

空调负荷实用算法

单 寄 平 主 编

中国建筑工业出版社

空调负荷实用算法

单 寄 平 主 编

中国建筑工业出版社

本书所述空气调节负荷计算方法是一种实用计算方法，曾荣获国家科学技术进步三等奖，已为高等学校教材《空气调节》所采用。这一计算方法机理正确、使用方便，几年来已为国内许多设计院广泛用于工程设计中。

全书分为三个部分。第一部分包括建筑物空调负荷形成原理及各种得热成分引起空调负荷的计算方法；第二部分为一组研究论文，并给出间歇空调负荷的简化计算方法；第三部分为计算方法的两个电算软件。书中有计算实例。

本书主要供空调设计人员在实际工程设计中使用，也可作为大专院校空气调节教材的补充内容。

空调负荷实用计算法

单 寄 平 主 编

•

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

•

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 21²/4 字数: 528 千字

1989年9月第一版 1989年9月第一次印刷

印数: 1—2,560 册 定价: 13.25元

ISBN7—112—00743—7/TU·530

(5833)

前 言

本书所述的空气调节负荷计算方法（冷负荷系数法）是一种实用的计算方法，系原建筑物冷热负荷计算方法研究课题组诸同仁于1978年至1982年协作完成的科研成果中的一部分。该项科研任务是由前国家基本建设委员会于1978年下达的，研究成果曾于1982年6月经过在大连市召开的专家评审会审查通过。

当时参加并完成这一部分科研成果的课题组成员单位及其成员为：

1. 中国建筑科学研究院空调研究所 单寄平、陈贻谅、黄鑫、陆大文、樊贻芳
2. 同济大学 巢庆临、陈沛霖、曹叔维、林立、刘华
3. 重庆建筑工程学院 田胜元、束传浩、杨意诚
4. 西安冶金建筑学院 戴庆山、李海林
5. 北京市建筑设计院 那景成、杨伟成、黄绪镜、朱文鹏、刘书麟、张汝良
6. 北京建筑工程学院 唐敬年、李国荣
7. 有色冶金设计研究总院 孙富健
8. 纺织工业部设计院 冯贵枢
9. 南京大学气象系 李怀瑾、朱超群
10. 中国建筑西北设计院 刘成纹
11. 水利电力部西北电力设计院 崔永江、颜秉铎、杨永杰
12. 中国建筑西南设计院 韦德身

科研成果完成之后，为了提供设计部门使用，曾由研究课题组负责人单寄平对原有成果作了全面整理和改编，并增补了作为冷负荷系数产生依据的相似性分析、内部热源（照明、人体、设备）引起冷负荷的计算方法等内容，将这一计算方法在中国建筑科学研究院空调研究所发行的《空调技术》刊物1983年第1期上作为空调冷负荷计算方法专刊刊载过。

这一计算方法采用查表取值办法，只需利用计算器作加减乘除运算，因而得以迅速推广。由于这一计算方法机理正确、使用方便，可比国内原有方法节省冷量，从而节约基建投资，具有很好的经济效益。因而几年来已被建设部建筑设计院，中国建筑西南设计院、中南建筑设计院、华东建筑设计院、北京市建筑设计院、上海民用建筑设计院、广州市设计院、广东省建筑设计院、广西建筑设计院、浙江省建筑设计院、深圳市建筑设计院、江苏省建筑设计院、机械电子部第二设计研究院、总后建筑设计院等在桂林榕城饭店、福州温泉大厦、上海新车站、上海虹桥机场国内候机楼、长沙麓山饭店新楼、成都岷山饭店、武汉洪山宾馆、友谊宾馆、湖北省财贸医院、华兴电子公司大楼、浙江肖山卫星站、河北承德宾馆、415工程等设计中广泛采用。这些工程均已先后建成使用。为此，这一计算方法于1985年曾荣获国家科学技术进步三等奖，并已纳入了高等学校试用教材《空气调节》（中国建筑工业出版社出版）。

目 录

第一部分 空气调节负荷实用计算方法

第一章 总论	1
1-1 概论	1
1-2 建筑物空调负荷形成原理	2
第二章 透过玻璃窗的日射得热引起冷负荷的计算方法	6
2-1 透过无外遮阳玻璃窗的日射得热引起的冷负荷	6
2-2 透过有外遮阳玻璃窗的日射得热引起的冷负荷	11
第三章 围护结构瞬变传热引起冷负荷的计算方法	30
3-1 外墙和屋面瞬变传热引起的冷负荷	30
3-2 玻璃窗瞬变传热引起的冷负荷	61
第四章 内部热源引起冷负荷的计算方法	64
4-1 照明散热引起的冷负荷	64
4-2 人体散热引起的冷负荷	66
4-3 设备散热引起的冷负荷	69
第五章 计算例题	72
第六章 计算方法的构成机理	78
6-1 房间传递函数系数的确定方法	78
6-2 冷负荷系数的产生依据	82
6-3 围护结构传热形成冷负荷的计算机理	87
附录一 气象参数及设计条件	89
附1-1 室内设计条件	89
附1-2 室外设计:标准天的逐时气温	90

附1-3 各朝向逐时日射强度值	91
附1-4 逐时室外空气综合温度值	100
附1-5 逐时日射得热因数值	101
附录二 窗玻璃的太阳光学性能	171
附录三 六个纬度带的冷负荷系数值	173
附录四 有关高层建筑空调负荷计算的一些问题	179

第二部分 研究论文

1. 试用z传递函数法探讨通过窗的日射得热和空调负荷之间的关系	183
2. 对设计用建筑物冷负荷计算方法计算日射空调负荷的一次试验验证	194
3. 北京地区夏季空调负荷现场试验报告	201
4. 对办公楼类型建筑物间歇空调设计负荷的简化计算	212
5. 建筑物冷热负荷计算方法的研讨目的和国内外发展情况	218

第三部分 电 算 软 件

(一) 建筑工程设计软件包暖通空调应用软件中的空调负荷计算程序(BDP/HVAC/ACL)	224
附录 空调负荷计算源程序	265
(二) 设计用建筑物冷负荷计算软件(BCLC)	318

第一部分 空气调节负荷实用计算方法

第一章 总 论

1-1 概 论

这一建筑物空调负荷计算方法系供计算民用和公用建筑物及类似的工业建筑物空调工程设计冷负荷之用。

经过多年工程实践发现，过去国内设计采用的建筑物冷负荷往往比实际需要的偏大得多。近些年来，对一些高层建筑的实测结果也证实了这一情形。以1978年夏季对北京某宾馆的实测^[1,1]为例，由8月20日的测定数据看出，西向会议室瞬时最大得热为3230W，实测空调负荷最大值为1662W，而用国内以往计算方法计算结果为3605W（峰值），可见计算值与实测值相差成倍之多。这不仅导致多装了制冷机、锅炉和空调设备等，而且使机房面积和附属的配电设备等相应增大，浪费了大量建筑面积。此外，还由于冷热设备选择过大，时常处于低效工况运行状态，造成过多的能耗。

产生这一问题的因素是多方面的，但由于透过玻璃窗进入的日射得热量全被当作空调即时负荷计算，却是其中的一个重要原因。深入一步探讨发现，在这一日射得热量中只有一部分系以对流形式给予室内空气后成为即时负荷；而另一部分则被围护结构和室内家具等蓄热体所吸收，随后再逐时以对流放热形式放入室内空气而成为滞后负荷。空调冷负荷应是这两部分之和。以往常将由窗户进入的日射直接作为冷负荷计算，在计算机理上是错误的，从而必然导致偏大的结果。

为了正确地计算建筑物空调冷负荷，以达到节省基建投资和节能的目的，本课题组成员几年来共同协作开展此项研究工作。

现在提出的这一计算方法系建立在传递函数法基础上的冷负荷系数法。传递函数法源于工程控制论，对于描述由于围护结构等室内蓄热体产生的吸热、蓄热和放热过程来说，不失为一种有力的工具。此法数理概念清晰，易于建立简化的数学模型，便于利用计算机进行实时运算，且具有节省机时、运算快的优点，从而得以产生出全套的冷负荷手算计算表，遂使设计人员便于用手算方式简捷而又较准确地计算出逐时的得热量和冷负荷。我们是从学习国外的计算理论入手，经过消化吸收后，结合国内的气象条件、建筑物围护结构的热特性和空调运行使用情况，通过分析研究和实测试验得出这一计算方法的。

本稿所述及的内容包括透过玻璃窗日射得热引起的冷负荷、围护结构瞬变传热引起的冷负荷、内部热源（包括照明、人体和设备）散热引起的冷负荷、计算例题及计算方法的构成机理。而对于空气渗透和新风冷负荷、外部环境温度可视为不变的围护结构传热引起的冷负荷（如内围护结构的传热计算）及各种设备、管道和材料散湿量引起的冷负荷，因其计算方法与以往各种手册的计算方法并无区别，故不再列入。

有关气象参数和设计条件及窗玻璃的太阳光学性能数据则在本计算方法的附录中给出。

1-2 建筑物空调负荷形成原理

一、建筑物空调负荷的形成过程

在进行建筑物空调负荷计算时，首先必须分清两个含义不同而相互又有关联的热量，即得热量和冷负荷。

现分述这两个热量概念。

(1) 得热量 系指某一瞬时进入室内的热量。对得热可采用两种分类方法。若按是否随时间变化来分类，有稳定得热和瞬变得热之分。如照明灯具、人体和耗电量不变的室内用电设备的发热量都属稳定得热。而如透过玻璃窗进入室内的日射量和围护结构的不稳定传热等则属瞬变得热。若按显热和潜热加以区分，则有显热得热和潜热得热之别，分清这两种不同类型的显热或潜热得热对正确地选择冷却或加湿（或除湿）设备是必要的。凡借助传导、对流和辐射三种方式中的任何一种或其组合方式将热量传递给空调房间的得热便是显热得热。而由于进入室内的湿量带来的得热便是潜热得热，如随着人体、设备的散湿量及新风或渗透风带入室内的湿量而引起的得热即属于此类。

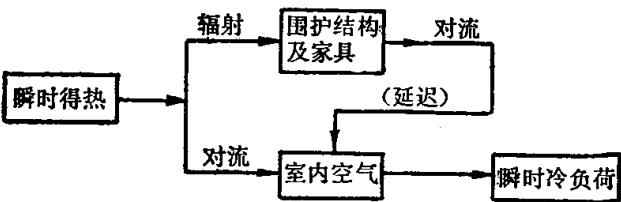


图 1-1 瞬时日射得热与瞬时冷负荷之间关系示意图

(2) 冷负荷 系指为了维持恒定的室温而在任一瞬时应从室内除去的热量。必须注意，任一时间所有室内瞬时显热得热的总和未必等于同一时间的室内冷负荷。由图 1-1 可以看出，借助辐射形式传递的得热量，首先为围护结构和家具等

室内物体所吸收并贮存于其中。当这些围护结构和家具等室内物体表面的温度高于室内空气温度后，所贮存的热量再借助对流方式逐时放出给予室内空气而形成冷负荷。图 1-2 为瞬时日射得热与冷负荷之间的关系，图 1-3 为照明发热量与冷负荷之间的关系。对于辐射得热而言，这些围护结构和家具等室内物体的表面温度增加速度的快慢取决于其蓄热容量的大小，而其蓄热容量便决定着显热得热的辐射部分逐时形成冷负荷的大小和所滞后的时间。此外，它也与吹过蓄热体表面的室内风速大小有关。这一蓄热效应对确定供冷设备的容量来说是颇为重要的。那么，只有当瞬时得热量全部以对流方式传递给室内空气（如新风和渗透风带入室内的得热量）时，其数值才等于瞬时冷负荷。再有，瞬时潜热也无滞后现象，其数值等于瞬时冷负荷。

空调冷负荷的计算与蓄热体的吸热和放热过程有直接的关系，而不同的计算方法对吸热和放热过程则采取不同的数学处理方法（或简化处理方法）。本计算方法是建立在传递函数法的基础之上，用房间传递函数系数来处理这一问题，即对不同的得热类型采用不同的房间传递函数系数以计算室内的空调冷负荷，进而为了简化计算，对日射得热转变为空调冷负荷的计算，利用传递函数法的基本方程和相应的房间传递函数系数产生出空调冷负荷系数；而对墙体、屋面等围护结构传热得热转变为空调冷负荷则利用与之相应的传递函数

系数产生出冷负荷温度。

由于影响空调冷负荷计算的因素很多，而这些因素又是错综复杂地交织在一起。对某个建筑物或某个房间来说，各种不同性质的得热所引起的冷负荷分量逐时的变化往往又是不同步的，因而在确定设计用的综合最大冷负荷时便需经过认真的分析比较后取用某一小时的各冷负荷分量之和。

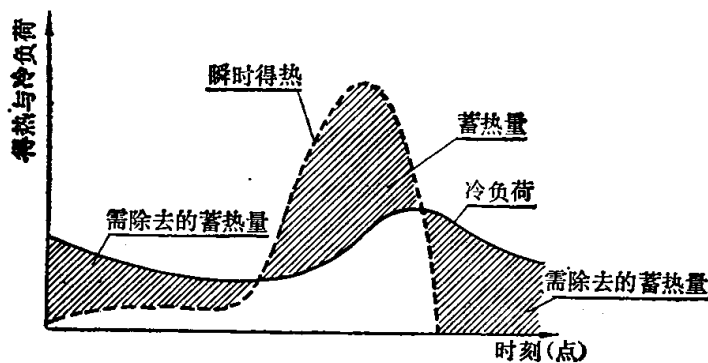


图 1-2 瞬时日射得热与冷负荷之间的关系

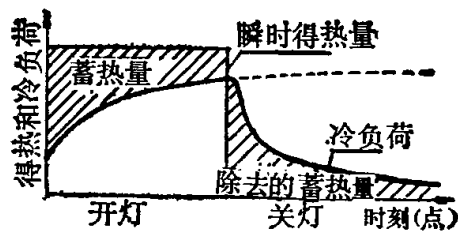


图 1-3 荧光灯照明瞬时得热与冷负荷之间的关系

二、房间传递函数的机理

在空调负荷计算中，我们可将围护结构物连同室内空气视为一个热力系统。将日射和室外温度变化等视为作用于其上的扰量，而将围护结构内表面的热流和温度以及室温等作为这一热力系统对扰量的响应。此时就可将扰量作为系统的输入，而将其响应作为系统的输出。如是，输入与输出便各为一组无穷多的信号。对空调负荷计算中所遇到的围护结构传热问题和室内冷负荷的计算问题，通常可作为线性定常系统看待。而线性系统的特点是服从于叠加原理

由控制理论得知，为了描述线性定常系统的输入与输出之间的关系，最常用的是传递函数。传递函数被定义为：当初始条件为零时，输出量的拉氏变换与输入量的拉氏变换之比。它是一种以系统参数表示的线性定常系统输入量与输出量之间的关系式，用之可表达系统本身的特性，却与输入量本身与系统的初始状态无关。因此当空调房间热力系统的传递函数确定之后，便可根据作用于其上的扰量，计算出这一空调房间热力系统的响应。具体地说，若以空调房间的得热量作为扰量，则通过空调房间传递函数便可计算出其响应——空调冷负荷。

根据热力系统传递函数的定义，若扰量为得热以 $Q(t)$ 表示，将作为响应的空调负荷以 $CL(t)$ 表示，系统的传递函数以 $G(s)$ 表示，则有

$$G(s) = \frac{CL(s)}{Q(s)}$$

式 $CL(s) = G(s)Q(s)$ (1-1)

若已知系统的传递函数，便可由系统的扰量按式(1-1)求出其响应的拉氏变换，再通过求逆变换而得出其响应 $CL(t)$ 。 $Q(t)$ 与 $CL(t)$ 之间的关系如图1-4所示。

若对式(1-1)进行z变换，则有

$$CL(z) = G(z)Q(z) \tag{1-2}$$

式中的 $G(z)$ 被称为空调房间热力系统传递函数。

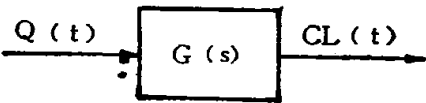


图 1-4

到n时刻为止, 作为输入的得热的采样值的z变换 $Q(z)$ 遂为

$$Q(z) = Q_n z^{-n} + Q_{n-1} z^{-(n-1)} + Q_{n-2} z^{-(n-2)} + \dots + Q_m z^{-m} \quad (1-3)$$

同理, 对作为输出的冷负荷的采样值的z变换 $CL(z)$ 则有

$$CL(z) = CL_n z^{-n} + CL_{n-1} z^{-(n-1)} + CL_{n-2} z^{-(n-2)} + \dots + CL_m z^{-m} \quad (1-4)$$

而空调房间热力系统传递函数一般可用z的高次多项式之比表出如下:

$$G(z) = \frac{V_0 + V_1 z^{-1} + V_2 z^{-2} + \dots + V_n z^{-n}}{W_0 + W_1 z^{-1} + W_2 z^{-2} + \dots + W_n z^{-n}} \quad (1-5)$$

现将式(1-3)、(1-4)、(1-5)代入式(1-2)中, 则有

$$(CL_n z^{-n} + CL_{n-1} z^{-(n-1)} + CL_{n-2} z^{-(n-2)} + \dots + CL_m z^{-m})(W_0 + W_1 z^{-1} + W_2 z^{-2} + \dots + W_n z^{-n}) = (Q_n z^{-n} + Q_{n-1} z^{-(n-1)} + Q_{n-2} z^{-(n-2)} + \dots + Q_m z^{-m})(V_0 + V_1 z^{-1} + V_2 z^{-2} + \dots + V_n z^{-n}) \quad (1-6)$$

令式(1-6)中等号两边 z^{-n} 项的系数相等, 可得

$$W_0 CL_n + W_1 CL_{n-1} + W_2 CL_{n-2} + \dots + W_m CL_{n-m} = V_0 Q_n + V_1 Q_{n-1} + V_2 Q_{n-2} + \dots + V_m Q_{n-m} \quad (1-7)$$

若令 $W_0 = 1$ 遂有

$$CL_n = (V_0 Q_n + V_1 Q_{n-1} + V_2 Q_{n-2} + \dots + V_m Q_{n-m}) - (W_1 CL_{n-1} + W_2 CL_{n-2} + \dots + W_m CL_{n-m}) \quad (1-8)$$

式(1-8)表明, 若得热 $Q(t)$ 和空调冷负荷 $CL(t)$ 以时间序列表示, 如已知到n时刻为止得热的采样值, 则由n时刻以前空调冷负荷随时间变化的系统, 便可求出在时刻n的空调冷负荷。式中的 $V_0, V_1, V_2, \dots, V_m$ 及 $W_1, W_2, \dots, W_m$ 称为z传递函数诸系数, 系表示所描述的空调房间热力系统的特性。

为了简化计算, 这一方法采用三项系数以近似地描述空调房间热力系统的特性。空调房间热力系统的z传递函数便被简化为:

$$G(z) = \frac{V_0 + V_1 z^{-1}}{1 + W_1 z^{-1}} \quad (1-9)$$

于是, n时刻空调冷负荷的计算式遂为:

$$CL_n = V_0 Q_n + V_1 Q_{n-1} - W_1 CL_{n-1} \quad (1-10)$$

由式(1-10)可见, n时刻的冷负荷系与n时刻的得热和n-1时刻的得热及冷负荷有关。从系统工程学的概念来说, 这是一种有“记忆”的系统, 而以往却作为无“记忆”的系统加以处理。所以以往那种认为得热就等于冷负荷的概念是错误的, 按错误概念得出的计算方法自然是不合理的。

由式(1-10)可以看出传递函数系数的意义。这些传递函数系数与得热的性质、室内各部分围护结构(如墙、楼板等)和家具的热容量及室内气流流动情况有关。一般说来, 传递函数系数取决于下述三个主要因素: (1) 得热和冷负荷依次值之间的时间间隔大小; (2) 得热的性质, 即以辐射形式出现的数量和被吸收的室内部位; (3) 房间的蓄热容量。式中的等号右边第一项 $V_0 Q_n$ 系表示n时刻得热转变为冷负荷的部分。假定无其他热损失的话, 进入室内得热的 $(1 - V_0) Q_n$ 则贮存于室内围护结构和家具之中。因而 V_0 便体现出在计算冷负荷的该时刻得热转变为冷负荷的比例; V_1 是n-1时刻(前一时刻)的得热转变为n时刻(本时刻)冷负荷的比例系数; 而 W_1 系与室内蓄热体(主要为楼板)及室内空气循环量有关, 而且总是以负值出现, 这说明在计算即时冷负荷时, 必须计及前一时刻冷负荷的大部分。

既然 V_0, V_1, W_1 与得热性质有关,于是墙传热与日射透过窗玻璃引起冷负荷两者的 V_0, V_1, W_1 便各不相同,因此按式(1-10)可写成下列形式:

$$CL_{n(c)} = V_{0(c)}Q_{n(c)} + V_{1(c)}Q_{n-1(c)} - W_{1(c)}CL_{n-1(c)} \quad (1-11)$$

$$CL_{n(q)} = V_{0(q)}Q_{n(q)} + V_{1(q)}Q_{n-1(q)} - W_{1(q)}CL_{n-1(q)} \quad (1-12)$$

式中 $CL_{n(c)}, CL_{n-1(c)}$ ——分别为第 n 和 $n-1$ 小时日射透过窗引起的冷负荷, W_1 ;
 $CL_{n(q)}, CL_{n-1(q)}$ ——分别为第 n 和 $n-1$ 小时墙体传热引起的冷负荷, W_1 ;
 $Q_{n(c)}, Q_{n-1(c)}$ ——分别为日射透过窗形成的室内得热, W_1 ;
 $Q_{n(q)}, Q_{n-1(q)}$ ——分别为墙体传热形成的室内得热, W_1 ;
 $V_{0(c)}, V_{1(c)}, W_{1(c)}$ ——日射透过窗引起冷负荷的房间传递函数系数;
 $V_{0(q)}, V_{1(q)}, W_{1(q)}$ ——墙体传热引起冷负荷的房间传递函数系统。

由于 W_1 只与室内蓄热体(主要是楼板)及室内空气流动情况有关(当楼板越厚重时, W_1 值越大,而当室内气流循环量由低至高变化时, W_1 值由大变小,这是因为当室内空气循环量较低时,贮存入的热流量较多,从而放出的热流量也必然比较多,反之亦然),而与何种得热性质无关,即不论是日射得热抑或外墙的传热得热,均不改变房间的蓄热特性。因此墙与窗的 W_1 应基本相同。又根据前述线性系统服从于叠加原理的特点,故有:

$$CL_n = V_{0(c)}Q_{n(c)} + V_{1(c)}Q_{n-1(c)} + V_{0(q)}Q_{n(q)} + V_{1(q)}Q_{n-1(q)} - W_1CL_{n-1} \quad (1-13)$$

由式(1-13)可见,只要已知传递函数系数,根据得热的逐时值便可算出冷负荷的逐时值。反之,若得到得热与冷负荷的逐时值,也可用上式算出传递函数系数。

究竟通过何种途径以得出表征得热与冷负荷之间关系的数学表达式,不同的计算方法有不同的处理办法。国外早在1967年便提出了建立标准房间,构筑由室内各面围护结构组成的热平衡方程组,通过高阶矩阵方程求解的方法^[1-2]。这对计算各表面之间的逐时相互辐射和各表面温度的逐时变化来说,无疑是可以达到足够精确的程度。但对颇为重要的日射透过玻璃窗进入室内的情况却无法做出同等精确的计算。其原因在于透过窗玻璃的日射在室内各面上的照射面积及其在各面上的分配情况系随时间而变化(这一般系指直射日射而言,但对散射日射是否均匀分布于室内各面也仍是一种假定),从而引起复杂的动态吸热和放热过程,存在颇多未明之点,迄今尚无法构筑精确的方程加以描述。勉强为之,则势必需加入一系列假设条件,从而导致理论计算与实际状况的严重脱节。何况欲联立求解上述热平衡方程组,对高阶矩阵方程进行运算,非具有高速大型数字电子计算机和足够的机时不可(关于这一点,国外文献已经指出^[1-3])。

审视国内、外情况,考虑到当前我国工程界对建筑物空调负荷还掌握不准和缺乏实际检验的现状,并兼顾到易于被广大工程技术人员接受的原因,我们觉得,与其附加诸多的假设条件而从理论计算上来解决,不如从国内实际出发,走一条理论结合实践的道路。经过权衡再三,我们决定通过试验室和一些典型建筑物的实测试验数据,用数理统计方法,以求得房间传递函数系数值。

根据传递函数理论得知,由于传递函数值与输入及输出量无关,故可将用一些典型房间得出的传递函数系数推广到国内一般建筑物的房间情况。这乃是传递函数法计算空调负荷的一个优点。我们即用此法分别求出适合我国情况的窗和墙的传递函数值。关于具体的确定方法可参见第六章第6-1节房间传递函数系数的确定,在该节中还将述及有关的一些内容。

第二章 透过玻璃窗的日射得热引起冷负荷的计算方法

2-1 透过无外遮阳玻璃窗的日射得热引起的冷负荷

透过玻璃窗进入室内的日射得热系由透过窗玻璃直接进入室内的日射(简称透射日射)和窗玻璃吸收日射后以对流和辐射方式再传入室内的热量(简称吸收再放热)这两部分组成。

由于窗的类型、遮阳设施、太阳入射角及日射强度等因素的各种组合实在太多,欲将日射得热与入射日射强度直接建立函数关系以求解是困难的,于是采取了一种对比计算的方法。

首先确定以厚度为3mm的我国常用普通平板玻璃作为“标准玻璃”。在特定的内、外表面对流放热系数($\alpha_n = 8.7$ 和 $\alpha_w = 18.6 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)的条件下,得出夏季(以7月份为代表)通过这一“标准玻璃”的日射得热量,称之为日射得热因数,以 D_J 表示。

$$D_J = \tau_N J_N + \tau_D J_D + N(\alpha_N J_N + \alpha_D J_D) \quad (2-1)$$

式中 J_N ——直射日射强度在玻璃法线方向分量。 W/m^2 ;

J_D ——散射日射强度, W/m^2 ;

τ_N ——玻璃的直射日射透过率;

τ_D ——玻璃的散射日射透过率;

α_N ——玻璃的直射日射吸收率;

α_D ——玻璃的散射日射吸收率;

N ——玻璃吸收日射后传向室内的部分;

$$N = \frac{R_w}{R} = \frac{R_w}{R_w + R_N} = 0.319 \quad (2-2)$$

式中 R ——玻璃的总热阻, $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$;

R_w ——玻璃外表面热阻, $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$;

$$R_w = \frac{1}{\alpha_w}$$

α_w ——玻璃外表面放热系数, 取 $16 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;

R_N ——玻璃内表面热阻, $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$;

$$R_N = \frac{1}{\alpha_N}$$

α_N ——玻璃内表面放热系数, 取 $7.5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ 。

通过对主要国产普通窗玻璃的测定研究^[2-1], 提出3mm厚普通平板玻璃(即“标准玻璃”)的直射太阳光学性能(即直射日射透过率 τ_N 、反射率 ρ_N 和吸收率 α_N)。而对窗玻璃的散射太阳光学性能(即 τ_D , ρ_D 和 α_D), 建议按入射角为 45° 的直射太阳光学性能取值。

经过大量统计计算工作,以各地从建站起到1965年的日射观测资料,取每年7月21日的赤纬值,在用电算机算出我国40个城市夏季九个不同朝向(即东、南、西、北、东北、西南、西北、东南和水平)的逐时(太阳时)的日射强度值^[2.2]的基础上,运用类似式(2-1)的方式,制成了我国40个城市夏季九个不同朝向的逐时日射得热因数值表。同时也给出了各城市各朝向的日射得热因数的最大值 $D_{J,max}$,如附录一所示。经过相似性分析工作^[2.3]后,则按不同纬度带(每一带宽为 $\pm 2^{\circ}30'$ 纬度)给出各纬度带适用的 $D_{J,max}$ 值,如表2-1所示。因拉萨市的日射得热因数值比较特殊,故在表中单独列出。

夏季各纬度带的日射得热因数最大值 $D_{J,max}$ (W/m²) 表 2-1

朝 向 纬 度 带	S	SE	E	NE	N	NW	W	SW	水平
20°	130	312	541	465	130	465	541	312	876
25°	145	331	509	421	134	421	509	331	834
30°	173	374	538	415	115	415	538	374	833
35°	251	436	575	429	122	429	575	436	844
40°	302	477	599	442	114	442	599	477	842
45°	368	508	598	433	109	433	598	508	812
拉萨	174	462	727	592	133	592	727	462	991

注：每一纬度带包括的宽度为 $\pm 2^{\circ}30'$ 纬度。

考虑到在非“标准”玻璃情况下,以及不同窗类型和遮阳设施对日射得热的影响,可对日射得热因数 D_J 值加以修正。通常用的修正方法是对“标准”情况下的 D_J 值乘以修正系数 C_z ,将这一系数称为窗玻璃的综合遮挡系数。

$$C_z = C_s C_n \tag{2-3}$$

式中 C_s ——窗玻璃的遮挡系数;
 C_n ——窗内遮阳设施的遮阳系数。

$$C_s = \frac{\text{实际窗玻璃的日射得热}}{\text{“标准”窗玻璃的日射得热}} \tag{2-4}$$

不同类型(包括普通玻璃和吸热玻璃)及不同厚度的单层和双层玻璃的 C_s 值已经试验研究^[2.4]给出,如表2-2所示。各种内遮阳窗帘的遮阳系数也已通过实测试验^[2.5]得出,如表2-3所示。而有关外遮阳窗进入日射得热及其引起冷负荷的计算方法则在下节中给出。

可按下式计算 $CL = F C_z D_{J,max} C_{CL} \tag{2-5}$

式中 CL ——透过玻璃窗进入室内的日射得热引起的逐时冷负荷, W;
 F ——窗玻璃的净面积, m²; 为了工程使用上的方便,可将窗口面积乘以表2-4中给出的有效面积系数 C_a 得出;
 C_z ——窗玻璃的综合遮挡系数, 无因次; 见式(2-3)及表2-2和表2-3;
 $D_{J,max}$ ——日射得热因数的最大值, W/m²; 以七月份为代表的夏季各纬度带的 $D_{J,max}$ 值见表2-1(请按城市所在的纬度带查表取值);
 C_{CL} ——冷负荷系数, 无因次; 以北纬 $27^{\circ}30'$ 划线, 将全国分为南、北两区, 在北纬 $27^{\circ}30'$ 以北的为北区, 在北纬 $27^{\circ}30'$ 以南的为南区, 现给出北区和南区无内遮阳和有内遮阳的九个不同朝向(即东、西、南、北、东北、西南、西

北、东南和水平)的逐时冷负荷系数值表,见表2-5, 2-6, 2-7, 2-8(请按城市所在的分区查表取值)。

窗玻璃的 C_s 值 表 2-2

玻 璃 类 型	C _s 值
“标准玻璃”	1.00
5 mm厚普通玻璃	0.93
6 mm厚普通玻璃	0.89
3 mm厚吸热玻璃	0.96
5 mm厚吸热玻璃	0.88
6 mm厚吸热玻璃	0.83
双层 3 mm厚普通玻璃	0.86
双层 5 mm厚普通玻璃	0.78
双层 6 mm厚普通玻璃	0.74

注: 1. “标准玻璃”系指 3mm厚的单层普通玻璃;
2. 吸热玻璃系指上海耀华玻璃厂生产的浅蓝色吸热玻璃;
3. 表中C_s对应的内、外表面放热系数为α_n=8.7 W/m²·°C和α_w=18.6W/m²·°C;
4. 这里的双层玻璃的内、外层玻璃是相同的。

窗内遮阳设施的遮阳系数 表 2-3

内 遮 阳 类 型	颜 色	C _n
白布帘	浅 色	0.50
浅蓝布帘	中 间 色	0.60
深黄、紫红、深绿布帘	深 色	0.65
活动百叶帘	中 间 色	0.60

窗的有效面积系数C_a值 表 2-4

系 数	单层钢窗	单层木窗	双层钢窗	双层木窗
有效面积系数C _a	0.85	0.70	0.75	0.60

这样一来便可用比较简单的形式给出透过玻璃窗进入日射得热引起的空调冷负荷计算式。由于式中除窗玻璃面积外的其他三个因数和系数均可查相应的表得出,如是就可方便地算出全国范围内任一地点不同朝向的逐时空调冷负荷量,显示了此法的便捷。

现举一例说明上述计算方法。

北京一空调房间,在南向和西向各有一个3 mm厚普通玻璃单层木窗,窗玻璃净面积(用窗口面积乘以窗的有效面积系数而得)均为3.5m²,内挂浅蓝色布窗帘。试确定夏季透过玻璃窗进入日射得热引起的设计冷负荷。

计算步骤如下:

(1) 求玻璃窗的综合遮挡系数C_g。

由表2-2查得3 mm普通窗玻璃的遮挡系数为C_g=1,又由表2-3查得浅蓝色布窗帘的内遮阳系数为C_n=0.6。故得此玻璃窗的综合遮挡系数为C_g=C_gC_n=0.6。

(2) 求日射得热因数最大值D_{J,max}

因北京的地理纬度为北纬39°48',属40°纬度带,故由表2-1查得:南向D_{J,max}=302 W/m²;而西向D_{J,max}=599W/m²。

(3) 求玻璃窗的冷负荷系数C_{CL}。

因北京地处北纬27°30'以北,应属北区,又因本例空调房间的玻璃窗是有内遮阳的,故由表2-6(北区有内遮阳窗玻璃冷负荷系数表)查出冷负荷系数值。但因南向最大冷负荷出现在12时,而西向则出现在16时,因此计算时间应从11时延续至17时。为便于比较,以确定出最大的空调冷负荷作为设计冷负荷,今将查得的逐时C_{CL}值填入下面的计算表中。

(4) 求透过玻璃窗的日射得热引起的冷负荷

按式(2-5):

表 2-5
北区无内遮阳玻璃冷负荷系数C_{cl}值

时 刻 朝 向	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
S	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.13	0.17	0.21	0.28	0.39	0.49	0.54	0.65	0.60	0.42	0.36	0.32	0.27	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17
SE	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.22	0.34	0.45	0.51	0.62	0.58	0.41	0.34	0.32	0.31	0.28	0.26	0.22	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15
E	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.29	0.41	0.49	0.60	0.56	0.37	0.29	0.29	0.28	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
NE	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.35	0.45	0.53	0.54	0.38	0.30	0.30	0.30	0.29	0.27	0.26	0.23	0.20	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
N	0.26	0.24	0.23	0.21	0.19	0.18	0.44	0.42	0.43	0.49	0.56	0.61	0.64	0.66	0.66	0.63	0.59	0.64	0.64	0.38	0.35	0.32	0.30	0.28
NW	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.13	0.15	0.17	0.18	0.20	0.21	0.22	0.22	0.28	0.39	0.50	0.56	0.59	0.31	0.22	0.21	0.19	0.18
W	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17	0.18	0.25	0.37	0.47	0.52	0.62	0.55	0.24	0.23	0.21	0.20	0.18
SW	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.13	0.15	0.17	0.18	0.20	0.21	0.29	0.40	0.49	0.54	0.64	0.59	0.39	0.25	0.24	0.22	0.20	0.19
水 平	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.16	0.22	0.31	0.39	0.47	0.53	0.57	0.69	0.68	0.55	0.49	0.41	0.33	0.28	0.26	0.25	0.23	0.21

表 2-6
北区有内遮阳玻璃冷负荷系数C_{cl}值

时 刻 朝 向	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
S	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.11	0.18	0.26	0.40	0.58	0.72	0.84	0.80	0.62	0.45	0.32	0.24	0.16	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08
SE	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.30	0.54	0.71	0.83	0.80	0.62	0.43	0.30	0.28	0.25	0.22	0.17	0.13	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07
E	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.47	0.68	0.82	0.79	0.59	0.38	0.24	0.24	0.23	0.21	0.18	0.15	0.11	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06
NE	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.54	0.79	0.79	0.60	0.38	0.29	0.29	0.29	0.27	0.25	0.21	0.16	0.12	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06
N	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.59	0.54	0.54	0.65	0.75	0.81	0.83	0.83	0.79	0.71	0.60	0.61	0.68	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
NW	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.23	0.25	0.26	0.26	0.35	0.57	0.76	0.83	0.67	0.13	0.10	0.09	0.09	0.08
W	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.08	0.11	0.14	0.17	0.18	0.19	0.20	0.34	0.56	0.72	0.83	0.77	0.53	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08
SW	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.09	0.13	0.17	0.20	0.23	0.28	0.38	0.58	0.73	0.84	0.79	0.59	0.37	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09
水 平	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.13	0.26	0.42	0.57	0.69	0.77	0.85	0.84	0.73	0.63	0.49	0.33	0.19	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09

表 2-7

南区无内遮阳玻璃冷负荷系数C_{GL}值

时 刻 朝 向																									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
S	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.14	0.17	0.25	0.33	0.42	0.48	0.54	0.59	0.70	0.70	0.57	0.52	0.44	0.35	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23	
SE	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.20	0.36	0.47	0.52	0.61	0.54	0.39	0.37	0.36	0.35	0.32	0.28	0.23	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	
E	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.24	0.39	0.48	0.61	0.57	0.38	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.23	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	
NE	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.26	0.41	0.49	0.59	0.54	0.36	0.32	0.32	0.31	0.29	0.27	0.24	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14	0.13	
N	0.28	0.25	0.24	0.22	0.21	0.19	0.38	0.49	0.52	0.55	0.59	0.63	0.66	0.68	0.68	0.68	0.69	0.69	0.60	0.40	0.37	0.35	0.32	0.30	
NW	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.15	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.27	0.38	0.48	0.54	0.63	0.52	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	
W	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.28	0.40	0.50	0.54	0.61	0.50	0.24	0.23	0.21	0.20	0.18	
SW	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.13	0.16	0.19	0.23	0.25	0.27	0.29	0.37	0.48	0.55	0.67	0.60	0.38	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	
水 平	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.14	0.19	0.28	0.37	0.45	0.52	0.56	0.68	0.67	0.53	0.46	0.38	0.30	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	

表 2-8

南区有内遮阳玻璃冷负荷系数C_{GL}值

时 刻 朝 向																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
S	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.14	0.31	0.47	0.60	0.69	0.77	0.87	0.84	0.74	0.66	0.54	0.38	0.20	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10
SE	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.27	0.55	0.74	0.83	0.75	0.52	0.40	0.39	0.36	0.33	0.27	0.20	0.13	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07
E	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.36	0.63	0.81	0.81	0.63	0.41	0.27	0.27	0.25	0.23	0.20	0.15	0.10	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06
NE	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.40	0.67	0.82	0.76	0.56	0.38	0.31	0.30	0.28	0.25	0.21	0.17	0.11	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06
N	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.47	0.67	0.70	0.72	0.77	0.82	0.85	0.84	0.81	0.78	0.77	0.75	0.56	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
NW	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.08	0.13	0.17	0.21	0.24	0.26	0.27	0.34	0.54	0.71	0.84	0.77	0.46	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08
W	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.12	0.16	0.19	0.21	0.22	0.23	0.37	0.60	0.75	0.84	0.73	0.42	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08
SW	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.09	0.16	0.22	0.28	0.32	0.35	0.36	0.50	0.69	0.84	0.83	0.61	0.34	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09
水 平	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.09	0.21	0.38	0.54	0.67	0.76	0.85	0.83	0.72	0.61	0.45	0.28	0.16	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09

$$CL = FC_s C_{J, \max} C_{eL}$$

进行计算，并将逐时计算所得结果填入下列计算表中。

时 刻 分 项 名 称	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
南向 C_{Cl}	0.72	0.84	0.80	0.62	0.45	0.32	0.24
南向CL	457	534	508	394	286	204	152
西向 C_{Cl}	0.19	0.20	0.34	0.56	0.72	0.83	0.77
西向CL	238	251	428	705	906	1044	969
ΣCL	695	786	936	1099	1192	1248	1121

比较以上各小时的冷负荷值后发现，在16时该空调房间出现最大冷负荷为1248W，此即透过玻璃窗进入室内的日射得热引起的设计冷负荷。

通过玻璃窗的冷负荷是日射得热引起的冷负荷和玻璃窗传热得热引起的冷负荷两者之和。有关玻璃窗传热得热引起的冷负荷计算方法将在第三章中述及。

2-2 透过有外遮阳玻璃窗的日射得热引起的冷负荷

外遮阳比内遮阳对减少日射得热量更为有效，它是用其他建筑物或建筑物自身的某些设施来遮阳，可减少日射得热量达80%^[2-6]。

一、外遮阳设施对窗面的遮挡计算

外遮阳设施在窗面形成的阴影比较复杂，但可归纳为以下三种情况，即窗侧面凸出物（如墙垛、窗侧壁、竖窗框）的遮挡、窗顶水平凸出物（如屋檐、阳台、窗顶壁、窗横框）

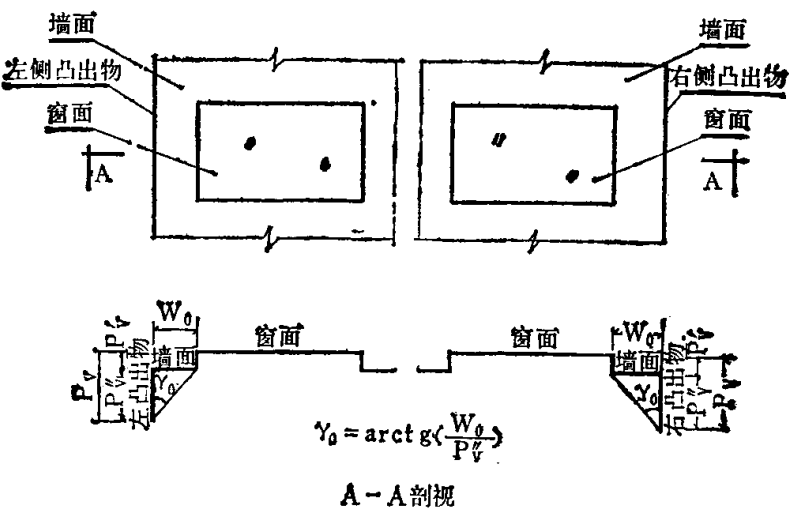


图 2-1 窗侧面凸出物特征尺寸及遮阳分界角示意图

的遮挡及窗前景物的遮挡。现分述如下。

1. 窗侧面凸出物影宽的计算

窗及其侧面凸出物特征尺寸如图2-1所示。

若侧面凸出物垂直窗面的平面至窗面最外侧的距离为 W_0 ，侧面凸出物凸出窗内表面的距离为 P_v ，墙面凸出窗面内表面的距离为 P'_v ，侧面凸出物凸出墙面的距离为 P''_v ，则

