

量和单位丛书

4

黄最明 编

周期及其有关现象的量和单位

量出版社

量和单位丛书(4)

周期及其有关现象的量和单位

黄最明 编

计 量 出 版 社

1983·北京

量和单位丛书 (4)

周期及其有关现象的量和单位

黄最明 编

—*—
计量出版社出版

(北京和平里11区7号)

北京计量印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

—*—
开本 787×1092 1/32 印张 1 1/4
字数 25 千字 印数 1—31 000
1983年5月第一版 1983年5月第一次印刷
统一书号 15210·268
定价 0.20 元

说 明

为了贯彻1981年7月14日经国务院批准的、由中国国际单位制推行委员会颁布的《中华人民共和国计量单位名称与符号方案(试行)》，“全国量和单位标准化技术委员会”提出了有关量和单位的15项国家标准(即GB3100, GB3101及GB3102.1—13)，并已于1982年5月至7月先后经国家标准局批准发布(1983年7月1日起实施)。我们现在组织上述国家标准的起草人员编写了这套《量和单位丛书》，供各有关科学研究、文化教育、新闻出版、国防建设、国内外贸易、工农业生产、经济管理及政府机关人员使用参考。

对本丛书的意见，请寄北京市邮政2112信箱SI办公室。

中国国际单位制推行委员会办公室

1982年11月

目 录

一、标准的制订情况.....	(1)
二、标准的适用范围.....	(3)
三、关于标准采用的计量单位.....	(4)
四、对标准中规定的量的说明.....	(6)

附 录

附录 1 分贝 (dB) 表.....	(22)
附录 2 奈培 (Np) 表.....	(27)
附录 3 分贝 (dB) 换算为奈培 (Np) 一览表.....	(31)
附录 4 奈培 (Np) 换算为分贝 (dB) 一览表.....	(33)

一、标准的制订情况

国家标准 GB3102.2—82《周期及其有关现象的量 and 单位》，已于1982年7月26日发布，并决定自1983年7月1日起实施。

于1982年5月至7月先后经国家标准局批准发布的关于量和单位的15项国家标准，涉及到不同科学技术领域中的量和单位，是关于量和单位的基础性标准，GB3102.2—82是其中之一。

GB3102.2—82是全国量和单位标准化技术委员会第一分委员会（以下简称一分委）起草的。

全国量和单位标准化技术委员会（以下简称技术委员会）是为了适应我国实现四个现代化的需要，更好地推行国际单位制，加快关于量和单位的国家标准的制订工作，在国家标准总局组织领导下，于1980年11月5日成立的。按照专业范围，它先后成立了七个分委员会。一分委是1981年6月2日在北京成立的。

与其它的国家标准协调一致，并结合我国实际情况，吸取别国的先进经验，尽可能与国际标准协调一致，是制定国家标准GB3102.2—82的原则。

国家标准相互之间有着广泛的联系，只有彼此间协调一致，相辅相成，才能充分发挥国家标准的作用。否则，就会使人们无所适从。因此，制订GB3102.2—82时，考虑了它与现有的国家标准和正在制订的其它的国家标准的协调一致。

制订GB3102.2—82遵照了国家标准GB1.1—81《标准

化工作导则 编写标准的一般规定》和《中华人民共和国计量单位名称与符号方案（试行）》（以下简称《方案》）的规定。

GB1.1—81规定了编写国家标准、专业标准（部标准）的一般要求、构成、内容和表达形式，是一个编写标准的标准。经国务院批准由中国国际单位制推行委员会发布的《方案》，中心内容是计量单位的名称与符号的有关规定。

制订 GB3102.2—82 时，考虑了与正在制订的关于量和单位的其它国家标准的协调一致。

对于我国的实际情况——这里主要指我国的传统和习惯——有两种不同的意见。一种意见是要照顾，另一种意见是不要照顾。各有各的道理。但是，为了避免混乱，避免造成不必要的经济损失，目前尚须照顾我国的传统和习惯。但是，随着科学技术和经济的发展，今后必须有计划、有步骤地改变那些需要改变的传统和习惯。

在制订 GB3102.2—82 时，对于我国的传统和习惯，采取了慎重稳妥的方针。

各个工业发达国家制订了许多标准，这些国家均有较长的标准化历史，实践经验多，可以从中找出一些带有规律性的东西。这些规律性的东西，对于我国制订或修订标准，无疑是有参考价值的，有助于提高我国的标准质量。

在制订 GB3102.2—82 时，参考了日本、苏联和西德等国的有关标准。

随着国际贸易和文化技术交流的发展，我国一方面积极引进先进技术，一方面争取以更多的工农业产品和基本建设项目进入国际市场。我国先后参加了国际电工委员会（IEC）和国际标准化组织（ISO）等国际组织，标准化工作和标准化资料的交流也日渐频繁。并且，确定了对国际标准

“认真研究、积极采用”的方针。这都要求我们搞好与国际标准的协调一致。

ISO和IEC制订了一系列国际标准，许多国家都把这些标准作为制订本国标准的典范。

国际标准化组织所属量、单位、符号、换算系数和换算表技术委员会（ISO/TC12）制订的国际标准ISO31/II—1978（E）《周期及其有关现象的量和单位》（Quantities and units of periodic and related phenomena），是一个比较全面的国际性标准。因此，在制订GB3102.2—82时，参照采用了这个国际标准。在基本要求、标准的构成、各部分的内容、编排顺序，以及叙述方法等方面，GB3102.2—82与ISO31/II—1978基本一致，只有很少量的非原则性的差别。

GB3102.2—82起草小组于1981年10月提出了初稿（征求意见稿），广泛征求意见。起草小组分析和研究了各方面所提的意见，对初稿作了必要的修改，于1982年2月提出了修改稿，报送技术委员会审查。技术委员会于1982年3月在南宁召开审定会审查通过。

二、标准的适用范围

GB3102.2—82在引言中指出，本标准规定了各科学技术领域中使用的周期及其有关现象的量和单位。这就明确了标准的适用范围。该标准的中心内容是量和单位的名称和符号，大多数情况下给出了量的定义，但“这些定义并不全是完整的，只是为了便于识别”（见GB3102.2—82引言）。

周期现象指任何在相等时间间隔重复发生的现象。周期现象及其有关现象，在自然界和人类的生产活动中广泛地存

在着。地球的公转和自转，电动机转子的转动，潮汐的涨落，钟摆的摆动，心脏的跳动，机器开动时各部分的微小颤动，电磁振荡，晶体中的热运动，等等，都是周期现象或与周期现象有关的现象。由此可见，各科学技术领域都将涉及到周期及其有关现象。

尽管各科学技术领域的周期及其有关现象有各种不同的形式，但具有共同的规律性。GB3102.2—82 就是根据这种共性规定了周期及其有关现象的15个量，以及这15个量的单位。

各科学技术领域涉及到周期及其有关现象的量和单位时，必须遵照GB3102.2—82 的规定。各级生产、建设、科研、设计、管理部门和企业、事业单位，都必须严格贯彻执行 GB3102.2—82。

三、关于标准采用的计量单位

GB1.1—81的 7.4.2 款对标准应采用什么计量单位作了原则规定：“标准中的计量单位应根据国家规定，按期向国际单位制过渡。在尚未公布采用国际单位制办法前，暂按国家已有规定编写”。

国际单位制是1960年第11届国际计量大会通过的，其国际简称为 SI。国际单位制是在米制基础上发展起来的，可以说是现代化的米制。二十余年的实践证明，国际单位制具有科学、合理、精确、实用和简明等优点，对科学技术和经济发展起到了显著的促进作用。国际单位制是国际上公认的较先进的单位制，也是唯一能取代其它单位制的国际上统一的计量制度，受到各个国家的重视，目前已有60多个国家采用。工业发达国家几乎全都采用了国际单位制，一般在1985年以前

完成向国际单位制的过渡。很多国际科学技术组织也都表示赞同、推荐和采用国际单位制。近年来不少国际政治经济组织也开展推广使用国际单位制的活动。联合国科教文组织和国际标准化组织都号召其成员国采用国际单位制，影响很大。预计80年代国际单位制将在全世界通行。

1977年5月国务院颁发的《中华人民共和国计量管理条例（试行）》的第三条规定：“我国的基本计量制度是米制，逐步采用国际单位制”。《方案》就是以国际单位制为基础，结合我国实际情况制定的。目前，这个方案已在全国各行各业、各科学技术领域中广泛使用。

GB 3102.2—82 采用了国际单位制。但同时还采用了几个非国际单位制的单位，它们是埃（ $\text{\AA}$ ）、分贝（dB）、奈培（Np）、奈培每秒（Np/s）和转每分（r/min）。《方案》规定分贝为“与国际单位制并用的单位”，埃和转每分为“暂时与国际单位制并用的单位”。与国际单位制并用的含义，是允许继续使用。国际计量委员会（1969）认为，国际单位制使用者有必要同时采用一些非国际单位制的已广泛使用而且具有重要作用的单位。这样的单位，国际计量委员会在国际计量局出版的《国际单位制（SI）》一书中列出了12个，《方案》中增加了4个，规定了16个。“暂时与国际单位制并用”的含义，是暂时允许使用。国际计量委员会（1969）认为，仅从目前习惯考虑，最好暂时保留一些非国际单位制的单位与国际单位制并用。这样的单位，国际计量委员会在国际计量局出版的《国际单位制（SI）》一书中也列出了12个，《方案》中扩大为40个。

四、对标准中规定的量的说明

ISO31/Ⅱ—1978是许多国家公认的国际标准,GB3102.2—82参照采用了ISO31/Ⅱ—1978,所以在说明中特别注意这两个标准的比较。对于贯彻 GB3102.2—82 而言,了解它所规定的那些量的物理意义是很重要的,所以在下述说明中也特别注意结合最简单的例子讨论量的物理意义。

1. 周 期

这个量的名称 ISO31/Ⅱ—1978并列了“周期(period)”和“周期时间(periodic time)”。因汉语周期一词本身就含有时间的意思,很少使用周期时间这个词,所以 GB3102.2—82只规定了一个名称——“周期”。

如前所述,周期现象指任何在相等时间间隔重复发生的现象,周期就是描写“相等时间间隔”的物理量。周期现象的主要特征是其定期的重复性,即每隔一定时间循环一次。所以,周期就是循环一次的时间。

举一个最简单的振动例子。一物体 M 系于一弹簧的自由端,弹簧的另一端固定,物体放在光滑的水平台面上。如图 1 所示。这样的系统称为弹簧振子。当物体处于 O 点时,弹簧呈松弛状态(1)。将物体自 O 点向右拉开少许至 B 点(2),然后释放,物体就以 O 点为中心振动起来。O 点称为平衡位置。物体从 B 点开始,经过 O 点(3)到达 C 点(4),又经过 O 点(5)回到 B 点(6),完成了一次振动。以后的运动只是这个过程的重复而已。实验发现,物体每重复一次这样的过程,即循环一次,所需要的时间是一样的。物体每循环一次的时间称为周期。

周期的定义,ISO31/Ⅱ—1978 原文为“Time of one

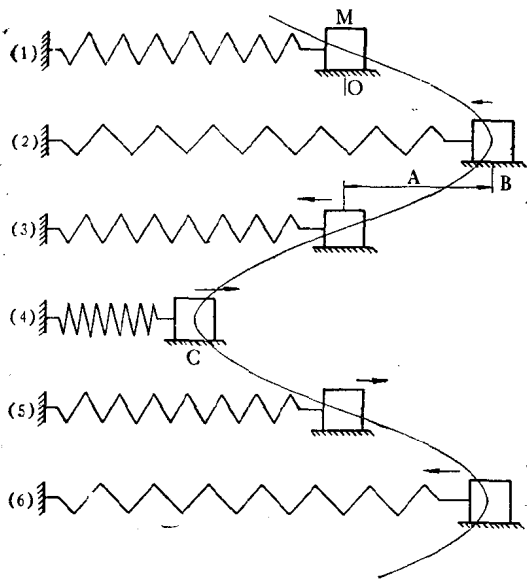


图 1

“cycle”，既可翻译为“一周的时间”，也可翻译为“一个循环的时间”。中国国际单位制推行委员会办公室组织翻译、计量出版社1980年出版的ISO31/II—1978(E)《周期及其有关现象的量与单位》，《计量单位》手册翻译组翻译、技术标准出版社1981年出版的《ISO标准手册 计量单位1979》，采用“一周的时间”。根据前面关于周期的讨论，“一个循环的时间”能够更直接地表明它的物理意义。因此，GB3102.2—82采用了“一个循环的时间”。

周期的单位是秒(s)。秒是SI基本单位之一。

最初，秒被定义为平太阳日的1/86 400。但是天文学家的测量表明，由于地球自转不规则，平太阳日不能保证必要的准确度。为了比较精确地定义秒，1956年国际计量委员会

的决议 1 通过，第 11 届国际计量大会 (1960) 的决议 9 批准，决定将秒的定义改为“秒为 1900 年 1 月 0 日 12 时瞬刻回归年的 $1/31\,556\,925.9747$ ”。为满足计量学发展的需要，第 13 届国际计量大会 (1967—1968) 的决议 1，又决定将秒的定义改为“秒是铯-133 原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的 $9\,192\,631\,770$ 个周期的持续时间”。

2. 时间常数

这个量的名称，ISO31/II—1978 是“按指数变化的量的时间常数 (time constant of an exponentially varying quantity)”，但我国习惯使用“时间常数”，因此 GB3102.2—82 规定为“时间常数”。显而易见，差别是非本质的，实际上可把“时间常数”看作“按指数变化的量的时间常数”的简称。

时间常数的符号，ISO31/II—1978 和 GB3102.2—82 都规定为“ $\tau(T)$ ”，但后一符号容易与周期的符号混淆，应尽可能不用。

时间常数在 ISO31/II—1978 中定义为“若量保持初始变化率，达到其极限的时间 (Time after which the quantity would reach its limit if it maintained its initial rate of variation)”。

下面举一个例子来看一下这个定义的含意。若一个量是时间 t 的函数

$$F(t) = A + Be^{-t/\tau}$$

则极限值

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} F(t) = A$$

初始值

$$F(0) = A + B$$

初始变化率

$$\left(\frac{dF(t)}{dt}\right)_{t=0} = -\frac{1}{\tau}B$$

若保持初始变化率，则达到其极限的时间

$$t = \frac{\lim_{t \rightarrow +\infty} F(t) - F(0)}{\left(\frac{dF(t)}{dt}\right)_{t=0}} = \frac{A - (A + B)}{-\frac{1}{\tau}B} = \tau$$

所以，时间常数就是 τ 。

从这个例子不难看出，上述定义相当费解。ISO31/II—1978 在这个量的备注栏中对该量的说明是：“若量是时间 t 的函数，由 $F(t) = A + Be^{-t/\tau}$ 给出，则 τ 是时间常数 (If a quantity is a function of time given by $F(t) = A + Be^{-t/\tau}$ then τ is time constant)”。这个说明倒简单明了。

GB3102.2—82 把时间常数定义为：“若一个量 $F(t)$ 是时间 t 的函数： $F(t) = A + Be^{-t/\tau}$ ，则 τ 是时间常数”，在这个量的备注栏中没有再作任何说明。

若一个量 $F(t)$ 随时间 t 的变化规律由 $F(t) = A + Be^{-t/\tau}$ 给出，则可以看出这个量由两部分组成。这两部分是不随时间变化的“ A ”和随时间变化的“ $Be^{-t/\tau}$ ”，分别以 $F_1(t)$ 和 $F_2(t)$ 表示，即

$$F_1(t) = A$$

$$F_2(t) = Be^{-t/\tau}$$

考虑变化部分 $F_2(t)$ ，是经过一指数衰减过程逐渐递减的。初始值，即 $t=0$ 时的值

$$F(0) = B$$

$t = \tau$ 时的值

$$F_2(\tau) = \frac{1}{e}B = \frac{1}{e}F_2(0) \approx 0.37F_2(0)$$

也就是说, τ 约等于 $F_2(t)$ 从初始值衰减到初始值的37%所需的时间。当 $t = 5\tau$ 时,

$$F_2(5\tau) = \frac{1}{e^5} B = \frac{1}{e^5} F_2(0) \approx 0.006 F_2(0)$$

即经过 5τ 这段时间后, $F_2(t)$ 几乎已衰减到零。由此可见, 时间常数 τ 是描写量的衰减过程持续时间长短的物理量。时间常数 τ 越大, 量衰减得越慢。

3. 频率

频率的符号, ISO 31/II—1978 规定为 “ f, ν ”, GB 3102.2—82 规定为 “ $f, (\nu)$ ”。因其它一些量, 如泊松比和运动粘度, 也用 ν 这个符号, 所以 GB3102.2—82 把它用圆括号括了起来, 意思是尽可能不用。

周期的倒数称为频率, 它表示作周期性运动的物体在单位时间内循环的次数。

频率的单位规定为 “赫兹”。这是一个以科学家名字 (Heinrich Rudolf Hertz, 1857—1894, 德国人) 命名的 SI 导出单位。周期为 1 s 的周期现象的频率为 1 Hz, 即 $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$ 。

4. 旋转频率

这个量的名称, ISO31/II—1978 是 “旋转频率 (rotational frequency)”, 但是我国还习惯使用 “转速”。因此, GB3102.2—82 增加了 “转速”, 与 “旋转频率” 并列。并且, 在备注栏内增加说明: “转速广泛用于旋转机械”。

旋转频率的单位, ISO31/II—1978 并列了 “每秒 (reciprocal second)” 和 “负一次方秒 (second to the power minus one)”。后一名称我国实际很少用, 因此在 GB3102.2—82 中把它去掉了, 只规定了 “每秒”。

在此顺便指出, 对于下面要说明的圆频率、波数、圆波

数、阻尼系数和衰减系数等量，单位名称也有与旋转频率单位名称相同的或类似的情况，到时就不再一一说明了。

在旋转频率单位的备注栏内指出：“转每分 (r/min) 通常用作转速的单位”。旋转机械的转数是计数量，不是物理量，国际单位制不包括它的单位和符号，它的单位一般以纯数 1 来对待。因此，r/min 以 min^{-1} 对待。分 (min) 是一个与国际单位制并用的非国际单位制单位。

5. 角频率

这个量的名称，ISO31/II—1978 原文为 “angular frequency, circular frequency, pulsance”，并列了 3 个名称，前面两个的中文译名分别为“角频率”和“圆频率”，“pulsance” 实际不常用，而且我国习惯把它译为角频率或圆频率。因此，GB3102.2—82 只并列了“角频率，圆频率”两个名称。

角频率与周期和频率一样，是描写周期现象的重要物理量。下面以最简单的简谐振动为例，说明一下它的物理意义。

还是来讨论弹簧振子。弹簧振子的运动不受任何阻碍时，物体的位移 y (规定以平衡位置为坐标的零点) 随时间 t 的变化规律，遵从正弦函数或余弦函数。弹簧振子的这种振动称为简谐振动。

既然简谐振动的位移 y 随时间 t 按正弦函数或余弦函数规律变化，若采用余弦函数， y 与 t 的关系就可以写成如下的形式

$$y = A \cos(\omega t + \varphi)$$

其中 A 是振幅， ω 是角频率， $(\omega t + \varphi)$ 表示时刻 t 的相位， φ 是 $t = 0$ 时的相位，即初相位。

当式中的时间 t 增加一个周期 T 时， y 的值应不变，

即

$$A\cos[\omega(t+T)+\varphi]=A\cos(\omega t+\varphi)$$

显然只有当 $\omega T = 2\pi$ 时才成立，所以角频率 ω 与周期 T 和频率 f 的关系为

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

由上式可知，角频率的大小等于 2π s 内的周期数。

因为 $(\omega t + \varphi)$ 表示时刻 t 的相位，所以角频率 ω 就是振动相位对于时间 t 的变化率。

6. 波长

振动在一个周期的时间内传播的距离称为波长。因为相隔一个周期的时间后振动状态复原，所以相隔一个波长的两点的振动状态是相同的，即振动相位是相同的（实际差 2π ）。因此，波长也就是两个相邻近的振动相位相同的点之间的距离。两个相邻的波峰之间的距离，两个相邻的波谷之间的距离，任意两个相邻的同相点之间的距离，都是一个波长。由此可见，沿波的传播方向每隔一个波长的距离就出现振动相位相同的点，因此可以说，波长描写了波的空间周期性。

波长的单位，除米以外，还规定了埃（ $\text{\AA}$ ）。前面已经指出过，埃不属于国际单位制，是《方案》中规定的“暂时与国际单位制并用的单位”之一。

7. 波数

波长的倒数称为波数，它表示单位长度内包含的波的数目。

在这个量的备注栏内指出，与波数对应的矢量称为波数矢量。波数矢量是大小等于波数、方向与波的传播方向相同的矢量。