

ICS 27.160

CCS F 12

DB54/T 0448-2025

DB54

西藏自治区地方标准

DB54/T 0448—2025

建筑供热地热能利用技术标准

Technical standards for geothermal energy utilization for building heating

2025-05-10 发布

2025-06-10 实施

西藏自治区市场监督管理局
西藏自治区住房和城乡建设厅

联合发布

前 言

根据《西藏自治区市场监督管理局关于下达 2022 年第二批推荐性地方标准制定计划的通知》，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国家、行业和地方标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准共分为 10 章和 14 个附录。主要技术内容是：1.总则；2.术语；3.基本规定；4.地热能供热适宜性评价；5.建筑供热地下水地源热泵系统；6.建筑供热地热水系统；7.建筑供热中深层地源热泵系统；8.建筑供热热泵系统设计、施工与运维；9.建筑供热地热能系统监测与控制；10.建筑供热地热能效益分析。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由西藏自治区住房和城乡建设厅负责管理，重庆大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送重庆大学（地址：重庆市沙坪坝区沙北街 83 号重庆大学土木工程学院；邮编：400045）。

主编单位：重庆大学

重庆一三六地质队

西藏自治区建筑勘察设计院

参编单位：西藏自治区勘察设计与建设科技协会

清华大学

重庆市设计院有限公司

长安大学

上海理工大学

中建一局集团第五建筑有限公司

西藏日出东方阿康清洁能源有限公司

福建理工大学

重庆化医能源研究院有限公司

重庆美的通用制冷设备有限公司

西藏昊龙能源设备有限公司

四川省建筑科技协会

武警部队工程代建管理办公室

主要起草人员：王 勇 周中成 傅治国 陶昌军 魏庆芄 孙爱民
刘 勇 杜 健 多 吉 王钢强 孙婵娟 檀姊静
范亚明 益西康卓 德吉白珍 李正斌 汪 立 罗青平
郭凯生 张井山 徐 亮 刘嘉茵 刘东超 卫鹏云
柳现锋 侯 文 周 琢 熊 伟 杨 靖 焦道伟
王玉娇
主要审查人员：戎向阳 田 喆 顾 静 王 谦 李 超 石维彬
张在喜

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	4
4 地热能供热适宜性评价	7
4.1 评价方法	7
4.2 建筑供热地下水地源热泵系统适宜性评价	7
4.3 建筑供热地热水系统适宜性评价	8
4.4 建筑供热中深层地源热泵系统适宜性评价	9
5 建筑供热地下水地源热泵系统	10
5.1 一般规定	10
5.2 资源勘察与环境要求	10
5.3 建筑供热地下水地源热泵系统设计	11
6. 建筑供热地热水系统	13
6.1 一般规定	13
6.2 建筑供热地热水系统设计	13
6.3 水处理方法	18
7 建筑供热中深层地源热泵系统	20
7.1 一般规定	20
7.2 地下换热器埋管形式	21
8 建筑供热热泵系统设计、施工与运维	23
8.1 热泵系统关键设备选型	23
8.2 系统施工、调试与验收	24
8.3 热泵系统运行监测与维护管理	25
9 建筑供热地热能系统监测与控制	27
9.1 一般规定	27

9.2 监测参数要求	27
9.3 监控系统要求	28
10 建筑供热地热能效益分析	30
10.1 经济效益分析	30
10.2 社会与环境效益分析	30
附录 A.0.1 地下水取热能力记录表	33
附录 A.0.2 地热水取热能力记录表	34
附录 A.0.3 中深层取热能力记录表	35
附录 B.0.1 回灌井回扬监测数据记录表	36
附录 C.0.1 建筑供热地下水地源热泵系统适宜性评价指标体系及评价参考标准	37
附录 C.0.2 建筑供热地热水系统适宜性评价指标体系及评价参考标准	38
附录 C.0.3 建筑供热中深层地源热泵系统适宜性评价指标体系及评价参考标准	39
附录 D.0.1 适宜性评价算例	40
附录 E.0.1 建筑供热地下水地源热泵系统适宜性相关因素和相关因素下具体参数所占权重表	42
附录 E.0.2 建筑供热地下水地源热泵系统的具体参数隶属度评价表	43
附录 E.0.3 建筑供热地热水系统适宜性相关因素和相关因素下具体参数所占权重表	44
附录 E.0.4 建筑供热地热水系统的具体参数隶属度评价表	45
附录 E.0.5 建筑供热中深层地源热泵系统适宜性相关因素和相关因素下具体参数所占权重表	46
附录 E.0.6 建筑供热中深层地源热泵系统的具体参数隶属度评价表	47
本标准用词说明	48
引用标准名录	49
条文说明	51

Contents

1 General Provisions	1
2 Terms.....	2
3 Basic Requirements.....	4
4 Assessment of the Suitability of Geothermal Energy for Heating.....	7
4.1 Assessment Methods	7
4.2 Assessment of the Suitability of for Groundwater Source Heat Pump Systems For Building Heating.....	8
4.3 Assessment of the Suitability of Geothermal system for Building Heating.....	9
4.4 Assessment of the Suitability of for Medium to Deep Geothermal Pump Systems For Building Heating.....	9
5 Groundwater Source Heat Pump System For Building Heating.....	10
5.1 General Regulations.....	10
5.2 Resource Survey and Environmental Requirements.....	10
5.3 Design of Groundwater Source Heat Pump System For Building Heating.....	11
6 Geothermal Water System For Building Heating.....	13
6.1 General Regulations.....	13
6.2 Design of Geothermal Water System For Building Heating.....	13
6.3 Water Treatment Methods.....	18
7 Medium to Deep Geothermal Heat Pump System For Building Heating	20
7.1 General Regulations.....	20
7.2 Forms of Buried Heat Exchanger Pipes.....	21
8 Heat Pump System Design, Construction, and Operation For Building heating	

.....	23
8.1 Key Equipment Selection for Heat Pump Systems.....	23
8.2 System Construction, Commissioning, and Acceptance.....	23
8.3 Heat Pump System Operation Monitoring and Maintenance Management.....	25
9 Monitoring and control of Geothermal Energy System for Building Heating..	27
9.1 General Regulations.....	27
9.2 Monitoring Parameter Requirements.....	27
9.3 Requirements for Monitoring Systems.....	28
10 Benefits Analysis of Geothermal Energy for Building Heating.....	30
10.1 Economic Benefits Analysis.....	30
10.2 Social and Environmental Benefits Analysis.....	30
Appendix A.0.1 Record Sheet for Groundwater Heat Extraction Capacity.....	33
Appendix A.0.2 Record Sheet for Geothermal Water Heat Extraction Capacity	34
Appendix A.0.3 Record Sheet for Mid-Deep Heat Extraction Capacity.....	35
Appendix B.0.1 Record Sheet for Monitoring Data of Injection and Extraction Wells.....	36
Appendix C.0.1 Evaluation Index System for Suitability of Groundwater Ground Source Heat Pump System for Building Heating and Evaluation Reference Standard.....	37
Appendix C.0.2 Evaluation Index System and Evaluation Reference Standard for Suitability of Building Heating Geothermal Water System.....	38
Appendix C.0.3 Evaluation Index System for Suitability of Deep Ground Source Heat Pump System in Building Heating and Evaluation Reference Standard....	39
Appendix D.0.1 Example of A Suitability Evaluation.....	40
Appendix E.0.1 Table of Factors Related to The Suitability of Groundwater Ground Source Heat Pump Systems and The Weights Assigned to Specific Parameters Under The Relevant Factors for Building Heating.....	42

Appendix E.0.2 Evaluation Table of Specific Parameter Affiliation of Groundwater Ground Source Heat Pump System for Building Heating.....	43
Appendix E.0.3 Table of Factors Related to The Suitability of Geothermal Water Systems and The Weights Assigned to Specific Parameters Under The Relevant Factors for Building Heating.....	44
Appendix E.0.4 Evaluation Table of Specific Parameter Affiliation of Building Heating Geothermal Water System Heating.....	45
Appendix E.0.5 Table of Factors Related to The Suitability of Medium-Deep Ground Source Heat Pump Systems and The Weights Assigned to Specific Parameters Under The Relevant Factors for Building Heating.....	46
Appendix E.0.6 Evaluation Table of Specific Parameter Affiliation of Medium-Deep Ground Source Heat Pump Systems for Building Heating.....	47
Explanation of Wording in This Standard.....	48
List of Quoted Standards.....	49
Explanation of Provisions.....	51

1 总则

1.0.1 本标准旨在规范西藏自治区基于地热能利用进行建筑供热过程中的勘察、设计、施工及验收等环节，合理选择适宜的建筑供热地热能利用技术，切实保障工程质量，确保建筑供热地热能系统环保、经济、合理、安全、可靠地运行以及更好地发挥其节能效益。

1.0.2 本标准适用于西藏自治区行政区域内新建、改建和扩建的以地热能进行建筑供热工程的可行性研究、勘察、设计、施工、验收及运行管理。

1.0.3 本标准所述建筑供热地热能利用技术包括地下水地源热泵系统、地热水供热系统和中深层地埋管地热能供热系统。

1.0.4 本标准供热含建筑卫生热水系统以及建筑供暖系统。

1.0.5 西藏自治区建筑供热地热能系统工程的可行性研究、勘察、设计、施工、验收及运行管理除应符合本标准外，尚应符合国家和西藏自治区现行有关规范、标准、规程的规定。

2 术语

2.0.1 地热资源 geothermal resources

地热资源是指能够经济的被人类所利用的地球内部的地热能、地热流体及其有用组分。主要包括浅层地热能资源、水热型地热流体资源和中深层围岩地热能三种类型。

2.0.2 热储层 geothermal reservoir

能够富集和储存地热能,具有一定渗透性并含载热流体的岩层或岩体破碎带。

2.0.3 地温梯度 geothermal gradient

指地球不受大气温度影响的地层温度随深度增加的增长率,用地层恒温带以下深度每增加 100m 所升高的温度表示,单位为 $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

2.0.4 矿化度 mineralization of water

指水中含有钙、镁、铝和锰等金属的碳酸盐、重碳酸盐、氯化物、硫酸盐、硝酸盐以及各种钠盐等的总和。用 1L 水中含有各种盐分的总量来表示,单位为 mg/L 或 g/L。

2.0.5 地热能供热系统 geothermal energy heating system

地下水地源热泵系统、地热水供热系统、中深层地源热泵系统的总称。

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

以地下水(包括地表水地下渗流型式)为低位热源,由取水系统、回灌系统、水源热泵机组、建筑物内系统组成的供热系统。

2.0.7 地热水供热系统 geothermal water heating system

以贮存在地下热储层中的地热水为热源(能够直接满足末端设备用能品位),由取水系统、换热器、回灌系统、建筑物内系统组成的供热系统。以换热器设置为标准分为地热水直接供热系统和地热水间接供热系统。

2.0.8 中深层地源热泵系统 medium-deep geothermal heat pump system

以深度在 500m-3000m 的中深层岩土体为热源,由中深层地埋管换热系统、水源热泵机组、建筑物内系统组成的供热系统。

2.0.9 地热水直接供热系统 direct geothermal water heating system

由开采井取出的地热水,经处理后直接送入供热系统释放热量后返回地下热

储层的地热水供暖系统。

2.0.10 地热水间接供热系统 indirect geothermal water heating system

由开采井取出的地热水经中间换热器热交换取热后返回地下热储层的地热水供热系统。

2.0.11 地热能采集系统 geothermal energy collection system

提取地热能量的系统，一般包括水井、输送系统和换热器。

2.0.12 回灌系统 reinjection system

地下水、地热水回灌中，由回灌井、水质净化装置、排气设备、加压泵以及连通装置构成的回灌体系。

2.0.13 中深层地埋管换热器 medium-deep geothermal buried tube heat exchanger

供传热介质与中深岩土体换热用，由埋设于地下换热孔内的密闭循环管组成的换热器。

3 基本规定

3.1 建筑供热地热能系统规划、方案设计、施工图设计前，应进行工程场地状况调查及地热资源调查，包括地热开采利用条件调查和地热能资源调查及评估。

3.2 建筑供热地热能工程应依据地热能资源勘查部门所提供的资源量进行设计。主要参数应包括地下水、地热水流体稳定条件下的温度、流量、压力或水位、水质；开采区域地下岩土体热导率、地温梯度等。

3.3 建筑供热地热能工程设计应确定地热能供应负荷、建筑供热负荷、热源侧温度与流量、供热工艺流程、热泵选型和循环流体的水泵选型。

3.4 建筑供热地热能工程室外管道、管件、设备等应采用针对昼夜温差大、太阳辐射强、冬季低温等气候条件相适应的设施保护技术措施。对于强腐蚀环境中的管道和管件宜采用不锈钢或纤维增强复合材料。

3.5 建筑供热地热能工程系统设计与能源配置应考虑下列措施：

- 1 采用热源梯级综合利用形式；
- 2 设置调峰系统；
- 3 采用蓄热储能系统；
- 4 采用自动控制装置。

3.6 建筑供热地热能系统前期策划应与当地太阳能等可再生能源以及当地能源规划、清洁供热规划、可再生能源规划等相协调。

3.7 建筑供热地热能系统宜与太阳能光热、低温空气源热泵、热回收等结合，宜与太阳能光伏发电、自发自用的配电系统结合，宜采用间歇运行方式，宜与蓄热体联合运行。

3.8 中、低温地热田供热工程设计，地热资源可开采量的保证程度应按现行国家标准《地热资源地质勘查规范》GB/T11615 的有关规定执行。

3.9 现场施工条件调查应包括下列内容：

- 1 拟开发区域面积、形状、高程、坡度、地貌类型；
- 2 场地内已有及规划的地面建筑物位置分布、占地面积；
- 3 已有及规划的地下构筑物 and 管线的埋深、位置、走向；
- 4 场地内树木植被、市政管网、架空输电线、电信电缆等的位置及分布；

5 交通道路状况及施工所需的电源、水源情况。

3.10 拟开发区域地块应确保不存在不良地质现象，包括活动断裂、滑坡、崩塌、泥石流、地面沉降、地裂缝、地面塌陷、砂土液化、特殊性岩土问题等。

3.11 地质条件调查应包括地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件等。

3.12 工程场地或周边区域已有相关水文地质资料，且能够满足地热能供热地埋管换热器或地下水、地热水供热设计所需的水文地质条件时，可根据实际情况，充分收集资料进行取水井设计或中深层地埋管换热器设计。地热能资源调查应结合具体情况，因地制宜实施地热能利用的最优化选择：

1 在地下水、地热水、中深层供热技术应用成熟、地热能资料丰富的地区，在充分收集利用已有资料基础上，对采用地热能供热系统可行性进行综合分析评估；

2 在没有地下水、地热水、中深层供热技术的应用区域，应进行地热能取热试验，获取拟开发利用区域的相关地热能基础参数；

3 利用地下水、地热水供热技术，需要进行水源水质分析，并取得水质化验报告。

3.13 项目实施前开展地热能资源调查，应到当地政府相关部门或行业主管部门进行报备并获取相应的许可，并根据地热能实际调查成果对拟开发利用区域的地热资源进行建筑供热利用的可行性进行评估。

3.14 取热井、取热井与回灌井间距应根据当地水文地质等情况进行确定，其间距应大于勘探和计算获得的最小间距。

3.15 地下水、地热水、中深层建筑供热系统建设前均需进行地热能取水与取热实验，应检测循环介质进出口温度、流量等参数，测算地热能取热能力。

1 地下水取水现场试验宜按不同流量分三次进行，每次试验的持续时间不少于 24h，两个工况之间时间间隔应大于 2d。对于地表水渗流的地下水取水系统，可采用直排的方式进行测试；其他地下水应连接回灌井同时测试，并保证回灌量不小于取水量。地下水取水能力记录应按本标准附录 A.0.1 的表格记录。

2 地热水取热现场试验宜按不同流量分三次进行，应选择与热源热量对应的

释热装置。每次试验的持续时间不少于 120h，两个工况之间时间间隔应大于 2d。地热水取水系统应连接回灌井同时测试。地热水取热能力记录应按本标准附录 A.0.2 的表格记录。

3 回灌井的回灌能力测试与取热实验同步，其回灌能力记录应按本标准附录 B.0.1 的表格记录。

4 中深层地源热泵供热系统现场试验宜按不同流量分三次进行，同时连接热泵系统，且应选择与热源热量对应的释热装置。每次试验的持续时间不少于 120h，两个工况之间时间间隔应大于 15d。中深层取热能力记录应按本标准附录 A.0.3 的表格记录。

4 地热能供热适宜性评价

4.1 评价方法

4.1.1 本标准对建筑供热地热能利用适宜性进行评价，针对地下水地源热泵系统供热、地热水供热系统供热和中深层地源热泵系统供热三种不同供热方式。

4.1.2 本标准采用层次分析法（Analytic Hierarchy Process，简称 AHP）进行适宜性评价。

4.1.3 计算具体参数最大隶属度可按式（4.1.3）计算：

$$A = a \cdot R \quad (4.1.3)$$

式中：A—最大隶属度所在的结果矩阵；

a—因素权重矩阵；

R—隶属度矩阵。

4.2 建筑供热地下水地源热泵系统适宜性评价

4.2.1 通过地下水进行热能提取供热，应明确根据地下水的水温和热能品位进行梯级分类利用。

4.2.2 使用层次分析法进行建筑供热地下水地源热泵系统适宜性评价时，应先建立评价指标体系。对于地下水地源热泵系统的评价体系参见附录 C.0.1。然后将影响适宜性评价的相关因素和相关因素下的具体参数代入到附录 D.0.1 提供的计算方法中进行计算与分析。相关因素和相关因素下的具体参数包括下列内容：

- a) 水文因素：水温、流量、矿化度、回灌条件；
- b) 地质因素：含水层厚度、贮藏深度、可开采储量；
- c) 场地因素：地形地貌、所属自然保护区、城镇县乡距离及高差；
- d) 社会经济因素：人口密度、人均 GDP；
- e) 气象因素：年均降水量、最冷月平均室外气温；
- f) 政策因素：政府投资补贴、税收优惠。

4.2.3 进行地下水回灌时，要对回灌水进行检测，回灌水的水质条件不低于原水质条件，避免造成污染。要求同层回灌，回灌井处的地质结构要有良好的覆

盖层和止水层，防止回灌后各个含水层相互贯通，引起水质污染。

4.2.4 对于完全不满足回灌条件，若不进行回灌可能会造成地面沉降、引发地质灾害或者生态损害的区域，严禁开采地下水进行热能提取供热，不进入适应性评价的相关计算。

4.2.5 应先对工程地点的水文水质进行检测。若水温、水质等条件达不到地下水地源热泵系统基本使用要求，则不应采用该系统，不进入适应性评价的相关计算。

4.2.6 建筑供热地下水地源热泵系统，采用附录表 E.0.1 中的权重值进行适宜性评价计算。

4.2.7 建筑供热地下水地源热泵系统的具体参数隶属度评价表见附录表 E.0.2，隶属度评价等级的评价参考标准见附录 C.0.1。

4.3 建筑供热地热水系统适宜性评价

4.3.1 使用层次分析法进行地热水供热系统供热适宜性评价，应先建立评价指标体系。对于地热水供热系统的评价体系参见附录 C.0.2。然后将影响适宜性评价的相关因素和相关因素下的具体参数代入到附录 D.0.1 提供的计算方法中进行计算与分析。相关因素和相关因素下的具体参数包括下列内容：

- a) 地热水体因素：水温、出水量、矿化度、回灌条件；
- b) 地质因素：岩、土层厚度、贮藏深度、可开采热量；
- c) 场地因素：地形地貌、所属自然保护区、城镇县乡距离；
- d) 社会经济因素：人口密度、人均 GDP；
- e) 气象因素：最冷月平均室外气温；
- f) 政策因素：政府投资补贴、税收优惠。

4.3.2 地热水回灌要求与地下水一致。对于低于 30℃ 的地热水，不宜采用地热水供热，不进入适应性评价的相关计算。

4.3.3 需先对工程地点的水文水质进行检测，若水温、水质、开采经济性等条件达不到地热水供热系统基本使用要求，则不应采用该系统，不进入适应性评价的相关计算。

4.3.4 建筑供热地热水系统，采用附录表 E.0.3 中的权重值进行适宜性评价计

算。

4.3.5 建筑供热地热水系统的具体参数隶属度评价表可见附录表 E.0.4，隶属度评价等级的评价参考标准见附录 C.0.2。

4.4 建筑供热中深层地源热泵系统适宜性评价

4.4.1 使用层次分析法进行中深层地源热泵系统供热适宜性评价，应先建立评价指标体系。中深层地源热泵系统的评价指标体系参见附录 C.0.3。然后将影响适宜性评价的相关因素和相关因素下的具体参数代入到附录 D.0.1 提供的计算方法中进行计算与分析。相关因素和相关因素下的具体参数包括下列内容：

- a) 工程地质因素：岩土体热参数、地温梯度、热储层埋藏深度、热储层厚度、热储层热物性、可开采热量；
- b) 场地因素：地形地貌、所属自然保护区、城镇县乡距离；
- c) 社会经济因素：人口密度、人均 GDP；
- d) 政策因素：政府投资补贴、税收优惠。

4.4.2 对于中深层地源热泵系统供热，中深层地热能地下埋藏深度应大于 200 米。工程地点处中深层地热能满足下列温度条件宜使用中深层地热供热，否则不进入适应性评价的相关计算。

- a) 水热型：温度大于 25℃ 且小于 150℃；
- b) 干热岩型：温度大于 150℃。

4.4.3 建筑供热中深层地源热泵系统，采用附录表 E.0.5 中的权重值进行适宜性评价计算。

4.4.4 建筑供热中深层地源热泵系统的具体参数隶属度评价表见附录表 E.0.6，隶属度评价等级的评价参考标准见附录 C.0.3。

5 建筑供热地下水地源热泵系统

5.1 一般规定

5.1.1 地下水取水系统应根据水文地质勘察资料进行设计。必须采取可靠回灌措施，确保置换热量后的地下水同层等量回灌，严禁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地源热泵系统最大吸热量的要求。

5.1.3 地下水取水管、回灌管不得与市政管道连接并与通讯管网、电力管网及部队光缆保持安全距离。

5.1.4 地下水地源热泵系统设计时，应对地下水补给平衡进行分析，以地下水年平均补给量作为地下水补给平衡的评价指标。对于地下水补给量较小的地区，不宜采用地下水地源热泵系统形式。

5.2 资源勘察与环境要求

5.2.1 地下水取水系统勘察应包括下列内容：

- 1 地下水类型；
- 2 含水层岩性、分布、埋深及厚度；
- 3 含水层的富水性和渗透性；
- 4 地下水径流方向、速度和水力坡度；
- 5 地下水水温变化及其分布规律；
- 6 地下水水质；
- 7 地下水水位动态变化及其主要因素。

5.2.2 地下水取水系统勘察应进行水文地质试验。试验应包括下列内容：

- 1 取水试验；
- 2 回灌试验；
- 3 取水水温检测；

- 4 分层水样提取、分层水质化验分析；
- 5 水流方向试验；
- 6 渗透系数计算。

5.2.3 当地下水取水系统的勘察结果符合地下水地源热泵系统要求时，宜采用成井技术将水文地质勘探孔完善成热源井；成井过程应由水文地质专业人员进行监理。

5.3 建筑供热地下水地源热泵系统设计

5.3.1 热源井设计应符合现行国家标准《管井技术规范》GB50296 的相关规定，并应包括下列内容：

- 1 热源井抽水量和回灌量、水温和水质；
- 2 热源井数量、井位分布及取水层位；
- 3 井管配置及管材选用，抽灌设备选择；
- 4 井身结构、填砾位置、滤料规格及止水材料；
- 5 抽水试验和回灌试验要求及措施；
- 6 井口装置及附属设施；
- 7 避免空气侵入措施。

5.3.2 热源井的设置应符合下列要求：

- 1 在保证建筑物安全、热源井正常工作条件下，靠近机房；
- 2 热源井之间应保持一定间距，避免热源井之间的相互干扰；
- 3 对于热源井群，应最大限度地保持热源井中心连线的方向与当地地下水流方向垂直；
- 4 热源井位应避开有污染的地面或地层且地源井井内装置和材料应对地下水不造成污染；
- 5 热源井顶标高应低于冻土层。

5.3.3 取水井与回灌井宜实现相互转换，其管路上应设排气装置。取水管和回灌管上均应设置水样采集口及监测口。地质条件适宜地区且能够满足建筑负荷运行要求的条件下，宜采用单井循环换热系统。

5.3.4 热源井数目应满足持续出水量和完全回灌的需求。回灌要求应符合行

业标准《地热回灌技术要求》NB/T10099 的相关规定。

5.3.5 地下水采集系统应根据水源水质条件不同采用直接或间接系统；水系统宜采用变流量设计；地下水取水管道宜采取保温措施。

5.3.6 在地下水水质和流量完全满足建筑供热需求条件下，若水温温度条件与水源热泵机组进水温度最低要求相差 2℃ 范围内，可采用光伏、风电等绿电的加热型式，提升地下水温度满足水源热泵最低进水温度要求。

5.3.7 建筑供热地下水地源热泵系统的设计应满足现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015、《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736、《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50019 的相关规定。

6. 建筑供热地热水系统

6.1 一般规定

6.1.1 地热水供热系统应考虑当地可开采地热水能源储量与利用潜力。

6.1.2 地热水开采总水量应按照所选系统形式经过计算确定，管井井群设计的总出水量应小于开采地区地热水允许开采量。

6.1.3 地热井的设置应避开有污染的地面和地层。地热井井口应严格密封，井内装置应使用对地下水无污染的材料。地热井与化粪池、污水池或中水处理站、餐饮建筑室外设置的隔油池等的间距不应小于 30m。

6.1.4 地热水输配管道应避免穿过污染及腐蚀性地段，无法避开时应采取保护措施；

6.1.5 与污水管道或输送有毒液体管道交叉时，地热水输配管道应敷设在上，且不应有接口重叠；

6.1.6 地热水供热利用项目应在符合当地政策的前提下进行合理规划建设。

6.2 建筑供热地热水系统设计

6.2.1 建筑供热地热水系统设计方案应根据水文地质勘察资料进行详细的可行性研究，必须采取可靠回灌技术措施，确保换热后的地热水全部回灌到取水层，严禁对地热水资源造成浪费和污染。

6.2.2 建筑供热地热水系统应根据地热水品位，优先采用梯级利用方式，保证能源品位的合理利用，且地热利用率不应低于 60%。地热利用率的计算公式可按照式（6.2.2）计算：

$$\eta = \frac{Q_s}{Q_{max}} = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_0} \quad (6.2.2)$$

式中：

η -地热利用率；

Q_s -地热实际利用热量（kW）

Q_{max} -地热最大利用热量（kW）

t_1 -地热水稳定流体温度（℃）

t_2 -地热水回灌（排放）温度。（℃）

t_0 —供热季节室外平均温度（℃）

由于本标准供热标准，不包括地热水洗浴等地热水或温泉直接利用方式。因此，公式中 t_2 排放温度（供暖条件下与末端温度相关）与回灌温度一致。对于卫生热水和供暖，由于供水温度不同，应该分开进行评价。

6.2.3 建筑供热地热水系统应采用合理的调峰技术措施，减少地热水用量。调峰热源宜采用太阳能、空气能等可再生能源，调峰热负荷应根据地域气象条件、地热利用率、技术经济等因素确定。

6.2.4 应根据地热水出露型式，合理确定地热水取水水泵参数与性能。

6.2.5 建筑供热地热能系统的地热侧水系统宜采用变流量设计。

6.2.6 应根据地热水系统进出口流体参数和末端系统温度、水质需求，合理选择直接供热、通过地热换热器的间接供热、水源热泵机组供热或混合方式供热。

6.2.7 仅当地热水水质满足本标准表 6.2.7 的要求时，可采用地热水直接供热系统。

表 6.2.7 地热水直接供热系统水质要求

序号	项目名称	允许值	序号	项目名称	允许值
1	含砂量(体积比)	< 1/200,000	6	Fe ²⁺	< 1mg/L
2	CaO	< 200mg/L	7	Cl ⁻	< 100mg/L
3	SO ₄ ²⁻	< 200mg/L	8	H ₂ S	< 0.5mg/L
4	PH 值	6.5~8.5	9	游离 CO ₂	< 10mg/L
5	矿化度	< 3g/L	10	总碱度	≤500mg/L

6.2.8 地热水管路应符合下列规定：

- 1 供水管、回灌管不得与市政管路连接；
- 2 地热水严禁直接排放到地表；
- 3 应采用闭式系统；
- 4 地热水输配管道和管路附件应采取保温措施，设计工况下沿程温降不应大于 0.1℃ /km；
- 5 应充分利用自然补偿释放管道的温度变形，当自然补偿无法满足变形量时

应采用补偿器。支架（支座）的类型、间距和结构应根据管道结构、安装和运行条件、敷设环境、受力特征等因素确定；

6 管道高点或易存气点应设排气装置，管线坡度较小时，宜间隔 1000m 设排气装置；

7 室外管道宜采用直埋敷设。埋设深度应根据冬季冻土深度、外部荷载、管材性能、抗浮要求及与其他管道交叉等因素确定；

8 地热水输配管道的平面和竖向布置，应按现行国家标准《城市工程管线综合规划规范》GB 50289 的规定确定。

6.2.9 地热井口装置设计应符合下列要求：

1 井口装置应满足动态监测设备、回灌设备等设施的安装要求；

2 井口装置能够承受所需的温度、压力；

3 井口材料应根据地热流体水质检测要求，选择具有抗地热流体腐蚀的型材；

4 井口装置应采用闭式装置；

5 井口装置结构设计应考虑井管的热胀冷缩特点，与井管的连接应采用填料密封套接方式，并应具有良好的密封性能，不宜采用直接连接方式；

6 井口装置应预留水温、水位测量口，回灌井管道应具备溢流回流管道；

7 井口装置应预留水泵线缆与自动监测设施线缆入口，且两种线缆入口应分布于井口装置两侧；

8 井口装置应做防腐处理，对于高温、腐蚀性强的地热井，井管外应设置保护套管。保护套管直径根据井管直径确定，与井管之间的间距以 10mm~20mm 为宜，材质宜采用无缝套管，选料总长度应不小于 1200mm，留置在地面以上的高度应不小于 400mm，安装时应保证水平、牢固、密闭；

9 井口应安装气、水分离器；

10 井口宜设置微正压氮气保护系统，且充氮装置应设置自动压力控制设备。

6.2.10 地热井泵房位置应满足建筑规划要求。

6.2.11 地热井泵房总平面布置应同时满足布置、安装各类管道、仪表和其他部件所需的尺寸要求，各设施之间应有运行操作及维修所必须的场地和检修通道。

6.2.12 地热井泵房建筑的高度应满足设备安装、起吊、检修、搬运所需的空

间。

1 当采用移动式起重设备时，室内净高不应小于 4.0m，且应在与井口垂直的屋顶设置不小于 1.0m×1.0m 的吊装孔，吊装孔可设计为活动盖板形式，并应防水防漏；

2 当采用固定式起重设备时，室内净高不应小于 6 m；吊起物底部与吊运所越过的物体顶部之间有 0.5m 以上的净距。

6.2.13 地热井泵房的大门应保证能将搬运的机件进入，应比最大件宽 0.5 m。

6.2.14 地热井泵房的主要通道宽度不应小于 1.2m，并应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

6.2.15 地热井泵房建筑的耐火等级应不小于二级，并根据等级配置符合消防安全通道要求的门窗，泵房门应为向疏散方向开启的丙级以上防火门。

6.2.16 地热井泵房建筑内应设置防爆照明灯具及开关，其他电气设备应符合相应的国家防爆技术要求。有害气体报警以及联动通风设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

6.2.17 地热井泵房的噪声控制应符合现行国家标准《建筑环境通用规范》GB55016 的规定。

6.2.18 地热井泵房宜采用地上独立建筑，且应符合下列要求：

- 1 地热井泵房地面标高应高于室外地面 200mm；
- 2 地热井中心线至内墙面的间距不应小于 1.5m；
- 3 地热井泵房应设置供暖设施，保证室温不低于 5℃；
- 4 地热井泵房应设置机械通风装置；
- 5 地热井泵房与周边建筑间距不应小于 10m，并应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

6.2.19 地下或半地下式地热井泵房应符合下列要求：

- 1 地热井泵房屋顶应设置井泵提升孔和进出人孔，并设置防雨、防尘帽和警示标志；
- 2 地热井泵提升孔与进出人孔尺寸不小于 1.0 m×1.0 m，进出人孔处设扶梯；
- 3 室内排水沟末端应设置集水坑，并应安装自动潜水排污泵，并应有不间断

动力电源供应；排污泵应设置自动启闭装置；

- 4 进出地热井泵房的各种管道、电缆应预埋穿墙防水套管；
- 5 当地热井水温超过 45℃时，应设置直通室外的安全通道；
- 6 自流井严禁采用地下或半地下地热井泵房。

6.2.20 地热井泵选型应符合下列要求：

- 1 地热井泵应满足地热水的温度和腐蚀性要求，宜采用耐热潜水电泵；
- 2 地热井泵应根据地热井的温度、流量、水质、水位等要求确定，并适当考虑发展余量；

- 3 应配置变频控制装置；
- 4 应配置一台备用井泵，型号与工作井泵一致；

6.2.21 地热水回灌系统应符合下列规定：

- 1 回灌系统设计应能实现自然回灌和加压回灌的切换，并宜采用自然回灌，当自然回灌水量达不到要求时，可采用加压回灌方式；
- 2 回灌宜采取同层回灌模式；
- 3 基岩裂隙型热储层地热回灌系统中，回灌井内不应安装水泵，进水方式宜采取回灌水管方式进行注水回灌，回灌水管下至回灌井内静水位液面以下 5m~10m；孔隙型热储层的回灌系统，考虑回扬需要可在回灌井内安装水泵；
- 4 回灌井与取水井应保持一定的间距，其间距应在分析地质构造、热储性质、回灌量、开采和回灌水温差等的基础上确定；
- 5 回灌井与取水井的深度、井结构应相同；
- 6 回灌水应为未受污染的原水回灌，回灌不得对取水层造成污染；
- 7 回灌措施应记录过程数据，记录应按本标准附录 B.0.1 的表格记录。

6.2.22 回灌水系统应安装过滤器，并应符合下列规定：

- 1 裂隙型热储层可仅安装粗过滤器，但可根据地热水质量的具体情况，在回灌水源经除砂处理后，在地面净化措施上考虑增设管道过滤或其它过滤等粗过滤器，达到过滤回灌水中残留的相对直径较大的效果；
- 2 孔隙型热储层由于渗透率小、岩石粒径细，滤水管网容易被细微颗粒或细菌堵塞，应同时安装粗、精两级过滤装置；

- 3 粗过滤精度宜为 50 μm ，精过滤精度宜为 1 μm ~3 μm ；
- 4 当回灌流体中泥质含量较高时，宜在粗过滤装置前加装排污器；
- 5 过滤器宜采用多个相同的过滤器并联的安装方式，粗过滤器宜采用自清洗；
- 6 过滤器应采用不锈钢材质。

6.2.23 回灌系统中的排气罐应符合下列规定：

- 1 排气罐应安装在精过滤器之后，加压泵、回灌井口之前；
- 2 排气罐的容量应根据地热水中所含气体组分和含量确定；
- 3 地热水中含气体容量较高时，应将排气罐排出气体通过风管直接排至室外；
- 4 排气罐应采用不锈钢材质，顶部设置自动排气装置及压力表。

6.2.24 回灌系统中的加压泵应符合下列规定：

- 1 加压泵设置在排气罐和中间换热器之后；
- 2 加压泵宜选用变频控制的管道离心泵；
- 3 加压泵应根据回灌压力和回灌量的要求确定，并符合压力容器和设备的设计安装要求。

6.2.25 回灌系统管道宜选用纤维增强复合材料、PVC 或不锈钢管材，同时进行防腐、防垢处理，并应满足管道的允许工作压力和工作温度要求。回灌系统应严格进行密封处理，所有接口的连接方式除应采用法兰连接的设备、阀门外，其他管道应采用焊接。

6.3 水处理方法

6.3.1 地热水利用，应根据水质化验报告，合理选择水处理技术措施。

6.3.2 地热水除砂设备的选择应符合下列要求：

- 1 当地热水中含砂量超过 0.05‰（体积比）时，应采取除砂措施；
- 2 除砂设备应满足排砂方便、温度降低少、地热水不与空气接触等要求，宜选用旋流式除砂器，其除砂器应采取保温措施，并设置独立固定基座；
- 3 除砂设备应考虑处理水量、外部接管管径、管道工作压力、水质要求等因素。

6.3.3 严禁采用化学方法进行回灌地热水处理，避免污染地热水热储层。

6.3.4 地热水水质处理技术选择应根据不同供热技术系统的初投资和运行费综合选择。

6.3.5 地热水水质处理技术措施，应充分考虑地热水温度与处理效果的对应关系。

6.3.6 水质处理方法应根据地热井下与井上压力与温度的变化对应选择水处理技术措施。

6.3.7 宜根据地热水中对管道造成腐蚀、结垢的离子通过不同温度及压力溶解度不同，通过系统各段压力调控改变溶解度，从而通过物理过程实现水质处理。

6.3.8 宜根据结垢成分、特点，在管道上选择耐温耐压物理涂层、化学涂层、激光涂层等技术，保证垢层不聚集，实现免水质处理的技术措施。

7 建筑供热中深层地源热泵系统

7.1 一般规定

7.1.1 建筑供热中深层地源热泵系统适宜的地区，宜具备以下特征：

- 1 地质结构稳定；
- 2 地势平坦、开阔，适宜中深层地源热泵井下换热器施工；
- 3 地下地质结构中断层、罅隙少；
- 4 地温梯度大；
- 5 地下岩体导热性能好；
- 6 靠近建筑供热系统负荷密集区。

7.1.2 建筑供热中深层地源热泵系统工程建设场地调查应包括建设区域内场地状况、热泵机房及配套设施的建筑空间条件以及供热需求。

7.1.3 场地状况调查应包括下列内容：

- a) 场地内可供开发利用的地热资源量、地质构造、地层特征、岩性特征、地温梯度和地温场等特征，并与已有资料进行比对；
- b) 场地附近如果已有中深层地热水热型供热系统，应了解其位置、用途、类型、结构、深度、地层分布、出水量、年用水量、水位及变化、水温 and 水质情况，避免影响建筑供热中深层地源热泵系统的供热效果；
- c) 场地内中深层地热换热井施工条件分析、场地以及周边地质风险评估。

7.1.4 在地热能地质资料不充分区域，宜采用数值模拟方法预测中深层地源热泵井下换热器的地热取热容量和功率等，或开展地热地质勘查，选 1 个钻孔作为换热试验井，并包括以下勘查测试内容：

- a) 样品采集与测试：在各取热段，或每隔 50 米深度，取 1 组到 3 组岩心，并进行岩心样密度、孔隙度、导热系数、热扩散系数和比热容参数测试；取岩心的位置、数量和质量应符合现行国家标准《地热资源地质勘查规范》GB/T 11615 的要求；
- b) 宜对换热试验井进行全井段测温，获取岩体温度和地热增温率；
- c) 确定热泵供热机房与井下换热器安装场地、管线路由情况等；
- d) 确定热泵供热机房和配套设施建筑空间所需面积、层高、承重、抗震、

沉降、抗浮、隔音和防水性能需求，以及规避可能的地质风险。

7.1.5 建筑供热中深层地源热泵系统应采用地下全封闭的地热换热井结构，井下换热器内部流体循环换热、利用井下换热器与周边地下岩土之间的温差、以传热方式提取热量。

7.1.6 地热资源勘查应符合现行国家标准《地热资源地质勘查规范》GB/T 11615 的规定，收集建设场地及周边一定范围内的相关地质基础资料（地层岩性、地质构造、工程地质、水文地质条件等），查明并综合分析建设场地及周边一定范围内地下 0 米至 1500 米深度内地层及岩性特征、地质构造、地温场特征、地热资源条件等，编制中深层地源热泵用地热资源勘查评估报告。

7.1.7 应根据建设场地地热资源勘查评估报告，确定技术可行、工期可行、成本可控、效果可靠的中深层地源热泵供热系统方案。其中井下换热系统的方案，应包括中深层地热换热井设计深度（单位：m）、单井设计稳定取热功率（单位：kW）、单井设计全年累积取热量（单位：GJ），宜提供自 9 月 1 日至次年 4 月 30 日的井下换热器出口水温变化预测值以及累年温度变化预测值。

7.1.8 宜根据供热系统建设项目的实际情况，靠近被供热建筑物或建筑群、或靠近热泵供热机房的位置布置中深层井下换热器，并与建筑物保持安全间距。不宜将中深层换热孔设置于建筑物筏板之下。

7.1.9 如采用多个中深层井下换热器，间距宜大于 30 米；宜沿建设项目地块外边界直线布置或 L 型布置多个井下换热器。

7.1.10 中深层地源热泵供热系统宜采用板式换热器与热泵联合供热方式，并根据建设项目地热资源条件、供热系统供水温度要求和回水温度实际情况，确定板式换热器与热泵之间串联运行或并联运行。

7.1.11 建筑供热中深层地源热泵系统宜实现智慧成孔、智慧测孔、装配式热源站、智慧供热、智慧运维，宜持续定量评估建筑供热中深层地源热泵系统的能力和效果。

7.2 地下换热器埋管形式

7.2.1 建筑供热中深层地源热泵系统的地下换热器深度和埋管形式，宜根据建设项目当地实际工程地质和水文地质条件，以及中深层地源热泵用地热资源勘

查评估报告进行确定。

7.2.2 中深层地热井下换热器宜采用同轴套管型换热器,为保证其换热效果,应满足以下要求:

- 1 换热器入口温度宜在 $10^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 之间进行调节,不应低于 4°C ;
- 2 换热器循环介质宜采用大温差、变流量运行工况设计。循环工质的具体设计流量和设计进出口温差,根据实际地质地热条件,参考建筑设计供热负荷、供热季累积耗热量设计值等进行确定,换热器设计流量取值为 $20\text{ m}^3/\text{h}\sim 30\text{ m}^3/\text{h}$ 之间为宜,循环工质进出口设计温差取值为 $10^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$;
- 3 井下同轴换热器确定设计循环流量后,宜根据设计循环流量进行井下同轴换热器和管道水力计算,确定循环水泵扬程、功率;
- 4 热源井之间应保持一定间距,避免热源井之间的相互干扰;
- 5 对于热源井群,应最大限度地保持热源井中心连线与地面垂直;

8 建筑供热热泵系统设计、施工与运维

8.1 热泵系统关键设备选型

8.1.1 热泵机组性能应符合现行国家标准《水（地）源热泵机组能效限定值及能效等级》GB30721 的规定，且应满足系统运行参数的要求；

8.1.2 热泵机组应按实际工况参数进行选型，设计运行工况与名义工况不一致时，应根据性能曲线对其实际出力进行修正；

8.1.3 热泵机组应与各相关设备进行电气联锁，顺序启停；采用全自动运行方式时，宜根据供热量、水温、室外气象参数等参数对系统进行优化控制；

8.1.4 热泵机组工质必须符合有关环保要求；采用过渡工质时，热泵机组的使用年限不得超过我国禁用时间表的规定；

8.1.5 热泵机组的性能与台数，应适应热负荷变化规律，满足部分负荷要求，一般不应少于两台。

8.1.6 采用间接系统时，中间换热器的选型、安装应符合下列要求：

- 1 换热器宜选用换热效率高的换热器；
- 2 换热器主要零部件耐温、耐腐蚀性能应满足要求；
- 3 换热器安装位置前，应安装除砂器；
- 4 换热器进水口处应设置过滤器；且应根据地下水水质情况，在换热器安装位置前应安装有针对性的水处理设备；
- 5 全年使用的换热器台数不应少于两台；
- 6 供暖用换热器，一台停止工作时，剩余换热器的设计换热量应符合下列要求规定：

- 1) 寒冷地区不应低于设计供热量的 65%；
- 2) 严寒地区不应低于设计供热量的 70%。

8.1.7 热泵机组、水泵、末端装置、中间换热器等设备、管路及部件的工作压力应满足其承压要求。

8.1.8 热源测的水泵流量，应由所选择热泵机组与水系统设计温差确定；水泵扬程应由管路水力计算确定，水泵宜设置变频功能。

8.2 系统施工、调试与验收

8.2.1 热源井的施工队伍应具有相应的施工资质。

8.2.2 热源侧系统施工前应具备热源井及其周围区域的工程勘察资料、设计文件和施工图纸，并完成施工组织设计。热源井施工过程中应同时绘制岩土柱状剖面图。

8.2.3 对于地下水取水井施工应符合现行国家标准《管井技术规范》GB50296的规定。

8.2.4 取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。

8.2.5 建筑供热地源热泵系统安装完成、交付使用前，应进行系统整体运行、调试与验收。系统整体运行、调试与验收应在建设单位、监理单位的共同参与下进行。

8.2.6 建筑供热热泵系统整体运行与调试应符合下列规定：

- 1 整体运行与调试前，应制定“整体运行与调试方案”；
 - 2 热泵机组试运行前，应进行水系统及风系统平衡调试，系统循环总流量、各分支流量及各末端设备流量均应符合设计要求；
 - 3 水系统及风系统平衡调试完成后，应进行热泵机组的试运行，运行参数应符合设备技术要求；
 - 4 热泵机组试运行正常后，应进行系统 24h 连续运行，并填写运转记录；
 - 5 供热系统整体运行与调试应于冬季工况进行，调试结果应达到设计要求。
- 调试完成后，应编写“调试报告”与“运行操作规程”。

8.2.7 热源井应单独进行验收，且应符合现行国家标准。

8.2.8 热源井验收后，施工单位应提交热源井成井报告。报告应根据热源井类型，提供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等报告。

8.2.9 输水管网设计、施工及验收应符合现行国家标准。

8.2.10 建筑供热热泵系统工程质量验收除应符合本规程规定外，还应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243 和《制冷设备、空

气分离设备安装工程施工及验收规程》GB50274、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268、《建筑节能工程施工质量验收标准》GB50411 等的相关规定。

8.3 热泵系统运行监测与维护管理

8.3.1 建筑供热热泵系统运营单位应制定系统运行管理办法和规定，规范系统的日常监控、操作、维护和管理，保证系统安全、高效运行。

8.3.2 建筑供热热泵系统的设计单位应在施工图标注系统运行说明；运行管理部门应监控和记录系统运行参数，并结合设计单位要求，根据系统实际使用情况不断调整、优化运行方案。

8.3.3 建筑供热热泵系统工程运行期应进行热源侧系统、热源站系统和代表用户室温的动态监测；监测设施应作为热泵供热系统工程的组成部分列入建设计划，同步设计、施工和验收。

8.3.4 建筑供热热泵系统宜配置监测数据自动采集、传输系统，并能与楼宇自动化管理系统进行通信。

8.3.5 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，应包括下列功能：

- 1 运行参数监测、显示和记录；
- 2 各设备工作状态显示、启停连锁控制、报警及保护功能；
- 3 热泵机组和热源侧系统数量、加减载控制功能；
- 4 水系统温度或压力控制功能；
- 5 用能分项计量、供热量计量；
- 6 系统调节与工况转换。

8.3.6 地下水取水系统的动态监测是地下水地源热泵供热系统的监测重点，主要监测热源井运行期间的地下水水量、水温、水质、水位；监测系统宜采用智能动态监测系统，对不具备建立智能动态监测系统的热源井可采用人工监测。地下水水量、水温、水位的动态监测数据采集间隔时间为 30~60 min。地下水水质动态监测应符合下列规定：

- 1 水质检测指标包括电导率、PH 值、溶解氧、浊度、高锰酸盐指数、总磷、氨氮、总硬度、砷（As）、钼（Mo）、氟（F）、铁（Fe）、含砂量；

2 系统供热运行前和运行期末，分别取样检测，当指标出现异常时，加密取样检测。

8.3.7 建筑供热热泵系统的监测与控制系统设置应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736、《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 和《自动化仪表工程施工及质量验收规范》GB 50093 的相关规定。

8.3.8 监测数据应定期进行分析。

8.3.9 建筑供热地下水地源热泵系统、地热水系统的运行期间，出现地下水、地热水抽取与回灌水量、水温、水质、水位等异常时，系统应立即停止运行，需找到出现问题的原因并采取相应措施加以解决后系统方可恢复运行。

8.3.10 热源井应定期检查井口封闭情况以及设备、管道的泄漏情况，防止污染。

8.3.11 每年供热期结束后，应对井泵进行检修。

8.3.12 热泵机组运行维护应符合下列规定：

- 1 热泵机组地热侧和用户侧流量、温度、压力及制冷剂压力、温度等主要运行参数值均在设计文件与设备说明书规定的范围内；
- 2 根据需求热负荷情况及运行方案，调节热泵机组的开启台数和顺序；
- 3 定期检查热泵机组油过滤器、水过滤器、水流开关的通畅状况，每月应不少于一次；定期更换冷冻油及其它易损部件；
- 4 定期对热泵机组的冷凝器、蒸发器结垢状况进行检查和清除处理，每年不少于一次。

8.3.13 机房系统附属设备运行管理应符合下列规定：

- 1 定期检查热源站机房内设备管道的支吊架、管箍、减震装置和各类阀门，并及时修补或更换；
- 2 保持末端系统水处理设备中的加药装置有效运行，及时记录加药时间、加药品名和加药数量；
- 3 保持换热设备的温控装置、安全装置在正常工作状态。

9 建筑供热地热能系统监测与控制

9.1 一般规定

9.1.1 所有建筑供热地热能系统应配套建立信息化监控系统。

9.1.2 信息化监控系统具备运行工况实时分析、参数报警预警等、能耗能效数据分析、存储、导出等基本功能。监控系统数据应实时传输并显示，监测方式应为长期、连续监测，数据报表的记录周期不大于 30 分钟/次。

9.1.3 用于计量的设备和传感器选型及安装应符合国家标准或行业规范要求，现场设置传感器测量范围和精度应与二次仪表匹配。供热计量应符合现行行业标准《供热计量技术规程》JGJ173 的规定。

9.1.4 监控系统的仪表应定期进行标定，监测系统所采集的数据宜进行在线能量平衡校核，发现较大误差或错误时应采取必要的校整措施。

9.1.5 能耗能效监测评估系统除具备本地、本系统的能耗能效监测评估功能外，还应预留数据上传接口与协议要求。

9.1.6 监控系统应具备智能化扩展功能，可向第三方平台系统传输数据。

9.1.7 地热资源监测设备的要求应符合地热测量环境条件，按照运行要求进行安装和维护，充分利用远程传输及控制技术，提高监测效率及快速反应能力。

9.2 监测参数要求

9.2.1 监测热源侧进出水温度、流量、压力、热量、电功率、耗电量等参数，自动分析计算地热利用量、热泵机组效率、可再生能源利用率等，评价供热系统运行效果。

9.2.2 监测地热能管网温度、压力等数据，设备应具有管网泄漏报警功能。

9.2.3 地热换热井侧系统和设备应监控的参数包括：

- a) 单井循环流量、进出口温度、进出口压力、取热量；
- b) 井下换热侧设备流量，进出口温度，进出口压力或压降；
- c) 井下换热侧水泵耗电量、运行状态、运行频率。

9.2.4 热泵及附属设备应监控的内容包括：

- a) 设备运行状态，开启或停止、手动或自动；

- b) 设备的故障报警;
- c) 设备变频器工作状态, 手动或自动, 变频器控制频率和反馈频率;
- d) 机组蒸发器饱和温度、压力, 冷凝器饱和温度、压力;
- e) 蒸发器、冷凝器两侧供回水温度、循环流量以及热量;
- f) 主要设备运行电流、电功率、累计耗电量以及热泵机组能效比。

9.2.5 当供热系统中包含辅助供热时, 应包含如下监控参数:

- a) 热泵供热侧系统热媒流量、温度、压力;
- e) 辅助供热侧系统热媒流量、温度、压力;
- f) 系统耦合后最终的热媒流量、温度、压力。

9.2.6 其他宜监控的系统和设备运行基本参数包括:

- a) 供热站出口、建筑物入口供回水温度;
- b) 电动阀门开关状态, 连续调节阀门开度;
- c) 水处理及定压补水装置开关状态、补水水量和补水漏水报警、超压报警、低温报警等故障报警信息。

9.3 监控系统要求

9.3.1 监控系统宜具备以下基本功能:

- a) 系统设备具备平台级、站级、就地级三级监控功能;
- b) 可根据不同场景下的负荷预测结果, 对地热供热系统实际制热量、温度、水量等进行调节, 并实现与用户侧相关设备的控制和管理;
- c) 根据运营需求实现碳排放控制策略、经济最优控制策略等策略选择;
- d) 控制系统根据历史运行数据, 结合预设气象等参数, 自主选择最优运行策略;
- e) 满足井群或多个分布式能源站间的能量平衡及能源调度;
- f) 实现主机群控、泵组控制等功能。

9.3.2 供热系统各机电设备控制柜应具备与建筑自动控制系统匹配的通讯或控制的数据接口。

- a) 系统各种机电设备控制柜给与自动控制系统预留硬连接接口, 并提供电气二次回路需预留的监视和控制接点;

b) 热泵机组在厂家成套控制柜内预留 RS485 硬连接通信接口，通信协议采用市场主流的 MODBUSRTU 或 BACnet MSTP 通信协议；

c) 各种水泵控制柜电气二次回路预留水泵运行状态、故障状态、手动/自动状态和远程启停干接点接口；变频泵提供变频控制及频率反馈接口。

9.3.3 各系统分级控制器宜采用冗余设计。现场控制器宜在脱离主控或分控计算机控制后仍能维持掉线前的控制状态，并独立完成各种控制及监测工作。

10 建筑供热地热能效益分析

10.1 经济效益分析

10.1.1 建筑供热地热能系统项目立项前，应做经济效益分析，对包括地热能在内的清洁能源系统进行全寿命周期值的权衡计算。计算公式采用（10.1.1）：

$$LCC = IC + \sum_{k=1}^n OC(1+i)^{-k} + DC(1+i)^{-n} \quad (10.1.1)$$

式中：

LCC ——全生命周期成本；

IC ——初投资；

OC ——运行成本；

DC ——残值；

k ——设备已使用年数；

n ——经济寿命期。

10.1.2 对于地热能投资运营单位，宜采用财务指标法、投资回收期法、净现值法等经济效益评价方法对建筑供热地热能工程的经济效益进行评估。

10.1.3 建筑供热地热能工程初投资包括建设投资静态部分和建设投资动态部分。

10.1.4 建筑供热地热能工程运行费计算宜采用动态负荷分析方法。

10.1.5 应结合当地能源价格、供热收费标准等因素对地热能经济效益进行分析。

10.2 社会与环境效益分析

10.2.1 建筑供热地热能工程的社会效益分析主要包括节能效益分析与其他社会效益分析。

10.2.2 建筑供热地热能工程的节能效益分析主要表现在节电量。

10.2.3 建筑供热地热能工程的节电量根据公式（10.2.3）进行计算：

$$\Delta P = \frac{Q_H}{3.6\eta_d} - E \quad (10.2.3)$$

式中：

ΔP ——节电量，kWh；

Q_H ——全年累计耗热量，MJ；

η_d ——电锅炉热效率，根据相关规范取参考值 0.96；

E ——建筑供热地热能系统耗电量，kWh。

10.2.4 建筑供热地热能工程的其他社会效益主要包括缓解供电紧张、改善供热质量、促进技术发展、节省用地面积等方面。

10.2.5 建筑供热地热能工程的冬季供电贡献率，以水电节约量进行计算，见公式（10.2.5）：

$$\Delta P_s = \alpha \cdot \Delta P \quad (10.2.5)$$

式中：

ΔP_s ——水电节约量，kWh；

ΔP ——电节约量，kWh；

α ——西藏地区水电比例，根据现行《中国电力统计年鉴》取参考值 0.82。

10.2.6 在进行建筑供热地热能工程设计时应避免大规模集中应用对生态环境的破坏。

10.2.7 建筑供热地热能工程的环境效益分析宜从温室气体减排效益、气态污染物减排效益以及颗粒污染物减排效益三个方面展开。

10.2.8 建筑供热地热能工程的环境减排效益，主要基于标准煤污染物排放进行计算。

10.2.9 建筑供热地热能工程的温室气体减排效益分析主要包括二氧化碳减排量的计算。二氧化碳减排量根据公式（10.2.9）进行计算：

$$Q_{CO_2} = \Delta P \times V_{CO_2} \quad (10.2.9)$$

式中：

Q_{CO_2} ——二氧化碳减排量，kg；

ΔP ——电节约量，kWh；

V_{CO_2} ——单位电量的二氧化碳排放因子，kgCO₂/kWh；取全国平均值，可参考生态环境部发布的最新数据。

附录 A.0.1 地下水取热能力记录表

[illegible]

备注：动水位、静水位以当高程进行记录、取水管流速宜控制在 3m/s 以下。

附录 A.0.2 地热水取热能力记录表

[illegible]

附录 A.0.3 中深层取热能力记录表

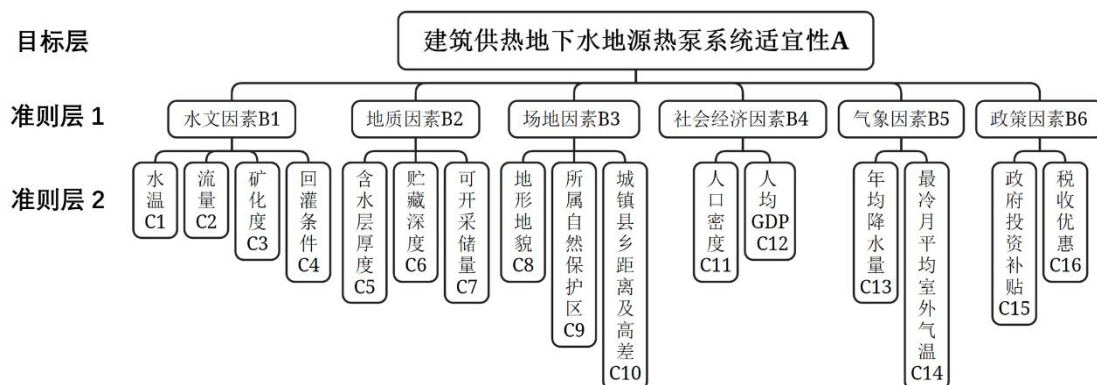
[illegible]

附录 B.0.1 回灌井回扬监测数据记录表

[illegible]

附录 C.0.1 建筑供热地下水地源热泵系统适宜性评价指标体系及评价参考标准

(1) 基于层次分析法，按照目标层、准则层以及对应的相关因素，建立建筑供热地下水地源热泵系统评价指标体系，具体详见附图 C1。



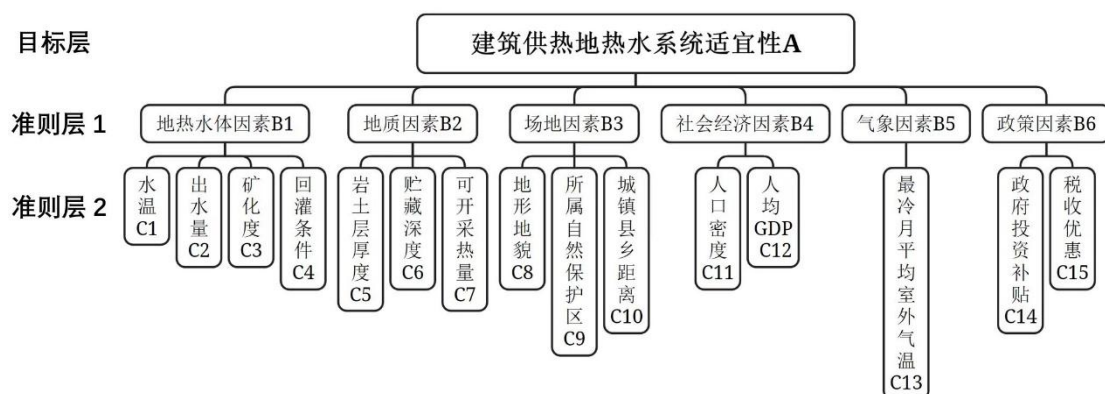
附图 C1 建筑供热地下水地源热泵系统适宜性的层次分析法评价指标体系

(2) 建筑供热地下水地源热泵系统的具体参数隶属度评价等级的评价参考标准：

- a) 对于地下水地源热泵系统供热，水温、流量、矿化度、含水层厚度、贮藏深度、可开采储量、城镇县乡距离及高差、人口密度、人均 GDP、年均降水量和最冷月平均室外气温需通过工程地点测量或调研得出。随后将具体工程地点的实际参数与当地测量或资料给出的参数区间进行对比，位于参数区间的三分之一及以下为“差”，三分之一到三分之二之间为“一般”，三分之二及以上为“优”（其中对于矿化度、贮藏深度和城镇县乡距离及高差的评判标准为数值越大越不利于地下水地源热泵供热，与其他具体参数评判标准相反，因此在判断时，具体工程地点的实际参数位于当地测量或资料给出的参数区间的三分之一以下为“优”，三分之一到三分之二之间为“一般”，三分之二以上为“差”）。
- b) 对于回灌条件，若工程地点孔隙潜水含水层的渗透性好，单位回灌水量大于或较接近单位涌水量，则隶属度评价等级为“优”；孔隙潜水含水层的渗透性一般，单位回灌水量小于单位涌水量较多为“一般”；孔隙潜水含水层的渗透性差，单位回灌水量远远小于单位涌水量为“差”。
- c) 对于地形地貌，若工程地点地形单一，地势平坦开阔，则隶属度评价等级为“优”；地形多变，地势较为平坦为“一般”；地形十分复杂，地势险峻为“差”。
- d) 对于所属自然保护区，若工程地点位于自然保护区缓冲区外且距离较远，则隶属度评价等级为“优”；位于自然保护区缓冲区外但距离较近为“一般”；紧靠或位于自然保护区缓冲区内为“差”。
- e) 对于政府投资补贴，若工程地点有国家和当地政府的投资补贴，则隶属度评价等级为“优”；仅有国家或当地政府之一投资补贴为“一般”；无政府投资补贴为“差”。
- f) 对于税收优惠，若工程地点对大多数相关企业有税收优惠且促进引资，则隶属度评价等级为“优”；对部分小微或招商等企业有税收优惠为“一般”；无税收优惠为“差”。

附录 C.0.2 建筑供热地热水系统适宜性评价指标体系及评价参考标准

(1) 基于层次分析法,按照目标层、准则层以及对应的相关因素,建立建筑供热地热水系统评价指标体系,具体详见附图 C2。



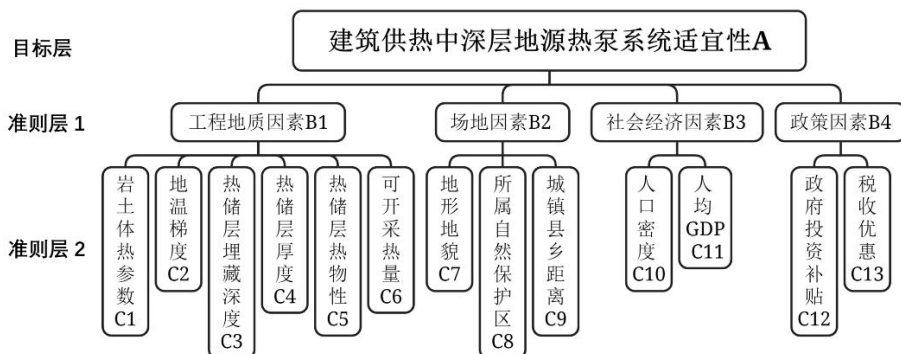
附图 C2 建筑供热地热水系统适宜性的层次分析法评价指标体系

(2) 建筑供热地热水系统的因素隶属度评价等级的评价参考标准:

- a) 对于地热水供热,水温、出水量、矿化度、岩土层厚度、贮藏深度、可开采热量、城镇县乡距离、人口密度、人均 GDP 和最冷月平均室外气温需通过工程地点测量或调研得出。随后将具体工程地点的实际参数与当地测量或资料给出的参数区间进行对比,位于参数区间的三分之一及以下为“差”,三分之一到三分之二之间为“一般”,三分之二及以上为“优”(其中矿化度、岩、土层厚度、贮藏深度和城镇县乡距离评判标准为数值越大越不利于地热水供热系统供热,与其他具体参数评判标准相反,因此在判断时,具体工程地点的实际参数位于当地测量或资料给出的参数区间的三分之一以下为“优”,三分之一到三分之二之间为“一般”,三分之二以上为“差”)。
- b) 对于回灌条件,若工程地点孔隙潜水含水层的渗透性好,单位回灌水量大于或较接近单位涌水量,则隶属度评价等级为“优”;孔隙潜水含水层的渗透性一般,单位回灌水量小于单位涌水量较多为“一般”;孔隙潜水含水层的渗透性差,单位回灌水量远远小于单位涌水量为“差”。
- c) 对于地形地貌,若工程地点地形单一,地势平坦开阔,则隶属度评价等级为“优”;地形多变,地势较为平坦为“一般”;地形十分复杂,地势险峻为“差”。
- d) 对于所属自然保护区,若工程地点位于自然保护区缓冲区外且距离较远,则隶属度评价等级为“优”;位于自然保护区缓冲区外但距离较近为“一般”;紧靠或位于自然保护区缓冲区内为“差”。
- e) 对于政府投资补贴,若工程地点有国家和当地政府的投资补贴,则隶属度评价等级为“优”;仅有国家或当地政府之一投资补贴为“一般”;无政府投资补贴为“差”。
- f) 对于税收优惠,若工程地点对大多数相关企业有税收优惠且促进引资,则隶属度评价等级为“优”;对部分小微或招商等企业有税收优惠为“一般”;无税收优惠为“差”。

附录 C.0.3 建筑供热中深层地源热泵系统适宜性评价指标体系及评价参考标准

(1) 基于层次分析法，按照目标层、准则层以及对应的相关因素，建立建筑供热中深层地源热泵系统评价指标体系，具体详见附图 C3。



附图 C3 建筑供热中深层地源热泵系统适宜性的层次分析法评价指标体系

(2) 建筑供热中深层地源热泵系统的因素隶属度评价等级的评价参考标准：

- a) 对于中深层地源热泵系统供热，岩土体热参数、地温梯度、热储层埋藏深度、热储层厚度、热储层热物性、可开采热量、城镇县乡距离、人口密度和人均 GDP 需通过工程地点测量或调研得出。随后将具体工程地点的实际参数与当地测量或资料给出的参数区间进行对比，位于参数区间的三分之一及以下为“差”，三分之一到三分之二之间为“一般”，三分之二及以上为“优”（其中热储层埋藏深度和城镇县乡距离的评判标准为数值越大越不利于中深层地源热泵系统供热，与其他具体参数评判标准相反，因此在判断时，具体工程地点的实际参数位于当地测量或资料给出的参数区间的三分之一以下为“优”，三分之一到三分之二之间为“一般”，三分之二以上为“差”）。
- b) 对于岩土体热参数和热储层热物性使用热扩散系数进行评估，参考公式：热扩散系数=导热系数/（密度·比热容）。
- c) 对于地形地貌，若工程地点地形单一，地势平坦开阔，则隶属度评价等级为“优”；地形多变，地势较为平坦为“一般”；地形十分复杂，地势险峻为“差”。
- d) 对于所属自然保护区，若工程地点位于自然保护区缓冲区外且距离较远，则隶属度评价等级为“优”；位于自然保护区缓冲区外但距离较近为“一般”；紧靠或位于自然保护区缓冲区内为“差”。
- e) 对于政府投资补贴，若工程地点有国家和当地政府的投资补贴，则隶属度评价等级为“优”；仅有国家或当地政府之一投资补贴为“一般”；无政府投资补贴为“差”。
- f) 对于税收优惠，若工程地点对大多数相关企业有税收优惠且促进引资，则隶属度评价等级为“优”；对部分小微或招商等企业有税收优惠为“一般”；无税收优惠为“差”。

附录 D.0.1 适宜性评价算例

(1) 对适宜性评价的最大隶属度计算给出范例, 计算西藏某地区 A 地点建筑供热地下水地源热泵系统的因素最大隶属度, 并评价该地点的适宜性。

(2) 需先对 A 地点进行地下水回灌检测与试验, 检测与试验结果满足回灌条件且回灌条件能够达到最低要求, 进行下一步计算。

(3) 对该地区和该地区 A 地点进行测量与参数调研, 可得该地区和该地区 A 地点的水温、流量、矿化度、含水层厚度、贮藏深度、可开采储量、城镇县乡距离及高差、人口密度、人均 GDP、年均降水量和最冷月平均室外气温的参数值区间和具体参数值, 见附表 D1。

附表 D1 西藏某地区和该地区 A 地点的算例参数值

	西藏某地区	该地区 A 地点
水温 (1)	3~15℃	11.26℃
流量 (2)	28.83~295m ³ /s	295m ³ /s
矿化度 (3)	60~360mg/L	155.5mg/L
含水层厚度 (5)	10~70m	55m
贮藏深度 (6)	0.95~20m	2.46m
可开采储量 (7)	14000~530000m ³ /km ²	279428m ³ /km ²
城镇县乡距离及高差 (10)	50~300km	60km
人口密度 (11)	5~60 人/km ²	30 人/km ²
人均 GDP (12)	1.7~5.3 万元/人	3.5 万元/人
年均降水量 (13)	229.6~613.8mm	426mm
最冷月平均 室外气温 (14)	-3.5~3℃	-1.2℃

(4) 根据附录 C.0.1 的地下水地源热泵系统供热的具体参数隶属度评价等级的评价参考标准和附表 D1 中的具体参数区间和参数值对该地区 A 地点的具体参数做出隶属度评价, 得到附表 D2。

附表 D2 西藏某地区 A 地点的地下水地源热泵系统供热的具体参数隶属度评价表

因素	具体参数	隶属度评价等级		
		差	一般	优
水文因素	水温 (1)			√
	流量 (2)			√
	矿化度 (3)		√	
	回灌条件 (4)		√	
	本因素的隶属度	0	1/2	1/2
地质因素	含水层厚度 (5)			√
	贮藏深度 (6)			√
	可开采储量 (7)		√	
	本因素的隶属度	0	1/3	2/3
场地因素	地形地貌 (8)		√	

	所属自然保护区(9)		√	
	城镇县乡距离及高差(10)			√
	本因素的隶属度	0	2/3	1/3
社会经济因素	人口密度(11)		√	
	人均 GDP(12)			√
	本因素的隶属度	0	1/2	1/2
气象因素	年均降水量(13)		√	
	最冷月平均室外气温(14)		√	
	本因素的隶属度	0	1	0
政策因素	政府投资补贴(15)	√		
	税收优惠(16)			√
	本因素的隶属度	1/2	0	1/2

(5) 根据附表 D2 可得到隶属度矩阵 R。

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 1/2 & 1/2 \\ 0 & 1/3 & 2/3 \\ 0 & 2/3 & 1/3 \\ 0 & 1/2 & 1/2 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1/2 & 0 & 1/2 \end{bmatrix}$$

(6) 将建筑供热地下水地源热泵适宜性的因素权重矩阵 $a = (0.294 \quad 0.226 \quad 0.131 \quad 0.118 \quad 0.096 \quad 0.134)$ 和隶属度矩阵 R 带入式 4.1.3, 得到最大隶属度所在的结果矩阵 $A = (0.0670 \quad 0.4647 \quad 0.4673)$ 。根据最大隶属度原则, 西藏某地区 A 地点建筑供热地下水地源热泵系统的因素最大隶属度为 0.4673, 位于“优”。因此本算例中西藏某地区 A 地点建筑供热地下水地源热泵系统的适宜性为适宜, 评价等级为适宜。

(7) 提供的算例仅对计算流程进行详细说明, 对于具体工程项目评价时, 需要将实际测量与调研的参数数据带入进行计算。此方法的使用需结合评价地区的实际情况, 当实际情况不满足评价所需参数时, 需补充勘察或查询其他相关参数。

附录 E.0.1 建筑供热地下水地源热泵系统适宜性相关因素和 相关因素下具体参数所占权重表

相关因素	占总权重权值	具体参数（编号）	占因素权重权值	占总权重权值
水文因素	0.294（29.4%）	水温（1）	0.343（34.3%）	0.101（10.1%）
		流量（2）	0.248（24.8%）	0.073（7.3%）
		矿化度（3）	0.153（15.3%）	0.045（4.5%）
		回灌条件（4）	0.254（25.4%）	0.075（7.5%）
地质因素	0.226（22.6%）	含水层厚度（5）	0.398（39.8%）	0.090（9.0%）
		贮藏深度（6）	0.271（27.1%）	0.061（6.1%）
		可开采储量（7）	0.331（33.1%）	0.075（7.5%）
场地因素	0.131（13.1%）	地形地貌（8）	0.339（33.9%）	0.044（4.4%）
		所属自然保护区（9）	0.380（38.0%）	0.050（5.0%）
		城镇县乡距离及高差（10）	0.281（28.1%）	0.037（3.7%）
社会经济因素	0.118（11.8%）	人口密度（11）	0.507（50.7%）	0.060（6.0%）
		人均 GDP（12）	0.493（49.3%）	0.058（5.8%）
气象因素	0.096（9.6%）	年均降水量（13）	0.533（53.3%）	0.051（5.1%）
		最冷月平均室外气温（14）	0.467（46.7%）	0.045（4.5%）
政策因素	0.134（13.4%）	政府投资补贴（15）	0.659（65.9%）	0.088（8.8%）
		税收优惠（16）	0.341（34.1%）	0.046（4.6%）

附录 E.0.2 建筑供热地下水地源热泵系统的具体参数隶属度评价表

因素	具体参数	隶属度评价等级		
		差	一般	优
水文因素	水温（1）			
	流量（2）			
	矿化度（3）			
	回灌条件（4）			
	本因素的隶属度			
地质因素	含水层厚度（5）			
	贮藏深度（6）			
	可开采储量（7）			
	本因素的隶属度			
场地因素	地形地貌（8）			
	所属自然保护区（9）			
	城镇县乡距离及高差（10）			
	本因素的隶属度			
社会经济因素	人口密度（11）			
	人均 GDP（12）			
	本因素的隶属度			
气象因素	年均降水量（13）			
	最冷月平均室外气温（14）			
	本因素的隶属度			
政策因素	政府投资补贴（15）			
	税收优惠（16）			
	本因素的隶属度			

附录 E.0.3 建筑供热地热水系统适宜性相关因素和相关因素 下具体参数所占权重表

相关因素	占总权重权值	具体参数（编号）	占因素权重权值	占总权重权值
地热水体 因素	0.290（29.0%）	水温（1）	0.317（31.7%）	0.092（9.2%）
		出水量（2）	0.270（27.0%）	0.078（7.8%）
		矿化度（3）	0.149（14.9%）	0.043（4.3%）
		回灌条件（4）	0.264（26.4%）	0.077（7.7%）
地质因素	0.200（20.0%）	岩、土层厚度（5）	0.306（30.6%）	0.061（6.1%）
		贮藏深度（6）	0.321（32.0%）	0.064（6.4%）
		可开采热量（7）	0.374（37.4%）	0.075（7.5%）
场地因素	0.133（13.3%）	地形地貌（8）	0.317（31.7%）	0.042（4.2%）
		所属自然保护区（9）	0.371（37.1%）	0.049（4.9%）
		城镇县乡距离（10）	0.120（12.0%）	0.016（1.6%）
社会经济 因素	0.137（13.7%）	人口密度（11）	0.482（48.2%）	0.066（6.6%）
		人均 GDP（12）	0.518（51.8%）	0.071（7.1%）
气象因素	0.102（10.2%）	最冷月平均室外气温（13）	1（100%）	0.102（10.2%）
政策因素	0.139（13.9%）	政府投资补贴（14）	0.635（63.5%）	0.088（8.8%）
		税收优惠（15）	0.365（36.5%）	0.051（5.1%）

附录 E.0.4 建筑供热地热水系统的具体参数隶属度评价表

因素	具体参数	隶属度评价等级		
		差	一般	优
地热水体因素	水温（1）			
	出水量（2）			
	矿化度（3）			
	回灌条件（4）			
	本因素的隶属度			
地质因素	岩、土层厚度（5）			
	贮藏深度（6）			
	可开采储量（7）			
	本因素的隶属度			
场地因素	地形地貌（8）			
	所属自然保护区（9）			
	城镇县乡距离（10）			
	本因素的隶属度			
社会经济因素	人口密度（11）			
	人均 GDP（12）			
	本因素的隶属度			
气象因素	最冷月平均室外气温（13）			
	本因素的隶属度			
政策因素	政府投资补贴（14）			
	税收优惠（15）			
	本因素的隶属度			

附录 E.0.5 建筑供热中深层地源热泵系统适宜性相关因素和 相关因素下具体参数所占权重表

相关因素	占总权重权值	具体参数（编号）	占因素权重权值	占总权重权值
工程地质 因素	0.375（37.5%）	岩土体热参数（1）	0.200（20.0%）	0.075（7.5%）
		地温梯度（2）	0.185（18.5%）	0.069（6.9%）
		热储层埋藏深度（3）	0.148（14.8%）	0.056（5.6%）
		热储层厚度（4）	0.148（14.8%）	0.056（5.6%）
		热储层热物性（5）	0.150（15.0%）	0.056（5.6%）
		可开采热量（6）	0.169（16.9%）	0.063（6.3%）
场地因素	0.195（19.5%）	地形地貌（7）	0.338（33.8%）	0.066（6.6%）
		所属自然保护区（8）	0.381（38.1%）	0.074（7.4%）
		城镇县乡距离（9）	0.281（28.1%）	0.055（5.5%）
社会经济 因素	0.200（20.0%）	人口密度（10）	0.479（47.9%）	0.096（9.6%）
		人均 GDP（11）	0.521（52.1%）	0.104（10.4%）
政策因素	0.230（23.0%）	政府投资补贴（12）	0.627（62.7%）	0.144（14.4%）
		税收优惠（13）	0.373（37.3%）	0.086（8.6%）

附录 E.0.6 建筑供热中深层地源热泵系统的具体参数隶属度评价表

因素	具体参数	隶属度评价等级		
		差	一般	优
工程地质因素	岩土体热参数（1）			
	地温梯度（2）			
	热储层埋藏深度（3）			
	热储层厚度（4）			
	热储层热物性（5）			
	可开采热量（6）			
	本因素的隶属度			
场地因素	地形地貌（7）			
	所属自然保护区（8）			
	城镇县乡距离（9）			
	本因素的隶属度			
社会经济因素	人口密度（10）			
	人均 GDP（11）			
	本因素的隶属度			
政策因素	政府投资补贴（12）			
	税收优惠（13）			
	本因素的隶属度			

本标准用词说明

1 为便于执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可得：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的；

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做得采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合.....的规定”或“应按.....执行”。

引用标准名录

- 1 《地热资源地质勘查规范》 GB/T 11615
- 2 《地源热泵系统工程技术规范》 GB50366
- 3 《城镇地热供热工程技术规程》 CJJ138
- 4 《西北村镇地热能供暖利用技术导则》 T/CECS 1412
- 5 《中深层地埋管地源热泵供暖技术规程》 T/CECS854
- 6 《纤维增强复合材料工程应用技术标准》 GB50608
- 7 《工业循环冷却水处理设计规范》 GB/T50050
- 8 《采暖空调系统水质》 GB/T29044
- 9 《水（地）源热泵机组能效限定值及能效等级》 GB30721
- 10 《管井技术规范》 GB50296
- 11 《地热回灌技术要求》 NB/T10099
- 12 《城市工程管线综合规划规范》 GB 50289
- 13 《供热工程项目规范》 GB 55010
- 14 《通风与空调工程施工质量验收规范》 GB50243
- 15 《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规程》 GB50274
- 16 《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB50268
- 17 《建筑节能工程施工质量验收标准》 GB50411
- 18 《自动化仪表工程施工及质量验收规范》 GB 50093
- 19 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》 GB 55015
- 20 《建筑环境通用规范》 GB55016
- 21 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- 22 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB50736
- 23 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB50019
- 24 《供热计量技术规程》 JGJ173

西藏自治区地方标准

建筑供热地热能利用技术标准

条文说明

编制说明

西藏自治区地方标准《建筑供热地热能利用技术标准》经西藏自治区市场监督管理局批准立项。本标准在编制过程中，编制组进行了广泛的调查研究，认真总结工程实践经验，参考有关国内标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，对主要问题进行了反复讨论、协调，最终确定各项技术要求。为了便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时正确理解和执行条文规定，《建筑供热地热能利用技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

1 总则

1.0.3 西藏地区以冬季供热为主，浅层地埋管地源热泵系统仅冬季取热，会因大地岩土冷热不平衡导致系统出现供热效率逐年降低的风险。因此，在地热能的使用中，浅层地埋管地热能利用不推荐大范围在西藏地区采用。

1.0.4 本标准主要对热源部分进行相关技术规定。在实际工程中，卫生热水系统和供暖系统，可以通过换热器共用热源，也可独立采用热源形式，主要差别为供水温度不同。因此，本标准建筑供热的热源相关要求适合两种系统形式。由于卫生热水系统和供暖系统在末端系统设计中有不同的技术要求，具体可参见相关国家标准。

2 术语

2.0.8 中深层地源热泵系统，在其他标准术语中基本按照 1000 米的起始深度进行定义。但是西藏的地热资源丰富，且品位高。根据调研相关资料，西藏部分地区 500 米以上，岩层温度就可以达到内地 1000 米以上的品位。同时，对于中深层热泵地源热泵系统，若出水品位能够达到直接供热要求，系统可以不经水源热泵机组进行供热。

3 基本规定

3.3 本标准主要对热源部分进行相关技术规定，不涉及到末端设备。但需要注意的是，末端设备品位要求与热源品位要求是耦合的，整体系统的供热设计必须与末端系统匹配。对于末端设备要求，可参见相关国家标准。

3.4 昼夜温差大将引起浅层埋管管道的冷热膨胀比例过大，从而导致管道的损害，需详细计算膨胀量并采用对应的技术措施；西藏地区冬季气温低以及太阳辐射强也将导致裸露室外管道的保温材料热物理性能受到影响，设计施工中应对室外管道附件以及设备选择适宜的保温材料以及保温工艺。由于西藏地区地热水中的离子成分对金属有腐蚀作用，同时，在高温下会加剧对管道的腐蚀。为此，常见的保护措施是采用不锈钢材料，而纤维增强复合材料来自《纤维增强复合材料工程应用技术标准》（GB50608-2020），不仅管道的抗压能力比金属管道大，抗腐蚀能力也优于金属管道。

3.5 蓄热储能系统可以显著降低热泵等用能设备的能耗，也可以利用系统的高效期间进行蓄能，从而降低系统运行能耗。蓄热储能系统可以采用热水水箱等

显热蓄能形式，也可采用相变材料等潜热利用蓄能形式。由于建筑供热地热能利用，涉及热源侧的控制与以满足负荷侧的需求，需要对流量、温度等参数进行控制，包括各种工况的运行策略。因此，需采用自动控制装置来保证系统的安全与节能运行要求。

3.6 西藏地区可再生能源资源丰富，太阳能、低温空气源热泵供热系统，是西藏地区比较适宜的一种供热方式。因此，地热能不是唯一的清洁能源选择方式。同时，由于西藏地区近几年来，在国家“双碳”目标的推动下，很多城市已经做了清洁能源、可再生能源等规划。因此，在即使是在地热能丰富地区，采用地热能也并非唯一的可行方案，需要与规划相结合，避免盲目建设。

3.7

1 由于建筑供热地热能系统相对造价较高，因此宜与太阳能、低温空气源热泵、热回收等相对成本较低的供热热源与装置复合，从而降低初投资、实现全生命周期成本（LCC）最低，并保障供热安全稳定可靠。由于热泵供热系统在运行中热泵机组、水泵等均需要耗电，因此宜与建设项目本场安装的太阳能光伏发电装置结合，实现电能自发自用。同时，适当为循环泵配置不间断电源（UPS）或蓄电池，既可以充分利用和吸纳建设项目本场光伏，还可在外部电网不稳定时保障供热系统的水循环稳定可靠。

2 对于采用间歇运行方式，是针对能够直接满足末端品位的建筑供热地热能系统，可提供较高的瞬时供热功率，适合建筑物非连续供热的实际需求。

3 如供热系统能与蓄热装置结合，将进一步保障系统运行可靠性，并使得建筑供热地热能系统具备进一步降低运行电耗和电费的能力。

3.8 实施前应根据《中华人民共和国矿产资源法》取得许可相关文件和采矿权。由于地热资源评估涉及地热能全寿命周期的开发利用条件。因此，对于地下水和中深层埋管的应用，应根据建筑负荷情况，建议温降不大于 1℃的控制要求，以满足地下水和中深层埋管长期利用的条件。对于地热水，宜给出 20 年以上的地热蕴藏量是否满足建筑负荷的使用条件。

3.14 对于建筑供热地下水地源热泵系统和地热水系统，其取水井之间为保证取水量以及防止热干扰，必须保证一定的间距。同理，中深层地源热泵系统，取热井之间的间距过小，将导致换热器之间的吸热量受到干扰，降低实际取热量。

对于地下水地源热泵系统和地热水供热系统，若取热井与回灌井之间的间距过小，将形成热贯通、热突破等现象，导致取热能力降低。而间距的确定受到水文地质、取热深度、水力坡度、建筑负荷等多参数的复杂影响，因此本标准未强制性给出最小间距要求。实施中，可通过勘探获得基本边界条件，利用数值计算或 COMSOL、FEFLOW 等相关软件进行间距的确定。对于渗流取水的地下水地源热泵系统，若系统可采用同井回灌，不涉及到间距要求；

4 地热能供热适宜性评价

4.1 该方法由专家分别对影响地热能供热适宜性的相关因素和相关因素下具体参数进行标度打分，建立判断（比较）矩阵，进行一致性检验和计算，得出影响地热能供热适宜性的每一个相关因素和相关因素下具体参数的所占权重权值。最后通过建立隶属度评分表和矩阵进行计算得出具体参数最大隶属度后判断适宜性。具体算例可参照附录 D.0.1。

4.2.2 热源与热用户较远，将导致输配能耗较大。同时，西藏地区的地区间或同一地区海拔差较大，热源与热用户高差对系统输配能耗、承压、建设和运维成本均有一定影响。人口密度小，采用集中的地热能利用经济性将显著低于分散式供热。对于人均 GDP 较低的地区，由于地热能的经济投入相对较大，需要考虑用户的经济承受能力。

4.2.6 对影响地下水地源热泵供热适宜性的相关因素和相关因素下具体参数进行标度打分得到判断（比较）矩阵，经过一致性检验并计算得到相关因素和相关因素下具体参数的所占权重权值。附表 E.0.1 给出了影响地下水地源热泵供热适宜性评价的每一个相关因素和相关因素下具体参数的所占权重。可得地下水地源热泵供热适宜性的因素权重矩阵 $a = (0.294 \quad 0.226 \quad 0.131 \quad 0.118 \quad 0.096 \quad 0.134)$ 。

4.2.7 从隶属度评分表可得到隶属度矩阵 R ，随后进行综合评价与计算（参考式 4.1.3）。根据最大隶属度原则，若最大隶属度位于“差”对应的适宜性评价为不适宜区，最大隶属度位于“一般”对应的适宜性评价为较适宜区，最大隶属度位于“优”对应的适宜性评价为适宜区。当适宜性评价为较适宜区和适宜区则表明该工程地点推荐使用三种供热形式下的地热能供热。其他两种类型的适宜性评价可参照附录 D.0.1 进行计算评价。

4.3.3 本标准规定的地热水供热是直接满足供热要求。由于西藏地区的可再生能源丰富，包括地热水。若采用开采成本较高的地热水，再经过热泵提升，经济性将严重降低。因此，采用地热水需直接满足末端用户品位要求。30℃是地板辐射类供暖末端的最低进水温度要求。

4.3.4 经过专家对影响地热水供热适宜性的相关因素和相关因素下具体参数进行标度打分得到判断（比较）矩阵，经过一致性检验并计算得到相关因素和相关因素下具体参数的所占权重权值。表 E.0.3 给出了影响地热水供热适宜性的每一个相关因素和相关因素下具体参数的所占权重。可得地热水供热适宜性的因素权重矩阵 $a = (0.290 \quad 0.200 \quad 0.133 \quad 0.137 \quad 0.102 \quad 0.139)$ 。

4.4.3 对影响中深层地热供热适宜性的相关因素和相关因素下具体参数进行标度打分得到判断（比较）矩阵，经过一致性检验并计算得到相关因素和相关因素下具体参数的所占权重权值。表 E.0.5 给出了影响中深层地热供热适宜性的每一个相关因素和相关因素下具体参数的所占权重。可得中深层地热供热适宜性的因素权重矩阵 $a = (0.375 \quad 0.195 \quad 0.200 \quad 0.230)$ 。

5 建筑供热地下水地源热泵系统

5.1.1 可靠回灌措施是指将地下水通过回灌井全部送回原来的取水层的措施，要求取水层与回灌层对应，且回灌井要具有持续回灌能力。同层回灌可避免污染含水层和保持含水层的储水量，保护地热能资源。热源井只能用于置换地下热量，不得用于取水等其他用途。取水、回灌过程中应采取密闭等措施，不得设置敞开式的水池、水箱等作为地下水的蓄存装置，不得对地下水造成污染。

5.1.2 应用地下水地源热泵供热系统，从地下持续取热量必须满足供热所需热量要求，最大取热量应大于等于系统最大吸热量。最大吸热量 $= \sum [\text{分区热负荷} \times (1 - 1/\text{COP})] + \sum \text{输送过程失热量} - \sum \text{水泵释放热量}$ 。地下水最大（设计）出水量以满足安全、高效供热所需最大取热量，并考虑适宜供回水温差加以计算。

5.1.3 地下水供水管不得与市政管道连接是为了避免污染市政供水和使用自来水取热；地下水回灌管不得与市政管道连接，是为了避免回灌水排入排水管道，保护水资源不被浪费。

5.1.4 西藏地区存在水资源分布不均（西北少，东南多）的分布规律，且地下水渗流强度与海拔存在显著相关性。海拔越高的地区地下水渗流补给越困难，

地下水取水的环境负效应越显著。该条条文主要针对的是选择地下水地源热泵形式的区域首先应该考虑的基本原则。

5.2.1 利用地下水地源热泵供热系统时，含水层应具备较强的渗透性、较好的补给径流排泄条件，可以保障较强的出水能力及回灌能力，有利于系统的稳定运行。地下水水位动态变化的影响因素较多，包括但不限于年降雨量与蒸发量、地表水和地下水的补排关系等。

5.2.2 渗透系数分水平渗透系数和垂直渗透系数，指单位时间内通过单位断面的流量（m/d），一般用来衡量地下水在含水层中径流的快慢。对于采用地表水渗滤的地下水取水系统，主要测定的是水平渗透系数。对于用渗渠或引水管的地表水渗流取水系统，可以不计算该参数。

5.2.3 水文地质勘探孔工艺与热源井成井工艺有较大的区别，并非一定能成功地利用成热源井，鼓励通过一定的技术手段实现“探采结合井”。

5.3.1 热源井是地下水地源热泵供热系统的重要组成部分，应根据工程需要，结合相关标准规范进行严格设计。氧气会与水井内存在的低价铁离子反应形成铁的氧化物，也能产生气体黏合物，引起回灌井阻塞。为此，热源井设计时应采取消除空气侵入现象的有效措施。

5.3.2 热源井设置位置尽量保证每个热源井的稳定出水量、回灌水量不受影响，同时考虑地下水位稳定、地下水不受污染。对于采用地表水作为补给水源的地下水系统，井距宜大于 15 米。由于西藏部分地区存在冻土层，对于热源井顶标高低于冻土层，防止冻土层对热源井的破坏，而相应的回灌井，应同样满足标高要求。

5.3.3 取水井与回灌井相互转换有利于开采、洗井、岩土体和含水层的热平衡。抽水井应具有长时间抽水和回灌的双重功能，要求不出砂且能保持通畅。取水井与回灌井间设排气装置，可避免将空气带入含水层。单井循环换热系统有利于实现同层回灌，在地质条件适宜的工程可以考虑采用此系统，但需满足建筑负荷的运行要求并与建筑负荷相适应，否则将影响供水温度。

5.3.4 一般为了保证回灌效果，取水井与回灌井比例不小于 1:2。地下水的过度抽取，会使孔隙水压力降低，有效压力增加，岩土压密，引起地面沉降。地面沉降除对地面的建筑、设施产生破坏作用外，还会对地下构筑物等产生重大影响。

5.3.5 直接进入热泵机组的水质应满足水源热泵机组产品技术要求。当水质不能满足水源热泵机组使用要求时，应进行水预处理。经过水处理后仍达不到规定时，可设置中间换热器进行隔离。变流量系统设计可降低地下水换热系统的运行费用，且进入地源热泵系统的地下水水量越少，对地下水环境的影响也越小。但当地下水采用直接进入机组的方式时，应同时满足机组对最小水量的限值要求和对水量变化速率的要求。

5.3.6 按照目前水源热泵进水要求，进水温度宜大于 5℃。对于西藏大部分地下水温度分布，均大于 5℃，能够满足水源热泵进水要求。对于地表水渗流的特殊地下水形式，由于部分地区的地表水温度在 0~1℃（如拉萨和昌都地区等），通过岩土渗流后，水温通过岩土加热，可以升高接近 5℃。若在水质和流量具备较大优势的地区，仅因为较小温差达不到水源热泵进水要求而放弃地下水的利用，将导致地热能的浪费。因此，通过光伏、风电等绿电加热的形式，仅在最不利条件下，通过绿电提高 2℃ 的温度品位，完全可以实现可地热能的有效利用。

5.3.7 建筑供热地下水地源热泵系统的设计包括地下水取水系统、热源机房系统、末端系统风系统、末端水系统等的设计。本标准主要针对区别于常规系统的地下水采集系统、热源机房系统的设计，其他参见相关标准规范。

6. 建筑供热地热水系统

6.1.1 本标准地热水的利用方式，其前提条件是直接满足末端品位需求的热源要求，包括采用换热器后的温差条件。对于温度区间不能直接进行供热的地热水，需要通过热泵来提升，不在本标准技术规定范围内。因此，本条款提出的当地可开采地热水能源储量与利用潜力，具体指可以直接利用的地热水和需要通过热泵提升的地热水两种条件。其地热水能源储量应根据温度品位对应的地热水容量给出。

6.2.1 地热水回灌问题一直是影响和制约地热能行业大规模开发利用的关键问题。对于地热水的利用，不仅要在施工过程中保证回灌系统的有效性，并需在运行阶段监测回灌系统是否正常。回灌系统的技术要求以及运行监测，可按照行业标准《地热回灌技术要求》（NB/T10099）要求进行。

6.2.2 水热型地热资源按温度分级，地热水资源可分为：高温热水（>150℃）、中温热水（90~150℃）和低温热水（90℃）。虽然目前热水发电的最低利用温度

已经在 80°C 左右,但由于经济成本问题,尚未普及。因此,仍按照中温水 90°C 以上的地热资源首先考虑发电,通过发电机尾水排放的温度品位,合理选用水源热泵或中间换热器达到用户供热供应的方式。地热水温度 (T) 为 30°C 为地板辐射供暖的最低设计温度, 90°C 以下可以保证散热器、风机盘管等末端的用热品位。同时,根据地热水用量与循环方式的不同,确定系统回灌方式。

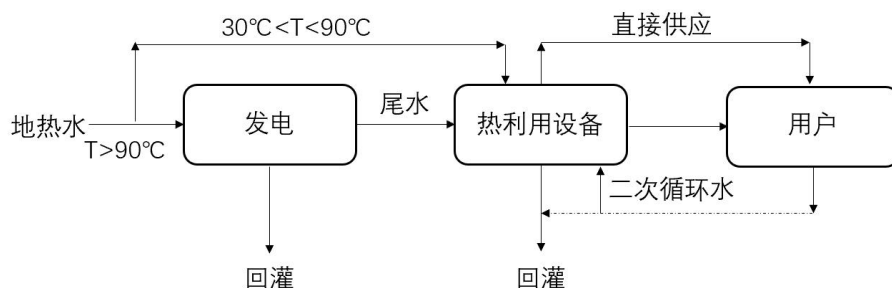


图 6.2.2 地热水梯级利用示意图

6.2.3 调峰负荷的技术措施可参见图 6.2.3 提供的系统示意,相关的调峰负荷的确定原则如下:

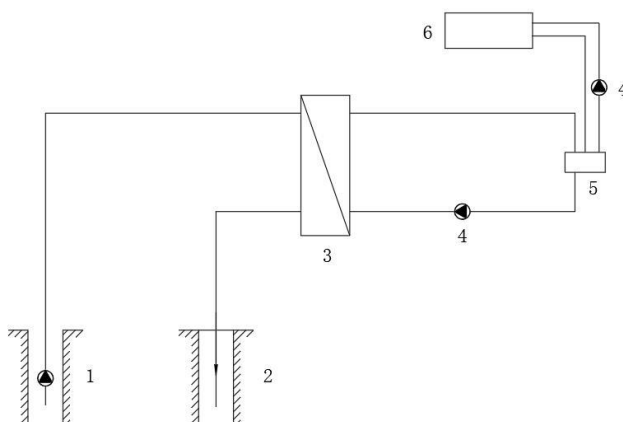


图 6.2.3 地热供热调峰系统示意图

1-取热（开采）井 2-回灌井 3-换热器 4-循环泵 5 热用户 6-调峰热源

1 若当地可利用自然资源中,供热系统中存在太阳能或热泵系统,可通过多能互补的方式,减少负荷侧高峰值所对应的地热水用水量。如太阳能可以通过日间直接供热的方式或通过太阳能日间蓄热、夜间供热的方式,降低地热水用量。同时,空气源热泵系统,系统构造简单,在合适时间和温度范围内也可通过调峰方式来降低整体的地热水用量。虽然部分标准给出了地热系统承担基本负荷,调峰负荷为总热负荷的 20%-40% 的建议。但是,由于西藏具有丰富的可再生能源,

应根据建筑负荷的不同规律,通过技术经济合理选用复合系统以适应不同阶段的负荷变化规律。不给出建议值,是为更大程度发挥设计人员利用当地自然资源的综合分析能力。

2 地热能以及调峰容量的确定原则: 1) 计算供暖季的热负荷动态负荷曲线或全年卫生热水的用热负荷曲线; 2) 根据当地资源以及建筑约束条件确定具体建筑可实施的太阳能或热泵供热系统(主要为空气源热泵)的规模大小,并计算调峰承担负荷; 3) 用计算热负荷的峰值负荷减去可实施的太阳能或热泵供热系统所承担的负荷,得到地热能基本负荷; 4) 地热能的基本负荷需要考虑全寿命周期中地热能供热能力的衰减,结合调峰容量的大小进行综合权衡。

3 具体建筑可实施的太阳能或热泵供热系统容量应结合建筑条件进行合理的技术经济分析。

4 太阳能、热泵系统承担负荷可参照西藏自治区地方标准《民用建筑太阳能应用技术规程》、《建筑空气能供暖通风技术标准》进行相关计算。

6.2.4 地热水高于 20℃,且以天然出露地表的方式,一般称为温泉。实质上,地热水与温泉的定义差别较小,主要以出露型式进行区别。由于温泉有自然静水压力,在系统流体管网设计时,应在阻力计算中考虑此部分的进水资用压头,从而合理考虑水泵参数。

6.2.6 在满足地热水供应条件下,若地热水能够满足末端用能品位要求,且水质较好情况下,宜考虑直供末端设备。当水质条件存在结垢等风险时,需配置合适的换热器以间接供热方式为末端设备供热。当热源测品位低或者二次循环水仍具备热泵提升价值,就可采用热泵机组供热方式。

6.2.7 通常地热水的水质较差,不宜采用直接式系统。当地热水的总矿化度为 3g/L~5g/L 时,为弱矿化水,可采用不锈钢的板式换热器;当地下水的矿化度大于 5g/L 时,为中等矿化水,应安装抗腐蚀的钛合金换热器。Cl⁻对金属的腐蚀较大,应严格控制其含量。通常,当 Cl⁻在 30000mg/L 以下时,钛合金换热器可以承受 Cl⁻的腐蚀性。

6.2.8 采用闭式系统的是避免空气进行地热系统,防止腐蚀;设计工况下沿程温降不应大于 0.1℃/km 的数值依据《供热工程项目规范》GB 55010-2021。

6.2.9

9 地热流体包含易燃或有害气体时，若达到爆炸极限，将对井口装置带来安全风险。因此，在井口安装气、水分离器是必要的安全技术措施。

10 地热流体中的溶氧是造成金属设备腐蚀最重要的因素。为隔绝空气进入系统，在井口设置微正压氮气保护系统是一种经济可行的技术措施。氮气保护系统的安装示意图可参见图 6.2.9。

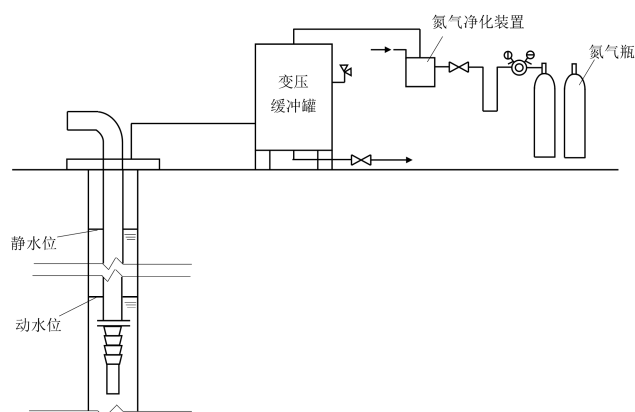


图 6.2.9 氮气保护系统示意图

6.2.22 回灌井堵塞是地热水供热系统的常见问题。回灌井堵塞的原因有：悬浮物堵塞、微生物的生长、化学沉淀、气泡阻塞、颗粒膨胀和扩散、细颗粒重组。其中悬浮物堵塞是回灌井堵塞中最常见的情况。因此过滤处理控制回灌井中悬浮物的含量是防止回灌井堵塞的首要因素。过滤处理可以除掉地热水中的悬浮颗粒、滋生的细菌和管道锈蚀产生的固相物质。

6.3.3 地热水系统，应优先选择物理去除方法来解决结垢问题。对于井上部分，应根据地热水中离子组成与浓度，综合选择最优处理方式。但是，若系统采用了化学处理方式，则必须保证回灌系统无污染成分进入到地热回灌井中，且严禁在地热回灌系统水质处理中采用化学处理方式。

6.3.6 以地热水中碳酸钙为例，增压可以提高溶解度，防止结垢。而降压可以降低溶解度，促进碳酸钙析出。在地热井下增加压力，防止 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 分解为 CO_2 和 CaCO_3 ，从而防止井下结垢。地热水达到地面后管段，采用真空（负压），促进 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 分解为 CO_2 和 CaCO_3 ，通过物理方法过滤掉 CaCO_3 ，后部管段将显著降低结垢风险。根据已有工程实例测试结果，井下和井上均能有效解决了结垢问题。

6.3.7 压力变化可以强化促垢，也可以阻垢。由于不同地热水的离子组分含

量有不同差异，应根据不同结垢的离子特性，通过阻垢与促垢的物理技术来实现除垢。

6.3.8 结垢首先从管壁上开始，若管壁采用相关技术，能够实现垢层不聚集，就可以显著提高水质处理的成本以及运行控制的难度，应该优先考虑采用。

7 建筑供热中深层地源热泵系统

7.1.1 中深层地源热泵系统是通过井下换热器取热，这是一种常见的换热形式。目前，由于技术的突破，热管型的取热方式已经有示范工程出现，包括 3000 米深度的取热工程。热管型的取热方式可以显著降低传统中深层地下换热器流体的输配能耗，是以后中深层地源热泵系统发展的趋势。

7.1.2 供热需求包括供热系统类型、设计参数、建筑热负荷、建筑热水负荷等。

7.1.5 建筑供热中深层地源热泵系统的地热换热井，应为地下全封闭结构，只能用于通过温差传热获取地下热量，不得用于取水等其他用途，不得对地下水造成污染。

7.1.6 由于西藏自治区地热资源、地温条件优越，但施工等工程成本高，因此中深层地源热泵系统的井下换热器深度要求可以比内地大幅度下降。地热资源勘查评估报告为确定技术可行、经济合理的中深层地源热泵供热系统方案奠定基础。

7.1.7 由于中深层地源热泵系统在西藏地区工程实施成本较高，因此在方案和设计阶段需要依据场地地热资源的实际情况，确定换热井深度的合理范围，平衡井下换热器的取热量、换热器出口温度、全年累积取热量与钻井和成孔的成本。根据已有西藏自治区地热资源和地质勘查资料，地下 500 米至 1000 米深度的岩体温度很可能就在 90℃ 以上，达到内地 2000 米至 3000 米深度岩体温度。

7.1.9 给出换热井间距以及布置型式建议，目的是减少中深层井下换热器之间的相互影响，以及由于多个井下换热器距离过近导致取热量衰减。

7.1.10 西藏自治区地热资源丰富，地下岩体温度高，因此中深层地热井下换热器在初寒期、每年供热初期（例如 9 月份、10 月份等）的出口温度，可以在 40℃ 以上、甚至 50℃。此时无需开启热泵机组，通过板式换热器即可向建筑物供热。随着气温下降、建筑物供热需求增加，井下换热器出口水温逐步下降，直

到无法通过板式换热器向建筑物供热，此时需开启热泵机组供热。在严寒期热泵机组供热时，可将板式换热器旁通，即仅通过热泵机组供热，相当于板式换热器与热泵机组并联运行，供热效果安全可靠，但会有一定的热泵机组耗电量。如果供热系统通过采用高换热效能的供热末端、有效降低供热系统回水温度，则存在供热系统的回水先经过板式换热器与中深层地热井下换热器的出口热源水（即使在严寒期也可以在 35℃ 左右）先换热，再进入热泵机组提升至所需的供水温度。这一运行工况下板式换热器与热泵机组相当于串联运行，板式换热器负责供热回水的“低级别”温度提升，热泵机组负责供热回水的“高级别”温度提升，从而降低热泵机组的电耗，实现更经济运行。

7.1.11 西藏地区供热系统施工成本、运输成本、运行维护成本等都较高，因此更需要智慧赋能中深层地源热泵供热系统，从设计到钻井、成孔、测孔等全面进行实测与模拟分析计算，确保中深层井下换热器的性能、可靠性、经济性和性价比。大型热源站宜采用装配式、中小型热源站可以采用撬装方式。运维控制宜做到供热系统按需供热、智慧运维，中深层地源热泵热源站和井下换热器自动运行、智慧调控、智慧运维。宜对建成投入使用的建筑供热中深层地源热泵系统的持续运行，包括供热能力、供热效果等进行持续定量的监测和科学评估。

8 建筑供热热泵系统设计、施工与运维

8.1.3 供热负荷和气象参数（室外温度、太阳辐照度、室外风速等）相关，特别是太阳辐照度在西藏地区对供热负荷影响非常大。对于高辐射时段，太阳辐射强度足够维持室内设计参数，若继续开启热泵系统，将导致无谓能耗提高，引起室内环境过热。因此，需要对各参数进行联锁与优化控制，保证系统全自动运行。

8.1.6 对于水质较好的地下水，可以采用板式换热器等换热效率较高的换热器。对于水质较差，如含砂量较高的水质，需要先进行除砂器进行预处理，除砂器必须要满足除砂粒径。实际工程证明，对于粒径过小的地下水，除砂器无法满足除砂要求，宜采用除砂、换热一体化设备，如图 8.1.6 所示。同样，该设备性能同样可以满足地热水水质的要求。

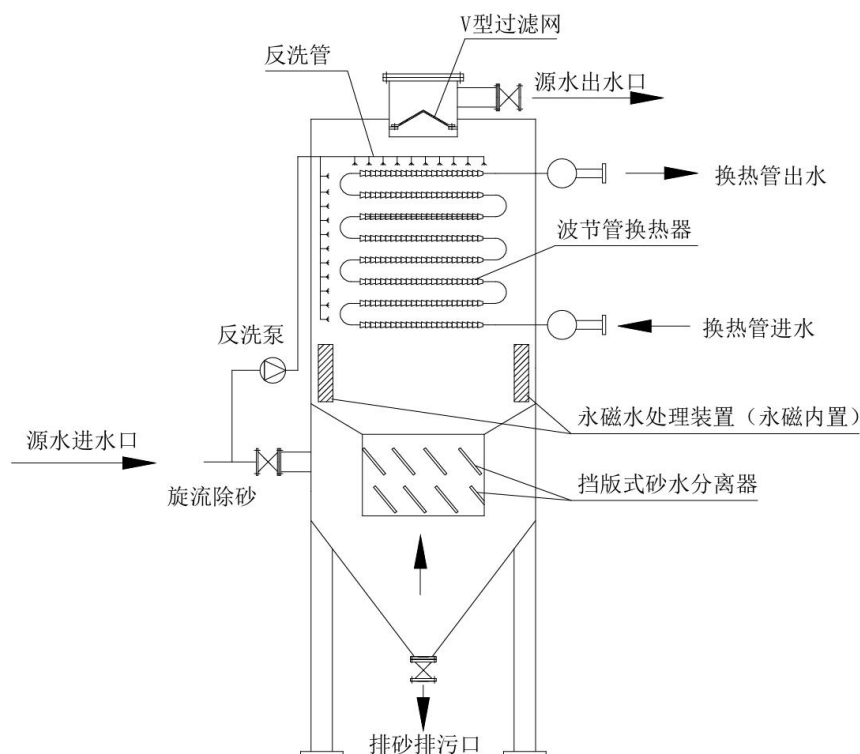


图 8.1.6 除砂、换热一体化设备原理图

8.1.8 不管是地下水、地热水、还是中深层的热源侧系统，降低热源侧的水量，不仅可以节约水泵能耗，更大的优势在于保护各种地热资源。因此，在热源侧，通过变频水泵的设置，与热泵主机进行联锁控制，实现自动与节能运行。

8.2.3 若热源井施工不良可能造成抽取的地下水含砂量较大，甚至出现含水层被掏空的风险，进而对环境安全造成影响；若施工采取的降低含砂量措施不科学，则可能出现单井出水量减少，回灌量更小的问题，甚至出现向地表直接排放的情况。

8.2.4 为满足水质要求可采用具有针对性的处理方法，如采用除砂器、除垢器、除铁处理等。

8.2.6 建筑供热地下水地源热泵系统试运转需测定与调整的主要内容包括：1) 系统的压力、温度、流量等各项技术数据应符合有关技术文件的规定；2) 系统连续运行应达到正常平稳；水泵与风机的压力和电流不应出现大幅波动；3) 各种自动计量检测元件和执行机构的工作应正常，满足建筑设备自动化系统对被测定参数进行监测和控制的要求；4) 控制和检测设备应能与系统的检测元件和执行机构正常沟通，系统的状态参数应能正确显示，设备联锁、自动调节、自动保

护应能正确动作。

对于整体系统的调试报告应包括调试前的准备记录、水系统及风系统平衡、机组及系统试运行的全部测试数据。

8.2.10 热泵供热系统的质量验收除热源系统外，还应包括热源机房、末端供热系统（各支路系统、水系统）、监控系统等，系统工程质量验收应符合专业相关标准规范的规定。

8.3.2 设计的运行要求通常为原则和指导意见，具体需要由自控供应商优化，特别是智慧供热管理系统，内容的深度和范围远大于设计要求，特别适用于西藏地区特点。

8.3.3 热泵供热系统能效除与设计、施工因素有关外，与后期运行控制、管理及维护保养有密切关系。因此，进行系统运行状态参数和换热器地温、水温监测和代表用户室温动态监测，对指导系统运行，提高系统能效有重要作用。

8.3.8 监测数据是评判系统运行合理性和对地质环境影响程度的重要依据。为指导地源热泵系统合理运行，应定期对监测数据进行分析。监测数据分析的周期可根据工程的实际情况和运行管理需要确定。

8.3.12

1 维持热泵机组主要运行参数在正常区间的目的是确保热泵机组的安全、高效运行。

2 地源热泵系统，应使投入运行的设备数量最少，且应考虑设备轮换和设备机械寿命的消耗问题。一般可设置机房群控系统来综合考虑各种因素，机房群控系统的预设逻辑和控制参数应在运行调节过程中根据时间调节。没有机房群控系统，运行管理人员应结合热平衡运行方案，根据室外环境参数、室内使用情况、机组实际负荷及时调整开机数量。

3 冷冻油和油过滤器，使用率高的常规热泵机组一年或两年宜进行更换。实际工程中，可根据具体机组的年实际运行时间而定。一般可由厂家或第三方机构提供油质分析报告确定是否更换。

4 蒸发器和冷凝器的换热热阻主要是在水侧，为保证最好的换热效果，需要定期清洗热泵机组蒸发器和冷凝器，除去水侧污垢，减少水侧换热热阻，提高换热效率；一般热泵机组可根据换热器进出水温差、对应的冷媒饱和压力和冷媒压

力来判断是否达到需清洗的程度。

8.3.13 对于水处理设备中的加药装置，针对的是末端侧的水处理方式。对于热源侧，不得采用污染地下水、地热水的化学处理方法。由于热源侧的运行涉及到节能运行，需通过温控装置来控制热源侧的运行，并与热泵机组的运行策略相适应。

9 建筑供热地热能监测与控制

9.1.1 西藏地区可再生能源丰富，为有序建立其技术利用市场体系，同时监管系统应用效果，建立信息化监控系统的必要性是显著的。包括建筑供热地热能系统在内的可再生能源系统或其他清洁能源系统，其运行效果不仅与设计、施工相关，更重要的是涉及到运维水平。通过信息化监控系统的建立，不仅可对系统的运行状态进行诊断，同时还能显著降低现场人工运维工作量。

9.2.3 该条文不仅是指地热水供热系统的换热井，同时包括了地下水、中深层地源热泵系统的换热井。

9.2.6 对于复合式供热系统，各子系统的运行效率决定了系统的综合能效。因此，辅助供热系统的监控参数有利对整体复合系统的运行效果进行分析与评价。

10 建筑供热地热能效益分析

10.1.1 西藏地区可再生能源丰富，地热能仅仅是可再生能源利用的一种方式。对于建筑供热地热能系统，其与太阳能供热系统以及空气源热泵系统等清洁能源系统存在不同的投资回收期。因此，应针对项目的具体情况，首先进行可再生能源系统的适应性分析，进而结合全生命周期成本（LCC）的计算结果，开展经济效益分析，获得与项目具体情况相适应的系统方案。建筑供热地热能工程的营业收入主要为供热收费，供热收费参考西藏自治区各市物价局定价文件。在进行投资回收分析时，应计入西藏政府对于可再生能源利用的相关优惠政策。

10.1.3 建设投资静态部分包括：建筑工程费、设备及工器具购置费、安装工程费、工程建设其他费用和基本预备费，建设投资动态部分包括：涨价预备费、人工费（运行管理等）和建设期利息。

10.1.4 不同建筑的负荷特征不同。目前，多数工程项目采用固定时间、固定室外温度等方式进行静态运行费计算，导致运行费失真。因此，标准规定在西藏地区建筑供热地热能系统运行费计算中，应基于室外气象参数变化、人员使用时

间、供热时长等条件进行动态计算。可借助 DeST、DOE2、Energyplus 等软件进行动态负荷计算,亦可采用自编软件进行计算,进而耦合热源开展运行能耗分析。对于系统运行分析,可采用 TRNSYS 等软件进行。

10.2.5 根据近年电力统计数据,西藏地区电力 80%以上为水电,因冬季为水电发电的淡季,西藏地区存在冬季供电紧张的问题。与直接电热相比,建筑供热地热能节约水电消耗,有助于从整体能源布局方面缓解西藏地区冬季供电紧张的形式。

10.2.6 西藏地区属于高原寒冷地区,生态环境脆弱。在进行大规模集中应用地热能供热工程时,有可能导致对生态环境的破坏。为此,对大规模集中应用的设计,应做好生态环境的评估工作。

10.2.7 地热能属于清洁能源,建筑供热地热能工程在节能减排方面具有良好的环境效益。在方案分析中,对温室气体减排效益、气态污染物减排效益以及颗粒污染物减排效益进行分析,有利对方案选择的综合评价。

10.2.8 由于西藏地区建筑能源系统必须采用清洁能源技术,已经是共识。在不同的方案比较中,能效最低的为电直接供热系统。因此,做方案比较中,仅对 CO₂ 的排放量进行指标评价。