

# 长三角地区地热资源建筑利用需求及环境效益分析

黄坚<sup>1,2</sup>, 孙婉<sup>1,2\*</sup>, 王庆华<sup>1,2</sup>, 王小清<sup>1,2</sup>, 王晓阳<sup>1,2</sup>, 杨梅芳<sup>1,2</sup>

1. 上海市地矿工程勘察(集团)有限公司, 上海 200072

2. 上海浅层地热能工程技术研究中心, 上海 200436

**摘要** 对长三角地区地热资源的建筑应用需求进行了预测, 基于需求量对地热资源开发利用潜在的环境效益进行了评估。结果表明, 长三角地区地热资源建筑应用需求旺盛, 开发利用产生的环境效益显著。研究认为, 长三角地区地热资源综合开发利用, 对于促进长三角地区“一体化”和“高质量”的发展十分有利。

**关键词** 地热资源; 长三角地区; 建筑应用; 环境效益

2020年9月, 中国作出2030年前实现“碳达峰”、2060年前实现“碳中和”承诺。包括地热能在内的可再生能源将在未来的能源利用中发挥更大作用<sup>[1]</sup>。地热资源作为一种极具竞争力清洁的可再生能源, 可替代传统化石能源, 用于发电和供暖制冷等, 规模化、高质量开发利用地热资源具有重要的现实意义<sup>[2-4]</sup>。

截至2020年底, 中国地热能供暖制冷面积累计达到13.9亿m<sup>2</sup>, 这不仅节约了煤炭等化石能源, 更重要的是减少了CO<sub>2</sub>温室气体的排放, 有效地避免了致霾颗粒的扩散, 为解决日趋严重的环境问题作出重要贡献。经济发达的长江三角洲地区地处中国东部沿海, 浅层地热能资源丰富, 虽不具备滇

藏等地的高温地热, 但是属于中低温地热开发利用的有利远景区和浅层地热能开发利用条件优越区, 地热供暖(制冷)的条件很有利。目前长三角地区利用地热供暖和制冷的建筑面积仅有0.75亿m<sup>2</sup>, 不足可利用的2%, 冬季供暖和夏季制冷是困扰该地区能源界的一个大问题<sup>[5-6]</sup>。近年来, 长三角地区的各区域之间的经济发展越来越紧密, 迫切需要在地热开发利用进行整体谋划。在“十四五”规划中明确提出的2025年全国地热能建筑应用面积1亿m<sup>2</sup>以上的目标下, 上海、江苏、安徽分别设立了新增浅层地热利用面积500万m<sup>2</sup>、新增地热能建筑应用面积300万m<sup>2</sup>以及地热能建筑供暖制冷应用面积2000万m<sup>2</sup>的目标<sup>[7-10]</sup>。

收稿日期: 2022-10-30; 修回日期: 2023-02-24

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: 黄坚, 正高级工程师, 研究方向为地热资源开发利用政策制定及管理, 电子信箱: huang\_jane@sina.com; 孙婉(通信作者), 高级工程师, 研究方向为地热资源开发利用技术, 电子信箱: sunwan820224@126.com

引用格式: 黄坚, 孙婉, 王庆华, 等. 长三角地区地热资源建筑利用需求及环境效益分析[J]. 科技导报, 2023, 41(12): 25-32; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.12.004

# 1 长三角地区地热资源开发利用现状

近年来,地热资源开发利用处于快速发展阶段。长三角地区具备得天独厚的经济社会环境与区位优势,为地热资源的勘查和开发利用提供了良好的条件<sup>[1]</sup>。中深层水热型地热资源利用形式以温泉旅游为主、水产养殖等其他方式为辅,带动了地方经济发展。浅层地热能的利用始于20世纪60年代。近10年,地源热泵在建筑物空调系统中的应用得到快速发展,并取得了良好的节能效果<sup>[2]</sup>。

长三角地区中深层地热资源开发利用主要集中在江苏、浙江和安徽。上海地区中深层地热资源勘查和开发利用尚处于探索阶段。江苏省拥有180多口地热井,年可开采地热水约3200万m<sup>3</sup>,目前正在开采的地热井有90多口,年利用地热水1081万m<sup>3</sup>,利用热量折合标准煤(简称标煤)约6.92万t。浙江省中深层地热利用以温泉康养为主,利用方式较为单一。截至2020年6月,共有19家地热水采矿权人,批准的年允许开采量为390.435万m<sup>3</sup>,年允许开采热量4.34×10<sup>11</sup>kJ,折合标煤1.47万t。安徽省的水热型地热资源丰富,全省初步勘查深层地热60多处,水温达40~60℃,主要用于温泉康养和种植养殖等,但全省水热型地热资源总体开发利用程度还较低。

长三角地区浅层地热能开发利用程度较高,随着应对气候变化和节能减排行行动的不断推进,近几年,浅层地热能开发利用进入快速发展阶段。截至2019年,江苏省浅层地热能开发利用项目800个,使用面积4500万m<sup>2</sup>,约1/3是民用住宅,应用项目主要集中在苏中地区。浙江省主要城市浅层地热能,较适宜地埋管地源热泵系统应用,地下水源热泵应用较少,以居住建筑为主。安徽省浅层地热能开发适宜性好、方式多样。截至2018年,全省共有204处浅层地热能开发利用工程,建筑供暖制冷总服务面积2000万m<sup>2</sup>。其中土壤源热泵型(地埋管)工程171处,地下水源热泵型工程28处,地表水源热泵型工程5处。上海地区浅层地热能开发利用规模逐步提升,截至2021年底,浅层地热能利用

面积约1800万m<sup>2</sup>。抽样480个地源热泵项目分析发现,非中心城区项目数量占总数量70%以上;民用建筑工程项目数量超过90%,公共建筑应用面积最大,占比超过60%。

# 2 需求预测分析

## 2.1 指标选取

对长三角地区地热资源建筑利用需求量进行预测时,遵循全面性、代表性、相关性、准确性等原则,选取的指标直接和间接的反映影响地热资源需求的变化情况。

研究发现,地热资源建筑应用需求量可通过新增建筑面积、可再生能源占建筑能耗比例、地热能占建筑可再生能源应用比例等指标进行估算,再通过社会总能耗以及建筑空调能耗进行反向验证预测结果。

## 2.2 预测方法

### 2.2.1 预测模型

采用数据对比法对推算出的历年新增建筑面积指标进行验证,验证通过后,采用2021—2035年新增建筑面积、可再生能源占建筑能耗比例以及地热能占建筑可再生能源应用比例结果,计算地热资源建筑应用需求量,预测方法流程见图1。

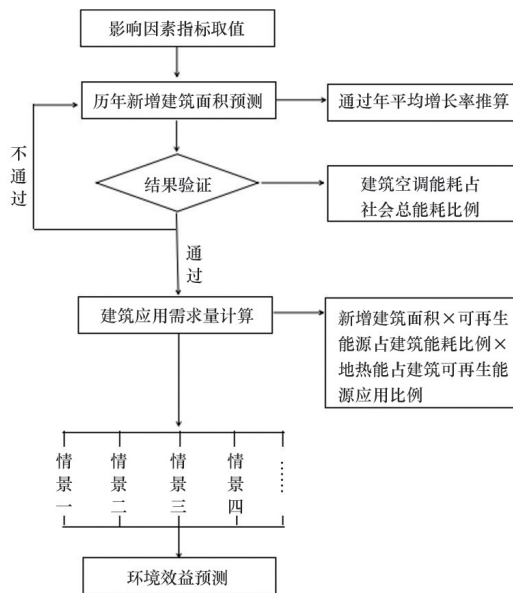


图1 需求量预测模型

根据搜集的数据资料可知:上海市、江苏省、浙江省及安徽省2009—2018年房屋竣工面积逐年小幅增长,年平均增长率分别约为3.5%、0.3%、0.7%及0.5%(数据来源:国家统计局)。2015年,国家可再生能源消费量占建筑能耗的比例达到10%,到2020年达15%以上(数据来源:财建[2011]61号文件),因此,预计2021—2035年,可再生能源消费量占建筑能耗的比例按每年1%递增。长三角地区建筑能耗中,地热能占建筑可再生能源应用比例约为30%。上海市、江苏省、浙江省及安徽省2011—2018年,社会总能耗逐年小幅递增,年平均增长率分别约为1.4%、1.7%、3.5%及2.9%(数据来源:国

家统计局)。建筑的能耗(包括建造能耗、生活能耗、空调能耗等)约占社会能源总消费量的30%,考虑建材生产过程中的能耗(占全社会总能耗的16.7%)和建筑相关的能耗占社会总能耗的46.7%,其中采暖和空调约占20%(数据来源:住房和城乡建设部)。

### 2.2.2 历年新增建筑面积预测及验证

以上海市房屋竣工面积3.5%的增长率为例,预测2021—2035年上海新增建筑面积,根据结果计算出历年建筑空调能耗占社会总能耗比例,并将预测值与统计值进行对比验证,预测结果见表1。

表1 建筑空调能耗占社会总能耗比例

| 年份/年 | 房屋竣工面积/万 m <sup>2</sup> | 建筑总量/万 m <sup>2</sup> | 建筑空调能耗/<br>万 t 标煤 | 社会总能耗/<br>万 t 标煤 | 建筑空调能耗占<br>社会总能耗比例/% |
|------|-------------------------|-----------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| 2021 | 7890                    | 160500                | 2130              | 11800            | 17                   |
| 2022 | 7890                    | 168400                | 2240              | 11900            | 18                   |
| 2023 | 7900                    | 176300                | 2340              | 12100            | 18                   |
| 2024 | 7900                    | 184200                | 2450              | 12300            | 19                   |
| 2025 | 7900                    | 192100                | 2550              | 12500            | 20                   |
| 2026 | 7910                    | 200000                | 2660              | 12600            | 20                   |
| 2027 | 7910                    | 207900                | 2760              | 12800            | 21                   |
| 2028 | 7910                    | 215900                | 2860              | 13000            | 21                   |
| 2029 | 7910                    | 223800                | 2970              | 13200            | 22                   |
| 2030 | 7910                    | 231700                | 3070              | 13400            | 22                   |
| 2031 | 7920                    | 239600                | 3180              | 13600            | 23                   |
| 2032 | 7920                    | 247500                | 3290              | 13700            | 23                   |
| 2033 | 7920                    | 255500                | 3390              | 13900            | 24                   |
| 2034 | 7930                    | 263400                | 3500              | 14100            | 24                   |
| 2035 | 7930                    | 271300                | 3600              | 14300            | 24                   |

预测结果可见,2021—2035年,建筑空调能耗占社会总能耗比例从17%增加24%,平均为21%,与住房和城乡建设部统计数据20%左右基本吻合,因此,新增建筑面积预测结果合理。

### 2.3 情景设定及预测结果

国家财政部、住房和城乡建设部发布的《关于进一步推进可再生能源建筑应用的通知》提出,要切实提高太阳能、地热能、生物质能等可再生能源在建筑用能中的比重。根据已有项目统计,上海地区建筑能耗中,地热能占建筑可再生能源应用比例

约为30%。因此,设定地热能占建筑可再生能源应用20%、30%、40%、50%这4个不同比例,对地热资源建筑应用需求量进行预测分析。

计算公式:

$$S_{\text{需}} = S_{\text{新}} \times V \times M \quad (1)$$

式中, $S_{\text{需}}$ 为地热资源建筑应用需求量,万 m<sup>2</sup>;  $S_{\text{新}}$ 为新增建筑面积,万 m<sup>2</sup>;  $V$ 为可再生能源占建筑能耗比例;  $M$ 为地热能占建筑可再生能源应用比例。

根据上述4种情景,对长三角地区2021—2035年地热资源建筑应用累计需求量进行预测,结果见

表2。由表2可以看出,同一占比情景下,地热资源建筑应用需求量在2021—2030年是2021—2025年的2.3倍,2021—2035年是2021—2025年的3.8倍,

随着新增建筑量的增加,地热资源需求量逐年增大。地热能占建筑可再生能源比例从20%增加到50%,地热资源建筑应用累计需求量约增加150%。

表2 长三角地区2021—2035年地热资源建筑应用累计需求量预测

| 年份/年      | 地热能占可再生能源比例/% | 地热资源建筑应用需求量/万 m <sup>2</sup> |        |       |       |        |
|-----------|---------------|------------------------------|--------|-------|-------|--------|
|           |               | 上海                           | 江苏     | 浙江    | 安徽    | 合计     |
| 2021—2025 | 20            | 1420                         | 14020  | 7820  | 2830  | 26090  |
|           | 30            | 2130                         | 21040  | 11720 | 4240  | 39130  |
|           | 40            | 2840                         | 28050  | 15630 | 5660  | 52180  |
|           | 50            | 3550                         | 35060  | 19540 | 7070  | 65220  |
| 2021—2030 | 20            | 3240                         | 31950  | 17770 | 6440  | 59400  |
|           | 30            | 4860                         | 47920  | 26650 | 9660  | 89090  |
|           | 40            | 6480                         | 63890  | 35530 | 12880 | 118780 |
|           | 50            | 8100                         | 79860  | 44420 | 16110 | 148490 |
| 2021—2035 | 20            | 5460                         | 53770  | 29800 | 10840 | 99870  |
|           | 30            | 8190                         | 80650  | 44770 | 16270 | 14988  |
|           | 40            | 10920                        | 10750  | 59690 | 21690 | 199800 |
|           | 50            | 13650                        | 134400 | 74610 | 27110 | 249770 |

### 3 环境效益计算分析

基于长三角地区地热资源建筑应用需求量预测结果,对地热资源开发利用环境效益计算分析。环境效益是以地热资源建筑节能为基础进行计算,节能量是指地源热泵系统与传统系统的耗能量差值。根据《DG/TJ08-2162—2015 可再生能源建筑应用测试评价标准》,对节能减排量进行计算。

#### 3.1 节能量计算方法

##### 1) 节能量指标计算。

(1) 夏季单位冷负荷节能量计算方法。通过与常规冷水机组进行节能比较,计算单位制冷节能量

$$ER_c = \frac{m_{gce}(COP_r - COP_c)}{COP_r \times COP_c} \quad (2)$$

式中, $ER_c$ 为夏季单位冷负荷节能量,kg 标煤/kW·h; $m_{gce}$ 为发电耗煤量,根据《DG/TJ08-2162—2015 可再生能源建筑应用测试评价标准》,每度电折合所耗标煤量为0.327 kg 标准煤/kW·h; $COP_r$ 为地源热泵制冷能效系数; $COP_c$ 为常规冷水机组制冷能效系数。

(2) 冬季单位热负荷节能量计算方法。采用

地源热泵系统冬季供暖与燃气锅炉进行比较,首先将地源热泵系统冬季供暖时耗电量折算成标煤消耗量,然后计算燃气锅炉提供相同热量的标煤消耗量,两者差值即为节能量,单位供暖节能量

$$ER_h = \frac{3.6 \times 10^3}{P \times E_{gce}} - \frac{m_{gce}}{COP_h} \quad (3)$$

式中, $ER_h$ 为冬季单位热负荷节能量,kg 标煤/kW·h; $P$ 为燃气锅炉效率,按照《JGJ/T132—2009 居住建筑节能检测标准》燃气锅炉效率的要求; $E_{gce}$ 为标煤的热量值,取29307 kJ/Kgce; $m_{gce}$ 为发电耗煤量,根据《DG/TJ08-2162—2015 可再生能源建筑应用测试评价标准》,每度电折合所耗标煤量为0.327 Kgce/kW·h; $COP_h$ 为地源热泵供暖能效系数。

(3) 夏季单位面积单位小时节能量计算方法:

$$ER_{ci1} = \frac{ERc1 \times Qj1}{s1 \times h1} \quad (4)$$

$$\bar{ER}_{ci} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (ER_{ci1} + ER_{ci2} + \dots + ER_{cin}) \quad (5)$$

式中, $ER_{ci1}$ 为项目1夏季单位面积单位小时节能量,kg 标煤/m<sup>2</sup>·h; $ERc1$ 为项目1夏季单位冷负荷节能量,kg 标煤/kW·h; $Qj1$ 为项目1夏季累计冷负荷,kw·h; $s1$ 为项目1建筑面积,m<sup>2</sup>; $h1$ 为项目1夏季运行时间,h; $\bar{ER}_{ci}$ 为夏季收集的n个项目单位面

积单位小时节能量的平均值, kg 标煤/m<sup>2</sup>·h;  $ER_{cin}$  为项目  $n$  夏季单位面积单位小时节能量, kg 标煤/m<sup>2</sup>·h;  $n$  为项目个数。

(4) 冬季单位面积单位小时节能量计算方法:

$$ER_{hi1} = \frac{ER_{h1} \times Q_{J1}}{S1 \times H1} \quad (6)$$

$$\bar{E}R_{hi} = \frac{1}{n} \sum_1^n (ER_{hi1} + ER_{hi2} + \dots + ER_{hin}) \quad (7)$$

式中,  $ER_{hi1}$  为项目 1 冬季单位面积单位小时节能量, kg 标煤/m<sup>2</sup>·h;  $ER_{h1}$  为项目 1 冬季单位热负荷节能量, kg 标煤/kW·h;  $Q_{J1}$  为项目 1 冬季累计热负荷, kW·h;  $S1$  为项目 1 建筑面积, m<sup>2</sup>;  $H1$  为项目 1 冬季运行时间, h;  $\bar{E}R_{hi}$  为冬季收集的  $n$  个项目单位面积单位小时节能量的平均值, kg 标煤/m<sup>2</sup>·h;  $ER_{hin}$  为项目  $n$  冬季单位面积单位小时节能量, kg 标煤/m<sup>2</sup>·h;  $n$  为项目个数。

2) 节能总量计算。

根据收集的  $n$  个典型项目系统能效、项目累计冷热负荷及项目建筑面积, 计算得出夏季、冬季单位负荷节能量, 夏季、冬季单位面积单位小时节能量, 基于长三角地区地热资源建筑应用累计需求量, 统一设定冬夏季运行时间, 计算总节能量:

$$ER_{\text{总}} = \bar{E}R_{ci} \times S_{\text{总}} \times h_{\text{长}} + \bar{E}R_{hi} \times S_{\text{总}} \times H_{\text{长}} \quad (8)$$

式中,  $ER_{\text{总}}$  为长三角地区地热资源建筑应用总节能量, t 标煤;  $S_{\text{总}}$  为长三角地区地热资源建筑应用总面积, m<sup>2</sup>;  $h_{\text{长}}$  为长三角地区地热资源建筑应用项目统一设定的夏季运行时间, h;  $H_{\text{长}}$  为长三角地区地热

资源建筑应用项目统一设定的冬季运行时间, h。

### 3.2 减排量计算方法

1) 二氧化碳减排量计算。

$$Q_{\text{CO}_2} = 2.47Q_{\text{bm}} \quad (9)$$

式中,  $Q_{\text{CO}_2}$  为二氧化碳减排量;  $Q_{\text{bm}}$  为标煤节约量, kg/年; 2.47 为标煤的二氧化碳排放因子。

2) 二氧化硫减排量计算。

$$Q_{\text{SO}_2} = 0.02Q_{\text{bm}} \quad (10)$$

式中,  $Q_{\text{SO}_2}$  为二氧化硫减排量, kg/年;  $Q_{\text{bm}}$  为标煤节约量, kg/年; 0.02 为标煤的二氧化硫排放因子, 无量纲。

3) 粉尘减排量计算。

$$Q_{\text{FC}} = 0.01Q_{\text{bm}} \quad (11)$$

式中,  $Q_{\text{FC}}$  为粉尘减排量, kg/年;  $Q_{\text{bm}}$  为标准煤节约量, kg/年; 0.01 为标煤的粉尘排放因子, 无量纲。

### 3.3 节能减排量计算结果

通过计算得出长三角地区地热资源建筑应用环境效益, 见表 3~表 6。地热能占建筑可再生能源比例为 20%、30%、40%、50% 时, 2021—2025 年, 节能量占长三角地区社会能源总消耗量比例分别为 1.0%、1.5%、2.0%、2.4%; 2021—2030 年, 节能量占长三角地区社会能源总消耗量比例分别为 3.0%、4.5%、5.9%、7.4%; 2021—2035 年, 节能量占长三角地区社会能源总消耗量比例分别为 5.7%、8.6%、11.4%、14.3%, 环境效益十分显著。

表 3 节能量计算结果

| 年份/年      | 地热能占可再生能源比例/% | 节能量/万 t 标煤 |       |      |     |       |
|-----------|---------------|------------|-------|------|-----|-------|
|           |               | 上海         | 江苏    | 浙江   | 安徽  | 合计    |
| 2021—2025 | 20            | 130        | 610   | 180  | 50  | 970   |
|           | 30            | 160        | 920   | 270  | 80  | 1430  |
|           | 40            | 210        | 1230  | 350  | 100 | 1890  |
|           | 50            | 210        | 1530  | 440  | 130 | 2310  |
| 2021—2030 | 20            | 340        | 2120  | 610  | 170 | 3240  |
|           | 30            | 430        | 3180  | 910  | 260 | 4780  |
|           | 40            | 520        | 4240  | 1200 | 350 | 6310  |
|           | 50            | 610        | 5300  | 1520 | 430 | 7860  |
| 2021—2035 | 20            | 390        | 4770  | 1370 | 390 | 6920  |
|           | 30            | 580        | 7150  | 2050 | 590 | 10370 |
|           | 40            | 780        | 9530  | 2740 | 780 | 13830 |
|           | 50            | 970        | 11900 | 3420 | 970 | 17260 |

表4 二氧化碳减排量计算结果

| 年份/年      | 地热能占可再生能源比例/% | 二氧化碳减排量/万 t 标煤 |       |      |      |       |
|-----------|---------------|----------------|-------|------|------|-------|
|           |               | 上海             | 江苏    | 浙江   | 安徽   | 合计    |
| 2021—2025 | 20            | 330            | 1520  | 440  | 120  | 2410  |
|           | 30            | 390            | 2270  | 660  | 190  | 3510  |
|           | 40            | 460            | 3030  | 880  | 250  | 4620  |
|           | 50            | 520            | 3790  | 1090 | 310  | 5710  |
| 2021—2030 | 20            | 840            | 5240  | 1510 | 430  | 8020  |
|           | 30            | 1060           | 7860  | 2260 | 640  | 11820 |
|           | 40            | 1290           | 10480 | 3010 | 860  | 15640 |
|           | 50            | 1510           | 13100 | 3770 | 1070 | 19450 |
| 2021—2035 | 20            | 1600           | 11780 | 3380 | 960  | 17720 |
|           | 30            | 2100           | 17700 | 5070 | 1440 | 26310 |
|           | 40            | 2590           | 23500 | 6760 | 1920 | 34770 |
|           | 50            | 3100           | 29400 | 8450 | 2400 | 43350 |

表5 二氧化硫减排量计算结果

| 年份/年      | 地热能占可再生能源比例/% | 二氧化碳减排量/万 t 标煤 |       |      |      |       |
|-----------|---------------|----------------|-------|------|------|-------|
|           |               | 上海             | 江苏    | 浙江   | 安徽   | 合计    |
| 2021—2025 | 20            | 2.7            | 12.3  | 3.5  | 1.0  | 19.5  |
|           | 30            | 3.2            | 18.4  | 5.3  | 1.5  | 28.4  |
|           | 40            | 3.7            | 24.5  | 7.1  | 2.0  | 37.3  |
|           | 50            | 4.2            | 30.7  | 8.8  | 2.5  | 46.2  |
| 2021—2030 | 20            | 6.8            | 42.4  | 12.2 | 3.5  | 64.9  |
|           | 30            | 8.6            | 63.6  | 18.3 | 5.2  | 95.7  |
|           | 40            | 10.4           | 84.8  | 24.4 | 6.9  | 126.5 |
|           | 50            | 12.2           | 106.0 | 30.5 | 8.7  | 157.3 |
| 2021—2035 | 20            | 12.9           | 95.3  | 27.4 | 7.8  | 143.4 |
|           | 30            | 16.9           | 143.0 | 41.0 | 11.7 | 212.7 |
|           | 40            | 20.9           | 190.7 | 54.7 | 15.6 | 281.9 |
|           | 50            | 25.0           | 238.3 | 68.4 | 19.5 | 351.2 |

表6 粉尘减排量计算结果

| 年份/年      | 地热能占可再生能源比例/% | 二氧化碳减排量/万 t 标煤 |       |      |     |       |
|-----------|---------------|----------------|-------|------|-----|-------|
|           |               | 上海             | 江苏    | 浙江   | 安徽  | 合计    |
| 2021—2025 | 20            | 1.3            | 6.1   | 1.8  | 0.5 | 9.7   |
|           | 30            | 1.6            | 9.2   | 2.6  | 0.8 | 14.2  |
|           | 40            | 1.8            | 12.3  | 3.5  | 1.0 | 18.6  |
|           | 50            | 2.1            | 15.3  | 4.4  | 1.3 | 23.1  |
| 2021—2030 | 20            | 3.4            | 21.2  | 6.1  | 1.7 | 32.4  |
|           | 30            | 4.3            | 31.8  | 9.1  | 2.6 | 47.9  |
|           | 40            | 5.2            | 42.4  | 12.2 | 3.5 | 63.3  |
|           | 50            | 6.1            | 53.0  | 15.2 | 4.3 | 78.7  |
| 2021—2035 | 20            | 6.5            | 47.7  | 13.7 | 3.9 | 71.7  |
|           | 30            | 8.5            | 71.5  | 20.5 | 5.8 | 106.3 |
|           | 40            | 10.5           | 95.3  | 27.4 | 7.8 | 141.0 |
|           | 50            | 12.5           | 119.2 | 34.2 | 9.7 | 175.6 |

## 4 结论及建议

### 4.1 结论

1) 中深层地热资源开发利用主要集中在江苏、浙江和安徽,上海地区中深层地热资源开发利用尚处于探索阶段。中深层水热型地热资源利用形式以温泉旅游为主,水产养殖等其他方式为辅,带动了地方经济发展。浅层地热能开发利用程度较高,广泛的应用于建筑及农业设施,开发利用形式还相对单一。

2) 长三角地区地热资源建筑应用需求量大,随着新增建筑量的增加,需求量逐年增大。2021—2030年地热资源建筑应用需求量是2021—2025年的2.3倍,2021—2035年是2021—2025年的3.8倍。

3) 地热资源开发利用环境效益显著。地热能占建筑可再生能源比例为20%、30%、40%、50%时,2021—2025年,长三角地区节能量占长三角地区社会能源总消耗量比例分别为1.0%、1.5%、2.0%、2.4%;2021—2030年,节能量占比分别为3.0%、4.5%、5.9%、7.4%;2021—2035年,节能量占比分别为5.7%、8.6%、11.4%、14.3%,节能减排效果优异。

### 4.2 建议

在“双碳”背景下,作为可再生能源的地热能需求量大,具有巨大的发展潜力和广阔的市场,将迎来大有可为的战略机遇期。

1) 制定长三角地区地热资源开发利用一体化发展规划。

2) 制定和完善管理政策,明确职责,规范管理。

3) 通过技术革新,引领地热能多样开发利用,驱动产业转型升级和提质增效,打造地热一流产

业,实现地热能科学化、高端化和智能化发展。

4) 加大宣传推广力度,提高社会化认知度,推动长三角地区地热资源示范应用。

### 参考文献(References)

- [1] 多吉,王贵玲. 加大深部热能探采技术攻关 持续推进地热资源规模化开发[J]. 科技导报, 2022, 40(20): 1.
- [2] 李文,孔祥军,袁利娟,等. 中国地热资源概况及开发利用建议[J]. 中国矿业, 2020, 29(S1): 2-26.
- [3] 蒙学礼. 地能地热的开发利用[J]. 综述专论, 2022, 6: 109-111.
- [4] 王贵玲,刘彦广,朱喜,等. 中国地热资源现状及发展趋势[J]. 地学前缘, 2020, 27(1): 1-9.
- [5] 国际新能源网. 汪集暘院士:加速规模化开发长三角地区地热能源[EB/OL]. (2021-03-10) [2022-02-14]. <https://newenergy.in-en.com/html/newenergy-2402335.shtml>.
- [6] 汪集暘. 地热理应在雾霾治理和南方供暖/制冷中发挥更大的作用[J]. 科技导报, 2015, 33(24): 1.
- [7] 住房和城乡建设部.“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划[S/OL]. [2022-03-01]. [http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/12/content\\_5678698.htm](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/12/content_5678698.htm).
- [8] 上海市发展和改革委员会. 上海市能源电力领域碳达峰实施方案[S/OL]. [2022-08-11]. [https://fgw.sh.gov.cn/fgw\\_ny/20220811/9d34b9bc81a745a8be9c0b4368a70de1.html](https://fgw.sh.gov.cn/fgw_ny/20220811/9d34b9bc81a745a8be9c0b4368a70de1.html).
- [9] 江苏省住房和城乡建设厅. 江苏省建筑业“十四五”发展规划[S/OL]. [2021-07-23]. [http://jscin.jiangsu.gov.cn/art/2021/7/23/art\\_49355\\_9897073.html](http://jscin.jiangsu.gov.cn/art/2021/7/23/art_49355_9897073.html).
- [10] 安徽省发展改革委,安徽省能源局. 安徽省能源发展“十四五”规划[S/OL]. [2022-05-25]. <https://fzggw.ah.gov.cn/public/7011/146796291.html>.
- [11] 杨晓敏,孟智远,王飞麟,等. 长三角地区地热应用前景分析[J]. 洁净与空调技术 CC&AC, 2019(4): 85-87.
- [12] 汪集暘,庞忠和,孔彦龙,等. 我国地热清洁取暖产业现状与展望[J]. 科技促进发展, 2020, 16(3-4): 294-298.

## Analysis of demand and environmental benefit of geothermal utilization in buildings in the Yangtze River Delta region

HUANG Jian<sup>1,2</sup>, SUN Wan<sup>1,2\*</sup>, WANG Qinghua<sup>1,2</sup>, WANG Xiaoqing<sup>1,2</sup>, WANG Xiaoyang<sup>1,2</sup>, YANG Meifang<sup>1,2</sup>

1. Shanghai Geological Engineering Exploration (Group)co.,Ltd,Shanghai 200072,China

2. Shanghai Development Research Center for Shallow Geothermal Energy , Shanghai 200436, China

**Abstract** As a clean and renewable energy, the utilization of geothermal resources has practical significance for adjustment of national energy structure, energy conservation, emission reduction, and the realization of the "dual carbon goals". The Yangtze River Delta is a favorable area for the development and utilization of geothermal resources due to its developed economy, large population density and large reserves of geothermal resources. Based on extensive research and data collection, this paper predicts the demand for building applications of geothermal resources in the Yangtze River Delta, and evaluates and analyzes the potential environmental benefits of geothermal resources development and utilization based on the demand. The results show that the building energy of geothermal resources is abundant, and the environmental benefits are significant in the Yangtze River Delta. It is believed that the comprehensive development and utilization of geothermal resources in the Yangtze River Delta region is very beneficial to promote the "integration" and "high-quality" development of the Yangtze River Delta region.

**Keywords** geothermal resources; the Yangtze River Delta; building energy; environmental benefit ●



(责任编辑 祝叶华)