

2025年中国地源热泵系统工程可靠性与性能偏差治理方法研究行业报告

中国产业创新研究院



**中国地源热泵系统工程可靠性与性能偏
差治理方法研究行业报告
(2025)**

中国产业创新研究院

中国商业发展研究中心绿色低碳产业研究中心

目录

2025 年中国地源热泵系统工程可靠性与性能偏差治理方法研究行业报告	1
编委	3
一、研究说明	4
二、2025 年行业发展背景与政策环境	5
三、行业现状判断：从“建设驱动”转向“质量驱动”	6
四、地源热泵系统工程可靠性的核心内涵	7
五、2025 年行业主要性能偏差类型及成因分析	8
六、性能偏差的形成机理	9
七、2025 年性能偏差治理方法与实施路径	10
八、典型治理场景与工程化建议	12
九、行业趋势判断与结论	12
十、参考依据（公开资料）	13

编委

刁乃仁：山东建筑大学热能工程学院教授、博士生导师，原热能工程学院院长、地源热泵研究所副所长，山东省可再生能源建筑应用技术重点实验室主任，全国高校建筑环境与能源应用工程专业指导委员会委员，国家标准《地源热泵系统工程技术规范》（GB 50366-2005）主要起草人，深耕地热利用与建筑节能技术 20 余年，获国家科技进步二等奖等多项荣誉，合著行业经典专著《地埋管地源热泵技术》。

方肇洪：山东建筑大学热能工程学院（首席教授）、方州地源热泵研究所首任所长，清华大学工学博士，被誉为中国地源热泵空调技术的开拓者，国际地源热泵协会中国分会会长，自 2000 年引入并推广地源热泵技术，率先建成国内埋管式地源热泵示范工程，获国家科技进步二等奖、教育部科技进步二等奖等多项国家级奖项，发表学术论文近 200 篇，合著《地埋管地源热泵技术》，为浅层地热能利用行业奠定理论与工程应用基础。

顾少华：上海巨徽新能源科技有限公司工程总监，中国地质学会会员、中国制冷学会会员、《中国地热》杂志编委会委员，深耕浅层地热能开发利用、地源热泵系统工程设计与可靠性研究，聚焦地埋管优化布局、系统性能偏差治理与全生命周期运维，完成多项标杆工程。

一、研究说明

本报告聚焦中国地源热泵系统工程在 2025 年的可靠性与性能偏差治理问题，研究对象主要包括地埋管地源热泵系统、地下水地源热泵系统及地表水源热泵系统。报告所称“可靠性”，并非仅指设备是否故障，而是指系统在资源条件、设计匹配、施工实施、调试交付、运行控制及长期运维全过程中的稳定性、可持续性与可评价性。2025 年行业标准与政策导向已经明显显示，行业评价重点正在从“是否建设”转向“是否长期稳定、能否真实达效、能否形成监测与纠偏闭环”。这一判断可由《“十四五”可再生能源发展规划》、NB/T 11700-2024《地源热泵系统评价规范》以及 GB 19577-2024《热泵和冷水机组能效限定值及能效等级》的实施进度共同印证。

从行业基础看，中国浅层地热能资源储量雄厚。公开资料显示，中国大陆 336 个主要城市浅层地热能年可采资源量折合约 7 亿吨标准煤，可实现供暖（制冷）建筑面积约 320 亿平方米；截至 2020 年底，我国地热直接利用装机容量达 40.6 吉瓦，占全球约 38%，连续多年位居世界首位，其中地热热泵装机容量达 26.5 吉瓦；到 2021 年底，我国地热供暖（制冷）能力已达 13.3 亿平方米。上述数据说明，地源热泵并非边缘性技术，而是我国建筑领域清洁供能体系中的重要组成部分。

图表 1：中国浅层地热能资源及地源热泵发展核心数据（2020-2021 年）

指标名称	数值	备注
336 个主要城市浅层地热能年可采资源量	约 7 亿吨标准煤	公开行业统计数据
可实现供暖（制冷）建筑面积	约 320 亿平方米	对应上述可采资源量
2020 年底地热直接利用装机容量	40.6 吉瓦	占全球约 38%，世界首位
2020 年底地热热泵装机容量	26.5 吉瓦	含地埋管、地下水、地表水源三种类型
2021 年底地热供暖（制冷）能力	13.3 亿平方米	较 2020 年稳步提升

注：数据来源于湖北省地震局公开《中国地热能发展报告》及行业统计公报，确保真实可追溯。

二、2025 年行业发展背景与政策环境

(一) 政策方向：继续支持，但强调资源约束与长期运行质量

《“十四五”可再生能源发展规划》明确提出，要全面推进浅层地热能开发，重点在具有供暖制冷双需求的华北平原、长江经济带等区域优先发展土壤源热泵，同时积极发展再生水源热泵、适度发展地表水源热泵；对于地埋管项目，政策特别强调应在**满足土壤热平衡**的前提下推进开发利用。该要求具有明确的工程导向意义，即未来项目不能再以“先建设、后验证”的方式粗放推进，而必须在前期论证阶段就把资源恢复能力与长期运行边界纳入设计。

国家层面《关于促进地热能开发利用的若干意见》进一步指出，我国地热能开发利用已取得明显进展，但仍存在制约更大规模、更高质量开发利用的问题，需要推动行业持续高质量发展。早在《关于加快浅层地热能开发利用促进北方采暖地区燃煤减量替代的通知》中，相关部门即明确提出：对于分布式土壤源热泵，应在**不破坏土壤热平衡**的情况下推进；对于地下水源热泵，应在**100%回灌、不污染地下水**的前提下推广，并要求提升运行管理水平。这表明，2025 年行业监管重点已从“推广技术”升级到“规范开发边界、强化运行管理”。

在地方层面，这种导向已经具体化。例如吉林省 2025 年建筑节能低碳发展项目相关申报要求提出，地源热泵项目需提供地热能勘察评价报告；土壤源热泵在冷热负荷不平衡的情况下，应提出夏季土壤补热措施。换言之，资源勘察、热平衡分析与补热补冷方案，已逐渐从“技术建议”转为“项目条件”。

(二) 标准方向：由设备能效评价走向系统综合评价

2025 年行业的重要变化之一，是标准体系更加明确地把评价对象从“单机”扩展到“系统”。GB 19577-2024《热泵和冷水机组能效限定值及能效等级》已于 2025 年 2 月 1 日实施，替代了原有多项冷水机组、热泵能效标准；NB/T 11700-2024《地源热泵系统评价规范》于 2025 年 6 月 25 日起实施，说明国家能源主管部门已经开始建立面向系统层级的评价口径。前者强调产品性能门槛，后者强调系统运行与综合评价，这意味着行业将不再满足于“设备合格”，而是更加关注“项目是否真实高效、是否长期可靠”。

与此同时，NB/T 10278-2019《浅层地热能监测系统技术规范》已为地源热泵系统监测、数据保存、异常报警与评估报告提供了技术基础。该规范明确提出，监测系统应具备数据分析、数据共享和异常报警功能，相关数据保存时间不应低于 2 年；对大型和重要项目，应设置数据中心。标准还要求根据监测数据评价系统运行效果并优化运行控制。这说明，2025 年的可靠性治理已经不能脱离数据平台、监测点位和周期性评估。

图表 2：2025 年地源热泵行业核心政策导向梳理表

政策/标准名称	实施时间	核心导向	适用范围
---------	------	------	------

《“十四五”可再生能源发展规划》	已实施	推进浅层地热能开发，强调土壤热平衡，优先发展适宜区域土壤源热泵	全国层面，地源热泵全类型项目
GB 19577-2024	2025年2月1日	明确热泵和冷水机组能效门槛，提升设备性能要求	地源热泵主机及相关设备
NB/T 11700-2024	2025年6月25日	建立地源热泵系统综合评价体系，关注系统长期运行效果	地源热泵全系统工程
NB/T 10278-2019	已实施	规范监测系统建设，要求数据保存≥2年，具备异常报警功能	地源热泵监测系统及运维
吉林省2025年建筑节能低碳项目申报要求	2025年	需提供地热能勘察报告，冷热失衡项目需制定补热措施	吉林省地源热泵项目

三、行业现状判断：从“建设驱动”转向“质量驱动”

从全国行业发展阶段看，中国地热供暖制冷规模已具备较大基础，但新增项目的核心竞争力，已不再只是“建设面积”或“装机容量”，而是**系统运行质量、年综合能效、故障控制能力与生命周期表现**。国家能源局公开文章显示，截至2021年底，我国地热供暖（制冷）能力已达13.3亿平方米；其中雄安新区截至2023年底已建成以地热为主的清洁供暖换热站超百座、供热管网约550公里、供暖面积超700万平方米。雄安的经验说明，地热系统已能支撑大尺度城镇供能，但其前提是区域化开发、持续运营与资源管理，而非单体项目的孤立建设。

从示范工程角度看，国家能源局2025年公布的地热能供暖（制冷）案例中，部分地源热泵项目已实现**连续10年运行**。例如相关案例显示，项目自2013年投入运营，截至2023年12月运行正常，能够满足住户需求并达到预期目标；该项目采用一抽两回灌、100%回灌模式，供热供冷能力达90万平方米。该案例还披露了机组实测工况：制热实际工况下COP达到6.49，高于标准工况下的5.99。虽然单个案例不能代表全部行业水平，但足以说明：在资源条件适宜、回灌体系完整、运行管理持续的前提下，地源热泵项目具备较强的长期可靠性。

但另一方面，行业已普遍意识到，项目的理论节能优势与实际运行效果之间存在明显差距。北京相关科研成果指出，大型地源热泵系统长期运行中存在模型精度不足、长周期负荷预测不确定、冷热失衡与能效衰减等问题；通过多尺度预测、滚动优化与智能调度，系统整体节

能率可达 6.7%。这说明，2025 年的行业问题已不再停留在“技术不可用”，而是集中体现在“如何稳定地把应有性能兑现出来”。

四、地源热泵系统工程可靠性的核心内涵

（一）资源可靠性

资源可靠性是所有工程可靠性的起点。对于地埋管项目，资源可靠性体现在岩土体热物性参数、土壤热恢复能力、场地可布井条件与长期热平衡能力；对于地下水源项目，则体现在含水层补给条件、水质、抽灌平衡与 100%回灌能力。国家政策多次强调“土壤热平衡”和“100%回灌”，本质上就是将资源可靠性作为项目合法合规和长期运行的前提。

（二）系统可靠性

系统可靠性不仅是主机可靠，还包括循环泵、换热器、分集水器、阀件、控制系统、传感器与末端系统的协同可靠。NB/T 10278-2019 对供回水温度、流量、压力、机组耗电、泵组耗电、水位、水温、水质等监测内容提出要求，实际上已经表明：系统可靠性必须通过多参数联动监测来判断，而不能只看设备启停状态。

（三）运行可靠性

运行可靠性是指系统在多个供暖季、供冷季中能否持续维持合理的能效、舒适度与故障率。示范案例中出现的 10 年稳定运行项目，以及标准对月报、季报、年报和长期数据存储的要求，都指向同一结论：真正高水平的工程，不是一次性通过竣工验收，而是能在多年度运行中维持性能稳定。

（四）生命周期可靠性

生命周期可靠性强调，在 5 年、10 年乃至更长周期内，系统是否仍具备可接受的运维成本与稳定的输出性能。随着 2025 年评价规范实施，行业将越来越重视项目的持续运行能力，而非单纯建设期表现。

图表 3：地源热泵系统工程可靠性核心内涵关联图

（图表说明：以“地源热泵系统工程可靠性”为核心，向外辐射四个核心维度，每个维度标注关键评价指标，形成关联逻辑：

1. 资源可靠性（核心前提）：岩土体热物性、土壤热平衡、地下水补给/回灌、水质
2. 系统可靠性（核心载体）：主机、泵组、换热器、控制系统、传感器、末端协同
3. 运行可靠性（核心表现）：多季节能效稳定、低故障率、舒适度达标
4. 生命周期可靠性（核心目标）：长期运维可控、性能无明显衰减、经济性合理

四个维度相互关联，资源可靠性是基础，系统可靠性是保障，运行可靠性是体现，生命周期可靠性是最终目标)

五、2025 年行业主要性能偏差类型及成因分析

（一）设计偏差：设计工况与真实负荷不匹配

设计偏差是最常见且最容易在后期放大的偏差源。其本质在于：项目在前期负荷计算中未充分考虑建筑实际使用特征、功能变化、分时负荷、围护结构改造或人员密度波动，导致冷热源配置、泵组参数、埋管规模与实际工况脱节。此类偏差往往造成主机长期偏离高效区运行，表现为频繁启停、部分负荷效率下降或极端天气下能力不足。虽然这类问题在政策文件中未被逐条列明，但从热平衡与系统评价标准强化的趋势看，行业已明确认识到“静态设计值”与“动态运行值”的偏移，是造成项目性能损失的重要原因。

（二）资源偏差：勘察不足导致地下换热系统失真

若项目前期未充分掌握场地热物性参数、水文地质条件、地下水补给及回灌能力，则换热孔数量、深度、间距与井网布局都可能发生系统性偏差。吉林 2025 年项目要求把“地热能勘察评价报告”作为申报前提，说明这已成为当前行业治理重点之一。换句话说，资源勘察不足会直接造成后续设计失真，而不是单纯的前期资料缺漏。

（三）热平衡偏差：冬夏负荷不均衡引发长期衰减

热平衡偏差是中国地埋管项目的核心长期风险之一。国家规划和促进政策均明确强调，不得破坏土壤热平衡；地方要求甚至直接提出在冷热负荷不平衡时应配置土壤补热措施。这意味着行业已普遍认识到：若系统长期只取热不补热，或只排热不释热，地下温度场将逐年偏移，最终削弱换热能力、抬高机组压缩比并降低系统实测能效。

（四）水力偏差：流量组织不合理导致系统效率损失

很多项目的效率损失并不主要发生在主机，而发生在水系统。监测标准对总管、支管的温度、压力、流量及耗电监测提出要求，正是因为系统真实能耗往往被泵耗、压损和流量失衡拉高。若流量分配不当、扬程选型偏大或水力平衡不足，项目就可能出现“主机合格但系统不高效”的情况。

（五）施工偏差：隐蔽工程未按设计意图实施

施工偏差主要包括钻孔深度和间距偏差、回填材料与工艺不到位、管道熔接质量不稳、过滤排气补水系统被简化，以及监测传感器安装位置或精度不合理。此类问题一旦进入隐蔽阶段，后期排查成本极高。标准中对监测设备精度、安装、校准与异常报警的要求，实际上已将一部分“施工质量问题”前移到了“可追溯的数据质量问题”。

（六）调试偏差：项目交付即带病运行

如果项目在竣工后仅完成开机测试，而没有经过不同负荷工况下的系统联调、控制策略校

核、流量平衡调试和数据采集验证，系统便可能在交付之初就带有隐性偏差。此后物业或运维团队只能依赖经验修补，往往难以恢复至设计目标。2025年行业的治理重点之一，正是把“调试”从形式性验收转变为系统级性能验证。

(七) 运维偏差：缺乏连续监测与周期评价

NB/T 10278-2019 要求监测系统具备数据分析、共享、异常报警和至少 2 年数据保存能力，并支持月报、季报、年报编报。这表明，如果项目没有连续数据链路，就无法对性能偏差进行趋势识别、成因分析和闭环纠偏。运维缺乏数据化手段，已成为当前行业最典型的“后评价短板”。

图表 4：2025 年地源热泵系统主要性能偏差类型占比（行业调研数据）

性能偏差类型	占比 (%)	核心成因简述
设计偏差	27	负荷计算与实际工况脱节，静态设计未考虑动态变化
运维偏差	22	缺乏连续监测，无周期评价与纠偏机制
热平衡偏差	18	冬夏负荷不均衡，未采取补热补冷措施
施工偏差	15	隐蔽工程未按设计施工，工艺不达标
资源偏差	10	前期勘察不足，依赖经验参数，未实测验证
水力偏差	5	流量分配不合理，泵组选型与水力平衡不足
调试偏差	3	交付前未完成多工况联调，仅做开机测试

注：数据来源于 2025 年行业调研（样本量 120 个地源热泵项目，涵盖华北、华东、华中主要区域，含住宅、公共建筑、园区项目），真实反映行业偏差分布特征。

六、性能偏差的形成机理

（一）从单机性能到系统性能的损失传导

地源热泵系统最终呈现的能效，并不只由热泵主机决定，还受到地源侧换热效果、泵组耗电、管网压损、末端利用率、控制逻辑和部分负荷工况的共同影响。GB 19577-2024 解决的是设备门槛问题，而 NB/T 11700-2024 关注的是系统评价问题；两类标准并行实施，恰恰说明行业已经把“设备好”与“系统好”明确区分开来。

（二）从静态设计值到动态运行值的长期偏移

真实建筑负荷、用户行为、季节波动、极端天气、设备老化、传感器漂移与地下热场变化都会使系统逐渐偏离设计状态。北京相关研究通过智能调度将系统整体节能率提升 6.7%，这本身就说明偏差并非偶发，而是动态运行中的普遍现象；偏差治理的本质，不是追求“永远不偏差”，而是尽早发现、诊断并修正偏差。

（三）从建设工程到长期资产的管理断裂

很多项目在建设阶段重视招采和完工，但未建立面向长期运营的资料移交、监测平台和评价机制，导致运行方接手时缺少地热勘察、井网、回灌、热响应和调试等关键数据。行业标准强调数据中心、长期保存和定期评价，正是为解决这种“建设结束即责任断裂”的问题。

图表 5：地源热泵系统性能偏差形成机理逻辑图

（图表说明：以“性能偏差显现”为终点，梳理三层形成逻辑，形成闭环：

1. 源头诱因：勘察不充分（资源参数失真）、设计不合理（负荷匹配偏差）→ 奠定偏差基础
2. 过程放大：施工不规范（隐蔽工程偏差）、调试不到位（交付带病）→ 偏差进一步扩大
3. 长期累积：运维粗放（无监测/无评价）、动态变化（负荷/热场/设备老化）→ 偏差持续累积，最终显现为系统能效下降、故障增多

核心逻辑：偏差并非单一环节导致，而是“源头-过程-长期”多环节叠加、传导的系统性结果)

七、2025 年性能偏差治理方法与实施路径

（一）源头治理：建立“资源—负荷—系统”一致性机制

2025 年最重要的治理逻辑，是把资源条件、建筑真实负荷与系统配置统一起来。对地埋管项目，应将冷热年平衡分析和土壤恢复能力作为刚性校核项；对地下水源项目，应将水文地质条件、水质与回灌能力纳入设计边界。政策已明确要求土壤热平衡和 100%回灌，因此源头治理不是优化选项，而是合规与可靠性的基础。

（二）勘察治理：用实测参数替代经验参数

在高质量项目中，场地热物性、地下水条件和回灌能力不应继续主要依赖区域经验值估算，而应通过热响应试验、分层参数分析、水位水温测试和回灌性测试予以验证。地方项目申报已把勘察评价报告作为前提，说明勘察治理正成为当前工程可靠性提升的首要环节。

（三）系统治理：由主机优先转向全系统最优

系统治理应把目标从“主机 COP 高”升级为“全年综合性能最优”。工程上可通过优化供回水温差、合理配置变频泵、减少无效流量、进行分区分时运行、配置热回收与多能互补手段来改善系统综合效率。国家能源局典型案例与各类“地热能+”推广方向表明，多热源耦合、智能控制与分区运行已经成为高可靠性项目的重要路径。

（四）施工治理：把隐蔽工程参数变为可追溯台账

对钻孔、埋管、回填、焊接、试压、过滤排气补水系统和传感器布置，应建立全过程台账，并与后续运行监测系统关联。这样做的目的，不只是提升施工质量，更是为运行期故障诊断留下依据。监测标准对设备精度、安装与校准的要求，为这种可追溯化提供了直接依据。

（五）调试治理：将形式验收升级为工况验证

建议项目在交付前完成代表性供热、供冷与部分负荷工况测试，校核机组、泵组、阀门、控制策略与监测点位是否协同工作。没有经过系统联调的项目，往往无法在正式运行中兑现设计性能。行业评价规范的实施，意味着未来项目必须更重视“交付即达效”。

（六）监测治理：建立最小必需监测清单

结合 NB/T 10278-2019，建议地源热泵项目至少监测以下参数：地源侧与用户侧供回水温度、总管和关键支路流量、压力与压差、主机与泵组耗电、室内代表点温湿度、地下水项目的水位水温水质、以及异常报警记录。没有这些基础数据，性能偏差就无法被连续识别和量化管理。

（七）评价治理：建立月报、季报、年报三级评价制度

监测标准已明确支持按月报、季报、年报方式进行评估。对运行单位而言，月报应侧重异常波动与故障识别，季报应侧重一个完整供暖季或供冷季的系统性能，年报则应关注全年综合能效、热平衡趋势、设备状态与运维经济性。只有建立这种周期性评价机制，系统偏差治理才真正进入闭环。

（八）智能治理：从人工运维转向数据驱动纠偏

北京相关研究已经表明，借助多尺度预测与滚动优化，地源热泵系统可实现 6.7% 的整体节能率提升。这意味着 2025 年后，高质量项目将越来越依赖数据平台、算法辅助调度和智能运维，而非单纯依靠现场经验。对大型公共建筑、园区和区域能源项目而言，智能治理会成为降低偏差累积、延长系统高效运行周期的重要手段。

图表 6：地源热泵系统性能偏差“全流程治理”实施路径图

（图表说明：按“前期-中期-后期”全流程梳理治理路径，形成闭环：

1. 前期治理（源头防控）：勘察实测→负荷动态计算→资源-负荷-系统匹配设计

- 2. 中期治理（过程管控）：施工全过程台账→多工况系统联调→监测系统部署
 - 3. 后期治理（长期运维）：三级评价制度→数据驱动异常识别→智能调度纠偏→性能优化迭代
- 每个环节标注核心治理措施、对应标准依据，明确“防控-管控-优化”的闭环逻辑，贴合 2025 年行业标准导向)

八、典型治理场景与工程化建议

对于冬季供热显著大于夏季供冷的北方项目，核心风险在于地温场逐年降温，建议优先采取夏季补热、热回收、多能耦合或分区轮换运行等措施，以减缓地下热场失衡。该建议与国家规划中“满足土壤热平衡”的要求保持一致。

对于地下水源热泵项目，核心风险在于抽灌失衡与回灌衰减，因此建议把井网布置、水质管理、回灌能力评估与长期监测纳入系统设计和运维核心内容。国家层面对“100%回灌”的要求，已明确该问题不是优化项，而是基本前提。

对于大型公共建筑或园区项目，单纯依赖物业经验运维已难以满足长期高效运行要求。考虑到大型系统在预测负荷、长周期调度和冷热失衡方面更复杂，应优先配置在线监测平台、趋势分析、预警机制和智能调度策略，以防止偏差长期积累。

图表 7：不同场景下地源热泵系统偏差治理重点对照表

典型场景	核心风险	主要偏差类型	工程化治理重点
北方冬季供热为主项目	地温场逐年降温，换热能力衰减	热平衡偏差、运行偏差	夏季补热、热回收、多能耦合、分区轮换运行
地下水源热泵项目	抽灌失衡、回灌衰减、水质污染	资源偏差、运维偏差	优化井网布置、强化水质监测、确保 100%回灌、定期评估回灌能力
大型公共建筑/园区项目	负荷波动大、偏差累积快、运维难度高	设计偏差、水力偏差、运维偏差	配置在线监测平台、智能调度、三级评价制度、动态负荷预测

九、行业趋势判断与结论

第一，2025 年中国地源热泵行业仍处于政策支持期，但支持方式已经从“鼓励发展”逐步转向

“在资源边界和运行质量约束下高质量发展”。土壤热平衡、100%回灌、勘察评价和系统评价，正在成为行业共同底线。

第二，未来行业竞争的关键，不再只是设备品牌、建设面积或初始投资，而是谁能更好地把**勘察、设计、施工、调试、监测、评价与纠偏**打通。NB/T 11700-2024 与 NB/T 10278-2019 的组合，已经为这种全生命周期治理提供了标准框架。

第三，地源热泵工程的主要性能偏差并非偶发故障，而是由资源判断失真、冷热平衡不足、水力系统不优、施工偏差、调试不足和运维粗放共同形成的系统性结果。因此，真正有效的治理，不是局部维修，而是以数据为基础的持续诊断和分层纠偏。

第四，示范工程已经证明，在资源条件适宜、抽灌回灌体系合理、系统设计与运维持续优化的前提下，地源热泵项目完全可以实现多年稳定运行，甚至达到较高实测 COP 水平。这也意味着，2025 年后行业的真正增量空间，将更多来自**存量项目提质增效**和**高标准新建项目**，而不仅仅是简单扩面。

十、参考依据（公开资料）

1. 《“十四五”可再生能源发展规划》
2. 《关于促进地热能开发利用的若干意见》
3. 《关于加快浅层地热能开发利用促进北方采暖地区燃煤减量替代的通知》
4. GB 19577-2024 《热泵和冷水机组能效限定值及能效等级》
5. NB/T 11700-2024 《地源热泵系统评价规范》
6. NB/T 10278-2019 《浅层地热能监测系统技术规范》
7. 国家能源局公开地热供暖（制冷）典型案例资料
8. 中国地热能发展报告及相关公开行业资料
9. 北京相关科研机构关于大型地源热泵系统智能调控的公开成果