

# 室内计算参数的确定与舒适和节能的关系

天津大学 徐欣<sup>☆</sup> 朱能 田喆 丁研

**摘要** 确定室内计算参数应综合考虑舒适性和节能。依据热舒适理论计算了符合我国国情的热舒适区范围,并讨论了风速、相对湿度等参数对舒适区范围的影响;利用建筑能耗计算软件分析了室内计算参数对建筑能耗的影响。通过调研了解了目前室内计算参数的实际应用情况;建议冬季供暖室内计算温度范围定为 18~24 ℃,而对于舒适性空调,则建议根据建筑对热舒适的需求,分级给出室内计算参数。

**关键词** 室内计算参数 热舒适 节能 温湿度 建筑能耗

## Relationship among indoor design conditions determination, thermal comfort and energy efficiency

By Xu Xin<sup>★</sup>, Zhu Neng, Tian Zhe and Ding Yan

**Abstract** Comfort and energy efficiency should be comprehensively taken into consideration when determining indoor design conditions. Based on the thermal comfort theory, works out the thermal comfort zone which is in accord with China's national conditions. Discusses the effect of air speed, relative humidity and other parameters on the comfort zone range. Analyses the influence of indoor design conditions on building energy consumption with an energy consumption calculation software. Obtains current practical application of indoor design conditions through investigation. Suggests that the indoor design temperature range is 18 ℃ to 24 ℃ when heating in winter. For the comfort air conditioning, proposes that the indoor design conditions should be given in a graded way according to the indoor thermal comfort requirements.

**Keywords** indoor design condition, thermal comfort, energy efficiency, temperature and humidity, building energy consumption

★ Tianjin university, Tianjin, China

①

## 0 引言

室内计算参数主要是指建筑室内的温度、相对湿度、风速以及新风量等,这些参数的变化直接影响室内的热环境及建筑能耗。室内计算参数对室内热舒适和空调系统能耗的影响程度各不相同,有些参数的变化对室内热舒适环境影响较大,对能耗影响却较小,而有些参数的变化则恰恰相反,因此如何综合考虑舒适和节能是确定室内计算参数的关键。

## 1 室内计算参数与热舒适性

### 1.1 热舒适评价指标

影响室内热舒适的因素主要有人体的新陈代谢率、服装热阻、室内空气流速(风速)、空气温度、平均辐射温度和相对湿度(或含湿量)。对于热舒适,常用的主要有:有效温度  $ET$ ,  $PMV$ - $PPD$  指标等。在进行室内计算参数修编时仍主要采用 Fanger 教授的热舒适方程和  $PMV$ - $PPD$  指标作

为理论依据。

### 1.2 热舒适区的计算

参考国际标准 ISO 7730<sup>[1]</sup>和欧盟 EN 15251<sup>[2]</sup>中的相关规定,建议按照不同的热舒适水平对建筑进行分级。

在本文中,根据预测平均热反应投票数  $PMV$  作为划分建筑热舒适等级的依据:以热感觉“凉”和“暖”作为舒适区的边界,即  $PMV$  的范围在  $-1 \sim 1$  之间。具体分级见表 1。

表 1 建筑分级

建筑级别	$PMV$ 及热感觉	$PPD/\%$
I 级	$-0.5 \sim 0.5$ , 舒适	10
II 级	$-1.0 \sim 1.0$ , 稍凉~稍暖	27

①<sup>☆</sup> 徐欣,男,1989年6月生,在读硕士研究生  
300072 天津大学环境科学与工程学院  
(022) 27407800  
E-mail: xx19890619@163.com  
收稿日期:2012-05-14

### 1.2.1 典型条件计算结果

由于不同功能建筑(民用建筑和公共建筑)室内人员的活动量和服装热阻不同,本文将居住建筑和公共建筑分开进行计算,选择典型的新陈代谢率和服装热阻水平,按照  $PMV$  和  $PPD$  的计算公式编程进行计算。另外,考虑到随着建筑节能政策的提出,目前我国很多地区采用了地板辐射供暖和辐

射吊顶供冷的方式,因而对采用这两种方式空调的建筑也进行了计算。

参照文献[2-3],并根据不同的建筑类型及我国人民生活习惯选择典型的新陈代谢率和服装水平,设室内相对湿度从 10%变化到 90%,分别计算出其舒适区温度边界,得到各工况的整体舒适区的温度统计结果,见表 2。

表 2 舒适区温度统计结果

	°C							
	居住建筑			办公建筑			商场	
	冬季	夏季	地板供暖	冬季	夏季	顶板冷辐射	冬季	夏季
I 级	19.8~26.0	23.2~28.0	18.5~26.0	19.6~25.9	22.6~27.6	23.3~29.0	11.0~20.0	20.1~25.9
II 级	17.7~28.0	21.8~29.7	16.5~28.5	17.4~28.0	21.0~29.3	21.5~31.0	7.3~24.1	18.0~28.1

### 1.2.2 舒适区范围随参数的变化

在计算的过程中发现,相对湿度和室内设计风速对热舒适区温度范围的影响明显,下面以冬季居住建筑为例说明这种变化。

#### 1.2.2.1 风速对热舒适区温度范围的影响

对于居住建筑,当其他计算条件不变时,假设室内设计风速分别为 0.1, 0.2, 0.3 m/s 时,统计其舒适区的范围(固定相对湿度为某一值,此处以 20%为例),得到图 1。

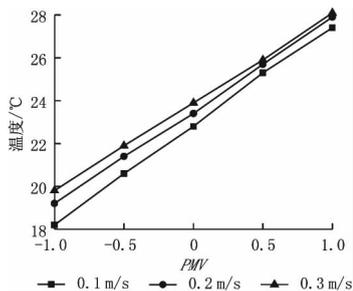


图 1 热舒适区的整体变化

从图 1 可以看出满足  $PMV$  从 -1.0~1.0 变化的温度边界值基本呈线性关系,室内设计风速越大,满足同样人体热舒适水平所要求的空气温度越高。室内设计风速从 0.1 m/s 变化到 0.3 m/s 时,图 2 中舒适区的下限温度值从 19.5 °C 变成了 21 °C,上升了 1.5 °C。所以,无论是从舒适性角度还是从节能的角度考虑,都应该选择合适的室内设计风速。

#### 1.2.2.2 相对湿度对热舒适区温度范围的影响

相对湿度的变化对舒适温度的影响也很明显,下面仅以 20%, 50%, 80% 为例来说明这种变化。

从图 3 中可以看出,当相对湿度从 20% 变为 80% 时,舒适区温度下限值明显减小,减小的幅度为 1.8 °C。可见制定合理的相对湿度设计范围,对

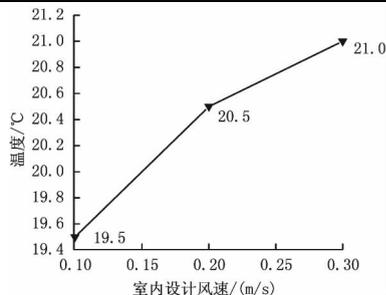


图 2 舒适区温度下限值的变化

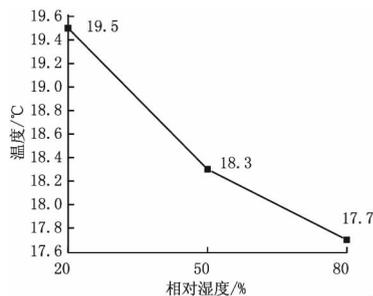


图 3 不同相对湿度时温度下限值

室内空气温度的设定有重要的作用。

## 2 室内计算参数与节能

### 2.1 室内计算参数对建筑能耗的影响

为了研究不同气候区及不同类型建筑能耗的规律,在我国不同气候区选取一典型城市为研究对象,分别研究居住建筑及公共建筑的能耗,代表城市及建筑类型选取结果见表 3。

表 3 代表城市及建筑类型

	严寒 A 区	严寒 B 区	寒冷地区	夏热冬冷地区	夏热冬暖地区
夏季公共建筑空调供冷	哈尔滨	长春	天津	重庆	广州
冬季居住建筑供暖	哈尔滨	长春	天津		
冬季公共建筑空调供暖	哈尔滨	长春	天津		

分别依据 GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》[4] 及 DBJ 11-602—2006《居住建筑节能设计标准》[5] 选取围护结构,然后利用能耗模拟软

件对系统能耗进行模拟。

## 2.1.1 室内计算参数对居住建筑负荷的影响

### 2.1.1.1 供暖负荷

为研究室内计算温度对负荷的影响,分别选取了哈尔滨、长春、天津3个代表城市为研究对象。计算结果见图4。

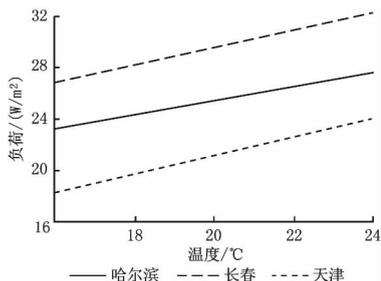


图4 负荷随室内计算温度的变化

通过数据分析,可以得出以下结论:

室内计算温度每降低1℃,设计负荷约下降2.0%~4.0%,其中对天津的影响最大,平均值为3.4%,对哈尔滨的影响最小,平均值为2.0%,对长春的影响为2.3%。由此可见,室外计算温度越高,室内计算温度对负荷的影响越大。

### 2.1.1.2 空调负荷

由于大多数国内居住建筑未实行集中供热,不作系统分析。从节能角度出发,建议居住建筑夏季室内计算温度不低于26℃。

## 2.1.2 室内计算参数对公共建筑负荷的影响

### 2.1.2.1 夏季空调能耗

为研究室内计算参数对能耗的影响,分别选取了天津、重庆、广州3个代表城市,参照GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》<sup>[4]</sup>设置模拟相关的设计参数,并令室内设计温度在22~29℃范围内变化,相对湿度在30%~75%范围内变化,共选取240种夏季工况进行研究。计算结果见图5。

对图5数据进行分析可以得出:

1) 当温度不变时,相对湿度每上升5%,负荷约下降2%~7.5%,不同地域有差异,相对湿度对负荷的影响天津最大,广州最小。

2) 室内计算温度越高,相对湿度对负荷的影响越大。

3) 当相对湿度不变时,温度每上升1℃,负荷约下降3%~11.8%。

4) 相对湿度越大,温度对负荷的影响越大。

由此可见,温度与相对湿度对公共建筑负荷影

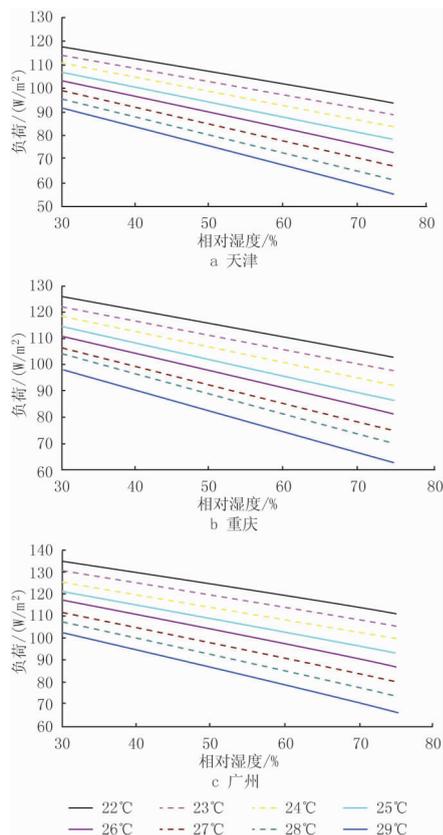


图5 3城市夏季空调负荷随室内温湿度的变化

响都很大,为了节省能源,应避免夏季空调采用过低的室内温度和相对湿度。

### 2.1.2.2 冬季空调能耗

选取哈尔滨、长春、天津3个城市进行研究,结果见图6。

对图6数据进行分析可以得出:

1) 当室内温度不变时,相对湿度每增加5%,负荷约增加2%~3%,对各区域的影响情况大致相同。

2) 当相对湿度不变时,温度每增加1℃,负荷约增加3%~5%,各地的差异也不明显。

## 2.2 PMV及对应的温湿度组合对建筑能耗的影响

空调参数的合理设定不仅影响到室内人员的热感觉和工作状况,而且与空调系统的能耗直接相关。ISO 7730<sup>[2]</sup>和ASHRAE 55<sup>[3]</sup>中运用的是Fanger热舒适理论,给出了热舒适区。但是随着对节能的关注,人们也更重视节能的室内计算参数。根据Fanger热舒适理论和PMV-PPD指标可知,同样的PMV值可以对应很多个温湿度组合,这些组合的热感觉值相同,但是能耗却不尽相

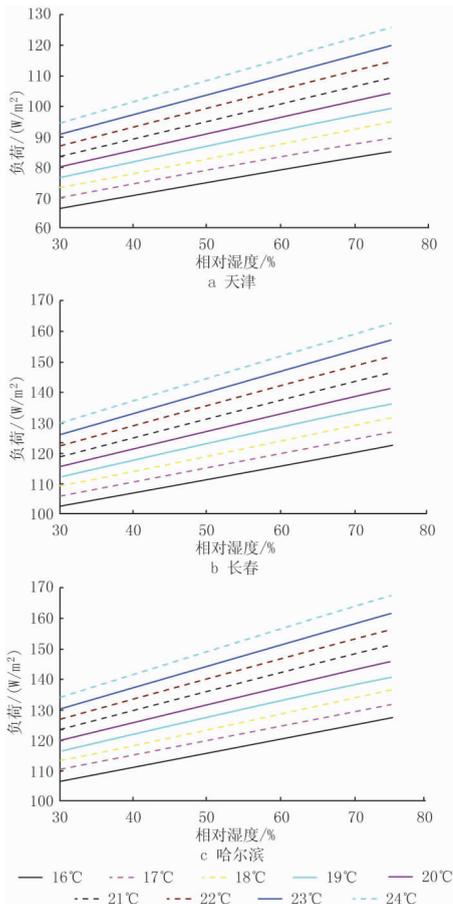


图6 3城市冬季空调负荷随室内温湿度的变化

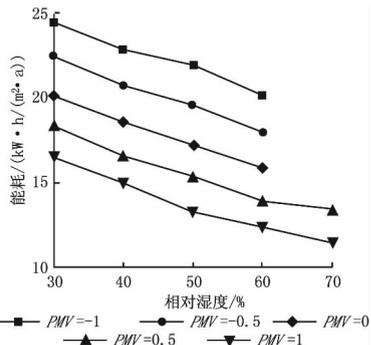


图7 办公建筑夏季空调室内参数与建筑能耗

3) 对于相同的  $PMV$ ,相对湿度越低,能耗增加得越快。从  $PMV=0.5$  及  $PMV=1$  的能耗曲线中可以看出,当相对湿度低于 40% 时,能耗呈显著增高的趋势,因此建议夏季相对湿度不宜低于 40%。

### 3 室内计算参数的调研

从上面的分析可以看出,室内计算参数对建筑能耗、热舒适都有很大的影响,因此室内参数的调研工作十分重要。本次调研的对象是民用建筑室内计算参数(主要是温度和相对湿度),主要通过查阅图书搜集设计案例,在网上搜集相关资料的方式进行。

#### 3.1 供暖建筑室内温度

通过查阅文献[6-7],对大连市的 30 套和哈尔滨市的 37 套居住建筑室内环境的实测结果进行了总结,表 5 为摘录的测试结果。

表5 大连和哈尔滨室内温度实测结果 °C

	大连		哈尔滨
	普通住宅	节能住宅	普通住宅
设计参数	18.0	18.0	18.0
最低值	19.5	21.9	12.0
最高值	20.9	22.9	25.6
平均值	20.2	22.4	20.1

从表 5 可以看出,北方民用普通住宅室内平均温度在 20 °C 左右,比设计温度高 2 °C。对 20 °C 的室内温度,居民接受率较高,基本达到 90%。

#### 3.2 空调建筑室内计算参数

通过查阅设计图纸及文献等方式,对全国范围内的 140 多栋建筑(主要针对公共建筑)的室内计算参数进行调研。在调研时,根据人体活动的剧烈程度,将空调建筑分为 5 类,见表 6。

##### 3.2.1 夏季空调室内计算参数

通过总结整理,得到夏季空调室内计算参数的分布图,见图 8。

从图 8 可以得到以下结论:

同。表 4 为天津地区办公建筑夏季工况不同的  $PMV$  值对应的温湿度组合。

表4 天津地区办公建筑夏季工况不同的  $PMV$  值对应的温湿度组合

相对湿度/%	温度/°C				
	$PMV$				
	-1	-0.5	0	0.5	1
30	22.0	23.8	25.4	27.1	28.7
40	21.8	23.5	25.2	26.8	28.5
50	21.7	23.3	25.0	26.6	28.2
60	21.5	23.0	24.8	26.4	28.0
70	21.3	22.8	24.5	26.2	27.7

选取相对湿度 30%~70% 之间的工况点,用 DeST 软件模拟计算不同  $PMV$  时的能耗,结果见图 7。

从图 7 可知:

1) 对于同样的相对湿度,能耗随  $PMV$  的降低而增加,以相对湿度 50% 对应的工况点为例, $PMV$  每增加 0.5,能耗要增加 10%~15%。因此建议夏季选择偏热环境,即  $0 < PMV < 1$  的舒适区。

2) 对于相同的  $PMV$ ,相对湿度每降低 10%,能耗平均增加 7%。

表6 建筑分类

编号	人体活动程度	房间用途
A	静坐、轻度活动	会场、宴会厅、礼堂、剧院
B	坐、轻度活动	办公室、银行、旅馆、餐厅、学校、住宅
C	中等活动	百货公司、商店、快餐
D	观览场所	体育馆、展览馆
E	其他	酒吧等

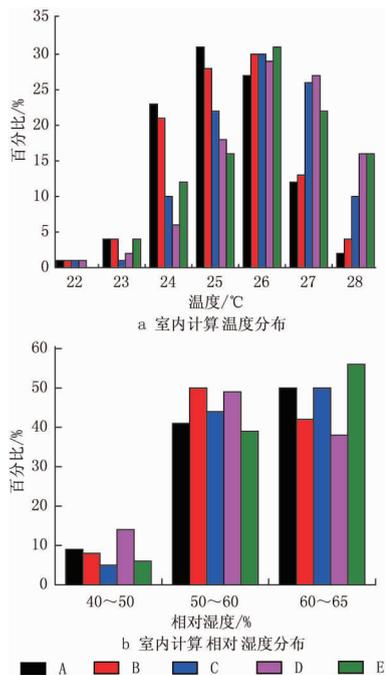


图8 夏季空调室内计算参数分布

1) 夏季空调计算温度分布比较集中,主要集中在24~28℃之间。

2) GB 50019—2003《采暖通风与空气调节设计规范》中规定的计算温度为22~28℃,但从图8中看出,22℃和23℃很少被用到,这说明设计者在设计过程中考虑了舒适及节能两个因素。

3) 相对湿度分布很集中,基本上集中在50%~65%之间,而且不同建筑类型没有明显差别。

### 3.2.2 冬季空调室内计算参数

通过总结整理得到冬季空调室内计算参数分布,见图9。

从图9可以得到以下结论:

1) 冬季空调室内计算温度主要分布在18~20℃之间,尤其是18℃和20℃两个温度最为集中。

2) 相对湿度主要分布在30%~50%,符合规范的设计要求。但是在被调查的140多栋建筑中,有将近16%的公共建筑冬季没有控制室内的相对湿度,其中大部分是C类和D类建筑。

## 4 结论

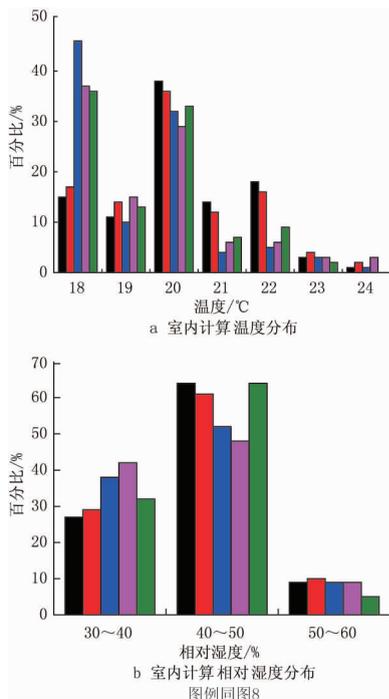


图9 冬季空调室内计算参数分布

### 4.1 供暖室内计算温度

本着提高生活质量、满足室温可调的原则,在满足舒适的条件下尽量考虑节能,因此选择偏冷( $-1 \leq PMV \leq 0$ )的环境,将冬季供暖计算温度范围定在18~24℃。从实际调查结果来看,大部分建筑供暖设计温度为18~20℃。

### 4.2 舒适性空调的室内计算参数

考虑不同功能房间对室内热舒适的要求不同,分级给出室内计算参数。热舒适度等级由业主在确定建筑方案时选择。出于建筑节能的考虑,要求供暖工况室内环境在满足舒适的条件下偏冷,对于Ⅰ级热舒适建筑 $PMV$ 值在 $-0.5 \sim 0$ 之间,对于Ⅱ级热舒适建筑 $PMV$ 值在 $-1 \sim -0.5$ 之间。供冷工况在满足热舒适的条件下偏热,对于Ⅰ级热舒适建筑 $PMV$ 值在 $0 \sim 0.5$ 之间,对于Ⅱ级热舒适建筑 $PMV$ 值在 $0.5 \sim 1$ 之间。

供暖工况室内相对湿度越大,能耗越高,相对湿度每提高10%,供暖能耗约增加6%。因此,从节能角度考虑,不宜采用较高的相对湿度。对于Ⅰ级热舒适建筑,室内相对湿度 $\geq 30\%$ , $PMV$ 值在 $-0.5 \sim 0$ 之间时,热舒适区确定空气温度范围为22~24℃;对于Ⅱ级热舒适建筑,则不规定相对湿度范围,舒适温度范围为18~22℃。

(上接第 26 页)

对于空调供冷工况,本着节能的原则,应在满足舒适条件前提下选择偏热环境。在此基础上,对于 I 级热舒适建筑,当室内相对湿度在 40%~70%之间,PMV 值在 0~0.5 之间时,基于热舒适区计算,舒适温度范围为 24~26 °C;同理对于 II 级热舒适建筑,基于热舒适区计算,舒适温度范围为 26~28 °C。

对于室内设计风速,根据实际情况,供冷工况室内湍流度较高,取为 40%,得到空调供冷工况室内允许最大风速约为 0.3 m/s;供暖工况室内空气湍流度一般较小,取为 20%,空气温度取 18 °C 时,得到冬季室内允许最大风速约为 0.2 m/s。

#### 参考文献:

[1] ISO. ISO 7730 Ergonomics of the thermal environment—analytical determination and interpretation of thermal using calculation of the

PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria[S]. Brussels Belgium; International Standard Organization, 2005

[2] CEN. CEN Standard EN 15251 Indoor environmental parameters for design and assessment of energy performance of buildings—addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics[S]. Brussels; CEN, 2007

[3] ASHRAE. ASHRAE Standard 55 Thermal environmental conditions for human occupancy[S]. Atlanta; ASHRAE Standards Committee, 2004

[4] 中国建筑科学研究院,中国建筑业协会建筑节能专业委员会. GB 50189—2005 公共建筑节能设计标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2005

[5] 北京市建筑设计研究院. DBJ 11-602—2006 居住建筑节能设计标准[S]. 北京:北京市建设委员会, 2006

[6] 陈滨,赵金玲,彭菲菲,等. 大连市冬季民用住宅室内热湿环境的实测调查研究[J]. 暖通空调, 2005, 35 (7):117-121

[7] 王昭俊,方修睦,廉乐明. 哈尔滨市冬季居民热舒适现场研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2002, 34(4):500-504