

ICS 27.080
CCS J 75
备案号: 94891-2023

DB11

北 京 市 地 方 标 准

DB11/T 1253—2022
替代 DB11/T 1253—2015

地埋管地源热泵系统工程技术规范

Technical code for ground-coupled heat pump system

2022 - 12 - 27 发布

2023 - 04 - 01 实施

北京市市场监督管理局 发布

目 次

前言..... 11

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 2

4 基本规定..... 3

5 勘查与评估..... 3

6 系统设计..... 5

7 施工安装..... 7

8 调试与验收..... 10

9 智能监控..... 11

附录 A（规范性） 岩土热响应试验 14

附录 B（资料性） 地埋管外径及壁厚 15

附录 C（资料性） 岩土体热物性参数 16

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。

本文件代替DB 11/ T 1253—2015《地源热泵工程技术规范》，与DB 11/ T 1253—2015相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 基本规定中增加了与各项规划相协调，且符合高效、绿色的要求（见 4.1、4.3），删除了资质要求和不必要的表述（见 2015 版 4.2、4.3）；
- b) 勘查与评估删除了有关勘查资质的管理规定（见 2015 版 5.1.2），增加了热泵和配套设施建筑空间调查内容（见 5.2.3）；
- c) 系统设计删除了有关设计资质的管理规定（见 2015 版 6.1.1），增加了辅助热源调峰、蓄能、监测和智能化节能控制系统、输配管线、消防安全设计等内容（见 6.1、6.3、6.4、6.5、6.7）；
- d) 系统施工删除了有关施工资质的管理规定（见 2015 版 7.1.1），增加了输配管线施工、施工安全等内容（见 7.3、7.5）；
- e) 调试与验收删除了关于监理单位的管理规定（见 2015 版 9.4.1），系统水压试验内容由调试与验收（见 2015 版 9.2.4）移至施工安装（见 7.2.11）；
- f) 增加了智能化控制和运行管理内容（见 9.6、9.7）。

本文件由北京市发展和改革委员会提出并归口。

本文件由北京市发展和改革委员会组织实施。

本文件起草单位：北京市地质矿产勘查院、北京市地热调查研究所、北京节能环保中心、自然资源部浅层地热能重点实验室、北京市华清地热开发集团有限公司、北京市勘察设计研究院有限公司、北京市标准化研究院、北京市燃气集团有限责任公司、北京北投生态环境有限公司、建科环能科技有限公司、北京华清荣益地能科技开发有限公司、北京华业阳光新能源有限公司、北京市标准化研究院、北京能源学会、华清安泰能源股份有限公司、中国航空规划设计研究总院有限公司、北京市工程咨询有限公司、北京华誉能源技术股份有限公司、华北电力大学、北京市热力集团有限责任公司、北京华清荣昊新能源开发有限责任公司。

本文件主要起草人：李宁波、王刚、孙干、杨俊伟、郑佳、于媛、郭艳春、杜林芳、刘宁、李翔、李娟、李文峰、陈向春、韩东梅、魏本平、张文秀、刘少敏、张进平、刘伟、韩敏霞、冯铮、王立志、李海东、李忠武、张志尧、刘启明、吴媛媛、魏国、杨灵艳、张建立、李凯、毕文明、孙亚峰、许哲、张军、张宇宁、张伟、刘雅斌、史福山。

本文件及其所代替的文件的历次版本发布情况为：

- 2015年首次发布为DB11/T 1253—2015；
- 本次为第一次修订。

地埋管地源热泵系统工程技术规范

1 范围

本文件规定了地埋管地源热泵系统工程（简称地源热泵工程）的基本规定、勘查与评估、系统设计、施工安装、调试与验收、智能监控等技术要求。

本文件适用于以岩土体为低温热源的地源热泵工程的建设和运行。

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 14848 地下水质量标准
- GB 50015 建筑给水排水设计标准
- GB 50194 建设工程施工现场供用电安全规范
- GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收标准
- GB 50203 砌体结构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 50261 自动喷水灭火系统施工及验收规范
- GB 50274 制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范
- GB 50366 地源热泵系统工程技术规范
- GB 50411 建筑节能工程施工质量验收标准
- GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
- GB 50738 通风与空调工程施工规范
- GB 50974 消防给水及消火栓系统技术规范
- GB 55015 建筑节能与可再生能源利用通用规范
- CJJ 101 埋地塑料给水管道工程技术规程
- DZ/T 0225 浅层地热能勘查评价规范
- JGJ 33 建筑机械使用安全技术规程
- JGJ 46 施工现场临时用电安全技术规范
- JGJ 59 建筑施工安全检查标准
- JGJ/T 132 居住建筑节能检测标准
- NB/T 10274 浅层地热能开发地质环境影响监测评价规范
- DB11/687 公共建筑节能设计标准
- DB11/T 852 有限空间作业安全技术规范
- DB11/891 居住建筑节能设计标准
- DB11/1066 供热计量设计技术规程
- DB11/T 1419 通用用能设备碳排放评价技术规范
- DB11/T 1639 地源热泵系统节能监测

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地埋管地源热泵系统 ground-coupled heat pump system

以岩土体为低温热源，以地埋管为换热方式，以水为传热介质，由水源热泵机组、地热能交换系统、建筑物内系统组成的供冷、供热系统。

3.2

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

通过测试仪器，对项目所在场区的勘查测试孔进行一定时间的连续换热试验，获得项目场区岩土体的初始平均温度、岩土体综合热物性及岩土体换热能力等参数。

3.3

埋设温度传感器法 embedding temperature sensor method

在竖直地埋管换热器不同深度埋设温度传感器，通过实时监测温度传感器的监测数值，确定不同深度岩土体温度的方法。

3.4

无负荷循环法 reactive circulation method

不向地埋管换热器内循环水加载冷、热量，利用循环水与岩土体达到热平衡时的温度，分析岩土体初始平均温度的方法。

3.5

水温平衡法 water temperature balance method

地埋管换热器安装完成后在管内充满水，静置至少48h后管内的水与岩土体达到热平衡，通过水泵循环将管内的水泵出，同时监测水温的变化，通过管内水的温度分析岩土体温度的方法。

3.6

稳定热流测试 steady heat flow test

向地埋管换热器循环介质提供稳定的热量，记录地埋管换热器进、出水温度的响应情况，计算岩土体综合热物性参数的测试方法。

3.7

稳定工况测试 steady working condition test

建立稳定的地埋管换热器夏季或冬季运行工况，记录地埋管换热器进、出水温度的响应情况，计算岩土体在设定工况下的换热能力的测试方法。

3.8

换热监测孔 heat exchange monitoring hole

通过在换热孔内下入温度传感器，用于监测地埋管换热器换热过程中其周边地层温度变化的换热孔。

3.9

影响监测孔 heat exchange effect monitoring hole

通过在钻孔内下入温度传感器，用于监测换热孔温度变化影响范围的钻孔，一般布设于换热孔间或布孔区域周边5m距离内。

3.10

常温监测孔 initial temperature monitoring hole

通过在钻孔内下入温度传感器，用于监测不同季节地层原始温度的钻孔，一般布设在换热孔布设区域边缘10m距离外。

4 基本规定

4.1 地源热泵工程前期策划应与供热规划、节能规划、能源规划、市政规划、地铁规划等相协调。

4.2 地源热泵工程承担单位在勘查、设计、施工安装、运维等方面应具有相应的技术能力。

4.3 地源热泵工程设计方案应符合安全可靠、绿色低碳、高效节能、经济合理、精细智能的要求。

4.4 地源热泵工程应选用高效节能设备和绿色环保材料。

4.5 地源热泵工程施工前应进行工程场地状况调查和浅层地热能勘查。

5 勘查与评估

5.1 一般规定

5.1.1 地源热泵工程方案设计前应收集建设场地及其周边一定范围内地质、水文地质等方面的基本资料。

5.1.2 应根据建设场地和地质条件确定相应的勘查方法。

5.1.3 应进行浅层地热能地质条件评估，并编制评估报告。

5.2 场地调查

5.2.1 工程场地状况调查应包括热源系统场地状况调查、热泵机组和配套设施的建筑空间调查。

5.2.2 热源系统场地状况调查包括下列内容：

- a) 场地规划面积、形状及地形地貌特征；
- b) 场地内已有建筑物和规划建筑物的占地面积及其分布、基础形式及埋深；
- c) 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、电信电缆的分布及规划综合管线分布；
- 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) 交通道路状况及施工所需的电源、水源情况。

5.2.3 热泵机组和配套设施的建筑空间调查包括下列内容：

- a) 建筑空间与热源系统之间的管线长度和构筑物及路由情况；
- b) 建筑空间面积、层高、承重能力、隔音水平、防水性能；
- c) 配电变压器容量、配电室、配电系统、给水排水等情况。

5.3 浅层地热能勘查

5.3.1 应根据工程场地范围内区域的地质条件差异和换热孔分布情况，勘察孔分散布设于换热孔区域。

5.3.2 浅层地热能勘察应按下列要求进行：

- a) 采用竖直地埋管换热方式，浅层地热能勘察采用钻探进行，勘察孔深度宜比预计的埋管深度深 5m，勘察孔应进行地球物理测井；
- b) 采用水平地埋管换热方式，浅层地热能勘察采用槽探或钎探进行，槽探位置和长度应根据场地形状确定，槽探的深度宜超过预计的埋管深度 1m，钎探技术标准参照 GB 50202 的相关规定执行；
- c) 工程场地地层岩性差异较小时，勘察工作量的布置按表 1 确定，工程场地地层岩性差异较大时，根据场地内地质条件增加探槽或勘察孔数量。

表1 探槽和勘察孔工作量

埋管方式	系统应用建筑面积 A (m ²)	探槽、勘察孔数量 (个)
水平	A < 500	1 (探槽)
	A ≥ 500	≥ 2 (探槽)
竖直	A < 10000	1~2 (孔)
	10000 ≤ A < 25000	2~3 (孔)
	25000 ≤ A < 50000	3~4 (孔)
	A ≥ 50000	≥ 4 (孔)

5.3.3 浅层地热能勘察包括下列内容：

- a) 岩土体地层岩性结构、地下水位、冻土层厚度、地下水径流方向、速度、地温场分布特征；
- b) 开展岩土热响应试验，获得项目场区岩土体初始平均温度、岩土体综合热物性及岩土体换热能力等参数；
- c) 岩土热响应试验应符合附录 A 的规定。

5.3.4 浅层地热能地质条件评估报告包括下列内容：

- a) 建设项目的规模、功能及冷热需求；
- b) 勘察区以往地质工作程度及浅层地热能开发利用现状；
- c) 勘察工作的进程及完成的工作量；
- d) 勘察区的自然地理条件；气象和水文特征、区域地质条件，地层分布特征；含水层（带）的空间分布，地下水的水质、水位动态特征及补给、径流、排泄条件；
- e) 勘察工作的主要内容及其布置；工作的主要成果；
- f) 岩土热响应试验结果；
- g) 浅层地热能利用量计算的依据，计算浅层地热能；
- h) 根据保护资源、合理开发的原则，提出相应的利用方式及其保证程度，预测其可能的变化趋势；
- i) 评价浅层地热能的资源条件，绘制地层剖面图；
- j) 提出拟建换热系统的方式；
- k) 建议换热系统的初步方案；
- l) 拟建工程的经济性和风险性分析；
- m) 施工中和运行后应注意的事项；
- n) 地温场监测点的设置及要求。

5.3.5 取得勘查成果资料后，采用数值模拟的方法，对项目运行状况以及对地温场的影响进行预测分析，最小周期不应小于 1 年，应用于建筑供热面积 1 万平方米以上的地源热泵工程，宜进行 10 年以上的预测分析。

6 系统设计

6.1 一般规定

6.1.1 地源热泵工程设计宜以浅层地热能地质条件评估报告为依据，且符合 GB 50366、GB 55015、DB11/891、DB11/1066 的规定，宜采用冷水机组、市政热力、蓄能等辅助冷（热）源优化系统设计。

6.1.2 地源热泵工程应同步设计智能监控监测系统，运用人工智能、云计算、大数据、仿真系统及物联网等技术，满足智能化供热运行管理要求。

6.2 地埋管管材与传热介质

6.2.1 地埋管及管件应具有质量检验报告和生产厂的合格证。

6.2.2 埋管内外表面应清洁、光滑，不应有明显的划伤、凹陷、颜色不均等缺陷；管端头应切割平整，并与管轴线垂直。

6.2.3 地埋管管材及管件应符合下列规定：

- a) 地埋管宜采用聚乙烯管（PE80 或 PE100），不应使用再生塑料管材，管件与管材应为相同材料；
- b) 地埋管管材的公称压力及使用温度应满足设计要求，地埋管外径及壁厚可参照附录 B 选用。

6.2.4 为预防管道受热发生热变形，未安装的管材应避光存放。

6.2.5 竖直地埋管换热器的 U 型弯管接头，应选用定型的 U 型弯头成品件，不应采用臧制弯头或焊接弯头。

6.2.6 地埋管换热系统的传热介质应使用不低于 GB/T 14848 中规定的 III 类地下水质量标准的水，水中不应加注乙二醇等对环境产生危害的添加剂。

6.3 地埋管换热系统设计

6.3.1 地埋管换热系统设计前应明确埋管区域内地下管线的种类、位置及深度，预留未来地下管线所需的埋管空间，埋管区域预留园林绿化空间和进出重型设备的车道位置。

6.3.2 在建筑的基础下埋设换热器时，应与结构专业设计人员共同确定地埋管设计方案，满足建筑基础的设计要求。

6.3.3 在水系下埋设换热器时，在条件允许时可适当增加孔深。

6.3.4 地埋管换热器进、出水温度应符合下列规定：

- a) 夏季工况，地埋管换热器侧出水温度宜低于 33℃；
- b) 冬季工况，地埋管换热器侧进水温度宜高于 4℃。

6.3.5 地埋管换热器设计计算宜根据岩土热响应试验结果并参照附录 C，采用专用软件或按照 GB50366、DZ/T 0225 进行计算，环路集管不包括在地埋管换热器换热长度内。

6.3.6 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，当整场地布设时宜加大中心区域换热孔间距，保证地埋管运行的间歇性和地温的恢复。

6.3.7 地埋管换热器内传热介质流态应保持紊流，单 U 型流速不宜小于 0.4 m/s，双 U 型流速不宜小于 0.2m/s。

6.3.8 竖直地埋管换热器埋管深度和间距应根据浅层地热能地质条件评估报告确定，同一环路内钻孔孔深应相同，孔径不宜小于 0.11m，间距不应小于 4m。

6.3.9 应根据地质特征确定地埋管换热器孔回填料配方，回填料的导热系数不宜低于钻孔外岩土体的导热系数，回填料应符合环保标准且具有密封低渗透性能。

6.3.10 当地源热泵工程可利用地表面积较大，浅层岩土体的温度及热物性受气候、雨水、埋设深度影响较小时，经技术、经济分析后可以采用水平埋管。

a) 水平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，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。

b) 水平埋管换热器可不设坡度，最上层埋管顶部应在冻土层以下不小于 0.6m，且距地面不宜小于 1.5m，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。

6.3.11 环路集管和环路支管宜采用同程布置，每对供、回水环路支管连接的地埋管换热器数量宜相等且宜少于 8 眼，集管与分、集水器之间应设置关断阀。

6.3.12 环路集管和支管供、回水管的间距应不小于 0.6m，深度应在冻土层以下不小于 0.6m，且距地面不宜小于 1.5m，建筑物基础下埋管时，距建筑底板下表面不宜小于 0.5m。

6.3.13 地埋管换热器安装位置宜靠近机房或以机房为中心设置。

6.3.14 地埋管换热系统应设泄漏报警及自动充水系统。需要防冻的地区，应设防冻保护装置。

6.3.15 地埋管换热系统设计时应进行水力计算，并提出水力平衡措施的建议。

6.3.16 地埋管换热系统宜采用变流量设计，但地埋管内传热介质流速不应低于最低流速限值。

6.3.17 地埋管换热系统宜设置反冲洗系统，冲洗流量宜为工作流量的 2 倍。

6.4 多能耦合热源部分设计

6.4.1 合理匹配浅层地热能资源与负荷需求，分析建筑设计负荷和累计负荷，获得全年逐时冷、热负荷曲线，可采用多种热源协同耦合的方式优化热源系统设计。

6.4.2 地源热泵耦合其它热源时，应充分利用浅层地热能资源，优先运行地源热泵供冷供热。

6.4.3 综合考虑场地条件、资源条件以及经济性、系统能效、碳排放和供能稳定性等因素，选择高效低碳辅助冷热源和设置蓄能系统，设备碳排放计算宜按照 DB11/T 1419 的规定。

6.5 输配管线设计

6.5.1 输配管线应采用水作为循环介质，水中不应加注乙二醇等对环境产生危害的添加剂。

6.5.2 输配管线宜采用闭式双管制，当技术经济合理时，可采用开式、单管制，当不同分区、不同时段负荷需求差异较大时，可采用多管制。

6.5.3 输配管线的位置宜符合下列规定：

- a) 输配管线选线时避开土质松软地区、地震断裂带、滑坡危险地带以及高地下水位区等不利地段；
- b) 通过非建筑区的输配管线沿道路敷设时，道路上的输配管线应平行于道路中心线，并宜敷设在车行道以外的地方，同一条管道只沿街道一侧敷设；
- c) 管径等于或小于 300mm 的输配管线，可穿过建筑物地下室或用开槽施工法自建筑物下专门敷设的通行管沟内穿过，用暗挖法施工穿过建筑物时不受管径限制；
- d) 输配管线与自来水管、电压 10kV 以下的电力电缆、通讯线路和压力排水管道一起敷设在综合管沟内时，热力管道应高于自来水管，且自来水管应做绝缘层和防水层；
- e) 地上敷设的输配管线与其他管道敷设在同一管架上时，应便于检修，且不得架设在腐蚀性介质管道的下方。

6.5.4 输配管线敷设形式宜符合下列规定：

- a) 输配管线地下敷设时，宜采用直埋敷设，当采用管沟敷设时，宜采用不通行管沟敷设；
- b) 当采用直埋敷设时，应采用保温性能良好、防水性能可靠、保护管耐腐蚀的预制保温管敷设；

- c) 当输配管线穿越不允许开挖检修的地段时,宜采用通行管沟敷设,当采用通行管沟敷设困难时,可采用半通行管沟敷设。

6.6 建筑物内系统设计

- 6.6.1 建筑物内系统的设计方案应根据地热能交换系统条件、建筑空调与供热技术要求与负荷特点,通过技术、节能与经济性比较后确定,且应符合 GB 50366、GB 50736 及 DB 11/687、DB11/1066 的要求。
- 6.6.2 地源热泵供应生活热水或其它热水时,应符合 GB 50015 的要求。

6.7 消防安全设计

- 6.7.1 水路系统管道保温、电气系统导线护套等应采用耐火阻燃材料。
- 6.7.2 设备机房内不得堆放易燃易爆危险品,且应设置灭火器等消防设施。
- 6.7.3 设备机房内宜设消火栓、起火自动报警和自动灭火装置,符合 GB 50261 和 GB 50974 的规定。
- 6.7.4 设备机房内应设置防火门、疏散通道、安全出口,且划定和设置其他设施时不得占用和堵塞。
- 6.7.5 出入口、电梯口、防火门等醒目位置应设置提示安全逃生路线、安全出口、消防设施器材使用方法的明显标志和警示标语。

7 施工安装

7.1 一般规定

- 7.1.1 地源热泵工程施工应符合 GB 50738、GB 50202、GB 50203 的规定,且应符合建设工程、电气安装、有限空间作业等相关施工安全的规定。
- 7.1.2 工程施工时不应损坏既有地下管线及构筑物。
- 7.1.3 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 2 个现场的永久目标进行定位,并建立地埋管换热器的数据档案,包括定位坐标、实际深度、钻孔完成时间等。
- 7.1.4 项目施工过程中应做好施工资料的编制、审核、存档等管理。

7.2 地埋管换热系统施工

- 7.2.1 工程施工前应具备埋管区域的勘查资料、设计文件和施工图纸,并完成施工组织设计。
- 7.2.2 工程施工前应了解埋管场地内已有地下管线、其它地下构筑物的功能及其准确位置,并应进行地面清理,铲除地面杂草、杂物和浮土,平整地面。
- 7.2.3 当在建筑物基础下埋管时,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,不得对结构安全造成隐患,不应在建筑物基础下设置泥浆坑。
- 7.2.4 当埋管穿越建筑底板或地下室外墙时,应采取相应的保护及严格的防水、防渗措施,同时应充分考虑防潮设置。
- 7.2.5 换热孔钻孔方法选择:
- 第四系细颗粒地层宜采用回转钻进;
 - 第四系粗颗粒地层宜采用回转钻进或冲击钻进;
 - 基岩地层宜采用潜孔锤钻进;
 - 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。
- 7.2.6 竖直地埋管钻孔施工应符合下列规定:
- 钻进过程中,做好钻孔记录,包括地下岩层情况、地下水情况;
 - 钻孔开孔及终孔宜采用同一设计口径,如遇回填土、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, 孔底沉碴不大于 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。

7.2.7 竖直地埋管换热器的安装应符合下列规定:

- a) 竖直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, 应先将地埋管换热器按设计要求组装好, 并对地埋管换热器进行水压试验;
- c) 水压试验合格后将地埋管换热器带压下入孔内;
- d) 下管应连续、缓慢, 并应采取措施使地埋管换热器各支管处于分开状态;
- e) 下管深度与设计深度误差不超过 0.5m;
- f) 下管完毕后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。

7.2.8 竖直地埋管回填应符合下列规定:

- a) 竖直地埋管换热器安装完毕后应立即回填封孔;
- b) 当地埋管换热器设在密实或坚硬的岩土体中时, 宜采用膨润土和细砂或水泥的混合浆回填;
- c) 当循环原浆满足安全、传热等的要求时, 可采用原浆回填, 不应使用原状土回填;
- d) 当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;
- e) 回填料应搅拌均匀后方可使用, 回填应密实, 无空腔;
- f) 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;
- g) 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;
- h) 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。

7.2.9 水平管网部分施工应符合 CJJ 101 的有关规定并符合下列规定:

- a) 水平管网施工在竖直埋管完成后进行, 水平管沟开挖时应防止地埋管换热器损坏或进入杂物;
- b) 水平管道铺设前, 沟槽底部应先铺设不小于 100mm 的细砂并平整夯实;
- c) 水平管道安装时, 应防止石块等重物撞击管身;
- d) 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;
- e) 埋地管道应采用热熔或电熔连接, 根据管径和环境等选择合适的方式, 焊接前应先去焊接面氧化层;
- f) 水平管道在转弯处须用圆角, 避免 90° 直角转弯, 或安装合适的弯管接头;
- g) 水平管沟的回填料应细小、松散、均匀, 且不应含石块及土块。回填过程槽底至管顶以上 500mm 应采用人工逐层均匀压实, 每层厚度不宜大于 300mm, 回填料应与管道外壁接触紧密, 且不得损伤管道;
- h) 水平管沟内应铺设警示带, 警示带宜铺设于管道上方, 沟槽深度的 1/2 处。

7.2.10 水平地埋管换热器埋设应符合下列规定:

- a) 水平地埋管换热器铺设前, 沟槽底部应先铺设不小于 100mm 的细沙。水平地埋管换热器安装时, 应防止石块等重物撞击管身;
- b) 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;
- c) 水平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;
- d) 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。

7.2.11 水压试验应符合下列规定:

- a) 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%，无泄漏现象。试验合格后将试验压力降至 0.6 MPa，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；
 - b) 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 0.6MPa。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；
 - c) 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 0.6MPa。在试验压力下，稳压应不少于 2h，且无泄漏现象；
 - d) 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 0.6MPa。在试验压力下，稳压应不少于 12h 且压力降不应大于 3%；
 - e) 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；
 - f) 水压试验宜缓慢升压，升压过程中应随时观察与检查，不应有渗漏；
 - g) 不应在可能结冰的寒冷天气中进行水压试验，不应以气压试验代替水压试验。
- 7.2.12 当室外环境温度低于 5℃或有雨雪时，应采取有效措施保障管道连接质量，当室外环境温度低于 0℃，不宜进行地埋管换热器的施工。

7.3 输配管线施工

7.3.1 输配管线施工前应具备埋管区域的勘查资料、设计文件和施工图纸，并完成施工组织设计。

7.3.2 定线测量应符合下列规定：

- a) 应按照主管线、支干线、支线的次序进行，主管线起点、终点、中间各转角点及其它特征点应在地面上定位，支干线、支线可按主干线方法定位；
- b) 直线段上中线桩位的间距不宜大于 50m，管线中线量距可用全站仪、电磁波测距仪或检定过的钢尺丈量；
- c) 管线中的固定支架、地上构筑物、检查室、阀门可在管线定位后，用钢尺丈量方法定位；
- d) 管线转角点应在附近永久性建筑物或构筑物上标志点位，当附近没有永久性工程时，应埋设标石。

7.3.3 管沟工程应符合下列规定：

- a) 施工前应对开槽范围内的地上地下障碍物进行现场核查，逐项查清障碍物的构造情况，以及与工程的相对位置；
- b) 槽底不得受水浸泡或受冻，槽壁应平整，边坡坡度和槽底高程、位置、宽度、坡度符合设计要求；
- c) 设计要求做垫层的直埋管道的垫层材料、厚度、密实度应按设计要求施工。

7.3.4 砌体结构应符合下列规定：

- a) 砌筑方法应正确，不应有通缝，砂浆应饱满，配合比应符合设计要求；
- b) 墙面应清洁，刮缝深度应适宜，勾缝应密实，深浅一致，横竖缝交接处应平整；
- c) 防水层与基层紧密结合，面层应压实抹光，接缝严密，不应有空鼓、裂缝、脱层和滑坠等现象。

7.3.5 焊接施工应符合下列规定：

- a) 焊接前应清除待焊处表面的水、氧化皮、锈、油垢；
- b) 不得在焊接过程中向焊缝中填塞焊条头、铁块等杂物；
- c) 焊缝不得存在表面气孔、夹渣、裂纹和电弧擦伤等缺陷。

7.4 建筑物内系统施工安装

建筑物内系统施工安装应符合 GB 50243、GB 50274 及 GB 50366 的规定。

7.5 施工安全

7.5.1 建筑工程施工安全应符合 JGJ 33、JGJ 59 的规定。

7.5.2 电气安装施工安全应符合 GB 50194、JGJ 46 的规定。

7.5.3 有限空间作业应符合 DB11/T 852 的规定。

8 调试与验收

8.1 一般规定

8.1.1 地源热泵工程交付使用前，应进行整体冲洗、运转、检验、调试与验收。

8.1.2 地源热泵工程整体运转、调试与验收还应符合 GB 50243 和 GB 50274 的相关规定。

8.2 检验

8.2.1 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：

- a) 管材、管件等材料应符合国家现行标准的规定；
- b) 钻孔、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；
- c) 回填料及其配比应符合设计要求，回填过程的检验应与安装地埋管换热器同步进行；
- d) 水压试验应合格；
- e) 各环路流量应平衡，且应满足设计要求；
- f) 循环水流量及进、出水温差均应符合设计要求。

8.2.2 地源热泵系统安装过程中，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：

- a) 管材、管件、设备等材料应具有产品合格证、性能检验报告和产品说明书等；
- b) 钻孔、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；
- c) 热泵机组、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；
- d) 整体和各支路的水压试验均合格；
- e) 整体和各支路的流量均达到设计要求。

8.3 调试

8.3.1 地源热泵系统整体运转与调试前应编制整体运转与调试方案。

8.3.2 地源热泵系统整体运转与调试应符合下列规定：

- a) 热泵机组试运转前应进行水系统平衡调试，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；
- a) 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；
- b) 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；
- c) 地源热泵系统调试应在冬、夏两季分别进行，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，并及时存档。

8.4 验收

8.4.1 检验、调试合格后进行地源热泵工程验收，工程施工质量应符合 GB 50411 的规定。

8.4.2 地源热泵工程验收合格后应出具验收报告。

9 智能监控

9.1 一般规定

9.1.1 智能监控系统包括监测系统和控制系统，系统设计、设备安装应符合 NB/T 10274、DB11/T 1639、DB11/T 1956、DB11/1066 的规定。

9.1.2 监测系统应实时监测地源热泵系统的耗电量、供热量、供回水温度等参数，具备评估地源热泵系统的运行效果，监测数据的显示和存储，风险预警预报等功能。

9.1.3 监控系统应能展示地源热泵系统运行流程，实现地源热泵系统的运行管理，可查看机组运行工况、温度、供热量、耗电量等参数。

9.1.4 控制系统宜采用人工智能节能技术，热泵系统各设备集中控制管理和智能运行，优化运行状态，合理控制回水温度和设备启停，满足地源热泵系统智能高效节能运行要求。

9.1.5 监测设备安装前应校准，运行后应定期校准，若出现明显偏移应更换，监测设备仪表安装应便于后期检修、标定、更换。

9.1.6 监测方式应为长期、连续监测。

9.2 系统监测内容

9.2.1 应根据工程的规模设置地质环境影响监测孔。

9.2.2 地源热泵监测系统应包含下列内容：

- a) 效果监测：用户侧典型房间的温度；
- b) 参数监测：用户侧总进出水温度、流量，热源侧总进出水温度、流量，各地埋管分区循环流量，热泵机组、辅助热源进出水温度、流量，热泵机组、辅助热源、泵组实时电压、电流和功率，循环系统压力，输配管线密闭及保温性能；
- c) 环境监测：室外环境温度、换热监测孔温度、影响监测孔温度、常温监测孔温度。

9.2.3 监测系统应对采集指标进行分析计算，自动生成相关评价指标，包括热泵机组制热/制冷性能系数、系统能效比、单位面积耗电量、全年常规能源替代量、CO₂ 减排量等，指标与 DB11/T 1639、DB11/T 1771、DB11/T 1784 标准对标，进行节能合格评价和性能评级。

9.3 效果监测评价

9.3.1 空调房间抽样符合下列规定：

- a) 检测数量按照空调系统分区进行选取，当系统形式不同时，每种系统形式均应检测，相同系统形式的抽检数量不宜低于系统数量的 5%；
- b) 三层及以下的建筑物应逐层选取样本，三层以上的建筑物应在首层、中间层和顶层分别选取样本；
- c) 检测样本应具有代表性，不同功能、朝向、气流组织方式的房间均应抽到。

9.3.2 监测点的布设符合下列规定：

- a) 温度测点布置宜按照 JGJ/T 132 执行；
- b) 温度测点应设于室内活动区域，且应在距地面 700mm~1800mm 范围内有代表性的位置；
- c) 传感器不应受到太阳辐射或室内热源的直接影响。

9.4 参数监测

9.4.1 传热介质温度监测宜符合下列规定：

- a) 传热介质温度监测宜采用插入式温度传感器，根据管径大小选择传感器探头长度，应使插深到

达管路中心，测温元件外露部分应保温；

- b) 当传感器为后期安装且管道不可开孔时，可采用贴片式温度传感器，且同一测温点应安装不少于 2 个；安装时应先将测温点管道表面打磨干净，涂抹导热介质，再将贴片式温度传感器贴在管道表面，并用胶布或扎带等缠绕牢固，外部应做保温；
- c) 选择测温点位置时应尽量靠近目标监测点，同时选择管道满液的位置。

9.4.2 循环流量监测应符合下列规定：

- a) 循环流量监测宜采用通过式流量计；
- b) 当流量计为后期安装且不能破坏原管道时，可采用超声波流量计，安装时应将探头安装点管道外壁打磨干净，涂抹传导介质，再将监测探头贴在管道安装点上，用胶布或扎带等缠绕固定；
- c) 选择流量测量点时，应选择管道满液的位置，宜为传热介质向上流动的竖直管道。

9.4.3 压力测点宜包括热泵机组蒸发器、冷凝器的进、出水口压力，热交换器一、二次侧进、出水口压力，分、集水器压力（或压差），水泵进、出口压力，水过滤器前后压差。

9.4.4 系统负荷及电耗监测要求：

- a) 水温监测点宜设在分集水器处，电耗监测点应设置在动力配电柜（箱）处；
- b) 热泵机组电耗与循环水泵电耗应分别监测，分开记录。

9.5 环境监测

9.5.1 室外环境温度监测，宜将传感器探头置于室外空气中，仅与大气接触，注意防晒、防雨、防风，同时应距离地面或墙壁不小于 5m，避免热辐射影响测量准确性。

9.5.2 地质环境影响监测孔不应少于 2 个，且换热孔数量大于 300 个的区块应至少布设 1 个。

9.5.3 地埋温度传感器的布设应符合下列规定：

- a) 换热监测孔的位置，宜包含布孔区域的中心和边缘；影响监测孔的位置宜包含布孔区域内部和外围；监测孔的布置宜考虑地下水流动方向；
- b) 在竖直方向上，不同监测孔内的温度传感器排布深度宜相同。

9.5.4 有线传输地埋温度传感器的安装应符合下列规定：

- a) 温度传感器附带电缆线长度宜直接汇入机房并到达数据采集中心；
- b) 进行电缆线延长对接时，应使用与附带线相同型号的延长线，且应保留屏蔽网；
- c) 电缆线延长对接后，接线处应具有不低于电缆线的机械强度及绝缘、防水性能；
- d) 温度传感器电缆线埋设路径应做标识。

9.5.5 无线传输地埋温度传感器的安装应符合下列规定：

- a) 应设置检查井安置地埋温度传感器数据采集传输设备；
- b) 井内数据采集传输设备的防护性能应能满足使用环境条件要求。

9.6 智能化控制

9.6.1 智能化节能控制系统应根据负荷变化进行精细、合理的控制热泵主机的启停及运行状态，最大限度的节约能源；根据用户侧供回水压差对循环水泵进行变频控制，使管网保持定压差运行。

9.6.2 地源热泵智能化控制系统应包含下列内容：

- a) 效果控制：用户侧典型房间的温度；
- b) 参数控制：根据用户侧需求控制用户侧总进出水温度、流量，根据用户侧需求兼顾运行能效对热泵机组及各辅助热源进出水温度、流量、出力进行控制；
- c) 地质环境控制：对地埋管换热器总进出水温度、流量进行控制。

9.6.3 效果控制宜根据舒适性要求对房间的湿度、风量进行控制。

9.6.4 参数控制宜对用户侧不同分区的进出水温度、流量、压力进行控制。

9.6.5 地质环境控制宜根据地埋管换热器不同分区的地温场温度对各分区进出水温度、流量、启闭进行控制。

9.7 运行管理

9.7.1 地埋管地源热泵系统的运行管理应符合 DB/T 1771 的规定。

9.7.2 地源热泵系统运行期间应加强智能化监控监测系统应用，通过精细化管理和智能高效节能自动化运行，提升地源热泵系统的运行效果和安全性。

附 录 A
(规范性)
岩土热响应试验

A.1 一般规定

A.1.1 勘察测试孔数量要求见表1，对2个及以上勘察测试孔的试验，其试验结果应取算术平均值。

A.1.2 勘察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。

A.1.3 岩土热响应试验应在勘察测试孔施工完成后周围岩土体温度恢复后进行，对于灌注水泥砂浆的回填方式，宜放置不少于10d，对于其它的回填方式，宜放置不少于2d。

A.1.4 试验设备与勘察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。同一管路内，勘察测试孔孔口水温与试验设备进、出水口水温温差不宜大于0.2℃。

A.2 岩土热响应试验的内容

A.2.1 岩土体初始平均温度测试，可采用埋设温度传感器法、无负荷循环法或水温平衡法。

A.2.2 岩土体换热测试，可采用稳定热流测试或稳定工况测试。

A.3 测试仪表

A.3.1 加热功率的测量误差不应大于±1%，流量的测量误差不应大于±1%，温度的测量误差不应大于±0.2℃。

A.3.2 岩土热响应试验设备的温度、流量测量仪表每年应进行不少于一次标定。

A.4 岩土热响应试验技术要求

A.4.1 岩土热响应试验应连续不间断，测试持续时间应符合下列规定：

- a) 采用“无负荷循环法”测试岩土体初始平均温度时，温度稳定（埋管出水温度连续12h变化不大于0.5℃）后，持续时间不宜小于12h；
- b) 岩土体换热测试持续时间不宜小于48h，采用稳定热流测试时，温度稳定（埋管出水温度连续12h变化不大于1℃）后，持续时间不宜小于12h；采用稳定工况测试时，温度稳定（埋管出水温度连续12h变化不大于0.5℃）后，持续时间不宜小于24h。

A.4.2 采用稳定热流测试方法，宜进行两次不同负荷的试验，当勘察测试孔深度在80m~100m时，大负荷宜采用5kW~7kW，小负荷宜采用3kW~4kW；采用稳定工况测试的，设定工况应为系统的设计运行工况；

A.4.3 埋管换热器内传热介质流速应符合6.3.6的规定；

A.4.4 稳定热流测试中，实际加热功率的平均值与加热功率设定值的偏差不应大于±0.2kW。稳定工况测试中，实际供水温度平均值与供水温度设定值的偏差不应大于±0.2℃；

A.4.5 实验数据读取和记录的时间间隔不应大于10min；

A.4.6 应对现场测试资料进行综合分析，剔除因试验条件如气温变化等造成的异常数据。

附 录 B
(资料性)
地理管外径及壁厚

B.1 聚乙烯（PE）管外径及公称壁厚

聚乙烯（PE）管外径及公称壁厚见表B.1。

表 B.1 聚乙烯（PE）管外径及公称壁厚（mm）

公称外径 dn	平均外径		公称壁厚/材料等级		
	最小	最大	公称压力		
			1.0MPa	1.25 MPa	1.6 MPa
20	20.0	20.3	——	——	——
25	25.0	25.3	——	2.3 ^{+0.5} / PE80	——
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	16.5 ^{+3.3} / PE100	20.5 ^{+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	400V	403.6	23.7 ^{+4.7} / PE100	29.4 ^{+5.8} / PE100	36.3 ^{+7.2} / PE100

附 录 C
(资料性)
岩土体热物性参数

C.1 空气、水和几种常见岩土体的比热容、密度、热导率和热扩散率

空气、水和几种常见岩土体的比热容、密度、热导率和热扩散率见表C.1。

表 C.1 岩土体热物性参数表

岩石名称	比热容/ [kJ/(kg·℃)]	密度/ (kg/m ³)	热导率/ [W/(m·℃)]	热扩散率/ (m ² /d)
花岗岩	0.794	2700	2.721	0.110
石灰岩	0.920	2700	2.010	0.070
砂岩	0.878	2600	2.596	0.098
湿页岩 ^b			1.4~2.4	0.065~0.084
干页岩 ^b			0.64~0.86	0.055~0.074
钙质砂(含水率 43%)	2.215	1670	0.712	0.017
干石英砂(中-细粒)	0.794	1650	0.264	0.017
石英砂(含水率 8.3%)	1.003	1750	0.586	0.029
砂质粘土(含水率 15%)	1.379	1780	0.921	0.032
砂(砂砾石) ^a			0.77	0.039
粉砂 ^a			1.67	0.050
亚粘土 ^a			0.91	0.042
粘土 ^a			1.11	0.046
砂(饱水) ^a			2.50	0.079
空气(常压)	1.003	1.29	0.023	1.536
冰	2.048	920	2.219	0.102
水(平均)	4.180	1000	0.599	0.012
回填膨润土(含有 20%~30%的固体) ^b			0.73~0.75	
回填混合物(含有 20%膨润土、80%石英砂) ^b			1.47~1.64	
回填混合物(含有 15%膨润土、85%石英砂) ^b			1.00~1.10	
回填混合物(含有 10%膨润土、90%石英砂) ^b			2.08~2.42	
回填混合物(含有 30%膨润土、70%石英砂) ^b			2.08~2.42	

表 C.1 岩土体热物性参数表（续）

岩石名称	比热容/ [kJ/(kg·℃)]	密度/ (kg/m³)	热导率/ [W/(m·℃)]	热扩散率/ (m²/d)
^a 引自 Ian Gale 2004 年编著的《地源热泵：潜在地点地质报告发展的描述》，英国地质调查局出版，1.2 期，CR/05/21/217N，24 页 ^b 引自 GB 50366，其它数据引自 GB11615。				

A