

中华人民共和国国家标准

GB 3102.4—93

热学的量和单位

代替 GB 3102.4—86

Quantities and units—Heat

引言

本标准等效采用国际标准 ISO 31-4:1992《量和单位 第四部分：热学》。

本标准是目前已经制定的有关量和单位的一系列国家标准之一，这一系列国家标准是：

- GB 3100 国际单位制及其应用；
- GB 3101 有关量、单位和符号的一般原则；
- GB 3102.1 空间和时间的量和单位；
- GB 3102.2 周期及其有关现象的量和单位；
- GB 3102.3 力学的量和单位；
- GB 3102.4 热学的量和单位；
- GB 3102.5 电学和磁学的量和单位；
- GB 3102.6 光及有关电磁辐射的量和单位；
- GB 3102.7 声学的量和单位；
- GB 3102.8 物理化学和分子物理学的量和单位；
- GB 3102.9 原子物理学和核物理学的量和单位；
- GB 3102.10 核反应和电离辐射的量和单位；
- GB 3102.11 物理科学和技术中使用的数学符号；
- GB 3102.12 特征数；
- GB 3102.13 固体物理学的量和单位。

上述国家标准贯彻了《中华人民共和国计量法》、《中华人民共和国标准化法》、国务院于 1984 年 2 月 27 日公布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》和《中华人民共和国法定计量单位》。

本标准的主要内容以表格的形式列出。表格中有关量的各栏列于左面各页，而将其单位列于对应的右面各页并对齐。两条实线间的全部单位都是左面各页相应实线间的量的单位。

量的表格列出了本标准领域中最重要量及其符号，在大多数情况下给出了定义，但这些定义只用于识别，并非都是完全的。

某些量的矢量特性，特别是当定义需要时，已予指明，但并不企图使其完整或一致。

在大多数情况下，每个量只给出一个名称和一个符号。当一个量给出两个或两个以上的名称或符号，而未加以区别时，则它们是处于同等的地位。当有两种斜体字母(例如： θ 、 θ 、 φ 、 ϕ 、 g)存在时，只给出其中之一，这并不意味着另一个不同等适用。一般这种异体字不应当给予不同的意义。在括号中的符号为“备用符号”，供在特定情况下主符号以不同意义使用时使用。

量的相应单位连同其国际符号和定义一起列出。

单位按下述方式编排：

一般只给出 SI 单位。应使用 SI 单位及其用 SI 词头构成的十进倍数和分数单位。十进倍数和分数

国家技术监督局 1993-12-27 批准

1994-07-01 实施

单位未明确地给出。

可与 SI 的单位并用的和属于国家法定计量单位的非 SI 的单位,列于 SI 单位之下,并用虚线同相应的 SI 单位隔开。专门领域中使用的非国家法定计量单位,列于“换算因数和备注”栏。一些非国家法定计量单位列于附录(参考件)中,这些参考件不是标准的组成部分。

关于量纲一的量的单位说明:

任何量纲一的量的一贯单位都是数字一(1)。在表示这种量的值时,单位 1 一般并不明确写出。词头不应加在数字 1 上构成此单位的十进倍数或分数单位。词头可用 10 的乘方代替。

例:

$$\text{折射率 } n = 1.53 \times 1 = 1.53$$

$$\text{雷诺数 } Re = 1.32 \times 10^3$$

考虑到一般是将平面角表示为两长度之比,将立体角表示为面积与长度的平方之比,国际计量委员会(CIPM)在 1980 年决定,弧度和球面度在国际单位制中为无量纲的导出单位;这就意味着将平面角和立体角作为无量纲的导出量。为了便于识别量纲相同而性质不同的量,在导出单位的表示式中可以使用单位弧度和球面度。

数值表示:

“定义”栏中的所有数值都是准确的。

在“换算因数和备注”栏中的数值如果是准确的,则在数值后用括号加注“准确值”字样。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了热学的量和单位的名称与符号;在适当时,给出了换算因数。

本标准适用于所有科学技术领域。

2 名称和符号

量:4-1~4-2

| 项 号 | 量的名称 | 符 号 | 定 义 | 备 注 |
|-----|---|---------------|---|---|
| 4-1 | 热力学温度 thermodynamic temperature | $T, (\theta)$ | | 热力学温度是基本量之一 |
| 4-2 | 摄氏温度 Celsius temperature | t, θ | $t = T - T_0$ 式中 T_0 定义为等于 273.15 K | 热力学温度 T_0 准确地比水的三相点热力学温度低 0.01 K |

单位:4-1. a~4-2. a

| 项 号 | 单 位 名 称 | 符 号 | 定 义 | 换算因数和备注 |
|--------|-----------------------|-----|----------------------------------|--|
| 4-1. a | 开[尔文] kelvin | K | 热力学温度单位开尔文是水的三相点热力学温度的 1/273. 16 | <p>热力学温度和摄氏温度的间隔或温差的单位是相同的。国际计量大会建议,这种温度间隔或温差应该用开尔文(K)或摄氏度(°C)表示。其他名称或符号,例如:“degré”,“deg”,“degree centigrade”,“degree”或“度”,均予以废除。应当指出,在摄氏温度的符号 °C之前应留一间隔(参阅 GB 3101 的 3. 4)。</p> <p>1990 国际温标 (ITS-90)或国际温标 1990 CIPM 是按照 1987 年第 18 届 CGPM 的第 7 项决议,于 1989 年决定采用的。该温标的确立是基于若干个固定点和借助于一定的测量仪器作内插的方法并定义了 0. 65 K 以上的温度。这个温标是代替 1968 国际实用温标 IPTS-68 (1979 年修订版)和 1976 暂用的 0. 5 K 至 30 K 温标。</p> <p>按照该温标定义的、与热力学温度和摄氏温度相应的量分别用 T_{90} 和 t_{90} 表示(代替由 IPTS-68 所定义的 T_{68} 和 t_{68}),且</p> $t_{90} = T_{90} - T_0$ <p>T_{90} 称为国际开尔文温度,t_{90} 称为国际摄氏温度。T_{90} 和 t_{90} 的单位分别为开尔文(K)和摄氏度(°C),与 T 和 t 的情况相同。详细资料见: Metrologia, 1990, 27(1): 3</p> |
| 4-2. a | 摄氏度 degree Celsius | °C | 摄氏度是开尔文用于表示摄氏温度值的一个专门名称 | |

量: 4-3. 1~4-8

| 项 号 | 量的名称 | 符 号 | 定 义 | 备 注 |
|--------|--|------------------------------|--|--|
| 4-3. 1 | 线[膨]胀系数 linear expansion coefficient | α_l | $\alpha_l = \frac{1}{l} \frac{dl}{dT}$ | 除非规定变化过程, 4-3. 1 至 4-4 的量是不完全确定的。 在不会发生混淆时, 符号的下标可省略。 压力系数的名称及符号 β 也可用于 4-3. 3 的量上 |
| 4-3. 2 | 体[膨]胀系数 cubic expansion coefficient | $\alpha_v, (\alpha, \gamma)$ | $\alpha_v = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT}$ | |
| 4-3. 3 | 相对压力系数 relative pressure coefficient | α_p | $\alpha_p = \frac{1}{p} \frac{dp}{dT}$ | |
| 4-4 | 压力系数 pressure coefficient | β | $\beta = \frac{dp}{dT}$ | |
| 4-5. 1 | 等温压缩率 isothermal compressibility | κ_T | $\kappa_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_T$ | |
| 4-5. 2 | 等熵压缩率 isentropic compressibility | κ_S | $\kappa_S = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_S$ | |
| 4-6 | 热 heat, 热量 quantity of heat | Q | | 等温相变中传递的热量, 以前称为“潜热 (latent heat)”, 符号为 L 。应当用适当的热力学函数的变化来表示, 例如 $T \cdot \Delta S, \Delta S$ 是熵的变化, 或 ΔH , 焓的变化 |
| 4-7 | 热流量 heat flow rate | Φ | 单位时间内通过一个面的热量 | |
| 4-8 | 面积热流量 areic heat flow rate, 热流[量]密度 density of heat flow rate | q, φ | 热流量除以面积 | |

单位:4-3. a~4-8. a

| 项 号 | 单 位 名 称 | 符 号 | 定 义 | 换算因数和备注 |
|--------|--|------------------------|-----|---------|
| 4-3. a | 每开[尔文] reciprocal kelvin, 负一次方开[尔文] kelvin to the power minus one | K⁻¹ | | |
| 4-4. a | 帕[斯卡]每开 [尔文] pascal per kelvin | Pa/K | | |
| 4-5. a | 每帕[斯卡] reciprocal pascal, 负一次方帕[斯 卡] pascal to the power minus one | Pa⁻¹ | | |
| 4-6. a | 焦[耳] joule | J | | |
| 4-7. a | 瓦[特] watt | W | | |
| 4-8. a | 瓦[特]每平方米 watt per square metre | W/m² | | |

量:4-9~4-15

| 项 号 | 量的名称 | 符 号 | 定 义 | 备 注 |
|--------|--|---------------------|--|---|
| 4-9 | 热导率, (导热系数) thermal conductivity | $\lambda, (\kappa)$ | 面积热流量除以温度梯度 | |
| 4-10.1 | 传热系数 coefficient of heat transfer | $K, (k)$ | 面积热流量除以温度差 | 在建筑技术中,这个量常称之为热传递系数(thermal transmittance),符号为 U |
| 4-10.2 | 表面传热系数 surface coefficient of heat transfer | $h, (\alpha)$ | $q=h(T_s-T_r)$ 式中 T_s 为表面温度, T_r 为表征外部环境特性的参考温度 | |
| 4-11 | 热绝缘系数 thermal insulance, coefficient of thermal insulation | M | 温度差除以面积热流量 $M=1/K$ | 在建筑技术中,这个量常称为热阻,符号为 R |
| 4-12 | 热阻 thermal resistance | R | 温度除以热流量 | 参阅 4-11 的备注 |
| 4-13 | 热导 thermal conductance | G | $G=1/R$ | 参阅 4-11 的备注 |
| 4-14 | 热扩散率 thermal diffusivity | a | $a=\frac{\lambda}{\rho c_p}$ 式中 λ 是热导率, ρ 是体积质量, c_p 是定压质量热容 | |
| 4-15 | 热容 heat capacity | C | 当一系统由于加给一微小的热量 δQ 而温度升高 dT 时, $\delta Q/dT$ 这个量即是热容 | 除非规定变化过程,这个量是不完全确定的 |

单位:4-9. a~4-15. a

| 项 号 | 单 位 名 称 | 符 号 | 定 义 | 换算因数和备注 |
|---------|--|-------------------|-----|---------|
| 4-9. a | 瓦[特]每米开 [尔文] watt per metre kelvin | $W/(m \cdot K)$ | | |
| 4-10. a | 瓦[特]每平方米 开[尔文] watt per square metre kelvin | $W/(m^2 \cdot K)$ | | |
| 4-11. a | 平方米开[尔文] 每瓦[特] square metre kelvin per watt | $m^2 \cdot K/W$ | | |
| 4-12. a | 开[尔文]每瓦 [特] kelvin per watt | K/W | | |
| 4-13. a | 瓦[特]每开[尔 文] watt per kelvin | W/K | | |
| 4-14. a | 平方米每秒 square metre per second | m^2/s | | |
| 4-15. a | 焦[耳]每开[尔 文] joule per kelvin | J/K | | |

量:4-16.1~4-16.4

| 项 号 | 量的名称 | 符 号 | 定 义 | 备 注 |
|--------|--|-----------|--------|-------------------------------|
| 4-16.1 | 质量热容 massic heat capacity, 比热容 specific heat capacity | c | 热容除以质量 | 相应的摩尔量,参阅 GB 3102.8 |
| 4-16.2 | 质量定压热容 massic heat capacity at constant pressure, 比定压热容 specific heat capacity at constant pressure | c_p | | |
| 4-16.3 | 质量定容热容 massic heat capacity at constant volume, 比定容热容 specific heat capacity at constant volume | c_v | | |
| 4-16.4 | 质量饱和热容 massic heat capacity at saturation, 比饱和热容 specific heat capacity at saturation | c_{sat} | | |

单位:4-16.a

| 项 号 | 单 位 名 称 | 符 号 | 定 义 | 换算因数和备注 |
|--------|--|----------|-----|---------|
| 4-16.a | 焦[耳]每千克开 [尔文] joule per kilogram kelvin | J/(kg·K) | | |

量: 4-17. 1~4-20. 5

| 项 号 | 量的名称 | 符 号 | 定 义 | 备 注 |
|---------|---|----------|--|---------------------------------|
| 4-17. 1 | 质量热容比 ratio of the massic heat capacities 比热[容]比 ratio of the specific heat capacities | γ | $\gamma = c_p / c_v$ | |
| 4-17. 2 | 等熵指数 isentropic exponent | κ | $\kappa = -\frac{V}{p} \left(\frac{\partial p}{\partial V} \right)_s$ | 对于理想气体, $\kappa = \gamma$ |
| 4-18 | 熵 entropy | S | 当热力学温度为 T 的系统接受微小热量 δQ 时, 如果系统内没有发生不可逆变化, 则系统的熵增为 $\delta Q / T$ | |
| 4-19 | 质量熵 massic entropy, 比熵 specific entropy | s | 熵除以质量 | 相应的摩尔量, 参阅 GB 3102. 8 |
| 4-20. 1 | 能[量] energy | E | 所有各种形式的能 | |
| 4-20. 2 | 热力学能 thermodynamic energy | U | 对于热力学封闭系统, $\Delta U = Q + W$ 式中 Q 是传给系统的能量, W 是对系统所作的功 | 热力学能也称为内能 (internal energy) |
| 4-20. 3 | 焓 enthalpy | H | $H = U + pV$ | |
| 4-20. 4 | 亥姆霍兹自由能 Helmholtz free energy, 亥姆霍兹函数 Helmholtz function | A, F | $A = U - TS$ | |
| 4-20. 5 | 吉布斯自由能 Gibbs free energy, 吉布斯函数 Gibbs function | G | $G = U + pV - TS$ | $G = H - TS$ |

单位:4-17. a~4-20. a

| 项 号 | 单 位 名 称 | 符 号 | 定 义 | 换算因数和备注 |
|---------|---|------------|-----|---------|
| 4-17. a | 一 one | 1 | | 参阅引言 |
| 4-18. a | 焦[耳]每开[尔文] joule per kelvin | J/K | | |
| 4-19. a | 焦[耳]每千克开[尔文] joule per kilogram kelvin | J/(kg · K) | | |
| 4-20. a | 焦[耳] joule | J | | |

量: 4-21.1~4-21.5

| 项 号 | 量的名称 | 符 号 | 定 义 | 备 注 |
|--------|--|-------------|-------------|--|
| 4-21.1 | 质量能 massic energy, 比能 specific energy | <i>e</i> | 能[量]除以质量 | 相应的摩尔量, 参阅 GB 3102.8 |
| 4-21.2 | 质量热力学能 massic thermodynamic energy, 比热力学能 specific thermodynamic energy | <i>u</i> | 热力学能除以质量 | 质量热力学能也称为 质量内能(massic internal energy) |
| 4-21.3 | 质量焓 massic enthalpy, 比焓 specific enthalpy | <i>h</i> | 焓除以质量 | |
| 4-21.4 | 质量亥姆霍兹自由能 massic Helmholtz free energy, 比亥姆霍兹自由能 specific Helmholtz free energy, 比亥姆霍兹函数 specific Helmholtz function | <i>a, f</i> | 亥姆霍兹自由能除以质量 | |
| 4-21.5 | 质量吉布斯自由能 massic Gibbs free energy, 比吉布斯自由能 specific Gibbs free energy, 比吉布斯函数 specific Gibbs function | <i>g</i> | 吉布斯自由能除以质量 | |

单位:4-21.a

| 项 号 | 单 位 名 称 | 符 号 | 定 义 | 换算因数和备注 |
|--------|----------------------------------|------|-----|---------|
| 4-21.a | 焦[耳]每千克 joule per kilogram | J/kg | | |

量: 4-22~4-23

| 项 号 | 量的名称 | 符 号 | 定 义 | 备 注 |
|------|-------------------------------------|----------|------------|-----|
| 4-22 | 马休函数 Massieu function | <i>J</i> | $J = -A/T$ | |
| 4-23 | 普朗克函数 Planck function | <i>Y</i> | $Y = -G/T$ | |

单位:4-22. a~4-23. a

| 项 号 | 单 位 名 称 | 符 号 | 定 义 | 换算因数和备注 |
|---------|--------------------------------|-----|-----|---------|
| 4-22. a | 焦[耳]每开[尔文] joule per kelvin | J/K | | |
| 4-23. a | 焦[耳]每开[尔文] joule per kelvin | J/K | | |

附录 A
以英尺、磅和秒为基础的单位以及某些其他单位
(参考件)

不赞成使用这些单位。

| 量的项号 | 量的名称 | 单位项号 | 单位名称和符号 | 换算因数和备注 |
|------|--|-----------|---|---|
| 4-1 | 热力学温度 thermodynamic temperature | 4-1. A. a | 兰氏度 degree Rankine; °R | $1\text{ }^{\circ}\text{R} = \frac{5}{9}\text{ K}$ 兰氏度的符号 °R 的前面应当留一空隙 |
| — | 华氏温度 Fahrenheit temperature, t_F | 4-2. A. a | 华氏度 degree Fahrenheit; °F | $\frac{t_F}{^{\circ}\text{F}} = \frac{9}{5} \frac{t}{^{\circ}\text{C}} + 32 = \frac{9}{5} \frac{T}{\text{K}} - 459.67$ 单位华氏度等于单位兰氏度。 华氏度的符号 °F 的前面应当留一空隙 |
| 4-6 | 热 heat, 热量 quantity of heat | 4-6. A. a | 英制热单位 British thermal unit; Btu | $1\text{ Btu} = 778.169\text{ ft} \cdot \text{lb} = 1\text{ }055.056\text{ J}$ 这只是本附录中所用的英制热单位,它等于第五届国际蒸汽性质大会(伦敦,1956年7月)所采用的“国际蒸汽表英制热单位”。此外,以前还用过多其他“英制热单位” |
| 4-7 | 热流量 heat flow rate | 4-7. A. a | 英制热单位每小时 British thermal unit per hour; Btu/h | $1\text{ Btu/h} = 0.293\text{ }071\text{ W}$ |
| 4-9 | 热导率,(导热系数) thermal conductivity | 4-9. A. a | 英制热单位每秒英尺兰氏度 British thermal unit per second foot degree Rankine; Btu/(s · ft · °R) | $1\text{ Btu}/(\text{s} \cdot \text{ft} \cdot ^{\circ}\text{R}) = 6\text{ }230.64\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ |

| 量的项号 | 量的名称 | 单位项号 | 单位名称和符号 | 换算因数和备注 |
|--------|--|------------|---|--|
| 4-10.1 | 传热系数 coefficient of heat transfer | 4-10. A. a | 英制热单位每秒平方英尺兰氏度 British thermal unit per second square foot degree Rankine; Btu/(s · ft ² · °R) | 1 Btu/(s · ft ² · °R)= 20 441.7 W/(m ² · K) |
| | | 4-10. A. b | 英制热单位每小时平方英尺兰氏度 British thermal unit per hour square foot degree Rankine; Btu/(h · ft ² · °R) | 1 Btu/(h · ft ² · °R)= 5.678 26 W/(m ² · K) |
| 4-14 | 热扩散率 thermal diffusivity | 4-14. A. a | 平方英尺每秒 square foot per second; ft ² /s | 1 ft ² /s=0.092 903 04 m ² /s (准确值) |
| 4-16.1 | 质量热容 massic heat capacity, 比热容 specific heat capacity | 4-16. A. a | 英制热单位每磅兰氏度 British thermal unit per pound degree Rankine; Btu/(lb · °R) | 1 Btu/(lb · °R)= 4 186.8 J/(kg · K)(准确值) |
| 4-19 | 质量熵 massic entropy, 比熵 specific entropy | 4-19. A. a | 英制热单位每磅兰氏度 British thermal unit per pound degree Rankine; Btu/(lb · °R) | 1 Btu/(lb · °R)= 4 186.8 J/(kg · K)(准确值) |

| 量的项号 | 量的名称 | 单位项号 | 单位名称和符号 | 换算因数和备注 |
|--------|---|------------|---|------------------------------|
| 4-21.1 | 质量能 massic energy, 比能 specific energy | 4-21. A. a | 英制热单位每磅 British thermal unit per pound: Btu/lb | 1 Btu/lb=2 326 J/kg(准确 值) |
| 4-21.2 | 质量热力学能 massic thermodynamic energy, 比热力学能 specific thermodynamic energy | | | |
| 4-21.3 | 质量焓 massic enthalpy, 比焓 specific enthalpy | | | |
| 4-21.4 | 质量亥姆霍兹自 由能 massic Helmholtz free energy, 比亥姆霍兹自由 能 specific Helmholtz free energy | | | |
| 4-21.5 | 质量吉布斯自由 能 massic Gibbs free energy, 比吉布斯自由能 specific Gibbs free energy, 比吉布斯函数 specific Gibbs function | | | |

附 录 B

供查考的其他单位,特别是关于换算因数
(参考件)

| 量的项号 | 量的名称 | 单位项号 | 单位名称和符号 | 换算因数和备注 |
|------|--------------------------------------|-----------|---|---|
| 4-6 | 热 heat, 热量 quantity of heat | 4-6. B. a | 15 °C卡 15°C calorie: cal ₁₅ | <p>1 cal₁₅ 是 1 g 无空气之水在 101 325 kPa 恒定压力下,从 14.5 °C加热到 15.5 °C所需的热量。</p> <p>1 cal₁₅=4.185 5 J 该值的不确定度为 0.000 5 J。 国际纯粹与应用物理联合会于 1934 年公布了一个关于“克卡”的类似定义。上列换算因数是由国际测温与量热咨询委员会提出,国际计量委员会通过(1950 年)的,作为以后可由实验得出的最准确的值。该因数的不确定度为 0.000 5 J</p> |
| | | 4-6. B. b | 国际蒸汽表卡 I. T. calorie: cal _{IT} | <p>关于这个国际蒸汽表卡,第五届国际水蒸气性质大会(伦敦, 1956 年 7 月)所采用的定义是:</p> <p>1 cal_{IT}=4.186 8 J 1 Mcal_{IT}=1.163 kW·h(准确值)</p> |
| | | 4-6. B. c | 热化学卡 thermochemical calorie: cal _{th} | <p>1 cal_{th}=4.184 J(准确值)</p> |

附加说明：

本标准由全国量和单位标准化技术委员会提出并归口。

本标准由全国量和单位标准化技术委员会第二分委员会负责起草。

本标准主要起草人陈铭铮。