

高等专科工业与民用建筑专业系列教材

理 论 力 学

乔宏洲 主编

乔宏洲 杨运安 李 力 王明金 编

刘明威 主审

中国建筑工业出版社

19

本书根据国家教委于1991年制订的高等工程专科“理论力学教学基本要求”(机械类、土建类专业适用)编写而成,参考学时为72~81学时。本书系统地讲述了静力学、运动学和动力学,共十六章。本书概念叙述清晰、准确;尽量减少了数理论证;精选了较多例题,加强了解题思路和分析方法的讲述;文字力求简明、扼要、明确,便于教学和自学。

本书主要作为高等工科院校专科土建类的理论力学教材,也适用于专科机械类的教学和有关工程技术人员参考。

高等专科工业与民用建筑专业系列教材

理 论 力 学

乔宏洲 主编

乔宏洲 杨运安 李 力 王明金 编

刘明威 主审

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18 字数: 441 千字

1997年6月第一版 1999年11月第二次印刷

印数: 5001—7000 册 定价: 21.00 元

ISBN7-112-02995-3

TU·2287 (8110)

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)

出版说明

为了满足高等专科学校房屋建筑工程（工业与民用建筑）专业的教学需要，培养从事建筑工程施工、管理及一般房屋建筑设计的高等工程技术人才，中国建筑工业出版社组织编写了这套“高等专科工业与民用建筑专业系列教材”。全套教材共15册，其中《混凝土结构》（上、下）、《砌体结构》、《钢结构》、《土力学地基与基础》、《建筑工程测量》、《建筑施工》、《建筑工程经济与企业管理》8册是由武汉工业大学、湖南大学等高等院校编写的原高等专科“工业与民用建筑专业”系列教材，经原作者重新精心修订而成的。按照教学计划与课程设置的要求，我们又新编了《建筑制图》、《建筑制图习题集》、《房屋建筑学》、《建筑材料》、《理论力学》、《材料力学》、《结构力学》等7册。

本系列教材根据国家教委颁发的有关高等专科学校房屋建筑工程专业的培养目标和主要课程的教学要求，紧密结合现行的国家标准、规范，以及吸取近年来建筑领域在科研、施工、教学等方面的先进成果，贯彻“少而精”的原则，注重加强基本理论知识、技能和能力的训练。考虑到教学的需要和提高教学质量，我们还将陆续出版选修课教材及辅助教学读物。

本系列教材的编写人员主要是武汉工业大学、湖南大学、西安建筑科技大学、哈尔滨建筑大学、重庆建筑大学、西北建筑工程学院、沈阳建筑工程学院、山东建筑工程学院、南京建筑工程学院、武汉冶金科技大学等有丰富教学经验的教师。

本系列教材虽有8册书已在我国出版发行近10年，各册书的发行量均达10~20万册，取得了一定的成绩，但由于教学改革的不深入，以及科学技术的进步，这套教材的安排及书中不足之处在所难免，希望广大读者提出宝贵意见，以便不断完善。

前 言

本书是中国建筑工业出版社组织编写的“高等专科工业与民用建筑专业系列教材”之一，依据国家教委于1991年制订的高等工程专科“理论力学教学基本要求”（机械类、土建类专业适用）编写而成，参考学时为72~81学时。主要作为高等工科院校专科土建类的理论力学教材，也适用于专科机械类的教学和有关工程技术人员参考。

根据国家教委的指导原则，高等工程专科教育培养技术应用型人才的知识能力、结构特点，基础理论的教学以必需、够用为度；以掌握概念、强化应用、培养技能为教学重点。本书在编写中，概念讲述力求清晰、准确，尽量减少数理论证，突出重点，讲清难点；为强化应用，精选例题和习题，在例题的编写中强调分析方法和解题思路，采用解前分析和解后讨论，以培养学生综合应用理论和分析问题的能力；文字叙述力求简练、扼要、明确。

本书系统地讲述了静力学、运动学和动力学，共十六章，各章后有小结和习题。在小结中概括了本章的理论要点，并总结了解题要点，以便学生复习和掌握。全书采用我国的法定计量单位，符合国家标准《量和单位》(GB3100~3102—93)中的有关规定，其中有些力学量符号与习惯用符号不同，使用本书的教师应予以注意。书中打“*”号的章节，为机械类专业的教学内容。

参加本书编写工作的有：西安建筑科技大学的李力（第二、三、五、六章）、杨运安（第七、八、九、十章）、乔宏洲（绪论、第一、四、十四、十五、十六章）和南京建工学院的王明金（第十一、十二、十三章）。全书由乔宏洲担任主编。

本书由哈尔滨建筑大学的刘明威教授主审，对书稿提出了许多宝贵意见，在此表示衷心地感谢。

由于编者水平所限，书中的缺点和错误在所难免，恳请使用本书的师生提出宝贵意见。

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 静 力 学

引 言	3
第一章 静力学基础	5
第一节 静力学基本概念	5
第二节 静力学公理	6
第三节 约束与约束反力	8
第四节 受力分析与受力图	12
本章小结	16
思考题	16
习题	17
第二章 汇交力系	19
第一节 汇交力系合成的几何法	19
第二节 汇交力系合成的解析法	20
第三节 汇交力系的平衡	25
本章小结	30
思考题	31
习题	32
第三章 力偶理论	36
第一节 力对点之矩	36
第二节 力偶与力偶矩	39
第三节 力偶的等效性质	41
第四节 力偶系的合成与平衡	41
本章小结	44
思考题	45
习题	46
第四章 平面一般力系	49
第一节 力的平移定理	49
第二节 平面一般力系向一点简化	50
第三节 平面一般力系的简化结果	51
第四节 平面一般力系的平衡	54
第五节 静定与静不定问题·物体系统的平衡	60
第六节 平面桁架	65
本章小结	69
思考题	71

习题	71
第五章 摩擦	77
第一节 滑动摩擦	77
第二节 摩擦角与自锁	78
第三节 考虑摩擦时的平衡问题	80
第四节 滚动摩擦阻的概念	85
本章小结	88
思考题	89
习题	90
第六章 空间一般力系	92
第一节 力对轴之矩	92
第二节 力矩关系定理	94
第三节 空间一般力系向一点简化	94
第四节 空间一般力系的平衡	96
第五节 物体的重心	99
本章小结	106
思考题	107
习题	107

第二篇 运 动 学

引言	112
第七章 点的运动	113
第一节 矢量法	113
第二节 直角坐标法	114
第三节 自然法	119
本章小结	124
思考题	125
习题	126
第八章 刚体的基本运动	128
第一节 刚体的平动	128
第二节 刚体的定轴转动	129
第三节 定轴转动刚体内各点的速度和加速度	131
本章小结	135
思考题	136
习题	136
第九章 点的合成运动	139
第一节 合成运动的基本概念	139
第二节 点的速度合成定理	142
第三节 牵连运动为平动时点的加速度 合成定理	146
本章小结	150
思考题	151

习题	151
第十章 刚体的平面运动	155
第一节 刚体的平面运动及其简化	155
第二节 平面运动分解为平动和转动	156
第三节 平面图形内各点的速度	157
第四节 速度瞬心法	161
第五节 平面图形内各点的加速度	166
本章小结	167
思考题	168
习题	168
第三篇 动 力 学	
引言	173
第十一章 质点运动微分方程	175
第一节 动力学基本定律	176
第二节 质点运动微分方程	176
第三节 质点动力学的两类问题举例	177
本章小结	183
思考题	184
习题	184
第十二章 动量定理	186
第一节 动量和冲量	186
第二节 质点的动量定理	187
第三节 质点系的动量定理	190
第四节 质心运动定理	193
本章小结	199
思考题	201
习题	201
第十三章 动量矩定理	204
第一节 刚体的转动惯量	204
第二节 动量矩	208
第三节 动量矩定理	209
第四节 刚体定轴转动微分方程	214
本章小结	217
思考题	218
习题	218
第十四章 动能定理	222
第一节 力的功·功率	222
第二节 动能	227
第三节 动能定理	229
第四节 动力学普遍定理的综合应用	236
本章小结	240

思考题	241
习题	241
第十五章 达朗伯原理	246
第一节 质点的达朗伯原理	246
第二节 质点系的达朗伯原理	248
第三节 刚体惯性力系的简化	252
本章小结	258
思考题	259
习题	260
第十六章 虚位移原理	264
第一节 约束·自由度·广义坐标	264
第二节 虚位移	266
第三节 虚位移原理	269
第四节 虚位移原理的应用	270
本章小结	277
思考题	278
习题	278

绪 论

一、学习内容

1. 工科理论力学是研究物体机械运动的一般规律及其在工程中应用的科学。所谓机械运动是指物体在空间的位置随时间而变化。例如江河的奔流，车船的行驶，机器的运转等，都是机械运动。平衡是指物体相对地球处于静止或作匀速直线运动的状态，是机械运动的特殊情况。因而，理论力学也研究物体的平衡问题。

2. 理论力学的内容属于经典力学，是以牛顿运动定律为基础。在工业与民用建筑工程中所研究的物体，其尺寸远远大于基本粒子，其运动速度也远远小于光速，是低速宏观物体，有关的力学问题仍然用经典力学的原理来解决。在一般工程技术问题中，经典力学不仅发挥着重要的作用，而且也在不断地发展。因而学习经典力学有重要的实际意义。

3. 为了便于学习，本书将理论力学的内容分为静力学、运动学和动力学三篇。静力学研究力系的简化和力系作用下刚体的平衡问题，运动学从几何角度研究点和刚体的机械运动规律，而不考虑物体的质量和作用于其上的力；动力学研究物体运动的变化和作用力之间的关系。静力学和运动学是学习动力学的基础。

二、学习目的

1. 在工业与民用建筑工程专业中，理论力学是一门理论性较强的技术基础课，是各门力学课的基础。例如材料力学、结构力学等，都要用到理论力学的基本原理和方法。

2. 理论力学与工程实际问题的联系比较密切，是解决工程实际问题的必要基础。通过理论力学学习，初步学习解决工程实际问题的方法。

3. 通过理论力学学习，可以学习科学的研究方法以及其中所包含的辩证唯物主义思想，培养分析和解决问题的能力，特别是抽象、推理、分析、综合的逻辑思维能力，自学和计算的能力，以及应用理论求解问题的方法。这些都为今后解决工程实际问题和进行科学研究提供了必要的基础。

三、学习方法

1. 理论力学课程的基本概念较多，推理十分严密，习题类型各异，解题方法灵活，这就给学习带来了一定的困难。因此，学习本课程时应该理解概念，掌握力学原理和解题方法，通过解题以巩固理论和培养分析问题与解决问题的能力。

2. 理论力学的研究方法完全符合“实践—理论—实践”的辩证唯物主义认识规律，即人们从观察、实践和实验出发，经过抽象化和分析、综合方法，建立基本概念和公理或定律，采用逻辑推理和数学演绎，导出定理和结论，并应用它去解决实际问题，进一步验证和发展理论。学习时应注意到理论力学的特点，并应有意识地遵循这一科学的研究方法。

3. 理论力学的作业主要是解题。解题是应用理论的初步实践，通过解题以检验对理论、概念的掌握程度，也是培养分析和解决问题能力的基本途径。解题时一定要思路清晰，步

骤完整，计算正确，书写整齐。每解一题，都要举一反三。即分析该题还有其他解法没有？最简捷的解法是什么？若题目给定的荷载或支承形式改变了，如何求解等。解题遇到困难时再去阅读教材，经过多次反复，才能掌握理论和方法。

4. 学完每章后，对照每章的小结，根据自己的理解，把重点内容和解题方法予以总结。使本章所学的知识系统化、条理化；将习题归类，求解过程步骤化。

总之，只要学习目的明确，学习方法正确，经过刻苦努力、坚持不懈，就一定能学好理论力学。

第一篇 静 力 学

引 言

静力学是研究刚体在力系作用下的平衡规律。

刚体是静力学的研究对象，是人们将各种各样的实际物体抽象化为便于计算的理想模型。力是物体间的相互作用，作用效果取决于力矢量、力矢量是进行力学定量分析的工具。作用在同一物体上的一群力，称为力系。所谓平衡，工程上是指物体相对地球保持静止或作匀速直线运动的状态，是机械运动中的特殊状态。研究受力系作用的物体保持平衡状态时力系应满足的条件，即平衡条件，是静力学的目的。满足平衡条件的力系，称为平衡力系。

静力学主要研究以下两个基本问题：

1. 力系的简化。即把作用在刚体上的复杂力系，用一个最简单的等效力系代换，以简化分析和计算。对刚体作用效果相同的各力系，称为等效力系。
2. 力系的平衡条件及其应用。由力系的简化结果，研究力系的平衡条件，从而导出各种力系的平衡方程。应用平衡方程，可以求解刚体的各类平衡问题。

力系的简化理论和受力分析方法是学习动力学和后继课程的必要基础；同时静力学在工程技术中有着广泛地应用，对建筑工程尤为重要。

第一章 静力学基础

第一节 静力学基本概念

一、刚体

刚体是在外力作用下形状和大小都始终不变的物体。或者说，刚体内任意两点间的距离始终保持不变。

实际上，任何物体受力作用时都会产生变形。若这种变形比起物体本身的尺寸十分微小，不影响物体的平衡或运动状态时，可略去不计。这样，就将实际物体抽象化为刚体，刚体是静力学中的研究对象。在静力学中，一切物体均被视为刚体。

二、平衡

若物体相对于某惯性参考系保持静止或作匀速直线运动，则称该物体处于平衡状态或平衡。它是物体机械运动的一种特殊状态。工程上，常取地球为惯性参考系，而平衡是指物体的静止。因此静力学中所提到的平衡一般是指物体相对地面保持静止的状态。例如房屋、桥梁、水坝等都处于平衡。

三、力

人们在长期的生活和生产实践中，经过总结、科学抽象，给出了力的确切定义：力是物体间的相互机械作用，是物体机械运动状态发生变化的原因。

应当注意，既然力是物体间的相互作用，有施力体，就必定有受力体，而且这种作用必然是成对出现的，即力不能脱离物体而单独存在。因此，研究一个物体的平衡时，必须明确是哪个物体通过什么方式在何处对它施加了力。

在理论力学中，不研究产生力的物理根源，只研究力对物体的作用效果，并称其为力的效应。力使物体运动状态改变的效应称为外效应，力使物体形状改变的效应称为内效应。对于刚体，则不考虑内效应。

实践证明，力的效应完全取决于力的三要素：(1) 力的大小；(2) 力的方向；(3) 力的作用点。

力的大小表示力的机械作用的强度。本书采用国标法定计量单位，力的单位为牛顿(N)或千牛(kN)。力的方向是指力的方位(例如水平、铅垂)和指向(例如向左、向上)。力的作用点是力的作用位置抽象化的结果。

数学上，具有大小和方向的量称为矢量，用有向线段表示。力的三要素可用矢量表示如图 1-1 所示。线段的长度 AB 按一定的比例表示力的大小；线段的方位(与水平线夹角 θ)和箭头的指向表示力的方向；线段的始端 A(或终端 B)表示力的作用点。力矢量所在的直线 CD 称为力的作用

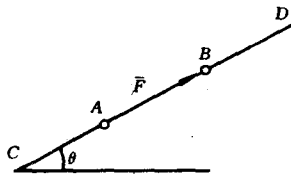


图 1-1

线。

具有确定作用点的矢量，称为定位矢量或固定矢量，不涉及作用点的矢量称为自由矢量，而作用点可沿作用线移动的矢量称为滑动矢量。可见力是定位矢量。力学中还用力矢表示力的大小和方向，因而力矢是自由矢量。

本书中，凡力矢量均在标记字母上加箭头（或横杠）或在力矢量的始、终端字母上加箭头表示。例如 $\vec{F} = \vec{AB}$ 。力的大小则由相应的斜体字母表示或不带箭头的力矢始、终端字母表示，例如 $F = AB$ 。

四、力系

作用于同一刚体上的一群力，简称为力系。若力系中各力的作用线分布在同一个平面内，则称为平面力系。否则称为空间力系。

若两个力系对同一物体分别作用时，其效果完全相同，则称此二力系互为等效力系。在特殊情况下，若一个力和某一力系等效，则称此力为该力系的合力，而力系中的各力称为此合力的分力。所谓力系的简化就是用最简单的一个力系（例如一力）去等效代替一个复杂力系对刚体的作用。

一物体处于平衡，若受某力系作用后仍能继续保持平衡状态，则称此力系为平衡力系。该力系应满足的条件，称为力系的平衡条件。

第二节 静力学公理

静力学公理是在力的概念逐步形成的同时，人们对力的基本性质所进行的概括和总结。所谓公理是指以实验观察为依据并为实践反复所证明的客观规律，是人们对客观事物的理性认识。静力学公理是整个静力学的理论基础。

公理一 二力平衡公理

作用于刚体的两个力，使刚体维持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。或简称为此二力等值、反向、共线。

此公理只适用于刚体。对于变形体并非充分条件。例如，软绳受等值、反向的两个拉力作用时可以平衡，若变为受压则不能平衡。

公理二 加减平衡力系公理

在作用于刚体的任一个力系中，可以加上或减去任何一个平衡力系，而不改变原力系对刚体的效应。

此公理只适用于刚体，而不适用于变形体。应用公理一和公理二，可以导出一个重要的推论。

推论 1 力在刚体上的可传性

作用于刚体上的力可沿其作用线移动，而不改变此力对刚体的效应。

证明：设力 $\vec{F}$ 作用在刚体上的 A 点（图 1-2a），在力 $\vec{F}$ 作用线上的任一点 B ，根据公理二，加上一对平衡力 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_2$ （图 1-2b），令力矢 $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 = \vec{F}$ 。显然， $\vec{F}$ 与 $\vec{F}_2$ 是一对平衡力，可将此二力去掉（图 1-2c）。这样，原力 $\vec{F}$ 与力系 $(\vec{F}, \vec{F}_1, \vec{F}_2)$ 等效，也与力 $\vec{F}_1$ 等效。这就意味着将作用在 A 点的力 $\vec{F}$ 沿其作用线移到了 B 点。于是力的可传性得证。

由此可见，对刚体而言，力的三要素是：力的大小、指向和作用线。因而作用在刚体

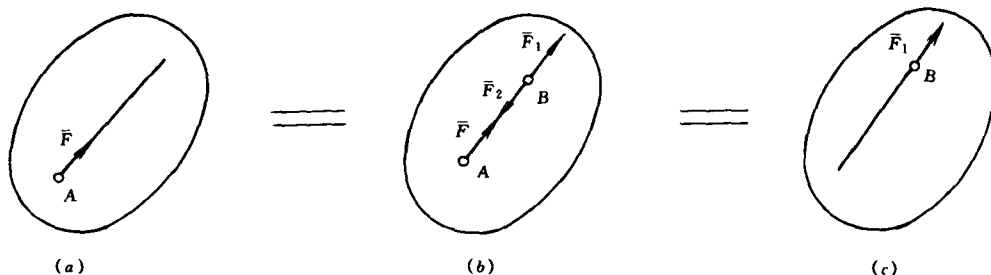


图 1-2

上的力是滑动矢量。应注意，若需要考虑物体的变形时，则力不能沿其作用线移动。

公理三 力的平行四边形法则

作用于物体上任一点的两个力可以合成为作用于该点的一个合力。合力矢由原二力矢为邻边所作出的平行四边形的对角线来表示。

图 1-3a 中，对角线 $\overrightarrow{AD}$ 表示两共点力 $\overrightarrow{F_1}$ 与 $\overrightarrow{F_2}$ 的合力 $\overrightarrow{R}$ ，即 $\overrightarrow{AD} = \overrightarrow{R}$ 。则有矢量等式。

$$\overrightarrow{R} = \overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2}$$

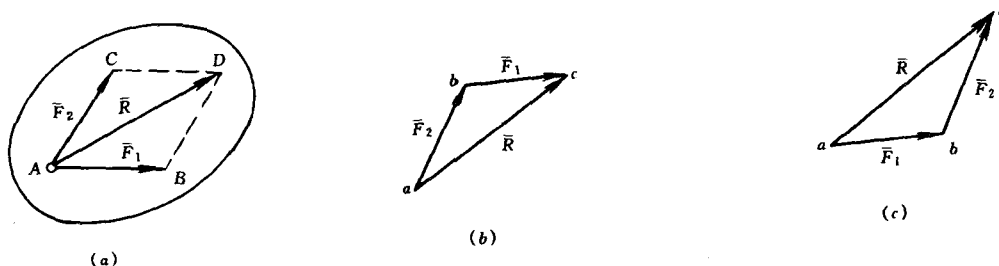


图 1-3

力的这个性质表明，作用于物体上的两共点力，符合矢量代数的矢量加法。即合力矢 $\overrightarrow{R}$ 等于两个分力矢 $\overrightarrow{F_1}$ 与 $\overrightarrow{F_2}$ 的矢量和 (或几何和)。对于刚体而言，只要二力的作用线相交，就可进行矢量加法运算。

当求合力矢 $\overrightarrow{R}$ 时，只需作出平行四边形的一半即可。为此在任一点 a ，作力矢 $\overrightarrow{F_2} = \overrightarrow{ab}$ ，再由 b 点作力矢 $\overrightarrow{F_1} = \overrightarrow{bc}$ ，连接 a 、 c 两点，即得合力矢 $\overrightarrow{R} = \overrightarrow{ac}$ (图 1-3b)。或者可先画 $\overrightarrow{F_1}$ ，后画 $\overrightarrow{F_2}$ ，同样可得合力 $\overrightarrow{R}$ (图 1-3c)。可见，求合力矢 $\overrightarrow{R}$ 与画分力矢的次序无关。三角形 abc 称为力三角形，这种求合力矢的作图方法称为力三角形法则。

应用公理一、公理三和力的可传性可得又一个重要推论。

推论 2 三力平衡汇交定理

当刚体在三力作用下处于平衡时，若其中两力的作用线相交于一点，则第三力的作用线必通过该交点，且三力共面。

证明：在刚体上的 A 、 B 、 C 三点，分别作用着互成平衡的三力 $\overrightarrow{F_1}$ 、 $\overrightarrow{F_2}$ 、 $\overrightarrow{F_3}$ ，设 $\overrightarrow{F_1}$ 与 $\overrightarrow{F_2}$ 的作用线相交于 O 点 (图 1-4a)。根据力的可传性，将力 $\overrightarrow{F_1}$ 与 $\overrightarrow{F_2}$ 的作用点移至交点 O

(图 1-4b), 此二力可合成为 $\bar{R}_{12}$, 则力 $\bar{F}_3$ 应与 $\bar{R}_{12}$ 平衡。由二力平衡公理可知, $\bar{R}_{12}$ 与 $\bar{F}_3$ 共线, 即 $\bar{F}_3$ 的作用线通过交点 O 。另外, 由于 $\bar{F}_1$ 、 $\bar{F}_2$ 和 $\bar{R}_{12}$ 共面, 因而 $\bar{F}_1$ 、 $\bar{F}_2$ 、 $\bar{F}_3$ 必定共面。定理得证。

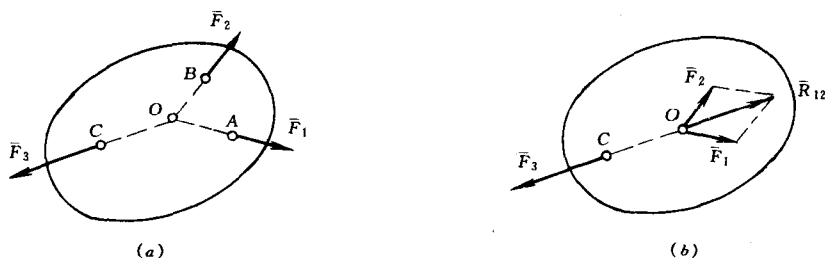


图 1-4

公理四 作用与反作用定律

两物体相互作用的力, 总是大小相等、指向相反, 沿同一作用线分别作用在这两个物体上。

这两个力互为作用力与反作用力。有作用力, 必有反作用力, 彼此互为依存, 同时存在或消失。因此在研究物体的受力分析时, 必须明确是哪个物体对它作用了力, 它必给该施力体以反作用力。这样在分析多个物体的平衡时, 就可把其中一个物体的受力与环境(相联系的其他物体)联系起来。

应当注意, 两物体间的作用力与反作用力, 虽然是等值、反向、共线, 但不平衡。因此此两力不是作用在同一物体上。

公理五 刚化公理

当变形体在已知力系作用下处于平衡时, 若将此时的变形体视为刚体(刚化), 则其平衡状态不变。

这个公理表明, 变形体在力系作用下, 无论已发生的变形如何, 只要能处于平衡, 则该力系必须满足刚体的力系平衡条件。也就是说, 刚体的平衡条件是变形体平衡的必要条件, 而不是充分条件。例如, 两端受拉力的一段软绳处于平衡, 若将软绳视为刚体, 则二拉力必等值、反向、共线。若软绳两端受压力作用, 将失去平衡, 不存在刚化的问题。

第三节 约束与约束反力

一、有关概念

1. 自由体与非自由体

力是物体相互间的机械作用, 这种作用是指物体通过彼此接触而产生的接触力。于是根据一个物体与周围的其他物体是否直接接触, 我们把物体分为自由体与非自由体。凡在空间可以自由运动的物体称为自由体。例如, 正在空中作飞行表演的飞机, 它与周围的物体既不接触, 又无联系, 其运动不受任何限制, 故为自由体。如果物体受到相接触的其他物体的限制, 使该物体在某个方向上的位移不可能实现, 则称该物体为非自由体。工程上和实际生活中的大多数物体, 都是非自由体。例如, 奔驰的火车, 只能沿轨道行驶; 横跨

江河的大桥，由两端支座予以固定；电视机的拉杆天线只能在底座内转动；悬挂于屋顶的吊灯由于吊线的限制而不会下落等等。

2. 主动力与约束反力

作用于物体上的力，通常分为主动力和约束反力两类。主动力是指能主动引起物体运动状态变化或产生运动趋势的力。例如物体的重力、机车的牵引力、电动机输出的转矩，以及工程设计中的各种荷载等。主动力的特征是大小和方向是预先已知的或可测定的，或由国家标准《荷载规范》所规定的，它们彼此独立。

非自由体的位移受到限制的条件，称为约束。而约束总是由与该物体相接触的周围物体所构成，这些物体常称为约束体。静力学中，习惯上简称约束体为约束。约束限制或阻碍了物体某方向的位移，必然就受到该物体对它的作用力，与此同时，约束也给物体以反作用力。这种反作用力称为约束反作用力。简称为约束反力或反力。显然，约束反力被视为被动力。约束反力的特点是它的大小不能预先独立确定，是未知力。但是，约束反力的方向恒与约束所能阻碍物体位移的方向相反，其作用点总是在约束与物体的接触处。

二、约束的基本类型及其反力

工程实际中的约束物体多种多样，在刚体力学中，把常见的约束理想化，可归并为几种基本类型，下面着重讨论如何确定这些约束反力的方向。

1. 柔索

柔索包括绳索、钢丝绳、胶带、链条等。柔索的自重常忽略不计。这种约束只能限制物体沿索线伸长方向的位移，而不限制物体沿其他方向的运动。故柔索的约束反力只能是沿索线而背离被约束的物体，即为拉力。例如，图 1-5 中用绳索悬挂重为 P 的重物时，绳索对重物的约束反力 $\bar{T}_A$ 和 $\bar{T}_B$ ，分别沿索线 AC 和 BC ，并且为拉力。

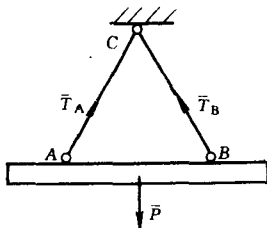


图 1-5

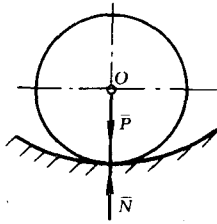


图 1-6

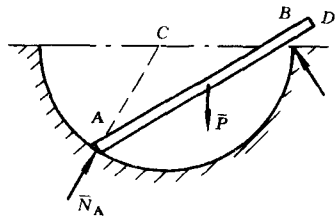


图 1-7

2. 光滑接触面

当物体与约束接触面间的摩擦可略去不计时，称约束为光滑接触面（或光滑支承面）。这种约束不能阻止物体沿接触表面切线方向的任何位移，也不能限制物体脱离约束的运动，但它限制物体沿接触面的公法线指向约束的位移。因此，光滑接触面的约束反力必沿着过接触点的公法线而指向被约束的物体，即为压力。这种约束反力称为法向反力，并以字母 $\bar{N}$ 表示。例如，图 1-6 中光滑曲面给圆柱体的约束反力为 $\bar{N}$ ，图 1-7 中受到光滑接触面的约束反力为 $\bar{N}_A$ 和 $\bar{N}_B$ ，其中 $\bar{N}_A$ 的作用线应过圆心 C ， $\bar{N}_B$ 应垂直 AD 。反力 $\bar{N}$ 的下标指明该力的作用点。

上述两种约束只能承受单方向的力，即拉力或压力，故称其为单向约束或单面约束。

3. 光滑圆柱铰链