



联合国开发署 全球环境基金小额赠款计划
三江源地区减缓气候变化
促进清洁取暖示范项目

案例研究

中国节能协会
2022年3月

项目简介

PROJECT INTRODUCTION

项目背景

三江源地区是我国长江、黄河和澜沧江的源头汇水区，亚洲和我国大部分地区的“生命之源”，也是世界上高海拔地区生物多样性最集中的地区，同时还是我国生态系统最脆弱和最原始的地区之一。

三江源地区海拔高、气候严寒、采暖期长，但清洁取暖的比例较低，燃煤总量大，特别是传统散烧煤取暖方式落后、排放大，是引起大气环境污染的重要因素之一。

项目组在走访过程中发现当地燃煤取暖还比较普遍，对社区和整体环境污染严重。



实施单位

为贯彻落实《青海省打赢蓝天保卫战三年行动实施方案（2018—2020年）》，提高三江源地区清洁取暖比例，中国节能协会节能服务产业委员会（EMCA）在联合国开发计划署全球环境基金小额赠款计划（UNDP GEF SGP）的支持下，联合青海卓越新能源设备有限公司、海信家电集团股份有限公司、青岛海尔空调电子有限公司等单位共同开展了“三江源地区减缓气候变化，促进清洁取暖示范项目”。

支持方



联合国开发计划署
全球环境基金小额赠款计划（UNDP GEF SGP）

实施方



中国节能协会节能服务产业委员会
海信家电集团股份有限公司
青海卓越新能源设备有限公司
青岛海尔空调电子有限公司

项目组实地走访了13家医院、学校、酒店、居民小区、工厂等取暖单位后，最终选取玛多县扎陵湖乡藏文寄宿制学校、黄南德吉嘉苑小区、果洛州藏族自治州藏医医院3个取暖用户作为试点，开展电力清洁取暖示范项目。



技术路线

试点 / 热源选择	天然气	电力			热电联产集中供暖	工业余热	太阳能集热器	地热
		电锅炉	电热电缆 / 电暖器	空气源热泵				
玛多寄宿学校				√				
德吉嘉苑小区	无天然气管网覆盖	√	能效低 使用成本高	初投资略高	无集中供热管网	无工业余热资源	需要较大空间，建筑密集区不适宜	无地热资源
果洛州藏医院				√				

优先采用分布式电力取暖方式。主要原因：

青海省可再生电力资源丰富，具有很强的清洁优势。根据国家电网青海省电力公司发布的《2019年青海电网运行方式》显示，清洁能源占比总计87.2%；

青海省电价已经降至较合理水平，能够支撑电供暖与燃煤供暖价格不倒挂。2019年，青海省电价已由0.3973元/kWh降低为0.28元/kWh，电供暖项目具有良好的经济性，使用成本基本可承受；

三江源地区海拔高，地形复杂，集中供热很难做到全覆盖，尤其是广大农牧区和乡镇，天然气管网和集中供热管网覆盖不足。

玛多县扎陵湖乡藏文寄宿制学校 空气源热泵项目



○ 用能单位

玛多县扎陵湖乡藏文寄宿制学校位于青海省玛多县扎陵湖乡，海拔 4500 米，目前校区建于 2017 年，占地 4328 平米；供暖面积 1870 平米。主要用能设备为冬季采暖所需的燃煤锅炉。教学生活所需的照明用电，食堂用电，教学设备用电（电脑、投影仪等）。年平均气温 -4 度，属高寒草原气候。

○ 改造前用能情况

青海省玛多县扎陵湖乡目前没有集中供热热源，因无天然气管道敷设，故无法采用天然气锅炉进行供热，改造前玛多县扎陵湖乡藏文寄宿制学校采用 1 台燃煤锅炉取暖，锅炉型号为 DZL0.7-0.7/95/70-AIII（单锅筒纵置式水管热水锅炉，链条炉排，额定热功率 0.7MW，额定出水压力 0.7MPa，供水温度 95℃，回水温度 70℃，燃料种类二类烟煤）。每个供暖季、每平方米供热面积耗煤 71.4 公斤。当地热负荷达到了 243W。当地燃煤锅炉效率低于 50%，燃烧不充分，排烟损失大，燃煤污染较大。

根据国家颁布的《大气污染防治行动计划》及青海省针对环境整治出台的一系列文件，青海省将在全省范围内淘汰 30T 以下的燃煤锅炉。藏文寄宿制学校目前的采暖方式比较落后，已不符合政策及生态环保节能要求。现有的燃煤锅炉被取缔后，存在无暖可用的状态，供暖问题关系到学校正常办公生活保障，故需要提前选择一种安全、节能、绿色、环保的清洁能源替代现有的用暖方式。

○ 主要改造内容

藏文寄宿制学校采暖末端为暖气片，平均热负荷按照 130W/ m²。根据建设规模、供热负荷及供热范围，拆除原有锅炉设备及土建恢复，主要建设 6 台 CH 系列空气源热泵采暖机组 75 型号设备 FLS75RM1-T 及供热相关配套设备。

建设规模表

序号	项目名称	室外机选型	室内机选型	辅助电加热选型	缓冲蓄热水箱选型
1	扎陵湖学校	FLS75RM1-T 6 台	暖气片	60kW	2m ³

本项目技术要求及特点如下：

(1) 模块机组采用优质零部件，利用电子膨胀阀精确节流，进行系统优化匹配，整机能效达到国家相关标准。单模块机组可根据环境温度，自动加减载风机数量，使机组变化与冷媒变化最优匹配，设计 COP 达 3.3。

(2) 安装楼宇自动化系统（BAS）：机组支持 RS485 通讯及 Enthernet 通信，标准 Modbus 协议；支持多组联合控制，每组机器均可单独控制运行模式，修改运行参数。

(3) 融霜控制技术：除霜时间较短，水温波动小，舒适性较好。



项目投资情况

本项目总投资约 121.1 万元，由联合国开发计划署全球环境基金小额赠款计划、青海卓越新能源有限公司、海信家电集团股份有限公司捐建。资金主要用于设备购置及生产线系统建设，配套管网由当地财政负担。

挑战及对策

挑战：项目地海拔高，空气稀薄，极寒天气下运行可能出现不稳定的状况；学校缺乏专人管理运行空气源热泵系统。

对策：根据高海拔特点改进产品性能，并根据运行情况进行优化调整，同时对运维人员开展技术培训。



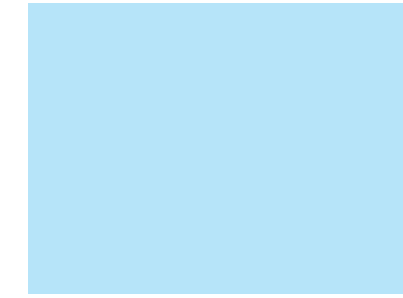
节能减排效果

经第三方节能量审核机构现场审核，该节能改造项目基期（改造前）能耗 133.57 吨标准煤，统计报告期（改造后）能耗 37.34 吨标准煤，项目年节能量 96.23 吨标准煤。项目基期（改造前）二氧化碳排放量 387.37tCO₂，统计报告期（改造后）二氧化碳排放量 202.67tCO₂，项目年二氧化碳减排量为 184.7tCO₂。



项目亮点

该项目克服环境多重不利影响，在高海拔（约 4500 米）严寒缺氧地区建设并应用了空气源热泵清洁供热系统，为其他同类项目积累经验；同时，该项目点位于三江源地区腹地水源保护区，对改善区域环境具有重要作用。



黄南德吉嘉苑小区 高效电供热项目

用能单位

黄南德吉嘉苑小区位于青海省黄南州同仁县，海拔2400米，占地39000 m²，实际采暖面积21530 m²，小区约178户居民，90%是藏族居民。每年采暖期达6个月，全年供暖180天，最低温度-22℃，冬季平均温度-13℃，属高寒气候。



改造前用能状况

德吉嘉苑小区为新建建筑，原设计采用4吨燃煤锅炉，额定热功率2.8MW，额定出水压力0.7 MPa，供水温度95℃，回水温度70℃，燃料种类二类烟煤。

根据当地气候条件数据，该4吨燃煤炉每小时燃煤量约750Kg，预计全年耗煤1350吨供暖季，即每个供暖季、每平方米供热面积耗标煤43.9公斤。4吨燃煤炉每小时燃煤量约750Kg条件下，锅炉热效率约60%左右，锅炉效率低，燃烧不充分，炉渣含碳量高，排烟损失大。

主要改造内容

项目对采暖系统重新设计并投资建设，在小区每栋楼地下就近分别安装稀土磁极电供热机组，一方面解决燃煤锅炉热效率低的问题，减少管网热损失；另一方面实现每栋楼单独启停控制，节约能源。缺点是每栋建筑需单独设置循环系统，每栋建筑需要有锅炉房和单独架设电缆，施工较繁琐，造价上浮约6%。按照平均热负荷按照80W/ m²计算，则各楼需要的热负荷分别为：

1号楼：3028×80=242.2kW 2、3号楼：5016×80=401.2kW
6号楼：5148×80=411.8kW 7号楼：3322×80=265.8kW

电供热机组配置方案

序号	设备名称	1号楼	2号楼	3号楼	6号楼	7号楼
1	电供热机组	ZYNP-180-H 1台	ZYNP-180-H 1台 ZYNP-120-H 1台	ZYNP-180-H 1台 ZYNP-120-H 1台	ZYNP-180-H 1台 ZYNP-120-H 1台	ZYNP-180-H 1台
2	电供热机组专用控制柜	1台	1台	1台	1台	1台
3	循环泵	流量 25m ³ ，扬程 32m，功率 4kW 2台	流量 25m ³ ，扬程 32m，功率 4kW 2台	流量 25m ³ ，扬程 32m，功率 4kW 2台	流量 25m ³ ，扬程 32m，功率 4kW 2台	流量 25m ³ ，扬程 32m，功率 4kW 2台
4	低位控制水箱 (架空)	1m ³	1m ³	1m ³	1m ³	1m ³
5	全自动电脑式 钠离子树脂交 换器	1m ³	1m ³	1m ³	1m ³	1m ³
6	自动启闭阀	DN65	DN80	DN80	DN80	DN80
7	其他配件	管道、阀门、仪表、 保温、电线电缆 若干	管道、阀门、仪表、 保温、电线电缆 若干	管道、阀门、仪表、 保温、电线电缆 若干	管道、阀门、仪表、 保温、电线电缆 若干	管道、阀门、仪表、 保温、电线电缆 若干





● 项目亮点

该项目采用市场化节能机制投资建设，是青海省首个商业小区的合同能源管理供暖项目，节省了财政资金。该模式为同类小区替代燃煤提供了样板，探索了新途径；采暖系统清洁、高效，采暖费用低于天然气市政集中供暖。根据 2019 年采暖期实际成本计算，采暖电费成本为 3.68 元 / 月 m^2 ，取暖费用比改造前下降了约 40%。



○ 项目投资情况

该项目由青海卓越新能源有限公司采用合同能源管理能源费用托管型模式投资建设，得到了联合国开发计划署全球环境基金小额赠款计划的补助。本项目总投资约 400 万元。

○ 挑战及对策

挑战：新建小区入住率不高，且居民供暖费收取难度大，节能服务公司以合同能源管理模式投资实施具有一定投资风险，存在无法收回投资并盈利的可能。

对策：节能服务公司在小区发动热心业主，成立业主协调委员会，动员居民按时缴纳取暖费，同时自身不断提高服务质量，提升供热满意度，实现供热项目可持续发展。

○ 节能减排效果

经第三方节能量审核机构现场审核，该节能改造项目基期（改造前）能耗 964.31 吨标准煤，统计报告期（改造后）能耗 199.13 吨标准煤，项目年节能量为 765.18 吨标准煤。

项目基期（改造前）二氧化碳排放量 2796.54 tCO_2 ，统计报告期（改造后）二氧化碳排放量 1107.18 tCO_2 ，项目年二氧化碳减排量为 1689.36 tCO_2 。



果洛州藏族自治州藏医医院 空气源热泵项目



用能单位

果洛州藏医院位于果洛藏族自治州玛沁县大武镇，系国家级“三江源”生态保护区。果洛藏族自治州具有显著的高寒缺氧、气温低、光辐射强、昼夜温差大等典型的高原大陆性气候特点。果洛州藏医院有3栋办公楼，总供暖面积总计15600平方。采暖期8个月，年平均气温-4度。

改造前用能状况

果洛州藏医院办公楼原采暖采用1台2.8MW的燃煤锅炉，锅炉型号为DZL4-1.0-A II（单锅筒纵置式水管热水锅炉，链条炉排，额定热功率2.8MW，额定出水压力1.0MPa，燃料种类A II类煤）。供暖对象主要是项目区内3栋办公楼，办公楼及培训楼均为节能建筑，建筑类型以3~4层建筑为主，采暖形式为新型钢铝散热器采暖系统。经核算，在该地区1台4吨燃煤炉每小时燃煤量约266kg条件下，锅炉热效率约75%左右，锅炉效率较低，炉渣含碳量高，排烟损失大。每年采暖需要消耗燃煤约1530吨。



主要改造内容

从地理位置和气候条件分析，玛沁县大武镇在海拔3723米，从气象报告中查到年极端最低气温-34.9℃，考虑到节能方面和运行成本方面，空气能热泵相对具有优势。根据建设规模、供热负荷及供热范围，拆除原有锅炉设备及土建恢复，主要建设3台超低温双级螺杆空气源热泵机组（冬季室外环境温度-25℃，出水60℃时机组的制热量为376kw）及供热相关配套设备，配套的管道地沟，新增800kVA箱式变压器1台及接入空气源热泵的电缆。

超低温双级压缩螺杆式或复叠式热泵机组利用了不同冷媒的性质及性能特点多级压缩，将温度提高到合适的需求温度。高温机组是由两个单独的冷媒系统耦合组成，分别称为第一级（低温级）和第二级（高温级）。第一级（低温级）使用R410a环保冷媒，运用其卓越的低环温蒸发性能，配合准二级压缩的独特设计理念，让低温级系统在-35℃的最低环境温度下（项目区最低温度为-34.9℃）仍有卓越的蒸发能力，通过冷凝蒸发器将从环境中吸取的低品位热能转移至高温级系统，为高温级系统创造良好的运行条件；第二级（高温级）使用R134a环保冷媒，运用其高冷凝温度低系统压力的物理性质，通过冷凝蒸发器的耦合使压缩机维持在合适的压比，满足降低蒸发温度同时提高冷凝温度的要求，从而在极低的环境温度下稳定得到较高的出水温度，最高出水温度可达60℃，可以满足高原地区散热器采暖系统的供暖需要。

建设规模表

序号	建设地点	供热面积 m ²	供热负荷 kW	数量	选用设备	备注
1	果洛州藏医院	15600	936	3台	超低温双级压缩风冷螺杆空气能热泵机组	-25℃下制热量376kW

其他节能措施：

◆ 给排水节能

☞ 充分利用市政管网压力，采用市政管网工程直供方式。给水支管设置减压阀，确保每层给水压力不超过0.2MPa。

☞ 采用节水型设备，降低水耗用量。

☞ 严格把控管材、管件和施工质量，控制跑、冒、滴、漏。

☞ 供热系统采用变频调节，实时调节供水温度和改变循环水流量，达到节约用水的目的。

◆ 暖通节能

☞ 设置热计量装置，在单体内每组散热器进水管上装温控二通阀，室内温度随室外温度的变化进行温控调节。热负荷计算过程中严格按节能后的传热系数计算。

☞ 所有热力设备及热力管道选用高效的保温材料，降低热量损失。

☞ 集中供暖系统的热源未采用直接电热方式。

☞ 该空气能机组在-25℃工况下，设备的制热量可以满足各用暖单位60W/ m²的采暖热指标，此工况下，设备需连续运行。以此类推，设备在外界环境温度高于-25℃时，制热量同样满足要求，且设备间歇性运行，处于比较节能的状态。

- ☞ 工艺流程采用了新技术、新工艺和新设备，未选用已公布淘汰的产品；
 - ☞ 供热系统采用变频调节方法，根据室外气温、用户负荷的变化，实时调节供暖，保证满足使用要求工况下最大限度节约电能。
 - ☞ 对热用户及主要用电设备设置热能及电能计量控制表，加强能耗考核；
 - ☞ 设备采用符合国家要求的环保设备及材料，设置总热量计量装置和温度控制。
 - ☞ 采暖管道根据所处环境、热媒温度等选用合适的保温材料，其保温厚度按现行国家标准《设备及管道保温设计导则》（GB8175）中经济厚度公式计算确定。
 - ☞ 围护结构热工及耗热量满足节能设计要求。
 - ☞ 集中供热循环水泵耗电输热比满足要求。
- ◆ 电气节能
- ☞ 在配电线路的截面方面，进行计算分析，选择合适的截面，减小线路损耗。
 - ☞ 选用高原型箱式变压器。



○ 项目投资情况

该项目在联合国开发计划署全球环境基金小额赠款计划的支持下，由青岛海尔空调电子有限公司与青海科晟成套装备有限公司联合建设，于2020年9月底投入运行。总投资450万元，由财政资金承担。

○ 挑战及对策

挑战：海拔3900米，空气稀薄，极寒天气下运行可能出现不稳定的状况。

对策：改进技术方案，努力适应高海拔极寒天气的需要，同时安装电辅热保障医院供暖安全。

○ 节能减排效果

经第三方节能量审核机构现场审核，该节能改造项目基期（改造前）能耗1092.88吨标准煤，统计报告期（改造后）能耗129.13吨标准煤，项目年节能量963.75吨标准煤。

项目基期（改造前）二氧化碳排放量3169.41tCO₂，统计报告期（改造后）二氧化碳排放量700.92tCO₂，项目年二氧化碳减排量为2468.49tCO₂。

○ 项目亮点

该项目实现了高海拔严寒缺氧地区空气源热泵的应用，为其他同类项目积累经验；项目年可替代燃煤约1500吨，改善了区域环境，同时降低了供暖运行成本，年可节约供暖费用约60万元。

