



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 18048—2000  
eqv ISO 8996:1990

---

## 人类工效学 代谢产热量的测定

Ergonomics—Determination of metabolic heat production

2000-04-11 发布

2000-12-01 实施

国家质量技术监督局 发布

# 目 次

前言 .....	Ⅲ
ISO 前言 .....	Ⅳ
1 范围 .....	1
2 引用标准 .....	1
3 方法与准确度 .....	1
4 估算代谢率用表 .....	2
5 代谢率的测定 .....	4
附录 A(提示的附录) 不同活动代谢率的分类 .....	9
附录 B(提示的附录) 根据职业的代谢率分类 .....	9
附录 C(提示的附录) 标准人的数据 .....	10
附录 D(提示的附录) 不同身体姿势、不同工作类型及不同工作速度的人体活动代谢率 .....	11
附录 E(提示的附录) 典型活动的代谢率 .....	13
附录 F(提示的附录) 在一工作周期中平均代谢率计算举例 .....	14
附录 G(提示的附录) 根据所测数据计算代谢率的实例 .....	15

## 前 言

本标准等效采用 ISO 8996:1990《人类工效学 代谢产热量的测定》。

本标准与 ISO 8996:1990 的不同之处在于：

- 1) 对第一章作了文字性修改并删除了引言部分；
- 2) 由于原国际标准给出的 7 个标准的附录(附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G)的内容仅是对参考数据和举例说明的描述,本标准全部更改为提示的附录。

本标准是研究热环境的系列标准之一。可利用本系列标准中所给的方法评价舒适程度。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G 是提示的附录。

本标准由国家质量技术监督局提出。

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共同起草。

本标准主要起草人：滑东红、李天麟、刘伟、陈泓、李彦琴。

## ISO 前言

国际标准化组织(ISO)是一个由各国的权威性标准化团体(ISO 成员团体)组成的国际联合会。国际标准的起草工作通常由 ISO 技术委员会完成。对技术委员会已经设立的项目感兴趣的每个成员团体都有权参加该委员会。同 ISO 有联系的政府的和非政府的国际组织,也可参加其工作。ISO 在所有涉及电工技术标准化问题方面都与国际电工委员会(IEC)保持密切合作。

由技术委员会采纳的国际标准草案都要送交各成员团体表决。国际标准的发布需要 75% 以上的成员团体投赞成票。

国际标准 ISO 8996 是由 ISO/TC 159/SC5(人类工效学:物理环境分委会)制定的。

附录 A 到附录 G 是本国际标准的组成部分。

人类工效学 代谢产热量的测定

Ergonomics—Determination of metabolic heat production

1 范围

本标准规定了人体代谢产热量的测定方法。

本标准适用于代谢产热量的测定,也适用于人体热调节、体力劳动、体育活动或特定工种的热能消耗的评价。

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。

ISO 7933:1989 热环境 利用计算需要出汗率分析测定和表述热负荷

ISO 9886:1992 人类工效学 用生理学方法评价热紧张

3 方法与准确度

由于机体所产生的能量大部分都转化为热能,被称为有用功的机械功部分通常忽略不计,因此可将代谢产热量视为代谢率(见 ISO 7933)。

测定代谢率的三种类别和方法见表 1。

表 1 测定代谢率的三种类别和方法

类别	方 法	准 确 度	作业现场调查
I	A——根据活动的种类估算	数据粗略,误差大	不必要
	B——根据职业种类估算		需要有关技术设备和工作组织的信息
II	A——应用组群评价表	误差较大 准确度:±15%	需要工时测定
	B——应用特定活动评估表		不必要
	C——在规定条件下应用心率		
III	测量	误差较小 准确度:±5%	需要工时测定

第 I 类给出了两种评估能量代谢的方法:A 法是根据活动的种类进行估算;B 法是根据职业进行估算。这两种方法都只是粗略地反映了不同活动或职业的能量代谢率,不需要进行作业现场调查。

第 II 类 A 法是把基础代谢与不同姿势的代谢率、工作类型的代谢率以及与工作速度有关的人体动作的代谢率(见表 1 中的 II . A)相加得到代谢率。B 法是利用不同活动的评估表来判定代谢率,但误差较大。需要进行工时测定以确定不同活动周期的工作代谢率。C 法是应用心率来判定代谢率。这种间接测量代谢率的方法是根据在一定条件下,氧耗量与心率之间的相关关系进行的。

第 III 类是通过直接测量测得代谢率。在测量时需要作详细的工时测定。

每种方法的准确度都是由几种因素决定的。

当观察某个人在一次完成一件任务时,应考虑由于测试者受训练程度不同,以致在使用这些表格时会对结果产生很大影响的因素。在利用第Ⅱ类C法时,在考虑氧耗量与心率关系的准确性时,不应忽视由于测试者受训程度、熟练程度的差异等因素对测定结果的影响。在第Ⅲ类中,测量的准确度(测量气体体积和氧所占的百分数)将决定误差的程度,表1中所给的准确度已经考虑了这些因素。

此外,其他因素如个体、工作设备、工作速度、工作技术等差别都能影响每种方法的准确度(见4.6.2)。

因此结果的准确性及其费用从第Ⅰ至Ⅲ类逐步增加。直接测量的准确性最高。应尽可能地使用最准确的方法。

## 4 估算代谢率用表

### 4.1 按活动种类对代谢率进行估算

利用附录A表A1中的分类,可以大致估算代谢率。其中,每一给定活动的代谢率分别归属于五种类别之一(休息、低代谢率、中等代谢率、高代谢率、极高代谢率)。附录A中表A1给出了包括短时休息及分类的实例。

### 4.2 按职业估算代谢率用表

附录B中表B1给出不同职业的代谢率。所给数值是全部工作时间的平均值,但是没有考虑较长时间的休息暂停,例如,午餐时间。由于技术、工作内容、工作组织等的差别可有明显的变化。

### 4.3 按照工作的不同估算代谢率用表

人在工作中的代谢率可通过将不同的工作内容加起来进行估算。为此目的,需对作业现场进行调查。

代谢率是下列几部分之和:

- a) 基础代谢率;
- b) 身体姿势部分;
- c) 工作类型部分;
- d) 与工作速度有关的部分。

基础代谢率是当受试者在指定条件下处于卧姿休息状态时的代谢率。

基础代谢率(BM)与体重、身高、年龄及性别有关。这些因素对于BM的影响很小,因此代谢率可采用近似值,对于男性,其值为44 W/m<sup>2</sup>,对于女性,其值为41 W/m<sup>2</sup>。为了给出可比较数值,在本标准附录C的表C1中给出标准人的数值。

在附录D的表D1中给出了不同姿势的代谢率,表D2为不同类型工作的代谢率,表D3为与工作速度有关的人体活动的代谢率,表D4和表D5举出利用这些方法的实例。

### 4.4 典型活动的代谢率用表

代谢率的数值可从附录E的表E1得到,这些数值是根据测量得出的。

### 4.5 一个工作周期的代谢率

为测定一个工作周期的全部代谢率,需要进行工时和操作的详细描述,如每个活动的持续时间、所行走的距离、所攀登的高度、搬运的重量、所作动作的数目等。

一个工作周期代谢率是按着下面公式计算的,从测定每个活动的代谢率以及所持续的时间得出。

$$M = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n M_i t_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:  $M$ ——平均代谢率, W/m<sup>2</sup>;

$M_i$ ——单项活动代谢率, W/m<sup>2</sup>;

$T$ ——工作周期的持续时间, s;

$t_i$ ——单项活动的持续时间,s。

附录 F 中给出一实例。

#### 4.6 代谢率用表的使用要求

##### 4.6.1 数值标准化

附录 C 中规定了相对于标准人的标准数值,以便与不同来源的数值进行比较。对某些特殊活动,包括与体重相关的动作,例如登高走或举重是需要的。

##### 4.6.2 数值偏差

由于下列因素的影响,所给数值可在一定限度内变动:

- a) 工作技术;
- b) 工作速度;
- c) 不同工作设备的差别。

对于同一工作,在同一工作条件下,不同的人的代谢率可有不同,其偏差约为 $\pm 5\%$ 。

对于熟悉这种活动的一些人,其代谢率的变化约为实验条件下的 $5\%$ 。在现场条件下,即所测定的每一活动不是确切地在每一试验中都完全一致,其代谢率可能有 $20\%$ 或更多的变动。

##### 4.6.3 气候的影响

本标准中所给出的代谢率适用于中等热环境,在热或冷环境中代谢率可能升高。

在热环境下,由于心率和出汗量增加的缘故,代谢率最多可能增加 $5\text{ W/m}^2$ 或 $10\text{ W/m}^2$ 。

在冷环境下,当发生寒颤时,代谢率最大可能增加到 $200\text{ W/m}^2$ ,穿厚服装也能增加代谢率。

##### 4.6.4 工作与休息时间长度的影响

表 D1 至 D5 及表 E1(见 4.3 和 4.4)不适用于工作时间短和休息时间较长的工作,因为这将导致产生高的代谢率水平。图 1 中阴影区表示其界限,不能应用阴影区中表示的数值(见 4.3 和 4.4),图 1 只适用于休息期间当肌肉完全放松时的情况。

例 1(见图 1)显示 8 min 休息及 1 min 工作的工作节律。在这种情况下,不能用代谢率表(见 4.3 和 4.4)。在白色区域内,活动中包括一定比例工作时间(如例 2),可以应用这些表中数值。

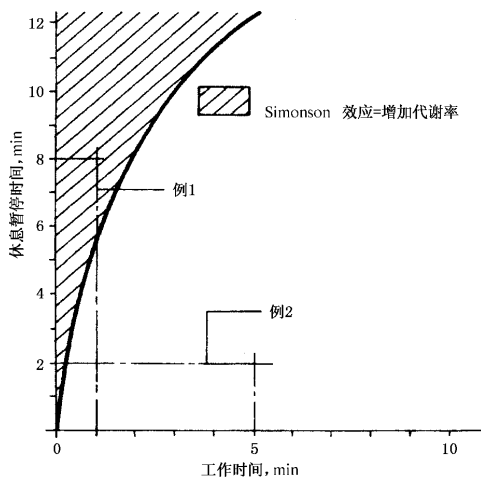


图 1 代谢率增高区段

由于 Simonson 效应,会使代谢率升高,这取决于工作类型和所使用的肌肉群。问题比较复杂,有待进一步研究。

##### 4.6.5 代谢率数值的改动

此为试读,需要完整PDF请访问: [www.ertongbook.com](http://www.ertongbook.com)

当工作速度与表中所给的不同时(见 4.3 与 4.4),可在所给速度 $\pm 25\%$ 范围内采用内插法对代谢率数值进行改动。

## 5 代谢率的测定

### 5.1 直接测定代谢率

下面给出的代谢率测量方法已经过许多现场应用验证和实验室分析的检验。其他方法仍需利用所收集的数据按本法进行验证。

#### 5.1.1 测量方法

两种主要测定代谢率的方法:

- a) 部分法;
- b) 整体法。

部分法用于轻的和中等强度的工作,整体法用于短时间的大强度工作。采用不同方法是基于以下原因:在轻的和中等强度的工作中,氧的摄取在短时间的工作之后即能达到需氧量,氧的摄取达到稳定状态并等于人的需氧量。在大强度工作情况下,需氧量高于摄氧量,并且,在极大强度工作情况下,需氧量高于最大摄氧量。在大强度工作时,氧的摄取达不到氧的需要量,所缺的氧在工作停止之后才能达到平衡。为此,测量应包括工作中及工作后的恢复时间。整体法适用于氧消耗量超过每小时 60 L 的氧(相当于每分钟 1 L 的氧)的情况。

图 2 给出部分法的实施步骤。工作开始时,不收集呼出气。在 3 min~5 min 后当氧耗量达到稳定状态时,约 5 min(初始阶段)后,在工作进行中开始采集呼出气。工作继续 5 min~10 min(主要阶段),采集气体,或完全采集(如用 Douglas 袋),或定期采集(如用一气体流量计),当工作停止时结束采集。从中抽取一定量样品进行气体分析。当用部分法时要注意工作代谢率要小于长期应激限度。

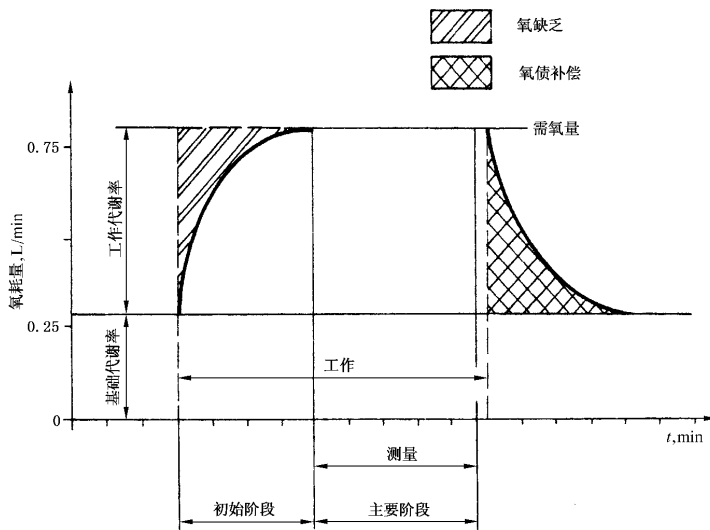


图 2 用部分法测定代谢率

用整体法(见图 3),呼出气是在工作开始就立即收集,工作继续一定时间后,通常不多于 2 min~3 min(主要阶段)。在工作结束时,让受试者坐下,测量继续进行直至恢复到休息的数值。在恢复阶段,工作中的氧债逐渐得到恢复。由于测量是包括工作(主要阶段)及坐姿活动(恢复阶段),所测代谢率的数值中应减去坐姿时所需代谢率,以取得只与工作有关的代谢率(见 5.1.4.2)。

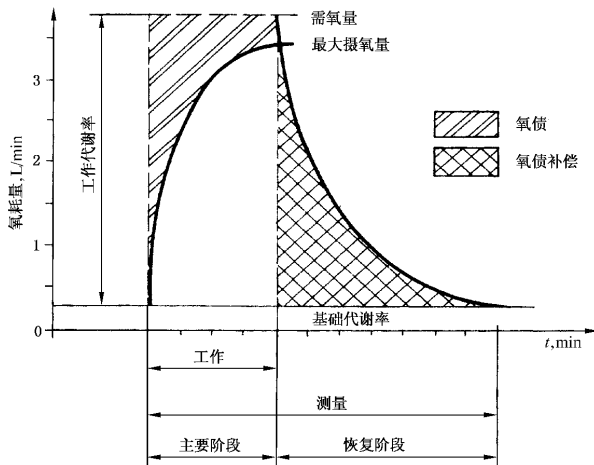


图 3 用整体法测量代谢率

应该记录工作的时间及重复活动的频率,以便进一步评价其结果并与文献中的代谢率数据进行比较。附录 G 中给出计算代谢率的实例。

5.1.2 用氧耗量测定代谢率

由于人体只能储存很少量的氧,所以需通过呼吸作用不断地从大气中摄取氧。如果不能直接供给氧,肌肉在无直接供氧下只能工作很短时间,对于较长时间的工作,氧化代谢是其主要能量来源。通过测量氧的消耗可以确定代谢率。利用氧的能量当量(EE)将氧消耗转化为代谢率。

能量当量取决于呼吸商 RQ 值的大小(见公式 2)。在确定代谢率时,采用平均呼吸商(RQ),即 0.85,因此能量当量 EE 等于 5.68 W · h/L O<sub>2</sub>。在这种情况下,不需要测量 CO<sub>2</sub> 的生成。最大误差为 ±3.5%。通常误差不超过 1%。

为此,代谢率的测定公式为(2),(3)、(4)及(5)。

$$RQ = \frac{\dot{V}_{CO_2}}{\dot{V}_{O_2}} \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $\dot{V}_{O_2}$ ——耗氧量,L/h;

$\dot{V}_{CO_2}$ ——产生的二氧化碳,L/h;

RQ——呼吸商。

$$A_{Du} = 0.202 \times W_b^{0.425} \times H_b^{0.725} \dots\dots\dots (3)$$

式中:  $A_{Du}$ ——体表面积,m<sup>2</sup>;

$W_b$ ——体重,kg;

$H_b$ ——身高,m;

$$EE = (0.23RQ + 0.77) \times 5.88 \dots\dots\dots (4)$$

式中: EE——能量当量,W · h/L O<sub>2</sub>;

RQ 参见式(2)。

$$M = EE \times \dot{V}_{O_2} \times \frac{1}{A_{Du}} \dots\dots\dots (5)$$

式中: M——代谢率,W/m<sup>2</sup>;

EE 参见式(4), $\dot{V}_{O_2}$ 参见式(2), $A_{Du}$ 参见式(3)。

5.1.3 氧耗量的测定

需要测量和记录以下数据以确定氧的摄取：

- a) 个人资料：性别、体重、身高、年龄；
- b) 测量方法；
- c) 测量时间；
  - 部分法：主要阶段；
  - 整体法：主要阶段和恢复阶段；
- d) 大气压力；
- e) 呼出气体积；
- f) 呼出气温度；
- g) 呼出气中氧所占的百分数，如果测定 RQ 时需用；
- h) 呼出气中 CO<sub>2</sub> 所占百分数。

5.1.3.1 STPD 换算系数的计算

气体体积需按标准状态(STPD 即  $t=0^{\circ}\text{C}$ ,  $p=101.3\text{ kPa}$ , 干燥气体)来计算。由于所收集的气体都是饱和水蒸气(其饱和水蒸气压是温度的函数),而温度是在室温条件下测量的(ATPS 状态:大气温度与大气压力,饱和),换算系数  $f$  可从下面的公式利用水蒸气的分压来计算(见表 2)。

$$f = \frac{273(p - p_{\text{H}_2\text{O}})}{(273 + t) \times 101.3} \dots\dots\dots (6)$$

式中： $f$ ——STPD 换算系数；

$p$ ——测量的大气压，kPa；

$p_{\text{H}_2\text{O}}$ ——饱和水蒸气的分压，kPa，(见表 2)；

$t$ ——呼出气的温度(在气体流量计中或用 Douglas 袋时测量的大气温度)， $^{\circ}\text{C}$ 。

如果收集到的呼出气在环境中受热高于  $37^{\circ}\text{C}$  以上，需用  $37^{\circ}\text{C}$  的饱和水蒸气压，此时  $p_{\text{H}_2\text{O}}=6.27\text{ kPa}$ 。

如果收集到的呼出气温度不高于  $37^{\circ}\text{C}$ ，其饱和水蒸气压见表 2。

表 2 10 $^{\circ}\text{C}$ ~37 $^{\circ}\text{C}$  范围内(按 1 $^{\circ}\text{C}$  分级表示的)饱和水蒸气压 kPa

温度( $^{\circ}\text{C}$ )	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1.23	1.31	1.40	1.50	1.60	1.70	1.82	1.94	2.06	2.20
20	2.34	2.49	2.64	2.81	2.98	3.17	3.36	3.56	3.78	4.00
30	4.24	4.49	4.75	5.03	5.32	5.62	5.94	6.27	—	—

5.1.3.2 呼出气体积按 STPD 状态计算

$$V_{\text{ex,STPD}} = V_{\text{ex,ATPS}} \times f \dots\dots\dots (7)$$

式中： $V_{\text{ex,STPD}}$ ——呼出气体积，L(在 STPD 状态下)；

$V_{\text{ex,ATPS}}$ ——呼出气体积，L(在 ATPS 状态下)；

$f$  已在 5.1.3.1 式(6)中说明其意义。

5.1.3.3 单位时间呼出气体积的计算

$$\dot{V}_{\text{ex}} = \frac{V_{\text{ex,STPD}}}{t} \dots\dots\dots (8)$$

式中： $\dot{V}_{\text{ex}}$ ——单位时间呼出气体积，L/h；

$V_{\text{ex,STPD}}$  参见式(7)。

$t$ ——采气时间  $V_{\text{ex,STPD}}$  参见式(7)。(即部分法中的主要阶段及整体试验中的主要阶段和恢复阶段)，h。

5.1.3.4 氧耗量的计算

$$\dot{V}_{O_2} = \dot{V}_{ex} \times (0.209 - F_{O_2}) \dots\dots\dots(9)$$

式中： $\dot{V}_{O_2}$ ——氧耗量，L/h；  
 $F_{O_2}$ ——呼出气中氧所占的百分数。

5.1.3.5 CO<sub>2</sub>生成的计算

$$\dot{V}_{CO_2} = \dot{V}_{ex} \times (F_{CO_2} - 0.0003) \dots\dots\dots(10)$$

式中： $\dot{V}_{CO_2}$ ——产生的CO<sub>2</sub>，L/h；  
 $F_{CO_2}$ ——呼出气中二氧化碳占的百分数。

5.1.3.6 呼出气体积的收缩效应

如RQ不等于1，吸入与呼出气体积不相等，可利用下面的公式考虑收缩效应。

$$\dot{V}_{O_2} = \dot{V}_{ex}[0.265(1 - F_{O_2} - F_{CO_2}) - F_{O_2}] \dots\dots\dots(11)$$

$$\dot{V}_{CO_2} = \dot{V}_{ex}[F_{CO_2} - (1 - F_{O_2} - F_{CO_2})0.380 \times 10^{-3}] \dots\dots\dots(12)$$

5.1.4 代谢率的计算

5.1.4.1 部分法

利用式(5)可从氧摄取及能量当量确定代谢率。

5.1.4.2 整体法

当使用整体法时，要进行下列计算，因为只有所确定的总代谢率及在恢复阶段活动的已知代谢率(如，坐姿)才与工作本身代谢率有关。

首先从部分法得到代谢率，然后进行下面的转换，

$$M = \left( M_p \times \frac{t_m + t_r}{t_m} \right) - \left( M_s \times \frac{t_r}{t_m} \right) \dots\dots\dots(13)$$

式中： $M$ ——纯劳动代谢率，W/m<sup>2</sup>；  
 $M_p$ ——部分法测得的代谢率，W/m<sup>2</sup>；  
 $M_s$ ——坐姿时的代谢率，W/m<sup>2</sup>；  
 $t_m$ ——主要阶段的时间，min；  
 $t_r$ ——恢复阶段的时间，min。

5.2 利用心率估算代谢率

在从事体力工作(没有热紧张和精神负荷)时，可以通过测量工作时的速率估算代谢率。如果考虑上述的限制，此法可比第1类和第2类方法估算的更精确(见表1)，但不像测量氧耗量那么复杂，而氧耗量法可提供最准确的结果。

心率可连续记录，例如用电测定仪，或用准确性较低的，通过数脉搏(见ISO 9886)也可得到。

总心率HR<sub>OH</sub>可认为是几个部分心率的总和。

$$HR_{OH} = HR_O + \Delta HR_M + \Delta HR_S + \Delta HR_T + \Delta HR_N + HR_E \dots\dots\dots(14)$$

式中： $HR_O$ ——在休息状态处于中等热环境，(M=BM)下测定的心率，次/min；  
 $\Delta HR_M$ ——在中等热环境条件下，由于动态肌肉负荷增加的心率，次/min；  
 $\Delta HR_S$ ——由于静态肌肉工作导致增加的心率，次/min；  
 $\Delta HR_T$ ——由于热紧张导致增加的心率，次/min；  
 $\Delta HR_N$ ——由于精神负荷所增加的心率，次/min；  
 $\Delta HR_E$ ——残余的心率，例如，由呼吸效应所引起的，次/min。

静态成分 $\Delta HR_S$ 取决于所用的力与工作肌肉群的最大自主用力之间的关系。热紧张导致增加的心

率  $\Delta HR_T$  见 ISO 7933。

平均心率  $HR_{\Delta t}$ ，可在固定的时间间隔(例如 1 min)内计算，或在不同工作周期中或整个工作班的时间内计算。

如果考虑利用大肌肉群进行动态工作，就代谢率而言，在中等热环境情况下，代谢率与心率呈线性关系。

在有相当大的热负荷、静态肌肉工作、使用小肌肉群进行的动态工作或有精神负荷存在时，心率与代谢率关系的形式及斜率将发生改变。

### 5.3 心率与代谢率的关系

心率与代谢率的关系的测量是在一定肌肉负荷的不同阶段记录心率。对心率与相应的氧耗量或所完成的体力工作是在动态肌肉工作的不同负荷阶段进行测量的。由于工作的种类(自行车功量计，台阶试验，踏步机)、负荷阶段的顺序以及时间都对两项参数(心率及代谢率)产生一定影响，因此要用标准化程序。

通常，在以下范围内常表现为线性关系。

——120 次/min 以上，精神因素可以忽略不计；

——达到低于该受试者最大心率 20 次/min，因为高于此值，心率将趋于极限。

个体的最大心率可达 200 减去该受试者的年龄。

计算在这范围内数据的回归，可以从公式(15)测定  $HR_0$  及  $RM$ 。

$$HR = HR_0 + RM(M - BM) \dots\dots\dots(15)$$

式中： $M$ ——代谢率， $W/m^2$ ；

$BM$ ——基础代谢率， $W/m^2$ ；

$RM$ ——每单位代谢率增加的心率数；

$HR_0$ ——在中等热环境下，在卧位休息情况时的心率。

将公式(15)转化为：

$$M = 1/RM(HR - HR_0) + BM \dots\dots\dots(16)$$

即能得到所测心率与代谢率的关系。

如不太精确地粗略计算，可用下式计算：

$$M = 4.0 \times HR - 255 \dots\dots\dots(17)$$

## 附录 A

(提示的附录)

## 不同活动代谢率的分类

不同活动代谢率的分类见表 A1。

表 A1 代谢率的分类

分 类	用于计算平均代谢率的数据		举 例
	W/m <sup>2</sup>	W	
0 休息	65	115	休息
1 低代谢率	100	180	自由坐姿；轻度的手工工作(写字、打字、绘画、缝纫、记帐)；手与臂工作(小修理工作、检验、组装或分检轻物件)；臂与腿的工作(常规情况下驾驶车辆、操作脚下开关与踏板)。 站：钻(小部件)、研磨机(小部件)、绕线圈、绕小转子、操作低功率工具、有意识的步行(速度可高达 3.5 km/h)。
2 中等代谢率	165	295	持续的手与臂工作(锤钉子、填料)；臂与腿工作(轨道外操作平台车、卡车或建筑设备)；臂与躯体工作(使用汽锤、组装卡车、抹灰、间隔地使用中度重材料、除草、锄地、采摘水果与蔬菜、推或拉轻型小货车或小推车，步行速度 3.5 km/h~5.5 km/h)。
3 高代谢率	230	415	剧烈的手臂与躯干工作；携带重物、铲、用长柄大锤工作、锯、刨或凿硬木、用手收割、挖、步行速度 5.5 km/h~7 km/h。 推或拉重负荷手推车、切削铸件、安装水泥板。
4 极高代谢率	290	520	快速及最大节律的剧烈活动、用斧工作、快速铲或挖、攀登楼梯、坡道、梯子、小步伐快速行走、跑、步行速度大于 7 km/h。

## 附录 B

(提示的附录)

## 根据职业的代谢率分类

根据职业的代谢率分类见表 B1。

表 B1 不同职业的代谢率

职 业	代谢率, W/m <sup>2</sup>
工匠	
砌砖工	110~160
木工	110~175
玻璃工	90~125
油漆工	100~130
面包师	110~140
屠宰工	105~140
钟表修理工	55~70
采矿业	
运输工(井上)	70~85
运输工(井下)	140~240

表 B1(完)

职 业	代谢率, W/m <sup>2</sup>
煤焦炉工	115~175
钢铁工业	
鼓风炉工	170~220
电炉工	125~145
用手操作的铸工	140~240
用机器操作的铸工	105~165
翻砂工	140~240
冶金业	
打铁	90~200
焊接	75~125
车工、旋工	75~125
钻机操作工	80~140
精密机器工	70~110
书写职业	
排字工	75~95
书籍装订工	75~100
农业	
园艺工	115~190
拖拉机司机	85~110
交通	
汽车司机	70~90
公共汽车司机	75~125
有轨电车司机	80~115
无轨电车司机	80~125
起重机司机	65~145
其他职业	
实验室助理员	85~100
教师	85~100
女售货员	100~120
秘书	70~85

附 录 C  
(提示的附录)  
标准人的数据

在本标准中代谢率的数据是以标准人为基础。在涉及与体重有关的动作时应需特别予以考虑。例如,登高或举重,因为在这些活动中体重可影响代谢率。标准人的数据见表 C1。

表 C1 标准人的数据

项 目	男 性	女 性
身高( $H_b$ ), m	1.7	1.6
体重( $W_b$ ), kg	70	60
体表面积( $A_{Du}$ ), m <sup>2</sup>	1.8	1.6
年龄( $A$ ), y	35	35
基础代谢率, W/m <sup>2</sup>	44	41

## 附录 D

(提示的附录)

## 不同身体姿势、不同工作类型及不同工作速度的人体活动代谢率

## D1 按不同组成部分估算代谢率

不同身体姿势、不同工作类型及不同工作速度的人体活动代谢率(见表 D1、表 D2 和表 D3)中不包括基础代谢率。

表 D1 给出了各种身体姿势的代谢率。

表 D1 不同身体姿势的代谢率

身体姿势	代谢率, W/m <sup>2</sup>
坐	10
跪	20
蹲	20
站	25
弯腰站立	30

表 D2 中给出了按工作类型分类的数据。当使用此表时,首先应使用该工作类型的平均值,只有掌握更多的经验后才能使用某特定范围的数据(与所测数据进行比较)。

表 D2 不同工作类型的代谢率

工作类型	代谢率, W/m <sup>2</sup>	
	平均值	范围
手工工作		
轻	15	<20
中等	30	20~35
重	40	>35
单臂工作		
轻	35	<45
中等	55	45~65
重	75	>65
双臂工作		
轻	65	<75
中等	85	75~95
重	105	>95
躯体工作		
轻	125	<155
中等	190	155~230
重	280	230~330
极重	390	>330

虽然代谢率因运动的速度而有不同,但在一定速度范围,对于某一工作活动,其代谢率是恒定的。这就有可能从某一活动的数值去考虑计算代谢率,就是使所给数值与工作速度相乘。

表 D3 不同工作速度的代谢率

工 作 类 型	不同工作速度的代谢率 (W/m <sup>2</sup> )/(m/s)
与距离相关的工作速度	
步行, 2 km/h~5 km/h	110
步行登山, 2 km/h~5 km/h	
上行 5°	210
上行 10°	360
步行下山, 5 km/h	
下行 5°	60
下行 10°	50
负重步行, 4 km/h	
10 kg	125
30 kg	185
50 kg	285
与高度有关的工作速度	
步行上楼梯	1 725
步行下楼梯	480
向上爬斜梯子	
不负重	1 660
10 kg	1 870
50 kg	3 320
向上爬直梯子	
不负重	2 030
10 kg	2 335
50 kg	4 750

## D2 应用分组表计算的实例

下列实例中的数据不是普遍可行的,只能在特定工作情况中应用。例如,对“刨平”这一活动,由于木材硬度不同,可得到略高或略低的数值。

表 D4 利用分组表估算不同工作类型代谢率的实例

序号	活 动	代谢率, W/m <sup>2</sup>				
		基础代谢率男性	身体姿势	工作类型	身体动作	结果
1	在草坪上耙树叶(慢步走,双臂轻工作)	44	0	65	60	170
2	用手刨板条(弯腰站立,轻体力劳动)	44	30	125	0	200
3	填充铁路线道渣,用一丁字镐夯实(弯腰站立,重体力劳动)	44	30	280	0	355
4	推一辆汽车(步行、重体力劳动)	44	0	280	120	445

注: 这种方法的准确度有限,其结果误差为±5 W/m<sup>2</sup>。

表 D5 利用不同工作速度的代谢率计算代谢率的实例

活 动	时间,s	距离,m 或 高度,m	速度,m/s	不同工作速度的代谢率 (W/m <sup>2</sup> )/(m/s)	基础代谢率,W/m <sup>2</sup>	代谢率,W/m <sup>2</sup>
行走负重 50 kg	180	200	1.11	285	45	360
行走	300	350	1.17	110	45	175
步行、上楼梯	45	10	0.22	1 725	45	425

## 附 录 E

(提示的附录)

## 典型活动的代谢率

典型活动的代谢率见表 E1。

表 E1 典型活动的代谢率

序号	活 动	代谢率,W/m <sup>2</sup>	序号	活 动	代谢率,W/m <sup>2</sup>
1	基本活动			绑钢筋	130
1.1	在平坦路面上步行		2.1.2	浇灌混凝土(预应力混凝土)	180
	2 km/h	110	2.1.3	建筑-住宅	
	3 km/h	140		搅拌水泥	155
	4 km/h	165		浇筑水泥	275
	5 km/h	200		振动法使混凝土坚实	220
1.2	上山,3 km/h			形成模块	180
	斜度 5°	195		往手推车上装石子与灰浆	275
	斜度 10°	275	2.2	钢铁工业	
	斜度 15°	390	2.2.1	鼓风炉	
1.3	下山,5 km/h			为出铁准备流道	340
	斜度 5°	130		出铁	430
	斜度 10°	115	2.2.2	铸造(手工铸造)	
	斜度 15°	120		制造中等大小铸件	285
1.4	上楼梯(每级 0.172 m)			用汽锤撞击铸件	175
	每分钟 80 级	440		制作小铸件	140
1.5	下楼梯(每级 0.172 m)		2.2.3	机器制作铸件	
	每分钟 80 级	155		浇铸	125
1.6	负重运输 4 km/h			浇铸,一人用铸勺	220
	质量 10 kg	185		浇铸,二人用铸勺	210
	质量 30 kg	250		浇铸,铸勺挂在起重机上	190
	质量 50 kg	360	2.2.4	修补工作	
2	职业			使用气锤工作	175
2.1	建筑业			研磨、切割	175
2.1.1	砌砖(在同一位置砌墙)		2.3	林业	
	实心砖(3.8 kg)	150	2.3.1	运输及用斧工作	
	空心砖(4.2 kg)	140		在森林中步行与运输	285
	空心砖(15.3 kg)	125		(重量 7 kg,4 km/h)	
	空心砖(23.4 kg)	135		携带电锯(18 kg)	385
2.1.2	装配完好的混凝土结构,			4 km/h	
	制作和修整横板			用斧工作(2 kg 重,33 次/min)	500
	(预应力混凝土盖)	180		用斧砍断根须	375
				砍树枝(云杉木)	415