

第1篇 地热能供暖（制冷）案例

1.18 山东省商河县地热能高附加值花卉种植供热项目

一、项目基本情况

山东省商河县地热能高附加值花卉种植供热项目属于地热能供热农业利用类别。位于山东济南（商河）国家农业科技园区内，由中石化绿源地热能（山东）开发有限公司开发建设和经营。采用中深层水热型地热能供暖，热泵机组调峰，供暖末端为地板辐射+空调风机。2021年9月30日一期工程建成投产，为山东鑫和农业科技发展有限公司30万m²温室大棚供暖，整体运行稳定，总投资7500万元人民币，中国核证减排量（CCER）97968t二氧化碳，是全国规模最大的集花卉生产、繁育、销售、体验、观光等多业态于一体的地热花卉基地。供热、用热企业均获得了良好经济效益，计划于2024年启动二期工程20万m²、2026年启动三期工程50万m²，全部建成后将形成100万m²温室大棚供暖。在大气污染治理和清洁供暖限制条件下，为农村、农业经济用能开辟了有效路径，具有重要的复制和推广意义。

2022年，商河县实现地区生产总值231亿元。居民人均可支配收入24131元，其中，城镇居民34808元、农村居民19924元。全县育苗总面积达3万多亩（其中采用地热育苗的约占98%），年生产各类花卉苗木1亿株盆，实现花卉苗木年总产值过13亿元，占全县第一产业产值比重达到29%，是当地农业经济支柱和农民增收致富的主要途径之一。

二、供暖面积

2021年9月30日一期工程建成投产，为山东鑫和农业科技发展有限公司30万m²温室大棚供暖，计划于2024年启动二期工程20万m²、2026年启动三期工程50万m²，全部建成后将形成100万m²温室大棚供暖。

三、技术路线及工艺流程

项目采用深层地热能作为供暖热源，通过“板式换热器间接换热+热泵机组调峰”的热源组合方式，为花卉大棚建筑提供冬季供暖服务。每1口开采井配备1口回灌井，实施同层回灌，达到“取热不耗水”的可持续开发目的。地热水从开采井取出后，通过板式换热器将热量传递给供暖循环水，输送至用热单位；在寒冷天气时，利

用热泵机组继续提取地热水中的热量，地热水温度继续降低，而后注入回灌井。地热水全程只作为地下热能的运载媒介，温度降低、没有水的损耗。供暖循环水在板式换热器、热泵机组和用热单位间往复循环，持续将热量输送至用热单位。

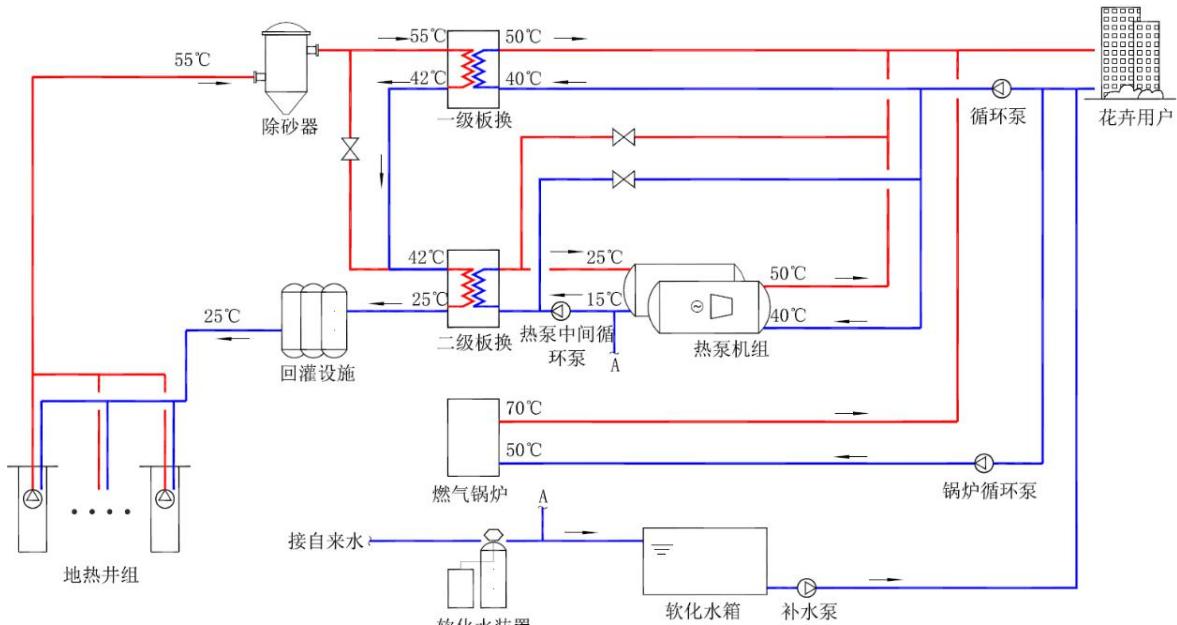


图 1 地热供热系统工艺流程图

四、主要设备选型

项目钻凿了 6 口生产井, 6 口回灌井。建设了温泉花卉、海峡花卉 2 座换热站, 占地面积分别为 1200 m^2 和 2100 m^2 。站内安装 14 台板式换热器、16 台循环泵, 相应配备补水设备、软化水装置、回灌设备等主要工艺设备, 以及供排水、配电、自控等配套设施。配套建设地热水管网 4800m , 选用材质为 J55 的石油套管或非金属管材。建成供热能力 31.2MW , 剩余能力随项目需求建设配套。

五、生产运行情况

项目采用运行智慧化管理，站内自动调控，结合室外天气情况，自动调节棚内温度，确保花卉温度满足生产需要。自 2021 年建成投用以来，已稳定运行近 3 个供暖周期，每个供暖季自 9 月 15 日启动，4 月 15 日停止，长达 200 天。在运行期间，棚内根据不同花卉温度要求，在 16~26°C 范围调节温度。

六、建设运营模式

1. 政府统筹推动

商河县设立地热资源开发指挥部，国土资源局（现自然资源局）统筹、水务局、住建局参与，全面负责商河县地热资源的开发利用和管理工作，规范地热资源管理。商河县政府与地热开发企业中石化绿源地热能开发有限公司签订了《综合开发利用山东省商河县地热资源合作协议书》，明确了“县内不再批准其他单位建设用于供暖的燃煤锅炉，对于新建建筑，在审批时，要求其采用节能、环保的地热集中供暖方式”。采取特许经营制度，商河分公司已取得供热经营许可证。

2. 企业合作发展

案例是农业企业（农户）与地热开发企业通过市场化合作的方式，投资开发清洁能源，发展高附加值农业经济项目，实现双方投资回收及合理效益。

农业企业（农户）负责投资建设温室大棚及配套的园区内取暖管网、末端取暖设备。经过市场谈判，向地热开发企业交纳 $24 \text{ 元}/\text{m}^2$ 的一次性热源建设费，以及 $84.6 \text{ 元}/\text{GJ}$ 的热能使用费。通过高附加值农产品销售收入，逐渐回收投资、承担运行成本、实现合理收益。

地热开发企业负责投资建设供暖热源，即地热采水井、回灌井、换热站及配套的管网。收取一次性热源建设费，按照计量收取热能使用费，收费标准为基本热价+计量热价，按月结算。逐渐回收投资、承担运行成本、实现合理收益。

七、项目经济性

地热开发企业供热工程项目一期工程总投资 6000 万元。每年售热收入 800 万元，运行支出 258 万元，按照运营期 20 年评价，项目实际税后收益率为 8.08%，税后投资回收期 10.74 年。供热工程项目运行解决当地就业 7 人。

八、环境及社会效益

供热工程项目通过了中国核证减排量（CCER）认证，二氧化碳 97968t 。

九、典型经验和做法

探索实践农业清洁低碳发展路径。大气污染治理和北方清洁供暖进入攻坚阶段，农业种植、养殖急需加快转型使用清洁能源。但我国农业经济总体上比较还比较薄弱，农业收入较低，难以承担电供暖（包括空气源、水源、土壤源热泵）、燃气供暖的高昂费用。地热能是清洁、低碳的本土可再生能源，在主要清洁供暖方式中成本最低，

甚至可与燃煤供暖相比。本案例将运行成本较低的地热能与价格承受能力较低的农业、农民结合，成功建成并有效运行了花卉种植供热项目，探索出一条农业清洁低碳发展路径，为政府推进农业发展、农民提升种植收入提供参考。

北方地区适宜规模推广地热供暖农业利用。地热资源在我国华北平原以及山西、陕西盆地地区集中连片分布，具有良好的资源基础。尤其是在燃气管道覆盖不到，以及电网负荷难以承受的地区，地热能供热成为一个重要选项。结合我国北方地区冬季对新鲜蔬菜、水果、花卉等产品的大量需求，加快复制、规模化发展地热供热农业种植，替代燃煤实现碳减排、缓解雾霾发生，替代燃气供暖、电供暖，缓解农业反季节种植的成本压力。

十、问题和建议

地热农业利用项目风险性较高，对快速发展形成制约。地热供热项目投资较大，投资回收期较长，开发企业需要通过长期运行回收投资和实现微薄盈利。但受农产品消费习惯变化、市场价格等因素影响，农业企业存在较大的减少产量、更换品种的不确定性，可能减少甚至停止购买清洁供热产品。然而热能长距离输送成本很高，主要依靠就地销售，热能消纳项目的停运会造成供热产品减售、停售，导致地热开发企业投资农业利用项目比较谨慎。

建议政府牵头建立地热农业利用风险缓解机制。对于农户原因造成清洁供热产品减售、停售的，地方政府协调其他居民、商业、农业取暖用户就近消纳。政府出资引导，鼓励农户配套投入，设立商业保险制度，用于赔付无法就近消纳的清洁供热项目。加强对农户培训，了解农产品市场行情，避免经营不善造成农业园区停产。

1.19 济宁文化中心可再生能源绿色低碳能源站

一、项目基本情况

济宁文化中心是集大型公益类场馆和公寓、酒店为一体的文化产业集群，总建筑面积约 30 万 m^2 ，建设了基于浅层地热能利用的绿色低碳能源站，项目由济宁市城投文化旅游产业有限公司投资建设，项目投资约 7300 万元，由具有国际影响的建筑节能研究院中国建筑科学研究院，和国内领先的绿色低碳技术应用单位山东宜美科节能服务有限责任公司联合设计、建设，由具有绿色低碳技术咨询建设经验的专业化单位和璞思德能源顾问（山东）有限公司维护运营。

由 2022 年济宁市国民经济和社会发展统计公报知：济宁市居民人均可支配收入 33628 元、人均消费支出 19051 元；其中城镇居民人均可支配收入 42989 元、人均消费支出 23529 元；农村居民人均可支配收入 22137 元、人均消费支出 13554 元。

济宁文化中心位于济宁市太白湖新区，无集中热源管网，且济宁市在浅层地热能利用方面有较好的资源优势，本项目区域岩土层结构由中粗砂、细砂、粘性土组成，岩土换热能力较好，钻孔施工难度较小，浅层地热能利用条件较适合。为满足济宁文化中心全年供暖空调需求，实现长期高效运行，以浅层地热能为主作为冷热源，配置辅助冷却塔，以保证地源热泵运行过程中地源侧的累计吸、排热量平衡，建设了济宁文化中心可再生能源绿色低碳能源站。

二、供暖面积

济宁文化中心可再生能源绿色低碳能源站供冷面积 22.48 万 m^2 ，供暖面积 26.73 万 m^2 ，设计空调总冷负荷 19800kW，设计空调总热负荷 16200kW，自 2019 年建成投入运行至今，系统运行稳定、安全、高效。

三、技术路线及工艺流程

1. 浅层地热能利用技术适宜性

地热能、太阳能及空气能具有可得性广、赋存量大的优势，但是太阳能和空气源的稳定性差、能量密度低、环境适应性弱，而大型公共建筑需求的能量密度高、总量大、活跃性强、灵活性要求高，浅层地热能具备了开发潜力大、资源量大且具备可再

生、无污染、不产生碳排放、运行稳定等优点。

通过对多种能源形式对比分析，从政策、投资、运行费用、系统可靠性、技术先进性、节能环保、绿色生态等各个方面综合评价，结合济宁市在浅层地热能利用方面有较好的资源优势，以浅层地热能为主建设分布式能源站是最经济合理的首选方案：

(1) 资源性：本项目区域岩土层结构由中粗砂、细砂、粘性土组成，岩土换热能力较好，钻孔施工难度较小，地埋管地源热泵应用条件较合适。

(2) 限制性：该地区土壤含水层颗粒太细，渗入太差，回灌较困难，一般情况下回灌能力为开采能力的30~50%。浅层地下水径流强度不大，含水层渗透系数约10m，水力坡度约1~2‰，浅层地下水热泵技术应用条件受限。且地下水资源关系人民基本生活，干系重大，地下水资源保护越来越受到政府重视，综合技术适宜性及政策条件等，本项目不适宜采用地下水热泵。

(3) 适宜性：本项目地温近似全年平均气温，恒温带的温度约为13.5~15°C，是比较好的低温热源，适宜进行冬季供暖和夏季制冷。

(4) 灵活性：建设范围内具备布置钻孔空间，适宜采用土壤源热泵技术。

(5) 换热性：通过热响应试验测试分析，测试结果表明项目区域地源侧换热性能较好。

(6) 稳定性：区域地下水含水量充足且流速高，加速地源侧取放热量的扩散能力，有利于土壤侧平衡，利于热泵长期稳定运行。

(7) 周期性：土壤源热泵机组为25年，地埋管换热部分为70年，较其他空调系统和供暖设备的寿命都要长(一般家用空调的寿命为8年，燃气锅炉寿命为10年)。

2. 浅层地热能利用技术应用思路

(1) 利用浅层地热能，由集中设置的能源站作为各个建筑物冷热源，采用土壤源热泵系统，满足该项目全年供暖空调需求，并配置辅助冷却塔，以保证地源热泵运行过程中地源侧的累计吸、排热量平衡，实现长期高效运行。

(2) 热泵机组供回水温度满足末端建筑需求，供回水温度采用大温差设计，夏季供冷6.5/13.5°C，冬季供暖47/40°C。

(3) 配置“四大一小”热泵机组，可以实现在部分负荷运行时或冬季防冻运行

时，仍能处于高效区。

(4) 由于能源站供能半径较大，阻力较大，因此供能输配侧及地源侧采用二级泵系统；供能侧及地源侧一、二级泵均采用变频控制。

(5) 在部分负荷运行工况下，根据冷、热负荷控制热泵机组的开启台数；满足运行调试阶段及低负荷阶段运行需求。

(6) 冷却塔冬季为关闭状态，不做使用，夏季制冷时，根据蒸发器出水温度控制地埋管换热器与冷却塔的切换。

3. 浅层地热能利用技术应用特点

(1) 采用鸿业软件和 TRNSYS 软件，对设计负荷和全年动态逐时负荷进行了详细的分析计算，并综合考虑项目各建筑运行时间、使用率、使用环境参数等多扰动因素，从而降低了项目装机容量，提高了系统经济性。

(2) 以全年动态负荷计算为基础，根据热响应试验结果，采用 GSLAB 软件，进行了热响应试验反算、埋管换热器设计计算、全年工况模拟计算和热平衡分析。以此为依据进行了能源系统整体配置和埋管侧设计。

(3) 能源中心建设了智能自控系统，该控制系统包括：物联网监测模块、数据在线采集模块、数据存储模块、故障识别与报警模块、节能数据分析模块、集中优化控制策略模块、前馈控制模块、传感器、控制器、数据传输设备等。在各个功能模块中嵌入系统运行下各工况的工作逻辑，实现系统的无人值守控制功能。

(4) 能源管控平台充分运用了现代物联网技术、人工智能技术、群控技术，结合数据挖掘技术、现代统计学分析技术、运筹优化技术等技术手段，感知、整合、分析、优化系统运行的一系列分析方法，实现了能源站空调系统的微观管理到宏观+微观管理，从局部优化到整体优化。

四、主要设备选型

1. 高效能源站地源侧

济宁文化中心建筑的总设计冷负荷为 19800kW，总设计热负荷为 16200kW，地埋管换热器设计计算时，累计耗冷耗热量取保守值，即：累计冷负荷为 1570.6 万 kWh（内热开，取保守值），累计热负荷为 2092.2 万 kWh（内热关，取保守值）。确定

济宁文化中心建筑供冷供暖的地源热泵系统所需的钻孔总长度取 31.96 万 m（按制热工况），即地埋管承担项目全部热负荷（设计热负荷、累计热负荷）；地埋管承担基础冷负荷，不足冷负荷由辅助冷源承担。

本项目地埋管换热器系统采用双 U 型竖直埋管换热器，单个埋管换热器孔深取 120m，换热器间距为 5m×5m，孔径Φ150mm，室外地埋管换热器共设置 2700 个钻孔。

为了实现有效的水力平衡，采用钻孔之间同程式并联连接，并联孔数根据布孔区域不同为 5~8 个，18 个小区分别设置一个分集水小室，每个大区采用枝状管网连接各个小区的分集水小室后，进入能源站。其中，有部分小室可利用已有设计的景观构筑物，直接将分集水器设置于构筑物当中，降低土建施工费用，布置在二期筏板下的地埋管换热器同程连接后，分集水器设置在文化中心高地建筑中间连接狭缝中。

2. 高效能源站系统配置

（1）热泵机组

能源站机房设置 4 台离心式地源热泵机组，单台制冷量 4600kW，单台制热量 4500kW；1 台螺杆式地源热泵机组，单台制冷量 1614kW，单台制热量 1689kW。

（2）输配系统

供能侧及地源侧均采用二级泵系统。为便捷调节，可实现不同地埋管区域的部分负荷下切换使用，每个大区对应 1 台地源侧二级泵。

本项目中各末端建筑设计水温一致，因此供能二级泵集中设置；为考虑冬夏负荷需求的不同，供能侧及地源侧一、二级泵均采用变频控制。

3. 高效能源站材料设备选择

（1）地埋管材料

地埋管材料好坏关乎地埋管系统寿命周期和运行可靠性，选用了国内一线品牌为专用管件。

（2）主要设备

地源热泵系统的主机作为整个地源热泵系统输出冷热量的核心，由于设备本身价值较高，并且一般主机房安装空间都有限，一般不设置备用主机，因此主机的质量及能否长期稳定安全运行是保证系统长期稳定运行的首要关键点。本项目的主机选择了

技术成熟、生产工艺先进、维修更换简单、有长期运行项目支撑的设备供应商。

水泵作为以水为冷热量载体的空调系统输送部件，由于连续使用特性，一旦损坏同样也能会造成系统瘫痪，并且水泵能耗约占系统能耗的 20%左右，选择能效级别高、质量过硬的水泵也是保证系统稳定运行的关键因素。本项目水泵选择了能效较高的国内一线品牌。

五、生产运行情况

济宁文化中心绿色低碳能源站主要能源消耗为电力。能源站自 2019 年夏季开始运行，供冷季按照每年的 6 月 1 日至 9 月 15 日，供暖季按照每年的 11 月 15 日至次年 3 月 15 日，具体运行时间根据建筑的实际用能需求进行了适度调整，全年单位供暖制冷能耗约为 $25.80\text{kWh}/\text{m}^2$ 。

六、建设运营模式

济宁文化中心可再生能源绿色低碳能源站由济宁市城投文化旅游产业有限公司自筹投资建设，通过专业化建设工程总承包+专业化托管运维方式（EPC-O），由济宁市城投文化旅游产业有限公司自主经营。

七、项目经济性

自 2019 能源站运行至今，截止 2023 年系统实际运行成本约 $17\text{元}/\text{年}\cdot\text{m}^2$ ，较方案设计工况下的运行成本降低 41.94%。根据济宁市政策规定，免缴供热配套费约 1000 万元，按照当地市政供热价格和燃气价格，较“冷水机+市政集中供热”降低单位 m^2 全年运行约 17.8 元，每年可节省运行成本约 535 万元；较“冷水机+燃气集中供热”降低单位 m^2 全年运行约 24.7 元，每年可节省运行成本约 740 万元，有效降低了系统运行成本。

八、环境及社会效益

高效利用浅层地热能的土壤源热泵技术，代替传统能源，脱离对燃气的依赖，主要利用电能可以实现夏季供冷冬季供暖。济宁文化中心绿色低碳能源站自投入运行以来，节能减碳效果显著，每年可节约标准煤 8057t（等价值），减少二氧化碳排放量 21512t，减少二氧化硫排放量 161t，减少氮氧化物排量 302t，减少烟尘排量 80t。

公司按照“政府主导、市场运作、企业主体”的原则进行运作，坚持利用绿色生

态节能减碳技术，陆续推出一系列公共建筑类优良工程，为社会发展做出新重要贡献。

项目属于社会公益性项目，项目可再生能源供能系统供应灵活，提升建筑室内舒适度，提升了可再生能源的利用效率，提升了地区人民的生活品质，为广大群众提供一个舒适、温馨的环境，具有良好广泛的社会影响，提升了公众认知，对同类型建筑起到榜样作用，有利于积极推动济宁市绿色建筑等政策落地，具有较强的示范意义和社会影响力，有利于全范围推动建筑领域节能减碳工作，助力中国的建筑和城市从绿色节能，走向“零达峰”和“碳中和”的未来。

九、典型经验和做法

（一）全过程控制，助力浅层地热能高质量应用

济宁文化中心是山东省最早、最大体量、最大规模利用浅层地热能建设低碳能源站的大型公共建筑。济宁文化中心可再生能源绿色低碳能源站的建设运营以全寿命周期低碳、高质量低碳发展为目标，实践探索了全过程能源顾问咨询、设计、采购、建设、运维专业化模式。济宁文化中心先后获得了绿色建筑二星级设计标识和绿色建筑二星级运行标识，绿色低碳能源系统设计获得了中国建筑学会建筑设计一等奖，群体建筑荣获中国建设工程质量最高奖—“鲁班奖”，项目案例入选了《中国高效空调制冷机房发展研究报告（2021）》《山东省能源局地热能开发利用典型案例》。

（二）智慧化技术，提升能源利用效率

为实现建筑全寿命周期的近零碳排放，济宁文化中心绿色低碳能源站在项目建设过程中推广了 BIM 技术应用，通过互联网、大数据、人工智能等新兴技术与绿色生态节能技术深度融合，建设了绿色低碳综合能源智慧管控平台，以实现能源系统能耗监测、能效评价、运行策略优化、安全保障为主的智慧能源管理目标。

根据文献和国家空调设备质量监督检验中心近年对国内部分可再生能源示范项目（地源热泵）的检测结果为：

1. 地源热泵系统供冷性能系数为 3.2，大部分项目在 2.7 以上；
2. 地源热泵系统供热性能系数为 2.5，大部分项目在 2-3 之间。

济宁文化中心可再生能源绿色低碳能源站，自 2019 年夏季投入运营，系统的系统能效处于较高水平，供冷能效比达到 EER5.0 以上，供热性能系数达到 COP3.80 以

上，性能系数分别高于国家标准规定一级标准，明显高于国内平均水平，位于国家可再生能源应用示范项目前列，按照国际标准对标，达到美国 ASHRAE 规定优秀制冷机房 $EER \geq 5.02$ 的标准，达到新加坡 BCA《空调系统设计运行规范》SS553:2016 铂金级 $EER \geq 5.41$ 的标准，并于 2023 年 9 月以 $EER_a=5.04$ 获得高效空调制冷机房标识。

（三）专业化节能托管运维，提升节能减碳效果

运行能耗在建筑全生命周期中占比最大，有效降低建筑的实际运行能耗是建筑节能的最终目标。

由专业化团队对能源站开展节能托管运维，通过对能源站系统的精准调适和节能托管服务，实现分布式能源设备运行状态监测、故障检修、动态调配的快速响应，在运行期开展持续调适和智慧能源管控平台的策略优化，可再生能源绿色低碳能源站在运行中持续增效，进一步提升了节能减碳效果，减少了建筑能源系统的能源消耗和运营成本，降低了建筑运行阶段的碳排放。

（四）产学研深度融合，促进产业发展

济宁文化中心以可再生能源为载体，开展了可再生能源科研合作和技术交流，通过关键核心技术攻关、工程示范和产业化应用，是“十三五”国家重点研发计划——“公共机构高效用能系统及智能调控技术研发与示范项目”。2019-2021 年联合中国建筑科学研究院有限公司和山东宜美科节能服务有限责任公司共同开展了住房和城乡建设部科技计划项目“绿色建筑技术与建筑节能技术—可再生能源多能互补在大型公建中高效应用关键技术研究”，于 2021 年 10 月通过验收，研究内容包括项目全周期的岩土参数测试、系统设计、施工工艺、优化运行等技术方法研究，研究成果经第三方机构查新、专家评议，得到专家一致认可建议推广应用，其中地埋管地源热泵岩土热响应测试方面达到国际领先水平。

十、问题和建议

可再生能源多能互补低碳能源站系统一般由地源热泵系统、太阳能光热系统、太阳能光伏系统、空气能系统、蓄能系统、高效空调整节能机组、空调末端、辅助冷却塔等组成。与传统化石能源相比，有数量大、可再生、环保、就地取用等优势。系统建设时，增量投资大约为 10~20%，但在系统使用过程中，运行费用比常规减少 25~60%

左右，大约3~5年即可实现投资回收。

可再生能源的规模化、高质量发展，必然需要通过高性能优化设计、高标准建设实施、智慧赋能管控能源、暖通系统精准调适和专业化节能运维等应用高效节能技术的应用，能够有效推动城市的绿色低碳发展。

1.20 东营市牛庄“清洁供暖无烟小镇”项目

一、项目基本情况

目前国家推动节能减排，大力提倡清洁供暖，宜地热则地热。为推动东营市的地热产业发展，东营区与山东省地矿工程勘察院签订战略合作协议，以牛庄镇作为试点，推进“清洁供暖无烟小镇”项目，替代当前的燃煤供暖，同时推进地热能+产业的综合利用。

该项目通过利用埋深1800~2100m东营组热储层地热水资源作为热源，在牛庄镇聚华小区附近布置生产井5眼（备用1眼）及回灌井5眼（备用1眼）作为热源，替代现有燃煤锅炉（28MW）热源，项目总投资金额为6100万元。

项目共铺设管网长度约9000m，新建换热站1座，新建换热站内建设兼容原燃煤锅炉的换热器，确保地热和锅炉双热源均可运行。同时对北区换热站以及原部分管网进行改造，部分加大管径，最终通过各小区现有二级网系统为区域内所有设施供暖。

东营区牛庄镇区域内，热储层主要为东营组。东营组热储层为三角洲相砂体，热储层较发育，厚度较大，物性较好，埋藏深度较合适。为此项目可开发利用的最佳热储层系。牛庄镇及周边东营组热储地热资源量、地热可采资源量均较大，资源丰度较高。地热井为经济地热井，牛庄镇聚华小区东营组地热资源丰富，经济性好，具有较高的开发利用价值。

二、供暖面积

东营市牛庄“清洁供暖无烟小镇”项目建设单位为山东铭峰新能源有限公司，于2019年6月开始施工，于2019年10月30日达到供暖条件，并于当年11月7日投入供暖运营。项目运行面积约26万m²，其中公建部分12万m²，居民部分14万m²。同时为附近农业大棚提供供暖，包括已建成的10万m²花卉大棚，以及兴建过程中20万m²农业蔬菜大棚。

三、技术路线及工艺流程

1. 负荷情况

本项目共涉及四个换热站，需要供给的供暖建筑有住宅、公建、农业设施等三大

类。其中：已建成大棚面积为 10 万 m^2 ，单位热负荷按 $80W/m^2$ ，大棚总热负荷为 $8000kW$ 。居民及公建建筑总面积 26 万 m^2 ，建筑单位热负荷为 $60\sim65W/m^2$ ，筑物总热负荷为 $15622.5kW$ 。通过前期统计，入住率达到 80%，建筑总体热负荷为 $12498kW$ 。

2. 技术特点

(1) 该系统主要先进技术在于开采井及回灌井的设计及合理布局，在综合考虑供暖区域分布和平面布置的基础上，结合掌握的地质资料，采用一抽一回、同层回灌的设计思路，共施工取水井和回灌井各 5 口，采水井与回灌井地下取水层之间的间距在 400m 左右，成井工艺基本相同。部署的原则是：一是回灌井距离采水井相对较近；二是热储层连通砂体厚度较大；三是在井位选择上避开附近的断层；四是回灌井与采水井位于同一断块内；五是综合考虑回灌对热储层温度和压力的影响。

(2) 砂岩负压全回灌技术的应用，彻底解决了困扰行业发展的瓶颈，地热尾水在砂岩热储（如馆陶组、东营组等）不需加压即可做到 100% 回灌，确保以灌定采的实施，也不会形成加压回灌等方式对地层的破坏及不可持续性。实施过程中从钻井设计、成井工艺、化学助剂、设备及材料等方面均进行了创新设计。利用专利技术生产的井下筛管，结合专利生态过滤装置、旋流装置、加药缓释装置等设备，采用带压分离器在不泄压的状态下进行气体分离，使整个系统进行完全密闭原水回灌。该项目目前通过五个供暖季的实际应用，做到了地热尾水同层同水质等量回灌，且回灌量无衰减。应用该技术后，地热开发活动对地下热储层和地表环境不产生任何影响，真正做到了“取热不耗水”。

(3) 地热能梯级利用技术的应用，该项目地热水经过换热用于供暖，供暖后的尾水余热应用热泵和梯级换热技术继续为设施农业、养殖等供热，最后完成低温回灌。由此减少取水量，地热能得以保护性开发和高效开发，解决地热能粗放利用和资源浪费问题，从而实现地热资源可持续利用的良性循环。

(4) 在开采的过程中，全程检测开采井及回灌井的水位、压力、流量及温度，通过上述参数的变化判断生产及回灌的运行情况，以确保 100% 达标回灌及整个系统的安全运行。

3. 工艺流程

聚华锅炉房供暖区域共有地热井五口，编号分别为牛热1井、牛热2井、牛热5井、牛热8井、牛热9井，五口井下入潜水泵抽水地下热水，单井年开采量按 $20\times10^4\text{m}^3/\text{a}$ 进行。地热水通过电潜泵提取出来后，通过高压气液分离器（部分情况需加除砂器），分离其中的气体以及固体悬浮物。经过分离后的地热水进入板式换热器与二级管网的循环水换热，换热后的地热水直接进入回灌管线，最终不加压流入回灌井回注。换热后的二级管网循环水通过各小区现有二级网系统直供用户，负责居民楼供暖和办公楼、学校、卫生院等公建的供暖，地热尾水供给当地花卉及蔬菜养殖使用。

四、主要设备选型

机房主要设备包括补水系统、板式换热器、末端循环水泵、配电设备、自控设备等。地热井成井深度2060m，开采井水温 $82\sim85^\circ\text{C}$ ，流量 $90\sim120\text{m}^3/\text{h}$ ，静水位55m，动水位63m。

五、生产运行情况

无。

六、建设运营模式

(1) 政府主导、多方参与。政府主导搭建平台，技术及社会资本积极参与，促进产业发展；本项目市政资产管理公司的支持是成功实施的关键。

(2) 政府授权企业投资、建设、改造、运营（水、电、热等）和维护事宜，企业拥有投建设施的产权，并授权企业在有效期限和规定地域内，享有供热业务的特许经营权利。经营期间，居民的供暖时间、供暖效果和收费标准，按当地政府统一要求执行。农业设施用暖，用暖单位与供热企业协商签订供热协议。该区域经营权为30年。

(3) 项目碳指标及政府补贴，归于投资建设企业。

七、项目经济性

地热能先用于居民冬季取暖，供暖尾水为10万 m^2 的花卉大棚提供热源，大大降低了花卉企业种植成本，促进了当地花卉特色产业的规模化发展，为当地农民就地就近就业创造了条件。项目计划为万亩现代农业项目清洁供暖。

八、环境及社会效益

该项目利用地热资源量 $29.02 \times 10^6 \text{ kJ}$, 单位面积耗电量 2.14 kWh/m^2 , 地热能节约标准煤 1.25 万 t, 减少二氧化碳排放 2.6 万 t。项目节能减排、经济高效, 供暖无煤炭消耗, 直接运营成本远低于燃煤供暖。

九、典型经验和做法

该项目已入选新能源利用“省级改革创新试点”, 主要特点如下:

1. 清洁供暖、无烟小镇

利用地热能完全替代原有两台 14MW 燃煤锅炉, 在山东省属于首例。牛庄镇地热供暖总体可实现年减排标准煤 125 万 t, 减少二氧化碳排放 2.6 万 t。

2. 群井群连, 双热源保障安全供暖

5 口生产井与 5 口回灌井完全连通, 自由切换, 确保安全稳定运行。同时地热机房与现有燃煤锅炉互联, 极端情况可启用燃煤锅炉作为备份热源。

3. 地热尾水 100% 同层负压回灌

通过创新性的回灌井设计、施工及设备材料的选择, 实现在砂岩热储 100% 同层负压回灌, 通过国家地热能专业委员会技术委员会的回灌评价。

4. 全程运行的可视化

对地热生产井及回灌井的水位、压力、温度、流量, 以及机房设备的运行状态, 均通过仪表全程监控并远程反馈至中控室, 时时把控地热生产的每一个细节。

5. 地热能+产业

该项目为附近 300000 m² 设施农业提供热源, 助力当地设施农业的发展。同时经省地矿部门的检测, 本项目地热水品质优良, 五种成分(偏硼酸、偏硅酸、锶、锂、锰)达到“国家医疗热矿水水质标准”中有医疗价值浓度, 其中两种成分(偏硼酸、偏硅酸)达到可命名矿水浓度, 地热水的综合利用大有可为。目前牛庄镇计划利用该地热资源, 打造温泉康养旅游的特色小镇, 综合利用大有可为。

十、问题和建议

无。

1.21 南阳市中心城区再生水源热泵供热供冷项目

一、项目基本情况

南阳市中心城区再生水源热泵供热供冷项目是中核集团首个清洁供热供冷项目，是中核集团满足国家大力开发地热资源，打赢蓝天保卫战，坚持可持续发展战略的具体举措。

项目区域覆盖总面积 11.8km²，利用污水厂处理后的再生水作为冷却水源，建设间接式再生水源热泵系统，为规划范围内公共和民用建筑供暖供冷，填补了当地集中供暖、供冷空白。项目一期工程于 2019 年 5 月开工建设，于 2021 年 11 月建成投产，累计完成投资 1.3 亿元，建成换热站、能源站各一座及热力管网 5.5km，采购安装板式换热器、热泵机组、燃气锅炉、循环水泵及其配套设备 128 台（套），形成供热能力 40.5MW、供冷能力 18MW，下设二级站 10 个，项目覆盖用户 105 万 m²。

二、供暖面积

项目一期用户主要为学校及其周边住宅，项目负荷满足学校冬季供暖和夏季制冷需要，住宅仅考虑供暖需求。项目现状供暖面积 70.89 万 m²（其中住宅 37.87 万 m²，学校 33.02 万 m²），规划新增学校供暖面积 35 万 m²，计算项目热负荷为 38.57MW、冷负荷 17.83MW。

三、技术路线及工艺流程

项目区域 3km 内有污水处理厂一座，总处理规模达 40 万 m³/d，排水水质达到一级 A 类标准。收集到的全年水温数据表明，冬季再生水水温最低不低于 12°C，比环境温度高 15~23°C；夏季再生水的水温最高不高于 28°C，比环境温度低 10 °C以上；是优质的冷却水源，适宜发展再生水源热泵系统。

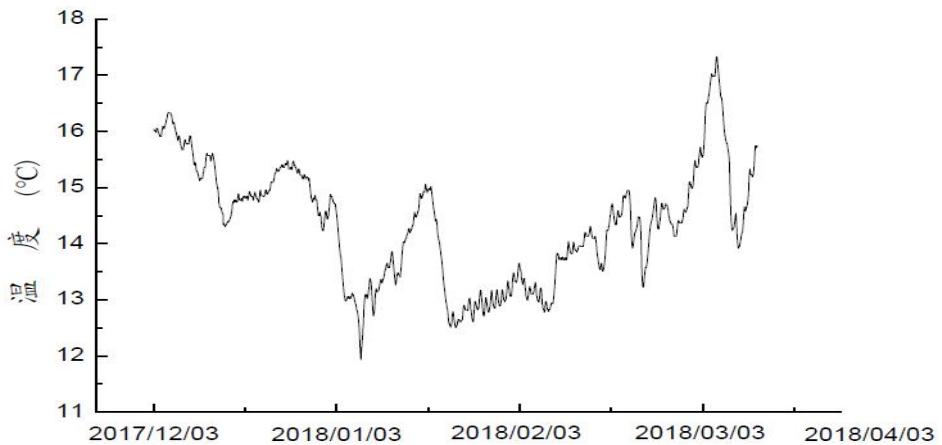


图1 再生水温度监测

项目利用污水厂处理后的再生水作为冷却水源，建设间接式再生水源热泵系统，冬季从再生水中提取热量为用户实现供暖，夏天向再生水中排热为用户实现供冷，再生水在利用过程中不入户、只换热不取水，是国家“十四五”节能减排和可再生能源发展规划推荐的清洁能源利用形式。

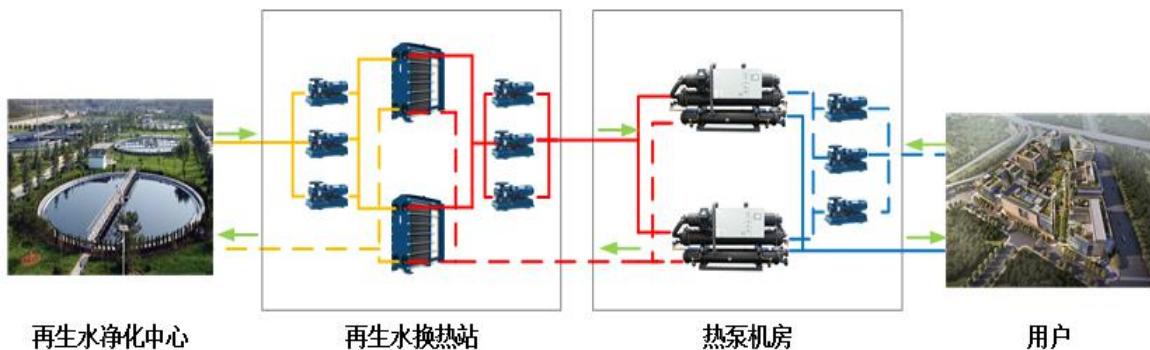


图2 再生水源热泵系统示意图

四、主要设备选型

南阳市中心城区供热E区覆盖范围11.8km，为减少热损失和管网重复投资，项目在污水厂设置再生水换热站，给用户提供冷热源的中心热泵机房在用户侧就近设置，整个系统由五部分组成：

- (1) 再生水取退水工程：建设取退水构筑物及管线，将再生水引入再生水换热站，经设置在再生水换热站内的板式换热器取热后退回原污水厂排水装置；
- (2) 再生水换热站1座：站内设置再生水提升泵、板式换热器和换热水循环泵，

再生水提升泵是再生水循环换热的动力装置，取热后的换热循环水给水泵加压后送至各中心热泵机房；

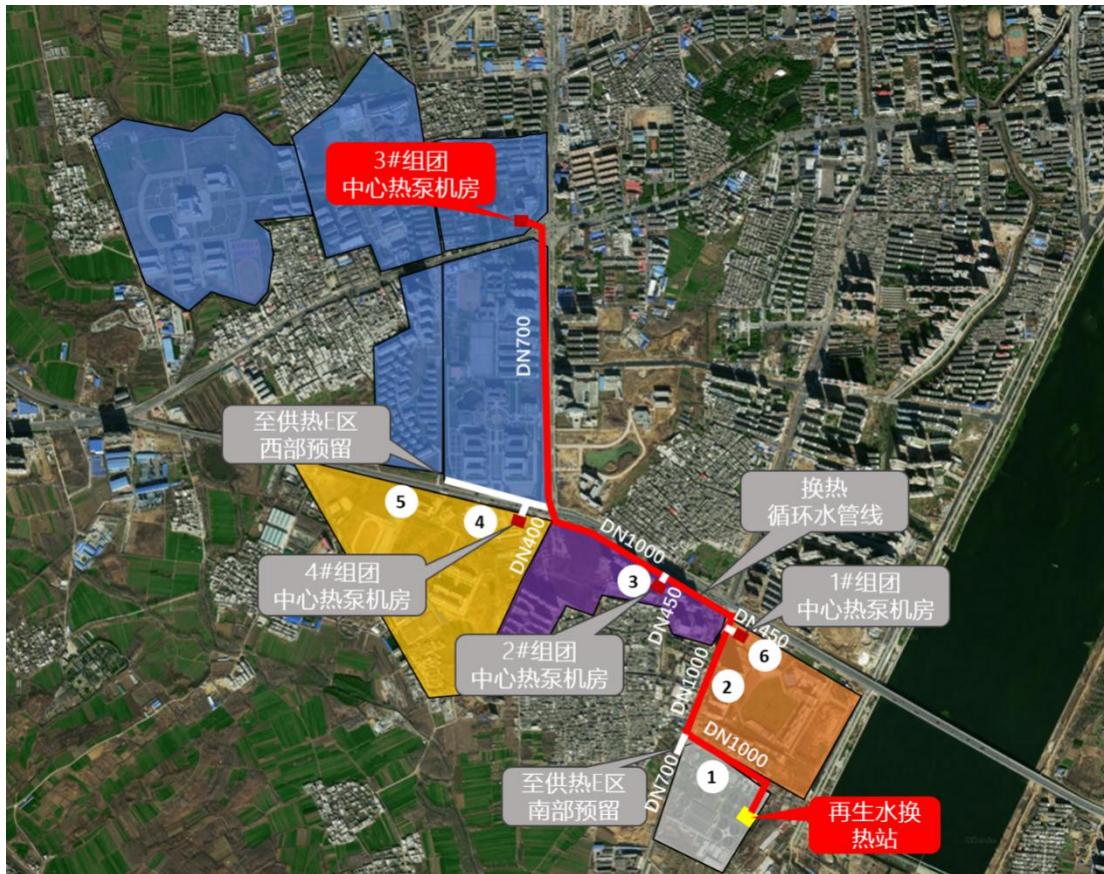


图 3 南阳项目平面图

(3) 换热循环水主管线工程：建设再生水换热站沿市政路到各供热供冷中心热泵机房的换热循环水主管线 3.5km，采用开挖+顶管的方式敷设于地下，其中开挖段采用玻璃钢管，埋深 2~4m；顶管段采用 3Pe 防腐钢管，埋深 2m 以上；

(4) 中心热泵机房：设置热泵机组+调峰燃气锅炉的双热源系统，热泵机组和燃气锅炉采用串并联设计，可联合供暖，也可单独供暖。

(5) 热力管网工程：建设能源站至用户的供热管线 3.5km，采用预制聚氨脂发泡保温钢管，为用户提供冷热水。项目一期工程建设再生水换热站和 3#能源站各 1 座及循环水管线（图 2、3 红色部分），形成供热能力 40.5MW、供冷能力 18MW，主要设备参数如下：

表 2-1 南阳项目主要设备表

序号	名称	型号	单位	数量	设备参数
再生水换热站					
1	板式换热器	A190X438-1P	台	3	换热量 7.3MW
2	换热循环水泵（大泵）	DFSS500-19/4	台	2	$Q=2750\text{m}^3/\text{h}$; $H=53\text{mH}_2\text{O}$; $N=560\text{kW}$
3	换热循环水泵（小泵）	DFSS400-13N/4A	台	1	$Q=1250\text{m}^3/\text{h}$; $H=53\text{mH}_2\text{O}$; $N=315\text{kW}$
4	换热循环水补水泵	DFW80-160A/2/5.5	台	2	$Q=50\text{m}^3/\text{h}$; $H=25\text{mH}_2\text{O}$; $N=5.5\text{kW}$
5	再生水输送水泵（大泵）	DFSS600-18/6B	台	2	$Q=2750\text{m}^3/\text{h}$; $H=29\text{mH}_2\text{O}$; $N=315\text{kW}$
6	再生水输送水泵（小泵）	DFSS350-19/4	台	1	$Q=1250\text{m}^3/\text{h}$; $H=29\text{mH}_2\text{O}$; $N=160\text{kW}$
7	反冲洗水泵	DFSS400-21N/4	台	1	$Q=1800\text{m}^3/\text{h}$; $H=30\text{mH}_2\text{O}$; $N=200\text{kW}$
3#组团能源站					
1	燃气锅炉	TF2LN600-I-Q	台	3	额定热功率: 7.0MW; 额定供/回水温度: 45/35°C
2	离心式热泵机组	RTGC20ACZCYD5B	台	3	额定制冷/制热量: 6000/6500kW
3	供冷供热循环水泵	DFSS350-13/4	台	4	$Q=1245\text{m}^3/\text{h}$; $H=46\text{mH}_2\text{O}$; $N=220\text{kW}$

五、生产运行情况

项目消耗能源主要为电和天然气。以 2023 年为例，供暖覆盖面积 96.5 万 m^2 ，实际接入面积 30.7 m^2 ，供暖时间 120 天，考虑学校放假因素，等效供暖面积 20.1 万 m^2 ，单位热耗 0.332GJ/ m^2 ；供冷覆盖面积 24 万 m^2 ，实际接入面积 20.6 万 m^2 ，折合供冷时间 50 天，折合单位能耗 0.107 GJ/ m^2 。

六、建设运营模式

项目投资方式为企业取得区域集中供热特许经营，约定在特许经营区域内，企业享有独家投融资、建设、运营维护再生水源热泵系统，收取供热供冷费、获得城市基础设施配套费中的供热配套费以取得项目收益，特许经营期满后，项目资产及对应权利无偿移交政府。

项目供暖收费由企业自行向用户收取，价格执行南阳市发改委《南阳市物价管理

办公室关于对中心城区供暖价格的批复》（宛价管函〔2015〕35号），居民热水供暖价格为0.176元/m²·天，按建筑面积90%计费，非居民热水供暖价格为0.291元/m²·天，按建筑面积计费。目前企业尚未取得城市基础设施配套费。

七、项目经济性

随着用户的普及达到预期规模，可实现供暖105万m²、供冷33万m²。项目一期于2021年9月取得污染治理和节能减碳专项（节能减碳方向）中央预算内投资资金1450万元。

八、环境及社会效益

与传统燃煤锅炉供暖、分体空调供冷相比，每年可节约6143.36t标准煤，减排SO₂560.9t、NO_x132.1t、CO₂40257.4t，节能减排效益显著。

九、典型经验和做法

（1）再生水源热泵系统的推广和应用

南阳市中心城区再生水源热泵项目，是目前国内较大的再生水应用案例之一。随着南阳项目等再生水源热泵项目的成功应用，为可再生能源产业化、市场化建设，起到典型的示范作用和良好的推动作用。

截至2023年，全国城镇污水处理厂数量已经超过2000座，日处理能力达到1.7亿m³，充分利用再生水资源，合理利用污水资源已成为共识。再生水源热泵系统的应用场景将蕴藏于污水中的城市废热，变“废”为宝，拓展了污水利用的渠道，提高了污水热能利用的效益，是“大力发展战略性新兴产业，建设节约型城市，实现可持续发展”的需要，也是调整能源结构的重要补充。

（2）智控系统的优化设计

为了优化项目运行，在运维平台集成了二级泵站的数据采集（温度、压力、流量）和智能控制，并在用户室内加装室温采集，通过自控柜及4G网络进行远程监控，可以进行运行监测、专家预测、智能分析、数据报表管理、能耗定额管理、远程监控及用户状态管理功能，大大降低了运维成本。

十、问题和建议

随着《北京市可再生能源替代行动方案（2023—2025年）》等政策的发布，“距

离再生水厂 5km 范围内的建筑优先利用再生水源热泵供暖”已成为行业讨论的重点，再生水源热泵系统发展可期。建议主管部门着重考虑以下问题：

- (1) 再生水源热泵系统作为城市基础设施的补充，涉及大量热力管网的建设工作，如无配套资金支持，资产负担重、盈利能力弱，严重影响企业生存；
- (2) 供热一直有“保民生”的社会责任。与水电气等民生行业相比，中南部城市的集中供热普遍处于投资较大、刚性需求低的尴尬局面。特别是现状存量建筑中，大量“老破旧”建筑不得不供，极大加重了企业的运营成本。

建议财政部门对由企业投资热力管网的实施单位给予资金支持并及时拨付；同时出台政策，利用大修基金等改善建筑围墙结构，以促进供暖行业高质量发展。

1.22 漯河市西城区地热集中供热（供冷）项目

一、项目基本情况

1. 项目名称：漯河市西城区地热集中供热（供冷）项目
2. 项目建设单位：漯河万江新能源供热有限公司
3. 项目建设地址：漯河市西城区。
4. 项目性质：新建
5. 建设期限：2019 年 6 月至 2025 年 11 月
6. 建设规模：建设地热能分布式热源站 30 座，包含热源井、供热一级管网、供热站房设备的建设和维护，运营管理年限为 30 年。项目计划总投资 6.5 亿元，规划地热供暖建筑面积 600 万 m²。现已建设完成热源站 10 座，覆盖供热面积 183 万 m²，其中，已投运热源站 5 座，供热面积 103 万 m²。

二、供暖面积

现已建设完成热源站 10 座，覆盖供热面积 183 万 m²，其中，已投运热源站五座，供热面积 103 万 m²。

三、技术路线及工艺流程

技术路线：通过开发地热资源获取地热水，通过梯级利用技术将地热水的热量提取出来用于供热，并将取热后的尾水，还回地下，整个过程只取热不耗水，系统封闭运行，水质不发生变化。依据漯河地区馆陶组地热资源特征，项目采用“依灌定采、一采两灌”开发模式，利用石油钻井技术、砂岩储层回灌技术和同层回灌技术，使单井涌水量增加 20%-30%，且设计寿命达到 100 年，尾水 100%同层回灌至同一热储层，最大程度地开发该地区地热资源，实现对漯河地区砂岩储层资源的高效利。

项目供热系统由板式换热器和热泵机组串联组成，初级由板式换热器直接供热，二级由热泵机组供热。当初冬供暖负荷较小时，可只开启地热水直接供热，随着负荷增大，逐级开启热泵来再次取热满足所有负荷要求，配套运行控制系统。采用梯级综合利用技术，通过高效换热器和热泵机组对开采出来的水温约 56℃的地下水分级提取热量，将回灌水温度可降到 8℃左右，同时结合串并联技术，提高系统换热效率约 20%，

使地热资源得到最大限度利用。

地热换热站工艺流程见图 1：

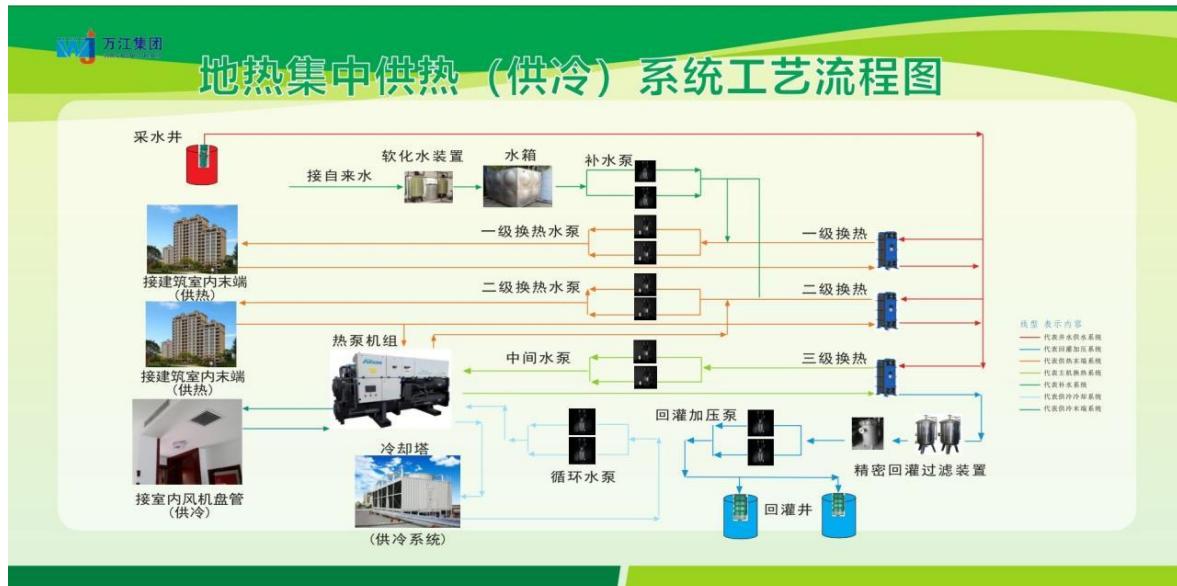


图 1 地热集中供热站房工艺流程图

四、主要设备选型

项目主要设备包括：高校换热器、除污器、软化水装置、补水箱、井口装置、PRRT 管道、热泵主机、水泵、控制柜、自动控制系统等。

五、生产运行情况

无。

六、建设运营模式

2021 年，万江新能源股份有限公司与漯河市西城发展投资有限公司共同出资成立漯河万江热力有限公司。同年 12 月，漯河市西城区管委会通过公开招标，与漯河万江热力有限公司签订《漯河市西城区地热集中供热（供冷）项目特许经营协议》。

项目与政府合作，由政府提供平台，政府无需投入资金，企业在政府规划指导下，投入资金、技术、运营、管理，采用市场化运营，为用热用户提供供热服务，运营期满后，资产无偿移交政府，之后政府可继续委托企业代为运营。

七、项目经济性

该项目总投资 6.5 亿元，在建设期内投入。资金全部由企业自筹。本次项目计算期设定 30 年，其中建设期 6 年，分期分批（小区）建设，运营期 29 年。该项目主要

收入为配套费和供暖费的收取。

已投运热源站 5 座,自 2019 年 11 月至今共收取供暖费 396.77 万元(18.36 元/ m^2)、配套费 5122.5 万元(50 元/ m^2) , 支付运行成本 282.61 万元(不含项目折旧费、财务费用, 其中电费 266.72 万元, 矿产资源税 15.32 万元、水费 0.57 万元)。

八、环境及社会效益

无。

九、典型经验和做法

1. 项目的优点

(1) 技术先进: 项目采用了业内较为先进的地热资源勘探技术、同层回灌技术、梯级利用、地热资源动态监测、热源井钻井、供热站房远程自动监控等技术。

(2) 模式先进: 项目首创“依灌定采、一采两灌”的砂岩地热能开发模式, 科学合理利用地热资源。

(3) 占地面积小: 建设占地面积小, 单体项目一口取水井、两口回灌井、一座 200 m^2 左右的供热站房, 供热面积可达 20 万 m^2 。

(4) 建设周期短: 项目建设周期短, 可实现当年建设、当期供暖。

(5) 运行稳定: 通过运用科学的地热发展理念、成熟的运营模式、领先的技术水平, 提高了供暖的质量、24h 无间断供暖。

2. 项目的缺点

(1) 前期投资大、投资周期长: 项目由企业自行投资运营, 需要先投入资金进行热源及管网设施建设, 造前期投资成本高, 项目回收周期长, 企业经营负担较重。

(2) 对技术和装备要求高、研发成本高: 由于地下水矿化度较高、腐蚀性强, 因此对相关设备尤其对地下部分的埋管和抽水系统的设计都提出了很高的要求。另外, 在地热资源开发利用行业, 大多存在采水量不足或回灌井回灌率低的问题, 需要投入大量的研发成本用于增采增灌技术的研究开发。

十、问题和建议

1. 地热能供暖在各地推广可能存在的问题:

(1) 新建建筑物未同步建设集中供热设施

部分城市未将集中供热设施作为新建居民小区、公共建筑的必建项目，造成了许多新建小区没有集中供热设施，供热公司的主管网即使建设到小区门前，也因为没有内部配套供热设施，而无法使用集中供热，从而制约了城市集中供热的快速发展。

（2）老旧小区集中供热设施改造无资金来源

很多城市大部分老旧小区没有庭院、楼内、室内管网和交换站等必要的集中供暖设施，其想使用集中供热，就必须重新投资进行改造，而费用的来源问题难以在短期内解决，影响了集中供暖的进一步推广。

（3）缺乏相应的财税激励政策

我国《可再生能源法》对地热能明确认定属可再生能源，其开发利用应得到应有的优惠和保护。自 2013 年，国家就开始出台鼓励政策，现有财政和价格激励政策起到了积极的引导作用，但政策不完善，执行不到位、不充分。具体表现在：一是相关财税法律规定缺乏可操作性，缺乏实施条款和落实细则，对优惠税率和补贴力度等激励政策没有统一确的标准，导致政策落地难；资源税税额标准偏低，不能真实反映能源消耗带来的社会成本，缺少体现地热能源性质的“取热不耗水”的税收激励政策。二是补贴模式、支持方式有待完善。比如，缺乏市场化手段；补贴发放不及时、不到位，领取周期过长。

2. 相关建议

（1）要求新建小区配备集中供热设施

将集中供热设施作为新建和拟建小区的楼盘立项、规划、审批和验收的必备条件，凡新建建筑物必须将集中供热设施与主体同时立项、同时规划、同时建设、同时验收，从源头上解决集中供热设施的难题。

（2）对老旧小区改造项目予以补助支持

对于无集中供热供暖设施的既有建筑，采用地热作为热源解决供暖问题，按照政府支持一部分、用户承担一部分、企业让利一部分的原则逐一解决。制定地热供暖优惠政策，给予地热供热管网建设补助，推动地热资源的开发利用。

（3）完善地热清洁供暖项目奖补政策

为了推动地热供暖在地热资源好的区域快速形成规模，建议国家相关主管部门进

一步完善和细化针对地热供暖相应的财税奖补政策，对积极满足地方民生供暖需求、示范效果好、严格遵守环保标准等地区的项目加大奖补资金支持力度，并制定相应的监督考核机制。

1.23 范县东区、西区地热供暖项目

一、项目基本情况

范县东区、西区地热供暖项目属于可再生能源供暖项目，由濮阳市新星清洁能源有限公司投资建设，总投资约 17600 万元，项目自 2021 年 1 月 1 日开始建设，2021 年 11 月 15 日投入运营，已稳定运行三个供暖季。项目共建设两座地热站，其中西区地热站位于濮阳市范县范水路与杏坛才路交叉口西南侧，东区地热站位于范县德政街与英才路交叉口东南侧。

范县位于河南省东北部，面积 617km^2 ，常住人口 45 万人，城镇常住人口 17 万人，范县无市政集中供热，县城供暖需求面积约 230 万m^2 。2023 年范县生产总值 237.2 亿元，一般公共预算收入 11.08 亿元，城镇居民人均可支配收入 27902 元，农村居民人均可支配收入 15799 元。范县隶属于河南省濮阳市，濮阳市是“2+26”大气污染传输通道城市之一，按照国家推进北方地区冬季清洁供暖、加强大气污染防治的有关要求，宜采用清洁能源供暖方式，满足居民冬季供暖需求。范县地热资源丰富，具有水量大、水温高、矿化度低、回灌便利的特点，地热开采深度在 $1000\sim3000\text{m}$ 之间，地热温度在 60°C 左右，是河南省地热资源综合条件较好的区域，具有广阔的开发利用前景，因此对城区内新建建筑采用地热供暖。

二、供暖面积

项目为范县东西赵安置区、凯旋城、樱海名筑、海韵四期等 25 个小区供热，总计建筑面积达 160 万m^2 ，供暖需求负荷总量约 35MW，主要为居民建筑物供暖，居民供暖形式为地板辐射供暖。

三、技术路线及工艺流程

根据地热资源评价结论，该地区有丰富的地热资源，采用深层地热水作为供暖热源，取水段为奥陶系马家沟组，根据已有探井抽水试验数据，地热井井口出水温度 59°C ，出水量 $110\text{m}^3/\text{h}$ 。

地热站设计供暖能力为 34.5MW，设计小区供暖供回水温度为 $45^\circ\text{C}/35^\circ\text{C}$ 。地热水首先通过一级换热器，温度下降至 37°C 后，进入二级换热器，并采用热泵继续吸收

地热水中的热量用于供热。为耐受地热水的强烈腐蚀性，接触地热水的管线采用钢塑复合管，设备均采用钛合金材质。地热水尾水回灌温度按照 18°C 进行了钻井设计，建设生产井 7 口，回灌井 7 口。

地热井钻井工艺采用 3 开钻井，为保证井身质量，下井壁套管后采用固井水泥封固，井口出口采用紧凑型布置方式，钻井过程采用定向技术将井下取水靶位分散，取水点位间距在 500m 以上避免距离过近导致热突破。取水段井身采用绕丝筛管，不仅取水量大而且可避免地层泥沙进入井身。

四、主要设备选型

项目按照 7 采 7 灌进行设备配置，站房位于绿化带内（地下），站房内设置一级板式换热器、二级板式换热器、热泵机组、循环水泵以及配电系统、自控系统等辅助运行。

1. 一级板式换热器

一级板式换热器一次侧温差为 22.00°C（进水温度 59.00°C，出水温度 37.00°C），一次侧地热水流量 770m³/h，一级换热器总换热量 16.88MW，分为 5 台 3.4MW 板式换热器。

2. 热泵机组

根据热负荷分析，项目供暖热负荷为 34.5MW，则热泵机组需要提供的热量为 17.6MW。热泵机组 COP 取 5.5，则热泵机组选择 5 台制热量 3.5MW 的高效离心型热泵。

3. 二级板式换热器

根据热泵机组制热量 17.6MW 减去热泵耗电量，由二级板式换热器提供，换热器一次侧流量为 777.00m³/h，则换热器一次侧温差为 18.37°C（进水温度 37.00°C，出水温度 18.63°C）。二级换热器总换热量 15MW，分为 5 台 3.0MW 板式换热器。

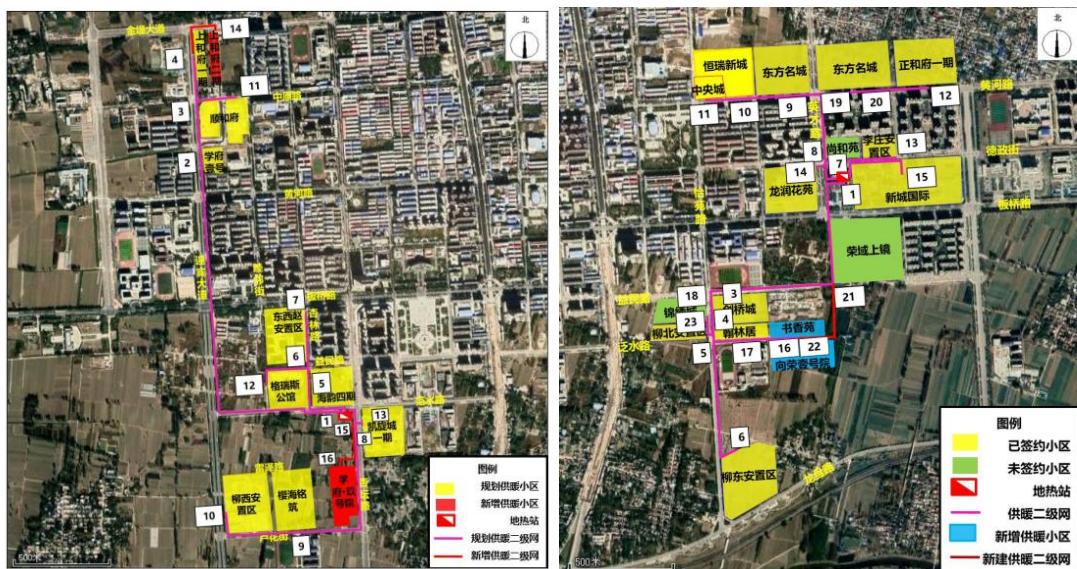
4. 回灌过滤器

地热尾水利用完毕后通过回灌井回灌至底层，回灌之前需要经过大型精细过滤器将其中析出的晶体和运行中产生的杂质去除，以保证不污染地下水不堵塞回灌井。

5. 二级管网系统

供暖二级网接入 25 个新建小区，总供暖面积 160 万 m^2 ，目前已全部签约。新建地热站至小区红线的供暖二级网管线，各小区供暖二级网支线接至集中供暖管网，依托新建的支干线、干线接至地热站。

项目新建供暖二级网 10.3km，管网流量为 1453 m^3/h ，主要沿迎宾大道东侧、范水路南侧、芦花街北侧、中原路南侧、杏林路西侧、杏坛路西侧、益民路南侧敷设。供暖二级网路由见下图。



五、生产运行情况

无。

六、建设运营模式

项目由濮阳市新星清洁能源有限公司投资运营，建设资金来源 20% 为自有资金，其余 80% 为银行贷款。暖费的收费价格和配套费价格参照濮阳市供热管理办法执行，热源及供热管网建设补偿费为每平方米 40 元；供暖费按每年每平方米 19 元收取，均为一次性收取。根据《濮阳市人民政府办公室关于印发濮阳市冬季清洁取暖实施方案（2018—2020 年）等六个文件的通知》文件，政府对中深层地热能供暖项目予以经济补贴，补贴标准为每平方米 40 元，项目目前已通过补贴验收。站内操作运行、维护保养和暖费收取工作均由公司员工完成，冬季繁忙时期雇佣季节工完成抢维修等工作。

七、项目经济性

项目税前静态投资回收期 9.2 年，税前财务内部收益率为 10.22%，税前财务净现值 182.87 万元。税后静态投资回收期 10.34 年，税后财务内部收益率为 8.01%，税后财务净现值 0.89 万元，项目累计 EVA（不考虑时间价值）为 604 万元，投资利润率 17.02%。

八、环境及社会效益

项目节能减排效果较好，建成后相比于燃煤集中供热项目，全年可节省标准煤 4920t，减排颗粒物 0.63t，减排二氧化碳 12059.63t，减排二氧化硫 2.18t，减排氮氧化物 3.1tt。

《濮阳市冬季清洁取暖实施方案（2018-2020）年》确定范县的冬季供暖技术路径为以深层地热能供暖为主。2019 年 5 月，范县县政府第十五届二十次常务会议指出，县城区所有新建小区必须采用地热能方式供暖。由于范县县城区无市政集中供暖，且地热资源丰富，濮阳市新星清洁能源有限公司按照“政府引导、企业为主、居民可承受”的原则，对项目区域内的地热资源进行开发利用，新建地热供暖系统，既保障了群众温暖过冬，也扩大了公司的市场影响力。

九、典型经验和做法

（一）安置迁建保民生。黄河滩区居民迁建是黄河流域生态保护和高质量发展重大民生工程，范县县城安置区建设事关广大滩区困难群众脱贫致富和幸福安康。濮阳市新星清洁能源有限公司积极响应政府号召，提前谋划、精心组织、高质量完成安置区地热供暖工作，为范县七个迁建安置小区进行供热，极大支持了安置区的工作，为安置区的老百姓送去了温暖。

（二）整县供热可推广。项目打造了整县制地热民生供暖新模式，共设置 2 个站房，实施 14 口地热井。相对于以往小型地热项目的“点供”模式，本项目采用集中规划、统一实施的路径，濮阳新星公司在取得特许经营权后，范县政府协调 25 个开发商同时与濮阳新星公司签约供暖服务合同，最终建设完成范县东区、西区地热供暖项目，地热供暖面积 160 万 m^2 ，对地热供暖整县制开发具有很好的示范意义。

（三）同层回灌技术高。依托公司内部科研机构，基于地质钻、录井的实测数据，

运用数值模拟技术，对地热储层进行综合评价。通过建立热储开发模型，确定合理的井间距和开采规模，保持热储温度平衡和水量动态稳定，确保地热资源可持续开发。致力于地热尾水回灌试验研究，采用“间接换热、采灌均衡”的先进工艺，采用三开钻井技术，通过换热技术提取地热水中的热能进行热交换，换热后的地热尾水全部同层回灌，实现了保护环境、清洁发展、资源可持续利用。

（四）高度智能化省人工。通过配备远程智能监控，项目仅需3人即可完全自主运行，该远程智能监控系统具有全网监控、负荷预测、全网调度、能耗分析等功能，对井口温度、流量、水位等关键参数进行实时采集监测，并配有远程监控的PLC柜，通过室外气候补偿系统，可实现就地自动化调节、无人值守。

十、问题和建议

1. 目前地热资源税的收取对地热供暖项目效益影响很大，由于地热项目投资大、回收期长、利润率低的特点，地热资源税直接影响了地热供暖项目的推广进程。建议同层回灌地热项目免征地热资源税。
2. 为早日实现碳达峰和碳中和目标，推动可再生能源在供热中的规模化应用，需继续加大对地热能供暖等可再生能源供暖项目支持力度。

1.24 郑东新区科学谷数字小镇（一期）综合能源投资及供冷供热项目

一、项目基本情况

郑东新区科学谷位于郑东新区白沙园区，西起京港澳高速，东接新 107 国道，南至豫兴大道，北抵连霍高速，面积约 20km²。区域内设置有三大功能区域，分别为信息科技创新示范区、数据龙头企业集聚区和生态宜居宜业活力区，规划结构为“一体两翼、一核双轴、一带四区、组团联动”。科学谷将目光聚焦于大数据主导产业，重点发展以大数据、云计算、物联网、人工智能为代表的新一代信息科技产业，引进智慧通信、智慧政务、智慧电商等国内外信息技术龙头企业、创新团队和科研院所。



图 1 郑东新区科学谷区位图

作为科学谷先导片区之一数字小镇，规划面积 3.18km²，建设用地约 2500 亩，着力以环境吸引人才，以人才聚集产业，打造生产、生活、生态功能复合的特色软件小镇。为了建设国家中心城市和郑东新区打造国家大数据综合试验区核心区，进一步拓展郑东新区的城市发展空间，拉大城市框架，优产业结构，促进招商引资，加快经济发展，进行郑州市郑东新区科学谷数字小镇（一期）项目建设。

郑东新区科学谷数字小镇（一期）项目位于郑州市郑东新区白沙组团科学谷，规划范围北起云溪北路，西至前程路，东至雁鸣路，南临云溪，由水系分割为中西东三个岛。规划面积约 1.35km²，总建筑面积约 134.26 万 m²，地上总建筑规模 85.01 万 m²，

地下总建筑规模 49.25 万 m^2 。

郑东新区科学谷数字小镇（一期）综合能源投资及供冷供热项目供热面积 85 万 m^2 ，供冷面积 45 万 m^2 ；该项目共设置 4 座能源站，其中 1#、2#、3-1#能源站分别承担东岛、中岛、西岛的冷热负荷，3#~2#能源站承担西岛酒店冷热负荷。本项目热源采用中深层地热地埋管+浅层地热地埋管+调峰电锅炉辅热方式；冷源采用浅层地热地埋管+冷却塔方式。

该项目是目前全国最大的采用中深层地热地埋管+浅层地热地埋管综合清洁能源利用的项目，总供能面积 85 万 m^2 。由郑州郑沣能源发展有限公司投资建设，总投资 3.11 亿元。项目于 2020 年 11 月开工建设，2022 年供冷季首次投入运行。

中深层地热地埋管换热孔布置在云溪北路北侧，采用同轴套管换热器，孔深 2500 米；共设中深层地热地埋管换热孔 30 个。

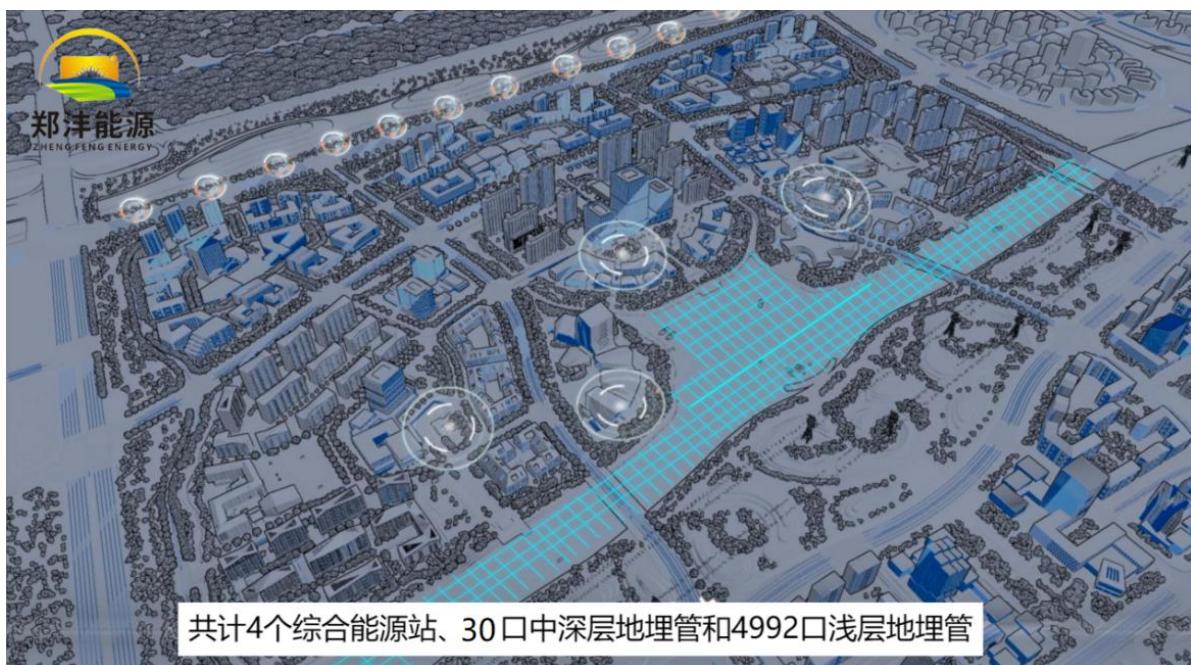


图 2 能源站及中深层、浅层换热孔布置图

浅层地热地埋管换热孔布置在项目南侧云溪湾底及云溪河底，在河道蓄水前施工，地埋管水平管敷设于湖底 2.5m 以下，距离防渗层不小于 1.5m，不影响防渗层及水体生态。浅层地埋管采用 De32 双 U 型换热器，换热管深 120m，水平间距 5m×5m；共设浅层地热地埋管换热孔 4992 个。

项目各能源站之间主管网通过联通管相互连接，实现了互联互通，在负荷较大或事故工况下能够互为备用、相互补充，提高了整个系统的稳定性与可靠性。项目配备智慧管控系统，可对站房内设备进行远程集中控制，并通过能耗分析系统及外界环境温度变化实时调整运行策略，保证系统安全、高效运行。

该项目相较传统燃煤锅炉供热，整个项目一个供暖季内可减少燃煤消耗 1.36 万 t，减少二氧化碳排放 3.7 万 t，每年可减少运行费用 785 万元，节能减排效益显著。

二、供暖面积

本项目共建设 4 个能源站，分别布置于数字小镇（一期）东、中、西三个岛地下室室内。其中冷源由中深层地源热泵机组搭配冷却塔、浅层地埋管热泵机组进行联合供冷；热源以中深层、浅层地热能为主，电锅炉调峰。项目总热负荷 36830kW，总冷负荷 33340kW，为区域内 85 万 m^2 办公、会展、酒店、住宅、学校等建筑提供供冷供热服务。共设 2500m 深中深层地热地埋管换热孔 30 个，120m 深浅层地热地埋管换热孔 4992 个。

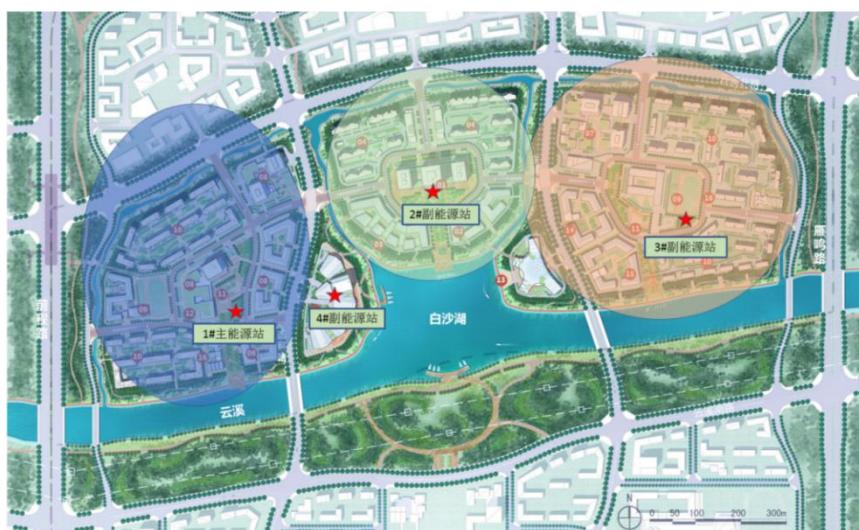


图 3 能源站平面位置图

城市最佳实践区能源中心江水源空调系统位于黄浦江西岸。原用于世博会 E 区能源供应。世博会时期总建筑面积 14.6 万 m^2 ，总冷负荷 3.2 万 kW；世博会后预计总建筑面积 35 万 m^2 ，总冷负荷 4 万 kW，总热负荷 1.4 万 kW。

三、技术路线及工艺流程

1. 工艺设计方案

根据数字小镇（一期）规划及各种能源的经济技术特点，本项目提出了一种多能互补的供冷、供热能源配置方案：

冷源由中深层地源热泵机组搭配冷却塔、浅层地埋管热泵机组进行联合供冷；热源以中深层、浅层地热能为主，电锅炉调峰。

该项目设置 4 座能源站，站内设置热泵机组，各类循环泵、补水及软水装置、电锅炉等设备。冷却塔布置在地面裙房屋面。

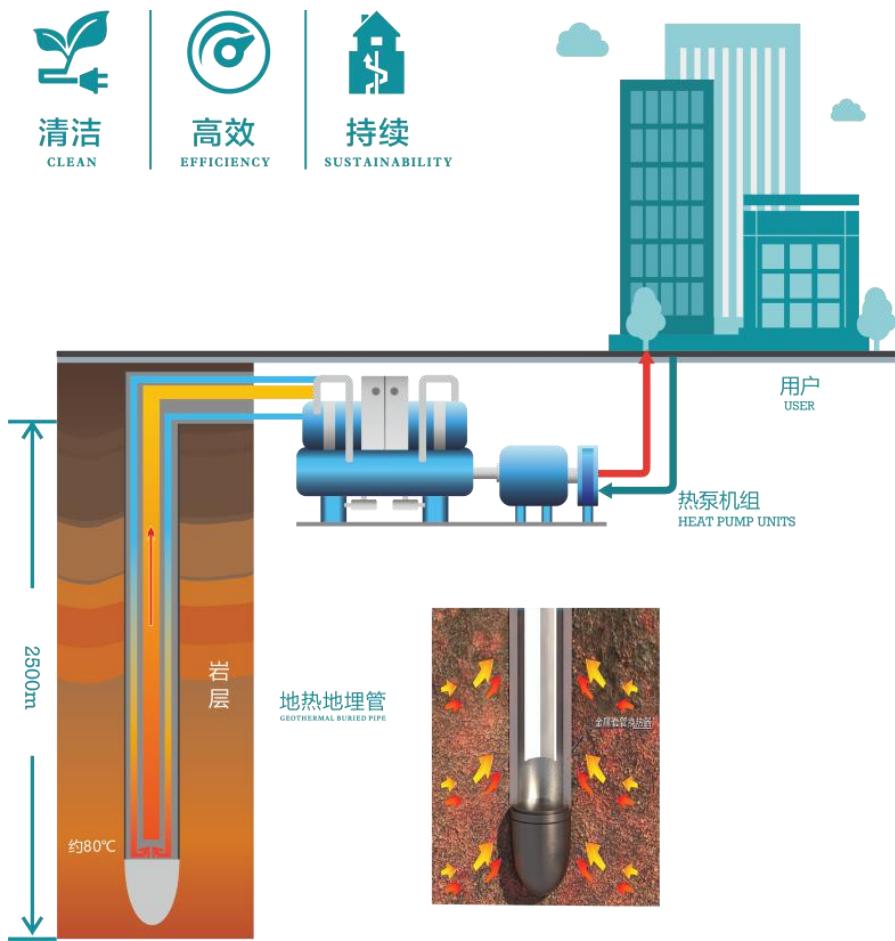
夏季供冷优先使用浅层地埋管热泵系统，当负荷不足或需要调节浅埋管土壤冷热平衡时，使用冷却塔系统；冬季供热优先使用中深层、浅层热泵系统，极端低温时使用电锅炉进行调峰。

2. 技术方案

本项目为最大限度满足各类用能建筑舒适性并综合考虑后期运行成本，住宅建筑和公共建筑冬季供暖采用差异化供回水温度。住宅设计供暖供回水温度 45°C/35°C，公共建筑供暖供回水温度 50°C/42°C。末端各换热站设置二次泵系统。夏季供冷供回水温度 7°C/12°C。

3. 技术路线

中深层地热能地埋管供热技术（又称“中深层地热能无干扰清洁供热技术”）是通过钻机向地下 2~3km 深处的地层钻孔，在钻孔中安装封闭的金属同轴套管换热器，通过换热器内介质的循环流动，将地下深处的热能导出，并通过地上高效热泵机组等设备向建筑物供热。



该技术取热不取水、取热持续稳定、地温恢复快、环境影响低，具有分布式、无干扰、效果好、零排放、能效高、无衰减的优势。

浅层地热能又名浅层地热能，是指地表以下一定深度范围内（一般为恒温带至200m埋深），温度低于25°C，在当前技术经济条件下具备开发利用价值的地球内部的热能资源。浅层地热能是地热资源的一部分，也是一种特殊的矿产资源。其能量主要来源于太阳辐射与地球梯度增温。浅层地热能通过热泵技术进行采集利用后，可以为建筑物供暖，较常规供暖技术节能50~60%，运行费用降低约30~40%。

浅层地热地理管供能技术是利用地表以下200m以内深处岩土体和地下水中的低品位热源，采用地埋管和热泵技术加以利用，在冬夏两季进行供热或供冷。



该技术均有冷热两用、供冷供热效率高、环保零排放、供冷供热效果好等优势。

本项目利用浅层地热、中深层地热、电制冷、电辅热、热回收、冷回收等多种冷热源方式，形成一个综合能源供冷供热系统，对项目公共建筑进行供冷供热、对居住建筑进行供热。

夏季，利用浅层地热供冷，通过热泵系统将建筑屋内的余热释放到土壤中，达到供冷的目的，供冷不足部分，由电制冷补充；冬季利用中深层地热、浅层地热供热，通过热泵系统，将土壤中的热量取出，送至建筑物内供暖，极端天气，通过电辅热补充热源；酒店通过冷回收、热回收系统，满足四管制空调系统同时供冷供热需求。

四、主要设备选型

该项目共设置四座能源站，共设 2500m 深中深层地热地埋管换热孔 30 个，120m 深浅层地热地埋管换热孔 4992 个；设置 1500RT 离心热泵机组 6 台；500RT 螺杆热泵机组 5 台；540RT 螺杆热泵机组 3 台；其中西岛酒店能源站选用 1 台 540RT 热回收机组，满足四管制空调系统同时供冷供热需求。

五、生产运行情况

1. 项目能源消耗种类及数量

项目主要设备为电驱动式热泵机组、调峰电锅炉和各类水泵等，主要能源消耗为电力。

2. 运行时间

项目于 2020 年 11 月开工建设，2022 年 5 月供冷季中岛能源站投运，经过 2 个供

冷、供暖季的跟踪监测，其系统运行稳定，供冷供热效果良好。

3. 综合能耗

供热时段每天 24h 运行，供冷时段每天运行 12h。运行过程中主要能源消耗为电力，供热综合能耗 23.4kWh/m²，供冷综合能耗 23.3kWh/m²。

六、建设运营模式

1. 投资估算

本建设项目总投资为 31134.44 万元，其中：建设投资为 30512.24 万元，建设期利息为 544.64 万元，铺底流动资金为 77.56 万元。

序号	项目名称	各项指标
1	工程总投资	31134.44万元
2	建设投资	30512.24万元
3	年平均总成本	2651.03万元
4	年平均经营成本	890.37万元
5	年平均利润总额	1458.57万元
6	税后内部收益率(FIRR)	8.80%
7	税后投资回收期	10.27年
8	税前内部收益率(FIRR)	10.28%
9	税前投资回收期	9.05年
10	税后财务净现值(FNPV)	15649.40万元
11	税前财务净现值(FNPV)	20104.19万元
12	总投资收益率(ROI)	4.68%
13	利息备付率(ICR)	3.94
14	偿债备付率(DSCR)	5.67
15	盈亏平衡点	56.87%

2. 资金筹措

本项目固定资产投资 31134.44 万元，30%为企业自筹，其余 70%申请银行贷款，项目贷款利率 5%计算。

3. 财务评价

通过计算，在采用现行的销售价格下，项目税后财务内部收益率为 8.8%，高于行业基准收益率 8%；税后财务净现值为 15649.4 万元，大于 0；项目税后投资回收期为 9.05 年，满足行业基本标准。

七、项目经济性

本项目核心技术为中深层地热能无干扰清洁供热技术和浅层地热地埋管技术，其运行成本主要为电费和较低的人员管理、维保费。高智能化管控系统可实现无人值守，人员管理、维保费较低。综合运行成本约 $2.0\sim2.5 \text{ 元}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ 。

本项目利用中深层+浅层地热能清洁供能技术，相较于燃煤锅炉集中供热，一个供暖季可节约运行成本 785 万元，经济效益显著。

八、环境及社会效益

本项目与传统燃煤锅炉相比，整个项目一个供暖季内可减少燃煤消耗 1.36 万 t，减少二氧化碳排放 3.7 万 t。

九、典型经验和做法

1. 多能互补、安全稳定

项目冷热源采用中深层、浅层地热热泵机组、冷却塔、调峰锅炉多种能源方式耦合，根据不同季节冷热需求、不同末端负荷状态，选择最优的能源运行策略，相互补充，达到能源的最佳综合利用；中深层地热出水温度高，稳定无衰减；浅层地温四季相对恒定，不受燃气供应能力、室外气温波动影响，系统供冷供热安全稳定。

2. 可再生能源、绿色低碳

中深层地热利用地球地壳内部热能，具有稳定、连续、利用效率高等特点；浅层地热靠太阳能、地热能等可再生能源及冬夏季交替取热放热维持地温相对恒定，是近乎可以无限利用的清洁可再生能源，热泵机组制冷制热均具有较高能效。地源热泵系统的电力消耗，与空气源热泵相比可减少 40%以上；与电供暖相比可以减少 70%以上，节能减排效果明显，绿色环保、零碳排放。

3. 节水节地、设备利用率高

中深层地热地埋管换热孔设置在云溪北路北侧绿地内；浅层地热地埋管换热孔设

在项目南侧的云溪及云溪湾，巧妙合理的利用水系面积布置换热孔，不抽取地下水，补水量小，热交换系统设在地下，有效节省占地面积。地源热泵机组冬季制热，夏季制冷，提高设备利用率，节省投资。

4. 分布式系统、运行灵活自主

各个能源站分散式布置，直接设置在用户集中区域，输送路径短，管网冷热损失低。可根据末端用户负荷情况变化，实时调整设备运行台数和运行状态，使供冷供热流量与用户实际需求相匹配。还可以根据室外气温情况，灵活调节运行时间，提前或延后供冷供热，做到以人为本。

5. 市场化经营、实现多方互利共赢

用能方业主无需单独投资供冷供热能源系统，政府无需铺设市政热力管网，减轻业主方和政府建设能源系统及相应市政管道的资金压力，减少热量长距离输送造成的能源浪费。供能企业通过自身专业化优势，科学集约化布置能源站及输送系统，由专业化运行人员进行系统运维，提高供能的舒适性和可靠性；通过市场化收费来实现企业效益和可持续发展，无需政府冬季高额的财政补贴，最终实现多方互利共赢。

十、问题和建议

一是建筑供热属于城市基础设施配套范畴，项目盈利较低，反映到企业财务报表中各项指标银行企业信用评级较低；二是地热能清洁供热项目均属于分布式能源系统，项目建设周期短、资金投入量大，各项审批备案制度不成熟，项目合规性审批速度较慢，银行的贷款门槛较高，企业融资成本负担太高。三是企业缺乏长期的成本收益信息，而短期的成本收益信息对于商业银行而言参考性不强；四是商业银行授信额度短缺，且偏好期限短、流动性好、综合收益高的项目，而城市基础设施配套项目回收期较长，内含报酬率较低，利润指标尚未达到银行要求；五是没有新能源项目的审核部门，针对新能源贷款的相关支持政策。

在“双碳”目标的贯彻落实工作中，绿色低碳技术能够产生显著的生态环境效益，为进一步加快推动绿色低碳技术产业发展，建议：

一是提高对绿色低碳技术发展的重视程度。进一步提高对绿色低碳技术发展的重视程度，成立技术创新、改造和污染物治理专项基金，进一步加大对节能减排以及新

能源开发资金投入力度，开展结构性降耗，建立系统完善的节能降耗考核控制体系以及奖惩激励机制，对企业的发展行为进行引导和约束。

二是加大金融宏观政策调控力度。绿色低碳技术的发展离不开绿色金融的大力支持，因此建议对我国当前差别性信贷政策的传导机制进行优化和完善，通过差别利率以及贷款贴息等措施来促进我国商业银行等金融机构进行金融产品和金融服务创新，为先进绿色技术的发展提供充足的资金支持。同时希望银行能对征信系统进行持续优化和完善，在对企业进行信贷评估时，充分考虑从事基础设施配套产业基础特征，适当降低贷款门槛，优化评级。

三是建议加强政策扶持。统筹考虑技术发展、市场实施、行业监管等多方因素，进一步优化不同技术路线的技术应用、资源配置、项目审批等要求。引导各地在供热规划上，明确在开发区优先发展地热供热。同时加大对各地主管部门、从业企业的政策执行情况的监督管理，建立健全市场准入与退出机制，优化供热许可审批，确保地热企业能够进入区域供热市场。

四是给予资金支持。类比燃煤燃气集中供热站的资金支持及补贴，通过设立产业引导基金或直接补贴等方式，给予地热能供热一定财政资金支持。以无干扰供热为例，技术应用主要受限于初始投资较大，其不涉及新增用地，能够减少土地资源；系统运行成本较低，也不需政府每年补贴供热企业。只需在其投资建设阶段一次性给予一定资金支持，即可缓解企业资金压力。不仅避免了长期巨额财政负担，又可以大大加快地热能供热技术的推广应用。

1.25 重庆市江北城 CBD 区域江水源热泵集中供冷供热项目

一、项目基本情况

1. 项目名称:重庆市江北城CBD区域江水源热泵集中供冷供热项目

2. 类型:可再生能源供暖(供冷)项目

3. 建设单位: 重庆市江北嘴水源空调有限公司, 公司于2010年12月6日经重庆市国资委批准成立, 注册资金两亿元, 是具独立法人资格的国有全资子公司。公司实施重庆市江北城CBD区域江水源热泵集中供冷供热项目(以下简称“江水源项目”), 主要经营空调冷热源的生产、销售、空调维修及保养服务。公司以“节能减排, 提高全新城市生活品质”为经营理念, 以“让用户满意, 营造环境友好的城市区域”为服务宗旨。公司作为重庆市低碳协会副理事长单位, 2011年获得“重庆市城乡建设系统先进集体”, 公司生产运行部 2014 年获得重庆市“工人先锋号”, 公司2016年获得“重庆五一劳动奖状”, 公司2018年获得重庆两江新区“文明单位”、公司党支部获得重庆两江新区“先进基层党组织”, 公司2019年获得“2013-2017年度重庆市国企贡献奖”称号, 公司党支部获得重庆市江北嘴中央商务区投资集团“先进基层党组织”称号, 公司负责建设的江水源项目三期工程获得“中国安装之星”称号、“国家优质工程奖”称号, 公司获得“2019年度两江新区开发开放突出贡献奖先进集体”称号, 公司2021年获得“两江新区2020年度安全生产与自然灾害防治工作先进单位”称号, 公司党支部获得重庆市“先进基层党组织”

4. 总投资: 11亿元。

5. 建成运行时间

项目按照“统一规划、分期实施”原则, 共分三期建设并投入运行, 一期工程于2009年4月投入使用, 二期工程于已于2014年7月投入使用, 三期工程于2017年9月投入使用。

6. 重庆能源供应消纳条件

《重庆市可再生能源电力消纳保障实施方案》于2021年2月4日正式印发。该方案以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导, 全面贯彻党的十九大和十九届二中、

三中、四中、五中全会精神，加快推动能源生产和消费革命，通过强制性手段和与之配套的市场化交易措施建立对可再生能源电力利用水平的约束性机制，有效提升可再生能源电力生产和消费的积极性，为可再生能源电力的健康可持续性发展提供制度性保障。方案中提出的基本原则主要有：

（1）区域统筹，分解责任。根据国家下达我市的可再生能源电力消纳责任权重统筹分解各承担消纳责任的市场主体应完成的消纳量。承担消纳责任的各类市场主体通过一种或多种方式完成各自消纳量。

（2）强化消纳，跟踪统计。各承担消纳责任的市场主体自行制定可再生能源电力消纳计划，并在所属经营区电网企业统一组织下完成各自消纳量。按月统计各承担消纳责任的市场主体消纳量完成情况，及时发现解决存在的问题，确保按期完成消纳任务。

（3）保障落实，鼓励先进。对各承担消纳责任的市场主体规定最低可再生能源电力消纳责任权重，包括总量最低消纳责任权重和非水电最低消纳责任权重。鼓励具备条件的市场主体自行确定更高的消纳责任权重，超额完成最低消纳责任权重的消纳量折算的能源消费量不计入能耗考核。

7. 群众收入水平

根据重庆市统计局提供的相关数据，重庆市2023年度城镇企业职工平均工资为82348元/年。

8. 可再生能源资源条件

重庆地区地表水资源丰富，长江、嘉陵江、乌江三大水系在重庆有大范围的流域面积。江水全年温度变化范围均适合于水源热泵运行有利于水源热泵机组运行及获得比较高的运行效率；江水水质良好，除两江水的浊度存在波动较大和超出允许值较多外，其余指标从总体上说均能满足空调冷却水的水质要求，在工程上可以直接利用，水处理成本较低。地质构成内主要以砂岩、泥岩地层为主，导热系数大，热物性很好，且可钻性等级低，钻孔难度小，费用不高。地下水主要以基岩裂隙水、脉状裂隙水为主，有利于地下换热器的传热和地下热平衡。城市污水排放量大且稳定，污水温度受气候影响小，具有冬暖夏凉的特性。同时大量的温泉资源产生的洗浴废水仍蕴含大量

的热能，也具备开发潜力。太阳能资源条件较差，但是在夏季太阳能资源的分布情况却相对丰富，在每年的6~10月里，约有60%左右的时间达到了三类地区的水平，在这些月份，太阳能资源的可利用程度较高。

9. 项目区生态环境敏感因素

本项目在设计、建设和生产过程中，认真落实各项生态保护及污染防治措施，重点做好以下工作，以确保污染物达标排放要求。

(1) 施工废水应尽量重复利用，不能回用的应设置排水沟、集水井、隔油池，处理达标后排放；施工人员的生活污水经处理达标后排放。

(2) 施工中做好土石方平衡调运设计，严禁将弃土、弃渣顺坡或向江河倾倒，严格执行市政府“蓝天行动”方案和《重庆市主城尘污染防治办法》的有关规定，采取有效措施控制物料运输及施工场地粉尘污染，施工工地禁止燃煤和焚烧垃圾。施工人员生活垃圾收集后送城市垃圾处理场进行处理。

(3) 加强建筑施工场地管理，控制噪声影响。尽量选用低噪声的设备，合理安排施工时间。施工场界噪声应达到《建筑施工场界噪声限值》CB12523—90要求，防止施工噪声扰民。

(4) 项目用水循环过程中只进行热交换，不产生污染物，可直接排入嘉陵江，因排水量较大，排水口应分散布置，并保持一定的间距，减缓水温变化对江水的影响。机房工作人员生活污水应接入市政管网进入城市污水处理厂进行处理。

(5) 合理选择风机、水泵、电极等高噪声设备安装位置，并对机房采取消声、隔声、减振等措施，确保营运期间边界噪声能够达标。

(6) 营运期生活垃圾进行分类袋装化收集后集中送城市生活垃圾处置场处理。

(7) 加强对制冷剂的管理、完善风险防范措施和应急预案。

(8) 认真落实《报告表》提出的其它各种污染防治措施。

二、项目基本情况

1. 负荷情况

按照国务院赋予两江新区定位，江北嘴中央商务区是打造长江金融中心的核心区，是以金融、商务、总部经济等现代服务业为支柱的金融集聚区、总部经济集聚区、

高端商业承载区和国际化都市风貌展示区，集中建设办公写字楼等金融商贸设施和重庆大剧院、重庆科技馆等市级大型公共文化设施，兼容商业、服务业、居住等多种功能，是未来重庆的形象之窗，是长江上游经济中心的重要承载地。江北嘴中央商务区位于重庆市江北区长江与嘉陵江交汇处，东临长江，南濒嘉陵江；与渝中区朝天门、南岸弹子石滨江地区隔江相望。整个区域占地面积226.03公顷，总建筑面积为652.60万m²，其中地上建筑面积542.60万m²，地下建筑面积110.00万m²，共分为A、B、C三个区域，其中A区主要为商业用地，B区为商业、娱乐、旅游等综合用地，C区为住宅用地。

江水源项目1号能源站建设内容包括1号能源站取水工程、站房工程、站房内所有设备安装以及配套的室外管网工程。1号能源站对外供冷供热面积共约244万m²，制冷能力为187.52MW，制热能力为85.47MW，蓄冰总容量为33万kWh。江水源项目2号能源站工程包括取水、站房工程、站房内所有设备安装以及配套的室外管网工程。2号能源站对外供冷供热面积共约145万m²，制冷能力为100.92MW，制热能力为45.04MW，蓄冰总容量为24万kWh。

2. 技术路线

项目夏季供冷方案采用“电制冷+江水源热泵+冰蓄冷”的形式，冬季供热方案采用江水源热泵的形式。该项目共设置1号与2号能源站，分三期建设，总投资约11亿元，为江北城A区和B区共计约400万m²的公共建筑提供空调冷热源，目前是国内已建成规模最大的江水源热泵区域能源系统。夏季供冷冷水温度为：8:00~23:00：供水3.5°C/回水13°C，23:00~次日8:00：供水5.5°C/回水13°C；冬季供热热水温度为：供水42°C/回水35°C。全年供冷月份为：4、5、6、7、8、9、10；供热月份为：1、2、3、11、12。该项目自2009年运行至今，已经具备了全年每天24h供能能力，2023年全年供能天数已经达到350天。

两个能源站均设置与机组相配备的冷冻冷却水泵，板式换热器，蓄冰装置及变配电等设备。热泵机组与冷水机组均采用嘉陵江水作为热源和热汇，本项目夏季供冷采用电制冷+江水源热泵+冰蓄冷的系统形式，冬季由江水源热泵进行供热。区域能源系统采用电制冷+江水源热泵+冰蓄冷的系统形式为区域提供冷热源，主要消耗的能源为电，虽

然机组需要嘉陵江水作为热源和热汇，但只利用水中的热量，并不消耗嘉陵江水。

3. 系统配置

(1) 设备装机参数

1号能源站设置主机18台，其中包括基载离心式水源热泵机组10台、双工况离心式水源热泵机组8台，设置蓄冰盘管320台，蓄冰总容量33万kWh；2号能源站设置主机9台，其中包括基载离心式水源热泵机组3台、双工况离心式水源热泵机组4台和三工况离心式水源热泵机组2台，设置蓄冰盘管270台，蓄冰总容量24万kWh。具体型号及参数。

序号	设备名称	单位	数量	规格型号	技术参数	厂家
1	热泵机组	台	10	CDHG2250	热泵机组制冷量/制热量输出：8403.2kW/8646.4kW	特灵
2	双工况机组	台	8	CDHG2250	制冷工况/制冰工况输出：8546kW/5221.6kW	特灵
3	蓄冰盘管	台	320	TSC-588DX	单台蓄冰量：294TH	BAC
4	主机供冷板式换热器	台	8	TL35-BFG	换热量：8544kW	阿法拉伐
5	融冰供冷板式换热器	台	6	TS50-MFG	换热量：6615kW	阿法拉伐
6	冷凝侧循环泵	台	10	0mega350-360B	$Q=910m^3/h$ $H=14m$ $P=55kW$	KSB
7	蒸发侧循环泵	台	10	0mega350-360B	$Q=960m^3/h$ $H=12m$ $P=45kW$	KSB
8	江水二级泵	台	8	0mega350-360B	$Q=970m^3/h$ $H=12m$ $P=45kW$	KSB
9	乙二醇溶液循环泵	台	8	0mega350-360E	$Q=1210m^3/h$ $H=30m$ $P=132kW$	KSB
10	融冰冷水循环泵	台	8	RDL500-510A	$Q=2560m^3/h$ $H=15m$ $P=132kW$	KSB
11	一级冷水循环泵	台	5	Omega350-430B	$Q=1600m^3/h$ $H=15m$ $P=90kW$	KSB
12	外网循环泵	台	8	0mega350-510B	$Q=2450m^3/h$ $H=65m$ $P=560kW$	KSB

序号	设备名称	单位	数量	规格型号	技术参数	厂家
1	双工况主机	台	4	CDHG2250		特灵
2	三工况主机	台	2	CDHG2250		特灵
3	基载主机	台	3	CDHG2250		特灵
4	双工况主机蒸发器循环泵	台	4	SCP300/400HA-200/4		威乐
5	三工况主机蒸发器循环泵	台	2	SCP300/400HA		威乐

序号	设备名称	单位	数量	规格型号	技术参数	厂家
	环泵			-200/4		
6	机载主机蒸发器冷凝器循环泵	台	1	SCP250/330HA -75/4		威乐
7	三工况主机冷凝器循环泵	台	2	SCP250/330HA -75/4		威乐
8	外网循环泵	台	2	SCP250/570HA -315/4		威乐
9	外网循环泵	台	2	SCP300/490HA -400/4		威乐
10	外网循环泵	台	2	SCP300/490HA -280/4		威乐
11	蓄冰槽冰水循环泵	台	6	SCP400/540HA -110/6		威乐
12	退水加压泵	台	6	SCP400/540HA -110/6		威乐
13	乙二醇溶液提升泵	台	2	MV1402		威乐
14	混水泵	台	1	MV1401		威乐
15	主机供冷板换		7	T45-MFG		
16	融冰供冷板换		3	T45-MFG		
17	融冰供冷板换		2	T35-MFG		
18	蓄冰盘管		270			

（2）系统性能

地表水源热泵技术是利用地球表面水源如海水、河流和湖泊中吸收的太阳能源和地热能而形成的低温低位热能资源，并采用热泵原理，通过少量的高位电能输入，在夏季利用制冷剂蒸发将空调空间中的热量取出，放热给封闭环流中的水；而冬季利用制冷剂蒸发吸收封闭环流中水的热量，放热给末端的空间。

地表水源热泵系统优点：

1) 资源可再生利用：地表水源热泵是利用了地球地表水体，包括河流、湖泊以及海洋中所储藏的太阳能源资源作为冷热源进行能量转换的供暖空调系统，是一种清洁的可再生能源技术。

2) 高效节能：水源热泵是目前空调系统中能效高的制冷、制热方式，COP理论计算可达到7，实际运行为4~6。水源热泵机组可利用的水体温度冬季为7~22°C，水体温度比环境空气温度高；而夏季水体为18~35°C，水体温度比环境空气温度低，使得制热、制冷效果都好于风冷式和冷却塔式，从而提高了机组运行效率。

根据美国环保署 EPA 估计，设计安装良好的水源热泵，平均可以节约用户 30~40% 的供热制冷空调的运行费用。

3) 运行稳定可靠：水体的温度一年四季相对稳定，其波动的范围远远小于空直的变动，水体温度较为恒定的特征使得热泵机组运行更稳定、可靠，也保证了系统的高效性和经济性。

4) 环保效益显著：水源热泵使用的电能是一种高品位能源，我国仍以火力发电为主、且发电效率不高，发电时排放大量二氧化碳温室气体和其他污染物。水源热泵的良好节能性，间接地节约了大量电能，另一方面，水源热泵机组避免了冷却塔的噪音以及水耗，环保效益显著，是理想的绿色环保产品。

5) 一机多用，应用范围广：水源热泵系统可供热、供冷以及生活热水，一套系统代替了传统的冷水机组+燃气热水机组的两套系统，对同时有供热和供冷需求的建筑物有着明显的优势，节约能源的同时还减少了设备的初投资。

6) 节约建筑空间：水源热泵系统省去了燃气热水机组房及其附属冷却塔、燃气管道等设施，节省了建筑空间，有利于建筑的美观。

地表水源热泵系统缺点：

1) 受可利用水源条件限制：地表水源热泵系统易受水体温度、水量以及水体洁净度等影响。

2) 受投资经济性的限制：不同地区、不同用户以及不同的能源政策及能源价格，都能影响到地表水源热泵系统的初投资、投资及运行费用。

(3) 智能控制

江水源项目的自动控制系统在保证外网最不利用用户资用压头工艺要求下，采用基于空调负荷预测的控制技术，实现能源站系统设备运行参数的优化和冷媒流量根据负荷需要动态调节，保障系统冷源设备在各种负荷条件下，达到系统高效率 (COP) 运行、最大限度地降低能源站系统总能耗，实现节能降耗的目的，提供智能化控制管理、远程监控等功能。通过电力监控实现能源站设备的运行电力参数监测与能耗计量。通过能源计量管理实现对两个能源站供冷供热各区域的能源消耗计量。

4. 运行情况

本项目基础能源是电能，2023年用电量约为4000万kWh，全年运行天数约为350天。综合能效为3.5~4之间。

三、经营模式

本项目总投资约11亿元，由江北嘴集团自有资金投资。项目收费标准由重庆市江北区发展和改革委员会批准执行。本项目收费分两部分，即：向用户征收的实际使用费为0.57元/kWh；向开发商收取的工程安装费为127元/m²。

四、效益分析

与常规冷热源空调系统相比较，江水源项目电力设备装机容量减小52646kW.h；能源系统的机房建筑面积也比常规能源系统减少了约22265m²；由于取消了常规冷却塔设备，江水源项目每年可以节约用水198万m³；每年可减少二氧化碳排放量59938t，减少二氧化硫排放量1804t，减少碳粉尘排放量16353 t，减少氮氧化合物排放量902 t，相当于在江北嘴种植了33公顷的森林。

江水源项目在建设运营中，得到了重庆市政府各部门的大力支持，重庆市政府与其签订了江水源项目特许经营权，重庆市城乡建委出台了推进可再生能源区域集中供冷供热项目建设的意见，重庆市水利局、重庆市财政局、重庆市城乡建委和重庆市物价局联合出台地表水水源热泵水资源费优惠政策等，这一系列政策的出台，有利促进了江水源项目的健康可持续发展。

五、突出亮点

(1) 践行“双碳”目标。江北城 CBD 区域江水源热泵集中供冷供热项目的实施，有着十分明显的节能环保优势。项目作为国内已建成规模最大的江水源热泵项目，采用区域能源系统，不仅提高了空调系统的效率，同时实现了能源的梯级利用，进而降低了环境污染，改善了系统的热经济性。江水源项目可使末端建筑物免除中央空调主机及冷却塔等制冷设施的配置，从而消除由冷却塔导致的环境污染，并借助冰蓄冷技术降低制冷用电量，同时削减高峰时段用电负荷，进一步为电网进行调峰，从而达到显著的节能减排效果。

(2) 智慧能源管理。江水源项目至今已投入运行近15年时间，我们与中冶赛迪公司共同研发了能源站自动控制系统，实现了江水源项目的智慧能源管理。目前，江

水源项目能源站夏季能效比在3.5~4.1之间。为实现江水源项目的“安全”“稳定”“高效”供能，最大程度满足客户需求，近几年客户服务满意度均在95%以上。我们在总结了江水源项目前期生产运行管理成果后，持续开展了生产运行过程中流程体系的建设与优化工作，先后制定并实施了35项生产运行操作流程和17项应急预案，不断加强设备维护保养，提升设备完好率，有效提高了公司生产运行管理水平。与此同时，我们坚持“客户至上”，为用户提供差异化服务工作，积极为用户提供节能改造、末端维保、机电咨询、技术交流等多种增值服务，不断提升客户服务满意度。

(3) 积极科研攻关。江水源公司一直紧紧围绕江水源项目运行管理过程中的难点与问题，积极进行专题技术攻关，现已获得了六个实用新型专利和两个发明专利，并先后主持和参与了《重庆市江北城 CBD区域江水源热泵集中供冷供热项目自动控制研究与应用》《江水源热泵与冰蓄冷复合系统在区域供冷供热项目中应用关键技术研究》《重庆市江北城CBD区域江水源热泵集中供冷供热项目末端用户负荷分布特征及调控方法研究应用》等10余项市级科研项目研究工作，取得了一系列成效。其中，《长江中下游地区水源热泵区域供能系统关键技术与应用》荣获2020年长江水利委员会科学技术奖一等奖和第三届湖北省土木建筑科学技术奖一等奖，《基于复杂能流时空异步耦合的源网荷储协同调度技术及应用》获得2020年重庆市科学技术二等奖，参与了多个相关标准的编制工作，积极为可再生能源建筑规模化应用发展贡献力量。

六、问题和建议

1. 相关问题

可再生能源建筑规模化应用其实就是区域能源规模化应用的一种。目前，区域能源在规划、投资及实施过程中还存在着一些问题，主要如下。

(1) 区域能源专项规划未有效落地。地方政府出台了一系列区域能源发展的宏观规划和指导意见，但仍存在缺乏基于环境、经济、社会协调发展的地方能源规划，缺乏推广区域能源系统的顶层设计。

(2) 区域能源用户锁定难度大。拟实施区域能源系统的区域，由于没有在前期土地出让条件和招商条件中向用户明确必须使用区域能源系统，导致在实施过程中存在用户以各种理由拒绝使用区域能源系统或安装备用空调系统，浪费初投资，影响后

期运行成本和收益。

(3) 单个区域能源项目投融资模式普遍不具备财务生存能力。区域能源项目作为城市基础设施，一次性投入成本大、回收周期长，内部收益率低，以单个区域能源项目独立进行可行性研究普遍不具备财务生存能力。

2. 相关建议

政府作为城市公同合作，推动区域能源实现社会效益和经济效益“双赢”。

(1) 加大专项规划落地力度。建议区域能源理念融入到地方相关规划制定过程中，包括城市能源规划、电力规划、热力规划、节能规划、余热产业规划、绿色建筑规划、开发区总体规划、开发区控制性详细规划等，各新建区域或园区因地制宜制定区域能源专项规划。

(2) 配套政策助推锁定用户。建议出台区域能源规模化应用推广的相应配套政策，如将集中供能纳入拟实施集中供能片区的土地出让条件与规划条件；给予利用可再生能源集中供冷 供热的项目用电、用气、用地优惠政策；在项目前期低负荷运营期给予供能企业适当的资金补贴。加强对区域供能定价实行价格指导，为区域供能价格的确立提供更好的规范性与保障性。

(3) 创新投融资模式。为保证区域能源项目健康可持续发展，建议从新建区域或园区层面进行是否采用区域能源系统的可行性分析。从区域或园区层面看，区域能源系统与常规能源系统相比，增量投资较小，但能为新建区域或园区带来较大的增量效益。建议将区域能源项目室外管网及能源站土建部分纳入新建区域或园区土地整治成本中，以提升区域能源项目的财务生存能力。

1.26 重庆 CBD 总部经济区集中供冷供热项目

一、项目基本情况



项目名称：重庆 CBD 总部经济区集中供冷供热项目，由中新能源服务（重庆）有限责任公司投资、建设和运营。

项目总投资约 3.5 亿元，采用天然气分布式能源（内燃机）和可再生能源（江水源热泵）复合系统，多功能互补集成供能终端一体化，为弹子石 CBD 核心区总部经济区能源大厦、重庆出版传媒创意中心等 15 幢高层建筑，共计约 80 万 m^2 建筑群及附近辐射区域内用户提供空调冷源、热源，电力及卫生热水。2014 年 12 月一期投产，用户为出版大厦、能投大厦、中讯大厦和武警医院，供能面积 20 万 m^2 。

项目属于国家可再生能源建筑应用城市示范项目，是全国首个采取天然气分布式能源复合江水源热泵可再生能源系统的区域供能项目，获得 2015 年度中国分布式能源优秀项目一等奖、2016 年国家可再生能源示范项目等奖项。

二、技术路线及工艺流程

1. 负荷情况

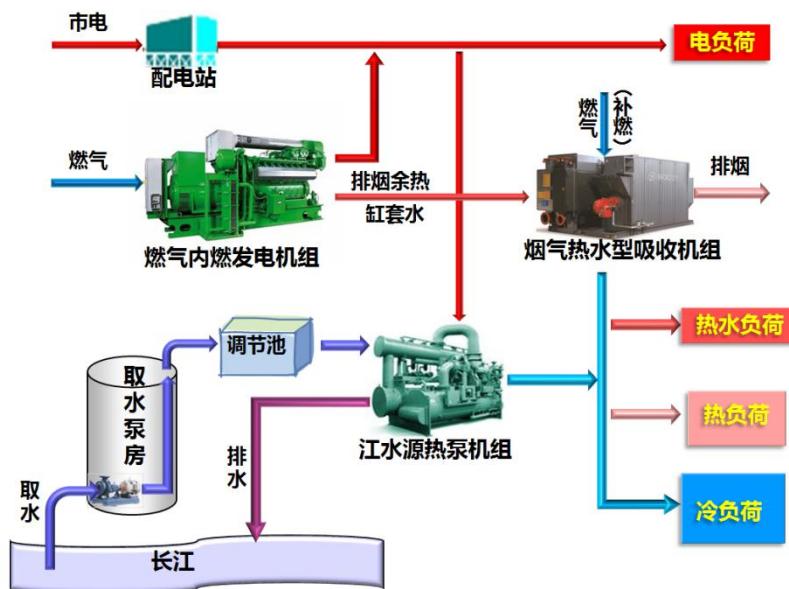
CBD 总部经济区处于重庆南岸 CBD 的弹子石核心区，南临朝天门长江大桥，西临南滨路。由 15 栋建筑构成，其功能包括：办公、酒店、公寓、会展、商业、餐饮、金融等功能。

表 1-1 主要技术指标汇总表

最大设计空调冷负荷 (kW)	64263	小时最大取水量 (m ³ /h)	9428
最大设计空调热负荷 (kW)	33325	小时最大排水量 (m ³ /h)	9428
最大设计卫生热水负荷 (kW)	4065	年空调供冷量 (万 kWh)	5588
最大设计发电量(MW)	7.46	年空调供热量 (万 kWh)	1817
变压器装机容量(kVA)	16591	年卫生热水供热量(万 kWh)	1369
年总发电量 (万 kWh)	3793	年余电上网电量 (万 kWh)	2561
年天然气消耗量 (万 Nm ³)	1008	年市电购电量 (万 kWh)	82.2

2. 技术路线

本项目供能系统为江水源热泵系统和天然气分布式能源（冷热电三联供系统）耦合而成的多能源复合系统，能源利用模式为全国首创。



天然气分布式能源是以天然气为主要燃料带动发电设备发电，产生的电力满足用户的电力需求，系统排出的废热通过余热回收利用设备（吸收式制冷制热机组）向用户供热、供冷和提供生活热水，实现能源的梯级利用，是一种同时生产电力和热（冷）能的联合系统，是分布式供能系统的一种形式，使能源利用效率从常规发电系统的40%左右提高到80%以上，大量节省了一次能源，并减少有害物质排放。

江水源热泵技术是一种可再生能源应用技术。它利用少量的电能，通过热泵技术将江水中蕴藏的低品位能源升级为高品位能源，节约能源的消耗量。水体分别作为夏季空调的冷源和冬季热泵供暖的热源，即在夏季将建筑物中的热量“取”出来，释放到水体中去，由于水源温度低（夏季长江水温度一般在20~25°C之间，而常规的水冷冷水机组冷却水供水温度为32°C），所以热泵系统可以高效地带走热量，以达到夏季给建筑物室内制冷的目的；而冬季则是通过水源热泵机组，从水源（冬季江水温度约为10~13°C）中“提取”热能，送到建筑物中供暖，具有非常明显的节能减排效果。

3. 系统配置

一期（2014年已投产）

系统	设备	型号	规格	数量
燃气冷热电三联供系统	发电机组	颜巴赫 J320 GS	1053kW	2
	吸收机组	远大 BZHE100 XD	制冷：1163kW 制热：1340kW	2
江水源热泵系统	江水源热泵机组	约克 离心式双级压缩	制冷：5250kW 制热：5800kW	2

二、三期（未投产）

系统	设备	规格	数量
燃气冷热电三联供系统	发电机组	2677kW	2
	吸收机组	200 万大卡	2
江水源热泵系统	江水源热泵 机组	制冷：10100kW 制热：10500kW	5

1. 运行情况

自2014年12月正式供能以来至今，项目已安全平稳运行10年，天然气分布式能源系统综合能源利用率80%，江水源热泵系统平均能效4.5。项目建成以来，得到了社会、政府和行业内广泛的关注，陆续有国家能源局、住建部以及重庆市政协等相关领导到弹子石CBD能源站调研，为重庆天然气分布式能源和可再生能源相关政策的起草和出台提供了良好的案例支持。

三、经营模式

能源站及管网由中新能源公司投资、建设和运营，服务范围内各楼栋空调系统用户自建，用户支付一次性接入费和每月流量费。

四、效益分析

本项目建成后，较传统空调系统节约标准煤约6560t/年，节能率约65%，减排CO₂约21147t/年，相当于植树约110万株，减排SO₂约149t/年，减排NO_x约54t/年，减排粉尘约1024t/年，节水约43万t/年，具有良好的节能环保和社会效益。获重庆市可再生能源相关补贴450万元。

五、突出亮点

本项目供能系统为江水源热泵系统和天然气分布式能源（冷热电三联供系统）耦合而成的多能源复合系统，能源利用模式为全国首创。

本项目采用区域集中供冷供热，能有效提高主机运行能效，降低区域碳排放，节约初投资，减少各建筑空调机房面积，取消建筑群冷却塔等设备的配置，缓解区域热岛效应，提高建筑品质，节约管理成本，降低社会投资成本。项目设备设置在地下层，对周边环境不会产生噪声污染，人居环境友好。

六、问题和建议

1. 服务区域内客户的楼宇开发进度严重滞后，对项目的经济性造成较大影响。
2. 项目投资大，建议项目投资成本放入土地开发费用，与运营剥离，减小运营压力。
3. 建议能源服务商只承担能源系统设备的投资建设，土建与管网由政府或开放商出资建设。
4. 建议取消水资源管理费（取水系统为开式系统，只改变了物理性质，过滤除渣降温或升温后回流无污染且未截取水）。
5. 可再生能源项目运营压力大，提高对可再生能源项目的补贴力度。

1.27 错那县城地热供暖项目

一、项目基本情况

项目名称：错那县城地热供暖项目

项目类型：新建项目

建设单位：错那县人民政府

建设规模：地热井开采 18 口，地热输送管网 15km。城区设集中供热机房五座，分片区供暖，总建筑面积 26 万 m^2 。供暖热源采用地热+水源热泵梯级能源利用系统，各机房分别配置高温板换、低温板换及水源热泵。供暖热力管网总长 20km；室内供暖末端公共建筑采用立式明装风机盘管，居住建筑采用地板辐射盘管。

项目建设总投资 2.1 亿元，于 2016 年 9 月建成投产运行，当地常规石化能源匮乏，运输费用高，同时生态环境脆弱。但电能供应可靠，地热资源丰富。当地群众收入水平较低，不能承受过高供暖费用。本项目利用地热资源供暖，不但可以满足对能源的需求，又可以较少污染物的排放量，降低温室效应对环境的影响，有助于生态平衡、降低能源投资费用。

二、供暖面积

项目供暖总建筑面积 26 万 m^2 ，总热负荷需求 21.05MW。以地热作为主要供暖热源，电能为动力，设置高低温板换和水源热泵，梯级利用地热高低品位热能。

三、技术路线及工艺流程

项目采用“地热+水源热泵梯级利用”供暖模式，设置高低温板换最大限度利用地热高低品位热能，供暖系统优先采用高温板式换热器进行直接供暖，并以高能效比的螺杆式水源热泵梯级利用低品位地热能，降低运行费用，保证项目供暖全年可靠。

项目实施多项节能措施，自动化程度高，确保项目低耗减碳运行。

四、主要设备选型

整个系统从热源到用户主要包括 10 个子系统：

① 地热井系统：开采 18 口地热井（5 口中温井、13 口低温井），并直埋敷设地热输送管网。

② 1#机房供热系统:1 台 2MW 的高温板换,4 台 2.3MW 低温板换,6 台 1.1MW 螺杆式水源热泵机组。

③ 2#机房供热系统: 1 台 1.7MW 的高温板换, 4 台 1.0MW 低温板换, 4 台 1.05MW 螺杆式水源热泵机组。

④ 3#机房供热系统: 1 台 1.5MW 的高温板换, 6 台 1.5MW 低温板换, 6 台 1.05MW 螺杆式水源热泵机组。

⑤ 4#机房供热系统: 1 台 1.5MW 的高温板换, 4 台 1.0MW 低温板换, 4 台 1.05MW 螺杆式水源热泵机组。

⑥ 5#机房供热系统: 1 台 1.0MW 的高温板换, 3 台 1.0MW 低温板换, 3 台 1.1MW 螺杆式水源热泵机组。

⑦ 供热管网系统: 直接供热, 枝状供热管网, 预制直埋保温钢管, 无补偿冷安装技术。

⑧ 供暖末端系统: 公共建筑采用立式明装风机盘管, 居住建筑采用地板辐射盘管。

⑨ 能源管理系统: 建立地热井、机房、管网及末端运行管理与能源管理的自动控制系统一套。

⑩ 供配电系统: 35/10/0.4kV 输变配电系统, 配置有柴油发电机备用电源。

五、生产运行情况

通过近 7 个供暖季的实际运行, 一个供暖季时长按 240 天考虑。本项目供暖系统年耗电量 616 万 kWh, 年用水量 27500t, 年综合能源消费总量 759t 标准煤。

六、建设运营模式

项目投资全部为国家投资。

自项目建成投产以来, 错那县人民政府将错那县城地热供暖全系统全权委托给成都栖睿机电设备有限公司负责, 完成错那县城供暖项目的设备运行、维护保养等综合管理工作, 包括机组运行能源费、整个供暖系统日常运行管理、维护保养、能源优化管理等内容。

七、项目经济性

项目具有非常好的经济效益, 虽初投资较高, 但年运行成本低。根据 2016—2023

年运行实测数据分析，年平均供热量 2604 万 kWh，年平均耗电量 616 万 kWh，按照 0.1229kgce/kWh 的折标系数，年耗电量折标准煤量为 759t。相较于电供暖，年节约电能 1989 万 kWh，年节约运行能耗费用 1392 万元（电价 0.7 元/kWh）。

八、环境及社会效益

错那县城供暖采用地热+水源热泵梯级利用的集中供暖方式，相较于电供暖方案，本项目供暖方案每年可节约电 1989 万 kWh，折合节约标准煤 4264t，减少 CO₂ 排放量 11341t，减少粉尘排放量 5409t，减少 SO₂ 排放量 597t，减少 NO_x 排放量 298t。

本项目的地热资源开发与有效利用，没有常规燃料需求，无温室气体和大气污染物排放，节约了城区污染的治理费用，并相应减少城市运输量，有效地保护了生态环境，有明显的环境效益；同时地热作为可再生清洁能源为满足城区的能源需求，优化能源结构，为城区提供良好的基础环境，发挥重要作用，具有较高的社会效益。

九、典型经验和做法

与常规供暖项目相比，本项目具有以下技术亮点与创新：

1. 成功应用先进技术：项目前期阶段，利用物勘技术与先进数字仿真方法对地热资源开发与回灌进行计算分析与科学论证，大大降低了项目风险。
2. 地热资源稳定可靠：地热能源相较于太阳能能源更稳定，可规避太阳能资源受气候条件影响大（在连续阴天情况下需要辅助热源）、能源密度低等弊端。
3. 高效利用地热资源：中温与低温地热水分开布管，保证高品位热能的优先利用；低温板换联合水源热泵对地热资源进行梯级利用，不仅可以大大降低远距离输配能耗，而且可以减少地热抽水量。
4. 按需供热：公共建筑夜间不供暖，末端采用风机盘管，可以通过调节风机启停与转速，按照房间实际需求进行供暖，大大降低系统热量浪费。
5. 系统管理智能化：项目安装了能源监控量化调试系统，可智能管控全系统的热源、管网和末端供暖运行情况，节约人力资源成本，提高劳动生产率。在运维过程中，从全局的角度了解系统的运行状况，故障的影响程度等，及时采取预防性维修保养措施，限制故障范围的进一步扩大，并有效恢复系统的正常运行。
6. 系统能耗极低：从项目投运 7 年能耗费用来看，全系统主要是地热深井泵以及

维持系统输热运转的循环泵产生的电费，一个月电费在 54 万元左右。

7. 环保性好，无污染：地热供暖采用取热不取水模式，并做到 100% 有效回灌至地下含水层，保证地热资源可持续开发利用，不会对当地水环境造成污染或破坏。

8. EPCC-O&M 建设模式：实行 EPCC-O&M 全过程服务模式，实现从工程设计咨询（Engineering）、设备采购（Procurement）、施工建设（Construction）、量化调试（Commission）、智能运行管理（Operation）、预防性维护保养（Maintenance）等全过程的控制与优化。

9. 运行与维护保养费用低：全年运维费用 80 万元左右（人工及设备材料费），通过一定的热费收取，基本可实现项目自收自支，无财政负担。

十、问题和建议

错那县城仍有大部分建筑未实施节能改造，围护结构热工性能较差，需尽快跟进落实建筑围护结构节能保温改造工作，提高建筑保温性能，避免能源的浪费。

立足于错那县城可再生能源供暖项目，对高海拔地区供暖提出以下建议：

1. 建立高海拔低碳供暖示范基地：依托成功运行的低碳低能耗供暖系统，直观展示先进供暖技术的实际应用，助力于推广清洁供暖技术。

2. 总结高海拔地区供暖的实际工程经验：由于高海拔地区气候与建设条件特殊，导致内地与国外的工程经验不能完全适合高海拔地区特点，直接套用内地标准与规范，往往会导致“水土不服”，从而导致项目失败。因此建设队伍，应有非常丰富的高海拔地区工程实践经验。

3. 立项阶段—避免利用特定供暖系统形式来套项目：应根据每个项目自身特点，确定适合各自项目的供暖形式（例如：项目规模、建筑功能、当地可利用资源等），避免“一刀切”只采用某一种供暖形式。

4. 方案确定阶段从全寿命周期考虑项目的经济性与技术性：供暖项目不仅要考虑初投资，还需要考虑运行费用与后期维护保养成本。从节流、开源、增效三个方面，确定在全寿命周期内最合理的供暖形式。

5. 建设阶段重视量化调试：在施工阶段，需要对安装的设备进行量化调试，确保安装设备的性能满足设计要求。

6. 运行阶段一重视运行与维护保养团队建设：供暖系统为动态运行系统，运行与维护保养团队的实际工程经验与技术能力，直接决定了系统运行的可靠性、舒适性与节能性。
7. 积极利用先进 AI（人工智能）技术：通过利用先进 AI（人工智能）技术，对运行数据进行分析，确定优化运行方案，并实现预防性维修保养，避免系统带病运行。

1.28 中国西部科技创新港科教板块综合能源供应项目

一、项目基本情况

（一）项目概况

中国西部科技创新港由教育部和陕西省人民政府共同建设，是落实“一带一路”倡议、创新驱动发展战略、西部大开发战略的重要平台和载体。项目位于陕西省西咸新区沣西新城西部，占地面积 5100 亩，总建筑面积约 360 万 m^2 ，其中一期科教板块占地面积 1750 亩，建筑面积 165 万 m^2 。中国西部科技创新港科教板块综合能源供应项目为中国西部科技创新港一期科教版块所有教学科研楼、学生宿舍、学生食堂等 52 个单体建筑提供供热、供冷以及生活热水的综合能源供应服务。区位及建筑外景见下图。



中国西部科技创新港科教板块综合能源供应项目是我国目前规模最大的中深层地热能无干扰清洁供热单体项目，总供能面积 159 万 m^2 ，由陕西西咸新区沣西新城能源发展有限公司（以下简称“沣西能源”）投资建设，总投资 7.2 亿元。项目于 2019 年 3 月开工建设，2019 年供暖季首次投入供暖。

该项目共建设六座分布式能源站，2500m 深“取热不取水”的中深层地热能地埋管 91 个，能源站和中深层地热能地埋管均布置于中国西部科技创新港区域内建筑两

侧绿地中，与“绿色校区”融为一体。项目配备智慧管控系统，可对站房内设备进行远程集中控制，并通过能耗分析系统及外界环境温度变化实时调整运行策略，保证系统安全、高效运行。能源站布置及站房内景如下图。

项目是典型的“地热能+”多能互补能源综合利用、多元供给示范工程，为加快陕西省乃至全国中深层地热资源综合、高效、可持续利用进程起到了良好的推广和示范作用。先后受到央视一套、《人民日报》、《参考消息》等近百家媒体详细报道，相继接待全国各地党政机关、科研院所、企事业单位参观考察万余人次，受到社会各界的广泛关注与肯定。

据测算，该项目相较传统燃煤锅炉供热，一个供暖季（四个月）可代替标准煤 2.5 万 t，减少 CO₂ 排放量约 6.8 万 t，减少 SO₂ 排放量约 216.2t，减少氮氧化物排放物约 396.7t，减少粉尘排放量约 244.1t，节能减排效益显著。

该项目是响应《关于促进地热能开发利用的指导意见》（国能新能〔2013〕48 号）《地热能开发利用“十三五”规划》（发改能源〔2017〕158 号）《关于发展地热能供热的实施意见》（陕建发〔2018〕2 号）等文件精神，积极开发利用地热能，实现节能减排、治污降霾，落实碳达峰和碳中和目标的有力举措。项目先后受到央视一套、《人民日报》、《参考消息》等国内主流媒体详细报道，受到社会各界的广泛关注，相继接待全国各地党政机构、高校及科研院所、企事业单位参观考察数千余人次。

（二）申报主体概况

陕西西咸新区沣西新城能源发展有限公司成立于 2014 年 6 月，是沣西开发建设集团全资子公司，注册资本 20 亿元。按照新城和集团统一部署，主要发展能源板块业务，主营业务包括区域综合能源供应、健康建筑运营、能源金融和智能电网建设等。

在技术推广方面，公司累计推广应用清洁供能面积约 2700 m²，建成面积约 1100 万 m²，探索形成了 BOO、EPC 及联合开发等多种模式。创新技术、模式也成功输出北京、河南等地。核心技术先后被国家发改委、工信部纳入《绿色技术推广目录（2020）》和《全国工业领域电力需求侧管理第四批参考产品（技术）目录》，在全国范围内鼓励推广应用。

在技术研发方面，公司承担多个省、市级科技研发项目，参与制定了全国首个中深层深埋管供热领域地方标准，主导制定了西咸新区技术导则。目前参编技术标准 10 项，累计授权专利 61 项，软件著作权 15 项。公司核心技术先后荣获“陕西省建设工程科学技术进步奖特等奖”和“中施企协工程建设科学技术进步奖一等奖”。相关技术成果先后经陕西省科学技术情报研究院、教育部科技查新工作站技术查新鉴定为国际先进水平。

发展至今，公司已成长为我省中深层地热供热技术应用规模最大企业，先后获评了“中国地热系统集成 20 强企业”和陕西省“零碳先锋”企业等荣誉，创新发展成效荣授省政府表彰为“十三五”节能减排工作先进企业。

（三）项目建设背景

1. 环境背景

2012 年以来，全国范围出现严重的雾霾污染，燃煤取暖导致我国北方冬春雾霾频发，成为困扰城市低碳、绿色发展的严峻环境问题，“铁腕治霾，保卫蓝天”已经成为一项重要的民生工程。目前，全国范围推行“锅炉替代”革命，大力推进“煤改气”工程，虽然在一定程度上缓解了由于燃煤锅炉使用造成的污染问题，但燃气锅炉使用成本相对较高，冬季用气高峰出现较大供需缺口，时常出现气荒气短，无法正常供暖等紧张局面，且天然气属于一次能源，虽然显著降低了工业烟（粉）尘排放量，但是对二氧化硫排放量和单位 GDP 能耗压减效应为负，在统计上并未产生显著的影响，达不到绿色发展指标。在“双碳”目标要求下，必须寻找新的可替代能源解决当前化石能源对环境污染的影响。

中深层地热能无干扰清洁供热技术的创新应用，转变了传统供热的发展方式，打破了传统集中供热的区域集中、能耗较高、污染较重、成本较高的结构。取热不取水、环境影响低、供热持续稳定等特征，打破了传统地热供热受地下水赋存、回灌等限制。“取热不取水”开发利用地热资源，为我国地热资源开发利用开辟了新路径，已经成为陕西、河南、河北等多个地区明确鼓励发展的技术路线。

2. 政策背景

《“十四五”可再生能源发展规划》明确指出，要积极推进中深层地热能供暖制

冷。结合资源情况和市场需求，在北方地区大力推进中深层地热能供暖，因地制宜选择“取热不耗水、完全同层回灌”或“密封式、井下换热”技术，最大程度减少对地下土壤、岩层和水体的干扰。探索新型管理技术和市场运营模式，鼓励采取地热区块整体开发方式，推广“地热能+”多能互补的供暖形式。

陕西省地热资源蕴藏丰富，尤其关中盆地区域地热地质条件优越，开发潜力巨大，同时也颁布了系列支持中深层地热能建筑供暖发展政策，为其规模化发展奠定了良好的政策条件和市场基础。

政策环境鼓励支持低碳绿色发展，本项目应用以中深层地热能无干扰地热供热技术为主的“地热能+”综合能源供应模式，符合政策导向，将为区域绿色低碳发展作出积极贡献。

3. 技术背景

在碳达峰、碳中和目标下，国家大力倡导节能减排、推动绿色发展、建设美丽中国，中深层地热能无干扰清洁供热技术（又称“中深层地热能地埋管供热技术”）作为一种可再生能源利用技术，具有广阔的应用前景。该技术可在有效提取中深层高温地热能的同时，具有保护地下水、避免回灌等优点。此外，北方“煤改电”等清洁供暖方式的推广更使普通老百姓近距离接触到了中深层地热能无干扰清洁供热技术。大力发展中深层地热能无干扰清洁供热技术、提高热泵性能，是解决现有热能制取方式存在的能源利用效率低、能源消耗量大、环境污染严重等问题的有效措施，同时也是保障民生、促进社会可持续发展、建设美丽中国的重要任务。

中深层地热利用领域，国际上主要采用 EGS 增强型地热供热方式，即利用水力压裂技术在地下高温岩体内建造人工裂隙热储或者改善原有热储，从地表注入冷水流经裂缝网返回地表后其温度升高，利用闪蒸或双循环发电和供热。

追溯中深层地热能无干扰清洁供热技术的发展沿革，利用同轴深孔换热器提取深部岩土热量的概念首次于 1994 年由瑞士苏黎世联邦理工大学 Rybach 教授及德国卡尔斯鲁厄理工大学 Kohl 教授在文献中报道，之后欧美等国家对该概念有过个别工程尝试，但其初衷多是为了寻找水热型地热资源，钻完井之后发现是干孔，才尝试如此使用，绝大多数深孔换热器在短期运行一段时间后最终关闭，包括德国亚琛工业大学的

实验井，2009年试运行，2011年关闭。国际上目前主要研究方向为中深层地热能无干扰换热器单管传热理论，是在浅层地热能地埋管传热理论研究的基础上进行深化。由于技术水平、使用理念、施工成本的不同，该原型概念在国外并没有得到重视，仅有个别实验井进行工程尝试，并未考虑与特制热泵机组联合使用为建筑供热，更无任何商业化应用案例。

在内地热能供暖领域，由于水热型地热能供暖以及浅层地热能地埋管供暖概念提出较早且有一定的发展规模，目前已得到一定规模应用。随着生态环境保护工作的加强以及城镇化率提升伴随的城市建设空间压缩，水热型地热能抽取地下水带来的地质灾害风险以及浅层地热能地埋管供热占地面积较大且需进行冷热平衡的问题日渐凸显，技术发展受限。考虑到我国国情（建筑密度高、人员密度大、供热需求大），特别适合中深层地热能无干扰供热技术在建筑供热领域的应用。

2012年，陕西省工程技术和科研人员独立探索出使用同轴套管式深层地埋管换热器耦合特制地源热泵机组进行建筑供热的中深层地热能无干扰清洁供热技术，并成功完成商业化规模应用，尚属世界首次。该技术热源侧采用封闭式换热器，通过地埋管换热装置提取热能，无需提取地下水。且热源侧取热点较深，基本不受当地气候环境影响，可为热泵机组长期提供高品位的低温热源，保证系统稳定高效运行。2018年，陕西省西咸新区邀请了江亿、张国伟等5位院士、9位专家组织召开了该技术论证会，与会专家一致认为该技术具有取热持续稳定，地温恢复快、环境影响低的特点，适宜作为清洁供热热源，可为新型城镇化发展提供经验参考。

目前，我国地热能开发利用以浅层地热能、水热型地热和中深层地热能无干扰供热技术为主。陕西省地热工程应用，按照时间序列看，较早的是中深层地热水供暖（1997—2015年），其次是浅层地热能供热（2005—2013年），中深层无干扰供热（2015—2021年）。经过二十几年的发展，形成了三种技术并存的推广应用格局。根据水利部《关于黄河流域水资源超载地区暂停新增取水许可的通知》、陕西省水利厅《关于陕西省黄河流域水资源超载地区暂停新增取水许可的通知》要求，已暂停对部分地区水资源超载地区新增取水许可，水热型地热能供暖的发展受到一定程度制约。从浅层地热能供暖的各技术类型看，浅层地埋管地源热泵系统占地面积较大，无法大

规模推广应用；且开发利用适合在冬季与夏季用能需求相近的地区，应用范围受限。地下水地源热泵系统类似水热型地热能供热系统需要抽取地下水，需解决 100% 同层回灌的难题；地表水地源热泵系统受地域和气候环境影响较大，不利于大规模推广使用。因此，中深层地热能无干扰清洁供热技术将成为未来实现对地热资源“低影响开发、高效率利用”的重要途径。

（四）项目区域地热赋存条件

西咸新区所处的关中盆地为断陷沉积盆地，地热资源丰富，地温梯度高，盆地地热资源总热量折合标准煤 381 亿 t，其中埋深 4km 以浅的可利用热量相当于 267 亿 t 标准煤，地热资源潜力尤其巨大。但考虑到地区地质条件，地热能资源开发过程中仍要持续关注地质问题，防止出现活动断裂、地面沉降、地裂缝、滑坡灾害等地质问题。

1. 区域地质条件

西咸新区地形平坦开阔，地貌类型简单，包括河谷地貌和黄土台塬两种地貌类型，各土层物理力学性质和承载力总体较好，场地工程地质条件良好，适宜工程开发建设。

西咸新区所处的渭河盆地位于中国陕西省中部，其北临鄂尔多斯断隆，南临秦岭断隆。根据微断块构造形态与新生代沉积特征，盆地可分为 6 个次级构造单元，分别为固市凹陷、蒲城凸起、西安凹陷、宝鸡凸起、咸礼凸起、临蓝凸起。区域内有 2 条活动断裂穿过，分别为渭河断裂和泾河断裂，其均为中晚更新世隐伏活动断裂，其中渭河断裂最大错距达 16~24m。西咸新区王寺街道—斗门镇—义井乡—细柳镇一带存在隐伏发育地裂缝，同时考虑到新区地层结构为砂、粉土与粘性土互层，在地热能开发利用过程中应尽量避免抽取地热水，避免诱发地裂缝，减少未来可能对西咸新区交通、水利等重大工程建设及运行安全的影响。

西咸新区秦汉新城和空港新城地貌单元属黄土台塬，分布有大厚度的湿陷性黄土，湿陷等级为Ⅱ级（中等）。同时，泾河南岸和渭河北岸的黄土塬边滑坡崩塌灾害发育、地质灾害点 40 余处，因此在地热能开发利用实际工程施工过程中应做好工程施工安全评价，防止产生地质安全问题。

2. 地热资源禀赋

根据沉积物特征，西咸新区所在地层由上至下可划分为第四系秦川组（ Q_{2-4}^{qc} ）、三门组（ Q_1^s ）、新近系张家坡组（ N_2^z ）、蓝田灞河组（ N_2^{hb} ）、高陵群（ N_1^{gl} ）、古近系白鹿塬组（ E_3^b ）。所处位置有良好的地热地质条件，地热资源属于中低温传导型沉积盆地地热资源。

西咸新区地热储层主要为新生界热储层，盆地中间基底埋藏较深，南北两侧埋深较浅，新生界的埋藏条件中间地带优于南北两侧。西安凹陷中基底埋深最大，新生界热储层埋藏条件好。新区所处的西安凹陷新生界普遍较厚，一般为3000-5000m，最厚可达7000m以上。热储多赋存于河湖相或河流相沉积岩中，其岩性主要为泥岩、砂砾岩与砂岩互层，其中砂砾岩、砂岩的孔隙裂隙发育，为地热流体的迁移及贮存提供了良好的空间。河湖沉积的泥岩结构致密，为地热起了保温盖层的作用。

渭河断凹大地热流平均值可达 69.62mW/m^2 ，相比西北地区平均值（ $60.9\pm15.5\text{mW/m}^2$ ）和全国平均值（ $60.4\pm12.3\text{mW/m}^2$ ），西咸新区更是位于其中热流密度最高的西安凹陷和咸礼凸起等区域，属明显偏高异常区，大地热流条件优越，有利于地热资源的开发利用和恢复补充。

同时，西咸新区所处的关中盆地地壳厚度东薄西厚，水平距约60km地壳增厚1km，从东部陨西附近的40km埋深到西部拓石的48km，莫霍面埋深增加8km以上，从东至西，莫霍面埋深逐渐增加，上地幔提供的传导热流范围逐渐减小。纵向上，渭河盆地自新生代以来持续伸展拉张，由于断陷深，地幔上隆地壳减薄，逐渐形成了一条NEE（东北偏东）至NE（东北）走向南陡北缓的莫霍面（地温 $900\text{~}1000^\circ\text{C}$ ）隆起带，带内形成两个醒目的椭圆状隆起区，西安凹陷处莫霍面埋深约33km，地热资源形成条件优越。

（1）地层温度

渭河盆地平均地温梯度在 $3.5^\circ\text{C}/100\text{m}$ 左右，西安凹陷地温梯度最大，在周至—武功—西安一带普遍大于 $3^\circ\text{C}/100\text{m}$ 。其中在咸阳—西安一带，地温梯度大于 $3.5^\circ\text{C}/100\text{m}$ ，局部地区大于 $4^\circ\text{C}/100\text{m}$ ；在鄠邑区长安区一带地温梯度也相对较高，沿余下一铁炉子断裂地温梯度自西向东逐渐增大，在长安东大一带，地温梯度高达 $4^\circ\text{C}/100\text{m}$ ；地热资源丰富区主要分布在中部西安凹陷及东部固市凹陷。西安凹陷3000m深度地温普遍大

于 105°C，在咸阳—西安城区附近地温大于 135°C。盆地 4000m 深度与 3000m 深度下分布特征基本一致，温度范围介于 115~175°C，在西安—咸阳—长安东大一带，大于 175°C。

（2）地层热导率

渭河盆地砂岩热导率基本在 1.5~2.5W/(m·K) 之间，根据实测岩石热导率分析结果及收集的岩石热导率数据，对热导率与深度关系进行分析表明，热导率有随深度增加而逐渐增大的趋势。因此深部热量可以更快地通过传导方式加热渭河盆地新生代热储层，为层状中—低湿地热田的形成奠定了稳定的热源基础。

3. 区域地热资源

地热资源量按《地热资源地质勘查规范》GB/T 11615-2010 第 C.2.2 条文中规定的热储法计算评价地热资源量，包括地热流体静储量、地热资源热量。地热流体资源可采量采用类比法选用与本区热储结构相似的西安地热田相关参数进行类比计算。地热资源评价参数主要包括：热储面积，热储岩层厚度、孔隙度、温度，热储岩石、水的密度和比热等。对于西咸新区所在区域，第四系秦川组与三门组，主要由新生代沉积物组成，岩性主要为河湖沉积的泥岩，结构致密且厚度较大，层内热水温度较低、资源量较小，因此将其视为有保温作用的热储盖层。因而选择岩性主要为新生界砂岩、砂砾岩及泥岩互层的典型热储层新近系张家坡组、蓝田灞河组、高陵群、古近系白鹿塬组作为计算对象，其储层特征及计算参数取值。

热储层段	地层厚度 (m)	砂岩厚度 (m)	热储岩层温度 (°C)	孔隙度 (%)
第一储层 (张家坡组热储层)	436.3	49.7	58.4	22.0
第二热储层 (蓝田灞河组热储层)	821.9	355.0	69.9	32.2
第三热储层 (高陵群热储层)	247.7	98.8	81.0	25.6
第四热储层 (白鹿塬组热储层)	253.4	109.2	86.1	18.0

热储层段	岩石密度 (kg/m ³)	岩石比热容 J/ (kg·°C)	水的密度 (kg/m ³)	水比热容 J/ (kg·°C)
第一热储层	1820	1025	1000	4184
第二热储层	1870	978	1000	4184
第三热储层	1970	948	1000	4184
第四热储层	2070	878	1000	4184

同时，地热流体静储量和地热流体资源可采量可参考下列公式进行计算。

(1) 热储地热流体静储量

$$Q_L = A \varphi d \quad 1)$$

式中：Q_L—热储孔隙中热水的静储量，m³；

A—热储面积，m²；

φ —热储岩石的孔隙度，无量纲；

d—热储厚度，m。

计算结果如下：

热储层段	A (k m ²)	φ (%)	d (m)	Q _L ($\times 10^9$ m ³)	合计 ($\times 10^9$ m ³)
第一热储层	882	22.0	49.7	9.65	150.0
第二热储层	882	32.2	355.0	100.73	
第三热储层	882	25.6	98.8	22.32	
第四热储层	882	18.0	109.2	17.30	

(2) 热储地热资源热量

$$Q = Q_r + Q_w \quad 1)$$

$$Q_r = A d \rho_r c_r (1 - \varphi) (t_r - t_0) \quad 2)$$

$$Q_w = Q_L \rho_w c_w (t_r - t_0) \quad 3)$$

式中：Q—热储中储存的热量，J；

Q_r—岩石中储存的热量，J；

Q_L—热储孔隙中热水的静储量，m³；

Q_w —水中储存的热量, J;

ρ_r —热储岩石密度, kg/m³;

c_r —热储岩石比热, J/kg·°C;

ρ_w —地热水密度, kg/m³;

c_w —水的比热, 取 4200J/ (kg·°C) ;

t_r —热储温度, °C;

t_0 —基准温度, 取 15°C;

A—热储面积, m²;

φ —热储岩石的孔隙度, 无量纲;

d—热储厚度, m。

计算结果如下:

热储 层段	A k m ²	φ %	d m	QL ×10 ⁹ m ³	ρ_r kg/m ³	c_r J/ (kg·°C)	ρ_w kg/m ³	c_w J/ (kg·°C)	t_r °C	t_0 °C
第一热储层	882	22.0	49.7	9.65	1820	1025	1000	4184	58.4	15
第二热储层	882	32.2	355.0	100.73	1870	978	1000	4184	69.9	15
第三热储层	882	25.6	98.8	22.32	1970	948	1000	4184	81.0	15
第四热储层	882	18.0	109.2	17.30	2070	878	1000	4184	86.1	15
Q _r ×10 ¹⁹ J								4.23		
Q _w ×10 ¹⁹ J								3.62		
Q ×10 ¹⁹ J								7.85		

计算可得, 地热资源热量储量为 7.85×10^{19} J。按照《地热资源评价方法及估算规程》DZ/T 0331-2020 规定, 回收率以 20%计算, 技术储量为 1.57×10^{19} J, 折合标准煤 5.36 亿 t。

综合以上分析可得, 西咸新区地热储量充沛, 资源禀赋优异, 新区内沣西、沣东、秦汉、空港、泾河五大区块均拥有可观的地热能开发利用潜力。大力发展地热能供热, 契合西咸新区自然资源赋存特点, 是践行绿色发展和生态文明建设的有效行动。

(五) 中深层地热能无干扰清洁供热技术及优势

中深层地热能地埋管供热技术(又称“中深层地热能无干扰清洁供热技术”)是

通过钻机向地下 2~3km 深处的地层钻孔，在钻孔中安装封闭的金属同轴套管换热器，通过换热器内介质的循环流动，将地下深处的热能导出，并通过地上高效热泵机组等设备向建筑物供热。

该技术取热不取水、取热持续稳定、地温恢复快、环境影响低，具有分布式、无干扰、效果好、零排放、能效高、无衰减的优势，具体表现在：

一是系统集成度高。相比于浅层地源热泵、燃煤、燃气集中供热，具有普遍适用、绿色环保、保护水资源、高效节能、系统寿命长、安全可靠、运行成本低等优势。地下换热孔位布置灵活，不受场地限制；地上换热机房 10 万 m² 住宅仅占地约 100~150 m²。地下密闭换热系统、地上高温热泵和智慧管控系统的高效集成应用，智能化的运维管理模式可靠性高，操作简便。

二是灵活、普遍适用性强。相比传统集中供热供暖，中深层地热能无干扰清洁供热系统属于典型分布式能源系统，一是可就地建设于建筑周边，不受集中供热管网敷设影响；二是系统运行时间灵活，可根据业主需求提前或延长供暖期，不受集中供热热源厂调试、大规模管网冲洗影响。在普遍适用性方面，地下换热系统不抽取地下水，不受水热型地热开发受地下水赋存条件、回灌等影响，普遍适用性更强。

三是环保效益明显。替代燃煤、燃气供热，实现二氧化碳“零排放”，无废气、废液、废渣，治污减霾成效显著。据测算，以 2000 万 m² 建筑为例，一个供暖季（四个月）相比燃煤锅炉供热，可代替标准煤约 32 万 t，减少 CO₂ 排放量约 86 万 t，减少 SO₂ 排放量约 2720t，减少氮氧化物排放物约 4990t，减少粉尘排放量约 3070t。

五是供热持续稳定。以西咸新区首个中深层地热无干扰供热项目为例，连续七年运行室内温度稳定保持在 20°C 以上。经过清华大学江亿院士团队连续三年的跟踪监测，其系统运行稳定，换热孔供热量大，热源供给持续充足。

六是推广应用可靠。2018 年 1 月，西咸新区沣西新城邀请江亿、张国伟等 5 位院士、9 位国内顶级专家教授组织召开了“中深层地热能无干扰清洁供热技术论证会”。通过审阅资料、听取汇报、研究讨论，专家一致认为该技术“取热不取水”，具有取热持续稳定、地温恢复快、环境影响低的特点，适宜作为建筑清洁供热的热源。其比传统浅层地源热泵技术节能 30% 以上，有很好的经济、社会、环境效益，大规模应用

后具有对电网调峰的可行性，可为我国新型城镇化科学发展积累了经验。

（六）“地热能+”系统及优势

“地热能+”多能互补综合能源供应系统是在中深层地热能地埋管供热技术的基础上，为满足高端品质住宅、公共建筑等项目冷、热和生活热水等多种能源同时供应需求，创新形成的一种清洁、低碳、灵活、可靠的综合供能系统。该系统以中深层地热能地埋管供热系统为主要冷热源，以燃气锅炉、空气源热泵、污水源热泵及储能等技术系统为补充或调峰，搭配高智能化智慧管控系统，最终实现建筑物冷、热（生活热水）等的多元综合供应、集中智慧管理。其优势体现在：

一是实现了清洁能源综合利用，大幅提高了能源利用效率，降低了建筑能耗；二是在项目报建审批、建设管理、运营管理等环节由供能企业统一实施，利于当地优化营商环境；三是以“一套系统实现供冷供热”，由专业能源企业提供能源供应，直接减少业主及开发商对用户侧的设备和人员投入、管理；四是分布式供能系统无长距离输送管网，系统启动、调节、运行灵活，可根据业主需求提前开始或延长供能期；五是打破了传统供热行业由集中供热公司将热源送入各项目换热站，再由项目物业自主运维服务模式，由专业能源企业“管理服务到末端”，解决专业问题，避免了遇到物业难以解决再转至热力公司解决的“实际难题”。

二、技术路线及工艺流程

（一）负荷情况

本项目共建设 6 个能源站，布置于交大创新港科教板块两侧绿楔中。其中冷源由中深层地源热泵机组搭配冷却塔与离心冷水机进行联合供冷；热源以中深层地热能为主，燃气锅炉调峰。地上建筑：高低压配电室 6 个，公共服务用房 215 m²；地下建筑：设备用房 7655.95 m²。围绕能源站布置取热孔 91 口，孔深 2500m。

1. 工艺设计方案

根据创新港建筑规划及各种能源的经济技术特点，本项目为创新港提出了一种多能互补的供冷、供热能源配置方案：

冷源由中深层地源热泵机组搭配冷却塔与离心冷水机进行联合供冷；热源以中深层地热能为主，燃气锅炉调峰。

该方案设置六座能源站，站内设置干热岩机组，冷却塔、循环泵、补水及软水、常压燃气锅炉等设备。

优先使用低能耗能源，如中深层地热系统制冷供热，配合使用常规制冷制热方式进行极端情况下的能源补充（西咸地区地热资源丰富，充分利用地热资源，中深层地热供热系统的使用将显著提高系统的节能效果）。

本方案设燃气锅炉进行供热调峰使用，其中燃气锅炉供热量 23.1MW，占总热量 26.5%。该供热配置方案能够降低设备初投资，在交大创新港科教板块供热负荷为设计最大负荷的 77%以下时，优先使用清洁地热能的热泵机组进行供暖，当热泵机组无法满足供热需求时，开启锅炉进行供暖、调峰。

2. 技术方案

本项目根据中国西部科技创新港建筑规划及各种能源的经济技术特点，为中国西部科技创新港科教板块提出了一种多能互补的供冷、供热能源配置方案。

本工程设计供暖供回水温度 50°C/40°C，中深层地热热泵的出水温度为 50°C，采用直供的方式。供暖建筑不分区。能源站房设计压力取 1.6MPa。

空调制冷供回水温度 5°C/13°C，冷源由中深层地源热泵机组搭配冷却塔与离心冷水机进行联合供冷。

宿舍的生活热水设计为 60°C，采用常压燃气锅炉供给 60°C热水。

本项目热源以中深层地热能为主，燃气锅炉调峰。

本项目室外管网采用两管制，冬季供暖和夏季供冷共用供回水管道，生活热水管道与供暖管道分开敷设直供至各单体建筑，设计压力 1.6MPa，采用直埋的敷设方式。

1#能源站位于创新港 C3-05 地块，北临学森三路，西临梧桐东路，南临学镇环路，东临竹园东路。规划用地性质均为校园绿地。

2#能源站位于创新港 C3-08 地块，北临学森二路，西临果毅东路，南临学镇环路，东临梧桐西路。规划用地性质均为社会停车场用地。

3#能源站位于创新港 C2-05 地块，北临学森一路，西临果毅东路，南临彭康路，东临梧桐西路。规划用地性质均为校园绿地。

4#能源站位于创新港 C1-09 地块，北临临渭路，西临力行路，南临学苑北路，

东临梧桐西路。规划用地性质均为校园绿地。

5#能源站位于创新港 C1-01 地块，北临临渭路，西临梧桐东路，南临学苑北路，东临励志西路。规划用地性质均为校园绿地。

6#能源站位于创新港 C2-01 地块，北临学森一路，西临梧桐东路，南临彭康路，东临竹园西路。规划用地性质均为校园绿地。

其中，1#能源站的供能区域主要为1#楼、2#楼、9#楼，总供冷负荷为28.2MW，总供暖负荷为17.44MW。

2#能源站的供能区域主要为3#楼、15#楼供冷及供暖，为宿舍A区供暖及供生活热水，总供冷负荷为12.48MW，总供暖负荷为10.64MW，总供生活热水负荷3.04MW。

3#能源站的供能区域主要为5#楼、6#楼、7#楼以及8#楼供冷及供暖，总供冷负荷为13.24MW，总供暖负荷为6.96MW。

4#能源站的供能区域主要为4#楼和16#楼供冷及供暖，为宿舍B区供暖及供生活热水，总供冷负荷为15.88MW，总供暖负荷为12.95MW，总供生活热水负荷3.49MW。

5#能源站的供能区域主要为17#楼、20~21#楼和22#楼供冷及供暖，为宿舍C区供暖及生活热水，总供冷负荷为15.38MW，总供热负荷为14.83MW，总供生活热水负荷3.49MW。

6#能源站的供能区域主要为18#楼、19#楼供冷及供暖，总供冷负荷为16.5MW，总供热负荷为12.87MW。

（二）技术路线

中深层地热能地理管供热技术（又称“中深层地热能无干扰清洁供热技术”）是通过钻机向地下2~3km深处的地层钻孔，在钻孔中安装封闭的金属同轴套管换热器，通过换热器内介质的循环流动，将地下深处的热能导出，并通过地上高效热泵机组等设备向建筑物供热。

该项目是典型的“地热能+”多能互补能源综合利用、多元供给示范工程，“地热能+”多能互补综合能源供应系统是在中深层地热能地理管供热技术的基础上，为满足高端品质住宅、公共建筑等项目冷、热和生活热水等多种能源同时供应需求，创新形成的一种清洁、低碳、灵活、可靠的综合供能系统。该系统以中深层地热能地理

管供热系统为主要冷热源，以燃气锅炉、空气源热泵、污水源热泵及储能等技术系统为补充或调峰，搭配高智能化智慧管控系统，最终实现建筑物冷、热（生活热水）等的多元综合供应、集中智慧管理。其优势体现在：

一是实现了清洁能源综合利用，大幅提高了能源利用效率，降低了建筑能耗；二是在项目报建审批、建设管理、运营管理等环节由供能企业统一实施，利于当地优化营商环境；三是以“一套系统实现供冷供热”，由专业能源企业提供能源供应，直接减少业主及开发商对用户侧的设备和人员投入、管理；四是分布式供能系统无长距离输送管网，系统启动、调节、运行灵活，可根据业主需求提前开始或延长供能期；五是打破了传统供热行业由集中供热公司将热源送入各项目换热站，再由项目物业自主运维服务模式，由专业能源企业“管理服务到末端”，解决专业问题，避免了遇到物业难以解决再转至热力公司解决的“实际难题”。

（三）系统配置

1. 设备选型原则

以建设“技术先进”为目标，设备选型应统筹兼顾以下原则：

- a. 所选购的设备与本项目需求相适应。
- b. 技术上先进，在满足需要的前提下，要求其性能指标保持先进水平。
- c. 经济上合理，要求设备价格合理，在使用过程中能耗、维护费用低，并且回收期较短。
- d. 考虑设备的可靠性和维修性、设备的安全性和操作性，选用运行效益高、节约能源、环保无污染的设备。

2. 制冷、制热负荷

a. 制冷供暖负荷

本项目供冷总面积为 125.39 万 m^2 ，总供冷负荷为 101.68MW，面积冷负荷 81.09W/ m^2 。供热总面积为 158.49 万 m^2 ，总供暖负荷 75.69MW，面积热负荷 47.76W/ m^2 。

b. 生活热水

学生宿舍 A 区建筑面积约 9.9 万 m^2 ，生活热水热负荷约 3.04MW；学生宿舍 B 区建筑面积约 11.6 万 m^2 ，生活热水热负荷约 3.49WM；学生宿舍 C 区建筑面积约 11.6

万m²，生活热水热负荷约3.49MW；总生活热水负荷10.02MW。

综上所述，本项目夏季制冷冷负荷101.68MW，冬季供暖热负荷为75.69MW，生活热水热负荷10.02MW。

3. 设备选择

本工程建设能源站6个，能源站布置于科教板块两侧绿楔中为地下建筑，1、2号站房位于地下一层，为之服务的变配电室位于地上一层，变配电室的旁边作为公厕或绿化区的管理用房。3、4、5、6站房热泵机房位于地下二层、为之服务的变配电室位于地下一层。共设计中深层地热地埋管91个，分别围绕各能源站布置。

楼号	面积	冷负荷	热负荷	备注
1#	15.6万m ²	12.88MW	7.30MW	实验、办公
2#	17.5万m ²	12.15MW	7.25MW	科研办公
9#	1.87万m ²	3.17MW	2.89MW	科研办公
总计	34.97万m ²	28.2MW	17.44MW	

负荷容量：28.2MW/17.44MW（供冷/供热量），其中三台4.2MW的常压燃气锅炉分别负责1#站、5#站、6#站的供暖负荷。

序号	设备名称	参数	单位数量	备注
1	热泵机组	额定制冷量：2200kW 额定输入电功率：460kW 额定制热量：2819kW 额定输入电功率：485kW	5台	
2	离心冷水机组	单台制冷(kW)：3516 单台制冷功率(kW)：601	5台	
3	锅炉循环泵	循环水量：170t/h，扬程25m，功率18.5kW	2台	一用一备
4	锅炉循环泵	循环水量：170t/h，扬程40m，功率30kW	3台	两用一备
5	常压燃气锅炉	4.2MW	3台	
6	冷却塔 UT424-3N28	循环水量：1080t/h，功率120kW	4台	
7	冷却水泵	循环水量：493t/h，扬程27m，功率45kW	6台	五用一备
8	冷却水泵	循环水量：368.5t/h，扬程27m，功率45kW	6台	五用一备
9	夏季供冷水泵	流量480t/h，扬程53m，功率110kW	8台	七用一备
10	冬季供暖水泵	流量550t/h，扬程35m，功率75kW	4台	三用一备
11	立式多级离心泵	流量24t/h，扬程50m，功率7.5kW	2台	一用一备，空调补水
12	板式换热器	换热量5MW；一次侧85°C/60°C；二次侧50°C/40°C	1台	

序号	设备名称	参数	单位数量	备注
13	不锈钢水箱	3600x2600x2400 (h)	1 台	
14	全自动软水器	流量 14—28t/h	1 台	双罐连续供水
15	全程水处理器	水处理量 3000~5000t/h, 功率 1.0kW	1 台	
14	取热孔	2500 米	21 套	

2#能源站设于停车场西侧，供能范围：3#楼、15#楼、宿舍 A 区。

楼号	面积	冷负荷	热负荷	备注
3#	12.8 万 m ²	11.72MW	7.90MW	实验室
15#	0.6 万 m ²	0.76MW	0.58MW	食堂
宿舍 A 区	10 万 m ²	—	2.16MW+3.04MW	宿舍
总计	23.4 万 m ²	12.48MW	13.68MW	

负荷容量：12.48MW/10.64MW +3.04 MW（供冷/供热量），其中两台 4.2MW 和一台 2.1MW 的常压燃气锅炉负责宿舍 A 区 3.04MW 的生活热水负荷以及 2#站、3#站、4#站的供暖负荷。

主要设备如下：

序号	设备名称	参数	单位数量	备注
1	热泵机组	额定制冷量: 2400kW 额定输入电功率: 490kW 额定制热量: 3074kW 额定输入电功率: 520kW	3 台	
2	离心冷水机组	单台制冷 (kW) : 2989 单台制冷功率 (kW) : 530	2 台	
3	锅炉循环泵	循环水量: 150t/h, 扬程 38m, 功率 30kW	4 台	两用一备 一台预留
4	锅炉循环泵	循环水量: 160t/h, 扬程 25m, 功率 18.5kW	3 台	两用一备
5	冷却塔 UT424-3N28	循环水量: 1080t/h, 功率 120kW	2 台	
6	冷却水泵	循环水量: 420/h, 扬程 27m, 功率 45kW	3 台	两用一备
7	冷却水泵	循环水量: 390/h, 扬程 26m, 功率 45kW	4 台	三用一备
8	夏季供冷水泵	流量 390t/h, 扬程 26m, 功率 45kW	4 台	三用一备
9	冬季供暖水泵	流量 480t/h, 扬程 45m, 功率 90kW	4 台	三用一备
10	常压燃气锅炉	供热量 4.2MW, 电功率 15kW	2 台	预留一台 位置
11	常压燃气锅炉	供热量 2.1MW, 电功率 15kW	1 台	

序号	设备名称	参数	单位数量	备注
12	全自动双罐再生软水器	处理量 30t/h	1 台	
13	板式换热器	换热量 4MW; 一次侧 85°C/60°C; 二次侧 60°C/50°C	1 台	生活热水
14	板式换热器	换热量 5MW; 一次侧 85°C/60°C; 二次侧 50°C/40°C	1 台	供暖板换
15	生活热水补水水箱	3000x2000x2000 (h)	1 个	
16	热水锅炉循环泵	流量 50t/h, 扬程 27m, 功率 7.5kW	2 台	一用一备, 生活热水循环泵
17	立式多级离心泵	流量 16t/h, 扬程 50m, 功率 5.5kW	2 台	一用一备, 空调补水
18	全程水处理器	水处理量 2000~3000t/h, 功率 1.0kW	1 台	
19	不锈钢水箱	3600x2600x2400 (h)	1 台	
20	取热孔	2500 米	14 套	

3#能源站供能范围：涵盖 5#楼、6#楼、7#楼、8#楼。

楼号	面积	冷负荷	热负荷	备注
5#	9.5 万 m ²	9.96MW	4.85MW	实验、办公
6#、7#米兰学院	1.05 万 m ²	0.9MW	0.52MW	教学
8#	1.7 万 m ²	2.38MW	1.59MW	博物馆
总计	12.25 万 m ²	13.24MW	6.96MW	

负荷容量：13.24MW/6.96MW（供冷/供热量）

主要设备如下：

序号	设备名称	参数	单位数量	备注
1	热泵机组	额定制冷量: 2000kW 额定输入电功率: 412kW 额定制热量: 2544kW 额定输入电功率: 413kW	2 台	
2	离心冷水机组	单台制冷 (kW) : 3165 单台制冷功率 (kW) : 570	3 台	
3	夏季供冷水泵	流量 380t/h, 扬程 45m, 功率 75kW	5 台	四用一备
4	冬季供暖水泵	流量 320t/h, 扬程 35m, 功率 45kW	3 台	两用一备
5	立式多级离心泵	流量 4.0t/h, 扬程 15m, 功率 0.55kW	2 台	一用一备

序号	设备名称	参数	单位数量	备注
6	立式多级离心泵	流量 8.5t/h, 扬程 86m, 功率 4.0kW	2 台	一用一备
7	冷却塔 UT424-3N28	循环水量: 1080t/h, 功率 120kW	2 台	
8	冷却水泵	循环水量: 330t/h, 扬程 27m, 功率 37kW	3 台	两用一备
9	冷却水泵	循环水量: 450t/h, 扬程 27m, 功率 45kW	4 台	三用一备
10	全自动软水器:	型号 HDZS-2900A, 流量 6—12t/h	1 台	
11	全程水处理器	水处理量 2000~3000t/h, 功率 1.0kW	1 台	
12	板式换热器	换热量 5MW; 一次侧 85°C/60°C; 二次侧 50°C/40°C	1 个	
13	不锈钢水箱	20m ³	1 台	
14	取热孔	2500 米	11 套	

4#能源站供能范围: 涵盖 4#楼、16#楼、宿舍 B 区。

楼号	面积	冷负荷	热负荷	备注
4#	16.6 万 m ²	15.23MW	9.25MW	实验、办公
16#	0.6 万 m ²	0.65MW	0.35MW	食堂
宿舍 B 区	11.9 万 m ²	0MW	3.35MW+3.49MW	宿舍
总计	29.1 万 m ²	15.88MW	16.44MW	

负荷容量: 15.88MW/12.95MW+3.49MW (供冷/供热量)

主要设备如下:

序号	设备名称	参数	单位数量	备注
1	热泵机组	额定制冷量: 2400kW 额定输入电功率: 490kW 额定制热量: 3074kW 额定输入电功率: 520kW	3 台	
2	热泵机组	额定制热量: 2200kW 额定输入电功率: 392kW	2 台	平时供生活热水, 二期供热预留一台位置
3	离心冷水机组	单台制冷 (kW) : 4537 单台制冷功率 (kW) : 830	2 台	
4	夏季供冷水泵	流量 450t/h, 扬程 45m, 功率 90kW	5 台	四用一备
5	冬季供暖水泵	流量 400t/h, 扬程 35m, 功率 75kW	4 台	三用一备
6	冷却塔 UT228-5N26	循环水量: 1231.2t/h, 功率 120kW	2 台	
7	冷却水泵	循环水量: 642t/h, 扬程 27m, 功率 75kW	4 台	三用一备

序号	设备名称	参数	单位数量	备注
8	冷却水泵	循环水量: 390/h, 扬程 26m, 功率 45kW	4 台	三用一备
9	软化水箱	3600x2600x2400 (h)	1 个	
10	立式多级离心泵	流量 20/h, 扬程 59m, 功率 7.5kW	2 台	一用一备, 空调补水
11	立式多级离心泵	流量 7.0t/h, 扬程 15m, 功率 0.75kW	2 台	一用一备, 地热井补水
12	全程水处理器	水处理量 2000~3000t/h, 功率 1.0kW	1 台	
13	全自动软水器	流量 14—28t/h	1 台	
14	板式换热器	换热量 4MW; 一次侧 85°C/60°C; 二次侧 60°C/50°C	1 个	生活热水
15	板式换热器	换热量 5MW; 一次侧 85°C/60°C; 二次侧 50°C/40°C	1 个	供暖板换
16	生活热水补水水箱	3000x2000x2000 (h)	1 个	
17	热水循环水泵	IPL50/175, 流量 50t/h, 扬程 27m, 功率 7.5kW	2 台	一用一备, 生活热水循环泵
18	热水补水水泵	IPL50/140, 流量 40t/h, 扬程 15m, 功率 3.0kW	2 套	一用一备, 生活热水循环泵
19	取热孔	2500 米	14 套	

5#能源站 供热范围: 涵盖 17#楼、20、21#楼、22#楼、宿舍 C 区。

楼号	面积	冷负荷	热负荷	备注
17#	0.63 万 m ²	1.02MW	0.5MW	食堂
20、21#	14.5 万 m ²	13.91MW	10.28MW	实验、办公
22#	1.8 万 m ²	0.47MW	0.32MW	实验、办公
宿舍 C 区	11.7 万 m ²	0MW	3.73MW+3.49MW	宿舍
总计	43.73 万 m ²	15.38MW	18.32MW	

负荷容量: 15.38MW/14.83MW+3.49MW (供冷/供热量)

主要设备如下:

序号	设备名称	参数	单位数量	备注
1	热泵机组	额定制冷量: 2220kW 额定输入电功率: 460kW 额定制热量: 2819kW 额定输入电功率: 485kW	4 台	
2	热泵机组	额定制热量: 1960kW 额定输入电功率: 350kW	2 台	平时供生活热水

序号	设备名称	参数	单位数量	备注
3	离心冷水机组	单台制冷 (kW) : 3340 单台制冷功率 (kW) : 590	2 台	
4	夏季供冷水泵	流量 430t/h, 扬程 45m, 功率 75kW	5 台	四用一备
5	冬季供暖水泵	流量 450t/h, 扬程 35m, 功率 75kW	4 台	三用一备
6	冷却塔 UT228-5N26	总循环水量: 1231.2t/h, 功率 120kW	2 台	
7	冷却水泵	流量 450t/h, 扬程 27m, 功率 45kW	5 台	四用一备
8	冷却水泵	流量 350t/h, 扬程 26m, 功率 37kW	3 台	两用一备
9	全自动软水器	流量 14—28t/h	1 台	
10	全程水处理器	3600x2600x2400 (h)	1 个	
11	板式换热器	换热量 5MW; 一次侧 85°C/60°C; 二次侧 50°C/40°C	1 台	供暖板换
12	板式换热器	换热量 4MW; 一次侧 85°C/60°C; 二次侧 60°C/50°C	1 台	生活热水
13	立式多级离心泵	MVI802, 流量 7.0t/h, 扬程 15m, 功率 0.75kW	2 台	一用一备, 地热井补水
14	立式多级离心泵	MVI3204, 流量 28t/h, 扬程 50m, 功率 7.5kW	2 台	一用一备, 空调补水
15	热水补水水泵	IPL50/140, 流量 40t/h, 扬程 15m, 功率 3.0kW	2 台	
16	热水循环水泵	IPL50/175, 流量 50t/h, 扬程 27m, 功率 7.5kW	2 台	
17	生活热水补水水箱	3000x2000x2000 (h)	1 个	
18	软化水箱	3600x2600x2400 (h)	1 个	
19	取热孔	2500 米	17 套	

6#能源站供能范围：涵盖 18#楼、19#楼。

楼号	面积	冷负荷	热负荷	备注
18#	4.7 万 m ²	5.24MW	3.65MW	实验、办公
19#	10.4 万 m ²	11.26MW	9.22MW	实验、办公
总计	15.1 万 m ²	16.5MW	12.87MW	

负荷容量：16.5MW/12.87MW (供冷/供热量)

主要设备如下：

序号	设备名称	参数	单位数量	备注
1	地源热泵机组(自备地热井侧水泵)	额定制冷量: 2400kW 额定输入电功率: 490kW 额定制热量: 3074kW 额定输入电功率: 520kW	3 台	
2	离心冷水机组	单台制冷 (kW) : 3165 单台制冷功率 (kW) : 570	3 台	
3	夏季供冷水泵	流量 480t/h, 扬程 45m, 功率 90kW	5 台	四用一备
4	冬季供暖水泵	流量 400t/h, 扬程 35m, 功率 55kW	4 台	三用一备
5	冷却塔 UT228-5026	总循环水量: 1301t/h, 功率 148kW	2 台	
6	冷却水泵	流量 450t/h, 扬程 27m, 功率 45kW	4 台	三用一备
7	冷却水泵	流量 390t/h, 扬程 26m, 功率 45kW	4 台	三用一备
8	全自动软水器	流量 8—16t/h	1 台	
9	立式多级离心泵	流量 10t/h, 扬程 50m, 功率 3.0kW	2 台	一用一备, 空调补水
10	立式多级离心泵	流量 6.0t/h, 扬程 15m, 功率 0.75kW	2 台	一用一备, 地热井补水
11	软化水箱	3600x2600x2400 (h)	1 个	
12	板式换热器	换热量 5.0MW	1 个	供暖板换
13	全程水处理器	水处理量 2000~3000t/h, 功率 1.0kW	1 台	
14	取热孔	2500 米	14 套	

4. 建筑方案

(1) 设计依据及设计条件

本工程设计所采用的设计规范、规程:

《建筑结构可靠度设计统一标准》 GB50068-2001

《建筑结构荷载规范》 GB50009-2012

《建筑工程抗震设防分类标准》 GB50223-2008

《建筑抗震设计规范》 GB50011-2010

《混凝土结构设计规范》 GB50010-2010

《建筑地基基础设计规范》 GB50007-2011

《钢结构设计规范》 GB 50017-2003

《地下工程防水技术规范》 GB50108-2008

《建筑工程设计文件编制深度规定》 (2008 年版)

《建筑设计防火规范》 GB50016-2014

《湿陷性黄土地区建筑规范》 GB50025-2001

(2) 自然条件

1) 设计基本风压按 50 年基准期取值为 0.35kN/m^2 ，地面粗糙度 B 类。

风载体型系数、风压高度变化系数等均按《建筑结构荷载规范》 GB50009-2012 选用。

2) 五十年一遇基本雪压为 0.25kN/m^2 。

3) 根据《建筑抗震设计规范》 GB50011-2010，地震基本烈度为 8 度，设计基本地震加速度为 0.20g ，建筑场地类别为 II 类。

4) 由于暂无勘测资料，地基处理采用灰土换填，承载力特征值为 200kPa 。

(3) 建筑分类等级

1) 根据《建筑工程抗震设防分类标准》 GB50223-2008 的规定，本工程为标准设防类建筑；

2) 根据《建筑结构可靠度设计统一标准》 GB50068-2001，本工程建筑结构的安全等级为二级；

3) 根据《建筑地基基础设计规范》 GB50007-2011，本工程地基基础设计等级为丙级；

4) 本工程结构的设计使用年限为 50 年；

5) 根据《建筑设计防火规范》 GB50016-2014，本工程结构耐火等级为三级。

(4) 项目建设内容及要求

建设 6 座能源站，布置于科教板块两侧绿楔中。由管理设备用房、变配电室及公共服务用房等组成。

6 个高低压配电室及公共服务用房，均为框架结构。各建筑均体量不大，分散在各能源站附近，立面造型与各小区建筑风格相一致，按城市小品设计，平屋顶或坡屋顶与不同材质、不同颜色的墙体辉映，活泼生动，为城市小区景观增加点缀。

设备用房框架结构，钢筋混凝土屋面，与高低压配电室屋融为一体；平面和立体布局上，功能分区明确，互不干扰；建筑除满足通用性温湿度、通风、消防、防盗安

保要求外，还要满足各功能区的特殊要求。

5. 结构设计

(1) 地基基础设计

基础采用柱下独立基础形式。

(2) 主要结构材料选用：

1) 混凝土：

结构构件混凝土强度等级：

框架柱、梁、板：C30~C40；

柱下独立基础：C30~C40；

2) 钢筋：

采用符合抗震性能指标的 HPB300、HRB400 钢筋；

3) 钢板和型钢：采用 Q345B 或 Q235B 钢材；

4) 焊条：采用 E43、E50、E55 型（用于钢筋连接）。

(3) 热力网形式

本项目热水供热管网采用闭式双管制，同开式系统相比较，闭式系统中热水作为供热介质不被取出，管网补水量很小，可以减少水处理费用和水处理设备投资。热力管网采用支状布置，经济性较好。

6. 热力管网设计

(1) 管网布置方案

1) 热网走向确定原则

①热网走向尽可能靠近热负荷密集区，并结合道路和城市其它管网的分布等具体情况，按市政建设的有关规定和规划部门的统筹安排，确定管网的敷设路线；

②热网的布置力求短直，平行于道路，靠近人行道或慢车道，减少对路面和绿化带的破坏，并尽量减少拆迁量。

③管网尽可能敷设在地势平坦、土质好、地下水位低的地区。

④管网设计一次到位，按负荷的发展情况，有组织、有计划、有重点，分期、分步实施。主干管网之间，尽可能实现连通，条件成熟时考虑与相邻供热区域的热水网

实现联网运行，以提高热网运行的安全可靠性。

2) 热网走向

供热管网的具体走向一般依据热负荷分布情况、现状及规划道路情况、地下市政设施等情况综合考虑确定。

根据用户冷热负荷需求，本工程能源站设计冷负荷供回水温度 5°C/13°C，供暖热负荷供回水温度 40°C/50°C，生活热水负荷供水温度为 65°C。供冷和供热管道采用二管制布置，冷、热水管道共用管道，供回水管道各一根。根据冷热负荷需求，本阶段设计负荷下冷热水流速分别取为 1.5~2m/s。

冷热水管道从 1#能源站引出后，向西再向北沿道路敷设，依次到达 1 号楼、2 号楼、9 号楼，管道采用埋地钢塑复合保温钢管埋地敷设。生活热水管道从 1#能源站引出后，向西再向北沿道路敷设一直到达宿舍 C 区各楼宇，管道采用埋地钢塑复合保温钢管埋地敷设。

冷热水管道从 2#能源站引出后，向东以及向北沿道路敷设，依次到达 15 号楼、宿舍 A 区、3 号楼，管道采用埋地钢塑复合保温钢管埋地敷设。生活热水管道从 1#能源站引出后，向东沿道路敷设到达宿舍 A 区各楼宇，向北沿道路敷设一直到达宿舍 B 区各楼宇，管道采用埋地钢塑复合保温钢管埋地敷设。

冷热水管道从 3#能源站引出后，向东以及向南沿道路敷设，依次到达 5 号楼、6 号楼和 8 号楼，管道采用埋地钢塑复合保温钢管埋地敷设。

冷热水管道从 4#能源站引出后，向东沿道路敷设，依次到达宿舍 B 区、16 号楼和 4 号楼，管道采用埋地钢塑复合保温钢管埋地敷设。

冷热水管道从 5#能源站引出后，向西沿道路敷设，依次到达宿舍 C 区，向东沿道路敷设，依次到达 17 号楼、20 号楼、21 号楼、22 号楼，管道采用埋地钢塑复合保温钢管埋地敷设。

冷热水管道从 6#能源站引出后，向东沿道路敷设，依次到达 18 号楼、19 号楼，管道采用埋地钢塑复合保温钢管埋地敷设。

各能源站冷热水管道均敷设至各楼宇计量间外一米，管道采用埋地钢塑复合保温钢管。管道埋地敷设深度要求符合《城镇供热直埋热水管道技术规程》(CJJ/T81-2013)

要求。

本工程在用户侧分别设置计量站，计量站主要由能量计、调节阀组、过滤器和静态平衡阀组组成。在用户侧分别设置就地 PLC 控制系统采集就地设备信号，用户侧热负荷参数（温度、压力、流量）及阀门信号等参数能够传输到能源站集中控制室进行监控。

（2）管道敷设方式

本工程采用无补偿直埋（敞槽预热与一次性补偿器相接合），其主要技术要点如下：

采用预热与一次性补偿器相接合的敷设方式，只需根据实际情况在变径管、敷设方式改变的分界处考虑设置固定墩，其余部位均为自然锚固。

①为保证直埋管的适宜摩擦条件及良好的渗透排水，在直埋管道的周围只允许填砂。

②对直埋管道产生侧向变形较大的区域，如弯头、三通等处，为其在压实的回填土内可以移动，需在设计时加设泡沫垫，降低该处的管道应力。

③DN \geq 500 的管道，其弯头及三通的壁厚应比直管加大一级，三通是应力比较集中的地方，为防止循环疲劳破坏，采用 Z 型或平行分支引出，以利补偿。

④当采用覆土预热时，为减少土壤摩擦力对管道热伸长的影响，要求在保温管的外壳上缠绕 0.4~0.7mm 厚的聚乙烯塑料薄膜。

⑤敞槽预热时，为防止管道有被折弯的危险，每隔保温管外径 10 倍距离设回填砂支撑，虚拟固定点处及管道转弯处受力侧，需在预热前先回填。

⑥本工程采用电预热的方法，在需预热的管道两侧装置电预热设备对管道进行预热，该方法升温快，且无耗水量，在我院以往设计的工程中得到应用，效果良好。

（3）管道保温及防腐

本工程外网管道全部采用预制直埋保温管，直埋保温管的性能符合国家行业标准，为满足本工程采用直埋敷设的要求，管道保温前，进行抛丸除锈处理，增加钢管的外表面积和屈服强度，聚乙烯外套管内壁，进行电晕处理，以增强保温材料发泡的粘结强度。以保证预制保温管三位一体的剪切强度（轴向 \geq 120kPa，切向 \geq 200kPa）。用专用发泡机进行发泡，保证保温材料的密度、闭孔率和管道的同心度。

热力站室内的管道，保温前先清除管道表面的铁锈及油污等，然后刷二道防锈漆（铁红环氧底漆或铁红酚醛防锈漆）。防腐处理完毕后再做保温，保温材料采用岩棉，外护层为镀锌铁皮，外表面刷色环。

7. 给排水设计方案

（1）补给水系统

补给水水源和水量本项目补充水量主要包括供暖期补充水、供冷期补充水等，补水水源全部采用市政自来水给水管道。能源站消防依靠附近的市政消防管网。能源站自来水接口边界暂定厂墙外 1m。自来水水质满足生活《生活饮用水卫生标准》GB5749-2006 的要求。

补给水管：能源站外设有市政自来水管线，能源站通过 1 根自来水母管接入自来水管网。自来水接入能源站后作为供冷却塔循环水补水用水。能源站自来水取水母管从市政管网接出后设置阀门和水表，能源站内供水管道将自来水供至生产用水点。循环水供水管接至每台冷却塔的补水口，并在每台冷塔补水管道处设置手动阀门。

（2）排水系统

能源站内生产废水主要为冷却塔循环水排污水，冷却塔循环水排污水管道设置在室外。排污水水质除含盐量和浊度稍高外，无其他污染物。制冷机冷却塔设置在能源站室外，能源站室外场地内设有雨水排放系统，设计将冷却塔处的循环水排污水经管道收集后排放至雨水管网，最终排至市政雨水管网。

废水具体排水措施严格按照当地环保部门要求无害化处理。

8. 通风设计

（1）设备用房均采用机械排风与自然通风结合的方式。

（2）变、配电室设有机械排风兼火灾后排废气系统，并相应设有机械进风系统。送、排风机设室内外开关。

9. 电气设计方案

（1）设计依据：

《民用建筑电气设计规范》JGJ16-2008;

《建筑设计防火规范》GB50016-2014;

《建筑照明设计标准》 GB50034-2013;
《建筑物防雷设计规范》 GB50057-2010;
《供配电系统设计规范》 GB50052-2009;
《低压配电设计规范》 GB50054-2011;
《20kV 及以下变电所设计规范》 GB50053-2013;
《爆炸危险环境电力装置设计规范》 GB50058-2014;
《锅炉房设计规范》 GB50041-2008;

(2) 系统分类:

- 1) 高低压供配电系统
- 2) 照明动力配电系统
- 3) 接地系统

(3) 供配电设计

1) 负荷级别: 根据本工程建筑性质及用电设备要求确定负荷等级为三级负荷设计

负荷计算:

1#能源站:

序号	用电名称	功率kW/台	数量	功率kW	kc	CosΦ	设备容量Pjs (kW)
1	螺杆式地源热泵	460	5台	2300	0.75	0.85	1725
2	冷却塔	120	4台	480	0.75	0.85	360
3	冷却水泵	45	5台	225	0.75	0.85	168
4	冷却水泵	45	5台	225	0.75	0.85	168
5	离心泵	7.5	1台	7.5	0.85	0.85	7.5
6	燃气锅炉	15	1台	15	1.0	0.85	15
7	其他	20		20			20
	合计			4042.5			3004

供电电源:

电源采用一路 10kV 电源供电, 低压用电设备总容量约为 3004kW, 拟设置 3 台干式变压器 (3×1250kVA) 为本站的低压设备供电, 变压器负载率小于 85%。

压缩离心机组 5x601kW 采用 10kV 高压电源供电, 1 号站用电容量约为 7500kVA,

变配电室设置 11 台标准高压柜，其中包括进线、计量、互感器柜、出线柜等。

10kV 电源电缆引自 6 号能源站的环网出线柜，电源采用 YJV22-10kV-3X300-FC，电缆室外埋深-0.8m。

2#能源站：

序号	用电名称	功率kW/台	数量	功率kW	kc	CosΦ	设备容量Pjs (kW)
1	螺杆式地源热泵	490	3台	1470	0.75	0.85	1463
2	冷却塔	120	2台	240	0.75	0.85	108
3	冷却水泵	45	2台	90	0.8	0.85	72
4	冷却水泵	45	3台	135	0.8	0.85	108
5	冷水泵	45	3台	135	0.8	0.85	108
6	燃气锅炉	20	1台	20	1.0	0.85	20
7	其他	30		30			30
	合计			2110.5			1611

供电电源：

电源采用一路 10kV 电源供电，低压用电设备总容量约为 1611kW，拟设置 2 台干式变压器（2×1250kVA）为本站的低压设备供电，变压器负载率小于 85%。

压缩离心机组 2×530kW 采用 10kV 高压电源供电，2 号站用电容量约为 3300kVA，变配电室设置 7 台标准高压柜，其中包括进线，计量，互感器柜出线柜等。

10kV 电源电缆引自 4 号能源站的环网出线柜，电源采用 YJV22-10kV-3X185-FC，电缆室外埋深-0.8m。

序号	用电名称	功率kW/台	数量	功率kW	kc	CosΦ	设备容量Pjs (kW)
1	螺杆式地源热泵	412	2台	824	0.8	0.85	659
2	冷水泵	75	4台	300	0.8	0.85	240
3	冷却塔	120	2台	240	0.8	0.85	192
4	冷却水泵	37	2台	74	0.8	0.85	59.2
5	冷却水泵	45	3台	135	0.8	0.85	108
6	锅炉	20	1台	20	1	0.85	1
7	其他	20		20			20
	合计			1613			1298

供电电源：

电源采用一路 10kV 电源供电, 低压用电设备总容量约为 1298W, 拟设置 2 台干式变压器 (2×1000kVA) 为本站的低压设备供电, 变压器负载率小于 85%。

压缩离心机组 3×570kW 采用 10kV 高压电源供电, 3 号站用电容量约为 3600kVA, 变配电室设置 7 台标准高压柜, 其中包括进线, 计量, 互感器柜出线柜等。

10kV 电源电缆引自 4 号能源站的环网出线柜, 电源采用 YJV22-10kV-3X185-FC, 电缆室外埋深-0.8m。

4#能源站:

序号	用电名称	功率kW/台	数量	功率kW	kc	CosΦ	设备容量Pjs (kW)
1	地源热泵机组	490	3台	2060	0.75	0.85	1102
2	地源热泵机组	392	2台	784	0.75	0.85	588
3	冷水泵	90	4台	360	0.8	0.85	360
4	冷却塔	120	2台	240	0.75	0.85	180
5	冷却水泵	75	3台	225	0.75	0.8	169
6	冷却水泵	45	3台	135	0.75	0.85	101.3
7	锅炉	20	1台	20	1	0.85	20
8	其他	20	1台	20	1	0.85	20
9	预留	3000		3000	0.7	0.85	2100
	合计			6256.5			4553

供电电源:

电源采用一路 10kV 电源供电, 低压用电设备总容量约为 4553kW, 拟设置 5 台干式变压器 (5×1250kVA=6250kVA) 为本站的低压设备供电, 变压器负载率小于 85%。

压缩离心机组 2×830kW 采用 10kV 高压电源供电, 4 号站用电容量约为 7500kVA, 4 号站设置环网柜, 4 号配电室的安装容量为 14400kVA (其中包含 2 号站 3300kVA, 3 号站 3600kVA, 4 号站 7500kVA) 变配电室设置 9 台标准高压柜, 其中包括进线, 计量, 互感器柜, 出线柜等。

10kV 电源电缆引自室外就近开闭所, 电源电缆采用 YJV22-10kV-3X400-FC, 电缆室外埋深-0.8m。

5#能源站:

序号	用电名称	功率kW/台	数量	功率kW	kc	CosΦ	设备容量Pjs (kW)
1	地源热泵机组	460	4台	1840	0.75	0.85	1380
2	地源热泵机组	350	1台	350	0.8	0.85	280

3	冷却塔	120	2台	240	0.8	0.85	204
4	冷却水泵	37	2台	74	0.8	0.85	59
5	冷却水泵	110	4台	440	0.8	0.85	352
6	锅炉	20	1台	20	1	0.85	20
7	其他	30		30	1	0.85	30
	合计			2727			2109

供电电源:

电源采用一路 10kV 电源供电, 低压用电设备总容量约为 2109kW 拟设置 3 台干式变压器 (3×1000kVA) 为本站的低压设备供电, 变压器负载率小于 85%。

压缩离心机组 2×590kW 采用 10kV 高压电源供电, 5 号站用电容量为 4000kVA, 变配电室设置 6 台标准高压柜, 其中包括进线, 计量, 互感器柜, 出线柜等。10kV 电源电缆引自 6 号能源站的环网出线柜, 电源采用 YJV22-10kV-3X240-FC, 电缆室外埋深-0.8m。

6#能源站:

序号	用电名称	功率kW/台	数量	功率kW	kc	CosΦ	设备容量Pjs (kW)
1	螺杆式地源热泵	490	3台	1470	0.75	0.85	1102.5
2	冷水泵	90	4台	360	0.8	0.85	270
3	冷却塔	148	2台	296	0.8	0.85	236.8
4	冷却水泵	45	3台	135	0.8	0.85	108
5	冷却水泵	45	3台	135	0.8	0.85	108
6	其他	30	1	30	1	0.85	30
	合计			2441			1870

供电电源:

电源采用一路 10kV 电源供电, 低压用电设备总容量约为 1870W, 拟设置 2 台干式变压器 (2×1250kVA) 为本站的低压设备供电, 变压器负载率小于 85%。

压缩离心机组 3×570kW 采用 10kV 高压电源供电, 6 号站用电容量约为 3750kVA, 6 号站设置环网柜, 6 号变配电室的安装容量为 15250kVA (其中包含 1 号站 7500kVA, 5 号站 4000kVA, 6 号站 3750kVA) 变配电室设置 12 台标准高压柜, 其中包括进线, 计量, 互感器柜, 出线柜等。

10kV 电源电缆引自室外就近开闭所, 电源电缆采用 YJV22-10kV-3X400-FC, 电

缆室外埋深-0.8m。

(4) 低压配电设计

- 1) 电源引自变配电室低压配电柜，使用电压为 380V/220V，频率为 50HZ。
- 2) 配电方式一般情况采用树干式，重要的用电设备采用放射式供电。
- 3) 由低压配电室引至用电的出线电缆采用铜芯电缆，电缆室内穿桥架敷设。

(5) 过电压保护及接地

本工程电气工作接地、保护接地、防雷接地、二次设备接地、电子设备及计算机系统接地共用接地网络，接地电阻不大于 0.5Ω 。

电气接地网采用水平接地干线和垂直接地极相结合的方式敷设，所有接地材料均采用热镀锌材料。

所有电气设备外壳、开关装置和开关柜接地母线、金属架构、电缆桥架、金属箱罐和其他可能事故带电的金属物都应接入接地系统。

- 1) 变配电室设置总等电位板。下口距地 0.5m。
- 2) 进出建筑物的所有金属管道均就近与接地装置相连。
- 3) 采取总等位和局部等电位连接措施。
- 4) 低压配电系统接地型式采用 TN-S 系统。采用共同接地，即楼房的防雷接地，工作接地、保护接地及弱电接地共用同一接地装置。

电缆进入室内及室外设施部分均按相关国家标准安装过电压防护设施。

(6) 电缆及电缆设施

1) 电缆

动力、控制、计算机及通信等电缆均选用铜芯电缆。动力电缆的绝缘选用交联聚乙丙烯绝缘 (XLPE)，控制电缆的绝缘选用聚氯乙烯绝缘 (PVC)。

电缆均满足 C 级阻燃标准。消防系统、火灾报警系统、不停电电源回路和直流系统等回路的动力和控制电缆采用耐火电缆。

进入计算机电缆则采用屏蔽电缆和计算机专用电缆。

2) 电缆的敷设

电缆敷设方式主要采用电缆沟道、排管和穿管。能源站至负荷的电缆路径主要采

用方式主要利用创新港内原有的电缆沟道，无沟道处可利用排管和穿管敷设。电缆敷设完成后，所有的孔洞均使用防火堵料进行封堵。

10. 控制设计方案

（1）自动化控制方式

本工程能源站监控采用分散控制系统（DCS）实现，在能源站集中控制室内实现对设备（或溴化锂机组、地源热泵等）的集中控制，完成能源站主、辅机及系统的检测、控制、报警、联锁保护、诊断、机组启/停、正常运行操作、事故处理和操作指导等功能。分散控制系统的主要子系统包括：

- 1) 数据采集系统（DAS）
- 2) 模拟数量控制系统（MCS）
- 3) 顺序控制系统（SCS）

（2）门禁管理系统

本项目设置一套门禁管理系统，实现各个房间出入口的实时监控、进出权限管理、记录、报警、消防报警联动和视频监控系统联动等。

（3）主要自动化设备选型原则

- 1) DCS 选用在同类型机组上有成功经验、系统硬件和软件可靠、性价比高的国产产品；
- 2) 执行机构选用智能一体化的电动执行机构或带智能定位器的气动执行机构，重要调节门采用进口产品；
- 3) 变送器和阀门定位器选用智能型（HART 协议）进口品牌；
- 4) 逻辑开关、分析仪表采用进口设备；
- 5) 就地指示仪表如压力表，温度计采用国产优质产品；
- 6) 火灾自动报警系统主要设备及探头选用满足我国有关的防火规范及国家标准，产品需持有公安部消防主管部门检验合格证书；
- 7) 其它仪表设备的选择有成熟运行经验、技术性能先进、稳定、可靠，符合国家标准和节能环保要求的产品。

11. 安全及消防设计方案

根据《中华人民共和国安全生产法》《建设项目（工程）劳动安全卫生监察规定》，新建、扩建和改建工程的“劳动安全设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用”。

本工程设计上对防火、防爆、防电伤、防机械伤害等方面均按照我国建设项目现行各项规程、规范、标准采取相应的措施，将为能源站的安全稳定生产，减少事故发生起到重要作用，同时为能源站运行人员对各类设施的维护检修创造了一定的有利条件。

（1）设计依据及采用的标准

《中华人民共和国安全生产法》（国家主席令第十三号，2014年修订）；
《中华人民共和国消防法》（国家主席令第六号）；
《中华人民共和国职业病防治法》（国家主席令第五十二号，2011年修订）；
《关于加强建设项目安全设施“三同时”工作的通知》（国家发展和改革委员会、国家安全生产监督管理局发改投资〔2003〕1346号）；
《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》（国家安监总局令40号，根据79号修改）；
《关于规范重大危险源监督与管理工作的通知》（安监总协调字〔2005〕125号）；
《建设项目安全设施“三同时”监督管理暂行办法》（国家安监总局令第77号2015年修订）。

（2）选址的安全性

能源站厂址周围无严重火灾、爆炸危险的其他工厂和仓库，满足安全条件要求。

（3）潜在危险源和防治措施

本项目主要作业场所危险因素有以下几个方面：火灾、爆炸、电伤、机械伤害、高处坠落伤害、噪声、高温等。

1) 防火、防爆

能源站火灾的主要潜在危险是在贮存或可燃介质通过的设施或地方，如变压器区，机组油、天然气系统区。电缆夹层、电缆密集区域可能因电缆散热或隔热情况不好发生燃烧，引起电缆燃烧火灾、电气设备短路或其他原因导致燃烧。此外还有可能因油、天然气系统泄漏，油溅落在附近高温管道上引起火灾。能源站内的潜在爆炸危

险可能导致火灾或引起仪器和设备的损坏，因此防爆是十分重要的。爆炸的主要危险是在天然气系统、各类压力容器等。为此，在设计上充分考虑了防止火灾的发生，火势的蔓延，采取切实有效的预防及灭火措施。对于能源站的防火、防爆，除在设计中因周密考虑并在现有的技术条件下采取有效的措施外，在能源站的设计、生产运行中，制定和执行严格的安全操作规程和管理措施，从根本上杜绝火灾和爆炸事故的发生。主要措施有：

①合理进行防火分区。各区间的防火门按甲、乙、丙三级，耐火极限：甲级为1.2h、乙级为0.9h、丙级为0.6h三级设计，防火墙上设置耐火极限不低于1.2h的防火门窗。

②天然气供应设备及其系统：天然气系统的设计严格遵循《原油和天然气工程设计防火规范》GB50183—93准确划分等级，合理布局，与其他建（构）筑物防火间距达标，管材、壁厚及相关附件选型正确。

③合理布置建（构）筑物，保持设计规定的安全间距：主要建（构）筑物的布置需满足相关规范要求，热力管道与其他构筑物和管道的最小水平和垂直净距应参照相关规范确定。

④本工程的建筑物防火设计按《建筑设计防火规范》GB50016-2014规定的要求进行。

⑤加强燃烧系统的防火措施：在潜在火灾点设置足够的火灾及气体探测装置；设置应急关闭系统和系统启动所必需的传感器；对有关操作人员进行紧急事件和设备保护的特殊训练；编制必要的安全操作手册，该手册应放置在便于查阅的地方；一般情况下，气体火灾在燃料源未切断前，不应进行灭火。

⑥电缆防火措施：适当选用阻燃型电缆；电缆沟应单独设置，不在热管道、输油管道内敷设电缆；电缆夹层和电缆构架的电缆孔洞之间的缝隙必须用防火材料封堵严实。对较长的电缆沟道，每50m用防火材料隔离；靠近热源的电缆必须用防火材料隔离，隔离距离大于250mm。

⑦设计中充分考虑消防设施：在主设备区、集控室等区域设置足够的消防设施；并针对引起火灾燃烧介质的不同和防火区域的不同，设置诸如常规水消防系统、水喷雾消防系统、泡沫消防系统、移动式消防系统和特种消防系统等不同的消防设施。

2) 防机械伤害和其他伤害

能源站发生的人身事故中，有相当一部分属于机械伤害，而其中大部分发生在检修作业中。在设计中设置的防护措施主要有：

- ①所有回转机械外露部分均设计有防护罩和护栏；
- ②高空作业，必须备有可靠的安全围栏、安全带和安全帽；
- ③阀门、孔板、防爆门等有维护、操作部位及高温管道蠕胀监察段等处设置检修平台；
- ④能源站内道路等设计必要和足够的照明；
- ⑤能源站内沟道设计有安全的盖板。

3) 防电伤

能源站内有各种大量高、低压电气设备，为保护设备和运行、检修人员的安全，本项目在设计中采取以下措施：

- ①过电保护和接地按《电力设备过电压保护设计技术规程》SDJ79 及《电力设备接地设计技术规程》SDJ8-79 的要求进行；如烟囱防雷接地、重要的建（构）筑物及电气设备防雷接地等；
- ②电气设备的选用和设计应符合《电气设备安全设计导则》GB/T25295-2010 等有关规程、规定、导则，电气设备带电裸露部分与人行通道、栏杆、管道等最小安全距离；
- ③电器设备防误操作措施。

4) 电气设备触电保护

为确保电气设备以及运行、维护、检修人员的人身安全，电气设备的选用和设计符合现行国家标准《电气设备安全设计导则》GB/T25295-2010 等有关规程、规定、导则。电气设备的触电保护可分为直接接触保护和间接接触保护。其中直接接触的保护除要求电气设备的制造厂商确保电气设备本身的制造符合上述导则及有关规程、规定外，中压开关柜必须具备五防功能：即防带电误拉刀闸和带电误入间隔等。中压开关柜实现了五防后，将杜绝电厂运行、检修、维护人员的人身安全事故。为确保运行、维护、检修人员的人身安全，在机组投产后能源站将按《电业安全工作规程》制定一整套运行、检修规程。同时，在照明设计中要使“工作场所照明和事故照明符合规程

要求安全可靠”。本工程严格按照工作场所的照明和事故照明标准，做好照明设计，杜绝因照明照度设计不符合标准而造成各种事故。为确保人身安全，在向插座供电的电源回路中装设漏电保护。在检修网络中，在每个检修电源开关上加装漏电保护。

5) 电气防火设计

电气防火设计采取以下措施：

①主要疏散通道、安全出口等处按规定设置火灾事故照明灯及疏散方向标志灯。

②设置完善的防雷设施及其相应的接地系统。

③设置火灾监控自动报警系统，重要场所均设有通信电话。

④在配电变压器附近配置推车式干粉灭火器，每台配置一只砂箱。

⑤电缆截面满足额定负荷电流和短路热稳定要求，避免过负荷发热引起火灾。

消防设备配电及控制线路采用阻燃电缆。所有电缆穿越的孔洞，均采用软质耐火材料封堵。

⑥对易遭受外部着火影响的架空敷设电缆，采取防护措施。如涂刷防火涂料，采用耐火隔板及槽盒等，减少电缆着火率。

⑦对电缆着火后易造成延燃的区段，采取分段隔离措施，达到尽可能缩小事故范围，减少损失。如电缆隧道通往竖井处设防火门，用耐火材料封堵；电缆竖井，电缆贯穿楼板、墙孔及车间配电屏的电缆孔洞均用耐火隔板与软性耐火材料严密封堵；电缆隧道与电缆沟交接处设阻火隔墙；电缆沟进入建筑物入口处设阻火隔墙等。

6) 火灾报警

①火灾报警及消防控制系统由布置在集中控制室的中央监控盘（配备 LCD 上位机）、报警触发装置（手动和自动两种）组成。中央监控装置布置在集中控制室内。

②报警方式分手动和自动两种。报警手动方式：运行人员在就地巡检中，如发现火灾，则手动按下该区域的手动报警器，控制室内运行人员就可得知该区域有火灾。报警自动方式：通过用于各种不同检测对象的探测器产生的火灾电信号送至中央监控装置，发出声光报警信号。

③火灾探测、报警区域划分：

建（构）筑物和设备区域	火灾探测器类型
控制室等	感烟型

厂区所有配电室	感烟型
电缆沟、桥架及竖井	可恢复式线性定温型

(4) 建筑消防

本工程消防系统贯彻“预防为主，防消结合”的工作方针，按我国现行的《建筑设计防火规范》等进行设计。设置完善的消防系统。

消防系统的设计水平：按同一时间内火灾次数一次计，能在火灾初期发出报警，能进行火灾的集中监控和消防装置的远方和就地控制，并且具有火灾一旦发生就足以扑灭的设备容量。目前阶段暂按有市政消防管网考虑。

(四) 运行情况

1. 项目能源消耗种类及数量

项目主要用能设备情况表

序号	规格型号 (设备主要为热泵和冷机, 单位: kW)	能效 等级	使用能源品种 (燃煤、燃气、电)	安装位置	在用 情况	电表 数量	水表 数量	燃气表 数量
1	制冷量 3510, 5 台 制冷量 2158, 5 台 制热量 2791, 5 台 制冷量 2989, 2 台 制热量 3074, 6 台 制冷量 2400, 6 台 制冷量 3165, 6 台 制热量 2544, 2 台 制冷量 2000, 2 台 制冷量 4684, 2 台 制热量 2200, 2 台 制热量 3100, 3 台 制冷量 2200, 7 台 制冷量 3340, 2 台 制热量 1960, 2 台 制热量 2819, 4 台	一级	电/燃气	中国西部 科技创新 港综合能 源工程 (沣西新 城)	在用	2	6	2

2. 运行时间

项目于 2019 年 3 月开工建设，2019 年 6 月供冷季投运，经过 5 个供冷、供暖季的跟踪监测，其系统运行稳定，换热孔供热量大，热源供给持续充足。

3. 综合能耗

本项目 2023 年 1-12 月项目供能用电量 26942083kWh, 当量电力折标准煤系数 0.1229kgce/kWh, 折标量为 331.12 万 kg 标准煤。2023 年供能用天然气量 1104488m³, 天然气折标准煤系数 1.16kgce/m³, 折标量为 123.1 万 kg 标准煤。合计能耗总量为 459.22 万 kg 标准煤。

三、经营模式

(一) 投资估算

本建设项目总投资为 72358.33 万元, 其中: 建设投资为 68329.44 万元, 建设期利息为 3954.36 万元, 铺底流动资金为 74.53 万元。具体费用组成见下表:

序号	费用名称	金 额(万元)	占投资比例 (%)	备注
一	工程费用	62933.54	86.97	
1	设备购置费	25163.00	34.78	
2	安装工程费	4246.54	5.87	
3	建筑工程费	33524.00	46.33	
二	工程建设其他费用	2767.84	3.83	
三	预备费	2628.06	3.63	
四	建设投资	68329.44	94.43	
五	建设期利息	3954.36	5.46	
六	铺底流动资金	74.53	0.10	
七	建设项目总投资	72358.33	100.00	

(二) 资金筹措

本项目固定资产投资 72358.33 万元, 30%为企业自筹, 其余 70%申请银行贷款, 项目贷款利率 4.9%计算。

本项目流动资金估算方法采用分项详细估算法。其中铺底流动资金为 74.53 万元, 占流动资金的 30%作为项目资本金中的自有流动资金。

(三) 财务评价

1. 运营收入

本项目合计供热面积约为 158.49 万 m², 供冷面积为 125.39 万 m²。供热收费标准:

5.8 元/月·m²；供冷收费 10 元/月·m²。按供暖期 4 个月，供冷期 4 个月计算。热水按年设计能力 35.25 万 t 的 60% 计算，热水价格按 25 元/t 计算。运营期年均营业收入 10545.32 万元。

根据城市基础设施配套费收费标准等相关文件，供热工程为 120 元/m²，根据供热面积计算得本项目约 19018 万元可作为一次性收入计入运营期内。

2. 总成本

项目总成本包括运营期耗电、耗水、耗气费用及人员工资福利费、折旧费、维修费及其他管理费等。制冷年耗电量为 1711.7 万 kWh，价格按 1 元/kWh，供热年耗电量为 988.13 万 kWh，价格按 0.5 元/kWh，耗气量为年 129.95 万 m³，价格按 2 元/ m³。维修费按固定资产折旧费的 15% 计算，人员工资及福利费按年 150 万考虑。经计算年均总成本为 6279.70 万元。

项目生产经营期 20 年总收益、年平均收益及主要损益指标见下表：

指标名称	计算期合计(万元)	20 年平均值(万元)
营业收入	210906.36	10545.32
总成本费用	125594.01	6279.7
增值税	13502.52	675.13
营业税金及附加	1350.25	67.51
利润总额	89477.57	4473.88
所得税	22369.39	1118.47
净利润	67108.18	3355.41

3. 主要技术经济指标汇总表

序号	指标名称	单位	数值	备注
1	项目总投资	万元	72358.33	
1. 1	建设投资	万元	68329.44	
1. 2	建设期利息	万元	3954.36	
1. 3	铺底流动资金	万元	74.53	
2	营业收入	万元	10545.32	生产期平均
3	年均总成本	万元	6279.70	生产期平均
4	年均经营成本	万元	2668.55	生产期平均
5	年均税金及附加	万元	742.64	生产期平均
6	年均利润总额	万元	4473.88	生产期平均
7	年均所得税	万元	1118.47	生产期平均
8	年均税后利润	万元	3355.41	生产期平均
9	年均利税总额	万元	5216.52	生产期平均
10	财务盈利能力分析			
10. 1	项目总投资收益率	%	7.21	
10. 2	资本金净利润率	%	16.10	
10. 3	主要指标			
	所得税前财务内部收益率	%	12.03	
	所得税后财务内部收益率	%	9.18	
<hr/>				
	所得税前财务净现值 ($i_c=8\%$)	万元	17527.00	
	所得税后财务净现值 ($i_c=8\%$)	万元	5165.00	
	税前投资回收期	年	8.76	
	税后投资回收期	年	10.61	
11	借款偿还期	年	9.65	含建设期
12	盈亏平衡点	%	46.77	生产期平均

通过计算，在采用现行的销售价格下，项目税后财务内部收益率为 9.18%，高于行业基准收益率 8%；税后财务净现值为 5165 万元，大于 0；项目税后投资回收期为 10.61 年，满足行业基本标准。

四、效益分析

(一) 经济效益显著

本项目核心技术为中深层地热能无干扰清洁供热技术，其运行成本主要为电费和较低的人员管理、维保费。按照中深层地热能供热在陕西省可享受居民生活用电价格，

即 $0.4983 \text{ 元}/\text{kW}\cdot\text{h}$ 。以普通居民住宅建筑为例，热指标取 $35\text{W}/\text{m}^2$ ，其系统耗电约 $3\sim 4\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ ，折合 $1.5\sim 2 \text{ 元}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ ；高智能化管控系统可实现无人值守，人员管理、维保费和少量水费约 $0.5 \text{ 元}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ （水费主要为二次管网补水耗水费，受项目二次管网施工质量影响，略有差异；维保费主要为机房设备维护，地下换热孔免维护），综合运行成本约 $2.0\sim 2.5 \text{ 元}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ 。

燃煤锅炉集中供热运行成本主要为煤炭、水电费、人员管理费、维保费和超低排放措施费。以每台 70MW 锅炉按照可供热面积 140 万 m^2 计算，燃煤量约为 $17.4\text{t}/\text{h}$ ，按 2019 年西咸新区燃煤市场价格 $500 \text{ 元}/\text{t}$ 计算，每月燃料成本约 626 万元 。配备管理、运维人员 85 人，加上水电、超低排放措施等费用，一个月运行成本约 800 万元 ，折合运行成本为 $5.8 \text{ 元}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ 。

本项目利用中深层地热能无干扰清洁供热技术供热，相较于燃煤锅炉集中供热，一个供暖季可节约运行成本 1754.96 万元 ，经济效益显著。

经济效益名称	经济效益计算范围及说明	节约成本
较传统燃煤锅炉节约供暖费 (按照陕西省西咸新区 2019 年 煤炭价格 $500 \text{ 元}/\text{t}$ 计算)	$2.9 \text{ 元}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ (燃煤取暖按照 $5.8 \text{ 元}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ ，中深层地热地埋管供热按照 $2.9 \text{ 元}/\text{m}^2\cdot\text{月}$) $\times 151.29 \text{ 万 m}^2 \times 4 \text{ 个月} = 1849.50 \text{ 万元}$	1754.96 万元

(二) 环保效益显著

本项目若采用传统燃煤锅炉供热，按照传统集中供热锅炉供暖面积一 t 热水锅炉额定蒸发量是 0.7MW ，在北方地区大约可以带 1.4 万 m^2 ，本项目供热面积约 151.29 万 m^2 ，需要约 108t 传统集中供热热水锅炉，传统集中供热有限公司每天消耗可燃煤 0.021 万 t ，一个供暖季约 $1 \text{ 天 } 0.021 \text{ 万 t} \times 121 \text{ 天} = 2.54 \text{ 万 t}$ 。根据节煤量核算，整个项目一个供暖季可减少二氧化碳排放量达到 6.8 万 t ，减少二氧化硫、氮氧化物等排放量 600t ，本项目的实施，有利于建筑节能减排、减少资源浪费和污染物的排放，提高材料的使用效率，符合绿色低碳发展的要求，对改善大气环境、治污减霾具有重要意义。

(三) 社会效益显著

总建筑面积达到 159.44 万 m^2 的西安交通大学科技创新港科创板块为地热能这种清洁能源的大量应用提供了有益的探索和实践，是进一步落实《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》中提出的“构建现代能

源体系，推进能源革命，建设清洁低碳、安全高效的能源体系，提高能源供给保障能力；实施能源资源安全战略”目标的深刻实践。同时也为该项技术的大面积推广应用提供了可借鉴的经验。项目建设期和运营期内，产生直接基础设施投资约 7.2 亿元，增加税收 6480 万元，提供就业岗位超过 20 个。

五、突出亮点

（一）科技创新成果

1. 创新研发出国际领先的管群供热关键设备及智慧管控系统

（1）研发形成一种集成高效的中深层地热地埋管供热热泵机组，相较传统热泵机组每平方米每月电耗降低 2kWh，空间利用率提升 30%。

（2）研发形成一种新型地埋管内管换热结构，使套管换热器单位延米换热量从 150W 提升至 180W，该型结构填补了行业空白。

（3）研发形成中深层地热地埋管套管密封装置，极大提升了套管导热性与密封性。

（4）研发形成一种中深层地热地埋管井口装置，提升了循环介质回流效率，可将调试工期缩短 30%。

（5）通过研发地埋管数据分析系统、站房智能监控系统，能耗分析平台，开发出供热站房智慧管控系统。

2. 搭配高智能化智慧管控系统

本项目各能源站采用智慧管控系统，一是利用传感器、远传设备、自动控制系统对整个供能系统进行集中控制，提升智能化运营管理。二是利用先进的智能监控系统对机房环境进行自动监控，采集关键区域图像，上传、分析、统计数据，实现远程机房巡检。三是研发手机 APP 软件，实现为工作人员实时提供监测数据和图像信息，并成为远程遥控端，实现高智能化系统控制管理。四是建立能耗分析平台，通过实时数据分析以及环境温度变化及时调整运行策略，保证供热系统安全、经济、稳定运行。每座能源站的控制系统都接入能源互联网，六座分布式能源站站与站互联互通，可实现区域能源供需科学稳定的动态平衡。

（二）“地热能+”模式效益突出

1. 城市实现节能降碳、绿色发展。

本项目采用的“多能互补”一体化供冷供热相比传统分离的供热、供冷方式，从实现“碳达峰、碳中和”目标角度来看具有长远意义。《“十四五”可再生能源发展规划》明确指出，要积极推进中深层地热能供暖制冷。结合资源情况和市场需求，在北方地区大力推进中深层地热能供暖。2021年9月27日，国家八部委联合发布《关于促进地热能开发利用的若干意见》指出，到2025年，地热能供暖面积比2020年增加50%。2023年3月，陕西省委省政府印发《陕西省大气污染治理专项行动方案（2023—2027年）》，明确到2025年，地热能供暖面积提高到7000万m²，2027年超过1亿m²。

本项目“多能互补”一体化供冷供热，实现了清洁能源综合、梯级利用，大幅提高了能源利用效率，降低了建筑能耗。同时采用区域相对集中供冷供热系统，取消了用户端的冷却塔，能够有效缓解区域热岛效应。在“双碳”目标下，发展一体化供冷供热，即可调整区域能源结构，有效控制能源消费量，也可降低碳排放强度，实现生态环境保护与社会经济的协同发展。

2. 政府优化资源配置，优化营商环境。

一是本项目在创新港园区绿地地下建设能源站，开发利用地下空间，少占或不占用土地，节约了宝贵的土地资源；二是采用多种能源形式相结合复合型能源形式，区域性供能可根据城市能源供给布局，灵活实现多能源站互联网的形式，极大地提高了系统稳定性和可靠性，充分保障园区能源供需平衡，稳定社会经济关系；三是统一实施管理，在项目报建审批、建设管理、运营管理等环节均可实现集中、便捷式管理，提高政务服务水平，优化营商环境。

3. 创新港区域享受多种用能服务，降低经济成本。

采用“多能互补”一体化供冷、供热，以“一套系统实现供冷供热”替代分体式空调夏季供冷，可大大降低建筑项目电力负荷需求，减少项目电力系统建设投资。由专业化能源企业提供供冷供热服务，可直接减少开发商对用户侧的设备和人员投入、管理，同时很大程度上降低了供冷供热系统出现的安全事故概率。

4. 创新港区域享受更为专业“品质服务”。

传统市政集中供热须建立中心热源厂，敷设长距离输热管网，供热时间一般按照政府要求执行，供暖前期试压试水、系统调节等准备工作量较大。分体式空调夏季制冷效果受室外温度影响较大。而本项目“多能互补”一体化供冷、供热系统作为典型分布式供热系统，冷热源可靠稳定，无长距离输送管网，供能系统就近建设于建筑周边，系统启动、调节、运行灵活，不受“集中热源厂”和分体式空调制冷效果受室外温度影响的限制，可根据园区需求提前开始或延长供能期的同时保障室内供热供冷温度。

本项目自2019年起，在冬季集中供热尚在准备试压试水工作时，已经开始供暖，并延长半个月供暖期。一体化供冷、供热打破了传统供热行业由集中供热公司将热源送入各项目换热站，再由项目物业自主运维服务模式。建筑能源供应由专业团队“直管到户、服务到户”，解决专业问题，避免了遇到物业难以解决再转至热力公司解决的“实际难题”。

（三）开辟地热资源开发利用新路径

本项目中深层地热能无干扰清洁供热技术的创新应用，转变了传统供热的发展方式，打破了传统集中供热的区域集中、能耗较高、污染较重、成本较高的结构。取热不取水、环境影响低、供热持续稳定等特征，打破了传统地热供热受地下水赋存、回灌等限制。“取热不取水”开发利用地热资源，为我国地热资源开发利用开辟了新路径，已经成为陕西、河南、河北等多个地区明确鼓励发展的技术路线。作为系统核心的“中深层地热能无干扰清洁供热技术”，2020年12月被国家发改委等四部委列入《国家绿色技术推广目录（2020年）》，在全国范围内鼓励推广应用。

（四）项目创新技术、模式“走出陕西”，被多地复制应用

本项目“地热能+”多能互补能源供给模式，已经成功输出北京、河南等地，成为多个区域探索智慧能源的复制样本。2020年4月，河南郑东新区规划实施清洁供能面积约2000万m²，首期约200万m²项目已经建成投运。2022年1月，采用新城创新技术的北京城市副中心站综合交通枢纽工程中深层地热井下换热项目建设取得圆满成功，是“双碳”政策实施后北京地区首个中深层地热（井下换热）示范项目，将为亚洲最大的地下综合交通枢纽提供清洁能源服务。

六、问题和建议

一是建筑供热属于城市基础设施配套范畴，项目盈利较低，反映到企业财务报表中各项指标银行企业信用评级较低；二是地热能清洁供热项目均属于分布式能源系统，项目建设周期短、资金投入量大，各项审批备案制度不成熟，项目合规性审批速度较慢，银行的贷款门槛较高，企业融资成本负担太高。三是企业缺乏长期的成本收益信息，而短期的成本收益信息对于商业银行而言参考性不强；四是商业银行授信额度短缺，且偏好期限短、流动性好、综合收益高的项目，而城市基础设施配套项目回收期较长，内含报酬率较低，利润指标尚未达到银行要求；五是没有新能源项目的审核部门，针对新能源贷款的相关支持政策。

在“双碳”目标的贯彻落实工作中，绿色低碳技术能够产生显著的生态环境效益，为进一步加快推动绿色低碳技术产业发展，建议：

一是提高对绿色低碳技术发展的重视程度。进一步提高对绿色低碳技术发展的重视程度，成立技术创新、改造和污染物治理专项基金，进一步加大对节能减排以及新能源开发资金投入力度，开展结构性降耗，建立系统完善的节能降耗考核控制体系以及奖惩激励机制，对企业的发展行为进行引导和约束。

二是加大金融宏观政策调控力度。绿色低碳技术的发展离不开绿色金融的大力支持，因此建议对我国当前差别性信贷政策的传导机制进行优化和完善，通过差别利率以及贷款贴息等措施来促进我国商业银行等金融机构进行金融产品和金融服务创新，为先进绿色技术的发展提供充足的资金支持。同时希望银行能对征信系统进行持续优化和完善，在对企业进行信贷评估时，充分考虑从事基础设施配套产业基础特征，适当降低贷款门槛，优化评级。

三是建议加强政策扶持。统筹考虑技术发展、市场实施、行业监管等多方因素，进一步优化不同技术路线的技术应用、资源配置、项目审批等要求。引导各地在供热规划上，明确在开发区优先发展地热供热。同时加大对各地主管部门、从业企业的政策执行情况的监督管理，建立健全市场准入与退出机制，优化供热许可审批，确保地热企业能够进入区域供热市场。

四是给予资金支持。类比燃煤燃气集中供热站的资金支持及补贴，通过设立产业引导基金或直接补贴等方式，给予地热能供热一定财政资金支持。以无干扰供热为例

，技术应用主要受限于初始投资较大，其不涉及新增用地，能够减少土地资源；系统运行成本较低，也不需政府每年补贴供热企业。只需在其投资建设阶段一次性给予一定资金支持，即可缓解企业资金压力。不仅避免了长期巨额财政负担，又可以大大加快地热能供热技术的推广应用。

1.29 陕西省咸阳市书香河畔地热供暖项目

咸阳地处渭河盆地，是我国地热资源丰富、利用历史悠久的地区之一。目前地热能主要用于冬季供暖，区域地热供暖规模约 1000 万 m^2 ，为国家地热资源综合开发利用示范区，被国土资源部、中国矿业联合会命名为第一个“中国地热城”。长期以来地热尾水科学回灌是困扰行业发展的主要问题，这个问题的解决需要企业同时具有较强的社会责任感、技术研发能力、资金保障能力来实现。中石化绿源公司通过长期的技术积累，引领了该区地热资源由快速开发向科学开发与高质量开发的转变，书香河畔地热供暖项目历时十年是这种转变的典型代表之一，具有较强的示范意义。

一、项目基本情况

1. 基本情况

陕西省咸阳市书香河畔小区位于咸阳市秦都区实验小学西南侧，紧邻渭河，与咸阳市人民政府直线距离 3.0km。小区总规划建筑面积 40 万 m^2 ，小区供暖项目由中石化绿源地热能（陕西）开发有限公司建设和运营。供热工程分三期建设，目前建成两期工程，为小区 23.54 万 m^2 住宅供暖，一期工程于 2013 年建成，供暖面积 13.37 万 m^2 ，二期工程于 2023 年建成，供暖面积 10.17 万 m^2 。

项目共建设地热生产井 2 口（书香河畔 1 井、书香河畔 2 井）、回灌井 2 口（书香河畔 2-1 井、书香河畔 2-2 井）、换热站 2 座，回灌站 1 座。

2. 地热资源

地理上，项目所在地咸阳市地处陕西省关中平原中部，东南临省会西安市，西与宝鸡市、东北与渭南市、铜川市交界，西北与甘肃省接壤，地处暖温带，属大陆性季风气候，四季冷热干湿分明。咸阳市城区集中供热为每年冬季 11 月中旬至次年 3 月中旬，以市政集中供热为主，中深层水热型地热供暖面积占比约 30%，少数部分采用水源热泵、地源热泵或空气源热泵等。目前咸阳市政供热已全面投用燃气锅炉，同步停运燃煤锅炉，由于气源不足、成本过高，燃气供热能力有所不足。

地质构造上，咸阳市地处关中渭河盆地北部，属于华北地台鄂尔多斯盆地南缘及渭河盆地北缘，跨陕甘宁盆地分区、陕甘宁盆缘分区及汾、渭盆地分区三个 II 级构造

单元，盆地中部新生界沉积地层最厚可达 7000m 以上。平面上地热资源主要分布在西安凹陷、北部断阶和三原断阶带内，面积约 3000km²，纵向上，热储呈层状，自上而下依次为第四系三门组、第三系张家坡组、蓝田—灞河组、高陵群的砂岩层，远景储量相当于标准煤约 50 亿 t，为大型中低温沉积盆地型地热田。沿市区中部有一条接近东西向展布的深大断裂—渭河北岸断裂通过，区内地热资源埋藏浅、储量大、水温高，尤其是沿渭河北岸断裂带，地热富集赋存条件优越。项目所在地区一般 2000~3000m 深地热井水量大于 90m³/h，温度在 65~95℃ 之间。

二、技术路线及工艺流程

1. 负荷情况

一期住宅供暖面积 13.37 万 m²，设计热负荷 5160kW。项目二期工程住宅供暖面积 10.17 万 m²，设计热负荷 4850kW。项目一、二期均为高层住宅，供暖分高、低区，供暖末端为地辐射盘管。

2. 技术路线

项目采用中深层地热能为基础热源，辅以水源热泵进行地热能梯级利用，做到“间接换热、梯级利用、采灌均衡”的取热不耗水地热能利用系统（图 1）。

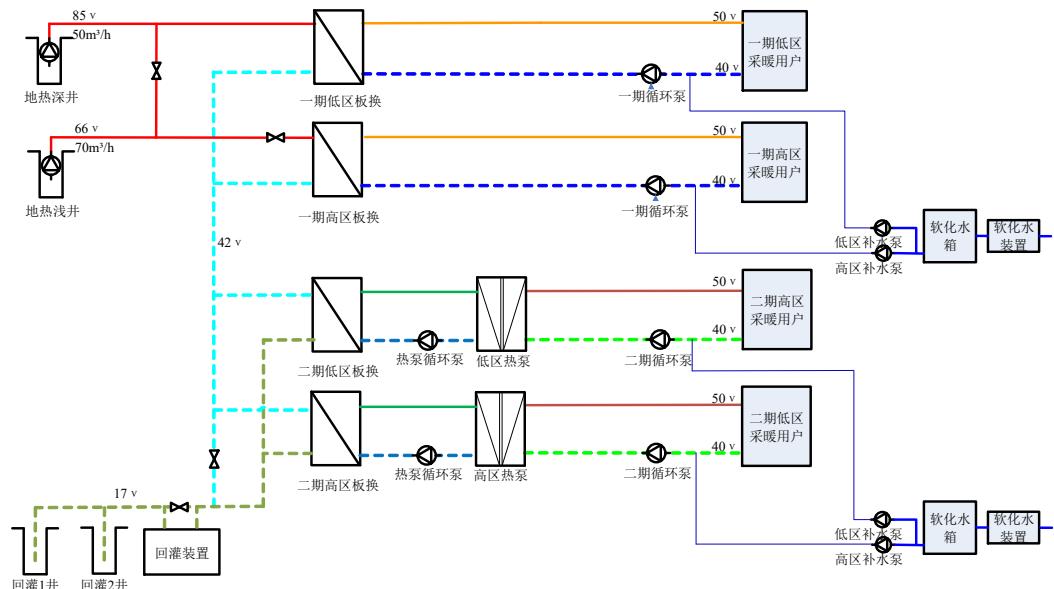


图 1 项目供暖工艺流程图

项目一期采用书香河畔 1 井地热水作为供暖热源。地热水通过板式换热器间接换热提取地热水热量供给供暖用户，供暖循环水回水温度 45℃/35℃，换热后的地热尾

水输送至二期工程梯级利用。

项目二期采用书香河畔 2 井地热水间接换热，辅以水源热泵梯级利用后的地热尾水经回灌站处理后回灌至书香河畔 2-1 井、书香河畔 2-2 井。

3. 系统配置

本项目建设两座换热站，一座回灌站，一期换热站主要有 2 台板式换热器、5 台循环泵、4 台补水泵和一套补水系统；二期换热站水源热泵两台、板式换热器 2 台、循环泵 8 台，补水设施一套；回灌系统建设粗、高效过滤器一套，尾水循环泵 2 台、回灌加压泵 2 台。具体规格数量见下表：

站房	设备名称	规格型号	数量
一期换热站	低区板换	换热量 2940kW	1 台
	高区板换	换热量 2710kW	1 台
	低区循环水泵	流量 258m ³ /h, 扬程 30m, 功率 30kW	2 台
	高区循环水泵	流量 238m ³ /h, 扬程 30m, 功率 30kW	3 台
	软化及补水装置		1 套
二期换热站	水源热泵	制热量 1615kW	1 台
	水源热泵	制热量 2510kW	1 台
	低区板换	换热量 2400kW	1 台
	高区板换	换热量 1500kW	1 台
	低区循环水泵	流量 238m ³ /h, 扬程 30m, 功率 37kW	2 台
	高区循环水泵	流量 153m ³ /h, 扬程 32m, 功率 30kW	2 台
	热泵循环水泵	流量 264m ³ /h, 扬程 16m, 功率 18.5kW	2 台
	热泵循环水泵	流量 153m ³ /h, 扬程 16m, 功率 18.5kW	2 台
	软化及补水装置		1 套
回灌站	尾水加压泵	流量 200m ³ /h	2 台
	回灌泵	流量 200m ³ /h	2 台
	粗效过滤器	处理量 1200m ³ /h, 精度≤25μm	1 套
	精效过滤器	处理量 200m ³ /h, 精度≤2μm	1 套

每座换热站设置 PLC 自控系统 1 套，采集热源侧及用户侧供回水压力、温度、流量，地热井温、压、流、液位等参数。

4. 运行情况

本项目供暖期为次年 11 月 15 日至次年 3 月 15 日，共计 4 个月，24h 不间断供热。

本项目配置 1 深 1 浅两口生产井，并配置对应层段回灌井 2 口。截止目前为止，主要开启书香河畔深井为两座换热站提供供暖热源，由于书香河畔二期入住率较低，热泵并未启动，故书香河畔两座换热站均采用地热能通过板换间接换热方式供热，两座换热站利用后的滴低湿地热水输送至回灌站处理回灌，综合能耗约 $0.2\text{GJ}/\text{m}^2$ ，一次动力消耗量约 $1.9\text{kWh}/\text{m}^2$ 。

三、经营模式

项目采用 BOO 的经营模式，企业采取“自主投资、自主运营、自负盈亏”的方式，为该小区提供地热供暖服务。

项目建设范围不仅包括终端供热站的建设，还包括热源系统、输配系统建设，与燃气取暖和电取暖相比，不受气源影响、不会造成电网改造等额外投资。企业投资地热能取暖项目，通过收取基础设施配套费，用于集中供热投资的部分补偿，再通过收取取暖费逐年收回投资，维持供暖运行和获取利润。在这种经营方式下，企业更加看重长期可持续发展带来的经济效益，对工程质量和供暖服务尤为重视，居民长期供暖效果有保障。但在项目建设初期，地热企业承担的资金压力较大，限制了快速发展。由于居民享受与其他取暖方式相同的价格，不增加缴费负担的同时，享受了空气质量的改善，对地热供暖的接受程度很高。

四、效益分析

项目总投资 2840 万元，目前年度收入暖费 277.6 万元，年营业成本 212.5 万元，其中动力成本 200.4 万元，税金 12.1 万元，营业利润 65.1 万元。采用中深层水热型地热供暖，虽然先期投资较大，但其运行成本远低于天然气供暖方式。

项目采用分布式供热方式，清洁环保，一定程度上缓解了市政集中供热供气紧张局面，降低了化石能源消耗。建设完成后相比于燃煤集中供热项目，每个供暖季可节省标准煤 1585t，减排二氧化碳 3888t，减排二氧化硫 54.2t。

五、突出亮点

书香河畔供暖项目采用中深层水热型地热能，目前单井间接换热供热能力就能够超过 15 万 m^2 ，项目运行系统综合能效可达 30。间接换热后的低湿地热水再通过热泵梯级利用，进一步提高地热能利用率，利用后的地热尾水通过回灌设备处理后回灌至

同层位的地热回灌井内。项目“取热不耗水”，保证了地热资源的可持续开发，属于高效热能利用方式，经济效率及节能效益显著。2019年被陕西省住建厅评为中深层地热能建筑供热试点示范项目。

六、问题和建议

1. 地热尾水回灌是保护地下水水资源，保护生态环境，保证地热资源可持续开发的前提。但是地热尾水回灌需要较大的投资，孔隙型砂岩热储回灌技术难度大，需要企业同时具有较强的社会责任感、技术研发能力和资金保障能力做保障。因此，在地热开发管理方面，要制定环保准入门槛，对开发企业严格筛选，对尾水回灌严格监管，推动地热资源的科学开发与高质量开发。
2. 由于地热的清洁属性和供暖的民生属性，中深层地热供热属于微利行业，现阶段对于地热完全回灌项目，建议减免地热资源税，保障行业良好发展环境。

1.30 甘肃省定西市通渭县姜家滩小学中深层无干扰地热能供暖项目

一、项目基本情况

项目名称：通渭县姜家滩小学中深层无干扰地热能供暖项目

建设单位：设计和施工单位为甘肃省建材科研设计院有限责任公司，建设单位为甘肃省定西市通渭县教育局。

建设规模：项目建设无干扰地岩热换热（井）孔2口，地岩热换热孔有效深度约1250m；安装换热器2套，地岩热机组1台等。项目总供热面积14697 m²，热负荷840.19kW，供热建筑包括小学综合楼、教学楼、食堂、厕所、大门、教研楼，以及附属幼儿园综合楼、活动楼。

建设投资：项目属定西市通渭县2017年全面改薄项目。总投资金额为444.10万元，其中申请专项资金95万元，其余349.1万元由当地财政支付。当地年供暖期为5个月，前期建设和后期运行成本约0.9元/m²·月。

运行时间：项目于2019年11月建设完工并投入使用。截至2024年1月，已运行4个供暖季，正在运行第5个供暖季。

所在地概况：通渭县位于甘肃省中部，定西市东侧，介于东经104°57'~105°38'、北纬34°55'~35°29'之间。境内有丰富的地热资源。项目地通渭县平襄镇于严寒C区，年均气温5.7~7.7°C。姜家滩小学地处县城郊区，周边没有市政集中供热管网。为实现冬季正常供暖，经对比研究，本工程项目利用中深层地岩热技术供暖。

二、技术路线及工艺流程

1. 负荷情况

本项目主要包括通渭县姜家滩小学综合楼、教学楼、食堂、厕所、大门、教研楼，以及第六幼儿园的教学楼和教研楼，总供热面积约1.4万m²，总供热负荷840.19kW。

从建筑气候分区上通渭县属于严寒C区（1C），年均气温5.7~7.7°C，建筑物内设置供暖设施，供暖末端为散热器，各房间室内温度满足国家规范要求。

校园工程的供暖要求与学校的作息时间密切相关，负荷变化较大，人员密集、集中，行动统一，具有明确的间歇性使用特点。本项目仅在正常学习时间供暖，即一周

5天供暖周末双休日不供暖、节假日不供暖，且学生放学后晚上不供暖，在非供暖期间，系统达到防冻要求即可。

2. 技术路线

1) 技术思路

中深层无干扰地热能供暖技术是中国工程院原副院长徐德龙院士于2009年左右，针对浅层地热利用技术和水热型技术存在的弊端和瓶颈，提出的新型地热利用技术。该技术利用地层中普遍存在的地温梯度，向地下一定深处岩层钻孔，在钻孔中安装封闭循环的换热装置，通过专用设备系统向建筑物供热。技术思路是将软化水注入换热装置，通过换热装置将地下深处的热能导出，再通过地上专用设备系统持续稳定向建筑物供暖，与冷却水塔等冷源端结合后，还可实现夏季空调制冷，运行示意图如图1、图2所示。

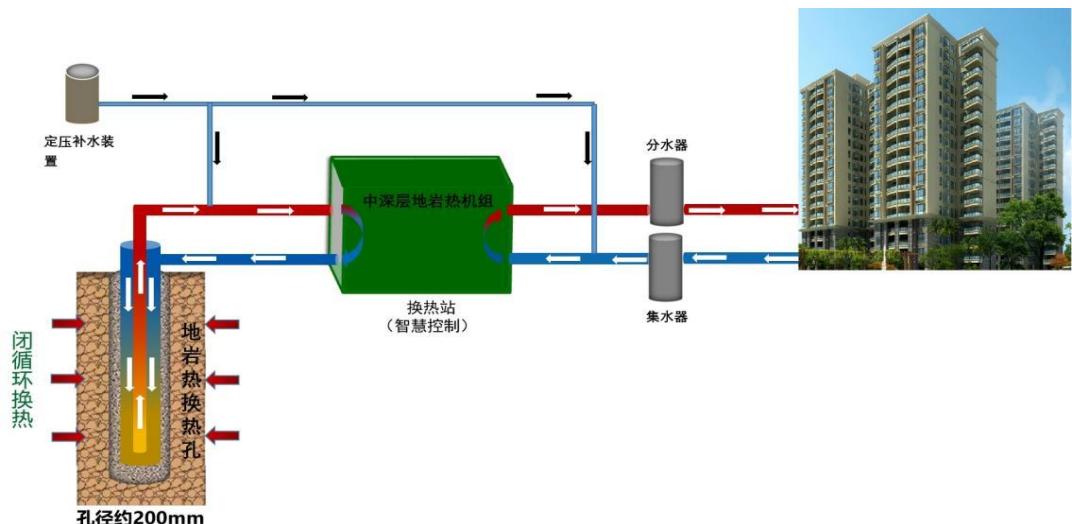


图1 系统供热示意图

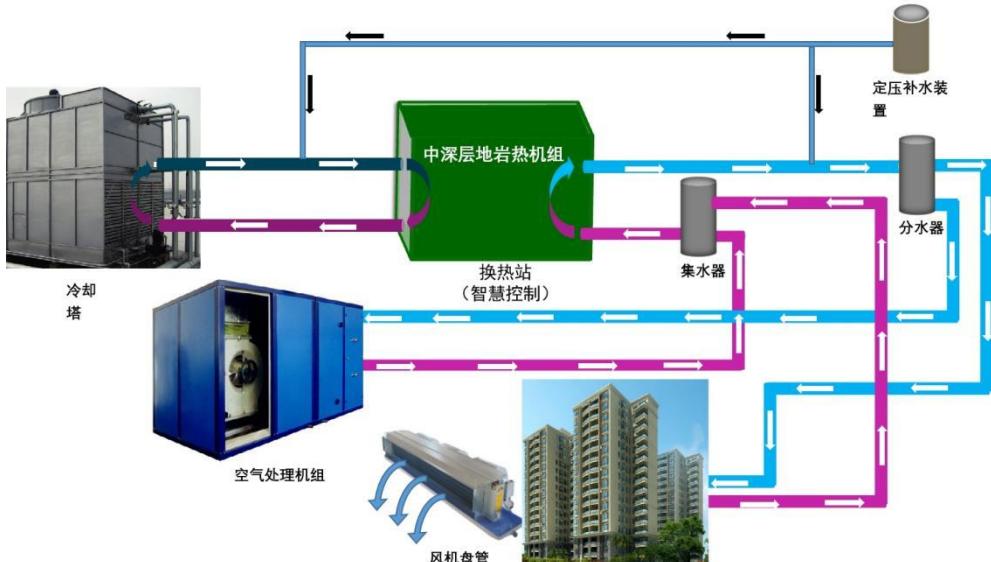


图 2 系统制冷示意图

2) 技术特点

中深层无干扰地岩热供暖技术最主要的特点是“井下封闭换热，取热不取水，对自然环境无干扰”，是《地热能开发利用“十三五”规划》加强研发的关键技术。该技术不受场地、气候条件制约，不占用土地，对地下水、土壤等地质环境无影响，具有绿色低碳、安全可靠、无需市政管网接入、可分布式建设、运行成本低等优点。

此外，中深层地岩热克服了浅层土壤源热泵热总量小、热补偿不易平衡，长期使用易出现“热衰减”，造成效率下降、后期运行费用逐渐增加的问题。彻底避免水热型技术取用地下水、100%同层回灌困难、地下水受到严格保护的问题。

3) 技术适用性

(1) 空间范围：中深层无干扰地岩热供暖技术利用的是“岩热型”地热能，它存在于由地温梯度（地层温度随着深度的增加而升高，地壳平均地温梯度为 $+3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ）自然形成的高温岩土体中。由于地温梯度是普遍存在的，因此岩热型地热资源也是普遍存在的，只是地温梯度高低的问题，无需特定的地质勘探，其应用的空间范围普遍适用。

(2) 时间范围：中深层地热能主要来自地球内部的熔融岩浆，由地核经地幔对流传导至地表，以及地壳上部放射性生热元素的衰变，它们都属于普遍存在于深部岩石圈中的地球内热能，相对于人类目前技术能力可开采利用的热能量级，地球内热的

总量非常丰富。

该技术在实际应用中投入了大量的科学研究，甘肃省建材科研设计院有限责任公司通过与西安建筑科技大学徐德龙院士团队和上海交通大学合作开展数值模拟研究和实验验证，明确了中深层地岩热井的井间距、非供暖季热恢复期等关键问题，主要研究结论为：中深层地温恢复期为 90 天，因此中深层地岩热供暖系统的地热井温度在非供暖季能够完全恢复，不会出现热衰减现象。

数值模拟结果见图 3、图 4 所示。

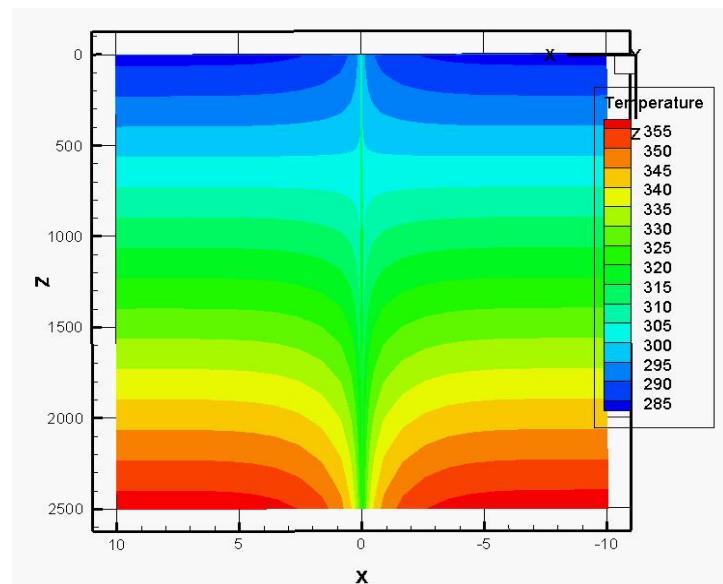


图 3 热影响半径

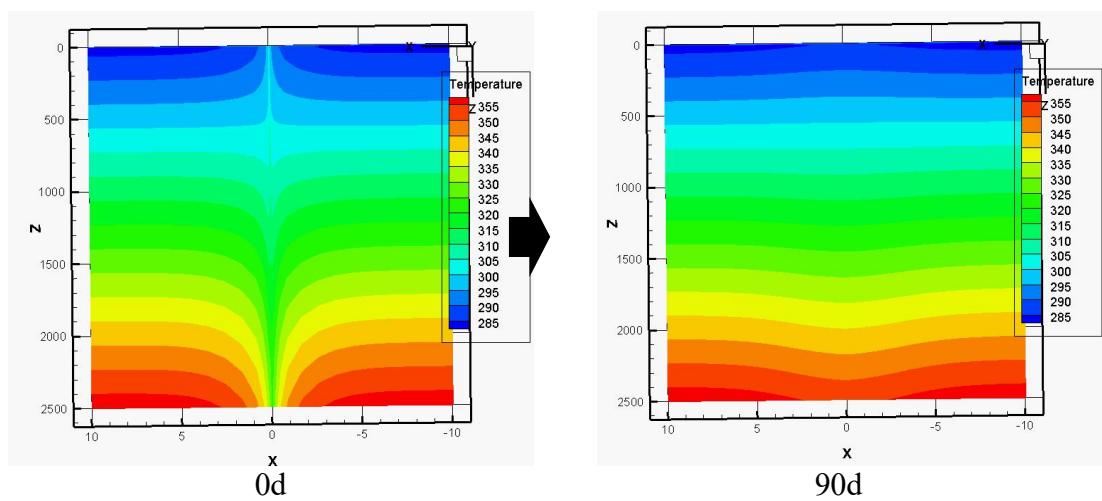


图 4 非供暖季热恢复期

3. 系统配置

1) 系统构成和配置

本项目针对姜家滩小学这一特定供热末端，利用新型可再生能源——中深层无干扰地热能供暖技术，在通渭县姜家滩小学中实现清洁无煤化、高效、低成本供暖。该系统主要构成包括室外地岩热换热系统和供热站机房，地下换热器采用特种钢材制造，耐腐蚀、耐高温、耐高压，寿命与建筑寿命相当（不小于 50 年），主机设备寿命不小于 20 年。换热器孔径小（200mm），深度在 1000m 以下，对建筑地基无影响，全系统低温低压运行，无化学反应，系统稳定可靠、无安全隐患，且系统供热不受气候环境、燃气热力等外购能源的限制，可完全实现自主化供热，能效比 COP 值可达到 5.0 以上，运行成本较低。

室外地岩热换热系统配置见表 1，供热站机房主要设备配置见表 2。地岩热机组在冬季提供 55/45°C 的供暖热水，机房面积约 60 m²，机房净高 > 4.0m。

序号	名称	配置
1	无干扰地岩热换热孔数量	2 口
2	无干扰地岩热换热器数量	2 套
3	地岩热换热孔有效深度	约 1250m
4	地岩热换热孔孔径	约 200mm
5	地岩热换热孔间距	10~15m

序号	设备名称	参数	数量	备注
1	地岩热机组	$Q_R=855\text{kW}$, $N=155\text{kW}$	1 台	
2	用户侧循环泵	流量: $90\text{m}^3/\text{h}$, 扬程: 20.3m $N=7.5\text{kW}$	2 台	1 用 1 备
3	用户侧定压补水装置	定压罐容积 0.82m^3 ; 补水泵 $Q=3\text{m}^3/\text{h}$, $H=19\text{m}$	1 套	
4	热源侧定压补水装置	定压罐容积 0.82m^3 ; 补水泵 $Q=3\text{m}^3/\text{h}$, $H=19\text{m}$	1 套	
5	软水系统	软水器产水量: $5\text{m}^3/\text{h}$ 水箱容积: 4m^3	1 套	

2) 智能控制系统

项目设计和建设根据学校供热需求特征，设计了地热直供和机组供热双模式系统，日常采用机组供热，供暖季初/末期及寒假期间采用直供模式，从而大大降低了供暖运行费用。教学期间的室内温度保持在 18~20°C。

系统运行原理图见图 5, 项目建设地实景图见图 6。

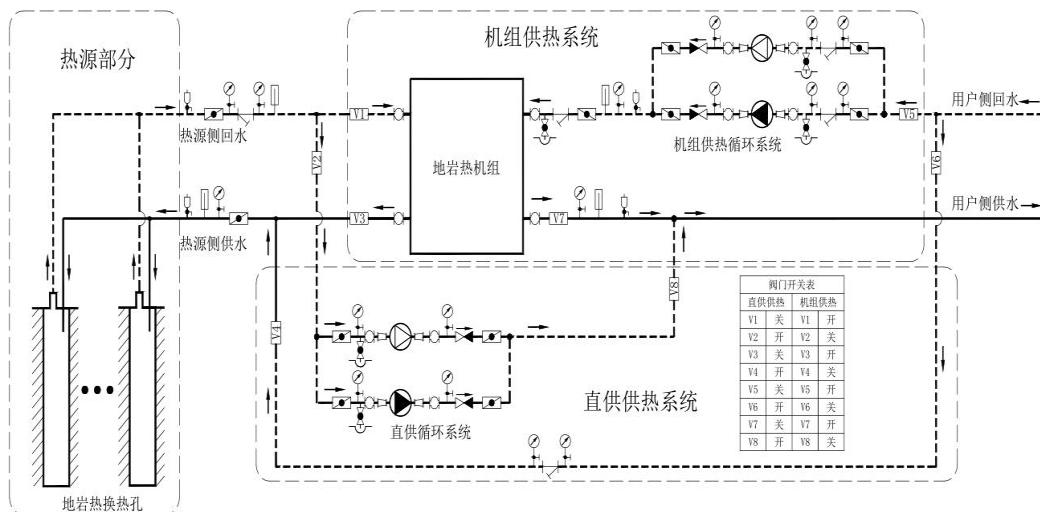


图 5 系统运行原理图



图 6 项目建设地实景图

为提高系统能效,降低运行费用,系统采用互联网技术与自动控制技术结合,实现智能化控制。智能控制系统采用现场设备与采集终端直接通讯,采用 GPRS 数据远程传输的方式进行数据采集与传输。现场数据采集传输终端设备可以实现监测数据实

时采集、实时在线，通信采用定时自报、事件加报和预测兼容的工作体制。其主要采集现场的温度、压力、流量和热量等过程检测信号和设备运行状态等，实现分散数据的集中采集。测控终端按指定时间间隔定期上报监测数据，现场发生异常状态，终端主动上报告警信息，保障系统的时效性。软件定时下发采集命令，采集现场所有测点信息，采集时钟基准统一为计算机时钟，保证数据同时性。用户在需要时，通过软件下发命令，采集指定测点当前数据。其结构图如下图 7 所示：



图 7 智能控制系统构架图

4. 运行情况

该项目正在运行第 5 个供暖季，自投运以来，系统工作稳定，运行可靠，调节灵活。截至 2023 年 4 月 22 日，系统前 4 个供暖季累计消耗电能 503,969kWh，电费单价约 0.5 元/kWh，电费约 25.2 万元，平均运行成本 0.9 元/m²·月，远低于市政供暖 5.0 元/m²·月。每个供暖季前 15 天和结束后 20 天，每日早晨采用直供系统供热约 3h。投运时热源侧、用户侧系统共注水 170t，正常运行后，每个供暖季补水约 10t。能源消耗量及综合能源折标量见表 3，总综合能耗当量值 61.95tce，等价值 151.25tce。

能耗种类	单位	年消耗量	折标系数		折标准煤（tce）
电力	kW·h	503969	当量值	0.1229kgce/kWh	61.9
			等价值	0.3kgce/kWh	151.2
新水	t	210	0.2571kgce/t		0.05
本项目综合能耗			当量值	61.95	
			等价值	151.25	

三、经营模式

本项目是定西市通渭县 2017 年“全面改薄”项目，既是一项扶贫工程，也是兜底工程。项目总投资金额为 444.10 万元，其中申请专项资金 95 万元，其余 349.1 万元由当地财政支付。

项目设计和建设根据当地的地热资源与学校供热需求特征，设计了地热直供和机组供热双模式系统，日常采用机组供热，供暖季初/末期及寒假期间采用直供模式，从而大大降低了供暖运行费用。教学期间的室内温度保持在 18~20°C，供暖成本仅为约 0.9 元/m²·月，远低于当地市政供暖收费标准公共建筑 5.0 元/ (m²·月)；极大地节约了校方的资金，获得了校方好评。

四、效益分析

1. 经济效益

根据不同使用功能、不同供暖时段的建筑，制定不同供热策略，可有效减少热能损耗，降低运行费用。如本项目依据节假日、休息天等非正常教学时段和正常教学时段，分别制定了不同控制策略，设定地岩热系统自控控制运行。非正常教学时段，系统低温运行，教学时段系统按照供暖需求，正常运行，有效减少了热能损耗，降低了运行费用。该项目若采用集中供热，每年的供暖费用约为 35 万元，而采用中深层地岩热供热系统每年仅需供暖费 6.3 万元，每年可节约费用支出约 28.7 万元，经济效益合理。

2. 环保效益

根据当地地热资源，有针对性地设计直供系统，可有效发挥当地地热资源优势，最大程度降低运行费用。如本项目学校在供暖初期和供暖末期采用直供系统供热在满

足学校、幼儿园供暖需求的情况下，每天仅耗电约 80kWh；与燃煤锅炉相比，采用中深层地热能供暖技术，一个供暖季（五个月）可节约标准煤 338t、减少 CO₂ 排放量约 835t、减少 SO₂ 排放量约 6.76t、减少氮氧化物排放物约 2.50t、减少粉尘排放量约 3.38t，节能减排等环保效益明显。

五、突出亮点

1. 本项目亮点

本项目采用“井下封闭换热，取热不取水，对自然环境无干扰”的“中深层无干扰地热能供暖技术”进行供暖，具有分时供热、自动化运行、实现无人值守、流量自平衡、节能高效、绿色低碳、运行费用低等特点。结合小学特定的应用场景，通过充分利用中深层地岩热的技术特点，以及管网优化实现不同时段不同区域用能的智能化控制和调度，按照区域分布式供热方案进行总体设计，满足校园内所有建筑的供暖需求，为师生提供安全舒适的学习工作环境。

项目主要创新点如下：

（1）采用中深层地岩热井直供系统，设计和实际运行中优先开启中深层地岩热井直供系统，可在供暖初期和末期热负荷较低的阶段满足校园内供热需求，当供热中期和极端天气热负荷较高时才开启地岩热主机，这样大大降低了主机工作时间，从而降低了运行费用。

（2）输配水力系统采用大流量、小温差设计，楼内不再单设泵站。这样可大大降低水力管网的阻力，增强系统水力的稳定，节能效果更加明显。系统中动力泵设备的减少，可有效降低设备故障率，进一步提高供热的可靠度。同时完全避免了由于楼内动力泵低频噪音对室内办公、居住造成影响，舒适度也得到了很大提高。

（3）设计了以“互联网+”、智慧校园等为基础，由无线智能测量系统、供热信息管理系统、智能控制调度系统组成的能源综合管理平台。使系统能够更加精准地实现实时调节、调度、管理，提高整个系统对地热资源的利用率，有效降低供热耗能，保证了系统可靠、稳定、经济运行。

2. 中深层无干扰地热能供暖技术经验做法

经过近十年的技术储备和突破，甘肃建材院已申请 30 项中深层地热技术相关专

利，编制完成中深层地岩热供暖技术全国首部规范《中深层地岩热供热系统工程技术规范》DB62/T 3144-2018，已在甘肃兰州、定西、天水、庆阳等地建成投入使用和正在建设的中深层无干扰地岩热开发利用供暖（热水）/制冷面积超过 100 万 m^2 ，在地热能开发利用领域积累了丰富的科研成果和实践经验。

其他主要项目情况如下：

（1）天水市职教园区中深层无干扰地岩热（供暖/制冷）项目

天水市职教园区供暖项目是甘肃省重大建设项目，是甘、宁、新、青、藏、内蒙古等六省建设最大的中深层地热供暖制冷项目。该项目占地面积 1200 余亩，总建筑面积 60 万 m^2 ，其中供热/制冷面积 50 万 m^2 ，整个园区划分为西侧教学区、东侧生活区和附属小学三个分区。该项目共 32 口换热孔，总热负荷约 29MW，总冷负荷约 20MW，地岩热井深约 2200m。

工程完工后可满足职教园区西侧教学区、东侧生活区和附属小学区三个分区 60 万 m^2 建筑的供热需求。由于地热项目投资较大，本项目通过夜间将教学区的热量传递至生活区，提高生活区供热量，减少打井数量，从而降低投资。

（2）兰州中川国际机场三期扩建项目中深层地岩热供热项目

兰州中川国际机场三期扩建工程中深层地岩热供热项目位于兰州中川国际机场三期扩建工程飞行保障区，于 2023 年 3 月开工建设，目前项目已全部完工，共计供热量 4800kW，配置 8 口换热孔、4 台地岩热机组及相应的附属设备（含航油工程）。该项目的实施进一步拓展了中深层无干扰地热能供暖技术的应用场景。

据测算，该项目在一个供暖季节约标准煤 1535.1t，CO₂减排 3791.36t，SO₂减排 30.7t，粉尘减排 15.35t，节能减排效果十分显著，具有良好的社会和环境效益，对打造绿色机场、践行绿色发展理念，促进北方地区清洁供暖具有重要示范作用。

（3）西吉县将台堡镇中心小学中深层无干扰地岩热项目

该项目总建筑面积 13215 m^2 ，总热负荷 665kW，配置换热孔 1 口，配套地岩热机组及附属设备一套，新建 84 m^2 供热机房一座。目前，项目建设已全部完成，2022 年 8 月 30 日进行交付。相比燃煤锅炉，在一个供暖季，可以替代标准煤约 323.12t，减少 CO₂ 排放约 798.12t，减少 SO₂ 排放约 6.46t，减少粉尘排放约 3.23t，节能减排效

果十分显著。

该项目是宁夏回族自治区首个中深层无干扰地热供暖工程，对探索宁夏地区地热能等可再生能源冬季清洁取暖具有重大示范效应与引领作用，填补了宁夏地区中深层地热能清洁供暖技术及工程实例空白。

六、问题和建议

1. 存在问题

该项目的主要不足之处在于，由于中深层无干扰地热能供暖技术在甘肃省的应用尚在起步阶段，还需要更进一步的研究以推动技术进步，从而使其系统更优化、能效更高。此外，该技术的规模化应用还需政府政策与资金的大力支持，以引导深层无干扰地岩热供暖技术在全国范围内的广泛应用，助力能源转型发展。

2. 推进地热能开发利用的建议

(1) 加大政策支持。建议国家相关部委设立节能减碳等专项资金，对中深层无干扰地岩热能供暖技术给予一定额度的奖补或基础设施专项配套资金支持。

(2) 树立典型示范。建议在地热利用基础较好的河西地区和中央财政冬季清洁取暖试点城市选取不同的应用领域建设地热能开发利用示范县（区），打造一批生态低碳型新能源城市典范。鼓励政府投资项目、国有企业投资项目优先使用中深层无干扰地岩热供暖技术。建议相关部门在评定零碳园区和绿色园区时，将清洁能源作为评定条件之一。

(3) 开展资源勘查。建议协调自然资源部研究完善地热能勘查评价方法体系，开展地热资源勘查，建立完善地热能资源数据库。

(4) 强化技术攻关。建议设立地热能开发利用科技攻关专项，加快突破地热能多样开发利用关键技术和工艺。鼓励发展低能耗建筑技术、智慧供能控制技术等，进一步降低地热能开发利用的初始投资。

(5) 布局相关产业。建议协调工信部、住建部等部门，整合国内外地热相关企业单位，培育集勘察评价、装备制造、建设施工、技术服务等为一体的地热能产业链条，构建完整的地热能体系，努力打造具有一定竞争力和比较优势的新型节能环保产业集群。

1.31 共和县地热供暖改造示范项目

一、项目基本情况

共和盆地范围内经省水勘院初步探明了地热资源情况，盆地 200k m²范围内贮藏有丰富的地热资源。根据《青海省建设国家清洁能源示范省工作方案（2018—2020 年）》和州县“十四五”规划提出的创建清洁能源供暖示范县和打造“零碳城市”目标，提出了建设地热能供暖示范项目并积极申报，主要为今后全面推进地热资源开发利用可行性、开发方式和规模积累数据支撑和经验。

2020 年 7 月省能源局批复共和县地热供暖改造示范项目，采用一采一灌方式供暖，供暖面积 4.9813 万 m²。主要新建 2 口热源回灌井、520 m²供热机房 1 座，布置热泵机组、换热器、循环水泵、定压补水装置、回灌系统、配电柜等设备。项目总投资 2001 万元（中央预算 1600 万元、省级配套资金 201 万元、县级配套 200 万元），2021 年 10 月完成供暖面积 5 万 m²，供暖效果良好，2022 年扩大供暖面积至 22 万 m²，实现海南州共和县城北新区 1 号片区地热供暖全覆盖。

项目所在地共和县地处中国最美五大湖之首的青海湖之南，母亲河黄河之北，素有“海藏通衢”“进藏咽喉”之称，是全省农牧区连接带。全县辖 7 镇 4 乡、99 个行政村、18 个社区；总面积 1.73 万 k m²，总人口 13.34 万人，有藏、汉、回、蒙、撒拉等 22 个民族，少数民族占总人口的 74.24%，县府恰卜恰距省会西宁 142km，平均海拔 3200m，年平均气温 0.7~6.3°C，年平均降水量 250~420mm，属高原大陆性气候。一是承东启西，区位突出。共和东临西宁、背靠西藏、辐射青南，青藏、青康两条国道和共玉、共茶高速横贯全境，属西宁“一小时经济圈”、兰西城市群规划范围和“泛共和盆地”城镇区的区域中心城市，是承接幸福”大西宁“和连接海西、青南、西藏等地商贸物流的枢纽和重要集散中心；二是农牧交错，特色鲜明。全县有耕地 50.59 万亩，青稞、油菜等特色种植面积占 90% 以上；有可利用草场 1828 万亩，存栏各类牲畜 160 万头只，冷水鱼产量占全国的 65% 以上、全省的 90% 以上，是全省重要的畜牧业生产基地；三是风光旖旎，气息浓郁。北临全省 5A 级王牌景点青海湖，南接龙羊湖，水域面积 383k m²，库容 247 亿 m³。历史上的“羌中道”“丝绸之路”青海道、

“唐蕃古道”跨越境内，日月山、倒淌河等著名景点在境内。共和县先后被命名为全省民族团结进步先进县、全国民族团结进步示范县和模范集体、2018-2020 创建周期全国文明城市提名城市，素有中国藏族情歌之乡美誉；四是资源富集，能源充足。全县清洁能源总装机容量达3136万kW，是全省两个“千万kW级”可再生能源基地之一。地热资源储备丰富，具有温度高、埋藏浅、分布广的特点，2017年在地下3705m深处钻获温度达236°C以上的干热岩。

2022年，完成地区生产总值104.83亿元、增长3%；完成全社会固定资产155.12亿元，剔除新能源投资增长17.85%；规模以上工业增加值增长11.1%；完成一般公共财政预算收入8亿元，同比增长37.74%；完成社会消费品零售总额17.96亿元，增长2.2%；城乡居民可支配收入达38018元和16400元，分别增长3.4%、6.3%。地区生产总值、一二产业、工业增加值、社会消费品零售总额、全体居民人均可支配收入、城镇居民人均可支配收入等指标增速位列全州第一。

二、技术路线及工艺流程

1. 负荷情况

该项目通过取用地下深层热水资源，经换热至供暖系统实现供热。该项目用电负荷主要为换热设备及泵机，用电负荷约为1680kW。

2. 技术路线

采用深井潜水泵下至井内300m深度位置抽取地下热水，取水温度90°C左右，再通过水处理设备送至设备机房进行换热。换热通过板式换热器及配合热泵机组提升热量，采用四级取热方式。第一级采用板式换热器直接取热，用于直接加热系统供水，设计板换一次侧进出水温度为90°C/66°C，二次侧进出水温度为65°C/70°C。第二级采用板式换热器直接取热，用于直接加热系统回水，设计板换一次侧进出水温度为66°C/51.6°C，二次侧进出水温度为50°C/73°C。第三级采用板式换热器间接取热，配合热泵主机提升回水温度，设计板换一次侧进出水温度为51.6°C/30°C，二次侧进出水温度为25°C/40°C。第四级采用板式换热器间接取热，配合热泵主机提升回水温度，设计板换一次侧进出水温度为30°C/16°C，二次侧进出水温度为15°C/25°C。地下热水经过以上四级取热后温度降至16°C，再通过回灌设备回灌至回灌井内，以实现“取热

不取水”的理念。

3. 系统配置

主要设备有：离心式热泵机组（制热量 3000kW、2180kW 各一台）、末端热水一次循环泵（流量 240m³/h、170m³/h 各两台）、热源循环泵（流量 144m³/h、149m³/h 各两台）、末端热水二次循环泵（流量 240m³/h 共三台）、板式换热器（2800kW、1680kW、2390kW、1650kW）、定压补水装置（补水泵流量 1m³/h，6m³/h 各一套）等。

4. 运行情况

该项目主要能源消耗为地热能，供暖期 24h 运行，确保恒定温度低温常供。

三、经营模式

该项目总投资 2001 万元（中央预算 1600 万元、省级配套资金 201 万元、县级配套 200 万元），由第三方供热公司以特许经营方式运营，该项目建成前全县均为天然气锅炉供热，居民取暖费收费标准为 5.45 元/m²/月，2021 年该项目建成后，综合全县集中供热，2021—2022 年供暖期居民取暖费收费标准下调为 5.35 元/m²/月，2022—2023 年供暖期经成本核算后居民取暖费收费标准下调为 5.1 元/m²/月。

四、效益分析

通过测算，示范项目建成后可节约天然气费用 200 万元，相当于节省标准煤 10 万 t，减少碳排放 30 万 t。一是优化新能源在整个能源结构中的占比，对能源结构的进一步优化、调整等起到积极作用，可为政府节能减排层面排忧解难；二是地热能供暖成本低于传统供暖方式，可降低广大群众生活成本，切实感受党和政府带来的惠民成果；三是为创建清洁能源供暖示范县和打造“零碳城市”奠定了基础。同时，还可以通过申报“中国地热城”“国家地热资源综合开发利用示范县”，扩大共和知名度和影响力，吸引更多的客商投资兴业、共谋发展。下一步通过示范项目的实施积累的可复制可推广的经验，争取更多的资金对县城内其他供热项目进行改造，实现县城地热供暖全覆盖。

五、突出亮点

该项目取用地下深层热水资源，经换热至供暖系统，热水温度充分利用后进行回灌，循环重复利用，实现“取热不取水”“零碳供暖”。

六、问题和建议

一是加大和省州自然资源部门的衔接力度，推动采矿权权属问题尽快得到解决；二是继续探索优化供暖工艺、管理模式等，同时设计开发智慧运营管理平台系统，统一管理，做到供热站无人值守，大大节约运营成本；三是探索碳交易试点，共和县恰卜恰地热供暖项目可通过项目识别、项目设计、审定认证、国内（外）申报、项目注册、第三方核证、签发/交易和期间核查 8 个方面的碳资产开发流程进行，后期全县实现供暖面积 200 万 m²，估算年减排二氧化碳 5.4 万 t，预计收入 270 万元（按国内碳交易市场 50 元/t 计），地热供暖期限 20 年，共和县恰卜恰镇地区碳交易能形成 5400 万元收益；四是目前共和县地热供暖正在起步阶段，望在项目建设、科研等方面给予资金支持。

1.32 西吉县将台堡镇中心小学中深层地岩热系统供热项目

一、项目基本情况

项目名称：西吉县将台堡镇中心小学中深层地岩热系统供热项目

建设单位：固原市生态环境局西吉分局

建设规模：本项目供热对象为西吉县将台堡镇中心小学，总建筑面积 13215 m²，包括学生宿舍 4700 m²，教学及辅助用房 7176 m²，学生食堂 614 m²。项目设计供热负荷 665kW，供暖末端为钢制/铸铁壁挂散热器，供暖期为每年 10 月 15 日至次年 4 月 15 日，共 6 个月。

项目建设一口中深层地岩热换热孔，孔深 2500m；建设供热机房一座，机房面积 84 m²，机房内主要设备包括中深层地岩热主机一台，用户侧循环泵两台，定压补水装置两套，软化水装置一套及相关配套电气、仪表、管道等附属设施设备；对供电系统进行扩容；更换学校供暖主管网等。

建设投资：项目建设总投资 550 万元。

运行时间：项目于 2022 年 10 月 15 日建成并投入运行。

所在地概况：西吉县 2020 年西吉县城乡居民人均可支配收入 14755.6 元，“十三五”年均增速 10.4%。城镇居民人均可支配收入 28975.00 元，年均增长 7.7%；农村居民人均可支配收入 11791.5 元，年均增长 11.4%。农村居民人均生活消费支出从 2015 年 5780.6 元增加到 2020 年的 9580.6 元，年均增长 10.6%。

从资源承载水平看，2021 年宁夏全区原煤产量 8632.9 万 t，而煤炭消费量为 1.6 亿 t，煤炭缺口 7000 万 t 以上。从环境容量来看，2021 年宁夏万元 GDP 能耗、万元 GDP 用水量、万元工业增加值用水量、二氧化硫、氮氧化物排放强度分别为全国平均水平的 3.54 倍、2.7 倍、5.8 倍、3.43 倍和 3.59 倍。面对与日俱增资源和环境压力，要求宁夏必须着力优化能源结构，压减煤炭消费，发展清洁能源。加快地热能开发利用，可为宁夏调整能源结构、缓解能源供应压力、减轻大气污染和建设美丽新宁夏提供一条切实可行的新途径。

西吉县主要采用燃煤锅炉和小锅炉供暖。北方清洁取暖改造以来开始推广可再生

能源取暖，可再生能源主要以生物质、空气源热泵为主。据相关报道西吉县每年产生废旧木材、农作物秸秆等约 15 万 t，可加工生物质颗粒约 10 万 t，能满足约 2.5 万农户推广生物质锅炉取暖的需求，占全县农村常住户的 37%。该地区其他可再生能源还包括太阳能和地热能，但太阳能仅仅用于生活热水，占比很低，地热能的开发近乎空白。

二、技术路线及工艺流程

1. 负荷情况

本项目所在地为严寒气候区，供暖季室外平均温度-13.1°C、供暖室外计算温度-13.2°C，供暖室外平均温度-1.9°C，室内设计温度均为 18°C。

本项目供热对象为将台堡镇中心小学，总建筑面积 13215 m²，其中学生宿舍 4700 m²，教学及辅助用房 7176 m²，学生食堂 614 m²。供暖期为 6 个月（180 天），依据建筑特点供暖系统每天 24h 运行。

项目设计热负荷为 665kW，年供热量约为 6497GJ。

2. 技术路线

2.1 技术思路

将台堡镇中心小学前身是将台堡镇第一小学，是一所具有 90 年历史的乡级中心小学，2013 年迁至现校区，现占地面积 66700 m²。学校原有供热系统采用燃煤锅炉，随着国家“碳达峰、碳中和”战略的深入实施，亟需采用清洁、低碳且稳定可靠的清洁供热技术，破解传统供暖方式受市政配套、资源和政策条件限制的难题。

项目选择供热热源的技术思路如下：

（1）利用清洁可再生能源。项目所在地是我国革命发源地也是红色旅游胜地，对生态环境要求较高，燃煤等方式已不能适应发展要求，因此必须采用清洁可再生能源作为供暖热源，符合国家双碳战略和生态环境保护的要求。

（2）提高供热管理水平。在安全可靠的基础上，采用清洁能源，减少对传统化石能源的消耗，选用国内先进技术和先进设备。

（3）提高自动控制水平，减轻劳动强度，降低运行成本，发挥项目经济效益和社会效益。

(4) 集约利用土地资源。充分利用建筑本身和现有热力管道，尽可能节约投资。结合以上地域特点、供热要求、政策方向等综合因素，本项目选择以中深层地岩热作为供热热源。

2.2 技术原理

中深层地岩热应用技术是通过在地下安装同轴套管换热器，从地下中深层岩土层取热，再由地面专用设备系统向建筑物或末端供热，解决人们对供热、热水、制冷及发电的能源需求。该技术“取热不取水”将低品位的中深层地岩热开发和利用转变为高品位并加以利用，避免了直接开采地下热水资源带来的一系列问题。目前中深层地热能开发供暖技术已成功在国内超过 2 亿 m^2 的建筑中进行了推广使用，是典型的绿色低碳供暖技术。技术原理如下图所示。

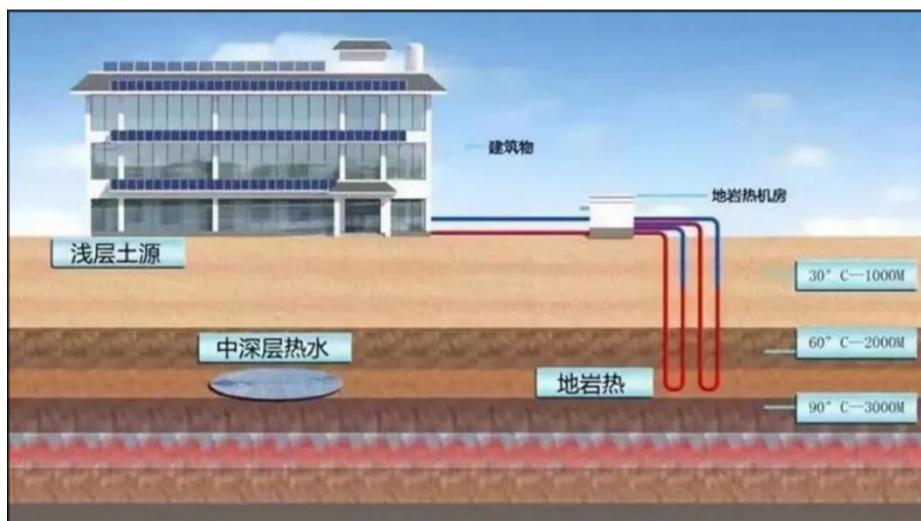


图 1 中深层地岩热供热原理图

中深层地岩热技术最主要的特点是“井下换热、取热不取水”；“零污染、零碳排放”；对地下水、土壤等自然环境无干扰；不受地域条件限制；不会因为地下热水资源的枯竭而枯竭。单口换热井直径仅为 200mm，井位可在建筑物周边灵活布置。该系统操作简便、安全可靠、无人值守，对自然环境无干扰，用户可自主调节、自主供热，运营成本低廉，全系统与建筑物同寿命，符合国家低碳发展和清洁供暖等相关政策的支持方向。主要技术特点如下：

(1) 安全可靠

①地下换热器采用特种钢材制造，耐腐蚀、耐高温、耐高压，寿命与建筑寿命相

当（不小于 50 年），主机系统寿命 20 年。

②孔径小（200mm），深度在 2500m 左右，对建筑地基无影响。

③全系统低温低压运行，无化学反应，系统稳定可靠、无安全隐患。

④系统换热管道丝扣连接，钻孔孔径比换热管径大 6cm 左右，且不完全垂直，在发生震动和地震时，有足够的变形空间，管道全长在 2500m 左右，本身的弹性安全变形完全不受震动和地震影响。

（2）自主供热，灵活建设，适用范围广

①系统供热不受气候环境、燃气热力等外购能源的限制，可完全实现自主化供热。系统自动化程度高，实现无人值守。

②就近取热，地下中深层岩土热能稳定，2000m 深处地温普遍在 60~70°C，通过供热机组可将供热温度稳定在 50°C 以上，适合大面积、分布式供热需求。

③钻孔位置可就近建筑物选定，比较灵活，一般不受场地条件制约。地热井不占用地面面积，供热机房占地面积较传统锅炉房小。

④可根据项目进度需要，分期、分布式建设，井位可在建筑物周边灵活布置，可实现社区、住宅小区乃至楼栋的分布式自主供热。

（3）运行经济

①无长距离输送动力能耗和沿程温降损失能耗。

②一个换热孔可提供 600~700kW 的负荷，可满足约 1.5~2 万 m² 的居住建筑供热需求。

③环保节能，全系统能效比 COP 值可达到 5.0 以上，用电负荷小，运行成本低廉。

④系统主要设备与建筑同寿命，维护保养和设备更换费用低。

（4）节能环保

①无废气、废液、废渣排放，能量来自中深层地热，碳减排效果显著。

②系统与地下岩层物理隔离，只取热不取水，对地上地下水环境均无干扰。

2.3 技术适应性

2.3.1 地热资源具备开发利用条件

（1）宁夏地区中深层地热资源非常丰富。已探明的地热资源有银川平原地热田、

卫宁平原以南牛首山—罗山冲断带地热田、双井—楼房沟断裂带地热田、庙山湖地热田；同时从远景来看卫宁北山地热区、罗山山间平原地热区、天环向斜地热区、六盘山地热区等也蕴藏着丰富的中低温地热资源。据自治区地质部门提供的资料，目前宁夏确定和推测的地热储区域共有 7 处。除银川平原地热田已经确定外，其余 6 处均分布在中卫—固原一带深大断裂附近。

宁夏地热异常区分布如图 2 所示。

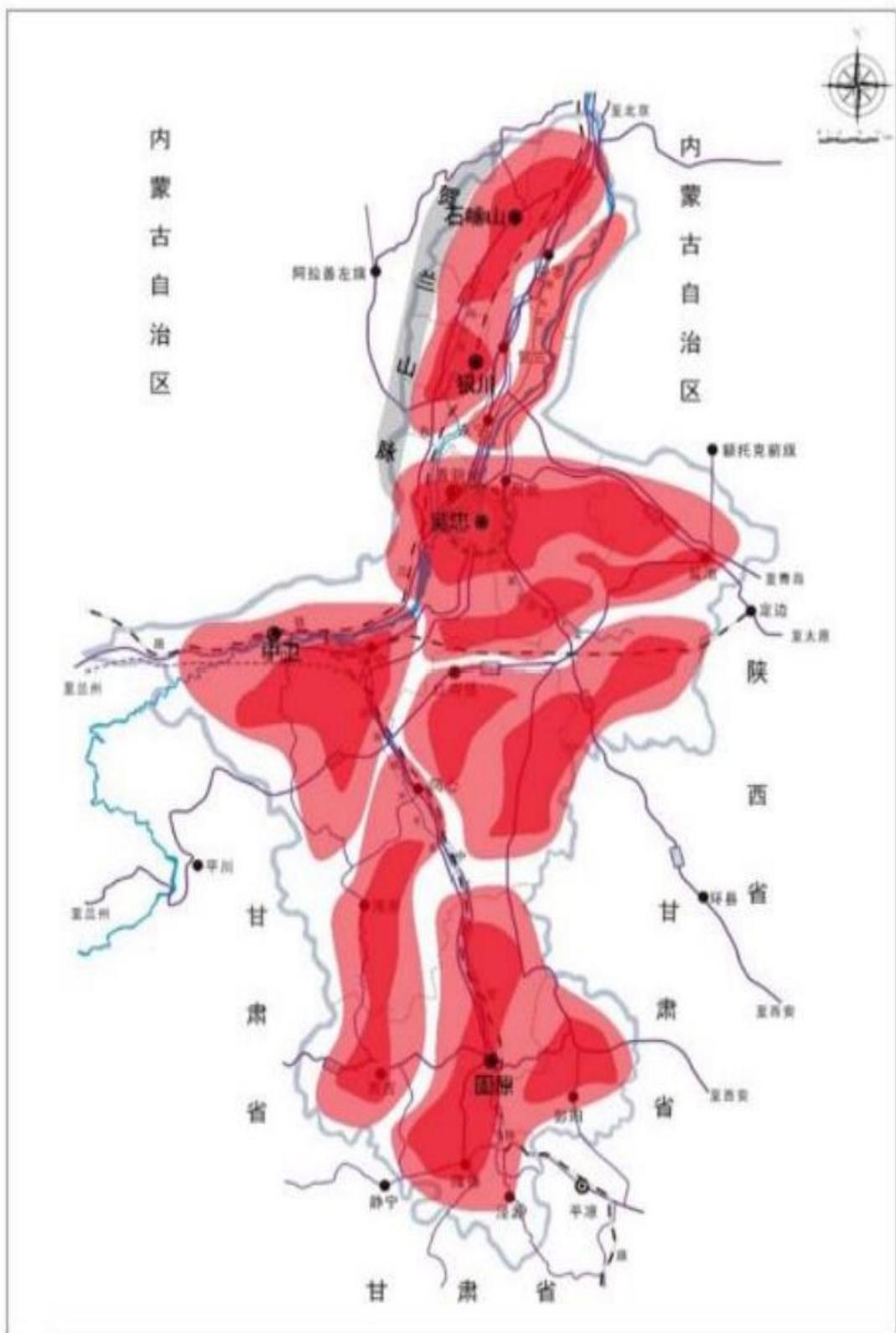


图2 宁夏回族自治区地热能分布图

西吉县位于六盘山东麓，处于六盘山地热区，西吉地处宁夏西南部地热田的核心地带；据中国大陆地区大地热流数据汇编（第二版）资料记载，西吉县热流值 67mW/m^2 左右，地热深度在 6000m 范围内，由此可以确定本项目所在地区含有较为丰富的中深层地热资源，具备开发利用地热能的基础条件。

（2）宁夏地区中深层地热资源可用性条件好。1999 年，在宁夏卫宁盆地第一口水热型地热井钻探成功，井深 3100m，井口出水温度 67.5°C ，出水量 $1000\text{m}^3/\text{d}$ ，热水矿化度 17g/L 。近几年随着商业热水资源的开发，先后又成功完成了镇北堡天沐地热井和红柳湾山庄地热井、沙湖旅游区和大武口区中华奇石山文化旅游公园地热井、兴庆区掌镇檀溪谷地热井、沙温泉地热井和三沙源地热井等 10 余口。

（3）项目所在地具备开发利用地热资源条件。固原至西吉沿线地层由老而新为：

①白垩纪六盘山系，底部为砾岩，砾石为火成岩、变质岩及石灰岩；中部为紫红色砂岩及页岩；上部为青、灰、白、灰绿各色砂岩及页岩为主，中间夹有薄层石灰岩。

②第三纪固原系，分布于六盘山背斜体两翼，是一种砖红色胶结不很紧密的砂砾岩系。

③洪积期黄土，黄土为淡黄色粉砂状的风成壤土，不整合于老地层的侵蚀面上，无层理。

④近代冲积层，该层中有次生黄土及砂砾层，层次平整，未经变动。西吉县地处西吉盆地，早白垩世的西吉盆地沉积了厚度超过 3000m 的沉积岩层。地质条件具备中深层地热开发利用的条件。

2.3.2 符合政策支持方向

（1）与《国家能源局关于因地制宜做好可再生能源供暖相关工作的通知》（国能发新能〔2021〕3 号）的相符性

《国家能源局关于因地制宜做好可再生能源供暖相关工作的通知》（国能发新能〔2021〕3 号）指出，按照以集中与分散相结合的方式推进中深层地热能供暖。在条件适宜的地区加大“井下换热”技术推广应用力度。

（2）与《关于农业农村减排固碳实施方案》（农科教发〔2022〕2 号）的相符性

《方案》提出，到 2025 年，农业农村减排固碳与粮食安全、乡村振兴、农业农

村现代化统筹融合的格局基本形成，粮食和重要农产品供应保障更加有力，农业农村绿色低碳发展取得积极成效，农业生产结构和区域布局明显优化，种植业、养殖业单位农产品排放强度稳中有降，农田土壤固碳能力增强，农业农村生产生活用能效率提升。

因地制宜推广应用生物质能、太阳能、风能、地热能等绿色用能模式，增加农村地区清洁能源供应。推动农村取暖炊事、农业生产加工等用能侧可再生能源替代，强化能效提升。

（3）与《加快农村能源转型发展助力乡村振兴的实施意见》（国能发规划〔2021〕66号）的通知的相符性

2021年12月29日，国家能源局、农业农村部、国家乡村振兴局关于印发《加快农村能源转型发展助力乡村振兴的实施意见》（国能发规划〔2021〕66号）的通知，《通知》指出：将能源绿色低碳发展作为乡村振兴的重要基础和动力，统筹发展与安全，推动构建清洁低碳、多能融合的现代农村能源体系，全面提升农村用能质量，实现农村能源用得上、用得起、用得好，为巩固拓展脱贫攻坚成果、全面推进乡村振兴提供坚强支撑。到2025年，建成一批农村能源绿色低碳试点，风电、太阳能、生物质能、地热能等占农村能源的比重持续提升，农村电网保障能力进一步增强，分布式可再生能源发展壮大，绿色低碳新模式新业态得到广泛应用，新能源产业成为农村经济的重要补充和农民增收的重要渠道，绿色、多元的农村能源体系加快形成。

因地制宜推进地热能供暖。在地热资源丰富、面积较大的乡镇，优先开展地热能集中供暖。利用地源热泵，加快推广浅层地热能和中深层地热资源开发利用，打造地热能高效开发利用示范区。

（4）与《关于促进地热能开发利用的若干意见》（国能发新能规〔2021〕43号）的相符性

《意见》指出：到2025年，各地基本建立起完善规范的地热能开发利用管理流程，全国地热能开发利用信息统计和监测体系基本完善，地热能供暖（制冷）面积比2020年增加50%，在资源条件好的地区建设一批地热能发电示范项目；到2035年，地热能供暖（制冷）面积比2025年翻一番。

(5) 与《宁夏回族自治区碳达峰实施方案》(宁党发〔2022〕30号)的相符性

《宁夏回族自治区碳达峰实施方案》(宁党发〔2022〕30号)以“服务全局、节约优先、双轮驱动、协同联动、防范风险”为总方针，指出要“积极探索推广开展中深层地热能供暖”“推动既有建筑节能改造。对具备节能改造价值和条件的既有建筑应改尽改，改造部分节能效果达到现行标准规定。到2030年，各地级市全部完成公共建筑节能改造任务，改造后实现整体能效提升20%以上”。“推广生物质能资源化利用，优先采用太阳能、空气源热能、地热能等解决用能需求。”

2.3.3 满足校园绿色低碳供暖需求

当前，我国大气污染形势严峻，尤其冬季，北方地区的取暖需求更加重了雾霾天气频现，以可吸入颗粒物(PM10)、细颗粒物(PM2.5)为特征污染物的区域性大气环境问题日益突出，已严重损害人民群众的健康，随着人们对环保意识的加强，群众对健康、环境的要求不断提高。因此，实施可再生能源应用试点示范项目迫在眉睫。

西吉将台堡镇中心小学原采用燃煤锅炉供暖，燃烧热效率低，燃烧过程产生大量的二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物和烟尘煤灰等污染物，严重污染了校园环境，可能对师生及周围居民环境造成不利影响。

采用可再生能源满足学校建筑供暖需求，可给师生营造一个温暖安全的教育、工作、学习环境，符合当前民生及安全需要。

3. 系统配置

3.1 供热工艺流程

中深层地岩热系统热水供暖采用间接利用方式，即采用中间换热的方式。热源端循环水为一次水，用户端供暖循环水为二次水。两路水通过地岩热主机换热，用户端循环水从热源端地岩热热水中换取的热量送至用户供暖。用户端供回水温度为60°C/45°C。

其工艺流程为：热源端将低温水注入地下深层换热器，通过换热器将地下深处岩层的热能导出，使低温水加热为高温水，高温水进入地岩热主机经换热降温后，再注入地下深层换热器进行循环；用户端低温供暖循环水经过地岩热主机加热后泵送至用户使用。其中，进入地岩热供热系统的自来水首先要经过软化水装置软化后，送至软

化水箱，再经过定压补水装置分别进入热源端循环水系统和用户端循环水系统。供热系统原理图见图 3 所示。

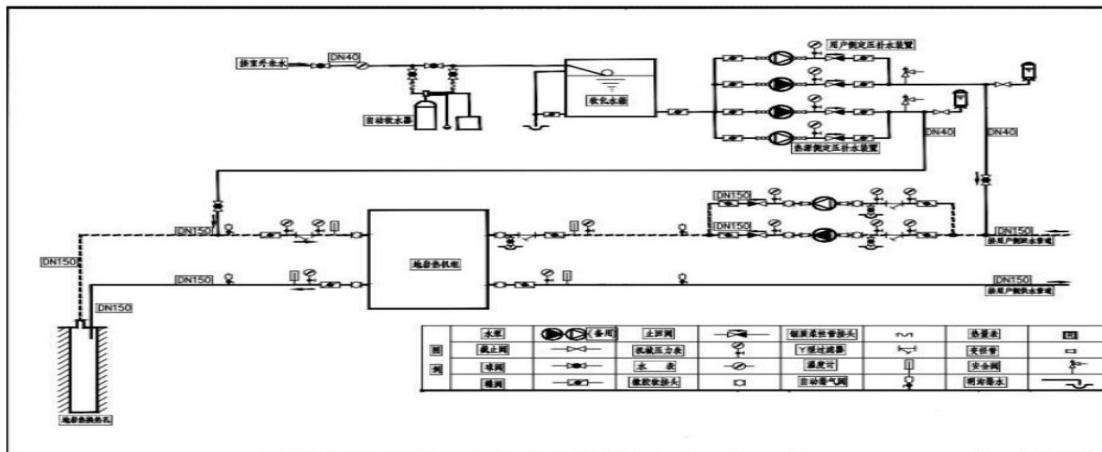


图3 供热系统原理图

3.2 系统主要配置

3.2.1 地岩热换热系统

(1) 换热孔配置

经计算，西吉县将台堡镇中心小学 13215m^2 建筑，供热期最大热负荷为约为 665kW ，按此确定热源最大供热负荷能力。

根据现场踏勘、相关资料分析及经验数据对比,初步设定中深层地岩热换热孔深度为2500m、孔径为200mm,换热孔稳定输出功率约为650kW。按照项目总供暖热负荷及当地平均地温梯度,初步确定设置1口换热井即可满足用热需求。中深层地岩热换热系统主要配置见下表。

序号	名称	配置
1	中深层地岩热换热孔数量	1口
2	中深层地岩热换热器数量	1套
3	地岩热换热孔有效深度	2557m
4	地岩热换热孔孔径	200mm

(2) 成孔工艺

采用 ZJ-30 型钻机进行钻孔，先采用 346mm 牙轮钻头钻进，至孔深约 60m（深

度根据地层状况调整)时一开完钻,下入Φ273mm导管。二次开钻,采用220mmPDC钻头开钻,连续钻至井深2500m,然后下入地岩热换热设备系统。

3.2.2 供热机房配置

根据供热建筑分布及热负荷情况,本项目需新建1座主机房。

供热机房内配置中深层地岩热主机1台,主机制热能力735kW,主机最大用电功率142kW。其他附属设备包括用户侧供暖循环泵2台、定压补水装置2套、软水设备1套,供热站主要设备配置见下表所示。

序号	设备名称	参数	数量	备注
1	地岩热机组	QR=735kW, NR=142kW	1台	单制热
2	供热循环泵	Q=65m ³ /h, H=20m, N=7.5kW	2台	1用1备
3	定压补水装置	Q=3m ³ /h, H=24m, N=1kW	1套	用户侧
4	定压补水装置	Q=3m ³ /h, H=50m, N=1kW	1套	热源侧
5	软水系统	包含软水器、水箱	1套	

3.2.3 换热系统连接管网

换热系统连接管网为地岩热换热孔与主机房之间的连接管网,不包括用户侧末端管网。

(1) 连接管网形式

直埋敷设方式土方量和工程量均较小,且施工方便工期短,本工程连接管网采用直埋敷设方式,敷设深度不小于1.22m。

(2) 管网布置

根据现场情况,结合地岩热换热孔及主机房的相对位置,管网不穿越道路,力求敷设管线短、直,保证管网运行安全、经济合理、维修方便的原则进行热力管网布置。

(3) 管道热补偿

本项目供热管道的敷设采用直埋冷安装敷设方式,根据连接管网走向,尽量利用自然补偿。

(4) 管道材料

根据管内供热介质参数较低(温度<150°C,压力<1.6MPa)的特点,公称直径DN<300mm时,选用无缝钢管,钢管材质选用20#钢;DN≥300mm时选用螺旋埋弧

焊缝钢管，钢管材质选用 Q235-B 钢。

（5）保温材料

连接管网聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管，并配备相应的管道附件如三通、弯头及保温管接头材料。保温材料与钢管紧密结合有效隔绝了钢管外表面与空气、水的接触，具有良好的防腐性能。聚氨酯泡沫塑料导热系数小，具有保温性能好散热损失小的优点。预制直埋保温管性能参数应满足《高密度聚乙烯外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管》CJ/T114-2000 的有关要求（耐温 140°C）。

（6）附件

管道分支线上均安装阀门，阀门采用金属硬密封钢制阀门。管道与补偿器采用焊接连接，管道和阀门采用法兰连接。

3.3 系统性能

中深层地岩热系统分中深层地岩热换热孔系统、地岩热主机系统、自动控制系统三大部分。中深层地岩热换热孔内安装同轴套管换热器，同轴套管换热器外套管材质为特殊合金钢，具有很强的耐腐蚀性、耐候性和强度，其设计寿命为 50 年；中深层地岩热主机为高性能机电设备，其 COP 在 5.0 以上、设计寿命为 20 年；连接管网为热水管道，其设计寿命为 25 年。

3.4 自动控制系统

3.4.1 控制系统目的

本项目自控控制系统引入人工智能 AI 模型机器学习算法，对供热负荷、气象参数、建筑特性及实际用能状况等进行预测，在此基础上进行供热系统设备的 AI 智能优化控制，可使系统 COP（节能性）整体最大化。在任何不同的负荷条件下，本能源站自控系统实现以下控制目的：

- （1）在设计日负荷条件下，系统能够满足末端用户的供热需求。
- （2）针对冬季热负荷的需求制定不同的控制策略，最大限度地降低运行费用（在不同负荷条件下，制定不同的运行策略）。
- （3）通过对室外气象条件的采集，进行计算分析，优化运行策略。根据温度传感器来判断运行工况。

(4) 通过对系统各参数的监控，合理启停各类设备，使所有设备运行状态良好，经济效益显著。

3.4.2 控制系统功能

(1) 工艺设备的自动控制

工艺设备运行节能的控制策略，含供热系统；

供热循环水泵系统的控制策略；

最不利压差环节的确定与变频设备的控制方式。

(2) 系统控制功能

中深层地岩热机组的负荷判断与自动加载、卸载；

控制热源侧与用户侧出水温度；

控制末端管网的流量平衡；

控制地岩热系统补水泵的启停；

设备联锁控制、系统故障报警。

(3) 系统监视功能

室外空气干、湿球温度及相对湿度；

地岩热机组的启/停及运行状态；

供热系统供回水温度、压力、流量；

地岩热机组的出水温度、压力、流量；

水处理设备、定压补水装置的运行状态、补水量。

(4) 系统能源计量功能

用户侧供热瞬时功率、累计供热量、供回水温度及流量；热源侧供热瞬时功率、

累计供热量、供回水温度及流量；

地岩热机组电流、功率、负荷；

地岩热机组用电量、循环水泵用电量；

系统补水量。

(5) 系统数据存储功能

供热末端高峰负荷、逐时热负荷曲线；

中深层地岩热机组最大制热效率；

供热系统每日、每周、每月、每年供热情况，末端用户耗能情况；

实测气象参数；

主要设备使用时数、耗电量；

系统电量的实时统计和历史记录。

（6）故障报警

参数超限报警、设备故障报警、用户误操作报警、防冻报警等。

4. 运行情况

4.1 供热运行概况

依据项目所在地气象条件及供热要求，项目于 2022 年 10 月 15 日建成并投入运行。供暖期间所有末端建筑保持室内温度均保持 18℃以上，用户侧供水压力保持在 0.4MPa，供回水压差约为 0.25MPa，热源侧供水压力保持在 0.8MPa，供回水压差约为 0.5MPa。

运行期间连续对用户侧的供热功率、热源侧取热功率、供水温度、室外温度等参数进行测试采集。运行初期热源侧出口温度平均为 33.6℃，运行四个月后热源侧出口温度平均值为 27.7℃；运行初期热源侧入口温度平均为 20.4℃，运行四个月后热源侧入口温度平均值为 15.9℃。测试期间热源侧温度变化见图 3 所示。



图 4 测试期间热源侧温度变化曲线

4.2 供热能效

依据前期设计，项目平均热负荷为 665kW，运行期间同样对系统功率进行连续测试，测试数据显示：运行中用户侧供热功率最高达 805kW，热源侧输出功率最高达 674kW；用户侧平均功率为 559.5kW；热源侧平均功率 547.9kW。热源侧功率与用户侧功率变化规律一致，均随外界气温变化且均存在一定的滞后性。运行期间功率与供热温度变化见图 5 所示。

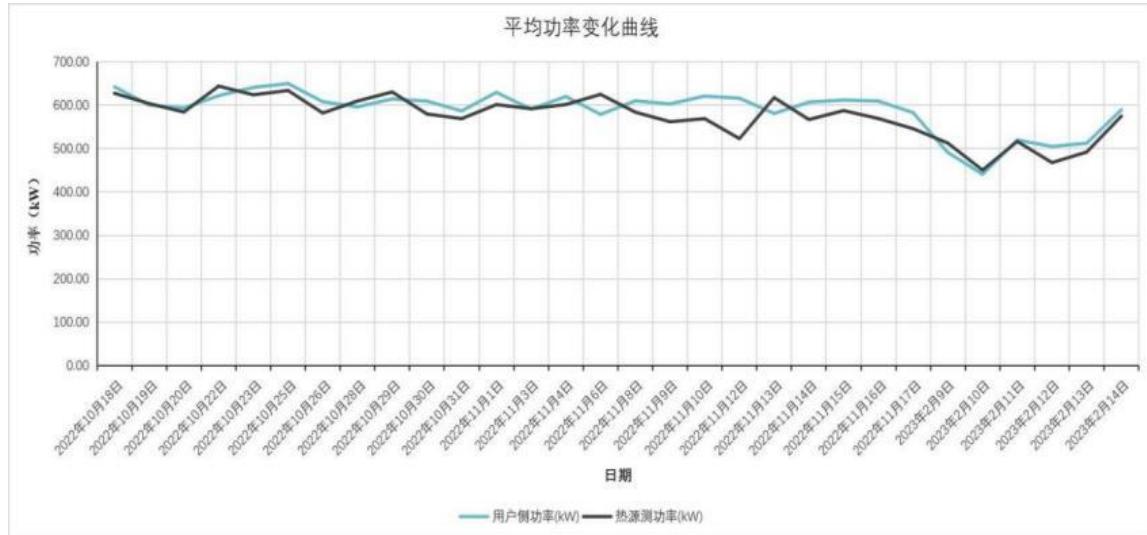


图 5 测试期间系统功率变化曲线

通过对运行数据分析计算，2022—2023 年供暖季中深层地岩热系统供热量为 5126.91GJ，地岩热主机 COP 平均值为 5.21，系统能效 SCOP（包含主机、用户侧循环泵、热源侧循环泵）平均值为 4.66。系统运行输入功率及能效值变化趋势见图 6 所示。

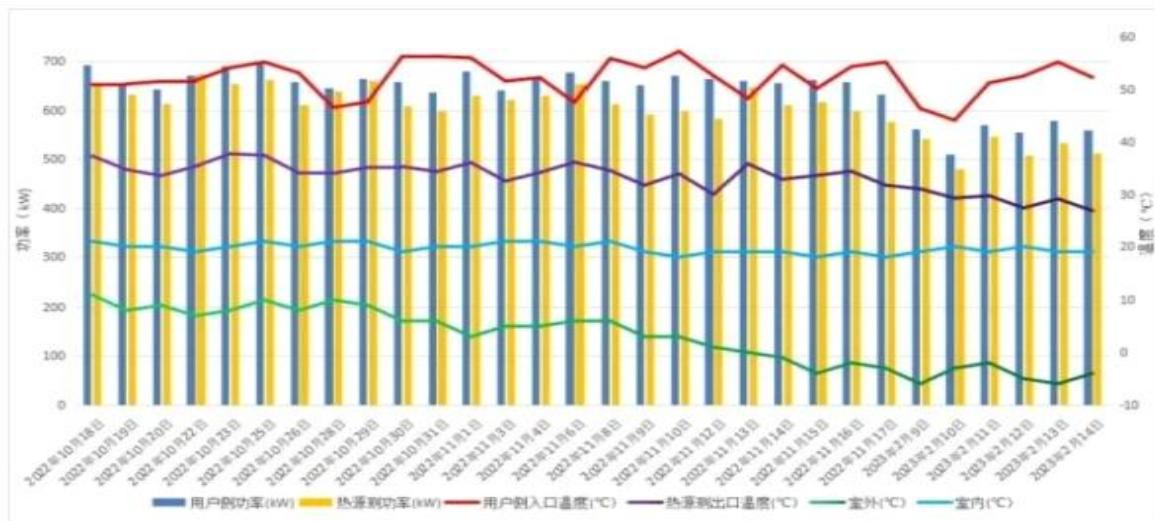


图 6 系统能效变化趋势

4.3 运行费用

本项目用电单价为 0.4963 元/kWh, 依据项目耗电量 182232kWh 计算, 运行四个月后项目运行费用为 90441.7 元, 项目所在地实际供暖周期为 6 个月, 由此计算整个供暖季的运行费用为 135662.6 元, 平均运行单价为 1.71 元/m² · 月。

热源改造前, 项目采用燃煤锅炉供热, 单个供暖季消耗燃煤约 400t, 燃煤集中采购价格为 1436 元/t, 运行耗电约为 5200 元/月, 锅炉运行过程中需两人轮流值守, 人工费为 4000 元/人 · 月, 由此计算燃煤锅炉单个供暖季运行总费用为 653600 元。不同供暖方式供暖费用对比见表 5 所示。

表 5 不同供暖方式运行费用对比

	燃煤锅炉	中深层地岩热
运行电费 (元/供暖季)	31200	135662.6
燃料费 (元/供暖季)	574400	0
人工费 (元/供暖季)	48000	0
运行总费用 (元/供暖季)	653600	135662.6
运行单价 (元/m ² · 月)	8.24	1.71

由以上数据可以得出, 本项目将原燃煤锅炉供热方式改为中深层地岩热后, 每个供暖季可节约运行费用 517937.4 万元, 运行单价降低 6.53 元/m² · 月, 降低幅度达 79%, 具有明显的经济效益。

三、经营模式

本项目投资方式政府财政投资, 项目建成后固定资产移交学校管理, 县教育局仍按之前采用燃煤锅炉供热方式核拨学校取暖费用, 节约的 50 万元取暖费可用于学校建设与办学条件改善项目。

四、效益分析

1. 经济效益

本项目建设投资 550 万元, 经财务分析: 项目总投资收益率 2.66%; 年均利润总额 17.32 万元。

正常供暖期间运行费用约为 13.6 万元, 供暖运行单价为 1.71 元/m² · 月, 远低于当地市政供暖收费标准 4.9 元/m² · 月。相比于原有燃煤锅炉供暖方式, 年可节约费用

约 51.8 万元。原燃煤锅炉建设投资约 200 万元，运行 8.7 年后可完全收回增量投资，具有良好的经济效益。

2. 环保效益

生态文明建设是二十大以来我国现代化建设的重要内容，事关千家万户和每个人的切身利益，是重大的社会问题和政治问题，更是重大的民生问题。利用可再生能源供暖是我国调整能源结构、实现节能减排、合理控制能源消费总量的迫切需要，是完成非化石能源利用目标、建设清洁低碳社会、实现能源可持续发展的必然选择。中深层地岩热系统供热项目获得的能量来自地热能，在运行过程中没有废水、废气、废渣等污染物的排放，有利于改善项目周边环境。

本项目整个供暖季的供热量为 5126.91GJ，其年可以替代标准煤约 323.12t，减少 CO₂ 排放约 798.12t，减少 SO₂ 排放约 6.46t，减少粉尘排放约 3.23t，明显改善校园内的环境质量，具有良好的环保效益。

本项目由于环保效益显著，符合西吉县大气环境改善的相关政策规划，因此在本项目建设过程中，获得了西吉县生态环境分局的大力支持。

3. 社会效益

冬季供热是我国北方居民办公和生活的基本保障，作为社会公益事业，其创造的价值远远高于项目本身创造的经济效益。本项目建成投产后从根本上解决了将台堡镇中心小学冬季供暖，为师生提供温暖、适宜的教学环境。

中深层地岩热新能源供暖技术经过近几年的探索与实践，技术路线已趋成熟，在北京、河北、陕西、甘肃、内蒙古等地大面积应用，但在宁夏地区尚属首次应用，在本地区的示范带动作用明显。中深层地岩热技术推动了供热的科技化进程，提高了供热的运营效率，符合我国政府坚持自主创新的政策，可提升我国相关领域的科技实力。中深层地岩热供热项目的建设可有效满足当前市场需求，促进我国低碳环保产业及相关产业链快速发展，对促进经济社会可持续发展有着长远的意义。

五、突出亮点

本项目是中深层地岩热技术在宁夏地区的首个应用案例，填补了宁夏中深层地热能开发利用的空白，开辟了宁夏可再生能源供暖的新领域。项目主要亮点在于以下几

个方面：

1. 取热效率高，全系统运行成本低廉，适合大面积推广应用

由于热源侧地热能品位较高，持续稳定，热泵机组 COP 值大于 5.0，供暖平均运行成本约为 $1.71 \text{ 元}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ ，相较于集中供暖 $4.9 \text{ 元}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ 、浅层土壤源热泵 $4 \text{ 元}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ 、空气源热泵 $7 \text{ 元}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ 、电锅炉 $10 \text{ 元}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ 、天然气锅炉 $8 \text{ 元}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ 的运行成本，经济效益非常可观，是一种真正能让老百姓用得起的可再生能源供暖技术。

2. 中深层地岩热供暖在非供暖期地温恢复快，具备循环永续利用能力

中深层地岩热热源来自地球内部熔融岩浆和放射性物质的衰变，蕴含量巨大，地热恢复快，工程实践验证，供暖期结束后 3 个月内地温全面恢复，达到循环永续利用。浅层地热能来自太阳辐射对地表土壤的加热，寒区供暖热负荷大，供暖期长，制冷需求有限，浅层地热能长期取热造成的冷堆积问题影响热泵机组的能效比。

3. 取热不取水技术解决了水热型地热能利用时的地下水回灌、投资成本增大，地下水位下降等难题

国家政策规定抽取地下水，除需办理采矿证和取水证外，必须做到同层回灌，但回灌技术难度很大，另外还需再建设回灌井，造成投资成本增大。

4. 取热孔小，且先进的固井技术对地质结构和地下水层无干扰破坏

取热孔仅有 20cm ，采用成熟的石油钻井技术，浅层用表层套管固井，表层套管与井壁之间的间隙全部用固井水泥封堵；深层用钻井液护壁，封闭水层，钻井过程中采用过平衡技术，成井后钻井液循环泵继续运行一段时间，使钻井液充分实现护壁、封闭流体，随后提起钻杆，立即下入钢制外套管，随着钻井液泥浆的稠化、最终固化，外套管与固化泥浆形成了一套类似钢筋混凝土的结构，从而对地下水层实现长期封闭。

5. 取热井分布式布设，无需额外占用建设用地

空气源热泵、太阳能、浅层地热能等可再生能源供暖模式均占用大量工作用地，但中深层地岩热单井供热面积大，只需在供暖建筑附近打井，完工后仅用下水井盖覆盖，置于绿化带或道路均可。

6. 全自动运行模式设定，具有无人值守和远程操控功能，大大降低运维成本和技

术门槛

中深层地岩热供暖机组均具备全自动运行控制功能，并可将相关参数上传至云服务平台，实现远程报警和操控功能，由于设备技术先进、功能稳定，使得运维人力和物力成本投入锐减。

7. 示范项目的连续稳定运行，验证了宁夏地区中深层地热能开发利用的巨大潜力。该项目的试点应用成功，印证了宁夏地区中高品位地热流的存在，在经济性与地热资源方面使得大面积推广应用中深层地岩热供暖具备了必要条件，为宁夏其他地区应用中深层地岩热供暖提供了非常宝贵的实测数据和工程施工经验。

六、问题和建议

地热能被誉为面向未来战略能源，地热能的规模化、产业化开发利用，不仅对优化能源结构、保障能源安全、促进节能减排、改善生态环境具有重要意义，而且对培育新兴产业、扩大有效投资、置换产业发展能耗指标、缓解调峰电源缺口具有显著效应，可成为我区深入贯彻习近平生态文明思想和落实国家“双碳”目标、建设黄河流域生态保护和高质量发展先行区的重要举措之一。围绕地热能开发利用，对分析我区地热能利用潜力优势，提出了加快我县地热能开发利用的一些政策建议。

1. 加强统筹引导

统筹规划对地热能产业科学有序高质量发展至关重要，越是发展早期越要加以重视。应进一步明确地热能产业发展牵头部门，统筹地热发展各项事务。建议编制《宁夏回族自治区地热能产业发展规划》，学习参照河北、陕西、山东等省的做法，编制出台《关于促进宁夏回族自治区地热能开发利用的实施意见》，进一步厘清各部门管理职责，建立完善规范的地热能开发利用管理流程，明确发展目标、重点任务和责任主体，规范指导全区地热能产业发展，统筹地热能与其他能源协调发展。

2. 加快资源勘查

把地热能作为初级产品保障和双碳战略实施的重要内容，切实落实《宁夏矿产资源总体规划（2021—2025年）》，加大地热能勘查投入和组织实施力度，研究完善地热能勘查评价方法体系。建立完善以政府部门为主导的地热能资源数据库，充分利用人工智能、大数据分析等技术，优化资源配置，为合理分配利用地热资源、科学引

导产业发展、制定产业中长期目标提供信息支撑。

3. 强化技术集成

政府有关部门牵头，依托相关企业建立地热能开发利用研发平台，加快突破地热能多样开发利用关键技术和工艺。设立地热能开发利用科技攻关专项，开展中深层地热能勘查开发技术攻关，探索梯级综合高效利用技术体系和商业模式。将其纳入能源体系进行考量，因地制宜使用绿色、低碳、经济的热源，兼顾用户端，培养节能意识。支持本土相关院所和企业申报创建国家能源局开展的中深层地热供暖技术创新示范工程，积极开展地热能应用技术研究。

4. 加大政策支持

对中深层地岩热供暖技术给予一定额度的奖补或基础设施专项配套资金支持，以解决前期一次性投入较高的问题，充分调动各类社会资本投资收益的积极性。积极争取国家相关部委对我区发展地热能产业给予支持，在西部生态屏障和国家能源基地建设中给予地热能产业应有的位置，列入国家北方地区冬季清洁取暖项目支持与补助重点。引导金融机构以供热收费权质押等方式向供热企业发放固定资产贷款等绿色信贷。

5. 坚持典型引导

财政部等四部委 2022 年已发文明确将地热供暖列入国家冬季取暖补贴范围，建议在中央财政冬季清洁取暖试点城市（银川、吴忠、固原、中卫市）选取不同的应用领域建设地热能开发利用示范县（区），打造一批生态低碳型新能源城市典范，为新型城镇化建设探索新路径。鼓励政府投资项目、国有企业投资项目优先使用中深层地岩热供暖技术，特别是在移民搬迁安置示范区中推广应用，在减碳的同时降低搬迁群众入住后的供暖成本。

6. 加大宣传力度

应充分利用报纸、电视、网络等媒体，以及通过建成试点项目和示范项目的展示、体验、现场观摩等方式，加强宣传地热能开发利用，让各级政府、社会机构、人民群众真正了解地热能开发利用对稳定能源供给、降低用能成本、保护生态环境、助力双碳战略的重要作用与贡献，积极营造良好社会氛围，不断提升社会认知度。

1.33 银川市污水源热泵供热技术研究及应用示范

一、项目基本情况

为进一步优化公司热源结构，宁夏电投热力有限公司（以下简称热力公司）计划建设污水源热泵系统供热项目。该项目设计供热能力 9MW，供热面积 20 万m²。项目采用银川市二污水厂污水作为热源，提取污水池内 11℃的低品质能源，利用热泵技术，将温度提升至 45℃，达到地板辐射供暖要求，为兴洲花园 C 区及周边区域供热，建设地点为银川市西夏区丽子园北街东侧，四清沟以北处。

项目名称：银川市污水源热泵供热技术研究及应用示范

项目类型：可再生能源供暖项目

建设规模：建设规模 9MW, 供热面积 20 万m²。建设热泵机房 1 座，取水泵站 1 座，安装 4 套污水源热泵机组及其配套设施，敷设供热管网 1109m（槽长）

总投资：1808.42 万元

建成投运时间：项目于 2020 年 12 月 30 日取得了工程竣工验收合格证明书，投入运营。

能源供应消纳条件：项目供热区域为银川市西夏区兴洲花园 C 区及周边区域，处于学院东路与政通路交叉路西南方向。该区域规划总供热面积 50 万m²，现期供热面积约 20 万m²，远期预留供热面积约为 30 万m²。

可再生能源资源条件：宁夏银川市第二污水处理厂于 2016 年建设，采用较为先进的污水处理工艺，其设计规模为 10 万 t/d，现先期日处理规模达到 5 万 t/d。服务范围：西起宁朔路，东至包兰铁路，北起同昌路（远期北起同昌路北侧规划路），南至北京路，服务面积 36.7km。

项目所在地生态环境：项目建设前期调研了解到，2017 年银川市可吸入颗粒物平均浓度为 117μg/m³，超出国家年均二级标准 0.7 倍，与 2016 年同期相比，可吸附颗粒物年均浓度上升 5.4%。全市细颗粒物年均浓度 49μg/m³，超出国家年均二级标准 0.4 倍。二氧化硫浓度超出国家年均二级标准 1.15 倍，二氧化氮浓度超出国家年均二级标准 0.05 倍，生态环境不容乐观。



图1 示范点建设厂房实景图

二、技术路线及工艺流程

（一）负荷情况

项目建成投产为银川市西夏区兴洲花园 C 区及周边区域的城市居民提供冬季供暖所用供热热负荷，总计供热面积 20 万 m^2 。

兴洲花园 C 区及周边区域位于银川市西夏区，处于学院东路与政通路交叉路西南方向。该区域规划总供热面积 50 万 m^2 ，根据兴洲花园 C 区及周边区域设计单位设计图纸，现阶段兴洲花园 C 区及周边区域总供热面积 20 万 m^2 ，其中低区供热面积 10.4 万 m^2 ，高区 9.6 万 m^2 。该区域均为新建小区，最高建筑高度 54m（18 层）。远期预留供热面积约为 30 万 m^2 。

	低区供热面积（ m^2 ）	高区供热面积（ m^2 ）	远期供热面积（ m^2 ）
兴洲花园 C 区	49849	49606	
兴洲花园 C 区周边	50350.5	50149.5	
合计	100199.5	99755.5	300000
总计	500000		

根据热负荷和供暖期不同的室外平均温度，计算出不同室外平均温度下的热负荷值，本项目实施全年供暖耗热量如下：

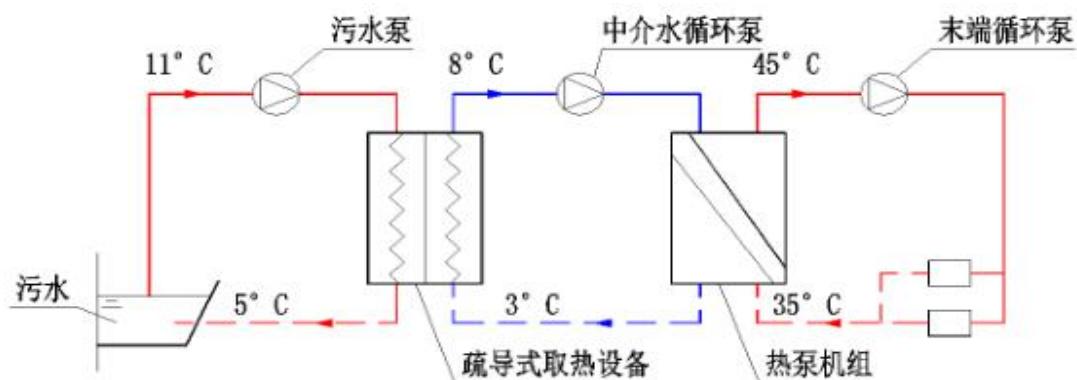
全年供暖总耗热量：79859.85GJ；

全年供暖 h 数: 3624h;

全年供暖最大利用 h 数: 2470h

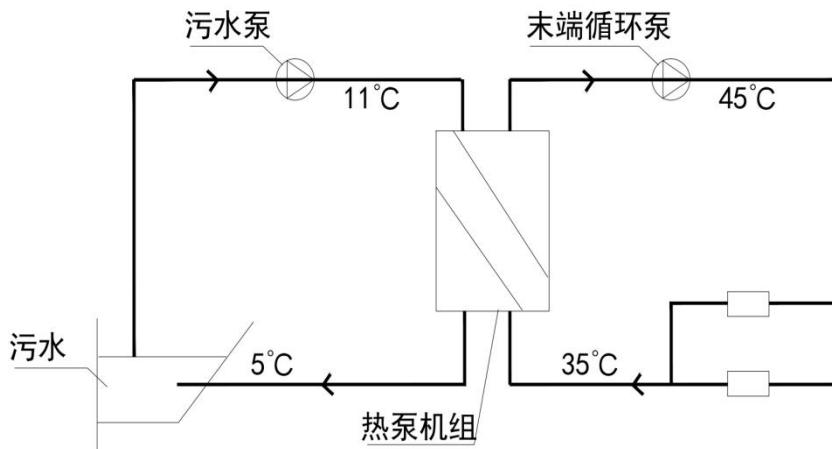
(二) 技术路线

本项目的技术应用是通过热泵技术,开发利用清洁环保节能的新能源,来降低污染物的排放。项目技术核心设备为热泵机组。热泵机组是热泵系统中的核心设备,又称“主机”。该机组是通过制冷工质的压缩、冷凝、膨胀、蒸发四个循环步骤来完成冷热量的提取与输出过程:冬季蒸发器吸收污水中的热量,冷凝器将热量传输给末端散热设备,实现制热供暖。机组的运行过程需要电能来驱动。工艺流程如下图所示:



本项目设计根据污水源热泵系统热源的分类,对污水源热泵系统的热源进行对比分析,研究了城市污水中自然污水与污水处理厂中水或一级出水作为热源的特点,得出使用污水厂处理的中水作为热源是可行的,比自然污水具有一定优势。用以电力作为驱动能源的污水源热泵系统,回收城市污水处理厂中的热能在理论上是完全可行的,也是比自然污水更具有优势的热源。

在项目实施之前,根据污水处理水质报告,结合现阶段热泵机组性能,项目小组反复推敲实验,决定取消疏导式换热器,在热泵机组定制前段安装 Y 型过滤器、在线除污器。该创新大幅降低了设备购置成本,经过三个供暖期运行验证,完全符合本地污水状况,将在本地大力推广。取消疏导式换热器后的工艺流程如下图所示:



城市污水的排放量稳定、水温相对恒定，冬暖夏凉，可利用的热能较多，是一种非常适合作为承担城市建筑物供热的能量来源，所以项目在技术应用上是有很强的可行性。

（三）系统配置

本项目设计供热供回水温度 45°C/35°C、污水源热泵机组四台，单台名义制热量 2160kW；另配置污水取水泵、供热循环泵、补水泵、在线除污器以及配电和电气自控系统。热泵机组设计使用寿命 20 年。该项目热泵机组及系统调试、试运行、日常运行较为稳定，系统运行性能可靠，达到了建设目的。主要配置设备如下：

序号	设备名称	数量	型号参数	备注
1	热泵机组	4 台	机组型号： SLHS-D600LYT (11/6) (35/45) 设计工况下：制热量 2234kW，制热功率 520kW 冷凝器进出水温 35/45°C；蒸发器进出水温度 11/6°C 标况下：COP≥5.46 蒸发器、冷凝器承压：1.6MPa	
2	污水提升泵	4 台	Q=320m³/h, H=25m, N=37kW	3 用 1 备
3	供热循环泵	2 台	Q=400m³/h, H=50m, N=75kW	
4	软水装置	1 台	10t/h 10W	
5	软化水箱	1 个	补水箱体积：8m³	2m×2m×2m
6	末端补水定压泵	2 台	Q=25m³/h, H=18m, N=3kW 含自动控制系统	1 用 1 备
7	除污器	1 台	DN400	热水系统
8	在线除污器	1 台	DN600	污水系统
9	高层建筑直供系统	2 套	加压泵流量=200t/h；扬程=27m；功率=18.5W	供热末端高区系统配套使用

机组出力控制：在设定好出水温度界限值后，机组的运行出力与末端热负荷不相等时，若机组出力大，则一段时间后出水温度达到设定值，机组自动停机，末端循环泵连续运行，进水温度等于设定值后，机组起机，如此往复。进出水温度界限值的设定可以根据室外天气进行调整。因此热泵机组的运行是一种定流量质调节间歇运行方式。

管网的循环水泵及补水泵均采用设置变频装置，当系统正常工作时，由补水泵来完成系统的补水和定压，正常补水量按循环水量的 1% 计算，事故补水量按循环水量的 2% 计算。补给水泵流量按热水网正常补水量的 4~5 倍选择。

为控制调节和热计量方便，系统设有热量计量装置和气候补偿仪。为便于今后运行管理和减少运行成本，达到减员增效的目的，同时，为了能更好的满足热用户的需要，保证供热质量，节省能源，热力站按照远程监测无人值守设计建设。

（四）运行情况

该项目已运行 3 个供暖季（每年 11 月 1 日-次年 3 月 31 日），在运营管理上，结合设备性能和运行实际进行科学管理。在运行期间，设备运行正常，所供热区域供热质量良好，居民冬季室内温度达到 20°C 以上。项目通过消耗一定电量，日提取污水达到 5 万 t/d，热泵机组平均热电能效比 COP 达到 4.5 左右。2020—2021 年供暖季为项目建成投产系统调试优化期，2021—2022 年、2022—2023 年供暖季运行数据如下：

运行时间	运行天数	供热量 (GJ)	用电量 (kWh)	COP
2021-2022	122	35874	2624700	4.58
2022-2023	119	34397	2521500	4.64



图 2 项目建成投运

三、经营模式

该项目建设资金为企业自筹，经营方式为城市集中供暖，按政策价格收取一定供暖费。

四、效益分析

（一）经济效益

该项目由热力公司根据《企业会计准则》及相关财务管理规定进行账务设置和核算。投用后，财务状况良好，不存在资产负债等等不良状况，单位利润 12.96 元/ m^2 ，年投资收益率为 10.77%。

（二）社会效益

《北方地区冬季清洁取暖规划》（2017—2021 年）中要求，到 2019 年，北方地区清洁取暖率达到 50%，替代散烧煤（含低效小锅炉用煤）7400 万吨。到 2021 年，北方地区清洁取暖率达到 70%，替代散烧煤（含低效小锅炉用煤）1.5 亿 t。《银川市城市供热总体规划（2016—2025）》明确指出至 2025 年集中供热普及率 83%以上，天然气及电动热泵等分散清洁能源供应占 17%，鼓励技术创新，建议积极探索、研究和利用可再生能源供热等新型环保供热方式。本开展示范项目建设，完善了银川市城市市政公共设施，提高居民的生活水平和生活质量。

（三）环境效益

该项目通过利用污水清洁新能源，来降低污染物的排放，实现资源循环利用，变废为宝，充分体现了低碳城市发展的理念，而且对控制大气污染，保护环境，对建设低碳的城市具有重大的现实意义。该项目相比热电联产供热，年可节约标准煤 2730.3t/年，省煤率到达 80%；年减少二氧化碳排放约 6743.8t/年；年减少二氧化硫排放约 54.6t/年；年减少粉尘排放约 27.3t/年，取得了明显的环境效益和社会效益。同时，项目的实施为今后银川市污水源热泵系统的推广应用奠定基础。

五、突出亮点

（一）技术成熟，并有所创新

本项目立足对污水源热泵供热系统的设计优化，包括采取在线除污器、机组换热采用满液、降膜换热形式，采用紊流防堵塞技术、取消中间换热器等，对换热机组进

行换热形式优化、换热机组布置优化的研究，取消疏导式换热器，提高了系统效益，实现了本地化最佳的污水源热泵供热系统建设方案。并针对污水源热泵机组节电运行优化，制定了运行方案、管理制度和操作规程，并纳入公司技术监督体系，运营管理将以标准执行，有据可依，保证了供热机组安全、经济运行。

（二）低碳环保，可持续性、推广性强

污水源热泵供热是一项环保、节能综合应用项目，是城市未来建设重要的基础发展方向，也是城市现代化水平的标志之一。不仅可以完善银川市城市市政公共设施，提高居民的生活水平和生活质量，减轻银川市的环境空气、水体污染程度。目前，银川市中心每天产生的污水量在 60 万 m^3 左右，污水源热能并未进行有效利用。同时，随着城市发展规模的不断壮大，污水量及建筑能耗也在日益增大，项目推广应用及产业化前景极为广阔。现宁夏电投热力公司自 2023 年投资银川市三污厂污水源热泵供热项目，目前项目已完成设备采购，正在建设安装中。

六、问题和建议

建议政府尽快出台再生水源热泵供热发展相关政策，将再生水资源利用规范化，保证再生水源热泵供热取水量，并落实清洁能源综合利用有关补贴标准，促进清洁供热高质量发展。

1.34 吐鲁番示范区集中供暖制冷二期项目

一、项目基本情况

吐鲁番能惠新能源有限责任公司（简称能惠公司）成立 2013 年 8 月 21 日，属吐鲁番市高昌区国资委出资的国有独资企业。2010 年由吐鲁番绿色新能源房地产开发有限责任公司作为可再生能源地源热泵项目的实施主体，负责地源热泵项目的建设，该项目由中国建筑科学研究院编制完成了《可再生能源地源热泵制热、制冷规划方案》，新疆水利水电勘察设计研究院完成了《水文地质勘察报告》，由新疆建筑设计研究院负责完成可再生能源地源热泵制热、制冷项目的施工图设计工作。地源热泵项目共建设 5 座机房，以 312 国道为分界，国道以南 2 座，国道以北 3 座，每座机房 1232.2 m^2 ，机房内安装设备有离心主机 15 台（每个机房 3 台）、变压器安装 25 台（每个机房 5 台）、高压配电柜 45 面（每个机房 9 面）、低压配电柜 83 面，机房内管道安装；凿井直径 426 mm，5 个机房共凿井 125 眼，设计为一抽两回灌方式满足地下水 100% 回灌；埋设用户侧保温管线及水源侧 PE 管线 70KM。项目自 2010 年开工，2013 年完工并投入运营，总投资 1.98 亿元。2013 年 10 月能惠公司成立后正式接管地源热泵建设工程项目同时负责该项目的管理与运营。公司注册资金：5000 万元，公司主要经营范围为热力生产与供应，供热/供冷能力达 90 万 m^2 ，目前主要担负着示范区 5797 户集资建房、商业店铺和 16 家公建单位的冬季供热、夏季供冷服务工作。地源热泵项目至今已运行 10 年，2015 年 8 月经中国建筑科学研究院检测达到合格标准。截至 2023 年 12 月地源热泵项目运行正常，效果良好，能满足住户需求，达到了预期目标。2017 年 10 月，本项目荣获“中国人居环境范例奖”。

二、技术路线及工艺流程

（一）负荷情况

表 1 冬季制热工况

性能	用户侧			热源侧			制热量	输入功率	能效比 COP
	冷凝器供回水温度	冷凝器流量	冷凝器压降	蒸发器供回水温度	蒸发器流量	蒸发器压降			
	°C	m³/h	kPa	°C	m³/h	kPa			
标准工况	45~40	542	49	15~10	399	38	3103	518	5.99
实际工况	42~36	434	39.5	17.6~8	213	18.4	2838	437.9	6.49

表 2 夏季制冷工况

性能	热源侧			用户侧			制冷量	输入功率	能效比 COP
	冷凝器供回水温度	冷凝器流量	冷凝器压降	蒸发器供回水温度	蒸发器流量	蒸发器压降			
	°C	m³/h	kPa	°C	m³/h	kPa			
标准工况	25~33	398	29	7~12	543	67	3164	500	6.33
实际工况	18~32	214	12.1	10~16	434	65.3	3034	417.4	7.27

（二）技术路线

地下水水源热泵技术是利用地下水中吸收的太阳能和地热能而形成的低温低位热能资源，并采用热泵，通过少量的高位电能输入，实现低位热能向高位热能转移的一种技术。地下水井深度一般小于等于 200m，全年地下水水温比较恒定，一般为 12~24°C，为水源热泵机组提供较低的冷凝温度和较高的蒸发温度，使水源热泵具有较高的制冷、制热性能，是建筑物夏季供冷、冬季供暖的一种稳定、高效、节能、环保的冷热源设备。一般水源热泵消耗 1 份电量，可得到 4 倍左右的热量或冷量，好于风冷式和冷却塔式，可节约 30~40% 的供热制冷空调的运行费用。

地下水水源热泵区域供热制冷系统可以完成大面积建筑高效稳定的供热制冷，该技术在沈阳城建北陵、北方电力内蒙古呼市基地、北京鼎嘉恒苑项目、银川凤鸣佳苑等项目中均有良好的应用，技术成熟可靠。作为自然现象，正如水由高处流向低处那样，

热量也总是从高温流向低温。但人们可以创造机器，如同把水从低处提升到高处而采用水泵那样，采用热泵可以把热量从低温“抽吸”到高温。所以热泵实质上是一种热量提升装置，它本身消耗一部分能量，把环境介质中贮存的能量加以挖掘，提高温度进行利用，而整个热泵装置所消耗的功仅为供热量的四分之一或更低，这也是热泵的节能特点。与锅炉（电、燃料）供热系统相比，锅炉供热只能将90%以上的电能或70~90%的燃料能转化为热量，供用户使用。因此水源热泵要比电锅炉供暖节省三分之二以上的电能，比燃气锅炉节省二分之一以上的能量；由于水源热泵的热源温度全年较为稳定，一般为10~25℃，其制冷、制热系数可达4.5~5.4，与传统的小型风冷变频空调系统相比，要高出40%左右，其运行费用为小型风冷变频空调系统的50~60%。

1. 系统配置

（1）地源热泵项目共建设五座机房，以312国道为分界，国道以南两座，国道以北三座。每座机房1232.2 m²，机房内安装设备有离心主机15台（每个机房3台）、变压器安装25台（每个机房5台）、高压配电柜45面（每个机房9面）、低压配电柜83面，机房内管道安装；凿井直径426 mm，5个机房共凿井125眼，设计为一抽两回灌方式满足地下水100%回灌；埋设用户侧保温管线及水源侧PE管线70km。5个地源热泵总装机容量：14711kW，变压器总容量：21980kVA。

（2）吐鲁番能惠新能源有限责任公司的生产经营资料，确定主要产品的产量和产值，并结合已核定的企业综合能耗，参照《综合能耗计算通则》GB/T2589、2018年企业主要产品的单位产量能耗42.03kgce/GJ、单位产值能耗1.544t标准煤/万元；2019年企业主要产品的单位产量能耗43.85kgce/GJ、单位产值能耗1.477t标准煤/万元；2020年企业主要产品的单位产量能耗43.64kgce/GJ、单位产值能耗1.915t标准煤/万元；自治区能耗限额为48kgce/GJ，三年均低于DB65/T4245-2019中限值。

表3 项目能效指标对比表

内容	单位	审查意见批复值/单位产品能耗设计值	实际单位产品能耗限额			标准先进值（引用标准）
			2018年	2019年	2020年	
单位供量能源消耗	kgce/GJ	/	42.03	43.85	43.64	48 (DB65/T4245-2019)

表4 主要耗能设备能效水平对比表

设备	节能报告提出的能效水平要求			项目实际采购能效水平			评价结论	能效限定值及能效等级标准
	规格型号	能效要求值	能效等级	规格型号	用能设备及电机技术参数（技术协议值/实测值）	能效等级		
循环泵 1	/	/	/	DEW/250-400A/4	84%	2 级	符合标准	《清水离心泵能效限额值及节能评价值》GB19762-2007
循环泵 2	/	/	/	DEW/300-315A/4	85%	2 级	符合标准	《清水离心泵能效限额值及节能评价值》GB19762-2007
循环泵 3	/	/	/	YE2-315S-4	86%	2 级	符合标准	《清水离心泵能效限额值及节能评价值》GB19762-2007
循环泵 4	/	/	/	YE2-250M-4	86%	2 级	符合标准	《清水离心泵能效限额值及节能评价值》GB19762-2007
地源热泵 1	/	/	/	CVHG780	87%	2 级	符合标准	《清水离心泵能效限额值及节能评价值》GB19762-2007
地源热泵 2	/	/	/	CVHG1100	87%	2 级	符合标准	《清水离心泵能效限额值及节能评价值》GB19762-2007
水源热泵	/	/	/	TSC126B CN1F/36 12-PH-2/ C3612-E K-2	86%	2 级	符合标准	《清水离心泵能效限额值及节能评价值》GB19762-2007

表 5 近三年项目统计数据

名称	能源消费种类	计量单位	2018 年实际消费			2019 年实际消费			2020 年实际消费			近三年平均		
			实物量	折标系数	折标准煤	实物量	折标系数	折标准煤	实物量	折标系数	折标准煤	实物量	折标系数	折标准煤
输入	电力	万 kWh	3230.438 (主要生产系统 3228.72+ 辅助和附属生产系统 1.686+线损 0.032)	1.229	3970.208	3054.033 (主要生产系统 3052.40+ 辅助和附属生产系统 1.602+线损 0.031)	1.229	3753.406	3996.06 (主要生产系统 3996.06+辅助和附属生产系统 1.701+线损 0.033)	1.229	4913.288	3426.844	1.229	4211.591
			3.15	10175.879		3.10	9467.502		3.08	12311.265	3.1085	10652.343		
综合能源消费量	当量值		3970.208			3753.406			4913.288			4211.591		
	等价值		10175.879			9467.502			12311.265			10652.343		

三、经营模式

为规范供热公司收费行为,根据吐鲁番地区发展和改革委员会、住房和城乡建设局联合下发《关于制定吐鲁番市供热计量暂行销售价格的通知》(地发改价管〔2012〕299号)及《新疆维吾尔自治区民用建筑供热节能办法》(新疆维吾尔自治区人民政府令194号)文件精神,自2013年运行以来,吐鲁番能惠新能源有限责任公司严格按照吐鲁番示范区经济发展局下发的《关于吐鲁番示范区冬季供暖收费有关问题的通知》(吐示经发价〔2016〕25号)文件要求执行。

吐鲁番示范区供暖收费标准参照吐鲁番市供暖收费标准每供暖期为18.6元/ m^2 执行。并依照吐鲁番地区发改委、住房和城乡建设局吐地发改价管〔2012〕299号文件规定,实行“两部制”热价,即:供热收费实行基本热价和计量热价相结合的计费方式。

吐鲁番示范区“两部制”热价的基本热价和计量热价按现行供暖价40:60划分为宜。

一个供热期热费=基本热费+计量热费

基本热费=7.44元/ m^2 ×供热建筑面积

计量热费=34.88元/GJ×热量

“两部制”热价收费办法:

(1)当用户一个供热期实际缴纳的基本热费加计量热费之和高于按建筑面积计收的热费时,仍按原建筑面积缴纳热费;若低于按建筑面积计收的热费时,按实际计量热费缴费。

(2)如冬季不需要提供供热的住户,缴纳基本热费,基本热费按新疆维吾尔自治区人民政府令194号《新疆维吾尔自治区民用建筑供热节能办法》第十八条“基本热价应当按照不超过建筑用热面积百分之三十计取”即5.58元/ m^2 收取。

(3)对在供热期间,由于计量装置损坏、出现故障等,并经质量技术监督部门鉴定认可无法准确计量的用户,按建筑面积缴纳费用。

(4)示范区夏季制冷收费价格参照示范区供暖收费价格执行。

四、效益分析

(一) 地源热泵项目总体情况

1. 本项目的建设程序合法。
2. 本项目的实施起止日期与申请书一致。
3. 本项目的验收资料齐全。
4. 本项目的申请示范项目 90 万 m², 二期实际实施面积为 78.20 万 m², 其中住宅 61.80 万 m², 共 293 栋楼, 每栋楼设计为 4 层砖混结构, 所带公建项目 16.40 万 m²。
5. 本项目的使用效果达到预期目标。

（二）地源热泵项目性能检测结果

1. 通过对阳光园地下水源热泵热泵供热制冷项目地下水源热泵系统夏季运行工况的测试和分析, 得到如下结论:
 - (1) 测试期间在室外气候条件下, 抽测房间的供冷保证率为 100%。
 - (2) 测试期间在实际运行工况下, 抽测热泵机组的平均制冷性能系数为 4.82, 热泵系统平均制冷系数为 3.27。
2. 通过对能惠园地下水源热泵热泵供热制冷项目地下水源热泵系统夏季运行工况的测试和分析, 得到如下结论:
 - (1) 测试期间在室外气候条件下, 抽测房间的供冷保证率为 100%。
 - (2) 测试期间在实际运行工况下, 抽测热泵机组的平均制冷性能系数为 4.74, 热泵系统平均制冷系数为 3.20。
3. 通过对宜居园地下水源热泵热泵供热制冷项目地下水源热泵系统夏季运行工况的测试和分析, 得到如下结论:
 - (1) 测试期间在室外气候条件下, 抽测房间的供冷保证率为 100%。
 - (2) 测试期间在实际运行工况下, 抽测热泵机组的平均制冷性能系数为 4.93, 热泵系统平均制冷系数为 3.08。
4. 通过对鸿景园地下水源热泵热泵供热制冷项目地下水源热泵系统夏季运行工况的测试和分析, 得到如下结论:
 - (1) 测试期间在室外气候条件下, 抽测房间的供冷保证率为 100%。
 - (2) 测试期间在实际运行工况下, 抽测热泵机组的平均制冷性能系数为 4.74, 热泵系统平均制冷系数为 3.20。

5. 通过对友谊园地下水源热泵热泵供热制冷项目地下水源热泵系统夏季运行工况的测试和分析，得到如下结论：

- (1) 测试期间在室外气候条件下，抽测房间的供冷保证率为 100%。
- (2) 测试期间在实际运行工况下，抽测热泵机组的平均制冷性能系数为 4.61，热泵系统平均制冷系数为 3.08。

(三) 能效评估结果

1. 地源热泵项目

(1) 阳光园：实施面积 18.75 万 m^2 。系统能效比 (COP) 3.27 (夏季)；机组能效比 (COP) 4.82 (夏季)；全年常规能源替代量 (t 标准煤) 52.9；二氧化碳减排量 (t/年) 130.7；二氧化硫减排量 (t/年) 1.06；粉尘减排量 (t/年) 0.55；年节约费用 (万元/年) 7.6。

(2) 宜居园：实施面积 11.65 万 m^2 。系统能效比 (COP) 3.08 (夏季)；机组能效比 (COP) 4.93 (夏季)；全年常规能源替代量 (t 标准煤) 26.5；二氧化碳减排量 (t/年) 65.6；二氧化硫减排量 (t/年) 0.53；粉尘减排量 (t/年) 0.27；年节约费用 (万元/年) 3.8。

(3) 鸿景园：实施面积 13.56 万 m^2 。系统能效比 (COP) 3.2 (夏季)；机组能效比 (COP) 4.74 (夏季)；全年常规能源替代量 (t 标准煤) 23.2；二氧化碳减排量 (t/年) 57.3；二氧化硫减排量 (t/年) 0.46；粉尘减排量 (t/年) 0.23；年节约费用 (万元/年) 3.32。

(4) 友谊园：实施面积 11.13 万 m^2 。系统能效比 (COP) 3.08 (夏季)；机组能效比 (COP) 4.61 (夏季)；全年常规能源替代量 (t 标准煤) 25.3；二氧化碳减排量 (t/年) 62.5；二氧化硫减排量 (t/年) 0.51；粉尘减排量 (t/年) 0.25；年节约费用 (万元/年) 3.6。

(5) 能惠园：实施面积 11.75 万 m^2 。系统能效比 (COP) 3.20 (夏季)；机组能效比 (COP) 4.74 (夏季)；全年常规能源替代量 (t 标准煤) 20.1；二氧化碳减排量 (t/年) 49.7；二氧化硫减排量 (t/年) 0.40；粉尘减排量 (t/年) 0.20；年节约费用 (万元/年) 2.9。

(6) 锦绣园，实施面积 7.61 万m²，该小区检测单位做了形式检查报告，检查结论是项目建设程序合法，预验收资料基本齐全；项目实施进度与申报书基本一致；本项目的示范面积、示范类型、系统规模与申报书相符。

(7) 公建项目：公安局实施面积 1.23 万m²、消防支队实施面积 1.31 万m²；检测单位做了形式检查报告，检查结论是项目建设程序合法，预验收资料基本齐全；项目实施进度与申报书基本一致；本项目的示范面积、示范类型与申报书相符。

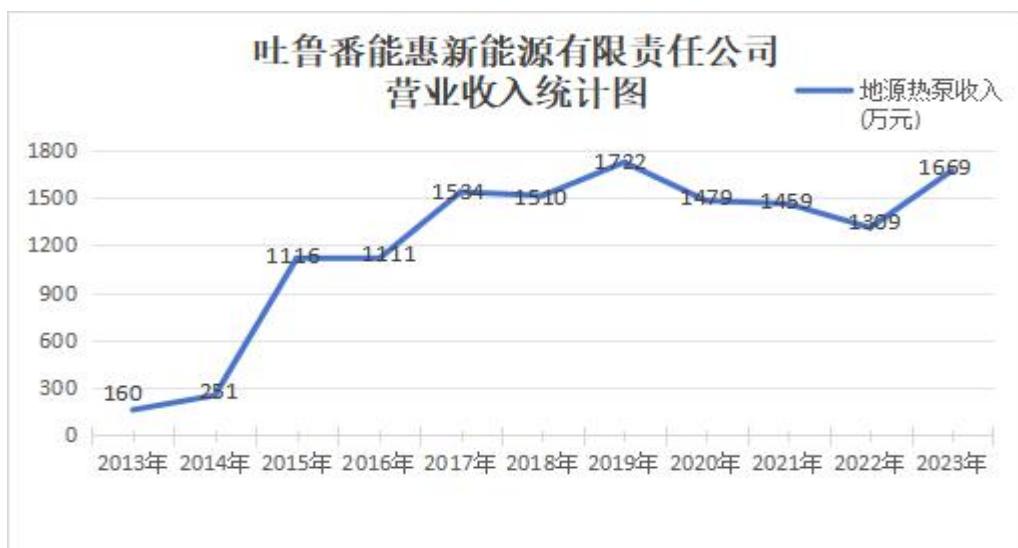


图 1 吐鲁番能惠新能源有限责任公司 2013—2023 年营业收入曲线图

五、突出亮点

(一) 项目技术分析

1. 通过可再生能源项目示范，可以在小区中消除供暖燃烧所需的烟囱和有害物排放，有效提升小区景观和环境质量。从宏观层面上看，通过减少常规能源的消耗，可以有效减轻对整个全球环境的负面影响。

2. 地源热泵技术是利用浅层地下水中吸收到地热能而形成的热能资源，通过地源热泵机组实现低位能向高位能转移的一种技术，也就是说将提取地下水的温度，通过电能驱动压缩机使工质 (R₁₂₃) 循环运动反复发生物理相变，分别在蒸发器中气化吸热，在冷凝器中液化放热，使热量不断得到交换传送，并通过阀门改变进出方向使机组实现制热制冷。地源热泵消耗 1kW 的能量，用户可以得到 4~5kW 以上的热量或

冷量，地源热泵系统的能源通过管道在地上和地下循环，不向外界排放任何废气、废水、废渣。

3. 所谓地下水回灌，就是将被水源热泵机组交换热量后排出的水再注入地下含水层中去。这样做的目的，是为了补充地下水源，调节水位，维持储量平衡，防止地面沉降。由于地下水资源是有限的，对于开采的地下水应要求回灌，且必须是等量回灌，即抽出的水量应与回灌的水量相等，并同层回灌，以防止地面沉降和地下水源污染；同时，还可以回灌储能，达到冬季回灌蓄冷为夏季空调用，夏季回灌蓄热为冬季供暖所用。项目建设完全按照新疆维吾尔自治区水利水电勘测设计研究院地质勘察研究所出具的新疆吐鲁番市新城区地下水及地表水地源热泵工程《水文地质勘察报告》的执行规范：

- (1) 《新疆维吾尔自治区地下水资源管理条例》
- (2) 《水资源评价导则》 SL/T 238—1999
- (3) 《地源热泵系统工程技术规范》 GB50366—2005
- (4) 《供水水文地质勘察规范》 GB50027—2001
- (5) 《供水管井技术规范》 GB50296—1999
- (6) 《水利水电工程物探规程》 SL326—2005

4. 本项目建筑节能率：65%；实施面积：地源热泵供暖及制冷 86 万 m^2 ，太阳能集中供热水 75 万 m^2 ；全年常规能源替代量（t 标准煤）：1244.418（其中地源热泵供暖：720.368；制冷：524.05）；二氧化碳减排量（t 标准煤）：4168.68；二氧化硫减排量（t 标准煤）：33.62；烟尘减排量（t 标准煤）：16.8；年节约费用（元/年）：517690（其中地源热泵供暖：150470；制冷：367220）。

5. 本项目采用的水源热泵及太阳能系统，在给广大居民带来经济收益、节约能源和减少污染物排放量的同时，也将起到对广大居民节约能源和利用可再生能源的全民教育作用，提高全民节约能源的意识。

（二）项目经济性分析

1. 经济评价

建设项目经济评价是项目可行性研究的有机组成部分和重要内容，是项目决策科

学化的重要手段。工程经济评价工作的评价原则和方法通常是按照国家发展改革委（2006）1325号文发布的《建设项目经济评价方法与参数》（第三版）市政公用设施项目经济评价的有关规定，比较项目的费用投入和经济效益产出，进行“费用—效益”分析，对项目的经济合理性做出评价。该工程属于基础设施建设项目，只对国民经济效益进行定性分析如下：

（1）项目建成后将进一步完善吐鲁番示范区基础设施建设，从而改善镇区及其周边的生态环境和投资环境，将促进其经济的繁荣，工程建设的间接经济效益是巨大的。

（2）本项目的建设属公用事业和城市建设基础设施，它所产生的效益除一部分定量分析外，其他往往表现为许多难以用货币量化的社会效益，该项目符合国民经济建设发展的需要，是示范区经济建设必不可少的基础设施项目。由于供热工程具有公共服务性，它既是生产部门必不可少的生产条件，又是居民生活的必要条件，其投资效果主要表现在项目的外部。项目实施后，将极大地促进区域的招商引资力度，对国民经济和社会或地区发展做出极大的贡献。

（3）本项目的建设是市政基础设施建设的一个重要组成部分，完善吐鲁番市示范区基础设施建设，将会给当地的发展带来积极的影响。

因此，本项目国民经济评价良好，本项目从国民经济角度分析是可行的。

（三）社会效益分析

1. 社会效益

进行社会主义现代化建设，需要安定的社会环境，区域基础设施建设对社会各部门的正常运转有着深远的影响，该项目建成后，将进一步完善吐鲁番市示范区基础设施建设，提高当地居民的生活质量，推进区域经济发展。项目建成后，可提供一些新的就业机会，减轻社会就业压力，在促进社会稳定、民族团结方面，将起到积极的推动作用。

2. 环境效益

本项目的建成将完善规划区域内基础设施建设，对提高吐鲁番示范区供热条件有很大的积极作用。市政基础设施工程的建设，有效改善镇区内居民和企业的生产生活环境，可为人们提供更加舒适、现代化的工作及生活生产环境，真正体现市政工程

建设全心全意为人民服务的宗旨，也将为城市的开发与发展作出有效贡献，获得的综合效益及贡献是难以估量的。

六、问题和建议

目前国家对集中供暖有相应的政策文件支持，但对于集中供冷没有政策扶持，希望国家有关部门出台对集中供冷企业的相关扶持政策和支持企业发展的有关文件。