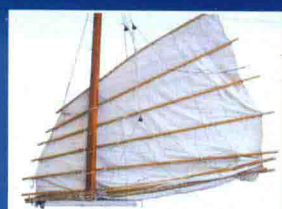
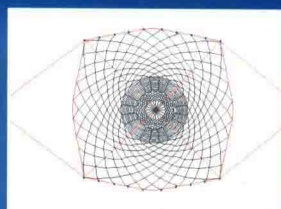


渔用材料力学

王 飞◎主 编
宋伟华 刘莉莉◎副主编

YUYONG CAILIAO LIXUE



海军出版社

渔用材料力学

王 飞 主 编

宋伟华 刘莉莉 副主编

海洋出版社

2017年·北京

内 容 简 介

渔用材料力学以材料力学为基础,融合了渔具材料工艺学、渔具力学等课程的部分教学内容,是海洋渔业科学与技术专业的重要专业基础课。本书作为专业基础课教材,主要介绍渔用材料力学方面的相关知识。

主要内容:本书共7章,主要内容包括渔用软性材料的分类、特点及力学性能;渔用刚性材料的轴向拉伸或压缩变形、剪切变形、扭转变形和弯曲变形以及各类杆件的强度、刚度、稳定性等。

本书特色:知识点安排合理,突出实用性;结构严谨,层次分明,突出重点与适用性;反映最新教学改革成果,突出行业特色。

适用范围:本书可作为高等院校渔业科学与技术专业本科教材,也可供渔业技术相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

渔用材料力学/王飞主编. —北京:海洋出版社,2017.10

ISBN 978-7-5027-9940-3

I. ①渔… II. ①王… III. ①海洋渔业-材料力学 IV. ①S975

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第239847号

责任编辑:郑跟娣

责任印制:赵麟苏

出版发行:海洋出版社

网 址:www.oceanpress.com.cn

地 址:北京市海淀区大慧寺路8号

邮 编:100081

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:195千字

发 行 部:010-62132549 010-68038093

总 编 室:010-62114335

编 辑 室:010-62100961

承 印:北京朝阳印刷厂有限责任公司印刷

版 次:2017年12月第1版

印 次:2017年12月第1次印刷

印 张:8.75

定 价:32.00元

本书如有印、装质量问题可与本社发行部联系调换

本社教材出版中心诚征教材选题及优秀作者,邮件发至 hyjceb@sina.com

前 言

“渔用材料力学”课程是海洋渔业科学与技术专业的专业基础课，是渔用材料与经典力学相结合的理论较深、难度较大的一门课程。本书作为专业基础课教材，主要内容包括渔用软性材料的分类、特点及力学性能；渔用刚性材料的轴向拉伸或压缩变形、剪切变形、扭转变形和弯曲变形以及各类杆件的强度、刚度、稳定性等。本书共分为7章，建议教学学时数为48学时。

为培养学生独特而有效的思维模式和解决问题的方法，锻炼学生解决实际问题的能力，本书在组织编写过程中，力求做到概念叙述清晰、准确；结构安排承上启下、层次分明；内容选取重点突出，理论密切联系实际。为使本书切实贯彻教学内容和课程体系改革精神，由担任本课程多年教学任务、教学经验丰富的主讲教师编写。

参加本书编写的有：王飞（第1章至第6章）、宋伟华（第7章）、刘莉莉（图片处理）、臧迎亮和马家志（数据处理）。全书由王飞统稿，宋伟华审阅。

本书由浙江海洋大学教材出版基金资助出版。

由于编者水平有限，书中的不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2017年9月

目 录

第1章 渔用材料基础知识	(1)
1.1 渔用软性材料	(1)
1.1.1 天然纤维	(1)
1.1.2 化学纤维	(2)
1.2 渔用刚性材料	(3)
第2章 渔用材料力学概念	(5)
2.1 渔用材料力学的基本任务	(5)
2.2 渔用材料力学的研究对象	(6)
2.3 渔用材料力学的基本假设	(7)
2.4 渔用材料的基本变形	(8)
2.5 外力、内力与应力	(10)
2.5.1 外力	(10)
2.5.2 内力	(11)
2.5.3 应力	(13)
2.5.4 应变	(16)
2.6 力学性能	(17)
2.6.1 渔用纤维的力学性能	(17)
2.6.2 渔用刚性材料的力学性能	(18)
第3章 轴向拉伸与压缩	(20)
3.1 轴力与轴力图	(21)
3.1.1 轴力	(21)
3.1.2 轴力图	(22)
3.2 截面上的应力	(24)
3.2.1 横截面上的应力	(24)
3.2.2 斜截面上的应力	(28)

3.2.3 圣维南原理	(30)
3.3 强度条件	(31)
3.3.1 应力集中	(31)
3.3.2 强度条件	(33)
3.4 拉压变形	(35)
3.4.1 轴向变形与横向变形	(35)
3.4.2 桁架节点位移	(39)
3.5 简单静不定杆	(41)
第4章 剪 切	(45)
4.1 概述	(45)
4.1.1 剪切的概念	(45)
4.1.2 剪切的分类	(45)
4.2 剪力	(46)
4.2.1 剪力的概念	(46)
4.2.2 剪力的大小	(46)
4.3 强度条件	(47)
4.3.1 剪切强度计算	(47)
4.3.2 挤压强度计算	(50)
第5章 扭 转	(56)
5.1 扭矩和扭矩图	(57)
5.1.1 外力偶矩	(57)
5.1.2 扭矩	(59)
5.1.3 扭矩图	(61)
5.2 横截面上的应力	(63)
5.2.1 扭转试验与假设	(63)
5.2.2 圆轴横截面上的切应力	(63)
5.2.3 薄壁圆管横截面上的切应力	(70)
5.3 圆轴扭转的强度条件	(72)
5.3.1 强度条件	(72)
5.3.2 强度条件的应用	(73)
5.4 扭转变形与刚度条件	(75)

5.4.1 扭转变形	(75)
5.4.2 刚度条件	(78)
5.5 简单静不定轴	(79)
第6章 弯 曲	(83)
6.1 弯曲的概念及梁的特点	(83)
6.1.1 弯曲的概念	(83)
6.1.2 梁的特点	(84)
6.2 剪力、弯矩与剪力图、弯矩图	(86)
6.2.1 剪力、弯矩	(86)
6.2.2 剪力图、弯矩图	(88)
6.3 横截面上的应力	(90)
6.3.1 正应力	(91)
6.3.2 切应力	(99)
6.4 平面弯曲强度条件	(103)
6.4.1 弯曲正应力的强度条件	(103)
6.4.2 弯曲切应力的强度条件	(106)
6.5 弯曲变形	(108)
6.5.1 挠曲轴微分方程	(109)
6.5.2 平面弯曲梁的位移	(111)
6.5.3 梁的刚度条件	(118)
6.6 简单静不定梁	(119)
6.6.1 静不定梁的概念	(119)
6.6.2 静不定梁的解法	(119)
第7章 压杆稳定	(124)
7.1 压杆稳定的概念	(124)
7.2 临界压力	(124)
7.3 压杆的临界应力	(127)
7.3.1 临界应力	(127)
7.3.2 压杆的分类	(128)
参 考 文 献	(131)

第1章 渔用材料基础知识

【教学目标】

本章主要研究渔用材料的分类、特点和力学性能，要求学生掌握各种渔用软性材料的特点以及在渔业上的应用。

渔业上所使用的材料种类繁多，有用在制造渔具上的，也有用在设施渔业上的。根据所用材料的软硬不同，把渔用材料分为软性材料和刚性材料。软性材料主要用于网片、绳索等，刚性材料主要用于附属具，包括渔用机械装置上的杆件。

1.1 渔用软性材料

纤维是渔用软性材料的基本单元。纤维材料顾名思义是纤细的物料，通常把长度比其直径大 100 倍以上、并具有一定柔韧性的纤细物质，称为纤维 (fiber)。渔用纤维材料在网具制造中占有重要地位，网具的性能、使用期限和经济效果与纤维材料的选择密切相关。

随着科技的发展，纤维材料的种类日益增多。为了便于研究、加工制造、开发和应用纤维材料，对其进行了科学的分类。

从不同的角度出发，纤维材料也有不同的分类方法。其中，根据来源的不同分为天然纤维 (natural fiber) 和化学纤维 (chemical fiber)；根据组成属性的不同分为有机纤维 (organic fiber) 和无机纤维 (inorganic fiber)。英、美等国还有习惯上的分类，把纤维分为天然纤维、人造纤维 (artificial fiber) 和合成纤维 (synthetic fiber)。

1.1.1 天然纤维

天然纤维是纤维的重要组成部分。凡是自然界里原有的或从经人工种植的植物中、人工饲养的动物毛发和分泌液中获取的纤维，统称为天然纤维。天然纤维按来源分，分为植物纤维 (vegetable fiber，如棉、麻等)、动物纤维

(animal fiber, 如羊毛、蚕丝等) 和矿物纤维 (mineral fiber, 如石棉等)。渔用天然纤维主要包括植物纤维和动物纤维两大类。

1) 植物纤维

取自于植物种子、茎、韧皮、叶或果实的纤维称为植物纤维。渔用植物纤维根据来源于植物的不同部位, 可以分为种子纤维、叶纤维、韧皮纤维。

在渔业上使用的种子纤维主要是棉纤维。棉纤维细长柔软, 吸湿性好, 耐强碱、有机溶剂和漂白剂; 具有一定的弹性、柔软性、伸长性和耐磨性; 随着湿度增大, 弹性增强。棉纤维可以加工成不同粗细的渔网线, 过去人们曾将棉纤维或棉纱加工成网线, 或将棉线制成渔网 (如刺网、围网、小型拖网、定置网等), 棉纤维曾是一种重要的渔用纤维材料。

在渔业上使用的叶纤维主要有马尼拉麻和西沙尔麻。马尼拉麻和西沙尔麻纤维强度高、伸长率低。湿态强度比干态强度高, 耐海水腐蚀性强, 适合于制造船用缆绳, 优质的马尼拉麻和西沙尔麻曾被制成底拖网的大规格网衣。

在渔业上使用的韧皮纤维主要有苧麻、亚麻、大麻。苧麻纤维可制成特殊的绳网材料, 如我国的群众渔业就有使用苧麻制造绳索和渔网材料的传统; 亚麻纤维制成的渔网线是特殊网片的材料, 如亚麻曾用于制作大麻哈鱼刺网; 在欧洲, 大麻曾用于河川张网或拖网上。

此外, 植物纤维中还有稻秸、棕榈和竹篾等, 也可用来制造绳索。

2) 动物纤维

取自于动物的毛发或分泌液的纤维称为动物纤维。动物纤维包括毛纤维、丝纤维。毛纤维一般不适合用作渔用材料。由昆虫的丝腺分泌物形成的纤维称为丝纤维, 如桑蚕丝、蜘蛛丝等, 丝纤维具有一定的强力, 在日本, 丝纤维中的桑蚕丝网衣曾被用于特殊的渔具上, 但丝纤维价格昂贵, 目前很少用于制作渔具。

19 世纪末之前人类主要认知和使用的渔用纤维为天然纤维, 在当时的历史条件下, 天然纤维对渔业的发展和进步起到了积极作用。然而, 天然纤维渔具存在许多缺点, 这给渔业生产带来了诸多不利。目前, 除了绳索、网线等还使用少量麻、棕外, 其他渔用材料一般不采用天然纤维。

1.1.2 化学纤维

凡是以天然的或合成的高聚物以及无机物为原料, 经过人工加工制成的纤维状物体, 统称为化学纤维。化学纤维按来源和习惯的不同, 可分为再生纤维 (cregenerated fiber)、无机纤维 (inorganic fiber) 和合成纤维 (synthetic fiber)。

1) 再生纤维

再生纤维是指以高聚物为原料制成浆液，经过高纯净化后制成的纤维，再生纤维的力学性能不如合成纤维，所以再生纤维不适宜制作渔网。

2) 无机纤维

无机纤维是指以天然无机物或含碳高聚物纤维为原料，经人工抽丝或直接碳化制成的纤维，主要品种有玻璃纤维、碳纤维、陶瓷纤维、金属纤维等，其中碳纤维可用于制作碳纤维钓鱼竿，其他的基本上用于属具上。

3) 合成纤维

合成纤维是以石油、煤、天然气及一些农副产品为原料制成单体，经化学合成为高聚物，再经纺丝加工而成的纤维。合成纤维具有强度高、弹性好，耐磨、耐化学腐蚀的特点，特别适宜制作网线、网片和绳索等渔用材料。虽然合成纤维的出现极大地丰富了渔用纤维的种类与用途，但是合成纤维在渔业上的应用也存在一定的缺点，如网线打结后强力降低、部分渔用合成纤维在湿态下强力降低；渔用纤维的抱合力差，渔网结节稳定性差，加工后必须经拉伸热定型处理。

因此，在现有的渔用合成纤维的基础上进行改性处理，使其性状获得一定程度的改善，以提高渔用纤维的性能，提高渔具的渔获率，是目前渔用材料的重要研究课题。

1.2 渔用刚性材料

渔用材料中除了网具、绳索等使用软性材料之外，大部分还是用刚性材料制造成构件的，如网板、钓钩、钓竿等。最新的研究发现，渔用刚性材料也被使用在网箱的网衣上，如海水养殖网箱中的铜板拉伸网、斜方网、焊接网等，它们充分利用了刚性材料的高强度、高刚度的特点，但在使用时也需注意以下几个方面：①注意防止对网衣的挤压，以防网衣变形和防止在材料内产生残余的内应力；②注意防止工具、器械和其他设施对网衣造成刮伤、划伤、擦伤、压坑等机械性损伤；③注意预防网衣与酸性、碱性等化学物质的接触或接近，以防被腐蚀。

刚性材料在承受各种外加载荷而产生小变形（拉伸、压缩、剪切、扭转、弯曲等）时所表现出来的力学性能将在后面的章节中重点讨论。

【本章小结】

1. 渔用材料分为软性材料和刚性材料。
2. 渔用合成纤维具有强度高、弹性好，耐磨、耐化学腐蚀的特点，特别适宜制作网线、网片和绳索等渔用材料。

【练习题】

1. 试述渔用软性材料的分类。
2. 试述各种渔用软性材料在渔业中的使用方向。

第2章 渔用材料力学概念

【教学目标】

本章主要研究渔用材料力学的基本任务、研究对象、基本假设、基本变形、外力、内力、应力与应变；要求学生掌握渔用材料力学的研究对象、内力的计算方法。

2.1 渔用材料力学的基本任务

渔用材料力学是研究渔用材料的力学规律的一门学科，是研究渔用材料在外力作用下的变形、受力和破坏的规律，为合理设计渔用材料提供有关强度、刚度和稳定性分析的基本理论和方法。当研究材料的强度、刚度和稳定性时，由于这些问题与材料的变形密切相关，所以必须把研究对象看成是变形固体。

任何材料在外力的作用下都会发生尺寸与形状的变化，材料尺寸和形状的变化称为材料的变形（deformation）。变形固体在外力作用下发生的变形可分为弹性变形和塑性变形两类。当外力解除后，变形可以消失的变形称为弹性变形（elastic deformation）；外力解除后不能消失而遗留下来的变形称为塑性变形（plastic deformation），或称为残余变形、永久变形。本书主要讨论渔用刚性材料弹性变形阶段的强度、刚度和稳定性。

任何渔用材料在工作时，或在一定的工况下，要使其不被破坏、不过大变形和不失稳，必然要求材料具有足够的强度、刚度和稳定性，这是材料在工作时必须遵循的三大基本原则。

（1）强度。在外力（载荷）作用下，材料抵抗破坏的能力，即不出现可见裂纹或完全断裂，这种能力称为强度（strength）。例如，网箱锚绳不可断（图2-1）、拖网网板不可裂等。

（2）刚度。在外力（载荷）作用下，材料抵抗变形的能力，即不产生过大变形，这种能力称为刚度（stiffness）。例如，鱿鱼钓钩的钓刺不能过大弯转（图2-2），起网机的齿轮轴不能变形过大等。

（3）稳定性。在外力（载荷）作用下，材料保持原有平衡状态的能力，即

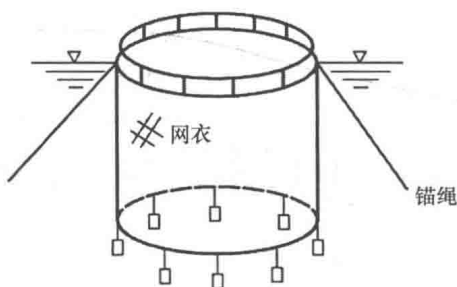


图 2-1 圆柱形网箱

平衡形式不发生突然转变或不失稳，这种能力称为稳定性（stability）。例如，渔船要求保持船舶的稳定，网具要尽可能保持平稳等。

2.2 渔用材料力学的研究对象

渔用材料包括软性材料和刚性材料，其中刚性材料是渔用材料力学课程的主要研究对象，分为杆件、板、壳等。

杆件（bar），是指空间上一个方向的尺寸远远大于其他两个方向的尺寸的构件，是工程中最常见、最基本的构件，因此本教材的主要研究对象为杆件。例如，鱿鱼钓钩的主轴（图 2-2）、古代渔船的帆杆（图 2-3）。

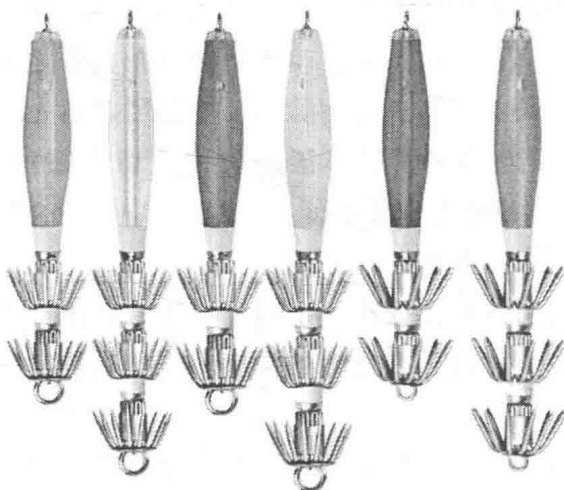


图 2-2 鱿鱼钓钩

通过杆件横截面形心的连线称为轴线，根据轴线的形状和横截面尺寸的变化，可将杆件分为不同种类，如等截面直杆、等截面曲杆、变截面直杆、变截面曲杆，如图 2-4 所示。

板和壳，是指空间上一个方向的尺寸远远小于其他两个方向的尺寸的构件。

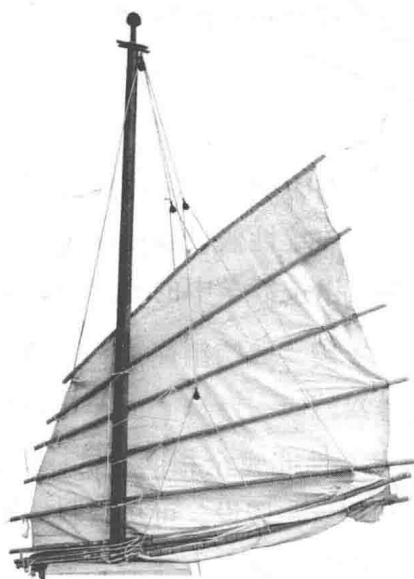


图 2-3 渔船帆杆

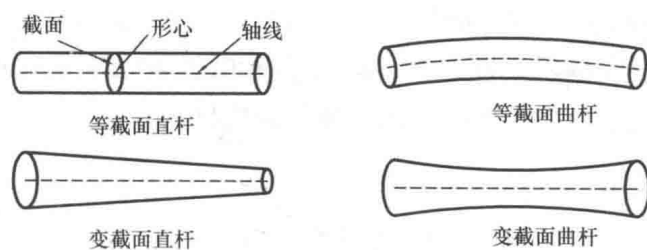


图 2-4 杆件类型

平分板件厚度的几何面称为中面，若中面是平面则称为板 (plate)；若中面是曲面，则称为壳 (shell)，如图 2-5 所示。在渔用材料中最常见的板就是拖网网板。

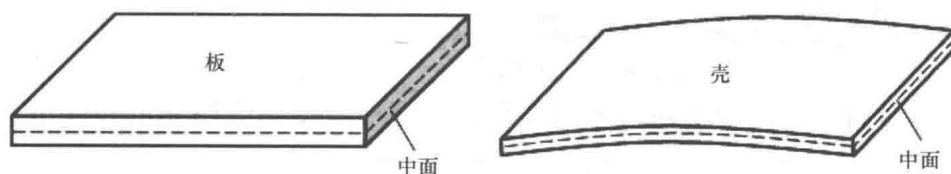


图 2-5 板、壳

2.3 渔用材料力学的基本假设

渔用材料多种多样，其具体组成与微观结构更为复杂。为了便于对渔用材

料的研究以及对其强度、刚度和稳定性的分析与计算,在误差允许范围内,对所研究的刚性材料进行以下四个方面的假设。

1) 连续性假设

渔用材料力学是一门宏观的力学,认为在材料所占有的整个空间内都均匀地充满了物质,这一假设称为连续性假设 (assumption of continuity)。按照此假设,材料中的一些物理量都可以按数学中的连续函数来表达,也给渔用材料的力学计算带来了方便。

2) 均匀性假设

认为物体各点处的力学性能完全相同,这一假设称为均匀性假设 (assumption of homogeneity)。根据这一假设,可从材料中取出任何微小部分进行研究,并可以将结论用于整个材料。

3) 各向同性假设

认为材料在各个方向上具有相同的力学性能,这一假设称为各向同性假设 (assumption of isotropy)。较多的材料在微观上不是各向同性的,或在放大镜下观察,材料的各个组织排列是随机的,但是,渔用材料力学是宏观的力学,宏观上仍可将材料的力学性能在各个方向上按各向同性来处理。

4) 小变形假设

渔用材料在工作时应满足足够的刚度,即不产生过大的变形,因此,认为在外力载荷作用下的变形与原始尺寸相比,变化很小,在对其进行力学分析时,可以忽略它的变形,这一假设称为小变形假设 (assumption of small deformation)。

实践表明,在此四大假设基础上建立起来的理论和计算结果,都是符合工程实际的。因此,如果没有特殊说明,本书中所涉及的研究对象都属于均匀性、连续性、各向同性和小变形材料。

2.4 渔用材料的基本变形

杆件受力后会出现不同形式的变形,但都可以归纳为轴向的拉伸或压缩、横向的剪切、绕轴线的扭转和平面的弯曲四大变形。

1) 轴向拉伸或压缩变形

材料在轴线方向上受到垂直于横截面的拉力或压力作用而产生的变形称为轴向的拉伸或压缩变形 (简称为轴向拉压变形,图 2-6)。以拉伸变形为主要特点的杆件称为杆,以压缩变形为主要变形的杆件称为柱。工程上有时把拉杆和

压杆统称为杆。

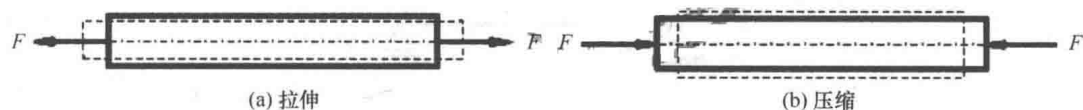


图 2-6 拉压变形

渔用材料中的软性材料，如渔用网线、绳索等，在受到外力作用时，主要产生拉伸变形。渔用材料中的刚性材料，如起网机的支撑杆等细长杆，受到外力作用时，会产生拉伸或压缩变形。

2) 横向剪切变形

当杆件在两相邻的横截面处有一对垂直于杆轴，但方向相反的横向力作用时，两截面沿横向力方向相对错位，这种变形称为剪切变形（图 2-7）。

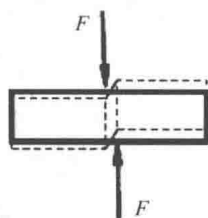


图 2-7 剪切变形

3) 扭转变形

当作用在杆件上的外力组成一个作用面与轴线相垂直的外力偶时，杆件的横截面绕着轴线作相对旋转的变形称为扭转变形（图 2-8）。以扭转变形为主要变形特点的杆件称为轴，例如机器的轴承等。

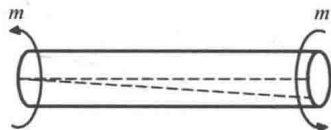


图 2-8 扭转变形

4) 弯曲变形

当杆件受到垂直于轴线的外力，或作用面和轴线相平行的外力偶时，轴线变成曲线的变形称为弯曲变形（图 2-9）。以弯曲变形为主要变形特点的杆件称

为梁，如光诱渔船上的集鱼灯梁。

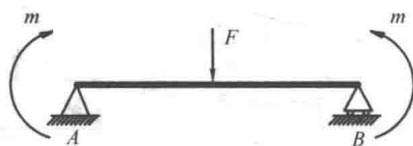


图 2-9 弯曲变形

5) 组合变形

由上述变形中的两种或两种以上共同组成的变形称为组合变形，但杆件在一定的条件下（弹性范围内），可以近似认为组合变形是由几种简单变形的叠加。因此，本书重点讨论前面四大变形。

2.5 外力、内力与应力

外力、内力和应力之间是相辅相成的，相互之间有一定的联系。渔用材料力学是以渔用刚性材料所受的内力为主要研究对象的。

2.5.1 外力

外力是由周围物体对研究对象施加的作用力，此作用力又称为作用在构件上的载荷。作用在刚体的外力往往不只一个，而是由几个力共同作用，这些力统称为力系。

根据外力系的不同性质，可以把外力系分为不同的类型。

1) 按外力系作用面的不同分

按外力系的作用面不同，可以把外力系分为平面力系和空间力系。若刚体上所有的力都作用在同一平面上，那么这些力称为平面力系 [图 2-10 (a)]；若刚体上所有的力都作用在空间上，那么这些力称为空间力系 [图 2-10 (b)]。

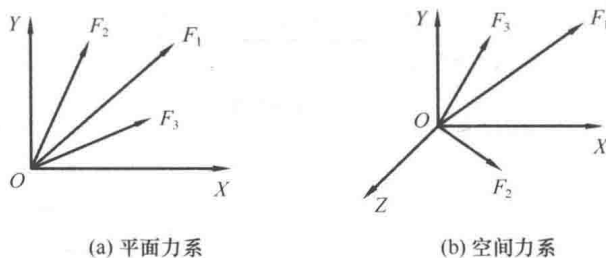


图 2-10 平面力系和空间力系