

呼和浩特市 10 万 m² 住宅小区
太阳能采热供暖工程
可行性研究报告

编制单位： 呼和浩特市多维太阳能配套工程有限公司

（内蒙古自治区建筑节能常务理事单位）

编制人： 吕瑞强 天津大学工学硕士，45 岁

内蒙古自治区建筑节能协会 副理事长

太阳能应用专业委员会 主任

联系电话： 0471-6920503, 6915438, 13904715263

目 录

1	概 述	
1.1	项目简介	1
1.2	城市概况	2
1.3	项目建设的必要性	3
1.4	主要技术原则	5
1.5	编制依据	5
2	太阳能采热供暖设计基础	
2.1	当地太阳地面辐照能量计算	6
2.2	真空管太阳能集热器光热转化率（倾斜固定）	6
2.3	呼和浩特市地区供暖热负荷计算	7
2.4	单位供热面积与集热面积关联比	7
3	真空管式太阳能采热供暖热源工艺计算	
3.1	工艺简介	8
3.2	技术方案	8
3.3	项目生产热量核算	9
3.4	项目消耗热量核算	11
3.5	辅助热源确定	13
3.6	储水箱容量确定	14
3.7	真空管太阳能集热器热源优点	16

3.8	提高太阳能集热器有效利用率的途径·····	16
4	项目投资概算	
4.1	工程直接费用·····	16
4.2	设计咨询费·····	18
4.3	其它未预见费·····	18
5	经济效益测算	
5.1	成本费用估算·····	18
5.2	销售收入·····	20
5.3	年利税合计·····	21
5.4	建设投资冲销·····	21
5.5	实际投资款·····	21
5.6	投资回收期·····	21
5.7	投资及成本费用对比·····	21
6	环境保护	
6.1	太阳能集热场（阵列）占地估算·····	23
6.2	“三废”排放·····	24
7	节能、减排	
7.1	传统燃煤锅炉能源消耗和废物排放情况·····	24
7.2	太阳能采热供暖能源消耗和废物排放情况·····	25
7.3	本项目（太阳能采热供暖与传统供暖方式比较）节能、减排情况···	27
8	结论·····	28
9	附录·····	29

1 概 述

1.1 项目简介

本项目考虑在**太阳能与建筑一体化**的基础上,实现10万 m^2 小区太阳能采热为主的冬季供暖方案,同时生产洗浴热水。适用条件:节能建筑,平均楼高6层以下。

(1)项目名称: **呼和浩特市10万 m^2 太阳能采热供暖工程**

(2)项目占地面积: 利用小区建筑屋顶及向阳外立面,共计36000 m^2

(3)项目投资总额: 约2858万元

(4)项目年运行直接费用: 约82.17万元(加设备折旧为:218万元)

(5)项目年运行直接收入 330万元,净收益113万元,全投资回收期11.5年

(5)项目每年节约煤炭约:3280吨。节能69820469MJ/年

(6)项目每年节约用水量: 27980吨/年

(7)项目每年减排情况: 减少废渣排放量: 1300吨/年

减少烟尘排放量: 40吨/年

减少 SO_2 排放量: 3.0吨/年

减少 NO_x 排放量: 36.8吨/年

减少 CO_2 排放量: 6124吨/年

减少废水排放量: 27980吨/年

(8)本项目仅节能折算每年直接经济效益为:655万元(静态)

(9)项目每年增加天然气用量:147763 m^3 /年。

(10)项目实施后供热成本为19.98元/ m^2 (3.32元/月. m^2),低于热力站供暖成本29.15元/ m^2 (4.93元/月. m^2),是后者的68%。

(11)同时实现小区集中供洗浴热水。太阳能采热供暖+洗浴成本:21.78元/ m^2 (3.63元/月. m^2)

项目筹建实施单位: **呼和浩特市多维太阳能配套工程有限公司**

_____ 房地产开发有限公司

1.2 城市概况

1.2.1 城市自然概况

内蒙古的太阳能资源也很丰富，总辐射量在 4800–6400 兆焦耳/平方米之间。年日照时数为 2600–3200 小时，其中巴彦淖尔及阿拉善盟系全国高值区，太阳能总辐射量高达 6490–6992 兆焦耳/平方米，仅次于青藏高原，处我国的第二位。

呼和浩特市处于纬 39° 35′ ~41° 25′，东经 110° 31′ ~112° 20′，海拔高度 1100~2300 米，土地总面积 17224.0 平方公里。

气候条件： 呼和浩特属西北大陆性气候，夏季无酷暑，冬季无严寒，年平均气温 6℃。每年一月份最冷，平均气温在零下 13℃。7 月份最热，平均气温 22℃左右。

	气候资料日期	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
平均最高气温 (摄氏度)	1961-1990	-10.7	-6.0	4.0	14.4	22.7	27.7	29.7	27.6	21.1	12.9	1.2	-8.4
平均气温 (摄氏度)	1961-1990	-18.5	-14.8	-4.6	6.1	14.6	20.5	23.0	20.8	13.5	4.6	-6.6	-15.7
平均最低气温 (摄氏度)	1961-1990	-24.2	-21.4	-11.8	-1.8	6.3	12.4	16.1	14.2	6.7	-2.0	-12.3	-21.1
降雨量 (毫米)	1961-1990	1.4	1.1	1.9	5.0	8.3	16.6	36.5	39.6	18.4	7.9	2.0	0.8
降雨日数*	1961-1990	0.5	0.4	0.6	1.3	1.7	3.3	5.5	5.8	3.0	1.7	0.6	0.1
日平均日照 (小时)	1961-1990	7.0	8.1	9.2	9.7	10.5	10.8	10.3	9.6	9.4	8.4	7.2	6.6

呼和浩特市降水量偏少，蒸发量大，气候干燥。年平均气温为 3.0 ~7.4℃。全年无霜期为 85~150 天。年平均降水量在 250~535mm 之间，降水量的分布特

点：大青山、蛮汉山以南由西南到北和东北逐渐增加，大青山、蛮汉山以北，降水量由南向北逐渐减少。降水主要集中在6～8月，占年降水量的60～65%。本市光能资源丰富，日照充沛、生产潜力大。大部地区年日照时数在2800～3100小时。

1.2.2 城市建设情况

呼和浩特是内蒙古自治区的省会，是全省政治、经济、科技、文化的中心，地处内蒙古自治区中部山脚下，全市总面积17,224平方公里，总人口197.7万人

。呼和浩特市现行政区划共辖9个旗县区，20个街道办事处，96个乡镇，412个居委会和1095个村委会。

呼和浩特目前建成区159平方公里。

市政建设：呼和浩特地区由内蒙古西部电网供电，并同华北、京津唐电网联网，电力充足，目前已建成220千伏、110千伏、35千伏、10千伏、6千伏、0.4千伏6个供电配电压等级的输电线路和220千伏、110千伏、35千伏3个等级变电站，形成了三级电压供网，总供电量7亿度。随着呼和浩特电厂的扩建和托克托电站群的兴建，呼和浩特的电力将更加充裕。

1.3 项目建设的必要性

1.3.1 城市供热负荷膨胀的需要

针对呼和浩特市目前具体情况，随着经济的快速发展，城市建设发生了很大的变化。而现阶段作为城市的基础设施之一，呼和浩特市集中供热建设规模已明显落后于城市建设发展的需要。

呼和浩特市城区建设日新月异，城市建筑物及热负荷发展很快，大型热力管网

集中供热还不能覆盖整个城市，导致部分小区住户冬季享受不到集中供热。造成相当多用户热需求得不到满足。尚有不少用户都采用自建小锅炉房和小煤炉自行供热，致使能源浪费、环境污染严重，投诉不断，但政府无能为力。这不但影响了呼和浩特市的城市形象，也在一定程度上阻碍了其经济的发展。发展太阳能采热小区供暖，可以规避大型热力管网集中供暖的诸多弊端，构建供热和谐，造福普通百姓。

1.3.2 具有较好的经济效益

当前，燃煤价格上扬，使得太阳能供暖在经济性方面具备了一定的优势。

我国是太阳能资源十分丰富的国家，三分之二的国土年日照在 2200 小时以上，年辐射总量大约在每年 3340~8360 MJ/m²，相当于 110~250 KG 标准煤/m²。根据我国气象部门测量年辐射总量的大小，一般将我国大陆部分划分为四个太阳辐射资源带，即一类地区（≥6700 MJ/m²），二类地区（5400~6700 MJ/m²），三类地区（4200~5400MJ/m²），四类地区（<4200MJ/m²），内蒙地区属于上述的第二类资源带内，其太阳能资源大有潜力可挖。

太阳能采热供暖节省燃料，费用低廉，同时项目推广实施后将减少长距离巨型供热管道的铺设和使用。太阳采暖系统在建筑供暖能耗的不断下降的情况下，已经具有了人们能够接受的一定程度的经济性。因此此项目的尽快实施非常必要，必将对呼和浩特市的经济建设和发展起到积极作用。

1.3.3 节能减排的需要

在全球能源形势紧张、全球气候变暖严重威胁经济发展和人们生活健康的今天，世界各国都在寻求新的能源替代战略，以求得可持续发展和在日后的发展中获取优势地位。特别是我国大陆地区，在经济快速增长的情况下，能源消耗长期以来的结构矛盾更加突出，节能、降耗、减排任务已成为我国政府的战略目标。随着我国经济的高速发展和人口的有计划增长，能源需求量日益增加。

据统计，2000 年呼和浩特市冬季采暖期用煤约 180 万吨，CO₂排放约 660 万吨，SO₂约 1.99 万吨，当年市区居住人口是 106.3 万人，城市建成区 83 平方公里（自：

《呼和浩特市清洁能源规划》)。如今城市建成区激增至 159 平方公里，城市实际居住人口逾 200 万，采暖用煤量和污染物排放总量大幅度增加，如此巨大的排放量严重地影响到了城市的环境质量。迫切需要开发新的供热能源和新的供热途径。

1.3.4 环保和社会效益显著

本项目的建设和推广不仅解决了目前呼和浩特市供热紧张的状况，而且将减少燃煤锅炉的使用，缓解市区环境污染的问题；每天在世界各地运行的太阳热水系统向人们展示着太阳能的生态化和无公害。太阳能采热供暖项目推广实施后，将在全国范围内催生一个产业和市场，对于拉动经济发展，扩大就业等都有好处，社会效益十分明显。

1.3.5 太阳能采热供暖在技术上已经可行

近年来，用于生活洗浴热水用途的太阳能集热器的不断增加证明了太阳采热系统的成熟和可靠。受太阳能热水系统成功应用的启发，相关部门和技术人员在考虑将太阳能用于供暖中。呼和浩特市多维太阳能配套工程有限公司已经呼和浩特市区和达茂旗进行了多处小型太阳能供热系统的安装和试运行，系统运行平稳正常。

1.4 主要技术原则

本可研在编制过程中所遵循的主要技术原则如下：

(1) 合理设计小区楼位布局，合理设计楼房顶层，以保证其经济性、实用性、美观性，并充分考虑设置太阳能集热器、采热循环管路需要及与辅助热源的衔接。

(2) 采用新工艺、新设备、新材料和新技术，做到技术先进、安全可靠、经济合理、管理方便。

(3) 坚持节约原则，降低工程造价，缩短建设周期。

1.5 编制依据

本可行性研究报告主要依据以下文件进行编制：

- (1) 《呼和浩特市城市总体规划》(2001-2010年)
- (2) 《呼和浩特市环境保护“十一五”规划》;
- (3) 《呼和浩特市国民经济和社会发展“十一五”规划纲要》;
- (4) 呼和浩特市建委提供的有关资料;
- (5) 相关的国家标准和规范:
 - 《城市热力网设计规范》 CJJ34—2002
 - 《锅炉房设计规范》 GB50041—92
 - 《供热工程制图标准》 CJJ/T78—97
 - 《太阳能集中热水系统选用与安装》 06SS128

2 太阳能采热供暖设计基础

2.1 当地太阳地面辐照能量计算

呼和浩特市地处内蒙古自治区的中部，呼和浩特市处于纬 39° 35' ~ 41° 25'，东经 110° 31' ~ 112° 20'。

倾角等于纬度斜面日平均太阳总幅射照量：18.225 MJ/m².d，其中：采暖期（11月、12月、1月、2月、3月、4月）为 17.372 MJ/m².d，非采暖期（5-10月）为 19.077 MJ/m².d [数据来源：国家建筑标准设计图集 06SS128（大同数据：纬度 40° 06'，经度 113.20'，海拔高度 1067.2 m，与呼和浩特市接近）]。

2.2 真空管式太阳能集热器光热转化率（倾斜固定）

根据经验数据，取真空管式太阳能集热器光热转化率（倾斜固定）

$$\delta_y = 0.49$$

以此确定：

采暖期太阳能日有用得热量为：

$$17.372 \times 0.49 = 8.512 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{d}$$

其中：17.372 MJ/m².d ——采暖期斜面太阳平均日辐照量

非采暖期太阳能日有用得热量为：

$$19.077 \times 0.49 = 9.348 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{d}$$

其中：19.077 MJ/m².d ——非采暖期斜面太阳平均日辐照量

全年平均太阳能日有用得热量为：

$$18.225 \times 0.49 = 8.93 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{d}$$

其中：18.225 MJ/m².d ——全年斜面太阳平均日辐照量

2.3 呼和浩特地区供暖热负荷确定

民用住宅：30-50W/ m²，公共建筑 65W/ m²，年供暖时数 183 天，计 4392h，考虑太阳能冬季能量密度小，为尽量节约辅助热源，本项目要求供热区内一律采用外墙保温、节能门窗、地暖供热，取 30W/ m²。平均负荷：0.108 MJ/m².h，474.336 MJ/m².a

2.4 单位供热面积与集热面积关联比

$$\text{采暖期：} \xi_c = \frac{H_c \cdot \delta_y}{\sigma} = \frac{8.512 \times 183 \times 0.49}{474.336} = 1.61$$

H_c ——倾角等于当地纬度倾斜表面上的太阳总辐射年平均辐照量，MJ/m².a

δ_y ——太阳能集热器光热转化有用得热率（倾斜固定）

σ ——呼和浩特地区平均供暖能耗，474.336 MJ/m².a

3 真空管式太阳能采热供暖热源工艺计算

本项目设计热源方案：建筑物顶层设置太阳能集热场+热交换站贮热水箱+辅助热源（小型燃气锅炉和电加热器）。

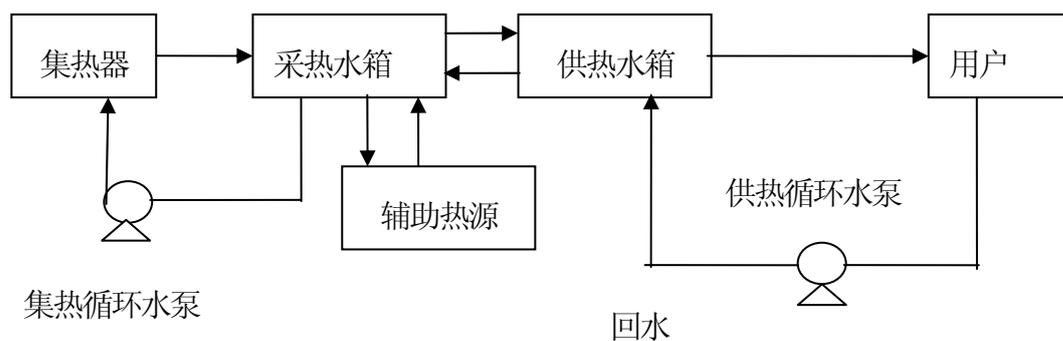
3.1 工艺简介

3.1.1 工艺流程简述

在供暖建筑物顶层设置太阳能集热场，通过循环管路采热至保温水箱。保温水箱设置在换热站，换热站同时设循环水泵房及控制间（含配电室）。

在太阳能集热场设太阳能集热器阵列，每组集热器列阵根据现场情况进行排列。集热器平面向南倾斜，与楼房坡面平行或略大于坡面，角度小于 50 度。

3.1.2 工艺流程图



3.1.3 集热场平立面布置图

（见附图，按小区总图、楼房平面、立面图进行设计）

3.2 技术方案

3.2.1 太阳能分散集热集中利用方案

本项目适合于 6 层以下住宅

本项目拟采用太阳能热利用为主的集中采热供暖方案，太阳能集热面积为 30000 m²，房顶设置 27000 m²，向光外立面设置 3000 m²。采热模块根据小区楼房布局进行设计。

小区供热管网按常规设置；小区内设置集中换热站两个。每个换热站占地面积

300 m²，发二层结构。一层为设备运行间，二层为配电间、热力控制间、值班室和物业办公区。

设备运行由物业聘用专业人员操作。

3.2.2 燃气锅炉辅助措施

本项目拟采用燃气锅炉辅助加热的集中采热供暖方案。

采暖期（11月、12月、1月、2月、3月、4月）太阳能单位采热能力为 8.512 MJ/m².d(1557.70 MJ/m²)，总计热力为 46732417 MJ。

小区集中供暖单位采热负荷 474.336 MJ/m²，总计需用热力为 47433600 MJ。

供暖热力差额为：5010147 MJ。所以，小区太阳能集热面积不能满足冬季供暖热负荷。

考虑经济性、安全实用性、环保和现场能够提供天然气的条件，选用燃气锅炉作为辅助供热热源。锅炉热6个月负荷不小于 5010147 MJ。

3.2.3 取暖、洗浴一体解决方案

本项目同时考虑为住户提供洗浴热水，洗浴热水和供暖热水储存在不同的装置中。热水管网按常规设置。采暖期采用太阳能热利用为主、燃气锅炉辅助加热的方案提供热水（采暖期燃气锅炉和电辅助加热可以同时运行）；非采暖期采用太阳能热利用为主、电辅助加热的方案提供热水。非采暖期燃气锅炉停运检修。

3.2.4 太阳能集热系统与建筑一体化设计方案

在利用太阳能这一环保、无污染的可再生能源的同时，还要美化城市、节约用地、降低投资的需要。本项目拟利用小区现有建筑的屋顶和外墙设置太阳能采热模块，做到太阳能与建筑同时设计同步施工，完美结合。

每个建筑物上采集的热水集中到换热站，经二次补热后送往供暖循环管网。

3.3 项目生产热量核算

(1) 全年单位面积太阳能集热器集热量为

$$\Lambda = 18.225 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{d} \times 365 \text{ d} \times 0.49 = 3259.5411 \text{ MJ/m}^2$$

18.225 MJ/m²·d——倾角等于当地纬度倾斜表面上的太阳总辐射年平均辐照量

0.49——太阳能集热器光热转化有用得热率（倾斜固定）

(2) 采暖期（11-4月）单位面积太阳能集热器集热量为

$$\Lambda_1 = 17.372 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{d} \times 183 \text{ d} \times 0.49 = 1557.7472 \text{ MJ/m}^2$$

17.372 MJ/m²·d——倾角等于当地纬度倾斜表面上的太阳总辐射年平均辐照量

0.49——太阳能集热器光热转化有用得热率（倾斜固定）

(3) 非采暖期（5-10月）单位面积太阳能集热器集热量为

$$\Lambda_2 = 19.077 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{d} \times 182 \text{ d} \times 0.49 = 1701.2868 \text{ MJ/m}^2$$

19.077 MJ/m²·d——倾角等于当地纬度倾斜表面上的太阳总辐射年平均辐照量

0.49——太阳能集热器光热转化有用得热率（倾斜固定）

本项目设计：

太阳能集热器集热面积：供暖面积=3：10

太阳能集热器集热面积为：100000m²×3/10 = 30000 m²

3.3.1 太阳能集热器全年有用得热量

1) 全年得热量：

$$Q = 3259.5411 \times 30000 = 97786238 \text{ MJ}$$

Q ———太阳能集热器有用得热量, MJ

2) 全年平均每日得热量: (按 365 天计算)

$$97786238 \text{ MJ} / 365 \text{ d} = 267908 \text{ MJ/d}$$

3.3.2 太阳能集热器采暖期有用得热量

1) 采暖期得热量:

$$Q_c = 1557.7472 \times 30000 = 46732417 \text{ MJ}$$

Q_c ———采暖期太阳能集热器有用得热量, MJ

2) 采暖期平均每日得热量: (按 183 天计算)

$$46732417 \text{ MJ} / 183 \text{ d} = 255368 \text{ MJ/d}$$

3.3.3 太阳能集热器非采暖期有用得热量

1) 非采暖期得热量:

$$Q_f = 1701.2868 \times 30000 = 51038606 \text{ MJ}$$

Q_f ———非采暖期太阳能集热器有用得热量, MJ

2) 非采暖期平均每日得热量: (按 182 天计算)

$$51038606 \text{ MJ} / 182 \text{ d} = 280432 \text{ MJ/d}$$

3.4 项目消耗热量核算

3.4.1 采暖期小区供暖消耗热量

$$Q_x = S \cdot \sigma = 100000 \times 474.336 = 47433600 \text{ MJ}$$

Q_x ———采暖期总耗热量

σ ———呼和浩特地区平均采暖能耗, $474.336 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{a}$

S ———供热面积, m^2

采暖期小区供暖平均每天消耗热量为:

$$47433600 \text{ MJ} / 183 \text{ d} = 259200 \text{ MJ/d}$$

3.4.2 采暖期小区洗浴消耗热量

小区建筑面积 100000 m²，平均 90 一户，每户 2.5 人用水，人均 45 升热水，则日均洗浴用热水量为：

$$100000/90 \times 2.5 \times 0.045 = 125 \text{ m}^3$$

1)、日耗热量：

$$Q_r = m \cdot N (t_2 - t_1) \cdot c = 125 \times (60 - 15) \times 4.186 = 23546 \text{ MJ/d}$$

Q_r ——太阳能集热器洗浴水日耗热量，MJ

m ——平均每日洗浴用水量，m³

t_1 ——自来水温度，℃

t_2 ——洗浴水温度，℃

c ——水的比热容（常数），KJ/（Kg·℃）

2)、采暖期内总耗热量为：

$$23546 \text{ MJ/d} \times 183 \text{ d} = 4308918 \text{ MJ}$$

3.4.3 采暖期小区供暖加洗浴消耗热量

1)、日耗热量：

$$259200 \text{ MJ/d} + 23546 \text{ MJ/d} = 282746 \text{ MJ/d}$$

2)、采暖期内总耗热量为：

$$4308918 + 47433600 \text{ MJ} = 51742564 \text{ MJ}$$

3.4.4 非采暖期小区洗浴消耗热量

非采暖期用户热量消耗只有洗浴用水，日耗水量等同采暖期设定，则日均洗浴用热水量为：

$$100000/90 \times 2.5 \times 0.045 = 125 \text{ m}^3$$

1)、日耗热量为 23546 MJ/d

2)、非采暖期 182 天，总耗热量为：

$$23546 \text{ MJ/d} \times 182 \text{ d} = 4285372 \text{ MJ}$$

3.4.5 洗浴、采暖年总耗热量

$$Q_z = 51742564 + 4285372 = 56027936 \quad \text{MJ}$$

3.5 辅助热源确定

3.5.1 总热量衡算

1)、从全年考虑，小区耗能 56027936 MJ，项目产能 97786238 MJ，产能大于耗能。

小区全年耗热占太阳能集热比例：

$$\eta = \frac{Q_z}{Q} \cdot 100\% = \frac{56027936}{97786238} \times 100\% = 57.30\%$$

Q_z ——洗浴、采暖年总耗热量，MJ

Q ——太阳能集热器有用得热量，MJ

2)、从非采暖期考虑，小区耗能 4285372 MJ，项目产能 51038606 MJ，产能远远大于耗能，完全能够满足需要。

非采暖期耗能占太阳能集热比例：

$$\eta = \frac{Q_r}{Q_{ft}} \cdot 100\% = \frac{4285372}{51038606} \times 100\% = 8.40\%$$

η ——非采暖期耗能占太阳能集热比例

Q_r ——太阳能集热器洗浴水日耗热量，MJ

Q_{ft} ——太阳能集热器有用得热量，MJ

3)、从采暖期考虑，小区耗能 51742564 MJ，项目产能 46732418 MJ，产能小于于耗能，不能够满足需要。需要增设辅助热源。

采暖期耗能占太阳能集热比例：

$$\eta = \frac{Q_r}{Q_{ct}} \cdot 100\% = \frac{51742564}{46732418} \times 100\% = 110.72\%$$

η ——采暖期耗能占太阳能集热比例

Q_r ——采暖期洗浴加供暖总耗热量，MJ

Q_{ct} ——采暖期太阳能集热器有用得热量, MJ

采暖期太阳能集热量与需求量差额为:

$$51742564 \text{ MJ} - 46732418 \text{ MJ} = 5010146 \text{ MJ}$$

3.5.2 辅助热源功率核算

3.5.2.1 非采暖期辅助热源(电加热)功率确定

电辅助加热只考虑非采暖期阴雨天洗浴热源补偿。

125 m³ 15℃凉水用 10 个小时电加热成 60℃的洗浴热水, 则:

$$125 \text{ m}^3 \times (60-15) \text{ }^\circ\text{C} \times 4.186 \text{ MJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{ }^\circ\text{C}) = 23546.25 \text{ MJ}$$

电加热时间按 10 小时计算, 则:

$$23546.25 \text{ MJ}/10\text{H}/3600(\text{S}/\text{H}) = 0.654 \text{ MW} = 654 \text{ KW}$$

电辅助加热额定功率为: 654 KW

3.5.2.2 采暖期辅助热源(燃气锅炉)功率确定

1) 采暖期太阳能集热量与需求量每日差额为:

$$5010146 \text{ MJ} / 183 \text{ d} = 27378 \text{ MJ}/\text{d}$$

按每天工作 10 小时计, 辅助热源额定功率为:

$$27378 \text{ MJ}/\text{d} / 10\text{h}/\text{d} / 3600 \text{ s}/\text{h} \times 1000 \text{ KJ}/\text{MJ} = 760 \text{ kw}$$

2) 太阳能采热供暖的特点是受天气情况影响比较大。当阴天或下雪天气时完全靠(或主要靠)燃气锅炉供暖。因此, 在已有电辅助加热的情况下, 考虑节省投资, 辅助热源(燃气锅炉)的功率的确定原则是:

全天没有阳光的情况下, 由燃气锅炉实现 80%负荷供暖。

$$30 \text{ W}/\text{m}^2 \times 100000 \text{ m}^2 \times 80\% = 2400000 \text{ W} = 2400 \text{ kW}$$

权衡 1)、2) 两项, 确定燃气锅炉额定功率选用 2400 kW。选 2 台 1200 kW 燃气锅炉。

3.6 储热水箱容量确定

本项目设计洗浴热水箱与采暖热水箱分别设置的方案。洗浴采取双水箱；采暖采用三水箱。

3.6.1 洗浴储热水箱容量确定

根据前面积算，小区日均洗浴用水量为 125 m^3 ，洗浴热水箱根据日均需要设置为 126 m^3 ($63 \text{ m}^3 \times 2$ ； $7 \times 3 \times 3 = 63$)。

3.6.2 采暖储热水箱容量确定

供暖用保温热水箱按下列原则确定：

- A、以日为基础进行采热供热设计
- B、储水温度 60 度左右
- C、尽可能不浪费光热
- D、采热与储热水箱分离
- E、节约原则（容量尽可能小）

呼和浩特市地区采暖期平均日照时间为 8 小时，日照时间可同时实现供暖，所以只考虑夜间水箱储热。

白天供暖消耗热量为： $259200 \times 8 / 24 = 86400 \text{ MJ/d}$

$125 \text{ m}^3/\text{d}$ 洗浴热水消耗热量为： $125 \times (60 - 15) \times 4.186 = 23546 \text{ MJ/d}$

采暖期小区每天有用得热量为： 255368 MJ/d

平均每天需储存的太阳能热量为：

$255368 \text{ MJ/d} - 23546 \text{ MJ/d} - 86400 \text{ MJ/d} = 145422 \text{ MJ/d}$

所以，平均每天需储存的 60°C 热水量为：

$145422 / [(60 - 15) \times 4.186] = 772 \text{ m}^3/\text{d}$

理论供暖储热水箱容积 772 m^3 。

考虑蓄热温度可以上浮 120% (温度到 70°C)，为节约投资，水箱容量可降低至：

$772 \text{ m}^3 / 1.2 = 644 \text{ m}^3$

本项目拟设置 108 m³ 水箱六个（108×6=648；9x4x3=108）。

3.7 真空管式太阳能集热器热源优点

- (1) 真空管式太阳能集热器吸热效率高。
- (2) 双排管式太阳能集热器集热具有自动清垢功能，使用维护工作量小。
- (3) 多循环取热方式满足多栋楼房同时取热要求。
- (4) 集热设施造价低，运行维修费用低的问题。
- (5) 采用太阳能集热器热水代替燃煤锅炉，既节能又减排，无任何污染物排出。

3.8 提高太阳能集热器有效利用率的途径

- (1) 考虑冬季太阳南移，辐照度减弱的特点，屋顶设置的太阳能集热模块水平倾角尽可能大。
- (2) 建筑物立面设置的太阳能集热器在可能的情况下略做后仰。
- (3) 做好系统保温。

4 项目投资概算

4.1 工程直接费用

太阳能采热供暖工程一般情况下适用于多层住宅小区。

按 100000m² 供热面积考虑，进行热源工程投资概算如下：

4.1.1 太阳能集热器阵列工程

- 1) S_c : $S=3.0$: 10 时，需太阳能集热器采光面积为：

$$S_c = \frac{S}{10} \times 3.0 = \frac{100000}{5} \times 1.5 = 30000\text{m}^2$$

S_c ——太阳能集热器采光面积，m²

S —— 供热面积, m^2

Y_j —— 太阳能集热器总额, 万元

总集热面积 S_c 当中, 设置在楼顶面积为 $S_{c1} = 27000 \text{ m}^2$, 设置在建筑外立面为 $S_{c2} = 3000 \text{ m}^2$ 。

$$\text{Y}_{j1} = S_{c1} \times 480 \text{ 元/ m}^2 = 27000 \times 480 \text{ 元/ m}^2 = 1296 \text{ 万元};$$

$$\text{Y}_{j2} = S_{c2} \times 2200 \text{ 元/ m}^2 = 3000 \times 2200 \text{ 元/ m}^2 = 660 \text{ 万元};$$

$$\text{Y}_j = \text{Y}_{j1} + \text{Y}_{j2} = 1296 + 660 = 1956 \text{ 万元};$$

2) 集热器钢结构支架:

$$\text{Y}_{z1} = S_{c1} \times 100 \text{ 元/ m}^2 = 27000 \times 100 \text{ 元/ m}^2 = 270 \text{ 万元};$$

$$\text{Y}_{z2} = S_{c2} \times 130 \text{ 元/ m}^2 = 3000 \times 130 \text{ 元/ m}^2 = 39 \text{ 万元};$$

$$\text{Y}_z = \text{Y}_{z1} + \text{Y}_{z2} = 270 + 39 = 309 \text{ 万元};$$

3) 不锈钢制保温集热水箱:

A、供暖用:

$$\text{Y}_{x1} = 644 \times 2100 = 135.24 \text{ 万元}$$

B、洗浴用:

$$\text{Y}_{x2} = 125 \times 2400 = 30 \text{ 万元};$$

$$\text{Y}_x = \text{Y}_{x1} + \text{Y}_{x2} = 135.24 + 30 = 165.24 \text{ 万元};$$

4) 循环集热管道

$$40 \text{ 套, 估计为: } \text{Y}_G = 96 \text{ 万元}$$

5) 集热循环泵:

$$40 \text{ 套, 估计为: } \text{Y}_{\text{BX}} = 12.8 \text{ 万元 (含安装)}$$

6) 供热循环泵:

流量 $100 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程 100 m 、 25 Kw 、变频调速、4 台 (二开二备)

按 6 万元/台

$$\text{计 } \text{Y}_{\text{GS}} = 24 \text{ 万元 (含安装)}$$

7) 自动控制系统, $Y_k = 16$ 万元

8) 变配电装量, 按 $Y_p = 5$ 万元

9) 燃气锅炉 $Y_R = 57.6$ 万元

10) 电加热系统 $Y_D = 4.71$ 万元

累计为:

$$\begin{aligned} & Y_j + Y_z + Y_x + Y_G + Y_{BX} + Y_{BS} + Y_K + Y_P + Y_R + Y_D \\ & = 1956 + 309 + 165.24 + 96 + 12.8 + 24 + 16 + 5 + 57.6 + 4.71 \\ & = 2646 \text{ 万元} \end{aligned}$$

4.1.2 地面土建工程

包括水箱房、泵室、配电室、控制室、值班室、物业办公室共计 1200 m², 按地下一层层高 4.8 M (框架结构), 地上层高 2.8M (砖混) 计,

$$Y_T = 600\text{m}^2 \times 1000 \text{ 元/ m}^2 + 600\text{m}^2 \times 1600 \text{ 元/ m}^2 = 156 \text{ 万元}$$

总计工程施工费用: 2802 万元

4.2 设计咨询费

按工程施工费的 1% 估列, 计 28.02 万元。

4.3 其它未预见费

按工程施工费的 1% 估列, 计 28.02 万元。

总计项目投资: 2858 万元

5 经济效益测算

5.1 成本费用估算

5.1.1 水费

自来水价 2.6 元/吨

① 供暖系统一次性注水量:

$$644 \text{ m}^3 \times 1.5 = 966 \text{ m}^3$$

② 供暖系统补水量:

按 $2\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$,

$$100000\text{m}^2 \times 2\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{a} = 200 \text{ m}^3/\text{a}$$

③ 年洗浴用水量:

$$125 \text{ m}^3/\text{d} \times 365 \text{ d} = 45625 \text{ m}^3$$

$$(966+200+45625) \text{ m}^3 \times 2.6 \text{ 元}/\text{m}^3 = 121657 \text{ 元}$$

合计每年用水费: **12.17 万元**

5.1.2 电费

综合电价 0.334 元/度

① 集热循环泵:

循环泵 40 套, 功率 2kw, 每天运行 4 小时, 365 天。则:

$$40 \times 4 \times 4 \times 365 = 116800 \text{ 度/年}$$

② 供热循环泵:

25kw 泵两套, 每天运行 10 小时, 183 天。则:

$$25 \times 2 \times 10 \times 183 = 91500 \text{ 度/年}$$

③ 电加热:

非采暖期阴雨天启动, 平均每天 10 小时, 总计 30 天。则:

$$654\text{KW} \times 10\text{H}/\text{D} \times 30\text{D}/\text{A} = 196219 \text{ 度/年}$$

④ 燃气锅炉:

1200kw 燃气锅炉用电为 6.48kw, 日均启动 5 小时, 共运行 120 天, 两台

$$6.48\text{KW} \times 5 \text{ h}/\text{d} \times 120 \text{ d}/\text{a} \times 2 = 7776 \text{ 度/年}$$

合计耗电为: $116800+91500+196219+7776 = 412294$ 度/年

年耗电费为: $412294 \times 0.334 = 13.77$ 万元/年

5.1.3 天然气费用

天然气热值按 $9000\text{kcal}/\text{m}^3$ ，采暖期太阳能集热量与需求量差额全部由燃气锅炉补偿。热烧效率按 90% 计，天然气价格位 $1.76\text{元}/\text{m}^3$ ，

则需消耗天然气量为：

$$5010147\text{ MJ/a} / 9000\text{kcal}/\text{m}^3 / 4.186\text{kJ}/\text{kcal} / 90\% \times 1000\text{kJ}/\text{MJ} = 147763\text{ m}^3/\text{a}$$

天然气年费用为：

$$147763\text{ m}^3/\text{a} \times 1.76\text{元}/\text{m}^3 = 26.01\text{ 万元/年}$$

5.1.4 人工费用

综合按 $1.5\text{万元}/\text{人}\cdot\text{年}$ ，计 $4\text{人}/\text{班} \times 4\text{班} \times 1.5\text{万元}/\text{人}\cdot\text{年} = 24\text{万元/年}$

5.1.5 管理费用

按 $5\text{万元}/\text{年}$ 估列

5.1.6 维修费用

按工程直接费的 0.5% 估列 13.23万元/年

累计年运行直接费用为： 82.17万元

5.1.7 折旧费

① 设备折旧

按 20 年寿命期，残值率 10%，

$$2858\text{万元} \times 0.9/20\text{年} = 132.17\text{万元/年}$$

② 土建工程折旧

按 50 年寿命期，残值率 0%，

$$156\text{万元}/50\text{年} = 3.12\text{万元/年}$$

两项合计： 135.43万元

年总成本（运行费+折旧）合计： 218万元

5.2 销售收入

1) 洗浴用水:

热水价格 24 元/m³ (注: 北京热水价 50 元/m³)

$$125 \times 365 \times 24 = 1095000 \text{ 元/年} = 109.50 \text{ 万元/年}$$

2) 供暖费:

呼和浩特市物价规定, 供暖价格为 3.68 元/m². 月。

$$3.68 \text{ 元/m}^2 \cdot \text{月} \times 6 \text{ 月/年} \times 100000 \text{ m}^2 = 2208000 \text{ 元/年} = 220.8 \text{ 万元/年}$$

$$\text{收益总计: } 109.50 + 220.8 = 330.3 \text{ 万元}$$

5.3 年利税合计

$$330.3 - 218 = 112.7 \text{ 万元}$$

5.4 建设投资冲销

1) 城市供暖配套费: 100 元/m², 共计 1000 万元

2) 其它政府补助款 (按投资总额的 50% 计): 1429.13 万元

5.5 实际投资款

$$2858 - 1000 - 1429.13 = 428.87 \text{ 万元}$$

5.6 投资回收期

$$\text{投资回收期: } n_1 = \frac{\text{总投资}}{\text{年利税合计} + \text{折旧费}} = \frac{2858}{112.7 + 135.43} = 11.5 \text{ 年}$$

$$\text{剔除供暖配套费: } n_2 = \frac{\text{总投资} - \text{采暖配套费}}{\text{年利税合计} + \text{折旧费}} = \frac{2858 - 1000}{112.7 + 135.43} = 7.5 \text{ 年}$$

$$\text{剔除其它费: } n_3 = \frac{\text{总投资} - \text{采暖配套费} - \text{补贴}}{\text{年利税合计} + \text{折旧费}} = \frac{2858 - 1000 - 1429.13}{112.7 + 135.43} = 1.7 \text{ 年}$$

5.7 投资及成本费用对比

5.7.1 单位投资比较

5.7.1.1 传统燃煤锅炉+换热站

1) 热源单位投资:

$$\beta_1 = \frac{\text{总投资 (万元)}}{\text{总面积 (万 m}^2)} = \frac{9151.99}{203} = 45 \text{ 元/m}^2$$

2) 热网工程单位投资:

$$\beta_2 = \frac{\text{总投资 (万元)}}{\text{总面积 (万 m}^2\text{)}} = \frac{5348.19}{203} = 26.35 \text{ 元/m}^2$$

合计单位供暖面积成本: 71.35 元/m²

注: 数据来源《中国市政华北设计研究院“200K-015”》。

5.7.1.2 太阳能热源供暖

$$\beta = \frac{\text{总投资 (万元)}}{\text{总面积 (万 m}^2\text{)}} = \frac{2858}{10} = 285.8 \text{ 元/m}^2 \text{ (供暖面积)}$$

由此看出, 太阳能采热供暖基建投资比燃煤供热要高。

5.7.2 单位成本费用比较

5.7.2.1 传统燃煤锅炉热源+换热站

1) 热网平均成本:

$$\beta_1 = \frac{\text{平均年运行成本 (万元)}}{\text{总面积 (万 m}^2\text{)}} = \frac{3365.31}{203} = 16.57 \text{ 元/m}^2$$

2) 热源平均成本:

$$\beta_2 = \frac{\text{平均年运行成本 (万元)}}{\text{总面积 (万 m}^2\text{)}} = \frac{2552.8588}{203} = 12.5756 \text{ 元/m}^2$$

两项合计: 29.15 元/ m²。

折合每月费用为: 29.15 / 6 = 4.93 元/月.m²。

5.7.2.2 太阳能采热供暖单位成本

1) 完全摊入供暖:

$$\beta_1 = \frac{\text{年总成本 (万元)}}{\text{总面积 (万 m}^2\text{)}} = \frac{218}{10} = 21.8 \text{ 元/m}^2$$

折合每月费用为: 21.8 / 6 = 3.63 元/月.m²。

2) 剔除洗浴用水:

采暖期洗浴热水成本按自身耗热量在总热负荷中所占比例确定:

每天总热负荷为: 282746MJ, 每天洗浴热水耗热量为 23546MJ, 所以, 洗浴热水成

本为:

$$218 \text{ 万元} \times 23546 / 282746 = 18.15 \text{ 万元}$$

$$\beta_2 = \frac{\text{年总成本 (万元)} - \text{洗浴成本 (万元)}}{\text{总面积 (万m}^2\text{)}} = \frac{218 - 18.15}{10} = 19.98 \text{ 元/m}^2$$

$$\text{折合每月费用为: } 19.98 / 6 = 3.32 \text{ 元/月.m}^2\text{。}$$

3) 剔除折旧费用:

总成本中剔出折旧就是直接费用 (见 P_{20}), 为 82.17 万元。直接费用中洗浴热水所占份额同样按耗热比例核定如下:

$$82.17 \text{ 万元} \times 23546 / 282746 = 6.84 \text{ 万元}$$

$$\beta_3 = \frac{\text{总直接费用 (万元)} - \text{洗浴费用 (万元)}}{\text{总面积 (万m}^2\text{)}} = \frac{82.17 - 6.84}{10} = 7.53 \text{ 元/m}^2$$

$$\text{折合每月费用为: } 7.53 / 6 = 1.26 \text{ 元/月.m}^2\text{。}$$

由此看来, 单纯太阳能采热供暖费用(19.98 元/m²)远低于热力站供暖成本(29.15 元/m²), 是后者的 68.54%。

太阳能采热供暖+洗浴成本(21.8 元/m²)也低于热力站供暖成本(29.15 元/m²)。

如果考虑供暖的公益特点, 将折旧费从成本中剔出, 则太阳能采热供暖单位面积费用为 7.53 元/m² (1.26 元/月.m²), 具备突出的低费用特点。

6 环境保护

6.1 太阳能集热场 (阵列) 占地估算

太阳能集热场不占用额外的土地, 全部设施在现有建筑上。

考虑安装、维修通道, 太阳能集热场面积按集热器面积 1.15 倍估列:

$$\text{需建筑物顶面积为 } 27000 \times 1.15 = 31050 \text{ m}^2$$

$$\text{需建筑物向阳外立面面积为 } 3000 \times 1.15 = 3450 \text{ m}^2$$

要求太阳能集热器与楼顶、墙面一起设计，同步施工，确保美观、实用。

6.2 “三废”排放

- ① 太阳能为绿色能源，不燃化石燃料，无废气，废渣排放。
- ② 燃气热水器所用天然气为清洁燃料，不产生烟气污染，但有部分 CO₂ 排放。
- ③ 本项目不需储煤，无固体废渣产出。
- ④ 本项目自身不产生废水。

7 节能、减排

7.1 传统燃煤锅炉能源消耗和废物排放情况

现有燃煤锅炉煤耗及污染物排放情况（1m² 供热面积）

项目	单位	分散供热	
		数量	效率
标煤耗量	Kg/a · m ²	32.8	60%
实用煤耗量	Kg/a · m ²	42.1	60%
灰渣量	Kg/a · m ²	13	60%
烟尘量	Kg/a · m ²	0.4	60%
SO ₂	Kg/a · m ²	0.03	0%
NO _x	Kg/a · m ²	0.368	15%
CO ₂	Kg/a · m ²	62.5	

7.1.1 现有燃煤锅炉煤耗（按 10 万 m² 计）

项目	单位	分散供热	
		数量	效率
标煤耗量	T/a	3.28 × 10 ³	60%
实用煤耗量	T/a	4.21 × 10 ³	60%

7.1.2 电耗

现有燃煤热源+热力站模式

- 1) 热源: $2 \text{ kw} \cdot \text{h/a} \cdot \text{m}^2 \times 100000 \text{ m}^2 = 200000 \text{ kw} \cdot \text{h/a}$
- 2) 热力站: $0.852 \text{ kw} \cdot \text{h/a} \cdot \text{m}^2 \times 100000 \text{ m}^2 = 85200 \text{ kw} \cdot \text{h/a}$
- 3) 管道热水循环泵

与太阳能供热相同, 为: **91500 kw·h/a**

合计: $200000 + 85200 + 91500 = 376700 \text{ kw} \cdot \text{h/a}$

7.1.3 水消耗

- 1) 热源: $117.8 \text{ L/m}^2 \cdot \text{a}$
- 2) 换热站: $162 \text{ L/m}^2 \cdot \text{a}$

合计: $0.2798 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{a} \times 100000 \text{ m}^2 = 27980 \text{ m}^3/\text{a}$

7.1.4 污染物排放 (按 10 万 m^2 计)

项目	单位	分散供热	
		数量	效率
灰渣量	T/a	1.30×10^3	60%
烟尘量	T/a	40	60%
SO ₂	T/a	3.0	0%
NO _x	T/a	36.8	15%
CO ₂	T/a	6.25×10^3	

7.1.5 污水排放

传统燃煤锅炉+热力站方式排污水情况

1) 热源 (锅炉系统)

水处理、消烟除尘、冲灰: $117.8 \text{ L/m}^2 \cdot \text{a}$

按 10 万 m^2 计为: $11780 \text{ m}^3/\text{a}$

2) 热力站

水处理（补水）： $162\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$

按 10 万 m^2 计为： $16200\text{m}^3/\text{a}$

合计年水污排放量： $27980 \text{ m}^3/\text{a}$ （ $27980 \text{ T}/\text{a}$ ）

7.2 太阳能采热供暖能源消耗和废物排放情况

（按 10 万 m^2 供热面积计算）：

7.2.1 燃料消耗

本项目不消耗原煤

根据 5.1.3 计算，本项目消耗部分天然气 $147763 \text{ m}^3/\text{a}$

7.2.2 电消耗

根据 5.1.2 计算，耗用电量为： $412294\text{kw} \cdot \text{h}/\text{a}$ ， $1\text{kw} \cdot \text{h} = 3.6 \text{ MJ}$ ，所以，

电消耗为： $412295\text{kw} \cdot \text{h}/\text{a} \times 3.6 \text{ MJ}/\text{kw} \cdot \text{h} = 1484258 \text{ MJ}/\text{a}$

7.2.3 水消耗

由于本方案，不涉及消烟、除尘及化学水处理加之热水系统最高水温只有 90°C 并在密闭状态运行。因此，系统补充水量很少，本方案按 $2\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ 估列，即全年供暖系统补充水量为 $200\text{m}^3/\text{a}$ 。

7.2.4 污染物排放

废渣、烟尘、 SO_2 、 NO_x 等排放为 0

天然气消耗量为 $147763 \text{ m}^3/\text{a}$

CO_2 排放如下核算：

$147763\text{m}^3/\text{a} / 22.4\text{m}^3/\text{kmol} * 0.044\text{T}/\text{kmol} = 290 \text{ T}/\text{a}$

7.2.5 污水排放

无

7.3 本项目（太阳能采热供暖）与传统供暖方式比较，节能、减排情况

7.3.1 节能情况

年节约燃料

减少实用煤消耗 4210 T/a（标煤 3280 T/a）；增加天然气消耗 147763 m³/a。

折算节能：

天然气热值为 9000 大卡/m³；标煤的热值按 5500 大卡/千克计，则年节省燃料能源：

$$\begin{aligned} & 3280 \text{ T/a} \times 5500 \times 4.186 \text{ MJ/T} - 147763 \text{ m}^3/\text{a} \times 9000 \times 4.186 / 1000 \text{ MJ/m}^3 \\ & = 75515440 \text{ MJ/a} - 5566823 \text{ MJ/a} = 69948617 \text{ MJ/a} \end{aligned}$$

年节约用电量：

$$376700 \text{ kw.h/a} - 412295 \text{ kw.h/a} = - 35595 \text{ kw.h/a}$$

$$1 \text{ kw.h} = 3.6 \text{ MJ}$$

$$- 35595 \text{ kw.h/a} \times 3.6 \text{ MJ/kw.h} = - 128142 \text{ MJ/a}$$

$$\text{总计节约能量：} 69948617 - 128142 = 69820475 \text{ MJ/a} = 19394576 \text{ kw.h/a}$$

$$\text{年节约用水量：} 0.2798 \times 100000 = 27980 \text{ m}^3/\text{a}。$$

能量按 0.334 元/kw.h 折算，水费 2.6 元/m³计，合计每年节省人民币：

$$\begin{aligned} & 19394576 \text{ kw.h/a} \times 0.334 \text{ 元/kw.h} + 27980 \text{ m}^3/\text{a} \times 2.6 \text{ 元/m}^3 = 3275268 \text{ 元/a} \\ & = 655 \text{ 万元/a} \end{aligned}$$

7.3.2 减排情况

$$\text{减少废渣排放量：} 1.30 \times 10^3 - 0 = 1.30 \times 10^3 \text{ T/a}$$

$$\text{减少烟尘排放量：} 40 - 0 = 40 \text{ T/a}$$

$$\text{减少 SO}_2 \text{ 排放量：} 3.0 - 0 = 3.0 \text{ T/a}$$

$$\text{减少 NO}_x \text{ 排放量：} 36.8 - 0 = 36.8 \text{ T/a}$$

减少 CO₂排放量: 6250—290= 5960 T/a

减少废水排放量: 27980—0= 27980 T/a

8 结论

1) 本项目的推广实施后,可以实现小区独立供暖,可能引发**供暖结构、形式的变革和体制的完善**。

2) 本项目的推广实施后,可以实现纯收入 113 万元/年;如果剔出折旧,年收益可以到 248 万元/年。

3) 本项目的推广实施后,每年节省标煤 3280 万吨,总计节能 69820469MJ,节水 27980 吨,折合人民币 655 万元。节能效果明显。

4) 本项目的推广实施后,每年减少废渣排放量 1300 吨、烟尘排放量 40 吨;减少排放 CO₂ 5960 吨, SO₂ 3.0 吨, NO_x 36.4 吨;减少废水排放 27980 吨。减排效果明显。

5) 本项目的推广实施后,单位面积供暖成本大大降低,为 3.30 元/月·m²。热力站供暖成本 4.93 元/月·m²。

6) 本项目如得到政府专项资金和政策扶持,不仅在经济上有益,而且具有良好的社会效益和久远的环保意义。

7) 本项目技术上是成熟的。

8) 本项目适合于在低层住宅(6层以下)小区推广实施,并且与总图设计、房顶设计、供暖管网设计综合配套一体化考虑。