



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106821317 A

(43)申请公布日 2017.06.13

(21)申请号 201710047086.7

(22)申请日 2017.01.22

(71)申请人 中国标准化研究院

地址 100191 北京市海淀区知春路4号中国
标准化研究院

(72)发明人 赵朝义 呼慧敏 丁立 邱义芬
王瑞

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 关畅 白艳

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/0245(2006.01)

G01D 21/02(2006.01)

权利要求书3页 说明书10页 附图5页

(54)发明名称

一种评价女性个体睡眠状态热舒适性的方法

(57)摘要

本发明公开了一种评价女性个体睡眠状态热舒适性的方法。代谢率是睡眠PMV方程的主要变量之一,影响着人体的热舒适性,一般认为PMV方程中人体代谢率为常数,但人体在不同的睡眠阶段,代谢率是变化的。因此想要客观准确的评价睡眠过程中的人体热舒适性,就需要有不同睡眠阶段的代谢率。本发明通过监测被试者的心率值,并根据心率法推算代谢率,得到代谢率为变量的睡眠PMV方程。本发明提供的代谢率为变量的睡眠PMV方程适用于睡眠状态人体热舒适性评价,不仅为睡眠环境热舒适性评价提供了理论依据,也可对营造睡眠热舒适空调设计及控制策略制定提供指导。

1. 一种检测或辅助检测处于睡眠状态的待测女性个体的热舒适性的方法,包括如下步骤:

(1) 检测待测女性个体在处于睡眠状态时的某一时刻的心率值HR和该待测女性个体在处于非睡眠的休息状态时的心率值HR₀;

(2) 将所述心率值HR和所述心率值HR₀代入式(I),计算得到所述待测女性个体在该时刻的代谢率值M;

$$M = (HR - HR_0) [(35.0 - 0.22A) W_b^{0.666} - M_0] / [(205 - 0.62A) - HR_0] + M_0 \quad \text{式(I)},$$

所述式(I)中,A为年龄;W_b为体重;M₀为55W/m²;

(3) 检测待测女性个体的服装热阻、待测女性个体所处环境的空气温度、黑球温度、相对风速和水蒸气分压,分别得到所述待测女性个体的服装热阻、所述待测女性个体所处环境的空气温度、黑球温度、相对风速和水蒸气分压;然后将所述待测女性个体的服装热阻、所述待测女性个体所处环境的空气温度、黑球温度、相对风速和水蒸气分压和所述代谢率值M代入式(II),计算得到所述待测女性个体在该时刻的PMV值;

$$PMV = \left(0.303e^{-0.036M} + 0.028 \right) \left\{ \begin{aligned} & \left[(M - W) - 3.05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6.99(M - W) - p_a] - \right. \\ & 0.42 \times [(M - W) - 58.15] - 1.7 \times 10^{-5} M (5867 - p_a) - \\ & 0.0014 M (34 - t_a) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times \\ & \left. \left[(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4 \right] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right] \end{aligned} \right\}$$

式(II)

所述式(II)中,PMV为预计平均热感觉指数;M为代谢率;W为0;I_{cl}为服装热阻;f_{cl}为服装表面积系数;t_a为空气温度; $\bar{t}_r$ 为平均辐射温度;v_{ar}为相对风速;p_a为水蒸气分压;h_c为对流换热系数;t_{cl}为服装表面温度;

所述平均辐射温度 $\bar{t}_r$ 的计算公式为:

$$\bar{t}_r = (t_g + 273)^4 + 2.5 \times 10^8 \times v^{0.6} (t_g - t_a)^{0.25} - 273,$$

所述t_g为黑球温度;所述v为气流速度;

所述服装表面温度t_{cl}的计算公式为:

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - I_{cl} \left\{ 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times \left[(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4 \right] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right\};$$

所述对流换热系数h_c的计算公式为:

$$h_c = \begin{cases} 2.38 |t_{cl} - t_a|^{0.25} & \text{当 } 2.38 |t_{cl} - t_a|^{0.25} > 12.1 \sqrt{v_{ar}} \\ 12.1 \sqrt{v_{ar}} & \text{当 } 2.38 |t_{cl} - t_a|^{0.25} < 12.1 \sqrt{v_{ar}} \end{cases};$$

所述服装表面积系数f_{cl}的计算公式为:

$$f_{cl} = \begin{cases} 1.00 + 1.290 I_{cl} & \text{当 } I_{cl} \leq 0.078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \\ 1.05 + 0.645 I_{cl} & \text{当 } I_{cl} > 0.078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \end{cases};$$

(4) 如果所述PMV值为(-2)~(+2),且所述代谢率值M为46~232W/m²,且所述I_{cl}为0~0.310m²·K/W,且所述t_a为10~30℃,且所述 $\bar{t}_r$ 为10~40℃,且所述v_{ar}为0~1m/s,且所述p_a为0~2700Pa时,根据如下方法得到所述待测女性个体在该时刻的热舒适性:

若PMV值为-0.75-0.75时,则待测女性个体在该时刻处于或候选处于热舒适状态;

若不满足上述条件,则待测女性个体在该时刻处于或候选处于非热舒适状态。

2.根据权利要求1所述的方法,其特征在于:所述黑球温度等于所述空气温度。

3.一种检测或辅助检测处于睡眠状态的待测女性个体的热舒适性的系统,其包括参数采集设备和具有如下数据处理功能的数据处理装置:

(1)将待测女性个体在处于睡眠状态时的某一时刻的心率值HR和该待测女性个体在处于非睡眠的休息状态时的心率值HR₀代入式(I),得到所述待测女性个体在该时刻的代谢率值M;

$$M = (HR - HR_0) [(35.0 - 0.22A) W_b^{0.666} - Mo] / [(205 - 0.62A) - HR_0] + Mo \quad \text{式(I)},$$

所述式(I)中,A为年龄;W_b为体重;Mo为55W/m²;

(2)将所述待测女性个体的服装热阻、所述待测女性个体所处环境的空气温度、黑球温度、相对风速和水蒸气分压和所述代谢率值M代入式(II),得到所述待测女性个体在该时刻的PMV值;

$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028) \left\{ \begin{aligned} & \left[(M - W) - 3.05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6.99(M - W) - p_a] - \right. \\ & 0.42 \times [(M - W) - 58.15] - 1.7 \times 10^{-5} M (5867 - p_a) - \\ & 0.0014 M (34 - t_a) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times \\ & \left. [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right] \end{aligned} \right\}$$

式(II)

所述式(II)中,PMV为预计平均热感觉指数;M为代谢率;W为0;I_{cl}为服装热阻;f_{cl}为服装表面积系数;t_a为空气温度; $\bar{t}_r$ 为平均辐射温度;v_{ar}为相对风速;p_a为水蒸气分压;h_c为对流换热系数;t_{cl}为服装表面温度;

所述平均辐射温度 $\bar{t}_r$ 的计算公式为:

$$\bar{t}_r = (t_g + 273)^4 + 2.5 \times 10^8 \times v^{0.6} (t_g - t_a)^{0.25} - 273,$$

所述t_g为黑球温度;所述v为气流速度;

所述服装表面温度t_{cl}的计算公式为:

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - I_{cl} \left\{ 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right\};$$

所述对流换热系数h_c的计算公式为:

$$h_c = \begin{cases} 2.38 |t_{cl} - t_a|^{0.25} & \text{当 } 2.38 |t_{cl} - t_a|^{0.25} > 12.1 \sqrt{v_{ar}} \\ 12.1 \sqrt{v_{ar}} & \text{当 } 2.38 |t_{cl} - t_a|^{0.25} < 12.1 \sqrt{v_{ar}} \end{cases};$$

所述服装表面积系数f_{cl}的计算公式为:

$$f_{cl} = \begin{cases} 1.00 + 1.290 I_{cl} & \text{当 } I_{cl} \leq 0.078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \\ 1.05 + 0.645 I_{cl} & \text{当 } I_{cl} > 0.078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \end{cases};$$

(3)如果所述PMV值为(-2)-(+2),且所述代谢率值M为46-232W/m²,且所述I_{cl}为0-0.310m²·K/W,且所述t_a为10-30℃,且所述 $\bar{t}_r$ 为10-40℃,且所述v_{ar}为0-1m/s,且所述p_a为0-2700Pa时,根据如下标准输出结论:

若PMV值为-0.75-0.75时,则待测女性个体在该时刻处于或候选处于热舒适状态;
若不满足上述条件,则待测女性个体在该时刻处于或候选处于非热舒适状态;
所述参数采集设备包括如下1)或2):

1) 检测待测女性个体在处于睡眠状态时的某一时刻的心率值HR和该待测女性个体在处于非睡眠的休息状态时的心率值HR₀时使用的设备和/或试剂;

2) 检测待测女性个体的服装热阻、待测女性个体所处环境的空气温度、黑球温度、相对风速和水蒸气分压时使用的设备和/或试剂。

4. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于:所述黑球温度等于所述空气温度。

5. 权利要求1或2所述的方法或权利要求3或4所述的系统在提高人体睡眠质量中的应用。

6. 权利要求1或2所述的方法或权利要求3或4所述的系统在提高或改善睡眠环境热舒适性中的应用。

7. 一种提高人体睡眠质量的方法,包括如下步骤:按照权利要求1或2所述的方法检测处于睡眠状态的待测人体在每一时刻的热舒适性,若待测人体在某一时刻处于非热舒适状态时,调整所述待测人体所处的环境参数,使所述待测个体处于热舒适状态。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于:所述待测人体为女性。

一种评价女性个体睡眠状态热舒适性的方法

技术领域

[0001] 本发明属于人类工效学领域,具体涉及一种评价女性个体睡眠状态热舒适性的方法。

背景技术

[0002] 过去几十年,世界各国的学者对人体热舒适进行了大量的研究,取得了许多研究成果。其中最具代表性的是丹麦的Fanger教授提出的PMV-PPD热舒适模型及美国的Gagge教授等人提出的Two-Node两节点模型,以及应用于自然通风场合下的适应模型Adaptive Model)等。

[0003] 但是,大部分热舒适研究都是针对人体处于清醒状态下的,对于人体在睡眠环境时的热舒适研究却很少。人的一生中约有三分之一的时间在睡眠,而睡眠质量不好及睡眠时间不足都将影响人体的健康与工作效率。因此为了提高居民睡眠质量,保障居民健康,提高人们睡眠后的工作效率以及降低空调能耗,就有必要对人体的最佳睡眠环境,即人体在睡眠环境的热舒适进行研究。

[0004] 近年来,国外的部分学者开始关注睡眠热舒适,并对最佳睡眠环境进行了一定的研究,如日本的Miyazawa通过对5个高中生连续214天睡眠情况进行追踪,采用客观测量和睡眠后的问卷调查表明 $22\pm 3^{\circ}\text{C}$ 的室内空气温度最适合人体睡眠。美国的Rohles教授也通过6人次的睡眠实验研究了 10°C , 21.1°C , 32.2°C 三种不同室内空气温度条件对人体睡眠质量的影响。HaskeII的研究表明不同个体睡眠时对于温度的敏感度差异较大。

[0005] 由于睡眠环境中很多条件不同于PMV指标里适用的办公环境,如寝具热阻的不确定,人体在睡眠时的移动以及覆盖率等,使人体很难形成一个足够热稳定的状态。而不同个体对于温度与寝具的要求也存在较大差异,这使得常用PMV-PPD指标对于睡眠状态下的评价并不准确。因而建立一个符合度较好的睡眠状态下舒适性评价指标是一项迫切需要。因此,香港理工大学的学者在PMV-PMD模型的基础上进行适当简化和修改,通过理论分析推导出了睡眠环境的人体热舒适方程。

[0006] 此外,国内的林忠平博士对睡眠热舒适也有着较为深入的研究。他利用温控室与暖体假人模拟人体在中性温度下的睡眠状态,对常用的各种睡眠用品进行了热阻测量。研究表明在不同的组合下,如床垫、寝具、睡衣以及不同覆盖率下的各种组合,热阻变化很大($0.90\sim 4.89\text{cIo}$)。

[0007] 根据国内外相关的研究可知,人体睡眠和清醒时的热感觉是有差异的,影响人体热舒适的因素也是有差别的,清醒时的舒适温度并不适用于睡眠环境。

发明内容

[0008] 本发明的一个目的是提供一种检测或辅助检测处于睡眠状态的待测女性个体的热舒适性的方法。

[0009] 本发明提供的检测或辅助检测处于睡眠状态的待测女性个体的热舒适性的方法

包括如下步骤:

[0010] (1) 检测待测女性个体在处于睡眠状态时的某一时刻的心率值HR和该待测女性个体在处于非睡眠的休息状态时的心率值HR₀;

[0011] (2) 将所述心率值HR和所述心率值HR₀代入式(I), 计算得到所述待测女性个体在该时刻的代谢率值M;

[0012] $M = (HR - HR_0) [(35.0 - 0.22A) W_b^{0.666} - M_0] / [(205 - 0.62A) - HR_0] + M_0$ 式(I),

[0013] 所述式(I)中,A为年龄;W_b为体重;M₀为55W/m²;

[0014] (3) 检测待测女性个体的服装热阻、待测女性个体所处环境的空气温度、黑球温度、相对风速和水蒸气分压, 分别得到所述待测女性个体的服装热阻、所述待测女性个体所处环境的空气温度、黑球温度、相对风速和水蒸气分压; 然后将所述待测女性个体的服装热阻、所述待测女性个体所处环境的空气温度、黑球温度、相对风速和水蒸气分压和所述代谢率值M代入式(II), 计算得到所述待测女性个体在该时刻的PMV值;

$$[0015] \quad PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028) \left\{ \begin{aligned} & \left[(M - W) - 3.05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6.99(M - W) - p_a] - \right. \\ & 0.42 \times [(M - W) - 58.15] - 1.7 \times 10^{-5} M (5867 - p_a) - \\ & 0.0014 M (34 - t_a) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times \\ & \left. \left[(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4 \right] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right] \end{aligned} \right\}$$

式(II)

[0016] 所述式(II)中, PMV为预计平均热感觉指数; M为代谢率; W为0; I_{cl}为服装热阻; f_{cl}为服装表面积系数; t_a为空气温度; $\bar{t}_r$ 为平均辐射温度; v_{ar}为相对风速; P_a为水蒸气分压; h_c为对流换热系数; t_{cl}为服装表面温度;

[0017] 所述平均辐射温度 $\bar{t}_r$ 的计算公式为:

$$[0018] \quad \bar{t}_r = (t_g + 273)^4 + 2.5 \times 10^8 \times v^{0.6} (t_g - t_a)^{0.25} - 273,$$

[0019] 所述t_g为黑球温度; 所述v为气流速度;

[0020] 所述服装表面温度t_{cl}的计算公式为:

$$[0021] \quad t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - I_{cl} \left\{ 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right\};$$

[0022]

[0023] 所述对流换热系数h_c的计算公式为:

$$[0024] \quad h_c = \begin{cases} 2.38 |t_{cl} - t_a|^{0.25} & \text{当 } 2.38 |t_{cl} - t_a|^{0.25} > 12.1 \sqrt{v_{ar}} \\ 12.1 \sqrt{v_{ar}} & \text{当 } 2.38 |t_{cl} - t_a|^{0.25} < 12.1 \sqrt{v_{ar}} \end{cases};$$

[0025] 所述服装表面积系数f_{cl}的计算公式为:

$$[0026] \quad f_{cl} = \begin{cases} 1.00 + 1.290 I_{cl} & \text{当 } I_{cl} \leq 0.078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \\ 1.05 + 0.645 I_{cl} & \text{当 } I_{cl} > 0.078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \end{cases};$$

[0027] (4) 如果所述PMV值为(-2)~(+2), 且所述代谢率值M为46~232W/m², 且所述I_{cl}为0~0.310m²·K/W, 且所述t_a为10~30℃, 且所述 $\bar{t}_r$ 为10~40℃, 且所述v_{ar}为0~1m/s, 且所述P_a为0~2700Pa时, 根据如下方法得到所述待测女性个体在该时刻的热舒适性:

[0028] 若PMV值为-0.75-0.75时,则待测女性个体在该时刻处于或候选处于热舒适状态;

[0029] 若不满足上述条件,则待测女性个体在该时刻处于或候选处于非热舒适状态。

[0030] 上述方法中,所述黑球温度等于所述空气温度。

[0031] 本发明的另一个目的是提供一种检测或辅助检测处于睡眠状态的待测女性个体的热舒适性的系统。

[0032] 本发明提供的检测或辅助检测处于睡眠状态的待测女性个体的热舒适性的系统包括参数采集设备和具有如下数据处理功能的数据处理装置:

[0033] (1) 将待测女性个体在处于睡眠状态时的某一时刻的心率值HR和该待测女性个体在处于非睡眠的休息状态时的心率值HR₀代入式(I),得到所述待测女性个体在该时刻的代谢率值M;

[0034] $M = (HR - HR_0) [(35.0 - 0.22A) W_b^{0.666} - Mo] / [(205 - 0.62A) - HR_0] + Mo$ 式(I),

[0035] 所述式(I)中,A为年龄;W_b为体重;Mo为55W/m²;

[0036] (2) 将所述待测女性个体的服装热阻、所述待测女性个体所处环境的空气温度、黑球温度、相对风速和水蒸气分压和所述代谢率值M代入式(II),得到所述待测女性个体在该时刻的PMV值;

$$PMV = \left(0.303e^{-0.036M} + 0.028 \right) \left\{ \begin{aligned} & \left[(M - W) - 3.05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6.99(M - W) - P_a] - \right. \\ & 0.42 \times [(M - W) - 58.15] - 1.7 \times 10^{-5} M (5867 - P_a) - \\ & 0.0014M(34 - t_a) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times \\ & \left. [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right] \end{aligned} \right\} \quad \text{式(II)}$$

[0038] 所述式(II)中,PMV为预计平均热感觉指数;M为代谢率;W为0;I_{cl}为服装热阻;f_{cl}为服装表面积系数;t_a为空气温度; $\bar{t}_r$ 为平均辐射温度;v_{ar}为相对风速;P_a为水蒸气分压;h_c为对流换热系数;t_{cl}为服装表面温度;

[0039] 所述平均辐射温度 $\bar{t}_r$ 的计算公式为:

$$\bar{t}_r = (t_g + 273)^4 + 2.5 \times 10^8 \times v^{0.6} (t_g - t_a)^{0.25} - 273,$$

[0041] 所述t_g为黑球温度;所述v为气流速度;

[0042] 所述服装表面温度t_{cl}的计算公式为:

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - I_{cl} \left\{ 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right\};$$

[0044] 所述对流换热系数h_c的计算公式为:

$$h_c = \begin{cases} 2.38 |t_{cl} - t_a|^{0.25} & \text{当 } 2.38 |t_{cl} - t_a|^{0.25} > 12.1 \sqrt{v_{ar}} \\ 12.1 \sqrt{v_{ar}} & \text{当 } 2.38 |t_{cl} - t_a|^{0.25} < 12.1 \sqrt{v_{ar}} \end{cases};$$

[0046] 所述服装表面积系数f_{cl}的计算公式为:

$$f_{cl} = \begin{cases} 1.00 + 1.290 I_{cl} & \text{当 } I_{cl} \leq 0.078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \\ 1.05 + 0.645 I_{cl} & \text{当 } I_{cl} > 0.078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \end{cases};$$

[0048] (3) 如果所述PMV值为(-2) - (+2),且所述代谢率值M为46-232W/m²,且所述I_{cl}为0-

$0.310\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$, 且所述 t_a 为 $10\text{--}30^\circ\text{C}$, 且所述 $\bar{t}_r$ 为 $10\text{--}40^\circ\text{C}$, 且所述 V_{ar} 为 $0\text{--}1\text{m/s}$, 且所述 P_a 为 $0\text{--}2700\text{Pa}$ 时, 根据如下标准输出结论:

[0049] 若 PMV 值为 $-0.75\text{--}0.75$ 时, 则待测女性个体在该时刻处于或候选处于热舒适状态;

[0050] 若不满足上述条件, 则待测女性个体在该时刻处于或候选处于非热舒适状态;

[0051] 所述参数采集设备包括如下 1) 或 2):

[0052] 1) 检测待测女性个体在处于睡眠状态时的某一时刻的心率值 HR 和该待测女性个体在处于非睡眠的休息状态时的心率值 HR_0 时使用的设备和/或试剂;

[0053] 2) 检测待测女性个体的服装热阻、待测女性个体所处环境的空气温度、黑球温度、相对风速和水蒸气分压时使用的设备和/或试剂。

[0054] 上述系统中, 所述黑球温度等于所述空气温度。

[0055] 本发明还有一个目的是提供上述方法或上述系统的新用途。

[0056] 本发明提供了上述方法或上述系统在提高人体睡眠质量中的应用。

[0057] 本发明还提供了上述方法或上述系统在提高或改善睡眠环境热舒适性中的应用。

[0058] 本发明的最后一个目的是提供一种提高人体睡眠质量的方法。

[0059] 本发明提供的提高人体睡眠质量的方法包括如下步骤: 按照上述方法检测处于睡眠状态的待测人体在每一时刻的热舒适性, 若待测人体在某一时刻处于非热舒适状态时, 调整所述待测人体所处的环境参数, 使所述待测个体处于热舒适状态。

[0060] 上述方法中, 所述待测人体为女性。

[0061] 上述方法中, 所述环境参数为空气温度和/或环境湿度和/或气流速度和/或服装热阻(床褥热阻)。

[0062] 代谢率是睡眠 PMV 方程的主要变量之一, 影响着人体的热舒适性, 一般认为 PMV 方程中人体代谢率为常数, 但人体在不同的睡眠阶段, 代谢率是变化的。因此想要客观准确的评价睡眠过程中的人体热舒适性, 就需要有不同睡眠阶段的代谢率。本发明通过监测被试者的心率值, 并根据心率法推算代谢率, 得到代谢率为变量的睡眠 PMV 方程。本发明提供的代谢率为变量的睡眠 PMV 方程适用于睡眠状态人体热舒适性评价, 不仅为睡眠环境热舒适性评价提供了理论依据, 也可对营造睡眠热舒适空调设计及控制策略制定提供指导。

附图说明

[0063] 图1为一个晚上人体能量消耗变化以及睡眠阶段图。

[0064] 图2为中国人睡眠阶段代谢率。

[0065] 图3为线性拟合结果。

[0066] 图4为睡眠时代谢率变化趋势。

[0067] 图5为对比曲线。A为夏季环境, 湿度约为 50% , 床褥热阻为 $0.23\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ 时的对比曲线; B为夏季环境, 湿度约为 50% , 床褥热阻为 $0.28\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ 时的对比曲线; C为夏季环境, 湿度约为 50% , 床褥热阻为 $0.25\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ 时的对比曲线; D为冬季环境, 湿度约为 40% , 床褥热阻为 $0.37\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ 时的对比曲线。

[0068] 图6为 PMV 与 TVS 回归曲线与结果。

具体实施方式

[0069] 下述实施例中所使用的实验方法如无特殊说明,均为常规方法。

[0070] 下述实施例中所用的材料、试剂等,如无特殊说明,均可从商业途径得到。

[0071] 下述实施例中的定量试验,均设置三次重复实验,结果取平均值。

[0072] 实施例1、一种适用于睡眠状态人体热舒适性评价的PMV方程及处于睡眠状态的人体热舒适性评价方法

[0073] 代谢率是睡眠PMV方程的主要变量之一,影响着人体的热舒适性,一般认为PMV方程中人体代谢率为常数,但人体在不同的睡眠阶段,代谢率是变化的。因此想要客观准确的评价睡眠过程中的人体热舒适性,就需要有不同睡眠阶段的代谢率。本实施例通过监测被试者的心率值,并根据心率法推算代谢率,得到代谢率为变量的睡眠PMV方程。

[0074] 一、心率与代谢率的关系式及其验证

[0075] 1、心率与代谢率的关系式

[0076] 检测不同睡眠阶段下的被试者心率值,通过实时监测被试者的心率值,并用心率法推算代谢率,得出心率值HR与代谢率M的关系式:

[0077] $HR = HR_0 + RM \times (M - M_0)$ 式(I)。

[0078] 式中:

[0079] M——代谢率(W/m^2);

[0080] M_0 ——在中等热环境下,休息时的代谢率(W/m^2),其为固定值: $55W/m^2$;

[0081] RM——每单位代谢率增加的心率数;

[0082] HR_0 ——在中等热环境下,处于非睡眠的休息状态时的心率。

[0083] 此外,

[0084] 最大工作负荷(MWC,单位为 W/m^2)作为年龄(用A表示,单位为岁)和体重(用 W_b 表示,单位为kg)的函数,男性和女性可分别由式(II)、式(III)估算:

[0085] 男性: $MWC = (41.7 - 0.22A)W_b^{0.666}$ 式(II)

[0086] 女性: $MWC = (35.0 - 0.22A)W_b^{0.666}$ 式(III)

[0087] 最大心率(HR_{max})和RM,可由式(IV)、式(V)估算:

[0088] $HR_{max} = 205 - 0.62A$ 式(IV)

[0089] $RM = (HR_{max} - HR_0) / (MWC - M_0)$ 式(V)

[0090] 将式(II)、式(IV)和式(V)代入式(I),得到男性心率值与代谢率值的关系式为: $M = (HR - HR_0) [(41.7 - 0.22A)W_b^{0.666} - M_0] / [(205 - 0.62A) - HR_0] + M_0$ (M_0 为 $55W/m^2$);

[0091] 将式(III)、式(IV)和式(V)代入式(I),得到女性心率值与代谢率值的关系式为: $M = (HR - HR_0) [(35.0 - 0.22A)W_b^{0.666} - M_0] / [(205 - 0.62A) - HR_0] + M_0$ (M_0 为 $55W/m^2$);

[0092] 因此根据以上关系式,通过如下方法便可利用心率测量值计算出代谢率的值:

[0093] 1) 检测处于睡眠状态的被试者的心率值HR和处于非睡眠的休息状态的被试者的心率值 HR_0 ;

[0094] 2) 若被试者为男性,则将步骤1)得到的心率值HR和 HR_0 代入如下公式 $M = (HR - HR_0) [(41.7 - 0.22A)W_b^{0.666} - M_0] / [(205 - 0.62A) - HR_0] + M_0$ (M_0 为 $55W/m^2$),得到被试者的代谢率值;

[0095] 若被试者为女性,则将步骤1)得到的心率值HR和 HR_0 代入如下公式 $M = (HR - HR_0) [(35.0 - 0.22A)W_b^{0.666} - M_0] / [(205 - 0.62A) - HR_0] + M_0$ (M_0 为 $55W/m^2$),得到被试者的代谢率值。

[0096] 2、心率与代谢率的关系式的验证

[0097] (1) 中国人在不同睡眠阶段下的代谢率

[0098] A.M.Fontvieille等曾研究了不同睡眠阶段下,人体代谢率的变化如图1所示。但是A.M.Fontvieille所研究的被试者均为欧美人,其研究数据不适用于中国人。有研究表明,中国人的代谢率为欧美人的代谢率的90%,因此,可以推算出中国人在不同睡眠阶段下的代谢率,将之绘制成曲线,如图2所示。为了方便使用,对其进行线性回归,得出中国人在不同睡眠阶段下的代谢率(M)随睡眠时间(t)的关系(图3和图4中的红色曲线): $M=49.333-4.819t+0.484t^2+0.003t^3$ 。

[0099] (2) 根据步骤1中得到的心率和代谢率的关系,将心率值代入心率与代谢率的关系式,得到本发明的被试者的代谢率与时间的关系如图4(实验)所示。

[0100] 由图4中试验测试结果和文献里中国人的睡眠代谢率可以看出,虽然由心率值计算出的代谢率与步骤1推算出的代谢率在数值方面有一定差距,但是两者随着时间变化的总体趋势是一致的,说明步骤1推算出的心率和代谢率的关系式有较好的准确性。

[0101] 二、代谢值为变量的PMV方程及其在评价睡眠状态人体热舒适性的方法

[0102] 由于睡眠状态根据步骤一中得到的心率和代谢率的关系式,即可得到代谢率为变量的睡眠PMV方程,并可根据该方程来评价睡眠状态人体热舒适性。具体方法如下:

[0103] 1、检测待测个体在处于睡眠状态的某一时刻的心率值HR和该待测个体在非睡眠的休息状态下的心率值HR₀,

[0104] 若被试者为男性,则将心率值HR和HR₀代入如下公式 $M=(HR-HR_0)[(41.7-0.22A)W_b^{0.666}-M_0]/[(205-0.62A)-HR_0]+M_0$,得到被试者的代谢率值(M);

[0105] 若被试者为女性,则将心率值HR和HR₀代入如下公式 $M=(HR-HR_0)[(35.0-0.22A)W_b^{0.666}-M_0]/[(205-0.62A)-HR_0]+M_0$,得到被试者的代谢率值(M)。

[0106] 上述公式中,A为年龄(单位为岁);W_b为体重(单位为kg);M₀为55W/m²。

[0107] 2、测量待测个体的服装热阻(I_{cl})、待测个体所处环境的空气温度(t_a)、相对风速(v_{ar})、黑球温度(t_g)及水蒸气分压(P_a),然后将待测个体的服装热阻(I_{cl})、待测个体所处环境的空气温度(t_a)、相对风速(v_{ar})、黑球温度(t_g)及水蒸气分压(P_a)和代谢率值(M)代入公式(1)所示的PMV方程,得到待测个体在该时刻的PMV值;

$$[0108] \quad PMV = \left(0.303e^{-0.036M} + 0.028 \right) \left\{ \begin{aligned} & \left[\frac{(M - W) - 3.05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6.99(M - W) - P_a]}{0.42 \times [(M - W) - 58.15] - 1.7 \times 10^{-5} M (5867 - P_a)} - \right. \\ & \left. \frac{0.0014M(34 - t_a) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_g + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_g)}{0.0014M(34 - t_a) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_g + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_g)} \right] \end{aligned} \right\} \quad (1)。$$

[0109] 上述公式(1)中:

[0110] PMV——预计平均热感觉指数;

[0111] M——代谢率,单位为瓦每平方米,W/m²;

[0112] W——有效机械功率,单位为瓦每平方米,W/m²;睡眠状态认为不做功,W为0;

[0113] I_{cl}——服装热阻,单位为平方米开尔文每瓦,m²·K/W;

[0114] f_{cl}——服装表面积系数;可按照如下公式(2)计算:

$$[0115] \quad f_{cl} = \begin{cases} 1.00 + 1.290I_{cl} & \text{当 } I_{cl} \leq 0.078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \\ 1.05 + 0.645I_{cl} & \text{当 } I_{cl} > 0.078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \end{cases} \dots\dots\dots (1),$$

[0116] t_a ——空气温度,单位为摄氏度,℃;

[0117] $\bar{t}_r$ ——平均辐射温度,单位为摄氏度,℃;可按照如下公式(3)计算:

$$[0118] \quad \bar{t}_r = (t_g + 273)^4 + 2.5 \times 10^8 \times v^{0.6} (t_g - t_a)^{0.25} - 273 \dots\dots\dots (3),$$

[0119] 其中, t_g ——黑球温度,℃; v ——气流速度,m/s; t_a ——空气温度,℃;

[0120] v_{ar} ——相对风速,单位为米每秒,m/s;相对风速和气流速度为同一个参数,两者大小相同。

[0121] P_a ——水蒸气分压,单位为帕,Pa;根据空气焓湿图来计算;

[0122] h_c ——对流换热系数,单位为瓦每平方米开尔文,W/(m²·K);可按照如下公式(4)计算:

$$[0123] \quad h_c = \begin{cases} 2.38|t_{cl} - t_a|^{0.25} & \text{当 } 2.38|t_{cl} - t_a|^{0.25} > 12.1\sqrt{v_{ar}} \\ 12.1\sqrt{v_{ar}} & \text{当 } 2.38|t_{cl} - t_a|^{0.25} < 12.1\sqrt{v_{ar}} \end{cases} \dots\dots\dots (4),$$

[0124] t_{cl} ——服装表面温度,单位为摄氏度,℃;可按照如下公式(5)计算:

$$[0125] \quad t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - I_{cl} \left\{ 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right\} \dots\dots\dots (5)。$$

[0126] 3、若PMV值为(-2)~(+2),且6个主要参数在满足如下范围时:

[0127] M:46-232W/m² (0.8-4met);其中,1代谢单位=1met=58.2W/m²;

[0128] I_{cl} :0-0.310m²·K/W (0-2clo);其中,1服装单位=1clo=0.155m²·℃/W;

[0129] t_a :10-30℃;

[0130] $\bar{t}_r$:10-40℃;

[0131] v_{ar} :0-1m/s;(当从事轻度活动时,主要是坐姿,在此范围内平均风速便可使人感到有吹风感);

[0132] P_a :0-2700Pa。

[0133] 根据PMV值评价待测个体在该时刻的热舒适性,

[0134] 若PMV值为-0.75~0.75时,则待测个体在该时刻处于热舒适状态;

[0135] 若不满足上述条件,则待测个体在该时刻处于非热舒适状态。

[0136] 实施例2、本发明评价睡眠状态人体热舒适性的方法的有效性验证

[0137] 用实施例1中的代谢值为变量的PMV方程及睡眠状态人体热舒适性的评价方法评价45个处于睡眠状态的被试者的热舒适性,同时对比由本发明的PMV方程得到的被试者的PMV值和热感觉投票(TSV值),验证本发明的方法的有效性。45个被试者的信息如表1所示。

[0138] 表1、被试人群数量统计

	工况	性别	人数
[0139]	夏季	成年男性	20
	夏季	成年女性	7
	冬季	成年男性	10
	冬季	成年女性	8

[0140] 一、实验中需要检测的参数

[0141] 1、本实验中需要检测的环境参数为空气温度、黑球温度、相对湿度、气流速度(也即相对风速)和床褥热阻(即服装热阻 I_{cl})。

[0142] (1) 空气温度。空气温度由铂电阻-巡检仪测温系统实时监测,每个实验室布置有至少四个的空气温度测点。每次稳态环境下的空气温度由各测点的平均值得出。

[0143] (2) 黑球温度。由黑球温度仪采集的黑球温度(t_g)。

[0144] (3) 相对湿度。实验中冬季工况下湿度用加湿器加湿,控制在为40-50%。夏季工况将湿度控制在50-60%。

[0145] (4) 气流速度。气流速度为不可控变量,取定值0.1m/s。实验中将空调设置为自动风量,测量每个实验间空调自动风量设置下的人体周围气流速度,安排被试者在没有吹风感的位置进行睡眠。

[0146] (5) 床褥热阻。床褥热阻的具体检测步骤参照文献“于航.应用暖体假人测试服装热阻[J].同济大学学报自然科学版,1995(6).”中的方法。

[0147] 2、本试验需要测试的人体参数为睡眠状态和非睡眠的休息状态时的心率值。

[0148] 二、实验方法

[0149] 本实验分为夏季和冬季两种工况,每种工况下采用统一的服装和寝具。同时考虑到夏季空调使用频率较高,因此在模拟夏季环境时,还模拟了不同床褥热阻时的情况。本实验通过采用不同薄厚的被子,或是采用不同被子覆盖率的方法,来改变床褥系统的热阻。

[0150] 1、实验准备阶段

[0151] (1) 实验人员开启空调、电加热膜、电加热器和加湿器等设备,对两个房间的温度和湿度进行调节,分别模拟夏季和冬季环境。

[0152] (2) 实验人员检查各项监测设备,确保准确采集数据。

[0153] (3) 实验人员为被试者测量身高、体重,并向被试者说明实验过程和注意事项。

[0154] 2、方案实施阶段

[0155] (1) 晚上8点左右,被试者按照实验要求换上实验服,填写睡前调查表,实验人员为被试者带上心电传感器,随后让被试者在过渡间适应环境。

[0156] (2) 被试者在过渡间30min后,进入实验间。被试者根据自己的感受调节空调温度和风速到舒适的区间。监测被试者心率,待被试者平静时,记录此刻心率。之后,被试者可以看电视或是书刊以调节心情。应避免将被试者安排在风速较高的空调出风口,实验进行过程中注意密闭门窗。

[0157] (3) 10点左右,实验人员为被试者贴上温度测试点、电阻片等,让被试者躺在床上,盖上被子,适应睡眠环境。

[0158] (4) 10点40左右,实验人员进入试验间,针对不能实时监测的数据进行实地测试(风速和湿度),并让被试者准备入睡。

[0159] (5) 每隔半小时,实验人员记录一次数据,包括平均皮肤温度、黑球温度、心率和空气温度等。并根据实验数据和睡眠PMV方程来调节实验房间温度。

[0160] (6) 观察被试者入睡情况以及相关数据。实验人员可以根据实际情况对舒适温度进行微调。

[0161] (7) 第二天被试者起床后,让被试者填写睡眠质量和热感觉投票(TSV值)。

[0162] TSV值是根据被试者早晨起床后对睡眠期间热舒适性的评价投票结果,并以此结果代替整个睡眠期间的热舒适投票值。热感觉投票(TSV值)和PMV计算值的度量相同。7个等级热感觉量表如表2所示。

[0163] 表2、7个等级热感觉量表

[0164]

TSV值	热感觉
+3	热
+2	暖
+1	稍暖
0	适中
-1	稍凉
-2	凉
-3	冷

[0165] (8) 测试完毕后,被试者离开试验间。

[0166] (9) 实验完成后,根据记录的数据来计算不同床褥热阻情况下的被试者在不同睡眠阶段的热感觉评价(PMV值)和热感觉投票(TSV值),并和室温、黑球温度等相关参数一起绘制成对比曲线,通过对比曲线来分析PMV方程的适用性。

[0167] 三、实验结果

[0168] 1、对比曲线分析

[0169] 不同床褥热阻情况下的被试者在不同睡眠阶段的热感觉评价(PMV值)和热感觉投票(TSV值)结果如图5A、图5B和图5C所示(图中黑球温度是根据房间内黑球温度计测试结果绘制,图中黑球PMV和室温PMV分别是根据PMV计算方法将室温和黑球温度测试结果分别带入后得到的曲线),从图中可以看出:计算得出的PMV值与被试者的热感觉投票TSV基本符合,说明睡眠PMV方程有较好的适用性。且用黑球温度计算的PMV值,和用空气温度代替黑球温度计算的PMV值相差不大,而实际使用中空气温度比黑球温度容易测量,所以应用时,可用空气温度代替黑球温度。

[0170] 夏季和冬季的情况下的被试者在不同时间的热感觉评价(PMV值)和热感觉投票(TSV值)结果如图5D所示,从图中可以看出:计算得出的PMV值与被试者的热感觉投票TSV基本符合,说明睡眠PMV方程有较好的适用性。图中室温是根据测试时房间内温度测点的平均值绘制的。用黑球温度计算的PMV值,和用空气温度代替黑球温度计算的PMV值相差不大,而实际使用中空气温度比黑球温度容易测量,所以应用时,可用空气温度代替黑球温度。

[0171] 2、PMV与TSV回归曲线分析

[0172] 对比曲线是用单个样本的数据绘制而成,其结果说明PMV与TSV符合性较好,但总体样本的情况不好估计,为了进一步评估总体样本的情况,本实验计算出所有样本的PMV值(空气温度计算),并用所有的PMV值与TSV值进行线性回归,斜率预设 1 ,截距值则代表平均预测热感觉投票的偏差值。通过截距的偏差判断修正精度大小。

[0173] 从回归结果(图6)可以看出:PMV与TSV的值很接近,差距仅为 0.1 左右。睡眠时人体舒适区较宽, 0.1 左右的PMV值不足以影响到人体的热感觉,所以该回归结果说明,本发明的睡眠PMV方程有较好的适用性,用本发明的评价睡眠状态人体热舒适性的方法是正确的。

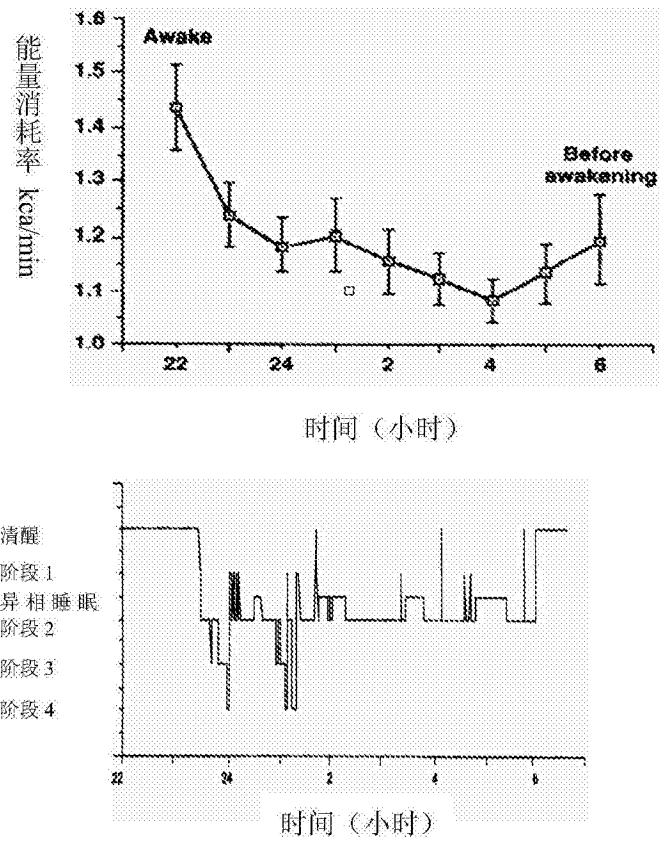


图1

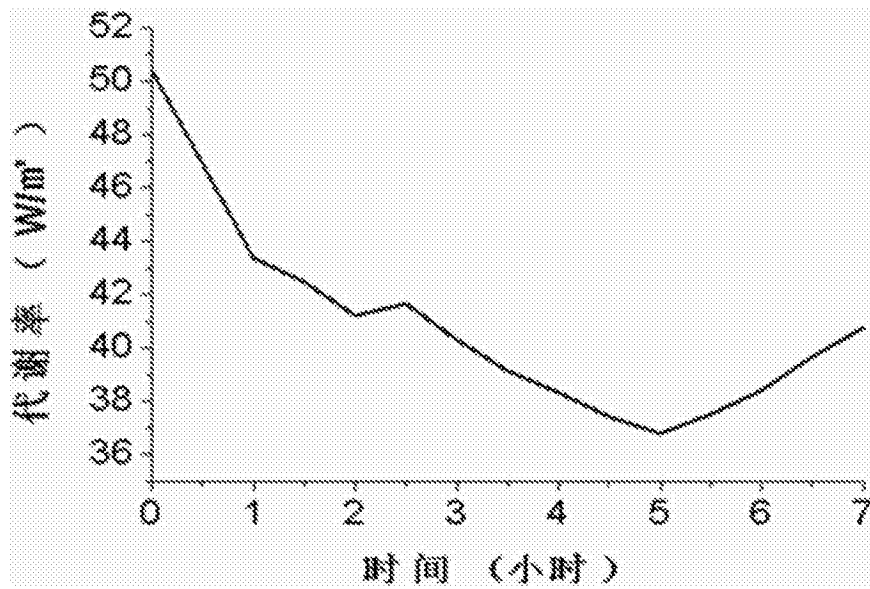


图2

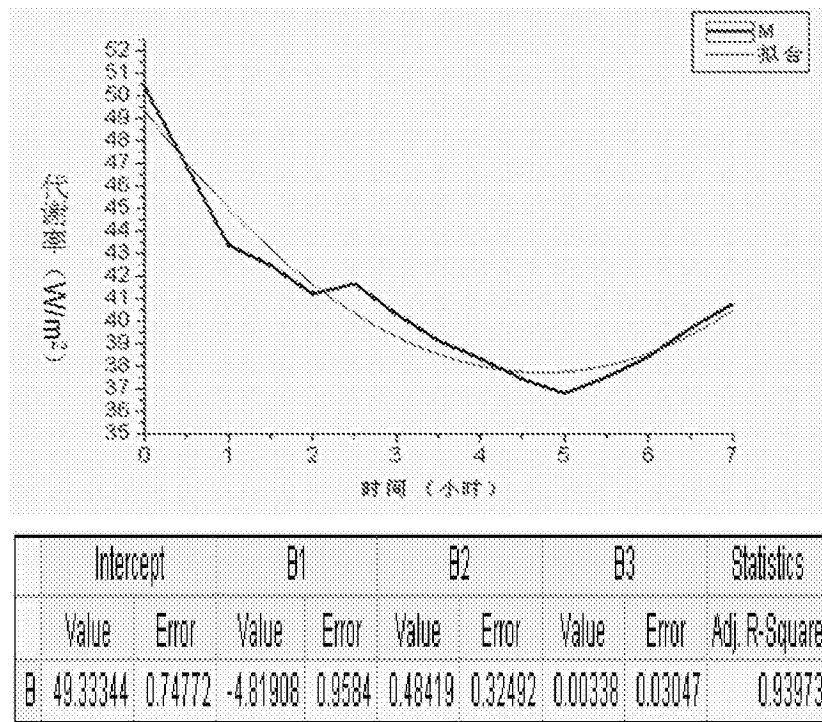


图3

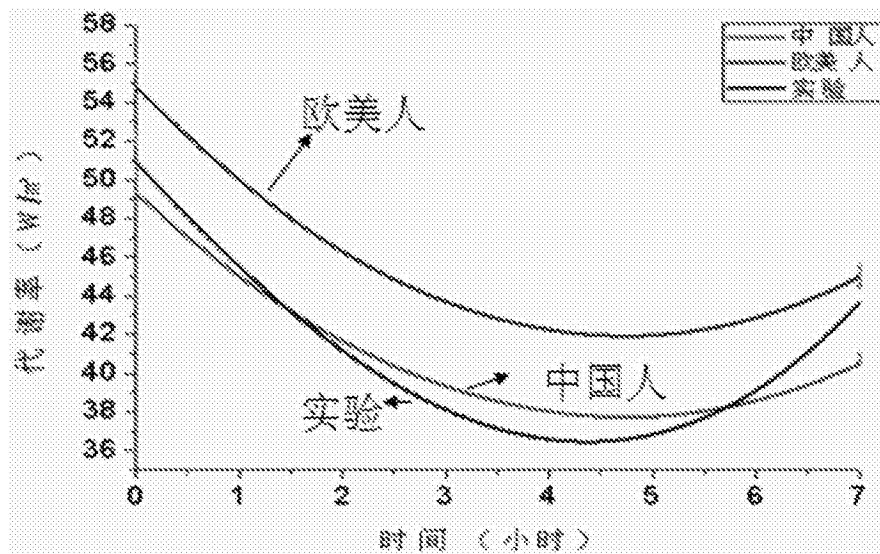
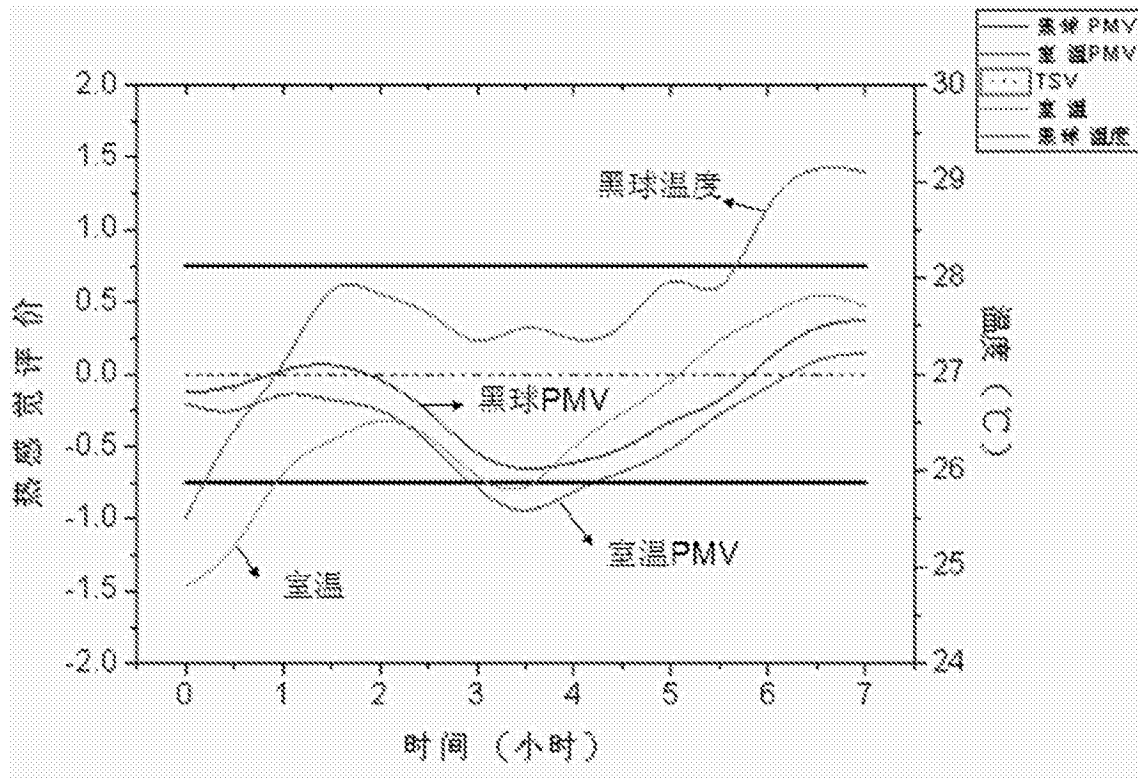
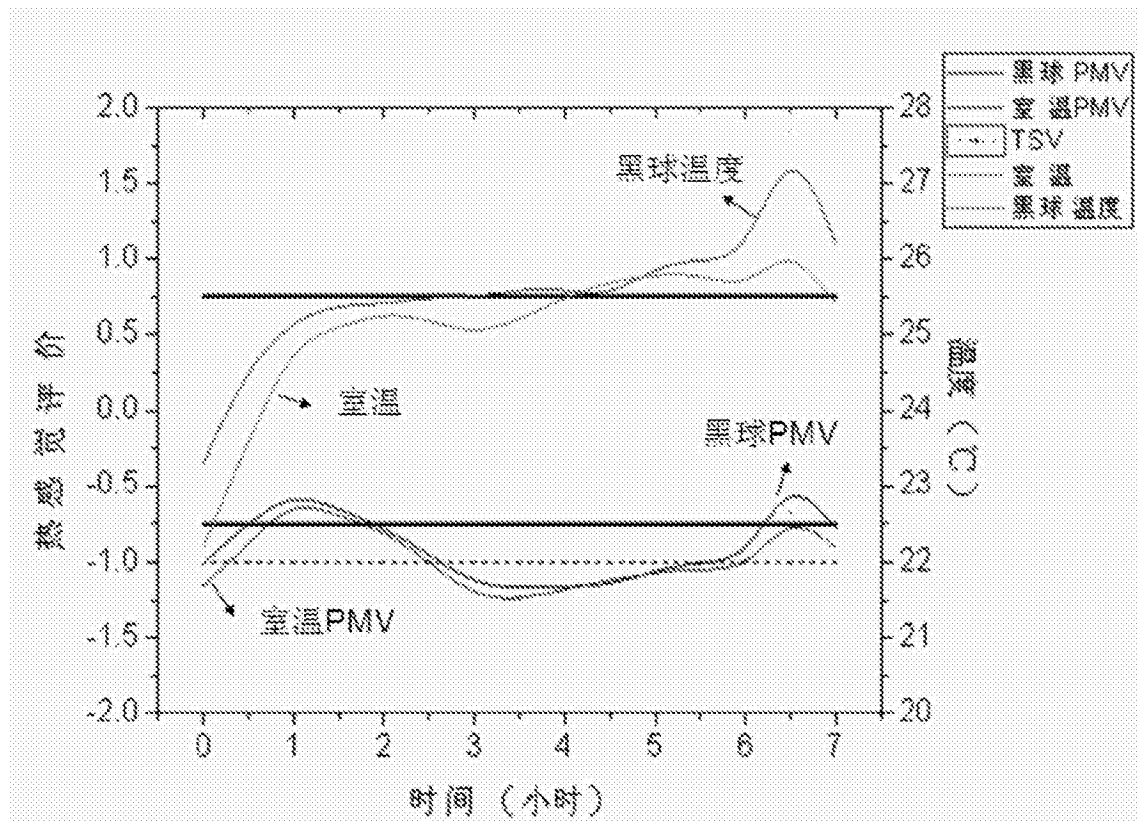


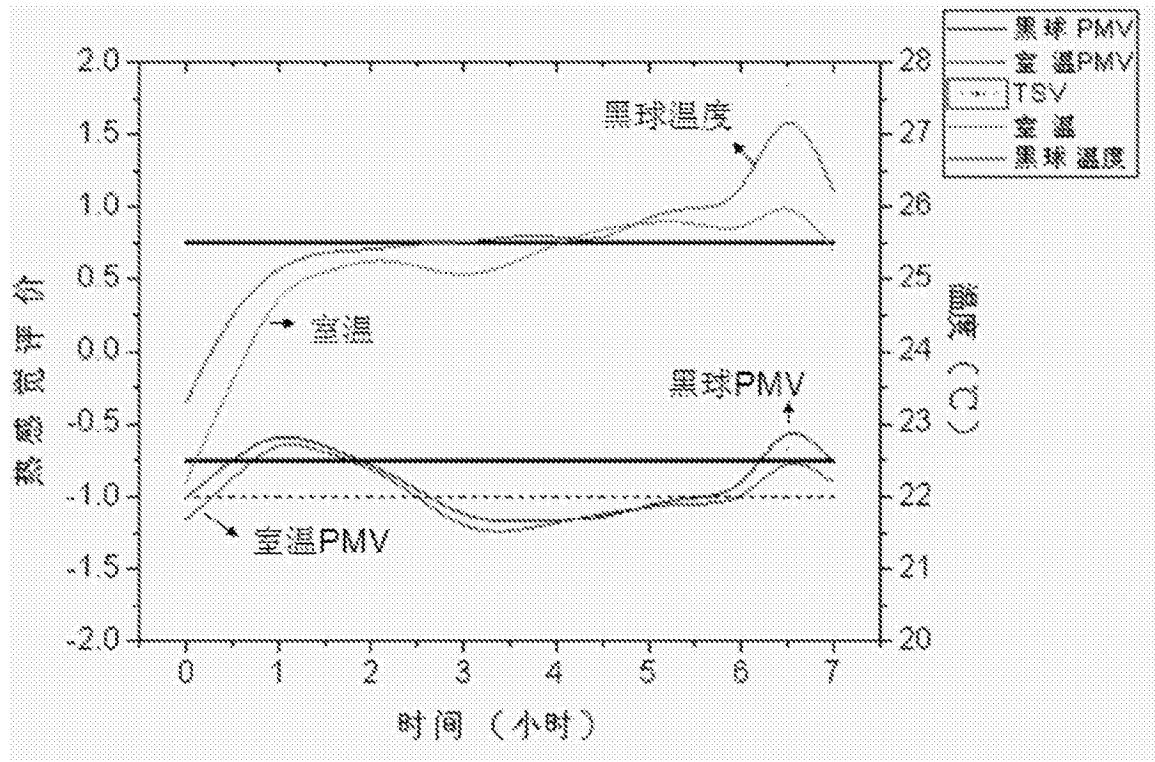
图4



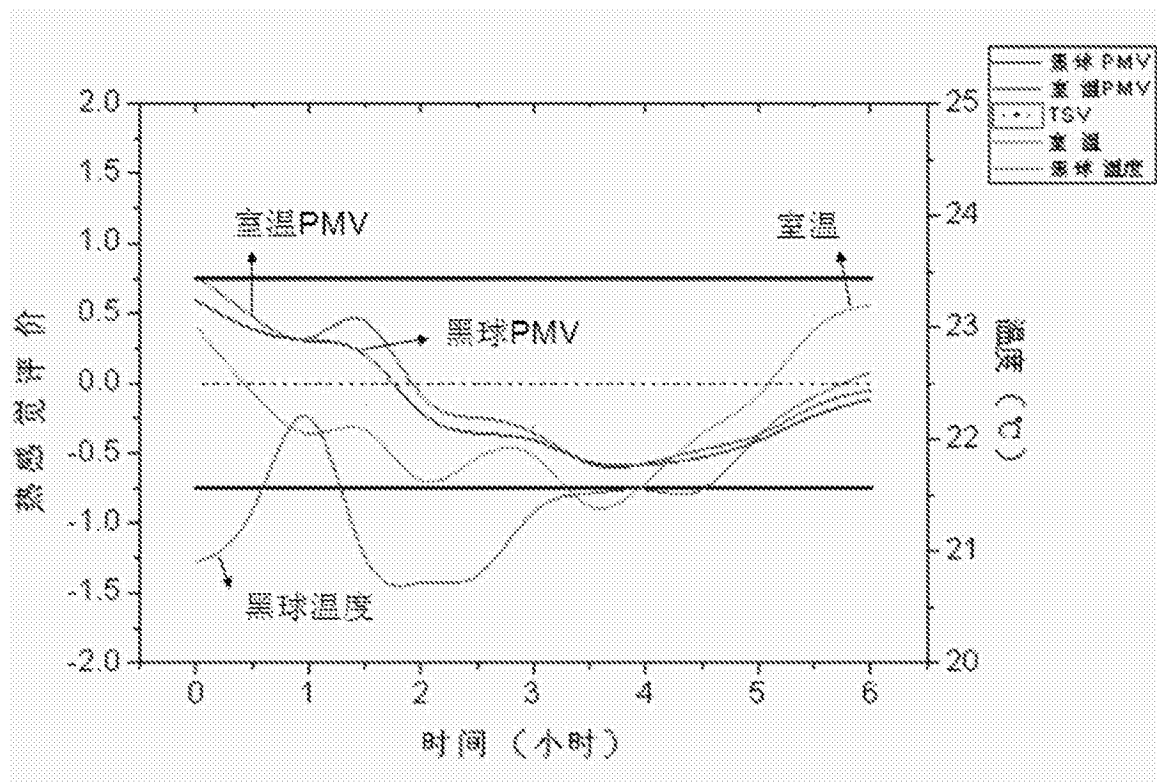
A



B



C



D

图5

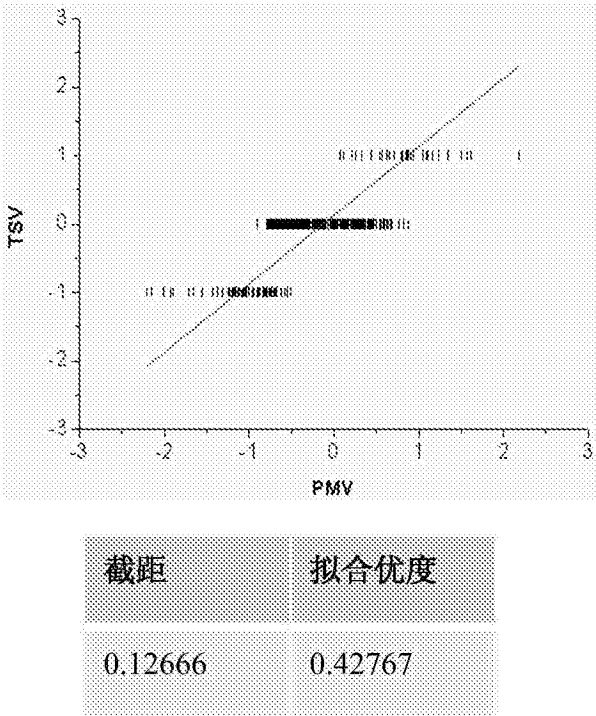


图6

专利名称(译)	一种评价女性个体睡眠状态热舒适性的方法		
公开(公告)号	CN106821317A	公开(公告)日	2017-06-13
申请号	CN201710047086.7	申请日	2017-01-22
[标]申请(专利权)人(译)	中国标准化研究院		
申请(专利权)人(译)	中国标准化研究院		
当前申请(专利权)人(译)	中国标准化研究院		
[标]发明人	赵朝义 呼慧敏 丁立 邱义芬 王瑞		
发明人	赵朝义 呼慧敏 丁立 邱义芬 王瑞		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/0245 G01D21/02		
CPC分类号	A61B5/4806 A61B5/0245 A61B5/4815 A61B5/4866 A61B5/7225 A61B5/7271 G01D21/02		
代理人(译)	关畅 白艳		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种评价女性个体睡眠状态热舒适性的方法。代谢率是睡眠PMV方程的主要变量之一，影响着人体的热舒适性，一般认为PMV方程中人体代谢率为常数，但人体在不同的睡眠阶段，代谢率是变化的。因此想要客观准确的评价睡眠过程中的人体热舒适性，就需要有不同睡眠阶段的代谢率。本发明通过监测被试者的心率值，并根据心率法推算代谢率，得到代谢率为变量的睡眠PMV方程。本发明提供的代谢率为变量的睡眠PMV方程适用于睡眠状态人体热舒适性评价，不仅为睡眠环境热舒适性评价提供了理论依据，也可对营造睡眠热舒适空调设计及控制策略制定提供指导。

$$PMV = \left(0.303e^{-0.036M} + 0.028 \right) \left\{ \begin{aligned} & \left(M - W \right) - 3.05 \times 10^{-3} \times \left[5733 - 6.99 \left(M - W \right) - p_a \right] - \\ & 0.42 \times \left[\left(M - W \right) - 58.15 \right] - 1.7 \times 10^{-5} M \left(5867 - p_a \right) - \\ & 0.0014 M \left(34 - t_a \right) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times \\ & \left[\left(t_{cl} + 273 \right)^4 - \left(\bar{t}_r + 273 \right)^4 \right] - f_{cl} h_c \left(t_{cl} - t_a \right) \end{aligned} \right\}$$

式(II)