



面向 21 世纪 课 程 教 材  
Textbook Series for 21st Century

# 物理学原理在工程 技术中的应用

第二版

马文蔚 苏惠惠 陈鹤鸣 主编



高 等 教 育 出 版 社  
HIGHER EDUCATION PRESS

## 内容提要

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材和教育部高等学校工科物理课程教学指导委员会“九五”规划教材。

本书共 104 个选题,力求做到既有工程应用背景,又与教学相配套,使读者拓宽视野,加深对基本原理的理解,切实体会物理学的实用,感受物理学在工程技术领域前沿的基础作用。本书从工程实际出发,避开技术细节,把实际问题抽象成物理模型,并用物理原理进行分析,提出合理的解决方案,有利于培养学生分析和解决实际问题的能力,提高学习兴趣,激发求知欲。

本书可作为高等学校非物理专业物理学课程教学参考书,也可供有关工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

物理学原理在工程技术中的应用/马文蔚,苏惠惠,  
陈鹤鸣主编.—2 版.—北京:高等教育出版社,2001  
面向 21 世纪课程教材.高等理工科教学用书  
ISBN 7-04-009807-5

I. 物… II. ①马…②苏…③陈… III. 物理学—应用—  
工程技术—高等学校—教材 IV. TB13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 01118 号

物理学原理在工程技术中的应用 第二版

马文蔚 苏惠惠 陈鹤鸣 主编

---

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 国防工业出版社印刷厂

版 次 1995 年 9 月第 1 版

开 本 787×960 1/16

2001 年 11 月第 2 版

印 张 21.5

印 次 2001 年 11 月第 1 次印刷

字 数 390 000

定 价 18.30 元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

# 再 版 序

本书第一版自 1995 年发行以来,许多读者反映:针对大学物理教学,有这样一本既有工程应用背景,又与教学相适应,并和课程教材相配套的教学参考书是很必要的.这正是编者的初衷.

第二版较之第一版,增加了部分反映物理学在新技术领域的应用内容,并在马文蔚教授等编写的《物理学》(第四版)中利用脚注指导读者参阅,使读者在阅读或学习的过程中,拓宽视野,加深对基本原理的理解,切实体会物理学的“实用”,感受物理学在工程技术领域“前沿”的基础作用.

当你翻开这本书时,定会感受到其浓郁的工程气息.书中各项举例,无不从工程实际问题提出,经作者精心提炼,抽象为物理模型.读者应特别注意这种提出问题、分析问题和解决问题的方法,从中感受到物理学是与生活、生产实践和近代科学技术的发展紧密相联系的.

现在,这本书已列入马文蔚教授等编写的《物理学》教材系列,作为面向 21 世纪课程教材及教育部高等学校工科物理课程教学指导委员会“九五”规划教材同读者见面.感谢编者和作者为大学物理教育事业献上的这份厚礼,也感谢高等教育出版社在成书过程中的大力支持和帮助.愿读者能把这本书作为学习大学物理知识的益友,从中得到启迪;作为教学工作中的助手,丰富、完善你的教学内容.愿这本书自身亦在社会发展中得到提高和发展.

赵弘

1999 年 4 月于东南大学

## 第二版前言

《物理学原理在工程技术中的应用》自 1995 年出版以来,受到全国许多院校从事“大学物理”教学的教师的关心,提出了不少有益的意见.在许多物理教师的积极参与下和高等教育出版社的大力支持下,本书第二版终于与读者见面.

本书第二版保留了第一版的特色和风格,选题原则仍按第一版的要求,即“选题所述内容,必须符合大学物理教学的基本要求,有利于巩固加深对基本概念和定律的理解,有利于分析问题和解决问题能力的培养,有利于提高学生的学习兴趣,激发他们的求知欲,而且还要求所述内容一般需从工程实际问题出发,但须避开不必要的技术细节,把实际问题抽象成物理模型,并用物理原理进行分析研究,提出近似的合理的解决方法”.经反复筛选,现入选选题 104 个,其中第一版 90 个选题中保留 76 个,删去 14 个,合并 1 个.新增加了 29 个选题,适当增大了电磁学、光学和近代物理部分的比例.

对于删去的选题,主要是部分选题内容重复,有些选题与教学基本要求不相适应.

本书是马文蔚编写的“九五”国家级重点教材和“面向 21 世纪课程教材”——《物理学》(第四版)系列教材中的一本教学参考书,本书与《物理学》(第四版)联系紧密,其中有近三分之一的选题被该书以附注形式介绍给学生选学.

本书仍由北方交通大学余守宪教授审阅.本书选题 1~34、62~71 由苏惠惠负责修改,选题 35~61、72~104 由陈鹤鸣负责修改.全书由陈鹤鸣根据审稿意见进行修改,最后由马文蔚定稿.虽然编者对提高书稿的质量做了许多工作,但由于水平有限,书中仍有许多缺点和不足,敬请广大读者批评指正.

马文蔚 苏惠惠 陈鹤鸣

1999 年 6 月 28 日

# 第一版前言摘录

物理学是人类在认识自然规律和生产实践活动中产生和发展的.物理学的规律有极大的普遍性.工科院校的物理课程是一门重要的基础课.为使学生更好地理解 and 掌握物理学的基本概念和规律,学会如何应用物理理论来分析和解决问题,在物理教学中,恰当地联系实际是非常必要的,它是一项重要的教学基本原则.但是多年来,在教学中对这个问题一直未处理好,有时甚至把打好基础与联系实际对立起来,走过不少弯路.这方面的历史教训是很深刻的.

随着教学改革的深入开展,许多老师都认识到理论联系实际的重要性.但在具体做法上怎样才能取得应有的成效呢?1990年4月,在南京东南大学召开的《物理教学改革研究讨论会》上,与会代表一致认为应该选编一本《物理学原理在工程上的应用》教学参考书.在这个会上还确定选题所述内容,必须符合大学物理教学的基本要求,有利于巩固加深对基本概念和定律的理解,有利于分析问题和解决问题能力的培养,有利于提高学生的学习兴趣,激发他们的求知欲,而且还要求所述内容一般需从工程实际问题出发,但须避开不必要的技术细节,把实际问题抽象成物理模型,并用物理原理进行分析研究,提出近似的合理的解决办法.

本书经余守宪、严导淦、徐绪笃、唐光裕、畅贞霞、薛豪和张世良审阅.编者诚挚地期望广大物理教师深入实际,挖掘出更多更好的联系实际的选题,以推动物理教学改革向更深层次开展起来.这也是我们选编这本书的主要目的.

我们衷心感谢关心支持选编本书的同志们,衷心感谢所有为本书提供稿件的老师,没有他们的关心、支持与合作,本书是难以在这样短的时间里完成的.

马文蔚

1992年元月于东南大学兰园

|      |     |
|------|-----|
| 责任编辑 | 李宇峰 |
| 封面设计 | 张楠  |
| 责任绘图 | 朱静  |
| 版式设计 | 马静如 |
| 责任校对 | 康晓燕 |
| 责任印制 | 杨明  |

# 目 录

|    |                     |    |
|----|---------------------|----|
| 1  | 竖井提升的最佳速度 .....     | 1  |
| 2  | 摩擦力抵千钧 .....        | 4  |
| 3  | 摩擦与自锁 .....         | 6  |
| 4  | 外轨超高 .....          | 8  |
| 5  | 球磨机的最佳转速 .....      | 12 |
| 6  | 降落伞和跳伞塔 .....       | 15 |
| 7  | 跳台跳水游泳池的深度 .....    | 18 |
| 8  | 摩擦缓冲器 .....         | 20 |
| 9  | 河流拐弯处的堤坝 .....      | 24 |
| 10 | 静平衡和动平衡 .....       | 26 |
| 11 | 哑铃式铁锤的打击中心 .....    | 30 |
| 12 | 汽车的驱动与制动 .....      | 33 |
| 13 | 弧形闸门省力 .....        | 35 |
| 14 | 高速转动物体的极限转速 .....   | 37 |
| 15 | 门的制动器 .....         | 39 |
| 16 | 重车和空车同时到吗? .....    | 42 |
| 17 | 汽车的极限加速度和极限速度 ..... | 46 |
| 18 | 同步卫星的发射 .....       | 48 |
| 19 | 洲际导弹的射程 .....       | 52 |
| 20 | 重力勘探 .....          | 54 |
| 21 | 浮子流量计 .....         | 57 |
| 22 | 孔板和流量测定 .....       | 59 |
| 23 | 足球场上的“香蕉”球 .....    | 61 |
| 24 | 旋转空管法测液体粘度 .....    | 66 |
| 25 | 保温瓶胆的真空度 .....      | 69 |
| 26 | 气体血栓 .....          | 72 |
| 27 | 喷气发动机燃料的选择 .....    | 75 |

|    |                          |     |
|----|--------------------------|-----|
| 28 | 提高热机效率的两种方法 .....        | 78  |
| 29 | 温室效应 .....               | 81  |
| 30 | 建筑中的热平衡 .....            | 85  |
| 31 | 热泵 .....                 | 89  |
| 32 | 制冷与低温工程 .....            | 92  |
| 33 | 冰箱制冷 .....               | 96  |
| 34 | 能制多少冰 .....              | 99  |
| 35 | 几种常见的电容传感器 .....         | 103 |
| 36 | 电容电感与动压测量 .....          | 107 |
| 37 | 高压输电线的电晕放电 .....         | 111 |
| 38 | 采用分裂导线输电可减少电晕放电 .....    | 114 |
| 39 | 静电除尘器 .....              | 117 |
| 40 | 静电复印 .....               | 122 |
| 41 | 静电透镜 .....               | 125 |
| 42 | 电器接地与危险区域 .....          | 129 |
| 43 | 扩散薄层的方块电阻及其测量 .....      | 132 |
| 44 | 电阻应变片 .....              | 136 |
| 45 | 高电压绝缘与局部放电 .....         | 139 |
| 46 | 气体放电光源与五彩缤纷的灯 .....      | 142 |
| 47 | 电力系统中母线截面形状与安培力的关系 ..... | 146 |
| 48 | 焊接电弧中电磁力的分析 .....        | 149 |
| 49 | 离子抽运泵 .....              | 152 |
| 50 | 离子推进器 .....              | 154 |
| 51 | 电磁铁吸力的计算 .....           | 157 |
| 52 | 交流电磁铁振动噪音的消除 .....       | 160 |
| 53 | 磁透镜 .....                | 162 |
| 54 | 汽车测试用的五轮仪 .....          | 166 |
| 55 | 地下金属管线探测 .....           | 168 |
| 56 | 显像管偏转线圈的绕线规律 .....       | 171 |
| 57 | 磁流体发电 .....              | 175 |
| 58 | 电磁流量计 .....              | 178 |
| 59 | 磁盘与磁记录 .....             | 182 |



|    |                              |     |
|----|------------------------------|-----|
| 60 | 感应加热的原理与应用 .....             | 185 |
| 61 | 微波加热的物理原理 .....              | 188 |
| 62 | 弹簧减振 .....                   | 192 |
| 63 | 防振锤 .....                    | 195 |
| 64 | 缓冲包装设计 .....                 | 198 |
| 65 | 火车的危险速率与轨长 .....             | 202 |
| 66 | 用薄板共振控制噪声 .....              | 204 |
| 67 | 穿孔板共振消声 .....                | 207 |
| 68 | 用声波干涉控制噪声 .....              | 210 |
| 69 | 监测车速 .....                   | 212 |
| 70 | 多普勒声纳 .....                  | 214 |
| 71 | 多普勒血流计 .....                 | 218 |
| 72 | 医用超声成像诊断仪 .....              | 221 |
| 73 | 双光束干涉原理在煤矿甲烷体积分数监测中的应用 ..... | 224 |
| 74 | 用光干涉极值法动态测定膜厚 .....          | 227 |
| 75 | 增透膜 .....                    | 230 |
| 76 | 二向色镜在彩色液晶电视中的应用 .....        | 234 |
| 77 | 激光干涉仪 .....                  | 239 |
| 78 | 半波带及其应用 .....                | 242 |
| 79 | 光的衍射法测细丝直径 .....             | 245 |
| 80 | 光的单缝衍射的一些应用 .....            | 249 |
| 81 | 光栅的莫尔条纹及其应用 .....            | 254 |
| 82 | 偏振光干涉原理在解决材料开裂问题上的应用 .....   | 258 |
| 83 | 平面应力状态模型在平面偏振光中的光弹效应 .....   | 261 |
| 84 | 利用临界角法进行精密平面的测量 .....        | 265 |
| 85 | 全息干涉及其应用 .....               | 267 |
| 86 | 光盘 .....                     | 270 |
| 87 | 光全息存储器 .....                 | 275 |
| 88 | 光纤传感器 .....                  | 279 |
| 89 | 磁制冷 .....                    | 282 |
| 90 | 模压全息及其应用 .....               | 283 |
| 91 | 相衬显微镜 .....                  | 287 |

---

|     |                         |     |
|-----|-------------------------|-----|
| 92  | 放射性衰变规律在地质年代学中的应用 ..... | 291 |
| 93  | 放射性衰变规律在考古学中的应用 .....   | 296 |
| 94  | $\gamma$ 射线物位计 .....    | 299 |
| 95  | 核子秤 .....               | 301 |
| 96  | X射线和计算层析技术 .....        | 303 |
| 97  | 扫描隧道显微镜 .....           | 306 |
| 98  | 超导与磁悬浮列车 .....          | 310 |
| 99  | 核磁共振及其医学成像原理 .....      | 312 |
| 100 | 光电法测转速 .....            | 314 |
| 101 | 光电池与太阳能电池 .....         | 316 |
| 102 | 石英电子表 .....             | 319 |
| 103 | 电荷耦合器件及其应用 .....        | 324 |
| 104 | 纳米材料及其应用 .....          | 329 |

# 1 竖井提升的最佳速度

乔晓华 孙玉霞

竖井是将地下数百米深处的煤炭、矿石等资源运送到地面的通道.当一次提升的载荷确定后,竖井的提升能力与提升过程延续的时间成反比;提升矿石所需电机的额定功率又与最大提升速度成正比.一般牵引钢丝绳的安全系数限制提升加速度  $a$  不大于  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .我们运用匀变速直线运动的速度随时间变化的曲线图,分析在一次提升过程中的延续时间和最大提升速度的关系,从而确定既满足竖井提升能力又显著降低提升电机额定功率的提升速度图.

若用横坐标表示提升过程延续的时间,纵坐标表示相应的提升速度.则提升速度图如图 1-1 所示.图中曲线②表示在一次实际提升过程中有加速、匀速和减速三个阶段,而图中曲线①表示只有加速和减速两阶段,没有匀速阶段.

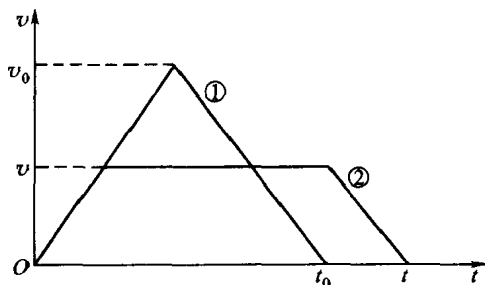


图 1-1

假定在一次提升过程中加速和减速阶段的加速度值均为  $a$ ,提升高度为  $H$ .若提升过程无匀速阶段,则提升高度  $H$  等于图中曲线①下三角形的面积,其大小为  $\frac{1}{2}v_0t_0$ .由匀变速直线运动的规律,有  $v_0^2 = 2a(H/2)$ ,可得最大提升速度

$$v_0 = \sqrt{aH} \quad (1)$$

相应一次提升延续的时间

$$t_0 = 2\sqrt{\frac{H}{a}} \quad (2)$$

若提升过程有匀速阶段,其提升速度图为图 1-1 中的曲线②,  $v$  是该过程

的最大提升速度. 由于曲线②下梯形的面积为  $H = vt - v \frac{v}{a}$ , 可得一次提升延续的时间为

$$t = \frac{v}{a} + \frac{H}{v} \quad (3)$$

可见, 提升同样高度  $H$ , 可以有多种不同的提升速度曲线. 相应的最大提升速度和一次提升延续的时间也有很大差别. 若从提升同样载荷的煤炭或矿石出发, 由图 1-1 知,  $t_0 < t$ , 即采用曲线①的速度图, 提升一次用时最短, 所以竖井的提升能力最大. 但由图 1-1 又不难看出  $v < v_0$ , 即采用曲线②的速度图, 最大提升速度  $v$  较小, 因此对提升电机的额定功率要求较低. 从降低提升电机的额定功率, 提高电机的有功功率等实际经济效益考虑, 采用曲线②的速度图又显著优于采用曲线①的速度图.

综合上述分析, 既要尽量提高竖井的提升能力又要讲求经济效益, 选择提升过程的最佳速度图的关键在于比较两种速度图中最大提升速度之比  $v/v_0$  的变化对一次提升延续时间之比  $t/t_0$  的影响.

由前述有  $H = \frac{1}{2} v_0 t_0$ ,  $a = \frac{2v_0}{t_0}$ . 将  $H, a$  代入式(3)整理得

$$\frac{t}{t_0} = \frac{1 + \left(\frac{v}{v_0}\right)^2}{2\left(\frac{v}{v_0}\right)} \quad (4)$$

为便于利用式(4)比较  $v/v_0$  与  $t/t_0$  的关系, 令  $t$  以  $t_0$  为单位,  $v$  以  $v_0$  为单位, 由图 1-1 得  $t \geq 1, 0 \leq v \leq 1$ . 列表如下.

|     |       |      |      |      |   |
|-----|-------|------|------|------|---|
| $v$ | 0.125 | 0.25 | 0.50 | 0.75 | 1 |
| $t$ | 4.06  | 2.13 | 1.25 | 1.04 | 1 |

选  $v/v_0$  为横坐标  $t/t_0$  为纵坐标, 作式(4)的函数图象(图 1-2).

由图 1-2 发现, 当最大提升速度  $v \geq 0.5v_0$  以后, 采用曲线②的梯形速度图, 提升一次延续的时间  $t$  随最大提升速度  $v$  的增加而减少的幅度就不显著了. 若取曲线②的梯形速度图的最大提升速度  $v = 0.5v_0$ , 则可使提升电机的额定功率降低为按曲线①的三角形速度图提升时所需功率的  $\frac{1}{2}$ , 而一次提升延续的时间仅延长了  $\frac{1}{4}$

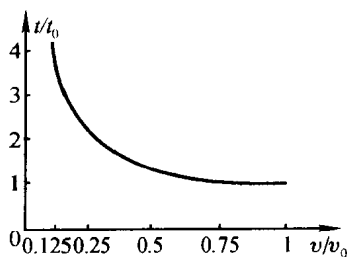


图 1-2

倍. 综合比较可得, 竖井的最大提升速度取  $v = 0.5v_0 = 0.5 \sqrt{aH}$  是最为经济合

理的. 考虑到实际提升过程加速度  $a \leq 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  的限制, 取  $a = 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ , 可得竖井提升的最大速度  $v$  与竖井深度  $H$  的关系为

$$v = 0.5 \sqrt{H} \quad (5)$$

式中,  $v$  以  $\text{m/s}$  为单位,  $H$  以  $\text{m}$  为单位. 因此, 由  $a = 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ,  $v = 0.5 \sqrt{H}$  所确定的速度图为提升过程的最佳速度图.

本文略去了竖井提升过程的诸多技术问题, 有关实际过程的简化及有关数据的处理, 得到孔凡盈先生的指教, 在此深表谢意.

## 参 考 文 献

- [1] 黎佩琨主编. 矿山运输及提升. 北京: 冶金工业出版社, 1984
- [2] 范家骏编. 矿井多绳提升选型设计. 北京: 煤炭工业出版社, 1981

## 2 摩擦力抵千钧

谈淑梅

若有一艘 2 000 t 的船正在下水,沿着坡度为 1/20 的光滑轨道由静止缓缓向下滑行.突然由于紧急原因,需要制止船在轨道上滑动,这就要求用

$$F_T = 2\,000 \times 10^3 \times 9.8 \times \frac{1}{20} \text{ N} = 980\,000 \text{ N}$$

的力拉住船,这是任何大力士也无法胜任的.但是,如将系船的绳索迅速在坡道边的固定桩子上绕几圈(如绕 5 圈),再用手去拉绳索另一端,这样一个人就轻而易举地拉住了正在下滑的船.这是为什么?现分析如下.

设桩为圆柱形.考虑对桩中心张角为  $d\theta$  的一小段绳索 AB 的受力情况.略去重力,绳索 AB 两端的张力分别为  $F_T$ 、 $F_T + dF_T$ ,如图 2-1 所示. AB 段绳索还受桩的支承力  $dF_N$  及静摩擦力  $dF_f$  的作用.

以地面为参考系,并取如图 2-1 所示的直角坐标系,坐标原点 O 在 AB 的中点.考虑到静摩擦力  $dF_f \leq dF_{fm} = \mu dF_N$  ( $\mu$  为静摩擦系数,  $dF_{fm}$  为最大静摩擦力), AB 段绳索在  $Ox$  和  $Oy$  轴上的平衡方程为

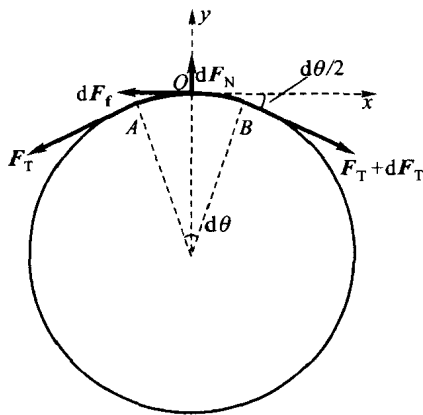


图 2-1

$$\begin{cases} (F_T + dF_T) \cos \left( \frac{d\theta}{2} \right) - F_T \cos \left( \frac{d\theta}{2} \right) - \mu dF_N \leq 0 \\ dF_N - (F_T + dF_T) \sin \left( \frac{d\theta}{2} \right) - F_T \sin \left( \frac{d\theta}{2} \right) = 0 \end{cases}$$

因为  $d\theta$  取值很小,所以  $\sin \left( \frac{d\theta}{2} \right) \approx \frac{d\theta}{2}$ ,  $\cos \left( \frac{d\theta}{2} \right) \approx 1$ . 上述方程组经整理并略去二阶无穷小量后,得

$$\begin{cases} dF_T - \mu dF_N \leq 0 \\ dF_N - F_T d\theta = 0 \end{cases}$$

再消去  $dF_N$ , 得 AB 段绳索两端张力之差

$$dF_T \leq \mu F_T d\theta$$

欲求有限长绳索两端张力的关系, 需对上式分离变量, 并积分, 当接触角为  $\theta$  时, 得

$$\int_{F_{T0}}^{F_T} \frac{dF_T}{F_T} \leq \int_0^\theta \mu d\theta$$

可知

$$F_T \leq F_{T0} e^{\mu\theta}$$

故最大张力

$$F_{Tm} = F_{T0} e^{\mu\theta}$$

可见, 绕在桩上绳索的张力随绳和桩相接触的角度  $\theta$  的增大, 按指数关系增大,  $\mu$  值越大, 增长越快, 而与桩的半径无关. 因此, 只要用较小的力就可借助摩擦力拽住大轮船.

若  $\mu = 0.25$ , 将  $F_{Tm} = 980\,000\text{ N}$ ,  $\theta = 5 \times 2\pi = 10\pi$ , 代入上式, 得

$$F_{T0} = F_{Tm} e^{-\mu\theta} = 980\,000 e^{-0.25 \times 10\pi} \text{ N} = 380 \text{ N}$$

这是任何普通人都能胜任的.  $980\,000\text{ N}$  与  $380\text{ N}$  之间的差额完全由摩擦力承担了.

### 3 摩擦与自锁

刘世强 吴义声

根据摩擦定律,最大静摩擦力  $F_{fm}$  与法向力  $F_N$  之间的数量关系为

$$F_{fm} = \mu F_N \quad (1)$$

式中,摩擦系数  $\mu$  取决于相互接触物体表面的材料性质及表面状况.

如图 3-1,滑块  $m$  静止于斜面上,逐渐增大斜面的倾角  $\theta$ ,直到  $\theta$  等于某特定值  $\varphi$  时,物体达到将动未动的临界静止状态,此时的摩擦力为最大静摩擦力.滑块  $m$  的平衡方程为

$$\begin{cases} F_N - mg \cos \varphi = 0 \\ F_{fm} - mg \sin \varphi = 0 \end{cases}$$

由方程组和式(1)解出

$$\mu = \tan \varphi \quad (2)$$

$\varphi$  称为摩擦角.显然,  $\theta \leq \varphi$  时  $m$  保持静止状态,  $\theta > \varphi$  时  $m$  由静止开始下滑.

摩擦角这一物理量被广泛应用于工农业生产和日常生活中.下面举两个实例.

#### 一 估算粉料的体积

粉料或颗粒料(如沙粒,锯末,煤炭,谷物等)自然堆积成圆锥体,如图 3-2 所示.圆锥体的底角必定是该物料的摩擦角  $\varphi$ .因为,当底角  $\theta > \varphi$  时物料将沿锥面下滑,使  $\theta$  减小;当  $\theta < \varphi$  时物料将停留在锥面上,使  $\theta$  增大.所以底角保持为定值  $\varphi$ .若已知摩擦角  $\varphi$  和高  $h$ ,则可求出物料的体积为

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{3} \pi r^2 h = \frac{1}{3} \pi \left( \frac{h}{\tan \varphi} \right)^2 h \\ &= \frac{\pi h^3}{3 \tan^2 \varphi} = \frac{\pi h^3}{3 \mu^2} \end{aligned} \quad (3)$$

式中,  $\mu$  已不是原来意义的摩擦系数,它称为

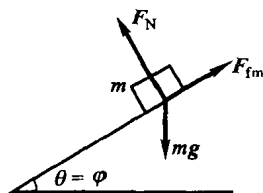


图 3-1

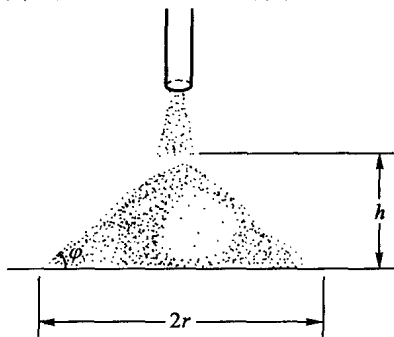


图 3-2



当量摩擦系数,取决于物料的种类和粒度.有经验的人员凭借目测就可估计出  $\varphi$  和  $h$  的数值,从而估计出物料的体积.这是一种估料方法.反之,若有一定体积的某种物料需要自然堆放在地面上,当然必须事先估计出物料堆放后形成的圆锥体的底面积大小,以便准备合适的场地.这时先用该种物料作一小型模拟试验,测出其摩擦角  $\varphi$ .将  $h = r \tan \varphi$  代入式(3),得

$$V = \frac{\pi}{3 \tan^2 \varphi} (r \tan \varphi)^3 = \frac{1}{3} \pi r^3 \tan \varphi$$

则物料所占底面积将为

$$A = \pi r^2 = \pi \left( \frac{3V}{\pi \tan \varphi} \right)^{2/3} \quad (4)$$

## 二 螺旋千斤顶

螺旋千斤顶的构造如图 3-3(a)所示,它是靠用力推手柄 1,使螺杆 2 的螺纹沿底座 3 的螺纹槽(相当于螺母)慢慢旋进而顶起重物 4.并要在举起重物后,重物和螺杆不会自动下降,可在任意位置保持平衡,要实现这点,必须满足自锁条件.

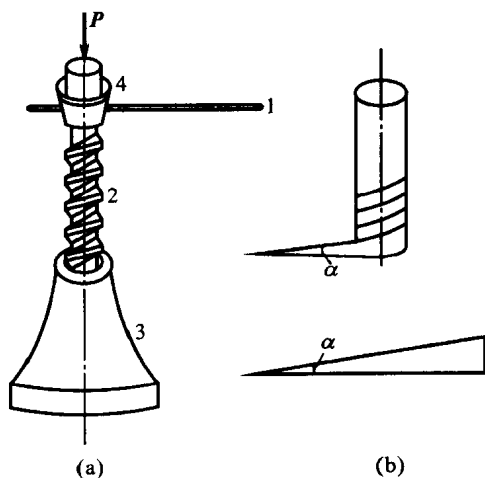


图 3-3

螺旋可以看成是绕在一圆柱体上的斜面,如图 3-3(b).螺纹升角  $\alpha$  相当于斜面的倾角  $\theta$ ,螺母(图中未画出)相当于斜面上的物块,加于螺母的轴向载荷相当于物块的重力  $P$ ,螺旋与螺母之间有正压力和摩擦力作用.由前面讨论知,螺旋的自锁条件是螺纹升角  $\alpha \leq \varphi$ .如果选用 45 钢或 50 钢做螺杆,螺母的材料用青铜或铸铁,螺杆与螺母之间的摩擦系数  $\mu = 0.1$ ,则

$$\varphi = \arctan 0.1 = 5^\circ 43'$$

为保证螺旋千斤顶自锁,一般取螺纹升角  $\alpha = 4^\circ \sim 4^\circ 43'$ .