

# 关于惯性力的施力体与受力体的讨论

冯振宇

(西安公路交通大学, 西安 710064)

**摘要** 本文讨论惯性力的施力体与受力体的问题, 给出明确的判别方法

**关键词** 施力体, 受力体, 惯性力

我们知道, 惯性力是通过对质点的运动学分析及对牛顿第二定律的表达式变形后定义的, 它是人们对质点进行运动学分析的基础上, 通过数学演绎“制造”出的一种力; 而牛顿力则不同, 它是通过对自然现象的观察分析以及对生活实践的总结而从物理上抽象后定义的, 其基础是物体与物体的作用

由此可见, 惯性力与牛顿力定义的基础完全不同, 因而惯性力与牛顿力在是否有实在的施力体和受力体这个问题上也不相同, 即牛顿力有实在的施力体与受力体, 而惯性力则可能有, 也可能没有实在的施力体与受力体。本文想就此作一点讨论, 给出明确的判别方法

在动静法中引入惯性力, 根据定义可知, 它有实在的施力体与受力体, 施力体是质点本身, 受力体是给该质点施力的物体

在相对运动中引入的惯性力是否有实在的施力体与受力体, 取决于质点所处的位置。当质点在动系的

载体上运动且受有特定约束时, 惯性力有实在的施力体与受力体, 这时惯性力的产生不仅仅是由于运动学分析方法上的原因, 更重要的是物理上的原因(即质点与动系载体之间的相互作用)。如果质点在动系的载体外运动时, 其惯性力没有实在的施力体与受力体, 这时惯性力的产生则纯粹是由于运动学分析方法上的原因

上述结论可由图 1 所示的特例及地球上河岸冲刷等现象形象地说明。显然, 图中切向牵连惯性力 $s_e^T$ 与科氏惯性力 $s_k$ 有实在的施力体与受力体

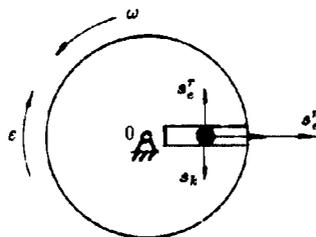


图 1

(1995 年 4 月 16 日收到第 1 稿,  
1996 年 3 月 11 日收到修改稿)

## 理论力学课程内容体系的更新

刘会川

(合肥工业大学, 合肥 230009)

**摘要** 本文对理论力学课程内容体系的更新进行了讨论, 并列举了一些实例

**关键词** 理论力学, 课程改革, 内容体系, 更新

为培养 21 世纪所需的人才, 深层的高等教育改革正在进行, 其中课程体系的改革是一个重要内容。课程体系改革包含两个内容: 一是现行课程设置所构成的课程结构的改革; 二是课程本身所包含的内容体系的改革。本文就理论力学课程内容体系的更新, 阐述自己第 19 卷 (1997 年) 第 3 期

的一点看法

力学学科具有鲜明的基础性和应用性, 21 世纪的空间技术、核动力、机器人等都对力学基础理论的深入研究提出更高的要求, 现代控制技术、海洋平台工程、机电一体化工程等都要求着包含力学在内的综合知识的应用。因此理论力学课程面临深化基础理论和加强现代工程应用的双重努力, 这是时代发展的要求。但随着大学课目的增多和 5 天工作制的实行又使得各门课程学时不断地减少; 国外先进技术和设备的引进, 又削弱了工程技术人员对力学基础理论要求的迫切性, 再

加上英语的四级考制,致使力学课程受到一定的冷遇。理论力学本来就存在着和物理学有一些重复的弊端,如果因为学时的减少而采取单纯的减、砍办法,只会使自己陷入越来越深的困境。面对以上的矛盾,只能采取积极的办法,挖掘课程本身的潜力,从两个方面着手:基础理论要精练、要深化;工程应用要现代、要拓宽。

理论力学课程的理论内容既经典又完整,不易更新,然而其表述方法完全可以替换,主要方法就是充分利用数学工具。例如静力学可以应用矢量代数工具,从空间力系开始阐述简化和平衡这一主干内容,辅之以矢量运算的例题,不能总是停留在重平面、轻空间水平上。运动学则可应用矢量分析工具将刚体的平动、转动、平面运动乃至刚体的一般运动的表达贯穿始终,一气呵成。这样就可以做到表述简洁、精练,既缩短篇幅又加深了内容。这种表述方法并不新鲜,只是一直未被普遍采用而已。其顾虑大概认为表述方法抽象,学生不易接受。殊不知这种表述方法对学生思维能力正是一个既必要又良好的训练。大学生的数学水平在不断提高,而科技人员面临的工作对象越来越复杂,因此抽象的、系统的思维方式正是21世纪人才思维素质培养的一个重要方面。

动力学是这门课程的重要篇章,随着科学技术的发展,应加强分析力学的内容,重视两个自由度系统的静力分析和动力分析,重视系统的运动微分方程的建立,以便和后继课程接轨。在力学课程结构的改革中,我希望有几种不同类型的自封闭的动力学教材出现,便于独立选用。动态分析将是21世纪工程分析的重要内容,而控制类专业、机械类、土木类专业均有不同侧重面,分成几种类型编写,便于在较小的篇幅内深化必需的内容。

理论力学的应用性从教材上看主要体现在例题与习题的选用,随着科技的发展,除了保留一些基本题型外,应该不断地更新,以赋予经典力学以时代色彩,并显示经典力学的渗透力。而我国理论力学教材中的例题、习题40多年来没有什么变化,已明显滞后于时代。若参考一下国外教材的各种版本,例如美国的工程力学,习题频频更新,40年代有飞轮、调速器;60年代有人造卫星、火箭;80年代有登月舱、机器人手臂。大型结构有对摩天大楼力学模型的抽象;小型的研究对象有利用碰撞理论分拣小钢珠……当然,我国教材中的习题更新有种种困难,但千里之行,始于足下,再加上集思广益,总有成效。现将我平时收集的现代科技和相关领域两个方面的应用题,作一介绍,因篇幅所限,仅举10例。

## 1 动力学普遍定理在现代技术工程上的应用

**例1** 宇宙飞船的机身质量为160kg,绕其z轴的回转半径为45cm,两个翼片可看成质量各为8kg的扁平板。设飞船在 $\theta=0$ 时绕z轴转动的角速度为1rad/s,内部机构可使翼片转到 $\theta=\frac{\pi}{2}$ 的位置,求此时飞船的角速度(图1)。

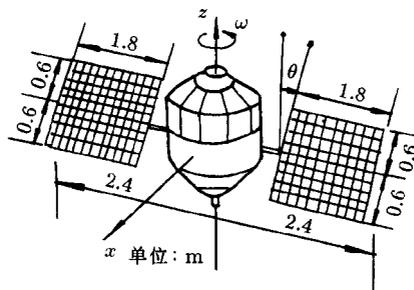


图1

**例2** 质量为50kg的卫星相对于z轴的回转半径是45cm,并对称于xy平面。卫星的定向可通过点燃图示A、B、C、D四个小火箭发动机来调整(它们沿着卫星圆周均匀地配置),当点燃每个小火箭发动机能产生推力 $T=10\text{N}$ ,方向如图。求下列情况卫星的角加速度和质心的加速度:(1)4个火箭发动机同时点燃,(2)A、B、C三个火箭发动机点燃,(3)只有A点燃(图2)。

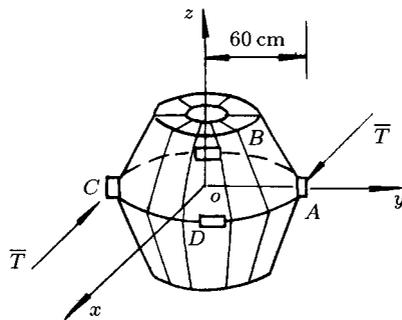


图2

**例3** 火箭的质量为11000kg,且质心在C点,当工作时,它的两个发动机供给推力 $F=T=120\text{kN}$ ,如果在某一瞬时,发动机A的推力突然减至 $F=60\text{kN}$ ,此时 $T=120\text{kN}$ ,求火箭的角加速度和弹头B的加速度。此时火箭仍在铅直位置,绕垂直于运动平面并通过C轴的半径 $\rho=4.8\text{m}$ (图3)。

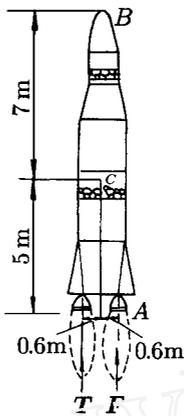


图3

**例4** 图示为工业机械手的执行机构 操纵杆 $AB$  (视作均质杆) 长为 $L$ , 质量为 $m$ , 其 $B$  端装有质量为 $M$  的抓具, 操纵杆 $AB$  的转轴在 $O_1O_2$  的中点位置 机构其余部分的转动惯量为 $J$ , 设驱动力矩与支座处的摩擦力矩相平衡

已知执行机构以初角速度 $\omega_0$  绕铅直轴转动, 求下列两种情况下的 $AB$  杆的角速度 (1) 将操纵杆 $AB$  沿水平方向推出, 使 $A$  端位于转轴处 (2) 又将此杆在铅直平面内转过 $\alpha$  角 (图4).

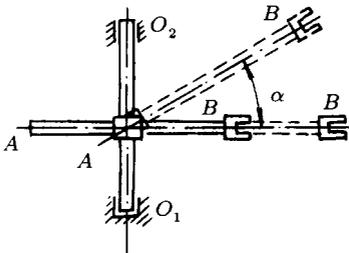


图4

**例5** 图示为降低卫星旋转速度的消旋装置, 连接到缠绕在卫星的金属带上的两个质量 $m_1 = m_2 = m$ , 两带长均为 $R\varphi$  当两质量块尚未展开时 ( $\beta = 0$ ) 卫星角速度为 $\omega_0$ , 求展开角 $\beta = \varphi$  时卫星的角速度 卫星 (除两质量块) 对转轴的转动惯量为 $J$ . 提示: 设系统的动量矩和动能与它们各自的初始值相等 (图5).

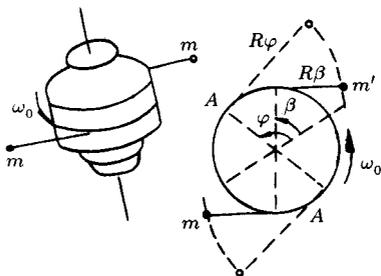


图5

**例6** 一弹簧推杆装置, 用于将质量为 $m$  的人造地球卫星从质量为 $M$  的最后一级运载火箭中分离出去 此装置的工作物是弹簧刚度系数为 $k$  的弹簧 若弹簧推杆行程为 $L$ , 推杆运动结束后不受拉力, 试确定卫星分离出去以后的相对速度 (在最后一级发动机装置工作结束后, 卫星才从孔中分离出来) (图6).

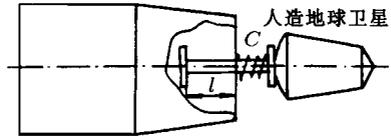


图6

## 2 在相关领域中的应用题

科学技术的发展, 促使边缘学科的交叉耦合, 力学曾有过辉煌的年代, 而今仍是诸多新学科的生长点, 同时力学从属于某些工程技术而发挥作用愈来愈明显 因此这种学科的交叉与渗透在力学基础教育中也应有所体现, 为此习题中也应选择相关领域如流体问题、运动生物力学等的应用题, 为学生知识的综合化和思维的多向性奠定一点基础

**例7** 某快艇以淡水射流推进, 水流由进水孔流入系统内然后由水泵沿水平方向输送至艇尾 当速度为 $8\text{m/s}$  时快艇航行阻力为 $950\text{N}$ , 供给水泵的功率为 $14\text{kN}$ , 水泵效率为 $95\%$ , 设进水口与喷口之间的高度差忽略不计, 试确定水的流量、射流直径和推进系统的效率 (图7).

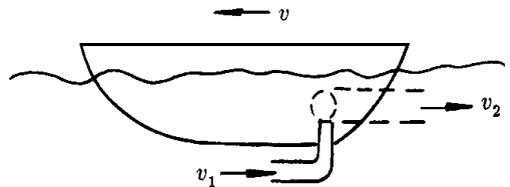


图7

**例8** 一气压式减振器, 由气缸和带连杆的活塞组成, 减振器空载的自由体积等于 $V_0$ , 活塞的面积为 $F$ , 加压后气体的压强为 $P_0$ , 在重量为 $G$  的减振载荷

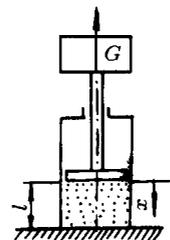


图8

作用下活塞下沉在静平衡位置。假设静力下沉过程是等温的，振动时平衡位置附近空气的膨胀-压缩过程是绝热的。又  $G > P_0 F$ ，试求承受减振载荷时，连杆 ( $x \ll L$ ) 的微振频率 (图 8)。

例 9 体操运动员做“十字撑”平衡时肩关节的受力分析。已知运动员体重为  $G$ ，两肩关节距离为  $d$ ，两吊环间距离为  $L$ ，与铅垂线夹角为  $\theta$ 。试分析此时肩关节处抽象为何种约束类型？并计算肩关节处的约束反力 (图 9)。

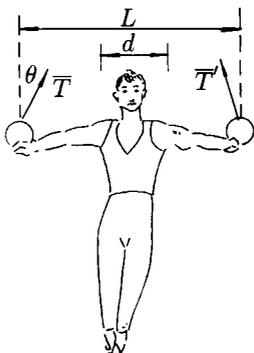


图 9

例 10 在为被截肢者设计的人工腿时的一个关键要求是在载荷作用下膝关节不致使腿由直变弯。作为第一次近似，用两根由扭簧相连的轻杆模拟人工腿，弹簧产生的扭矩为  $M = k\beta$ ，它正比于连接点的弯曲角，求在  $\beta = 0$  时保证关节稳定性的  $k$  的最小值 (图 10)。

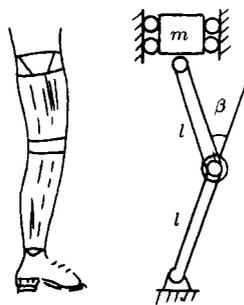


图 10

(本文于 1996 年 1 月 17 日收到)

## 一部颇具特色的教科书——《流体力学》

王振东

(天津大学力学系, 天津 300072)

**摘要** 本文介绍了周光 主编《流体力学》(上、下册)的特色,指出这是一部全面系统讲授流体 3 种(动量、热量、质量)运输现象的教材,并提出了配合采用流体力学教学实验录相的建议方案

**关键词** 流体力学教材, 动量、热量和质量运输, 教学实验录相

由著名流体力学家、北京大学力学系周光 教授主编,严宗毅(北京大学)、许世雄(复旦大学)、章克本(中山大学)3 位教授参加编写的《流体力学》上、下册,分别于 1992 年 10 月和 1993 年 5 月由高等教育出版社出版,1995 年 12 月被国家教委评为第三届高等学校优秀教材一等奖。这部流体力学基础课教材是

在理理工科力学系流体力学基础课教学大纲的基础上,根据几十年来科学技术和生产的新发展,流体力学的研究和应用范围均有明显转变和扩大的情况,加以修改、补充而编写的

《流体力学》教材的重要特色,首先就在于它更新了流体力学基础课的教学内容,增加了流体的对流传热和传质问题的基础,成为一部全面系统讲授流体 3 种(动量热量和质量)运输现象的教材

现代工业生产工艺的一个重要趋势,就是将固体形态的原材料,采用粉碎、浸提、熔化、加某种流体搅拌等方法使之流体化后,在流体运动的过程中进行反应、提炼、加工、改性等,最后再经过冷却、干燥、浓缩、蒸发、挤入模具等形成固体形态的产品。如冶金、造纸、化纤、塑料、橡胶、化肥、制糖、制造巧克力等

力学与实践