

前 言

本标准修改采用 ISO 10551:1995《热环境人类工效学 使用主观判定量表评价热环境的影响》(英文版),并根据 ISO 10551 重新起草。

相对于 ISO 10551,本标准作了以下修改和调整:

- 为了使表述更准确和完善,与 ISO 10551 第 9 章中的“三个、四个、七个或九个等距的且分隔开的等级”相对应,本标准将其修改为“三个、四个、五个、七个或九个等距的且分隔开的等级”;
- 为便于应用,本标准新增加了附录 A(资料性附录)。附录 A 列出了等级措词的中英文对照表。为此,本标准将 ISO 10551 的附录 A 调整为附录 B,将 ISO 10551 的附录 B 调整为附录 C;
- 由于 ISO 10551 附录 B 表 B.3 中第 2 行第 2 列将均值错误表述为“ ± 2.16 ”,本标准将附录 C 表 C.3 中第 2 行第 2 列的均值修正为“2.16”;
- 按照 GB/T 1.1—2000 的规定,本标准将 ISO 10551 的附录 C 调整为参考文献;
- 对于 ISO 10551 中有关国际语言(如:英语、法语、俄语、西班牙语等)应用的部分均按中国语言的应用情况进行了修改。

本标准的附录 A、附录 B 和附录 C 为资料性附录。

本标准由中国标准研究中心提出。

本标准由全国人类工效学标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:中国标准研究中心、北京大学、北京市预防医学研究中心、总后勤部军需装备研究所。

本标准主要起草人:陈元桥、王 生、于永中、湛玉红、赵朝义。

引 言

本标准是关于工作环境中的热应激和热紧张评价系列标准的一个组成部分。该系列标准特别关注以下两方面：

1) 建立有关微小气候环境、服装的热性能和代谢产热的特征性物理参数的测量和评估方法的规范；

2) 建立热、冷、温环境中的热应激评价方法。

本标准提出了一套对置身于工作场所期间在各类气候条件下经受各种等级热应激的人员所表达的热舒适或热不适直接进行专家评价的规范。这种评价所提供的数据极可能用于作为热负荷的物理和生理评价方法的补充。这些方法之所以属于一种心理学方法，主要在于它适时地收集暴露于所考虑(诊断)条件下的人员的现场意见，因而可以完善该系列标准的其他标准中所述的预测方法所提供的数据。

工作场所热环境方面的人类工效学家能够测定各种指数(WCI, PMV, PPD, WBGT)值, 这些指数将用于预测一个人在通常情况下所能承受的平均热舒适气候条件或平均热应激等级。实际上, 由于诸如空间不同、位置不同、时间不同、着装不同、个体差异等方面的原因, 具体情况往往不同于一般的情况, 因此, 有必要通过直接测定工作中的人们对气候环境和对其相应的个体状态的主观感受(一种能够由被试者判定和表述的感受)来补充初始预测方法所建议的值。该方法在诊断上是有价值的。

这些数据不是通过问卷方式获得的, 而是靠用户将量表蕴涵在更广泛或更具体的问题量表(如: 医学调查表、工作应激表)中并以适合特定情况和现行标准的形式(口头的或书面的形式, 个人的或集体的形式)大量地呈现出来。

如果为了获得最恰当的主观判定量表而需要询问暴露于热环境中的人员的相应感受或与文化背景方面有关的信息, 则首先宜通过实施人类工效学调查的人员在这些被调查的人员与组织者之间建立起良好的关系。

适于应用主观判定量表的热环境, 其涉及的环境条件已超出了中等热环境的适度范围。在极端条件下, 如果要评价结果作为决策依据, 则应优先选用物理的和生理的热负荷评价方法。尤其是在确定热负荷耐受极限时, 如果基于主观判定则难以令人信服, 而必须根据公认的健康风险标准确定。适于应用判定量表的具体环境条件将在本标准的各相关之处予以更明确地阐明。

由于使用判定量表所获得的数据具有主观性, 因而有些专家对其优点表示怀疑, 而更愿意使用客观性的物理的或生理的数据。关于热环境的主观性数据的有效性问题的, 可以用如下两种完全不同的方式去看待:

a) 第一种方式

这些数据所提供的信息在多大程度上等价于客观性数据所提供的信息?

客观性与主观性数据之间可能存在或不存在的某种关系将被验证, 其目的是用后者的数据集来代替前者的数据集, 因为后者更易获得。本标准对此并不关注, 然而, 两者间的关系一旦确立, 可能令人感兴趣。

b) 第二种方式

这些量表所提供的数据的内在价值是什么?

人们对其工作的热环境所持的意见本身就有价值。这取决于人类工效学家对此是否予以考虑。人们认为这些数据缺乏可靠性, 但这并不能证明弃之不用是正当的。本标准对于收集这些数据的适用工具及其使用要求作出了规定, 正是为了提高这些数据的可靠性。

热环境人类工效学 使用主观判定量表 评价热环境的影响

1 范围

本标准适用于判定量表(热感觉量表、热舒适量表、热偏好量表、可接受性陈述表以及耐受力量表)的编制和使用,这些判定量表可以提供可靠的和可比较的有关主观热舒适或热应激方面的数据。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 17244—1998 热环境 根据 WBGT 指数(湿球黑球温度)对作业人员热负荷的评价(eqv ISO 7243:1989)

GB/T 18048—2000 人类工效学 代谢产热量的测定(eqv ISO 8996:1990)

GB/T 18049—2000 中等热环境 PMV 和 PPD 指数的测定及热舒适条件的规定(eqv ISO 7730:1994)

ISO 7726:1998 热环境人类工效学 测定物理量的方法

ISO 7933:1989 热环境通过计算所要求的湿度对热应力的分析测定和说明

ISO 9886:1992 热疲劳的生理学测量评价

ISO 9920:1995 热环境人类工效学 服装隔热和抗蒸发的评定

ISO/TR 11079:1993 冷环境评价 必备隔热服装的测定

3 符号

I_{cl} 服装热阻(隔热值)。单位是 $\text{m}^2 \cdot \text{摄氏度}/\text{瓦特}(\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W})$ 或克罗(clo)。1 clo=0.155 $\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$ 。

Met 代谢产热量。单位是瓦特/ $\text{m}^2(\text{W}/\text{m}^2)$ 。

PMV 预计平均热感觉指数(见 GB/T 18049)。

PPD 预计不满意者的百分数(见 GB/T 18049)。

WBGT 湿球黑球温度(见 GB/T 17244)。

WCI 风冷指数(见 ISO/TR 11079)。

4 热环境主观判定量表:量表构成原则和使用条件

热环境主观判定量表多种多样。它们之间的区别在于:所强调的某方面判定是感觉性的还是情感性的(评估的和偏好的),是总体的(包含整个环境或生物体)还是局部的,是现在的还是过去的,是瞬间的还是延续一段时间的;所判定的对象是环境还是人,是整体还是其组成部分(温度、湿度、气流;身体的热状态、皮肤湿度、呼吸),是永久性情况还是临时性情况,是适宜的气候条件还是极端的气候条件。

本标准推荐采用基于身体热状态的主观判定量表。如果气候条件保持不变,对于正常着装 $[(0.5 \pm 0.2) \text{ clo} \leq I_{cl} \leq (1.0 \pm 0.2) \text{ clo}]$ 的坐姿工作人员($60 \text{ W}/\text{m}^2 \leq \text{Met} \leq 70 \text{ W}/\text{m}^2$),在工作至少 30 min 后,他们对自身热状态以及对周围环境温度所作的总体判定通常是一致的。在工作场所,这些情况尤其重要。一般地,与人们对其所处热环境的判定相比较,人类工效学家更关心人们对其自身热状态的判定。

当气候或服装因素发生改变,体力活动(暂时性条件)也发生变化,人们对其自身热状态以及对其所处热环境的判定就不一定相互一致。如果气候条件保持不变,当人们从事的体力活动水平高于相应的坐姿工作($M_{\text{et}} > 70 \text{ W/m}^2$),或者着装比通常的少($I_{\text{cl}} < 0.5 \text{ clo}$)或多($I_{\text{cl}} > 1.0 \text{ clo}$)时,这两种评价同样也不一定相互一致。

在上述两种情况下,从人类工效学的观点来看,了解人们如何感觉自身热状态比了解他们如何判定微小气候环境更加重要。因此,本标准保留了人们对其自身热状态的总体判定。它可区分为感觉、当前情感评价(舒适/不适)和预期偏好。

本标准采用了与中等热环境、极热或极冷环境相同的量表,并作了适当的修改。

注:本标准也建议通过可接受性陈述和热环境耐受量表对感觉判定量表、评估判定量表和偏好判定量表加以补充。

在大多数情况下,在给定的气候条件下的暴露往往持续几个小时,因此,正确使用同一量表且定期(例如:30 min)重复判定表达,可有助于收集人们自始至终的意见。

注:宜避免这样一种做法,即通过假想地累积一段时期的现场印象而获得综合判定。

重复使用同一量表,可以评价在恒定条件下所体验到的热舒适或热应激随时间延续而产生的变化,而且通过适当的数据运算(如总体均值)还可以获得整个暴露期内的综合判定。在非恒定条件下,将重复判定收集数据的同样方法应用于季节性的或其他情境因素(一天中的某个时间、任务要求的时间和处理方式的时间)的情况时,相同的人员所体验的热舒适或热应激与在另外一种恒定气候条件下的体验会有所不同。

在任何涉及语言应用的领域都会遇到一些基本的困难。就这点来说,指导语的矛盾和不适宜可能会造成数据的偏差和易变性。因此,使解释调查内容的预定指导语和描述判定量表的措词标准化就显得至关重要。尤其重要的是用于表示判定量表等级的术语。本标准明确规定了量表的构成,在附录 A 中列出了等级措词中英文对照表,在附录 B 中提供了关于所选措词的建议。

注:本标准所述的量表属国际惯例和国际认可的量表,与其他各种语言所描述的量表等级措词一致(见附录 A)。

关于身体不同部位(例如:头、躯干、手、脚)的热状态、总体热环境或其各不同组成部分(例如:温度、湿度或气流)、人们在其他方面的热体验(例如:皮肤湿度)或对某段时期(包括未测量气候条件的时段)所作的评价,可使用其他判定量表。其他量表(例如:双极情感评价量表)是在热感觉量表模式基础上有差别地构筑而成。这样一种量表可有助于考虑热愉悦感,且在热环境条件接近于中等热环境附近时比单极的不舒适量表更敏感。

本标准仅限于第 5、6 章中所述的 5 种量表。在收集主观判定数据时,假如当前对这些数据感兴趣并要应用这些数据,宜首先关注在恒定条件下的局部热感觉(身体某部位)和皮肤湿度,其次关注在非恒定条件下所收集的数据,这一点极为重要,但尚未引起足够的重视。

5 感觉判定量表、评估判定量表和偏好判定量表

5.1 使用判定量表的指导语

应按下列顺序使用这三种判定量表:感觉量表、评估量表、偏好量表。集合可能的回答,可提供所需的全部信息。

应提出下列引导性问题:

——在应用感觉量表之前提问:“你感觉如何(在此时此刻)?”(随后回答量表);

——在回答感觉量表之后和应用评估量表之前马上提问:“你认为这……?”(随后回答量表);

——在回答评估量表之后和应用偏好量表之前马上提问:“请说明你现在更喜欢怎样”(随后回答量表)。

在将环境判定为适宜(接近于中等热、稍热或稍冷)的情况下,应使用七级量表方法。在将环境判定为很热或很冷的情况下,应使用九级量表方法。建议将上述两类环境之间的实际界限确定为 $PMV = \pm 2$ 。

注：当要求被试者描述其即刻的热体感时，量表的全部等级措词可为其提供一个有用的参考框架，因此，即使仅处于冷环境或暖环境，仍宜为被试者提供完整的量表。

5.2 个体热状态的感觉量表

5.2.1 量表构成

该量表是一个对称的、具有双级的七级(可扩展至九级)量表。量表的中点为中性点，从中性点向两极方向随强度增加而各分为三个(或四个)等级。

	强度等级	中性点	强度等级	
A 极	(-4)-3-2-1	0	+1+2+3(+4)	B 极

5.2.2 等级措词

A 极和 B 极是量表从 A(冷)到 B(热)的两个端点。中间的中性点相当于不冷不热。

选择等级措词时应十分小心并事先进行测试。

5.3 评估量表

5.3.1 量表构成

该量表是一个仅有单级的四级(可扩展至五级)量表。其起点表示无影响，从起点开始随影响的强度增加而分为三个(或四个)等级。

起点	强度等级	
0	1 2 3 (4)	单极

5.3.2 等级措词

专用于热负荷评估的单极表示某负面影响：不愉快、不满意或不舒适。其强度可用副词来修饰。舒适(作为起点)和没有不舒适均被归类为正面的评估(愉快、满意)。

注：表 B.2 给出了一个实例。

5.4 热偏好量表

5.4.1 量表构成

该量表是一个对称的、具有双级的七级量表。量表的中点为中性点，从中性点向两极方向随强度增加而各分为三个等级。

	强度等级	中性点	强度等级	
A 极	-3-2-1	0	+1+2+3	B 极

5.4.2 等级措词

A 极和 B 极是量表从 A(凉一点)到 B(暖一点)的两个端点。中间的中性点相当于无变化。

每极(A 极或 B 极)使用比较性术语来措词，而各个等级的措词则应根据等级强度的大小用副词每一极措词加以修饰。也可将每一极方向的三个等级各减为一个等级，且这两个等级使用无修饰的比较性术语来措词。

注：表 B.3 给出了一个实例。

6 个体可接受性陈述和耐受量表

6.1 总则

除了前面所述的判定，还应获取表明人们对其所处的热环境的亲身感受的信息。

此评价宜在个体水平上从拒绝或接受两方面确定，并且在任何情况下均需由一个相对的个体耐受等级判定加以补充。表达拒绝或接受时宜在个体水平上进行，也就是说，撇开情境因素而纯粹依个体偏好进行判定。考虑到其他情境动机因素(指导语、工作要求、短期暴露、报酬)，个体水平上的拒绝表达

(不可接受性)与实际的接受并不矛盾。

对比前述三种量表,个体可接受性陈述和耐受量表是由对周围热环境(微小气候)的判定所组成。

6.2 使用判定表达表的指导语

可接受性陈述表和耐受量表应在前述的感觉量表和评估量表之后使用,并应遵循下列顺序:首先使用可接受性陈述表,然后使用耐受量表。

应提出下列引导性问题:

——在使用可接受性陈述表之前:

- a) 用明确的术语提问:“在个体水平上你如何判定该环境(微小气候)?”
- b) 在起初陈述“仅考虑你本人的偏好……”之后提问:
 - 1) “你宁愿接受而不愿拒绝该环境(微小气候)吗?”
 - 2) 或者提问:“你宁愿拒绝而不愿接受该环境(微小气候)吗?”

——在使用耐受量表之前提问:

“是……吗?”

6.3 对判定表达表的描述

6.3.1 判定表达表的构成

个体可接受性陈述表是一种二元结构类型:

个体接受(基本上可接受)——个体拒绝(基本上不可接受)

个体耐受量表采用一种单极的五级量表结构,其单极表示难以耐受,起点表示完全可耐受,其间随耐受难度的增加而分为四个等级,第四等级表示无法耐受。

起点	强度等级	单极
0	1,2,3,4	

6.3.2 等级措词

个体可接受性陈述表的措词分为以下两类:

a) 被试者的判定说明:

类型	措词	反应
可接受的	环境(微小气候)是可接受的而不是不可接受的	……
不可接受的	环境(微小气候)是不可接受的而不是可接受的	……

b) 被试者对初始陈述表达同意或不同意见:

初始陈述	可接受的类型	不可接受的类型
个体接受	是(同意)	否(不同意)
个体拒绝	否(不同意)	是(同意)

注:个体耐受量表的等级可根据耐受难度来措词。表 B.5 给出了一个实例。

7 重复询问的指导语

当对被试者重复应用同一判定量表时,为了避免造成非预期的反应,则应事先将此情况告知被试者,并说明采用该程序的正当理由。可使用下列指导语:

“由于你常常连续几小时处于该工作场所,你将被定期多次提问,并使用同一量表对热环境作出判

定;请你每次根据当时的实际体验仔细判定。这样,你将能够(更)准确地描述你在一个较长的暴露时期内所体验的热环境的变化”。

8 量表总结

表 1 概括了所推荐的基于主观数据评价热舒适或热应激的各种判定。

表 1 热应激评价

判定类型	1	2	3	4	5
	感觉	情感评价	热偏好	个体可接受性	个体耐受
判定对象	个体热状态			周围热环境	
措词	“你感觉如何(在此时此刻)?” 从很(或极)冷到很(或极)热分为七个(或九个)等级	“你认为这……?” 从舒适到很(或极)不舒服分为四个(或五个)等级	“请说明你现在更喜欢如何” 从(更)凉一点到(更)暖一点分为七个或三个等级	“你本人如何判定该环境(微小气候)?” 分为基本上可接受和基本上不可接受两个等级	“是……吗?” 从完全可耐受的到无法耐受的分为五个等级

9 量表的表示格式和方法

超过两个等级的量表可用一种间断格式表示;三个、四个、五个、七个或九个等距的且分开的等级;回答时在与判定相对应的等级上标以记号。

这种量表也可用一种连续格式表示,例如:一条包含三个、四个、五个、七个或九个等间距的标记(在紧邻标记处标上对应的措词)的直线段或曲线段。此种格式不仅能指出与判定相对应的标记,而且还能将回答置于标记之间隔内的任意位置。

量表往往采用书面形式,并由手工完成。但量表也可呈现于视频显示器上,并通过使用键盘(或其他同等物)和适当的编码来回答。

10 数据分析和结果应用

使用上述判定量表所收集的数据的数字特性(也就是数学结构方面的特性)和这些数据分布的统计学特性决定了可合理使用这些数据的定量分析类型。

附录 C 给出的实例阐述了大量的分析过程以及可获得的结果:集中趋势指数、离散指数和特别关联指数,或差分、因子效应或关联作用的统计学显著性检验。

注:本标准鼓励掌握充足数据的开业医师和科研工作者或那些能够搜集到数据的人们,发表有关这些数据样本分布的统计学特性的研究。

附录 A
(资料性附录)
等级措词中英文对照表

A.1 感觉量表 (scale of perception)

极		等 级	等级措词	
中 文	英 文		中 文	英 文
热	HOT	(+4)	很热	very hot
		+3	热	hot
		+2	暖	warm
		+1	稍暖	slightly warm
中性点	INDEFERENCE	0	不冷不热	neutral
冷	COLD	-1	稍凉	slightly cool
		-2	凉	cool
		-3	冷	cold
		(-4)	很冷	very cold
常用引导句			我觉得……	I'm feeling/I'm...

A.2 评估量表 (evaluative scale)

极		等 级	等级措词	
中 文	英 文		中 文	英 文
		0	舒适	comfortable
不舒适	DISCOMFORT	1	稍不舒适	slightly uncomfortable
		2	不舒适	uncomfortable
		3	很不舒适	very uncomfortable
		4	极不舒适	extremely uncomfortable
常用引导句			我认为……	I find it ...

A.3 偏好量表 (preference scale)

极		等 级	7 级量表的量表措词		等价的 3 级量表	
中 文	英 文		中 文	英 文	中 文	英 文
暖一点	WARMER	+3	更暖一点	much warmer	暖一点	warmer
		+2	暖一点	warmer		
		+1	稍暖一点	a little warmer		
		0	不暖不凉 (neither warmer nor cooler)			
凉一点	COOLER	-1	稍凉一点	slightly cooler	凉一点	cooler
		-2	凉一点	cooler		
		-3	更凉一点	much cooler		
常用引导句			我更喜欢…… (I would prefer to be…)			

A.4 可接受性陈述表 (acceptability expression form)

分类	a) 明确的等级措词		b) 在初始陈述 1) 或 2) 之后的等级措词			
	在提问“在个体水平上你如何判定该环境(微小气候)?”之后		在常用指导语“仅考虑你本人的偏好……”之后			
			初始陈述 1): “……你宁愿接受而不 愿拒绝该环境(微小气 候)?”		初始陈述 2): “……你宁愿拒绝而不 愿接受该环境(微小气 候)?”	
	中 文	英 文	中 文	英 文	中 文	英 文
0	“……是可接受的而不是不可接受的”	… acceptable rather than unacceptable”	是	Yes	否	No
1	“……是不可接受的而不是可接受的”	… unacceptable rather than acceptable”	否	No	否	Yes

A.5 耐受量表 (tolerance scale)

极		等 级	等 级 措 词	
中 文	英 文		中 文	英 文
难以耐受	DIFFICULTY IN TOLERATING	0	完全可耐受	perfectly bearable/tolerable
		1	稍难耐受	slightly difficult to bearable/tolerable
		2	相当难以耐受	fairly difficult to bearable/tolerable
		3	很难耐受	very difficult to bear/tolerate
		4	无法耐受	unbearable/intolerable
常用引导句			它是……	It is …

附 录 B
(资料性附录)

热环境主观判定量表的措词实例

表 B.1 关于个体热状态的感觉判定量表
(在提问“你感觉如何?”之后)

极	等 级	等级措词
热	(+4)	很热
	+3	热
	+2	暖
	+1	稍暖
中性点	0	不冷不热
冷	-1	稍凉
	-2	凉
	-3	冷
	(-4)	很冷
常用引导句		我觉得……
注：应用上述量表所获得的感觉判定的集中趋势，可产生一个可与 GB/T 18049 所确定的预计平均热感觉指数（PMV 指数）相比较的样本平均热感觉指数。		

表 B.2 关于个体热状态的评估判定量表
(在提问“你认为这……?”之后)

极	等 级	等级措词
不舒适	0	舒适
	1	稍不舒适
	2	不舒适
	3	很不舒适
	4	极不舒适
常用引导句		我认为……
注：通过汇总不舒适判定数，可得出一个可与 GB/T 18049 所确定的预计不满意者的百分数（PPD 指数）相比较的样本中的不满意者的百分数。		

表 B.3 热偏好量表
(在指导语“请说明你现在更喜欢如何”之后)

极	等 级	7 级量表的量表措词	等价的 3 级量表
暖一点	+3	更暖一点	暖一点
	+2	暖一点	
	+1	稍暖一点	

表 B.3(续)

极	等级	7级量表的量表措词	等价的3级量表
	0	不暖不凉	
凉一点	-1	稍凉一点	凉一点
	-2	凉一点	
	-3	更凉一点	
常用引导句		我更喜欢……	

表 B.4 个体可接受性陈述表

分类	a) 明确的等级措词	b) 在初始陈述 1) 或 2) 之后的等级措词	
	在提问“在个体水平上你如何判定该环境(微小气候)?”之后	在常用指导语“仅考虑你本人的偏好……”之后	
	“从个体水平上来说,该环境对于我……”	初始陈述 1): “……你宁愿接受而不愿拒绝该环境(微小气候)?”	初始陈述 2): “……你宁愿拒绝而不愿接受该环境(微小气候)?”
0	“……是可接受的而不是不可接受的”	是	否
1	“……是不可接受的而不是可接受的”	否	是

作为上述二元陈述表的替代,个体可接受性还可采用一种如下所示的连续量表进行表达:

明显可接受	正好可接受	正好不可接受	明显不可接受
-------	-------	--------	--------

在提问“在个体水平上你如何判定该环境(微小气候)?”或指导语“仅考虑你本人的偏爱”之后,可使用预定指导语:“请在量表的适当位置标上标记,以表达你对环境(微小气候)的可接受性所做出的判定。请不要在量表的中间位置标上标记,只能判定要么是可接受的,要么是不可接受的”。

注:除了通过应用二元结构的陈述表获得相同信息外,还可采用一种更渐进的方式进行判定表达,这样可以显示出与表 B.2 评估判定量表中所确定的“样本中的不满意者的百分数”之间的线性关系(也参见附录 C 中的实例 A)。

表 B.5 个体耐受量表
(在提问“是……吗?”之后)

极	等级	等级措词
难以耐受	0	完全可耐受
	1	稍难耐受
	2	相当难以耐受
	3	很难耐受
	4	无法耐受
常用引导句		它是……

附录 C (资料性附录)

评价过程和判定量表的应用实例(包括数据分析)

C.1 概述

本附录共列出了三个实例。第一个实例最具广泛性,是为了说明评价过程和更详细的数据分析。该实例涉及在一种偏凉一些并引起轻微不适感的工作环境中对判定量表的应用。另外两个实例则更具特殊性:其一是对实验室环境的热舒适进行重复性评价的实例;其二是气候条件稍微有些热应激的有关公共运输环境的实例。

C.2 例 A:不舒适的偏凉的工作场所

C.2.1 一位人类工效学家决定收集 40 位作业人员对其实际工作中所处的热环境的判定数据。考虑到体力活动和服装热阻的各种组合情况,在已测量过的气候条件下进行观测,估计工作场所的 PMV 值为 $-0.1 \sim +0.9$ 。

C.2.2 向作业人员说明调查的目的是:通过使用标准化的调查表,旨在确定他们如何感觉其自身的热状态和所处的微小气候环境。

在作业人员回答提问的同时,还需对 40 个工作场所的气候参数进行测量,并估计代谢产热量和服装热阻。

每个作业人员将收到一份包含下列问题的调查表:

1) 此时此刻你感觉如何?(选择适当的方框作出标记):我觉得

很冷 冷 凉 稍凉 不冷不热 稍暖 暖 热 很热

2) 你认为这……?

舒适 稍不舒适 不舒适 很不舒适 极不舒适

3) 此刻你更喜欢……?

更凉一点 凉一点 稍凉一点 无变化 稍暖一点 暖一点 更暖一点

4) 仅考虑你本人的偏好,你宁愿接受而不愿拒绝该微小气候环境?

是 不是

5) 该环境在你看来……?

完全可耐受 稍难耐受 相当难以耐受 很难耐受 无法耐受

C.2.3 结果汇总可提供如下所示的答复分布情况(n 为某一给定等级的答复数):

a) 热感觉

	很冷 -4	冷 -3	凉 -2	稍凉 -1	不冷不热 0	稍暖 +1	暖 +2	热 +3	很热 +4	未答复
<i>n</i>			8	12	10	2	7			1

b) 情感评价

	舒适 0	稍不舒适 1	不舒适 2	很不舒适 3	未答复
<i>n</i>	22	4	10	2	2

c) 热偏好

	更凉一点 -3	凉一点 -2	稍凉一点 -1	无变化 0	稍暖一点 +1	暖一点 +2	更暖一点 +3	未答复
<i>n</i>			4	18	14	4		0

d) 个体可接受性

	是	否	未答复
<i>n</i>	22	14	4

e) 个体耐受

	完全可耐受 0	稍难耐受 1	相当难以耐受 2	很难耐受 3	无法耐受 4	未答复
<i>n</i>	5	9	15	7	0	2

C.2.4 根据数据的数字特性及其分布的已知的统计学特性进行数据分析。

感觉量表、情感评价量表、偏好量表和耐受量表的等级可按观察所得的相当于一个完全规则的有限数学集合(顺序数据或顺序量表)的数据的类别进行分级。相应的统计方法如下:

- 用中位数(第2个四分位数)来表示集中趋势;
- 用半四分位数间距(第1个四分位数与第3个四分位数之差的一半)来表示离散趋势;
- 用秩系数(Spearman's rho, Kendall's tau)或一致性系数(Kendall's W)来表示关联性概率。

适用的虚无假设的统计学检验是非参数性的[例如:符号检验、中位数检验或某种类型(或方差)分析]。

对可接受性陈述表的答复可归为两种不同类别的数据,相当于二范畴数据(名义数据或分类数据)。相应的统计方法如下:

- 用众数(最大频数点)来表示集中趋势;
- 用分布的熵来表示离散趋势;
- 用各种系数,如关联系数或列联系数,表示关联性概率。

适用的虚无假设的统计学检验也是非参数性的(例如:二项检验或卡方检验)。

与名义数据有关的统计和虚无假设检验也与顺序数据有关。

专用于数据分布的统计学特性研究仅涉及应用两个七级量表所得的数据。这两个七级量表为：ASHRAE 热感觉量表和 Bedford 混和量表(将热感觉和热评价混合起来)。显然，除两极之外，等级从心理上来说均置于等距位置，因而可按连续性数据来处理，其间的差异可用数字进行定义(等距量表)；它们近似于正态分布，因而可有充足的理由去计算均值和标准差，并计算适用于连续变量的相关和回归。适用的虚无假设的统计学检验是参数性的(例如： t 或 F 检验、方差和协方差分析)。

关于由偏好量表、耐受量表和可接受性陈述表所得的数据的统计学特性，尚未见相关的研究资料发表。

C.2.5 下述结果与 C.2.3 中的数据有关。

C.2.5.1 热感觉($n=39$)

集中趋势(均值： \bar{Y})：-0.31

离散趋势(标准差)：1.36

所观测到的 \bar{Y} 与 $\bar{Y}=0$ 之间差异的显著性(t 检验, $n < 60$): $t=1.42, p > 0.05$

结论：无显著性

C.2.5.2 情感评价($n=38$)

集中趋势(中位数)：舒适

离散趋势(半四分位数间距)：两相邻等级之间的 1 个间距

不满意指数(所观测到的不舒适判定的百分数或不满意者的百分数)：42%

所观测到的不满意者百分数(不满意指数)与预计不满意者百分数(PPD)[与预计平均感觉指数(PMV)=-0.31 相对应的 PPD 值]之间差异的显著性：7%(见 GB/T 18049 中的图 1)。这规定了一个由不舒适判定(比率为 $P=0.07$)和舒适判定(补余比率为 $Q=0.93$)所组成的理论上的二范畴总体。

从理论总体中抽取 38 个判定样本而获得 16 个或多于 16 个的不舒适判定(观测值)的概率在上文中已阐明。对于从如上文中所规定的那样的理论上的二范畴总体中随机抽样所观测的一个类别来说，发生该类事件(这里是指判定)的次数(或比率)的抽样分布正是所谓的二项分布。具体来说，对于一个类别而言，发生该类事件 x 次(对于其中的另一个类别而言，事件发生的次数为 $n-x$)的精确概率为：

$$P(x) = \{n!/[x!(n-x)!]\} \cdot P^x \cdot Q^{n-x}$$

式中：

n ——样本所发生事件的总次数；

x ——发生某特定类事件的次数($0 \leq x \leq n$)；

P ——理论上的二范畴总体中发生该类事件的概率($Q=1-P$)。

对于从同一理论上的二范畴总体中所抽取的一个类别来说，把发生该类事件 x 次和更多次(最多为 n 次)的概率相加，可得到概率和 $\sum_{i=x}^n P(i)$ ，其值可依统计学观点来检验。

就本例来说， $n=38, x=16, P=0.07, Q=0.93$ ，则 $\sum_{i=16}^{38} P(i) = 1.657 \times 10^{-9}$ 。

注：当样本数 $n > 25$ 且 P 和 Q 接近 0.5 时，二项分布接近正态分布，此时可接近于统计学的二项检验来使用(x 转变为 $z = (x - np) / \sqrt{npQ}$ ； z 近似于正态分布，其均值为 0，方差为 1)。一个经验法则是，按照正态分布进行统计学检验之前， npQ 必须至少等于 9。很显然，在本例中， $npQ = 2.47$ 不符合该法则，因而只能使用二项分布公式。

总之，假设判定总体符合 $PMV = -0.31$ ，那么，获得一个 42% 的不满意指数的概率将很小。

C.2.5.3 热偏好

集中趋势(中位数)：无变化

离散趋势(半四分位数间距)：两相邻等级之间的 0.5 个间距

偏好指数(判定为偏好改变的百分数)：55%

假设凉一点、无变化和暖一点这三类偏好判定发生的概率呈均匀分布,与此相比较,所观测到的偏好判定分布却存在显著差异(当自由度等于2且 $\chi^2=10.1$ 时, $P<0.01$)。凉一点的偏好判定频数低于假设,而无变化和暖一点的偏好判定频数则高于假设。

C.2.5.4 可接受性($n=36$)

集中趋势(众数判定):是可接受的而不是不可接受的

不可接受性指数(在个体水平上判定为不可接受的百分数):40%

C.2.5.5 耐受($n=36$)

集中趋势(中位数):相当难以耐受

离散趋势(半四分位数间距):两相邻等级之间的0.5个间距

痛苦指数(判定为在耐受方面有困难的百分数):86%

C.2.6 结论

平均起来,作业人员对其自身热状态的判定接近于中等热($\bar{Y}=-0.31$),其相应的评估判定的中位数是舒适。

然而,不舒适判定的百分数总计为42%,显然不同于从一个仅7%不舒适判定的总体中抽取的判定样本的随机发生率(相当于 $PMV=-0.31$)。假设凉一点、无变化和暖一点这三类偏好判定发生的概率呈均匀分布,那么,凉一点的偏好判定频数明显低于预期值。40%的人将热环境判定为在个体水平上是不可接受的,并且这些人中间的86%将热环境判定为在耐受方面或多或少有些困难。

可以得出结论,此工作场所的微气候条件并不是理想的热舒适环境,很明显,这是由于供热不足所致。

C.3 实例 B:实验室环境中的重复舒适评价

C.3.1 12位年轻健康的成年人(18~28岁),其中6位男性和6位女性,在一个一般气候条件的房间内,8:25~12:00保持静坐。他们着装较薄($I_a=0.6$ clo),处于恒定的环境温度(25℃)下。经30 min的适应期后,他们开始185 min的办公室工作。本次调查采用了与实例A所用主观评价量表(见C.2)相同的调查表,分别于8:55、9:40和9:55、10:40和10:55、11:40和11:55(即每小时)进行询问调查。除第1小时外,其他各小时内的询问调查均分为两次,每次间隔15 min,并将所有答复汇总起来。

C.3.2 结果

表C.1给出了所搜集的连续抽样数据的主要统计结果。所有判定均按附录B所示的用于各量表的数字编码进行记录。

表 C.1 实验室环境中的重复舒适评价

判定数	n	询问时间				
		8:55	9:40~9:55	10:40~10:55	11:40~11:55	
		12	24	24	24	
1 热感 量表	均值	+1.1*	+0.2	-0.1	0	
	标准差	0.7	0.7	0.7	0.6	
	检验 ^a	t	5.58	1.12	0.60	0
	P	<0.001	>0.05	>0.05	>0.05	
2 情感 评价 量表	中位数	0	0	0	0	
	不舒适判定的百分数	25	21**	13	13	
	检验 ^b :					
	理论总体的PPD值	32%	6%	5%	5%	

表 C.1(续)

判定数	n	询问时间			
		8:55	9:40~9:55	10:40~10:55	11:40~11:55
		12	24	24	24
2 情感评价量表	所观测到的不舒适判定的次数 x	3	5**	3	3
	获得 x 次或更多次不舒适判定的概率	0.792	0.015	0.116	0.116
3 热偏好量表	中位数	0	0	0	0
	偏好:				
	暖一点	2	5	8	10
	无变化	5	14***	13***	14
	凉一点	4	5	3***	0***
检验 ^a :	卡方	1.50	6.75	6.25	13.00
	P	>0.05	<0.05	<0.05	<0.01
4 可接受性表达形式	众数	接受	接受	接受	接受
	不可接受的百分数	0	0	0	0
5 耐受力量表	中位数	0	0	0	0
	在耐受方面有困难的百分数	8	0	0	4

a 所观测到的均值与 0(中等热)之间的差异的 t 检验; P : 概率。
 b 在 12 个或 24 个判定样本中, 获得所观测到的不舒适判定次数或更多次的概率。与这 12 个或 24 个判定样本相对应的热判定总体的 PMV 值均等于所观测到的热感觉判定均值。
 c 所观测到的偏好判定(凉一点—无变化—暖一点)的分布与同样的三类判定的均匀分布之间的差异的卡方检验。
 * 0.01 水平上有显著性。
 ** 0.05 水平上有显著性。
 *** 卡方检验的主要分布。

表 C.2 按性别表示的结果

判定数	n	询问时间				
		8:55	9:40~9:55	10:40~10:55	11:40~11:55	
		6	12	12	12	
1 热感觉量表均值	男性	+1.3	+0.5	0	-0.1	
	女性	+0.8	-0.2	+0.2	0	
	差异	+0.5	+0.7*	+0.2	-0.1	
	检验 ^a	t	1.34	2.62	0.63	0.31
		P	>0.05	>0.02	>0.05	>0.05
2 情感评价量表	男性	2	2	1	0	
	女性	1	3	2	3	
	检验 ^b :	卡方	0.33	0.10	0.10	3.00
		P	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

a 两均值(男性与女性)之间的差异的 t 检验; P : 概率。
 b 两频数(不舒适判定次数)之间的差异的卡方检验。
 * 0.05 水平上有显著性。

C.3.2.1 结论

平均起来,人们感觉非常接近中等热,并将其评价为舒适;他们宁愿选择无变化,并且除少数外,大多数都将周围环境判定为可接受的和可耐受的。在9:40~9:55,所观测到的不舒适判定数明显超过了PPD,这与同时进行的热判定的均值相一致。随着时间的延续,人们起初感觉稍暖,但1h后就设有这样的感觉了。从偏好的分布可进一步看出时间的影响,其趋势是从9:40~9:55到暴露结束时,分布由很均匀变为不均匀(偏好暖一点)。随着时间的流逝,人们感觉越来越凉。除了在9:40~9:55女性的热感觉均值明显低于男性外,性别之间的差异无显著性。

C.4 公共运输环境的热应激

C.4.1 在冬季某一段时期的地铁内,由于经常乘坐地铁的乘客抱怨热应激,因而进行了现场询问调查。现场温度为27℃~30℃(均值:29.2℃;标准差:0.98℃),平均辐射温度也在此范围内。相对湿度范围为34%至50%,平均空气流速为0.4 m/s,不规则时空气流速可突然达到3.0 m/s。在2月份的上午或下午,一次性对93人进行了询问。其中,男性47人,女性46人,年龄从15岁到78岁(平均年龄为41岁)。室外温度取决于一天的不同时间,范围为4℃~12℃;因而人们按冬季着装,服装热阻估计为1.0 clo~1.8 clo(均值:1.45 clo)。采用与实例A(见C.2)相同的判定量表对在列车中停留(或坐或站)30 min后的人们进行询问调查。

C.4.2 结果见表C.3。按附录B中所示的各量表的数字编码对量表的答复进行记录。

表 C.3 公共运输环境的热应激

主观判定量表或陈述表	集中趋势	离散趋势	特别指数
1 热感觉	均值:2.16	标准差:1.22	
2 情感评价	中位数:1	半四分位数间距:1/2 间距	认为不舒适的百分数:58%
3 热偏好	中位数:-2	半四分位数间距:1/2 间距	希望改变的百分数:98%
4 可接受性	众数:不可接受的		认为不可接受的百分数:78%
5 耐受	中位数:相当难以接受	半四分位数间距:1/2 间距	认为在耐受方面有困难的百分数:98%

C.4.3 结论

可以认为,不需要对结果进行统计分析。热感觉均值明显偏离了感觉中性。然而,不满意者的百分数(不舒适判定的百分数)却相对适中,可能是由于对此问题或多或少地采取了现实主义的观点。仅有2人不愿意更凉,约80%的人在个人水平上拒绝当前的微小气候。与偏好指数正好相对的痛苦指数(在耐受方面有困难的百分数)可由耐受量表所产生。

参考文献

- [1] Fanger, P. O. , *Thermal comfort* , Reprint; 1982, Robert E. Krieger, 1970, Malabar, FL, USA, 224 P.
- [2] Macintyre, D. A. , *Seasonal scales of warmth* , *Building Services Engineer* , 45(1978) , pp. 215~226.
- [3] Nevins R. G. , Rohles F. H. , Springer W. and Feyerherm A. M. , *A temperature-humidity chart for thermal comfort of seated persons* , *ASHRAE Transactions* , 81/2 (1966) , pp. 169~182.
- [4] Siegel S. C. , *Nonparametric statistics for the behavioural sciences* . McGraw-Hill, New York, NY, USA, 1956, pp. 36~42.
-