

黑龙江省地热能供暖专项规划

黑龙江省生态地质调查研究总院

哈尔滨工业大学

2020年11月

黑龙江省地热能供暖专项规划编制人员

项目负责人：张峰龙 倪 龙

项目技术负责人：刘 光 王 芑

项目经济负责人：赵什维 周超辉

参 编 人 员：毛 丁 李 昌 董世豪
于洪涛 王荣环 马 翠
李恒岩 金永亮 王 荣
杨博文 刘男男 王晓妍

目 录

第 1 章 概述.....	1
1.1 规划区概况.....	1
1.2 规划背景及意义.....	3
1.3 规划依据.....	5
1.4 规划年限.....	6
1.5 规划范围.....	6
1.6 规划原则.....	7
1.7 规划目标.....	7
第 2 章 地热能资源分布与特征.....	8
2.1 地热能资源概述.....	8
2.2 地热水分布与特征.....	11
2.3 浅层地热能分布与特征.....	13
2.4 中深层地热能分布与特征.....	14
2.5 浅层和中深层地埋管地热能采集系统供热能力.....	19
第 3 章 地热能供暖现状与规划.....	22
3.1 供暖现状.....	22
3.2 地热能供暖现状.....	23
3.3 地热能供暖系统技术方案.....	24
3.4 地热能供暖系统地区间技术经济指标对比.....	25
3.5 地热能供暖系统适宜性分区规划.....	28
3.6 地热能供暖系统重点布局规划.....	29
3.7 各地区地热能供暖系统规划评述.....	31
3.8 地热能供暖监控管理系统规划.....	37
第 4 章 节能效益分析.....	41
4.1 能耗指标测算依据和方法.....	41
4.2 地热能供暖系统能耗指标.....	46
4.3 地热能供暖系统节能分析.....	55
4.4 地热能供暖系统节能措施.....	61
第 5 章 环境与社会效益分析.....	62
5.1 环境现状.....	62

5.2 环境效益分析.....	66
5.3 社会效益分析.....	68
第 6 章 经济效益分析.....	69
6.1 经济指标测算依据和方法.....	69
6.2 地热能供暖系统经济指标.....	70
6.3 地热能供暖投资估算.....	78
6.4 敏感性分析.....	79
第 7 章 保障措施.....	84
第 8 章 结论.....	86

附图目录

- 附图 01 黑龙江省浅层地埋管地热能资源分布图
- 附图 02 黑龙江省中深层地埋管地热能资源分布图
- 附图 03 黑龙江省地热能供暖现状图
- 附图 04 典型地热水热泵梯级利用供暖系统原理图
- 附图 05 典型浅层地埋管地源热泵供暖系统原理图
- 附图 06 典型中深层地埋管地热能供暖系统原理图
- 附图 07 黑龙江省浅层地埋管地源热泵供暖适宜性分区及规划图
- 附图 08 黑龙江省中深层地埋管地热能供暖适宜性分区及规划图（新建居住建筑）
- 附图 09 黑龙江省中深层地埋管地热能供暖适宜性分区及规划图（新建公共建筑）
- 附图 10 黑龙江省中深层地埋管地热能供暖重点示范区、积极示范区与鼓励试点示范区规划图

图目录

图 4-1 地热水热泵梯级利用供暖系统原理示意	43
图 4-2 适用城市浅层地埋管地源热泵供暖系统耗电量.....	48
图 4-3 新建居住建筑应用中深层地埋管地热能供暖系统的耗电量.....	54
图 4-4 新建公共建筑应用中深层地埋管地热能供暖系统的耗电量.....	54
图 4-5 不同地区浅层地埋管地源热泵供暖系统节能率.....	60
图 4-6 不同地区中深层地埋管地热能供暖系统节能率.....	61
图 5-1 2019 年 13 个城市环境空气质量综合指数排名情况	62
图 5-2 2019 年 13 个城市 PM _{2.5} 排名情况.....	63
图 5-3 2019 年全省 PM _{2.5} 浓度空间分布示意.....	63
图 5-4 2019 年 13 个城市 PM ₁₀ 排名情况	64
图 5-5 2019 年全省 PM ₁₀ 浓度空间分布示意	64
图 5-6 2019 年全省各污染物浓度及同比情况	65
图 5-7 2019 年全省 13 个城市供暖期与非供暖期优良天数比例对比情况.....	66
图 5-8 2019 年全省供暖期与非供暖期污染物浓度对比情况	66
图 6-1 新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统的费用年值.....	77
图 6-2 新建公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统的费用年值.....	77
图 6-3 电价对新建居住建筑应用中深层地埋管地热能供暖系统费用年值的影 响.....	81
图 6-4 钻井及换热管道成本对新建居住建筑应用中深层地埋管地热能供暖系 统费用年值的影响.....	82
图 6-5 供暖室外计算温度对新建居住建筑应用中深层地埋管地热能供暖系统 费用年值的影响.....	83

表目录

表 2-1 黑龙江省中深层地热能资源计算条件	14
表 2-2 浅层地埋管地热能采集系统供热能力	20
表 2-3 中深层地埋管地热能采集系统供热能力	20
表 3-1 黑龙江省地热能供暖现状	23
表 3-2 新建居住建筑浅层和中深层地埋管地热能供暖系统技术经济指标....	26
表 3-3 新建公共建筑浅层和中深层地埋管地热能供暖系统技术经济指标....	27
表 3-4 地热能供暖系统适宜性分区	29
表 3-5 新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统净现值和内部收益率....	30
表 3-6 新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统重点布局区域.....	31
表 4-1 黑龙江省各地区气象参数	41
表 4-2 黑龙江省各地区热指标取值	42
表 4-3 地热水热泵梯级利用供暖系统耗电量指标.....	46
表 4-4 浅层地埋管地源热泵供暖系统耗电量指标.....	47
表 4-5 黑龙江省 13 个市（地）应用中深层地埋管地热能供暖系统计算条件	49
表 4-6 新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统耗电量指标.....	50
表 4-7 既有居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统耗电量指标.....	51
表 4-8 新建公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统耗电量指标.....	52
表 4-9 既有公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统耗电量指标.....	53
表 4-10 新建居住建筑不同供暖系统标准煤耗指标.....	56
表 4-11 既有居住建筑不同供暖系统标准煤耗指标.....	57
表 4-12 新建公共建筑不同供暖系统标准煤耗指标.....	58
表 4-13 既有公共建筑不同供暖系统标准煤耗指标.....	59
表 6-1 黑龙江省 13 个地级城市供暖收费价格	69
表 6-2 地热能供暖系统相关部件和设施计算使用年限.....	70
表 6-3 改造地热水热泵梯级利用供暖系统的经济指标.....	71
表 6-4 适用浅层地埋管地源热泵供暖系统城市的经济指标.....	72
表 6-5 新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统经济指标.....	73
表 6-6 既有居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统经济指标.....	74
表 6-7 新建公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统经济指标.....	75

表 6-8 既有公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统经济指标..... 76

第1章 概述

1.1 规划区概况

(1) 地理位置

黑龙江省位于中国东北部，是中国位置最北、纬度最高的省份，西起 121°11'E，东至 135°05'E，南起 43°26'N，北至 53°33'N，东西跨越 14 个经度，南北跨越 10 个纬度。北、东部与俄罗斯隔江相望，西部与内蒙古自治区相邻，南部与吉林省接壤。全省土地总面积 47.3 万 km²（含加格达奇和松岭区），居全国第 6 位，边境线长 2981.26km^①。

(2) 地形地貌

黑龙江省地貌特征为“五山一水一草三分田”。地势大致是西北、北部和东南部高，东北、西南部低，主要由山地、台地、平原和水面构成。西北部为东北-西南走向的大兴安岭山地，北部为西北-东南走向的小兴安岭山地，东南部为东北-西南走向的张广才岭、老爷岭、完达山脉。兴安山地与东部山地的山前为台地，东北部为三江平原（包括兴凯湖平原），西部是松嫩平原。黑龙江省山地海拔高度大多在 300~1000m 之间，面积约占全省总面积的 58%；台地海拔高度在 200~350m 之间，面积约占全省总面积的 14%；平原海拔高度在 50~200m 之间，面积约占全省总面积的 28%。有黑龙江、松花江、乌苏里江、绥芬河等多条河流；有兴凯湖、镜泊湖、五大连池等众多湖泊^①。

(3) 气候特征

黑龙江省属于寒温带与温带大陆性季风气候。全省从南向北，依温度指标可分为中温带和寒温带。从东向西，依干燥度指标可分为湿润区、半湿润区和半干旱区。全省气候的主要特征是春季低温干旱，夏季温热多雨，秋季易涝早霜，冬季寒冷漫长，无霜期短，气候地域性差异大。

黑龙江省的降水表现出明显的季风性特征。夏季受东南季风的影响，降水充沛，冬季在干冷西北风控制下，干燥少雨。全年平均气温在 0.4℃（加格达奇）~5.9（大庆）℃之间。最冷月（一月）平均气温-23.6℃（加格达奇）至-16.7℃（鸡西），最热月（七月）平均气温 20.3℃（加格达奇）至 25.3℃

^① 数据来源于黑龙江省人民政府门户网站。

(大庆), 年温差最高为 43.9°C^②。

(4) 水系水文

黑龙江省水系发达, 河流纵横, 湖泊遍布; 河流水量大, 水力蕴藏丰富。境内有黑龙江、乌苏里江、松花江、绥芬河四大水系, 流域面积 50km² 及以上河流 2881 条, 总长度为 9.21 万 km。黑龙江省境内主要湖泊有兴凯湖、镜泊湖、连环湖等, 常年水面面积 1km² 及以上湖泊 253 个, 其中: 淡水湖 241 个, 咸水湖 12 个, 水面总面积 3037km² (不含跨国界湖泊境外面积)^①。

(5) 自然资源

1) 水资源

黑龙江省年平均水资源量 810 亿 m³, 其中地表水资源 686 亿 m³, 地下水资源 124 亿 m³^①。

2) 土地资源

黑龙江省耕地面积共 1594.09 万 hm², 占全省土地总面积的 33.87%; 园地面积 4.49 万 hm², 占 0.09%; 林地面积 2324.52 万 hm², 占 49.39%; 草地面积 203.47 万 hm², 占 4.32%; 城镇村及工矿用地面积 12.20 万 hm², 占 2.59%; 交通运输用地面积 59.28 万 hm², 占 1.26%; 水域及水利设施用地面积 218.24 万 hm², 占 4.63%; 其它土地面积 180.88 万 hm², 占 3.85%。全省人均耕地面积 0.416 公顷 (合 6.24 亩 / 人)^①。

3) 林业资源

全省森林面积 2147.5 万 hm², 森林覆盖率达到 47.2%, 森林蓄积量 21.31 亿 m³。其中, 人工林 330.3 万 hm², 占总面积的 15.4%; 天然林 1817.2 万 hm², 占总面积的 84.6%^③。

4) 矿产资源

黑龙江省是矿产资源大省。截至 2018 年底, 全省共发现各类矿产 135 种 (含亚矿种、下同), 其中已查明资源储量的矿产有 84 种, 占全国当年 230 种具有查明资源储量矿产的 36.52%。具有查明资源储量的 84 种矿产分为四大类, 其中能源矿产 6 种; 金属矿产 28 种 (黑色金属矿产 3 种, 有色金属矿产 11 种, 贵金属矿产 6 种, 稀有、稀土、分散元素矿产 8 种), 非金属矿产 48 种 (冶金辅助原料非金属矿产 7 种, 化工原料非金属矿产 6 种, 建材及其

^② 数据来源于黑龙江省统计局于 2020 年 01 月 20 日所发布的《黑龙江统计年鉴 (2019)》。

^③ 数据来源于黑龙江省自然资源厅门户网站, 数据发布时间为 2019 年 11 月 11 日。

它非金属矿产 35 种), 水气矿产 2 种。尚未查明资源储量的矿产有 51 种。

截至 2018 年底, 全省现有各类矿山 2024 个, 其中外资及港、澳台商投资企业 9 个, 内资企业 2015 个; 国有企业 139 个, 占 6.87%, 集体企业 150 个, 占 7.41%, 私营企业 1087 个, 占 53.71%, 其它矿山 648 个。2018 年, 全省开发利用矿种 62 个, 年产矿量 14948.17 万吨, 其中煤炭产量 5213.77 万吨, 金属矿石产量 2773.09 万吨, 非金属矿石产量 6894.39 万吨, 矿泉水产量 66.92 万吨^③。

(6) 人口

据人口抽样调查, 2019 年, 全省人口出生率为 5.73‰, 死亡率为 6.74‰, 人口自然增长率为-1.01‰。年末常住总人口 3751.3 万人, 比上年减少 21.8 万人。其中, 城镇人口 2284.5 万人, 乡村人口 1466.8 万人。常住人口城镇化率为 60.9%, 比上年提高 0.8 个百分点。0—14 岁人口占全省总人口的比重为 10.3%, 65 岁及以上人口占全省总人口的比重为 13.8%^①。

(7) 经济

2019 年, 黑龙江省实现地区生产总值 (GDP) 13612.7 亿元, 按可比价格计算, 比上年增长 4.2%。其中, 第一产业增加值 3182.5 亿元, 增长 2.4%; 第二产业增加值 3615.2 亿元, 增长 2.7%; 第三产业增加值 6815.0 亿元, 增长 5.9%。三次产业结构为 23.4 : 26.6 : 50.0。全省人均地区生产总值实现 36183 元, 比上年增长 4.7%^①。

1.2 规划背景及意义

随着社会经济发展和人民生活水平的提高, 供暖需求不断增长, 供暖工程发展空间巨大。同时, 压减燃煤消费、大气污染防治和提高可再生能源消费比例等节能减排要求, 为清洁能源供暖的发展创造了机遇。根据《北方地区冬季清洁取暖规划 (2017~2021 年)》(发改能源〔2017〕2100 号)、《中共中央国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》(中发〔2018〕17 号) 等相关文件要求, 推动清洁能源供暖, 以绿色发展引领能源消费变革, 构建安全高效的现代能源体系, 实现清洁低碳发展, 是我国经济社会高质量发展的必然要求。

地热能是绿色低碳的可再生能源, 具有储量大、分布广、清洁环保等特点。地热能的综合开发利用, 不仅对于调整能源结构、节能减排、改善环境

具有重要意义，也是实现绿色、清洁、低碳、可持续发展目标的有效途径。黑龙江省地热资源丰富，市场潜力巨大，发展前景广阔。同时，地热能供暖有利于改善大气环境，消纳黑龙江省冬季过剩电力。

在“十二五”、“十三五”期间，黑龙江省积极开展地热能供暖示范项目建设，据不完全统计，截至2020年，推广地热能供暖面积448.50万m²。因受项目所在地地热能资源禀赋等相关因素影响，部分浅层地埋管地源热泵系统冷热需求不平衡，地下土壤温度持续下降形成“冷坑”，难以维持正常运行；部分地下水地源热泵或地热水供暖项目尾水回灌困难，存在浪费地下水或地热水资源的现象，需要进一步加强地热能供暖规划引领和技术指导。

2020年10月1日发布实施的地方标准《黑龙江省地热能供暖系统技术规程》（DB 23/T 2661-2020）根据黑龙江省气象和建筑条件，结合既有地热能供暖系统的运行模式，规范了地热能供暖系统的勘察、设计、施工和验收，避免了尾水回灌率低、能源利用效率低等现状问题，为地热能供暖发展提供了技术支持。

为深入贯彻习近平生态文明思想，践行绿色发展理念，推进能源生产和消费革命，以调整能源结构、防治大气污染、减少温室气体排放、推进新型城镇化为导向，以“取热不取水”为总纲，遵循“科学勘察、因地制宜，清洁高效、持续利用，政府引导、市场运作”的原则，编制《黑龙江省地热能供暖专项规划》（以下简称《规划》）。按照技术先进、环境友好、经济可行的总体要求，科学布局具有效能优势的地热能供暖系统，因地制宜地规划适宜性发展区域，布局梯级示范项目区域。重点推进中深层地热能供暖，适度发展浅层地热能供暖，实现地热资源的保护性开发利用。

《规划》的编制实施将推动黑龙江省地热能供暖市场的健康发展，在降低供暖能耗、改善空气质量的同时，也将带动黑龙江省可再生能源生产、设备制造、能源合同管理等相关行业的良性发展，通过供给侧结构性改革，在经济可行的基础上，创造良好的社会效益和环境效益，促进地热能供暖的可持续发展。

1.3 规划依据

1.3.1 国家和黑龙江省相关政策和法律性文件

- (1) 《中华人民共和国节约能源法》（主席令第七十七号）
- (2) 《中共中央国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》（中发〔2018〕17号）
- (3) 《北方地区冬季清洁取暖规划（2017~2021年）》（发改能源〔2017〕2100号）
- (4) 《地热能开发利用“十三五”规划》（发改能源〔2017〕158号）
- (5) 《黑龙江省“十三五”科技创新规划》（黑政规〔2017〕15号）
- (6) 《黑龙江省能源发展“十三五”规划》（黑发改煤炭〔2017〕568号）
- (7) 《黑龙江省人民政府关于印发黑龙江省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要的通知》（黑政发〔2016〕13号）
- (8) 《黑龙江省人民政府关于印发黑龙江省生态环境保护“十三五”规划的通知》（黑政发〔2016〕47号）
- (9) 《黑龙江省新能源和可再生能源产业发展规划（2010~2020年）》（黑政发〔2010〕13号）
- (10) 《关于推进全省城镇清洁供暖的实施意见》（黑建规范〔2017〕16号）
- (11) 《黑龙江统计年鉴（2019）》（黑龙江省统计局）
- (12) 《2019年黑龙江省环境状况公报》（黑龙江省生态环境厅）

1.3.2 国家、行业和地方标准

- (1) 《城市供热规划规范》（GB/T 51074-2015）
- (2) 《公共建筑节能设计标准》（GB 50189-2015）
- (3) 《水（地）源热泵机组》（GB/T 19409-2013）
- (4) 《民用建筑能耗标准》（GB/T 51161-2016）
- (5) 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB 50736-2012）
- (6) 《民用建筑热工设计规范》（GB 50176-2016）
- (7) 《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》（JGJ 26-2018）
- (8) 《黑龙江省居住建筑节能设计标准》（DB 23/1270-2019）

(9)《黑龙江省地热能供暖系统技术规程》(DB 23/T 2661-2020)

1.3.3 参考资料

- (1)《松辽平原石油普查总结报告》(1955~1963年)
- (2)《黑龙江省哈尔滨地区地下水热水普查(阶段性)报告》(1971~1973年)
- (3)《黑龙江省及哈尔滨地区地下热水调查报告》(1981~1984年)
- (4)《1:100万东北经济区地下热矿水资源分布图及说明书》(1985年)
- (5)《大庆—哈尔滨地段地热资源研究报告》(1991~1992年)
- (6)《松嫩平原暨哈尔滨地区地热资源勘察前期工作报告》(1991~1993年)
- (7)《黑龙江省哈尔滨市哈西北地区地热资源勘查前期论证报告》(1999年)
- (8)《哈尔滨市万宝地热区地热资源普查阶段性工作报告》(2001年)
- (9)《哈尔滨市松北区地热资源详查报告》(2002年)
- (10)《哈尔滨地热资源普查项目地球物理勘探综合成果报告》(2006年)
- (11)《黑龙江省双城市地热资源普查报告》(2010年)
- (12)《黑龙江省绥化市(北林区)地热资源普查报告》(2011年)
- (13)《绥化市地热资源预可行性勘查》(2012年)
- (14)《哈尔滨市浅层地温能调查评价》(2020年)
- (15)《黑龙江省主要城市浅层地温能开发区 1:5万水文地质调查》(2020年)

1.4 规划年限

规划年限为 2020~2025 年。

1.5 规划范围

规划范围为黑龙江省全域。

1.6 规划原则

(1) 科学勘察、因地制宜。根据各地区地热能资源特征、用能需求、经济社会发展条件及各类地热能利用技术特点，因地制宜开展地热能供暖项目建设。

(2) 清洁高效、持续利用。加强全过程管理，建立完善资源勘查与评价、项目开发与评估、环境监测与管理体制。严格地热能利用环境监管，确保“取热不取水”、不污染水土资源，有效保障地热能供暖的清洁开发和永续利用。

(3) 政府引导、市场运作。省级规划引导，市地政府实施，调动企业、社会团体和公众主动参与，采取企业投入、金融信贷支持、PPP 等模式，形成政府推动、社会资本参与、市场运作的建设和运营模式。

1.7 规划目标

根据黑龙江省地热能资源禀赋、气候特征及技术经济条件，遵循“取热不取水”和可持续发展原则，以哈尔滨、齐齐哈尔、牡丹江、佳木斯、大庆、鸡西、七台河、绥化、鹤岗等所辖不同区域为地热能供暖优先发展区和适度发展区。

重点开展中深层地埋管地热能供暖项目建设，以哈尔滨（松嫩盆地）为重点示范区，齐齐哈尔（松嫩盆地）、牡丹江（东宁盆地）、大庆（松嫩盆地）以及鸡西（鸡西盆地）为积极示范区，哈尔滨（方正-通河断凹、尚志断隆及胜利断凹）、佳木斯（勃利盆地）、鸡西（兴凯湖盆地）、七台河（勃利盆地）、绥化（松嫩盆地）为鼓励试点示范区，积极稳妥推进黑龙江省地热能清洁供暖。

鼓励全省各地在集中供热未覆盖区、超低能耗建筑、绿色建筑及城镇保障性安居工程等政府投资或主导的建筑工程中，率先打造示范项目。到 2025 年底，全省各地地热能供暖示范作用得到有效发挥，供暖建筑面积大幅增加，地热能资源保护和利用效率进一步提高，供暖能源结构进一步改善。

第2章 地热能资源分布与特征

2.1 地热能资源概述

地热能是赋存于地球内部岩土体、流体和岩浆体中，可开发和利用的热能。该资源属于绿色可再生能源，具有分布广、储量大、开发利用环境影响小等特点。黑龙江省地处兴安岭-内蒙地槽褶皱区和兴凯湖-布列亚山地块区的南部，自晚太古代以来（距今约 25 亿年）地层发育齐全，地质构造复杂，矿产储藏丰富。中、新生代以来（距今约 2.5 亿年），发育形成了众多沉积盆地，其间赋存着石油、天然气、煤炭等化石资源，同时赋存着资源量丰富且分布广泛的地热能资源。

依据黑龙江省地质勘探成果，结合石油系统部分探井揭露，以地热田形成机制和空间分布规模为区划原则，将黑龙江省地热能资源划分为五大区块。包括：I松嫩大型断（坳）陷盆地区块、II三江-兴凯湖中型断（坳）陷盆地区块、III小型山间盆地区块、IV大型地堑区块、V近代火山岩浆型区块。

2.1.1 松嫩大型断（坳）陷盆地

松嫩盆地是黑龙江省最大的大型断（坳）陷盆地，同时也是省域范围内发现的最大地热田。其覆盖的主要行政区域包括：哈尔滨市、齐齐哈尔市、大庆市、绥化市及黑河市。

该盆地系断坳转化复合沉积的地台型断（坳）陷盆地，大地热流值相对较高。盆地地层具两相结构，分基底和盖层，后者为陆相沉积岩及火山岩，其中以白垩系分布最广，厚度最大，是主要储热层。基底深部存在上地幔拱起带，呈 N20°E 左右延伸。由于地壳薄化及地幔顶部上拱，利于幔源热流向地壳散发，使盆地中部和东部具有高热流、高地温和高地温梯度特征。同时，盆地内中浅层地温场明显地服从多林斯库效应：背斜构造有聚热效应，向斜构造有散热效应。地下热水生成、运移、储集与深部基底和盖层断裂形成开启条件密切相关，这也是对流型地下热水系统形成不可缺少的条件。

从热源、水源、通道、储层和盖层等地热系统参数分析，该区块具有相对较优的热储结构。

2.1.2 三江-兴凯湖中型断（坳）陷盆地区块

三江-兴凯湖中、新生代断（坳）陷盆地莫霍面埋深 30km~35km，沉积了巨厚中生界地层，部分地带具有基底花岗岩放射性矿物蜕变释热及活动断裂摩擦生热、聚热附加热源条件，同时亦有深大断裂发育。区内具有良好的碎屑岩热储，但是盖层在局部呈不连续分布，表现为部分地段基底隆起（古潜山）直露地表，但影响范围有限。从佳木斯市已发现的地热异常，证实三江盆地具备成生地热（地下热水）资源的地质条件。

三江盆地所覆盖的主要行政区域包括：佳木斯市、双鸭山市及鹤岗市。兴凯湖盆地所覆盖的主要行政区域包括：鸡西市及双鸭山市。

2.1.3 小型山间盆地区块

黑龙江省小型山间盆地多属构造盆地，中、新生代地层沉积较松嫩、三江等大型断（坳）陷盆地相比较薄，地热能资源主要受控于深部构造和沉积地层厚度等地质参数。

（1）鸡西盆地、勃利盆地、宁安盆地

盆地深断裂发育，形成了深部热流上涌、热储构造背景。已有实测数据已经证明了该地质推断，如：双鸭山尖山子矿井实测地温梯度为 3.57°C/100m；鸡西平洋镇钻孔 800m，温度达到 48°C，地温梯度 5.67°C/100m；鸡西市城南钻孔 1000m 温度达到 62°C，地温梯度近 6°C/100m；平麻 80-2 井 740m 温度达到 66°C。

鸡西盆地所覆盖的主要行政区域包括：牡丹江市及鸡西市。勃利盆地所覆盖的主要行政区域包括：哈尔滨市、佳木斯市、鸡西市、双鸭山市及七台河市。宁安盆地所覆盖的主要行政区域为牡丹江市。

（2）孙吴盆地、嘉荫盆地

孙吴盆地、嘉荫盆地中、新生代地层沉积厚度 2200m~2499m，系含油盆地。石油能大量形成并保存的温度区间是 65.5°C~148.9°C，所以孙吴-嘉荫盆地应与松辽盆地具有近似的地热地质条件，具有良好热储潜力。

孙吴盆地所覆盖的主要行政区域为黑河市。嘉荫盆地所覆盖的主要行政区域包括：伊春市、鹤岗市及黑河市。

（3）漠河图强断裂盆地

经探明，该区西南克鲁多河上游 651 高地有一处火山口，属于古莲-盘古

火山带，喷发时期为中生代晚侏罗-早白垩世，以酸性火山活动为主，火山作用强烈，在额尔木河上游形成了一个近东-西走向的火山断陷沉积区。推测由于良好的热源条件，该区有望找到较好的地热能资源。

漠河盆地所覆盖的主要行政区域为大兴安岭地区。

2.1.4 大型地堑区块

(1) 依兰-舒兰地堑

依兰-舒兰地堑（简称依-舒地堑），自中生代以来沉积了巨厚地层，区别于黑龙江省其他盆地热储结构，其间沉积的古近系热储地层是最典型特点。

地堑内沉积地层主要为白垩系、古近系、新近系和第四系。其中，古近系、新近系是一套河湖相碎屑沉积，平均沉积厚度达 2500m 以上。

针对依-舒地堑地热地质特点，以汤原断陷区（地堑次级构造单元）地热地质条件为例说明。经地热地质详查和探井揭露，汤热 1 井井深 1920.58m，揭露的地层主要为新近系、古近系，单井出水量 720t/d，出水温度 40℃。石油部门施工的汤参 2 井，井深 2658m，揭露地层主要为第四系、新近系、古近系、石炭—二叠系。其中新近系和古近系沉积厚度 2579m。探井试油过程中对部分古近系水层进行了测试，估算汤参 2 井出水量 461.2t/d，井口水温 70℃。

综合分析，依-舒地堑热储在水源、储层、盖层、通道、热源等方面有显著比较优势，地热能资源潜力极佳，同时也是黑龙江省唯一具规模的新生代沉积盆地型热储。

(2) 敦化-密山地堑

经钻探揭露和抽水试验，推测敦化-密山地堑为地热生成有利地带，鸡东、穆棱一带具地热异常显示。如镜泊湖段施工的地热 1 井，井深 1579.40m，单井出水量 1080t/d，出水温度 48℃。推断敦密地堑镜泊湖段地热区宽度在 10km~15km，长度 30km。

2.1.5 近代火山岩浆型区块

黑龙江省火山岩浆型地热区为五大连池区块和镜泊湖区块。五大连池火山群某些地带有大量二氧化碳气体喷出，反映该区在地壳的一定深度存在高温热源迹象。通过对地质构造格局、近代火山活动、地震、大量释放二氧化碳及施工的 W9 井温度梯度异常等证据分析，表明该区块具备成控地热能资

源条件。据推断，区块内 1000m~3000m 局部蕴藏较高温度的中、小型地热区。

通过对以上五个地热能资源区块的数据统计，在众多中新生代沉积盆地中，沉积面积超过 500 km² 的有 23 个。其中，同时满足资源和经济指标，具备地热能资源开发利用潜力的盆地为 15 个，总面积约为 22.99 万 km²。在行政区划上，潜力盆地基本全部覆盖了省内主要地市，为资源开发利用提供了前提条件。具体包括：松嫩盆地、依-舒地堑（包括方正-通河断凹和依兰断隆、尚志断隆、胜利断凹）、孙吴盆地、嘉荫盆地、鹤岗盆地、三江盆地、勃利盆地、鸡西盆地、东兴盆地、东宁盆地、兴凯湖盆地、伊春盆地、双鸭山盆地、宁安盆地、漠河盆地。

2.2 地热水分布与特征

根据地质构造和地下热水的赋存条件，黑龙江省地下热水分布可划分为近期火山活动地下热水、隆起带地下热水、断（拗）陷带地下热水三种类型，每一类型地下热水，又可划分为若干地下热水带。

2.2.1 近期火山活动地下热水类型

近期火山活动地区往往是地热异常区，黑龙江省中生代以来火山喷发活动较强烈，特别是第四纪火山活动更为频繁。全省有第四纪火山群十几处，火山近百座，经分析下列三个第四纪火山活动区具有成控地下热水的条件。

(1) 五大连池火山群地下热水带

五大连池地区位于小兴安-松嫩地块沐河隆起带与松嫩中断（拗）陷带的接壤部位，断裂构造发育，且地壳较薄弱，火山活动频繁，并有连续的轻微地震发生。第四纪以来有多期火山喷发，十四座主火山锥多位于北东向与北西向构造交汇点上。火山活动表明，该区火山喷发时代较新，目前处于休眠期，但仍有微量硫化氢和大量二氧化碳气体逸出，说明是处于喷发的后期，余热尚存，是成控地下热水的有利基础。

(2) 科洛火山群地下热水带

该火山群处于南北向与东西向断裂交汇部位，现处于休眠期。在科洛南火山锥内壁有“霜塔”，测温达 8℃（据 1982 年资料）。火山群周围有微震发生（1~3 级），表明有活动断裂存在。因此，推测科洛火山群地区，具有生成

地下热水的可能。

(3) 镜泊湖火山群地下热水带

在地质构造上，镜泊湖火山群位于敦密断裂带，第四纪有多期火山喷发，现处于休眠期。该断裂带的某些地段有深源地震，震源深度最深达到 580km，震级 6~7 级。由于受深部构造控制，岩浆活动、火山活动较强烈，具有成控地下热水的条件。

2.2.2 隆起带地下热水类型

根据开发前景，将隆起带地下热水分为地热成控条件差的大、小兴安岭区和开发前景较好的东南部山地地下热水区。前者分布面积大，但未见温泉出露和地热异常。后者根据地热成控条件可分为：依-舒地下热水带、敦-密地下热水带、双鸭山地下热水带。

(1) 依-舒地下热水带（田）

区内发育活动型深大断裂构造，沿此构造带有多期玄武岩喷发和残留火山口分布。根据区域地质条件和地质钻孔揭露，推断此地带为潜力地下热水带（田）。

(2) 敦-密地下热水带

该地下热水带受控于敦-密断裂，沿断裂走向有残留火山群和大片新生代多期玄武岩分布，第四纪以来有多期火山喷发，推测该深大断裂应切穿上地幔。根据鸡西市部分钻孔揭露，推测此地带为潜力地下热水带。

(3) 双鸭山地下热水带

已有数据显示，该区断裂构造发育，地温梯度略高于全省正常地温梯度。周围有微震，震级 2~5.2 级，有可能存在地下热水带。

2.2.3 断（坳）陷带地下热水类型

根据开发前景，可分为开发前景差的三江盆地、兴凯湖盆地、乌云-捷雅盆地地下热水区和开发前景好的松嫩盆地地下热水区。前者目前都没有温泉出露和地热异常显示。后者根据地下热水的赋存条件可分为：林甸地下热水带（田）、哈尔滨地区地下热水带。

(1) 林甸地下热水带（田）

该热水带（田）位于松嫩中断（地）陷北部倾没区的南端，克山-依龙背斜带与乌裕尔凹陷接壤处，南邻中央坳陷的北端。次级构造为林甸穹隆状背

斜，其西翼被一近南北向断层所切割，热流沿断裂上升，地下水沿断裂深循环。该处沉积3000m以上中生代地层，据物探资料推测此处地壳厚度31.5km，是上地幔中生代隆起部位，热流易于传递和散失在地壳中，使地温增高，地温梯度增大。沉积盖层为中生代泥岩、砂岩，导热性差，近于隔热层，利于保温，更有利于热流聚集积累，在热流密度和其他条件相同的情况下，地温梯度与岩石导热率成反比。岩石的导热性影响其热力状态，故此处地温梯度增大。

通过数十口地热探井发现，林甸所处的构造部位具备成控地下热水田的条件，也是黑龙江省目前以探明开发前景最好的地下热水带（田）。

（2）哈尔滨地区地下热水带

哈尔滨地区在构造上属于松嫩盆地的一部分，中生代沉积较厚，为砂岩、泥岩、泥页岩互层。砂岩的渗透性能较好，赋存较丰富的承压水，是较好的孔隙型热储，具备较好的地下热水带形成条件。局部地区地壳相对较薄，上地幔隆起，利于热流传导，大地热流值亦相对较高；同时，盖层凸起，形成了穹隆或短轴背斜，且其上发育有盖层断裂，有利于地下水深循环和热流的集中及上移。具体包括：呼兰-庙台子热异常带、庙台子-哈尔滨市北热异常带、哈尔滨市（包括平房）地热异常带、对青山地热异常带、太平庄地热异常带、兰陵地热异常带等。

2.3 浅层地热能分布与特征

依据黑龙江省浅层地热能地质勘查报告，浅层地热能区划依据包括：第四系厚度、地下水渗流条件、地温场条件、钻探揭露和测试参数等。黑龙江省部分城市的浅层地热能地温场特征概述如下：

（1）佳木斯

佳木斯埋深0m~25m的地层为变温带，从埋深25m处开始进入恒温带，恒温带厚度约为10m，温度在7.5°C~8.0°C之间。恒温带以下是地温随深度逐渐增高的增温带，佳木斯地层的平均地温梯度大约为2.4°C/100m。

（2）鸡西、鹤岗、双鸭山、七台河

变温带埋深0m~30m，30m~50m处为恒温带，温度在7.0°C~7.5°C之间，平均地温梯度大约为2.4°C/100m。

（3）哈尔滨、齐齐哈尔、绥化、大庆

变温带埋深 0m~30m, 30m~45m 处为恒温带, 温度 7.2°C~8.9°C 之间。增温带地温梯度平均值为 3.3°C/100m。

2.4 中深层地热能分布与特征

依据区域地质、地热地质、矿产地质、水文地质勘查成果报告, 结合省内分布的地热探井、矿井和部分石油探井数据, 经统计分析, 得出黑龙江省各区段中深层地热能分布特征, 见表 2-1。

表 2-1 黑龙江省中深层地热能资源计算条件

盆地	包含市县面积	沉积厚度	地温梯度 (°C/100m)	砂岩平均占比	泥岩平均占比
漠河盆地 (18245km ²)	漠河县 (10947km ²)	侏罗系、白垩系累计沉积厚度大于 4000m	1.5	20-30	70-80
	塔河县 (5473km ²)				
	呼玛县 (1825 km ²)				
孙吴盆地 (2820 km ²)	爱辉县 (649 km ²)	侏罗系、白垩系累计沉积厚度大于 2000m	2.5-3.0	20-30	70-80
	孙吴县 (761 km ²)				
	逊克县 (1410 km ²)				
嘉荫盆地 (11450 km ²)	嘉荫县 (5840 km ²)	侏罗系、白垩系累计沉积厚度大于 3000m	2.5	20-30	70-80
	萝北县 (1260 km ²)				
	逊克县 (2862 km ²)				
	伊春市 (1488 km ²)				
伊春盆地 (2200 km ²)	伊春市 (1540 km ²)	白垩系沉积厚度大于 1000m	3.0	20-30	70-80
	逊克县 (396 km ²)				
	绥棱县 (264 km ²)				

第 2 章 地热能资源分布与特征

盆地	包含市县面积	沉积厚度	地温梯度 (°C/100m)	砂岩平均占比	泥岩平均占比
鹤岗盆地 (1200 km ²)	鹤岗兴安区 (660 km ²)	侏罗系、白垩系累计沉积厚度在4600m左右	3.0	20-30	70-80
	萝北县 (540 km ²)				
三江盆地 (40000 km ²)	抚远县 (6262 km ²)	侏罗系、白垩系、古近系、新近系累计沉积厚度大于3500m	2.5	20-30	70-80
	同江县 (6300 km ²)				
	富锦县 (8027 km ²)				
	桦川县 (2268 km ²)				
	汤原县 (1278 km ²)				
	萝北县 (1807 km ²)				
	绥滨县 (3344 km ²)				
	集贤县 (1750 km ²)				
	友谊县 (1345 km ²)				
	宝清县 (3100 km ²)				
	饶河县 (3043 km ²)				
双鸭山盆地 (537 km ²)	集贤县 (116 km ²)	侏罗系、白垩系累计沉积厚度1000m左右	3.5	20-30	70-80
	友谊县 (109 km ²)				
	宝清县 (312 km ²)				
勃利盆地 (9020 km ²)	桦南县 (1410 km ²)	侏罗系、白垩系累计沉积厚度3000m左右	3.0	20-30	70-80
	依兰县 (1525 km ²)				
	勃利县 (2940 km ²)				

黑龙江省地热能供暖专项规划

盆地	包含市县面积	沉积厚度	地温梯度 (°C/100m)	砂岩平均占比	泥岩平均占比
	茄子河区 (1315 km ²)				
	密山市 (1830 km ²)				
鸡西盆地 (3780 km ²)	穆棱县 (970 km ²)	侏罗系、白垩系累计沉积厚度大于2000m	3.5	20-30	70-80
	密山市 (320 km ²)				
	鸡东 (1150 km ²)				
	鸡西 (1340 km ²)				
宁安盆地 (2490 km ²)	穆棱县 (220 km ²)	侏罗系、白垩系累计沉积厚度大于1000m	2.5-3.0	20-30	70-80
	宁安县 (2270 km ²)				
东兴盆地 (1170 km ²)	木兰县 (912 km ²)	白垩系沉积厚度2000m左右	3.5	20-30	70-80
	巴彦县 (58 km ²)				
	庆安县 (200 km ²)				
东宁盆地 (1170 km ²)	东宁县 (500 km ²)	侏罗系、白垩系累计沉积厚度大于2000m	3.5	20-30	70-80
兴凯湖盆地 (10290 km ²)	虎林市 (6350 km ²)	侏罗系、白垩系、古近系、新近系累计沉积厚度3000m左右	3.0	20-30	70-80
	密山市 (3940 km ²)				
依-舒地堑 (10186 km ²)	萝北县 (1290 km ²)	古近系、新近系平均沉积厚度2500米以上	2.0-3.0	广大部分40-50，局部30-40	广大部分50-60，局部60-70
	汤原县 (3286 km ²)				
	依兰县 (749 km ²)				
	方正县 (1622 km ²)				

第 2 章 地热能资源分布与特征

盆地	包含市 县面积	沉积厚度	地温梯度 (°C/100m)	砂岩平 均占比	泥岩平 均占比
	延寿县 (1082 km ²)				
	尚志区 (1331 km ²)				
	五常区 (1456 km ²)				
松嫩盆地 (116000 km ²)	嫩江县 (2950 km ²)	侏罗系、白 垩系（零星 沉积古近 系、新近 系）累计沉 积厚度 7000m 左右	3.0-4.5	20-40	60-80
	五大连池市 (4900 km ²)				
	北安市 (6150 km ²)				
	讷河市 (6674 km ²)				
	克山县 (3186 km ²)				
	克东县 (2083 km ²)				
	拜泉县 (3599 km ²)				
	依安县 (3685 km ²)				
	富裕县 (4026 km ²)				
	甘南县 (4792 km ²)				
	碾子山区 (357 km ²)				
	龙江县 (6175 km ²)				
	富拉尔基区 (375 km ²)				
	昂昂溪区 (753 km ²)				
	梅里斯达斡尔 族区 (2078 km ²)				
	泰来县 (3996 km ²)				

黑龙江省地热能供暖专项规划

盆地	包含市县面积	沉积厚度	地温梯度 (°C/100m)	砂岩平均占比	泥岩平均占比
	林甸县 (3503 km ²)				
	杜尔伯特蒙古 族自治县 (6008 km ²)				
	让胡路区 (1394 km ²)				
	大同区 (2400 km ²)				
	肇州县 (2445 km ²)				
	肇源县 (4198 km ²)				
	肇东市 (4332 km ²)				
	兰西县 (2499 km ²)				
	安达市 (3586 km ²)				
	青冈县 (2686 km ²)				
	望奎县 (2320 km ²)				
	庆安县 (4556 km ²)				
	绥棱县 (3815 km ²)				
	海伦市 (4551 km ²)				
	巴彦县 (1752 km ²)				
	呼兰区 (2197 km ²)				
	宾县 (2282 km ²)				
	平房区 (94 km ²)				
	双城区 (3112 km ²)				

盆地	包含市县面积	沉积厚度	地温梯度 (°C/100m)	砂岩平均占比	泥岩平均占比
	阿城区 (1625 km ²)				
	道里区 (480 km ²)				
	道外区 (257 km ²)				
	南岗区 (183 km ²)				
	香坊区 (340 km ²)				
	松北区 (736 km ²)				
	五常市 (2870 km ²)				

各地区的地温梯度和沉积厚度对中深层地埋管地热能供暖系统起着决定作用。

2.5 浅层和中深层地埋管地热能采集系统供热能力

浅层和中深层地埋管地热能采集系统供热能力估算公式如下：

$$Q_{storage} = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 S q_l L}{1000 D^2} \quad (2-1)$$

- 式中 $Q_{storage}$ —— 供热能力估算值，GW；
 ε_1 —— 发展用地率，取 10%；
 ε_2 —— 土地可利用率，取 30%；
 ε_3 —— 埋管利用率，取 10%；
 S —— 地区面积，km²；
 q_l —— 单位埋深取热量，W/m，见第 4 章技术指标；
 L —— 地埋管埋深，m；
 D —— 地埋管间距，浅层地埋管间距取 5m，中深层地埋管间距取 20m。

根据公式 (2-1)，结合浅层和中深层地热能资源分布，表 2-2 和表 2-3 分别列了黑龙江省各地区浅层和中深层地埋管地热能采集系统的供热能力参考值。

表 2-2 浅层地埋管地热能采集系统供热能力

地区	地区面积 (km ²)	埋深 (m)	供热能力 (GW)
哈尔滨	53100	70	11.2
齐齐哈尔	42469	100	12.1
佳木斯	32460	80	6.9
大庆	21000	90	5.4
绥化	35000	55	5.2
合计	184029	--	40.8

表 2-3 中深层地埋管地热能采集系统供热能力

序号	盆地区域	地区面积 (km ²)	埋深 (m)	供热能力 (GW)
1	松嫩盆地	116000	2000	257.5
2	方正-通河断凹	1400	2000	2.4
3	依兰断隆、尚志断隆、胜利断凹	8786	2000	13.4
4	三江盆地	40000	2000	57.1
5	漠河盆地	18245	2000	17.7
6	孙吴盆地	2820	2000	4.4
7	嘉荫盆地	11450	2000	16.5
8	伊春盆地	2200	1200	1.4
9	东兴盆地	1170	800	0.2
10	双鸭山盆地	537	1000	0.2
11	勃利盆地	9020	2000	15.0
12	鸡西盆地	3780	2000	7.2
13	宁安盆地	2490	1200	1.5
14	东宁盆地	500	2000	1.0
15	鹤岗盆地	1200	2000	2.0
16	兴凯湖盆地	10290	2000	17.2
	合计	229888	--	414.7

注：方正-通河断凹与依兰断隆、尚志断隆、胜利断凹同属于依-舒地堑。

黑龙江省浅层和中深层地热能资源分布图见附图 01 和附图 02。由附图 01、02 和表 2-2、表 2-3 可知：

(1) 除哈尔滨、齐齐哈尔、佳木斯、大庆、绥化 5 个地区外，其它地区第四系厚度较浅，不具备浅层地埋管地热能采集系统供热能力。哈尔滨、齐齐哈尔、佳木斯、大庆、绥化 5 个地区总面积占黑龙江省行政面积的百分比为 38.9%。其中，齐齐哈尔供热能力最大，为 12.1 GW，其余依次为：哈尔

滨 (11.2 GW)、佳木斯 (6.9 GW)、大庆 (5.4 GW)、绥化 (5.2 GW), 合计 40.8 GW。

(2) 根据适合的沉积厚度、地温梯度、土壤导热系数等参数计算, 不考虑经济性时, 具备中深层地埋管地热能采集系统供热能力的盆地有 15 个, 合计约 22.99 万 km², 占黑龙江省行政面积的百分比为 48.6%。其中, 松嫩盆地供热能力最大, 为 257.5 GW, 其余供热能力超过 10 GW 以上的地区依次为: 漠河盆地 (17.7 GW)、兴凯湖盆地 (17.2 GW)、嘉荫盆地 (16.5 GW)、依-舒地堑 (方正-通河断凹与依兰断隆、尚志断隆、胜利断凹, 共 15.8 GW)、勃利益地 (15.0 GW), 合计 414.7 GW。

第3章 地热能供暖现状与规划

3.1 供暖现状

调研数据显示，黑龙江省全省现有房屋建筑总面积为 108000 万 m^2 ，集中供暖面积 95000 万 m^2 ，主要供暖方式为热电联产、区域锅炉房供热，其中热电联产供暖面积约为 52000 万 m^2 ；区域锅炉房供暖面积约为 43000 万 m^2 。集中供暖管网长度 2.6 万 km。

根据对供暖现状的调研发现：

（1）黑龙江省供热形式和能源结构较单一。

供暖能源仍以燃煤为主，尚存在相当比例的分散小锅炉、土暖气及小供暖炉灶等，效率低、设施陈旧、耗煤量大，冬季易对大气环境产生污染。

（2）清洁能源取暖率较低。

据不完全统计，黑龙江省目前的清洁能源供暖面积仅为 1641.32 万 m^2 ，占总供暖面积的 2.33%。除双鸭山市、伊春市、绥化市和大兴安岭地区无统计数据外，全省其他 9 个地级城市现有 1910.45 万 m^2 供暖面积不在清洁能源及集中供暖范围内，其中哈尔滨市有 318.51 万 m^2 ，占比 16.67%；齐齐哈尔市有 50 万 m^2 ，占比 2.62%；牡丹江市有 88 万 m^2 ，占比 4.61%；佳木斯市有 285 万 m^2 ，占比 14.92%；大庆市有 672.24 万 m^2 ，占比 22.94%；鸡西市有 412.00 万 m^2 ，占比 21.57%；七台河市有 200.00 万 m^2 ，占比 10.47%；鹤岗市有 102.70 万 m^2 ，占比 5.38%；黑河市有 16.00 万 m^2 ，占比 0.84%。上述地区中，大庆市未实现清洁能源及集中供暖面积占比最大，其次是鸡西市、哈尔滨市、佳木斯市、七台河市、鹤岗市、牡丹江市、齐齐哈尔市、黑河市。

（3）供热技术发展较迟缓。

近年来，供热行业涌现了以热泵为核心设备的多种供暖热源，有效利用了工业企业和自然环境中的各类余热，为供暖系统补充了环境友好的热源。另外，新型管道、蓄热技术和智能调控技术等得到了广泛推广。而黑龙江省供热技术仍然较为传统，新技术、新设备的应用刚刚起步，也是导致供暖能源结构单一和清洁能源供暖缓慢的因素之一。

3.2 地热能供暖现状

黑龙江省化石能源充沛，煤炭主导供暖能源结构，地热能供暖系统较少。调研得之，截止到2020年08月，各地已核查全省地热能供暖面积448.50万 m^2 ，其中：

- (1) 地下水地源热泵供暖系统总供暖面积311.20万 m^2 。
- (2) 地热水供暖系统总供暖面积120.82万 m^2 。
- (3) 浅层地埋管地源热泵供暖系统总供暖面积13.15万 m^2 。
- (4) 中深层地埋管地热能供暖系统总供暖面积3.33万 m^2 。

各地区的地热能供暖现状分布见表3-1所示。

表3-1 黑龙江省地热能供暖现状

序号	地区	地下水地源热泵供暖面积	地热水供暖面积	浅层地埋管地源热泵供暖面积	中深层地埋管地热能供暖面积	小计
1	哈尔滨	19.34	0.00	11.39	3.33	34.06
2	齐齐哈尔	13.76	0.00	0.00	0.00	13.76
3	牡丹江	3.41	0.00	0.00	0.00	3.41
4	佳木斯	165.45	0.00	0.00	0.00	165.45
5	大庆	0.00	120.82	1.76	0.00	122.58
6	双鸭山	17.91	0.00	0.00	0.00	17.91
7	鹤岗	6.06	0.00	0.00	0.00	6.06
8	绥化	85.27	0.00	0.00	0.00	85.27
	合计	311.20	120.82	13.15	3.33	448.50

注：单位为万 m^2 。

根据表3-1，附图03中绘制了黑龙江省地热能供暖现状分布情况。根据统计结果，黑龙江省现有的地热能供暖有如下特征：

(1) 地下水地源热泵供暖系统是目前最主要的地热能供暖方式。全省地下水地源热泵供暖面积达311.2万 m^2 ，其中佳木斯地区占比最高，达到53.2%。

(2) 地热水供暖集中在大庆地区，达到120.32万 m^2 ，占全省地热能供暖面积的27.1%。

(3) 浅层地埋管地源热泵供暖和中深层地埋管地热能供暖普及率低，分别占全省供暖面积的2.5%和0.7%，基本集中在哈尔滨地区。

根据调研数据发现，地热能供暖现状存在以下问题：

- (1) 地热能供暖项目较少，地热资源利用率不高。
- (2) 地下水地源热泵供暖系统和地热水供暖系统回灌存在一定困难。
- (3) 地下水地源热泵供暖系统和地热水供暖系统效率低且有衰减趋势。
- (4) 地热能采集形式单一，地埋管采集系统占比低。

3.3 地热能供暖系统技术方案

遵循“取热不取水”和地热能可持续高效利用的原则，规划新增地热能供暖系统为浅层和中深层地埋管地热能供暖系统，并对既有地热水供暖系统实施热泵梯级利用改造。

3.3.1 改造地热水热泵梯级利用系统

目前，既有地热水供暖系统主要为一级换热，提取热量有限，热能利用率低。为解决此问题，规划改造为地热水双循环梯级利用系统。典型地热水热泵梯级利用供暖系统原理图见附图 04 所示，其能量梯级利用的具体原理如下：

- (1) 第一梯次是将开采出的地热水经过换热器提取热能向管网系统供暖。
- (2) 第二梯次是将经过一级换热后的地热水再次换热，提取能量供地板辐射供暖系统或者热泵机组提温制热。
- (3) 第三梯次是将由第二梯次系统排出的地热水送进热泵机组中进行温度提升并用于供暖。
- (4) 热泵机组排出的地热水由地热井回灌到地下，完成地热水的能量提取。

地热水热泵梯级利用供暖系统工艺主要包括井口装置、换热器、热泵、分水器、集水器、除污器、循环泵、补水泵、补水箱等。

3.3.2 新增浅层地埋管地源热泵供暖系统

浅层地埋管地源热泵供暖系统通过地下埋管换热器来提取浅层低温地热，并利用热泵机组进一步提升热能品质，达到供暖需求，典型浅层地埋管地源热泵供暖系统原理图见附图 05。

地埋管地热能供暖系统通过中间传热介质（水或以水为主要成分的防冻液）在封闭的地下埋管中流动，实现系统与地层之间的传热。室外环路中的传热介质吸收地层热量后，与热泵机组交换热量，提高来自用户的回水温度。地下埋管换热器中传热介质的循环由一台或数台循环泵驱动。由于整个系统处于封闭状态，不受地下水量、水位、水质等因素影响，对地质环境影响小。

3.3.3 新增中深层地埋管地热能供暖系统

中深层地埋管地热能供暖系统是以中深层岩土体为热源，由中深层地热换热系统提取热量并通过地源热泵机组向建筑供暖的技术，典型中深层地埋管地热能供暖系统原理图见附图 06。

与浅层地埋管地源热泵供暖系统类似，中深层地埋管地热能供暖系统主要包括中深层地热能采集系统、地源热泵系统以及建筑室内供暖系统，而地热换热器的埋管形式通常采用同轴套管式。

中深层地热能采集系统为闭式循环系统，循环工质沿同轴套管式换热器环状外腔自上向下流动，通过套管外壁与地热井周围高温岩土体进行换热，吸取周边岩土体热量，在循环工质到达同轴套管式换热器底部后，再从柱状内腔自下向上流动，沿循环回路进入中深层地源热泵机组蒸发器，释放热量，温度降低后进入地热井，如此循环往复。

3.4 地热能供暖系统地区间技术经济指标对比

黑龙江省各地区地热能资源禀赋不同，地区经济水平不同，规划浅层地埋管地源热泵和中深层地埋管地热能供暖系统在各地区所呈现的技术指标与经济指标不同。针对新建居住建筑和新建公共建筑（详见 4.1.1，热指标见表 4-2），表 3-2 和表 3-3 分别列出浅层地埋管地源热泵和中深层地埋管地热能供暖系统的技术指标和经济指标。

技术指标选取总耗电量，经济指标选取动态投资回收期 and 费用年值。总耗电量指地热能供暖系统热泵机组与水泵的耗电量之和，反映了各地区地热能资源禀赋、供暖期热负荷和室外温度水平的差异。动态投资回收期是指评估方案开始产生收益的时长，并考虑了资金的时间价值。费用年值是指把不同方案计算期内的各年年运行费用按基准收益率换算成基准年的现值和，再加上方案的总投资现值后，在寿命期内折算到每一年的年值，表征地热能供

暖系统每一年费用的总和。费用年值用于多个方案的比选，费用年值最小的方案为优。

技术指标和经济指标的测算依据与方法详见 4.1 和 6.1 节。

表 3-2 新建居住建筑浅层和中深层地埋管地热能供暖系统技术经济指标

区域	地热能形式	总耗电量 (kWh/(m ² ·a))	动态投资 回收期 (年)	费用年值 (元/(m ² ·a))	费用年 值排序
齐齐哈尔(松嫩盆地)	中深层	14.9	11	20.87	1
牡丹江(东宁盆地)	中深层	14.3	13	21.04	2
哈尔滨(松嫩盆地)	中深层	14.9	9	21.07	3
鸡西(鸡西盆地)	中深层	14.7	12	21.27	4
绥化(松嫩盆地)	中深层	16.7	15	23.46	5
大庆(松嫩盆地)	中深层	16.7	14	23.47	6
鸡西(兴凯湖盆地)	中深层	15.4	16	23.52	7
七台河(勃利盆地)	中深层	15.4	19	23.63	8
哈尔滨	浅层	23.2	9	23.68	9
齐齐哈尔	浅层	23.4	13	23.87	10
佳木斯	浅层	23.6	18	24.68	11
鹤岗(鹤岗盆地)	中深层	16.5	>20	25.10	12
佳木斯(勃利盆地)	中深层	16.7	>20	25.84	13
哈尔滨(方正-通河断凹)	中深层	17.1	17	26.03	14
大庆	浅层	26.8	20	27.40	15
佳木斯(依-舒地堑)	中深层	17.1	>20	27.52	16
鹤岗(三江盆地)	中深层	17.3	>20	28.02	17
绥化	浅层	27.0	>20	28.12	18
哈尔滨(尚志断隆、胜利断凹)	中深层	17.2	>20	28.22	19
佳木斯(三江盆地)	中深层	17.5	>20	28.91	20
伊春(嘉荫盆地)	中深层	20.4	>20	32.88	21
双鸭山(三江盆地)	中深层	20.2	>20	33.70	22
黑河(孙吴盆地)	中深层	22.1	>20	33.95	23
牡丹江(宁安盆地)	中深层	17.2	>20	34.70	24
黑河(嘉荫盆地)	中深层	22.7	>20	35.89	25
伊春(伊春盆地)	中深层	22.0	>20	41.12	26
大兴安岭地区(漠河)	中深层	25.4	>20	45.68	27
双鸭山(双鸭山盆地)	中深层	22.4	>20	49.81	28
哈尔滨(东兴盆地)	中深层	23.0	>20	95.34	29

表 3-3 新建公共建筑浅层和中深层地埋管地热能供暖系统技术经济指标

区域	地热能形式	总耗电量 (kWh/(m ² ·a))	动态投资 回收期 (年)	费用年值 (元/(m ² ·a))	费用年 值排序
哈尔滨(松嫩盆地)	中深层	19.5	15	28.90	1
齐齐哈尔(松嫩盆地)	中深层	19.8	19	28.93	2
牡丹江(东宁盆地)	中深层	19.5	13	29.79	3
鸡西(鸡西盆地)	中深层	20.0	13	30.11	4
绥化(松嫩盆地)	中深层	22.3	19	32.50	5
大庆(松嫩盆地)	中深层	22.3	20	32.52	6
哈尔滨	浅层	31.0	20	32.72	7
鸡西(兴凯湖盆地)	中深层	21.0	17	33.14	8
七台河(勃利盆地)	中深层	21.0	19	33.29	9
齐齐哈尔	浅层	31.6	>20	33.33	10
佳木斯	浅层	31.9	>20	34.44	11
鹤岗(鹤岗盆地)	中深层	22.2	>20	34.84	12
哈尔滨(方正-通河断 凹)	中深层	22.5	>20	35.38	13
佳木斯(勃利盆地)	中深层	22.3	>20	35.50	14
佳木斯(依-舒地堑)	中深层	22.8	>20	37.72	15
大庆	浅层	36.5	>20	38.27	16
哈尔滨(尚志断隆、胜 利断凹)	中深层	22.7	>20	38.27	17
鹤岗(三江盆地)	中深层	23.3	>20	38.73	18
绥化	浅层	37.1	>20	39.38	19
佳木斯(三江盆地)	中深层	23.4	>20	39.56	20
双鸭山(三江盆地)	中深层	26.1	>20	44.40	21
伊春(嘉荫盆地)	中深层	28.2	>20	46.26	22
黑河(孙吴盆地)	中深层	30.1	>20	46.90	23
牡丹江(宁安盆地)	中深层	23.6	>20	48.18	24
黑河(嘉荫盆地)	中深层	30.8	>20	49.50	25
伊春(伊春盆地)	中深层	30.6	>20	57.48	26
大兴安岭地区(漠河)	中深层	32.2	>20	58.53	27
双鸭山(双鸭山盆地)	中深层	29.3	>20	65.15	28
哈尔滨(东兴盆地)	中深层	31.8	>20	126.58	29

表 3-2 和表 3-3 是以费用年值从小到大进行排序列出的, 根据表中结果, 黑龙江省不同地区应用地热能供暖系统的技术经济特征如下:

(1) 中深层地埋管地热能供暖系统中耗电量低和经济性好的区域主要集中在松嫩盆地、东宁盆地、鸡西盆地、兴凯湖盆地、勃利盆地、方正-通河断凹等所遍及的地区。

这些区域地热资源良好，提供了更优异的地热能供暖条件，降低了系统总耗电量，有利于降低运行成本，从而产生更好的经济收益。从上表结果看，费用年值较小的地区，往往总耗电量也相对较低，如齐齐哈尔（松嫩盆地）区域，新建居住建筑的费用年值最小，仅为 20.87 元/(m²·a)，而其总耗电量也只有 14.9 kWh/(m²·a)，处于省内较低水平。

(2) 对于同一区域，相同的室外气象条件下，应用中深层地埋管地热能供暖系统会明显优于浅层地埋管地源热泵供暖系统。如哈尔滨（松嫩盆地）区域，新建居住建筑应用中深层地埋管地热能供暖系统的总耗电量和费用年值分别为 14.9 kWh/(m²·a)和 21.07 元/(m²·a)，而应用浅层地埋管地源热泵系统分别为 23.2 kWh/(m²·a)和 23.68 元/(m²·a)，比中深层地埋管地热能供暖系统分别高出了 55.7%和 12.4%。

3.5 地热能供暖系统适宜性分区规划

根据黑龙江省各地区浅层地埋管地源热泵和中深层地埋管地热能供暖系统的技术经济指标对比，以费用年值和动态投资回收期为适宜性分区标准，考虑不同建筑类型集中供暖收费标准不同，进行地热能供暖系统适宜性分区规划，确定优先发展区和适度发展区。

分区标准如下：

(1) 对服务新建居住建筑的地热能供暖系统，以费用年值 30 元/(m²·a)，动态投资回收期 20 年为分区点。

本规划将新建居住建筑地热能供暖费用年值不大于 30 元/(m²·a)且动态投资回收期不超过 20 年的地区设定为优先发展区，将费用年值不大于 30 元/(m²·a)而动态投资回收期超过 20 年的地区设定为适度发展区。

(2) 对服务新建公共建筑的地热能供暖系统，以费用年值 30 元/(m²·a)和 35 元/(m²·a)，动态投资回收期 20 年为分区点。

本规划将新建公共建筑地热能供暖费用年值不大于 30 元/(m²·a)且动态投资回收期不超过 20 年的地区设定为优先发展区，将费用年值大于 30 元/(m²·a)且不大于 35 元/(m²·a)的地区设定为适度发展区。

根据上述标准，结合表 3-2 和表 3-3，黑龙江省浅层地埋管地源热泵供暖适宜性分区及规划图见附图 07。服务于新建居住建筑和新建公共建筑的黑龙江省中深层地埋管地热能供暖适宜性分区及规划图分别见附图 08 和附图 09。

黑龙江省地热能供暖系统适宜性分区如表 3-4 所示。

表 3-4 地热能供暖系统适宜性分区

系统形式	建筑类型	优先发展区	适度发展区
浅层地埋管地源热泵供暖系统	新建居住建筑	哈尔滨、齐齐哈尔、佳木斯、大庆	绥化
	新建公共建筑	--	哈尔滨、齐齐哈尔、佳木斯
中深层地埋管地热能供暖系统	新建居住建筑	哈尔滨（松嫩盆地、方正-通河断凹）、齐齐哈尔（松嫩盆地）、牡丹江（东宁盆地）、大庆（松嫩盆地）、鸡西（鸡西盆地、兴凯湖盆地）、七台河（勃利盆地）、绥化（松嫩盆地）	哈尔滨（尚志断隆、胜利断凹）、佳木斯（依-舒地堑、勃利盆地、三江盆地）、鹤岗（鹤岗盆地、三江盆地）
	新建公共建筑	哈尔滨（松嫩盆地）、齐齐哈尔（松嫩盆地）、牡丹江（东宁盆地）	大庆（松嫩盆地）、鸡西（鸡西盆地、兴凯湖盆地）、七台河（勃利盆地）、鹤岗（鹤岗盆地）、绥化（松嫩盆地）

由附图 07-09 和表 3-4 可知：

- (1) 由于公共建筑单位面积负荷更大，其优先发展区更少。
- (2) 具备浅层地埋管地热能采集系统供热能力的地市中，针对新建居住建筑，绥化市浅层地埋管地源热泵供暖系统的经济性较差；而针对新建公共建筑，无优先发展区。
- (3) 中深层地埋管地热能供暖系统的优先发展区和适度发展区明显多于浅层地埋管地源热泵供暖系统，同一地区费用年值也更低，应为重点布局的地热能供暖方式。

3.6 地热能供暖系统重点布局规划

为加快黑龙江省地热能供暖的发展，重点布局服务于新建居住建筑且经济性较优的中深层地埋管地热能供暖系统。表 3-5 列出了在优先和适度发展

区应用中深层地埋管地热能供暖系统的净现值和内部收益率，并按净现值排序。净现值和内部收益率均为评价项目盈利性的经济指标。净现值表示在规定的折现率情况下，方案在不同时间点发生的净现金流量，折现到期初时，整个寿命期内所能得到的净收益。内部收益率为净现值为零时的折现率。净现值大于等于零或内部收益率大于等于基准收益率（本规划设定为 8.00%），表示方案能够盈利。净现值大小表示方案的优劣排序。

表 3-5 新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统净现值和内部收益率

区域	内部收益率	净现值 (元/(m ² ·a))	净现值 排序
哈尔滨（松嫩盆地）	14.88%	9.59	1
齐齐哈尔（松嫩盆地）	14.00%	7.13	2
鸡西（鸡西盆地）	13.16%	6.51	3
牡丹江（东宁盆地）	12.62%	5.81	4
大庆（松嫩盆地）	12.13%	5.53	5
绥化（松嫩盆地）	11.70%	4.94	6
哈尔滨（方正-通河断凹）	10.87%	4.63	7
鸡西（兴凯湖盆地）	10.92%	4.26	8
七台河（勃利盆地）	10.16%	3.17	9
哈尔滨（尚志断隆、胜利断凹）	9.31%	2.44	10
佳木斯（勃利盆地）	8.55%	0.91	11
佳木斯(依-舒地堑)	7.53%	-0.77	12
佳木斯（三江盆地）	6.80%	-2.16	13
鹤岗（鹤岗盆地）	6.29%	-2.48	14
鹤岗（三江盆地）	4.80%	-5.40	15

以净现值作为分区标准，进行如下重点布局规划：

（1）净现值不低于 8 元/(m²·a)的地区为中深层地埋管地热能供暖系统重点示范区；

（2）净现值低于 8 元/(m²·a)而大于 5 元/(m²·a)的地区为中深层地埋管地热能供暖系统积极示范区；

（3）内部收益率大于 8.00 %且净现值大于 0 元/(m²·a)的地区为中深层地埋管地热能供暖系统鼓励试点示范区。

根据上述标准给出新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统重点布局如表 3-6 所示。黑龙江省中深层地埋管地热能供暖重点示范区、积极示范区与鼓励试点示范区规划图见附图 10。在重点示范区内，对于集中供暖未覆盖或集中供暖容量不足的区域，应优先建设中深层地埋管地热能供暖系统。积极示范区内中深层地埋管地热能供暖系统的净现值居于地热能供暖适宜区的

中间水平，收益较好，宜积极建设示范工程。

表 3-6 新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统重点布局区域

重点布局区域	地区
重点示范区	哈尔滨（松嫩盆地）
积极示范区	齐齐哈尔（松嫩盆地） 牡丹江（东宁盆地） 大庆（松嫩盆地） 鸡西（鸡西盆地）
鼓励试点示范区	哈尔滨（方正-通河断凹、尚志断隆及胜利断凹） 佳木斯（勃利盆地） 鸡西（兴凯湖盆地） 七台河（勃利盆地） 绥化（松嫩盆地）

3.7 各地区地热能供暖系统规划评述

3.7.1 哈尔滨

（1）哈尔滨为浅层地埋管地源热泵供暖系统优先发展区。

考虑哈尔滨的水文地质条件及土壤岩性，该地区的浅层地埋管地源热泵供暖系统 COP 为 3.39，能耗较低，且在新建居住及公共建筑中建设浅层地埋管地源热泵供暖系统的动态回收期均小于 20 年。另外，考虑该地区的经济状况，适合在该地区推行浅层地埋管地源热泵供暖系统，故将其规划为新建居住建筑及新建公共建筑的浅层地埋管地源热泵供暖系统优先发展区。

（2）哈尔滨松嫩盆地、方正-通河断凹区域内的新建居住建筑为中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区，哈尔滨尚志断隆及胜利断凹区域内的新建居住建筑为中深层地埋管地热能供暖系统适度发展区；哈尔滨松嫩盆地区域内的新建公共建筑为中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区。

哈尔滨地区各类建筑的中深层地埋管地热能供暖系统 COP 范围为 3.91~4.99，能耗指标较低，该地区具有四种类型的盆地，地温梯度在 2.0°C~4.25°C/100m 左右。在哈尔滨松嫩盆地区域新建建筑中建设中深层地埋管地热能供暖系统的动态回收期分别为 9 年（新建居住建筑）和 15 年（新建公共建筑），且费用年值低于 30 元/(m²·a)，具有较好的经济效益。

因此，设定哈尔滨松嫩盆地、方正-通河断凹区域为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区；哈尔滨松嫩盆地区域为新建公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区。此外，以新建居住建筑投资回收期大于 20 年，费用年值小于 30 元/(m²·a)为标准，设定哈尔滨尚志断隆及胜利断凹区域为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统适度发展区。

(3) 重点布局哈尔滨松嫩盆地中的新建居住建筑为重点示范区。

对于哈尔滨松嫩盆地区域，新建居住建筑建设中深层地埋管地热能供暖系统的净现值接近 10 元/(m²·a)，内部收益率也接近 15.00%，重点布局该区域为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统重点示范区。

(4) 哈尔滨现无地热水供暖系统，因此地热水热泵梯级利用改造供暖面积为 0.00 万 m²。

3.7.2 齐齐哈尔

(1) 齐齐哈尔区域内的新建居住建筑为浅层地埋管地源热泵供暖系统优先发展区。

考虑齐齐哈尔的水文地质条件及土壤岩性，该地区的浅层地埋管地源热泵供暖系统 COP 为 3.37，能耗较低，且在该地区的新建居住建筑中建设浅层地埋管地源热泵供暖系统的动态回收期为 13 年 (<20 年)，费用年值为 23.87 元/(m²·a)，因此适合在该地区推行浅层地埋管地源热泵供暖系统，将其规划为新建居住建筑浅层地埋管地源热泵供暖系统优先发展区。

(2) 齐齐哈尔松嫩盆地区域内的新建居住及公共建筑均为中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区。

齐齐哈尔地区各类建筑的中深层地埋管地热能供暖系统 COP 为 4.99，能耗指标较低；该地区地处松嫩盆地，其地温梯度较大，为 3.0°C~4.5°C/100m 左右，位于该地区的新建居住建筑建设中深层地埋管地热能供暖系统的动态回收期 11 年 (<20 年)，费用年值较小，具有较好的经济效益。因此，设定齐齐哈尔松嫩盆地为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区。此外，以新建公共建筑投资回收期小于 20 年，费用年值小于 30 元/(m²·a)为标准，设定齐齐哈尔松嫩盆地为新建公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区。

(3) 重点布局齐齐哈尔松嫩盆地中的新建居住建筑为积极示范区。

以新建居住建筑建设中深层地埋管地热能供暖系统的净现值大于 5 元/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)为标准,重点布局齐齐哈尔松嫩盆地新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统积极示范区。

(4) 齐齐哈尔现无地热水供暖系统,因此地热水热泵梯级利用改造供暖面积为 0.00 万 m^2 。

3.7.3 牡丹江

(1) 牡丹江地下土壤第四系厚度较小(小于 25m),不具备浅层地埋管地源热泵供暖系统的使用条件。

(2) 牡丹江东宁盆地区域内的新建居住建筑及公共建筑为中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区。

牡丹江各类建筑的中深层地埋管地热能供暖系统 COP 为 3.99~4.65,能耗指标较低,该地区地处宁安盆地(地温梯度为 $2.5^{\circ}\text{C} \sim 3.0^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)及东宁盆地(地温梯度为 $3.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$),位于东宁盆地的新建居住建筑及公共建筑建设中深层地埋管地热能供暖系统的动态回收期均为 13 年(<20 年),费用年值较小,具有较好的经济效益。因此,设定牡丹江东宁盆地为新建居住建筑及公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区。

(3) 重点布局牡丹江东宁盆地中的新建居住建筑为中深层地埋管地热能供暖系统积极示范区。

以新建居住建筑建设中深层地埋管地热能供暖系统的净现值大于 5 元/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)为标准,重点布局牡丹江东宁盆地为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统积极示范区。

(4) 牡丹江现无地热水供暖系统,因此地热水热泵梯级利用改造供暖面积为 0.00 万 m^2 。

3.7.4 佳木斯

(1) 佳木斯区域内的新建居住建筑为浅层地埋管地源热泵供暖系统优先发展区。

考虑佳木斯的水文地质条件及土壤岩性,该地区的浅层地埋管地源热泵供暖系统 COP 为 3.35,能耗较低,且除既有公共建筑外,在该地区的新建居住建筑中建设浅层地埋管地源热泵供暖系统的动态回收期为 18 年(<20 年),

因此，适合在该地区推行浅层地埋管地源热泵供暖系统，为浅层地埋管地源热泵供暖系统优先发展区。

(2) 佳木斯依-舒地堑、勃利益地及三江盆地区域内的新建居住建筑为中深层地埋管地热能供暖系统适度发展区。

以新建居住建筑投资回收期大于 20 年，费用年值小于 30 元/($m^2 \cdot a$)为标准，设定佳木斯依-舒地堑、勃利益地及三江盆地为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统适度发展区。

(3) 重点布局佳木斯勃利益地中的新建居住建筑为鼓励试点示范区。

以新建居住建筑建设中深层地埋管地热能供暖系统的净现值大于 0 元/($m^2 \cdot a$)为标准，重点布局佳木斯勃利益地为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统鼓励试点示范区。

(4) 佳木斯现无地热水供暖系统，因此地热水热泵梯级利用改造供暖面积为 0.00 万 m^2 。

3.7.5 大庆

(1) 大庆区域内的新建居住建筑为浅层地埋管地源热泵供暖系统优先发展区。

考虑大庆的水文地质条件及土壤岩性，该地区的浅层地埋管地源热泵供暖系统 COP 为 3.29，能耗较低，且在该地区的新建居住建筑中建设浅层地埋管地源热泵供暖系统的动态回收期为 20 年，因此，适合在该地区推行浅层地埋管地源热泵供暖系统，为浅层地埋管地源热泵供暖系统优先发展区。

(2) 大庆松嫩盆地区域内的新建居住建筑为中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区；大庆松嫩盆地区域内的新建公共建筑为中深层地埋管地热能供暖系统适度发展区。

大庆各类建筑的中深层地埋管地热能供暖系统 COP 为 4.99，能耗指标较低，该地区地处松嫩盆地，其地温梯度较大，为 3.0~4.5 $^{\circ}C/100m$ 左右，位于该地区的新建居住建筑建设中深层地埋管地热能供暖系统的动态回收期为 14 年 (<20 年)，费用年值较小，具有较好的经济效益。因此，设定大庆松嫩盆地为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区。此外，以新建公共建筑费用年值大于 30 元/($m^2 \cdot a$)且不大于 35 元/($m^2 \cdot a$)为标准，设定大庆松嫩盆地为新建公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统适度发展区。

(3) 重点布局大庆松嫩盆地中的新建居住建筑为积极示范区。

以新建居住建筑建设中深层地埋管地热能供暖系统的净现值大于 5 元/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)为标准,重点布局大庆松嫩盆地新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统积极示范区。

(4) 规划大庆现有 120.82 万 m^2 的地热水供暖系统全部改造为地热水热泵梯级利用供暖系统。

3.7.6 鸡西

(1) 鸡西地下土壤第四系厚度较小(小于 25m),不具备浅层地埋管地源热泵供暖系统的使用条件。

(2) 鸡西的鸡西盆地区域内的新建居住建筑为中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区;鸡西的鸡西盆地及兴凯湖盆地区域内的新建居住建筑为中深层地埋管地热能供暖系统适度发展区;鸡西的鸡西盆地及兴凯湖盆地区域内的新建公共建筑为中深层地埋管地热能供暖系统适度发展区。

鸡西各类建筑的中深层地埋管地热能供暖系统 COP 为 4.45~4.65,能耗指标较低,该地区地处鸡西盆地(地温梯度为 $3.5^\circ\text{C}/100\text{m}$)及兴凯湖盆地(地温梯度为 $3.0^\circ\text{C}/100\text{m}$),位于鸡西的鸡西盆地及兴凯湖盆地的新建居住建筑建设中深层地埋管地热能供暖系统的动态回收期为分别 12 年和 16 年(<20 年),费用年值较小,具有较好的经济效益。因此,设定鸡西的鸡西盆地及兴凯湖盆地为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区。此外,以新建公共建筑费用年值大于 30 元/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)且不大于 35 元/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)为标准,设定鸡西的鸡西盆地及兴凯湖盆地为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统适度发展区。

(3) 重点布局鸡西的鸡西盆地中的新建居住建筑为积极示范区,鸡西兴凯湖盆地中的新建居住建筑为鼓励试点示范区。

以新建居住建筑建设中深层地埋管地热能供暖系统的净现值大于 5 元/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)为标准,重点布局鸡西的鸡西盆地为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统积极示范区;以新建居住建筑建设中深层地埋管地热能供暖系统的净现值大于 0 元/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)为标准,重点布局鸡西兴凯湖盆地为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统积极示范区。

(4) 鸡西现无地热水供暖系统,因此地热水热泵梯级利用改造供暖面积为 0.00 万 m^2 。

3.7.7 七台河

(1) 七台河地下土壤第四系厚度较小（小于 25m），不具备浅层地埋管地源热泵供暖系统的使用条件。

(2) 七台河勃利益地区域内的新建居住建筑为中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区；七台河勃利益地区域内的新建公共建筑为中深层地埋管地热能供暖系统适度发展区。

七台河各类建筑的中深层地埋管地热能供暖系统 COP 为 4.45，能耗指标较低，该地区地处勃利益地，其地温梯度为 3.0°C/100m 左右，位于该地区的新建居住建筑建设中深层地埋管地热能供暖系统的动态回收期为 19 年，费用年值较小，具有较好的经济效益。因此，设定七台河勃利益地为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区。此外，以新建公共建筑费用年值大于 30 元/(m²·a)且不大于 35 元/(m²·a)为标准，设定七台河勃利益地为新建公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统适度发展区。

(3) 重点布局七台河勃利益地中的新建居住建筑为中深层地埋管地热能供暖系统鼓励试点示范区。

以新建居住建筑建设中深层地埋管地热能供暖系统的净现值大于 0 元/(m²·a)为标准，重点布局七台河勃利益地为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统鼓励试点示范区。

(4) 七台河现无地热水供暖系统，因此地热水热泵梯级利用改造供暖面积为 0.00 万 m²。

3.7.8 鹤岗

(1) 鹤岗地下土壤第四系厚度较小（小于 25m），不具备浅层地埋管地源热泵供暖系统的使用条件。

(2) 鹤岗的鹤岗盆地及三江盆地区域内的新建居住及公共建筑为中深层地埋管地热能供暖系统适度发展区。

以新建居住建筑投资回收期大于 20 年，费用年值小于 30 元/(m²·a)，及新建公共建筑费用年值大于 30 元/(m²·a)且不大于 35 元/(m²·a)为标准，设定鹤岗的鹤岗盆地及三江盆地为新建居住建筑及公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统适度发展区。

(3) 鹤岗现无地热水供暖系统，因此地热水热泵梯级利用改造供暖面积为 0.00 万 m²。

3.7.9 绥化

(1) 绥化松嫩盆地区域内的新建居住建筑为中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区；绥化松嫩盆地区域内的新建公共建筑为中深层地埋管地热能供暖系统适度发展区。

绥化各类建筑的中深层地埋管地热能供暖系统 COP 为 4.99，能耗指标较低，该地区地处松嫩盆地，其地温梯度较大，为 3.0~4.5°C/100m 左右，位于该地区的新建居住建筑建设中深层地埋管地热能供暖系统的动态回收期为 15 年 (<20 年)，费用年值较小，具有较好的经济效益。因此，设定绥化松嫩盆地为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区。此外，以新建公共建筑费用年值大于 30 元/(m²·a)且不大于 35 元/(m²·a)为标准，设定绥化松嫩盆地为新建公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统适度发展区。

(2) 重点布局绥化松嫩盆地中的新建居住建筑为鼓励试点示范区。

以新建居住建筑建设中深层地埋管地热能供暖系统的净现值大于 0 元/(m²·a)为标准，重点布局绥化松嫩盆地为新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统鼓励试点示范区。

(3) 绥化现无地热水供暖系统，因此地热水热泵梯级利用改造供暖面积为 0.00 万 m²。

3.7.10 双鸭山、伊春、黑河、大兴安岭地区

双鸭山、伊春、黑河、大兴安岭地区无地热能供暖系统规划。

双鸭山、伊春、黑河、大兴安岭地区现无地热水供暖系统，因此地热水热泵梯级利用改造供暖面积为 0.00 万 m²。

双鸭山、伊春、黑河、大兴安岭地区地下土壤第四系厚度较小（小于 25m），不具备浅层地埋管地源热泵供暖系统的使用条件。

应用中深层地埋管地热能供暖系统的经济性也不具备竞争力。

3.8 地热能供暖监控管理系统规划

地热能供暖系统具有分布式特征，各独立系统的源与用户地理位置接近，

连接紧密，易于建设完整、先进的监控管理系统。地热能供暖监控系统包括地热能采集监控系统、供暖热源站与用户端监控系统。监控系统通过网络化、数字化和信息化技术建立灵活、全面的监控与管理平台。以实时数据库系统为核心，全面、实时和有效地集成数据，为监控管理优化提供依据，实现从终端到管理决策、从计划信息到业务执行以及从管理到现场操作的信息无缝整合。

3.8.1 地热能采集监控系统

地热能采集监控系统主要监测地热侧水温、水位、水质和地温场变化规律等情况。通过对地热能采集信息的监测，实时掌握地温场的变化，分析冬夏季排取热量时地温场的平衡性，以合理调整各种设备的运行，保障系统安全、可靠和低能耗运行。根据地热能采集类型，分为地热水采集监控系统和地埋管地热能采集监控系统。

(1) 地热水采集监控系统

监测地下水换热系统在运行时对区域地温场的影响情况。通过对回灌井周围温度场的变化情况、回灌井温度恢复情况、开采井与回灌井相互影响情况的监测，观察水质变化以及开采井、回灌井水位变化情况。监测内容包括：

- 1) 在水源水总管上安装流量计，在进出总管上安装温度传感器，长期记录监测数据，用于计算分析地热水供暖系统水源水的排、取热量情况；
- 2) 对地热水供暖系统的设备要安装用电计量装置，评价热泵系统的能效情况；
- 3) 在回灌井及开采井中不同深度安装温度传感器，监测系统运行过程中温度变化情况；
- 4) 在开采井与回灌井之间布置监测点（温度传感器），监测相互间影响情况；
- 5) 在回灌井的周围按一定间距向四周延展布置监测点（温度传感器），监测地热水供暖系统在长期使用过程中对区域地温场的影响。

(2) 地埋管地热能采集监控系统

地埋管地热能采集监控系统通过在埋置土壤换热器的地下土壤中布置测温点来监测温度场，分析土壤层内温度受土壤换热器、地下水流动以及土壤层热物性等多种因素影响的变化规律。监测内容包括：

- 1) 监测土壤换热器对周围岩土层温度场的影响情况，包括垂直方向以

及水平方向主要监测单体土壤换热器的影响半径和土层内的含水饱和度；垂直方向主要监测不同岩土层对土壤换热的影响；

2) 监测埋置的所有土壤换热器对整片区域岩土层温度场的影响情况，包括垂直方向以及水平方向；

3) 监测地下水流动对土壤换热器换热性能的影响，包括地下水对单体换热器以及全部换热器的换热影响；

4) 通过长期对地埋管热泵系统运行的数据采集与分析，研究地下水流动对土壤换热器周围岩土层夏季蓄热、冬季蓄冷的影响；

5) 监测岩土体恒温层的深度；

6) 监测岩土体冻土层深度；

7) 在室内热泵机组进水口及出水口安装温度及流量装置，长期记录监测数据，用于计算分析地埋管热泵系统换热功效。针对热泵机组安装用电计量装置，评价热泵系统的能效。

3.8.2 供暖热源站与用户端监控系统

供暖热源站与用户端监控系统以热源站和用户端为对象，通过监测信息的整合、分析，描绘、评估系统的运行状态，结合地热能采集监控系统，实时优化控制系统。

(1) 供暖热源站监控系统

供暖热源站监控系统的监测内容包括：

- 1) 地热侧流量、供回水温度、压力；
- 2) 用户侧流量、供回水温度、压力；
- 3) 中间换热器一、二次侧供回水温度、流量、压力；
- 4) 水源热泵机组、水泵、工况转换及连锁阀门的启停；
- 5) 水过滤器及水处理设备的压差；
- 6) 系统安全保护及故障报警；
- 7) 系统供暖量的瞬时值和累积值；
- 8) 水源热泵机组、水泵等设备的运行参数。

(2) 用户端监控系统

为保障供暖输配系统的水力、热力平衡，用户端监控系统的监测内容包括：

- 1) 用户端供、回水温度；

- 2) 用户端供、回水压力；
- 3) 用户端流量和热量；
- 4) 用户端调节阀开度；
- 5) 用户端典型室内空气温度。

第4章 节能效益分析

4.1 能耗指标测算依据和方法

4.1.1 能耗指标测算依据

根据各地区地热能资源禀赋、气象条件和建筑类型测算地热能供暖系统的能耗指标。

(1) 气象条件

黑龙江省 13 个城市的年平均温度、室外温度、供暖期和起止时间参考《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB 50736-2012), 热工分区参考《民用建筑热工设计规范》(GB 50176-2016), 详见表 4-1。

表 4-1 黑龙江省各地区气象参数

城市	热工分区	年平均温度	室外温度		供暖期
			供暖室外计算温度	供暖室外平均温度	
哈尔滨市	1B	4.2℃	-24.2℃	-9.4℃	176 天
齐齐哈尔市	1B	3.9℃	-23.8℃	-9.5℃	181 天
牡丹江市	1B	4.3℃	-22.4℃	-8.6℃	177 天
佳木斯市	1B	3.6℃	-24.0℃	-9.6℃	180 天
七台河市	1B	3.7℃	-26.0℃	-10.2℃	181 天
大庆市	1B	4.2℃	-24.2℃	-9.4℃	193 天
黑河市	1A	0.4℃	-29.5℃	-12.5℃	197 天
绥化市	1B	2.8℃	-26.7℃	-10.8℃	184 天
伊春市	1A	1.2℃	-28.3℃	-11.8℃	190 天
鹤岗市	1B	3.5℃	-22.7℃	-9.0℃	184 天
双鸭山市	1B	4.1℃	-23.2℃	-8.9℃	179 天
鸡西市	1B	4.2℃	-21.5℃	-8.3℃	179 天
大兴安岭地区	漠河	1A	-4.3℃	-37.5℃	224 天
	加格达奇	1A	-0.8℃	-29.7℃	208 天

注：1A 为严寒 A 区，1B 为严寒 B 区。

(2) 供暖热指标

供暖热指标的选取原则如下：

- 1) 既有建筑年代范围较广，但考虑到经济要求和正在实施的围护结构

节能改造，围护结构参数参考《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》（JGJ 26-2010）和《公共建筑节能设计标准》（GB 50189-2005），并依此测算既有建筑供暖热指标。对于围护结构保温性能较差的建筑，建议先进行节能改造，相对于增加地热能供暖系统容量而言其经济性更好。

2) 新建建筑围护结构参数参考《黑龙江省居住建筑节能设计标准》（DB 23/1270-2019）和《公共建筑节能设计标准》（GB 50189-2015），并依此测算新建建筑供暖热指标。

3) 参考黑龙江省各地区供热相关规划中的各类建筑物热指标；

4) 参考既有供暖系统运行资料；

5) 考虑经济性，地热能供暖系统宜应用于较低热指标水平的居住和公共建筑。公共建筑类型多样，作息规律导致的内热源和建筑体量引起的内区面积等各有不同，热指标和其动态特性差异巨大。但为了直观反映地热能供暖系统能耗，本规划选取典型办公建筑计算确定其热指标，代表既有和新建公共建筑。典型办公建筑单间使用面积约为 20m²，开间×进深×层高为 3.6m×5.4m×3.6m，走道两侧布置，并配备部分会议室等公共空间。

各地区供暖热指标选取值与对应建筑类型见表 4-2。

表 4-2 黑龙江省各地区热指标取值

地区	居住建筑		公共建筑	
	既有	新建	既有	新建
哈尔滨	38	30	50	39
齐齐哈尔	37	29	49	38
牡丹江	36	27	46	36
佳木斯	39	29	49	38
大庆	39	32	54	42
鸡西	35	27	46	36
双鸭山	37	33	54	42
伊春	36	32	55	43
七台河	35	27	46	36
鹤岗	36	28	47	37
黑河	38	34	58	45
绥化	39	32	54	42
大兴安岭地区	漠河	44	51	40
	加格达奇	38	58	45

注：单位为 W/m²。

本规划技术经济分析均以表 4-2 所列热指标为计算条件。

4.1.2 能耗指标测算方法

(1) 地热水热泵梯级利用供暖系统

图 4-1 为典型地热水热泵梯级利用供暖系统原理示意图。

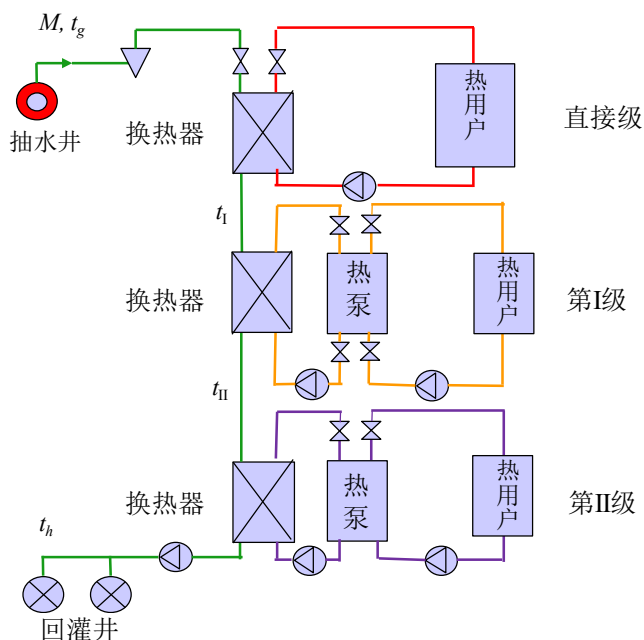


图 4-1 地热水热泵梯级利用供暖系统原理示意

直接级换热器侧提供的热量：

$$Q_z = CM(t_g - t_1) \quad (4-1)$$

式中 Q_z —— 直接级换热器侧提供的热量，W；
 C —— 水的比热容，J/(kg·°C)；
 M —— 供暖水流量，kg/s；
 t_g —— 直接级供水温度，°C；
 t_1 —— 第 I 级供水温度，°C。

第 I 级换热器侧提供的热量：

$$Q_I = CM(t_1 - t_{II}) \quad (4-2)$$

式中 Q_I —— 第 I 级换热器侧提供的热量，W；
 t_{II} —— 第 II 级供水温度，°C。

第 I 级热泵的供热量：

$$Q_I' = \frac{Q_I \text{COP}_I}{\text{COP}_I - 1} \quad (4-3)$$

式中 Q_I' —— 第 I 级热泵的供热量，W；
 COP_I —— 第 I 级热泵机组的 COP。

第 II 级换热器侧提供的热量：

$$Q_{II} = CM(t_{II} - t_h) \quad (4-4)$$

式中 t_h —— 系统回水温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

第 II 级热泵的供热量：

$$Q_{II}' = \frac{Q_{II} \text{COP}_{II}}{\text{COP}_{II} - 1} \quad (4-5)$$

式中 Q_{II}' —— 第 II 级热泵的供热量，W；

COP_{II} —— 第 II 级热泵机组的 COP。

系统的总供热量：

$$Q_{total} = Q_z + Q_I' + Q_{II}' \quad (4-6)$$

式中 Q_{total} —— 系统的总供热量，W；

系统设计工况下单位供暖面积的水流量：

$$m_s = \frac{q_s}{Q_{unit}} \quad (4-7)$$

式中 m_s —— 设计工况下单位供暖面积的水流量， $(\text{kg/h})/\text{m}^2$ ；

q_s —— 供暖热指标，见表 4-2， W/m^2 ；

Q_{unit} —— 单位质量流量的总供热量， $\text{W}/(\text{kg/h})$ 。

地热水开采井的潜水泵、第 I 级和第 II 级热泵侧水泵电机单位供暖面积的耗电量：

$$w_p = \frac{Km_sHT}{3.6 \times 10^6 \eta_1 \eta_2} \quad (4-8)$$

式中 w_p —— 水泵电机单位供暖面积的耗电量， kWh/m^2 ；

K —— 电机容量系数；

H —— 水泵工作扬程， mH_2O ；

T —— 供暖期，h；

η_1 —— 水泵效率；

η_2 —— 电机效率。

第 I 级热泵机组单位面积的耗电量：

$$w_I = \frac{q_h \varphi_I T}{1000 \text{COP}_I} \quad (4-9)$$

式中 w_I —— 第 I 级热泵机组单位面积的耗电量， kWh/m^2 ；

q_h —— 建筑耗热量指标， W/m^2 ；

φ_I —— 第 I 级热泵承担供热量份额，按 Q_I' / Q_{total} 计算。

第 II 级热泵机组单位面积的耗电量：

$$w_{II} = \frac{q_h \varphi_{II} T}{1000 \text{COP}_{II}} \quad (4-10)$$

式中 w_{II} —— 第 I 级热泵机组单位面积的耗电量, kWh/m²;
 φ_{II} —— 第 II 级热泵承担供热量份额, 按 Q_{II}' / Q_{total} 计算。

(2) 浅层和中深层地埋管地源热泵供暖系统

系统单位供暖面积的水流量:

$$m_s = \frac{q_s(\text{COP}_{hp} - 1)}{C\Delta t\text{COP}_{hp}} \quad (4-11)$$

式中 COP_{hp} —— 热泵机组能效比;
 Δt —— 地埋管换热器供回水温差, °C。

热泵机组单位面积的耗电量:

$$w_{hp} = \frac{q_h T}{1000\text{COP}_{hp}} \quad (4-12)$$

式中 w_{hp} —— 热泵机组单位面积的耗电量, kWh/m²。

相关技术指标中如单位埋深取热量、热泵机组 COP 等参数的取值是根据《黑龙江省地热能供暖系统技术规程》(DB 23/T 2661-2020) 中已验证的地埋管换热器计算模型计算所得。

(3) 对比供热系统

1) 燃煤锅炉

燃煤锅炉耗能量:

$$Q_m = \frac{1.05q_h T}{1000\eta_m} \quad (4-13)$$

式中 Q_m —— 燃煤锅炉耗能量, kWh/m²;
 η_m —— 燃煤锅炉供热效率, 本规划取 70%。

2) 燃气锅炉

燃气锅炉耗能量:

$$Q_q = \frac{1.05q_h T}{1000\eta_q} \quad (4-14)$$

式中 Q_q —— 燃气锅炉耗能量, kWh/m²;
 η_q —— 燃气锅炉供热效率, 本规划取 90%。

3) 电锅炉

电锅炉耗电量:

$$Q_d = \frac{1.05q_h T}{1000\eta_d} \quad (4-15)$$

式中 Q_d —— 电锅炉耗电量, kWh/m²;
 η_d —— 电锅炉供热效率, 本规划取 98%。

4) 热电联产

热电联产耗能量:

$$Q_{rd} = \frac{1.05q_h T}{1000\eta_{rd}} \quad (4-16)$$

式中 Q_{rd} —— 热电联产耗能量, kWh/m²;
 η_{rd} —— 热电联产供热效率, 本规划取 88%。

燃煤锅炉、燃气锅炉和热电联产折算的标准煤耗量:

$$m_{ce} = \frac{Q}{q_{ce}} \quad (4-17)$$

式中 m_{ce} —— 标准煤耗量, kgce/m²;
 Q —— 煤或天然气耗能量, MJ/m²;
 q_{ce} —— 标准燃煤值, 29.307MJ/kgce。

电锅炉耗能量折算的标准煤耗量:

$$m_{ce} = c_e Q_d \quad (4-18)$$

式中 c_e —— 全国平均火力供电标准煤耗, kgce/kWh, 本规划取 0.307 kgce/kWh^④。

4.2 地热能供暖系统能耗指标

4.2.1 地热水热泵梯级利用供暖系统能耗指标

黑龙江省地热水供暖系统主要位于大庆地区, 表 4-3 计算出了大庆地区地热水热泵梯级利用供暖系统改造后的耗电量指标。

表 4-3 地热水热泵梯级利用供暖系统耗电量指标

项目	既有居住建筑	既有公共建筑
潜水泵耗电量 (kWh/(m ² ·a))	0.66	0.99
第 I 级热泵耗电量 (kWh/(m ² ·a))	4.21	6.33
第 II 级热泵耗电量 (kWh/(m ² ·a))	5.05	7.6
第 I 级水泵耗电量 (kWh/(m ² ·a))	0.25	0.34
第 II 级水泵耗电量 (kWh/(m ² ·a))	0.25	0.35
改造后系统用水量减少率	66%	

④ 根据《中国能源统计年鉴 2018》取值。

由表 4-3 可知，与改造前相比，由于地热水温度实现了多级利用，增大了地热水供暖效率，在相同用户侧热负荷下，虽然增加了热泵和水泵的耗电，但 I、II 级热泵耗电量较低，仅在 4-8 kWh/(m²·a)。另外，地热水热泵梯级利用供暖系统的用水量降低 66%，可有效减少地热水资源的开采量，减轻回灌压力。

4.2.2 浅层地埋管地源热泵供暖系统能耗指标

根据黑龙江省地热能资源勘查结果，牡丹江、鸡西、双鸭山、伊春、七台河、鹤岗、黑河以及大兴安岭等地区土壤第四系厚度较小（小于 25m），不具备浅层地埋管地源热泵供暖系统的使用条件。表 4-4 列出了哈尔滨、齐齐哈尔、佳木斯、大庆和绥化等地区应用浅层地埋管地源热泵供暖系统，计算出来的耗电量指标。

表 4-4 浅层地埋管地源热泵供暖系统耗电量指标

地区	建筑类型	单位埋深 取热量指标 (W/m)	COP	单位供暖 面积埋深 (m/m ²)	耗电量 (kWh/(m ² ·a))		
					热泵	水泵	总耗电量
哈尔滨	A	25.0	3.39	0.85	20.5	2.6	23.2
	B			1.07	24.9	4.2	29.1
	C			1.10	26.5	4.5	31.0
	D			1.41	35.5	7.3	42.8
齐齐哈尔	A	23.7	3.37	0.86	20.7	2.7	23.4
	B			1.10	25.5	4.3	29.8
	C			1.13	27.1	4.6	31.6
	D			1.45	36.2	7.6	43.8
佳木斯	A	22.1	3.35	0.92	20.8	2.8	23.6
	B			1.25	27.2	5.2	32.4
	C			1.20	27.1	4.8	31.9
	D			1.55	36.1	8.1	44.2
大庆	A	23.7	3.29	0.94	23.6	3.2	26.8
	B			1.14	27.4	4.7	32.1
	C			1.23	31.0	5.6	36.5
	D			1.58	41.2	9.2	50.4
绥化	A	22.5	3.29	0.99	23.6	3.4	27.0
	B			1.20	27.4	5.0	32.4
	C			1.30	31.2	5.9	37.1
	D			1.67	41.2	9.7	50.9

注：A—新建居住建筑；B—既有居住建筑；C—新建公共建筑；D—既有公共建筑

图 4-2 对比了不同城市浅层地埋管地源热泵供暖系统耗电量。

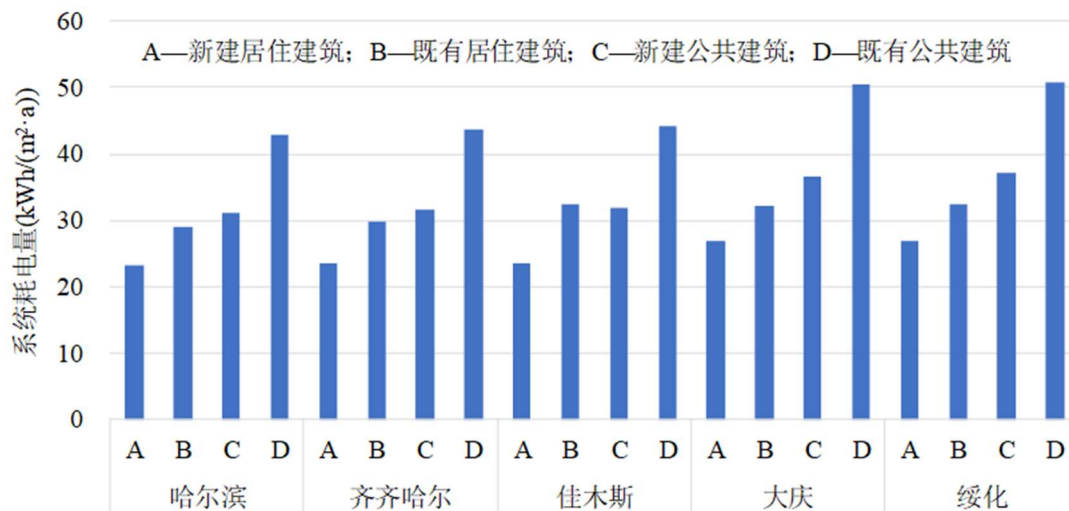


图 4-2 适用城市浅层地埋管地源热泵供暖系统耗电量

根据表 4-4 和图 4-2 的分析，浅层地埋管地源热泵供暖系统技术指标有以下特征：

(1) 对于同一地区，在相同的室外气象条件下，新建建筑比既有建筑耗电量更低。计算结果为新建居住建筑比既有居住建筑耗电量低 20%左右，新建公共建筑的耗电量普遍比既有公共建筑降低 27%以上。

(2) 哈尔滨、齐齐哈尔和佳木斯的耗电量指标相对接近，新建和既有居住建筑的总耗电量分别不超过 $24\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 和 $33\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ，新建和既有公共建筑的总耗电量分别不超过 $32\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 和 $45\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ；而大庆和绥化因供暖热指标较高导致耗电量较高，其既有公共建筑的耗电量超过了 $50\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 。

4.2.3 中深层地埋管地热能供暖系统能耗指标

中深层地埋管地热能供暖系统的能耗受到岩土体热物性参数、地温梯度、建筑供暖热负荷等多种因素影响。表 4-5 列出了主要地区应用中深层地埋管地热能供暖系统的主要计算条件，其中计算埋深取决于每个盆地沉积岩厚度，最大值取 2000m。

中深层地埋管地热能供暖系统应用的优势区域取决于地温梯度和沉积厚度（计算埋深），其优劣地区举例说明如下：

(1) 松嫩盆地地温梯度 $4.25^\circ\text{C}/100\text{m}$ ，计算埋深 2000m，单位埋深取热

量达到 145W/m, COP 达到 4.99, 在该地区应用中深层地埋管地热能供暖系统的优势较大。

表 4-5 黑龙江省 13 个市(地)应用中深层地埋管地热能供暖系统计算条件

地区	盆地区域	地温梯度 (°C/100m)	计算埋深 (m)	取热量 (kW)	单位埋深取热量 (W/m)	孔底温度 (°C)	热泵机组 COP
哈尔滨	松嫩盆地	4.25	2000	299	150	90	4.99
	方正-通河断凹	2.75	2000	230	115	60	4.36
	尚志断隆、胜利断凹	2.75	2000	204	102	60	4.36
	东兴盆地	3.5	800	18	22	33	3.91
齐齐哈尔	松嫩盆地	4.25	2000	292	146	90	4.99
牡丹江	宁安盆地	2.75	1200	79	66	38	3.99
	东宁盆地	3.5	2000	255	127	75	4.65
佳木斯	依-舒地堑	2.75	2000	203	102	60	4.36
	勃利盆地	3	2000	221	111	65	4.45
	三江盆地	2.5	2000	190	95	55	4.27
大庆	松嫩盆地	4.25	2000	296	148	90	4.99
鸡西	鸡西盆地	3.5	2000	255	127	75	4.65
	兴凯湖盆地	3	2000	223	112	65	4.45
双鸭山	双鸭山盆地	3.5	1000	56	56	40	4.02
	三江盆地	2.5	2000	190	95	55	4.27
伊春	伊春盆地	3	1200	84	70	41	4.03
	嘉荫盆地	2.5	2000	192	96	55	4.27
七台河	勃利盆地	3	2000	222	111	65	4.45
鹤岗	鹤岗盆地	3	2000	221	110	65	4.45
	三江盆地	2.5	2000	190	95	55	4.27
黑河	孙吴盆地	2.75	2000	207	104	60	4.36
	嘉荫盆地	2.5	2000	192	96	55	4.27
绥化	松嫩盆地	4.25	2000	296	148	90	4.99
大兴安岭	漠河盆地	1.5	2000	129	64	35	3.94

(2) 哈尔滨东兴盆地地温梯度 3.5°C/100m, 但沉积厚度小于 1000m, 按 800m 计算埋深, 单位埋深的取热量仅为 22W/m, 在该地区应用中深层地

埋管地热能供暖系统的优势较小。

(3) 大兴安岭地区的漠河盆地虽然计算埋深为 2000m, 但地温梯度仅为 1.5°C/100m, 单位埋深的取热量仅约 64W/m, 在该地区应用中深层地埋管地热能供暖系统的优势较小。

表 4-6、表 4-7、表 4-8、表 4-9 和图 4-3、图 4-4 列出了 13 个市(地)不同建筑类型中应用中深层地埋管地热能供暖系统计算得到的耗能指标。

表 4-6 新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统耗电量指标

地区	盆地区域	耗电量 (kWh/(m ² ·a))		
		热泵机组	水泵	总耗电量
哈尔滨	松嫩盆地	14.0	0.9	14.9
	方正-通河断凹	16.0	1.1	17.1
	尚志断隆、胜利断凹	16.0	1.2	17.2
	东兴盆地	17.8	5.2	23.0
齐齐哈尔	松嫩盆地	14.0	0.9	14.9
牡丹江	宁安盆地	15.8	1.5	17.2
	东宁盆地	13.5	0.8	14.3
佳木斯	依-舒地堑	16.0	1.2	17.1
	勃利盆地	15.6	1.1	16.7
	三江盆地	16.3	1.2	17.5
大庆	松嫩盆地	15.6	1.1	16.7
鸡西	鸡西盆地	13.9	0.8	14.7
	兴凯湖盆地	14.5	0.9	15.4
双鸭山	双鸭山盆地	19.8	2.6	22.4
	三江盆地	18.6	1.6	20.2
伊春	伊春盆地	19.9	2.1	22.0
	嘉荫盆地	18.8	1.6	20.4
七台河	勃利盆地	14.5	0.9	15.4
鹤岗	鹤岗盆地	15.5	1.0	16.5
	三江盆地	16.1	1.2	17.3
黑河	孙吴盆地	20.4	1.7	22.1
	嘉荫盆地	20.8	1.8	22.7
绥化	松嫩盆地	15.6	1.1	16.7
大兴安岭	漠河盆地	22.8	2.6	25.4

表 4-7 既有居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统耗电量指标

地区	盆地区域	耗电量指标 (kWh/(m ² ·a))		
		热泵机组	水泵	总耗电量
哈尔滨	松嫩盆地	16.9	1.4	18.4
	方正-通河断凹	19.4	1.7	21.1
	尚志断隆、胜利断凹	19.4	2.0	21.4
	东兴盆地	21.6	8.4	30.0
齐齐哈尔	松嫩盆地	17.2	1.4	18.7
牡丹江	宁安盆地	20.5	2.6	23.0
	东宁盆地	17.5	1.5	19.0
佳木斯	依-舒地堑	20.9	2.2	23.1
	勃利盆地	20.5	2.0	22.5
	三江盆地	21.4	2.3	23.7
大庆	松嫩盆地	18.0	1.6	19.6
鸡西	鸡西盆地	17.4	1.4	18.7
	兴凯湖盆地	18.1	1.5	19.7
双鸭山	双鸭山盆地	20.9	3.2	24.1
	三江盆地	19.6	2.0	21.6
伊春	伊春盆地	22.5	2.7	25.2
	嘉荫盆地	21.3	2.0	23.3
七台河	勃利盆地	18.1	1.5	19.7
鹤岗	鹤岗盆地	19.5	1.8	21.3
	三江盆地	20.4	2.0	22.4
黑河	孙吴盆地	22.2	2.1	24.4
	嘉荫盆地	22.7	2.3	25.0
绥化	松嫩盆地	18.0	1.6	19.6
大兴安岭	漠河盆地	31.5	5.0	36.5

表 4-8 新建公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统耗电量指标

地区	盆地区域	耗电量指标 (kWh/(m ² ·a))		
		热泵机组	水泵	总耗电量
哈尔滨	松嫩盆地	18.0	1.5	19.5
	方正-通河断凹	20.6	1.8	22.5
	尚志断隆、胜利断凹	20.6	2.1	22.7
	东兴盆地	23.0	8.8	31.8
齐齐哈尔	松嫩盆地	18.3	1.5	19.8
牡丹江	宁安盆地	21.0	2.6	23.6
	东宁盆地	18.0	1.5	19.5
佳木斯	依-舒地堑	20.8	2.0	22.8
	勃利盆地	20.4	1.9	22.3
	三江盆地	21.3	2.1	23.4
大庆	松嫩盆地	20.4	1.9	22.3
鸡西	鸡西盆地	18.5	1.5	20.0
	兴凯湖盆地	19.3	1.7	21.0
双鸭山	双鸭山盆地	25.0	4.2	29.3
	三江盆地	23.6	2.6	26.1
伊春	伊春盆地	26.8	3.8	30.6
	嘉荫盆地	25.3	2.9	28.2
七台河	勃利盆地	19.3	1.7	21.0
鹤岗	鹤岗盆地	20.3	1.8	22.2
	三江盆地	21.2	2.1	23.3
黑河	孙吴盆地	27.0	3.0	30.1
	嘉荫盆地	27.6	3.2	30.8
绥化	松嫩盆地	20.4	1.9	22.3
大兴安岭	漠河盆地	28.1	4.1	32.2

表 4-9 既有公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统耗电量指标

地区	盆地区域	耗电量指标 (kWh/(m ² ·a))		
		热泵机组	水泵	总耗电量
哈尔滨	松嫩盆地	24.1	2.5	26.6
	方正-通河断凹	27.6	3.0	30.6
	尚志断隆、胜利断凹	27.6	3.4	31.0
	东兴盆地	30.8	14.5	45.3
齐齐哈尔	松嫩盆地	24.5	2.5	27.0
牡丹江	宁安盆地	28.1	4.3	32.4
	东宁盆地	24.1	2.4	26.5
佳木斯	依-舒地堑	27.8	3.4	31.1
	勃利盆地	27.2	3.1	30.3
	三江盆地	28.3	3.5	31.9
大庆	松嫩盆地	27.2	3.1	30.2
鸡西	鸡西盆地	24.7	2.4	27.1
	兴凯湖盆地	25.8	2.7	28.5
双鸭山	双鸭山盆地	33.4	7.0	40.4
	三江盆地	31.4	4.3	35.7
伊春	伊春盆地	35.6	6.1	41.8
	嘉荫盆地	33.7	4.7	38.3
七台河	勃利盆地	25.8	2.7	28.5
鹤岗	鹤岗盆地	27.3	2.9	30.2
	三江盆地	28.5	3.3	31.8
黑河	孙吴盆地	35.8	5.0	40.8
	嘉荫盆地	36.6	5.4	41.9
绥化	松嫩盆地	27.2	3.1	30.2
大兴安岭	漠河盆地	37.5	6.7	44.2

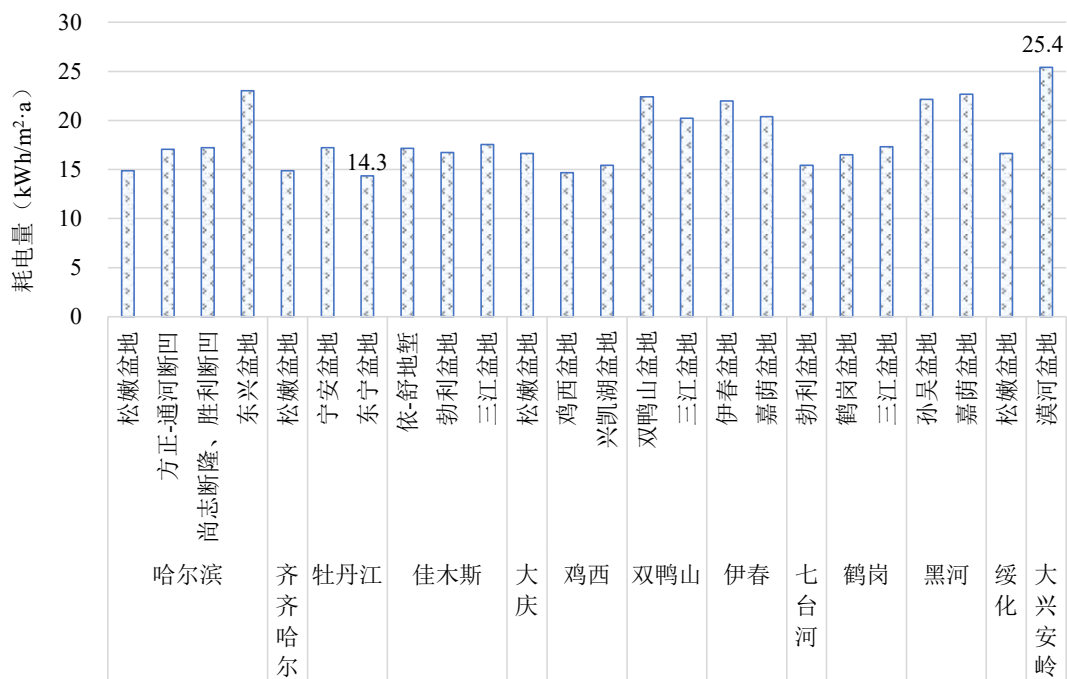


图 4-3 新建居住建筑应用中深层地埋管地热能供暖系统的耗电量

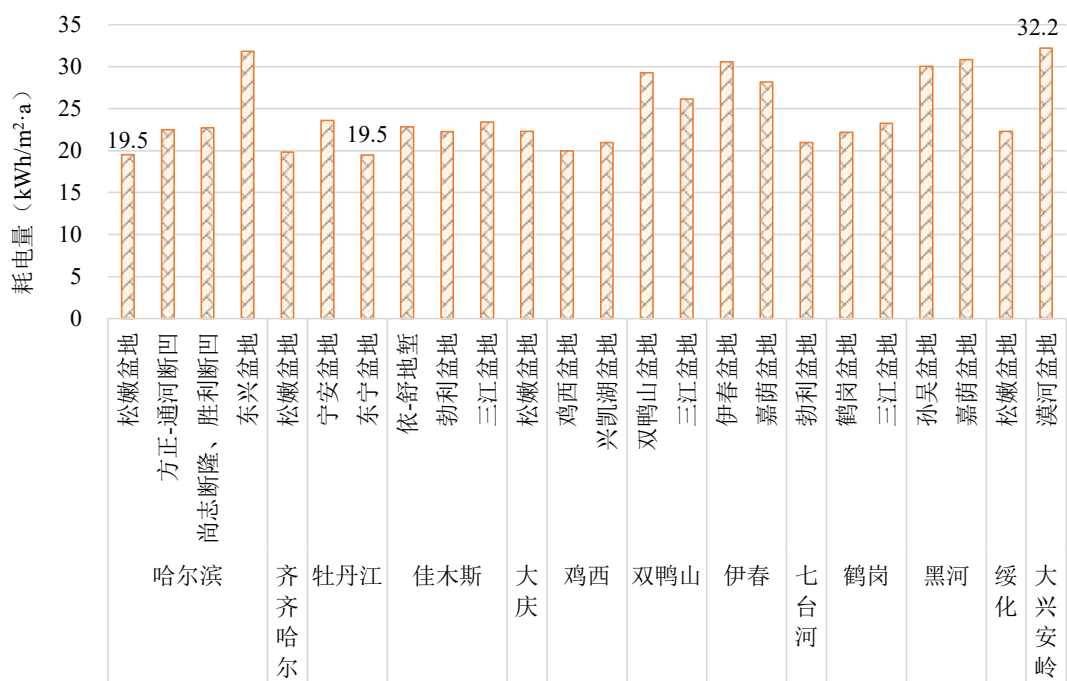


图 4-4 新建公共建筑应用中深层地埋管地热能供暖系统的耗电量

由表 4-5、表 4-6 和图 4-3 可知，良好的地热资源可有效降低电量消耗，以哈尔滨、齐齐哈尔、大庆和绥化的松嫩盆地区域为例，单位埋深取热量超过 148W/m，系统耗电量不超过 17kWh/(m²·a)，与其他地区相比处于较低水

平。图 4-3 所示耗电量最低和最高的区域分别为牡丹江东宁盆地和大兴安岭漠河盆地，分别为 $14.3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 和 $25.4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，相差 43.7%。除地热资源差异外，两地区的供暖热指标和气象条件差异也是重要因素，牡丹江市和漠河区域的供暖热指标分别为 $27 \text{ W}/\text{m}^2$ 和 $32 \text{ W}/\text{m}^2$ 。

对比表 4-6、表 4-7、表 4-8 和表 4-9 可知，同一盆地区域的耗电量指标与单位面积供暖热负荷大小成正相关。如新建公共建筑的热负荷比新建居住建筑高，在应用中深层地埋管地热能供暖系统时，会比新建居住建筑消耗更高的电量。以牡丹江（东宁盆地）为例，新建居住建筑和新建公共建筑的供暖热指标分别为 $27 \text{ W}/\text{m}^2$ 和 $36 \text{ W}/\text{m}^2$ ，中深层地埋管地热能供暖系统的总耗电量分别为 $14.3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 和 $19.5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，新建公共建筑耗电量比新建居住建筑高出 36.4%。

对于新建公共建筑，各区域系统耗电量的水平与新建居住建筑耗电量基本一致，大兴安岭的耗电量为 $32.2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，比哈尔滨（松嫩盆地）和牡丹江（东宁盆地）的耗电量高出 65.2%。

4.3 地热能供暖系统节能分析

表 4-10 至表 4-13 分别列出了主要地区以新建居住建筑、既有居住建筑、新建公共建筑和既有公共建筑为服务对象时，燃煤锅炉、燃气锅炉、电锅炉、热电联产以及规划地热能供暖系统的耗能量和折算的标准煤耗指标（包括用户侧水泵能耗）。

表 4-10 新建居住建筑不同供暖系统标准煤耗指标

地区	盆地	耗热量	燃煤锅炉		燃气锅炉		电锅炉		热电联产		改造地热水 热泵梯级利用 供暖系统		浅层地埋管 地源热泵供暖		中深层地埋管 地热能供暖系统	
			耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量
哈尔滨	松嫩盆地	0.251	0.376	12.84	0.293	9.99	0.263	22.47	0.299	10.22	/	/	0.083	7.12	0.054	4.56
	方正-通河断凹														0.061	5.24
	尚志断隆、胜利断凹														0.062	5.29
	东兴盆地														0.083	7.07
齐齐哈尔	松嫩盆地	0.252	0.378	12.89	0.294	10.02	0.264	22.54	0.300	10.25	/	/	0.084	7.19	0.054	4.57
牡丹江	安岭盆地	0.226	0.340	11.58	0.264	9.01	0.238	20.27	0.270	9.21	/	/	/	/	0.062	5.29
	东宁盆地														0.052	4.40
佳木斯	依-舒地堑	0.250	0.376	12.82	0.292	9.97	0.263	22.42	0.299	10.19	/	/	0.085	7.24	0.062	5.26
	勃利盆地														0.060	5.13
	三江盆地														0.063	5.38
大庆	松嫩盆地	0.280	0.420	14.32	0.326	11.14	0.294	25.05	0.334	11.39	/	/	0.097	8.24	0.060	5.11
鸡西	鸡西盆地	0.232	0.348	11.87	0.271	9.23	0.244	20.77	0.277	9.44	/	/	/	/	0.053	4.51
	兴凯湖盆地														0.055	4.73
双鸭山	双鸭山盆地	0.286	0.429	14.64	0.334	11.39	0.300	25.62	0.341	11.65	/	/	/	/	0.081	6.88
	三江盆地														0.073	6.21
伊春	伊春盆地	0.289	0.433	14.79	0.337	11.50	0.303	25.87	0.345	11.76	/	/	/	/	0.079	6.75
	嘉荫盆地														0.073	6.26
七台河	勃利盆地	0.232	0.348	11.87	0.271	9.23	0.244	20.77	0.277	9.44	/	/	/	/	0.055	4.73
鹤岗	鹤岗盆地	0.248	0.372	12.69	0.289	9.87	0.260	22.21	0.296	10.10	/	/	/	/	0.059	5.07
	三江盆地														0.062	5.32
黑河	孙吴盆地	0.320	0.480	16.38	0.373	12.74	0.336	28.65	0.382	13.03	/	/	/	/	0.080	6.79
	嘉荫盆地														0.082	6.96
绥化	松嫩盆地	0.280	0.420	14.32	0.326	11.14	0.294	25.05	0.334	11.39	/	/	0.097	8.29	0.060	5.11
大兴安岭	漠河盆地	0.323	0.485	16.54	0.377	12.87	0.339	28.94	0.386	13.16	/	/	/	/	0.091	7.80

注：耗热量和耗能量的单位为 GJ/(m²·a)，标煤耗量单位为 kgce/(m²·a)。

表 4-11 既有居住建筑不同供暖系统标准煤耗指标

地区	盆地	耗热量	燃煤锅炉		燃气锅炉		电锅炉		热电联产		改造地热水 热泵梯级利 用供暖系统		浅层埋管 地源热泵供暖		中深层埋管 地热能供暖系统	
			耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量
哈尔滨	松嫩盆地	0.304	0.456	15.56	0.355	12.10	0.319	27.22	0.363	12.38	/	/	0.105	8.94	0.066	5.64
	方正-通河断凹														0.076	6.49
	尚志断隆、胜利断凹														0.077	6.56
	东兴盆地														0.108	9.20
齐齐哈尔	松嫩盆地	0.310	0.465	15.87	0.362	12.34	0.326	27.76	0.370	12.62	/	/	0.107	9.16	0.067	5.73
牡丹江	安岭盆地	0.294	0.441	15.05	0.343	11.70	0.309	26.33	0.351	11.97	/	/	/	/	0.083	7.07
	东宁盆地														0.068	5.83
佳木斯	依-舒地堑	0.328	0.492	16.79	0.383	13.06	0.344	29.37	0.391	13.35	/	/	0.117	9.96	0.083	7.09
	勃利盆地														0.081	6.91
	三江盆地														0.085	7.26
大庆	松嫩盆地	0.324	0.486	16.58	0.378	12.90	0.340	29.01	0.387	13.19	0.038	3.20	0.116	9.86	0.071	6.03
鸡西	鸡西盆地	0.291	0.437	14.89	0.340	11.58	0.306	26.06	0.347	11.85	/	/	/	/	0.067	5.75
	兴凯湖盆地														0.071	6.04
双鸭山	双鸭山盆地	0.302	0.453	15.46	0.352	12.02	0.317	27.04	0.360	12.30	/	/	/	/	0.087	7.39
	三江盆地														0.078	6.63
伊春	伊春盆地	0.327	0.491	16.74	0.382	13.02	0.343	29.28	0.390	13.31	/	/	/	/	0.091	7.73
	嘉荫盆地														0.084	7.15
七台河	勃利盆地	0.291	0.437	14.89	0.340	11.58	0.306	26.06	0.347	11.85	/	/	/	/	0.071	6.04
鹤岗	鹤岗盆地	0.313	0.470	16.02	0.365	12.46	0.329	28.03	0.373	12.74	/	/	/	/	0.077	6.54
	三江盆地														0.081	6.87
黑河	孙吴盆地	0.349	0.524	17.86	0.407	13.89	0.366	31.25	0.416	14.21	/	/	/	/	0.088	7.48
	嘉荫盆地														0.090	7.67
绥化	松嫩盆地	0.324	0.486	16.58	0.378	12.90	0.340	29.01	0.387	13.19	/	/	0.117	9.94	0.071	6.03
大兴安岭	漠河盆地	0.447	0.671	22.88	0.522	17.79	0.469	40.03	0.533	18.20	/	/	/	/	0.132	11.22

注：耗热量和耗能量的单位为 GJ/(m²·a)，标煤耗量单位为 kgce/(m²·a)。

表 4-12 新建公共建筑不同供暖系统标准煤耗指标

地区	盆地	耗热量	燃煤锅炉		燃气锅炉		电锅炉		热电联产		改造地热水热泵梯级利用供暖系统		浅层埋管地源热泵供暖		中深层埋管地热能供暖系统	
			耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量
哈尔滨	松嫩盆地	0.324	0.486	16.58	0.378	12.89	0.340	29.00	0.386	13.19	/	/	0.111	9.51	0.070	6.00
	方正-通河断凹														0.081	6.90
	尚志断隆、胜利断凹														0.082	6.97
	东兴盆地														0.115	9.77
齐齐哈尔	松嫩盆地	0.328	0.493	16.81	0.383	13.07	0.345	29.41	0.392	13.37	/	/	0.114	9.71	0.071	6.08
牡丹江	安岭盆地	0.301	0.452	15.42	0.351	11.99	0.316	26.98	0.359	12.27	/	/	/	/	0.085	7.24
	东宁盆地														0.070	5.97
佳木斯	依-舒地堑	0.327	0.490	16.72	0.381	13.00	0.343	29.24	0.390	13.30	/	/	0.115	9.80	0.082	7.01
	勃利盆地														0.080	6.83
	三江盆地														0.084	7.18
大庆	松嫩盆地	0.367	0.551	18.80	0.428	14.62	0.386	32.88	0.438	14.95	/	/	0.132	11.22	0.080	6.85
鸡西	鸡西盆地	0.309	0.464	15.83	0.361	12.31	0.325	27.70	0.369	12.59	/	/	/	/	0.072	6.13
	兴凯湖盆地														0.075	6.44
双鸭山	双鸭山盆地	0.362	0.543	18.52	0.422	14.41	0.380	32.40	0.432	14.73	/	/	/	/	0.105	8.98
	三江盆地														0.094	8.03
伊春	伊春盆地	0.389	0.584	19.91	0.454	15.49	0.409	34.84	0.464	15.84	/	/	/	/	0.110	9.38
	嘉荫盆地														0.101	8.65
七台河	勃利盆地	0.309	0.464	15.83	0.361	12.31	0.325	27.70	0.369	12.59	/	/	/	/	0.076	6.44
鹤岗	鹤岗盆地	0.326	0.489	16.68	0.380	12.97	0.342	29.18	0.389	13.27	/	/	/	/	0.080	6.80
	三江盆地														0.084	7.15
黑河	孙吴盆地	0.424	0.636	21.69	0.494	16.87	0.445	37.95	0.506	17.25	/	/	/	/	0.108	9.23
	嘉荫盆地														0.111	9.46
绥化	松嫩盆地	0.367	0.551	18.80	0.428	14.62	0.386	32.88	0.438	14.95	/	/	0.133	11.38	0.080	6.85
大兴安岭	漠河盆地	0.399	0.598	20.41	0.465	15.87	0.419	35.70	0.476	16.23	/	/	/	/	0.116	9.89

注：耗热量和耗能量的单位为 GJ/(m²·a)，标煤耗量单位为 kgce/(m²·a)。

表 4-13 既有公共建筑不同供暖系统标准煤耗指标

地区	盆地	耗热量	燃煤锅炉		燃气锅炉		电锅炉		热电联产		改造地热水热泵梯级利用供暖系统		浅层埋管地源热泵供暖		中深层埋管地热能供暖系统	
			耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量	耗能量	标煤耗量
哈尔滨	松嫩盆地	0.433	0.650	22.18	0.506	17.25	0.455	38.81	0.517	17.64	/	/	0.154	13.14	0.096	8.17
	方正-通河断凹														0.110	9.41
	尚志断隆、胜利断凹														0.112	9.53
	东兴盆地														0.163	13.89
齐齐哈尔	松嫩盆地	0.439	0.659	22.49	0.513	17.49	0.461	39.35	0.524	17.89	/	/	0.158	13.45	0.097	8.28
牡丹江	安岭盆地	0.404	0.606	20.66	0.471	16.07	0.424	36.15	0.482	16.44	/	/	/	/	0.117	9.94
	东宁盆地														0.095	8.14
佳木斯	依-舒地堑	0.435	0.653	22.29	0.508	17.33	0.457	38.99	0.520	17.73	/	/	0.159	13.56	0.112	9.55
	勃利盆地														0.109	9.30
	三江盆地														0.115	9.79
大庆	松嫩盆地	0.488	0.732	24.98	0.569	19.43	0.512	43.70	0.582	19.87	0.056	4.80	0.181	15.46	0.109	9.28
鸡西	鸡西盆地	0.413	0.619	21.13	0.482	16.44	0.434	36.97	0.493	16.81	/	/	/	/	0.098	8.32
	兴凯湖盆地														0.103	8.74
双鸭山	双鸭山盆地	0.483	0.724	24.70	0.563	19.21	0.507	43.21	0.576	19.65	/	/	/	/	0.145	12.39
	三江盆地														0.128	10.96
伊春	伊春盆地	0.517	0.776	26.47	0.603	20.59	0.543	46.30	0.617	21.05	/	/	/	/	0.150	12.82
	嘉荫盆地														0.138	11.77
七台河	勃利盆地	0.413	0.619	21.13	0.482	16.44	0.434	36.97	0.493	16.81	/	/	/	/	0.103	8.75
鹤岗	鹤岗盆地	0.437	0.656	22.38	0.510	17.40	0.459	39.15	0.522	17.80	/	/	/	/	0.109	9.28
	三江盆地														0.114	9.76
黑河	孙吴盆地	0.562	0.843	28.75	0.655	22.36	0.590	50.29	0.670	22.87	/	/	/	/	0.147	12.54
	嘉荫盆地														0.151	12.88
绥化	松嫩盆地	0.488	0.732	24.98	0.569	19.43	0.512	43.70	0.582	19.87	/	/	0.183	15.62	0.109	9.28
大兴安岭	漠河盆地	0.532	0.798	27.24	0.621	21.19	0.559	47.66	0.635	21.67	/	/	/	/	0.159	13.57

注：耗热量和耗能量的单位为 GJ/(m²·a)，标煤耗量单位为 kgce/(m²·a)。

根据表 4-10 至表 4-13 可知：

(1) 无论对于哪一类建筑，中深层地埋管地热能供暖的标准煤耗最低，有着明显的节能优势。

(2) 不同供暖系统热源的标准煤耗从高到低的排序为：电锅炉>燃煤锅炉>热电联产>燃气锅炉>浅层地埋管地源热泵供暖>中深层地埋管地热能供暖。

以大庆（松嫩盆地）为例，新建居住建筑采用中深层地埋管地热能供暖系统的标准煤耗仅为 5.11 kgce/(m²·a)，分别比电锅炉、燃煤锅炉、热电联产、燃气锅炉和浅层地埋管地源热泵供暖的标准煤耗少 79.6%、64.3%、55.1%、54.13%、38.0%；而对于既有居住建筑，中深层地埋管地热能供暖系统的标准煤耗为 6.03 kgce/(m²·a)，比新建居住建筑高 18.0%；由于大庆既有居住建筑还可以基于现有的地热水供暖系统改造成地热水热泵梯级利用供暖系统，其标准煤耗仅为 3.20 kgce/(m²·a)，比中深层地埋管地热能供暖系统的标准煤耗还低 46.9%。

以燃煤锅炉供暖系统为对比基础，图 4-5 列出了在哈尔滨、齐齐哈尔、佳木斯、大庆和绥化的各类型建筑中应用浅层地埋管地源热泵供暖系统的相对节能率。

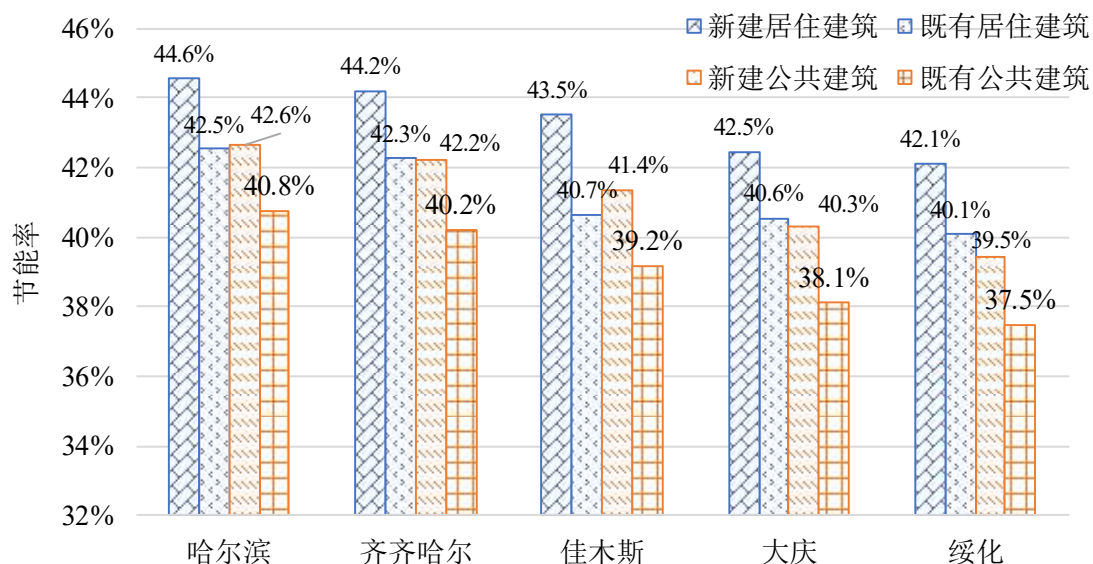


图 4-5 不同地区浅层地埋管地源热泵供暖系统节能率

由图 4-5 可知，相对于燃煤锅炉，浅层地埋管地源热泵供暖系统节约标煤耗量 40%左右，其中新建居住建筑和新建公共建筑的节能率较高，哈尔滨新建居住建筑的节能率最高，达到 44.6%。

以燃煤锅炉供暖系统为对比基础，选取表 4-10 至表 4-13 中标准煤耗量

最低的区域为代表，图 4-6 列出了主要地区中深层地埋管地热能供暖系统的相对节能率。

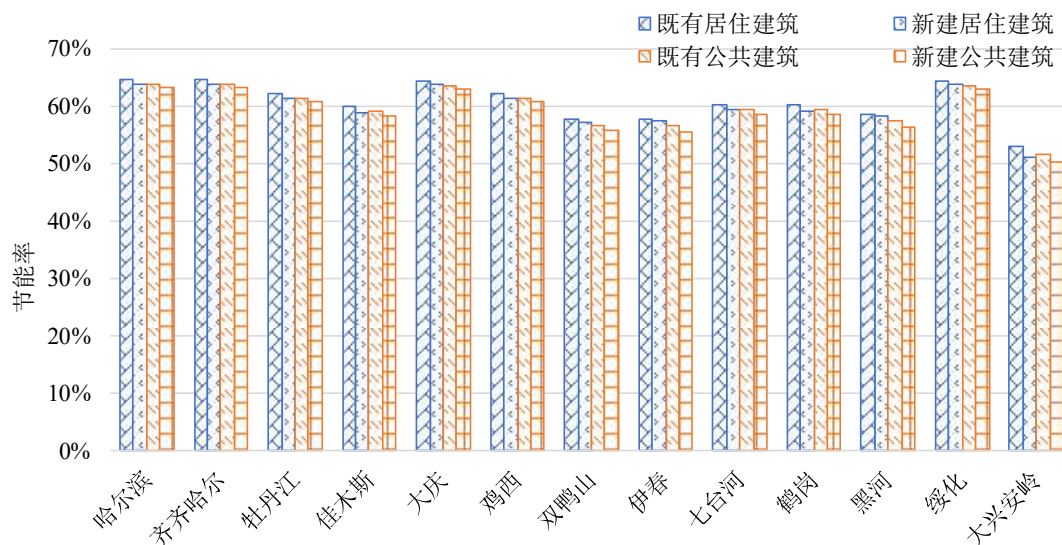


图 4-6 不同地区中深层地埋管地热能供暖系统节能率

由图 4-6 可知，除大兴安岭地区外，其它地区中深层地埋管地热能供暖系统的节能率达到 60%左右，较浅层地埋管地源热泵供暖系统具有更可观的节能收益。

4.4 地热能供暖系统节能措施

(1) 热泵机组选型时应考虑合理的容量配置，选用多台机组时，宜采用“大小机组搭配”的方案，使各机组均运行在较高的负荷率下，并且应尽量选用 COP 较高的机组。

(2) 合理选型水泵流量和扬程，保障工作点位于水泵高效区。

(3) 水泵应采用变速运行模式。实际运行中，由于环境和人为因素等的不确定性，导致建筑物热负荷连续变化，部分负荷工况持续时间长，实际运行工况参数与额定工况参数可能有较大的差异。采用水泵变速运行，合理设计系统的变流量运行模式，补偿设计与运行的差异，降低能耗。

(4) 加强管道和设备保温，并适当提高地热侧进出水温差，避免“小温差大流量”运行。

(5) 选择低阻力的系统设备，合理设置温控阀。

第5章 环境与社会效益分析

地热能供暖是改善黑龙江省以燃煤为主导的供暖能源结构的有效方式之一，也是缓解以燃煤供暖为致因的环境污染的有效办法。

5.1 环境现状

5.1.1 不同城市排名情况

根据黑龙江省生态环境厅于 2020 年 06 月公布的《2019 年黑龙江省环境状况公报》，2019 年 13 个城市环境空气质量综合指数排名情况如图 5-1 所示。



图 5-1 2019 年 13 个城市环境空气质量综合指数排名情况

由图 5-1 可知，2019 年 13 个城市环境空气质量综合指数排名前三名分别是黑河市、大兴安岭地区和伊春市；后三名为哈尔滨市、七台河市和牡丹江市。

2019 年 13 个城市 $PM_{2.5}$ 排名情况及全省 $PM_{2.5}$ 浓度空间分布示意分别如图 5-2、图 5-3 所示。

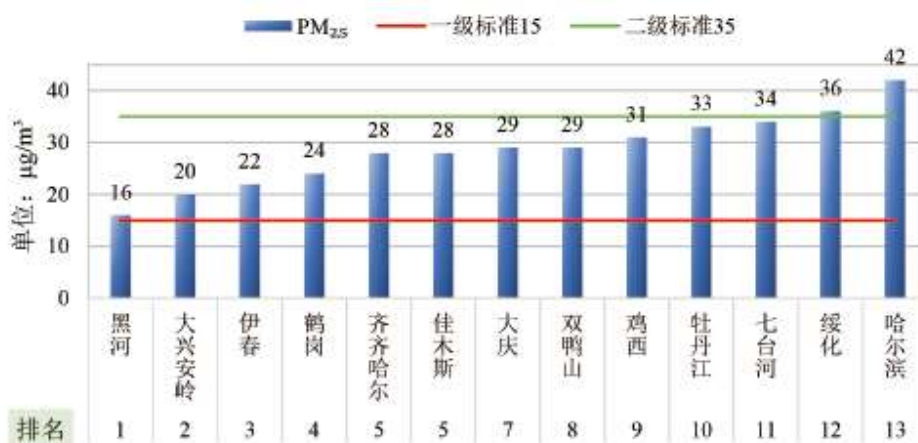


图 5-2 2019 年 13 个城市 PM_{2.5} 排名情况

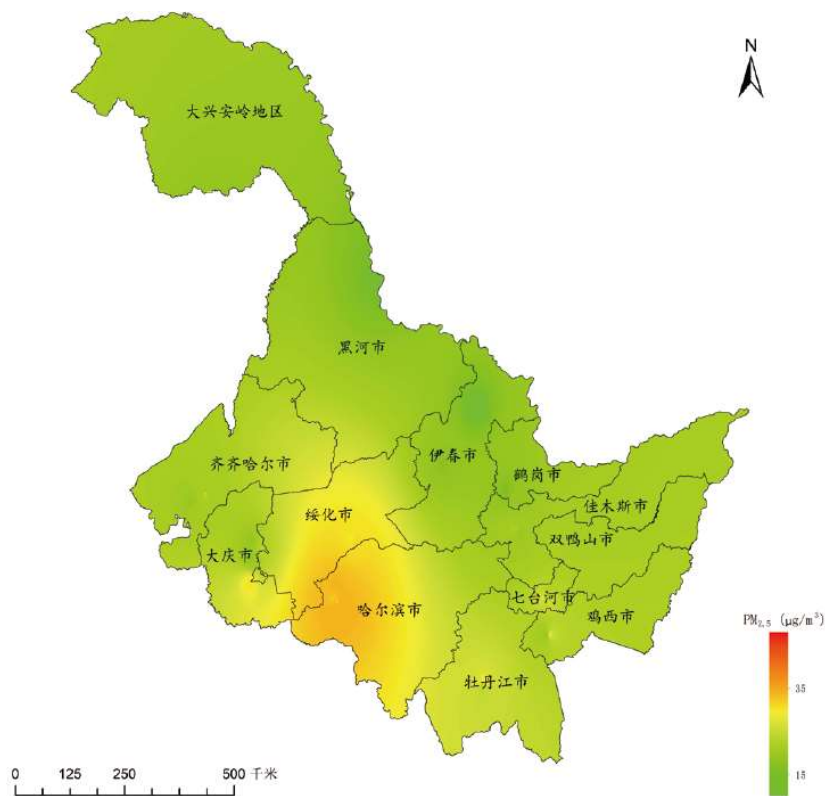


图 5-3 2019 年全省 PM_{2.5} 浓度空间分布示意

由图 5-2 和图 5-3 可知，2019 年 13 个城市 PM_{2.5} 排名前三名分别是黑河市、大兴安岭地区和伊春市；后三名为哈尔滨市、绥化市和七台河市。

2019 年 13 个城市 PM₁₀ 排名情况及全省 PM₁₀ 浓度空间分布示意分别如图 5-4、图 5-5 所示。

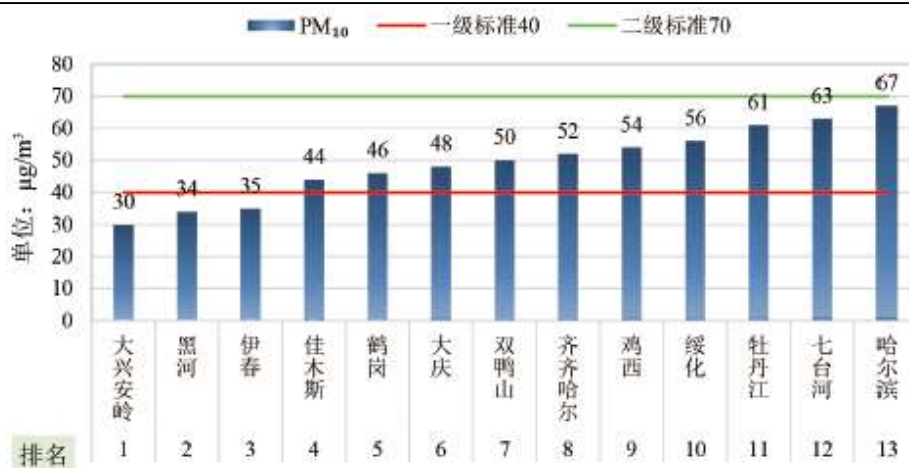


图 5-4 2019 年 13 个城市 PM₁₀ 排名情况

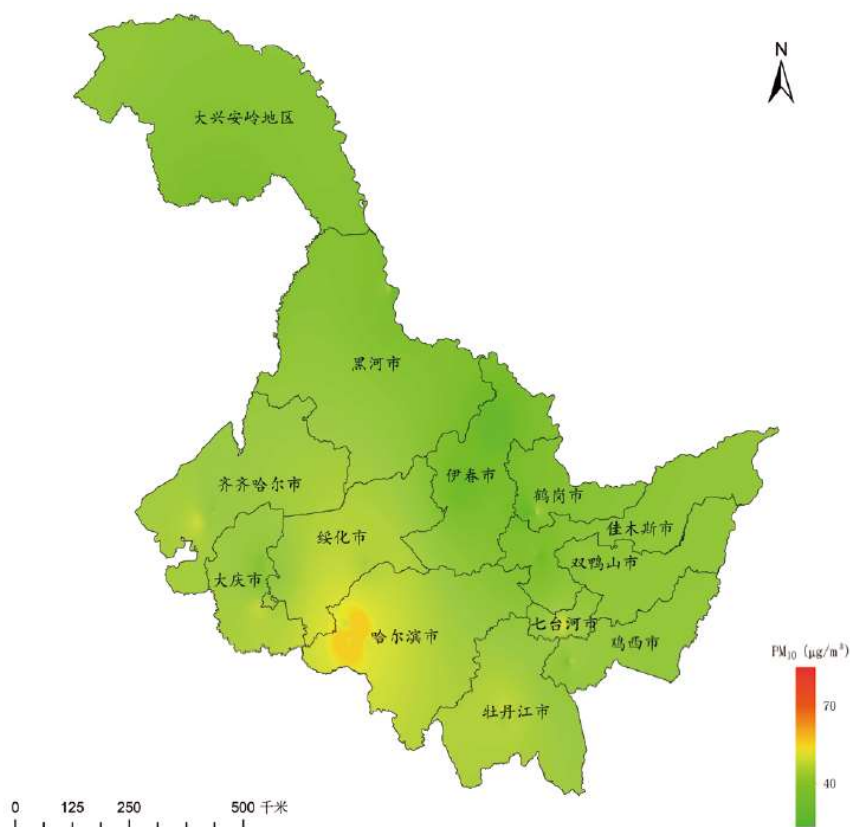


图 5-5 2019 年全省 PM₁₀ 浓度空间分布示意

由图 5-4 和图 5-5 可知，2019 年 13 个城市 PM₁₀ 排名前三名分别是大兴安岭地区、黑河市和伊春市；后三名为哈尔滨市、七台河市和牡丹江市。

5.1.2 污染物浓度情况

根据黑龙江省生态环境厅于 2020 年 06 月公布的《2019 年黑龙江省环境状况公报》，2019 年全省各污染物浓度及同比情况如图 5-6 所示。

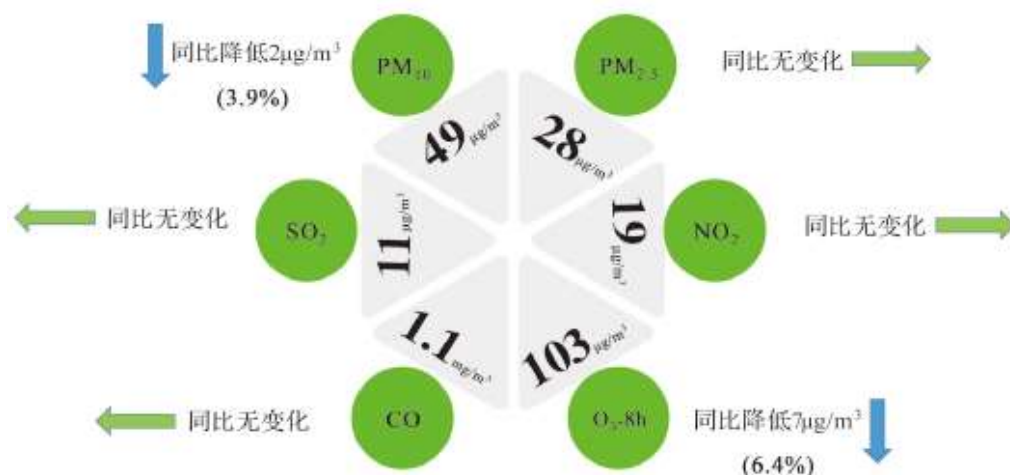


图 5-6 2019 年全省各污染物浓度及同比情况

截止 2019 年黑龙江省 6 项污染物均值浓度（或特定百分位数均值浓度）与 2018 年相比，除 PM₁₀ 和 O₃-8h 均值浓度分别降低 $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3.9%) 和 $7\mu\text{g}/\text{m}^3$ (6.4%) 外，其他 4 项污染物浓度均保持不变。

全省 PM_{2.5} 均值浓度为 $28\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，各城市浓度范围为 $16\mu\text{g}/\text{m}^3\sim 42\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；PM₁₀ 的均值浓度为 $49\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，各城市浓度范围为 $30\mu\text{g}/\text{m}^3\sim 67\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；SO₂ 的均值浓度为 $11\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，各城市浓度范围为 $7\mu\text{g}/\text{m}^3\sim 19\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；NO₂ 的均值浓度为 $19\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，各城市浓度范围为 $11\mu\text{g}/\text{m}^3\sim 32\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；CO 的均值浓度为 $1.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，各城市浓度范围为 $0.6\mu\text{g}/\text{m}^3\sim 1.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；O₃-8h 的均值浓度为 $103\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，各城市浓度范围为 $82\mu\text{g}/\text{m}^3\sim 118\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

5.1.3 供暖期和非供暖期状况

根据黑龙江省生态环境厅于 2020 年 06 月公布的《2019 年黑龙江省环境状况公报》，2019 年全省 13 个城市供暖期与非供暖期优良天数比例对比情况如图 5-7 所示。

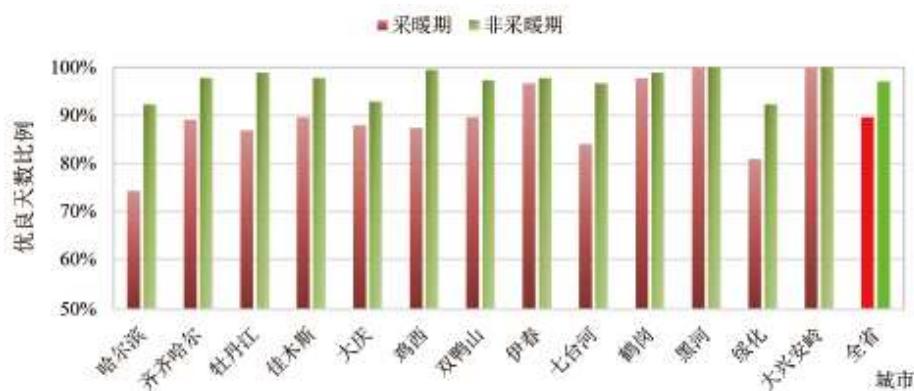


图 5-7 2019 年全省 13 个城市供暖期与非供暖期优良天数比例对比情况

由图 5-7 可知，2019 年全省供暖期平均优良天数比例为 89.6%，非供暖期为 97.1%，供暖期低于非供暖期 7.5 个百分点。13 个城市供暖期优良天数比例范围为 74.3%（哈尔滨市）~100%（黑河市和大兴安岭地区），非供暖期优良天数比例范围为 92.3%（哈尔滨市和绥化市）~100%（黑河市和大兴安岭地区）。

2019 年全省供暖期与非供暖期污染物浓度对比情况如图 5-8 所示。

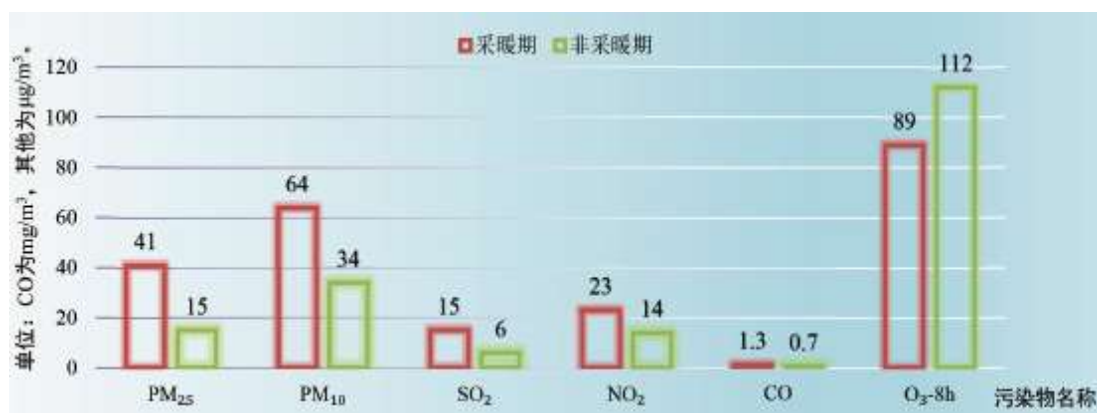


图 5-8 2019 年全省供暖期与非供暖期污染物浓度对比情况

2019 年，全省供暖期的 PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO 等 5 项污染物均值浓度分别高于非供暖期 26µg/m³、30µg/m³、9µg/m³、9µg/m³ 和 0.6µg/m³；O₃-8h 均值浓度为非供暖期高于供暖期 23µg/m³。

5.2 环境效益分析

地热能资源具有绿色环保、清洁安全、可循环利用的特点，其开发利用

可显著减少化石燃料的消耗，对改善自然环境条件，保护生态环境效果显著。

地热能供暖常规能源替代量可由下式计算：

$$Q_s = Q_t - Q_r \quad (5-1)$$

式中 Q_s ——常规能源替代量，kgce；

Q_t ——供暖建筑采用常规能源供热的能耗，kgce；

Q_r ——地热能供暖系统的总能耗，kgce。

根据《北方地区冬季清洁取暖规划（2017-2021年）》（发改能源〔2017〕2100号），2021年供热系统平均综合能耗降低至15kgce/m²以下。本规划取供暖建筑采用常规能源供暖的能耗为15kgce/m²进行环境效益计算，到2025年底^⑤：

（1）以重点示范区哈尔滨（松嫩盆地）建设500万m²中深层埋管地热能供暖系统为例，与燃煤锅炉集中供暖方式相比，减少标煤4.14万tce/a，CO₂减排10.23万t/a，SO₂减排0.08万t/a，NO_x减排0.006万t/a。

（2）以积极示范区齐齐哈尔（松嫩盆地）、鸡西（鸡西盆地）、牡丹江（东宁盆地）、大庆（松嫩盆地）建设500万m²的中深层埋管地热能供暖系统为例，与燃煤锅炉集中供暖方式相比，减少标煤4.19万tce/a，CO₂减排10.36万t/a，SO₂减排0.08万t/a，NO_x减排0.006万t/a。

（3）以鼓励试点示范区绥化（松嫩盆地）、哈尔滨（方正-通河断凹）、鸡西（兴凯湖盆地）、七台河（勃利盆地）、哈尔滨（尚志断隆、胜利断凹）、佳木斯（勃利盆地）建设350万m²的中深层埋管地热能供暖系统为例，与燃煤锅炉集中供暖方式相比，减少标煤2.82万tce/a，CO₂减排6.96万t/a，SO₂减排0.06万t/a，NO_x减排0.004万t/a。

由上述计算可见，常规能源替代量非常可观，环境效益显著，可在一定程度上改善冬季供暖所致大气污染情况。

为了正确处理能源和环境的关系，需要实施保护环境的能源发展战略，制定地热资源开发利用与保护并重的发展规划，同时兼顾环境保护。为避免地热能供暖开采利用对地质环境的破坏，应采取如下措施：

（1）合理规划开采布局。在建设地热能供暖项目之前开展研究，合理布置地热开采点和地热井间距，避免某些地区的过量集中开采，造成地热量的补给不充分。

^⑤ 相关面积分配示例见6.3节。

(2) 合理开发利用，确保“取热不取水”。充分利用地埋管地热能取热技术，做到“取热不取水”。不新建地热水直接供暖项目，改造现有地热水直接供暖项目为地热水热泵梯级利用供暖系统，降低地热水用量和回灌压力。

(3) 加强地质环境监测，重点部位有效设防。建立地质环境监测网络和灾害预警信息系统，及时调整动态监测网，保护监测网点。做好关键设施的重点设防和加固工作。

5.3 社会效益分析

地热能资源具有绿色环保、污染小的特点，其开发利用不排放污染物和温室气体，可显著减少化石燃料消耗和化石燃料开采过程中的生态破坏，对人居环境改善和生态环境保护具有显著效果。

此外，地热能供暖项目建设可促进经济发展，为经济转型和新型城镇化建设增加新生力量，也将带动黑龙江省可再生能源生产、设备制造、能源合同管理等相关行业的良性发展，在增加就业机会、增加城镇居民收入、惠及民生等方面有着显著的社会效益。

第6章 经济效益分析

6.1 经济指标测算依据和方法

根据各地区地热能资源禀赋、气象条件、建筑类型和经济发展水平测算地热能供暖系统的经济指标。初投资包括地热能采集系统建造费用和热源机房建造费用，不含建筑物内末端建造费用、项目前期及不可预见费等，其计算按照国家 and 黑龙江省相关定额进行。运行费用主要为系统电费，忽略补水及水处理等费用。气象条件、建筑类型及供暖热指标见 4.1。

(1) 地区热价

表 6-1 列出了黑龙江省 13 个地级城市的供暖收费价格。

表 6-1 黑龙江省 13 个地级城市供暖收费价格

城市及地区	居住建筑	公共建筑	计费标准
哈尔滨	38.32	43.30	使用面积
齐齐哈尔	28.00	32.00	建筑面积
牡丹江	38.16	38.16	居民：使用面积 非居民：建筑面积
佳木斯	26.75	34.00	建筑面积
大庆	29.00	34.50	建筑面积
鸡西	27.78	39.31	建筑面积
双鸭山	28.84	38.13	建筑面积
伊春	35.00	48.00	居民：建筑面积 ×0.7 非居民：建筑面积 ×0.8
七台河	26.80	38.10	建筑面积
鹤岗	26.00	37.00	居民：建筑面积 ×0.87 非居民：建筑面积
黑河	28.00	32.00	建筑面积
绥化	28.40	36.20	建筑面积
大兴安岭	28.00	32.00	建筑面积

注：收费价格单位为元/(m²·a)。

(2) 地区电价

按照黑龙江省 2019 年 9 月 1 日启用的电网销售价格，居民清洁能源供暖的平段电价为 0.503 元/kWh，一般工商业及其他用电的清洁能源供暖平段电价为 0.5758 元/kWh。

(3) 经济性指标测算方法

费用年值：

$$AC = \sum_{t=0}^n CO_t(P/F, i_0, t) (A/P, i_0, n) \quad (6-1)$$

式中 AC —— 费用年值；
 CO_t —— 第 t 年的现金流出；
 $(P/F, i_0, t)$ —— 一次支付现值系数；
 P —— 现值；
 F —— 资金；
 i_0 —— 折现率，取 8%；
 $(A/P, i_0, n)$ —— 等额资金偿债基金系数；
 n —— 使用年限，取值见表 6-2。

净现值：

$$NPV = \sum_{t=0}^n (CI_t - CO_t) (1 + i_0)^{-t} \quad (6-2)$$

式中

NPV —— 净现值；
 CI_t —— 第 t 年的现金流入；

动态投资回收期：

$$\sum_{t=0}^{P_D} (CI_t - CO_t) (P/F, i_0, t) = 0 \quad (6-3)$$

式中

P_D —— 动态投资回收期；

内部收益率：

$$\sum_{t=0}^n (CI_t - CO_t) (1 + IRR)^{-t} = 0 \quad (6-4)$$

式中

IRR —— 内部收益率；

表 6-2 地热能供暖系统相关部件和设施计算使用年限

项目	热泵、水泵及 控制设备	管道	地埋管	换热站	入网
计算使用年限	15	30	50	30	50

6.2 地热能供暖系统经济指标

6.2.1 地热水热泵梯级利用供暖系统经济指标

表 6-3 列出了计算的既有地热水供暖系统改造为地热水热泵梯级利用供

暖系统的经济指标。

表 6-3 改造地热水热泵梯级利用供暖系统的经济指标

项目		既有居住建筑	既有公共建筑
初投资 (元/m ²)	地热能采集系统 (新增换热器)	4.79	6.66
	热源机房	14.62	20.35
	合计	19.41	27.01
运行费用 (元/(m ² ·a))		6.64	9.88
费用年值 (元/(m ² ·a))		9.52	14.05

由于地热水热泵梯级利用供暖系统是基于既有地热水供暖系统改造，地热能采集系统没有钻井费用，主要增加了中间换热器等设备的费用，而地热水较高的温度有利于减小热源机房热泵侧投资，使得初投资较低，同时系统费用年值也较低。

6.2.2 浅层地埋管地源热泵供暖系统经济指标

根据计算，表 6-4 列出了适用浅层地埋管地源热泵供暖系统城市的经济指标。

根据表 6-4 的结果，不同城市应用浅层地埋管地源热泵供暖系统的经济指标有如下特点：

(1) 不同建筑类型经济性差异大，新建建筑经济性优于既有建筑。由于新建建筑更高的节能要求，新建建筑的热指标小于既有建筑，降低了新建建筑的系统能耗，从而表现出更优的经济效益，以哈尔滨为例，新建和既有居住建筑的动态投资回收期分别为 9 年和大于 20 年，并且新建居住建筑的费用年值比既有居住建筑低 23.9%。

(2) 地质条件对经济性的影响较大。绥化地区土壤第四系厚度仅在 52m 左右，浅层地热资源相对贫乏，动态回收期超过 20 年，费用年值相对较高。

(3) 浅层地埋管地源热泵供暖系统在哈尔滨的经济性最好，而在绥化的经济性表现一般。对于哈尔滨，除既有建筑以外，浅层地埋管地源热泵供暖系统在新建建筑类型中均能保证动态投资回收期不大于 20 年；对于齐齐哈尔、佳木斯、大庆，浅层地埋管地源热泵供暖系统只能保证在新建居住建筑应用时的动态投资回收期不大于 20 年，费用年值不超过 30 元/(m²·a)；对于绥化，在四种建筑中应用浅层地埋管地源热泵供暖系统的动态投资回收期均

大于 20 年，其中在既有公共建筑中的经济性最差，费用年值达到了 54.05 元/(m²·a)。

表 6-4 适用浅层地埋管地源热泵供暖系统城市的经济指标

城市	建筑类型	初投资 (元/m ²)			运行费用 (元/(m ² ·a))	动态投资回收期 (年)	费用年值 (元/(m ² ·a))
		地热能采集系统	热源机房	合计			
哈尔滨	A	118.51	33.74	152.25	13.82	9	23.68
	B	150.11	43.62	193.73	17.37	>20	31.11
	C	154.06	44.88	198.94	18.45	20	32.72
	D	197.51	59.13	256.65	25.44	>20	45.25
齐齐哈尔	A	120.41	32.85	153.25	13.95	13	23.87
	B	153.62	42.81	196.43	17.78	>20	31.74
	C	157.77	44.08	201.85	18.83	>20	33.33
	D	203.44	58.47	261.92	26.02	>20	46.27
佳木斯	A	128.66	33.21	161.87	14.05	18	24.68
	B	175.24	46.58	221.82	19.32	>20	35.53
	C	168.58	44.62	213.21	19.00	>20	34.44
	D	217.39	59.28	276.67	26.22	>20	47.68
大庆	A	131.47	37.26	168.73	15.98	20	27.40
	B	159.40	45.97	205.37	19.13	>20	33.96
	C	172.55	50.16	222.71	21.74	>20	38.27
	D	221.85	66.41	288.27	29.90	>20	52.71
绥化	A	138.73	37.43	176.16	16.08	>20	28.12
	B	168.20	46.21	214.42	19.28	>20	34.86
	C	182.08	50.45	232.52	22.03	>20	39.38
	D	234.10	66.89	300.99	30.19	>20	54.05

注：（1）A—新建居住建筑；B—既有居住建筑；C—新建公共建筑；D—既有公共建筑；
 （2）初投资包括地热能采集系统建造费用和热源机房建造费用，不含建筑物内末端及管道建造费用、项目前期及不可预见费等；运行费用为系统电费，不含补水及水处理费用、人工费用和维修费用等。

6.2.3 中深层地埋管地热能供暖系统经济指标

表 6-5 至表 6-8 分别列出了黑龙江省 13 个市（地）的新建居住建筑、既有居住建筑、新建公共建筑和既有公共建筑应用中深层地埋管地热能供暖系统的经济指标。

图 6-1 和图 6-2 分别列出了黑龙江省 13 个市（地）新建居住建筑和新建公共建筑的费用年值。

表 6-5 新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统经济指标

地区	盆地区域	初投资 (元/m ²)			运行费用 (元/(m ² ·a))	动态投资 回收期 (年)	费用年值 (元/(m ² ·a))
		地热能 采集系统	热源机房	合计			
哈尔滨	松嫩盆地	160.34	22.32	182.67	9.03	9.00	21.07
	方正-通河断凹	201.12	25.51	226.63	10.31	17.00	26.03
	尚志断隆、胜利断凹	226.77	25.65	252.41	10.39	>20	28.22
	东兴盆地	998.18	32.27	1030.45	13.74	>20	95.34
齐齐哈尔	松嫩盆地	158.64	21.57	180.21	9.05	11.00	20.87
牡丹江	宁安盆地	307.93	25.41	333.34	10.35	>20	34.70
	东宁盆地	166.55	21.46	188.01	8.69	13.00	21.04
佳木斯	依-舒地堑	220.04	24.76	244.80	10.34	>20	27.52
	勃利盆地	203.24	24.19	227.44	10.09	>20	25.84
	三江盆地	233.54	25.30	258.84	10.57	>20	28.91
大庆	松嫩盆地	172.94	23.89	196.83	10.12	14.00	23.47
鸡西	鸡西盆地	166.55	21.46	188.01	8.89	12.00	21.27
	兴凯湖盆地	187.63	22.45	210.08	9.31	16.00	23.52
双鸭山	双鸭山盆地	444.09	31.62	475.71	13.43	>20	49.81
	三江盆地	265.75	28.98	294.73	12.17	>20	33.70
伊春	伊春盆地	342.49	29.99	372.48	13.20	>20	41.12
	嘉荫盆地	255.53	28.04	283.58	12.28	>20	32.88
七台河	勃利盆地	188.96	22.46	211.41	9.31	19.00	23.63
鹤岗	鹤岗盆地	196.89	23.33	220.21	9.97	>20	25.10
	三江盆地	225.48	24.39	249.87	10.44	>20	28.02
黑河	孙吴盆地	252.56	29.22	281.78	13.34	>20	33.95
	嘉荫盆地	271.50	29.89	301.40	13.66	>20	35.89
绥化	松嫩盆地	172.78	23.89	196.66	10.12	15.00	23.46
大兴安岭	漠河盆地	370.26	30.77	401.03	15.28	>20	45.68

注：初投资包括地热能采集系统建造费用和热源机房建造费用，不含建筑物内末端及管道建造费用、项目前期及不可预见费等；运行费用为系统电费，不含补水及水处理费用、人工费用和维修费用等。

表 6-6 既有居住建筑中深层地理管地热能供暖系统经济指标

城市	盆地区域	初投资 (元/m ²)			运行费用 (元/(m ² ·a))	动态投资 回收期 (年)	费用年值 (元/(m ² ·a))
		地热能 采集系统	热源机房	合计			
哈尔滨	松嫩盆地	203.10	28.58	231.68	11.18	20.00	27.61
	方正-通河断凹	254.75	32.67	287.42	12.77	>20	33.86
	尚志断隆、胜利断凹	287.24	32.89	320.13	12.90	>20	36.67
	东兴盆地	1264.36	42.61	1306.97	17.85	>20	122.56
齐齐哈尔	松嫩盆地	202.40	27.82	230.22	11.35	>20	27.66
牡丹江	宁安盆地	408.30	34.31	442.61	13.83	>20	47.62
	东宁盆地	220.84	28.80	249.64	11.50	>20	29.36
佳木斯	依-舒地堑	299.72	34.28	333.99	13.94	>20	38.98
	勃利盆地	276.83	33.47	310.30	13.59	>20	36.68
	三江盆地	318.09	35.05	353.14	14.26	>20	40.89
大庆	松嫩盆地	209.69	29.22	238.92	11.95	>20	29.07
鸡西	鸡西盆地	213.44	27.79	241.23	11.34	>20	28.48
	兴凯湖盆地	240.44	29.09	269.54	11.89	>20	31.37
双鸭山	双鸭山盆地	492.54	35.37	527.91	14.45	>20	55.26
	三江盆地	294.74	32.33	327.07	13.02	>20	37.34
伊春	伊春盆地	388.51	34.31	422.82	15.12	>20	47.41
	嘉荫盆地	289.87	32.03	321.90	14.03	>20	38.02
七台河	勃利盆地	242.15	29.11	271.25	11.89	>20	31.52
鹤岗	鹤岗盆地	255.95	30.71	286.66	12.87	>20	33.89
	三江盆地	293.13	32.14	325.27	13.49	>20	37.70
黑河	孙吴盆地	279.30	32.49	311.79	14.69	>20	37.95
	嘉荫盆地	300.25	33.25	333.50	15.05	>20	40.10
绥化	松嫩盆地	209.49	29.22	238.71	11.95	>20	29.05
大兴安岭	漠河盆地	511.42	43.57	554.99	21.92	>20	65.76

注：初投资包括地热能采集系统建造费用和热源机房建造费用，不含建筑物内末端及管道建造费用、项目前期及不可预见费等；运行费用为系统电费，不含补水及水处理费用、人工费用和维修费用等。

表 6-7 新建公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统经济指标

城市	盆地区域	初投资 (元/m ²)			运行费用 (元/(m ² ·a))	动态投资 回收期 (年)	费用年值 (元/(m ² ·a))
		地热能 采集系统	热源机房	合计			
哈尔滨	松嫩盆地	208.45	29.37	237.81	11.87	15.00	28.90
	方正-通河断凹	261.46	33.58	295.04	13.56	>20	35.38
	尚志断隆、胜利断凹	294.80	33.81	328.61	13.70	>20	38.27
	东兴盆地	1297.63	43.95	1341.59	18.93	>20	126.58
齐齐哈尔	松嫩盆地	207.87	28.61	236.48	12.01	19.00	28.93
牡丹江	宁安盆地	410.58	34.52	445.10	14.16	>20	48.18
	东宁盆地	222.07	28.97	251.04	11.78	13.00	29.79
佳木斯	依-舒地堑	288.33	32.90	321.23	13.76	>20	37.72
	勃利盆地	266.32	32.13	298.45	13.43	>20	35.50
	三江盆地	306.01	33.64	339.65	14.08	>20	39.56
大庆	松嫩盆地	226.99	31.77	258.76	13.53	20.00	32.52
鸡西	鸡西盆地	222.07	28.97	251.04	12.07	13.00	30.11
	兴凯湖盆地	250.17	30.33	280.51	12.65	17.00	33.14
双鸭山	双鸭山盆地	565.21	41.12	606.33	17.52	>20	65.15
	三江盆地	338.23	37.42	375.64	15.73	>20	44.40
伊春	伊春盆地	460.22	41.18	501.40	18.32	>20	57.48
	嘉荫盆地	343.37	38.35	381.72	16.96	>20	46.26
七台河	勃利盆地	251.94	30.35	282.29	12.65	19.00	33.29
鹤岗	鹤岗盆地	260.17	31.24	291.41	13.37	>20	34.84
	三江盆地	297.96	32.70	330.66	14.01	>20	38.73
黑河	孙吴盆地	334.27	39.33	373.59	18.10	>20	46.90
	嘉荫盆地	359.34	40.26	399.60	18.55	>20	49.50
绥化	松嫩盆地	226.77	31.77	258.54	13.53	19.00	32.50
大兴安岭	漠河盆地	462.82	39.10	501.92	19.35	>20	58.53

注：初投资包括地热能采集系统建造费用和热源机房建造费用，不含建筑物内末端及管道建造费用、项目前期及不可预见费等；运行费用为系统电费，不含补水及水处理费用、人工费用和维修费用等。

表 6-8 既有公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统经济指标

城市	盆地区域	初投资 (元/m ²)			运行费用 (元/(m ² ·a))	动态投资 回收期 (年)	费用年值 (元/(m ² ·a))
		地热能 采集系统	热源机房	合计			
哈尔滨	松嫩盆地	267.24	38.19	305.43	16.12	>20	39.35
	方正-通河断凹	335.20	43.70	378.90	18.44	>20	47.82
	尚志断隆、胜利断凹	377.94	44.08	422.03	18.66	>20	51.58
	东兴盆地	1663.63	59.49	1723.12	26.85	>20	166.54
齐齐哈尔	松嫩盆地	268.04	37.43	305.48	16.33	>20	39.57
牡丹江	宁安盆地	524.63	45.01	569.64	19.38	>20	64.27
	东宁盆地	283.76	37.53	321.29	16.00	>20	40.39
佳木斯	依-舒地堑	371.80	43.15	414.95	18.71	>20	51.04
	勃利盆地	343.41	42.10	385.51	18.23	>20	48.13
	三江盆地	394.60	44.14	438.74	19.15	>20	53.45
大庆	松嫩盆地	291.84	41.49	333.33	18.30	>20	44.13
鸡西	鸡西盆地	283.76	37.53	321.29	16.34	>20	40.77
	兴凯湖盆地	319.67	39.33	359.00	17.14	>20	44.70
双鸭山	双鸭山盆地	726.69	54.38	781.07	24.11	>20	86.86
	三江盆地	434.86	49.03	483.89	21.41	>20	59.73
伊春	伊春盆地	588.65	53.89	642.55	24.98	>20	76.53
	嘉荫盆地	439.20	49.98	489.18	23.01	>20	61.91
七台河	勃利盆地	321.93	39.35	361.28	17.15	>20	44.90
鹤岗	鹤岗盆地	330.49	40.28	370.76	18.18	>20	46.82
	三江盆地	378.49	42.21	420.70	19.08	>20	51.86
黑河	孙吴盆地	430.83	51.68	482.51	24.54	>20	63.13
	嘉荫盆地	463.15	52.95	516.10	25.18	>20	66.54
绥化	松嫩盆地	291.56	41.49	333.05	18.30	>20	44.10
大兴安岭	漠河盆地	590.09	50.97	641.06	26.48	>20	77.88

注：初投资包括地热能采集系统建造费用和热源机房建造费用，不含建筑物内末端及管道建造费用、项目前期及不可预见费等；运行费用为系统电费，不含补水及水处理费用、人工费用和维修费用等

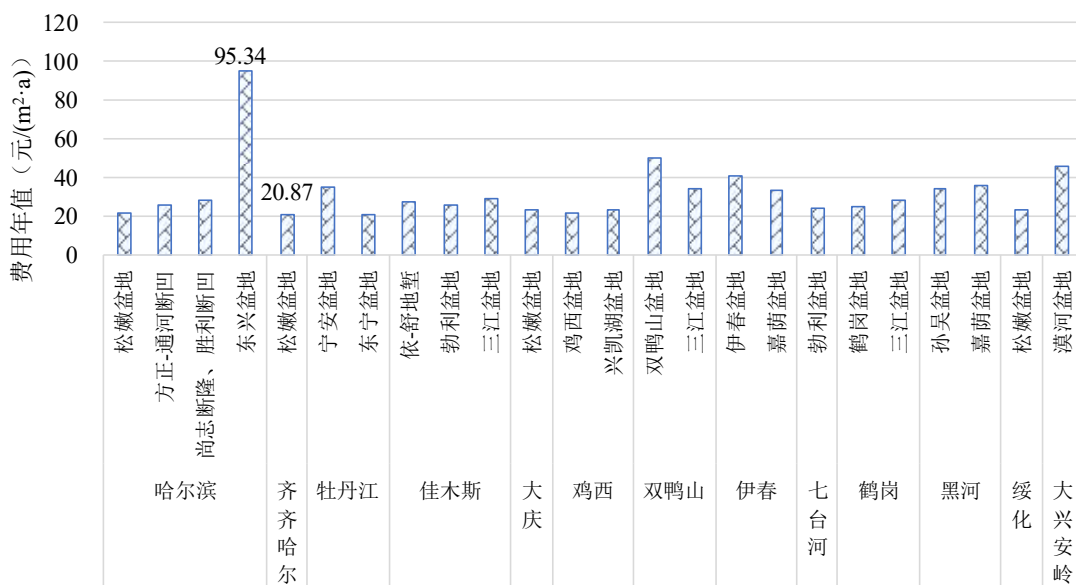


图 6-1 新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统的费用年值

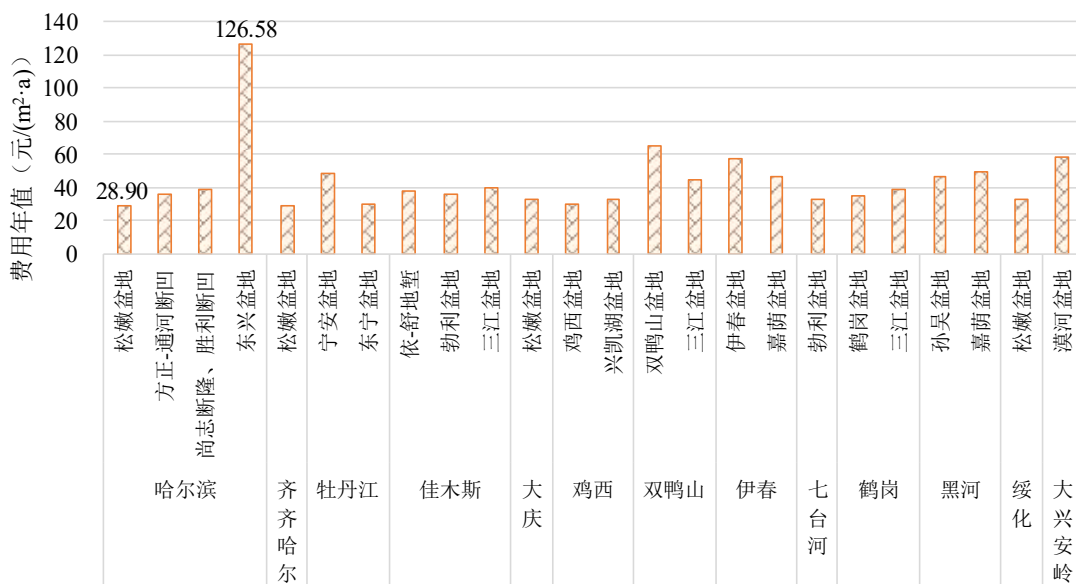


图 6-2 新建公共建筑中深层地埋管地热能供暖系统的费用年值

根据表 6-5 至表 6-8 以及图 6-1 和图 6-2，中深层地埋管地热能供暖系统经济指标有如下特点：

(1) 对于同一地区，地热条件丰富的区域系统动态投资回收期更短，且费用年值更低。以哈尔滨为例，松嫩盆地区域的单位埋管取热量可以达到 150 W/m ，埋深可达 2000m ，新建居住建筑的费用年值仅为 $21.07 \text{ 元}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，动态投资回收期也仅有 9 年；而东兴盆地埋深只能到 800m ，导致以新建居住建筑为服务对象的系统钻井和换热管道费用高达 $998.18 \text{ 元}/\text{m}^2$ ，是哈尔滨市其他盆地钻井成本的 5 倍左右，取热投资过高，经济性最差，新建居住建筑费用年值高达 $95.34 \text{ 元}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，动态投资回收期也超过 20 年。

(2) 新建建筑的经济性优于既有建筑。以哈尔滨（松嫩盆地）为例，新建和既有居住建筑的动态投资回收期分别为 9 年和 20 年，并且新建居住建筑的费用年值比既有居住建筑低 23.7%。

(3) 地热能采集系统是地热能供暖系统初投资的主要部分，更低的地热能采集系统初投资可以有效减小动态投资回收期。牡丹江（宁安盆地）和牡丹江（东宁盆地）新建居住建筑的地热能采集系统成本分别为 $307.93 \text{ 元}/\text{m}^2$ 和 $166.55 \text{ 元}/\text{m}^2$ ，约占初投资的 90%，导致只有牡丹江（东宁盆地）的动态投资回收期小于 20 年，费用年值也比牡丹江（宁安盆地）低 39.4%。

6.3 地热能供暖投资估算

2020~2025 期间，根据新建居住建筑中深层地埋管地热能供暖系统重点布局区域规划，按照经济性、节能性和环保性做如下投资估算：

(1) 重点示范区为哈尔滨（松嫩盆地），以建设 500 万 m^2 的中深层地埋管地热能供暖系统为例，总投资共计 9.2 亿元。

(2) 积极示范区为齐齐哈尔（松嫩盆地）、鸡西（鸡西盆地）、牡丹江（东宁盆地）、大庆（松嫩盆地），以建设 500 万 m^2 的中深层地埋管地热能供暖系统为例，按照平均值计算^⑥，总投资共计 9.4 亿元。

(3) 鼓励试点示范区为绥化（松嫩盆地）、哈尔滨（方正-通河断凹）、鸡西（兴凯湖盆地）、七台河（勃利盆地）、哈尔滨（尚志断隆、胜利断凹）、佳木斯（勃利盆地），以建设 350 万 m^2 的中深层地埋管地热能供暖系统为例，

^⑥ 参考表 3-7 的经济性和地质单元的面积，齐齐哈尔（松嫩盆地）、牡丹江（东宁盆地）、大庆（松嫩盆地）、鸡西（鸡西盆地）四个地质单元分别按照新建 250 万 m^2 、 20 万 m^2 、 150 万 m^2 、 80 万 m^2 中深层地埋管地热能供暖系统为例计算。

按照平均值计算^⑦，总投资共计 7.6 亿元。

地热能的开发利用，将带动地热资源勘查评价，以及钻井、热泵等一系列关键技术和设备制造产业的发展。

6.4 敏感性分析

6.4.1 电价影响

图 6-3 列出了 5 个水平的电价（一般工商业清洁取暖电价 0.5758 元/kWh、居民清洁取暖电价 0.503 元/kWh、0.45 元/kWh、0.40 元/kWh、0.35 元/kWh）对中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区内以新建居住建筑为服务对象的系统费用年值的影响。

由图 6-3 可知，各地区的系统费用年值与电价呈正比关系，电价越低，中深层地埋管地热能供暖系统的费用年值越低，且各地区降低速率基本一致。当哈尔滨松嫩盆地的电价从 0.5758 元/kWh 降低到 0.35 元/kWh 时，费用年值从 21.07 元/m² 降到了 17.53 元/m²，降幅 16.8%。

6.4.2 钻井及换热管道成本影响

图 6-4 列出了不同钻井及换热管道成本对中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区内以新建居住建筑为服务对象的系统费用年值的影响。

与电价影响规律相似，费用年值与钻井及换热管道的成本呈正比关系。当哈尔滨松嫩盆地的钻井及换热管道成本从 1000 元/m 降低到 600 元/m 时，费用年值从 21.07 元/m² 降到了 15.83 元/m²，降幅 24.9%。

6.4.3 室外计算温度影响

图 6-5 列出了供暖室外计算温度对中深层地埋管地热能供暖系统优先发展区内以新建居住建筑为服务对象的系统费用年值的影响。

由图 6-5 可知，当室外计算温度提高时，费用年值下降显著。当哈尔滨

^⑦ 参考表 3-7 的经济性和地质单元的面积，绥化（松嫩盆地）、哈尔滨（方正-通河断凹）、鸡西（兴凯湖盆地）、七台河（勃利盆地）、哈尔滨（尚志断隆、胜利断凹）、佳木斯（勃利盆地）六个地质单元分别按照新建 120 万 m²、100 万 m²、50 万 m²、30 万 m²、30 万 m²、20 万 m² 中深层地埋管地热能供暖系统为例计算。

松嫩盆地的室外计算温度增加 4℃，费用年值从 21.07 元/m² 降至 18.49 元/m²，降幅 12.2%。而当室外计算温度降低 4℃，费用年值从 21.07 元/m² 增至 23.04 元/m²，增幅 15.5%。

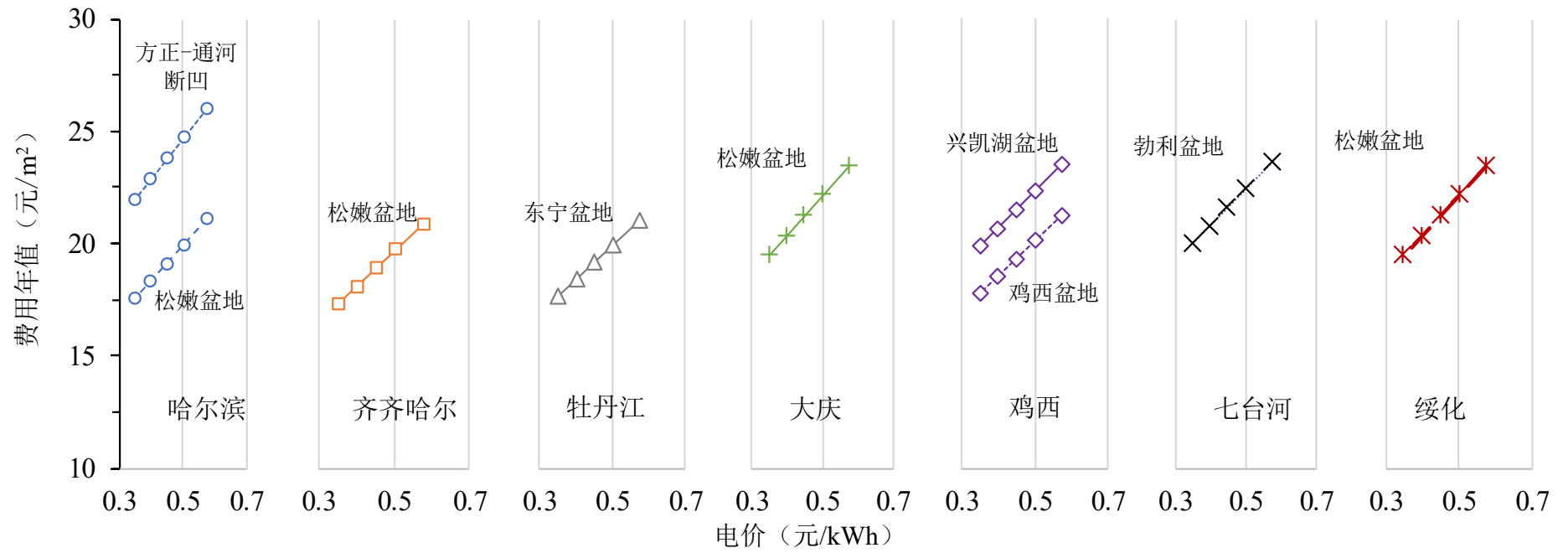


图 6-3 电价对新建居住建筑应用中深层地埋管地热能供暖系统费用年值的影响

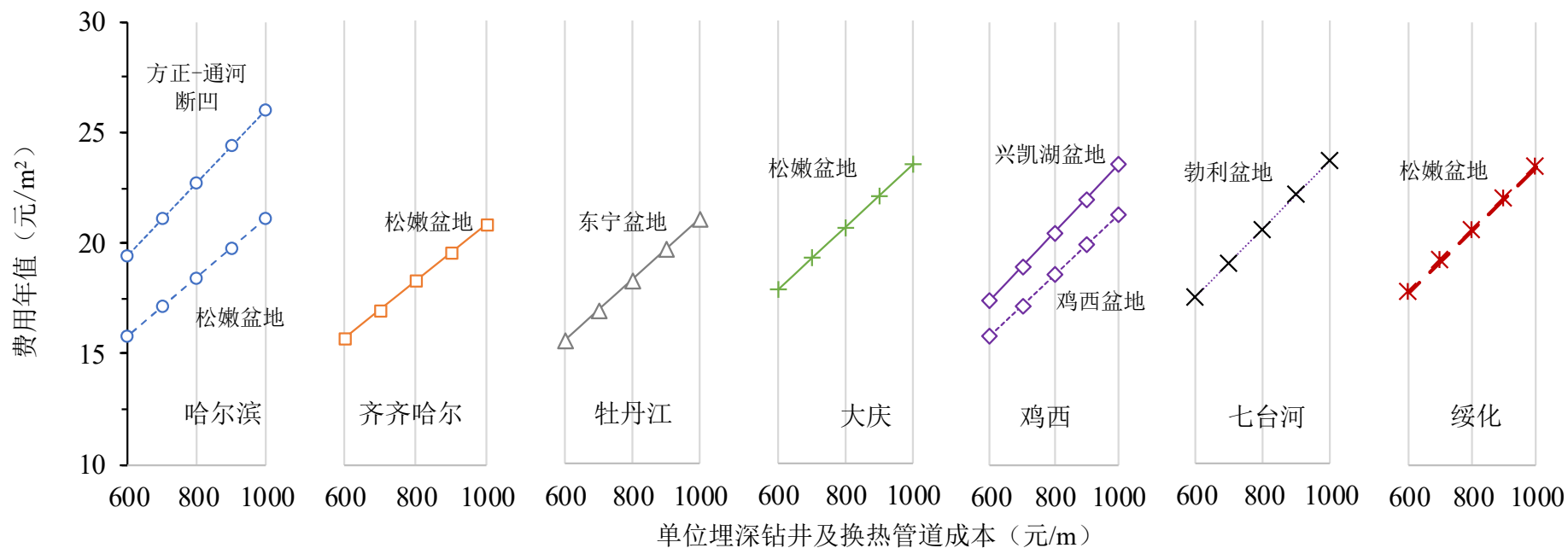


图 6-4 钻井及换热管道成本对新建居住建筑应用中深层地埋管地热能供暖系统费用年值的影响

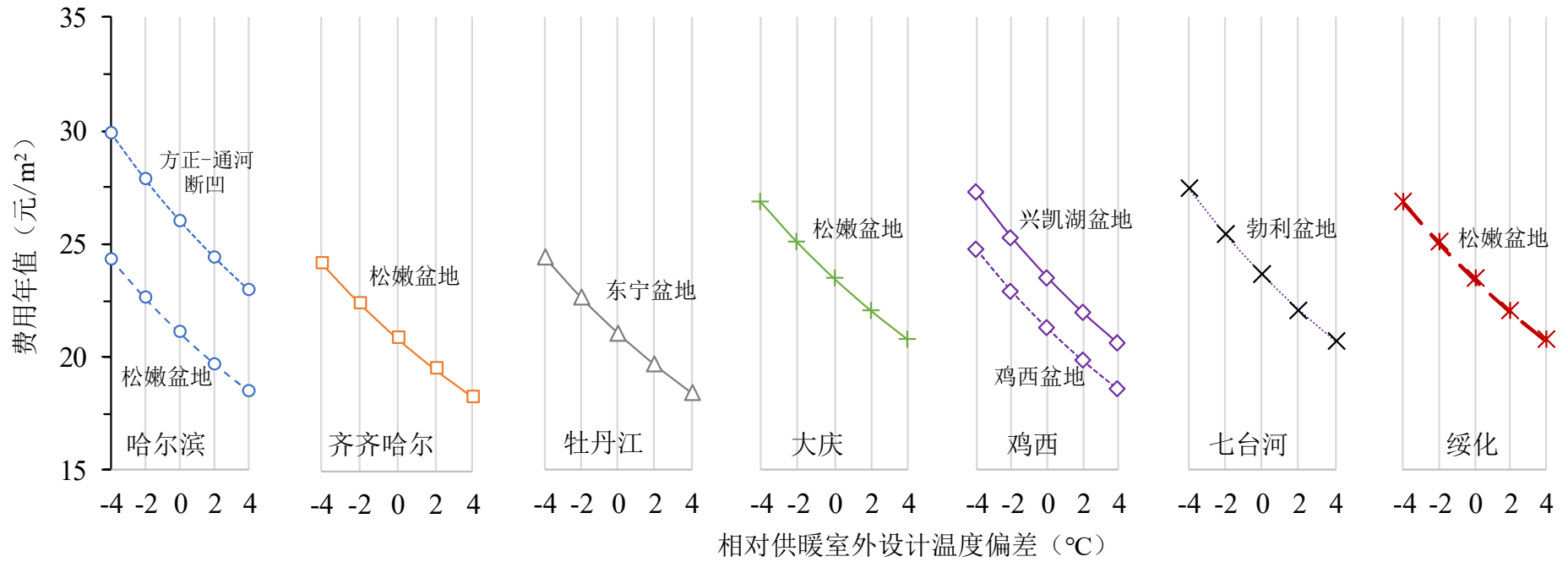


图 6-5 供暖室外计算温度对新建居住建筑应用中深层地埋管地热能供暖系统费用年值的影响

第7章 保障措施

(1) 加强组织领导

各地应成立以当地政府牵头的地热能供暖领导小组，统筹安排，科学推进。建立发展和改革、住房城乡建设、自然资源和规划、水利、生态环境、财政等部门参加的议事协调机制，对地热能开发利用的重大问题进行统一研究和部署，分工负责，协同配合，扎实推进当地地热能供暖发展。

(2) 推进规划实施

各地应根据全省地热能供暖专项规划的指引，制定本地区地热能供暖发展计划，明确年度发展目标、重点任务和实施范围。加强统筹协调，实现地热能开发利用与电网、热网联接互动。建立健全管理考核机制，加强工作推进和任务完成情况的监督问效和考核评价，确保规划有效实施。

(3) 优化市场环境

各地应建立健全供暖价格调节机制，探索实行清洁能源供暖价格市场调节机制，由供、用热各方协商确定具体供暖价格。进一步开放供热行业市场准入，鼓励社会资本进入清洁能源供暖领域。支持鼓励企业发展源、网、站及热用户一体化的经营管理模式，减少中间管理环节，降低供暖成本。简化清洁能源取暖项目审批流程，在项目选址、许可审批等方面开辟绿色通道。

(4) 多元筹措资金

各地应研究出台支持地热能供暖的资金扶持政策，健全清洁能源取暖财政补贴机制。妥善使用相关政策资金，加大扶持力度，引导企业和社会资本投入，鼓励和支持企业参与拓展融资渠道，建立健全政府引导、部门参与、市场运作、多元投入的投融资机制。积极采用合同能源管理、工程总承包等多种模式发展地热能供暖。

(5) 规范项目管理

各地应加强地热能供暖项目管理，严格执行国家和黑龙江省相关技术标准，选择技术成熟、经济合理的系统和设施开展项目建设。建立健全地热能采集监控和供暖热源站与用户端监控系统，加强项目运行监管。定期调试报警系统和故障处理系统的软硬件设备，健全完善供暖故障应急预案，保障供热安全。

(6) 抓好宣传推广

各地应充分利用互联网等新兴媒体，通过展览展示、示范体验等方式，不断提高公众地热能取暖意识，积极营造良好的社会认知氛围。大力宣传地热能供暖的优势，及时总结推广地热能供暖先进经验和做法。加强对从业人员的技术培训，为深入推进黑龙江省地热能供暖提供技术人才保障。

第8章 结论

本《规划》以“取热不取水”为总纲，遵循“科学勘察、因地制宜，清洁高效、持续利用，政府引导、市场运作”的原则，构建地热能等多种清洁供暖形式适宜推广的基本格局，把发展清洁地热能资源作为改善黑龙江省供暖能源结构的主攻方向之一。

通过广泛调研黑龙江省供暖现状，勘查 15 个盆地地区的地热能资源情况，《规划》对全省地热能供暖提出指导意见和发展方向。主要工作及重要结论如下：

(1) 基于现有地质资料计算黑龙江省地热能供暖资源量。

黑龙江省自中、新生代以来，发育形成了众多沉积盆地，储存了丰富且分布广泛的地热能资源。具备地热能资源开发利用潜力（即同时满足技术和经济条件）的盆地共 15 个，总面积约为 22.99 万 km²。其中适合开发利用浅层地埋管地热能供暖的为哈尔滨、齐齐哈尔、佳木斯、大庆及绥化地区，适合开发利用中深层地埋管地热能供暖的盆地基本覆盖了省内各地级市。

为避免在发展地热能供暖项目过程中对地热能资源的过度利用，本《规划》同时考虑了发展用地率、土地可利用率、埋管利用率、地埋管埋深、地埋管间距及单位埋深取热量等参数，计算了 5 个地区（适合开发浅层地埋管地热能采集系统）和 15 个盆地（适合开发中深层地埋管地热能采集系统）中的理论供热能力，其中最大为松嫩盆地 257.5 GW，其次为三江盆地 57.1 GW，最小为东兴盆地 0.2 GW 和双鸭山盆地 0.2 GW。

(2) 规划黑龙江省地热能供暖系统适宜性分区。

根据各地区地热能资源禀赋、气候特征和地热能供暖系统的技术经济性，规划了浅层地埋管地源热泵供暖系统和地埋管地热能供暖系统的适宜性分区。对于浅层地埋管地源热泵供暖系统，以新建居住建筑为供暖对象的优先发展区为哈尔滨、齐齐哈尔、佳木斯、大庆，适度发展区为绥化；以新建公共建筑为供暖对象的适度发展区为哈尔滨。

对于中深层地埋管地热能供暖系统，以新建居住建筑为供暖对象的优先发展区为哈尔滨（松嫩盆地、方正-通河断凹）、齐齐哈尔（松嫩盆地）、牡丹江（东宁盆地）、大庆（松嫩盆地）、鸡西（鸡西盆地、兴凯湖盆地）、七台河（勃利盆地）、绥化（松嫩盆地），适度发展区为哈尔滨（尚志断隆、胜利

断凹)、佳木斯(依-舒地堑、勃利盆地、三江盆地)、鹤岗(鹤岗盆地、三江盆地);以新建公共建筑为供暖对象的优先发展区为哈尔滨(松嫩盆地)、齐齐哈尔(松嫩盆地)、牡丹江(东宁盆地),适度发展区为大庆(松嫩盆地)、鸡西(鸡西盆地、兴凯湖盆地)、七台河(勃利盆地)、鹤岗(鹤岗盆地)、绥化(松嫩盆地)。

(3) 重点布局黑龙江省中深层地埋管地热能供暖项目。

在地热能供暖适宜性规划分区内,根据内部收益率和净现值等经济因素,重点布局中深层地埋管地热能供暖项目。规划哈尔滨(松嫩盆地)为中深层地埋管地热能供暖项目重点示范区;齐齐哈尔(松嫩盆地)、牡丹江(东宁盆地)、大庆(松嫩盆地)以及鸡西(鸡西盆地)为中深层地埋管地热能供暖项目积极示范区;哈尔滨(方正-通河断凹、尚志断隆及胜利断凹)、佳木斯(勃利盆地)、鸡西(兴凯湖盆地)、七台河(勃利盆地)、绥化(松嫩盆地)为中深层地埋管地热能供暖项目鼓励试点示范区。

在重点示范区、积极示范区和鼓励试点示范区的重点布局中,应基于政策引领,市场主导的原则,积极营造市场氛围,推动产业化发展,因地制宜地加快推广中深层地埋管地热能供暖系统的建设。鼓励全省各地在集中供热未覆盖区、超低能耗建筑、绿色建筑及城镇保障性安居工程等政府投资或主导的建筑工程中,率先打造示范项目。

(4) 规划地热能供暖系统节煤效果显著。

根据黑龙江省不同地区的地热资源、气候区域以及社会经济发展差异,通过计算适宜应用浅层和中深层地埋管地热能供暖系统的各城市及地区的单位埋深取热量、热泵机组 COP、单位供暖面积所需埋深以及热泵和水泵耗电量指标,分析得出与热源为燃煤锅炉的集中供暖系统相比,利用浅层地埋管地源热泵进行供暖可节约标煤约 40%,而利用中深层地埋管地源热泵进行供暖可节约标煤约 60%。

(5) 规划地热能供暖系统具有良好的节能及社会效益。

地热能供暖系统的建设对消纳冬季电力和降低供暖污染物排放具有一定效果。以重点示范区新增 500 万 m^2 中深层地埋管地热能供暖系统为例,可减少标煤 4.14 万 tce/a, CO_2 减排 10.23 万 t/a, SO_2 减排 0.08 万 t/a, NO_x 减排 0.006 万 t/a;以积极示范区新增 500 万 m^2 为例,可减少标煤 4.19 万 tce/a, CO_2 减排 10.36 万 t/a, SO_2 减排 0.08 万 t/a, NO_x 减排 0.006 万 t/a;以鼓励试点示范区新增 350 万 m^2 为例,可减少标煤 2.82 万 tce/a, CO_2 减排 6.96 万 t/a,

SO₂减排 0.06 万 t/a，NO_x减排 0.004 万 t/a。能有效改善自然环境条件和保护生态环境。

此外，地热能供暖项目建设将带动黑龙江省可再生能源生产、设备制造、能源合同管理等相关行业的良性发展，在增加就业机会、增加城镇居民收入、惠及民生等方面有着显著的社会效益。

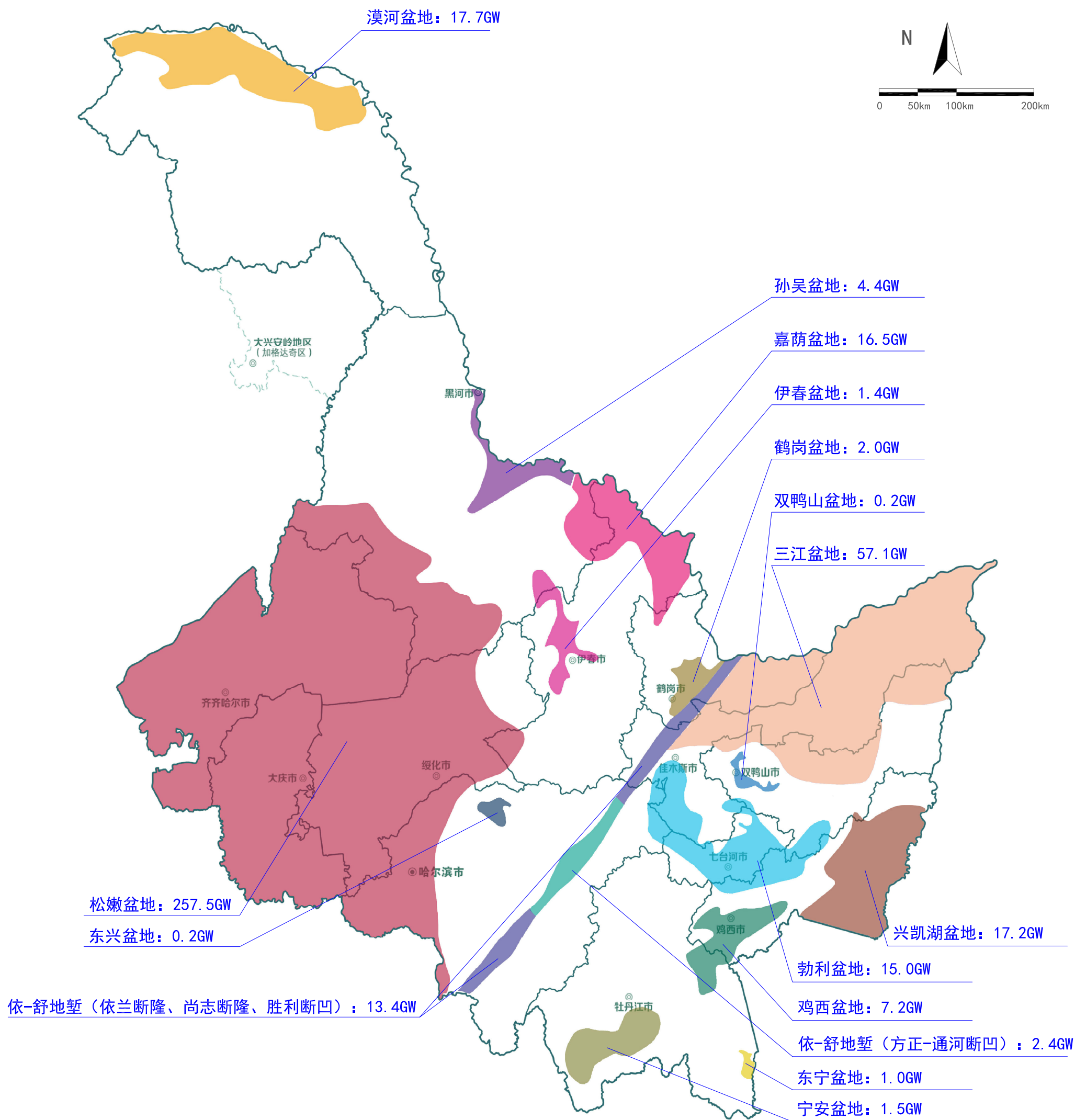
(6) 规划重点示范区地热能供暖系统在经济上具有可行性。

基于黑龙江省各地区热价、电价及相关政策等，分地区和建筑类型测算地热水热泵梯级利用供暖系统和浅层、中深层地埋管地热能供暖系统的初投资、运行费用、动态投资回收期、费用年值、净现值及内部收益率等经济指标。

在目前的价格体系和规划阶段的理论测算下，在重点示范区新建居住建筑中采用中深层地埋管地热能供暖系统在经济上具有可行性。项目实施阶段，应针对具体项目地热地质条件勘察结果等进行详细的技术经济比较。此外，针对不同电价、不同钻井及换热管道成本以及不同室外温度的敏感性分析结果，可为各地区地热能推广政策的制定提供理论依据。

按照规划预期，到 2025 年底，全省各地地热能供暖示范作用得到有效发挥，供暖建筑面积大幅增加，地热能资源保护和利用效率进一步提高，供暖能源结构进一步改善。

黑龙江省地热能供暖专项规划(2020-2025)



图

松嫩盆地：257.5GW —— 松嫩盆地中深层地埋管地热能采集系统供热能力为257.5GW

例

黑龙江省中深层地埋管地热能资源分布图

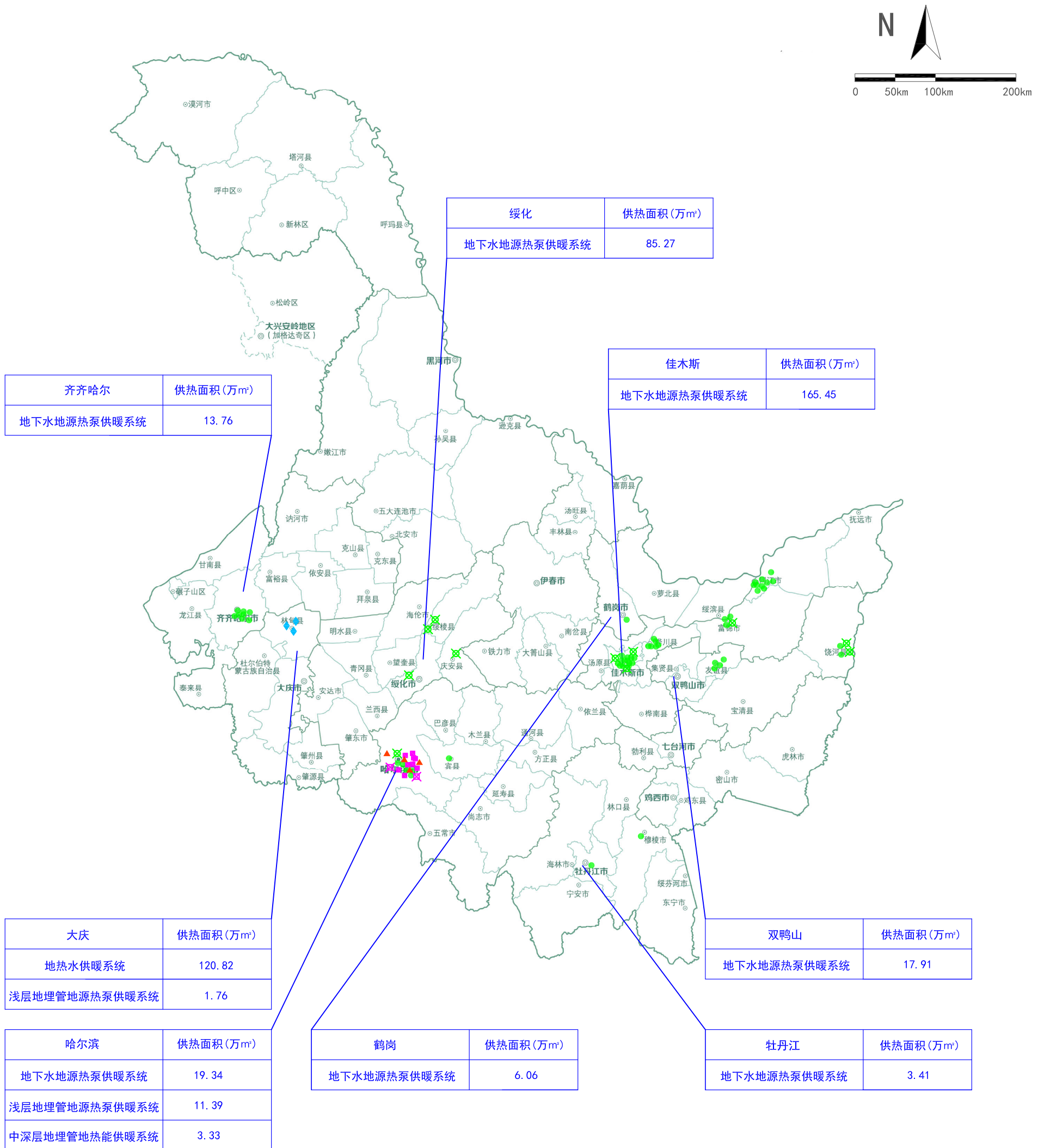
黑龙江省生态地质调查研究总院

哈尔滨工业大学

附图

02

黑龙江省地热能供暖专项规划(2020-2025)



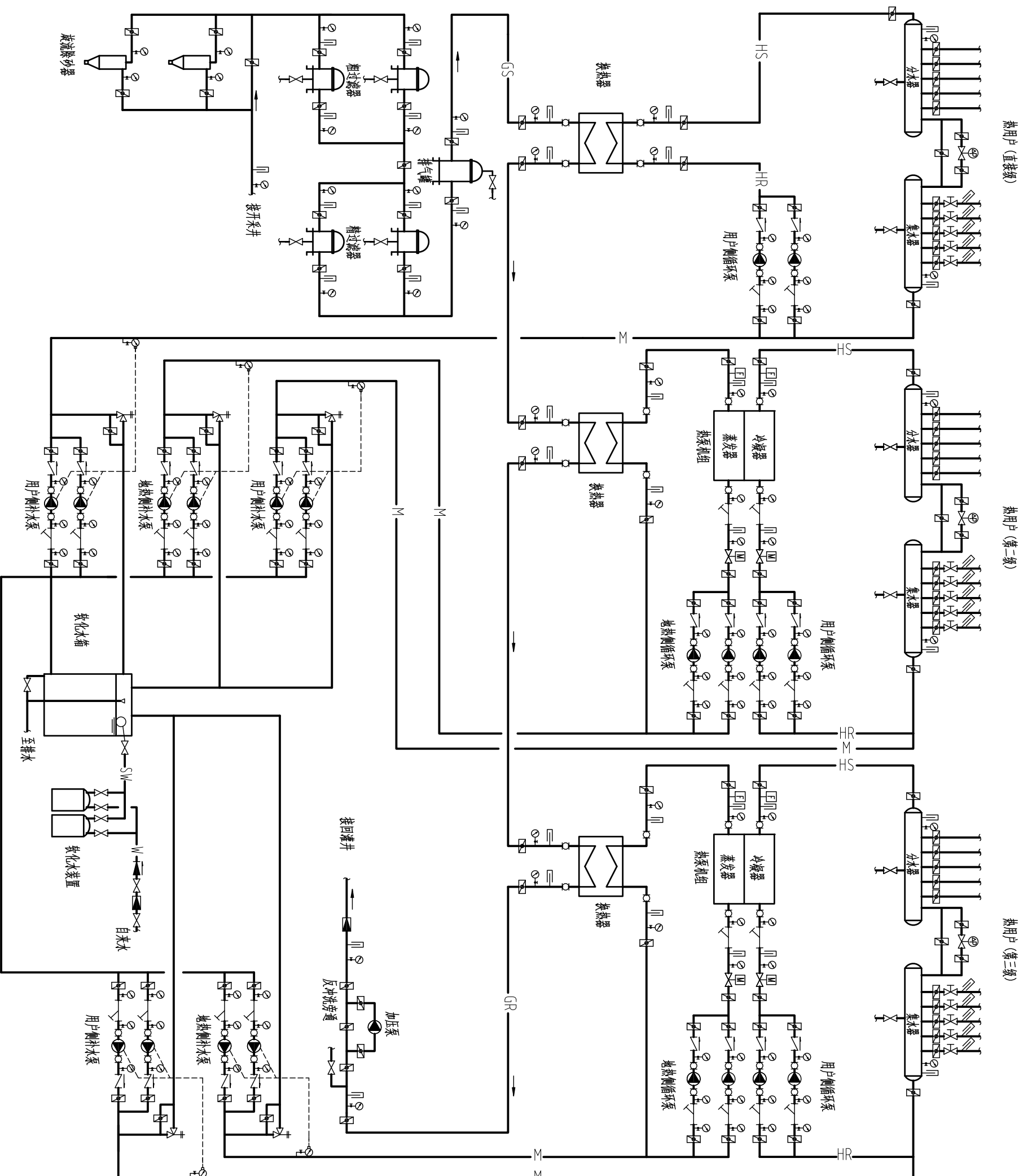
- 图例**
- ▲ 中深层地埋管地热能供暖系统 (运行)
 - ◆ 地热水供暖系统 (运行)
 - 地下水地源热泵供暖系统 (运行)
 - ⊗ 地下水地源热泵供暖系统 (停运)
 - 浅层地埋管地源热泵供暖系统 (运行)
 - ⊗ 浅层地埋管地源热泵供暖系统 (停运)

黑龙江省地热能供暖现状图

黑龙江省生态地质调查研究总院
哈尔滨工业大学

附图
03

黑龙江省地热能供暖专项规划(2020-2025)



图例

HS	用户供水管
HR	用户回水管
GS	地源侧供水管
GR	地源侧回水管
W	自来水
SW	软化水管
M	通用阀门, 截止阀
Y	球阀
△	止回阀
□	手动调节阀
⊕	电动两通阀
⊖	压差调节阀
⊙	安全阀
○	浮球阀
○	压力表、温度计
○	电接点压力表
○	软接头
○	水表
○	水流开关
○	侧流防止器
○	Y型过滤器

说明:

- 1、直接利用级数由地热水供水温度和末端散热设备温度要求确定, 一般供水温度散热器75°C/50°C、风机盘管60°C/45°C、地面辐射供暖45°C/35°C、毛细管网辐射供暖35°C/30°C;
- 2、间接利用级数由直接利用后地热水温度、地热水容升回灌温度和热泵性能确定。

典型地热水热泵梯级利用供暖系统原理图

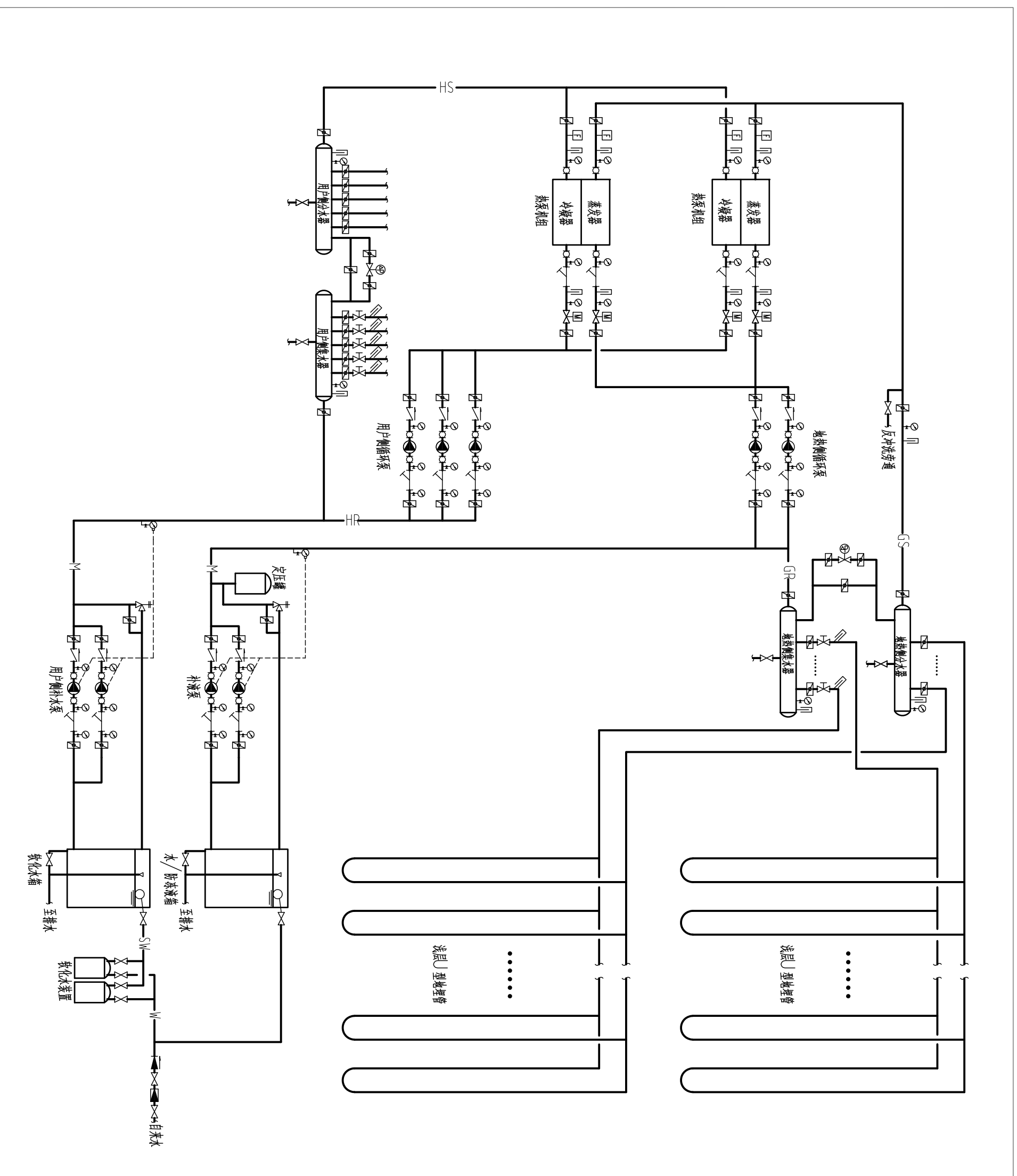
黑龙江省生态地质调查研究院总院

哈尔滨工业大学

附图

04

黑龙江省地热能供暖专项规划(2020-2025)



图例

- HS 用户侧供水管
- HR 用户侧回水管
- GS 地源侧供水管
- GR 地源侧回水管
- W 自来水
- SW 软化水管
- M 通用阀门, 截止阀
- 蝶阀
- 止回阀
- 手动调节阀
- 电动两通阀
- 压差调节阀
- 安全阀
- 浮球阀
- 压力表、温度计
- 电接点压力表
- 软接头
- 水表
- 水流开关
- 侧流防止器
- Y型过滤器

说明:

- 1、地热侧传热介质应添加防冻剂, 添加防冻剂后的传热介质的冰点宜比设计最低运行水温低 $3^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$;
- 2、防冻剂的类型、浓度、有效期、使用说明及注意事项应在充注阀处注明;
- 3、应考虑防冻剂安全性、经济性, 对流经的管道、管件和设备腐蚀性, 对水表的流量和量程, 以及对换热的影响。

典型浅层地埋管地源热泵供暖系统原理图

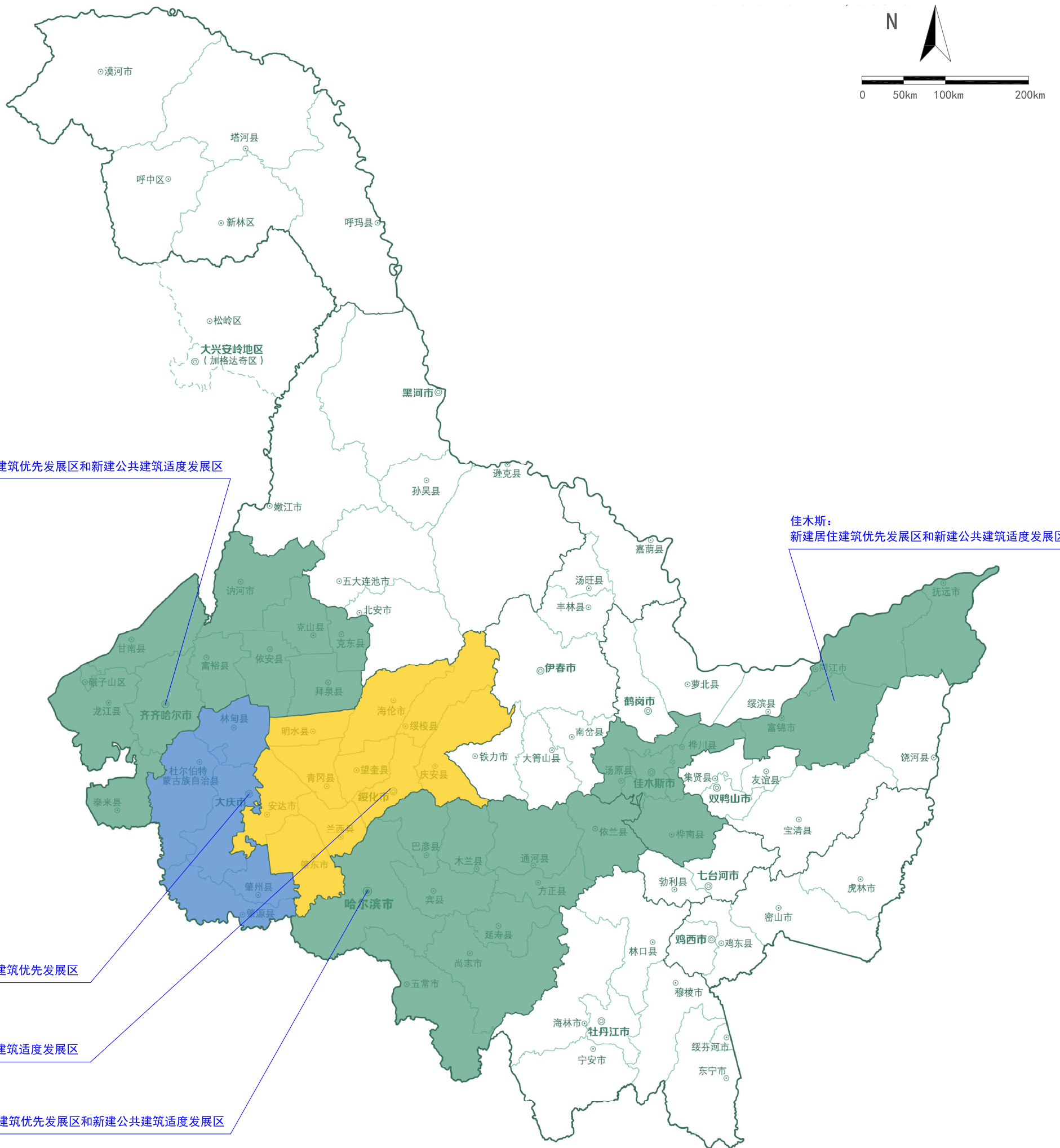
黑龙江省生态地质调查研究院

哈尔滨工业大学

附图

05

黑龙江省地热能供暖专项规划(2020-2025)



齐齐哈尔：
新建居住建筑优先发展区和新建公共建筑适度发展区

佳木斯：
新建居住建筑优先发展区和新建公共建筑适度发展区

大庆：
新建居住建筑优先发展区

绥化：
新建居住建筑适度发展区

哈尔滨：
新建居住建筑优先发展区和新建公共建筑适度发展区

图



仅适用新建居住建筑优先发展区



新建居住建筑优先发展区和新建公共建筑适度发展区



仅适用新建居住建筑适度发展区

例

黑龙江省浅层地埋管地源热泵供暖适宜性分区及规划图

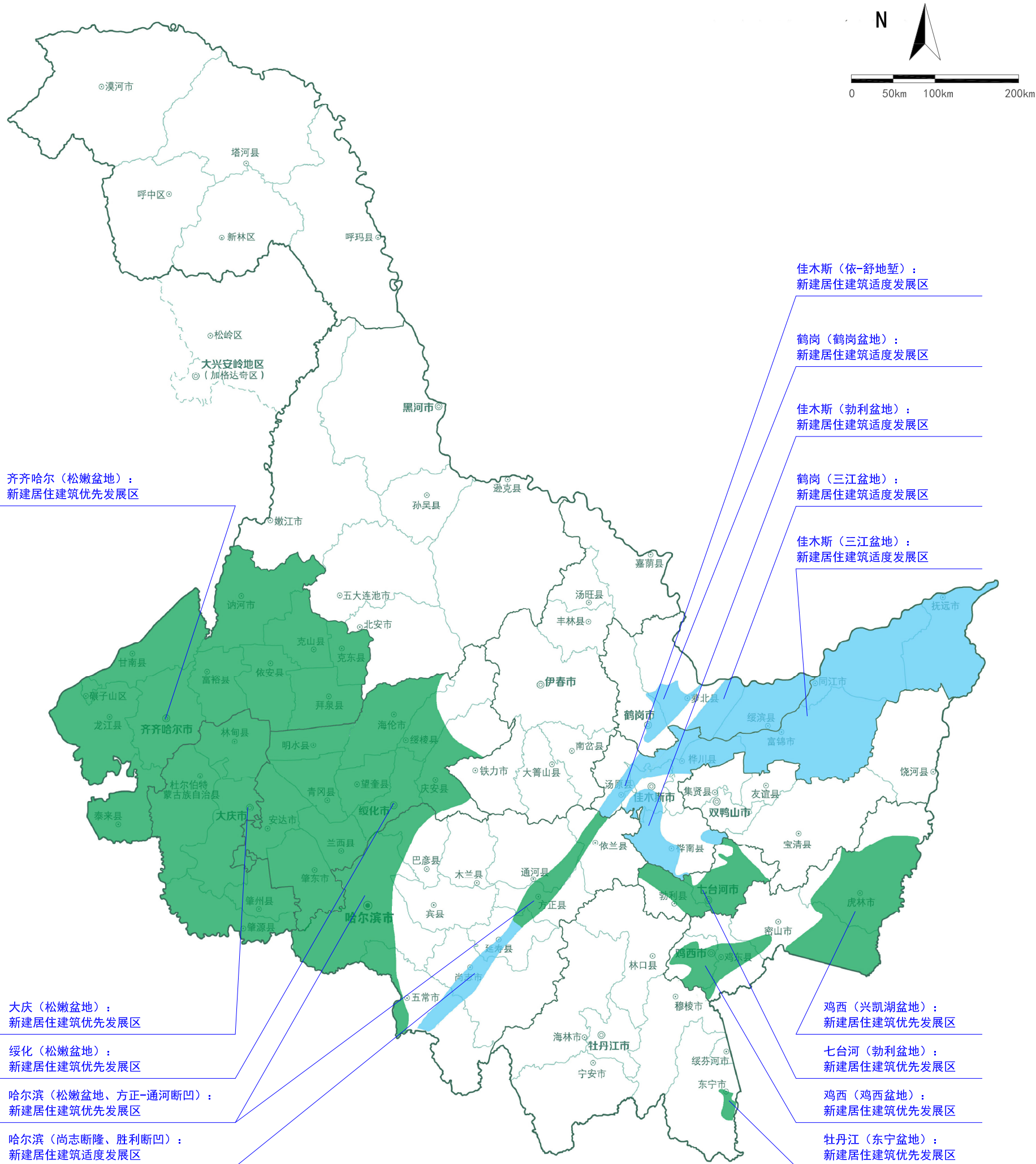
黑龙江省生态地质调查研究总院

附图

哈尔滨工业大学

07

黑龙江省地热能供暖专项规划(2020-2025)



图

例



新建居住建筑优先发展区



新建居住建筑适度发展区

黑龙江省中深层地埋管地热能供暖适宜性分区及规划图
(新建居住建筑)

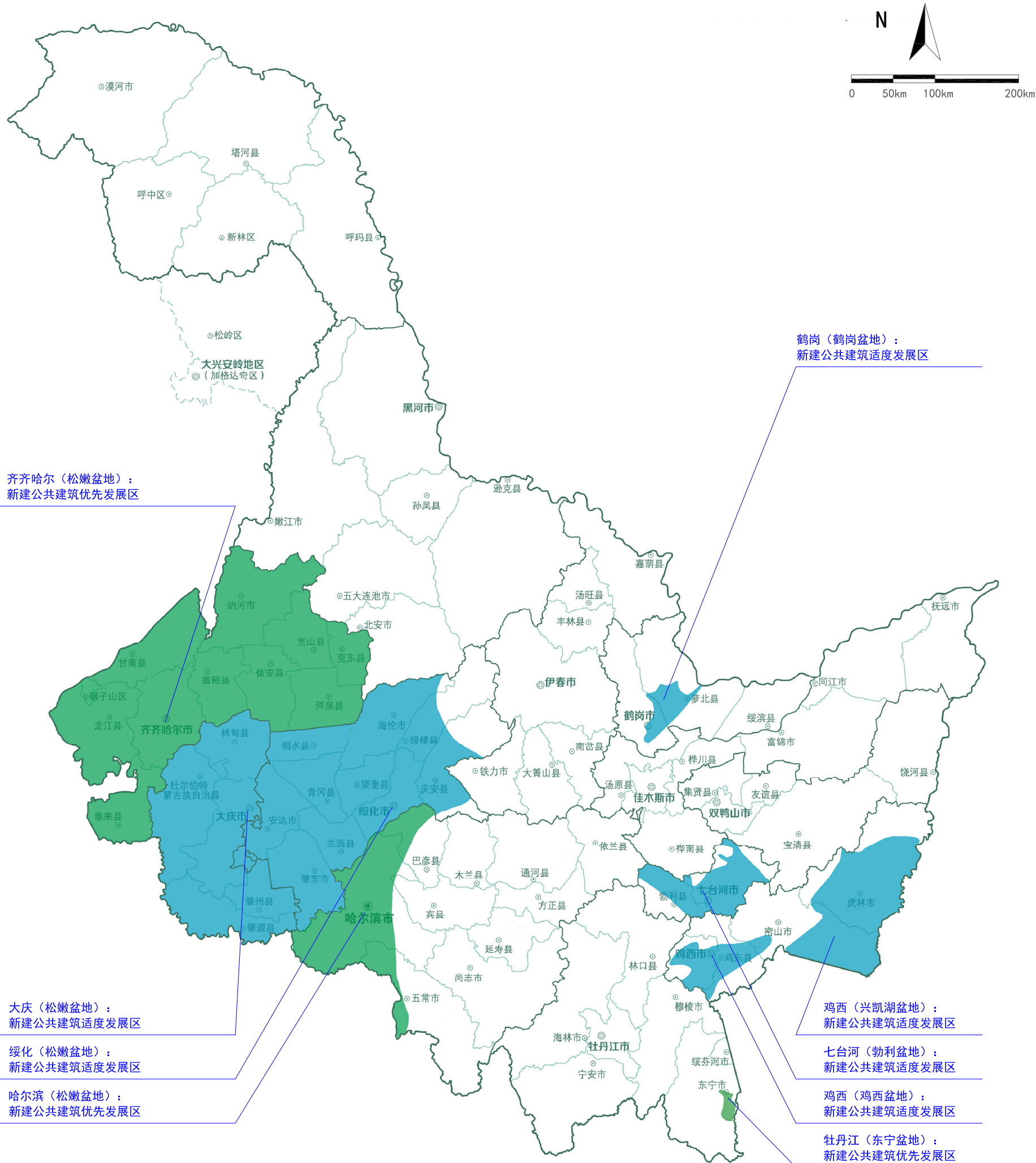
黑龙江省生态地质调查研究总院

附图

哈尔滨工业大学

08

黑龙江省地热能供暖专项规划(2020-2025)



图



新建公共建筑优先发展区



新建公共建筑适度发展区

例

黑龙江省中深层地埋管地热能供暖适宜性分区及规划图
(新建公共建筑)

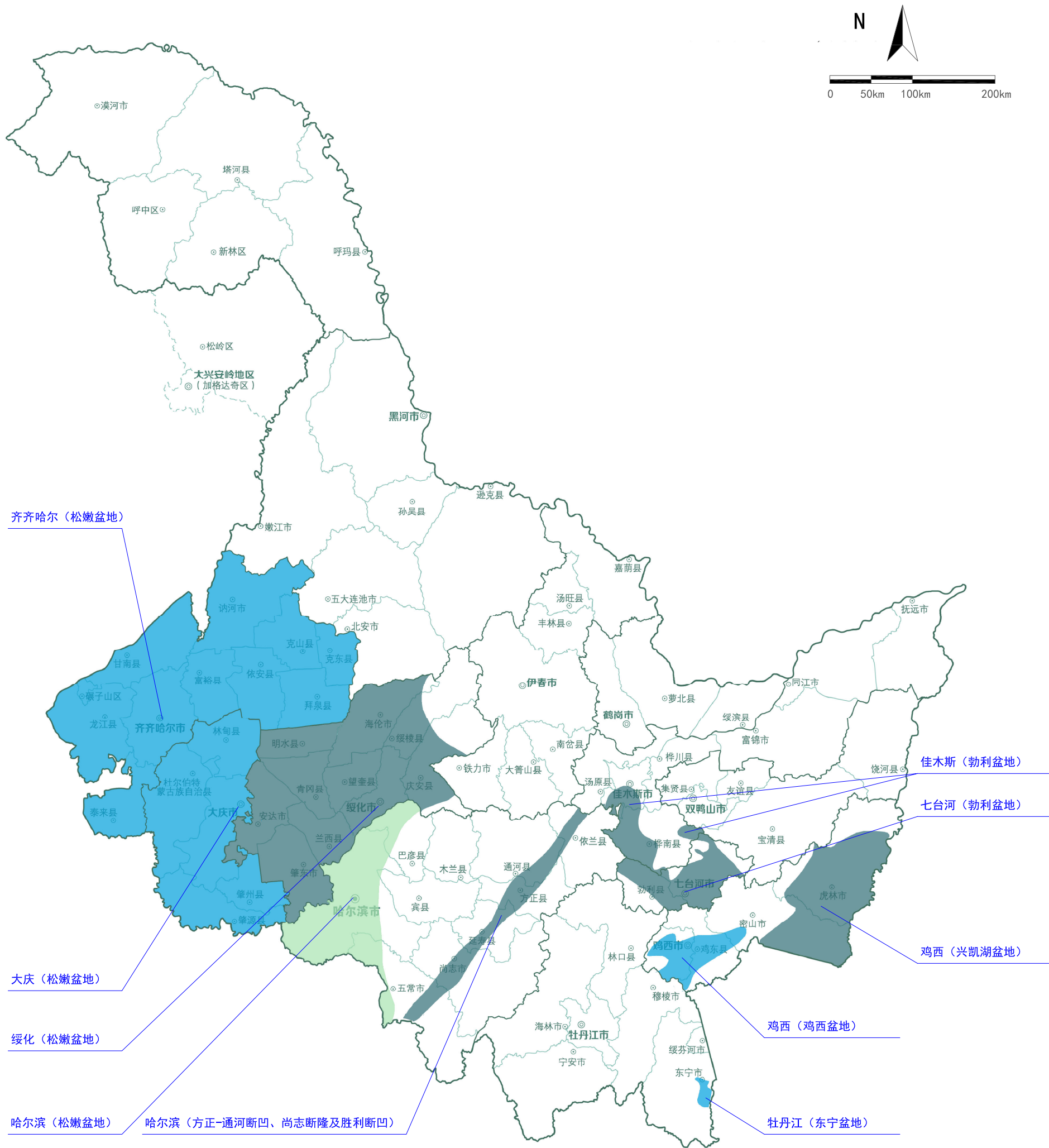
黑龙江省生态地质调查研究总院

附图

哈尔滨工业大学

09

黑龙江省地热能供暖专项规划(2020-2025)



图

- 重点示范区
- 积极示范区
- 鼓励试点示范区

例

黑龙江省中深层地埋管地热能供暖重点示范区、积极示范区与鼓励试点示范区规划图

黑龙江省生态地质调查研究总院

哈尔滨工业大学

附图

10