

里
论
力
学



马棣勋 朱耀坚 张松明 编

建筑工程系列书

理论力学

半
南

31
05

华南理工大学出版社

031
M 05

412241

建筑工程系列书

理论力学

马棣勋 朱耀铨 张松明

华南理工大学出版社

内 容 提 要

本书是根据工业建筑与民用建筑专业专科《理论力学》自学考试大纲编写而成的。

全书分静力学、运动学和动力学三部分。每章后面附有小结、思考题和习题，书末附有习题答案。

本书可作各种类型的成人高等教育工民建专科和中等学校土建类专业《理论力学》课程的教材和教学参考书，也可供致力于建筑工程的广大工人、技术人员和管理人员阅读。

DZ02/28

建筑工程系列书

理 论 · 力 学

马棣勋 朱耀铨 张松明

*

化南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮码 510641)

广东省新华书店经销

高要印刷有限公司印装

*

787×1092 16开本 16印张 411千字

1986年12月第1版 1996年10月第5次印刷

印数 32001—42000册

ISBN 7-5623-0091-7/TU·11

定价 16.00元

出版说明

建筑工程系列书是本社为适应多层次、多种形式办学需要,针对高等学校工科建筑工程专业教学要求而编辑出版的试用教材和主要教学参考书。这些书均结合考虑大专要求和成人教育的特点,由具有较高学术水平和丰富教学经验的教授编写或审稿。其特点是,内容上注意理论联系实际,释疑解难,深入浅出,并附有思考题或实验实习指导,便于自学;特别适用于成人高等教育的各种形式(大专班、函授、刊授、电大、夜大、业余大等)的教学需要,部分书注明与本科通用。

建筑工程系列书的种类和出版的时间是:

- 一、《建筑工程测量》(本科,专科选用,1985年出版,1994年9月第6次印刷)
 - 二、《建筑结构选型》(1985年出版,1994年6月第4次印刷)
 - 三、《建筑材料学》(本科,专科选用,1986年出版,1994年4月第6次印刷)
 - 四、《理论力学》(1986年出版,1995年4月第4次印刷)
 - 五、《材料力学》(1986年出版,1993年3月第4次印刷)
 - 六、《结构力学》(1987年出版,1994年12月第5次印刷)
 - 七、《材料力学解题指导》(本科,专科选用,1986年出版)
 - 八、《混凝土与砌体结构》(上册1992年12月出版,1994年10月第3次印刷,下册1993年9月出版,1995年3月第3次印刷)
 - 九、《机械零件与建筑机械》(本科,专科选用,1988年出版,1994年12月第2版第4次印刷)
 - 十、《建筑经济与企业管理》(本科,专科选用,1988年出版,1994年5月第2版第5次印刷)
 - 十一、《钢结构》(本科,专科选用,1988年出版,1993年5月第2次印刷)
 - 十二、《城市规划》(1986年出版)
 - 十三、《建筑物避雷与接地》(1988年出版)
 - 十四、《钢筋混凝土与砖石特种结构》(本科,专科选用,1990年2月出版,1992年5月第2版第3次印刷)
 - 十五、《高层建筑结构分析与设计》(本科,专科选用,1992年10月出版,1993年8月第2次印刷)
 - 十六、《高层建筑框架—剪力墙结构设计实例》(本科,专科选用,1992年11月出版)
 - 十七、《建筑材料—高等教育工科自学考试指导书》(1993年9月出版)
- 这套系列试用教材出版后已多次重印,反映良好,我们恳切地希望广大读者和师生继续提出宝贵意见。

华南理工大学出版社
1995年3月

前 言

本书是根据工业建筑与民用建筑专业专科《理论力学》自学考试大纲编写而成的，可作为全日制或业余大学、夜大学工民建专科以及中等学校的土建类专业《理论力学》课程的教材。全书分静力学、运动学和动力学三部分。为方便自学，本书力求做到内容详尽，通俗易懂和由浅入深，并且安排了较多的例题，每章后面附有小结、思考题和习题，书末附有习题答案，以便于读者掌握重点和自我检查。

本书由马棣勋主编，具体编写分工如下：马棣勋——静力学部分；张松明——运动学部分；朱耀铨——动力学部分。全书初稿经华南理工大学建筑工程系何逢康教授审阅。

由于编者水平所限，不当之处，在所难免，希望读者提出宝贵意见。

编 者

绪 论

理论力学是高等学校工科的主要基础课之一，也是我们专业一系列技术基础课和专业课的理论基础。它是解决许多近代技术问题的强有力工具。理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学，所谓机械运动，是指物体在空间的位置随着时间而改变的现象。由于物体间相互的机械作用，即力的作用，使物体的运动状态发生改变，从而产生机械运动。物体间相互作用的力与物体机械运动的改变之间存在着密切的联系，这种联系就是机械运动的规律，它反映力与机械运动的改变之间的关系。机械运动是物质运动的最简单的一种形式，它在人们生产和生活中是经常遇到的，例如，车辆的行驶，机器的运转，河水的流动，建筑物的振动等等都属于机械运动。应用机械运动的规律，可以解释很多自然现象和解决一系列的工程技术问题。

理论力学属于古典力学的范围，它以伽利略和牛顿建立的基本定律作为理论基础。古典力学是相对于近代发展起来的相对论力学和量子力学等而言。它有一定的适用范围，只是研究速度远小于光速（30 万千米/秒）的宏观物体的运动。所以，古典力学是有局限性的，但是在现代科学技术中，古典力学仍然起着重大的作用，因为在科学技术中，所考虑的问题大多数都是宏观物体，运动速度也远小于光速。实践证明，对于土建工程中的力学问题，古典力学具有足够的准确性。

理论力学的内容，包括静力学，运动学和动力学三部分，各部分的具体内容是：

静力学——研究物体在力的作用下，力系的简化及平衡问题。平衡是机械运动的特殊情况，掌握平衡问题的规律，对于土建专业是非常重要的。

运动学——从几何学的观点研究物体的运动规律，但不涉及引起运动的作用力。

动力学——研究物体的运动及其作用力之间的关系。

理论力学的研究，是从实践出发，经过抽象，综合，归纳，建立有关基本概念和定律，再用数学推导和逻辑推理，得出定理和结论，然后再通过实践验证并发展这些理论，所以，理论力学的研究方法就是：“实践——理论——实践”。

理论力学的理论性较强，推理严密，应用灵活，要学好它，不能单从理解课文内容便可达到，还必须多做习题，深入思考，使理论与解题相结合，相辅相成，融会贯通。对于具体问题，通过数学计算的结果，应用到实践中去检验定理和公式的正确性。这样，对理论就会有深刻的理解，对概念能有明确的认识，把课文内容真正学到手。

我国是世界上文明发达最早的国家之一，很久以前我国劳动人民已经创造了灿烂的文化，生产有了很大的发展。恩格斯指出：“科学的发生和发展从开始起便是由生产所决定的”。力学也是随着生产而诞生和发展起来的，早在五千多年前的仰韶文化时期，我国已有木构架建筑；春秋战国时期，已经懂得利用材料的受压性能来建造拱形结构；秦代修筑万里长城，是世界上最伟大的工程之一；汉代有五层高的砖木结构楼房；隋代建造的赵州桥，至今仍能保持完好，这些例子都说明我国在工程力学方面的成就。

几千年来，经过劳动人民的长期生产实践，总结经验，在生产中经常向力学提出各种问题，这些问题的解决，不仅推动了生产，而且促进了力学的发展，同时也出现了一些技术著作。例如春秋战国的《墨经》，是世界上最早对力学下定义和系统地记载力学资料的一部著作。西汉时文献记载的指南车和记道车(自动记里程的车)，说明当时已使用了复杂的齿轮传动系统。西汉末年的《尚书·考灵曜》所载“地恒动而人不知，譬如人在大舟中闭牖而坐，舟行而人不觉也”，这可以说明当时对运动的相对性已有一定的认识。宋代的《营造法式》，明代的《天工开物》等著作，也有许多涉及力学的内容的。由此可见，我国在历史上力学的发展较西方为早，成就也很大，但是在旧中国，由于封建社会和半封建半殖民地制度的统治，劳动人民的智慧和创造发明得不到重视，从而使生产和科学技术十分落后，力学的发展也受到严重阻碍。

解放后，在伟大的中国共产党领导下，我国社会主义建设事业蓬勃发展，力学的理论研究和应用也迅速得到发展和提高。随着电子计算机的应用日趋普遍，大大推广了力学计算技术的发展，在建设我们祖国的四个现代化进程中，力学科学必将显示它的巨大作用。

目 录

绪 论

第一篇 静 力 学

绪 言	(1)
第一章 静力学的基本概念和公理	(2)
§ 1—1 刚体和质点	(2)
§ 1—2 力的概念 平衡的概念	(2)
§ 1—3 静力学公理	(3)
§ 1—4 约束与约束反力 受力分析与受力图	(5)
小结	(11)
思考题	(11)
习题	(12)
第二章 平面汇交力系	(13)
§ 2—1 力系的分类	(13)
§ 2—2 平面汇交力系的合成与平衡的几何法	(14)
§ 2—3 三力平衡定理	(16)
§ 2—4 力的分解	(17)
§ 2—5 力在直角坐标轴上的投影 合力投影定理	(19)
§ 2—6 平面汇交力系的合成与平衡的解析法 平衡方程	(22)
小结	(27)
思考题	(28)
习题	(29)
第三章 力矩与平面力偶系	(30)
§ 3—1 力对一点的矩	(30)
§ 3—2 两个平行力的合成	(32)
§ 3—3 力偶 力偶矩	(34)
§ 3—4 平面内力偶的等效定理	(36)
§ 3—5 平面力偶系的合成与平衡条件	(36)
小结	(38)
思考题	(38)
习题	(39)
第四章 平面任意力系	(40)
§ 4—1 力的平移定理	(40)
§ 4—2 平面任意力系向作用面内任一点简化 力系的主矢和主矩	(41)
§ 4—3 平面任意力系向作用面内任一点简化的结果 合力矩定理	(42)
§ 4—4 平面任意力系的平衡条件 平衡方程	(43)
§ 4—5 平面平行力系的平衡方程	(47)

§ 4—6 物体系统的平衡	(50)
§ 4—7 静定和超静定的概念	(55)
小结	(55)
思考题	(56)
习题	(58)
第五章 摩 擦	(60)
§ 5—1 摩擦现象及其在工程实践中的应用	(60)
§ 5—2 滑动摩擦 滑动摩擦力及摩擦定律	(60)
§ 5—3 考虑摩擦时物体和物体系统的平衡问题 平衡的临界状态与平衡范围	(62)
小结	(64)
思考题	(64)
习题	(65)
第六章 空间力系	(66)
§ 6—1 引言	(66)
§ 6—2 力在直角坐标轴上的投影和力沿直角坐标轴的分解	(66)
§ 6—3 空间汇交力系的合成与平衡 平衡方程	(68)
§ 6—4 力对轴的矩 力对点的矩矢及其矢积表达式	(72)
§ 6—5 力偶矩用矢量表示 空间力偶等效条件	(74)
§ 6—6 力对点之矩与力对通过该点的轴之矩之间的关系	(75)
§ 6—7 空间力偶系的合成与平衡 平衡方程	(75)
§ 6—8 空间任意力系向任一点简化 力系的主矢和主矩	(77)
§ 6—9 空间任意力系的平衡条件 平衡方程	(78)
§ 6—10 空间平行力系的平衡方程 空间结构的支座反力求法	(79)
小结	(81)
思考题	(82)
习题	(83)
第七章 平行力系中心和重心	(85)
§ 7—1 平行力系中心 平行力系中心的计算公式	(85)
§ 7—2 物体的重心 重心的计算公式	(86)
§ 7—3 用组合法求重心	(92)
小结	(95)
思考题	(95)
习题	(95)

第二篇 运 动 学

绪言	(97)
第八章 点的运动	(98)
§ 8—1 点的直线运动	(98)
§ 8—2 点的运动的矢量表示法	(101)
§ 8—3 点的运动的直角坐标表示法	(104)
§ 8—4 点的运动的自然表示法	(107)

小结	(112)
思考题	(113)
习题	(113)
第九章 刚体的基本运动	(116)
§ 9—1 刚体的平行移动	(116)
§ 9—2 刚体绕定轴转动	(117)
§ 9—3 转动刚体内各点的速度和加速度	(119)
小结	(124)
思考题	(124)
习题	(125)
第十章 点的合成运动	(127)
§ 10—1 点的合成运动的概念	(127)
§ 10—2 点的速度合成定理	(128)
§ 10—3 牵连运动为平动时点的加速度合成定理	(133)
小结	(135)
思考题	(135)
习题	(136)
第十一章 刚体的平面运动	(138)
§ 11—1 刚体的平面运动 平面运动的分解	(138)
§ 11—2 平面图形内各点的速度	(140)
§ 11—3 用速度瞬心法求平面图形内各点的速度	(143)
§ 11—4 平面图形内各点的加速度	(148)
小结	(151)
思考题	(152)
习题	(152)

第三篇 动 力 学

绪言	(155)
第十二章 质点动力学的基本方程	(155)
§ 12—1 动力学的基本定律	(155)
§ 12—2 质点的运动微分方程	(157)
§ 12—3 质点动力学的两类问题	(158)
小结	(163)
思考题	(163)
习题	(164)
第十三章 动量定理	(167)
§ 13—1 动力学基本定理概述	(167)
§ 13—2 质点的动量定理	(167)
§ 13—3 质点系的动量定理	(170)
§ 13—4 质心运动定理	(174)
小结	(177)

思考题	(178)
习题	(178)
第十四章 动量矩定理	(181)
§ 14—1 质点的动量矩定理	(181)
§ 14—2 质点系的动量矩定理	(184)
§ 14—3 刚体绕定轴转动微分方程	(187)
§ 14—4 转动惯量	(190)
小结	(194)
思考题	(195)
习题	(195)
第十五章 动能定理	(197)
§ 15—1 功和功率	(197)
§ 15—2 质点的动能定理	(201)
§ 15—3 质点系的动能定理	(203)
§ 15—4 动力学基本定理的综合应用	(206)
小结	(209)
思考题	(210)
习题	(210)
第十六章 达朗伯原理	(213)
§ 16—1 惯性力	(213)
§ 16—2 质点的达朗伯原理	(213)
§ 16—3 质点系的达朗伯原理	(217)
§ 16—4 刚体中惯性力系的简化	(219)
小结	(223)
思考题	(224)
习题	(224)
第十七章 虚位移原理	(226)
§ 17—1 约束与约束方程	(226)
§ 17—2 质点系的广义坐标与自由度	(228)
§ 17—3 虚位移	(229)
§ 17—4 理想约束	(230)
§ 17—5 虚位移原理	(231)
§ 17—6 虚位移原理的应用	(232)
小结	(236)
思考题	(236)
习题	(236)
习题答案	(240)

第一篇 静 力 学

绪 言

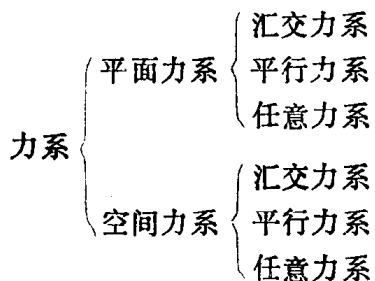
静力学是研究物体机械运动中的特殊情况，即受力物体处于平衡的情况。静力学所指的平衡，是物体在力的作用下相对于地面保持静止或作匀速直线运动。静力学所研究的问题有：

(1) 力系的简化；

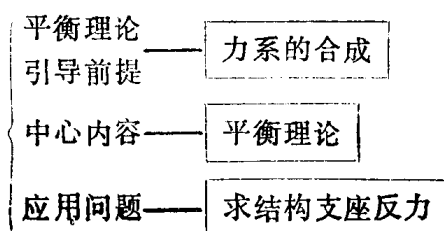
(2) 力系的平衡。

静力学主要研究上述两类问题外，亦研究有关力的性质等问题。平衡问题是静力学的中心内容，所以要求熟悉平衡条件的应用，能够运用平衡方程计算物体或物体系统的约束反力。平衡条件也是材料力学、结构力学和结构课程等的基础理论。

本篇按下列力系分类顺序研究



研究重点



第一章 静力学的基本概念和公理

§ 1-1 刚体和质点

在力学分析中，经常会提到“刚体”和“弹性体”这两个概念。刚体是由现实物体中抽象出来的一种物体，它在外力作用下是完全不变形的。完全不变形只是对物体的一种假想，事实上在自然界中并不存在刚体，即没有一种物体在受力作用时会绝对不发生变形，一切物体实际都是变形体，例如钢铁，在外力作用下或多或少也要变形，只是有时变形很小，我们眼睛观察不到罢了。根据力学分析的需要，在研究某些问题时，比如，研究一个物体的运动或平衡，可以将物体作为刚体看待，不考虑变形，这样，研究问题时就可避免计算变形的麻烦，因为在这种情况下计算变形是无意义的。但是，如果分析物体的内部作用，亦即计算内力时，那就要把物体作为变形体考虑了。

又在力学分析中，还会提到“质点”这个概念，所谓质点，是把物体的大小和形状忽略不计，只考虑它有一定的质量，因而可以将物体看成只有质量而没有大小的一点。例如研究地球绕太阳运行的问题，将地球的体积与地球和太阳的平均距离（ 15×10^7 公里）比较，地球的体积很小，它对分析问题不起什么作用。故此，可以把地球视为一个质点。又例如计算一汽车的速度，是不考虑它的大小和形状而只是作为一个质点来研究。

有若干个质点，如果它们之间有一定的联系，则这些质点称为质点系。对于物体，因为可以看成是质点，所以由若干个物体组成的物体系统，也称为质点系。

§ 1-2 力的概念 平衡的概念

一、力的概念

力在人类的生产和生活实践中是无时不感觉到，当人们用手提，推举或投掷某一物体时，从肌肉的紧张收缩中就感到对物体施加了力；又如我们用肩膀挑重物，重物的重量通过扁担压在肩膀上，就使我们感到肩膀受压力的作用。经过人们在长期生产和生活实践中反复观察，实验和分析，从而建立起一个概念：“力是物体间的相互作用，这种作用的效果可使物体的运动状态发生改变（例如运动方向、速度的改变；由静止变为运动等等），或使物体的形状改变（即变形）”。

力的作用效果首先决定于力的大小，但力的方向不同，力的作用效果也不同。例如对于一个物体来说，一个向下作用的力或一个水平作用的力，就会使物体产生不同方向的运动。此外，力的作用点位置，也会直接影响到作用效果，例如一把锄，如果用手握锄柄的重心处，是容易将锄平行提起，但如果用手握锄柄的末端，那么用同样大小的

力，只能将它一端提起而锄头仍旧提不起，这是因为手作用于锄的位置不同，产生不同的效果。由此得出一个结论：“力对物体的作用效果取决于力的大小、方向和作用点”。力的大小、方向和作用点，称为“力的三要素”。

力既然是一个有大小和方向的量，所以力是矢量，它可以用一个带箭头的线段表示，如图1-1所示，其中，线段的长度表示力的大小，线段的方位（例如与水平线的夹角 θ ）和箭头的指向表示力的方向，线段的起点A或终点B表示力的作用点，通过力的作用点沿力矢量方位画出直线（如图中的mm直线）称为力的作用线。

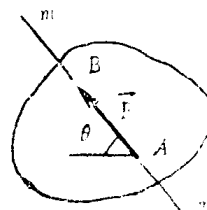


图 1-1

在本书中，凡矢量文字中都用黑斜体字母表示，如 $\vec{F}$ 。用普通字母表示矢量的大小（模），如 F ；在图上则用带箭头的字母表示，如 $\vec{F}$ ；在两个字母上面加一横线表示，如 $\overline{AB}$ 。

现在讨论两个以上的力的概念，作用于物体上的一群力或一组力，称为力系。如果作用于物体上的一个力系可用另一个力系来代替而不会改变原力系对物体的作用效应，则这两个力系称为等效力系。如果一个力与一个力系等效，则这个力是该力系的合力，而力系中的各力是该合力的分力。

二、平衡的概念

在绪言里已经简单地介绍了平衡的概念，现在再从静力学的范畴，把平衡的概念局限于狭义的角度来解释，即物体相对于周围物体（一般是指地面而言）是静止不动时，就是物体处于平衡状态。此时作用于物体上的力系称为平衡力系。例如房屋中的梁（图1-2），在楼板重量作用下，由柱子支撑着使它静止不动而处于平衡状态，于是，楼板重量和柱子反力形成一个作用于梁上的平衡力系。

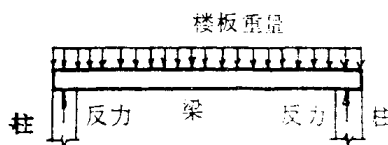


图 1-2

我们应该知道，静止的平衡是相对的，运动才是绝对。恩格斯在论述运动和静止的辩证关系时指出：“任何静止，任何平衡都只是相对的，只有对这种或那种确定的运动形式来说才是有意义的”。例如，我们说房屋是静止不动的，是指它对地球而言，即房屋对地球是不动的，很明显，如果对太阳而言，则房屋是随地球每天每时都是绕太阳运动着。

§ 1-3 静力学公理

静力学的理论，是以下述四个公理作为基础。

公理1 二力平衡公理

如果作用于同一刚体上的二力成平衡，则刚体平衡的必要和充分的条件是：此二力大小相等，方向相反，作用在同一直线上。

公理1是刚体受力作用下处于平衡的最简单情况，它是推导平衡力系平衡条件的基础。例如图1-3所示刚体，A、B两点在两平衡力 $\vec{F}$ 作用下处于平衡，其中图1-3 a

是受拉力作用，图 1-3 b 是受压力作用。

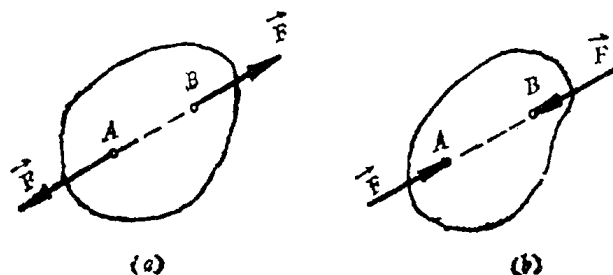


图 1-3

公理2 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的一个任意力系中，可加上或除去一个任意平衡力系，将不会改变原有力系对刚体的作用。

公理2 是研究力系合成问题的主要理论。应用这个公理，还可推导出力的一个重要性质，即力的可移性：作用于刚体上的力，可沿其作用线任意移动而不会改变该力对刚体的作用。证明如下：

设力 F 作用于刚体上的 A 点（图1-4 a），如果在这个力的作用线上任取一点 B ，并在 B 点上加上两个力 F_1 与 F_2 ，该两力沿直线 AB ，指向相反，大小相等，即 $F_1 = F_2 = F$ （图1-4 b），从公理2 知，力系 F 、 F_1 、 F_2 与原力 F 等效。现于（图1-4 b）中除去一个平衡力系 F 、 F_2 ，则剩下的力 F_1 与原力 F 等效（图1-4 c）。这样，就把原来作用于 A 点的力沿其作用线移到 B 点了。

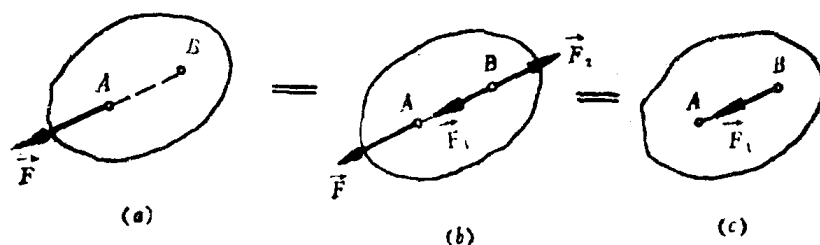


图 1-4

根据力的可移性，力在刚体上的作用点已被它的作用线所代替，故此，作用于刚体上力的三要素又可表示为：力的大小，方向和作用线。由此可知，力的矢量是滑动矢量。

在这里我们特别指出，公理1 和公理2 以及力的可移性，它们都只适用于刚体，对于变形体是不适用的。

公理3 力的平行四边形公理

作用于刚体上同一点的两个力的合力，等于这两个力的几何和，即合力的大小与方向是用该两力所构成的平行四边形的对角线来表示。

图 1-5 a 表示两个力 F_1 与 F_2 的合力是 R ，而且

$$R = F_1 + F_2$$

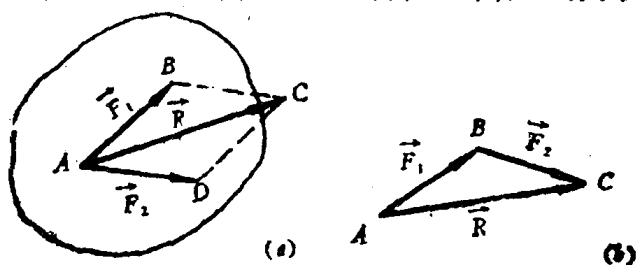


图 1-5

如上将力 F_1 与 F_2 用平行四边形方法相加，称为力的平行四边形法则，即作用于刚体上同一点的两个力的合力，等于这两个力的矢量和。

由图 1-5 a 可以看出，求两个共点力的合力时，只须作出力的平行四边形的一半，也可得到相同的结果，方法是：从力 F_1 的矢量 $\overline{AB}$ 的终点 B ，作出力 F_2 的矢量 $\overline{BC}$ （图 1-5 b），连结 A 、 C 两点即为合力 R 的矢量 $\overline{AC}$ 。所得三角形 ABC 称为力三角形，用这种方法求合力，称为力三角形法则。

公理4 作用与反作用公理

两物体相互作用的力，总是大小相等，方向相反，沿同一直线，并且分别作用在该两物体上。

力是物体间的相互作用，这从人体的直接感觉就容易理解。例如用手推车，车受力作用而移动，同时手也感到有一个压力作用，这个压力叫做反作用力。

公理 4 概括了任何物体间相互作用的关系，它对于力学中一切相互作用的现象都普遍适用。但请注意，这里所说的作用力与反作用力是大小相等，方向相反，沿同一直线，但它们不是相互平衡的，更不能把这个公理与二力平衡公理混淆起来，因为这个公理中的作用力与反作用力不是作用在同一物体，而是分别作用在两个物体。

§ 1-4 约束与约束反力 受力分析与受力图

一、约束与约束反力

研究物体在空间的运动情况，可分为自由体和非自由体两类。如果物体不受任何约束，在空间可以自由运动的，称为自由体，例如一物体从高处自由下落，这物体就是自由体。反之，如果物体受到一定的限制，使其在某些方向的运动成为不可能，则这种物体称为非自由体，例如用绳索把物体悬挂在梁上，这物体就是非自由体。这些限制物体运动的装置，称为约束。

既然约束限制着物体运动，于是当物体沿着约束所阻碍的方向运动时，约束就对物体产生一种阻碍力以限制物体运动，这种阻碍力称为约束反力，简称反力。约束反力的方向总是与约束所能阻止物体的运动或运动趋势的方向相反。比如上述悬挂物体的绳索反力必定向上，它的方向是与物体向下的重力方向相反。

还有一种与约束反力相对应的力，称为主动力。主动力作用于物体上，能引起物体运动或有运动的趋势，例如风力，重力以及房屋内作用于各种构件上的荷载（例如放在楼板上的货物）等都是主动力。

下面介绍工程上常见的几种约束

1. 绳索及链条

绳索及链条只能阻碍物体沿绳索或链条的方向移开，但不能限制物体在其他方向移动，其约束反力是沿绳索或链条方向，指向恒离开物体，即恒为拉力。例如图 1-6，用绳子 AB 悬挂物体，绳子的反力把物体拉着。

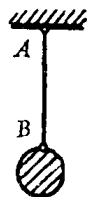


图 1-6

2. 光滑面

当物体与光滑面接触时, 它使物体不能向着光滑面移动, 其约束反力是沿光滑面的公法线方向, 指向恒对着物体。例如 图 1-7 所示光滑面的约束反力为 N_A 。

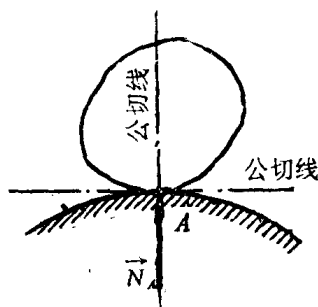


图 1-7

3. 可动铰支座 (滚轴支座)

在建筑工程, 习惯把结构与地基连结的约束称为支座, 其作用是使结构稳固于地基上。但对于支座亦可作更广泛的理解, 即不仅与地基相连接的约束称为支座, 而且凡一构件支承于另一构件, 在连接处, 对被支承的构件来说, 也称为支座, 例如梁支于柱上, 在梁与柱的连接处, 柱是梁的支座。

常用的支座有可动铰支座, 固定铰支座和固定支座等三种, 下面先介绍可动铰支座。

图 1-8 是一个理想化的可动铰支座, 图 1-8 a 是桥梁上所采用的可动铰支座的示意图, 这种支座的上下有均衡托, 中间是一圆柱形枢轴 (铰), 上均衡托与桥梁底部构件相连, 下均衡托放在几个圆柱形滚轴上。这样, 它可容许结构沿着垫板水平方向移动, 所以这种支座对结构只起着一个约束作用, 即不让结构在该处往下跌落。

经过简化, 这种支座可画成如图 1-8 b 所示的形式, 或者用一“链杆”来表示, 如图 1-8 c 所示。所谓链杆, 是两端铰接, 本身刚度认为是无限大 (即刚体) 的杆件。一根链杆代表一个约束作用。图 1-8 d 虚线表示一根链杆容许结构水平移动, 也容许转动。链杆的方向应与实际支座所能约束的方向一致。在图 1-8 所示情况, 它应垂直于地面, 即画在竖直方向上。图 1-8 b 或 c 就是可动铰支座的简图, 根据这样的简图来计算它的约束反力。约束反力亦即支座反力, 它的方向沿着链杆的方向, 它的大小和指向, 要通过具体计算才能确定。

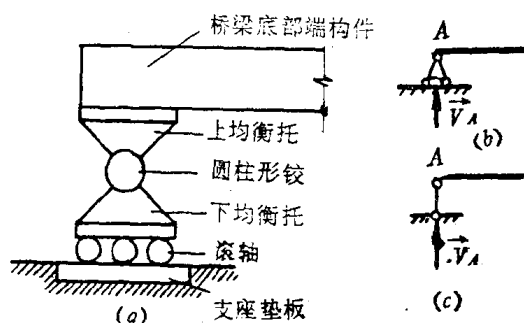


图 1-8

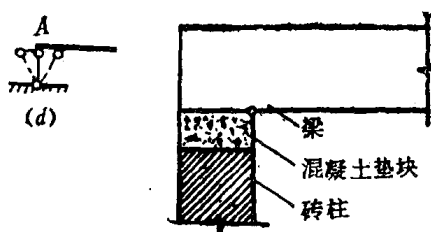


图 1-9

在房屋建筑中, 可动铰支座的性能是与上述桥梁的可动铰支座相同, 但构造上则不似桥梁的复杂, 例如横梁支承在砖柱上 (图 1-9), 往往只设置混凝土垫块, 并无其他特别构造, 这样的支座对梁也只起一个约束作用: 不许梁在该处跌落, 但不能阻止梁绕 A 点转动及梁的水平移动 (忽略接触面的摩擦作用), 所以也属可动铰支座之列, 一样可用图 1-8 b 或 c 的简图表示。