

全国暖通空调制冷

2014年学术年会

COLLECTION

论文集



中国建筑学会暖通空调分会
中国制冷学会空调热泵专业委员会
2014年10月

应用于公共建筑绿色建筑评价中的能耗计算方法

王国建 李庆平 崔学海 邵晨辉 陈辰 胡颐衡

(北京市住宅建筑设计研究院有限公司)

摘要: 绿色建筑评价标准中,与能耗相关的优选项条文为“建筑设计总能耗低于国家批准或备案的节能标准规定值的80%”,目前工程项目中能耗计算的主要方法便是应用能耗模拟软件进行模拟计算。但当前设计院工程师绝大多数仅仅会使用进行设备选型的负荷计算软件,对于需要添加空调系统的能耗模拟计算软件应用较少。为了在科学合理的前提下简化能耗计算,降低能耗计算的准入门槛,推广能耗计算在设计单位中的广泛应用,本文结合国内负荷计算软件提出一种应用于工程中能耗计算的简易方法,即 Dest 逐时负荷计算+当量满负荷运行时间法。该方法已成功应用于公共建筑的绿色建筑申报中,并最终通过专家评审,获得绿色建筑三星评价标识。

关键词: 公共建筑; 绿色建筑; 评价标识; 能耗计算方法

1 背景

建筑热环境的全年动态模拟在理论上已经基本逐渐发展成熟。现行计算分析的方法很多,例如有限差分法,反应系数法,谐波反应法,状态空间法等^[1]。它们通过采用数值或者分析求解的方法都可以在计算机上模拟出很好的结果^[2]。但当前设计院更多停留在负荷计算阶段,对能耗计算涉猎较少。负荷计算与能耗计算的最大区别就是能耗计算需要添加对应的空调、采暖、通风系统,如果空调系统较为复杂的话,就更增加了相应的模拟难度,为了适合工程中能耗计算方法,结合国内计算软件特点,本文提出一种应用于实际工程中能耗计算的简易方法,即 Dest 逐时负荷计算+当量满负荷运行时间法。

该方法集合了国内成熟的能耗模拟软件 Dest 进行全年逐时负荷计算^[3],同时应用了空调系统能耗量的近似计算方法——当量满负荷运行时间法^[4],形成了具有一定工程应用

*北京建筑大学“绿色建筑与节能技术”北京市重点实验室开放研究基金资助项目

王国建,男,1985年11月,硕士研究生,工程师,100005,北京市东城区东总布胡同5号,15810222311,

wgj86365413@126.com

精度的能耗计算方法，该方法可为绿色建筑能耗评价分析提供一种参照计算方法，同时也可作为设计院、咨询单位、能源服务公司做前期能耗分析提供一定的帮助。

本文以申报绿色建筑三星的实际工程项目为研究对象，介绍采用该方法计算能耗的计算过程。

2. 工程概况

本工程为天津地区某配套公共建筑，建筑面积 10985.20 m²；地上 5 层（局部 4 层），地下一层。地下一层为储藏室及汽车库等，一层至五层为商业及办公用房。本工程冷热源选用地源热泵机组，冷热源机房独立设置于地下一层。末端采用风机盘管加新风系统，新风系统以竖向按层、横向按防火分区为原则进行划分、设计。空调水系统为双管制变水量系统。具体各种空调通风系统的详细清单在表 5 中说明。

3. 能耗计算原理

3.1 计算方法概述

采用 Dest 逐时负荷计算+当量满负荷运行时间法来计算参照建筑和设计建筑的能耗情况的具体步骤：

- 1) Dest 负责模拟计算全年逐时负荷，得出建筑全年总冷负荷（热负荷）；
- 2) 应用公式（1）、（2）计算夏季、冬季的当量满负荷运行时间；
- 3) 利用当量满负荷运行时间法，分别计算各类耗电设备的耗电情况以及耗燃料设备的燃料消耗量；
- 4) 计算过程中为了统一单位，计算所得出的耗电量和燃料耗量，均换算为一次能源的热能单位。
- 5) 计算设计建筑相对参照建筑的综合节能率

3.2 Dest 模拟计算边界条件

设计建筑和参照建筑的全年能耗模拟按照表 1 设定参数进行^[5]。

表 1 参照建筑与设计建筑的设定参数

设计内容		设计建筑	参照建筑
围护结构热工参数		实际设计方案	参照天津市《公共建筑节能设计标准》规定取值
使用条件设定	空调供暖温度 湿度设定参数	参照天津市《公共建筑节能设计标准》规定取值	
	新风量	参照天津市《公共建筑节能设计标准》规定取值	
	内部发热量	参照天津市《公共建筑节能设计标准》规定取值	

	室外气象参数	典型气象年气象数据	
暖通空调系统的设定	冷源系统	地源热泵系统	采用冷水机组,其 EER 值和 COP 值参考天津市《公共建筑节能设计标准》
	热源系统	地源热泵系统	燃气锅炉, 锅炉效率满足天津市《公共建筑节能设计标准》
输配系统		实际设计方案	输配系统能效比满足天津市《绿色建筑标准》
末端		实际设计方案	末端与实际设计方案相同

3.3 当量满负荷运行时间法

当量满负荷运行时间法的主要过程如下^[4]:

1) 当量满负荷运行时间 τ_E 为全年空调冷负荷 (或热负荷) 的总和与机组 (或锅炉) 最大出力的比值。

$$\tau_{ER} = \frac{q_C}{q_R} \quad (1)$$

$$\tau_{EB} = \frac{q_h}{q_B} \quad (2)$$

式中, τ_{ER} 、 τ_{EB} ——夏、冬季当量满负荷运行时间, h;

q_C 、 q_h ——全年空调冷负荷或热负荷, KJ/a;

q_R 、 q_B ——冷冻机或锅炉等机组的最大出力, KJ/h。

2) 负荷率 ε 是全年空调冷负荷 (或热负荷) 与冷冻机 (或锅炉) 在累计运行时间内总的最大出力之和的比值

$$\varepsilon_R = \frac{q_C}{q_R T_R} = \frac{\tau_{ER}}{T_R} \quad (3)$$

$$\varepsilon_B = \frac{q_h}{q_B T_B} = \frac{\tau_{EB}}{T_B} \quad (4)$$

式中, T_R 、 T_B ——夏、冬季设备累计运行时间, h。

3) 设备耗电量

冷冻机耗电量:

$$P_R = (\sum P_{R,N})\tau_{ER} \quad (5)$$

设计建筑采用地源热泵系统和冷水机组两种冷热源方式,当计算地源热泵机组冬季耗电量时,上述公式变为:

$$P_B = (\sum P_{B,N})\tau_{EB} \quad (6)$$

冷冻水泵和冷却水泵耗电量:

定水量时,

$$P_P = (\sum P_{P,N})T_P \quad (7)$$

变水量时,

$$P_P = (\sum P_{P,N})T_P(\varepsilon_R + \alpha_R) \quad (8)$$

$$\alpha_R = (1 - \varepsilon_R) / n \quad (9)$$

风机耗电量:

定风量时,

$$P_F = (\sum P_{F,N})T_F \quad (10)$$

变风量时,

$$P_F = (\sum P_{F,N})T_F(\varepsilon' + \alpha_R) \quad (11)$$

$$\varepsilon' = (\varepsilon_R T_R + \varepsilon_B T_B) / (T_R + T_B) \quad (12)$$

锅炉燃料耗量:

一台锅炉

$$Q_{JB} = \sum q_{JB,N} T_B \varepsilon_B \quad (13)$$

冷却塔耗电量:

$$P_{CT} = (\sum P_{CT, N})T_{CT} \quad (14)$$

式中, $P_{R,N}$ ——冷冻机额定功率, kW;

$P_{P,N}$ ——冷却水泵或冷冻水泵额定功率, kW;

$P_{F,N}$ ——风机额定功率, kW;

$P_{CT, N}$ ——冷却塔额定功率, kW;

T_R 、 T_P 、 T_{CT} 、 T_F 、 T_B ——冷冻机、冷却（冻）水泵、冷却塔、风机、锅炉设备的累计运行时间，h；

n ——设备台数；

$q_{fB,N}$ ——锅炉额定出力时的燃料耗量，m³h。

4. 计算结果

4.1 空调能耗计算

Dest 采用状态空间法计算逐时空调负荷，本项目参照建筑与设计建筑的全年动态负荷如图 1、图 2 所示。

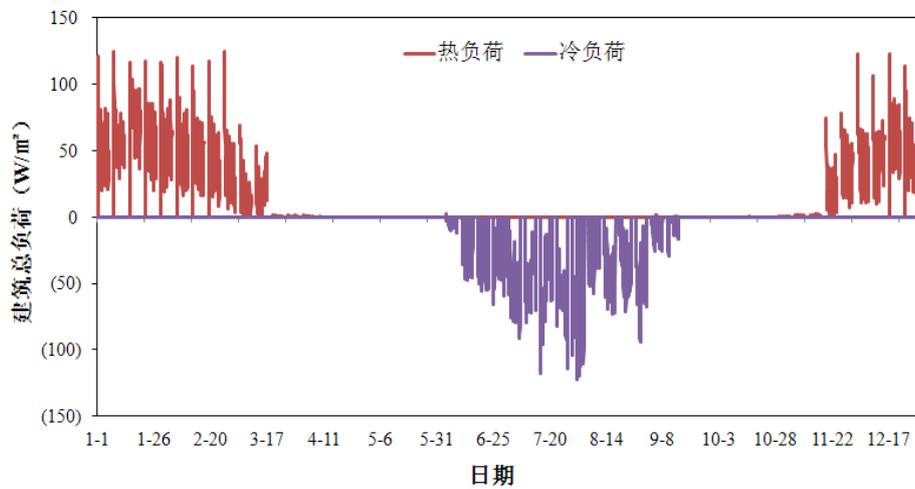


图 1 参照建筑全年动态负荷计算

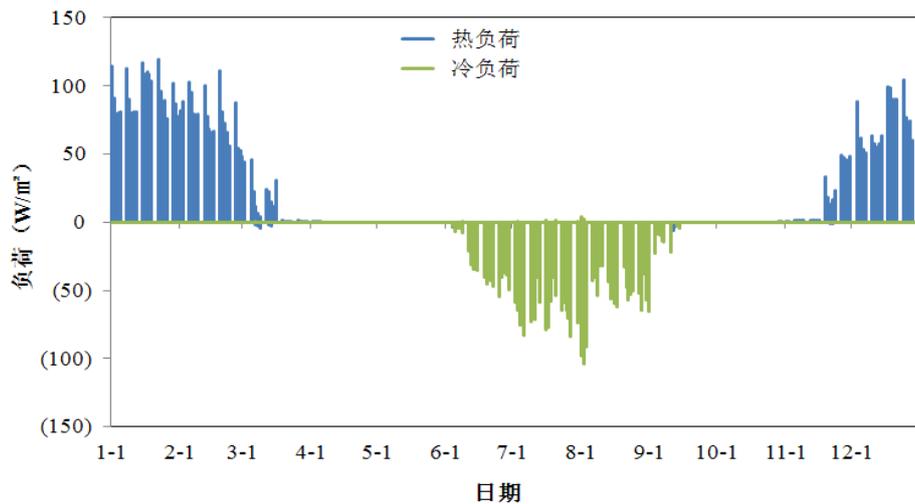


图 2 设计建筑全年动态负荷计算

通过逐时负荷计算出全年空调冷(热)负荷,然后根据所选机组的最大出力计算出夏(冬)季当量满负荷运行时间,如表 2 所示。

表 2 设计建筑当量满负荷运行时间

全年空调冷负荷 kJ/a	全年空调热负荷 kJ/a	机组供冷最大出力 kJ/h	机组供热最大出力 kJ/h	夏季当量满负荷运行时间 h	冬季当量满负荷运行时间 h
1190334600	1340609400	3384000	3614400	351	371

4.2 总能耗计算

根据公式(1)~公式(14)以及表2所计算的建筑当量满负荷运行时间以及一次能源热量换算表^[4](如表3所示),参照建筑能耗和设计建筑能耗详见表4和表5。其中照明系统的耗电量的计算参照《公共建筑节能设计标准》GB 50189-2005的统计方式,通过各功能空间使用面积统计、各功能空间照明功率统计、全天逐时照明用电量以及全年工作日得出全年建筑照明用电量^[6]。通过表4与表5计算结果可得,设计建筑相对参照建筑的节能率为:

$$\varepsilon = \frac{\text{参照建筑能耗} - \text{设计建筑能耗}}{\text{参照建筑能耗}} \times 100\% = 20.8\%$$

表 3 一次能源热量换算表

标准煤	重油	煤油	石油液化气	电能
29307.6kJ/kg	41449.3kJ/L	37262.5kJ/L	50241.6kJ/kg	10256.4kJ/(kWh)

表 4 参照建筑能耗计算表

参照建筑					公式号
序号	设备名称	规格及性能 (额定功率 kW)	台数	耗电量 kWh/a	
1	冷水机组	108kW	2	75978	(5)
2	冷却塔	3kW	2	2110	(14)
3	冷冻水泵	15kW	2	15176	(8)/(9)
4	冷却水泵	15kW	2	15176	(8)/(9)
5	空调机组风机	6.3kW (4台) 4.9kW(1台)		30906	(11) / (12)

6	风盘	49W (2台) 65W (38台) 84W (93台) 105W (56台) 122W (6台)		12626	(11) / (12)
7	定风量送排风机			330561	(10)
8	补水泵	0.75kW	2	2310	(7)
9	锅炉供水	11kW	2	13759	(8) / (9)
10	燃气锅炉	63.4Nm ³ h	1	2602150688	(13)
空调系统总和				7715854475(KJ)	转化为一次能源单位(参照表3)
照明系统				2274766556(KJ)	
综合				9990621031(KJ)	

表 5 设计建筑能耗计算表

设计建筑					公式号
序号	设备名称	规格及性能	台数	耗电量 kWh/a	
1	地源热泵机组	N 热 =123kW, N 冷 =105.5kW	2	165463	(5)
2	末端水泵	15kW	2	15996	(8) / (9)
3	地埋侧水泵	15kW	2	15996	(8) / (9)
4	空调机组风机	6.3kW (4台) 4.9(1台)		30906	(11) / (12)
5	风盘	49W (2台) 65W (38台) 84W (93台) 105W (56台) 122W (6台)		12626	(11)/(12)
6	定风量送排风机			330561	(10)
7	补水泵	0.75kW	2	2310	(7)
空调系统总和				5885523095(KJ)	转化为一次能源单位(参照表3)
照明系统				2027706673(KJ)	
综合				7913229768(KJ)	

5. 结语

本文提出的能耗计算方法: Dest 逐时负荷计算+当量满负荷运行时间法, 在科学合理的前提下简化了能耗计算, 降低了能耗模拟计算软件添加各种空调、采暖、通风等耗电系统

带来的使用难度，同时降低能耗计算的准入门槛，推广能耗计算在设计单位、咨询单位以及能源合同管理企业中的广泛应用。

参考文献：

- [1] 薛志峰，江亿. 商业建筑的空调系统能耗指标分析[J]. 暖通空调，2005，35(1): 37-41
- [2] 潘毅群等. 建筑全能耗分析软件 Energy Plus 及其应用[J]. 暖通空调，2004，34(9): 2-6
- [3] 清华大学建筑技术科学系 DeST 开发小组. DeST-h 技术资料[Z]. 2003，05，01.
- [4] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册. 北京：中国建筑工业出版社，2008
- [5] 绿色建筑标准[S]. DB11/938-2012
- [6] 公共建筑节能设计标准[S]. GB 50189-2005