

全寿命周期成本分析 在中央空调系统设计中的应用

张 冰¹, 邢天石², 张 柳¹

(1. 唐山学院 土木工程系, 河北 唐山 063000; 2. 四川大学 商学院, 成都 610064)

摘要: 鉴于当前确定中央空调系统安装方案时过多关注前期投资费用而忽略后期运行维护费用的现状, 提出将全寿命周期成本分析方法用于中央空调设计方案评选中。首先从中央空调系统全寿命周期成本分析的概念出发, 分析中央空调系统全寿命周期成本的构成, 然后介绍全寿命周期成本分析方法在中央空调系统设计方案比选时的分析过程及要注意的问题。

关键词: 全寿命周期成本; 中央空调系统; 成本分析; 折现率

中图分类号: F224.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-349X(2014)06-0093-04

Application of LCC Analysis in Design of Central Air Conditioning System

ZHANG Bing¹, XING Tian-shi², ZHANG Liu¹

(1. Department of Civil Engineering, Tangshan College, Tangshan 063000, China; 2. Business School, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: In the current central air conditioning system installation plans the initial investment cost is the primary concern and the late operation maintenance is frequently ignored, and in view of this the author of the paper proposes that the whole life cycle cost analysis should be used in the comparison and selection of central air conditioning designs. The author introduces the concept of whole life cycle cost, analyzes its contents and discusses the LCC analysis process in the comparison and selection of central air conditioning designs and other related issues.

Key Words: life cycle cost; central air conditioning system; cost analysis; discount rate

近年来, 炎热的气候和建筑业的飞速发展使得空调的需求量大大增加, 其中由于公共建筑和高层建筑的发展使得中央空调系统需求比重明显增大。作为中央空调系统的设计者, 除了要满足使用功能、节能环保要求外, 对方案的经济性问题考虑得越来越多。在传统意义上, 经济方案一般指的是建造费用最低, 而作为中央空调系统的使用者, 衡量经济性的标准除了降低建造费用外还有运行、维护费用的节省。那么, 如何在中央空调系统的整个寿命期内, 高效、合理利用有限资金来获得最舒适的办公、生活环境就变得越来越重要。

本文从全寿命周期成本分析的角度, 分析中央空调系统全寿命周期内成本的构成, 并对其中的建造成本、运营成本、拆除及回收成本等计算进行了详细分析, 最后通过实例进行应用性验证。

1 中央空调系统全寿命周期成本分析的概念^[1]

寿命周期成本分析(life-cycle cost analysis)又称寿命周期成本评价, 是为了使用户所用的系统具有经济的寿命周期成本, 而在系统的开发阶段将寿命周期成本作为设计参数, 对系统进行彻底的分析比较并做出决策的方法^[2]。

基于全寿命周期成本的中央空调系统设计, 就是在进行中央空调系统设计时就把在设计、施工、运行等阶段所发生的全部费用考虑进来进行方案的评价和选择。全寿命周期成本分析方法是进行中央空调系统设计方案比选的有效工具。

2 中央空调系统全寿命周期成本构成^[3]

中央空调系统寿命周期成本就是中央空调系统寿命周期内的各项成本费用之和, 所谓全寿命周期是指空调系统从

收稿日期: 2014-04-14

基金项目: 2012 年度唐山市科学技术研究与发展计划指导项目(12110202b)

作者简介: 张冰(1981-), 女, 满族, 河北唐山人, 讲师, 硕士, 主要从事工程项目经济与管理研究。

决策设计阶段开始到经济寿命结束为止的全部时间。寿命周期成本(Life Cycle Cost 简称 LCC)包括经济成本、环境成本和社会成本^{[1][4]}。其关系如图 1 所示。

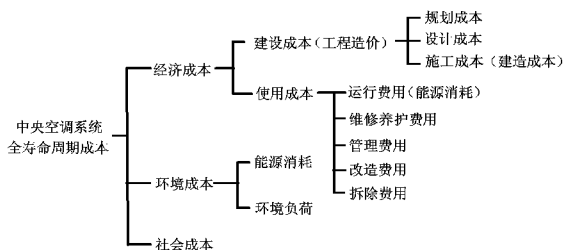


图 1 中央空调系统全寿命周期成本构成

2.1 经济成本

经济成本是指中央空调系统在寿命周期内资金消耗的总和,包括建设成本和使用成本。

建设成本是指中央空调系统从筹建到竣工验收为止的全部费用。建设成本就是工程的建造价格,即工程造价(就业主而言,工程造价是指建设一项工程的预期开支或实际开支的全部固定资产投资费用)。使用成本是指中央空调系统在使用过程中发生的全部费用,主要有能源消耗费用、维护费用、管理费用、改造费用及拆除费用等。

2.2 环境成本

环境成本是一项隐性成本,它不直接体现为货币支出,这使得环境成本难以计量。这也是全寿命周期成本计算的一个难点。但由于暖通空调界是排放 CO₂ 和 CFC/HCFC 等物质导致温室效应和臭氧层破坏问题的主要领域之一,它对环境造成的影响是不容忽视的。

2.3 社会成本

寿命周期社会成本是指工程产品在项目构思、产品建成投入使用直至报废全过程中对社会的不利影响。与环境成本一样,建设项目对于社会的影响可以是正面的,也可以是负面的。

在寿命周期的成本构成中,经济成本是传统上一直考虑的,也是作为重点进行控制和管理的,而环境成本和社会成本都是隐性成本,不能直接量化,必须借助于其它方法转化为可量化的成本,尽管这两项成本所占的比重及影响越来越不容忽视。另一方面,目前我国工程建设实践中,往往只偏重于经济成本的管理,而对于环境成本和社会成本则考虑很少。客观上,由于环境和社会成本难以计量,对其在实际中的地位也有影响。综合各种因素,本文仍主要考虑项目寿命周期的经济成本。

3 中央空调系统全寿命周期成本计算方法及参数确定

3.1 计算方法选择

在计算中央空调系统全寿命周期时,必须要把资金的时间价值考虑进来,且比较时只需计算费用,常用的两种方法

是费用现值法和费用年值法。

3.1.1 费用现值法

费用现值法是将方案计算期内所发生的费用折算到 0 时刻(现在)的现值之和;用到的指标是净现值(NPV)。通俗的讲,它就是告诉我们在中央空调系统全寿命周期内要花多少今天的钱^[5]。

计算公式如下

$$P = F(1+i)^{-n} = F(P/F, i, n) \quad (1)$$

式中: P 为现值, F 为终值, n 为计算期, i 为折现率。

若每年年末支付的现金流量相等,计算公式如下

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = A(P/A, i, n) \quad (2)$$

式中: A 为年金。

3.1.2 费用年值法

费用年值法是将各年发生的费用折算成计算期内的年度等额成本。计算公式如下

$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = P(A/P, i, n) \quad (3)$$

3.1.3 适用范围

费用现值法要求各比较方案计算期相同;费用年值法适用于计算期相同和不同的方案比选。

3.2 计算参数确定

3.2.1 计算期

计算期是进行经济分析时选用的时间段。计算期与使用期相关,但是又不完全一致。家用分体空调(壁挂机和柜机)的使用寿命为 5~8 a,而家庭用中央空调的使用寿命在 15~20 a 之间,如果是地源热泵中央空调系统,系统使用寿命更长。推荐计算期为 10~15 a,以便可以合理考虑竞争策略的各项未来费用。

待选方案的计算期往往是不同的,选择评价方法时要注意适用范围。

3.2.2 折现率

在工程经济分析中,把根据未来的现金流量求现在的现金流量时所使用的利率称为折现率^[2]。折现率的确定可以采用代数和法、资本资产定价模型法、加权平均资金成本法、典型项目模拟法、德尔菲法等,也可以同时采用多种方法测算,再将结果互相验证后确定^[6]。

一般来讲,折现率定的高,有利于初始投资小的项目,反之,折现率定的低,有利于初始投资大的项目。折现率选择得合理与否直接影响方案的优劣顺序。

正确确定折现率的基础是资金成本、机会成本,同时考虑投资风险、通货膨胀和资金限制等影响因素。

4 案例分析

本工程实例为唐山市某公司办公楼,建筑面积 1.8 万 m²。设计最大冷负荷 2 160 kW,设计最大热负荷 1 440 kW,空调年

运行时间夏季为 120 d,冬季为 120 d,日运行时间为上午 8 时至下午 6 时,空调运行期内负荷频率均按 0.66 计算。

根据建筑情况,有三种可行的冷热源方案:

方案 1:水冷螺杆式冷水机组 3 台,燃气锅炉 1 台;

方案 2:水冷螺杆式冷水机组 1 台,风冷螺杆式冷水机组 4 台;

方案 3:风冷螺杆式冷水机组 6 台。

三种方案主要设备技术性能参数见表 1。

表 1 三种方案主要设备技术性能参数

		方案 1	方案 2	方案 3
空调主机	制冷量/kW	3×724.2	$724.2 + 4 \times 360$	6×360
	制热量/kW	—	4×378	6×378
	输入功率/kW	3×147.1	$1 \times 147.1 + 4 \times 104$	6×104
	耗气量/(Nm ³ ·h ⁻¹)	84	—	—
冷却水泵	流量/(t·h ⁻¹)	450	150	—
	输入功率/kW	3×17	17	—
冷却塔	流量/(t·h ⁻¹)	450	150	—
	输入功率/kW	12	6	—

4.1 初始投资

LCC 分析方法着眼的是方案的差别,而不是完整的费用,所以在进行比较时,对于各方案费用的共同部分,我们可以不予考虑。安装费用按照设备购置费的比例估算,数据见表 2。

表 2 三种方案设备投资情况 万元

设备	方案 1	方案 2	方案 3
冷源设备	3×40	1×40+4×35	6×35
热源设备	25	—	—
冷却水泵	0.6×4	0.4×2	—
冷却塔	3×2	1×2	—
变配电设施费	21	24	28
设备安装费	60	54	50
总计	234.4	260.8	288

由此可见,在不考虑方案 1 和方案 2 设备所占空间需要的土建成本时,方案 3 的初始投资最大。

4.2 运行费用

中央空调系统在运行过程中要进行修理,发生设备维修费用,同时消耗水、电等能源,按目前唐山市能源价格计算,天然气 3.0 元/nm³,电力按均价 0.76 元/kWh 计算。

三种方案设备年能耗和年运行费用情况见表 3,表 4。

表 3 三种方案设备年能耗情况

季节	能耗	方案 1	方案 2	方案 3
夏季	电力消耗/kWh	399 406	464 191	494 208
	耗气量/nm ³	—	—	—
冬季	电力消耗/kWh	—	329 472	329 472
	耗气量/nm ³	100 800	—	—

表 4 三种方案的年运行费用 万元

季节	能耗	方案 1	方案 2	方案 3
夏季	电力消耗费用	30.4	35.3	37.6
	耗气费用	—	—	—
冬季	电力消耗费用	—	25.0	25
	耗气费用	30.2	—	—
设备维护管理费用		5.0	4.0	1.2
总计		65.6	64.3	63.8

4.3 各方案费用年值

初始投资和年运行费用是两个不同性质的经济指标,只能反映出各方案经济性的一个方面,要对各方案进行综合经济比较就需要一个综合的经济指标——费用年值。运行期末的设备残值取初始投资的 10%,为了便于计算,将三个方案的计算期定为 15 a。根据统计局相关数据,折现率 i 取 10%。根据公式(3)计算各方案的动态费用年值,结果见表 5。

表 5 各方案费用年值 万元

	方案 1	方案 2	方案 3
初投资	234.4	260.8	288
残值	23.4	26.1	28.8
年运行费用	65.6	64.3	63.8
费用年值	95.7	97.8	100.8

由以上的计算结果可以看出,将全寿命期内成本进行比较的话,三个方案的关系是方案 1<方案 2<方案 3。

5 中央空调系统设计方案评价应注意的问题

使用寿命周期分析方法进行方案评选的实质,是寻找以最少的费用获取最大效益的设计方案,在工程实践中,使用该方法要考虑以下问题:

(1)首先要关注方案间的可比性。比较时应采用相同的设计要求、使用情况、设备档次、能源价格、舒适状况、美观情况等基准条件进行比较,这样才能保证比较结果的科学性和合理性。如果将采用名牌设备和采用低档设备的方案进行经济性比较,显然是不合理的;如果不考虑舒适性的区别,对有新风供应和没有新风供应的方案进行经济性比较,显然不可能做出正确的选择;如果不考虑美观性和舒适性进行经济性比较,对集中式空调方案显然是不公平的。

(2)方案比较时,切忌图省事直接采用厂家给出的比较数据和结果。由于不同设备生产厂家考虑问题的角度不同,计算中往往存在一些有利于自己产品、不利于他人产品的失误或假设。对此设计人员应给予足够重视,对厂家提供的数据应认真分析和核对。

(3)设计方案比较时应综合考虑投资、运行费用以及设备的使用寿命,以相同的使用周期为基准,进行综合经济性的计算比较,而不能简单地根据设备报价进行比较。对于同时有供暖和空调要求的项目,应考虑冬季和夏季设备综合利用问题,进行冬夏季综合经济性比较。对于可以兼供生活热

水的工程,应综合考虑生活热水供应的投资和能耗。

6 结论

在中央空调设计时采用全寿命周期成本分析的方法进行方案评选,目的是寻求以最少的费用获得最大的效益的设计方案,在这个过程中,要注意处理好以下关键问题。

(1)任何一个方案都不可能尽善尽美,工程中要因地制宜,既要考虑初投资、运行费等经济性能,也要考虑噪声、运行、操作、维护管理等技术性能。

(2)前期提出备选方案时,要尽可能多地穷举实际可行的创造性方案,这样才能最大限度地把握客观最优的那个方案包括进来。

(3)在中央空调系统安装好后在运行过程中,由于保养不及时、管理不到位等因素,往往使得使用寿命、计算期内的成本等与预测相差很大。这就要求使用寿命周期成本分析方法时要有较高专业素质的专业人员参与,只有这样才能尽可能将后期的这类因素考虑进来,才能尽量做到预测和实际观测的统一。

(上接第 79 页)间更快,1 s 即可稳定,传统 PID 调整时间需要 4 s;专家 PID 超调量(2%)比传统 PID 控制超调量(11%)小,专家 PID 控制器具有优越性。在稳态误差方面,专家 PID 控制的比传统 PID 控制小,如图 4 所示。

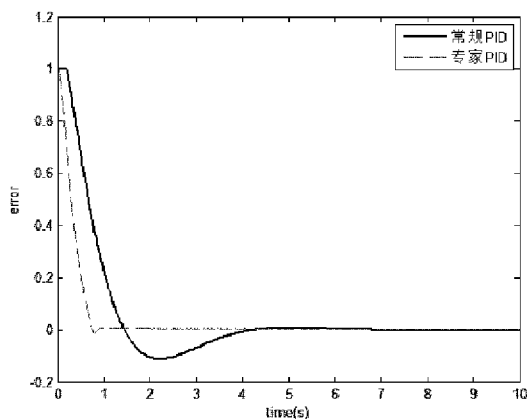


图 4 专家 PID 与常规 PID 控制误差比较

参考文献:

- [1] Barringer H Paul, David P Weber. Life cycle cost tutorial[R]. Fifth International Conference of Process Plant Reliability, Gulf Publishing Company, Houston, 1996:61-64.
- [2] 宋伟,王恩茂. 工程经济学[M]. 北京:人民交通出版社,2006:103-110.
- [3] 刘映. 暖通空调系统全寿命周期研究[D]. 重庆:重庆大学,2004.
- [4] 房华荣. 基于寿命周期成本的暖通空调方案选择的应用研究[D]. 西安:长安大学,2008.
- [5] Ryall M J. Bridge Management[M]. Oxford: Butterworth Heinemann,2002:32-36.
- [6] 刘晓君. 工程经济学[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007:32-45.

(责任编辑:白丽娟)

4 结语

专家 PID 在响应速度、超调量、稳态误差等方面优于常规 PID,尤其适用于像淘汰机排料系统这样的非线性、大滞后且随机干扰严重的系统,但专家 PID 需要进行参数在线测试并进行整定。

参考文献:

- [1] 易泓可. 电气控制系统设计基础与范例[M]. 北京:机械工业出版社,2005:221-223.
- [2] 刘金琨. 先进 PID 控制 MATLAB 仿真[M]. 北京:电子工业出版社,2006:94-95.
- [3] 董景新. 控制工程基础[M]. 2 版. 北京:清华大学出版社,2008:261-265.

(责任编辑:李高峰)