

基于弹性定额理论的建筑能耗定额方法研究

马 坤¹, 田玉卓¹, 翟恩明²

(1. 石家庄铁道大学 机械工程学院, 河北 石家庄 050043;

2. 石家庄市粉煤灰综合利用和墙体改革服务中心, 河北 石家庄 050031)

摘要:论述了能耗定额的概念及意义,通过对能耗定额方法的研究,可以促进建筑的合理用能,能进一步推动我国节能减排事业的发展。分析了国内目前的几种能耗定额方法,提出了基于弹性定额理论的能耗定额方法,该方法能够鼓励能耗的降低,抑制能耗的增加;弹性能耗定额理论简单明了,易于国家调控政策的实施。

关键词:弹性定额;能耗定额;建筑能耗;供热能耗

中图分类号:TK01+8 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-0373(2011)01-0100-05

0 引言

目前我国公共建筑总量约53亿 m^2 ,占城镇建筑总量的36%,而且随着城市建设的飞速发展,高能耗的大型公共建筑在公建中的比例迅速增加,公共建筑建筑具有相当大的节能潜力。《民用建筑节能条例》强调对大型公共建筑实行用能定额管理制度。第34条明确规定,县级以上地方人民政府建设主管部门应当对本行政区域内供热单位的能源消耗情况进行调查统计和分析,并制定供热单位能源消耗指标;对超过能源消耗指标的,应当要求供热单位制定相应的改进措施,并监督实施。本文着眼于制定合理的公共建筑能耗定额和供热能耗定额,在满足能源需求的条件下,将能耗降低到合理的水平。笔者将弹性定额理论应用于建筑能耗定额中,提出了基于弹性定额理论的能耗定额模型,以便能耗定额的制定工作更加合理。

1 能耗定额的意义及制定方法

1.1 能耗定额的意义

能耗定额是人为制定的一个标准,它有具体的作用对象,例如建筑的拥有者,一个学校,一个城市,一个热电厂等。其目的是降低作用对象的能耗,其作用方式是对作用对象的能耗惩罚与奖励。合理的能耗定额值必须能够鼓励能耗的降低,抑制能耗的增加。能耗定额是降低能耗的重要手段,是国家进行能耗管理的基础,是国家能源政策制定及节能计划实施的重要依据。

1.2 能耗定额的编制方法

目前我国制定能耗定额的方法有两种:基于实测分析的方法和基于模拟分析的方法^[1]。

(1)基于模拟分析的方法 对于公共建筑,首先根据建筑实际状况,利用建筑能耗模拟软件计算建筑的能源消耗量,其次根据建筑实际分项计量数据,验证能耗模型和输入参数的准确性,最后修改设计和运行不合理之处,重新计算建筑能耗,根据能耗制定能耗定额。这种方法基于软件,但软件模拟的能耗,即使加入修正,也不一定能和实际建筑能耗吻合。即使某一建筑吻合程度较好,并不能保证另外其他建筑的吻合。所以基于软件的能耗定额可能有其不合理性,而且其计算复杂。

(2)基于实测分析的方法 对于公建及相同功能的建筑,对同一用能指标进行统计,求出样本的统计平均值和标准差,通常认为各项用能指标服从正态分布。当对大量样本进行统计分析后,根据平均值和

收稿日期:2010-08-03

作者简介:马坤 男 1986年出生 硕士研究生

标准差制定用能定额。这种方法不适用于所有建筑,没有考虑建筑间热工性能的差异。

郝斌等研究者,利用灰色理论方法,对热电厂下一年的供热能耗进行了预测,同时考虑实际值与理论值的差距,利用聚类分析方法确定了各城市的供热能耗定额值^[2]。这种方法,可能出现某城市大力降低能耗,而供热能耗定额值,仍低于本城市能耗值的状况,同时该方法没有考虑到热电厂的差异。结合弹性定额理论和能耗定额的制定,提出了基于弹性定额理论的能耗定额方法。

2 弹性定额理论

弹性定额理论是一种新型的管理技术与管理方法。基本原理,根据实际运行管理系统的变量一般为随机变量的特点,采用随机的方法解决系统的问题,抓住关键变量作为定额的工作量,建立工作量同系统效益关系的模型,计算效益的价值。而管理者只要能把工作量、定额、效益和奖励正确地挂起钩来,配合有效的思想政治工作,就会大大激发被管理者的积极性,大幅度地提高系统的运行效率^[3]。

弹性定额理论的应用,可以再现追随跟踪实际发生的工作量的变化趋势,可以很好的适应系统内部或系统外部的运行环境的变化。即使初始定额值制定的不够精确,但只要运行一段时间后,弹性定额可以很快的将定额拉到合理的位置。所以,弹性定额对于初始值及历史数据的要求并不严格,这一点,对开始建立的随机运行系统来说,有着特殊意义。目前我国的能耗统计工作处于起步阶段,能耗统计数据库还尚未完全建立,能耗数据特别是逐年的能耗数据相对缺乏,将弹性定额理论应用于能耗定额的制定工作是个很好的选择。

3 能耗定额模型

结合弹性定额理论以及能耗定额工作的特点,提出能耗定额理论模型

$$D_t = \begin{cases} \eta H & d_t \geq H \\ d_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{9t-i} & L < d_t < H \\ L & d_t < L \end{cases} \quad (1)$$

式中, D_t 为能耗定额值, kg/m^2 ; d_t 为浮动定额, kg/m^2 ; H 为定额上限值, kg/m^2 , 当计算出的浮动定额值 d_t 高于这个上限值 H 时, 定额不再向上浮动, 定额按 H 取值, 即 $D_t = H$; L 为定额下限值, kg/m^2 , 当计算出的浮动定额值 d_t 低于下限值 L 时, 定额不再向下浮动, 定额按 L 取值, 即 $D_t = L$; Q 为系统的工作量, kg/m^2 ; n 为移动平均的项数; η 为调整系数。

式中(1)中 η 和 n 的量纲为 1, 其余的参数其单位要根据实际情况确定, kg/m^2 (每平方米标准煤的数量)可以是热电厂的定额单位, 而对于公建单位可以采用 GJ/m^2 。

4 模型分析

4.1 系统的不可比性和相似性

一个城市, 一栋建筑, 一个小区等可以看作是一个系统。对于一栋建筑, 这个系统由若干子系统组成, 包括电气系统, 暖通空调系统, 给排水系统等等。各个子系统都为创造出一个人工环境而服务, 所有的建筑都含有几近相同的子系统, 可以说各个建筑是相似的。同时从另一个角度看, 系统之间又存在着差异。即使建筑存在相同的子系统, 子系统之间也存在着差异, 这就是建筑的不可比性, 建筑的相似性和不可比性是同一事物的两个方面。在进行能耗定额时, 应当考虑到这两个方面, 考虑到建筑的相似性, 对能耗进行定额时, 应当采用相同的考核指标, 使用相同的能耗定额模型。考虑到建筑的不可比性, 进行能耗定额时, 不同热工性能的建筑应当有不同的定额标准, 对于不同的建筑, 不应当使用相同的定额值。同样, 对于供热单位的能耗定额也要考虑到这两个方面。

4.2 模型参量分析

(1) Q 。 Q 可以是能源指标, 也可以是能源消耗性指标, 可以是单项指标, 也可以是复合指标, 进行能

耗定额时,可以根据要求来确定 Q 的计算公式,对于衡量公共建筑的能耗,建议采用能耗总指标这一单项指标。

(2) D_t 。 D_t 可以是整栋建筑物的能源总指标,也可以是能源消耗指标包括电器系统消耗指标,暖通空调系统消耗指标和其他系统能耗指标,同时也可以是一个小区,一个城市的能耗。定额的单位可以是能源消耗量,也可以是单位面积的能源消耗量。

(3) d_t 。

$$d_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{(t-i)} \quad (2)$$

由式(2)可以看出,选定前若干时期的能耗数值加以平均,用平均数作为下期的预测值,属于时间序列理论中的移动平均法。图 1 是我国几种典型的能耗变化趋势图,实线是统计分析得出的能耗趋势曲线,虚线是用公式(2)求解得出的定额曲线。

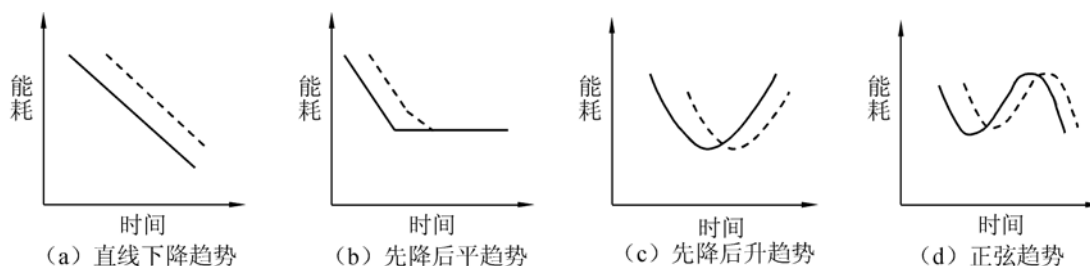


图 1 能耗变化趋势及定额曲线

从图 1 中可以看出,移动平均法做出的能耗定额曲线有以下三个特征:①能够很好的跟踪能耗变化的趋势。②定额曲线滞后于趋势曲线。直观看,趋势曲线向右平移一定距离形成定额曲线。而分析定额曲线,当能耗上升时,定额曲线在能耗趋势曲线下方,当能耗下降时,定额曲线在能耗趋势曲线的上方。根据能耗值与定额值的差值进行奖励,即能耗值低于定额值的数量越多,奖励越多,因此滞后效应与管理原则十分吻合。它正好鼓励了能耗的降低,抑制了能耗的增加。当能耗处于上升趋势时期,定额值在其下方,也就是说业主得不到奖励,当能耗处于下降趋势时期,定额值在其上方,也就是说业主会得到奖励。这与能耗定额的初衷,即鼓励能耗的降低,抑制能耗的增加,十分吻合。③ n 值的选定不同,曲线滞后的程度不同。 n 值选的小,滞后较弱,定额曲线能紧跟能耗趋势曲线的变化, n 值选的比较大会,定额曲线的滞后大,曲线比较平滑。

(4) H 。 H 的作用有两个,首先,如果能耗成直线增加,根据移动平均法确定的定额曲线也会是一条和能耗直线平行的递增直线。也就是说,无论能耗怎样增加,定额值与能耗值之间的差值是不变的,那么惩罚也是不变的,这样是不合适的。所以需要确定一个定额值的上限,当定额小于上限时,用移动平均法算出的定额。当定额高于上限时,用上限作为定额值,这样,当能耗高于定额上限时,高出的越多,惩罚也就越大,这样是合理的。其次, H 的确定,可以为国家的节能减排政策提供一个很好的控制线,例如政策规定,5 年内要求大型公共建筑节能 30%,就可以以起始年的能耗值为起点,以第一年的能耗值的 70% 为终点作一条直线,作为定额的上限值,如图 2 中直线 A。同时上限也可以是水平直线,也就是建筑物的能耗已经完全达到标准,同时也可以是如图 2 中的曲线 B,曲线 B 说明五年中要求前几年的节能幅度比较大,后几年的节能幅度较小。

(5) L 。正如图 1(a)中看到的,如果能耗趋势线是条递减的直线,那么根据移动平均法确定的定额曲线会是一条与之平行的递减直线。也就是说,无论能耗怎样减小,定额值与能耗值之间的差值是不变的,这样对于那些大力降低能耗的业主是不公平的,可能会打消业主降低能耗的积极性,所以需要设定一个定额下限。当用移动平均法确定的定额高于定额下限时,就用移动平均法确定的定额值,当其低于定额下限时,就用定额下限作为定额值。当业主的能耗低于下限值时,其能耗减低的越多奖励越大,这样是合理的。 L 反应的是一个国家节能技术的平均水平,是条技术水平线,有了这条线,就会鼓励业主采用先进的节能技术和合理的管理运行手段来降低能耗,使之更多的低于定额下限值,这样的话会获得更多

的奖励。

L 值的确定可以采用如下方法:首先确定一个能耗水平,根据国家的政策或节能规范确定,这个能耗水平一定是可以满足国家节能指标要求的。其次,对给定的一栋楼,其能耗状况是完全确定的,据此可以应用能耗模拟软件,确定两种能耗水平下的能耗值。用平均能耗水平下的能耗值除以现有能耗状况的能耗值获得的比值,而定额下限值可以根据实测的第一年的值乘以这个比值得到。也可以直接用第一年的能耗值乘以一个系数直接得到定额下限值。假设国家规定五年内公共建筑降低能耗 30%,那么规定一个能耗下限是第一年能耗值的 30%,即只要节能率高于 30% 的越多,获得的奖励越多。

(6) η 。当确定定额上限时,是以国家政策规定的节能计划的第一年作为定额曲线的起点,由于每栋建筑采用的节能技术不尽相同,对于已经采用了先进节能技术的业主来说是不公平的。引入 η ,对于节能好的业主, $\eta > 1$,对于节能差的业主, $\eta < 1$ 。

从图 3 中可以看出,对于节能效果好的,用 $\eta > 1$ 的直线作为定额上限,第一年的定额值高于能耗值,那么业主能够得到奖励。反之对于节能效果差的业主,用 $\eta < 1$ 或 $\eta = 1$ 的直线作为定额上限,业主就得不到奖励或者获得惩罚。 η 值的确定:对于当前建筑的节能技术和管理运行方式进行评估分类,然后根据建筑采用的技术和管理运行方式,采用德尔菲法来确定。

(7) n 。 n 值是移动平均的项数, n 值越大,定额曲线越滞后,曲线越平滑。 n 值的确定:以当前时刻为起点,越往前的数据对定额工作影响越小,所以 n 值不应该取的太大。同时从图中可以看出, n 值取的越大,定额值与能耗值的差值越大,也就是说,奖励或惩罚越大,国家的奖励惩罚制度也会影响 n 值的确定。对于能源总指标,建议 $n = 2 \sim 4$ 。

4.3 模型的管理特性

(1) 模型具有极大的适应性,不仅可以对整个建筑进行定额,也可以对建筑的各个子系统进行定额,而且也可以上升到宏观层面的定额管理。理论上,只要有详实的能耗统计数据,就可以进行定额工作。

(2) 模型具有纵向激励作用,对于每栋建筑,实质上是与自己以前的能耗进行比较,而不是与其他的建筑进行比较,只要能耗比以前的低就可以获得奖励,这种纵向的激励作用,有效的解决了不同建筑不可比的难题。

(3) 模型的算法是公开的,透明的,简单的。这样的话,管理者可以为每栋建筑计算下一年的定额值,业主也可以根据模型进行计算。整个定额过程是公开的,透明的,有益于管理。

(4) 模型的预测性,模型采用的移动平均法,是时间序列理论中的一种预测方法,所以算出的定额值,其实是对下一年能耗值的预测。

5 应用分析

这里采用郝斌等文章中的调查数据,选取其中的三个城市(C4, C15, C16) 2005—2006, 2006—2007, 2007—2008 三年的供热能耗值作为定额能耗数据。其中, C15 的能耗高于理论能耗取 $\eta = 0.9$, C16 与理论能耗相似取 $\eta = 1$, C4 的能耗低于理论能耗取 $\eta = 1$ 。依照“十一五”期间单位国内生产总值能耗降低 20% 左右的总体要求,以 5 a 为 1 个周期、实际供热能耗降低 20% 确定定额上限,同时,定额下限设为第一年能耗的 20%。也就是说,节能低于 20% 的越多,奖励越大。该例中,假设每个城市的节能百分比相同,但是实际定额时应当考虑到每个城市的能耗状况的不同。基于弹性定额理论的能耗定额见表 1,其中括号中的数据为郝斌等文章中的定额值。定额结果不同主要是因为定额上下限的引入限制了定额值的范

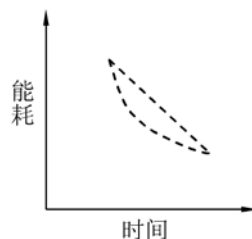


图2 定额上限曲线

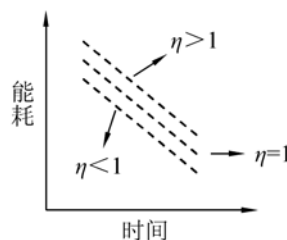


图3 不同 η 值的
定额上限对比

围以及应用移动平均法确定定额范围内的定额值。

表 1 供热能耗值及定额值

年份	C16		C4		C15	
	供热能耗	定额值	供热能耗	定额值	供热能耗	定额值
2005—2006	26.0		25.5		26.5	
2006—2007	28.0		24.0		25.5	
2007—2008	25.0	23.4	18.0	24.3	22.5	22.6
2008—2009		22.1(25)		21.0(17.5)		21.9(20.5)

6 结语

提出了基于弹性定额理论的能耗定额模型,此模型具有广泛的普适性,既可应用与大型公建的用能定额,也可用于供热单位的能耗定额,而且简单,明了,能够很好的抑制能耗的上升,鼓励能耗的降低,同时模型易于政策的调控。

基于弹性定额理论的能耗定额模型,需要详实的逐年能耗数据。建立能耗数据库,存储建筑的信息,分项能耗,逐年能耗等,是当前首要的工作。能耗定额工作,不单纯的是一个理论问题,实践才是检验定额是否合理的唯一标准。

参 考 文 献

- [1] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告(2009)[R]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [2] 郝斌,刘珊,任和,等. 我国供热能耗调查与定额方法的研究[J]. 建筑科学,2009,25(12):18-23.
- [3] 高振宇. 弹性定额管理方法概论[M]. 北京:学苑出版社,1989.

Study on Quota Method of Architectural Energy Consumption Based on Elasticity Quota Theory

Ma Kun¹, Tian Yuzhuo¹, Zhai Enming²

(1. Institute of Mechanical Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;

2. Shijiazhuang Coal Ash Utilization and Wall Reform Service Center, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: This paper discusses the concept and significance of energy consumption quota. Studies on consumption quota method can promote rational use of energy and will further promote the development of our energy reduction. This paper analyzes several energy consumption methods and proposes a quota method of energy consumption based on elasticity quota theory. The method encourages lower energy consumption and inhibits increase in energy consumption. The theory is plain and simple, and government regulation policies can be conveniently implemented.

Key words: elasticity quota; energy consumption quota; architectural energy consumption; heating energy consumption