

长三角地区地热资源开发利用与管理

杨联萍¹, 黄坚^{2,3}, 王庆华^{2,3*}, 汪集旻⁴

1. 上海地质学会, 上海 200072
2. 上海市地矿工程勘察(集团)有限公司, 上海 200072
3. 上海浅层地热能工程技术研究中心, 上海 200072
4. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

摘要 长三角地区地热资源丰富, 但开发利用程度相对较低。总结了长三角三省一市地热资源开发利用、相关规划和管理政策现状, 分别从政府管理、地热能应用项目运维管理层面分析了存在的问题, 提出了相应的对策建议。

关键词 长三角地区; 地热资源; 合同能源管理

中国提出2030年“碳达峰”、2060年“碳中和”, 加快可再生能源替代成为能源规划的重要目标任务, 作为清洁可再生能源的地热能更加受到重视。长三角区域是中低温地热开发利用的有利地区, 近年在政府规划和管理扶持政策指引下, 地热资源开发力度不断加大, 应用领域逐渐扩大, 但规模化、产业化开发利用程度仍较低。分析长三角地区地热资源开发利用和管理的现状、问题和挑战, 对该区域地热可持续开发利用和节能降碳具有重要意义。

1 长三角地区地热资源开发利用现状与前景

1.1 浅层地热资源

长三角地区地热资源开发利用较早, 上海在

20世纪60年代最早利用地下水为棉纺厂生产车间供暖制冷, 1989年在闵行经济技术开发区办公楼建成了国内第一个地源热泵空调系统^[1], 之后地热能陆续在各类建筑中得以应用。到2020年底, 上海市浅层地热能建筑应用面积约1750万m²。在上海地矿集团统计的480个浅层地热能项目中, 居住建筑、公共建筑、工业建筑、农业建筑占比分别为47.5%、45.4%、6.3%、0.8%, 地埋管、地下水、地表水式地源热泵项目数量占比分别为96.3%、0.8%和2.9%。浙江省20世纪80年代开始地源热泵技术的探索性应用, 21世纪初开始逐渐增多, 据不完全统计, 自2000年到“十二五”期末地源热泵应用面积年增长速度25%~30%^[2]。杭州、宁波和嘉兴等地发展较快, 主要形式为地埋管换热系统, 地下水地源热泵系统主要在杭州几个大型工程中应用。江苏省浅层地热能开发利用起步于21世纪初, 南京

收稿日期: 2022-10-28; 修回日期: 2023-03-10

基金项目: 中国科学院学部咨询评议项目(2020-DX03-B-007)

作者简介: 杨联萍, 教授级高工, 研究方向为土木工程, 电子信箱: 13801673126@139.com; 王庆华(通信作者), 教授, 研究方向为地热资源开发利用, 电子信箱: 13604429616@139.com

引用格式: 杨联萍, 黄坚, 王庆华, 等. 长三角地区地热资源开发利用与管理[J]. 科技导报, 2023, 41(12): 66-74; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.12.007

于2005年最初在高端住宅小区应用浅层地热能,取得了良好的示范效应^[9]。据不完全统计,截至2019年,江苏省浅层地热能开发利用项目800余个,使用面积约4500万 m^2 ,主要集中在苏南、苏中经济发达地区,其中1/3为住宅。利用方式涵盖了土壤源、地下水源、地表水源和污水源热泵系统等多种类型,以土壤源地源热泵系统为主。安徽省浅层地热能应用工程始于2000年,至2018年共有204处,建筑供热制冷总面积2000万 m^2 ,地埋管、地下水、地表水式地源热泵项目数量占比分别为83.8%、13.7%和2.5%,广泛应用于办公楼、商场、展馆、医院、学校、体育馆、宾馆及住宅等的供暖/制冷和生活热水。合肥工程数目和规模最大,服务面积占比54%。

长三角地区浅层地热能开发利用量与其利用需求和资源可利用量相比,还有很大的增长空间。以上海为例,截至2022年底,浅层地热资源应用规模约1940万 m^2 ,与房屋总面积年增长量相比,地热能建筑年增长比例仅占1.5%~2%。此外,浅层地热资源的应用模式单一,以地埋管地源热泵系统为主,而该区域第四系浅部地层富含地下水,且平原上有湖泊200多个,具有地下水、地表水源热泵技术应用的适宜条件。从应用领域上看,目前主要用于民用建筑,面对节能减排的压力,未来在水产养殖、温室种植、产品干燥等农业和工业中应用将得以拓宽。

1.2 中深层地热资源

长三角地区中深部地热资源开发利用历史悠久。1962年,浙江宁海建成了省内第一个温泉疗养院。截至2020年6月,已开发利用的地热资源26处,占已有地热资源数量的56%,主要集中在杭州、嘉兴、湖州、宁波、金华等地区,地热井数量占全省73%。宁波、金华已开发利用地热井分别达到已有井数的71%和63%,杭州、湖州、嘉兴地热资源较为丰富,但已开发利用地热资源均不足50%。江苏省共有180多口地热井,正开采的有90多口,年利用地热水1081万 m^3 ,利用热量折合标煤约6.92万t。南京汤山、南京汤泉、东海县汤庙、如东小洋口被评为“温泉之乡”,扬州市被评为“温泉之

城”。在工业利用方面,盐城在20世纪80年代利用地热水用于纺织染色、洗涤和烘干。江苏中深部地热用于地热康养约900万 m^3 (占90%)、地热取暖约80万 m^3 (占8%)、种植养殖约20万 m^3 (占2%)。安徽省水热型地热资源开发程度较高的是巢湖、庐江、黄山及皖北等地,有6家温泉康养旅游景区。近年来,在亳州、阜阳、合肥、界首、太和、阜南等地建造使用了地热深井,取得了一定的利用效果。

长三角地区已开发的中深层地热主要用于康养旅游和养殖种植,供暖、工业生产领域的应用很少,发电也仅江苏省有应用规划,而上海目前没有投入商业应用的地热井,整个区域开发利用程度低,发展不均衡。中深层地热供热效率高,应用领域广泛,节能降碳效果显著,可带来很大的经济效益,未来必将更受政府和相关企业重视,开发利用前景广阔。

2 地热资源开发利用政策现状

地热资源属能源矿产,其勘查与开发遵循《中华人民共和国矿产资源法》及其配套法规。2006年,《中华人民共和国可再生能源法》将包含地热资源在内的可再生能源列为能源发展的优先领域。在这些法律法规的指引下,长三角地区各省市陆续制定了地热资源开发利用规划和扶持政策,建立了管理制度和方法,体现了各地对地热资源开发利用的重视。

2.1 开发利用规划

2013年,国家能源局发布《关于促进地热能开发利用的若干意见》,明确要加快中深层地热能综合利用,促进浅层地热能规模化应用。2017年,国家发展和改革委员会发布《地热能开发利用“十三五”规划》分别对中深层和浅层地热资源开发利用进行规划。在此背景下,长三角地区陆续发布了《上海市可再生能源建筑应用专项规划》《浙江省可再生能源开发利用促进条例》《浙江省低碳发展“十三五”规划》《安徽省住房和城乡建设事业发展“十三五”规划纲要》《安徽省推进浅层地热能建筑中规模化应用实施方案》以及三省一市的能源发展

“十三五”规划等政策性文件,引导支持了地热能开发利用。2020年宣布“双碳”目标后,节能降碳的压力更为紧迫,国家陆续出台《“十四五”可再生能源发展规划》《关于促进地热能开发利用的若干意

见》《2030年前碳达峰行动方案》等文件都明确要求推动地热能规模化开发。依据这些政策,长三角各省市也相继发布了地方性能源规划(表1)。

表1 相关规划和内容

地区	政策文件名称及相关主要内容
上海市	《上海市绿色建筑“十四五”规划》:2022年起新建公共建筑、居住建筑和工业厂房全部使用一种或多种可再生能源
	《上海市城市总体规划(2017—2035年)》:发展浅层地温能等可再生能源;提高可再生能源占比
	《上海市能源发展“十四五”规划》:到2025年非化石能源占一次能源比重力争达到20%左右;因地制宜推进地热能开发;在崇明开展零碳社区建设;将横沙打造成为零碳岛
浙江省	《上海市促进地热能开发利用的实施意见》:深化地热资源勘查和监测,推进浅层地热能示范应用,规范浅层地热能开发利用管理;“十四五”期间,新增浅层地热能建筑面积500万m ² 以上,至2035年,在2025年基础上再新增1000万m ²
	《浙江省可再生能源发展“十四五”规划》:引导和鼓励地热资源在不同领域内的应用
	《浙江省建筑业发展“十四五”规划》:加大可再生能源建筑应用
江苏省	《浙江省矿产资源总体规划(2021—2025年)》:推进城市开发边界范围内浅层地温能调查评价和有利区域地热勘查;提高地热、浅层地温能等清洁能源开发利用强度
	《浙江省节能降耗和能源资源优化配置“十四五”规划》:“十四五”期间,完成太阳能等可再生能源建筑应用面积1亿m ²
	《浙江省“十四五”能源发展规划》:非化石能源占一次能源消费比重达到24%
安徽省	《关于推进生态环境治理体系和治理能力现代化的实施意见》:扩大地热能等绿色能源供给
	《江苏省建筑业“十四五”发展规划》:到2025年新增地热能建筑应用面积300万m ²
	《江苏省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》:到2025年,可再生能源占全省能源消费总量比重达到13%,非化石能源占比达到16%
	《江苏省“十四五”绿色建筑高质量发展规划》:到2025年,可再生能源替代比例为8%
安徽省	《江苏省矿产资源总体规划(2021—2025年)》:鼓励开展地热(干热岩)、浅层地热能等开发利用技术研发应用;引导与供暖、康养、旅游、种植养殖及工业生产等相结合的地热综合开发
	《安徽省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》:积极推进地热能等在建筑领域的应用,建设智慧能源信息平台
	《关于推进安徽省电能替代的实施意见》:加大地源、水源等热泵系统在新建民用建筑中推广;2020年底新增浅层地热应用面积1000万m ²
	《安徽省“十四五”节能减排实施方案》:各地因地制宜推广地热等清洁低碳取暖方式
安徽省	《安徽省矿产资源规划(2021—2025年)》:加大地热、浅层地温能的勘查、开发利用;加大地热开采回灌关键勘查技术攻关
	《安徽省“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》:鼓励投资建设运营一体化方式推进浅层地热能等项目开发利用

2.2 管理办法与技术标准

2010年前后,长三角地区各省市出台了一系列地热能等可再生能源及应用建筑的管理办法,“十四五”相关规划发布后,各省市跟进出台或修订了相关管理办法(表2)。这些管理政策为规范地热能资源开发利用行为奠定了制度基础,促进了节能

减排战略的实施。

此外,合肥、杭州、嘉兴、南通等地热能开发利用较好的城市也出台了地方性地热资源管理条例或办法。这些省市管理政策的内容主要体现在:(1)鼓励或者要求利用包括地热能在内的可再生能源;(2)明确职责分工,自然资源或者国土资源行政部

表2 相关管理办法和规定

地区	政策文件名称及相关主要内容
上海市	<p>《上海市节能能源条例》(2009年修订):鼓励支持开发利用可再生能源;加强节能宣传和培训;规定节能管理及节能激励措施;专项资金鼓励可再生能源利用、开展合同能源管理等</p> <p>《上海市绿色建筑管理办法》(2021年):对新建民用建筑采用浅层地热能等一种或者多种可再生能源。按要求进行能耗监测、能源审计等;鼓励采用合同能源管理、绿色运行专业托管等创新模式</p> <p>《上海市浅层地热能开发利用管理规定》(2021年):明确市规划资源部门负责地热能开发利用和监督管理;5个新城、绿色生态城区、低碳发展实践区等区域优先利用浅层地热能,鼓励新改扩建大型公共建筑及国家机关办公建筑利用浅层地热能</p> <p>《上海市取水许可和水资源费征收管理实施办法》(2018年修订):水务行政管理部门负责取水许可制度的组织实施和监督管理。取用水资源的单位和个人均应当申请领取取水许可证</p>
浙江省	<p>《浙江省建筑节能管理办法》(2007年):明确指出新建、改建、扩建建筑工程的节能设计和既有建筑的节能改造工程,应当尽可能利用地热能等可再生能源</p> <p>《浙江省实施<中华人民共和国节约能源法>办法》(2011年):鼓励地热能在民用建筑中的应用;新建公共机构办公建筑、保障性住房、12层以下居住建筑、建筑面积1万m²以上的公共建筑,应按照国家 and 省规定标准利用一种以上可再生能源用于采暖、制冷、照明和热水供应等</p> <p>《关于进一步加强地热资源勘查与开发利用工作的意见》(2010年):开展全省地热资源区划,编制和实施全省地热资源勘查与开发利用规划;加强地热资源勘查和开发;加强地热资源探矿权、采矿权管理,严把准入关;加强监督管理,规范矿业权人的勘查开采行为</p> <p>《浙江省矿产资源管理条例》(2014年):明确矿产资源勘查、开发利用和保护的监督管理部门;规定勘查、开采矿产资源必须依法取得探矿权、采矿权</p> <p>《关于贯彻落实自然资源部推进矿产资源管理改革若干事项意见(试行)的通知》(2020年):自然资源主管部门负责省地热、矿泉水等能源的矿业权出让登记</p> <p>《浙江省自然资源厅关于进一步加强矿泉水、地热矿业权管理有关工作的通知》(2022年):加强地热勘查项目管理;完善开发规模准入、规范采矿权矿区范围划定、完善采矿权出让和延续登记管理;强化勘查开发监督管理,开采过程动态监测和打击查处违法勘查开采</p>
江苏省	<p>《江苏省地源热泵系统取水许可和水资源费征收管理实施办法》(2010年):对地源热泵项目(海水源热泵系统除外),水务行政管理部门负责取水许可制度的组织实施和监督管理。取用水资源的单位和个人均应当申请领取取水许可证</p> <p>《江苏省水资源管理条例》(2021年修订):优先开发利用地表水,合理开采浅层地下水,严控深层地下水开采;开采地热水应向水行政主管部门提出取水许可申请,取得取水许可证,确定开采限量;用于地热发电、地热温泉等经营活动的,还应当依照有关法律、行政法规的规定办理相关手续</p> <p>《江苏省矿产资源管理条例》(2020年修订):明确了矿产资源勘查、开发利用和保护的监督管理部门,规定了矿产资源规划、勘查、开采、监督管理及法律责任相关内容,其中包括探矿权、采矿权以及缴纳资源税等规定</p>
安徽省	<p>《安徽省能源局关于做好地热能开发利用项目备案登记与运行监测工作的通知》(2022年):规模化(装机容量1000 kW或供暖面积1000 m²以上)地热供暖制冷和发电项目,由属地发改委实行备案管理;对规模以下地热供暖制冷项目,由属地发展改革委进行登记;组织建立地热能开发利用项目的管理和运行监测工作机制,定期将地热开发利用数据报送相关管理部门和统计部门</p> <p>《安徽省取水许可和水资源费征收管理实施办法》(2008年):水务行政管理部门负责取水许可制度的组织实施和监督管理。取用水资源的单位和个人均应当申请领取取水许可证</p>

门负责地热资源的勘查、开发利用以及管理;开采地热水的应向水行政主管部门提出取水许可申请,取得取水许可证;(3)开展或完善地热能开发利用监测网建设或信息化管理;(4)地热能开发利用项

目备案或登记管理;(5)开展合同能源管理、绿色运行专业托管等管理模式等。

在地热能开发利用中,各省市也编写了相关技术规范(表3)为工程项目的实施提供了标准依据。

表3 长三角地区地热能开发利用技术规范

地区	技术规程/标准
上海市	《DG/TJ08—2324—2020 浅层地热能开发利用监测技术标准》《DG/TJ08—2162—2015 可再生能源建筑应用测试评价标准》《DG/TJ08—2290—2019 可再生能源系统建筑应用运行维护技术规程》 《DG/TJ08—2119—2021 地源热泵系统工程技术标准》《DG/TJ 08—2324—2020 民用建筑可再生能源综合利用核算标准》
浙江省	《DB33—T1194—2020 地源热泵系统工程技术规程》《DB33 1105—2014 民用建筑可再生能源应用核算标准》《T/ZMA001—2021 天然温泉分级及评定标准》
江苏省	《DB32/T3919—2020 浅层地热能开发利用地质环境监测标准》《DGJ32/TJ141—2012 江苏省地源热泵系统运行管理规程》《DB32/T 4300—2021 桩基埋管地源热泵系统工程技术规程》《DGJ32/TJ89—2009 地源热泵系统工程技术规程》
安徽省	《DB34/1800—2012 安徽省地源热泵系统工程技术规程》

2.3 补贴扶持政策

长三角各省市发改委、财政和住建等部门发布了各项节能补贴扶持办法(表4),对符合条件的可再生能源项目给予不同额度的补贴,助力了地热产业的发展。

以上海为例,2009年以来扶持示范项目51个,其中,公共建筑41个,其余为居住建筑。系统类型由早期多为单一地源热泵系统发展为太阳能与地热能等复合系统,这些示范在行业内起到了引领作用。此外,为缓解地热产业融资难的问题,近几年各省市银行与银监会出台文件,加强在节能减排领域的支持。如《中国银保监会浙江监管局关于做好能源保供和能耗“双控”金融工作的通知》要求银行、保险公司、理财公司等对清洁能源领域中长期项目给予低成本的资金支持。《人民银行南京分行等部门关于大力发展绿色金融指导意见的通知》引导金融机构加大对地热能等清洁能源的金融支持。“十四五”期间,中国农业银行拟向能源领域提供融资支持额度3万亿元人民币,中国工商银行拟提供意向性融资支持额度3万亿元人民币。

2.4 规划管理政策存在的问题

长三角地区能源规划和扶持政策的出台促进了区域内地热产业的发展,但也存在一些亟待解决的问题。

1) 政策制定与实施不协调。三省一市发布的规划和管理政策都鼓励地热能等可再生能源的应用,具有宏观的指导意义,上海、江苏和安徽提出了“十四五”期间浅层地热能应用建筑面积要求,浙江

给出了可再生能源应用建筑总量目标,这些量化指标与地热能利用需求和资源可利用量相比,占比很低,推广作用未得到有效发挥。此外,与太阳能、风能等相比,这些政策对地热能的开发利用引导支持力度不足。

2) 补贴模式和力度有待改善。就目前而言,长三角地区地热能补贴主要针对示范项目,覆盖面小,门槛高,而且补贴金额低,与北京等地相比,支持力度有限,难以真正起到鼓励支持作用。

3) 地热资源征税存在质疑。上海、浙江、江苏和安徽的资源税法针对地热资源原矿的税率标准分别为4、3、10、2元/m³,大幅提高了地热供暖企业的成本,不利于地热产业持续高质量发展,也不符合鼓励支持规模化应用地热能的政策。

4) 政府管理权分散。在地热资源开发利用中,政府管理职责虽逐渐明确,但管理权分散。地热资源属于国土资源行政主管部门管理范围,但取水管理权在水务部门,此外,发展和改革委员会、住房和城乡建设部、科学技术委员会也参与了对地热产业的管理,实施中容易出现相互冲突、执行困难等现象。此外,缺乏地热能应用项目监管和评价机构,难以对地热能应用效果进行跟踪评估。

5) 地热企业融资难。虽然三省一市出台了一些金融机构对节能减排领域的支持政策,但总体上地热企业尤其是民营企业仍然存在融资难、资金支持力度小的问题。而且很多地热能企业没有成立专门的风险管理部门、产业发展的保障制度不够健全,影响地热能产业的高质量发展。

表4 相关补贴扶持政策和内容

地区	政策文件名称及相关主要内容
上海市	<p>《上海市建筑节能项目专项扶持暂行办法》(2009年):浅层地热能示范建筑最高补贴50元/m²</p> <p>《上海市建筑节能和绿色建筑示范项目专项扶持办法》(2016、2019、2020):浅层地热能示范项目,受益面积补贴55元/m²</p> <p>《上海市建筑节能项目专项扶持办法》(2017):受益面积补贴60元/m²</p> <p>《上海市城乡建设和交通委员会关于组织申报上海市建筑节能示范项目的通知》(2012):支持可再生能源利用项目</p> <p>《上海市节能减排(应对气候变化)专项资金管理办法》(2021年):对地热能清洁能源利用项目等予以补贴或以奖代补费用;给出测算方法</p>
浙江省	<p>《浙江省绿色建筑条例》(2020年):浅层地热能项目可按国家和省规定申请资金补助;居住建筑采用地源热泵技术供暖制冷的系统用电可执行居民峰谷分时电价</p> <p>《2017年度浙江省发展与改革专项资金竞争性分配部分实施方案》:对于单个项目供热面积1万m²以上的清洁能源示范县,单个示范县补助金额不超过1800万元;对于地热能利用2000m²以上的新能源示范镇,单个示范镇补助金额不超过600万元</p> <p>《浙江省住房与城市建设专项资金管理办法》(2018年):覆盖可再生能源(太阳能、地热能、空气能等)建筑应用示范项目建设等</p> <p>《宁波市节能与清洁生产专项资金使用管理暂行办法》:对采用地源热泵或者与太阳能集成的地源热泵技术的示范项目,补助50~100元/每m²</p> <p>《杭州市建筑节能示范工程管理暂行办法》:对市级、省级、国家级建筑节能示范工程,分别给予不低于3元/m²、4元/m²、6元/m²的奖励</p>
江苏省	<p>《关于做好绿色创新投资业务项目推荐工作的通知》(2018年):明确以信托贷款方式支持包括规模化利用地热能等可再生清洁能源企业并进行项目投资贷款</p> <p>《江苏省绿色建筑发展专项资金管理办法》(2019年):重点支持方向包括可再生能源建筑一体化应用、智慧建筑、超低能耗(被动式)建筑等</p> <p>《江苏省省级节能减排(建筑节能)专项引导资金管理暂行办法》:利用土壤源热泵和浅层地下水源热泵技术供热制冷的项目可获得建筑节能资金支持</p> <p>《江苏省绿色建筑发展条例》(2019年):浅层地温能供暖制冷居住建筑执行居民峰谷分时电价、企业参照清洁能源锅炉采暖价收取采暖费;地源热泵系统应用项目按规定减征或免征水资源费</p> <p>《南京市可再生能源建筑应用城市示范专项资金管理办法》(2010年):对应用土壤源(地表水源)热泵的建筑,一般示范项目补助50(35)元/m²,重点示范项目补助70(50)元/m²</p> <p>《南京市可再生能源建筑应用城市示范专项资金管理办法》(2010):应用土壤源热泵技术、地表水源热泵技术、太阳能光热应用与地源热泵应用结合的示范项目予以补贴</p> <p>《张家港市建筑节能和绿色建筑专项引导资金管理暂行办法》(2021年):采用土壤源热泵技术、地表水源热泵技术等可再生能源建筑项目,给予8元/m²、单个项目总额不超过60万元的补助</p>
安徽省	<p>《推进浅层地热能建筑中规模化应用实施方案》(2015):社会投资浅层地热能建筑应用项目的,土壤源热泵、水源热泵应用补贴40元/m²</p> <p>《安徽省绿色建筑发展条例》(2021年):核算应用浅层地热能等可再生能源的民用建筑能耗时,其常规能源替代量抵扣相应的能耗量</p>

3 地热资源应用工程项目管理

不仅政策层面对地热资源开发利用影响很大,地热应用项目的运维管理也是影响其广泛应用的重要因素。

3.1 系统运行能效和存在的问题

上海地矿集团对上海23个代表性地源热泵项目进行现场能效测试显示:系统能效达到3级及以上的项目数量占83%,2级及以上的项目占39%,不达标的项目占17%,检测项目均未达到1级标准^[4],

2020年对36个项目的调研测试也表明了相近结果。上海某办公建筑地源热泵系统的监测数据表明,夏季空调整冷能效比(EER)为2.5,冬季供热系统平均制热性能系数(COP)平均为2.6,运行能效不高^[5]。泰州某采用地源热泵及储能复合能源系统的能源站的供能测试表明,夏季能源站整体能效平均值为4.0,冬季为3.47,整体能效较传统系统高^[6]。分析原因,除了设计和施工可能存在问题外,运维管理对系统能效的影响很大,主要表现在:(1)实际负荷与建筑设计负荷差别较大,导致热泵机组长期在部分负荷下运行,使机组处于小温差大流量的状态,而循环泵一直在满负荷状态下运行,导致水泵功耗过高;(2)系统控制自动化程度低,现场设备开启靠操作人员人为控制,当室内负荷或系统运行发生变化时,很难根据实际需要及时调节,空调系统运行效果无法得到及时反馈;(3)缺乏对地质环境和系统运行参数的监测,导致不能及时掌握地温场和系统运行的动态变化,难以根据监测和评估结果进行系统运行优化;(4)长三角地区建筑,一般冬季供热需求远小于夏季制冷需求,单一地源热泵系统易导致室外换热区地层温度逐年升高,长期运行后产生热不平衡问题,影响系统能效;(5)操作人员未接受专业培训,地源热泵运行管理的知识和服务能力欠缺,不能及时解决实际运行中产生的问题,导致系统运行管理不善,整个地源热泵系统效率下降或损坏。

合理设计地源热泵系统,采用多能协同的复合系统,以及优化地源热泵运行策略可以提高机组能效、改善土壤热不平衡、降低运行费用、减少耗电量^[7-10]。安徽工程实例表明,良好的运营模式和能源智慧管理对实现能耗监测、调整节能控制策略、提高地源热泵系统运行效率具有重要意义^[11-12]。因此,制定科学合理的系统设计和节能运行方案,提高管理和操作人员水平,才能确保地源热泵系统可靠高效运行,实现节能降碳和减少运行费用的目的,而作为一种基于市场的能源管理机制,合同能源管理越来越成为各地积极推进的能源管理模式。

3.2 合同能源管理

上海市2008年发布《上海市合同能源管理项

目专项扶持实施办法》,对符合条件的采用合同能源管理方式实施的节能改造项目予以财政奖励。《上海市公共机构合同能源管理项目管理办法》规定了应优先考虑采用合同能源管理方式以及利用地热能等进行技术改造的公共机构建筑情形。2021年实施的《上海市节能减排(应对气候变化)专项资金管理办法》《上海市绿色建筑管理办法》均鼓励支持采用合同能源管理等创新模式。《浙江省合同能源管理财政奖励资金管理实施细则》《浙江省实施〈公共机构节能条例〉办法》《江苏省省级节能减排(建筑节能和建筑产业现代化)专项引导资金管理办法》《江苏省机关事务管理局关于推进公共机构合同能源管理的意见》《江苏省绿色建筑发展专项资金管理办法》等都明确了合同能源管理总体要求、支持条件和方式。《安徽省“十四五”节能减排实施方案》提出到2025年,全省公共机构实施超过150个合同能源管理项目。《安徽省公共机构节约能源资源工作“十四五”规划》鼓励引入社会资本参与用能系统节能改造和运行维护,推行合同能源管理等市场化模式,“十四五”期间,实施合同能源管理项目3000个以上。

自“十二五”以来,上海市公共机构开始试点合同能源管理^[13]。“十三五”期间,全市公共机构共实施合同能源管理项目近100个,一般都是以照明、空调等项目为主。引入社会资本2.47亿元,节约标准煤7.85万t,节省能源费用2140多万元,减少二氧化碳排放14万t。以上海金茂大厦为例^[14],自2000年开始先后进行了照明系统、中央空调系统智能化改造等合同能源管理项目,到2020年全年能耗费用比2013年下降43.48%。上海市财税综合楼合同能源管理项目开展锅炉、空调、照明、生活热水等主要系统综合性节能改造,每年预计节约能源消耗420t标准煤以上,节省支出约240万元^[15]。

江苏省“十三五”期间全省公共机构共实施454个合同能源管理项目,引入社会资金8.5亿元,年节约5.78万t标准煤^[16]。南京市秦淮区、徐州市贾汪区、无锡市滨湖区和盐城市大丰区等4个合同能源管理试点地区实施19个合同能源管理项目,引入社会资金2320万元^[17]。分析上海、江苏、浙江

等12个省市的70个案例发现,不管是哪种合同能源管理模式,空调和照明系统及其能耗监测都是节能改造的重点,而公共机构能耗中超过80%的为建筑能耗^[18]。《2020年上海市国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测及分析报告》对2020年全市2017栋公共建筑及“十三五”期间新增联网729栋建筑能耗监测也表明,各种类型建筑照明与插座用电、空调用电两项之和均超过70%。因此,在建筑领域推进地热能供热制冷可大幅减少常规能源的使用,而在地热应用项目中实行合同能源管理是提高能源利用效率、降低运行成本的重要保障之一^[19-20]。

4 地热能开发利用与管理建议

针对长三角地区三省一市在地热能开发利用和管理中存在的问题,提出以下建议。

1) 加强政府引导,加大扶持力度。从规划上,明确地热能开发的具体指标要求,推进浅层地热能规模化利用,稳步推进中深层地热能利用;对地热开发项目给予财政补贴、税收减免、提供融资便利、开放市场准入等多方面支持,吸引社会力量、金融资本参与地热能勘查评价和开发利用;完善地热能开发利用管理制度,规范地热资源的勘查、开发和管理;完善涵盖地热能项目全生命周期的技术标准体系,促进浅层地热能开发利用标准化、规范化。

2) 建立完善地热能项目运行管理体制。开展合同能源管理、绿色运行专业托管等管理模式,提高系统能源利用效率,降低运行成本;建立地热工程监测系统,及时掌握地热资源的动态变化、地热系统运行对地下环境影响,及时优化系统运行策略;建立信息管理平台,及时对地热能应用工程进行项目备案或登记并上传系统运行数据,以服务于政府地热能管理决策和向社会公众提供准确信息;加强运维管理人员培训,提高地热能工程应用效果和能源利用效率,降低工程运行成本。

3) 加强示范工程建设,扩大地热能应用领域。选择不同的利用领域类型,建立一定规模的示

范工程,增强市场说服力,推广应用示范工程技术,起到以点带面、促进地热能规模化应用的作用;积极推广“地热能+”多能互补的应用形式,根据地区资源禀赋,宜地则地,宜水则水,深浅结合,风光互补,扩大地热能在工业、农业、发电等领域的应用,推动地热产业的发展。

4) 加大科研投入和人才培养。加强技术攻关,加大中深层地热资源的开发利用研究。开展地热资源梯级利用、地热种植养殖、地热井高效换热、地热资源开发监测与智慧控制等配套技术研发,突破技术瓶颈,加大技术转化,实现产业整体水平提升;加强地热产业人才队伍的培育,借助科研院所、行业联盟等机构的力量,加大对地热专业的人才培养力度。

5) 加大宣传推广,提高社会认知度。广泛利用相关专题会议、媒介、各种路演活动等进行推广宣传,开展地热科学技术普及,让社会和公众了解地热开发利用的作用及意义,提高社会认知度。

5 结论

长三角地区为东部沿海地区,不仅夏季制冷需求高,随着冬季气温屡创新低,冬季供暖也已成为提高人民生活品质的迫切需求。三省一市普遍具有城乡建设规模大,经济发展快速,能源需求高的特点,而该区域地热能蕴藏量巨大,适合用于化石能源替代。虽然以往在当地政策的引导支持下,地热资源的开发利用得到了有效促进,创造了良好的社会、环境和经济效益,但与地热能需求量以及资源可利用量相比还相差甚远,因此,进一步加强政府引导和扶持力度,建立完善的用能规划和管理政策,进行科学合理的工程设计与运行策略动态调整,加强不同领域地热能开发利用示范工程建设,加大科研投入和宣传科普,才能真正实现地热资源的规模化开发利用。长三角地区是全国经济发展的龙头,是实现“双碳”目标的关键地区,科学引导和积极推动地热能整体化、规模化、系统化高质量开发利用必将为该区域实现“双碳”目标作出积极贡献。

参考文献 (References)

- [1] 黄坚, 孙婉, 王小清. 上海市浅层地热能开发利用现状与发展模式探究[J]. 太阳能, 2017(12): 6-9.
- [2] 王建奎, 林奕, 陈永攀, 等. 浙江省地源热泵的发展与思考[J]. 浙江建筑, 2015, 32(12): 49-52.
- [3] 鄂建, 周荣根, 陈火根, 等. 浅层地温能开发利用管理研究—以江苏省南京市为例[J]. 中国国土资源经济, 2013, 26(3): 31-35.
- [4] 寇利, 高世轩, 王晓阳, 等. 上海地区地源热泵系统能效调研与节能量分析[J]. 上海国土资源, 2016, 37(4): 69-71.
- [5] 夏婵, 卜震. 上海某公共建筑地源热泵系统实际应用效果测试及分析[C]//第十一届国际绿色建筑与建筑节能大会暨新技术与产品博览会论文集——S08 可再生能源在建筑中应用的最新发展. 北京: 中国城市科学研究会, 2015: 45-49.
- [6] 吴雪琴. 地源热泵及储能复合能源系统运行优化研究[D]. 南京: 东南大学, 2018.
- [7] 杜涵. 地源热泵复合系统机组群控及优化运行策略研究[D]. 济南: 山东建筑大学, 2020.
- [8] 李立, 徐昕远, 任明, 等. 地源热泵系统冬季运行测试及控制策略研究[J]. 湖南工程学院学报(自然科学版), 2016, 26(1): 6-9.
- [9] 吴春玲, 惠超微, 王雯翡, 等. 地源热泵间歇运行方式对地温恢复和机组能效的影响研究[J]. 制冷与空调, 2014, 28(4): 410-414.
- [10] 李骁龙. 地源热泵系统运行维护中的关键问题研究[J]. 城市地质, 2014, 9(S1): 129-134.
- [11] 地源热泵案例: 打造“地热+”行业标杆 地大热能智慧清洁能源[EB/OL]. (2022-01-05) [2022-12-24]. <http://blog.hbdrn.com/?p=2378>.
- [12] 朱兵. 地源热泵机房的设计及节能智能控制系统 EICS 的研究[D]. 合肥: 安徽建筑大学, 2018.
- [13] 张晓卯. 合同能源管理: 公共机构碳达峰与碳中和的解决之道——以上海市公共机构合同能源管理为例[J]. 中国行政管理, 2021(11): 157-159.
- [14] 郑文明. 合同能源管理在金茂大厦的实践与探索[J]. 绿色建筑, 2021, 13(5): 93-95.
- [15] 傅渊. 上海市财税综合楼合同能源管理实例分析[J]. 中国机关后勤, 2021(2): 44-45.
- [16] 江苏省机关事务管理局. 江苏省公共机构合同能源管理阔步前行[J]. 中国机关后勤, 2020(2): 36-37.
- [17] 江苏省机关事务管理局. 江苏省省级机关首个托管型合同能源管理项目落地[EB/OL]. (2021-10-14) [2022-12-23]. http://glj.jiangsu.gov.cn/art/2021/10/14/art_2836_10070518.html.
- [18] 朱聪, 丁婧. 公共机构集中统一组织合同能源管理模式研究及示范应用[J]. 上海节能, 2021(9): 941-946.
- [19] 朱玉华, 冯国会, 盖群. 合同能源管理下的地源热泵项目管理研究[J]. 节能, 2016, 35(12): 7-10.
- [20] 张林兵. 合同能源管理模式下地源热泵系统的传热与经济性分析[D]. 石家庄: 河北科技大学, 2021.

Development, utilization and management of geothermal resources in Yangtze River Delta

YANG Lianping¹, HUANG Jian^{2,3}, WANG Qinghua^{2,3*}, WANG Jiyang⁴

1. Shanghai Geological Society, Shanghai 200072, China
2. Shanghai Geological Engineering Exploration (Group) Co., Ltd, Shanghai 200072, China
3. Shanghai Shallow Geothermal Energy Engineering Technology Research Center, Shanghai 200072, China
4. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

Abstract Geothermal resources are abundant in the Yangtze River Delta, but the degree of exploitation and utilization is relatively low. The geothermal resources development and utilization status, planning and management policy status of three provinces and one city in the Yangtze river delta is summarized in this paper; and the existing problems are analyzed from the aspects of government management, operation and maintenance management of geothermal projects; and then the corresponding countermeasures and suggestions are put forward.

Keywords the Yangtze River Delta; geothermal resources; contract energy management ●



(责任编辑 祝叶华)