

前 言

本标准是执行 GB/T 13459—1992《劳动防护服防寒保暖要求》、SY 5743.1~5743.10—1995《石油企业职工劳动防护服》等技术标准的基础。

国际上通常采用暖体假人测量方法来科学地、定量地测定和评价服装的隔热性能,我国也在军服及劳保服装配置上广泛使用。

本标准的附录 A 为标准的附录,附录 B 为提示的附录。

本标准由全国纺织品标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位:总后勤部军需装备研究所。

本标准主要起草人:姜志华、谌玉红、倪济云、曾长松、吴志孝。

1 范围

本标准规定了测试服装热阻用的暖体假人系统(以下简称为暖体假人)的基本技术要求和暖体假人测定服装热阻的方法。

本标准适用于测量各类服装的热阻。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 1335.1—1997 服装号型 男子

GB/T 1335.2—1997 服装号型 女子

GB/T 8170—1987 数值修约规则

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 服装热阻 clothing thermal resistance

服装在人与环境热交换过程中对热流的阻力,即服装的隔热性能,单位为克罗(clo)。

服装热阻一般分为四类:

服装表面空气层热阻,用符号 I_a 表示。

服装总热阻(包含服装表面空气层热阻),用符号 I_t 表示。

服装基本热阻(不包含服装表面空气层热阻),用符号 I_{cl} 表示。

衣服相对热阻(不包含服装表面空气层热阻和覆盖头、手、脚段的热阻),用符号 $I_{cl,e}$ 表示。

3.2 克罗值 clo value

在室温为 21.1°C ,相对湿度 50%以下,气流为 10 cm/s (无风),受试者安静坐姿,感觉舒适并维持平均皮肤温度 33.3°C 时,其基础代谢为 58.1 W/m^2 的基准定义条件下,受试者所穿服装的热阻为 1 clo ;服装表面滞留空气层的热阻为 0.78 clo , $1\text{ clo}=0.155(^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2)/\text{W}$ 。

3.3 暖体假人准确度 accuracy of manikin system

暖体假人准确度是指在基准定义的标准条件下测得的暖体假人裸体表面滞留空气层热阻值。

3.4 暖体假人的重复性 repeatability of thermal manikin

指暖体假人在相同测量条件下,对同一被测服装进行多次测量服装热阻值所得结果之间的一致性。用变异系数(C_v)表示。

3.5 暖体假人的再现性 reproducibility of thermal manikin

指暖体假人在改变了测量条件下,对同一被测服装的测试结果之间的一致性。

4 基本原理

应用暖体假人测试服装热阻的基本原理是在模拟人体—服装—环境之间热交换的过程中,从暖体假人皮肤表面温度与环境温度之间的温差、体表单位面积的非蒸发散热率等物理参数之间的关系,导出服装热阻的量值,其基本方程为:

$$I = \frac{T_s - T_a}{0.155 H} \dots\dots\dots(1)$$

式中: I ——热阻, clo ;

T_s ——假人皮肤温度, $^{\circ}\text{C}$;

T_a ——环境温度, $^{\circ}\text{C}$;

H ——单位体表面积的非蒸发散热率, W/m^2 ;

0.155——热阻单位换算系数。

5 技术要求

5.1 暖体假人基本技术要求

5.1.1 暖体假人本体应对所模拟的真人群体具有代表性,其身高、胸围等主要尺寸的几何造型应符合真人群体统计数据平均值。

5.1.2 暖体假人皮肤温度被加热到一恒定温度,其温度应与人体平均皮肤温度基本相近。

5.1.3 暖体假人全身应分为头、躯干、四肢等解剖段,至少 6 段。

5.1.4 暖体假人应能维持静止站立和动态步行两种姿势,步速为每分钟 30 步至 60 步。

5.2 暖体假人皮肤表面温度传感器

5.2.1 暖体假人的皮肤表面温度测量用传感器可以是热电偶温度传感器、电阻类温度传感器或半导体温度传感器等,此类点式温度传感器的厚度应小于 3 mm。

5.2.2 暖体假人每段至少放置 1 个温度传感器,若放置多个温度传感器,则取其温度的算术平均值;温度测量误差小于 0.2°C 。

5.3 暖体假人供热功率

暖体假人各段的供热由加热电源提供,其供热功率的偏差不大于 2%。

5.4 暖体假人试验条件

5.4.1 暖体假人应置于气候仓内实施试验,气候仓的有效空间至少为 $(2 \times 2 \times 2)\text{m}^3$ 。

5.4.2 气候仓内环境温度变化不大于 1°C ,相对湿度变化不大于 5%,风速变化不大于 50%。

5.4.3 气候仓内至少放置环境温度传感器三只,环境湿度传感器两只,环境风速传感器两只,分别放置在距假人周围 0.5 m 的非等高间隔位置处;温度传感器精度优于 0.2°C ;湿度传感器的精度优于 5%;风速传感器的精度优于 0.05 m/s 。

5.5 暖体假人的准确度

准确度是以测试暖体假人裸体热阻值为基准,在基准定义条件下测得热阻值是: $I_a = (0.78 \pm 0.03)\text{clo}$;在不同的环境温度下测得的热阻值略有变化,见附录 B。

5.6 暖体假人的重复性与再现性

暖体假人的重复性用暖体假人对同种配套服装 3 次重复试验结果 I_a 的变异系数来衡量,其值应不大于 3%。

不同实验室用暖体假人测试时,同种配套服装 I_a 的差异应小于 8.5%。

5.7 量程: $(0.6 \sim 6.5)\text{clo}$ 。

6 测试方法

6.1 服装样品

6.1.1 按 GB/T 1335.1 或 GB/T 1335.2 规定制作适合假人穿着的服装。

6.1.2 实验前需将实验服装在温度(20±5)℃、相对湿度(50±20)%的条件下调温调湿 12 h。

6.1.3 测试两套相同面料、相同款式和相同尺寸的配套服装时,每套测一次;测试一套服装时,进行两次重复试验,每次试验结束,应脱下服装,再重新穿上,进行另一次试验。

6.2 设定试验条件

6.2.1 设定暖体假人平衡皮肤温度

暖体假人平均皮肤温度 T_s , 设定为(32~35)℃之间。

6.2.2 设定暖体假人实验状态

暖体假人可分为静态实验和动态实验。动态实验时设定步速和步长。

6.2.3 设定气候仓环境参数

6.2.3.1 气候仓温度 T_a 根据预估被测服装热阻值设定,设定方法见表 1。

表 1 设定气候仓温度参考表

裸体时	$(T_s - T_a) \geq 10^\circ\text{C}$
$1 \text{ clo} \leq I_t \leq 3 \text{ clo}$	$(T_s - T_a) \geq 20^\circ\text{C}$
$I_t > 3 \text{ clo}$	$(T_s - T_a) \geq 30^\circ\text{C}$

6.2.3.2 气候仓湿度(R_H):30%~50%之间。

6.2.3.3 气候仓风速(v):(0.15~8)m/s,根据实验要求进行设定。

6.3 暖体假人进入动态热平衡后,至少每分钟检测一次皮肤温度、环境温度和调控加热功率,这种状态必须保持 30 min 以上。

7 测试结果计算

7.1 服装总热阻 I_t 的计算公式:

根据各段表面积加权计算服装总热阻 I_t ,其计算公式为:

$$I_t = \Sigma \left[\frac{(T_{si} - T_a) \times S_i}{0.155 \times H_i \times S} \right] \dots\dots\dots(2)$$

式中: T_{si} ——暖体假人第 i 段的皮肤温度,℃;

T_a ——暖体假人周围环境温度,℃;

H_i ——暖体假人第 i 段加热流率,W/m²;

S_i ——暖体假人第 i 段表面积,m²;

S ——暖体假人表面积,m²;

0.155——热阻单位换算系数,1 clo=0.155(℃·m²)/W。

7.2 裸体假人表面空气层热阻值(I_a)用式(2)计算。

7.3 服装的基本热阻值(I_{cl})计算公式:

$$I_{cl} = I_t - I_a \dots\dots\dots(3)$$

7.4 衣服相对热阻($I_{cl,e}$)计算公式:

$$I_{cl,e} = I_t^D - I_a \dots\dots\dots(4)$$

7.5 计算结果按 GB/T 8170 规定保留到小数点后两位。

1) 此式中 I_t 也用式(2)计算,但 H_i 、 S 、 S_i 均不包括头、手、脚段。

8 测试报告

- 8.1 记录服装配套与着穿方法等内容。
- 8.2 记录假人测试时的气候仓内的环境温度、相对湿度、风速等。
- 8.3 注明假人是静态站姿,或者动态步行以及步速。
- 8.4 报告热阻值;服装总热阻值 I_t 、空气热阻值 I_a 、服装基本热阻值 I_{cl} 、衣服相对热阻值 $I_{cl,e}$ 。
- 8.5 测试报告格式见附录 A。