

几种能源供暖方式的技术经济比较

长春工程学院 张治江[☆] 陶 进 石久胜 张凤江
哈尔滨工业大学 劳学竟

摘要 分析了几种能源供暖方式的初投资和经营费用,给出了费用年值的计算公式。采用费用年值法对几种能源供暖方式的经济性和使用过程的技术性进行了比较。

关键词 能源 费用年值法 技术经济比较 环境保护

Technical and economic comparison of some heating systems with different energy resources

By Zhang Zhijiang[★], Tao Jin, Shi Jiusheng, Zhang Fengjiang and Lao Xuejing

Abstract Analyses the first costs and operation costs. Provides the calculating formula of annual cost approach. Compares the economic and technical features of various heating methods in application.

Keywords energy resource, annual cost approach, technical and economic comparison, environment protection

★ Changchun Institute of Technology, Changchun, China

①

随着新能源的不断开发和利用,供暖形式的多元化及人们环境意识的不断增强,各类燃油、燃气供暖系统以及电供暖的使用正在悄然兴起^[1~3]。但是,目前人们对非煤炭作为能源的供暖技术知之甚少,价格及分户计量问题广泛受到各方面的关注。笔者根据我国北方地区的实际应用情况,将常见的煤、油、人工煤气、天然气和电等 5 种供暖能源结构作出 6 种方案,结合长春市几个典型工程实例,分析和探讨了各种能源供暖的经济性、适用性及未来发展趋势。

1 采用费用年值法进行经济比较

1.1 费用年值的计算公式

技术方案费用一般包括工程投资和年经营(运行)费用两部分,而初投资和经营费用是两项性质不同的费用,因此不能将两者的费用简单相加来计算技术方案费用。我们所采用的费用年值法,就是对参与比较的各个技术方案,利用投资效果系数(或资金回收系数)这个折算比率,将投资费用折算成与年经营费相类似的费用,然后再与经营费用相加,得出费用年值。依据各种技术方案的费用年值进行综合比较,得出一个或几个最佳方案。

费用年值 Z 的计算公式为:

$$Z = \sum_{j=1}^n x_j K_j + C \quad (1)$$

式中 Z 为按动态法计算的年计算费用,元/a; n 为供暖设施(设备)种类数,由于各类设施(设备)的使用年限不相同,折算到每年的费用也不相同,因此应该分别计算后再累

加; K_j 为供暖设施(设备) j 的投资额,元; C 为供暖系统的年经营(运行)费用,元/a; x_j 为供暖设施(设备) j 的投资效果系数, a^{-1} , $x_j = [i(1+i)^m] / [(1+i)^m - 1]$,其中 i 为部门内部的标准收益率,对公用设施取投资利息,对住户自购的设备取储蓄利息, m 为供暖设施(设备)的使用年限。

1.2 供暖系统初投资费用分析

供暖系统初投资应包括锅炉房土建工程费、锅炉及其辅助设备费、锅炉的安装及调试费、热力管网的材料费及施工费、室内供暖系统的材料费及施工费^[4~5]。对于间接连接的供暖系统,还包括二次供热管网和换热站等的费用。本文根据 2002 年的市场价格进行分析,几种能源供暖方式的初投资见表 1 和表 2。

1.3 供暖系统经营费用分析

供暖系统的经营费用包括燃料费、水费、电费、人工费、折旧费、维修费及管理费等。

1.3.1 燃料费

燃料费由式(2)计算:

①[☆] 张治江,男,1954 年 4 月生,大学,教授,吉林省暖通空调学会副主任

130012 长春市红旗街 64 号长春工程学院环境工程系
(0431) 5955971 - 3176

E-mail: zzzj3176@163.com

收稿日期:2002 - 04 - 04

修回日期:2003 - 11 - 10

表 1 热源主机及辅机设备投资^[6]

供暖方式	单台容量/kW	单台主机投资/万元	辅机投资/万元	单位建筑面积投资/(元/m ²)
燃煤锅炉集中供暖	700	63.81	106.34	17.02
燃油锅炉单体建筑供暖	1 400	29.6	6.59	18.10
天然气炉单体建筑供暖	2 800	46.65	8.28	13.57
天然气单户供暖	23	11 000	478	33.43
人工煤气单户供暖	14	6 600	471	32.93
电供暖	20	588	294	20.52

表 2 各种方案初投资汇总 元/m²

供暖方式	锅炉房投资	外网投资	室内系统投资	初投资合计
燃煤锅炉集中供暖	59.06	32	40	131.06
燃油锅炉单体建筑供暖	60.62	0	40	100.62
天然气炉单体建筑供暖	60.62	0	40	100.62
天然气单户供暖	39.52	0	40	79.52
人工煤气单户供暖	39.52	0	40	79.52
电供暖	20.52	0	0	20.52

$$R = BJ \quad (2)$$

式中 R 为燃料费,元/a; J 为燃料价格,元/kg; B 为燃料年消耗量,kg/a, $B = \sum Q/(\eta Q_{dw}^y)$,其中 $\sum Q$ 为年供热量,kJ/a, η 为供暖效率,一般由热源效率和热网效率组成, Q_{dw}^y 为燃料的低位热值,kJ/kg。

年供热量由式(3)计算:

$$\sum Q = Q_{sj} \left[N_{zh} - \frac{\beta_0}{1+b} (N_{zh} - 5) \right] \quad (3)$$

式中 Q_{sj} 为供暖设计热负荷,kJ; N_{zh} 为供暖期总天数; β_0 为相对温度, $\beta_0 = (5 - t'_w)/(t_n - t'_w)$,其中 t'_w 为供暖室外计算温度,℃, t_n 为供暖室内设计温度,℃; b 为延续天数的无量纲群($R_n = (N - 5)/(N_{zh} - 5)$, N 为延续天数,即供暖期内室外日平均温度等于或低于某室外温度的历年的平均天数)的指数值。

供暖设计热负荷可按面积热指标 q_F 来估算^[6],即 $Q_{sj} = q_F F$,其中 F 为供暖建筑面积。将式(3)代入式(2)可得:

$$R = \frac{q_F F \left[N_{zh} - \frac{\beta_0}{1+b} (N_{zh} - 5) \right] J}{\eta Q_{dw}^y} \quad (4)$$

表 4 燃料费汇总^[7]

	燃煤锅炉集中供暖	燃油锅炉单体建筑供暖	天然气锅炉单体建筑供暖	天然气单户供暖	人工煤气单户供暖	电供暖
燃料热值	20.9 MJ/kg	42.0 MJ/kg	35.6 MJ/m ³	35.6 MJ/m ³	14.7 MJ/m ³	3.6 MJ/(kWh)
供暖效率	0.58	0.88	0.88	0.90	0.90	1.00
单位建筑面积年耗燃料量	59.9 kg/(m ² ·a)	15.9 kg/(m ² ·a)	18.7 m ³ /(m ² ·a)	18.3 m ³ /(m ² ·a)	44.3 m ³ /(m ² ·a)	162.9 kWh/(m ² ·a)
燃料价格	0.22 元/kg	2.8 元/kg	1.40 元/m ³	1.40 元/m ³	1.00 元/m ³	0.34 元/(kWh)
单位建筑面积年燃料费/(元/(m ² ·a))	13.18	44.52	26.18	25.62	44.3	55.39
其他能源费与煤燃料费比值	1.0	3.38	1.99	1.94	3.36	4.20

从表 4 可知,仅从燃料费来看,燃煤集中供暖最便宜,之后依次是天然气单户供暖、天然气锅炉单体建筑供暖、人工煤气单户供暖、燃油锅炉单体建筑供暖,电供暖最贵。

2.3 不同供暖方式的年运行费比较

1.3.2 水费

只计算补水费用。补给水量可按热水供暖系统容水量的 4%~5% 来估算^[6]。

1.3.3 电费

包括循环水泵、补给水泵、鼓引风机、上煤除渣、锅炉炉排的运行电耗。

1.3.4 人工费

主要是司炉工工资。

1.3.5 折旧费

包括热源、热网、室内系统及用热设备的折旧费。

1.3.6 维修费

包括单设热源(锅炉房)的供暖系统和热源入户的供暖系统的维修费用。

1.3.7 管理费

包括供热企业的各种税金,燃煤锅炉的烟尘排污费等。

2 不同能源供暖形式的技术分析

2.1 不同供暖方式的投资比较

由表 2 可知不同供暖方式的初投资由小到大为:电供暖、热源单户供暖、单体建筑锅炉房供暖、燃煤锅炉集中供暖。表 3 给出了政府规定的向热用户收取的能源建设费(或称增容费)。企事业单位集中供热的增容费由单位支付,住户燃气增容费一般也由单位支付,住户用电如果不超过负荷,也不必向管理部门交纳增容费。因此,在本文的研究中未将其列入比较范围,但应了解增容费的收取情况。从表 3 可知,目前电增容费最高,燃气增容费最低,说明国家对电负荷的增长采取限制政策,而鼓励使用燃气。

表 3 各种能源增容费

能源类型	增容费	单位供热量增容费/(元/kW)	单位建筑面积增容费/(元/m ²)
燃煤	50 元/m ²	700	50
天然气、人工煤气	4 300 元/m ³	430	30
电	2 000 元/kW	2 000	140

2.2 不同供暖方式的能源费比较

以长春地区为例($t'_w = -23$ ℃, $N_{zh} = 174$ 天),由式(4)算得不同供暖方式的能源费,见表 4。表中热指标取 60 W/m²;室内平均温度保持 18℃(连续供暖)。

表 5 列出了不同供暖方式的年运行费。可以看出,虽然煤的价格最低,但由于综合运行费较高,所以与天然气相比,已经不占明显优势;清洁能源(油、气、电)的燃料费在整个运行费中占很大比例。

表 5 年运行费用比较

	燃煤锅炉 集中供暖	燃油锅炉 单体建筑供暖	天然气锅炉 单体建筑供暖	天然气 单户供暖	人工煤气 单户供暖	电供暖
耗电量/(kWh/(m ² ·a))	0.78	0.94	0.94	0.47	0.47	0
电价/(元/(kWh))	0.72	0.72	0.72	0.34	0.34	0.34
电费/(元/(m ² ·a))	0.56	0.68	0.68	0.16	0.16	0
用水量/(t/(m ² ·a))	0.42	0.03	0.03	0	0	0
水价/(元/t)	4.2	4.2	4.2	0	0	0
水费/(元/(m ² ·a))	1.76	0.13	0.13	0	0	0
人员日工资/(元/(人·d))	20	20	20	0	0	0
人工费/(元/(m ² ·a))	1.31	0.35	0.35	0	0	0
燃料费/(元/(m ² ·a))	13.18	44.52	26.18	25.62	44.3	55.39
折旧费/(元/(m ² ·a))	2.93	0.31	0.31	0.25	0.25	0.35
维修费/(元/(m ² ·a))	1.83	0.16	0.15	0.13	0.13	0.18
管理费/(元/(m ² ·a))	1.63	0.72	0.72	0	0	0
运行费合计/(元/(m ² ·a))	23.20	46.87	28.52	26.16	44.84	55.92
燃料费占总运行费用的比例/%	56.8	95.0	91.8	97.9	98.8	99.1

2.4 不同供暖方式的费用年值比较

按照本文技术经济比较理论,不同技术方案最终的经济性比较,应以费用年值为依据。根据费用年值计算式

(1),可以将初投资折算成使用年限内每年的投资额,从而与年运行费相累加,得出不同供暖方式的费用年值(见表6)。各种供暖方式设备的使用年限取值为:燃煤锅炉15年,

表 6 年计算费用比较

供暖方式	锅炉房		外网		室内系统		资金利率 /%	折合初 投资/(元/ m ² ·a)	运行费/(元/ m ² ·a)	费用年值/ (元/(m ² ·a))
	投资 /(元/m ²)	使用年限 /a	投资 /(元/m ²)	使用年限 /a	投资 /(元/m ²)	使用年限 /a				
燃煤锅炉集中供暖	59.06	15	32	15	40	15	10	8.74	23.20	31.94
燃油锅炉单体建筑供暖	60.62	8	0	0	40	15	10	10.24	46.87	57.11
天然气炉单体建筑供暖	60.62	8	0	0	40	15	10	10.24	28.52	38.76
天然气单户供暖	39.52	8	0	0	40	15	4	7.6	26.16	33.76
人工煤气单户供暖	39.52	8	0	0	40	15	4	7.6	44.84	52.44
电供暖	20.52	5	0	0	0	15	4	6.66	55.92	62.58

燃气锅炉 8 年,外网及室内系统 15 年,电设备 5 年。独立热源(锅炉房)的供暖系统标准收益率取 10%(投资利息),热源入户的供暖系统收益率取 4%(储蓄利息)。

3 讨论

3.1 在连续供暖情况下(供暖期内室温保持 18℃),从经济上看以燃煤锅炉集中供暖最为经济(比天然气单户供暖便宜 1.82 元/(m²·a)),但从环保和能源的角度看,笔者认为天然气单户供暖更有发展前途,之后依次为:天然气锅炉单体建筑供暖、燃煤锅炉集中供暖、人工煤气单户供暖、燃油锅炉单体建筑供暖和电供暖。

3.2 当前普遍使用的燃煤锅炉集中供暖存在以下弊端^[8]:无法按户计量、不能局部调节,热费分摊不合理(仅按建筑面积收费)和巨大的能源浪费;燃煤锅炉房占地面积大(需要煤场和渣场)、征地费用高,燃烧时产生大量烟尘和炉渣,造成环境污染;过大的热水系统不易平衡,有输送热损失,系统维修量大,水质不好控制;固体燃料的燃烧不易调节,热源效率远低于流体燃料。但由于煤炭容易获取,价格较低,费用年值也占优势,因此从经济的角度看,燃煤锅炉集中供暖仍将是我国北方地区的主要供暖形式。迫切需要解决的是实现按户计量、调动供暖单位和用户双方面的节能积极性,走出“收费难”的怪圈。

3.3 实际上绝大多数建筑并不需要连续供暖,间歇运行则是常采用的比较科学的一种运行方式。如影剧院、体育馆、车库等用暖间歇性大的建筑物,直接连接在集中供暖系统中是很不经济的。如果对其单设热源,使用流体燃料,则由于易于调节且不影响热源效率,是应当考虑采用的技术方案。住宅建筑只要计量到位,用户通过精心调节,燃料费也会有所降低。

3.4 相对于煤来说,油、气属于清洁燃料,燃烧时无粉尘、无渣堆、烟气中硫化物含量极低,有利于环保。燃气炉入户还可以在供暖的同时提供生活热水,舒适、灵活,但应充分注意安全性问题。目前,长春市人工煤气热值太低,在相同的供热量下耗气量较大,煤气供暖价格高;燃油在国际上价格并不贵,约合人民币 1 600 元/t,但在国内,由于行业垄断,油价被层层抬高,平均高达 2 500 元/t。上述两个原因限制了油、气燃料在供暖上的普遍应用。

3.5 当前许多房地产商在没有政府指令的情况下,选择燃气锅炉入户供暖方式主要是基于以下几点原因:占地少、投资省、建设周期短、建好一栋即可投入使用,商品房的供暖费均由住户承担,开发商不必考虑运行费的问题,并且可以将热费的计量转化成燃气耗量的计量,方便了物业的管理。

(下转第 18 页)