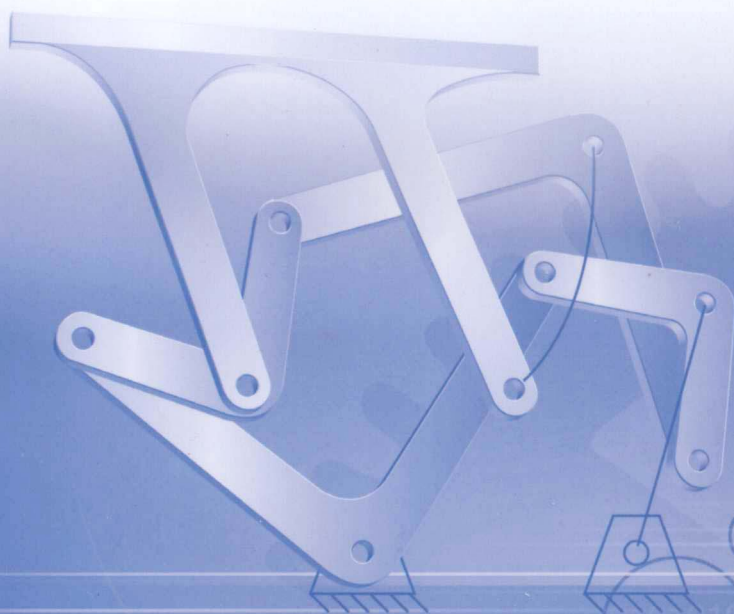


中等职业教育课程改革国家规划新教材配套用书

机械基础知识拓展 与实训指导

柴鹏飞 李建文 编



《机械基础》(少学时)
配套用书

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

00100101011011010



中等职业教育课程改革国家规划新教材配套用书

机械基础知识拓展与实训指导

柴鹏飞 李建文 编



机械工业出版社

本书是中等职业教育课程改革国家规划新教材的配套用书,根据教育部于2009年发布的《中等职业学校机械基础教学大纲》编写,同时兼顾了职业技能鉴定的需求。

本书针对《机械基础》(少学时)一书编写而成,旨在帮助中职学生将理论知识转化为实践能力,并将原教材中的理论知识作了进一步引申和拓展,以满足学生今后工作及向更深层次深造的要求。本书共16部分,包括针对原教材,为中职学生提供提高平台的知识拓展的内容,以及《中等职业学校机械基础教学大纲》要求的五个实训项目。

本书可作为中等职业学校机械类相关专业“机械基础”课程的辅导材料。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础知识拓展与实训指导/柴鹏飞,李建文编. —北京:机械工业出版社,2010.10

中等职业教育课程改革国家规划新教材配套用书

ISBN 978-7-111-32146-0

I. ①机… II. ①柴…②李… III. ①机械学-专业学校-教学参考资料
IV. ①TH11

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第194545号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王佳玮 责任编辑:王佳玮 版式设计:霍永明

责任校对:陈立辉 封面设计:姚毅 责任印制:乔宇

北京汇林印务有限公司印刷

2011年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·5.75印张·127千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-32146-0

定价:12.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面防伪标均为盗版

前言

本书是中等职业教育课程改革国家规划新教材《机械基础》（少学时）的配套用书。本书旨在突出“以能力为本位，以就业为导向”的职业教育理念，让学生在完成课内知识的学习后，接触更多课本中没有、但工作中会经常遇到的知识，形成更加完整的知识体系，也为希望继续深造的学生提供必要的拓展空间。同时，通过大量的练习与实践，直接或间接地接触工程实际，在更好地理解 and 掌握所学技能的同时，经历工程实践的探究过程，培养动手能力，为日后从事工程实践活动打下一定的基础。

在知识拓展方面，本书设置有学习指导、补充及提高训练等模块，通过精炼的语言总结课内知识，并融入其他生产实践中常用到的知识与技能，通过有针对性的填空题、选择题、判断题、名词解释与简答题等，巩固所学知识，提高对知识体系的认知水平。在实训指导方面，本书设置有实践指导、阶段性实训等模块，通过紧密联系生产的实践案例，将生产中经常遇到的技术性问题呈现在学生面前，同时将教学大纲要求的“减速器的拆装”等五个阶段性实训穿插在各章内容之间，以实现理论与实践的统一，成为机械基础课程学习的必不可少的组成部分。

本书由柴鹏飞与李建文合作编写完成，在编写时曾参阅了部分相关书籍，在此表示感谢。

由于编者知识水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正，编者邮箱为 sxczcpf517@163.com 或 403475605@qq.com。

编者

目 录

前言

第 1 章 构件的静力分析	1
第 2 章 杆件的基本变形	7
第 3 章 机械工程材料基本知识	15
第 4 章 平面连杆机构	21
第 5 章 其他常用机构	30
阶段性实训一 常用机构运动观察与分析	37
第 6 章 带传动与链传动	38
阶段性实训二 带传动拆装	45
第 7 章 齿轮传动	47
第 8 章 齿轮系	56
阶段性实训三 减速器的拆装	61
第 9 章 联接	64
阶段性实训四 螺纹联接、键联接的拆装	71
第 10 章 支承零部件	74
阶段性实训五 轴系的结构分析	83
第 11 章 机械节能环保与安全防护	85
参考文献	86



第1章

构件的静力分析

学习内容回顾

本章主要介绍力的概念与基本性质、静力学的四个基本公理、常见的约束类型与约束力、受力图的画法、力矩与力偶的概念与平面力偶系的合成和平衡条件、力的平移定理。

重点、难点提示

1. 重点内容

- 1) 理解力的概念与基本性质。
- 2) 了解静力学的四个基本公理。
- 3) 了解约束类型与约束力、会画杆件的受力图。
- 4) 了解力矩、力偶的概念，了解力向一点平移的结果。

2. 难点内容

作杆件的受力图与力向一点平移的结果。

学习指导

1. 力的概念

力是物体之间的相互作用。力对物体的作用会产生两种效应：使物体的运动状态发生变化和使物体的形状发生改变，前者称为运动效应，后者称为变形效应。力对物体的作用效应，决定于力的大小、方向和作用点（线）。力的法定计量单位是“牛顿”（N）或“千牛顿”（kN）。

2. 刚体的概念

静力分析中一般将物体视为“刚体”，所谓“刚体”是指在力的作用下不变形的物体。实际上物体不是没有变形，而是微小的变形在研究物体的平衡时可以忽略不计。

3. 静力学基本公理

静力学共有四个公理：二力平衡公理、加减平衡力系公理、力的平行四边形公理、作用力与反作用力公理。由加减平衡力系公理可推导出力的可传性原理，即作用在物体上的力可沿其作用线移动到任一点，不会改变对物体的作用效应。

4. 二力平衡公理和作用力与反作用力公理

二力平衡公理是指一个物体受大小相等、方向相反，且作用在同一直线上的两个力时

处于平衡状态；作用力与反作用力公理描述的是两个物体之间的受力，甲给乙一个力的同时，也受到乙给甲的反作用力，这两个力是大小相等、方向相反，且作用在同一直线上的。

这两个公理相同的地方是受力的状况一样，都是“大小相等、方向相反，且作用在同一直线上”，不同的是二力平衡公理只作用在同一物体上，而作用力与反作用力公理是作用在两个物体上。

5. 约束与约束力

日常生活和工程实践中，构件之间的相互连接就是约束，如自行车的车轮在前后轴上的转动、家里房门和门框的连接、车床转动时主轴与床头箱之间的连接等。约束又分为柔性约束、光滑面约束、铰链约束、固定端约束等。机构就是用不同的约束把零件连接到一起的组合物体。

不同的约束会对被约束零件产生不同的约束力，约束就是限制物体的运动。

6. 力系

作用在同一物体上的一组力称为力系。根据力系的作用面和作用线是否平行或相交，力系有不同的分类，主要分为：平面力系与空间力系、汇交力系、平行力系与任意力系等。

7. 受力图

为方便研究物体的受力状况，把研究对象从被研究的物体中分离出来，成为一个独立体，称为分离体。把研究对象所受的已知力和未知力全部画在分离体上，称为受力图。然后，利用平衡条件就能求出物体所受的未知力。

8. 力矩与力偶

力对物体的运动效应除了可使物体移动外，还可使物体转动，一个力对一点的转动作用称为力矩。转动作用（力矩）的大小与力的大小和力到转动点的垂直距离有关。

力偶是作用在物体上一对大小相等、方向相反、作用线平行而不重合的两个力。力偶矩的大小与力的大小和力偶臂有关，其数学表达式和力矩大小的表达式相同。

力矩与力偶矩有相似的地方，都使物体转动，数学表达式和转向的判断方法也相同。但其本质是不同的：力矩是一个力作用的结果，力偶是两个力作用；力矩可以用一个力来平衡，而力偶必须用两个力组成的力偶来平衡；力矩对物体的作用与矩心的位置有关，而力偶对物体的作用与矩心无关。

9. 力的平移定理

作用在物体上的力可以平移到物体上的任一点，但同时必须附加一个力偶，这就是力的平移定理。利用力的平移定理可以理解用丝锥攻螺纹时必须用两只手、驾驶汽车也要用两只手转动转向盘的道理。

实践指导

实例：重力为 G 的重物放在托架 ABC 上。托架的水平杆 AC 在 A 处以支杆 AB 撑住，如图 1-1a 所示， B 、 C 两处为固定铰链支座约束， A 处为中间铰链约束，不计水平杆和支



杆的自重，试画出下列物体的受力图：①重物；②支杆；③水平杆。

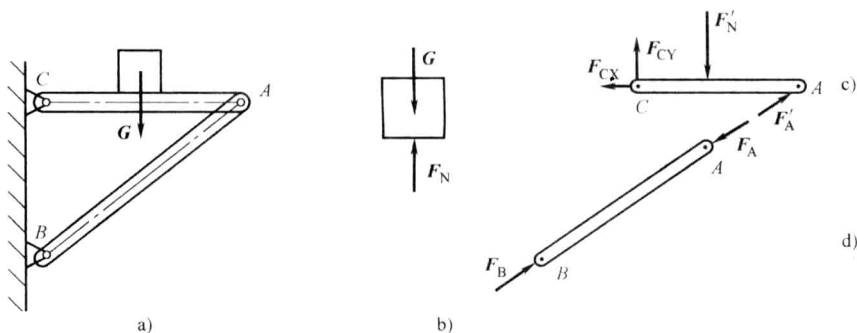


图 1-1 受力分析

分析过程：

1) 重物的受力图如图 1-1b 所示，作用力有重力 G 和 AC 杆对重物的约束力 F_N 。

2) 支杆的 A 端为中间铰链约束， B 端为固定铰链支座约束。一般地， A 、 B 两处所受的力应分别画成一对互相垂直的力，但在不计自重的情况下，支杆两端仅有约束力且平衡，支杆就成为二力构件。由二力构件的特点， F_A 、 F_B 的方位必沿 AB 连线，如图 1-1d 所示。

3) 水平杆的受力图如图 1-1c 所示，其中 F'_N 是重物对水平杆的作用力，它与作用在重物上的约束力 F_N 互为作用力与反作用力。 A 处为中间铰链约束， C 处为固定铰链支座约束，因作用于 A 端的力 F'_A 是二力构件 AB 对杆 AC 的约束力，所以 F'_A 沿 AB 连线的方位；因 C 端约束力的方位不能预先决定，故以互相垂直的反力 F_{CX} 和 F_{CY} 来表示。

补充及提高训练

一、填空题

1. 力是物体间的相互作用，这种作用使物体的_____状态发生变化或使物体的_____发生变化。
2. 力的_____、_____和_____是决定力对物体作用效果的三要素。
3. 力的单位名称是_____，符号为_____，一般常用_____， $1\text{kN} = \text{_____ N}$ 。
4. 在力的作用下，大小和形状都不发生变化的物体称为_____。
5. 二力平衡公理是_____。
6. 构件只有两个受力点而处于平衡时称为_____构件。
7. 两个物体间的作用力与反作用力总是_____出现，且大小_____，方向_____，沿着同一直线作用在这两个物体上。
8. 在作用着已知力系的刚体上，加上或减去任意一个平衡力系，_____原力系对刚体的作用效果。
9. 力的平行四边形公理总结了最简单的力系的简化规律，它是求力的_____的依



据，也是简化较复杂力系的基础。

10. 约束对物体的反作用力称为_____，其方向总是与约束所限制运动的方向_____，这是确定该力的一个原则。

11. 力学中以乘积 Fd 作为力使物体绕 O 点转动效果的物理量，称为力 F 对 O 点之_____，用_____表示。

12. O 点到力 F 作用线的垂直距离 d 称为_____。一般规定：力使物体绕矩心作逆时针方向转动时，力矩取_____号；反之，取_____号。力矩的单位通常为_____或_____。

13. 由一对大小相等、方向相反、作用线平行但不重合的两个力组成的力系称为_____，两力之间的距离称为_____，两力所在的平面称为_____。

14. 力偶对物体作用效果的大小，既与力 F 的大小成_____比，也与力偶臂 d 的大小成_____比，因此，可用两者的乘积 Fd 来度量力偶作用的效果，这个乘积称为_____。

15. 与力矩一样，力偶矩也用正、负号来表示力偶的转向，即逆时针转向为_____，顺时针转向为_____。

16. 力偶只能使物体_____动，不能使物体_____动。

17. 力偶对物体的作用，与一个单独的力对物体的作用不同，因此，力偶不能用一个单独的力代换，也不能用一个力来平衡，力偶只能用_____来平衡。

18. 力偶可以在它的作用面内任意_____，而不改变对物体的作用效果。

19. 同时改变力偶中力的大小和力偶臂的长短，只要保持力偶矩的大小和力偶的转向不变，就可以_____力偶对物体的作用效果。

20. 平面力偶系的平衡条件是：力偶系中的合力偶矩_____。

二、判断题（认为正确的，在括号内打√，反之打×）

1. 因为力是一个物体对另一个物体的相互作用，所以力不能脱离实际物体而存在。 ()
2. 力的三要素中只要有一个要素改变，力对物体的作用效果就会改变。 ()
3. 二力等值、反向、共线，是刚体平衡的充分与必要条件。 ()
4. 根据力的可传性原理，力可在物体上任意移动而不改变该力对刚体的作用效果。 ()
5. 构件只受两个力作用而又处于平衡状态时称为二力构件。 ()
6. 二力平衡公理、加减平衡力系公理和力的可传性原理只适用于刚体。 ()
7. 力的平行四边形公理可将作用于物体同一点上的两个力合成一个合力。 ()
8. 作用力与反作用力公理表明了力是两个物体间的相互作用，确定了力在物体间的传递。 ()
9. 约束力的方向背离被约束物体的约束一定是柔性约束。 ()
10. 约束力的方向指向被约束物体的约束一定是光滑面约束。 ()
11. 固定铰链约束和活动铰链约束的约束力作用线必定通过铰链中心。 ()
12. 同时改变力偶中力的大小和力偶臂的长短，而不改变力偶的转向，力偶对物体的



作用效果就一定不会改变。 ()

13. 判断力偶矩转向的方法和判断力矩转向的方法一样。 ()

14. 力偶矩的大小和转向决定了力偶对物体的作用效果，而与矩心的位置无关。
()

15. 作用在物体上的力可以平移到物体上的任一点，但同时必须附加一个力偶。
()

三、名词解释与简答题

1. 什么是力的三要素？

2. 简述力的表示方法和力的单位。

3. 什么是二力平衡公理？

4. 什么是作用力与反作用力公理？

5. 什么是约束、约束力？

6. 什么是固定铰链？

7. 什么是受力图？

8. 简述力矩与力偶矩的异同。



9. 什么是力的平移定理。

10. 试述二力平衡公理和作用力与反作用力公理的异同。



第2章

杆件的基本变形

学习内容回顾

本章主要介绍强度和刚度的概念、内力与截面法、拉伸与压缩的概念、轴力与应力的概念、材料在拉伸与压缩时的力学性能、剪切与挤压、圆轴的扭转、直梁的弯曲的基本概念、弯曲与扭转的组合变形。

重点、难点提示

1. 重点内容

- 1) 了解强度与刚度的概念。
- 2) 了解内力、轴力与应力等概念。
- 3) 会应用截面法求内力。
- 4) 了解拉伸与压缩的概念、了解材料在拉伸与压缩时的力学性能。
- 5) 理解剪切与挤压、圆轴的扭转、直梁的弯曲等基本概念。

2. 难点内容

用截面法求杆件的内力、材料在拉伸与压缩时的力学性能。

学习指导

1. 强度与刚度

强度与刚度是保证机械零件正常工作的必要性能，足够的强度和刚度可保证机械零件在工作过程中不破坏、不变形。

2. 内力

内力是研究杆件强度、刚度等问题的基础。

杆件的本身就有内力存在，但在外载荷作用下会引起杆件内部的内力变化。因外载荷作用而引起的内部力的变化量称为内力。影响杆件的强度和刚度的主要因素是因外载荷而引起的杆件的内力，不是杆件本身的内力。

3. 杆件的基本变形

杆件的基本变形有四种：拉伸与压缩、剪切、扭转、弯曲。

4. 轴向拉伸与压缩

在外载荷作用下，杆件沿着轴线伸长或缩短的变形称为轴向拉伸或压缩。



内力、轴力、应力三者之间的关系与区别：内力是杆件受外载荷作用后杆件内部的力，是一个大范围的说法，不是指具体的力；轴力是指通过杆件的轴线，垂直于杆件的横截面的内力，轴力是个合力，不和单位面积发生关系；应力是指单位面积上的轴力，和单位面积有关，衡量机械零件的强度时是用应力来做比较。

5. 材料的力学性能

工程实践中，衡量机械零件强度的重要指标是零件所用材料的力学性能，力学性能是设计机械零件的依据。强度指标主要有下屈服强度、抗拉强度、断后伸长率和断面收缩率。要注意材料拉伸和压缩时的力学性能不一样，塑性材料和脆性材料的力学性能不一样。

6. 剪切与挤压

零件受外载荷变形时，剪切和挤压是同时出现的，只是承受载荷的形式与部位不同。剪钢板的受力只有剪切是一个特例。一般讲，剪切与挤压针对连接件，如用铆钉连接钢板时，当被连接件承受横向力时，连接件就同时受剪切与挤压的共同作用。

7. 圆轴的扭转

机械设备中承受转矩作用的零件很多，常见的是承受转矩的轴。只要有转动的地方就有轴，常见的车床、齿轮减速器里都有轴，轴的主要功能就是传递转矩。

8. 直梁的弯曲

当零件承受垂直轴线的力时，零件会受弯曲作用，一般把以承受弯曲变形为主的杆件称为梁。根据支座对梁的约束情况，可以把梁分为三种形式：简支梁、外伸梁与悬臂梁。

9. 弯扭组合

工程实践中，减速器中的轴或其他机械传动中的转轴，既承受转矩又承受弯矩，这样的轴的工作状态称为弯曲与扭转组合作用。

补充内容

以下补充内容的重点在于帮助读者理解强度计算的本质，计算的过程对于希望继续深造的读者很有帮助，否则了解即可。

一、圆轴扭转时的强度计算

1. 扭转切应力

通过实验和理论推导得知：圆轴扭转时，横截面上只产生与横截面相切的应力，称为切应力，用 τ 表示，而横截面上各点切应力的大小与该点到圆心的距离 ρ 成正比，方向与过该点的半径垂直。在圆心处的切应力为零，在圆轴表面上各点的切应力最大，如图 2-1 所示。可以导出横截面上任一点的切应力公式为

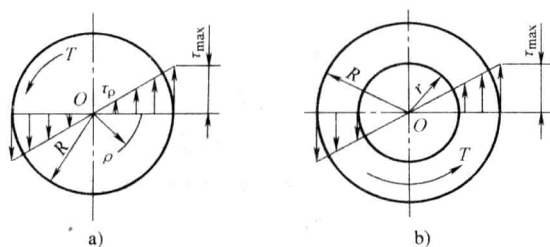


图 2-1 扭转切应力分布规律

a) 实心圆 b) 空心圆



$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_p} \quad (2-1)$$

式中 T ——横截面上的转矩；

W_p ——抗扭截面系数。

截面的抗扭截面系数 W_p 是与截面形状和尺寸有关的几何量。工程中承受扭转变形的圆轴常采用实心圆轴和空心圆轴两种形式，其横截面如图 2-2 所示。它们的 W_p 的计算公式分别为

(1) 实心圆轴

$$W_p = \frac{\pi D^3}{16} \approx 0.2 D^3 \quad (2-2)$$

式中 D ——轴的直径，单位为 m 或 mm。

(2) 空心圆轴

$$W_p = \frac{\pi D^3}{16} (1 - \alpha^4) \approx 0.2 D^3 (1 - \alpha^4) \quad (2-3)$$

式中 D ——空心圆轴的外径；

α —— $\alpha = d/D$ ， d 为空心圆轴的内径。

2. 强度条件

为了保证受扭圆轴能正常工作，应使圆轴内的最大工作切应力不超过材料的许用切应力。所以，扭转强度条件为

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_p} \leq [\tau] \quad (2-4)$$

式中 T ——圆轴危险截面（产生最大切应力的截面）上的转矩；

W_p ——危险截面的抗扭截面系数；

$[\tau]$ ——材料的许用切应力，根据扭转试验确定，可从有关设计手册中查得。

在静载荷作用下，许用切应力与材料的许用拉应力 $[\sigma]$ 之间存在如下关系：

塑性材料 $[\tau] = (0.5 \sim 0.6) [\sigma]$

脆性材料 $[\tau] = (0.8 \sim 1.0) [\sigma]$

应用圆轴扭转的强度条件可以进行强度校核、选择截面、确定许可载荷三类问题的计算。

实例一：汽车传动轴 AB （图 2-3）由无缝钢管制成，管的外径 $D = 90\text{mm}$ ，壁厚 $t = 2.5\text{mm}$ 。工作时传递的最大转矩为 $1500\text{N} \cdot \text{m}$ ，材料的许用切应力 $[\tau] = 60\text{MPa}$ ，试校核 AB 轴的强度。若保持最大切应力不变，将传动轴改用实心轴，直径应为多少？比较两者的重量。

分析过程：

1) 计算 AB 轴的抗扭截面系数

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{d}{D} = \frac{D - 2t}{D} = \frac{90 - 2 \times 2.5}{90} \\ &= 0.944 \end{aligned}$$

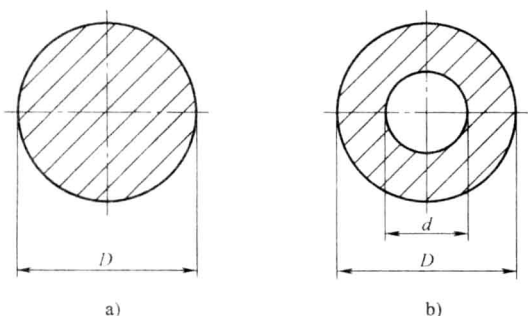


图 2-2 圆轴的截面

a) 实心圆轴 b) 空心圆轴

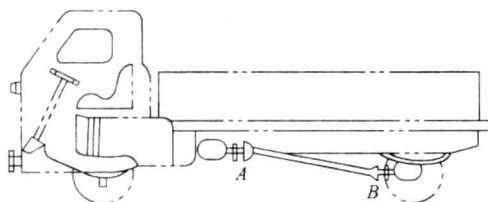


图 2-3 汽车传动轴



$$W_p = \frac{\pi D^3}{16} (1 - \alpha^4) = \frac{\pi \times 90^3}{16} (1 - 0.944^4) \text{ mm}^3 = 29454 \text{ mm}^3$$

2) 校核 AB 轴的强度

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_p} = \frac{1500 \times 10^3}{29454} \text{ MPa} = 51 \text{ MPa} < [\tau]$$

故 AB 轴满足强度要求。

3) 设计实心轴的直径 D_1 。若把空心轴设计成实心轴, 因两轴最大切应力相等, 故可得

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_p} = \frac{16 \times 1500 \times 10^3}{\pi D_1^3} \text{ MPa} = 51 \text{ MPa}$$

$$D_1 = \sqrt[3]{\frac{16 \times 1500 \times 10^3}{\pi \times 51}} \text{ mm} = 53.1 \text{ mm}$$

4) 比较两者的重量。在长度相同、材料相同的情况下, 两轴重量之比等于横截面积之比, 故空心轴与实心轴的重量之比为

$$\frac{G_2}{G_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{\pi(D^2 - d^2)/4}{\pi D_1^2/4} = \frac{90^2 - 85^2}{53.1^2} = 0.31$$

结论: 在强度相等的条件下, 空心轴的重量只为实心轴的 31%, 其减轻重量、节约材料的效果是非常明显的。

由此例可以看出承受转矩的转动轴, 采用空心结构比实心结构更合理, 工业生产实践中承受转矩的轴也多采用空心轴, 如车床的主轴就是空心轴, 当然, 车床的主轴采用空心轴还便于放置待加工棒料。

此例是用扭转强度条件来校核传动轴的强度, 这只是应用扭转强度条件解决工程实际问题之一。应用扭转强度条件还可在已知承受载荷和已选择零件材料的情况下, 确定零件的截面尺寸; 在已知零件的材料和截面尺寸的情况下, 确定零件所能承受的工作载荷。

二、直梁弯曲的强度计算

一般情况下, 梁的横截面上既有弯矩, 又有剪力, 这种弯曲称为横力弯曲。若梁的横截面上只有弯矩而无剪力, 称为纯弯曲。

1. 中性层与中性轴

如图 2-4 所示的矩形截面梁, 其两端受到两个力偶的作用发生纯弯曲变形。观察纯弯曲梁的变形, 可以发现凹边的纵向纤维层缩短, 凸边的纵向纤维层伸长。由于变形的连续性, 其间必有一层既不伸长也不缩短的纵向纤维层, 称为中性层。中性层与横截面的交线称为中性轴, 即图 2-4 中的 z 轴。

2. 梁横截面上正应力的分布规律

梁横截面上正应力的分布规律如图 2-5 所示, 可总结如下:

1) 纯弯曲变形时, 梁的横截面上只有正应力, 没有切应力。

2) 梁横截面上, 正应力的大小沿梁的高度呈线性分布, 中性轴上各点 ($y=0$) 的正应力为零, 与中性轴等距的各点正应力相等, 离中性轴最远的点正应力最大。

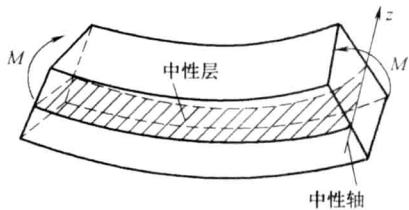


图 2-4 中性层与中性轴

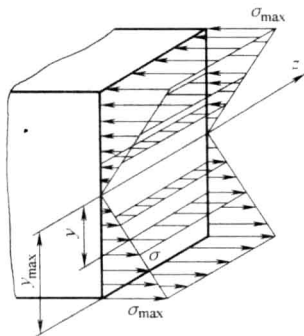


图 2-5 梁横截面上的弯曲正应力

3. 正应力计算公式

可以推导出纯弯曲梁横截面上任一点正应力的计算公式为

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_z} \tag{2-5}$$

式中 M ——横截面上的弯矩；

W_z ——抗弯截面模量。

当梁的跨度与横截面的高度之比大于 5 ($l/h > 5$) 时，只要材料在弹性范围内，上述公式也适用于横力弯曲的情况。

4. 简单截面的抗弯截面模量

抗弯截面模量是取决于截面形状、尺寸的物理量。常用截面的抗弯截面模量的计算公式见表 2-1。

表 2-1 常用截面的抗弯截面模量的计算公式

截面形状			
抗弯截面模量	$W_x = \frac{bh^2}{6}$ $W_y = \frac{hb^2}{6}$	$W_x = W_y = \frac{\pi D^3}{32}$	$W_x = W_y = \frac{\pi D^3}{32} (1 - \alpha^4)$ 式中 $\alpha = \frac{d}{D}$

5. 抗弯强度条件

梁的抗弯强度条件是：梁的最大弯曲正应力不超过材料的许用应力，即

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_z} \leq [\sigma] \tag{2-6}$$

最大正应力所在截面称为危险截面，最大正应力所在的点称为危险点。



根据上述强度条件, 同样可以解决梁的强度校核、选择截面和确定许可载荷三类问题。

实例二: 矩形截面简支梁受载如图 2-6 所示。试分别求出梁竖放和平放时产生的最大正应力, 比较两种放置方法哪一种更为合理。

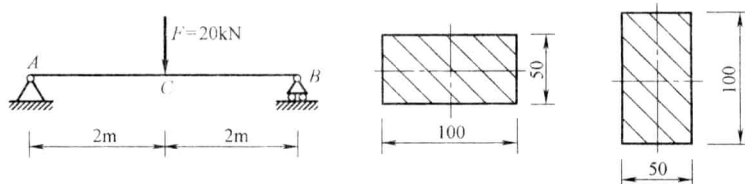


图 2-6 矩形截面简支梁

分析过程:

$$\text{求支反力 } \sum F_y = 0 \quad F_A + F_B - F = 0 \quad F_A = F_B = \frac{F}{2} = \frac{20}{2} \text{ kN} = 10 \text{ kN} = 1 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\text{计算弯矩 } M = 1 \times 10^3 \times 2000 \text{ N} \cdot \text{mm} = 2 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

查表 2-1 得抗弯截面系数 $W_z = bh^2/6$, 则

$$\text{竖放时 } W_z = \frac{bh^2}{6} = \frac{50 \times 100^2}{6} \text{ mm}^3 = 83333 \text{ mm}^3$$

$$\text{平放时 } W_z = \frac{bh^2}{6} = \frac{100 \times 50^2}{6} \text{ mm}^3 = 41667 \text{ mm}^3$$

计算 $\sigma_{\max}$:

$$\text{竖放时 } \sigma_{\max} = \frac{M}{W_z} = \frac{2 \times 10^6}{83333} \text{ MPa} = 24 \text{ MPa}$$

$$\text{平放时 } \sigma_{\max} = \frac{M}{W_z} = \frac{2 \times 10^6}{41667} \text{ MPa} = 48 \text{ MPa}$$

结论: 从计算结果看, 竖放时, $\sigma_{\max}$ 值是平放时的 1/2, 可见, 竖放时的 $\sigma_{\max}$ 值小, 也就是说竖放时梁的弯曲强度高。故生活中见到的长方形梁都采用竖放形式。

由此可以推论出直梁在承受弯曲时, 上下两个边的正应力最大, 中间部分的正应力为零。这说明直梁承受弯矩能力大的部位在外边沿, 而不在中间部位。生产实际中, 承受弯矩的直梁多用工字钢、槽钢等制造就是这个道理。

此例用直梁弯曲强度条件来计算梁的受力大小, 也就是校核梁的强度, 这只是应用直梁弯曲强度条件解决工程实际问题的应用之一。应用直梁弯曲强度条件还可在已知承受载荷和已选择梁材料的情况下, 确定梁的截面尺寸; 还可在已知梁的材料和截面尺寸的情况下, 确定梁所能承受的工作载荷。

补充及提高训练

一、填空题

1. 构件抵抗破坏的能力称为构件的_____。