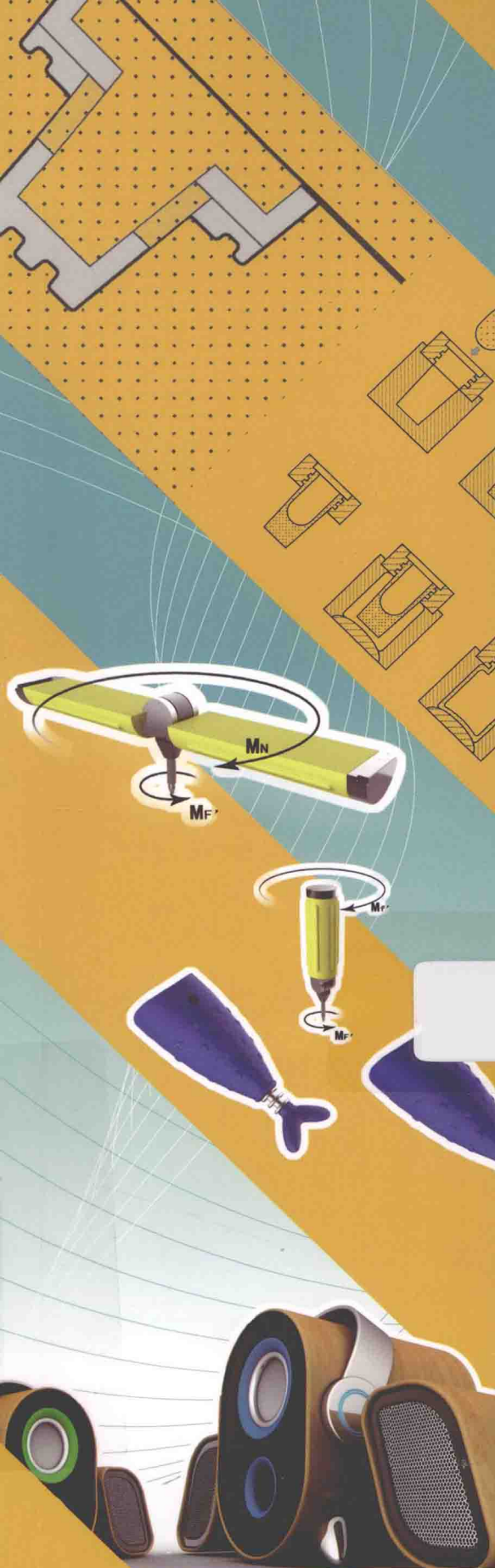


高职高专艺术设计专业规划教材·产品设计

ENGINEERING FOUNDATION OF PRODUCT

产品工学基础

甄丽坤 白仁飞 编著



中国建筑工业出版社

高职高专艺术设计专业规划教材·产品设计

**ENGINEERING
FOUNDATION
OF PRODUCT**

产品工学基础

甄丽坤 白仁飞 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

产品工学基础 / 甄丽坤等编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014.10
高职高专艺术设计专业规划教材·产品设计
ISBN 978-7-112-17248-1

I. ①产… II. ①甄… III. ①产品设计—高等职业教育—教材 IV. ①TB472

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 211477 号

对应产品设计专业学生知识及能力培养目标, 本书着重从以下几个方面来展开: 一是以理解产品的功能及实现原理为目的的工学基础知识的学习, 使学生能够运用技术术语和基础理论与工程师沟通, 能够运用理论知识进行创新设计; 二是针对以产品形态的实现为目的的材料与工艺的基础知识的学习, 使学生能够为产品形态选择材料, 了解加工工艺及对产品造型的影响。

责任编辑: 李东禧 唐 旭 焦 斐 吴 绫

责任校对: 李欣慰 关 健

高职高专艺术设计专业规划教材·产品设计
产品工学基础

甄丽坤 白仁飞 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

北京方嘉彩色印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 7½ 字数: 175 千字

2014 年 11 月第一版 2014 年 11 月第一次印刷

定价: **45.00** 元

ISBN 978-7-112-17248-1

(26014)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

“高职高专艺术设计专业规划教材·产品设计” 编委会

总 主 编：魏长增

副总主编：韩凤元

编 委：（按姓氏笔画排序）

王少青 白仁飞 田 敬 刘会瑜

张 青 赵国珍 倪培铭 曹祥哲

韩凤元 韩 波 甄丽坤

序

2013 年国家启动部分高校转型为应用型大学的工作, 2014 年教育部在工作要点中明确要求研究制订指导意见, 启动实施国家和省级试点。部分高校向应用型大学转型发展已成为当前和今后一段时期教育领域综合改革、推进教育体系现代化的重要任务。作为应用型教育最基层的众多高职、高专院校也会受此次转型的影响, 将会迎来一段既充满机遇又充满挑战的全新发展时期。

面对众多研究型高校转型为应用型大学, 高职、高专作为职业技术的代表院校为了能够更好地迎接挑战, 必须努力提高自身的教学水平, 特别要继续巩固和加强对学生操作技能的培养特色。但是, 当前职业技术学院艺术设计教学中教材建设滞后、数量不足、种类不多、质量不高的问题逐渐显露出来。很多职业院校艺术类教材只是对本科教材的简化, 而且均以理论为主, 几乎没有相关案例教学的内容。这是一个很大的问题, 与当前学科发展和宏观教育发展方向是有出入的。因此, 编写一套能够符合时代发展需要, 真正体现高职、高专艺术设计教学重动手能力培养、重技能训练, 同时兼顾理论教学, 深入浅出、方便实用的系列教材就成为了当务之急。

本套教材的编写对于加快国内职业技术学院艺术类专业教材建设、提升各院校的教学水平有着重要的意义。一套高水平的高职、高专艺术类教材编写应该有别于普通本科院校教材。编写过程中应该重点突出实践部分, 要有针对性, 在实践中学习理论, 避免过多的理论知识讲授。本套教材邀请了众多教学水平突出、实践经验丰富、专业实力雄厚的高职、高专从事艺术设计教学的一线教师参加编写。同时, 还吸纳很多企业一线工作人员参加编写, 这对增加教材的实用性和实效性将大有裨益。

本套教材在编写过程中力求将最新的观念和信息与传统知识相结合, 增加全新案例的分析和经典案例的点评, 从新时代的角度探讨了艺术设计及相关的概念、方法与理论。考虑到教学的实际需要, 本套教材在知识结构的编排上力求做到循序渐进、由浅入深, 通过大量的实际案例分析, 使内容更加生动、易懂, 具有深入浅出的特点。希望本套教材能够为相关专业的教师和学生提供帮助, 同时也为从事此专业的从业人员提供一套较好的参考资料。

目前, 国内高职、高专艺术类教材建设还处于起步阶段, 还有大量的问题需要深入研究和探讨。由于时间紧迫和自身水平的限制, 本套教材难免存在一些问题, 希望广大同行和学生能够予以指正。

总主编 魏长增

2014 年 8 月

前言

产品设计专业主要是为工业设计公司或工业产品设计与制造企业培养从事新产品的开发或产品三维造型设计等相关工作的产品设计师。设计师既不同于艺术家也不同于工程师，需要同时具备艺术家造型和色彩的能力、形象思维的能力和工程师的工程技术知识和逻辑思维的能力，这两者是对设计师的能力方面的要求。而设计师的工作是进行产品设计。纵观工业设计史，无论什么样的设计风格、设计理念，最终都需要以造型和色彩来体现，而造型和色彩必然以材料为物质基础，将材料加工成相应造型必然离不开加工工艺，而材料与工艺只有实现一定的功能才能称之为产品。作为一个设计师要具备处理好造型、功能、材料、工艺之间的关系的的能力，处理好艺术与技术、经济之间关系的能力。这种能力的培养不是一蹴而就的，一方面需要基础知识的学习，另一方面离不开在设计实践中的磨炼。另外这种能力的培养还能够帮助提高设计师与工程师交流和配合的能力。

《产品工学基础》这门课程面对当前高职学生的知识和能力的现状，一方面要帮助他们复习和巩固已有知识，另一方面还要在原有基础上对知识体系有深化、升华、拓展、完善，同时还要注重对艺考生源的逻辑思维能力的培养，并与产品设计专业密切联系。

但是产品设计专业涉及的行业众多、领域众多，对于工学知识的学习不能逐一进行，而必须以点带面，在学习的过程中要有重点、有典型，同时也要照顾到涉及范围的广度，能够举一反三。

同时由于学时有限、学生的精力有限，精修、精研固然好，但却不是最有效的，所以在学习过程中对于知识框架和相互关联的理解很重要，对于所学知识有效的运用更重要。结合高等职业教育的特点和本专业对于工学知识的需求情况，本书采用任务驱动的方式展开。

在本书任务中涉及案例均为原创设计，部分曾在国内外设计大赛中获奖。为了保证本书的质量，书中的一些数据引用自国标，部分图片来自网络，特此说明，并表示衷心的感谢。

由于编者的水平和学识有限，书中难免有不当之处，恳请读者批评指正。

目 录

序 前 言

1 第一章 力与产品

2 第一节 力与产品

7 第二节 力矩与产品

8 第三节 材料力学

15 第二章 电与产品

16 第一节 电能转化为光能

24 第二节 电能转化为热能

28 第三节 电信号转化为声音信号

35 第三章 金属及加工工艺

36 第一节 认识金属材料

46 第二节 金属的铸造及切削工艺

55 第三节 金属的冲压工艺和连接工艺、表面处理

61 第四章 塑料及加工工艺

62 第一节 认识塑料材料

69 第二节 塑料件的加工工艺

77 第五章 木材及加工工艺

78 第一节 认识木材

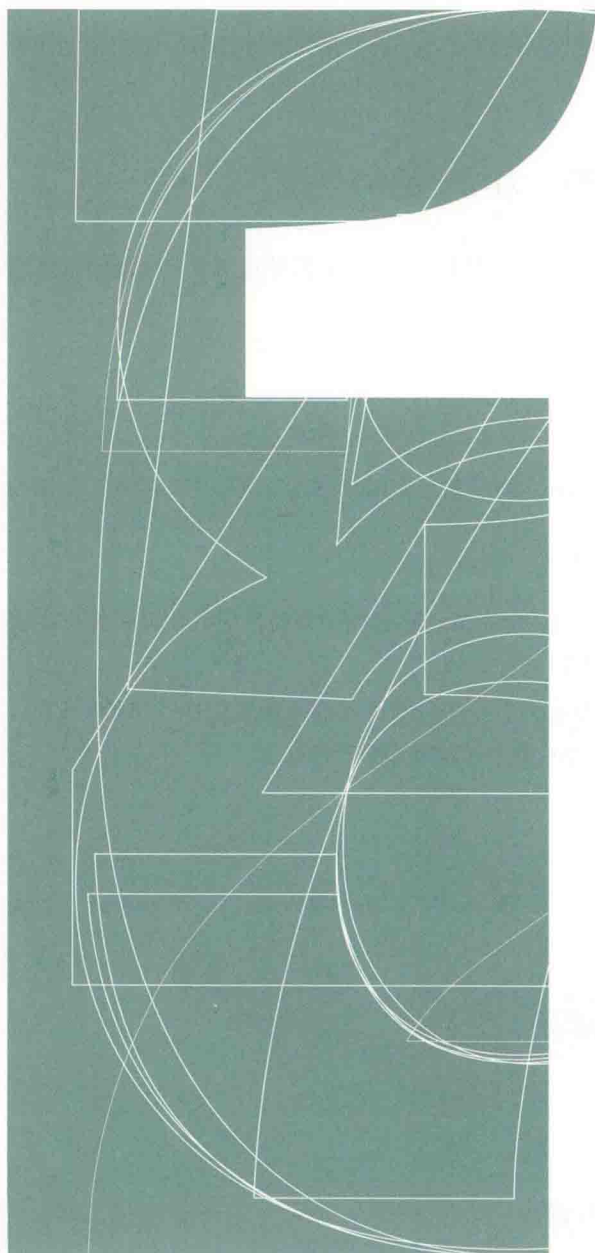
81 第二节 木材的加工工艺

89 第六章 陶瓷及加工工艺

90 第一节 认识陶瓷材料

93	第二节	陶瓷材料的成型方法
99	第七章	玻璃及加工工艺
100	第一节	认识玻璃材料
102	第二节	玻璃的成型方法
107	第八章	复合材料
111		参考文献

第一章 力与产品



【学习任务】

1. “摠”章受力分析
2. “会飞的螺丝刀”受力分析
3. 选择拔河的绳子

【任务目标】

学习力学的知识、力矩的知识、材料力学的知识，理解平衡的条件，并能够运用它对产品进行受力分析。

【任务要求】

能够运用力学基本原理对创意设计的产品进行受力分析，完善设计细节，使产品设计更科学、合理、可靠。

第一节 力与产品

如图 1-2 所示为一“摠”章的设计，请同学利用力学相关知识对此创意与传统印章之间的对比进行分析。

一、基础知识介绍

1. 力的基本知识

力(F)是物体与物体之间或物体各部分之间的相互作用。物体与物体之间的相互作用为外力，物体各部分之间的相互作用为内力。

国际单位：牛顿，符号是 N。

力的三要素：大小、方向、作用点。用一个箭头的起点表示力的作用点，箭头的长度表示力的大小，箭头的方向表示力的方向（图 1-3）。

力的运算：平行四边形法则——以表示两个共点力的有向线段为邻边作一平行四边形，该两邻边之间的对角线即表示两个力的合力的大小和方向（图 1-4）。



图 1-1 传统印章



图 1-2 “摠”章

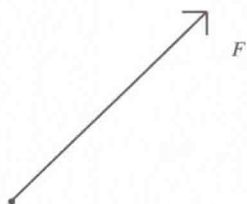


图 1-3 力的表示方法

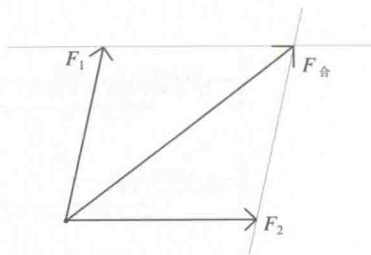


图 1-4 力的合成示意图

2. 力的基本定律和公理

牛顿三大运动定律

惯性定律：任何物体都保持静止或匀速直线运动状态，直到其他物体所作用的力迫使它改变这种状态为止。

加速度定律：物体在受到外力作用时，其所获得的加速度大小与所受外力矢量和的大小成正比，与物体的质量成反比，加速度的方向与外力矢量和的方向相同（ $a=F/m$ 或 $F=ma$ ）。

作用力和反作用力定律：两个物体相互作用时，作用力和反作用力大小相等，方向相反，在同一直线上。

3. 常见的力（图 1-5）

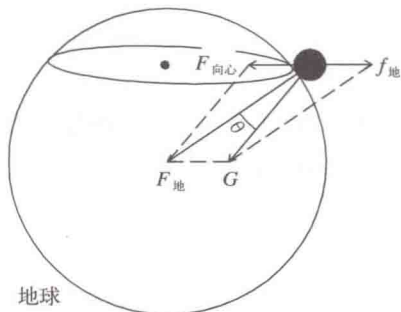


图 1-5 重力与万有引力

1) 万有引力 (F)

自然界中任何两个物体都是相互吸引的，引力的大小跟这两个物体的质量乘积成正比，跟它们的距离的二次方成反比。

方向：指向物体的几何中心。

大小： $F=GmM/r^2$ ，即万有引力等于引力常量乘以两物体质量的乘积除以它们距离的平方。

其中 G 代表引力常量，其值约为 6.67×10^{-11} ，单位 $N \cdot m^2/kg^2$ 。

2) 重力 (G)

地面附近的物体由于地球的吸引而受到的力，叫作重力。

方向：竖直向下。

大小： $G=mg$ ，重力加速度 $g=9.80m/s^2$ 。

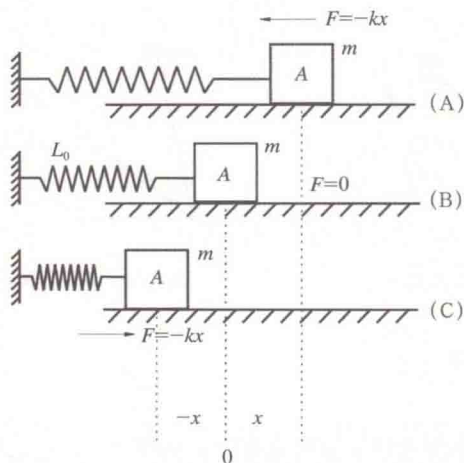


图 1-6 弹力

3) 弹力 (F)

弹力是发生弹性形变的物体, 会对跟它接触的物体产生力的作用。拉力、压力、支持力、推力、张力等都属于弹力。

方向: 总是与物体形变的方向相反。压力或支持力的方向总是垂直于支持面而指向被压或被支持的物体。

大小: 一般情况下无法直接计算, 但弹性材料力遵循胡可定律 $\Delta F = k\Delta x$ 或 $F = -kx$ 。

k 称为弹簧的劲度系数 (也称弹性系数), 单位是牛顿/米, 符号是 N/m 。 Δx 为弹簧的形变量 (图 1-6)。

4) 摩擦力

两个互相接触的物体, 当它们发生相对运动或有相对运动趋势时, 在两物体的接触面之间有阻碍它们相对运动的作用力, 这个力叫摩擦力。

方向: 摩擦力与接触面相切, 且与相对运动方向或与相对运动趋势方向相反。

• 滑动摩擦力

当一个物体跟另一个物体有相对滑动时, 在它们的接触面上产生的摩擦力叫作滑动摩擦力。

大小: $f = \mu N$ 。其中 N 是正压力, μ 是滑动摩擦因数, 与接触面有关。

• 静摩擦力

若两相互接触, 而又相对静止的物体, 在外力作用下如只具有相对滑动趋势, 而又未发生相对滑动, 则它们接触面之间出现的阻碍发生相对滑动的力, 叫作静摩擦力。

大小: ①最大静摩擦力: 静摩擦力存在最大值, 即使物体由静止变为运动的最小力, 称为最大静摩擦力。它略大于使物体刚要运动所需要的最小外力 (最小滑动摩擦力)。②静摩擦力的大小不是一个定值, 静摩擦力随实际情况而变, 大小可以是零和最大静摩擦力之间的任一数值, 即 $0 < F \leq F(\max)$ 。

• 滚动摩擦力

它实质上是静摩擦力。接触面愈软,形状变化愈大,则滚动摩擦力就愈大。一般情况下,物体之间的滚动摩擦力远小于滑动摩擦力。在交通运输以及机械制造工业上广泛应用滚动轴承,就是为了减少摩擦力。

5) 流体阻力

气体和液体都具有流动性,统称为流体。物体在流体中运动时,会受到流体的阻力。

方向:与物体相对于流体运动的方向相反。

大小:流体的阻力跟物体相对于流体的速度有关,当物体的速度不太大时,阻力与它的速率 V 成正比;当物体穿过流体的速率超过某限度时,阻力与它的速率平方成正比;如果物体与流体的相对速度提高到接近空气中的声速时,阻力与速率的三次方成正比(图 1-7)。

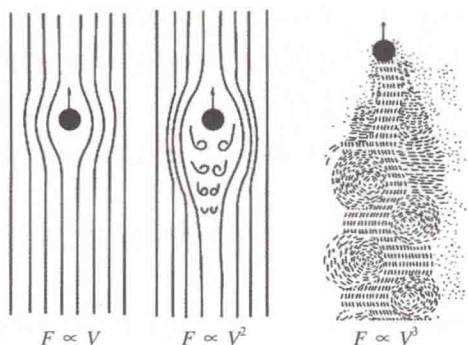


图 1-7 流体的阻力

流体的阻力跟物体的横截面积有关,横截面积越大,阻力越大。

流体的阻力还跟物体的形状有关系,头圆尾尖的物体所受的流体阻力较小,这种形状通常叫作流线型。

一般来说,空气阻力比液体阻力、固体间的摩擦要小。

二、任务实施

1. 分析传统印章使用过程中的受力

传统印章的使用过程中是依靠手与印章侧壁的静摩擦力来施加向下压力的,使用状态和受力分析如图 1-8、图 1-9:



图 1-8 传统印章的使用

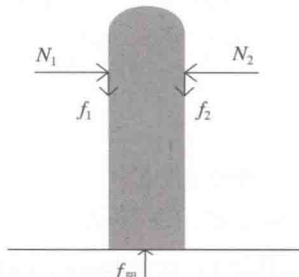


图 1-9 传统印章的受力

2. 分析“摁”章使用时的受力

“摁”章使用过程中是直接将手的压力作用直接作用在“摁”章上来施加压力的，使用状态和受力分析如图 1-10、图 1-11。

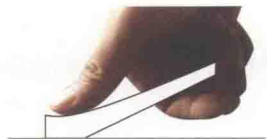


图 1-10 “摁”章的使用

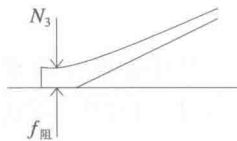


图 1-11 “摁”章的受力

3. 传统印章与“摁”章受力比较

在使用过程中，传统印章是依靠手作用到印章侧壁的静摩擦力 f_1 、 f_2 来完成印制的，而静摩擦力产生是手指给印章施加的一对水平方向的平衡力 N_1 、 N_2 提供的正压力，同时由于手指与印章间的相对运动趋势而产生了竖直向下静摩擦力。也就是说施加 N_1 、 N_2 两个压力，得到的 f_1 、 f_2 两个摩擦力是有效完成工作的作用力。由基础知识得知 $f_1=f_2 \leq f_{\max}=N_1\mu$ (μ 为最大静摩擦系数，一般情况小于 1)，所以 $N_1 \geq f_1/\mu$ 。

“摁”章在使用过程中，手施加给“摁”章的直接就是竖直向下的压力 N_3 ，而有效完成工作的力即 N_3 。

通过两个过程的比较，发现一般情况下，印章作用在纸面压力相等的前提条件下，使用“摁”章时人施加的力要小于使用传统印章时施加的力。

另外，从使用过程来看，使用“摁”章时的施力更加直接和确定，减少了过程中的不确定因素。

4. 关于“摁”章的评价

此“摁”章一改传统印章的外观，外观的改变同时改变了印章的使用方式，利用了力学相关知识，使之成为一个省力并且确定的物件。

与传统四面相同的中轴对称式的印章不同的是，在使用过程中它不需要使用者辨认印章的方向，只需要按章常用的姿势按下即可。

从使用时的动作来看，“摁”章使用时的动作类似于按手印，在产品的造型设计中运用了移植的方法。

产品设计中的力的因素的考虑，使用的方便性的考虑和使用动作的设计，使得这个小创意丰满、省力、可靠、方便、巧妙、合理。

三、任务小结

通过这个任务的实施使学生充分认识到《产品工学基础》的重要性，学习了力的基本概念和定律、常见的几种力及其存在条件、力的平衡条件，能够进行简单的受力分析，提示学生不仅关注产品的造型设计，还要通过理性的分析发现好的创意。同时由于是第一个任务，难度较低，趣味性较强，学生能够和容易理解，甚至独立完成整个分析过程，增强了学习本

门课程的兴趣和信心。

第二节 力矩与产品

如图 1-12、图 1-13 为一螺丝刀的创意设计, 请分析它两种工作状态下所受力矩情况。

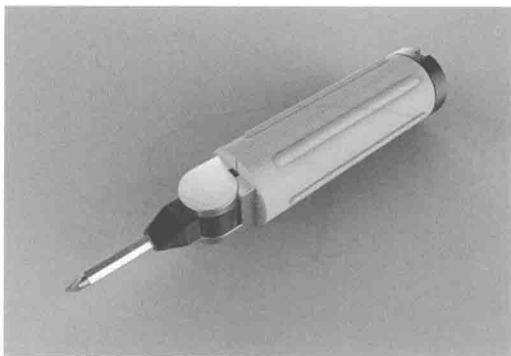


图 1-12 螺丝刀状态一

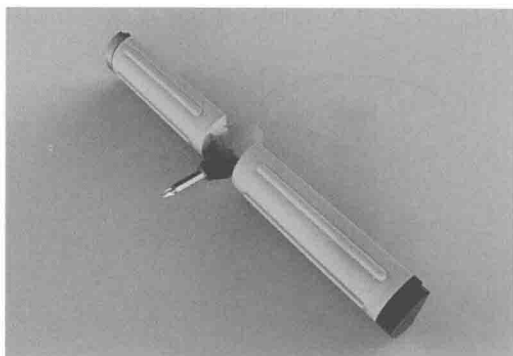


图 1-13 螺丝刀状态二

一、基础知识介绍

1. 力矩的定义: 力 (F) 和力臂 (L) 的叉乘 (M)。物理学上指使物体转动的力乘以到转轴的距离。

2. 力矩的计算: $M=L \times F$

3. 力矩的单位: 牛顿·米

4. 力矩的方向: 力矩的方向与它所造成的旋转运动的旋转轴同方向。力矩的方向可以用右手定则来决定。假设作用力垂直于杠杆。将右手往杠杆的旋转方向弯卷, 伸直大拇指与支点的旋转轴同直线, 则大拇指指向力矩的方向。

5. 合力矩: 平面汇交力系的合力对平面任一点的矩, 等于力系中各分力对于同一点力矩的代数和。

6. 力矩的平衡条件: 各力对转动中心的矩的代数和等于零。

二、任务实施

1. 状态一当中的力矩问题

此创意螺丝刀的状态一与普通螺丝刀相同, 用螺丝刀拧螺丝的过程本质上是螺丝刀作用在一字或十字槽中的力 F 产生的力矩 M_F 大于螺纹间的静摩擦力 f 产生的力矩 M_f , 从而逐渐将螺钉拧紧或拧松的。根据作用力与反作用力定律, 在这个过程中螺钉同时也会给螺丝刀一个反作用力 F' 大小等于 F , 方向与 F 相反。而在螺丝刀手柄部分, 人的手部给螺丝刀一个摩擦力 f' , 当 f' 产生的力矩 $M_{f'} \geq M_{F'}$, 同时当 F 产生的力矩 $M_F \geq M_f$ 时, 人才能够转动螺丝刀, 而 $M_{F'} = M_F$, 所以能够拧紧或拧松锁定的条件是 $M_{f'} \geq M_f$ 。 $M_{f'} = f' \times d$, $M_f = f \times d'$ (d' 为螺钉的直径)。对于同一情况下显然螺钉相同, 拧的松紧程度相同, 那么 M_f 恒定, 也就是说如果螺

丝刀手柄的直径 d 越大, 操作者需要施的摩擦力就越小, 相应的产生摩擦力的正压力也就越小, 就更省力, 相反则会费力 (图 1-14)。

2. 状态二当中的力矩问题

当使用状态二的时候, 同使用状态一的时候目的是一样的, 假设需要完成相同的任务使用状态二时, 人作用在手柄上的力 N 产生的力矩 M_N 大于螺丝钉一字或十字槽作用给螺丝刀的力 F 产生的力矩 M_F 时, 才能转动螺丝刀 (图 1-15)。

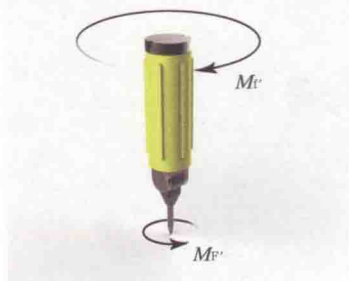


图 1-14 状态一力矩分析

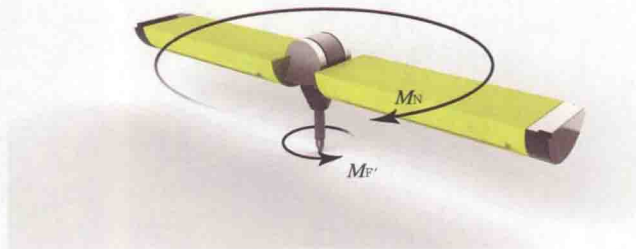


图 1-15 状态二力矩分析

3. 两者比较

此处涉及阻力矩和状态一中是相同的, 所以状态二刚刚拧动的情况下的 $M_N = M_F$, 显然 N 的力臂远远大于 f' 的力臂, 所以 N 远远小于 f' 。同时由于 f' 为摩擦力, 产生 f' 所需的正压力 N' 就更大于 N , 所以在相同情况下, 状态二要远比状态一省力。

4. 关于本设计的评价

此创意对产品的外观改变并不大, 更多的是从结构上进行了设计, 使用了一些力学的知识对常用的一种工具以一种比较合理的方式进行了改造, 达到了省力的目的。

三、任务小结

通过这个任务学生了解了力矩的概念、力矩平衡的条件, 能够进行简单的力矩分析。通过这个产品的分析, 不仅可以巩固任务二所学知识, 同时对于任务一所学知识也是一个复习, 更告诫学生不能仅凭第一印象来做最后决定, 只有理性客观的分析才能够对产品有一个全面的认识。启发学生运用力矩的基础知识开拓思路, 从而创造出更巧妙、合理和安全的作品。

第三节 材料力学

教师准备相同材质, 不同粗细的线绳 5 条一组; 相同粗细, 不同材质的线绳 5 条一组, 如图 1-16、图 1-17 所示。由学生尝试分别将这些教具拉断, 记录线绳的材质和粗细及用力情况, 并分析这些数据的关系, 从而了解材料力学的基础知识。

一、基础知识介绍

1. 内力的定义

内力是物体内部各部分之间的相互作用。在进行产品设计的过程中,要依据材料力学的原理设计出构件或零部件的合理形状和尺寸,以保证它们具有一定的力学性质,因此就涉及内力的问题。

2. 弹性几何体的分类

根据几何形状以及各个方向上尺度的差异,弹性体大致可分为杆、板、壳、体四大类。

杆——一个方向的尺度远远大于其他两个方向的尺度(图 1-18)。

板——一个方向的尺度远远小于其他两个方向的尺度,且各处曲率均为零(图 1-19)。

壳——一个方向的尺度远远小于其他两个方向的尺度,且至少有一个方向的曲率不为零(图 1-20)。

体——三个方向具有相同量级的尺度(图 1-21)。

3. 杆件受力变形

轴向拉伸(压缩)——当杆件两端承受沿轴线方向的拉力或压力时,杆件将产生轴向伸长或压缩变形(图 1-22、图 1-23)。

剪切——在平行于横截面的两个相距很近的平面内,方向相对的作用着两个横向力,当这两个力相互错动并保持他们之间的距离不变时,杆件将产生剪切变形(图 1-24)。

扭转——当作用在杆件上的力组成作用在垂直于杆轴线的平面内的力偶 M 时,将产生扭转变形,即杆件的横截面绕其轴相互转动(图 1-25)。

弯曲——当外力偶 M 或外力作用于杆件的纵向平面内时,杆件将发生弯曲变形,其轴线将变成曲线(图 1-26)。

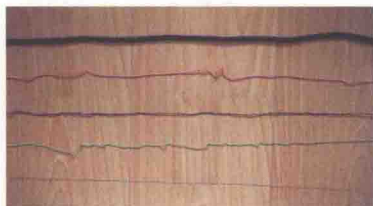


图 1-16 第一组——不同粗细的 5 条棉线



图 1-17 第二组——相同粗细,不同材质的线



图 1-18 杆



图 1-19 板



图 1-20 壳