 中水水质调查项目

序号	水质参数	单位	序号	水质参数	单位
1	pH 值	—	11	溶解性总固体	mg/L
2	悬浮物 (SS)	mg/L	12	余氯	mg/L
3	浊度	NTU	13	粪大肠杆菌	个/L
4	生化需氧量 (BOD ₅)	mg/L	14	含砂量 (体积比)	—
5	氯离子	mg/L	15	二氧化硅	mg/L
6	氨氮	以 N 记, mg/L	16	总硬度	以 CaCO ₃ 记, mg/L
7	总氮	mg/L	17	总碱度	以 CaCO ₃ 记, mg/L
8	总磷	以 P 记, mg/L	18	硫化物	mg/L
9	硫酸盐	mg/L	19	石油类	mg/L
10	动植物油	mg/L			

5.3.2 中水热能资源利用条件勘察完成后，应编写中水热能资源勘察及利用评价报告。

5.3.3 中水热能资源勘察及利用评价报告的内容包括（但不限于）：

- a) 建设项目概况、来源、中水资源论证范围、开发利用状况分析等；
- b) 取用水合理性分析，分析可供工程项目利用的水量及其可靠性、水质及其稳定性、水温条件、合理取水量的核定等；
- c) 应对中水热能资源量进行评价，计算可利用中水换热功率，计算公式应符合附录 A 的规定；
- d) 取水影响论证及退水影响论证，论证中水取水与退水的适宜路线与方案以及取水、退水对下游用户的影响等内容；
- e) 影响补偿和水资源保护措施；
- f) 应根据工程具体情况进行经济性和风险性分析。

6 系统设计

6.1 浅层地埋管换热系统设计

6.1.1 地埋管管材与传热介质

6.1.1.1 浅层地埋管管材及管件应符合下列规定：

- a) 浅层地埋管管材与管件应采用化学稳定性好、耐腐蚀、导热系数大、流动阻力小的塑料管材及管件，宜采用高密度聚乙烯管（HDPE80 或 HDPE100），不宜采用聚氯乙烯管（PVC），且管件与管材材质应相同；
- b) 浅层地埋管外径及壁厚见附录 B；
- c) 竖直浅层地埋管换热器的 U 形弯管接头，宜选用定型的 U 形弯头成品件，不宜采用直管道煨制弯头，不应采用两个 90° 的弯管对接构成 U 型弯管。

6.1.1.2 传热介质应以水为首选，也可选用符合下列要求的其他介质：

- a) 安全，腐蚀性弱，与地埋管管材无化学反应；
- b) 较低冰点；
- c) 良好的传热特性，较低的摩擦阻力；
- d) 易于购买、运输和储藏。

6.1.1.3 在有可能冻结的地区，传热介质应添加防冻剂。防冻剂的类型、浓度及有效期应在充注阀处注明。

6.1.1.4 添加防冻剂后的传热介质的冰点宜比设计最低运行水温低 3℃~5℃。选择防冻剂时，应同时考虑防冻剂对管道与管件的腐蚀性，防冻剂的安全性、经济性及其对换热的影响。

6.1.2 换热系统设计

6.1.2.1 浅层地埋管换热系统设计前，应根据工程勘察报告评估浅层地埋管换热系统实施的可行性及经济性。

6.1.2.2 浅层地埋管换热系统设计前应明确待埋管区域内各种地下管线的种类、位置及深度，预留未来地下管线所需的埋管空间及埋管区域进出重型设备的车道位置。

6.1.2.3 浅层地埋管换热系统设计应进行全年动态负荷计算，最小计算周期应不少于 1 年。计算周期内，浅层地埋管换热系统总释热量宜与其总吸热量相平衡。

6.1.2.4 浅层地埋管换热器换热量满足浅层地源热泵系统最大吸热量或释热量的要求。在技术经济合理时，可采用辅助热源或冷源。

- 6.1.2.5 浅层地埋管换热系统宜结合系统末端需求和冷热源机组的设计方案进行分区设计，且采用条带状分散布设换热孔，保证地埋管运行的间歇性和地温的恢复。
- 6.1.2.6 浅层地埋管换热器应根据可使用地面面积、工程勘察结果及钻井施工成本等因素确定埋管方式。
- 6.1.2.7 浅层地埋管换热器设计计算宜根据现场实测岩土体及回填料热物性参数，采用专用软件进行。中、小型垂直浅层地埋管的设计计算应符合附录 C 的规定。
- 6.1.2.8 当浅层地埋管地源热泵系统的应用建筑面积在 5000m² 以上，或实施了岩土热响应试验时，应利用岩土热响应试验结果进行浅层地埋管换热器的设计，且宜符合下列要求：
- 夏季运行工况条件下，浅层地埋管换热器出口最高温度宜低于 33℃；
 - 冬季运行工况条件下，不添加防冻剂的浅层地埋管换热器进口最低温度宜高于 4℃，添加防冻剂的浅层地埋管换热器进口最低温度宜高于 -2℃。
- 6.1.2.9 浅层地埋管换热器设计计算时，环路集管不应包括在浅层地埋管换热器总长度内。对于大面积的垂直浅层地埋管换热系统，且水平埋管部分在整个系统中占较大的比例，水平埋管部分应折算成适当的浅层地埋管换热器长度，并计入垂直地埋管总长度中。
- 6.1.2.10 水平浅层地埋管换热器宜进行分组连接，每组换热器管长不大于 5000m，各组换热器形成的地埋管环路两端应分别与供、回水环路集管连接，应采取同程式布置，并应在各环路的总接口处设置检查井，井内设置相应的阀门和仪表。
- 6.1.2.11 水平浅层地埋管换热器可不设坡度。最上层埋管顶部应在冻土层以下 0.6m，且距地面不宜小于 1.5m。地埋管换热器可分层埋设，分层间距不应小于 1m；也可水平管沟埋设，水平管沟间距不应小于 1.2m。
- 6.1.2.12 垂直浅层地埋管换热器埋管深度宜为 40m~150m，钻孔孔径不宜小于 0.11m，钻孔间距应满足换热需要，间距不小于 4m。
- 6.1.2.13 为了加强系统换热和系统内能够及时排气，浅层地埋管换热器管内流体应保持紊流流态。垂直地埋管管内流速：单 U 形管不宜低于 0.6m/s，双 U 形管不宜低于 0.4m/s。水平环路集管坡度宜为 0.002。
- 6.1.2.14 地埋管环路两端应分别与供、回水环路集管相连接，且宜同程布置。每对供、回水环路集管连接的地埋管环路数宜相等。供、回水环路集管的间距应不小于 0.6m，否则管道应进行保温。每组供、回水集管连接的垂直地埋管孔数不宜超过 8 个，集管与分、集水器之间应设置关断阀。
- 6.1.2.15 浅层地埋管换热系统设计时应根据实际选用的传热介质的水力特性进行水力计算。
- 6.1.2.16 地埋管换热器安装位置应远离水井及室外排水设施，并宜靠近机房或以机房为中心设置。采用桩基埋管和垂直埋管的复合地下换热系统时，应保证桩基埋管换热器与垂直浅层地埋管换热器间的水力平衡。
- 6.1.2.17 浅层地埋管换热系统应根据地质特征确定回填料配方，回填料的导热系数不宜低于钻孔外或沟槽外岩土体的导热系数。
- 6.1.2.18 浅层地埋管换热系统宜采用变流量设计。
- 6.1.2.19 浅层地埋管换热系统设计时应考虑浅层地埋管换热器的承压能力，若建筑物内系统压力超过浅层地埋管换热器的承压能力时，应设中间换热器将浅层地埋管换热器与建筑物内系统分开。
- 6.1.2.20 浅层地埋管换热器的承压能力可按下式计算确定：

$$P = P_0 + \rho gh + 0.5P_h \dots\dots\dots (2)$$

式中：

P ——管路最大压力 (Pa)；

- P_0 ——当地大气压力 (Pa)；
- ρ ——地埋管中流体密度 (kg/m^3)；
- g ——重力加速度 (m/s^2)；
- h ——地埋管承压最不利点与闭式循环系统最高点的高度差 (m)；
- P_h ——水泵扬程 (Pa)。

- 6.1.2.21 浅层地埋管换热系统应设置反冲洗系统，冲洗流量不应低于工作流量的 2 倍。
- 6.1.2.22 浅层地埋管换热系统应设自动充液及泄漏报警系统，需要防冻的地区，应设防冻保护装置。
- 6.1.2.23 大规模的浅层地埋管系统宜分区设置分、集水器，各区所有回路连接浅层地埋管换热器的数量和埋管深度宜保持一致。
- 6.1.2.24 浅层地埋管换热器的环路平均比摩阻宜控制在 $10\text{kPa}/100\text{m}\sim 30\text{kPa}/100\text{m}$ ，最大不应超过 $50\text{kPa}/100\text{m}$ 。
- 6.1.2.25 地埋管侧循环水泵的选型应符合下列要求：

- a) 循环流量应选取夏季地下侧总流量 G_s 和冬季地下侧总流量 G'_s 中的较大值。 G_s 和 G'_s 的计算方法如下：

$$G_s = 0.86(Q_L + N)/\Delta t_{s,x} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- Q_L ——地源热泵机组总制冷量 (kW)；
- N ——地源热泵机组总耗电量 (kW)；
- $\Delta t_{s,x}$ ——夏季地源水进出热泵机组温差 ($^{\circ}\text{C}$)。

$$G'_s = 0.86(Q_R + N)/\Delta t_{s,d} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- Q_R ——地源热泵机组总制热量 (kW)；
- N ——地源热泵机组总耗电量 (kW)；
- $\Delta t_{s,d}$ ——冬季地源水进出热泵机组温差 ($^{\circ}\text{C}$)。

- b) 地埋管侧循环水泵的扬程应按地埋管最不利环路的压力损失，加上热泵机组、平衡阀和其他设备管件的压损失，并考虑一定的安全裕量来确定。

6.2 地下水换热系统设计

6.2.1 地下水换热系统应根据水文地质勘察报告进行设计。必须采取可靠回灌措施，确保置换冷量或热量后的地下水全部回灌到同一含水层，并不得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、回灌量及其水位、水质进行定期监测。

6.2.2 地下水换热系统应根据地下水水质条件选择直接或间接系统，水系统宜采用变流量设计。当采用直接系统时，进入热泵机组的地下水水质应满足：PH 值为 6.5~8.5，含砂量 $< 1/200000$ ，矿化度 $< 3\text{g}/\text{L}$ ， $\text{CaO} < 200\text{mg}/\text{L}$ ， $\text{Cl}^- < 100\text{mg}/\text{L}$ ， $\text{SO}_4^{2-} < 200\text{mg}/\text{L}$ ， $\text{Fe}^{2+} < 1\text{mg}/\text{L}$ ， $\text{H}_2\text{S} < 0.5\text{mg}/\text{L}$ ；当水质条件不满上述要求时，应采用间接系统。

6.2.3 换热井设计应符合 GB 50296 的相关规定，并应包括（但不限于）下列内容：

- a) 换热井抽水量和回灌量、水温和水质；
- b) 换热井数量、井位分布及取水层位；
- c) 井管配置及管材选用，抽灌设备选择；
- 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。
- 6.2.4 抽水井和回灌井的平面布局应根据下列规定确定：
- 根据水文地质勘察报告，结合项目建设情况，确定抽水井和回灌井井位；
 - 换热井井位的设置避开有污染的地面或地层。
- 6.2.5 换热井设计时应采取减少空气侵入的措施。
- 6.2.6 换热井数目应满足持续出水量和完全回灌的要求。
- 6.2.7 地下水的持续出水量应满足浅层地源热泵系统最大吸热量或释热量的要求。
- 6.2.8 取用河流冲洪积一级阶地的砂及砂卵石层中地下水时，换热井设计应对因抽水引起的沉降值、沉降范围进行计算，并不得超过周边地面、管线设施、建（构）筑物沉降要求限值。
- 6.2.9 抽水井与回灌井宜能相互转换，其间应设排气装置。排气装置设计要求：
- 在地热流体中含气量较大的项目，宜设计独立排气装置，含气量较小的项目可在回灌系统高点或水质净化装置设计排气阀；
 - 回灌井井口宜设计排气口；
 - 排气装置流量应满足回灌设计的流量要求。
- 6.2.10 应根据水文地质勘察报告，考虑地下水含水层结构、含水层组成物质的粒径进行回灌井设计。
- 6.2.11 地下水回灌一般采用注入式回灌，通常的方式有自流回灌、真空回灌和压力回灌。地下水回灌方式宜采用自流回灌。特殊情况，在不改变含水层渗透率的前提下，可采用压力回灌方式。
- 6.2.12 回灌井井身结构宜与抽水井相同，单纯回灌井井身结构可不同于抽水井。
- 6.2.13 为预防和处理回灌井堵塞，设计中应考虑回扬措施。
- 6.2.14 回灌水管出水孔段应布置在主要含水层厚度的 1/2 处。泵井管的连接部位，泵管与井管之间应做好密封。真空回灌时必须先抽真空，保持回灌所需的真空度。
- 6.2.15 地下水抽水管、回灌管不得与市政管道连接。抽水管和回灌管上均应设置水样采集口及监测口，且抽水管宜采用保温措施。
- 6.2.16 地下水供回水管网的布置应考虑多口抽水井、回灌井水力的平衡。
- 6.2.17 应根据取水方式、建筑物冷（热）负荷、水源热泵机组性能、地下水温等因素，综合确定地下水换热系统总需水量。总需水量的确定应符合附录 D 的规定。
- 6.2.18 抽水泵的选型应符合下列要求：
- 应根据单井的流量-降深曲线（Q-S 曲线）确定抽水泵的流量，并考虑合适的安全裕量。
 - 抽水泵的扬程应按下式计算：

$$H = H_1 + H_2 \cdots \cdots \cdots (5)$$

式中：

H ——抽水泵的扬程（m）；

H_1 ——动水位液面到泵座出口测压点的垂直距离（m）；

H_2 ——抽水系统所需压力，系统摩擦阻力和局部阻力损失的总和（m）。

- 6.2.19 应根据建筑物的特点、使用功能及地下水的温度参数来确定机组的合理运行工况，以提高地下水地源热泵系统的整体运行性能。

6.3 中水换热系统设计

- 6.3.1 中水换热系统形式应根据中水热能资源勘查及利用报告确定，根据中水是否直接与热泵机组换热器接触，中水换热系统可分为直接式中水换热系统和间接式中水换热系统。

- 6.3.2 中水换热系统的设计，应采取措施保证中水水质不受污染。直接式中水换热系统中水水质应符合

合本文件 6.2.2 规定。

- 6.3.3 中水换热系统冬季取热量及夏季释热量的计算应符合附录 A 的规定。
- 6.3.4 根据监测的中水温度，确定系统中各节点的设计温度。对于直接式中水换热系统，冬季热泵中水回水的最低温度不宜低于 4℃，夏季热泵中水回水最高温度不宜高于 35℃。
- 6.3.5 中水热泵系统取水口应位于退水口的上游，取水口根据实际情况设置污物过滤装置。
- 6.3.6 中水在进入换热器前，宜根据水质实际情况设置自动过滤除污装置或中水专用过滤器，并能实现全自动连续过滤功能。
- 6.3.7 中水换热器宜具备免拆清洗功能，源水流道的流速不宜小于 1.0m/s。
- 6.3.8 直接式中水热泵机组的中水侧宜采用相应在线清洗措施。
- 6.3.9 间接式中水换热器宜采用小温差、不易堵塞、易清洗的换热器。
- 6.3.10 间接式中水换热器的设计应符合下列要求：
 - a) 应根据水质特点，确定间接式中水换热器的材质及换热壁面厚度，并应满足 GB 50050 的要求；
 - b) 应考虑并预留换热器进行人工检修的空间；
 - c) 应充分考虑中水在换热器内污物附着、结垢等影响实际换热性能的不利影响，合理选择换热器传热系数。
- 6.3.11 中水换热系统中循环水泵的选型应符合下列要求：
 - a) 中水侧循环水泵宜采用变频水泵，并应同时满足夏季工况与冬季工况要求，技术经济比较合理时，冬夏季可分设循环泵；
 - b) 间接式中水换热器与热泵机组之间循环水泵的输送能效比（ER）应符合 GB 50189 的规定；
 - c) 水泵台数与规格宜与热泵机组及系统水力特性相对应。
- 6.3.12 中水换热系统设备、部件及管道应符合下列要求：
 - a) 与中水接触的设备、部件及管道均应具有防腐、防生物附着的能力或措施。技术经济比较合理时，可采用非金属或合金材料的中水换热器。中水管网选用适宜的材质，包括内外防腐的普通碳钢管、中水用球磨铸铁管及承压塑料管材等。
 - b) 中水换热系统换热器结构应尽可能简单，并应留有清洗开口或拆卸端头，便于清洗、更换管件等日常维护。中水管路系统应顺畅，尽量减少弯头及阀门等管路附件。
 - c) 水路系统的设计应符合 GB 50013 及 GB 50014 的要求。

6.4 浅层地源热泵机房设计

- 6.4.1 浅层地源热泵系统的机房设计，应符合 GB 50736 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。
- 6.4.2 热泵机房设计应遵照以下程序进行：
 - a) 设计之前，必须充分了解工程情况，应做好设计前的准备工作；
 - b) 根据建筑物的冷、热负荷、发展规划、使用场所等，进行多方案综合技术经济比较制定出既能满足用户要求，且技术先进、经济合理的方案；
 - c) 设备的选择与计算；
 - d) 机房的位置、大小及房间组成的确定；
 - e) 向配合专业提出协作条件；
 - f) 机房管路布置；
 - g) 编制设计文件、图纸，并列设备材料清单。
- 6.4.3 浅层地源热泵系统采用开式冷却塔时应增设板式换热器。

- 6.4.4 浅层地源热泵系统增设蓄热（冷）装置时，应进行技术经济性分析。
- 6.4.5 热泵机组、水泵、末端装置等设备和管路及部件的工作压力，应不大于其额定工作压力。
- 6.4.6 地源侧换热系统水泵的流量，应由所配主机与水系统设计温差等参数确定；水泵的扬程应由循环管路的水力计算确定。
- 6.4.7 热泵机组供热工况时，热源侧供回水温差不宜大于 10℃，设计供水温度不宜大于 65℃。
- 6.4.8 浅层地源热泵换热系统的供水温度低于 18℃时，宜直接利用换热系统的循环水对室内空气进行冷却处理或预冷。
- 6.4.9 在水源热泵机组外进行冷、热转换的浅层地源热泵系统应在水系统上设冬、夏季节转换阀门，并在转换阀门上作出明显标识。直接地下水换热系统应在水系统上预留机组清洗用旁通管。设计图纸应绘出水源热泵机组在冬、夏季转换时，与之相适配的阀门启闭原理图，以便指导施工及运行管理。
- 6.4.10 热泵机组应符合下列要求：
- 热泵机组应按设计工况参数进行选型；
 - 热泵机组的装机容量应符合暖通空调设计规范；
 - 热泵机组的设计工作压力应与系统工作压力相适应；
 - 当有生活热水需求时，宜优先采用热回收型热泵机组；
 - 当市政给水硬度较小时，生活热水宜采用热泵机组直接加热，直接加热生活热水的热泵机组出口的最高水温和配水点的最低水温应符合 GB 50015 相关规定；
 - 热泵机组的能效应满足 GB 55015 和 GB 30721 的相关要求。
- 6.4.11 空调侧循环水泵应符合下列要求：
- 冬夏季应分设循环水泵，水泵宜采取调速措施；
 - 空调侧循环水泵的输送能效比（ER）应符合 GB 50189 的相关规定；
 - 空调侧循环水系统较大，技术经济比较合理时，可按建筑各区域使用功能（运行时段）的不同、距离远近或末端机组水侧阻力的不同等因素，分设若干个环路。各环路阻力相差较大时，宜采用二级泵系统。
- 6.4.12 电气和控制设计应符合下列要求：
- 应符合 GB 55015 和 GB 50054 的要求；
 - 应具有安全连锁功能、故障报警功能和紧急故障处理功能；
 - 应具有本地手动控制和远程自动控制功能；
 - 宜采用自动化控制系统，包含集中数据采集，集中控制，集中工况显示，集中数据存储等。
- 6.4.13 机房设计应便于机组和配电装置的布置、运行操作、搬运、安装、维修和更换，以及进、出水管路的布置，并满足以下要求：
- 机房内的主要人行通道宽度不应小于 1.2m；相邻机组之间、机组与墙壁间的净距，不应小于 0.8m，并满足泵轴和电动机转子在检修时能拆卸；高压配电盘前的通道宽度，不应小于 2.0m；低压配电盘前的通道宽度，不应小于 1.5m；
 - 机房内，应设排水沟、集水坑，必要时应设排水泵；
 - 机房高度，应满足操作、维修的要求和最大物体的吊装要求。起重设备，应满足设备可拆卸部分的最重部件的吊装要求。
- 6.4.14 浅层地源热泵机房位置应设在靠近换热井（地埋管）和冷热负荷比较集中的地区。
- 6.4.15 浅层地源热泵机房宜独立设置或设在高层建筑的设备层和裙楼中，若条件所限也可设在地下室。
- 6.4.16 当浅层地源热泵机房设置在建筑物内时，应做好防振、隔声、消声等措施。

6.4.17 机房设计除应符合本文件规定外,尚应符合有关消防、安全、环保方面的国家现行标准的规定。

7 系统施工

7.1 浅层地埋管换热系统施工

7.1.1 浅层地埋管换热系统施工前应具备埋管区域的工程勘察报告和施工图设计文件。

7.1.2 浅层地埋管换热系统施工前应了解埋管场地内已有地下管线、其他地下构筑物的功能及其准确位置,并应进行场地清理,铲除地面杂草、杂物,平整地面。严禁损坏既有地下管线及构筑物。

7.1.3 换热孔钻孔方法应根据地质条件选择:

- a) 第四系松散层孔隙岩类宜采用回转钻进或冲击钻进;
- b) 基岩地层宜采用潜孔锤钻进;
- c) 若基岩地层上覆第四系地层,则钻进第四系地层时应采用跟管钻进,但跟管深度不宜大于40m。

7.1.4 竖直浅层地埋管钻孔施工应符合下列规定:

- a) 钻进过程中,做好钻孔记录,包括地下岩层情况、地下水情况;
- b) 钻孔开孔及终孔宜采用同一设计口径,当钻孔孔壁不牢固或者遇回填土、卵石层、流砂带、破碎带、孔洞、洞穴等复杂地层,应采取泥浆护壁或埋设套管护壁,护壁套管内径应与设计钻孔口径一致;
- c) 实际钻孔孔深宜大于设计孔深1m~2m;
- d) 钻孔施工应及时清除孔口残渣,设置排水沟和泥浆池等设施,以过滤、储存钻孔浆液;
- e) 潜孔锤钻进成孔后下管前,采用压缩空气或清水进行清孔,孔底沉渣不大于0.5m;
- f) 钻孔孔位偏差不应大于0.1m,钻孔的垂直偏差不应大于1.0%,钻孔终孔孔径不应小于设计孔径。

7.1.5 竖直浅层地埋管换热器的安装应符合下列规定:

- a) 竖直浅层地埋管换热器安装应在钻孔完成且孔壁固化后立即进行;
- b) 钻孔完成后下管前,应先将浅层地埋管换热器按设计要求组装好,并对浅层地埋管换热器进行水压试验;
- c) 水压试验合格后将浅层地埋管换热器带压下入孔内。下管过程中U形管内宜充满水,下管应连续、缓慢,并应采取措施使浅层地埋管换热器各支管处于分开状态。下管深度与设计深度误差不得超过0.5m;
- d) 下管完毕后浅层地埋管换热器上端应高出地面,管端应作好临时封闭措施,防止进入杂物。

7.1.6 竖直浅层地埋管回填应符合下列规定:

- a) 竖直浅层地埋管换热器安装完毕后应立即回填封孔,当埋管深度超过40m,灌浆回填应在周围临近钻孔均钻凿完毕后进行;
- b) 回填料宜采用膨润土、细砂和水泥的混合浆或专用灌浆材料,不应使用原状土回填;当浅层地埋管换热器设在密实或坚硬的岩土体中时,宜采用水泥基料回填;回填材料应具有与周围岩土相适应的较高的导热性能和保证钻孔密封性的低渗透率;
- c) 回填料应搅拌均匀后方可使用,回填应密实、无空腔。地下水位较高时,可采用孔口灌浆或孔底注浆,地下水位较低时,应采用孔底注浆;
- d) 采用孔口灌浆时,灌浆过程应缓慢,并注意观察地埋管周围回填料的沉降情况,必要时需采用多次灌浆回填,确认稳定后方可结束该工序;

- e) 采用孔底注浆时，注浆管和 U 型管应一起下入孔中，注浆管内径不宜小于 20mm，注浆管底端宜设防堵堵头，且注浆时应能够将其冲开，注浆管下入深度以距 U 型端头 0.3m~0.5m 为宜，注浆设备应选用专用注浆泵。
- 7.1.7 水平浅层地埋管换热器埋设应符合下列规定：
- 水平浅层地埋管换热器铺设前，沟槽底部应先铺设相当于管径厚度的细沙。水平浅层地埋管换热器安装时，应防止石块等重物撞击管身。管道不应有折断、扭结等问题，转弯处应光滑，且应采取固定措施；铺设完毕并试压合格后，覆土前应先使用细砂覆盖，厚度宜为 200mm 以上。
 - 水平浅层地埋管换热器回填料应细小、松散、均匀，且不应含石块及土块。回填过程应采用人工逐层均匀压实，回填料应与管道接触紧密，且不得损伤管道。
 - 水平浅层地埋管换热器铺设及回填应符合 GB 55010 和 CJJ 101 的要求。
- 7.1.8 管道连接应符合下列规定：
- 埋地管道应采用热熔或电熔连接。聚乙烯管道连接应符合 CJJ 101 的有关规定；
 - 竖直浅层地埋管换热器 U 形管的组对长度应能满足插入钻孔后与环路集管连接的要求，组对好的 U 形管的两开口端部应及时密封；
 - 竖直浅层地埋管换热器使用的管道，应组对整根放入，不得拼接。
- 7.1.9 浅层地埋管换热系统安装过程中，应进行现场检验，并提供检验报告。检验内容应符合下列规定：
- 管材、管件等材料应符合国家现行标准中的各项规定和设计要求，且应提供合格的质量检验报告和生产厂家的产品合格证；管材的公称压力及使用温度应满足设计要求，且管材的公称压力不应小于 1.0Mpa；
 - 钻孔、水平埋管的位置和深度、地埋管的直径、壁厚及长度均应符合设计要求；
 - 回填料及其配比应符合设计要求；
 - 水压试验应合格；
 - 各环路流量应平衡，且应满足设计要求；
 - 防冻剂和防腐剂的特性及浓度应符合设计要求；
 - 循环水流量及进出水温差均应符合设计要求。
- 7.1.10 施工过程中，应严格检查并做好管材、成品和半成品的保护工作。
- 7.1.11 当室外环境温度低于 0℃时，不宜进行浅层地埋管换热器的施工。
- 7.1.12 警示带宜铺设于管道上方，沟槽深度的 1/2 处。
- 7.1.13 当利用桩基埋管或在建筑物的底板基础下埋管时，应与有关专业协调衔接，考虑基础沉降、安全及施工工艺等因素。当埋管穿越建筑底板时，应采取严格的防水措施。
- 7.1.14 浅层地埋管换热器安装完成后，应在埋管区域做出标志或标明管线的定位带，并应采用两个现场的永久目标进行定位，并建立浅层地埋管换热器的数据档案。

7.2 地下水换热系统施工

- 7.2.1 地下水换热系统施工前应具备换热井及其周围区域的工程勘察资料、设计文件和施工图纸。
- 7.2.2 换热井施工应符合 GB 50296 的规定。
- 7.2.3 换热井施工过程中应同时绘制地层钻孔柱状剖面图。
- 7.2.4 换热井在成井后应及时洗井。洗井结束后应进行抽水和回灌试验，管网安装完成后应进行群井抽水和回灌试验。
- 7.2.5 抽水试验应稳定延续 12h，出水量不应小于设计出水量，降深不应大于 5m；回灌试验应稳定延

续 36h 以上，回灌量应大于设计回灌量。

7.2.6 换热井井口应严格封闭，井内装置应使用对地下水无污染的材料。

7.2.7 换热井井口处应设置检查井。井口上若有构筑物，应留有检修空间或在构筑物上留有检修口。

7.2.8 换热井设置的检查井应设专门标志，地下水供回水管应在地面做出标明管线的定位带。

7.2.9 地下水供回水管采用聚乙烯管（PE100）直埋敷设时，采用热熔连接；地下水供回水管采用无缝钢管时，采用法兰或焊接连接，供水管宜保温；换热井中的供回水管应采用法兰连接。

7.3 中水换热系统施工

7.3.1 中水热泵系统施工前应具备中水热能资源评价报告、设计文件和施工图纸等。

7.3.2 管道、管件和阀门应符合下列要求：

- a) 系统管道、管件和阀门的材质及工作压力等应符合设计要求；
- b) 法兰、螺纹等处的密封材料应与管内的介质性能相适应；
- c) 安全阀门应有出厂检验合格证明；
- d) 输送乙二醇溶液的管道系统，不应使用内镀锌管道及含锌材料的配件。

7.3.3 间接式中水换热器安装按照《国家建筑标准设计图集（05R103）》的要求施工。

7.3.4 管线布置可采用枝状管网或环状管网，管道宜采用双管制直埋敷设。直埋敷设时应考虑土壤冰冻深度、地下水水位、土壤腐蚀特性等。

7.3.5 管网输送干线每隔 2.0km~3.0km，输配干线每隔 1.0km~1.5km，宜装设一个分段阀。

7.3.6 管网主干管或支干管的起点应安装关断阀门。

7.4 浅层地源热泵机房施工

7.4.1 浅层热泵机房设备安装前，应勘查机房内的设备基础和现场施工条件，编制重要设备吊装施工方案。

7.4.2 机房设备安装前，应按设计要求校验主机、水泵、板式换热器、稳压设备、水箱等设备的型号、规格、性能及技术参数，并应具备产品合格证书、产品性能检验报告。

7.4.3 热泵机组安装应符合下列要求：

- a) 热泵机组及附属设备的混凝土基础需建在承重结构底板上，并进行质量交接验收，合格后方可安装。在机组安装前，应对基础进行复查。混凝土基础的强度应符合设计要求，基础表面平整，不得有凹陷、蜂窝、麻面、空鼓等缺陷。基础的大小、位置、标高应符合设计要求。
- b) 热泵机组及附属设备安装的位置、标高和管口方向应符合设计要求。
- c) 热泵机组与其他设备之间的管道连接，其坡度与坡向，应符合设计及设备技术文件要求。
- d) 热泵机组安装除应符合本文件规定外，尚应符合 GB 50242、GB 50243 及 GB 50274 的规定。

7.4.4 管道系统安装应符合下列要求：

- a) 应根据管道材质选择相应的施工工艺；
- b) 管道与主机、水泵等设备采用柔性连接，且不得强行对口连接；
- c) 在与主机、水泵等运转、振动设备连接的管道处，应设置独立、固定的支吊架；
- d) 支吊架的紧固件不宜直接接触管道，支吊架与管道间应避免产生冷桥。

7.4.5 设备的安装还应符合下列要求：

- a) 主机横向纵向的安装误差不大于 1%，水平误差不大于 2‰；
- b) 水泵的横向水平度误差小于 2‰，纵向水平度误差小于 1‰；
- c) 抽查数量不少于 10%，且不得少于一台；

- d) 固定措施宜采用普通膨胀螺栓、化学膨胀螺栓或地脚螺栓二次浇灌，并有防松动措施；
 - e) 减振措施应使用减振垫、减振器或减振台。减振垫、减振器安装位置应正确；各个减振器的压缩量应均匀一致；弹簧减振的热泵机组，应设有防止机组运行时水平位移的限位装置；
 - f) 水泵与电机采用联轴器连接时，联轴器两轴芯的允许偏差，径向位移不应大于 0.05mm，小型整体安装的管道水泵不应有明显的倾斜；
 - g) 水泵的进出口均应设置阀门，进水口需设置过滤器，出水口应设置止回阀。
- 7.4.6 保温工程施工应按下列要求进行：
- a) 设备和管道系统的保温材料按设计要求选用；保温层与被保温体之间应无空隙；保温层搭接处应平滑过渡，缝隙密实一致、均匀；保温层纵缝应错接、密闭、不渗漏空气；易被损坏处宜有保护措施；
 - b) 需要经常拆装的阀门、过滤器、法兰等部位的保温结构宜能单独拆装。
- 7.4.7 机房管道穿越墙体或楼板处应设置钢制套管，并留出保温间隙；管道接口不得置于套管内；穿墙套管应做防水防火处理。

7.5 系统试压

- 7.5.1 浅层地埋管换热器安装前后均应对管道进行试压和冲洗。
- 7.5.2 管道保温工程应在管路系统试压、冲洗合格，除锈防腐工程完成后进行。
- 7.5.3 冷热源系统的冷热转换阀门应在试压与关断性能检查合格后安装；压力试验应符合 GB 50243 和 GB 55010 的规定。
- 7.5.4 水压试验应符合下列规定：
- a) 当换热孔中含有地下水时，水压试验过程如下：
 - 1) 竖直地埋管换热器插入钻孔前，应做第一次水压试验，试验压力应不小于 1.2MPa，在试验压力下，稳压应不少于 15min 且压力降不应大于 3%，无泄露现象。试验合格后将试验压力降至 0.5MPa，在有压状态下插入钻孔，回填完成后保压 1h；水平地埋管换热器放入沟槽前，应做第一次水压试验，试验压力应不小于 1.2MPa，在试验压力下，稳压应不少于 15min 且压力降不应大于 3%，无泄漏现象；
 - 2) 竖直或水平地埋管换热器与环路集管装配完成后，回填前应进行第二次水压试验，试验压力应不小于 0.5MPa。在试验压力下，稳压应不少于 30min 且压力降不应大于 3%，无泄漏现象；
 - 3) 环路集管与机房分集水器连接完成后，回填前应进行第三次水压试验，试验压力应不小于 0.5MPa。在试验压力下，稳压应不少于 2h，且无泄漏现象；
 - 4) 地埋管换热系统全部安装完毕，且冲洗、排气及回填完成后，应进行第四次水压试验，试验压力应不小于 0.5MPa。在试验压力下，稳压应不少于 12h 且压力降不应大于 3%。
 - b) 当换热孔中无地下水时，水压试验中系统最低点的压力不应大于管材的公称压力。
- 7.5.5 水压试验宜采用手动泵缓慢升压，升压过程中应随时观察与检查，不应有渗漏。
- 7.5.6 不应在有结冰的危险的寒冷天气中进行水压测试。不应使用空气进行压力测试。

8 调试、验收、监测与运行管理

8.1 调试与验收

- 8.1.1 浅层地源热泵系统交付使用前，应进行检验、调试与验收。

8.1.2 浅层地源热泵系统调试前应检查以下内容，确认满足调试要求：

- a) 现场安全防护措施可靠，供电、供水、排水等配套条件满足要求；
- b) 相关设备及管路冲洗、严密性试验已完成且符合要求；
- c) 相关电气系统和设备安全性、供电稳定性符合试运转要求；
- d) 放气阀应能正常工作，及时排出管道内的气体；
- e) 系统安全阀安装前应经过校验，并按有关要求调整其压力，铅封；
- f) 管道上的阀门、过滤器、软连接等附件正确安装、功能正常；
- g) 水系统压力表、温度计、流量计等仪表正确安装、读数正常。

8.1.3 水源热泵机组运转与调试步骤及内容：

- a) 调试时通过地源侧和空调侧旁通管冲洗管道，应避免冲洗管道的水进入水源热泵机组而损坏设备；
- b) 应对热泵机组地源侧、空调侧进水口过滤器进行多次清洗，确保设备的安全；
- c) 管道清洗打压后，关闭地源侧、空调侧旁通阀，使系统水进入机组内，机组地源侧、空调侧水系统进出口压力应正常，压力损失应小于 100kPa；
- d) 水源热泵机组制冷剂系统进出口压力应正常，温差、流量、压缩机吸排气温度、电流、电压、噪声等控制指标应符合有关要求；
- e) 应在典型工况下对水源热泵机组制热（冷）性能进行测试，测试机组负荷不宜小于其额定负荷 80%，测试参数包含热泵机组用户侧及热源侧进、出口水温、流量、供冷（热）量、机组输入电压、电流、功率因数、功率等。

8.1.4 水泵调试运转与调试步骤及内容应符合下列规定：

- a) 检查水泵的地脚螺栓及减震装置，确保其运行的稳定性，水泵接地装置应良好；
- b) 对水泵进行通电点试，确定叶轮旋转方向正确；
- c) 停泵时检查叶轮不应出现反转，检查水泵出口止回阀应完好；
- d) 水泵电机温升正常，确保运转时不出现过热现象；
- e) 调试过程中应对水泵的进口过滤网进行多次清洗，保证泵进口水流通畅；
- f) 对空调侧及地源侧补水泵，在运行时应进行观察，若无法补水，则停泵后，对水泵进行放气，确保其叶轮内充满水后，再开启水泵；
- g) 水泵运行稳定后，应对水泵性能进行测试，包括水泵流量、扬程、转速、三相电压、电流、功率因数、输入功率、噪声等参数。测试结果应符合要求。

8.1.5 浅层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批核准；
- b) 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、各分支流量及末端设备流量均达到设计要求，各分支环路流量允许偏差不大于 15%，实测循环总流量与设计流量偏差不大于 10%；
- c) 水力平衡调试完成后，应进行热泵机组的试运转，并填写运转记录，运行数据应达到设备技术要求；
- d) 热泵机组试运转正常后，应进行连续 24h 的系统试运转，并填写运转记录；
- e) 热泵系统调试应分冬夏两季工况进行，并对浅层地源热泵系统的实测性能作出评价，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，提交业主确认后存档。

8.1.6 浅层地源热泵系统工程竣工验收应由建设单位组织施工、设计、监理等单位共同进行，合格后方可办理竣工验收手续。

8.1.7 浅层地源热泵系统工程验收时应提供以下验收文件与资料：

- a) 图纸会审记录、设计变更通知单和竣工图；
- b) 主要材料、设备、成品、半成品和仪表的出厂合格证明及进场抽检试验报告；
- c) 成孔（井、开沟）施工记录；
- d) 成孔（井、开沟）检测报告；
- e) 回填施工记录；
- f) 压力试验报告；
- g) 隐蔽工程验收记录；
- h) 设备单机试运行记录；
- i) 系统联合试运行与调试记录；
- j) 工程检验批质量验收记录；
- k) 观感质量综合检查记录；
- l) 测量定位成果记录。

8.1.8 热泵系统整体运转、调试与验收除应符合本文件规定外，还应符合 GB 50243 和 GB 50274 等的相关规定。

8.1.9 地埋管换热系统的验收除应满足本文件 8.1.1~8.1.8 外，还应注意地埋管换热系统回填过程的检验应与安装地埋管换热器同步进行。

8.1.10 地下水换热系统的验收除应满足本文件 8.1.1~8.1.8 外，还应符合下列要求：

- a) 换热井持续出水量和回灌量应稳定，并应满足设计要求。
- b) 抽水试验结束前应采集水样，进行水质测定和含砂量测定。经处理后的水质应满足系统设备的使用要求，否则应在地下水与水源热泵机组之间加设中间换热器。
- c) 换热井应单独进行验收，且应符合 GB 50296 及 CJJ 13 的相关规定。
- d) 输水管网设计、施工及验收应符合 GB 50013 及 GB 50268 的相关规定。
- e) 地下水换热系统验收后，施工单位应提交换热井成井报告。报告应包括管井综合柱状图，洗井、抽水和回灌试验、水质检验及验收资料。

8.1.11 中水换热系统的验收除应满足本文件 8.1.1~8.1.8 外，还应符合下列要求：

- a) 检验调试合格后方可进行中水热泵系统验收。
- b) 中水热泵系统验收的程序和组织应遵守 GB 50300 的要求，并按照 GB 50300 附录表格的形式进行记录。

8.1.12 热泵机房系统的验收除应满足本文件 8.1.1~8.1.8 外，还应符合下列要求：

- a) 机房内的设备基础平面尺寸与承重应符合设计要求。
- b) 阀门的规格、型号、材质及其安装位置、高度、进出口方向应符合设计要求，连接应牢固紧密、平整。
- c) 支吊架、管道规格、材质、连接方式应符合设计要求。其中固定支架全部检查，滑动支架抽查数量不少于 5%；每个系统管道、部件数量抽查不少于 10%，且不得少于 5 件。
- d) 管道的绝热应采用不燃或难燃材料，其材质、密度、规格、厚度与施工安装应符合设计要求。

8.2 监测与控制

8.2.1 浅层地源热泵系统应设置监测与控制系统。

8.2.2 项目设有集中楼宇监控系统时，浅层地源热泵系统应纳入集中监控系统。

8.2.3 浅层地源热泵集中监控管理系统应具备与其他楼宇自动化系统兼容的通信接口。

8.2.4 浅层地源热泵系统应对（但不限于）下列参数进行监测：

- a) 地源侧供回水温度、流量、压力；
- b) 末端侧供回水温度、流量、压力；
- c) 中间换热器一、二次侧供回水温度、流量、压力；
- d) 水源热泵机组、水泵、工况转换及连锁阀门的启停；
- e) 水过滤器及水处理设备的压差；
- f) 系统安全保护及故障报警；
- g) 系统冷热量的瞬时值和累积值；
- h) 水源热泵机组、水泵等设备的运行参数。

8.2.5 监测与控制系统应根据建筑物规模、使用功能、系统形式、相关标准等综合确定，应包括（但不限于）下列功能：

- a) 运行参数监测、显示和记录；
- b) 各设备工作状态显示、启停连锁控制、报警及保护功能；
- c) 热泵机组台数、加减载控制功能；
- d) 水系统温度或压力控制功能；
- e) 用能分项计量；
- f) 系统调节与工况转换。

8.2.6 系统负荷及电耗监测要求：

- a) 监测时间间隔不大于 1h；
- b) 电耗监测点应设置在动力配电柜（箱）处；
- c) 热泵机组电耗与循环水泵电耗应分别监测，分开记录；
- d) 监测方式应为长期、连续监测。

8.2.7 对地质环境影响监测要求：

- a) 地质环境影响监测孔数量不少于换热孔数量的 1%；
- b) 其中地下温度监测时间间隔不大于 1h；
- c) 监测方式应为长期、连续监测。

8.2.8 应根据设置的埋管系统分区通过电动阀进行分组控制，实现埋管换热器的分区运行。

8.2.9 埋管换热系统应根据埋管分区选择典型位置设置测温装置。宜设置测温井，监测岩土温度和地下水环境变化。应用建筑面积超过 50000m² 的项目，温度监测井不少于 2 个。温度监测井应布置在换热井对角线的交叉点上，每孔井内在不同深度布置 2~3 组温度传感器。埋入土壤的温度传感器应有防腐蚀措施。

8.2.10 应在埋管换热器总分集水器的各支路上分别设置供回水温度传感器，在分集水器上设供回水压力传感器。

8.2.11 地下水换热系统应对抽水量、回灌量、水温、水质、水位变化等进行监测。必要时，应对周边建、构筑物 and 地面等进行沉降观测。

8.2.12 换热井应设置水位监测装置。当抽水井水位低于设定值，应停止抽水；当回灌井水位高于设定值，应及时进行回扬或洗井。

8.2.13 热泵机房内系统的监测与控制宜包括参数检测、参数与设备状态显示、自动调节与控制、工况自动转换、设备连锁与自动保护、能量计量以及中央监控与管理等。

8.2.14 多台机组系统应设置必要的措施防止所有热泵机组同时启动。

8.2.15 水源热泵机组应采取机组群控策略，优先采用由冷（热）量优化控制运行台数的方式。采用自

动运行的方式时，空调水系统和地热能交换系统中各相关设备及附件与水源热泵机组应进行电气联锁，顺序启停。台数控制的基本要求是：

- a) 让设备尽可能处于高效运行状态；
- b) 让相同型号设备的运行时间尽量接近，以保持同样的运行寿命（通常优先启动累积运行时间最少的设备）；
- c) 满足用户侧低负荷的需求。

8.2.16 浅层地源热泵监测与控制系统的设置应符合 GB 50736、GB 50019、GB 50093 的相关规定。

8.3 运行管理

8.3.1 系统运行过程中宜设置能耗能效监测评估系统，定期对系统运行能效进行测评，并根据结果改进运行策略，从而提升运行能效。能效提升的主要措施包括（但不限于）：

- a) 根据建筑物实际供热需求，设定热源侧循环水流量和地下换热器入口水温等，在保证供热系统效果的前提下合理取热；
- b) 根据建筑物实际供热需求，调节热泵供热的供水温度，避免过量供热；
- c) 根据建筑实际供热需求和管网平衡状况，调节供热侧水泵台数和频率，使得供热侧供回水温差达到设计值；
- d) 如当地有峰谷电价或消纳风力发电等可再生能源电价优惠政策，在运行中应充分考虑，以降低系统运行成本。

8.3.2 运行管理部门应制定浅层地源热泵系统运行管理制度，规范浅层地源热泵系统日常操作和维护管理。

8.3.3 应根据浅层地源热泵系统制冷（热）量、设备耗电量、热源侧换热量、土壤温度变化、地下水位深度、涌水量及水温等运行监测数据，优化全年运行方案。

8.3.4 运行管理中应对机组、水泵、末端装置等的能耗及其它基础数据定期进行统计与分析，优化运行策略。

9 资源环境保护

9.1 系统设计前必须进行环境影响评价。

9.2 浅层地源热泵系统的建设施工过程不应破坏生态环境及文物古迹。

9.3 对于浅层地埋管换热系统，应确保地下淡水层不受污染；对于地下水抽水和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进行评价并提出相应的防治措施。

9.4 地下水回灌必须采取可靠回灌措施，确保地下水置换冷热量后全部回灌到同一含水层，并不致引起其他不良的水文地质和工程地质现象。

9.5 回灌水水质应符合水质标准，不得低于原地下水水质，回灌后不会引起区域性地下水水质污染。

9.6 为避免回灌水产生二次污染，回灌管路宜采用非金属材质。

9.7 热泵机组使用的制冷剂，必须符合国家现行的环境保护规定。

9.8 为使施工过程中产生的扬尘对大气环境的影响降到最低，要求施工现场采取（但不限于）如下防护措施：

- a) 施工前须制定控制工地扬尘方案，施工期间接受城管部门的监督检查，采取有效防尘措施；
- b) 根据天气情况合理安排施工，风力大于 4 级时，停止有扬尘产生的施工；
- c) 工地周围设置围挡，围挡与地面、围挡与围挡之间要密封；

- d) 施工场地每天定期洒水，防止浮尘产生，在大风日加大洒水量及洒水次数；施工场地内运输通道及时清扫、冲洗，以减少汽车行驶扬尘；及时运走泥土等弃渣，如未及时清运，应该将渣土100%覆盖；
- e) 运输车辆应按要求配装密闭装置，不得超载，对易起尘物料及垃圾加盖篷布。

9.9 为使施工期间污废水对环境的影响降低到最低限度，施工期间应采取（但不限于）以下措施：

- a) 施工场地内设置临时沉淀池，对试压冲洗废水进行沉淀处理，处理后回用于施工场地降尘抑尘或者打井用水，确保废水不随意外排；
- b) 施工场地内设置防渗泥浆水池，泥浆水井沉淀后循环用于打井作业中，泥浆水回用不外排，废泥浆作为固废集中收集定期处理。

附 录 A
(规范性)
中水换热系统计算公式

A.1 可利用中水换热功率可采用公式(A.1)估算:

$$Q = \rho c_p V \Delta t \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- Q ——可利用中水换热功率 (kW) ;
- ρ ——中水密度 (kg/m^3) ;
- c_p ——中水比热容 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$] ;
- V ——可利用中水流量 (m^3/s) ;
- Δt ——可利用中水温升(降) ($^\circ\text{C}$) 。

A.2 按冬季设计热负荷确定的中水换热系统取热量可按公式(A.2)计算:

$$Q_o = Q_h - N_l = Q_h(1 - 1/COP) \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- Q_o ——中水换热系统吸热量 (kW) ;
- Q_h ——热泵机组制热量 (kW) ;
- N_l ——热泵机组功率 (kW) ;
- COP ——热泵机组制热性能系数。

A.3 按夏季设计冷负荷确定的中水换热系统释热量可按公式(A.3)计算:

$$Q_k = Q_l + N_l = Q_l(1 + 1/EER) \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

- Q_k ——中水换热系统释热量 (kW) ;
- Q_l ——热泵机组制冷量 (kW) ;
- N_l ——热泵机组功率 (kW) ;
- EER ——热泵机组制冷能效比。

附 录 B
(资料性)
地埋管外径及壁厚

表B.1 聚乙烯 (PE) 管外径及公称壁厚 (mm)

公称外径 (d_n)	平均外径		公称壁厚/材料等级		
	最小	最大	1.0MPa (公称压力)	1.25MPa (公称压力)	1.6MPa (公称压力)
20	20.0	20.3	—		
25	25.0	25.3	—	2.3+0.5/PE80	2.3+0.5/PE100
32	32.0	32.3	—	3.0+0.5/PE80	3.0+0.5/PE100
40	40.0	40.4	—	3.7+0.6/PE80	3.7+0.6/PE100
50	50.0	50.5	—	4.6+0.7/PE80	4.6+0.7/PE100
63	63.0	63.6	4.7+0.8/PE80	4.7+0.8/PE100	5.8+0.9/PE100
75	75.0	75.7	4.5+0.7/PE100	5.6+0.9/PE100	6.8+1.1/PE100
90	90.0	90.9	5.4+0.9/PE100	6.7+1.1/PE100	8.2+1.3/PE100
110	110.0	111.0	6.6+1.1/PE100	8.1+1.3/PE100	10.0+1.5/PE100
125	125.0	126.2	7.4+1.2/PE100	9.2+1.4/PE100	11.4+1.8/PE100
140	140.0	141.3	8.3+1.3/PE100	10.3+1.6/PE100	12.7+2.0/PE100
160	160.0	161.5	9.5+1.5/PE100	11.8+1.8/PE100	14.6+2.2/PE100
180	180.0	181.7	10.7+1.7/PE100	13.3+2.0/PE100	16.4+3.2/PE100
200	200.0	201.8	11.9+1.8/PE100	14.7+2.3/PE100	18.2+3.6/PE100
225	225.0	227.1	13.4+2.1/PE100	16.6+3.3/PE100	20.5+4.0/PE100
250	250.0	252.3	14.8+2.3/PE100	18.4+3.6/PE100	22.7+4.5/PE100
280	280.0	282.6	16.6+3.3/PE100	20.6+4.1/PE100	25.4+5.0/PE100
315	315.0	317.9	18.7+3.7/PE100	23.2+4.6/PE100	28.6+5.7/PE100
355	355.0	358.2	21.1+4.2/PE100	26.1+5.2/PE100	32.2+6.4/PE100
400	400.0	403.6	23.7+4.7/PE100	29.4+5.8/PE100	36.3+7.2/PE100

附录 C

(规范性)

竖直埋管换热器的设计计算

C.1 竖直埋管换热器的热阻计算

C.1.1 传热介质与U形管内壁的对流换热热阻可按式(C.1)计算:

$$R_f = \frac{1}{\pi d_i K} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

 R_f ——传热介质与U形管内壁的对流换热热阻 [(m·K) /W] ; d_i ——U形管的内径 (m) ; K ——传热介质与U形管内壁的对流换热系数 [W/ (m²·K)] 。

C.1.2 U形管的管壁热阻可按下列公式计算:

$$R_{pe} = \frac{1}{2\pi\lambda_p} \ln\left(\frac{d_e}{d_e - (d_o - d_i)}\right) \dots\dots\dots (C.2)$$

$$d_e = \sqrt{n}d_o \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

 R_{pe} ——U形管的管壁热阻 [(m·K) /W] ; λ_p ——U形管的导热系数 [W/ (m·K)] ; d_e ——U形管的当量直径 (m) ; 对单U形管, n=2; 对双U形管, n=4; d_o ——U形管的外径 (m) 。

C.1.3 钻孔灌浆回填材料的热阻可按式(C.4)计算(当埋管深度超过50m或钻孔遇风化岩类地质时应采取灌浆回填):

$$R_b = \frac{1}{2\pi\lambda_b} \ln\left(\frac{d_b}{d_e}\right) \dots\dots\dots (C.4)$$

式中:

 R_b ——钻孔灌浆回填材料的热阻 [(m·K) /W] ; λ_b ——灌浆材料导热系数 [W/ (m·K)] ; d_b ——钻孔的直径 (m) 。

C.1.4 地层热阻, 即从孔壁到无穷远处的热阻可按下列公式计算:

对于单个钻孔:

$$R_s = \frac{1}{2\pi\lambda_s} I\left(\frac{r_b}{2\sqrt{a\tau}}\right) \dots\dots\dots (C.5)$$

$$I(u) = \frac{1}{2} \int_u^\infty \frac{e^{-s}}{s} ds \dots\dots\dots (C.6)$$

对于多个钻孔:

$$R_s = \frac{1}{2\pi\lambda_s} \left[I\left(\frac{r_b}{2\sqrt{a\tau}}\right) + \sum_{i=2}^N I\left(\frac{x_i}{2\sqrt{a\tau}}\right) \right] \dots\dots\dots (C.7)$$

式中:

- R_s ——地层热阻 [(m·K) /W] ；
- λ_s ——岩土体的平均导热系数 [W/ (m·K)] ；
- I ——指数积分公式；
- r_b ——钻孔的半径 (m) ；
- a ——岩土体的热扩散率 (m²/s) ；
- τ ——运行时间 (s) ；
- x_i ——为第*i*个钻孔与所计算钻孔之间的距离 (m) 。

C.1.5 短期连续脉冲负荷引起的附加热阻可按下式计算：

$$R_{sp} = \frac{1}{2\pi\lambda_s} I \left(\frac{r_b}{2\sqrt{a\tau_p}} \right) \dots\dots\dots (C.8)$$

- 式中：
- R_{sp} ——短期连续脉冲负荷引起的附加热阻 [(m·K) /W] ；
 - τ_p ——短期脉冲负荷连续运行的时间，例如8h。

C.2 竖直埋管换热器钻孔的长度计算

C.2.1 制冷工况下，竖直埋管换热器钻孔的长度可按下列公式计算：

$$L_c = \frac{1000Q_c[R_f+R_{pe}+R_b+R_s \times F_c+R_{sp} \times (1-F_c)] \left(\frac{EER+1}{EER} \right) \dots\dots\dots (C.9)$$

$$F_c = T_{c1}/T_{c2} \dots\dots\dots (C.10)$$

- 式中：
- L_c ——制冷工况下，竖直埋管换热器所需钻孔的总长度 (m) ；
 - Q_c ——水源热泵机组的额定冷负荷 (kW) ；
 - F_c ——制冷运行份额；
 - t_{max} ——制冷工况下，埋管换热器中传热介质的设计平均温度，通常取37℃；
 - t_{∞} ——埋管区域岩土体的初始温度 (℃) ；
 - EER ——水源热泵机组的制冷性能系数；
 - T_{c1} ——一个制冷季中水源热泵机组的运行小时数，当运行时可取一个月时， T_{c1} 为最热月份水源热泵机组的运行小时数；
 - T_{c2} ——一个制冷季中的小时数，当运行时间取一个月时， T_{c2} 为最热月份的小时数。

C.2.2 供热工况下，竖直埋管换热器钻孔的长度可按下列公式计算：

$$L_h = \frac{1000Q_h[R_f+R_{pe}+R_b+R_s \times F_h+R_{sp} \times (1-F_h)] \left(\frac{COP-1}{COP} \right) \dots\dots\dots (C.11)$$

$$F_h = T_{h1}/T_{h2} \dots\dots\dots (C.12)$$

- 式中：
- L_h ——供热工况下，竖直埋管换热器所需钻孔的总长度 (m) ；
 - Q_h ——水源热泵机组的额定热负荷 (kW) ；
 - F_h ——供热运行份额；
 - t_{min} ——供热工况下，埋管换热器中传热介质的设计平均温度，通常取2℃~5℃；
 - COP ——水源热泵机组的供热性能系数；

T_{h1} ——一个供热季中水源热泵机组的运行小时数，当运行时间取一个月时， T_{h1} 为最冷月份水源热泵机组的运行小时数；

T_{h2} ——一个供热季中的小时数。当运行时间取一个月时， T_{h2} 为最冷月份的小时数。

附录 D
(规范性)

地下水换热系统总需水量的确定

D.1 夏季水源热泵机组按制冷工况运行时，地下水换热系统的总需水量可按下式确定：

$$m_{gw} = \frac{Q_c + N_c}{C_p(t_{gw1} + t_{gw2})} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

- m_{gw} ——地下水换热系统总需水量 (kg/s)；
- Q_c ——建筑物空调冷负荷 (kW)；
- N_c ——热泵机组制冷输入功率 (kW)；
- C_p ——地下水的定压比热容 [kJ/(kg·℃)]；
- t_{gw1} ——进入换热器的地下水温 (℃)；
- t_{gw2} ——离开换热器的地下水温 (℃)。

在直接地下水换热系统中，换热器为热泵机组的冷凝器；在间接地下水换热系统中，换热器为中间换热器。

D.2 冬季水源热泵机组按制热工况运行时，地下水换热系统的总需水量可按下式确定：

$$m_{gw} = \frac{Q_h - N_h}{C_p(t_{gw1} - t_{gw2})} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：

- m_{gw} ——地下水换热系统总需水量 (kg/s)；
- Q_h ——建筑物空调热负荷 (kW)；
- N_h ——热泵机组制热输入功率 (kW)；
- C_p ——地下水的定压比热容 [kJ/(kg·℃)]；
- t_{gw1} ——进入换热器的地下水温 (℃)；
- t_{gw2} ——离开换热器的地下水温 (℃)。

在直接地下水换热系统中，换热器为热泵机组的蒸发器；在间接地下水换热系统中，换热器为中间换热器。

参 考 文 献

- [1] GB 50366-2009 地源热泵系统工程技术规范
 - [2] NB/T 10097-2018 地热能术语
 - [3] DB11/T 1253-2015 地埋管地源热泵系统工程技术规范
 - [4] DB11/T 1254-2015 再生水热泵系统工程技术规范
 - [5] DB13(J)/T107-2016 地源热泵系统工程技术规程
 - [6] DB13/T 2552-2017 地下水地源热泵系统工程技术规程
 - [7] DB13/T 2555-2017 地埋管地源热泵系统工程技术规程
 - [8] DB2101/T01-2016 地源热泵系统工程技术规程
 - [9] DGJ32/TJ 89-2009 地源热泵系统工程技术规程
 - [10] 湖南省地源热泵系统工程技术导则
-