ICS 13.180
A 25

中华人民共和国国家标准

GB/T 17244—1998
eqv ISO 7243:1989

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

Hot environments—Estimation of the heat stress on working man based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature)

1998-03-10 发布　　1998-10-01 实施

国家技术监督局 发布

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　　次

前言 …… Ⅰ
ISO 前言 …… Ⅱ
1　范围 …… 1
2　定义 …… 1
3　评价标准 …… 1
4　环境气象条件的测量 …… 2
5　能量代谢的测量或估算 …… 3
6　测量 …… 4
7　测量时期和时间 …… 4
8　参考值 …… 4
9　测量报告 …… 5
附录 A(提示的附录)　WBGT 指数的参考值表与给定条件相应的参考值 …… 6
附录 B(提示的附录)　WBGT 参数值的曲线及热适应的方法 …… 6
附录 C(提示的附录)　评价报告示例 …… 7

前　言

本标准等效采用 ISO 7243:1989《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》。

本标准是 ISO/TC 159/SC5 人类工效学标准化技术委员会环境分委会制定的评价热环境的系列标准之一。本标准采用 WBGT 指数评价热作业环境和热作业人员的热负荷。

本标准中能量代谢率的单位,按卫生学要求将 ISO 7243 中的"瓦(W)"换算为"千卡(Kcal)或千焦(KJ)"同时列出,并以代谢率表示,以排除性别、年龄、体重大小等因素产生的差别。平均能量代谢率计算方法,ISO 7243 中没有明确规定,我们予以补充,ISO 7243 中 WBGT 指数只根据体力作业强度不同规定了指数温度限值,而本标准在其基础上,将热环境评价标准分为四级,即好、中、差、很差。以 ISO 7243 中规定的指数温度限值为"好"级,指数温度每增加 1℃,降低一级。

另外,在文字和编排上作了一些改动。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 都是提示的附录。

本标准由国家技术监督局提出。

本标准由全国人类工效学标准化技术委员会归口。

本标准由中国标准化与信息分类编码研究所、中国预防医学科学院劳动卫生与职业病研究所、北京劳动卫生与职业病研究所共同起草。

本标准主要起草人:于永中、滑东红、李天麟、肖惠、金书香。

ISO 前言

本国际标准是用于研究热环境的系列标准之一。

本国际标准的目的是：

—审定热环境标准中的测量方法、检验及注解所提及术语的定义；

—草拟有关热环境物理参数测量方法的说明；

—选择一种或数种这些参数的解释方法；

—确定舒适环境区域和酷热或严寒环境区域热接触的推荐值或最高值；

—草拟有关个人或集体热或冷防护措施效率的测量方法的说明。

鉴于对人体热接触问题兴趣的增长，而在此领域内，事实又缺乏文件和国家标准，因此，在没有一套完整的标准之前，有必要先公布本国际标准。

湿球黑球温度(WBGT)指数是一种经验指数，它代表个人接触的热负荷。该指数在工业环境中易于测量，热负荷指数的测量方法是介于精确测量和便于工厂测量两者之间的折衷方法。

根据分析人和环境之间热交换来评定热负荷，则使对于热负荷的评定和防护措施的分析更为精确。但是根据现有的技术条件，这种方法复杂且难以推行。因此，只有当需要对劳动条件进行直接的精确的分析时，或者除了根据 WBGT 指数的方法外，当新测量的数值超过所列参数值时才用热交换的分析手段。

制定 WBGT 指数热负荷测量方法，只是为确定兼顾两种方法优越性的指数的一个步骤。由于目前尚无这种指数，故应争取尽快建立一个能用于工业环境的国际标准。

中华人民共和国国家标准

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

GB/T 17244—1998
eqv ISO 7243:1989

Hot environments—Estimation of the heat stress on working man based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature)

1　范围

本标准规定了热作业环境和热作业人员热负荷的评价方法。

本标准适用于评价8 h工作日的平均热负荷,不适用于评价小于1 h工作的热负荷。

2　定义

本标准采用下列定义。

2.1　WBGT指数　wet bulb globe temperature index

WBGT指湿球黑球温度,是综合评价人体接触作业环境热负荷的一个基本参量,单位为度。用以评价人体的平均热负荷。它采用自然湿球温度(t_{nw})和黑球温度(t_g),露天情况下加测空气干球温度(t_a)。WBGT指数按式(1)和式(2)计算:

——室内外无太阳辐射:

$$WBGT = 0.7t_{nw} + 0.3t_g \quad \cdots\cdots(1)$$

——室外有太阳辐射:

$$WBGT = 0.7t_{nw} + 0.2t_g + 0.1t_a \quad \cdots\cdots(2)$$

2.2　热负荷　heat stress

指人体在热环境中作业时的受热程度,以WBGT指数表示,取决于体力劳动的产热量和环境与人体间热交换的特性。

2.3　平均能量代谢率　mean energy metabolic rate

指一个或多个作业人员8 h工作日内总能量消耗值的平均,单位以千卡/分·平方米(kcal/min·m^2)或千焦/分·平方米(kJ/min·m^2)表示。

3　评价标准

评价标准以WBGT指数表示。根据WBGT指数变化情况,将热环境的评价标准分为四级(见表1)。

表1　WBGT指数评价标准

平均能量代谢率等级	WBGT指数,℃			
	好	中	差	很差
0	≤33	≤34	≤35	>35
1	≤30	≤31	≤32	>32

国家技术监督局1998-03-10批准　　1998-10-01实施

需要全本请访问 www.ertongbook.com

表 1（完）

平均能量代谢率等级	WBGT 指数，℃			
	好	中	差	很差
2	≤28	≤29	≤30	>30
3	≤26	≤27	≤28	>28
4	≤25	≤26	≤27	>27

注：表 1 中“好”级的 WBGT 指数值是以最高肛温不超过 38 ℃为限。

4 环境气象条件的测量

4.1 气象参数的测量

用温度计测得的数据，常取决于温度计的物理特性，测试条件应符合 4.1.1 和 4.1.2 的有关规定。

4.1.1 自然湿球温度

自然湿球温度，是用湿球温度计测量，将温度计感温部分裹上一层湿纱布，由其自然蒸发（不加外力），因此，自然湿球温度不同于通风干湿球温度计的湿球温度。

温度计应有如下特性：

a）温度计感温部分的形状：圆柱体；

b）温度计感温部分的外径：6 mm±1 mm；

c）温度计感温部分长度：30 mm±5 mm；

d）测量范围：5℃～40℃；

e）测量精确度：±0.5℃；

f）温度计感温部分应全部覆盖白色易吸水分的材料（如棉布）；

g）温度计保护套的直径应为 6 mm，保护套的 20 mm 必须包裹湿纱布，以减少从保护套到温度计的热传递；

h）湿纱布需织成套筒状，并服贴地固定于感温部分。过紧或过松都会影响测量的准确性；

i）纱布需保持清洁；

j）纱布的下端需浸入盛有蒸馏水的槽内，纱布尾端露于空气部分的长度为 20 mm～30 mm；

k）水槽应设计成使其中的水温不会因周围辐射热而升高。

4.1.2 黑球温度

黑球温度是将温度计置于黑球中部所指示的温度。

黑球应有如下特性：

a）直径：150 mm；

b）平均辐射系数：0.95（无光泽黑球）；

c）厚度：应尽可能地薄；

d）测量范围：20℃～120℃；

e）测量精确度：

——20℃～50℃：±0.5℃；

——50℃～120℃：±1℃。

4.2 空气温度的测量

空气温度的测量，必须注意空气温度计的感温部分应有防止辐射热影响的装置，且又不妨碍感温部分空气的流通。测量的范围应在 10℃～60℃，精确度为±1℃。

5 能量代谢的测量或估算

体内产生的热量是热负荷的一个组成部分，因此有必要对其进行测量，以便评价热负荷。

能量代谢是估算作业人员热负荷的基本方法。

代谢率可用如下方法测量

——测量作业人员的氧消耗；

——或从参考表进行估算。

从参考表估算的代谢率，完全适用于 WBGT 指数。应由具一定实践经验的作业人员进行代谢率的估算。

如果没有能量代谢参考表，则可将劳动分为五级：休息、低代谢率、中代谢率、高代谢率和极高代谢率，见表 2。举例中的各活动项目，均为单项操作，不是一个人或多个人 8 h 工作日各项活动平均的能量代谢率。

表 2 能量代谢率分级

级别	平均能量代谢率 M			示例
	W/m^2 体表面积	$kcal/min \cdot m^2$	$kJ/min \cdot m^2$	
0 休息	$M \leqslant 65$	$M \leqslant 0.930$	$M \leqslant 3.892$	休息
1 低代谢率	$65 < M \leqslant 130$	$0.930 < M \leqslant 1.859$	$3.892 < M \leqslant 7.778$	坐姿：轻手工作业（书写、打字、绘画、缝纫、薄记、记帐）手和臂的劳动（小修理工具、材料的检验、组装或分类），臂和腿的劳动（正常情况下，驾驶车辆脚踏开关或踏脚） 立姿：钻孔（小型），碾磨机（小件），绕线圈，小功率工具加工，闲步（速度为 3.5 km/h 以下）
2 中代谢率	$130 < M \leqslant 200$	$1.859 < M \leqslant 2.862$	$7.778 < M \leqslant 11.974$	手和臂持续动作（敲钉子或填充）；臂和腿的工作（卡车、拖拉机或建筑设备等非运输操作）；臂和躯干的工作（风动工具操作，拖拉机装配、粉刷、间断搬运中等重物、除草，锄田，摘水果和蔬菜）；推或拉轻型独轮或双轮小车，以 3.5 km/h～5.5km/h 速度行走；锻造
3 高代谢率	$200 < M \leqslant 260$	$2.862 < M \leqslant 3.721$	$11.974 < M \leqslant 15.565$	臂和躯干负荷工作，搬重物、铲、锤锻、锯刨或凿硬木；割草、挖掘、以 5.5 km/h～7 km/h 速度行走；推或拉重型独轮或双轮车，清砂、安装混凝土板块
4 极高代谢率	$M > 260$	$M > 3.721$	$M > 15.565$	快到极限节律的极强活动；劈砍工作，大强度的挖掘；爬梯、小步急行、奔跑、行走速度超过 7 km/h

如难于估计，则最正确的方法是对作业人员进行直接测量。

6 测量

6.1 不稳定环境的测量

如果作业人员周围空间的某些参数的值不稳定，WBGT 参数就应测三个部位：头部、腹部和踝部。（如作业人员处于立位，需测离地面 0.1 m、1.1 m 和 1.7m 处，如为坐位则应测离地面 0.1 m、0.6 m 和 1.1 m 处。各项参数的测量，最好同时进行）。

WBGT 指数的平均值由式(3)计算：

$$\text{WBGT} = \frac{\text{WBGT 头} + (2 \times \text{WBGT 腹}) + \text{WBGT 踝}}{4} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

如测点已有资料或已有分析说明是稳定（不稳定性小于 5%）的，则可简化为只作腹部的测量。任何情况，如对测点有争议，则需按正常手续（三点测量）进行。

为进行 WBGT 快速测量，在最大值处进行一次测量已能满足要求。但应用这种方法会降低安全性，使热负荷估计过高，如用此方法，应在报告上注明。

如工作场所不能将温度计放于正常位置，则可将其放在接近于相同影响的环境中。

6.2 参数随时间变化的测量

如作业环境气象条件差别较大而作业人员操作位置又不固定时，则应测量 WBGT 时间的加权平均值。

计算平均值的时间基准 T 是 1 小时的劳动/休息时间，计算时从工作开始的时候算起。

一个参数的均值 $\overline{p}$（例如：代谢率、黑球温度或 WBGT 这三个参数同时测量）在时间上分成 n 段，应按式（4）计算：

$$\overline{p} = \frac{(p_1 \times t_1) + (p_2 \times t_2) + \cdots\cdots + (p_n \times t_n)}{t_1 + t_2 + \cdots\cdots\cdots + t_n} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

式中：$\overline{p}$——WBGT 时间加权均值；

$t_1+t_2+\cdots\cdots\cdots+t_n$——时间；

p_1、$p_2\cdots\cdots p_n$——时间 t_1、$t_2\cdots\cdots t_n$ 时的测量值。

测量的数目按参数变异的速度、温度计的反应特性及其精确度的要求而定。

6.3 能量代谢平均值

代谢率平均值是基于实测或参考表估计，各种单项活动的代谢率值列于表 2，单人 8 h 工作日能量消耗值，采用单项活动（包括休息）时间加权平均值，再以 kcal/min · m^2 或（kJ/min · m^2）表示。

7 测量时期和时间

7.1 测量时期

WBGT 指数的测量，只用于评价作业人员操作时的热负荷，测量应在相当于最大热负荷时进行。

7.2 测量时间

测量时间取决于测温器的反应时间，一般情况下，黑球温度需 30 min 达到稳定温度，应在稳定温度后记录 WBGT 的测量值。

8 参考值

附录 A 中 WBGT 指数值是参考值。这些值以肛温不超过 38℃为限，如超过这些值则须：

——用适当的方法直接降低作业人员的热负荷，降低劳动负荷，缩短作业时间以及使用个体防护方法；

——或用深入仔细的方法进一步分析热负荷。

一定条件下如普通着装(隔热系数 $I_{cl}=0.6$ Clo[1])体力适应性和健康状态良好,则其参考值见附录A中的表A。

这些参考值代表个体长时间劳动的热负荷的平均值。其数值不考虑个体短时间(几分钟)接触极强高温或极强体力活动的热负荷值。事实上在这种情况下的热负荷已超过允许值。

如果对所取的代谢率有怀疑,应选用高一级的值作为其参考值;用测量或估算都不可能时,采用表A中的4级。

注

1 如所穿的衣服并非普通服装(可透过空气和水蒸汽隔热系数 $I_{cl}=0.6$ Clo[1]),参考值需按服装特性及其环境作修正。一般说来,如衣服不透水蒸汽,则应降低参考值。相反,如穿反射性衣服,则参考值可升高。这些情况,由于难作相互关系的估计,在衣服特性明显不同于特定的服装时,最好向专家咨询。

2 附录B是WBGT的指导性参考值。此值假定休息地点的WBGT值等于或接近于工作地带的WBGT值所制定的各种劳动/休息时间参考值。

3 先前未接触过热环境的人,要有7天的适应过程,在这7天内逐步增加热负荷量,可获得部分适应性。附录B是一个逐步增加工作时间并减少休息的适应方法的一个例子。

9 测量报告

个体在特定热环境条件下的热负荷测量报告需有下列数据:

a) 测量地点(例如工厂、车间、作业场所)。

b) 测量时间(年、月、日、时)。

c) 测量单位或测量人。

d) 参数的测量或估算的详细结果。

e) WBGT的平均值及其位于有关参考值中的等级。

附录C 评价报告格式举例。

1) 服装隔热单位:1 Clo=0.155 $m^2 \cdot K/W$。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

附 录 A
（提示的附录）
WBGT 指数的参考值表与给定条件相应的参考值

表 A1 WBGT 指数的参考值表与给定条件相应的参考值

代谢率等级	代谢率 M		WBGT 参考值			
	瓦/平方米体表面积 W/m^2	整体(平均体表面积 1.8m^2),W	对高温已适应性者 ℃		对高温未适应性者 ℃	
0	$M\leqslant 65$	$M\leqslant 117$	33		32	
1	$65<M\leqslant 130$	$117<M\leqslant 234$	30		29	
2	$130<M\leqslant 200$	$234<M\leqslant 360$	28		26	
3	$200<M\leqslant 260$	$360<M\leqslant 468$	感觉无风 25	感觉有风 26	感觉无风 22	感觉有风 23
4	$M>260$	$M>468$	23	25	18	20
注：WBGT 指数值是以肛温不超过 38℃为限。						

附 录 B
（提示的附录）
WBGT 参数值的曲线及热适应的方法

B1 各种劳动/休息时间的 WBGT 参考值的曲线

不同 WBGT 指数值、不同劳动负荷下的劳动与休息时间率的分配，见图 B1。

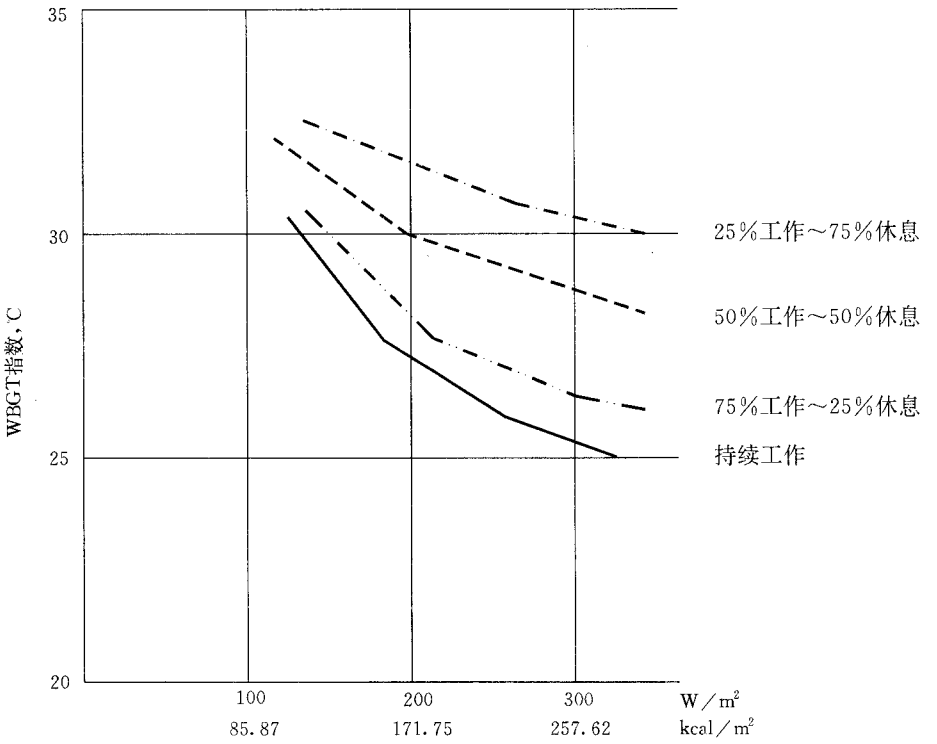


图 B1 各种劳动/休息时间的 WBGT 参考值的曲线

B2 热适应方法

B2.1 热适应是从生理适应过程所得的一种状态。当人体在接触高温的一段时间内，这个适应过程增加机体耐热力。如热负荷条件相同，热适应者比未适应者的生理负荷强度相对小些。

B2.2 适应性可由人工获得，即在适应室作反复的控制性的接触；或自然获得，即在其工作条件下先短时间接触，然后时间逐渐延长。

适应者和未适应者的劳动/休息时间，按本标准和附录 A 的 WBGT 参考值决定。未适应者在适应过程中的工作时间需逐步延长，其适应期至少 7 天。

附 录 C
（提示的附录）
评价报告示例

表 C1 评价报告示例

<table>
<tr><td colspan="3">测量单位：</td><td colspan="4">热环境 WBGT(湿球黑球温度)
热负荷指数的测量</td><td colspan="2">日期：
编号：</td></tr>
<tr><td colspan="9">测量地点(必要时在背面画图标明测点)：</td></tr>
<tr><td colspan="6">测量日期： 年 月 日 时</td><td colspan="3">室外气象条件：</td></tr>
<tr><td colspan="6">作业人员的适应程度</td><td colspan="3">衣着：</td></tr>
<tr><td colspan="9">计算 WBGT 时间加权均值</td></tr>
<tr><td colspan="9">测 量 或 估 计 的 详 细 结 果</td></tr>
<tr><td rowspan="2">参数</td><td colspan="2">测量的读数</td><td colspan="4">位置高低</td><td rowspan="2">接触时间</td><td rowspan="2">平均值</td></tr>
<tr><td>连续测量(参看曲线第…)</td><td>非连续测量</td><td>稳定的环境</td><td colspan="3">不稳定的环境</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>头部</td><td>腹部</td><td>踝部</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>黑球温度 t_g，℃</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>自然湿球温度 t_{nw}，℃</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>空气温度 t_a，℃</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>WBGT(测量或计算)℃</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>代谢率 M W/m²</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="9">评议：</td></tr>
<tr><td colspan="9">总 结 果</td></tr>
<tr><td colspan="9">WBGT 热负荷指数</td></tr>
<tr><td rowspan="2">衣服 I_{cl} = 0.6 Clo 的 WBGT 参考值</td><td colspan="2">已热适应</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="2">未热适应</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="9">根据所穿衣服的 WBGT 参考值：</td></tr>
<tr><td colspan="9">结论：</td></tr>
</table>

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
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
GB/T 17244—1998
*
中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码:100045
电 话:68522112
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印
*
开本 880×1230 1/16 印张 3/4 字数 17 千字
1998 年 7 月第一版 1998 年 7 月第一次印刷
印数 1—1 500
*
书号:155066·1-14945 定价 10.00 元
*
标 目 341—20

GB/T 17244-1998