

关于比强度和比模量单位的使用辨析

李洪泉

(航天材料及工艺研究所《宇航材料工艺》编辑部,北京 100076)

文 摘 主要介绍了材料力学性能中强度(刚度)、模量、比强度、比模量的概念,推导出比强度、比模量的单位。推算结果表明:比强度单位为 $10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2$;比模量单位为 $10^9 \text{ m}^2/\text{s}^2$ 。

关键词 强度,模量,刚度,比强度(刚度),比模量

0 引言

在材料力学性能中最常用的两个参量是强度(刚度)和模量,强度^[1]是指某种材料抵抗外应力作用的能力,即材料抵抗变形(弹性/塑性)和断裂的能力(应力),它的大小与材料本身的性质及受力形式有关。刚度^[1](硬度)指外应力作用下某种构件或结构抵抗变形的能力,是衡量材料弹性变形难易程度的指标,主要指引起单位变形时所需要的应力,一般是针对构件或结构而言的。它的大小不仅与材料本身的性质有关,而且与构件或结构的截面和形状有关。模量^[1]是指材料在弹性变形范围内应力与应变的比值,表征的是材料抵抗变形的能力,可以理解为是一种标准量或指标。在航空航天结构材料中仅用强度和模量不能说明材料的应用前景,更主要是看材料的比强度和比模量,而比强度和比模量单位的使用却五花八门,为了统一使用单位,本文主要推导比强度和比模量的单位,以供材料科学工作者来共同探讨。

1 比强度和比模量的定义

单位密度的强度和弹性模量称为常用材料和复合材料的比强度和比模量。材料的强度除以密度称为比强度;材料的模量除以密度称为比模量,这两个参量都是衡量材料承载能力的重要指标。比强度和比模量较高说明材料质量轻,而强度和刚度大,这是结构设计,特别是航空航天结构设计对材料的重要要求。

2 比强度和比模量的单位推导

强度^[2]单位为 MPa,模量^[2]单位为 GPa,密度^[3]单位为 g/cm^3 或 kg/m^3 。根据定义,比强度为:

$$\sigma/\rho \text{ 单位} = \frac{1 \text{ MPa}}{1 \text{ kg}/\text{m}^3} \quad (1)$$

$$\text{而 } 1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa} \quad (2)$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/\text{m}^2 \quad (3)$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 \quad (4)$$

将式(4)代入(3)得:

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2} = \frac{1 \text{ kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}} \quad (5)$$

将式(5)代入(2)得:

$$1 \text{ MPa} = 10^6 \cdot \frac{1 \text{ kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}} \quad (6)$$

将式(6)代入(1)得:

$$\begin{aligned} \sigma/\rho \text{ 单位} &= \frac{10^6 \cdot \frac{1 \text{ kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}}}{1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}} = \frac{10^6 \cdot 1 \text{ kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{m} \cdot (1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3})} \\ &= 10^6 \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned} \quad (7)$$

同理,比模量 E/ρ 的单位为: $10^9 \text{ m}^2/\text{s}^2$

从式(7)可看出:比强度的单位为: $10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2$,这与文献[4]报道的长度单位为 m 或 cm 不相同,究其原因,差别出在这里:

$$1 \text{ kg} = 1 \text{ kgf} \approx 10 \text{ N} \quad (8)$$

将式(8)、(3)、(2)代入(1)推算可得:

$$\frac{1 \text{ MPa}}{1 \text{ kg}/\text{m}^3} = \frac{\frac{10^6 \text{ N}}{\text{m}^2}}{\frac{10 \text{ N}}{\text{m}^3}} = \frac{10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^3}{10 \text{ N} \cdot \text{m}^2} = 10^5 \text{ m} \quad (9)$$

纵观以上推导过程发现:关键在于将质量单位千克(kg)直接就当成千克力(kgf)来使用的,事实上是不能这样使用的,只有测质量为 1kg 的物体在地球上受重力时才能换算成:

$$F = mg \approx 1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m}/\text{s}^2 = 10 \text{ N} \quad (10)$$

3 结语

从以上的推导过程中可看出,文献和本文差别在于质量单位千克的换算,作为物体的质量在任何地点都是一样,而重力则会受重力加速度的影响,因此二者不能混用,希望材料研究工作者来共同探讨。

参考文献

[1] 材料科学技术百科全书[M]. 北京:中国大百科全书出版社,1995:349,840,797
[2] GB/T 228—1998《金属材料·拉伸试验》[S]. 1998
[3] GB 3100~3102—1993《量和单位》[S]. 1994:84-102
[4] 《高技术新材料要览》编委会. 5. 18 纤维增强金属基复合材料[M]. 高技术新材料要览,北京:中国科学技术出版社,1993:564-565