

DBJ

湖南省工程建设地方标准

DBJ xxxxx
备案号 xxxxx

湖南省浅层地热能建筑规模化应用 工程技术标准

Technical Standard for Large-scale Application of Shallow Geothermal
Energy in Buildings in Hunan Province

(报批稿)

2023-xx-xx 发布

2023-xx-xx 实施

湖南省住房和城乡建设厅

发布

前 言

根据湖南省住房和城乡建设厅《关于公布 2022 年湖南省工程建设地方标准制（修）订计划项目的通知》（湘建科函〔2022〕40 号）文件要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结工程实践经验，参考相关国内外先进标准，结合国家碳达峰碳中和战略目标与我省工作部署，广泛征求规划、设计、施工、运维、产品制造等相关单位的意见，最后经审查定稿。

本标准共分 10 章和 7 个附录，主要内容包括：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 规划与决策；5 工程勘察；6 工程设计；7 施工、调试与验收；8 监测与控制；9 运行维护与环境保护；10 评价。

根据住房和城乡建设部《工程建设标准涉及专利管理办法》（建办标〔2017〕3 号）文件要求，主编单位声明：本标准不涉及任何专利情况，如在使用过程中发现涉及专利技术请及时与编制组联系。

本标准由湖南省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给中机国际工程设计研究院有限责任公司（地址：长沙市雨花区韶山中路 18 号，邮箱：475382643@qq.com），以供今后修订时参考。

主编单位：中机国际工程设计研究院有限责任公司

湖南省绿色建筑与钢结构行业协会

参编单位：湖南大学

中南大学

长沙城发能源有限公司

长沙市望城区城市发展集团有限公司

五矿二十三冶建设集团有限公司

广东美的暖通设备有限公司

贵州汇通华城股份有限公司

湖南省地质灾害调查监测所

中节能先导城市节能有限公司

湘潭中节能城市节能有限公司

湖南大学设计研究院有限公司

主要起草人：

向 宏 张勇华 胡 攀 黄 洁 杨昌智

刘志强 刘 钢 赵 昂 徐 柳 刘佳星

曾应贤 廖小琴 陈海峰 杨培志 潘博文

谢 宇 谢翠华 刘福海 邓新平 岳劲松

李 程 曹胜杰 周 慧 戴素亮 袁 博

任如煌 殷 维 金 津 吴义勇 丁江华

主要审查人：

杨伟军 袁建新 朱晓鸣 田 琦 李著萱

李洪强 陈雪容

目 次

1	总则.....	1
2	术语.....	2
3	基本规定.....	5
4	规划与决策.....	6
4.1	一般规定.....	6
4.2	策划.....	6
5	工程勘察.....	9
5.1	一般规定.....	9
5.2	浅层地热能资源勘察.....	9
6	工程设计.....	12
6.1	一般规定.....	12
6.2	浅层地热能换热系统.....	12
6.3	区域能源站.....	15
6.4	供能管网.....	17
7	施工、调试与验收.....	18
7.1	一般规定.....	18
7.2	浅层地热能换热系统施工.....	18
7.3	区域能源站施工.....	20
7.4	供能管网施工.....	20
7.5	调试与验收.....	22
8	监测与控制.....	24
8.1	一般规定.....	24
8.2	监测.....	24
8.3	控制.....	26
9	运行维护与环境保护.....	27
9.1	一般规定.....	27
9.2	运行维护.....	27
9.3	环境保护.....	28
10	评价.....	29

10.1	一般规定	29
10.2	评价指标	29
10.3	判定和分级	30
	附录	32
	附录 A 浅层地热能适用性评估表	32
	附录 B 碳排放强度计算方法	33
	附录 C 浅层地热能换热系统取退水量的计算	34
	附录 D 系统全年能效计算方法	35
	附录 E 自动监测功能表	36
	附录 F 浅层地热能建筑规模化应用工程评价报告格式	48
	附录 G 供能管网冷热损失率计算	52
	本标准用词说明	53
	引用标准名录	54
	附：条文说明	55

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms.....	2
3	Basic Requirements	5
4	Planning and Decision-making	6
4.1	General Requirements.....	6
4.2	Planning	6
5	Engineering Investigation	<u>9</u>
5.1	General Requirements.....	9
5.2	Investigation of Shallow Geothermal Energy Resource	9
6	Engineering Design.....	<u>12</u>
6.1	General Requirements.....	12
6.2	Shallow Geothermal Energy Heat Exchange System	12
6.3	Energy Station.....	15
6.4	Energy Supply Network	17
7	Construction、 Debugging and Acceptance	<u>18</u>
7.1	General Requirements.....	18
7.2	Construction of Shallow Geothermal Energy Heat Exchange System.....	18
7.3	Construction of Energy Station	20
7.4	Construction of Energy Supply Network	20
7.5	Debugging and Acceptance.....	22
8	Monitor and Control	24
8.1	General Requirements.....	24
8.2	Monitor	24
8.3	Control	26
9	Operation Maintenance and Environmental Protection.....	<u>27</u>
9.1	General Requirements.....	27
9.2	Operation Maintenance	27
9.3	Environmental Protection.....	28

10	Evaluation	29
10.1	General Requirements	29
10.2	Evaluation Indicator	29
10.3	Judgement and Rating	30
	Appendix	32
	Appendix A Applicability Evaluation of Shallow geothermal energy	32
	Appendix B Calculation Method of Carbon Emission Intensity	<u>33</u>
	Appendix C Determination of Water Source System (Water Intake and Outflow)	34
	Appendix D Calculation Method of AEER.....	35
	Appendix E Automatic Monitoring Menu	36
	Appendix F Evaluation Report Format of Large-scale Application Engineering of Shallow Geothermal Energy Buildings.....	<u>48</u>
	Appendix G Calculation of Heat and Cold Loss Rate of Power Supply Network.....	52
	Explanation of Wording in This Standard	<u>53</u>
	List of Quoted Standard	54
	Explanation of Provision	<u>55</u>

1 总则

1.0.1 为提升建筑品质、实现低碳发展、改善能源结构，规范、指导、促进湖南省浅层地热能建筑规模化应用工程的建设、运维和评价，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、改建、扩建的浅层地热能建筑规模化应用工程的建设、运维和评价。

1.0.3 浅层地热能建筑规模化应用工程应符合国家碳排放战略的总体要求，并遵循绿色低碳、因地制宜、统筹规划、安全可靠、经济高效、节能环保的基本原则。

1.0.4 浅层地热能建筑规模化应用工程应严格遵守水资源开发利用相关政策要求，实现资源循环可持续发展。

1.0.5 浅层地热能建筑规模化应用工程应在不断总结科研和生产实践经验的基础上，积极采用新技术、新工艺、新材料、新设备。

1.0.6 浅层地热能建筑规模化应用工程的建设、运维和评价除应符合本标准外，尚应符合国家、行业和湖南省现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 浅层地热能 **shallow geothermal energy**

从地表至地下 200m 深度范围内, 储存于水体、土体、岩石中的温度低于 25℃, 采用热泵技术可提取用于建筑物供热或制冷等的地热能。

2.0.2 浅层地热能建筑规模化应用工程 **large-scale application of shallow geothermal energy buildings**

采用区域供冷供暖系统形式对浅层地热能进行综合应用, 供冷负荷不小于 30MW、供暖负荷不小于 20MW, 且浅层地热能技术占比不低于 30% 的工程项目。

2.0.3 区域供冷供暖系统 **district cooling and heating system**

由区域能源站、供能管网、用户换热站(或用户入口)组成, 是一项市政基础设施, 为区域内的多个用户供冷、供暖的系统。

2.0.4 区域能源站 **regional energy station**

安装有制冷、制热等工艺设备和变配电等辅助设施, 集成检测和控制系統, 集中生产空调冷水和热水的综合体。

2.0.5 供能管网 **energy supply network**

区域供冷供暖系统的输配系统, 将空调冷、热水输送至用户换热站(或用户入口)的管网。

2.0.6 浅层地热能技术占比 **proportion of shallow geothermal energy technology**

浅层地热能系统提供的全年空调冷热量占其区域供冷供暖系统全年空调冷热量的比值。

2.0.7 区域能源规划 **district energy planning**

为满足区域内规划用户的供冷供暖需求, 以能源应用的安全可靠、节能减排为目标, 对区域内能源开发利用方式、区域能源站规模和站址、供能管网等内容进行统筹安排的各项规划。

2.0.8 分布式二级泵系统 **distribution with secondary pump system**

一级泵设置在区域能源站内, 二级泵设置在用户换热站(或用户入口)的系统。

2.0.9 碳排放强度 (C_{int}) **carbon emission intensity**

计算周期内，区域供冷供暖系统累计二氧化碳排放量与累计供能量的比值。

2.0.10 污水源热泵系统 sewage heat pump system

以城镇污水、污水处理厂出水和再生水为低温热源，由水源热泵机组、换热系统、建筑物内系统组成的供热、空调和供生活热水系统。

2.0.11 城镇污水 municipal waste water

指城镇居民生活污水，机关、学校、医院、商业服务机构及各种公共设施排水，以及允许排入城镇污水收集系统的工业废水和初期雨水等。

2.0.12 污水处理厂出水 effluent from sewage treatment plant

经污水处理厂处理后，满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB 18918 各级标准的城镇污水处理厂出水。

2.0.13 再生水 reclaimed water

城镇污水经适当再生工艺处理后，达到一定水质要求，满足某种使用功能要求，可以进行有益使用的水。

2.0.14 地表水 surface water

存在于陆地表面的河流（江河、运河和渠道）、湖泊、水库等地表水体以及入海河口的近岸海域。

2.0.15 地下管线探测 underground pipeline detection

确定地下管线空间位置、空间关系和属性的过程。

2.0.16 浅层地热能系统全年能效比 (AEER_{geo}) AEER of shallow geothermal energy system

浅层地热能系统全年累计供能量（累计供冷量+累计供热量）与全年总耗电量的比值。

2.0.17 区域供冷供暖系统全年能效比 (AEER_{sys}) AEER of district cooling and heating system

区域供冷供暖系统全年累计供能量（累计供冷量+累计供热量）与全年总耗电量的比值。

2.0.18 供能半径 cooling (heating) radius

区域能源站至最远用户的管道沿程长度（m）。

2.0.19 自动监测系统 automatic monitoring system

通过安装数据计量和采集装置，采用远程数据传输手段，实现数据在线、实时监测和动态分析功能的硬件和软件系统的统称。

2.0.20 智能控制系统 intelligent control system

在无人干预的情况下，能自主驱动调节装置，实现控制目标的硬件和软件系统的统称。

3 基本规定

3.0.1 浅层地热能建筑规模化应用工程的建设、运维和评价，应根据当地资源情况，制定浅层地热能综合利用方案。

3.0.2 在符合地质条件、水资源和环境保护要求且技术经济合理的情况下，浅层地热能建筑规模化应用工程应充分利用浅层地热能资源和提高浅层地热能系统全年能效比（ $AEER_{geo}$ ）、区域供冷供暖系统全年能效比（ $AEER_{sys}$ ）。

3.0.3 组成浅层地热能建筑规模化应用工程的浅层地热能换热系统、区域能源站机房系统和供能管网系统应统一规划、同步设计、同步施工及同步验收。

3.0.4 浅层地热能换热系统、供能管网的设计和施工，应避免对地下管线和既有构筑物产生不利影响，并不应对环境造成负面影响。

3.0.5 浅层地热能建筑规模化应用工程应遵循安全可靠、节能环保和经济高效的原则进行运维管理，并应定期进行评价。

4 规划与决策

4.1 一般规定

4.1.1 浅层地热能建筑规模化应用工程应符合区域能源规划的要求,并满足城市国土空间总体规划和详细规划。

4.1.2 浅层地热能建筑规模化应用工程应依据区域能源规划,综合考虑经济影响、社会影响、生态环境影响、资源和能源利用效果、碳排放,进行项目决策。

4.2 策划

4.2.1 浅层地热能建筑规模化应用工程应符合区域能源规划原则中的下列规定:

- 1 因地制宜、统筹规划、分区合理,与城市发展相适应;
- 2 与电力、燃气、给排水和热力等市政基础设施规划相协调;
- 3 基于浅层地热能,宜采用多能互补、经济高效、安全可靠、生态环保的综合能源利用方式;

4 统筹近期建设与远期发展的关系,与区域发展相适应,制定规划实施进度。

4.2.2 浅层地热能建筑规模化应用工程能源的开发利用宜采用综合能源利用方式,浅层地热能适用性宜按本标准附录 A 评估,并符合下列规定:

- 1 对地表水资源禀赋好的地区,宜采用地表水地源热泵系统;
- 2 对水文地质条件适宜地区,满足 100%回灌、不污染和浪费地下水的前提下,可采用地下水地源热泵系统;
- 3 岩土热物性参数等地质条件适合地区,在不破坏土壤年度热平衡的情况下,宜采用地埋管地源热泵系统;
- 4 城镇污水、污水处理厂出水和再生水资源禀赋好的地区,宜采用污水源热泵系统;
- 5 有工业余热废热可利用区域,宜结合余热或废热利用系统;
- 6 执行分时电价且峰谷电价差大的区域,宜结合蓄能系统;
- 7 天然气供应充足且气电价比适宜的区域,宜结合燃气冷热电联供系统;
- 8 在资源条件适宜时,优先采用多能互补系统。

4.2.3 浅层地热能利用应符合下列规定:

- 1 采用埋管地源热泵系统时，应考虑埋管的布置区域与面积；
- 2 采用地下水地源热泵系统时，应考虑热源井的位置分布；
- 3 采用地表水地源热泵系统时，应考虑取水、退水路由和对航运、防洪等影响；
- 4 采用污水源热泵系统时，应考虑污水取水和退水路由。

4.2.4 区域能源站设置应符合下列规定：

- 1 符合批准的区域能源规划；
- 2 靠近用户负荷中心或便于利用浅层地热能资源；
- 3 有便利的交通运输条件；
- 4 宜独立设置，当独立设置有困难时，也可布置在公共广场、绿地下的独立空间或与其他建筑物合建；
- 5 根据区域建筑开发进度、建设时序，能源站设置远近期相结合，以近期为主，并适度预留发展空间；
- 6 无洪涝、滑坡、泥石流等自然灾害的威胁，无危险化学品、易燃易爆危险源的威胁，无电磁辐射和含氡土壤等危害。

4.2.5 供能管网路由应综合考虑区域能源站场址、市政道路、用能分布、其他管线、水文条件、地质条件和园林绿地等因素。

4.2.6 供能管网宜采用枝状管网，主要枝状干管宜设置连通。多个区域能源站的供能管网宜设置连通。

4.2.7 单个区域能源站供能半径不宜超过 1.5km、不应超过 2km，供能建筑面积不宜大于 200 万 m²，最大供冷负荷不宜大于 120MW 或供暖负荷不宜大于 80MW。

4.2.8 区域能源站建筑面积可按 0.06~0.1m²/kW 确定，独立式区域能源站建筑的容积率可按 ≤2.0 控制。

4.2.9 浅层地热能建筑规模化应用工程应进行可行性研究，经论证后实施，可行性研究应包括以下内容：

- 1 项目经济影响应包括财务分析、经济费用效益分析和不确定性分析。项目经济效益分析评价指标应符合下列规定：
 - 1) 所得税后内部收益率（FIRR）不宜小于 8%；
 - 2) 财务净现值（FNPV）≥0；

- 3) 所得税后静态投资回收期 (P_t) 不宜大于 14 年。
- 2 项目社会影响应包括建筑品质、生活品质和环境品质提升；
- 3 项目生态环境影响应包括污染物减排量、土壤年冷热不平衡率、地表水水体温度变化和地下水回灌率分析；
- 4 项目资源和能源利用效果应包括浅层地热能技术占比、浅层地热能系统全年能效比 ($AEER_{geo}$) 和区域供冷供暖系统全年能效比 ($AEER_{sys}$) 的预测；
- 5 项目碳排放分析应包括碳排放强度 (C_{int}) 的预测，宜按本标准附录 B 计算。碳排放强度 (C_{int}) 不应高于 138.5kg/MWh。

5 工程勘察

5.1 一般规定

5.1.1 方案设计前应进行工程场地状况调查、浅层地热能资源勘察和实施条件勘察。

5.1.2 工程场地状况调查应包括以下内容：

- 1 场地规划面积、可利用面积、形状及坡度；
- 2 场地内已有建筑物和规划建筑物的占地面积及其分布；
- 3 场地内树木植被、池塘、排水沟和架空输电线、电信电缆的分布；
- 4 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；
- 5 场地内已有水井的位置；
- 6 场地内或附近水源地（地下水、地表水、城镇污水、污水处理厂出水和再生水等）的水温、水质和水量；
- 7 水源地与建筑物之间的距离和高差；
- 8 场地内的地质勘察报告及水文地质资料；
- 9 地表水水域环境功能和保护目标；
- 10 其他必要的资源条件。

5.1.3 实施条件勘察应包括地表水、城镇污水、污水处理厂出水和再生水的取退水路由勘察，供能管道路由勘察，地形测量，地下管线探测和工程勘察等内容。

5.2 浅层地热能资源勘察

5.2.1 地埋管换热系统勘察应包括以下内容：

- 1 岩土体的结构及分布；
- 2 岩土体的热物性；
- 3 岩土体的裂隙发育程度；
- 4 地下水的静水位、水温、水质及分布；
- 5 地下水径流方向和速度；
- 6 进行岩土热响应试验。

5.2.2 地下水换热系统勘察应包括以下内容：

- 1 地下水类型；
- 2 含水层的岩性、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 地下水水温及其分布；
- 6 地下水水质；
- 7 地下水水位动态变化。

5.2.3 地下水换热系统勘察应进行水文地质试验，试验应包括以下内容：

- 1 抽水试验；
- 2 回灌试验；
- 3 测量出水水温；
- 4 取分层水样并化验分析分层水质；
- 5 水流方向试验；
- 6 渗透系数计算。

5.2.4 地表水换热系统勘察应包括以下内容：

- 1 水源性质、用途、深度、面积及其分布，水源地与拟建区域能源站的距离；
- 2 水温梯度变化、水温动态变化，历年最低水温和最高水温；
- 3 水流速和流量动态变化、水位动态变化，枯水季的水位和流量、丰水季的水位和流量；
- 4 水质及其动态变化；
- 5 利用现状与规划；
- 6 航运情况与附近取水、排水构筑物情况；
- 7 水下地形分布情况；
- 8 取退水路由勘察、地形测量和地下管线探测等；
- 9 取水、退水的适宜地点和路线。

5.2.5 城镇污水地热资源的勘察应包括以下内容：

- 1 污水资源现状及规划处理规模，污水处理厂、污水泵站或管渠与拟建区域能源站的距离；

2 污水处理厂、污水泵站或管渠近三年逐时污水量、逐时水温和逐日水质等数据；

3 污水泵站、污水管渠尺寸及标高；

4 污水利用现状与利用规划；

5 取、退水点标高及水位标高、取退水适宜地点及路线；

6 取退水路由勘察及沿途地勘、地形测量和管线勘测等。

5.2.6 污水处理厂出水和再生水地热资源的勘察应包括以下内容：

1 污水处理厂或再生水厂处理现状及规划处理规模，排放管网、再生水管网，污水处理厂、再生水厂与拟建区域能源站的距离；

2 污水处理厂出水水质排放标准、再生水水质标准，以及近三年逐时水量、逐时水温和逐日水质等数据；

3 取退水所在的干渠（管）尺寸及标高；

4 污水处理厂出水或再生水利用现状与利用规划；

5 取、退水点标高及水位标高、取退水适宜地点及路线；

6 取退水路由勘察及沿途地勘、地形测量和管线勘测等。

6 工程设计

6.1 一般规定

6.1.1 浅层地热能建筑规模化应用工程的设计内容应包括浅层地热能换热系统设计、区域能源站机房系统设计、供能管网系统设计和监测与控制系统设计。

6.1.2 监测与控制系统的设计应符合本标准第 8 章的规定。

6.1.3 浅层地热能换热系统设计应符合现行国家标准《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366、《室外给水设计标准》GB50013、《室外排水设计标准》GB55014 和现行行业标准《城镇地热供热工程技术规程》CJJ 138 的有关规定。

6.1.4 系统管道上的冷、热转换阀门，应采用密闭性能好的功能转换阀门，并在转换阀门上作出明显标识。

6.1.5 电动阀应具备手动关闭功能或紧临手动阀设置，所有阀门应留出便于操作的空间，高位设置的阀门宜设置爬梯、平台等检修措施。

6.1.6 供能管网宜布置在易于检修和维护的区域。

6.2 浅层地热能换热系统

6.2.1 地埋管换热系统设计应符合下列规定：

1 进行全年动态负荷计算，其最小计算周期宜为 1 年，计算期内地埋管换热系统总释热量与总吸热量宜基本平衡；当全年总吸热量与释热量不平衡时，应采取合理可靠的辅助热源或冷源进行调节；

2 换热管与管件应采用化学稳定性好、耐腐蚀、导热系数大和流动阻力小的塑料管，两者材料应相同，且宜采用聚乙烯管(PE80 或 PE100)或聚丁烯管(PB)，不宜采用聚氯乙烯(PVC)管；

3 根据可使用埋管面积、工程勘察结果、利用规模及挖掘成本等因素确定地埋管换热器埋管方式和埋管深度，宜采用双 U 型竖直埋管方式；水平连接管的深度距地面不宜小于 1.5m；

4 埋管区域宜靠近区域能源站或以区域能源站为中心，地埋管换热量与水泵输送功率之比不宜小于 40；

5 地埋管宜优先设置在绿地、景观和广场等室外区域；当室外布孔空间受限时，经结构、地基等专业核实确认后，可设在建筑底部或利用建筑桩基进行敷设；

6 在使用水作为换热介质的系统中，地埋管换热器设计进口温度供热季不宜低于 4℃，供冷季不宜高于 33℃；

7 竖直埋管换热器应分组连接，每组地埋管换热器数量宜相等且宜为 5~10 个，各组内地埋管换热器宜采用同程连接，并分组设置流量调节和关断功能装置；

8 地埋管换热器孔数较多时宜划分多个片区，各片区分别分组设置分集水器和地温监测孔，地温监测孔不应作为换热孔。

6.2.2 地下水换热系统设计应符合下列规定：

1 满足国家、湖南省及当地取水政策要求，不超过取水红线；
2 热源井与建筑距离及井间距充分考虑建筑安全、施工条件和地下换热等因素；

3 达到 100%同层回灌，且不对地下水资源造成污染；

4 热源井远离污染源，并选用无污染材料；

5 抽水井与回灌井宜能相互转换，其间应设排气装置；

6 设计取水量应根据水文地质试验结果确定，宜按本标准附录 C 计算；

7 热源井宜靠近区域能源站或以区域能源站为中心，热源井换热量与水泵输送功率之比不宜小于 40；

8 在水质满足要求的前提下，地下水宜直接进入热泵机组换热，进出水温差不宜小于 10℃。

6.2.3 地表水换热系统应符合下列规定：

1 应考虑对航运和防洪等影响，应满足国家、湖南省及当地取水政策要求，不超过取水红线；

2 地表水应设置水质处理装置，对源水进行除沙和除藻等；宜采用直接进入热泵机组的开式换热系统；

3 地表水水质处理包括区域能源站内和取水口的水质处理，处理工艺应根据原水水质、处理水量、水温和热泵机组水质要求，通过技术经济比较后确定，并应采用物理处理方式；

4 地表水取水口宜低于设计枯水位 3m，地表水拟取水口深度处的最热月平均温度不宜高于 30℃，最冷月平均温度不宜低于 8℃。设计取水温度宜根据历年水温和工艺设计方案综合分析确定，且退水温度不宜低于 4℃；

5 设计取水量应根据近三年水量记录数据分析确定，宜按本标准附录 C 计算；

6 取水泵房距离区域能源站宜在 1km 内，地表水夏季换热量与水泵输送功率之比不宜小于 40，冬季换热量与水泵输送功率之比不宜小于 30；

7 取退水口和设施应避开饮用水保护区；

8 地表水利用后，退水的热、冷排放引起的水体温度变化应满足现行国家标准《地表水环境质量标准》GB 3838。

6.2.4 城镇污水换热系统设计应符合下列规定：

1 应采用间接换热系统，且宜采用宽流道换热器等不易堵塞的换热器和采取过渡季清水保护措施，换热器的布置应方便拆洗，取水泵应选用污水专用泵，阀门宜选用闸阀；

2 城镇污水最热月平均温度不宜高于 28℃，最冷月平均温度不宜低于 10℃。设计取退水温度宜根据城镇污水近十年水温记录数据和工艺设计方案综合分析确定；

3 设计取水量应根据城镇污水近三年水量记录数据分析确定，宜按本标准附录 C 计算。直接在城镇污水干管（渠）取水时，应设置集水池，且取退水设计应避免对原有设施产生不利影响；

4 取水口应设置拦污栅，并应采取措施避免清污对周边环境产生不利影响；

5 城镇污水夏季换热量与水泵输送功率之比不宜小于 40，冬季换热量与水泵输送功率之比不宜小于 30；

6 城镇污水利用后返回应满足污水处理厂处理水温要求。

6.2.5 污水处理厂出水和再生水换热系统设计应符合下列规定：

1 根据近一年水质记录数据分析确定利用方式，宜采用直接进入热泵机组的开式换热系统；

2 污水处理厂出水和再生水最热月平均温度不宜高于 30℃，最冷月平均温度不宜低于 8℃。设计取退水温度宜根据城镇污水近十年水温记录数据和工艺设计方案综合分析确定；

3 设计取水量应根据近三年水量记录数据分析确定，宜按本标准附录 C 计算。直接在污水处理厂出水或再生水干管（渠）取水时，宜设置集水池，且取退水设计应避免对原有设施产生不利影响；

4 污水处理厂出水或再生水夏季换热量与水泵输送功率之比不宜小于 40，冬季换热量与水泵输送功率之比不宜小于 30；

5 污水处理厂出水或再生水的退水宜结合周围地表水体补水、下游用户需求综合考虑；

6 退水直接排入地表水体时，退水的热、冷排放引起的水体温度变化应满足现行国家标准《地表水环境质量标准》GB 3838。

6.3 区域能源站

6.3.1 区域能源站机房设计和设备布置应符合下列规定：

1 在满足工艺需求的前提下，集约用地，并适当预留发展空间；

2 建筑功能分区明确，考虑运输、安装及检修需求；

3 变配电室、控制室和值班室等功能房间宜单独设置，变配电房宜位于负荷中心；

4 建筑层高应满足设备及管道最小安装空间和检修的要求，制冷（热泵）机组与其上方管道、烟道或电缆桥架的净距不应小于 1m，变配电房净高不宜小于 3.6m；

5 结构设计应考虑管道和设备的载荷；DN500 及以上的管道吊架宜设置预埋件，水泵、制冷（热泵）机组等设备上方宜预设吊装措施；

6 地面宜选择易清理、清洗、抗腐蚀和耐磨的面层，顶棚和墙壁内表面应采用吸声材料，宜采用隔声性能好的外窗；

7 设置给水排水和通风设施。

6.3.2 浅层地热能区域供冷供暖系统宜采用综合能源，实现“多能互补”。冷、热源系统形式和设备容量配置应考虑系统全年高效运行的需求。设备容量和台数应考虑分期投入。

6.3.3 执行峰谷电价时,宜结合浅层地热能系统设置蓄能系统,并符合下列规定:

1 应根据工程具体情况,经技术经济比较,确定蓄能模式、蓄能装置和蓄能容量;

2 场地、建筑条件允许且以热泵主机制热为主时,宜采用水蓄冷(热)。

6.3.4 冷热源设备、循环水泵及冷却塔应采用高效节能设备,并应符合下列规定:

1 电机驱动的蒸汽压缩循环冷水机组,其在名义制冷工况和规定条件下的性能系数(COP)达到现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 的要求,蒸发侧水阻不高于 60kpa、冷凝侧水阻不高于 70kpa;

2 水(地)源热泵机组全年综合性能系数(ACOP)达到现行国家标准《水(地)源热泵机组能效限定值及能效等级》GB 30721 中 1 级能效,名义制冷工况下蒸发侧水阻不高于 60kpa、冷凝侧水阻不高于 70kpa;

3 锅炉设备能效达到现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 的要求,额定工况下换热器水阻不高于 50kPa;

4 直燃型溴化锂吸收式冷(温)水机组,其能效达到现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 的要求;

5 空调循环水泵效率达到现行国家标准《清水离心泵能效限定值及节能评价》GB 19762 中的节能评价要求;

6 冷却塔在标准工况 I 下耗电比达到现行国家标准《机械通风冷却塔 第 1 部分:中小型开式冷却塔》GB/T7190.1 中 2 级能效。

6.3.5 区域能源站机房系统设计应考虑管道阻力,优化管道及阻力构件,降低输送能耗。

6.3.6 浅层地热能系统全年能效比(AEER_{geo})不应低于 4.3,且应按本标准附录 D 计算。

6.3.7 区域供冷供暖系统全年能效比(AEER_{sys})不应低于 3.8,且应按本标准附录 D 计算。

6.3.8 区域供冷供暖系统的供冷设计温度不宜高于 5℃、供暖设计温度不宜低于 47℃,供冷、供暖设计供回水温差不应小于 7℃。

6.3.9 地埋管和地下水换热系统应进行全年冷热量平衡计算分析,并设计辅助散热设备或供暖设备。

6.3.10 浅层地热能换热系统宜采用变流量设计，且源侧水泵设置宜与制冷（热泵）机组相匹配。

6.3.11 地表水、污水处理厂出水和再生水等直接进入制冷（热泵）机组的开式系统时，宜设置水质在线清洗装置且预留机组清洗用旁通管。

6.4 供能管网

6.4.1 供能管网与用户宜采用间接连接，当供能管网与用户末端管网设计压力一致时，可采用直接连接。

6.4.2 区域供冷供热系统宜采用冷热水共用管网的方式，供能管网应按冷热不利工况选取管网管径。

6.4.3 供能管网管道材料应符合下列规定：

1 当采用钢管时，应选用无缝钢管、电弧焊或高频焊焊接的钢质管材，管道的连接应采用焊接，管道与设备、阀门等的连接宜采用焊接或法兰连接；

2 当采用球墨铸铁管时，管道的连接宜采用柔性连接，管道与设备、阀门等的连接宜采用法兰连接。在管道转弯、分支、变径、盲端等水力推力产生处，应设置支墩或采用自锚接口；

3 阀门及附件应为钢制。

6.4.4 供能管网阀门的设置应符合下列规定：

1 设置分段阀门，分段阀门按需布置；

2 供能管网干线、支干线和支线起点安装关断阀门；

3 分段阀门和关断阀门采用双向密封蝶阀；

4 管网低点设置泄水阀，高点设置放气阀。

6.4.5 供能水系统形式宜采用分布式二级泵系统或多级泵系统。

6.4.6 供能管网宜采用地下敷设，当采用地上敷设时，应与环境相协调。

6.4.7 供能管网管道应进行热补偿及强度计算，并应符合下列规定：

1 地下综合管廊、管沟或架空敷设时，应采用自然补偿。当自然补偿量不满足管道的热伸长量时，应设置合适的补偿器进行补偿；

2 地下直埋敷设时，宜采用无补偿敷设。

6.4.8 供能管道及管路附件均应保温。供能管网冷热损失率应小于 4%。

6.4.9 供能管网应绘制冷热设计工况下水压图。

7 施工、调试与验收

7.1 一般规定

7.1.1 施工前应踏勘现场,收集项目勘察资料和设计文件,并完成施工组织设计。

7.1.2 工程安装完成后,应进行整体运转、调试与验收。

7.1.3 施工、调试与验收除符合本标准外,还应符合现行国家标准《通风与空调工程施工规范》GB50738、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243、《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》GB55032 和《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015 的有关规定。

7.2 浅层地热能换热系统施工

7.2.1 地埋管换热系统施工应符合下列规定:

- 1 管件与管材应为相同材料,避光存放,搬运和施工过程中应做好保护措施;
- 2 钻孔应根据地质条件选择合适的钻孔方案,实际钻孔孔深应比设计孔深长1~2m,成孔的竖直偏差不应大于1%,成孔孔径不应小于设计孔径;
- 3 竖直地埋管换热器 U 形管安装应在钻孔完成且孔壁固化后立即进行。当钻孔孔壁不牢固或者存在孔洞、洞穴等导致成孔困难时,应设护壁套管。换热器 U 形管应充水带压下管安装,并采取措施使 U 形管两支管处于分开状态;U 形管的开口端部应密封保护;
- 4 U 型管安装完成后应立即进行回填灌浆,回填料宜采用膨润土和细沙(或水泥)的混合浆或专用灌浆材料;
- 5 U 型弯头应选用成品件或定型产品,换热管应为整根管材,中间不得拼接。U 型弯头采用电熔连接,管道采用热熔或电熔连接,连接应严密且牢固;
- 6 水平连接管应采用沟槽敷设,沟槽底部应铺设相当于管径厚度的细沙。管道不应有折弯,转弯处应光滑,并采取固定措施。沟槽回填料应细小、松散、均匀;
- 7 竖向管孔和水平沟槽的回填应均匀并密实;
- 8 地埋管换热系统应进行水压试验,并按隐蔽工程进行检验。回填过程的检验应与安装地埋管换热器同步进行。

7.2.2 地下水换热系统施工应符合下列规定：

- 1 热源井施工应符合现行国家标准《管井技术规范》GB50296的有关规定；
- 2 热源井施工过程中应同时绘制地层钻孔柱状剖面图；
- 3 热源井在成井后应及时洗井，洗井结束后应进行抽水试验和回灌试验。管井抽水泵宜选用潜水泵，泵体居中平稳安装，潜水泵下放深度应在动水位下5m处；
- 4 抽水试验结束前应采集抽水设备出口处的水样，进行水质测定和含沙量测定。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；
- 5 每个热源井应单独进行检验和验收，且应符合现行国家标准《管井技术规范》GB50296及《供水水文地质钻探与凿井操作规程》CJ13的有关规定。

7.2.3 地表水换热系统施工应符合下列规定：

- 1 闭式地表水换热系统换热盘管管材及管件应符合设计要求。换热盘管宜按照标准长度由厂家做成所需的预制件。换热盘管制作、安装前后均应对换热盘管进行水压试验；盘管制作完成后应及时安装，不得长时间曝晒；
- 2 开式（补充）地表水换热系统的取退水构筑物应根据水体类型、构筑物形式及设计要求确定；管道的敷设、安装、固定等应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268的有关规定；
- 3 取水口、排水口及换热盘管均应设明显标志；
- 4 地表水换热系统应进行水压试验，并按隐蔽工程进行检验。

7.2.4 污水换热系统施工应符合下列规定：

- 1 闭式污水换热系统取水管、排水管进入污水源处及换热盘管安装位置应设明显标志。换热盘管宜按照标准长度由厂家做成所需的预制件，安装前后均应对盘管进行水压试验；
- 2 开式污水换热系统的换热器材料和承压能力应符合设计要求。换热器污水侧的结构应尽可能简单，便于污水流通。换热器应留有清洗开口或拆卸端头，便于后期清洗和更换管件等日常维护；
- 3 污水换热系统应进行水压试验，并按隐蔽工程进行检验。

7.3 区域能源站施工

7.3.1 区域能源站机房设备安装前，应勘查机房内的设备基础和现场施工条件，并按设计要求校核空调机组、水泵、板换等附属设备、管道、管件及阀门的型号、规格、性能及技术参数，编制大型设备吊装施工方案。

7.3.2 无特殊要求时，区域能源站空调机组和水泵的安装偏差应符合表 7.3.2 的有关规定，若设备有特殊或高于本表格规定的要求，按高要求规定执行。

表 7.3.2 空调机组水泵安装误差

设备名称	纵向水平偏差	横向水平偏差
空调机组	≤1‰	≤1‰
水泵	≤0.1‰	≤0.2‰

7.3.3 管道支吊架应符合现行国家标准《管道支吊架》GB/T17116 的有关规定，DN≥600 的管道支吊架还应经结构验算合格后方可进行安装。

7.3.4 设备及管道保温工程施工应符合下列规定：

- 1 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；
- 2 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；
- 3 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。

7.3.5 冷热源管道的冷热转换阀门应进行试压与关断性能检查，合格后方可安装，压力试验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 的有关规定。

7.3.6 除设计有特殊要求外，机组及机房内其它设备、管道、附件等安装应符合现行国家标准《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB50274 及《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243 的有关规定。

7.4 供能管网施工

7.4.1 供能管网根据场地敷设条件，可采用明挖、暗挖、顶管和定向钻等施工工艺。

7.4.2 供能管网管材除设计有特殊要求外，直埋保温管和管件应采用工厂预制的

产品。

7.4.3 供能管网同一标段的管段宜采用相同品牌、材质和性能的预制保温管、管件及保温接头。

7.4.4 供能管道采用钢管时，焊缝应进行无损检测，并应符合下列规定：

- 1 由有资质的单位进行检测；
- 2 宜采用射线探伤。当采用超声波探伤时，应采用射线探伤复检，复检数量应为超声波探伤数量的 20%。角焊缝处的无损检测可采用磁粉或渗透探伤；
- 3 无损检测数量、合格标准应符合设计的要求；
- 4 当无损探伤抽样检出现不合格焊缝时，对不合格焊缝返修后，应扩大检验范围。抽检不合格后的扩大检验范围应符合下列规定：

- 1) 每出现一道不合格焊缝，应再抽检两道该焊工所焊的同一批焊缝，按原探伤方法进行检验；
- 2) 第二次抽检仍出现不合格焊缝，应对该焊工所焊全部同批的焊缝按原探伤方法进行检验；
- 3) 同一焊缝的返修次数不应大于 2 次。

7.4.5 供能管道采用球磨铸铁管时，管道连接采用承插连接，并符合下列规定：

- 1 应采用符合要求的专用润滑剂润滑密封圈和插口，宜插口向承口方向安装。
- 2 对于公称直径小于或等于 DN800 的密封圈，宜将其弯成“”型放入承口密封槽内；对于公称直径大于 DN800 的密封圈，宜将其弯成“十”型放入承口密封槽内。密封圈放入后，可使用木锤或橡胶锤轻轻敲击，使其完全放入密封槽内，并检查是否完全吻合。

7.4.6 钢管在完成管道焊接，且焊接质量外观及无损检验合格后应进行强度试验和严密性试验，球磨铸铁管在完成管道连接后应进行严密性试验，试验应符合下列规定：

- 1 当设计无特殊要求时，试验介质宜采用清水；
- 2 先进行强度试验，再进行严密性试验，强度试验应在管道接口防腐、保温及设备安装前进行；严密性试验应在管道工程全部安装完成后进行，试验长度宜为一个完整的设计施工段；

3 强度试验压力应为 1.5 倍设计压力，且不得小于 0.6MPa，合格标准为升压到试验压力，稳压 10min 无渗漏、无压降后降至设计压力，稳压 30min 无渗漏、无压降。严密性试验压力应为 1.25 倍设计压力，且不得小于 0.6 MPa，合格标准为升压到试验压力稳压 1h，前后压降不大于 0.05MPa。当设备有特殊要求时，设备试验压力应按产品说明书或根据设备性质确定；

4 管道上安全阀的爆破片及仪表组件等应拆除或采用盲板隔离；

5 试验用的压力表应经校验，其精度不得小于 1.5 级，量程应为试验压力的 1.5 倍~2 倍，数量不得少于 2 块，并应分别安装在试验泵出口和试验系统末端。

7.4.7 在系统试运行前应进行管网清洗，管网清洗应符合下列规定：

1 可采用人工清洗、水力冲洗和气体吹洗；

2 清洗前应将流量计和流量孔板(或喷嘴)、滤网、调节阀芯、止回阀芯及温度计的插入管等拆下并妥善存放，待清洗结束后方可复装；

3 不与管道同时清洗的设备、容器及仪表管等应隔开或拆除；

4 清洗进水管的截面积不应小于被清洗管截面积的 50%，清洗排水管截面积不应小于进水管截面积，排放水应引入可靠的排水井或排水沟内；

5 管道清洗宜按主干线-支干线-支线顺序进行，排水时，不得形成负压；

6 管道清洗前应将管道充满水并浸泡，冲洗的水流方向应与设计介质流向一致；

7 管道清洗应连续进行，并应逐渐加大管内流量，管内平均流速不应低于 1m/s；

8 管道清洗过程中应观察排出水的清洁度，当目测排水口的水色和透明度与入口水一致时，清洗合格。

7.5 调试与验收

7.5.1 机房内系统试运转、调试应符合下列规定：

1 系统试运转与调试由施工单位负责，试运转与调试前应制定专项方案；

2 系统调试用的仪器与仪表，性能应稳定可靠，精度等级和最小分度值应满足测试要求，并应符合国家有关计量法规与检定规程的要求；

3 机组试运转前应进行机房内水系统平衡调试，确定系统循环总流量、各分支流量均达到设计要求，各分支环路流量允许偏差不应大于 15%，实测循环总流量与设计流量偏差不应大于 10%；

4 水力平衡调试完成后，应进行机组的试运转，并填写运转记录，运行数据应达到设备技术要求；

5 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；

6 热泵系统调试应分冬夏两季工况进行，且调试结果应达到设计要求；

7 调试完成后应编写调试报告及运行操作规程。

7.5.2 工程竣工验收应符合下列规定：

1 工程竣工验收的组织和验收程序应符合现行国家标准《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》GB55032 的有关规定，统一按单位工程要求进行验收。

2 工程竣工验收文件和资料应包括以下内容：

1) 图纸会审记录、设计变更资料和竣工资料；

2) 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；

3) 压力试验报告；

4) 隐蔽工程验收记录；

5) 设备单机试运行记录；

6) 系统联合试运行与调试记录；

7) 工程检验批质量验收记录；

8) 分部分项工程验收记录；

9) 观感质量综合检查记录；

10) 测量定位成果记录；

11) 其他相关文件。

7.5.3 工程竣工验收后，保修期不应少于 2 个供冷、供暖季。

8 监测与控制

8.1 一般规定

8.1.1 浅层地热能建筑规模化应用工程应设置自动监测与智能控制系统,作为浅层地热能建筑规模化应用的组成部分。

8.1.2 浅层地热能建筑规模化应用工程自动监测与智能控制系统应按项目建设计划同步设计、同步施工和验收。

8.2 监测

8.2.1 浅层地热能建筑规模化应用工程监测,包括浅层地热能换热系统与换热区地质环境监测、区域能源站机房系统运行状态监测和供能管网运行状态监测。

8.2.2 浅层地热能换热系统与换热区地质环境监测内容应符合表 8.2.2 的规定,监测参数可参照本标准附录 E,环境影响监测点的布置应符合当地环保部门的要求。

表 8.2.2 浅层地热能换热系统与换热区地质环境监测内容

系统类型	浅层地热能换热系统监测参数	换热区地质环境监测参数
地埋管换热系统	地埋管供、回水总管温度、压力、流量;地埋管支管供、回水温度、压力、流量	换热区地层温度;换热区地下水温度;换热区地下水水质
地下水换热系统	取、退水温度、流量;水过滤装置前后压差	换热区地下水水温、水位、水质;换热区地表沉降;水源井和回灌井的取水量及回灌量
地表水换热系统	取、退水温度、流量;水过滤装置前后压差	换热区地表水水位、水质;退水口下游水体温度
污水换热系统	取、退水温度、流量;调蓄水池水位、水过滤装置前后压差	换热区污水水质、退水口下游污水温度

8.2.3 区域能源站机房系统运行状态监测宜按本标准附录 E 确定,应包括以下内容:

- 1 设备工作状态、运行参数;
- 2 能耗分项计量(实时和累计);

- 3 供能计量（实时和累计）；
- 4 水质；
- 5 工况转换阀门的状态；
- 6 室外温度、湿度。

8.2.4 供能管网运行状态监测应按本标准附录 E 确定，应包括以下内容：

- 1 全年冷热损失率；
- 2 管网用户侧供能计量（实时和累计）；
- 3 管网用户侧供、回水管的流量、压力和温度。

8.2.5 测量仪器仪表精度或准确度选取应满足工艺生产和控制的要求，且精度或准确度尚应符合表 8.2.5 的规定。

表 8.2.5 测量仪器仪表精度/准确度

测量仪器仪表	精度/准确度
流量计	1.5 级
液体温度计	±0.1 °C
空气温度计	±0.2 °C
压力表	1.0 级
水位计	0.5 级
空气湿度计	1.5 级
有功电能表	1.5 级
有功功率表	1.0 级

8.2.6 换热区地质环境监测参数数据采集时间间隔应符合表 8.2.6 的规定。

表 8.2.6 换热区地质环境监测参数数据采集时间间隔

系统类型	换热区地质环境监测参数	运行期间	非运行期间
地埋管换热系统	换热区地层温度； 换热区地下水温度； 换热区地下水水质	换热区地层温度采集时间间隔不宜大于 1h； 换热区地下水温度采集时间间隔不宜大于 1h； 换热区地下水水质每年不应少于	换热区地层温度采集时间间隔不宜大于 24h； 换热区地下水温度采集时间间隔不宜大于 24h； 换热区地下

		2 次	水质每年不应少于 2 次
地下水换热系统	换热区地下水水温、水位、水质； 换热区地表沉降； 地下水取水量及回灌量	换热区地下水水温、水位采集时间间隔不宜大于 1d；换热区地下水水质每年不应少于 2 次；换热区地表沉降采集时间间隔不应大于 3 个月；地下水取水量及回灌量采集时间间隔不应大于 1d	换热区地下水水温、水位采集时间间隔不宜大于 10d； 换热区地下水水质每年不应少于 2 次；换热区地表沉降采集时间间隔不应大于 3 个月
地表水换热系统	换热区地表水水位、水质；退水口下游水体温度	换热区地表水水位采集时间间隔不宜大于 1h；退水口下游水体温度采集时间间隔不宜大于 1h；换热区地表水水质每年不应少于 2 次	换热区地表水水质每年不应少于 2 次
污水换热系统	换热区污水水质	换热区污水水质每年不应少于 2 次	换热区污水水质每年不应少于 2 次

8.2.7 浅层地热能换热系统、区域能源站机房系统、供能管网的运行状态参数数据采集时间间隔不应大于 10min。

8.3 控制

8.3.1 浅层地热能建筑规模化应用工程控制，应根据用户侧需求和负荷变化制定节能控制逻辑和策略，实现智能化控制。

8.3.2 智能控制系统功能应包括以下内容：

- 1 安全报警、保护；
- 2 远程控制；
- 3 自动启停；
- 4 自动调节；
- 5 系统联动和群控；
- 6 最高能效比运行；
- 7 最佳经济效率运行。

9 运行维护与环境保护

9.1 一般规定

9.1.1 浅层地热能建筑规模化应用工程交付使用时，应组建专业团队或委托专业机构实施运维管理。

9.1.2 运维管理应建立完整的操作规程、运行与维护记录、性能测试与评价记录，记录应建档管理。

9.1.3 浅层地热能建筑规模化应用工程运行维护期间对环境的影响应符合当地环保部门的要求。

9.2 运行维护

9.2.1 应定期分析运行监测数据，并重点分析能耗数据分布状况，对各系统进行节能诊断。

9.2.2 应根据运行监测数据，结合数据分析、能源价格，及时调整运行策略，力求最佳经济效率运行、最高能效比运行。

9.2.3 地埋管换热系统应定期检查地埋管换热器的堵塞、泄露与超压等情况，及时排查和处理监测数据异常情况。

9.2.4 地下水换热系统应定期分析抽水井、回灌井的监测数据，掌握井群区域的水位、水温、水量及水质的动态变化，对抽水井、回灌井和过滤器等定期检查清淤。

9.2.5 地表水换热系统应遵守以下规定：

- 1 闭式地表水换热系统应定期检查水下换热盘管面污垢情况，及时清洗；
- 2 开式地表水换热系统应对取水口及管道、拦污格栅与过滤器等定期检查并及时清淤。

9.2.6 城镇污水间接式换热系统，应对取水口及管道、拦污格栅、换热器等定期检查、及时清淤和清洗。

9.2.7 当监测数据显示供能管网冷热损失率大于 4%时，或系统补水量异常的情况下，应排查管网系统漏损情况。

9.2.8 应分析供能管网监测数据，及时采取调整修正措施，保证供能管网水力平衡。

9.2.9 应分析浅层地热能换热系统监测数据，并及时采取调整修正措施，保证浅层地热能换热系统水力平衡、热平衡。

9.2.10 当制冷机组或热泵机组采用对人体有害的制冷剂时应定期检查、检测、维护制冷剂泄漏报警装置和应急通风系统，确保泄漏报警装置和应急通风系统的各项功能正常有效。

9.2.11 应定期检查安全防护装置的工作状态，及各种化学危险物品和油料等存放情况。

9.2.12 应记录设备运行状况，并定期巡检、维护和保养。

9.2.13 监测与控制系统应定期检查、维护和检修，定期校验、维护传感器和控制设备，按工况变化调整控制模式和设定参数。

9.2.14 过渡季节应对设备及管道系统进行清洗与检修，并充清水保养。

9.3 环境保护

9.3.1 地埋管换热系统应定期监测地埋管换热区各监测点的压力降值、地温场的变化和地质沉降等数据，并观察地表植被变化。

9.3.2 地下水换热系统应定期对回灌水和采温层地下水取样送检，监测抽回灌水对地下水环境的影响并进行水质分析，并监测地面沉降、溶岩塌陷和地裂缝等地质环境的影响。

9.3.3 地表水换热系统应定期监测开发利用对河流、湖泊、水库等地表水体的影响，评价退水对水环境的影响、对水生生物等生态环境的影响。

9.3.4 城镇污水换热系统应实时监测退水温度，确保城镇污水利用后返回满足污水处理厂处理水温要求。

9.3.5 污水处理厂出水及再生水换热系统，当退水直接排入地表水体时，应对地表水、再生水下游水体进行全年温度变化监测，定期评价退水对水环境的影响、对水生生物等生态环境的影响。

10 评价

10.1 一般规定

10.1.1 浅层地热能建筑规模化应用工程评价应包括指标评价、性能合格判定和性能分级评价。评价应先进行单项指标评价，根据单项指标的评价结果进行性能合格判定。判定结果合格宜进行分级评价，判定结果不合格不进行分级评价。

10.1.2 浅层地热能建筑规模化应用工程评价应以实际测试参数为基础进行。

10.1.3 浅层地热能建筑规模化应用工程的测试应在通过工程竣工验收之后进行，测试周期不应少于一个完整的供冷季和供暖季。

10.1.4 浅层地热能建筑规模化应用工程评价完成后，应出具评价报告，评价报告可按本标准附录 F 编制。

10.2 评价指标

10.2.1 浅层地热能建筑规模化应用工程的评价指标应包含能效评价指标、供能管网评价指标、生态环境影响评价指标以及碳排放评价指标。

10.2.2 能效评价指标包括浅层地热能系统全年能效比（ $AEER_{geo}$ ）和区域供冷供暖系统全年能效比（ $AEER_{sys}$ ），并应符合下列规定：

- 1 浅层地热能系统全年能效比（ $AEER_{geo}$ ）不应低于 4.3；
- 2 区域供冷供暖系统全年能效比（ $AEER_{sys}$ ）不应低于 3.8。

10.2.3 供能管网评价指标要求供能管网冷热损失率应小于 4%，宜按本标准附录 G 计算。

10.2.4 生态环境影响评价指标包括土壤年冷热不平衡率、地表水水体温度变化和地下水回灌率，并应符合下列规定：

- 1 地埋管地源热泵系统年总释热量应与年总吸热量基本平衡；
- 2 地表水水体温度变化：周平均最大温升 $\leq 1^{\circ}\text{C}$ ，周平均最大温降 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ；
- 3 地下水地源热泵系统同层回灌率应保证 100%。

10.2.5 碳排放评价指标要求碳排放强度（ C_{int} ）应小于 138.5kg/MWh。

10.3 判定和分级

10.3.1 浅层地热能建筑规模化应用工程的单项评价指标应全部符合本标准第 10.2 节的规定，方可判定为性能合格，有 1 个单项评价指标不符合规定，则判定为性能不合格。

10.3.2 浅层地热能建筑规模化应用工程应按综合得分进行性能分级评价，综合得分包含浅层地热能系统全年能效比（ $AEER_{geo}$ ）、区域供冷供暖系统全年能效比（ $AEER_{sys}$ ）和碳排放强度（ C_{int} ）三个指标，各分项指标对应不同的权重，评价得分为各分项指标评价得分乘以权重后的累加值。

1 综合得分应按下列公式计算：

$$\varphi = 40\% \times \varphi_{geo} + 30\% \times \varphi_{sys} + 30\% \times \varphi_{CO_2} \quad (10.3.2)$$

式中： φ_{geo} ——浅层地热能系统全年能效比单项指标得分值；

φ_{sys} ——区域供冷供暖系统全年能效比单项指标得分值；

φ_{CO_2} ——碳排放强度单项指标得分值。

2 单项指标分值应按表 10.3.2-1~表 10.3.2-3 进行评分。

表 10.3.2-1 浅层地热能系统全年能效比评分表

浅层地热能系统全年能效比	$AEER_{geo} \geq 4.8$	$4.8 > AEER_{geo} \geq 4.5$	$4.5 > AEER_{geo} \geq 4.3$
φ_{geo}	10	6	4

表 10.3.2-2 区域供冷供暖系统全年能效比评分表

区域供冷供暖系统全年能效比	$AEER_{sys} \geq 4.2$	$4.2 > AEER_{sys} \geq 4.0$	$4.0 > AEER_{sys} \geq 3.8$
φ_{sys}	10	6	4

表 10.3.2-3 碳排放强度评分表

碳排放强度 (kg/MWh)	$C_{int} \leq 122$	$122 < C_{int} \leq 130$	$130 < C_{int} \leq 138.5$
φ_{CO_2}	10	6	4

10.3.3 用综合得分判定浅层地热能建筑规模化应用工程的性能等级，等级共分 3 级，1 级最高，级别应按表 10.3.3 划分。

表 10.3.3 浅层地热能建筑规模化应用工程性能等级划分

性能等级	1 级	2 级	3 级
综合得分	$\varphi \geq 7.6$	$7.6 > \varphi \geq 5.2$	$5.2 > \varphi \geq 4$

附录

附录 A 浅层地热能适用性评估表

A.0.1 浅层地热能适用性宜按表 A.0.1 进行评估。

表 A.0.1 浅层地热能适用性评估表

浅层地热能换热系统	地表水地源热泵系统	地下水地源热泵系统	地埋管地源热泵系统	污水源热泵系统
适宜性条件	水量充足，水源距离 $\leq 1\text{km}$	单位涌水量 $>500[\text{m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})]$	松散层与软质岩厚度 $>100\text{m}$	水量充足，水源距离 $\leq 1\text{km}$
	夏季水温 $\leq 30^\circ\text{C}$ ，冬季水温 $\geq 8^\circ\text{C}$	单位回灌量/单位涌水量 $>80\%$	卵石层厚度 $<5\text{m}$	污水处理厂出水及再生水：夏季水温 $\leq 30^\circ\text{C}$ ，冬季水温 $\geq 8^\circ\text{C}$ 城镇污水：夏季水温 $\leq 28^\circ\text{C}$ ，冬季水温 $\geq 10^\circ\text{C}$
	/	地下水位年下降量 $<0.8\text{m}$	含水层总厚度 $>30\text{m}$	/
不适宜性条件	水源距离 $>1.5\text{km}$	单位涌水量 $<300\text{m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})]$	松散层与软质岩厚度 $30\sim 50\text{m}$	水源距离 $>1.5\text{km}$
	夏季水温 $>32^\circ\text{C}$ ，冬季水温 $<7^\circ\text{C}$	单位回灌量/单位涌水量 $<50\%$	卵石层厚度 $>10\text{m}$	污水处理厂出水及再生水：夏季水温 $>32^\circ\text{C}$ ，冬季水温 $<7^\circ\text{C}$ 城镇污水：夏季水温 $>30^\circ\text{C}$ ，冬季水温 $<9^\circ\text{C}$
	/	地下水位年下降量 $>1.5\text{m}$	含水层总厚度 $<10\text{m}$	/
评判条件	1. 适宜性条件需三项指标均满足即为适宜区； 2. 不适宜性条件有一项指标即为不适宜区； 3. 除适宜区和不适宜区以外的其他区域为较适宜区。			

注：1. 表中夏季水温指历年最热月平均水温度、冬季水温指历年最冷月平均水温度。

2. 单位涌水量按照管径 273mm 计算。

3. 软质岩等级的划分参照现行国家标准《工程岩体分级标准》（GB50218-2014）。

附录 B 碳排放强度计算方法

B.0.1 碳排放强度 C_{int} 可按式计算：

$$C_{int} = C_e \times 1000 / Q_{sys} \quad (\text{B.0.1})$$

式中： C_{int} ——单位供能量二氧化碳排放量(kg/MWh)；

C_e ——区域供冷供暖系统全年累计二氧化碳排放量(kg/a)；

Q_{sys} ——区域供冷供暖系统全年累计供能量（累计供冷量+累计供热量）
(kWh/a)。

B.0.2 区域供冷供暖系统的全年累计二氧化碳排放量 C_e 可按式计算：

$$C_e = \sum_{i=1}^n (E_i \times Q_i) \quad (\text{B.0.2})$$

式中： E_i ——第*i*种能源的全年累计使用量；

Q_i ——第*i*种能源的碳排放因子。

附录 C 浅层地热能换热系统取退水量的计算

C.0.1 浅层地热能换热系统取退水量，宜按下式计算：

$$L = \min\{L_g, L_n\} \quad (\text{C.0.1})$$

式中： L ——设计取退水量(m^3/s)；

L_g ——水源可提供的取水量(m^3/s)；

地表水（江、河等流动水体）的取水量不应大于水体流量的 20%；

地下水的取水量不应大于稳定的每小时出水量；

污水的取水量不宜大于平均时流量的 80%；

L_n ——满足空调负荷需求所需要的水量(m^3/s)，取满足空调热负荷需求所需要的水量 L_{nh} 和满足空调冷负荷需求所需要的水量 L_{nc} 的最大值。

C.0.2 满足空调负荷需求所需要的水量可根据下式计算：

$$L_{nh} = \frac{Q_h \cdot (COP_h - 1)}{\rho \cdot c \cdot \Delta t \cdot COP_h} \quad (\text{C.0.2-1})$$

$$L_{nc} = \frac{Q_c \cdot (COP_c + 1)}{\rho \cdot c \cdot \Delta t \cdot COP_c} \quad (\text{C.0.2-2})$$

式中： L_{nh} ——满足空调热负荷需求所需要的水量(m^3/s)；

L_{nc} ——满足空调冷负荷需求所需要的水量(m^3/s)；

Q_h ——设计热负荷(kW)；

Q_c ——设计冷负荷(kW)；

COP_h ——设计工况热泵机组制热性能系数；

COP_c ——设计工况热泵机组制冷性能系数；

c ——水的比热容 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$]；

ρ ——水的密度 (kg/m^3)；

Δt ——取退水温差($^\circ\text{C}$)。

附录 D 系统全年能效计算方法

D.0.1 浅层地热能系统全年能效比 $AEER_{geo}$ ，宜按下式计算：

$$AEER_{geo} = Q_{geo}/E_{geo} \quad (D.0.1)$$

式中： $AEER_{geo}$ ——浅层地热能系统全年能效比；

Q_{geo} ——浅层地热能系统全年累计供能量(累计供冷量+累计供热量)
(kWh/a)；

E_{geo} ——浅层地热能系统全年总耗电量(kWh/a)。

D.0.2 区域供冷供暖系统全年能效比 $AEER_{sys}$ ，宜按下式计算：

$$AEER_{sys} = Q_{sys}/E_{sys} \quad (D.0.2)$$

式中： $AEER_{sys}$ ——浅层地热能系统全年能效比；

Q_{sys} ——浅层地热能系统全年累计供能量(累计供冷量+累计供热量)
(kWh/a)；

E_{sys} ——浅层地热能系统全年总耗电量(kWh/a)。

附录 E 自动监测功能表

E.0.1 浅层地热能建筑规模化应用工程监测参数宜表 E.0.1-1~E.0.1-11 选用。

表 E.0.1-1 系统自动监测功能表

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
1	系统全年能效比	自动监测系统	计算量	√	
2	各技术系统全年能效比	自动监测系统	计算量	√	
3	系统总制冷能效比	自动监测系统	计算量	√	
4	系统总制热能效比	自动监测系统	计算量	√	
5	各技术系统总制冷能效比	自动监测系统	计算量	√	
6	各技术系统总制热能效比	自动监测系统	计算量	√	
7	水系统耗电输冷/热比	自动监测系统	计算量	√	

表 E.0.1-2 区域能源站机房系统自动监测功能表

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
1	系统实时制冷量	供能总管/支管	模拟量输入/计算量	√	
2	系统累计制冷量	供能总管/支管	模拟量输入/计算量	√	
3	系统实时制热量	供能总管/支管	模拟量输入/计算量	√	
4	系统累计制热量	供能总管/支管	模拟量输入/计算量	√	
5	支管实时供冷量	供能支管	模拟量输入		√
6	支管累计供冷量	供能支管	模拟量输入		√
7	支管实时供热量	供能支管	模拟量输入		√
8	支管累计供热量	供能支管	模拟量输入		√
9	各技术系统实时供冷量	各技术系统供能总管/支管	模拟量输入/计算量	√	

续表 E.0.1-2

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
10	各技术系统累计供冷量	各技术系统供能总管/支管	模拟量输入/计算量	√	
11	各技术系统实时供热量	各技术系统供能总管/支管	模拟量输入/计算量	√	
12	各技术系统累计供热量	各技术系统供能总管/支管	模拟量输入/计算量	√	
13	系统总电功率	设备配电控制柜	模拟量输入/计算量	√	
14	系统累计耗电量	设备配电控制柜	模拟量输入/计算量	√	
15	各技术系统总电功率	设备配电控制柜	模拟量输入/计算量	√	
16	各技术系统累计耗电量	设备配电控制柜	模拟量输入/计算量	√	
17	系统供能总流量	供能总管/支管	模拟量输入/计算量	√	
18	各技术系统供能流量	各技术系统供能总管/支管	模拟量输入/计算量	√	
19	供能支管流量	供能支管	模拟量输入		√
20	支管冷/热水供水温度	供能支管冷/热水供水管	模拟量输入	√	
21	支管冷/热水回水温度	供能支管冷/热水回水管	模拟量输入	√	
22	各技术系统冷/热水供水温度	各技术系统冷/热水供水管	模拟量输入	√	
23	各技术系统冷/热水回水温度	各技术系统冷/热水回水管	模拟量输入	√	
24	各技术系统冷却水入口温度	各技术系统冷却水入口水管	模拟量输入	√	
25	各技术系统冷却水出口水温度	各技术系统冷却水出口水管	模拟量输入	√	
26	支管冷/热水供水压力	供能支管冷/热水供水管	模拟量输入	√	
27	支管冷/热水回水压力	供能支管冷/热水回水管	模拟量输入	√	
28	分集水器压力	分/集水器	模拟量输入	√	
29	盈亏管流量或压差	盈亏管	模拟量输入	√	

续表 E.0.1-2

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
30	旁通阀开度给定值	旁通调节阀执行器	模拟量输入	√	
31	旁通阀开度反馈值	旁通调节阀执行器	模拟量输入	√	
32	室外环境温度湿度	室外	模拟量输入	√	
33	系统补水量	补水管路	模拟量输入	√	
34	系统切换阀开命令	系统切换阀	开关量输出	√	
35	系统切换阀关命令	系统切换阀	开关量输出	√	
36	系统切换阀开到位	系统切换阀	开关量输入	√	
37	系统切换阀关到位	系统切换阀	开关量输入	√	
38	机房可燃气体浓度	区域能源站机房	模拟量输入	√	
39	机房环境温度	区域能源站机房	模拟量输入		√
40	区域能源站漏水量	区域能源站机房	模拟量输入		√

表 E.0.1-3 区域能源站机房系统（冷水机组/热泵机组）自动监测功能表

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
1	机组性能系数	自动监测系统	计算量	√	
2	实时制冷/热量	机组进出口水管	模拟量输入/计算量	√	
3	累计制冷/热量	机组进出口水管	模拟量输入/计算量	√	
4	启动命令	机组控制装置	开关量输出	√	
5	停止命令	机组控制装置	开关量输出	√	
6	运行	机组控制装置	开关量输入	√	
7	故障	机组控制装置	开关量输入	√	

续表 E.0.1-3

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
8	机组本地/远程模式	机组控制装置	开关量输入	√	
9	运行工况（冷/热）	机组控制装置	数字量输入		√
10	水流开关状态	机组控制装置	数字量输入		√
11	冷水泵连锁状态	机组控制装置	数字量输入		√
12	油泵工作状态（离心机）	机组控制装置	数字量输入		√
13	油压差报警	机组控制装置	数字量输入		√
14	蒸发器防冻保护	机组控制装置	数字量输入		√
15	压缩机运行电流	机组控制装置	模拟量输入		√
16	运行电流百分比	机组控制装置	模拟量输入		√
17	负荷百分比	机组控制装置	模拟量输入		√
18	蒸发温度	机组控制装置	模拟量输入		√
19	冷凝温度	机组控制装置	模拟量输入		√
20	蒸发压力	机组控制装置	模拟量输入		√
21	冷凝压力	机组控制装置	模拟量输入		√
22	导叶开启度（离心机）	机组控制装置	模拟量输入		√
23	膨胀阀开度	机组控制装置	模拟量输入		√
24	冷水出口温度设定值	机组控制装置	模拟量输出		√
25	冷/热水阀开命令	阀门控制装置	开关量输出	√	
26	冷/热水阀关命令	阀门控制装置	开关量输出	√	
27	冷却水阀开命令	阀门控制装置	开关量输出	√	

续表 E.0.1-3

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
28	冷却水阀关命令	阀门控制装置	开关量输出	√	
29	冷水阀开到位	机组进出口冷水阀 执行器	开关量输入	√	
30	冷水阀关到位	机组进出口冷水阀 执行器	开关量输入	√	
31	冷水阀故障	机组进出口冷水阀 执行器	开关量输入	√	
32	冷却水阀开到位	机组进出口冷却水 阀执行器	开关量输入	√	
33	冷却水阀关到位	机组进出口冷却水 阀执行器	开关量输入	√	
34	冷却水阀故障	机组进出口冷却水 阀执行器	开关量输入	√	
35	蒸发器出口水温	蒸发器出口水管	模拟量输入	√	
36	蒸发器进口水温	蒸发器进口水管	模拟量输入	√	
37	冷凝器出口水温	冷凝器出口水管	模拟量输入	√	
38	冷凝器进口水温	冷凝器进口水管	模拟量输入	√	
39	蒸发器进出水压差	蒸发器进出口水 管	模拟量输入		√
40	冷凝器进出水压差	冷凝器进出口水 管	模拟量输入		√
41	冷却水流量	冷凝器进出口水 管	模拟量输入	√	
42	冷/热水流量	蒸发器/冷凝器进 出口水管	模拟量输入	√	
43	运行功率	机组配电柜	模拟量输入	√	
44	耗电量	机组配电柜	模拟量输入	√	
45	冷水机组/热泵三相电 流	机组配电柜	模拟量输入		√
46	冷水机组/热泵三相电 压	机组配电柜	模拟量输入		√

续表 E.0.1-3

注 1：机组进出口上的冷水阀及冷却水阀负责机组投运前接通水路的作用，对于串联形式的冷水泵/冷却水泵，可以不设冷水阀及冷却水阀，对于并联形式的冷水泵/冷却水泵，由于水泵与机组不存在唯一对应关系，故控制系统宜将冷水阀或冷却水阀列为“机组”的监测内容中。该水阀的监控硬件接口可以不由“机组控制装置”来实现，但在控制系统软件中宜将机组与水阀视为一个整体对象，下同。

注 2：对于热泵机组，或者具备同时制冷和制热功能的机组，其能耗、输出冷热量及性能系数应按“制冷模式”和“制热模式”分别进行监测和统计，下同。

注 3：监测“单位时间输出冷/热量”其目的是为了对各机组的负荷情况进行监测，下同。

注 4：对于水源热泵机组，在制冷工况或制热工况时应相应修改本表中的冷水、冷却水、换热系统地源水等名称。

表 E.0.1-4 区域能源站机房系统（电锅炉/燃气锅炉）自动监测功能表

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
1	热效率	自动监测系统	计算量	√	
2	耗电量/耗气量	机组能源供给管路	模拟量输入	√	
3	实时制热量	机组进出口水管	模拟量输入/计算量	√	
4	累计制热量	机组进出口水管	模拟量输入/计算量	√	
5	启动命令	锅炉控制装置	开关量输出	√	
6	停止命令	锅炉控制装置	开关量输出	√	
7	运行	锅炉控制装置	开关量输入	√	
8	故障	锅炉控制装置	开关量输入	√	
9	本地/远程模式	锅炉控制装置	开关量输入	√	
10	热水阀开命令	阀门控制装置	开关量输出	√	
11	热水阀关命令	阀门控制装置	开关量输出	√	
12	热水阀开到位	锅炉进出口热水阀 执行器	开关量输入	√	

续表 E.0.1-4

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
13	热水阀关到位	锅炉进出口热水阀执行器	开关量输入	√	
14	热水阀故障	锅炉进出口热水阀执行器	开关量输入	√	
15	热水出口水温	锅炉热水出口水管	模拟量输入	√	
16	热水进口水温	锅炉热水进口水管	模拟量输入	√	
17	热水流量	锅炉热水进出口水管	模拟量输入	√	
18	热水进出水压差	锅炉热水进出口水管	模拟量输入	√	
19	热水出口温度设定值	机组控制柜	模拟量输出		√

注：锅炉进出口上的热水阀，负责机组投运前接通水路的作用；对于串联形式的热水泵，可以不设热水阀，对于并联形式的热水泵，由于水泵与锅炉不存在唯一对应关系，故控制系统宜将热水阀列为“锅炉”的监控内容中。该水阀的监控硬件接口可以不由“锅炉控制装置”来实现，但在控制系统软件中宜将锅炉与水阀视为一个整体对象。

表 E.0.1-5 区域能源站机房系统（水泵）自动监测功能表

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
1	启动命令	水泵控制装置	开关量输出	√	
2	停止命令	水泵控制装置	开关量输出	√	
3	运行	水泵控制装置	开关量输入	√	
4	故障	水泵控制装置	开关量输入	√	
5	本地/远程模式	水泵控制装置	开关量输入	√	
6	运行功率	水泵控制装置	模拟量输入	√	
7	耗电量	水泵控制装置	模拟量输入	√	
8	运行频率	水泵控制装置	模拟量输入	√	
9	给定频率	水泵控制装置	模拟量输出	√	

续表 E.0.1-5

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
10	三相电流	水泵控制装置	模拟量输入		√
11	三相电压	水泵控制装置	模拟量输入		√
12	水泵进出口压差	水泵控制装置	模拟量输入		√

注：本表所述水阀指安装在冷水机组/热泵机组/锅炉进出口管路上的电动开关阀。通常水泵出口均设计有止回阀，故水泵进出口不再设置电动阀门控制。

表 E.0.1-6 区域能源站机房系统（冷却塔）自动监测功能表

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
1	塔启动命令	冷却塔控制装置	开关量输出	√	
2	塔停止命令	冷却塔控制装置	开关量输出	√	
3	风机启动命令	冷却塔控制装置	开关量输出	√	
4	风机停止命令	冷却塔控制装置	开关量输出	√	
5	入口水阀开命令	冷却塔控制装置	开关量输出	√	
6	入口水阀关命令	冷却塔控制装置	开关量输出	√	
7	风机运行	冷却塔控制装置	开关量输入	√	
8	风机故障	冷却塔控制装置	开关量输入	√	
9	本地/远程模式	冷却塔控制装置	开关量输入	√	
10	运行功率	冷却塔控制装置	模拟量输入	√	
11	耗电量	冷却塔控制装置	模拟量输入	√	
12	运行频率	冷却塔控制装置	模拟量输入	√	
13	给定频率	冷却塔控制装置	模拟量输出	√	
14	三相电流	冷却塔控制装置	模拟量输入		√

续表 E.0.1-6

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
15	三相电压	冷却塔控制装置	模拟量输入		√
16	入口水阀开到位	水阀执行器	开关量输入	√	
17	入口水阀关到位	水阀执行器	开关量输入	√	
18	入口水阀故障	水阀执行器	开关量输入	√	
19	冷却塔水池液位	冷却塔水池	模拟量输入	√	
20	出口水温	冷却塔出口管路/水池	模拟量输入	√	
21	入口水温	冷却塔入口管路	模拟量输入		√
22	冷却水流量	冷却塔出入口管路	模拟量输入		√
23	环境温度	冷却塔进风口	模拟量输入	√	
24	环境相对湿度	冷却塔进风口	模拟量输入		√
25	湿球温度	自动监测系统	计算量	√	
26	逼近温差	自动监测系统	计算量	√	

表 E.0.1-7 区域能源站机房系统（补水装置及水处理装置）自动监测功能表

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
1	膨胀水箱液位高	膨胀水箱	开关量输入	√	
2	膨胀水箱液位低	膨胀水箱	开关量输入	√	
3	补水泵运行	补水泵控制装置	开关量输入	√	
4	补水泵故障	补水泵控制装置	开关量输入	√	
5	水处理器运行	水处理器	开关量输入	√	
6	水处理器故障	水处理器	开关量输入	√	

续表 E.0.1-7

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
7	加药装置运行	加药装置	开关量输入	√	
8	加药装置故障	加药装置	开关量输入	√	
9	补水量	补水管路远传水表	模拟量输入	√	
注1: 补水泵的启停控制及补水阀的开关控制由补水控制装置完成。					
注2: 水处理器的启停控制由水处理控制装置完成。					
注3: 加药装置的启停控制由加药控制装置完成。					

表 E.0.1-8 供能管网自动监测功能表

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
1	全年冷热损失率	自动监测系统	计算量	√	
2	用户侧实时供冷量	用户侧供能支管	模拟量输入/计算量	√	
3	用户侧累计供冷量	用户侧供能支管	模拟量输入/计算量	√	
4	用户侧实时供热量	用户侧供能支管	模拟量输入/计算量	√	
5	用户侧累计供热量	用户侧供能支管	模拟量输入/计算量	√	
6	用户侧冷/热水供水温度	用户侧冷/热水供水支管	模拟量输入	√	
7	用户侧冷/热水回水温度	用户侧冷/热水回水支管	模拟量输入	√	
8	用户侧流量	用户侧供能支管	模拟量输入	√	
9	用户侧冷/热水供水压力	用户侧冷/热水供水支管	模拟量输入	√	
10	用户侧冷/热水回水压力	用户侧冷/热水回水支管	模拟量输入	√	
11	分支点冷/热水供水温度	供能管网主要分支点供水管	模拟量输入		√
12	分支点冷/热水回水温度	供能管网主要分支点回水管	模拟量输入		√
13	分支点冷/热水供水压力	供能管网主要分支点供水管	模拟量输入		√
14	分支点冷/热水回水压力	供能管网主要分支点回水管	模拟量输入		√

续表 E.0.1-8

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
15	分支点冷/热水供水流量	供能管网主要分支点供水管	模拟量输入		√
16	分支点冷/热水回水流量	供能管网主要分支点回水管	模拟量输入		√
17	用户侧冷/热水阀开度给定值	用户侧冷/热水支管调节阀执行器	模拟量输入		√
18	漏水点	供能管网	数字量输入		√

表 E.0.1-9 浅层地热能换热系统（地埋管）自动监测功能表

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
1	地埋管总管供水温度	地埋管供水总管	模拟量输入	√	
2	地面管总管回水温度	地埋管回水总管	模拟量输入	√	
3	地埋管支管供水温度	地埋管供水支管	模拟量输入	√	
4	地面管支管回水温度	地埋管回水支管	模拟量输入	√	
5	地埋管总管水流量	地埋管供/回水总管	模拟量输入	√	
6	地埋管总管供水压力	地埋管供水总管	模拟量输入	√	
7	地面管总管回水压力	地埋管回水总管	模拟量输入	√	
8	地埋管支管供水压力	地埋管供水支管	模拟量输入	√	
9	地面管支管回水压力	地埋管回水支管	模拟量输入	√	

表 E.0.1-10 浅层地热能换热系统（地表水、地下水、污水）自动监测功能表

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
1	取水总管温度	取水总管	模拟量输入	√	
2	退水总管温度	退水总管	模拟量输入	√	
3	取水总管流量	取水总管	模拟量输入	√	

续表 E.0.1-10

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
4	退水总管流量	退水总管	模拟量输入	√	
5	水过滤装置前后压差	水过滤装置	模拟量输入	√	
6	调蓄水池水位	调蓄水池	模拟量输入	√	

表 E.0.1-11 热换区地质环境自动监测功能表

序号	监测参数	参数取源位置	数值类型	必选	可选
1	地埋管换热区地层温度	地温监测孔	模拟量输入	√	
2	地埋管换热区地下水温度	地下水监测井	模拟量输入	√	
3	地埋管换热区地下水水质	地下水监测井	/	√	
4	地表水换热区水位	换热区地表水	模拟量输入	√	
5	地表水换热区水质	换热区地表水	/	√	
6	地表水退水口下游水温	退水口下游	模拟量输入	√	
7	污水退水口下游水温	退水口下游	模拟量输入	√	
8	污水换热区水质	换热区污水	/	√	
9	地下水换热区水温	地下水监测井	模拟量输入	√	
10	地下水换热区水位	地下水监测井	模拟量输入	√	
11	地下水换热区水质	地下水监测井	/	√	
12	地下水换热区地表沉降	换热区地表	模拟量输入	√	
13	地下水水源井取水量	水源井	模拟量输入	√	
14	地下水回灌井退水量	回灌井	模拟量输入	√	

附录 F 浅层地热能建筑规模化应用工程评价报告格式

F.0.1 浅层地热能建筑规模化应用工程评价报告可参照附录 F 格式执行。

浅层地热能建筑规模化应用工程 评价报告

Large Scale Application of Shallow Geothermal Energy Buildings

Evaluation Report

No:

项目名称: _____

委托单位: _____

检验类别: _____

测试评价机构

年 月 日

测试评价机构地址:

邮政编码:

测试评价机构

评价报告

报告编号：

第 页 共 页

委托单位			
地址		电话	
工程名称			
工程地址		测评日期	
测评项目			
测评依据			
测试仪表			
形式检查结果			
序号	项目		结论
资料检查	1	项目立项、审批文件	
	2	项目可行性研究报告	
	3	施工图设计文件(包括热平衡分析报告)	
	4	行政审批文件	
	5	主要材料、设备和构件的质量证明文件、进场检验记录、进场核查记录、进场复验报告和见证试验报告	
	6	项目关键设备检测报告	
	7	试运行调试记录，包括单机试运转记录、系统调试记录	
	8	隐蔽工程验收记录和资料	
	9	地源热泵系统对水文、地质的影响分析资料	

测试评价机构

评价报告

报告编号：

第 页 共 页

实施量检查				
序号	检查内容	是否满足设计要求		
1	实施规模	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
2	系统配置(系统类型、主要设备参数、装机容量、主要部件类型和技术参数、控制系统等)	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
评价指标				
序号	项目	标准值	实测值	合格判定
1	浅层地热能系统全年能效比 ($AEE R_{geo}$)			
2	区域供冷供暖系统全年能效比 ($AEE R_{sys}$)			
3	供能管网冷热损失率			
4	土壤年冷热不平衡率			
5	地表水水体温度变化 周平均最大温升/温降			
6	地下水同层回灌率			
7	碳排放强度 (G_{int})			
判定和分级				
1	合格判定	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格		
2	综合得分			
	分级判定	<input type="checkbox"/> 1级 <input type="checkbox"/> 2级 <input type="checkbox"/> 3级		
测试评价机构(盖章)				
报告日期： 年 月 日				
批准：		审核：		主检：
说明：此表为检查、测试及判定结果汇总表，在报告正文中要求给出具体的结果，正文至少包括以下内容：1) 概况；2) 依据；3) 形式检查结果；4) 测评内容；5) 仪器仪表清单；6) 测试结果；7) 判定结果；8) 测评方案				

测试评价机构

评价报告

报告编号：

第 页 共 页

1. 工程概况

2. 形式检查结果

3. 仪器仪表清单

4. 测试和评价依据

5. 测试和评价内容

6. 测试和评价方案.

包括仪器设备安装方案、测试周期、运行方案和计算方法等内容。

7. 测试结果

包括《湖南省浅层地热能建筑规模化应用工程技术标准》第 8 章中各项目的测试数据结果。

8. 评价结果

包括各项指标的评价结果和具体数据。判定和分级的评价过程等。

附录 G 供能管网冷热损失率计算

G.0.1 供能管网冷热损失率可按下式计算：

$$\eta_l = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n q_{m,i} c_p (t_{s,i} - t_{r,i})}{q_{m,o} c (t_{s,o} - t_{r,o})} \quad (\text{G.0.1})$$

式中： η_l ——供能管网冷热损失率；

n ——换热站（或用户入口）数量；

c ——水的比热容[kJ/(kg·°C)]；

$q_{m,i}$ ——第*i*座换热站（或用户入口）的质量流量（kg/s）；

$q_{m,o}$ ——区域能源站的质量流量（kg/s）；

$t_{s,i}$ 、 $t_{r,i}$ ——第*i*座换热站（或用户入口）的供、回水温度（°C）；

$t_{s,o}$ 、 $t_{r,o}$ ——区域能源站的供、回水温度（°C）。

本标准用词说明

1 为便于在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，非这样做不可的：

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的，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 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》 GB55015
- 2 《浅层地热能利用通用技术要求》 GB/T38678
- 3 《地源热泵系统工程技术规范》 GB50366
- 4 《城镇污水处理厂污染物排放标准》 GB18918
- 5 《城市污水再生利用工业用水水质》 GB/T19923
- 6 《采暖空调系统水质》 GB/T29044
- 7 《地表水环境质量标准》 GB3838
- 8 《水（地）源热泵机组能效限定值及能效等级》 GB30721
- 9 《可再生能源建筑应用工程评价标准》 GBT50801
- 10 《建筑碳排放计算标准》 GB51366
- 11 《水源热泵系统经济运行》 GB/T31512
- 12 《清水离心泵能效限定值及节能评价》 GB19762
- 13 《机械通风冷却塔 第1部分：中小型开式冷却塔》 GB/T7190.1
- 14 《城市地下管线探测技术规程》 CJJ61
- 15 《地热能术语》 NB/T10097
- 16 《城镇地热供热工程技术规程》 CJJ138
- 17 《城镇供热管网设计标准》 CJJ/T34
- 18 《蓄能空调工程技术标准》 JGJ158

湖南省工程建设地方标准

湖南省浅层地热能建筑规模化应用
工程技术标准

DBJxxxxxx

条文说明

编制说明

《湖南省浅层地热能建筑规模化应用工程技术标准》
DBJXXXX-20xx，经湖南省住房和城乡建设厅 2023 年 xx 月 xx 日以湘
建科[20x x]第 x x 号公告批准、发布。

为便于广大设计、生产、施工、运维、科研、学校等单位有关人
员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《湖南省浅层地热能
建筑规模化应用工程技术标准》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实
现进行了说明。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。

目 次

1	总 则	59
2	术 语	61
3	基本规定	62
4	规划与决策	63
4.1	一般规定	63
4.2	策划	63
5	工程勘察	66
5.1	一般规定	66
5.2	浅层地热能资源勘察	66
6	工程设计	70
6.1	一般规定	70
6.2	浅层地热能换热系统	70
6.3	区域能源站	74
6.4	供能管网	79
7	施工、调试与验收	81
7.2	浅层地热能换热系统施工	81
7.3	区域能源站施工	84
7.4	供能管网施工	85
7.5	调试与验收	85
8	监测与控制	87
8.1	一般规定	87
8.2	监测	87
8.3	控制	88
9	运行维护与环境保护	89
9.1	一般规定	89
9.2	运行维护	89
9.3	环境保护	91
10	评 价	92

10.1	一般规定	92
10.2	评价指标	92
10.3	判定和分级	94

1 总 则

1.0.1 建筑是能源消费的三大领域（工业、交通、建筑）之一，也是造成直接和间接碳排放的主要责任领域之一。建筑的建造、运行和维修导致直接碳排放、间接碳排放，浅层地热能建筑规模化应用是实现低碳排放的路径与关键技术，也是国家在建筑领域实现全面电气化重要途径。

《关于促进地热能开发利用的若干意见》（国能发新能规〔2021〕43号）指出：地热能是一种储量丰富、分布较广、稳定可靠的可再生能源。在2030年之前力争实现碳达峰，2060年实现碳中和，大力开发利用地热能，对深入贯彻习近平生态文明思想，落实碳达峰、碳中和目标具有重要意义。并将积极推进浅层地热能利用列入重点任务之一。

2022年3月13日，中共湖南省委湖南省人民政府《关于完整准确全面贯彻新发展理念 做好碳达峰碳中和工作的实施意见》，提出：加快新能源资源开发利用，大力发展太阳能、风能，因地制宜发展生物质能，积极扩大地热能供暖制冷利用规模。

本标准在湖南省浅层地热能建筑规模化应用工程的策划、勘察、设计、施工、调试、验收、监测、控制、运行、维护、评价的全过程提出了具体要求，指导工程实施，促进湖南省浅层地热能建筑规模化应用。

1.0.2 2020年9月湖南省住建厅、发改委、财政厅、自然资源厅四部门《关于大力推进浅层地热能建筑规模化应用试点工作的通知》（湘建科〔2020〕135号），试点范围按照“一个连片地区、一个集中园区、一个特色村镇、一个重大单体项目”的思路确定。以试点带动推广，全省逐步实现浅层地热能建筑规模化应用。连片地区：地区占地面积不低于20平方公里，浅层地热能建筑应用面积不低于400万平方米。浅层地热能技术占比不低于40%。（浅层地热能技术占比是指浅层地热能提供的全年空调冷热量占整个应用面积全年空调冷热量的比值）。特色园区：园区占地面积不低于5平方公里，浅层地热能建筑应用面积不低于200万平方米。浅层地热能技术占比不低于30%。特色村镇：村镇常住人口规模不低于10000人，浅层地热能建筑应用面积不低于20万平方米。浅层地热能技术占比不低于30%。重大单体：建筑面积不低于10万平方米，浅层地热能技术占比不低于50%。

相比传统电制冷+燃气锅炉系统，浅层地热能初投资较高、实施难度较大、技术要求较高、且需要增加必要的审批流程，因此很难在单体建筑中进行规模化应用。实践证明，浅层地热能结合区域供冷供暖系统是湖南地区最有效的规模化应用途径。根据对湖南省长沙市已经实施和正在设计的区域供冷供暖项目统计，供冷负荷区间为 32~108MW，供热负荷区间为 20~70MW，具体详见本标准 4.2.7 条。本标准规定供冷负荷不小于 30MW、供暖负荷不小于 20MW，相当于一个小型规模的区域能源站，并根据湘建科〔2020〕135 号文件中的连片地区、集中园区和特色村镇的要求对浅层地热能技术占比进行了限定。

本标准中的浅层地热能建筑规模化应用工程是指：采用区域供冷供暖系统形式对浅层地热能进行综合应用，供冷负荷不小于 30MW、供暖负荷不小于 20MW，且浅层地热能技术占比不低于 30%的工程项目。

对于供能建筑面积不低于 10 万 m² 重大单体项目可参考本标准执行。

1.0.3 浅层地热能是一种可再生能源，使用中需要遵循绿色低碳、因地制宜、统筹规划、安全可靠、经济高效、节能环保的基本原则，才能实现高效利用，避免对环境产生破坏。

1.0.4 该条文主要针对地表水和地下水的利用，需要满足国家和湖南省水资源开发利用的相关要求，并获得行政许可。

《湖南省取水许可和水资源费征收管理办法》规定：“利用水工程或者设施直接从江河、湖泊或者地下取用水的单位和个人，除本办法第四条规定的情形外，均应当按照国家规定，向水行政主管部门申请领取取水许可证，并缴纳水资源费。”

1.0.6 本标准涉及面广，对浅层地热能建筑规模化应用项目的建设、运维、评价等全寿命周期的具体要求，有些仅做了基本规定，具体的技术和措施还要符合国家、行业和湖南省现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 国家能源局、财政部、国土资源部、住房和城乡建设部《关于促进地热能开发利用的指导意见》（国能新城〔2013〕48号）指出在资源条件适宜地区，优先发展再生水源热泵（含污水、工业废水等），积极发展土壤源、地表水源（含江、河、湖泊等）热泵，适度发展地下水源热泵，提高浅层地温能在城镇建筑用能中的比例。条文中的水体主要包括地表水、地下水、城镇污水、污水处理厂出水和再生水。浅层地热能资源可分为：浅层岩土体地热资源、浅层地下水地热资源、地表水地热资源、城镇污水地热资源、污水处理厂出水和再生水地热资源。

2.0.3 区域供冷供暖系统是为满足某一区域内（约2.0公里范围内的建筑）多个用户的空调冷热源要求，由专门的冷热源并通过供能管网供给冷热水的系统。因此，区域供冷供暖系统像城市给水、电力、燃气一样，是一项市政供应设施，由区域能源站、供能管网、用户换热站（或用户入口）三部分组成。

2.0.5 区域供冷供暖系统需要服务区域内多个用户，供能管网需要敷设在城市道路、绿化等市政基础设施上，包括区域能源站至用户换热站之间（或用户入口）的管道。

2.0.6 全年空调冷热量为全年8760小时的冷热量累加值，设计阶段可通过计算分析预测得出，运行阶段应通过监测系统计量得出。浅层地热能提供的全年空调冷热量应仅包括浅层地热能作为吸热源或散热源的系统所产生的冷量和热量。

2.0.9 区域供冷供暖系统通常以1年为计算周期。

2.0.15 浅层地热能系统全年总耗电量为区域能源站内冷水机组（浅层地热能冷却部分）、热泵机组及其水泵（不包括常规系统的冷却水泵、冷冻泵和供热泵）等的总耗电量，不包括供能二级泵耗电量。

2.0.16 区域供冷供暖系统全年累计耗电量为区域能源站内冷水机组、热泵机组、锅炉、冷却塔、水泵等工艺耗电设备的总耗电量，不包括供能二级泵耗电量。若工艺设备以燃气为一次能源时，应将燃气消耗量按等价值折算成电量，电力等价值折标煤系数应根据国家能源局前一年发布的全国电力工业统计数据取值。

3 基本规定

3.0.1 浅层地热能利用应遵循“因地制宜、经济可行、安全可靠”的原则，根据项目所在地浅层地热能资源情况，制定浅层地热能资源综合利用方案。

3.0.2 符合地质条件是浅层地热能应用的必备条件，水资源和环境保护是浅层地热能应用的红线，技术经济合理是项目建设的基本要求。在满足必备条件和基本要求，且不突破红线的前提下，应充分发掘浅层地热能应用量和提高浅层地热能资源利用水平，最终保证系统的高效、经济、安全运行，并实现绿色排放。浅层地热能建筑规模化应用为基于浅层地热能技术的区域供冷供暖系统能源综合利用，需要提高浅层地热能系统全年能效比（ $AEER_{geo}$ ）、区域供冷供暖系统全年能效比（ $AEER_{sys}$ ）。

3.0.3 浅层地热能建筑规模化应用工程由浅层地热能换热系统、区域能源站机房系统和供能管网系统三大子系统组成，三大系统相互联系，组合成一个有机体。应同步设计、同步施工、同步验收，才能发挥各子项系统的功效，保证浅层地热能利用系统的时刻处于高效运行状况。

3.0.4 浅层地热能换热系统、供能管网施工中遇到既有管道、电缆、地下构筑物或文物古迹时，应予以保护，并及时与有关部门联系协同处理。

4 规划与决策

4.1 一般规定

4.1.1 区域能源规划在城市规划的约束下，分析规划区域内所有的浅层地热能资源种类，统筹区域内各种能源。浅层地热能建筑规模化应用工程需要符合上位规划要求。

4.1.2 区域能源规划通过全面的分析研究，对所规划区域内各种能源形式综合利用提出指导性意见，浅层地热能建筑规模化应用工程应遵循区域能源规划。

浅层地热能建筑规模化应用工程系统形式较多，各系统优势和特点不同，传统设计中单纯采用系统效率进行评价已不能充分反映系统实际效果。

参考国家发展改革委《政府投资项目可行性研究报告编写通用大纲（2023年版）》、《企业投资项目可行性研究报告编写参考大纲（2023年版）》（发改投资规〔2023〕304号）中项目影响效果分析，主要包括5个方面：经济影响分析、社会影响分析、生态环境影响分析、资源和能源利用效果分析、碳达峰碳中和分析。浅层地热能建筑规模化应用工程不属于高耗能、高排放项目，因此本条考虑碳排放分析。

碳排放分析由投资主体或其委托的相关咨询单位进行，需估算出供冷供热系统设计达产年度碳排放总量和强度，计算方法可参考《建筑碳排放计算标准》GB/T51366-2019暖通空调系统章节。

4.2 策划

4.2.1 浅层地热能建筑规模化应用工程涉及范围较广，因此需明确下列条件：

- (1) 工程涉及区域内市政基础设施规划情况；
- (2) 工程涉及区域内可利用的能源种类、数量、价格及相应政策；
- (3) 工程涉及区域内建筑类型、功能、规模及用能需求；
- (4) 工程涉及区域内各建筑物能源需求时间和使用强度；
- (5) 工程涉及区域内的地质条件和管道路由条件。

4.2.2 浅层地热能建筑规模化应用工程核心是对能源综合利用，由于能源利用系统形式受资源、环境、政策、用户要求等多种因素的影响和制约，本条旨在提出多能互补综合利用的原则，综合利用方式需因地制宜，经经济技术比较后确定。

4.2.4 区域能源站可建于区域某建筑物内，或结合绿地建设，也可独立设置。但由于区域能源站规模较大，需考虑平面布置、层高、设备运输安装等，一般宜独立设置。当不具备条件独立设置，必须与建筑物合建时应做好隔声降噪、减振等措施。

4.2.6 枝状管网投资经济、运行简单方便，是常用的管网形式；对于供能可靠性要求较高的用户，可在主要枝状干管设置连通管，经济技术比较合理时，也可采用环状管网，提高系统的可靠性。

对于多个区域能源站，其管理权限统一、经济技术比较合理时，各区域能源站管网可设置连通，提高供能可靠性。

4.2.7 限制单个供能站最大供能能力主要考虑供能半径、经济性及可实施性。

供能半径一般不大于 1.5km，经技术经济比较后，供能半径可增加至 2.0km。供能半径越大，输送能耗就高，供能半径 1.5km 情况下，既能充分发挥区域供能集约化、规模化、高效化的特性，又可以控制输送能耗。

根据湖南省现有工程实践，供能半径 1.5km 时，其供能建筑面积不超过 200 万 m²，供冷负荷小于 120MW，供热负荷小于 80MW。区域能源站规划阶段负荷边界条件较为简单，因此在设计、建设阶段需根据详细或更新的边界条件进行优化调整。

表 1 长沙市现有区域供冷供暖项目典型案例一览表

工程名称	供能建筑面积 (万 m ²)	供冷负荷 (MW)	供热负荷 (MW)	供能半径 (km)
滨江新城区域能源站	212	100	50	1.5
马栏山视频文创创业园北站能源站	160	72	36	1.3
马栏山视频文创创业园南站能源站	242	103	57	1.8
梅溪湖国际新城区域能源站	229	108	47	2.0
洋湖生态新城南区能源站	113	32	20	1.2
大泽湖海归小镇 B 区能源站	149	61	38	1.9
大泽湖海归小镇 C 区能源站	277	104	70	1.9
会展片区 1 号能源站	135	45	33	1.2
长沙临空经济示范区 1#能源站	150	82	44	2.0

4.2.8 条文中建筑面积指标按设计冷、热负荷的大值确定，含变配电、辅助用房等配套设施用房，配套设施用房偏多或用地形状不规整时可取 2.0。

4.2.9 浅层地热能建筑规模化应用项目一般供能范围大，初投资高，所以项目前期需经过充分论证。

1 浅层地热能建筑规模化应用工程项目的重要目标是实现盈利。此类项目投资较大，运行年限长，一般为 20 年~30 年，因此，在策划阶段应进行经济影响分析。浅层地热能建筑规模化应用项目投资主体较为关注财务净现值(FNPV)、财务内部收益率(FIRR)、投资回收期(Pt)等指标。

参考《建设项目经济评价方法与参数》(第三版)，推荐社会折现率为 8%，所得税后投资回收期年限一般包含建设期。

2 参考国家发展改革委《关于投资项目可行性研究报告编写大纲的说明(2023 年版)》(发改投资规〔2023〕304 号)，污染物主要包括二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、粉尘等。

3 项目社会影响分析包含以下内容：(1)建筑品质：提升建筑外观形象、增加建筑空间、提高建筑屋面开发利用效率；(2)生活品质：改善室内热湿环境、提高供能保障率；(3)环境品质：降低城市热岛效应、噪声污染；(4)项目其它社会价值。

4 项目资源和能源利用效果主要包括对浅层地热能资源、其它能源利用情况以及利用效率分析，评估工程中浅层地热能技术占比不低于 30%、浅层地热能系统全年能效比(AEER_{geo})不低于 4.3 和区域供冷供暖全年能效比(AEER_{sys})不低于 3.8。

5 参考本标准 6.3.7 计算方法，区域能源浅层地热能技术占比按限值 30%、浅层地热能系统全年能效比(AEER_{sys})按限值 4.3 和区域供冷供暖全年能效比按限值 3.8(AEER_{geo})确定。全年 1MWh 供能量中含 0.56MWh 供冷和 0.44MWh 供热，用电量为 $0.56 \times 0.7 \div 5 + 0.56 \times 0.3 \div 4.3 + 0.44 \times 0.3 \div 4.3 = 0.14817 \text{MWh}$ ，用燃气量为 $0.44 \times 0.7 \div 9.2 = 33.4783 \text{m}^3$ 。电的碳排放因子按生态环境部 2022 年发布数据取 $0.5810 \text{kgCO}_2/\text{kWh}$ ，天然气的碳排放因子，参考 GB51366-2019《建筑碳排放计算标准》取 $1.564 \text{kgCO}_2/\text{m}^3$ ，计算碳排放强度为 138.5kg/MWh 。

5 工程勘察

5.1 一般规定

5.1.1 工程场地状况及浅层地热能资源条件是能否应用浅层地热能的基础。方案设计前，应根据调查及勘察情况，确定浅层地热能应用形式和应用规模。

5.1.2 调查以收集资料为主，工程场地可利用面积和地形地貌应满足修建取退水设施、水质处理设施、换热设施、抽水井、回灌井、水平或竖直地埋管换热器的需求。此处工程场地是指浅层地热能换热系统的规划建设区域。可利用面积是指场地规划面积中可进行浅层地热能换热系统建设的净用地面积，如可进行地埋管布置区域面积，可建设取退水利用设施区域面积等。对工程项目或工程项目所在地周边的浅层地热能资源等进行调查。调查已有水井的位置、类型、结构、深度、地层剖面、出水量、水位、水温及水质情况，还应了解水井的用途，开采方式、年用水量及水位变化情况等。调查地表水、城镇污水、污水处理厂出水、再生水等的位置、水温、水质、水量、枯水季低水位、常水位情况，还应了解其现状利用和未来规划等情况。

对于地表水利用或其他浅层地热能方式利用需要排入地表水体时，应调查地表水的水域环境功能和保护目标，为退水方案设计提供依据。

工程场地状况调查还应包括水、电、气接驳等其他资源条件。

5.1.3 当采用地表水、城镇污水、污水处理厂出水和再生水时，其取退水管道、供能管道等经常需要在城市道路或城市绿地等市政基础设施上敷设，当取退水道、供能管道与市政基础设施不能同步实施时，应对现场实施条件进行必要的勘察。

5.2 浅层地热能资源勘察

5.2.1 对地埋管换热系统勘察时，主要针对工程场地内岩土体地质条件进行勘察。

采用水平地埋管换热器时，地埋管换热系统勘察采用槽探、坑探或钎探进行。槽探是为了了解构造线和破碎带宽度、地层和岩性界限及其延伸方向等在地表挖掘探槽的工程勘察技术。探槽应根据场地形状确定，探槽的深度一般超过埋管深度 1m。

采用垂直埋管换热器时，埋管换热系统勘察采用钻探进行。钻探方案应结合设计需要、地层条件以及场地条件等确定，勘探孔深度应比钻孔至少深 5m，孔径宜大于 150mm。孔内埋管可根据设计方案采用单 U、双 U 等方式，并填筑密实。测试孔结构的设计应根据现场的地层特性、测试要求及钻探工艺等因素综合考虑。

岩土体热物性指岩土体的热物性参数，包括岩土体导热系数、密度及比热等。测定方法可采用实验室法或现场测定法。

1 实验室法：对勘探孔不同深度的岩土体样品进行测定，并以其深度加权平均，计算该勘探孔的岩土体热物性参数；对探槽不同水平长度的岩土体样品进行测定，并以其长度加权平均，计算该探槽的岩土体热物性参数。

2 现场测试法：即岩土热响应试验，岩土热响应试验详见《地源热泵系统工程技术规范（2009 年版）》GB50366-2005 附录 C。

本标准适用于浅层地热能建筑规模化应用工程，结合《地源热泵系统工程技术规范（2009 年版）》GB50366-2005 规范要求，规定应采用岩土热响应试验的方法测定岩土体热物性参数。

5.2.2 对地下水换热系统勘察时，主要针对工程场区的水文地质条件进行勘察。水文地质条件勘察可参照现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB50027 和《供水管井技术规范》GB50296 进行。通过勘察，查明拟建热源井地段的水文地质条件，即一个地区地下水的分布、埋藏，地下水的补给、径流、排泄条件以及水质和水量等特征。对地下水资源作出可靠评价。提出地下水合理利用方案，并预测地下水的动态及其对环境的影响，为热源井设计提供依据。

5.2.3 水文地质勘查孔应进行抽水、回灌试验，并采取水样进行水质分析。抽水试验的目的是了解含水层的富水性，获取含水层渗透系数、影响半径等水文地质参数，结合回灌试验，确定一定区域内地下水循环利用量，抽水井、回灌井的数量和布局。回灌试验的目的是为获取回灌时的影响半径、给水度（或储水系数）、渗透系数、导水系数等水文地质参数以及回灌率，与抽水试验配套，确定区域内地下水循环利用量，抽水井、回灌井的数量和布局。

5.2.4 对地表水地热资源的勘察时，主要针对工程场区地表水源的水文状况进行勘察，同时还应对取退水建（构）筑物地质勘察及取退水路由勘察、地形测量和地下管线探测。

地表水水温、水位及流量勘察应包括近 20 年最高和最低水温、水位及最大和最小水量；地表水水质勘察应包括：引起腐蚀与结垢的主要化学成分，地表水源中含有的水生物、细菌类、固体含量及盐碱量等。对于水位，尤其需要勘察枯水位、洪水位和常水位等动态水位数据。

水下地形分布情况的勘察内容主要为拟定取水点、退水点和取退水路由范围内的水下地形状况调查。

5.2.5 污水分布广泛、水量稳定、水温适宜热泵机组高效运行，是建筑规模化应用的一种浅层地热能形式，且近年来发展迅速。对污水地热资源的勘察时，主要针对工程场区污水水源的水文状况进行勘察和污水资源的调查，同时还应对取退水建（构）筑物地质勘察及取退水路由勘察、地形测量和地下管线探测。根据目前国内和省内浅层地热能资源应用情况，对污水利用主要包括城镇污水、污水处理厂出水和再生水三类。

方案设计前，应对项目用地周边污水资源概况进行调查，包括周边是否现状或规划有污水处理厂、污水管渠、污水提升泵站、尾水干管和再生水厂等污水资料条件。

对于已运行的污水处理厂，应对其运行监测数据进行分析，主要分析其逐时水量、水温等数据，以及监测的各级污水水质数据。为保证数据具备代表性，一般要求至少提供近三年的运行数据做为依据。除对现有处理情况进行调查外，还应了解污水处理厂未来规划情况。

通常污水处理厂、污水提升泵站或污水干管（渠）离浅层地热能利用点会有一定的距离，需要通过取退水管道送至使用点，故需要对取退水管道路由敷设条件进行详细勘测。

5.2.6 相比城镇污水，污水处理厂出水经过处理后，其腐蚀性、污染物等显著降低，对于水质排放标准高的出水可直接或经过简单水质处理后进入热泵主机，避免二次换热带来的热损失，利于更高效。一般而言，大部分热泵厂家，对于排放标准达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002 的一级 A 标准出水

可直接进热泵主机。因此，需要对出水排放标准、水质调查，以及对排放管线、排放水池等进行必要的勘测。

污水处理厂出水除直接排放外，还可与湿地公园结合及经过简单处理后作为城市再生水加以利用。在出水利用时，应充分了解出水其他现状和规划利用情况，对可利用污水量进行调查。

6 工程设计

6.1 一般规定

6.1.1 浅层地热能建筑规模化应用工程包含：浅层地热能利用换热系统、区域能源站机房系统、供能管网系统三大系统设计内容，设计内容应完整。同时监测和控制系统贯穿于三大系统之中，也是设计重要内容之一。其中区域能源站机房系统设计还包括建筑、结构、给排水、电气、暖通、控制等专业的设计要求。区域供冷供暖系统作为一种市政基础设施，通常会超前于片区建筑开发，各用户内的换热站和末端需要根据地块内建筑建设要求整体考虑，故供能管网系统设计不包括设置在各用户内的换热站及末端设计。

6.1.2 浅层地热能建筑规模化应用工程监测和控制包括浅层地热能换热系统与换热区地质环境监测、区域能源站机房系统运行状态监测、供能管网运行状态监测和智能化控制等，涉及面广，本标准监测与控制系统的的设计集中编写在第 8 章。

6.1.4 夏季运行时，空调水进入机组蒸发器，冷源水进入机组冷凝器。冬季运行时，空调水进入机组冷凝器，热源水进入机组蒸发器。冬、夏季节的功能转换阀门应性能可靠，严密不漏，不串压。

6.1.5 根据节能控制的要求，需要设置相应的电动阀门，同时考虑到电动阀门的电动执行机构在故障时能通过手动方式关闭或开启。阀门设置时尽可能考虑将阀门设置在低位和有检修空间的区域，有利于操作和检修。

6.1.6 供能管网管径较大，隔段距离会设置阀门井，且与用户接口较多，考虑敷设与运维的需求。当采用直埋敷设时，一般优先布置在绿化带及非机动车道下等易于检修和维护的区域。

6.2 浅层地热能换热系统

6.2.1 1 地源热泵地埋管系统的全年总释热量和总吸热量（单位均为 kWh）基本平衡是地埋管地源热泵系统成败的关键。湖南地区夏季时间长，一般情况下，夏季累计冷负荷高于冬季累计热负荷，夏季需要向土壤中释放的热量大于冬季向土壤中的取热，会造成埋管区域岩土体的温度持续升高，影响地埋管与岩土体的长期换热性能，造成系统运行效率低下甚至不能正常工作。对于地下水径流流速

较小的地埋管区域,在计算周期内,地源热泵系统总释热量和总吸热量应相平衡。两者相差不大指两者的比值为 0.8~1.25。对于地下水径流流速较大的地埋管区域,地源热泵系统总释热量和总吸热量可以通过地下水流动(带走或获取热量)取得平衡。地下水径流流速的大小区分原则为:1 个月内,地下水的流动距离超过沿流动方向的地埋管布置区域的长度为较大流速;反之,为较小流速。当无法取得地埋管系统的总释热量和总吸热量的平衡时,设计可以通过增加辅助热源或冷却塔辅助散热的方法解决;还可以采用设置其他冷、热源与地源热泵系统联合运行的方法解决,通过检测地下土壤温度,调整运行策略,保证整个冷、热源系统全年的高效率运行。

2 聚乙烯管应符合现行国家标准《给水用聚乙烯(PE)管道系统》GB/T 13663 的要求。聚丁烯管应符合现行国家标准《冷热水用聚丁烯(PB)管道系统》GB/T 19473 的要求。

3 地埋管换热器有水平和竖直两种埋管方式。双 U 型竖直埋管方式相比单 U 型竖直埋管、水平埋管,单位用地面积可提供的吸热和放热能力较高,适用于建筑规模化应用。埋管深度越深,单井换热量越大,但是施工难度也相应增加,因此,需要综合地质结构、施工难度、可利用布孔面积、管材成本、岩土综合热物性、埋管承压能力等因此确定,且根据湖南省目前实施的项目,埋管深度一般宜为 80m~130m。根据《地源热泵系统工程技术规范(2009 年版)》GB50366-2005 第 4.3.8 条的要求规定了竖直地埋管的水平连接管的深度要求。

4 地埋管地源热泵系统应具有较高的节能性,应尽可能降低埋管总长度,控制源侧水泵功率。

6 条文中对供热季和供冷季地埋管换热器进口温度的规定,是出于对地源热泵系统节能性和热泵机组安全运行的考虑。供热季,规定地埋管换热器设计进口温度不宜低于 4℃,是防止温度过低,机组结冰,以及保证主机高效运行;供冷季,规定地埋管换热器设计进口温度不宜高于 33℃,是考虑热泵系统因兼顾制冷和制热两种模式的要求,其制冷能效会低于单冷主机,同时地埋管系统由于管路较长,源侧水泵耗电也会高于常规冷却水泵,故规定地埋管设计出口温度低于常规冷却塔工况,保证热泵机组在制冷工况系统能效也能与冷却塔+单冷主机系统能效相当。地埋管设计时应采取定压、水膨胀措施,以容纳系统水密度变化引

起的水膨胀量和补水量。应监测地埋管进出口水温实时数据，当地埋管换热器进口温度低于 4℃时，监测系统进行预警并调整运行策略，通过降低流量等措施，确保换热器进口温度不低于 4℃。

7 地埋管换热器属于一次性工程、隐蔽工程，后期基本无法检修维护，宜分组进行地埋管换热器连接，各组内地埋管换热器同程连接，实现组内地埋管换热器的水力平衡。各组设置关断功能装置，若组内管线出现漏水、损坏等问题，将整组关闭，不会对其他分组产生影响。各组连接的钻孔数应根据埋管深度、埋管规模、场地空间等确定，宜为 5 个~10 个，钻孔数量较少时取小值，较多时取大值。各个地埋管换热器应分组设置流量调节功能装置，后期进行系统调试，实现各个分组间的水力平衡，水力不平衡度要小于 15%。

8 后期运行过程中，通过地温监测孔可实时监测地下岩土温度的变化，从而制定相应的运行策略，调节地源热泵与辅助冷热源比例，实现地下岩土冷热平衡。此外，在部分负荷情况下，根据地埋管换热器各分区岩土温度情况，可自由实现各个地埋管分区的开启或关闭，实现分片供能，并可对各个片区岩土冷热平衡调节。

6.2.2 100%同层回灌是指将地下水通过回灌井全部送回原来的取水层，要求从哪层取水必须回灌到哪层。100%同层回灌可避免污染含水层和维持同一含水层储量，保护地下水资源。地下水利用应遵循“取热不取水”的原则，抽水、回灌过程中应采取密闭措施，不得添加化学药品等，不得对地下水造成污染。

抽水井与回灌井相互转换以利于开采、洗井、岩土体和含水层的热平衡。抽水井具有长时间抽水和回灌的双重功能，要求不出砂又保持通畅。抽水井与回灌井间设排气装置，可避免将空气带入含水层。

地下水直接井入热泵机组换热能实现浅层地热能的高效利用，在水质满足水源热泵主机要求的前提下，宜采用地下水直接进入热泵机组换热的直接式系统。

6.2.3 地表水换热系统有开式和闭式两种形式。开式系统换热更高效，适用于大规模应用，在源水或经过简单处理后水质满足现行国家标准《采暖空调系统水质》GB/T29044 中集中空调间接供冷开式循环冷却水系统水质要求时，宜采用直接进入热泵机组的开式系统。同时，考虑地表水季节性水质变化，尤其在洪水季地表水中淤泥和泥沙较多，取水系统应设计格栅过滤、精过滤、旋流除沙器、斜板除

沙、反冲洗过滤器等水质处理措施。因开式系统的水还需排出到水体中，所以水处理不宜采用化学方法。

表 2 摘自《采暖空调系统水质》GB/T29044-2012。

表 2 集中空调间接供冷开式循环冷却水系统水质要求表

检测项	单位	补充水	循环水
PH (25℃)		6.5~8.5	7.5~9.5
浊度	NTU	≤10	≤10 (当换热设备为板式、翅片管式、螺旋板式)
电导率 (25℃)	μ S/cm	≤600	≤2300
钙硬度 (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	≤120	—
总碱度 (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	≤200	≤600
钙硬度+总碱度 (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	—	≤1100
Cl ⁻	mg/L	≤100	≤500
总铁	mg/L	≤0.3	≤1.0
NH ₃ -N ^a	mg/L	≤5	≤10
游离氯	mg/L	0.05~0.2 (管网末梢)	0.05~1.0 (循环回水总管处)
COD _{cr}	mg/L	≤30	≤100
异养菌总数	个/mL	—	≤1×10 ⁵
有机磷 (以 P 计)	mg/L	—	≤0.5
^a 当补充水水源为地表水、地下水或再生水回用时，应对本指标项进行检测与控制。			

取退水系统设计采用变流量及水泵设置与主机相匹配，均有利于降低输送能耗，提高系统全年能效比。

地表水体存在水温和水质自然分层现象，一般而言水深小于 3m 的湖、库等静止水体受太阳辐射、蒸发、传热的影响较大，水温接近大气干球温度。为了提取具有合适水温和水质的源水，取水口不应设置于水体表面，宜低于冬季枯水面下 3m 以上。本条文最热月平均温度、最冷月平均温度限值是规定了地表水利用的前置条件，当地表水温不满足该条件时，还应进行技术经济分析确定是否适合利用。实际设计取水温度还应结合工艺方案（是否设计有其他辅助冷热源）、经济性等综合确定。夏季设计取水温度过高或冬季取水温度过低会增加系统的投入，相反夏季设计取水温度过低或冬季取水温度过高热泵系统利用时间就会缩短，因

此,应根据工艺方案综合确定设计取水温度。根据目前市场上主流主机厂家的要求,要求热泵主机制热工况时蒸发器出水温度不低于 4℃,规定冬季退水温度不宜低于 4℃。

地表水热能利用后,应对排入水体作热污染影响评价,地表水换热系统对地表水体的温度影响应限制在:周平均最大温升 $\leq 1^{\circ}\text{C}$,周平均最大温降 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 。

6.2.4 原生污水水质差,为防止堵塞或腐蚀热泵机组换热管,避免污染空调水造成卫生安全,应采用间接式污水换热系统。在换热器选择上尽可能选用耐腐蚀、承压能力好、不易堵塞的产品,如采用壳管式宽流道换热器、防阻机+壳管污水换热器等形式。

6.2.5 城镇污水经过污水处理厂处理后,其出水水质得到改善,再利用时水质处理和热交换成本相比城镇污水更低,且后期运行维护更简单,宜优先考虑采用。一般污水处理厂二级及以上排放水水质较好,污水处理厂出水、再生水水质满足《采暖空调系统水质》GB/T29044 中集中空调间接供冷开式循环冷却水系统水质要求时,宜采用直接进入热泵机组的开式系统。当水质不能满足要求时,应对水质处理进行技术经济分析,技术经济可行时也宜采用直接进入热泵机组的开式系统。

污水处理厂出水、再生水利用后的退水若直接排入地表水体时,应对排入水体作热污染影响评价,对地表水体的温度影响应限制在:周平均最大温升 $\leq 1^{\circ}\text{C}$,周平均最大温降 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 。

6.3 区域能源站

6.3.1 区域能源站建筑应结合建设条件和工艺要求,可结合地下空间利用等尽可能节约用地。建筑层高主要考虑设备高度、安装检修要求、管道敷设要求等因素。

机房应预留能通过设备最大搬运件的安装运输洞口和运输检修通道。一般冷热源设备使用年限约 10~15 年,而区域能源站使用年限为 50 年,因此会面临后期设备更换问题。尤其是对于规模较大的区域能源站,根据负荷成长过程,工艺设备需要分期投入,机房设计时要考虑后期设备安装运输和检修洞口、通道问题。针对地下机房,垂直运输通道可结合锅炉房的防爆泄压口以及地下采光通风井设置。

目前，管道常见的安装方式是通过支吊架将其受力传输到结构的梁、板、柱等部位。对于规模较大的供能项目，供能管道直径较大，满水后重量较重，对结构的荷载产生很大影响，若设计时未考虑好这部分荷载，易对结构安全产生影响。同时，通过后期安装膨胀螺栓固定支吊架的方式针对大直径管道其安全性较差，设计前期应做好钢板预埋、设计管架牛腿等。

区域能源站机房应设有给水、排水设施，排水系统能力应充分考虑专业过滤器反洗或单台设备容水量的泄水能力，设备间地面应设排水明沟。区域能源站机房内应设置通风系统，通风系统应满足《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50019、《锅炉房设计标准》GB50041、《建筑设计防火规范》GB50016 的有关规定。

外窗的空气声隔声应满足《建筑门窗空气声隔声性能分级及检测方法》GB/T8485-2008 中 3 级分级指标要求。

区域能源站机房设计和设备布置还应符合现行国家标准《建筑防火通用规范》GB55037、《建筑设计防火规范》GB50016、《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50019 和《锅炉房设计标准》GB50041 和其他有关现行国家、行业和湖南省的标准规定。

6.3.2 浅层地热能资源受环境影响及资源禀赋情况，通常需要搭配其他冷热源形成综合能源系统，保障系统安全、高效运行，并预留锅炉和冷却塔等安装条件，应对不利气候和突发因素。

6.3.3 2021 年 11 月 4 日，湖南省发展和改革委员会《关于进一步完善我省分时电价政策及有关事项的通知》（湘发改价调规〔2021〕848 号），明确：全年峰谷时段按每日 24 小时分为高峰、平段、低谷三段各 8 小时；并拉大峰谷价关，高峰、平段、低谷电价比调整为 1.6：1：0.4；每年 1 月、7 月、8 月、9 月、12 月，对执行分时电价的工商业用户，实施季节性尖峰电价，每日 18-22 时用电价格在高峰电价基础上上浮 20%。为蓄能系统提供了经济基础。同时，蓄能系统除了能调节峰值负荷，降低设备装机容量，减少配电负荷，利用峰谷电价差节约运行成本外，还能提高设备整体运行效率，解决低负荷运行安全稳定性。

1 蓄能系统设计前，应分析建筑物负荷需求、系统运行时间，并调查当地电力供应条件和分时电价情况。蓄能系统设计需要根据负荷需求、电价情况和其

他经济技术指标，确定系统采用全负荷蓄能还是部分负荷蓄能模式，并分析确定系统的蓄能装置类型等，具体可参考现行行业标准《蓄能空调工程技术标准》JGJ 158 的有关规定。蓄能系统应根据气象数据、建筑围护结构、人员、照明、内部设备以及工作制度，宜采用动态计算法逐时计算，绘制设计日负荷曲线图。设计阶段宜根据经济技术分析和逐时冷、热负荷，确定不同负荷率下的蓄能释能周期内系统逐时运行模式和负荷分配，并应在设计文件中按 100%、75%、50%和 25% 的设计负荷及图表形式提供。系统设计过程中应充分考虑用户需求和系统之间的关系，合理确定蓄能装置规模，并根据设计负荷曲线制定系统运行策略。

2 水蓄冷（热）由于蓄冷、蓄热共槽（夏季蓄冷、冬季蓄热），结合浅层地热能系统，能充分发挥蓄能装置的投资效益；同时水蓄冷（热）的节能性、经济性高于冰蓄冷。缺点是占用空间偏大、初投资也较大，所以需要场地或建筑条件允许的情况下并经技术经济分析后采用。

6.3.4 高效设备是系统高效运行的基础，本条对冷、热源设备、循环水泵、冷却塔提出了能效要求。在此基础上也应重视冷热源设备阻力，尽可能降低系统输送能耗。

6.3.5 近年来，冷热源设备能效提升迅速，机房管道的阻力不容忽视。随着湖南省浅层地热能建筑规模化应用的推广，区域能源应用逐年增长趋势，降低机房管道输送能耗对系统节能意义重大。降低机房管道阻力可采取选用低阻设备和阀件（如低阻型过滤器和低阻止回阀等）、减少弯头、合理配置工艺流程等措施。

6.3.6 制冷（热）设计性能指标应包括冷（热）源系统全年能效比、附属设备全年耗电比和冷（热）源设备全年性能系数。冷（热）源设备全年性能系数设计值应按下列公式计算：

$$\text{COP}_a = \frac{\text{EER}_a}{1-\lambda_a} \quad (6.3.6)$$

式中：

COP_a ——冷（热）源设备全年能效比；

EER_a ——冷（热）源系统全年能效比；

λ_a ——附属设备全年耗电比。

浅层地热能制冷和制热系统的全年能效进行计算，计算内容包括区域能源站内全部采用浅层地热能作为冷却水源或低温热源的冷水（热泵）机组及其配套的冷冻水泵、空调热水泵、取水泵。

对于浅层地热能制冷和制热系统，要求水（地）源热泵机组全年综合性能系数（ACOP）达到现行国家标准《水（地）源热泵机组能效限定值及能效等级》GB 30721 中 1 级能效，即 ACOP 应至少达到 5.40。

取退水泵、供能水泵（不含供能二级泵）等附属设备全年累计用电量与浅层地热能系统全年累计用电量的比值按 20% 计算，浅层地热能系统全年能效比不应低于 4.32，取 4.3。

特别说明的是，浅层地热能系统全年能效比仅针对浅层地热能利用部分系统进行计算，若能源站中还存在冷却塔+冷水机组、燃气锅炉、三联供、蓄能等系统时，该部分系统不在本条考核范围内。

浅层地热能系统全年能效比在设计阶段通过全年能耗模拟计算得出。在典型气象年的气象条件下，计算区域供冷供暖系统服务建筑的浅层地热能系统供应的累计总制冷量、制热量与浅层地热能系统总用电量的比例，供冷、供暖温度应按设计温度计算。浅层地热能系统供应的累计总制冷量、制热量，可通过制定的运行策略分析得出。该值可根据全年负荷计算的结果基础上，考虑冷水（热泵）机组控制、水泵变频等措施带来的节能效益和系统效率的提升。运行阶段，应根据监测系统计量数据进行计算。

6.3.7 浅层地热能建筑规模化应用工程中浅层地热能技术占比不低于 30%，该条文限值按 30% 的浅层地热能技术占比进行测算，采用制冷（热泵）主机+制冷主机+燃气锅炉的组合方案。

对于浅层地热能系统，要求浅层地热能系统全年能效比不应低于 4.3。

对于制冷主机+冷却塔系统，当冷水机组全年性能系数取 6.3，冷却塔、冷却水泵、供能水泵（不含供能二级泵）等附属设备全年耗电比取 20% 时，冷源系统全年能效比为 5.0。

对于燃气锅炉系统，锅炉设备能效达到现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 中要求，锅炉热效率按 92% 测算，燃气热值按 8600kcal/m^3 （即 10kWh/m^3 ），则每消耗 1m^3 燃气能产生 9.2kWh 的热量，燃气

折标煤系数 $1.20\text{kgce}/\text{m}^3$ ，电力折标煤系数 $0.30\text{kgce}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，则燃气锅炉等价折电后的能效比为 $9.2 \times (0.3 \div 1.2) = 2.3$ 。考虑锅炉供热时，供能水泵（不含供能二级泵）等附属设备全年累计用电量与锅炉系统全年累计用电量（折算后的用电量）的比值按 20% 计算，则燃气锅炉系统全年能效比为 1.84，取 1.8。

根据《水（地）源热泵机组》GB/T 19409，制冷时间比例综合加权系数取 0.56、制热比例综合加权系数取 0.44。则区域供冷供暖系统全年能效比限值按以下原则计算得出：

$$AEER_{sys} = 0.56 \times (0.3 \times 4.3 + 0.7 \times 5.0) + 0.44 \times (0.3 \times 4.3 + 0.7 \times 1.8) = 3.80$$

特别说明的是，当项目中设计有蓄冷系统时，蓄冷系统不在本条考核范围内，蓄冷系统全年综合供冷系统能效应满足国家、行业、湖南省现行相关标准的规定。

区域供冷供暖系统全年能效比在设计阶段通过全年能耗模拟计算得出。在典型气象年的气象条件下，计算区域供冷供暖系统服务建筑的累计总制冷量、制热量与区域供冷供暖系统总用电量的比例，供冷、供暖温度应按设计温度计算。该值可根据全年负荷计算的结果基础上，考虑冷水（热泵）机组控制、水泵变频等措施带来的节能效益和系统效率的提升。运行阶段，应根据监测系统计量数据进行计算。

6.3.8 应结合末端用户供能需求、沿程温度损失、机组能效、管网输送能耗、机组安全运行等综合考虑供能温度和供能温差。加大供能温差，可以减少系统水流量，减少水泵的能耗。但是温差增大会对主机效率、主机安全运行、末端设备对空气的处理能力产生影响，因此，在加大供能温差的同时，也需要兼顾对其他因素的影响。该温度为设计工况温度参数，运行中可根据气候条件调节供冷运行温度和供暖运行温度，以实现运行节能。

6.3.9 全年冷、热负荷平衡失调，将导致地埋管区域岩土体或地下水温度持续升高或降低，从而影响地埋管或地下水换热器的换热性能，降低地埋管或地下水换热系统的运行效率。因此，地埋管和地下水换热系统设计应考虑全年冷热负荷的影响。当取热量与释热量不相等时，应辅助其他散热或制热设备，如设置冷却塔辅助散热、设置燃气锅炉减少取热量。

6.3.10 浅层地热能换热系统根据负荷需求进行流量调节，目的是节省源侧水泵运行能耗。

6.3.11 地表水、污水处理厂出水和再生水等的水质比经冷却塔冷却后的水质差，且受自然环境的影响比较大，与机组标准工况所规定的水质存在区别，而结垢对机组的性能影响很大，因此需进行修正，并设置在线清洗装置。一般来说，常规机组的污垢系数为：蒸发器侧取 $0.018(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{kW})$ ，冷凝器侧取 $0.044(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{kW})$ 。对于地表水、污水处理厂出水和再生水等直接进制冷（热泵）主机的系统，通过设计在线清洗装置等物理处理后，冬季蒸发器侧、夏季冷凝器侧污垢系统可以取 $0.086(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{kW})$ 。

6.4 供能管网

6.4.1 由于区域型系统规模大、存水量多、影响面大，因此从使用安全可靠的角度来看，宜采用间接连接的方式，这样可以消除由于局部出现问题而对整个系统共同影响。如果供能管网与用户末端管网设计压力一致时，对系统整体承压影响不大，也可以采用直供系统，这样可以减少由于换热器带来的温度损失和水泵扬程损失，对节能有一定的好处。

6.4.2 由于区域供冷供热系统大，水泵的装机容量大，因此确定合理的管道流速并保证各环路之间的水力平衡，是区域供冷供热能否做到节能运行的关键环节之一。区域供冷供热系统应进行管网的水力工况分析及水力平衡计算，并通过经济技术比较确定管网的计算比摩阻。当各环路的水力不平衡率超过 15%时，应采取相应的水力平衡措施。当用户需同时供冷供热时，需分开设置供冷管网和供热管网。

6.4.3 目前常用供能管网为钢管，也可用球墨铸铁管，球墨铸铁管材料性能优于焊接钢管，但大管径球墨铸铁管造价较高，球墨铸铁连接方式为承插连接，承、插口端容易变形，在转弯、分支、变径、盲端等水力推力产生处，需要设置支墩或采用自锚接口保证柔性连接的可靠性。

6.4.4 考虑到检修和切断故障段的需要，管网干线上需设置分段阀门，干线、支干线、支线起点设置关断阀门，管网关断阀的布置还应考虑管网分段施工及运行补水、泄水的需要。

6.4.5 当系统各环路的设计水温一致且设计阻力相差小于 0.05MPa 时，二级泵宜集中设置；但区域系统一般作用半径较大，设计水流阻力相差也较大，因此从节省运行费用及分期投资建设的角度考虑，建议采用分布式二级泵或多级泵系统。

按区域分别设置二级泵或多级泵时，应考虑服务区域的平面布置、系统的压力分布等因素，合理确定二级泵或多级泵的设置位置。

6.4.6 考虑城市整体美观性，供能管网优先采用地下敷设，地下敷设有直埋敷设、地下综合管廊、管沟敷设。采用地上架空敷设时，需要注意与城市整体环境相协调。

6.4.7 在设计热力管道时，应充分利用管道本身的自然弯曲，来补偿管道的热伸长。在无条件利用管道本身自然弯曲来补偿管道的热伸长时，应采用合适的补偿器，以降低管道运行所产生的作用力，减少管道应力和作用于阀门及支架结构上的作用力，确保管道的稳定和安全运行。

《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81-2013 适用供能管网介质温度不大于 95°C ，工作压力不大于 1.6MPa ，在此温度范围内，直埋敷设时宜采用无补偿敷设方式。目前无补偿直埋敷设的设计方法已很成熟，《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81-2013 对管道计算作出了详细的规定。设计时应进行详细的分析，尽量减少补偿器和合理设置固定墩，提高管网运行的可靠性。

6.4.8 区域供冷供热系统输配管网单位绝热层外表面积的最大允许热、冷损失应符合现行国家标准《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264 的有关规定。计算管道总散热损失时，需要考虑支座、补偿器和其他附件产生的附加热损失。

直埋敷设时，应采用预制直埋保温管和管件，阀门也应在工厂进行整体保温；地下综合管廊与架空敷设时，应根据介质温度选择柔性泡沫橡塑、离心玻璃棉等材料，保护层可采用金属、玻璃钢和铝箔玻璃钢薄板等硬质材料。

管网冷损失除包括管道散热损失外，还应包括水泵电机的电耗转化为热能而导致循环水温升的那部分冷损失。区域供冷供热共用管网时，应按供冷和供热工况分别校核管网冷热损失。

6.4.9 供能管网用户多，地形复杂，水压图能够形象直观地反映供能管网的压力工况。

7 施工、调试与验收

7.2 浅层地热能换热系统施工

7.2.1 1 聚乙烯管应符合现行国家标准《给水用聚乙烯（PE）管道系统》GB / T13663 的要求。聚丁烯管应符合现行国家标准《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统》GB / T19473.2 的要求。地埋管的质量对地埋管换热系统至关重要。进入现场的地埋管及管件应逐件进行外观检查，破损和不合格产品严禁使用。地埋管运抵工地后，应用空气试压进行检漏试验。地埋管及管件存放时，不得在阳光下曝晒。搬运和运输时，应小合轻放，采用柔韧性好的皮带、吊带或吊绳进行装卸，不应抛摔和沿地拖曳。

2 为保证下管顺利，一般钻孔深度比实际设计孔深要长，本标准规定实际孔深比设计孔深（换热器长度）要长 1~2m，避免钻孔误差导致下管达不到深度要求。

3 护壁套管为下入钻孔中用以保护钻孔孔壁的套管。钻孔前护壁套管应预先组装好，施钻完毕应尽快将套管放入钻孔中，并立即将水充满套管，以防孔内积水使套管脱离孔底上浮，达不到预定埋设深度。下管时，可采用 2~4m 设一弹簧卡（或固定支卡）的方式将 U 型管两支管分开，以提高换热效果。

4 U 型管安装完毕后，应立即灌浆回填封孔，隔离含水层。灌浆即使用泥浆泵通过灌浆管将混合浆灌入钻孔中的过程。泥浆泵的泵压足以使孔底的泥浆上返至地表，当上返泥浆密度与灌注材料的密度相等时，认为灌浆过程结束。灌浆时，应保证灌浆的连续性，应根据机械灌浆的速度将灌浆管逐渐抽出，是灌浆液自下而上灌注封孔，确保钻孔灌浆密实，无空腔，否则会降低传热效果，影响工程质量。

当埋管深度超过 40m 时，灌浆回填宜在周围邻近钻孔均钻凿完毕后进行，目的在于一旦孔斜将邻近的 U 型管钻伤，便于更换。

5 地埋换热管的承压能力薄弱点在接头处，热熔连接的承压值约为 1.0MPa，电熔连接的承压值约为 1.6MPa。U 形接头承压较大，宜采用电熔连接方式。U 形管端部密封质量会影响试压和保压的效果，工程上常用方法为一端采用同质的管帽承插式热熔连接，另一端可热熔连接球阀，便于进行试压和保压。

6 回填料应采用网孔不大于 15mm×15mm 的筛进行过筛，保证回填料不含有尖利的岩石块和其它碎石。为保证回填均匀且回填料与管道紧密接触，回填应在管道两侧同步进行，同一沟槽中有双排或多排管道时，管道间的回填压实应与管道和槽壁之间的回填压实对称进行。各压实面的高差不宜超过 30cm。管掖部采用人工回填，确保塞严，捣实。分层管道回填时，应重点做好每一管道层上方 15cm 范围内的回填。管道两侧和管顶 50cm 范围内，应采用轻夯实，严禁压实机具直接作用在管道上，使管道受损。

7 回填需要确保密实，否则将影响地埋管换热器的换热量和换热效率，达不到设计效果。

8 地埋管换热系统的水压试验应按下列要求进行：

(1) 试验压力：当工作压力小于等于 1.0MPa 时，应为工作压力的 1.5 倍，且不应小于 0.6MPa；当工作压力大于 1.0MPa 时，应为工作压力加 0.5MPa；

(2) 试验步骤：1) 竖直地埋管换热器插入钻孔前，应做第一次水压试验。在试验压力下，稳压至少 15min，稳压后压力降不应大于 3%，且无泄漏现象；将其密封后，在有压状态下插入钻孔，完成灌浆之后保压 1h。水平地埋管换热器放入沟槽前，应做第一次水压试验，稳压至少 15min，稳压后压力降不应大于 3%，且无泄漏现象；2) 竖直或水平地埋管与环路集管装配完成后，回填前应进行第二次水压试验。在试验压力下，稳压至少 30min，稳压后压力降不应大于 3%，且无泄漏现象。3) 环路集管与机房分集水器连接后，回填前第三次水压试验。在试验压力下，稳压至少 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。在试验压力下，稳压至少 12h，稳压后压力降不应大于 3%；

(3) 水压试验直采用于动泵缓慢升压，升压过程中应随时观察与检查，不得有渗漏；不得以气压试验代替水压试验。工作压力应为系统最低点处的压力。第一次水压试验时应将换热器置于背阴处，避免管材温度剧烈变化。第二次、第三次、四水压试验测压点压力应为试验压力减去系统最低点到测压点的高差。

(4) 系统检验应包含以下内容：

a、管材、管件等材料应符合国家现行标准及设计文件的有关规定；

b、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；

c、回填料及其配比应符合设计要求；

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、防冻剂和防腐剂的特性及浓度应符合设计要求；

g、循环水流量计进出水温差应符合设计要求。

7.2.2 1 热源井的施工具有不可逆性，若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。

3 热源井在成井后应立即进行洗井，直至水清砂净。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。

4 水质要求符合设计的规定。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。正确的水处理手段是保证系统正常运行的前提，不容忽视。

7.2.3 1 换热盘管预制件宜为工厂化制作，通过现场试压，根据压力降判断管材质量是否合格和连接处是否有渗漏。换热盘管长期浸泡在水中，易受水流冲刷、水质和水温变化的影响，绑扎材料必须具有防腐性和足够的强度。换热盘管任何扭曲部分均应切除，未受损部分熔接后须经压力测试合格后才可使用。换热盘管应遮光存放，不得在阳光下暴晒。

2 取水构筑物通常由进水部分、连接管渠、吸水部分及吸水泵站等组合而成。取水构筑物的组成、各组成部分的相互关系与所处位置、泵的吸水方式、外形及构造有多种多样的组合。施工过程环节复杂，所采用的工艺和材料众多，因此，施工过程应合理选取工艺。

4 地表水换热系统水压试验和系统检验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、《地源热泵系统工程技术规范》GB50366 的有关规定。

7.2.4 1 闭式污水换热盘管一般沉浸或浸没于污水源中，换热盘管任何扭曲部分均应切除，未受损部位熔接后须经压力测试合格后才可使用。换热盘管存放时，不得在阳光下曝晒。换热盘管预制件宜为工厂化制作，通过现场试压，根据压力降判断管材质量是否合格和连接处是否有渗漏。

2 开式系统中包括直接系统和间接系统。污水直接进入热泵机组时，宜选用通过制冷剂侧四通阀实现工况转换的污水源热泵机组，避免污水进入用户侧；污水通过中间换热器间接进入热泵机组时，中间换热器应考虑留有足够的清洗空间。

3 闭式污水换热系统水压试验参考闭式地表水换热系统的水压试验压力及步骤，开式污水换热系统的水压试验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 的有关规定。

系统检验应包含以下内容：

- (1) 管材、管件等材料应具有产品合格证和性能检验报告；
- (2) 换热盘管的长度、布置方式应符合设计要求；
- (3) 水压试验应合格；
- (4) 各环路流量应平衡，且应满足设计要求；
- (5) 循环水流量及进出水温差应符合设计要求；
- (6) 与污水直接接触的设备和管道应符合易于维护、清理的设计要求。

7.3 区域能源站施工

7.3.1 编制主机、水泵、板式换热器、水箱等设备的专项吊装施工方案，是为了保证吊装就位过程中设备安全、人员安全及施工顺利进行。机房内设备基础的检查和现场施工条件的勘查包括下列内容：

- 1 复核设备基础平面尺寸、基础相对位置、基础承载力；
- 2 检查预留孔洞尺寸与位置、吊钩位置、支吊架预埋件位置等预留、预埋情况；
- 3 勘查主要设备进入机房路线，检查主要设备进出机房预留孔洞。

7.3.5 转换阀门是分隔两个不同系统的关键附件，为凸显其重要性要求每个转换阀门都进行相关检查，合格后才能安装，其它普通阀门按照相关规范进行抽检即可。

7.4 供能管网施工

7.4.4 同时使用射线探伤和超声波时，两者按各自合格等级检验，其中一种不合格时不能验收。超声波探伤的结果因探伤人员的专业技术水平不同而存在差异，对缺陷的定量、定位、定性分析不够准确，所以采用超声波探伤，规定合格标准为Ⅱ级，并用射线探伤复检 20%。

当设计未规定检测数量时，检测数量应符合下列规定：

- 1 干线管道与设备、管件连接处和折点处的焊缝应进行 100%无损探伤检测；
- 2 穿越铁路、高速公路的管道在铁路路基两侧各 10m 范围内，穿越城市主要道路的不通行管沟在道路两侧各 5m 范围内，穿越江、河或湖等的管道在岸边各 10m 范围内的焊缝应进行 100%无损探伤；
- 3 不具备强度试验条件的管道焊缝，应进行 100%无损探伤检测；
- 4 现场制作的各种承压设备和管件，应进行 100%无损探伤检测；
- 5 其他无损探伤检测数量参照《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28 规定执行，且每个焊工不应少于一个焊缝。

当设计未规定检测合格标准时，合格标准应符合下列规定：

(1) 要求进行 100%无损探伤的焊缝，射线探伤不得小于现行国家标准《无损检测 金属管道熔化焊环向对接接头射线照相检测方法》GB/T12605 的Ⅱ级质量要求，超声波探伤不得小于现行国家标准《焊缝无损检测超声检测技术、检测等级和评定》GB/T11345 的Ⅰ级质量要求。

(2) 要求进行无损检测抽检的焊缝，射线探伤不得小于现行国家标准《无损检测 金属管道熔化焊环向对接接头射线照相检测方法》GB/T12605 的Ⅲ级质量要求，超声波探伤不得小于现行国家标准《焊缝无损检测技术、检测等级和评定》GB/T11345 的超声检测Ⅱ级质量要求。

7.5 调试与验收

7.5.1 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，水泵的压力和水泵电机的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，设备连锁、自动调节、自动保护应能正确动作。调试报告应包括调试前的准备记录、水力平衡、机组及系统试运转的全部测试数据；

5 系统的冬、夏两季运行测试包括室内空气参数及系统运行能耗的测定。系统运行能耗包括所有水源热泵机组、水泵和末端设备的能耗。

7.5.3 一般来说供冷季是指从每年 5 月 1 日至 10 月 31 日，供暖季是指从每年 11 月 15 日至次年 3 月 15 日。不同地区因气候条件不同，供冷季和供暖季的时间标准也会有所不同。在供冷、供暖季内，系统应连续运行。

8 监测与控制

8.1 一般规定

8.1.1 浅层地热能建筑规模化应用具有项目规模大、应用范围广、系统复杂等特点；采用自动监测与智能控制系统是提高系统的运行效率和安全的必要措施，故自动监测与智能控制系统应作为浅层地热能建筑规模化应用的组成部分。

8.1.2 自动监测系统通过安装数据计量和采集装置，采用远程数据传输手段，实现数据在线、实时监测和动态分析。自动监测系统应具备参数监测、状态显示、能耗计量、冷热量计量、数据查询、分析、报表、报警、数据上传等功能。数据采集与传输应具有实时性、开放性、可靠性、完整性，操作简单、维护工作量小等特点，监测数据应适时备份。各监测项目应记录初始资料、月变化资料、年变化资料，数据分析，预测未来，发现问题及时预警。智能控制系统在无人干预的情况下，能自主驱动调节装置，实现控制目标的自动控制技术。智能控制系统应做到可靠控制，技术先进，经济实用，节约能源。自动监测与智能控制系统在浅层地热能建筑规模化应用工程运营过程中尤为重要，故应按项目建设计划同步设计、同步施工和验收。

8.2 监测

8.2.1 区域能源站机房系统、供能管网、浅层地热能换热系统运行状态监测目的是确保工艺系统运行的安全稳定、节能高效，为优化系统运行控制策略提供基础数据。浅层地热换热区地质环境监测目的是通过对其环境数据监测，确保对地质环境影响在可控范围内，避免热泵系统不对换热区地质环境产生污染。浅层地热能建筑规模化应用工程规模大，系统运行存在风险较大，对运行策略的科学性要求较高，因此监测内容应更全面。

8.2.2 条文给出了浅层地热能换热系统与换热区地质环境应设置的监测内容。监测点的设置应从确保安全、节能控制、运营评价的角度出发，根据系统的要求加以确定。监测点的布置应具有代表性，应能够直接反映系统运行状态，且不得妨碍监测对象的正常工作，环境影响监测点的布置还应符合当地环保部门的要求。详细的监测参数可参照本标准附录 E，在项目实际实施过程中，可根据监测内容及具体应用需求相应增减监测参数。

8.2.3、8.2.4 分别提出需要对区域能源站机房系统运行状态和供能管网运行状态需要监测的内容，区域能源站机房系统和供能管网详细的监测参数可参照本标准附录 E，在项目实际实施过程中，也可根据监测内容及具体应用需求相应增减监测参数。

8.2.5 本条目的在于确保各检测结果的准确性和一致性。相同的参数可以采用多种测量设备和方法，采用的仪表精度不同，测试结果的误差也会相差较大，因此有必要统一仪器仪表的技术参数。本条给出了传感器，测量仪表的精度要求。

8.2.7 冬夏季热泵系统运行期间，系统运行状态参数随时间变化幅度较大，过渡季热泵系统停止运行，系统运行状态参数随时间变化幅度较小甚至不发生变化，因此，根据工程经验设置不同的数据采集频率。

监测数据采集时间间隔对监测数据的分析及应用起到至关重要的作用，间隔时间过大造成不必要的浪费，给数据处理分析造成困难，间隔时间过小不能满足监测精度的要求，因此监测数据采集时间间隔可根据系统运行情况、监测指标特点以及需要设置。

8.3 控制

8.3.1 浅层地热能建筑规模化应用属于集中连片开发的浅层地热能应用项目。用能单位数量较多，且各用能单位功能和负荷差别较大，系统应充分考虑用能单位使用功能和负荷特点，针对性制定相应的节能控制逻辑和策略，保证系统能满足各用能单位的要求，同时实现系统高效运行。这对控制系统提出了更高要求，智能化控制是实现目的的必要手段。

8.3.2 本条给出了智能控制系统应能实现的功能，为最低要求。这就要求智能控制系统具有智能化、智慧化，可根据外部条件变化，自主制定、选择运行策略。

9 运行维护与环境保护

9.1 一般规定

9.1.1 专业团队或专业机构应配备专业对口的专职管理人员和安全管理人員，建立相应的运行班组，配备相应的检测仪表和维修设备。

9.1.3 运行管理档案及运行管理记录将作为了解系统状况，进行系统诊断及故障分析，制定运行管理及维护维保维修方案，分析事故责任及进行管理评定的重要依据，应记录详细、准确和齐全。性能测试与评价是了解系统运行情况、评价系统运行能效和实现系统持续优化运行的重要依据。

9.2 运行维护

9.2.1 本条的目的在于要求一线运行管理者具有节能意识，掌握能耗状况基础数据，积极推行节能措施。及时分析掌握能源管理水平及用能状况，排查问题和薄弱环节，挖掘节能潜力，寻找节能方向。

9.2.2 基于实际数据的分析是实现可持续优化运行、低成本运行的重要基础，应形成基于数据的分析、诊断、再优化的良性循环。通过掌握岩土体温度、水源温度、累计制冷热量、设备累计耗电量等数据，定期分析数据变化情况，有利于掌握系统运行情况和冷热量平衡情况；结合计算机数值模拟计算，可有效预测出系统各参数的变化趋势，对于制定系统运行策略和提高运行效率有较大帮助。

9.2.3 地埋管换热系统随着使用时间的增加，地埋管有可能产生堵塞和泄漏等异常情况（通过各流量及温度、压力监测系统反映出来），需要定期检查并及时做修复处理。一般地埋管的修复处理较为困难，当出现异常地埋管数量较少，在设计冗余量范围之内时，可采取封闭弃用措施；当出现异常地埋管数量较多，超过设计冗余量范围时，可考虑新增设地埋管或补充其他冷热源等措施。

9.2.4 地下水抽水量、回灌量和水质是关系到地下水环境保护和人民生活健康的关键参数，也关系到地下水地源热泵的正常运行，定期监测可掌握地源热泵系统对地下水环境的影响，了解系统运行状态，对环境安全和系统节能具有重要意义。取退水水井水温、水质、水位、含砂量等一般短期内突然变化的情况较少发生，但是回灌井堵塞引起的回灌量下降、换热器流道堵塞（换热器进出口两端压差增

大)和换热面污垢增加引起的传热能力下降,以及各类水泵的故障是较常出现的问题。

9.2.5 闭式地表换热系统的水下换热管道容易生长水生动植物或污泥堆积,影响换热效果,需要定期检查与清洁。由于地表水中常有泥沙等污物,为保证开式地表水系统正常取水,应定期检查取水口周围污泥等淤积情况,及时清淤。

9.2.6 城镇污水的水质差,混有大量的杂质、淤泥、微生物等,为保证正常取水,应定期检查取水口及其周围、管道配件和污水换热器,及时清淤、清洗。

9.2.7 根据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012 中第 8.5.15 条,空调冷水系统的设计补水量(小时流量)可按系统水容量的 1%计算。但补水量除与系统本身的设计情况有关外(例如热膨胀等),还与系统的运行管理密切相关,因此除在施工过程中严格保证施工质量外,在后期应监测补水量及供能温度的损失变化,及时排查管网漏损。

本条的目的在于要求一线运行管理者具有节能意识,掌握能耗状况基础数据,积极推行节能措施。及时分析能源管理水平及用能状况,排查薄弱环节,挖掘节能潜力,寻找节能方向。

9.2.8 由于各供能用户侧存在,建设周期不同步、冬夏负荷变化不一致、负荷特点不一等情况,在运行过程中可能出现不平衡或者需求差异,因此应及时修正,保证供能稳定。

9.2.9 系统稳定高效运行,水力平衡是重要因素,除保证用户侧的水力平衡外,源侧的水力平衡也至关重要。

9.2.10 制冷剂的泄露会造成环境的破坏、人员的伤害,应急通风系统作为制冷剂泄漏事故重要的处置措施,应做好定期检查以确保系统的有效性。

9.2.12 热泵机组、水泵、冷却塔、换热器等设备的正常使用,很大程度上取决于维护保养,经常因为重视不够,致使设备提前损坏或不能达到正常状态,应加以足够重视并按照要求维护保养。设备应定期做相关参数检查检测,按要求和实际检测结果更换配件或修正参数漂移。

本条为系统运行管理记录归档保存的目的及作用。运行管理档案及运行管理记录将作为了解系统状况,进行系统诊断及故障分析,制定运行管理及维护维保

维修方案,分析事故责任及进行管理评定的重要依据,应记录详细、准确和齐全。

9.2.13 本条规定的目的是保障控制系统正常工作,发挥正常作用,保证供能稳定,达到节能要求。

9.2.14 过渡季节为系统维护保修的关键时期,应切实做好系统及设备的清洗工作,降低热阻提高系统运行效率,同时各水系统应尽量充水保养。污水源热泵系统,尤其是原生污水换热系统,容易在管道及换热器内形成软垢,影响换热,因此在过渡季节应关闭污水通道,对换热系统及设备进行清洗,同时避免生锈、腐蚀,采用清水保养。供能管网,应定期维护保养,防止保温层破坏、系统跑漏,保障系统稳定。

9.3 环境保护

9.3.1 地埋管地源热泵系统应防止换热介质渗透到地下土壤区,同时需防止取冷、取热不均衡,以及由于地质沉降不均匀,或其他因素带来的地质影响,造成地质沉降等危害因素,同时需要长期观察是否因温度场的变化而引起地表植被的变化。

9.3.2 地下水水质应满足《水质采样技术指导》HJ494 和 9.6.7 地埋管换热区,应定期监测各监测点的压力降值,地温场的变化,地质沉降等数据。水质分析项目应包含水温、导电率、PH 值、溶解氧、浊度、高锰酸盐指数、总磷、氨氮。监测应建立由地面沉降基准点、水准点等监测设施组成的检测网和布设检测影响范围的地面沉降水准剖面,宜布设分层标准监测土体分层沉降。

9.3.3 取退水对水环境的影响应保证周平均最大温升 $\leq 1^{\circ}\text{C}$,周平均最大温降 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 。

10 评 价

10.1 一般规定

10.1.1 本条说明了“指标评价”、“性能合格判定”和“性能分级评价”之间的关系和评价的程序。浅层地热能建筑规模化应用工程的效果受设计、施工和运行的影响较大。影响浅层地热能建筑规模化应用工程性能的指标有多项，应分别对这些单项指标进行评价。在单项指标评价完成后，还应对整体性能是否达到设计相关标准的基本要求进行了合格判定。由于建筑上应用浅层地热能的面积或空间等资源有限，为提高资源利用水平，浅层地热能建筑应用除了应首先满足基本合格要求外，还宜对其应用效果的优劣程度进行性能分级评价，以引导产业提高能效，节约资源。

10.1.2 本标准的评价以现场检测或监测的数据为基础，评价的结果也以具体的数值进行描述，因此必须进行实际检测或调用监测结果数据。浅层地热能系统能效测评不同于以往的工程质检和验收，检测或监测过程中往往需要在系统中安装必备的仪器仪表，为了防止在工程安装完成后再另行安装仪器仪表，破坏系统，在设计和施工阶段应做好预留工作，这样可以有效防止浪费，提高测评的工作效率，若项目与湖南省能耗监测平台联网则应直接调用相关数据进行测评。检测机构对浅层地热能建筑规模化应用工程进行的能效检测，应出具检测报告。

10.1.3 浅层地热能建筑规模化应用工程受用户使用情况、气候状态、运行模式等变化，其运行状态随之发生变化，单一运行工况下的测试数据不能全面的反映系统运行性能，因此需要获得连续的多工况测试数据。本条要求测试（现场检测和监测）周期不少于一个完整的供冷季和供暖季。一个完整的供冷季不低于 2 个月、供暖季不低于 1 个月。

10.1.4 浅层地热能建筑规模化应用工程评价可根据需要选择自我评价或第三方评价机构评价。如有第三方检测单位进行检测，应根据检测报告进行评价。

10.2 评价指标

10.2.1 浅层地热能建筑规模化应用工程中，系统能效、供能管网以及环境影响是建设单位、设计单位、用户最关注的几个方面，也可以作为政府有关行政主管

机关对项目技术先进、适用可行、经济合理等方面的监管依据，有必要对其作出规定。

10.2.2 系统全年能效比是反映系统节能效果的重要指标。本条规定了浅层地热能系统全年能效比以及区域供冷供暖系统全年能效比的限值，两项指标均满足则达标。

本条的评价方法为：查阅评价涉及内容的暖通施工图设计文件、竣工文件、浅层地热能系统全年累计供能量与浅层地热能系统全年总耗电量、区域供冷供暖系统全年累计供能量与区域供冷供暖系统全年总耗电量实时监测数据并计算核实，其中，燃气锅炉系统耗气量可等价折算为耗电量计入。

10.2.3 由于区域供能管网比较长，为保证末端供能效果，本条针对供能管网的冷热损失率作出规定。

本标准采用末端换热站供冷/热量总和占区域能源站供冷/热量的比值去衡量供能管网的冷热损失，通过运行监测数据计算得出，具体计算公式详见本标准附录 G。

本条的评价方法为：查阅评价涉及的区域能源站供冷/热量、末端换热站供冷/热量等原始监测数据并核实。

10.2.4 地埋管地源热泵系统的全年总释热量应与年总吸热量（单位均为 kWh）基本平衡是地埋管地源热泵系统成败的关键。对于地下水径流流速较小的地埋管区域，在评价周期内，地源热泵系统总释热量和总吸热量应相平衡。本标准中两者的比值为 $0.8 \sim 1.25$ 即可视为基本平衡。对于地下水径流流速较大的地埋管区域，地源热泵系统总释热量和总吸热量可以通过地下水流动（带走或获取热量）取得平衡。地下水径流流速的大小区分原则为：1 月内，地下水的流动距离超过沿流动方向的地埋管布置区域的长度为较大流速；反之，为较小流速。因此，对于大规模集中布置地埋管换热器、单一取热/排热的地埋管地源热泵系统，应对地温场进行长期监测，并观察地表植被变化。

地表水源热泵系统在运行过程中既有夏季温排水，又有冬季冷排水，且排热量和取热量会随空调负荷的波动而变化，对水体环境有一定影响。根据《地表水环境质量标准》GB3838-2002 中规定：人为造成的环境水温变化应限制在：周平均最大温升 $\leq 1^{\circ}\text{C}$ ，周平均最大温降 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 。因此，对地表水换热系统及用于河道

还清的再生水换热系统，应对地表水/再生水下游水体进行全年温度变化监测。

地下水换热系统取水前应开展水资源论证，向当地水行政主管部门提交取水许可申请并取得取水许可证，并按当地水行政主管部门取水许可审批确定的地下水取水工程建设方案施工建设进行取水。对取用并回灌地下水的，应分别在取、灌管道上安装水量自动监测设施，保证地下水 100%回灌到位，并定期对回灌水和采温层地下水取样送检，保证不对地下水造成污染。

本条的评价方法为：查阅评价涉及的埋管地源热泵系统年总释热量和年总吸热量、地表水/再生水下游水体的温度、地下水换热系统的取灌水量等原始监测数据并核实。

10.2.5 碳排放强度是反映系统环保效果的重要指标。本条规定了测试周期内区域供冷供暖系统碳排放强度的限值。

本条的评价方法为：查阅评价涉及内容的暖通施工图设计文件、竣工文件、系统各类能源累计消耗量等原始监测数据并计算核实。

10.3 判定和分级

10.3.2 浅层地热能建筑规模化应用工程的评价指标包含能效评价指标、供能管网评价指标、生态环境影响评价指标以及碳排放评价指标。其中供能管网评价指标和生态环境影响评价指标主要用于性能合格判定，其相应的评价指标只需要满足基本要求即可。而浅层地热能系统全年能效比、区域供冷供暖系统全年能效比、碳排放强度能直观的体现浅层地热能建筑规模化应用工程的应用水平，对项目的经济性、环保性等有影响，故本条采用以上三个指标进行性能分级评价。

浅层地热能系统全年能效比 $AEER_{geo} \geq 4.3$ 、区域供冷供暖系统全年能效比 $AEER_{sys} \geq 3.8$ 、碳排放强度 $C_{int} \leq 138.5kg/MWh$ 是浅层地热能建筑规模化应用工程评价的必备条件，单项指标得分值分别赋值 4 分。在此基础上能效、碳排放强度提升 6%、12%，分别赋值 6 分和 10 分。

10.3.3 为了评价浅层地热能建筑规模化应用工程的性能好坏，综合考虑浅层地热能系统全年能效比、区域供冷供暖系统全年能效比、碳排放强度三个指标，按本标准 10.3.2 评分，规定当三个指标单项得分均为 4 分，则综合得分应为 $\varphi=0.4 \times 4+0.3 \times 4+0.3 \times 4=4$ ，此时工程性能等级评为 3 级；当某工程三个指标单项得

分至少有两个 6 分，则综合得分最少为 $\varphi=0.4\times 4+0.3\times 6+0.3\times 6=5.2$ ，此时工程性能等级评为 2 级；若某工程三个指标单项得分至少有两个 10 分，则综合得分最少为 $\varphi=0.4\times 4+0.3\times 10+0.3\times 10=7.6$ ，此时工程性能等级评为 1 级。