

英国 A 级中学参考读物

# 力学计算

[英] H. 文特森 著  
康书明 钱茂绪 译



上海科学技术文献出版社

## 力学计算

(英国A级中学参考读物)

[英] H. 文特森 著

康书明 钱茂绪 译

\*

上海科学技术文献出版社出版  
(上海高安路六弄一号)

总发行所上海发行所发行  
上海商务印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/32 印张 13 字数 314,000

1980年11月第1版 1980年11月第1次印刷

印数: 1—15,750

书号: 13192·17 定价: 1.60元

《科技新书目》177-124

## 译者的话

本书是英国麦克唐纳-伊文思公司(Macdonald and Evans Ltd.)出版的“手册丛书”之一。原书编写的目的是为了帮助英国的中学生通过“A”级考试而提供的一本参考读物。“A”级就是英国学制中的中学第六年级,学生将分科专修几门学科,结业时参加“高级普通教育证书”考试和“奖学金”考试,获得证书者即可升入大学。所以,本书也可说是一本准备参加大学入学考试的学生用的复习资料。

本书的内容,主要是力学基础知识,在程度和范围上,大致相当于我国现行教材中高中物理和大学普通物理中的力学部分;还包括有关的数学基础知识,如初等数学、矢量代数和初等微积分。

本书较为全面、系统而又简明扼要地叙述了力学的基础知识,注意用近代的观点、方法来处理传统的力学问题,但避免应用高深的数学方法,并着重对力学的基本概念、基本原理、基本方法以及解题技巧作较为详细的分析和介绍;还结合内容配置了大量的插图和丰富的例题,每章末列有阶段测验的习题,其中有的是伦敦大学(L. U)和联合考试委员会(A. E. B)的入学试题,每道习题的后面附注有参考有关课文内容的节次。通过这些使读者易于理解课文、掌握知识、学会方法,以及检查自己掌握知识质量的程度。值得一提的是,书中的某些内容取材和处理都较为新颖,为国内的同类书籍所罕见。

全书共分24章,列题细致,小节特多,编排得体,既便于系

统复习,又利于查阅专题的方便,充分体现手册的特点。

本书可供高中学生升学、复习之用,对中学物理教师和理、工科大学一年级学生也有参考价值,还可供需学习和查阅力学基础知识的读者使用。

最后,还要说明一下,本书原名“应用数学”,由于全书主要涉及力学内容,因此译名改为“力学计算”。原文中出现的错误,一经发现都作了改正,不另作注明。又,为了帮助读者理解原文的意图,在某些地方加以注释。本书的第一、九、十三章,第十六章到第二十四章由康书明翻译;第二章到第八章,第十章到第十二章,第十四章和第十五章由钱茂绪翻译;全书由马继福校对。限于水平,错误在所难免,请读者批评指正。

一九八〇年十月

## 序 言

用现代化方法处理数学这门传统的学科, 这种可能性是一直存在的。这些方法, 或是引用较为高级的数学符号(例如运用矢量积和标量积), 或是对基本概念、原理和习常用例等使用更多的、更详细的分析。本书选用后一种途径, 假定读者的物理学知识极少; 力学概念和直观想象力也都有限; 而且缺乏解释数学方程式的实践。本书的一个重要核心部分就是力求发展上述方面的技巧, 但并不离开这门学科的基本题旨。在内容上系属于 A 级类型和同等程度的要目范围, 包括静力学、运动学、动力学和一部分关于笛卡儿矢量与三维坐标解析几何。其余一些部分的内容是关于解题过程中的诀窍和技巧的方法。在每一章末的阶段测验中的试题都是为了结合课文而配置的, 并引导读者在解每一道试题时即会联系到前面已学过的有关部分。

我衷心地感谢我的妻子, 在本书的编写过程中给予的鼓励。还要对 Larry Jackson(同事)和 D. L. D. 的过去的学生的帮助和热诚表示谢意。

还要向伦敦大学入学考试委员会和联合考试委员会致以谢意, 感谢他们同意我们采用过去的试题。

H. V.

1977 年 9 月

• iii •

## 符 号 表

<p><b><math>T</math></b> 张力</p> <p><b><math>W</math></b> 重力</p> <p><b><math>N</math></b> 正压力</p> <p><b><math>F</math></b> 摩擦力</p> <p><b><math>R</math></b> 合力</p> <p><b><math>\Sigma X(\Sigma Y)</math></b> 水平分力(垂直分力)的和</p> <p><b><math>\mu</math></b> 摩擦系数</p> <p><b><math>\lambda</math></b> 摩擦角</p> <p><b><math>\varepsilon</math></b> 被拉伸弹簧的伸长</p> <p><b><math>\lambda</math></b> 弹性模量</p> <p><b><math>l</math></b> 弹性绳的原长</p> <p><b><math>s</math></b> 距离</p> <p><b><math>t</math></b> 时间</p> <p><b><math>u</math></b> 速率</p> <p><b><math>a</math></b> 加速度值</p> <p><b><math>v</math></b> 速率(变量)</p> <p><b><math>g</math></b> 重力加速度常数</p>	<p><b><math>V</math></b> 抛体的发射速率</p> <p><b><math>\alpha</math></b> 抛体的发射角</p> <p><b><math>R</math></b> 抛体的射程</p> <p><b><math>H</math></b> 抛体达到的最大高度</p> <p><b><math>{}_B V_A</math></b> <math>B</math> 相对于 <math>A</math> 的速度</p> <p><b><math>\omega</math></b> 角速度</p> <p><b><math>T</math></b> 振动周期</p> <p><b><math>f</math></b> 振动频率</p> <p><b><math>\varepsilon</math></b> 相位角</p> <p><b><math>P</math></b> 功率</p> <p><b><math>E</math></b> 动能</p> <p><b><math>e</math></b> 恢复系数</p> <p><b><math>J</math></b> 冲量矢量</p> <p><b><math>I</math></b> 转动惯量</p> <p><b><math>k</math></b> 回转半径</p> <p><b><math>\dot{\omega}</math></b> 角加速度</p> <p><b><math>i, j</math></b> 基矢量</p> <p><b><math>k</math></b> 基矢量</p>
--	--

2.03  
122

## 目 录

译者的话	(i)
序言	(iii)
符号表	(iv)
第一章 力的初步理论	1
引言(1) 重力(2) 绳子的张力(3) 接触力(7) 受力图(12)	
第二章 两个力的合力	17
平行四边形法则(17) 平行力(26) 力的逐步合成(29)	
第三章 力的分量	34
分力(34) 三角比乘法(41) 投影(45) 等价力系(49) 求合力(51)	
第四章 问题的解法(静止质点)	54
分力的平衡(54) 三角形法则和拉密定理(56)	
第五章 摩擦定律和胡克定律	64
摩擦定律(64) 胡克定律(72)	
第六章 力矩	78
第七章 问题的解法(静止物体)	86
力的分解和取矩(86) 力作用下的物体(88)	
第八章 共面力的理论	94
共面力的合成(94) 平行力的合成(100) 力偶理论(104)	



第九章 矢量引论 .....	116
矢量代数(116) 矢量和比例(121)	
第十章 重心 .....	130
几何方法(130) 质点系和组合物体(131) 微积分的 应用(144)	
第十一章 匀加速运动 .....	151
匀速率运动(151) 匀加速运动(154)	
第十二章 抛体 .....	171
引言(171) 变量与方程(174) 题解(179) 安全区 的包络线(182) 抛体理论的进一步讨论(184)	
第十三章 速度矢量 .....	190
速度的分量(190) 横渡河流(194) 飞机的航行(201) 相对速度(204) 加速度矢量(209) 圆周运动(210)	
第十四章 变加速运动 .....	217
微分的应用(217) 积分的应用(221) 图解法(225)	
第十五章 简谐运动 .....	227
引言(227) 对简谐运动的另一种描述方法(230)	
第十六章 牛顿运动定律 .....	240
牛顿第一定律(240) 牛顿第二定律(241) 简谐运动 动力学(244)	
第十七章 功、功率和能 .....	254
功和功率(254) 车辆的功率(259) 能(263)	
第十八章 圆周运动 .....	269
水平面内的圆周运动(269) 车辆转弯(274) 竖直平 面内的圆周运动(277)	
第十九章 恢复 .....	289
与固定平面的碰撞(289) 两球的正碰撞(293) 两球	



的斜碰撞(300)	
第二十章 动量和冲量 .....	306
动量(306) 冲量(311) 动量守恒定律(318)	
第二十一章 转动物体的理论 .....	323
转动惯量(323) 平行轴定理和垂直轴定理(334) 能	
量守恒(340) 角加速度(343) 复摆(349)	
第二十二章 笛卡儿矢量 .....	359
引言(359) 基的变换(369) 矢量在任意方向上的分	
量(370)	
第二十三章 矢量和运动学 .....	376
直线运动(376) 圆周运动(379) 抛体(381) 矢量	
的微分(383)	
第二十四章 矢量和解析几何学 .....	388
直线(388) 空间直线(395) 平面(398)	
附 录 .....	407

# 第一章 力的初步理论

## 引 言

**1. 力的平衡** 一个物体受到几个不同的力(拉力、推力、挤压力、张力等等)的作用,如果它仍保持着持久的静止,那么作用在物体上的这些力是“平衡的”。

如果一个物体只能瞬时地保持静止,那么作用在该物体上的力是“不平衡的”。

**2. 自然中的一些力** 在下列情况下,随时随地都会产生力:

- (a) 受到地球吸引的物体;
- (b) 联结两物体而又处于绷紧状态的绳子;
- (c) 几个接触而又互相压紧着的物体;
- (d) 由绞链或销子连接着的物体。

**3. 力的表示法** 力可以用箭头记号来图示。箭头的方向表示力的方向,力的量值(大小)用箭头的长度来表示并写在箭头的旁边。

**4. 牛顿第三定律** 牛顿第一定律和第二定律将在第十六章中讨论。牛顿第三定律指出,力从来不会单独产生而总是成对出现的,这一对力是大小相等、方向相反、位在同一直线上

的\*。也就是说,“对任何一个作用力总是存在着跟它大小相等、方向相反的反作用力”。

**5. 解题步骤** 对一些实际问题(例如:判断一架斜靠在墙上的梯子,在有人爬上去时,是否会发生滑动;判断一个放在粗糙斜面上的质点是否会滑下来的问题,等等)的解题步骤如下:

- (a) 作一示意图,并标出所有的力;
- (b) 根据“物体处于静止状态时,力是平衡的”这一条件,列出所有这些力的平衡方程式;
- (c) 解出方程式,并对结果加以说明。

## 重 力

**6. 万有引力** 宇宙中的每一个物体都要吸引其它所有的物体。但通常在两个物体之间的万有引力是极小的,难以觉察的;除非它们靠得相当近,并且至少这两个物体中的一个是非常大的。任何靠近地球表面的物体,总是因地球引力场的作用,而都受到一个向下的拉力。这个向下作用的地球引力叫做“重力”(重量),它的大小与物体的质量成正比。

**7. 一些假定** 在地球上的一切物体,只需考虑地球引力场所产生的显著的拉力,对其他物体(例如月球)所产生的拉力,都可以因其十分小而忽略不计。一个物体是由许多小质点所组成的,每一个质点都受到向下的重力的作用,但我们可以不顾这一实际情况,而假定一个物体的全部质点的重量,可以用作用在

---

\* 严格地说,应加上“且作用在不同的物体上”——译者注。

“重心”上的一个总的重力来代表它们。譬如一座单孔桥，尽管桥本身的负荷(桥重)是由桥的两端所支承，然而我们可以把它的向下的重力画在桥的中心处，以代表它的重量。

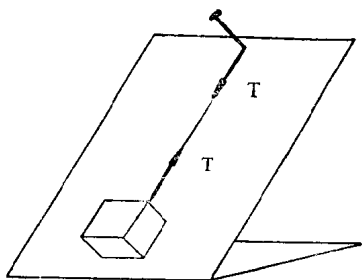
**8. 重力的不变性** 不论一个物体是处于静止状态，还是在另一个物体上滑动，或者是系在绳的一端作转动，甚至是被抛在空中飞行着，作用在物体上的重量(重力)总是一个常量。除非一个物体远离地球，才能摆脱重力的束缚。人们从来就未曾发明过，也不可能发明真正的“消除重力机”。

**9. 万有引力的相互性** 一切物体间的引力都遵循牛顿第三定律，它们成对地产生，并且大小相等、方向相反。引力的吸引是相互的。在地球对一个物体产生向下拉力的同时，该物体也以一个大相等、方向相反的力把地球往上拉(由于地球的质量非常地大，因此物体的这个向上拉力所产生的效果，小到足以忽略不计)。

## 绳子的张力

**10. 张力的作用** 系住物体并使之静止的一根绷紧的绳子，在它的两端产生一对大小相等、方向相反的张力。这一对张力起到被动(即制动)的作用——阻止物体移动，且仅起了这一点作用。

假如有一个物体被绳子系住，并在光滑的斜面上保持着静止，绳子与斜面平行。当斜面的倾角向上增大时，物体下滑的趋势也在增大。为了阻止物体下滑，绳子上的张力  $T$  也随之而增大。



①

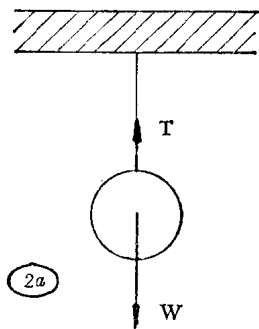
在任何情况下，绳子上的张力恰好能够阻止物体的下滑。要是张力太大，物体将沿斜面上滑\*。要是张力太小，绳被拉断后，物体将滑下。

绳子(处于紧张状态)两端的张力都遵循牛顿第三定律——它们成对地产生，大小相等、方向相反。

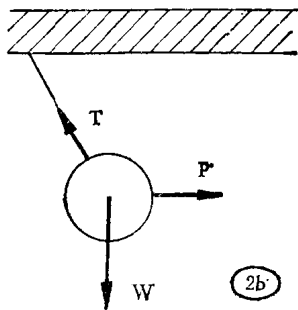
**11. 张力的大小** 用绳系住一个物体，并使它静止。这时，绷紧的绳子上的张力与作用在该物体上的其它的一些力正好保持平衡。应用这个论断，我们可以推算出张力的大小。当然，这也并不总是那么容易做得到的。

(a) 假如一个重量为  $W$  的物体由绳系住而悬于空中，那么绳上的张力  $T$  与物体重力  $W$  平衡：

$$T = W。$$



②a



②b

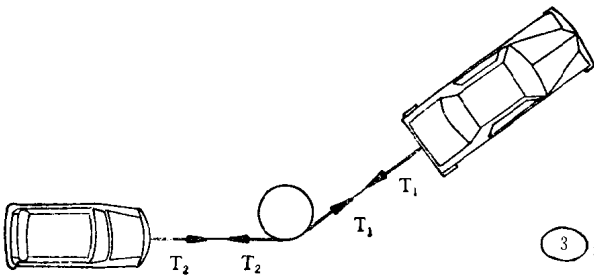
\* 这种情况事实上是不可能的——译者注。

(b) 假若与上面同样的物体受到一个水平拉力  $P$ ，则上述关系式  $T=W$  就不适用了。事实上， $T$  与  $W$ 、 $P$  这两个力相平衡(或者说  $P$  与  $W$ 、 $T$  这两个力相平衡)。简单地说， $P$ 、 $W$  和  $T$  这三个力是平衡的。虽然在现阶段，我们还没有办法用  $W$  和  $P$  来表示  $T$ (尽管  $T$  是明显地取决于  $W$  和  $P$ )。

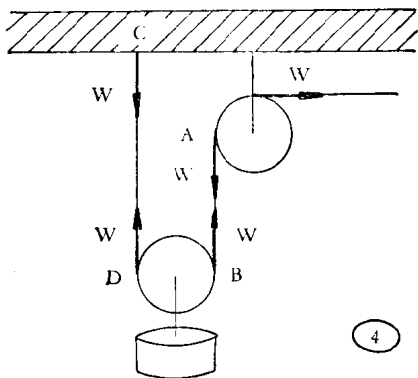
**12. 力在绳上的传递** 绳子可以传递力，拉绳子的一端，绳子的另一端就要受到力的作用。只有当绳子被拉得笔直的时候，绳子两端所受到的力才完全相等。因此我们总假定绳子是“无重量的”；否则，即使稍微有一点重量，绳子也会下垂。除作特别说明外，一般还假定绳子是不可伸长的，即绳子的长度在紧张时与在松弛时都一样。

**13. 表面粗糙的障碍物** 假如把一根绳子弯转绕过一个表面粗糙的障碍物(例如：粗糙的桌缘，毛糙的钉子等)，那末绳子两笔直部分上的张力可以是不相等的。

如图 3 所示，倘使将一根拖绳绕过一个粗糙的障碍物，那么作用在被拖车上的拉力就小于前面拖车作用在绳子上的拉力。即绳子两直线部分上的张力大小  $T_1$  与  $T_2$  是不等的， $T_1$  大于  $T_2$ 。



**14. 滑轮组** 一个障碍物的“摩擦”或“粗糙度”会导致作用



力的损失。如果障碍物是光滑的，那么就不存在作用力的损失，因此绳子两笔直部分上的力是完全相等的。一根跨过无摩擦滑轮的绳子，就是如此的情况。

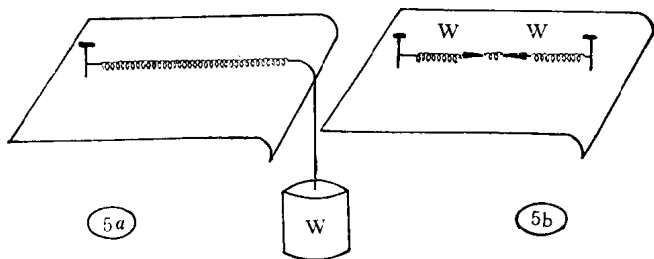
假若以作用力  $W$  加到绳子的自由端，则绳子上每段直线部分的两端，

即在  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  各处都受到同样大小的力  $W$ 。

**15. 机械利益** 在上述的例子中，两个向上的力  $W$  是作用在较低的一个滑轮上。因而这个滑轮能承受  $2W$  的负载。负载  $2W$  与动力(即施加的作用力)值  $W$  之比，称为此系统的“机械利益”。

**16. 拉伸弹簧所需的力** 使弹簧伸长到一定程度所需要的外力，数值上等于弹簧伸长到同样长度时的张力。

如图所示：



(a) 假如有一根自然(即未伸长)长度为  $l$  的弹簧, 被负载  $W$  所拉伸着;

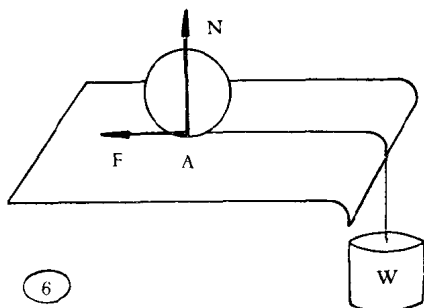
(b) 如果在伸长到上述程度时, 把弹簧的两端拴牢, 那末施加在两个拴住物体(钉)上的力就与  $W$  的大小相等。也就是说, 弹簧上张力的值等于  $W$ 。

## 接 触 力

**17. 正压力与摩擦力** 如果一个物体放在另一个物体上, 那么在这两个物体之间的接触点上就有力的作用。

假如在一水平的平面上放着一只球, 并使它静止着; 球被绳的一端缚住, 绳的另一端跨过一个滑轮系住一个重物  $W$ , 而重物的重量并不致使球发生滑动。平面对球产生了两方面的作用:

(a) 它在接触点上, 对球产生一个向上的支承力, 以阻止球的向下掉落。这个向上的支承力叫做正压力  $N$ 。其所以叫做“正”压力是因为它与摩擦力的方向垂直的缘故。

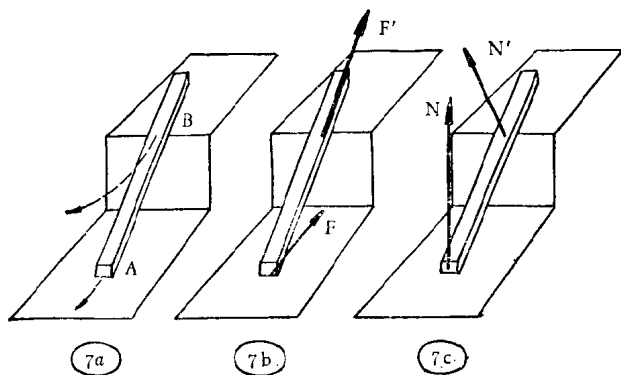


(b) 如果发生了滑动, 接触点  $A$  就将沿桌面的水平方向移动。此时, 反向的、水平的摩擦力  $F$  将阻碍球体的这种运动。

假如平面是光滑的, 那么不管所施加的作用力是多么地小, 球体必将滑动。光滑平面是不能产生与运动反方向的摩擦力的。



**18. 摩擦力的方向** 我们可以根据接触点的移动方向(要是滑动发生的话),来判断正压力的方向与摩擦力的方向。



假设有一条木条,它的一端搁在毛糙的地板上,另外一端搁在粗糙的台阶上。如图7所示:

(a) 如果木条发生了滑动,木条与地板的接触点  $A$ ,就开始作水平方向运动;与台阶边缘的接触点  $B$  就开始作平行于木条的运动。

(b) 摩擦力  $F$  与  $F'$  是阻碍这种运动的,它们的方向与木条运动的方向相反。

(c) 正压力  $N$  与  $N'$  都与摩擦力的方向相垂直。

**19. 接触力的大小** 正压力的大小取决于两物体之间互相压紧的程度。假如物体虽有运动趋势但仍保持静止时,那么摩擦力总是恰好能够阻止物体的滑动。

如图8所示,要是把一个粗糙斜面的倾角向上增大,假如斜面上放有一个静止的物体,这时物体与斜面之间的摩擦力也将增加(物体的滑动趋势增强)。同时,正压力  $N$  也将减小了(物体压紧平面的程度减弱了)。在这一过程中,如果物体仍保持静