



高职高专道路桥梁工程技术专业规划教材

工程力学

主 编 赵凤婷
副主编 李立军 王 颀
主 审 荆振华



東北大學出版社
Northeastern University Press

高职高专道路桥梁工程技术专业规划教材

工 程 力 学

主 编 赵凤婷

副主编 李立军 王 欣

主 审 荆振华

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 赵凤婷 2006

图书在版编目 (CIP) 数据

工程力学 / 赵凤婷主编. — 沈阳 : 东北大学出版社, 2006.8

(高职高专道路桥梁工程技术专业规划教材)

ISBN 7-81102-297-4

I. 工… II. ①赵… III. 工程力学—高等学校—教材 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 100973 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳市第六印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 184mm × 260mm

印 张: 11

字 数: 282 千字

出版时间: 2006 年 8 月第 1 版

印刷时间: 2006 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑: 张德喜 刘宗玉

责任校对: 张淑萍

封面设计: 唐敏智

责任出版: 秦 力

丛书定价: 348.00 元 (本册定价: 27.00 元)

序 言

辽宁省交通高等专科学校道路桥梁工程技术专业，已有 55 年的办学历史，具有深厚的专业积淀，培养了大批道路桥梁工程技术专业人才。

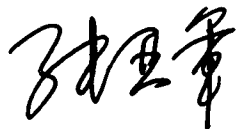
为了进一步适应公路交通行业发展的需求，我校在广泛深入调研的基础上，从 1999 年开始，进行了面向施工一线的教育教学改革，将道路桥梁工程技术专业特色定位为“精施工、懂设计、会管理”。2002 年，该专业被教育部确定为高等职业教育教学改革试点专业，同年，辽宁省交通厅以教学科研项目立项，资助该专业深入开展教育教学改革和建设研究，有力地推动了专业人才培养水平的提高。2005 年，该专业被辽宁省教育厅确定为示范专业。

高等职业教育专业教学改革和建设，核心是课程改革和建设。课程改革和建设的重点是教学内容的改革和建设，教材建设是最重要的方面，要充分体现应用性、先进性和实践性，兼顾现实应用能力与技术跟踪能力的培养，使教学内容与一线实际和今后发展接轨。正是出于上述考虑，我校道桥专业的教师及有关工程技术专家编写出了这套专业规划教材。

这套规划教材的出版是这一课程改革和建设思想探索与实践的成果，是全体专业教师、工程技术专家、一线技术人员共同劳动的结晶，同时也为今后进行更深入的课程改革和建设，打下了很好的基础。

这套规划教材适用于道路桥梁工程技术专业，也可供相关专业选用，希望这套书能被多所院校所采用，供大家借鉴，并得以推广，使其发挥更大作用。

辽宁省交通高等专科学校校长



2006 年 5 月

前 言

本教材根据高职高专土建类专业工程力学教学的基本要求编写，共有二篇。第一篇为刚体静力学，内容包括：静力学基本知识、平面力系、空间力系简介、平面图形几何性质；第二篇为材料力学，内容包括：可变形固体材料的拉(压)、扭转、弯曲等基本变形的强度及刚度问题、应力状态与强度理论简介、组合变形、压杆稳定等。

为了适应高职高专教育改革要求，体现培养应用性人才的特点，教材在编写上力求体现高职高专特色。内容上除注重基本概念、基本理论、基本方法外，更注重实用性，贯彻理论上以必需、够用为度的原则；结构上遵循循序渐进、承上启下的规律；文字上坚持少而精，做到重点突出，由浅入深，通俗易懂，利于教学，便于自学。

本教材绪论、第1章～第4章由赵凤婷编写，第5章～第7章由李立军编写，第8章～第10章及专题部分由王颀编写。全书由赵凤婷主编，辽宁省交通高等专科学校荆振华教授主审。

在本书的编写过程中，张亚军教授、张朝志教授、于仁才副教授提出了很多宝贵意见和建议，在此一并表示感谢。

由于时间仓促与编者水平所限，书中难免存在不当之处，恳请读者予以指正。

编 者

2006年2月

目 录

绪 论	1
-----	---

第一篇 刚体静力学

引 言	3
第 1 章 静力学基本知识 受力图	3
1.1 静力学基本知识	3
1.2 约束和约束反力	6
1.3 结构的计算简图	10
1.4 物体的受力分析 受力图	11
习题	14
第 2 章 平面力系	16
2.1 平面汇交力系	16
2.2 力矩 平面力偶系	20
2.3 平面一般力系	26
2.4 物体系的平衡	36
* 2.5 摩 擦	37
习题	42
第 3 章 空间力系简介	46
3.1 力在空间坐标轴上的投影	46
3.2 力对轴之矩	47
3.3 空间力系的平衡方程	48
习题	50
第 4 章 平面图形的几何性质	51
4.1 形心和静矩	51
4.2 极惯性矩 惯性矩	53
习题	58

第二篇 材料力学

引 言 材料力学的一般概念	59
---------------	----

第5章 轴向拉伸、压缩变形	63
5.1 基本概念和工程实例	63
5.2 轴力与轴力图	63
5.3 横截面上的应力	65
5.4 轴向拉伸和压缩时的变形	66
5.5 拉伸和压缩时材料的力学性能	68
5.6 轴向拉伸和压缩时材料的强度计算	72
5.7 应力集中的概念	74
5.8 拉、压超静定问题	74
5.9 连接件的实用计算	75
习题	78
第6章 扭 转	81
6.1 工程实际中的扭转问题	81
6.2 扭转时的内力	81
6.3 薄壁筒的扭转	83
6.4 圆轴扭转时的应力和变形	83
6.5 圆轴扭转时的强度和刚度计算	85
习题	88
第7章 弯 曲	89
7.1 弯曲的基本概念	89
7.2 弯曲内力	90
7.3 弯曲应力	96
7.4 梁的变形	102
习题	109
第8章 应力状态和强度理论简介	113
8.1 平面应力状态的概念	113
8.2 平面应力状态分析	114
8.3 三向应力状态 广义虎克定律	119
8.4 强度理论	120
习题	124
第9章 组合变形	127
9.1 组合变形的概念和实例	127
9.2 拉伸(压缩)与弯曲的组合	128
*9.3 扭转与弯曲的组合	135
习题	138

第 10 章 压杆稳定	141
10.1 压杆稳定的概念	141
10.2 不同杆端约束下压杆临界力的计算公式	142
10.3 欧拉公式的适用范围 中、小柔度杆的临界应力	143
10.4 压杆的稳定计算	146
习题	148
参考专题	150
I 构件的疲劳强度概述	150
II 型钢表	154

绪 论

(1) 工程力学的主要内容

工程力学是研究物体的受力分析、机械运动以及工程构件承载能力的一门学科。工程力学涉及的范围很广,本书仅包括静力学和材料力学两部分内容。

静力学主要研究力系的简化和物体的平衡条件。它是研究物体机械运动和构件强度、刚度和稳定性计算的基础。

材料力学是研究工程构件承载能力的一门科学。任何设备、机器和建筑物都是由零件或构件组成的,为了保证机器正常地运行,建筑物正常地使用,必须保证每一个零件或构件在外力作用下能正常工作,为此必须满足以下要求:

- ① 有足够的强度;
- ② 有足够的刚度;
- ③ 有足够的稳定性;
- ④ 有足够的耐久性。

构件抵抗破坏的能力称为强度。如果构件的强度不够,在力作用下会发生断裂或产生较大的塑性变形,使得机器或建筑物无法正常工作,这种现象称为强度破坏或强度失效。如果路面或桥梁断裂则会影响交通的正常运行;如果缆车或电梯上钢绳断开,后果将不堪设想。因此,要保证建筑物或机械正常地工作,首先要保证受力构件或零件在外力作用下具有足够的强度。

构件抵抗弹性变形的能力称为刚度。如果构件的刚度较小,在外力作用下会产生较大的弹性变形,这会影响到构件的正常工作,这种现象称为刚度破坏或刚度失效。如果房屋大梁产生过大的变形会影响其正常使用,危及人身安全;如果齿轮传动轴变形过大,会影响齿轮间的正常啮合,这不但会产生较大的噪声,而且会增大轴和轴承之间的磨损,缩短齿轮的使用寿命。因此,在建筑物或机械中,还需要保证构件或零件具有足够的刚度,以保证其变形量不超过正常工作所允许的范围。

构件受压力作用后保持原有平衡形式的能力称为稳定性。例如,细长压杆在满足强度条件下,当外力增大超过一定的数值后,杆件便会从直线平衡状态突然变弯,丧失了原有的直线平衡状态,这就是失稳现象,又称稳定失效。杆件失稳后会导致杆件折断或发生较大的塑性变形。如建筑用的支架和脚手架、千斤顶螺杆以及车床的丝杠等,都必须保证有足够的稳定性。

有的构件经受周期性荷载或内力周期性变化时,其工作寿命必须满足使用期限称为耐久性。如火车轮轴、汽车轮轴就属于上述情况,如果寿命很低,这是不允许的,因此构件必须具备足够的耐久性。

工程设计的任务之一就是保证构件在确定的外力作用下正常工作而不被破坏,即保证构件具有足够的强度、刚度和稳定性。为此需要:

- ① 分析并确定构件所受各种外力的大小和方向;
- ② 研究在外力作用下构件的内力、变形及破坏的规律;

③ 提出保证构件具有足够强度、刚度和稳定性的计算方法；

④ 研究在外力作用下构件的耐久性。

随着交通和建筑业的飞速发展，工程力学将继续向各专业渗透，不断地开拓新的研究领域。实验力学、断裂力学及复合材料力学的进展又丰富和充实了工程力学的内容。计算机在工程力学中也已经得到广泛的应用，工程力学的分析方法和计算能力有了极大的提高。

(2) 工程力学的研究对象

根据几何形状和尺寸的不同，构件大致可以分为杆、板、壳、块体。若构件在某一方向上的尺寸比其余两个方向上的尺寸大得多，则称为杆，梁、轴、柱等都属于杆类构件。若构件在某一方向上的尺寸比其余两个方向上的尺寸小得多，平面形状的叫做板，曲面形状的叫做壳。如桥梁板、穹形屋顶等都属于这类构件。若构件在 3 个方向上具有同一量级的尺寸，则称为块体。如水坝、建筑结构物的基础、机械设备底座等都属这类构件。

工程力学以等截面的直杆(简称等直杆)作为主要研究对象。板壳及块体属于“弹性力学”和“板壳理论”的研究范畴。

(3) 工程力学在工科专业中的作用

工程力学对土木、机械、水工和航空航天等工科专业来说，是一门技术基础课，它是由基础理论课过渡到专业课的桥梁，它为钢筋混凝土结构、桥梁工程、土力学、机械基础等专业课程的学习提供必要的基础知识；为工程实际问题提供理论分析和解决问题的方法；并培养学生具有熟练的计算能力和初步的实验分析能力。

第一篇 刚体静力学

引言

静力学是研究物体在力系作用下平衡问题的学科。通常一个物体总是受到多个力的作用, 作用于物体上的一群力称为力系。平衡是指物体相对于惯性参考系静止或作匀速直线运动, 它是机械运动的特殊情况, 在静力学中惯性参考系是指固结在地球上的坐标系。物体在力系作用下, 一般不一定处于平衡状态, 只有当力系满足某些特定的条件时, 物体才处于平衡, 这种特定的条件称为平衡条件。平衡时的力系称为平衡力系。研究物体的平衡问题, 实际上就是研究作用于物体上力系的平衡条件。

在研究物体的平衡或计算工程实际问题时, 须将一些比较复杂的力系进行简化。

归纳起来, 静力学主要研究以下3个问题。

第一, 物体的受力分析:

分析物体共受几个力作用, 以及每个力的作用点、大小和方向。

第二, 力系的简化:

若作用于物体上的某一力系可以用另一个力系来代替, 而不改变它对物体的作用效应(运动效应), 那么这两个力系是互为等效的。如果一个力与一个力系等效, 那么这个力称为该力系的合力, 原力系的各力称为合力的分力。将一个复杂的力系用一个简单的等效力系来代替的过程称为力系的简化。应注意, 力系简化的结果是建立平衡条件的依据。

第三, 建立各种力系的平衡条件:

研究物体在各种力系作用下的平衡条件, 根据这些条件可求出处于平衡状态物体上的某些未知作用力。

第1章 静力学基本知识 受力图

1.1 静力学基本知识

1.1.1 力的概念

力是物体间相互的机械作用。这种作用对物体有两方面的作用效果。一方面使物体的机械运动状态发生变化, 例如, 行驶中的汽车刹车时, 摩擦力能使它停下来, 人造卫星在地球引力作用下不断改变运动方向而绕着地球运行等; 另一方面使物体形状发生变化, 例如, 弹簧受拉后会伸长, 桥梁在汽车及火车车轮的压力作用下会产生弯曲变形等。力使物体的运动状态发生变化的效应, 称为力的运动效应(外效应), 而平衡状态是其特殊情形。例如, 桥梁

和房屋在各种荷载和地基反力的共同作用下仍然保持静止,这是各个力的外效应相互抵消的结果。力使物体形状发生变化的效应称为变形效应(内效应)。静力学只研究力的外效应。实践证明,力对物体的作用取决于力的大小、方向和作用点(通常称为力的三要素),因此力是一个定位矢量,通常用一定比例尺的带箭头的线段表示(本书中力的矢量用黑斜体字母表示,如图1-1所示)。力国际单位制<SI>的基本单位是:牛顿(N)或千牛顿(kN)。

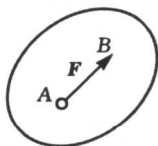


图 1-1

1.1.2 刚体的概念

刚体是指在力作用下不变形(即任意两点间距离保持不变)的物体,这是一个理想化的模型。任何物体在力的作用下,或多或少都会发生不同程度的变形。但是工程实际中构件的变形通常是非常微小的,在某些情况下可以忽略不计。例如图1-2所示的桥式起重机,工作时由于起重机与它自身的重量,使桥架产生微小的变形,这个微小的变形,对研究物体的运动或平衡时不起主要作用,可以将其略去不计,可简化问题的研究。因此在研究平衡问题时就可以把起重机桥架看成不变形的刚体。实践表明:刚体在力系作用下平衡时所满足的条件,对于变形体的平衡来说,也必须满足。即静力学中关于刚体的平衡条件,也适用于变形体,这说明了刚体平衡规律的普遍意义。但是应指出,不应该把刚体的概念绝对化,在采用刚体这一简化模型时要注意所研究问题的内容和条件。在某些情况下,物体的变形成为主要因素时,就不能再把物体看成刚体,而要看成变形体。

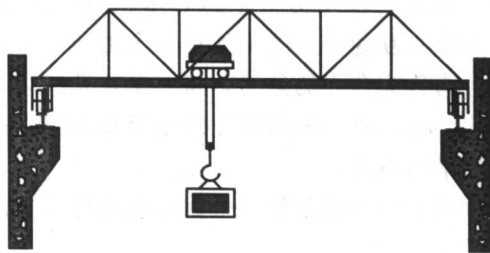


图 1-2

静力学中所研究的物体只限于刚体,因此静力学又称为刚体静力学。以后将会看到,在研究变形体的平衡问题时,都是以刚体静力学的理论为基础的,不过再加上某些补充条件而已。

1.1.3 静力学基本原理

(1) 二力平衡原理

作用在物体上的两个力,使物体处于平衡的必要与充分条件是:这两个力的大小相等,方向相反,作用在同一条直线上(图1-3)。

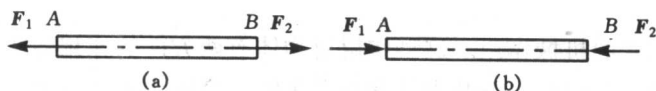


图 1-3

应该指出,这个原理只适用于刚体。对于变形体来说,条件是必要的,但不是充分的。例如,一绳索两端受两个等值反向共线的力作用时,若两个力为拉力,则绳索平衡,若两个

力为压力, 则不能平衡。

只受两个力作用而处于平衡的构件, 称为二力构件(或二力杆)。工程中存在着许多二力构件。二力构件的受力特点是: 不论其形状如何, 其所受的两个力的作用线必沿两个力作用点的连线, 且大小相等, 方向相反, 如图 1-4 所示。这一性质在以后对物体进行受力分析时是很有用的。



图 1-4

(2) 加减平衡力系原理

在已知力系上加上或减去任意的平衡力系, 并不改变原力系对物体的作用效应。这个原理对力系的简化起重要作用, 根据这个性质可以推出力的可传性原理。

推论 力的可传性原理

作用在物体上的力可以沿其作用线移到物体内部任意一点, 而不改变它对物体的作用效应。这个原理是我们所熟悉的, 例如人们用相同的力在车后 A 点推车, 与在车前的 B 点拉车, 效果是一样的, 如图 1-5 所示。

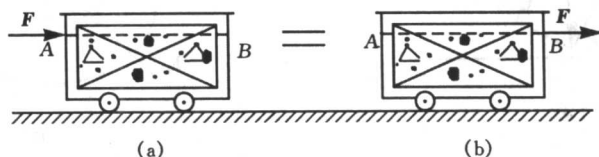


图 1-5

由此可知, 作用于刚体上的力的三要素是力的大小、方向和作用线。力是一滑动矢。显然, 加减平衡力系原理和力的可传性原理只适用于刚体, 对于非刚体来说, 加减平衡力系或将力作任何移动都将改变力对物体的变形效应。如图 1-6(a) 所示, 一根直杆受到一对等值共线反向的拉力作用, 杆被拉长, 若将这两个力沿作用线分别移到杆的另一端, 如图 1-6(b) 所示, 则杆将受压力作用而缩短。

(3) 力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力, 可以合成为作用于该点的一个合力, 合力的大小和方向是以这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示。

这种合成力的方法, 为矢量加法。可用矢量和表示为

$$\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (1-1)$$

应该指出, 式(1-1)为矢量等式, 它与代数式 $R = F_1 + F_2$ 的意义完全不同, 不能混淆。力的平行四边形法则也可以简化为力的三角形法则, 如图 1-7(b) 所示。

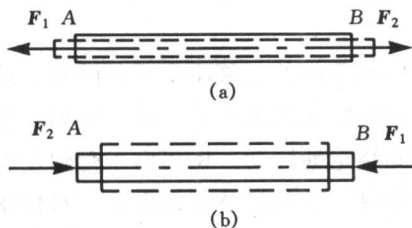


图 1-6

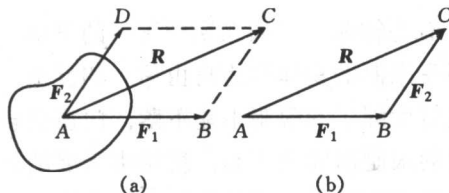


图 1-7

平行四边形法则既是力的合成的法则，也是力的分解的法则。例如沿斜面下滑的物体，如图 1-8 所示，有时就把重力 P 分解为两个力，一个是与斜面平行的分力 F ，这个力使物体沿斜面下滑；另一个是与斜面垂直的分力 N ，这个力使物体沿斜面下滑时紧贴斜面。这两个分力的大小分别为

$$F = P \sin \alpha, \quad N = P \cos \alpha$$

推论 三力平衡汇交定理

刚体受不平行的 3 个力作用而平衡，则三力作用线必汇交于一点且位于同一平面内，如图 1-9 所示。

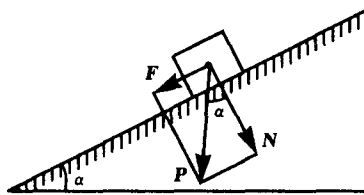


图 1-8

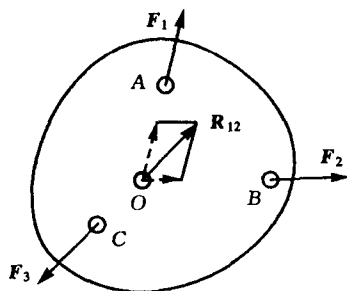


图 1-9

此定理的逆定理不成立。

当刚体受 3 个互不平行的共面力作用而处于平衡时，若已知两个力的方向，用此定理可以确定未知的第三个力的作用线方位。

(4) 作用与反作用定律

两物体间相互作用的力，总是大小相等、作用线相同而指向相反，分别作用在这两个物体上。

这个定律概括了自然界中物体间相互作用力的关系，表明一切力总是成对出现的，有作用力就必有反作用力，它们彼此互为依存条件，同时存在，又同时消失。此定理在研究几个物体组成的系统时具有重要作用，而且无论对刚体还是变形体都是适用的。

应该注意，尽管作用力与反作用力大小相等、方向相反、作用线相同，但它们并不互成平衡，更不能把这个定律与二力平衡定理混淆。因为作用力与反作用力不是作用在同一物体上，而是分别作用在两个相互作用的物体上。

1.2 约束和约束反力

有些物体，例如在空中飞行的飞机、炮弹等，它们在空间的位移不受任何限制。这种位移不受限制的物体称为自由体。相反地，位移受到限制的物体称为非自由体。例如，悬挂着的电灯受绳子的限制不能下落，门窗受合页的作用只能绕定轴转动，桥梁由于受到左右两端支座的限制而固定不动，房梁由于墙的支持而不致落下等，这些都是非自由体。对物体的某些位移起到限制作用的周围物体称为约束。例如，绳子是灯的约束，合页是门窗的约束，支座是桥梁的约束等。

物体受到约束时，物体与约束之间有相互作用力。约束对被约束物体的作用力称为约束

反力, 简称为约束力(或反力)。约束力的作用点在约束与被约束物体的接触点。约束力的方向, 总是与该约束所能阻止的运动方向相反。根据约束的性质, 有的约束力方向可以直接定出, 有的约束力方向则不能直接定出, 而与约束物体的受力情况有关。约束力的大小总是未知的, 需要根据物体的受力情况和运动情况来计算。

物体除受约束力外, 一般还承受主动力, 这一类力能够主动引起物体运动或使其有运动趋势, 如重力、风力、土压力和水压力等。物体所受的主动力往往是给定的或已知的。在一般情况下, 由于有主动力的作用, 才引起约束力。显然, 如果物体在受约束处沿所能阻碍运动方向并无运动或运动的趋势, 则约束就不会产生约束力。因此约束力也称为被动力。它随主动力的变化而改变。在静力学中, 主动力和约束力组成平衡力系, 因此可用平衡条件求出约束力。

约束力总是通过约束与被约束物体间的相互接触而产生, 这种接触力的特征与接触面的物理性质和约束的结构形式有关。实际约束的结构形式各种各样, 接触面的物理性质也各有不同, 但可以将它们归纳成几种典型约束。

下面介绍几种工程中常遇到的简单约束和确定约束力的方法。

1.2.1 柔索约束

属于这类约束的有绳索、链条和胶带等。如图 1-10 所示, 由于柔索本身只能承受拉力, 因此它只限制物体沿柔索伸长方向的运动, 而不能限制其他方向的运动。故柔索对物体的约束力是拉力, 作用在连接点, 方向沿柔索背离物体。

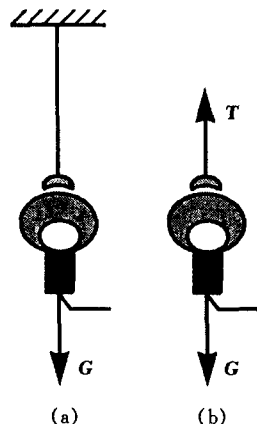


图 1-10

1.2.2 光滑接触面约束

光滑面约束在工程上是常见的, 如图 1-11 和 1-12 所示, 当两物体接触面上的摩擦力比起其他作用力小很多时, 摩擦力就成了次要因素, 可以忽略不计, 这样的接触面被认为是光滑的。此时, 不论接触面是平面还是曲面, 都不能限制物体沿接触面切线方向的运动, 而只能限制物体沿接触面公法线方向的运动。因此, 光滑面约束反力的方向, 应沿接触面在接触点处的公法线方向且指向物体。

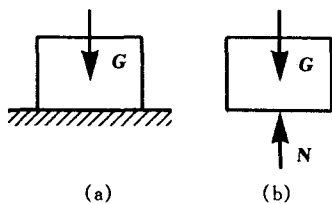


图 1-11

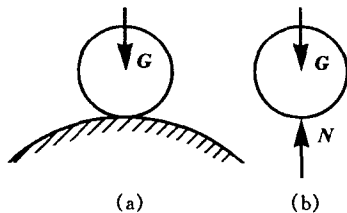


图 1-12

1.2.3 光滑铰链约束

(1) 固定铰支座

铰链是工程中常见的一种约束。铰链约束的典型构造是将销钉插入两构件的圆孔, 把构

件连接起来而成, 其中一个构件被固定于地面、墙、柱和机身等支承物上时(该构件被称为底座), 便构成固定铰链支座约束, 简称固定铰支座, 如图 1-13(a)、(b)所示。这种约束的特性是销钉能够限制构件在垂直于销钉轴线平面内的移动, 但不能限制它绕销钉轴线的相对转动。

设接触面的摩擦可略去不计, 则销钉与构件圆孔间的接触是两个光滑圆柱面的接触(图 1-13(c)), 因此销钉给构件的约束力是作用在接触点处, 方向沿接触面的公法线, 并通过圆孔中心指向构件, 见图 1-13(d)。由于接触点的位置与构件所受的力系有关, 一般不能预先确定, 所以约束力的方向也不能预先确定。通常用通过圆孔中心的两个正交分力 X 、 Y 来表示, 如图 1-13(e)所示。而图 1-13(f)所示是常用的固定铰支座的简化表示方法。

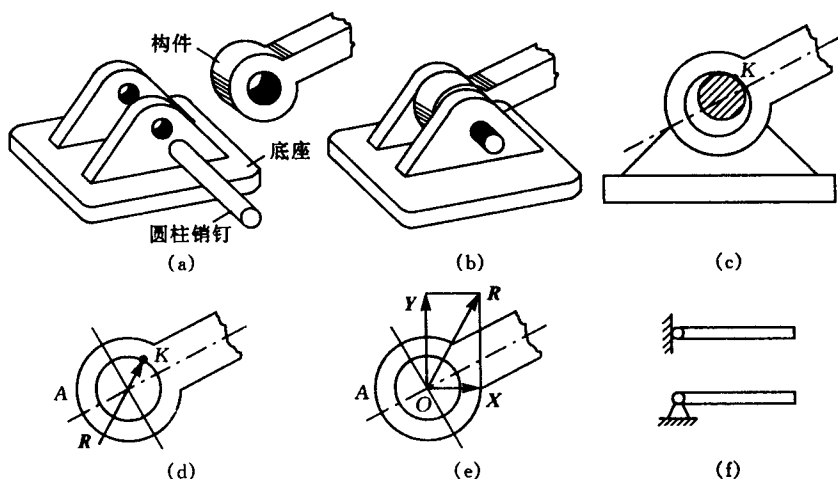


图 1-13

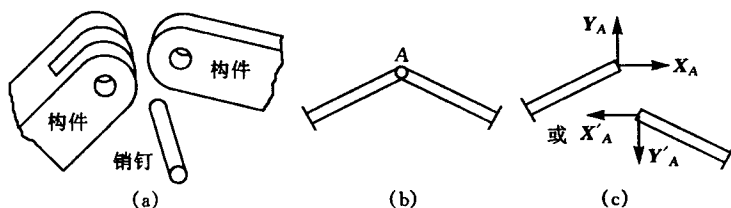


图 1-14

(2) 圆柱铰(中间铰)约束

如果两个构件用圆柱形光滑销钉铰连接, 则称为圆柱铰或中间铰, 如图 1-14(a)所示。图 1-14(b)为其简化图示。中间铰的销钉对构件的约束特点和固定铰支座相同, 所以约束反力的分析与固定铰支座相同, 通常也表示为两互相垂直的分力 X_A 、 Y_A , 如图 1-14(c)所示。

例如图 1-15 所示的拱桥, 就是由左、右两拱通过圆柱铰 C 和固定铰支座 A 、 B 连接而成。

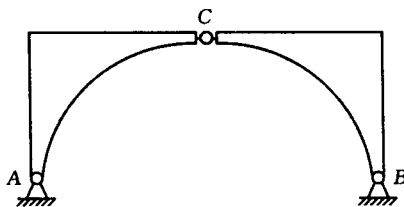


图 1-15

1.2.4 活动铰支座

(1) 辊轴支座

将构件的铰链支座用几个辊轴支承在光滑平面上, 就成为辊轴支座(图 1-16(a)), 也称为可动铰支座或活动铰支座。这种约束只能限制物体在与支座接触处垂直于支承面的运动, 而不能阻止沿着支承面的运动或绕着销钉的转动, 因此, 辊轴支座(活动铰支座)的约束反力通过销钉中心, 垂直于支承面, 其指向待定。图 1-16(b)为其简图。图 1-16(c)是其约束力的简化表示法。

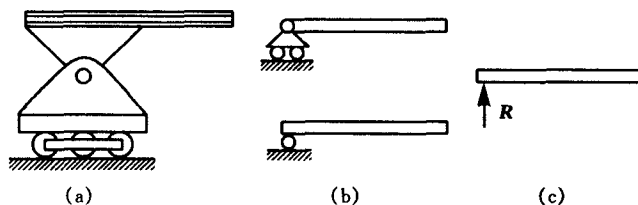


图 1-16

(2) 链杆约束

不计自重且没有外力作用的刚性(二力)构件, 其两端借助铰将物体连接起来, 就构成了链杆约束(图 1-17(a))。约束反力的作用线方位应为沿其两端铰连线, 指向待定(图 1-17(b))。通常链杆约束可用垂直于支承面的一根链杆代替(图 1-17(c)), 图 1-17(d)是其约束力的简化表示法。显然链杆约束也是活动铰支座的一种。

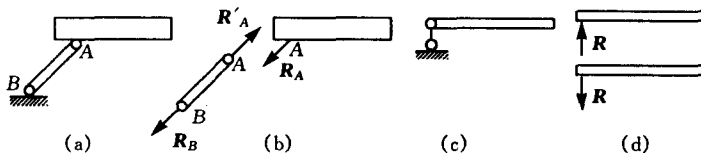


图 1-17

在桥梁、屋架和其他工程结构上经常采用活动铰支座, 以便保证在温度变化时, 允许结构做微量的伸缩。工程中某些构件的支承常可简化成一端为固定铰支座, 另一端为可活动铰支座。

1.2.5 固定端支座约束

图 1-18(a)所示的梁, 其一端插入墙内使梁固定。墙既能限制梁的移动, 又能限制梁的转动, 这类约束就称为固定端支座, 其简图如图 1-18(b)所示。约束反力除了两个互相垂直的坐标分量外, 还有一个反力偶, 如图 1-18(c)所示。

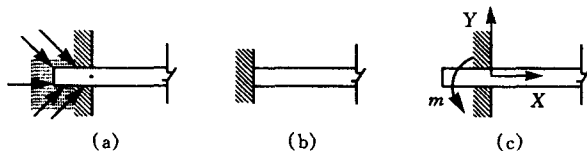


图 1-18