

所以均匀流 $U\alpha e^{-i\alpha}$ 绕椭圆柱流动的变位势是

$$w = U(a + b)\cosh(\zeta - \xi_0 - i\alpha) \quad (9)$$

由定理 3, 可计算均匀流对椭圆柱的作用力和力矩.

$$\begin{aligned} \frac{dw}{dx} &= \frac{dw}{d\zeta} \frac{d\zeta}{dx} = \frac{A \sinh(\zeta - \xi_0)}{\sinh \zeta} \\ &= A \left(\cosh \zeta_0 - \sinh \zeta_0 \frac{x}{\sqrt{x^2 - c^2}} \right) \\ &= A \left(e^{-i\zeta_0} - \frac{c^2 \sinh \zeta_0}{2x^2} + \dots \right) \end{aligned}$$

式中

$$A = \frac{U}{c} (a + b), \quad \zeta_0 = \xi_0 + i\alpha.$$

$$\left(\frac{dw}{dx} \right)^2 = A^2 \left(e^{-2i\zeta_0} - \frac{c^2 e^{-i\zeta_0} \sinh \zeta_0}{x^2} + \dots \right)$$

因此

$$X - iY = 0 \quad (10)$$

$$M = -\frac{1}{2} \pi \rho (a^2 - b^2) U^2 \sin 2\alpha \quad (11)$$

式中 α 是来流相对于椭圆长轴的角度. 如果取 α 为椭圆长轴相对于来流的角度, 则应差一符号, 即

$$M = \frac{1}{2} \pi \rho (a^2 - b^2) U^2 \sin 2\alpha \quad (12)$$

参 考 文 献

- [1] 蒋塘退士编, 梦花馆主注释, 唐诗叁百首, 上海广益书局 (1941), 214 页.
- [2] 吕叔湘编注, 英译唐人绝句百首, 湖南人民出版社 (1980), 37 页, 113 页.
- [3] 沈德潜编, 唐诗别裁集, 中华书局 (1971), 45 页, 267 页.
- [4] 杨群, 春潮带雨晚来急, 人民日报 1980 年 10 月 16 日八版.
- [5] 唐诗鉴赏辞典, 上海辞书出版社 (1983), 693—694 页, 1404 页.
- [6] Milne-Thomson, L. M., Theoretical Hydrodynamics, Macmillan (1960), 164—171.



德国 Bremen 落塔

建立在德国不莱梅 (Bremen) 应用空间技术和微重力中心 (简称 ZARM 研究所) 的落塔 (drop tower) 不仅是欧洲唯一的、也是目前国际上最大的地面微重力研究实验装置之一. 自 1990 年 9 月正式投入运行以来, 它已完成了许多重要的研究计划, 取得了一系列成果, 对空间科学研究和发展作出了贡献, 已成为世界瞩目的微重力研究中心和基地.

Bremen 落塔是由不莱梅州、德国政府支持, 工业和科学联合体, 技术和教育科学部等联合资助兴建的. 它为微重力和多种学科实验研究服务, 为航空航天技术和无重力工业开发利用服务, 因而它具有重要的科学价值和广泛的应用前景.

落塔的工作原理是将被实验对象放入备有各种观察、测试和记录仪器的载荷舱中, 实验时将载荷舱自塔顶释放, 利用自由落体时的失重状态——微重力场——观测和实时记录所需要考察的现象和参数. 由于抗干扰、抗震和精密测试, 落塔要求高质量的建筑, 投资是昂贵的, 但又因它能提供可靠的、重复的地面实验, 相对于卫星、航天飞机乃至抛物飞行, 它是较为省时省钱的.

Bremen 落塔高 145.5 m, 中心有一竖直直管, 管

径 3.5 m, 高 110 m, 载荷舱即在直管中垂直下落. 塔底基为直径 9 m, 高 10 m 的减速室. 在底基下深 12 m 处有发射管, 可将载荷舱发送至塔顶. 减速室中填充了 8 m 厚的聚苯乙烯塑料粒子, 作为载荷舱落下时的阻尼器. 为了减少管中空气阻力, 管内抽真空至 1 Pa 压力. 载荷舱自塔顶自由下落的时间为 4.74 s, 微重力水平为 $10^{-7}g$. 载荷舱的体积为 $\phi 800$ mm 直径, 高 1200 mm; 最大承载 150 kg; 最大减速度 350 m/s^2 ; 电源供应为 28 V, 10 A, 短时 100 A; 数据及视频总线为 32+52 测试通道 (1.6 M 位/s); 遥控、电视直接观察实验过程.

载荷舱在自由落体过程中可以提供良好的微重力环境, 它可从事如流体物理, 材料科学, 物理化学, 化学和生物学等广泛领域的研究, 其中大多为基础性研究, 特别是地面重力场中无法发现的现象. 流体物理方面的研究课题包括有:

(1) 一般冲量、热和质量传输过程

(2) 润湿效应和毛细作用

(3) 由表面张力梯度诱导 (Marangoni 效应) 的流体动量变化

(下转第 59 页)

$$\int_A \frac{S_x}{b} dA = \frac{bh^3}{2} \left[\frac{1}{12} - \frac{y}{4h} + \frac{y^3}{3h^3} \right]$$

由此

$$\beta_s = \frac{Rh}{R-y} \left\{ \frac{Rb}{J_x} \left[R \ln \frac{2(R-y)}{2R-h} - \left(\frac{h}{2} - y \right) \right] - \frac{1}{R} \left[\frac{1}{2} - \frac{3}{2} \frac{y}{h} + \frac{2y^3}{h^3} \right] \right\} \quad (29)$$

3.4 直梁的剪应力公式

将直梁的剪应力公式(15)改写为如下形式

$$\tau_{xy} = \frac{Q}{bh} \beta_s \quad (30)$$

$$\beta_s = \frac{bh}{8I_x} [h^2 - 4y^2] \quad (31)$$

4. 讨论和比较

(1) 与文献[1]及弹力解比较, 本文的公式(14)、(24)有以下特点: 形式简单, 便于计算, 便于确定最大剪应力的位置和数值, 当曲率半径 R 增大时, 自动蜕化成直梁的剪应力公式。

(2) 公式推导中, 文献[1]将(27)式积分号中的 τ_{xy} 按直梁的剪应力公式代入, 显然, 由此得到的结果是不满足平衡方程的。本文在公式推导中没有不合理

表 1 各种曲率半径时, 矩形截面按不同公式得到的 β_{max} 值

β_s	R/h	0.6	0.75	1.0	2.0	5.0
β_1		2.6334	1.9163	1.6750	1.5351	1.5050
β_2		2.5908	1.9313	1.6903	1.5396	1.5067
β_3		3.4805	2.3530	1.8980	1.5874	1.5143
β_4		1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000

按不同公式得到的 β_{max} 数值。

从表 1 看出: 当 $R/h \geq 5$ 时, 各种公式得到的 β_{max} , 与弹力解 ($\beta_{1,max}$) 的偏差均小于百分之一, 因此, 在这种情况下, 可直接采用直梁的公式(15)或(30)计算剪应力。

在 $R = 0.6h$ 时, $\beta_{1,max}$ 的偏差为 -43%, $\beta_{2,max}$ 的偏差为 32%, $\beta_{3,max}$ 的偏差为 -1.62%, 这说明, 随着曲率半径减小, β_3 、 β_4 的偏差迅速增加, 而本文的公式仍保持高度的准确性。

(上接第 78 页)

- (4) 液桥, Maramgoni 对流
- (5) 非失顿流行为
- (6) 两相流, 固粒在管道运输时 Froude 数的影响
- (7) 材料的某些基本参数的精密测量, 如剪切和粘弹性系数, 表面张力和导热率等。
- (8) 在旋转球壳间隙中模拟微重力下大尺度海洋环流和热对流特征
- (9) 微重力环境下一些精密测量的重新确定, 包

力学与实践

的假设, 所得公式满足三个平衡方程, 从材力的角度, 理论上是严密的。

(3) 弹力解是精确的, 但它只适用于矩形截面曲梁。本文的公式有很高的精度, 按推导条件, 除矩形截面外, 凡对称于 y 轴的截面, 在平面弯曲时都是适用的。

(4) 图 5 给出了曲率半径 k 与截面高度 h 相等时, 按不同公式得到的曲梁剪应力分布。表 1 给出了

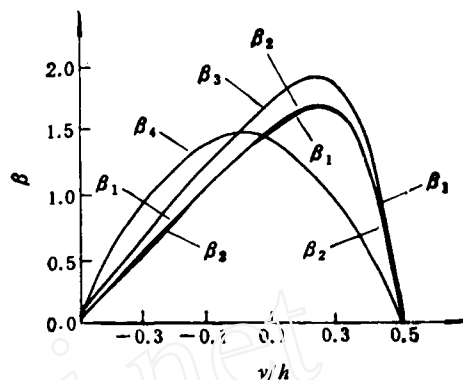


图 5 矩形截面, $R = h$ 时的剪应力分布

参 考 文 献

- [1] 刘鸿文主编, 高等材料力学, 高教出版社(1985).
- [2] Беляев, В. М., 材料力学, 商务印书馆.
- [3] 南京工学院力学教研组编, 材料力学(增补部分), 人民教育出版社(1961).
- [4] Borezi A. P. 等, 高等材料力学(汪一麟译), 科学出版社(1987).
- [5] Филоненко-Бородич М. М., 材料力学 [I][II].
- [6] Timoshenko, S., Theory of Elasticity (1951).

括: 热线、热膜风速仪的热交换特性, LDA、LSI (激光散斑干涉仪) 和 ADIP (自动数字图象处理) 技术的鉴定

- (10) 颗粒燃烧、自由表面燃烧、雾滴和喷雾燃烧
- (11) 流体在失重时的运输和管理等

由此可见, 在微重力流体力学领域中, 存在着众多的课题值得去研究和探索, 而落塔实验将具有明显的实际意义。

(中国科学院力学所 柳绮年)