

JIANZHU

LIXUE

建

筑

力

学

王长连 主编

四川科学技术出版社

建 筑 力 学

王长连 李国元 李崇仁 编
阎传义 曾凡祥

王长连 主编
方蕴文 审

四川科学技术出版社

1987·成都

本书是根据国家教委1985年大连中专教材会议精神编写的，后又根据1986年建设部中专力学教学研究会乌鲁木齐会议修订的新的《建筑力学教学大纲》（送审稿）作了进一步的修正。

书中包含静力学、材料力学和结构力学的基本内容。全书分为三篇二十一章，第一篇为建筑力学的基础知识，第二篇为杆件的强度、刚度和稳定计算，第三篇为杆件结构的内力和变形计算。每章均附有小结、思考题及习题，书末给出了部分答案。

本书为中专招收初中生的工民建专业、村镇建设专业的教材，亦可作为其它土建类专业的试用教材。对于培训具有初中以上文化程度的城乡建筑设计、施工技术人员也是一部难得的教材。

责任编辑：王 晓

封面设计：毛小路

技术设计：崔泽海

建 筑 力 学

王长连 李国元 李崇仁
阎传义 曾凡祥 编

四川科学技术出版社出版
(成都盐道街三号)

四川省新华书店发行
四川省德阳市罗江印刷厂印刷
统一书号：15298·311

1987年5月第一版 开本787×1092毫米 1/16

1987年5月第一次印刷 字数780千

印数1—7,850册 印张31.5 插页2

定 价：5.85元

前 言

国家教育委员会决定中专学校从一九八六年开始招收初中毕业生，力学教材是一个大问题。遵照国家教委大连中专教材会议精神，西南地区部分建筑工程学校决定联合编写一本适合招收初中毕业生土建类中专用的建筑力学教材。很快拟定出编写提纲，马上分工编写。后根据一九八六年建设部南宁会议修订的工业与民用建筑专业的教学计划进行了调整。一九八六年八月建设部力学教学研究会在乌鲁木齐修订了工民建专业《建筑力学教学大纲》，作者又根据此新大纲进行了订正。

本书在编写过程中注意了吸取以往有关教材的长处和多年来的教学经验，针对过去教材偏难、偏深的情况，努力做到精选内容、深浅适度、加强应用、注意更新、便于教学。

书中凡标有*号的部分为选学内容，可根据学制的长短、学生的实际程度确定取舍。

参加本书编写工作的有四川建筑工程学校王长连（绪论、五、十五、十六、十七、二十一章），云南建筑工程学校李崇仁（一、二、三、四章），重庆城市建设工程学校李国元（六、七、八、十二、十三、十四章），阎传义（十八、十九、二十章）和重庆工业学校曾凡祥（九、十、十一章）。王长连同志担任主编工作。

四川建筑工程学校曾葵等同志绘图。

成都电讯工程学院方蕴文副教授担任审稿工作，他对全部书稿进行了详细审阅，提出不少很好的修改意见，在此表示衷心的感谢。

在编写过程中也得到各编者学校的大力支持和帮助，在此表示谢意。

限于编者水平，书中定有不少的缺点和错误，敬请同行、读者批评指正。

编 者

一九八六年十一月

目 录

绪 论	(1)
-----	-------

第一篇 建筑力学的基础知识

第一章 力的基本知识与结构计算简图	(6)
-------------------	-------

§1—1 静力学的基本概念	(6)
§1—2 基本原理	(7)
§1—3 力的合成与分解	(9)
§1—4 荷 载	(11)
§1—5 支座与支座反力	(13)
§1—6 结构计算简图	(16)
§1—7 受力图	(17)

小结·思考题·习题	(21)
-----------	--------

第二章 平面汇交力系	(24)
------------	--------

§2—1 平面汇交力系合成与平衡的几何法(图解法)	(24)
§2—2 平面汇交力系合成与平衡的解析法	(28)

小结·思考题·习题	(34)
-----------	--------

第三章 平面一般力系	(38)
------------	--------

§3—1 力对点之矩	(38)
§3—2 力偶和力偶系	(42)
§3—3 平面一般力系的平衡方程	(45)
§3—4 平面一般力系平衡方程的其它形式	(47)
§3—5 物体系统的平衡问题	(50)
§3—6 考虑摩擦时的平衡问题	(53)
§3—7 求支反力的叠加法	(57)

小结·思考题·习题	(60)
-----------	--------

第四章 空间力系	(66)
----------	--------

§4—1 空间汇交力系	(66)
*§4—2 空间一般力系	(70)
§4—3 空间平行力系的平衡方程	(74)

§4—4 重 心	(75)
小结·思考题·习题	(81)
*第五章 建筑施工中常见的动力学问题	(86)
§5—1 运动学基础	(86)
§5—2 平动刚体的动静法	(91)
§5—3 定轴转动刚体的动静法	(96)
小结·思考题·习题	(98)

第二篇 杆件的强度、刚度和稳定性计算

第六章 轴向拉伸与压缩	(103)
§6—1 轴向拉压杆横截面上的内力	(103)
§6—2 轴向拉压杆横截面的应力	(105)
§6—3 轴向拉压杆的强度条件	(108)
§6—4 轴向拉压杆的变形	(110)
§6—5 材料在拉伸和压缩时的力学性质	(114)
§6—6 拉压超静定问题	(118)
小结·思考题·习题	(120)
第七章 剪切与扭转	(124)
§7—1 剪切的实用计算	(124)
§7—2 剪应力互等定理和剪切虎克定律	(131)
§7—3 扭 转	(132)
小结·思考题·习题	(140)
第八章 截面图形的静矩和惯性矩	(146)
§8—1 静 矩	(146)
§8—2 惯性矩	(147)
§8—3 惯性矩的平行移轴公式及组合截面惯性矩的计算	(149)
小结·思考题·习题	(153)
第九章 弯曲内力	(156)
§9—1 平面弯曲的概念	(156)
§9—2 梁的类型及支座反力	(157)
§9—3 弯曲内力	(158)
§9—4 弯曲内力方程与内力图	(161)
§9—5 剪力、弯矩与分布荷载间的微分关系	(165)

§9—6 叠加法作弯矩图.....	(170)
小结·思考题·习题.....	(172)
第十章 弯曲应力	(176)
§10—1 弯曲正应力.....	(176)
§10—2 弯曲剪应力.....	(181)
§10—3 梁的强度条件.....	(184)
§10—4 提高梁强度的措施.....	(189)
小结·思考题·习题.....	(193)
第十一章 弯曲变形	(197)
§11—1 梁的挠度与转角.....	(197)
§11—2 挠曲线的近似微分方程.....	(198)
§11—3 计算梁变形的积分法.....	(199)
§11—4 用叠加法计算梁的变形.....	(204)
§11—5 梁的刚度条件.....	(208)
§11—6 提高梁刚度的措施.....	(210)
小结·思考题·习题.....	(211)
第十二章 应力状态与强度理论简介	(213)
§12—1 应力状态的概念.....	(213)
§12—2 平面应力状态分析.....	(214)
§12—3 梁的主应力迹线的概念.....	(220)
§12—4 强度理论简介.....	(221)
小结·思考题·习题.....	(224)
第十三章 组合变形的强度计算	(227)
§13—1 斜弯曲.....	(228)
§13—2 偏心压缩(拉伸).....	(231)
§13—3 截面核心.....	(235)
小结·思考题·习题.....	(236)
第十四章 压杆稳定	(239)
§14—1 压杆稳定的概念.....	(239)
§14—2 临界力与临界应力的计算.....	(240)
§14—3 压杆稳定实用计算的折减系数法.....	(245)
§14—4 提高压杆稳定性的措施.....	(249)
小结·思考题·习题.....	(250)

第三篇 结构的内力和变形计算

第十五章 平面体系的几何组成分析	(254)
§15—1 几何组成分析的基本概念.....	(254)
§15—2 自由度与约束.....	(254)
§15—3 几何不变体系的简单组成规则.....	(255)
§15—4 常变体与瞬变体.....	(260)
§15—5 结构的几何组成与静定性的关系.....	(262)
小结·思考题·习题.....	(263)
第十六章 平面静定结构的内力计算	(267)
§16—1 单跨静定梁与楼梯斜梁.....	(267)
§16—2 多跨静定梁.....	(274)
§16—3 静定平面刚架.....	(278)
§16—4 三铰拱与三铰屋架.....	(287)
§16—5 静定平面桁架.....	(296)
§16—6 桁架组合结构.....	(307)
§16—7 静定结构的特征和几种结构形式的受力特点.....	(309)
小结·思考题·习题.....	(313)
第十七章 静定结构的位移计算	(323)
§17—1 功和功能原理.....	(323)
§17—2 变形体的虚功原理.....	(326)
§17—3 静定桁架的位移计算.....	(327)
§17—4 静定梁和静定刚架的位移计算.....	(332)
§17—5 图乘法.....	(335)
§17—6 静定结构由基础沉降引起的位移计算.....	(340)
§17—7 平面结构位移的一般公式.....	(342)
§17—8 位移互等定理与反力互等定理.....	(345)
小结·思考题·习题.....	(347)
第十八章 力 法	(352)
§18—1 超静定结构的概念及超静定次数.....	(352)
§18—2 力法的基本原理及力法典型方程.....	(355)
§18—3 荷载作用下的内力计算.....	(358)
§18—4 超静定结构在支座移动影响下的内力计算.....	(367)
§18—5 对称结构的简化.....	(370)

§18—6 超静定结构的位移计算·····	(376)
§18—7 超静定结构内力图的校核·····	(378)
小结·思考题·习题·····	(380)
第十九章 位移法 ·····	(386)
§19—1 位移法的基本概念·····	(386)
§19—2 位移法基本未知量的数目·····	(388)
§19—3 等截面杆件的杆端内力·····	(390)
§19—4 无结点线位移的刚架计算·····	(397)
§19—5 有结点线位移的刚架的计算·····	(400)
§19—6 对称结构的计算·····	(406)
§19—7 支座移动时内力计算·····	(408)
小结·思考题·习题·····	(410)
第二十章 渐近法 ·····	(415)
§20—1 力矩分配法的基本概念·····	(415)
§20—2 单结点的力矩分配法·····	(418)
§20—3 多结点的力矩分配·····	(421)
§20—4 对称结构的计算 已知支座位移时的计算·····	(426)
*§20—5 迭代法基本原理及用迭代法计算无结点线位移的刚架·····	(429)
§20—6 迭代法计算有结点线位移刚架·····	(437)
小结·思考题·习题·····	(445)
第二十一章 简支梁的影响线及其应用 ·····	(449)
§21—1 影响线的一般概念·····	(449)
§21—2 用静力方法绘制简支梁的影响线·····	(449)
§21—3 影响线的应用·····	(452)
§21—4 连续梁的内力包络图·····	(462)
小结·思考题·习题·····	(465)
附 录 ·····	(469)
习题答案 ·····	(484)

绪 论

一、建筑力学的对象和任务

① 任何一幢建筑物，在建造和使用过程中都要受到多种荷载作用。例如，一幢普通的民用楼房，它的屋架要承受风力、积雪及屋面材料的重力；楼板要承受人或物体的重量；墙或柱要承受屋架及楼板传来的外力；基础要承受墙或柱传来的外力等。建筑物受力如此复杂，它又是怎样建造起来的呢？一般说来，需要经过勘察、设计和施工三个阶段。在设计阶段，要进行建筑设计和结构设计等。结构设计包括方案确定、结构计算和构造处理。结构计算又包括荷载计算、内力和变形计算、截面计算等。

建筑力学就是研究结构计算的一门学科。它是结构设计和建筑施工的基础知识。

这里所讲的结构是指在建筑物中能承受和传递荷载、维持平衡，并起骨架作用的整体或部分。组成各种结构的元件称为构件。如梁、板、柱等。

建筑力学研究的对象就是组成建筑物的构件或结构。一个结构可以是单根杆件，也可以是多根杆件组成的杆件体系。在建筑工程中，应用较多的单根杆件是梁和柱（图绪—1a、b），应用较多的杆件体系是屋架（图绪—1c）、刚架（图绪—1d）、排架（图绪—1e）和桁梁混合结构（图绪—1f）。上述这些结构都是由杆件组成的，所以总称为杆件结构。除此之外，还有由薄板、薄壳组成的薄壁结构，如图绪—2a示的薄板，图绪—2b示的褶皱板结构，图绪—2c示的薄壳结构；由长度、宽度与高度尺寸相仿的物体组成的结构称为实体结构，如挡土墙和堤坝（图绪—2d）等。

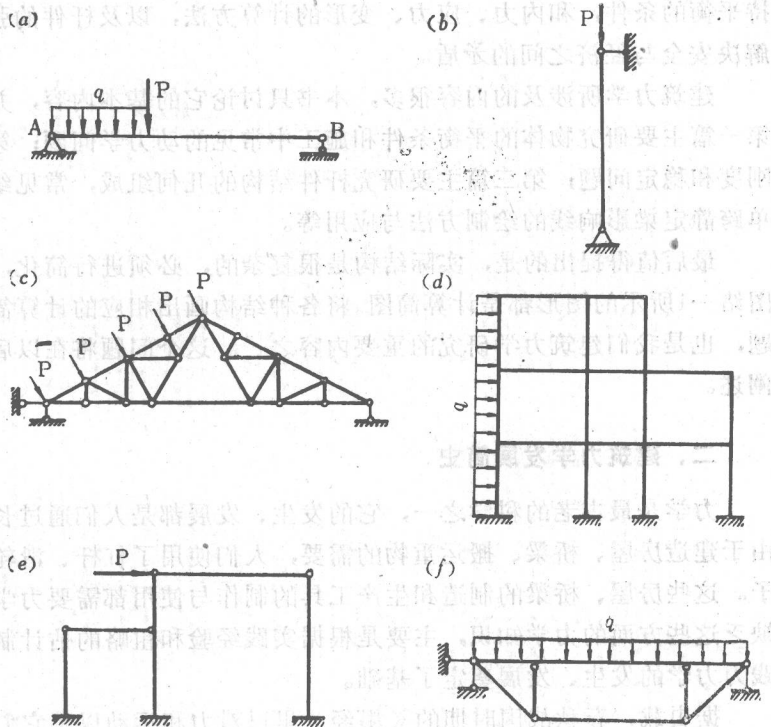


图 绪—1

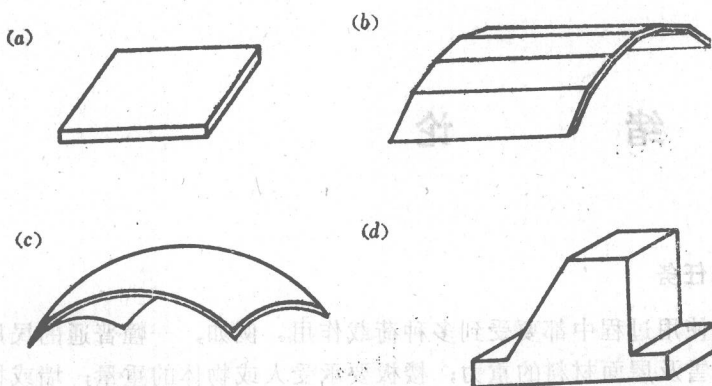


图 绪—2

本书研究的对象为杆件和杆件结构（以后简称结构）。其研究的内容是：（1）物体的平衡条件；（2）施工中常见的物体运动及对应的动力学问题；（3）杆件或结构不致发生破坏的条件，即强度问题；（4）杆件或结构不致发生过大变形的条件，即刚度问题；（5）细长杆件不致发生突然屈曲而引起结构倒塌的条件，即压

杆的稳定问题；另外还要研究结构的组成规律，几何不变条件，即体系的几何组成分析。

满足强度等条件的最简单方法就是用的杆件多一些，粗一些，但这样做要造成很大的浪费。建筑力学的任务就是为了合理解决这个矛盾，它的主要意图就是研究结构使用最少的杆件，承受最大的荷载，且满足上述条件。这就需要建立科学的计算方法。因此，建筑力学的主要任务是：研究和分析杆件结构在荷载或其它因素（如温度改变、支座沉降等）作用下维持平衡的条件，和内力、应力、变形的计算方法，以及杆件的强度、刚度和稳定条件，正确解决安全与经济之间的矛盾。

建筑力学所涉及的内容很多，本书只讨论它的基本内容，并将它分成三篇，二十一章。第一篇主要研究物体的平衡条件和施工中常见的动力学问题；第二篇主要研究杆件的强度、刚度和稳定问题；第三篇主要研究杆件结构的几何组成，常见结构的内力和变形计算，以及单跨静定梁影响线的绘制方法与应用等。

最后值得提出的是，实际结构是很复杂的，必须进行简化，画出相应的计算简图。图绪—1所示的图形都是计算简图。将各种结构画出相应的计算简图是一个十分复杂的问题，也是我们建筑力学研究的重要内容之一。这个问题将在以后各章中通过大量实例来具体阐述。

二、建筑力学发展简史

力学是最古老的科学之一，它的发生、发展都是人们通过长期实践来实现的。在古代，由于建造房屋、桥梁、搬运重物的需要，人们使用了杠杆、滑轮和斜面以及制造了简单的车子。这些房屋、桥梁的制造和生产工具的制作与使用都需要力学知识与力学计算。当时人们缺乏这些方面的力学知识，主要是根据实践经验和粗略的估计制造的。然而正是这些生产实践为力学的发生、发展奠定了基础。

据史载，春秋战国时期的《墨经》里已对力和运动以及它们之间的关系有了初步的讨论和认识，对杆件的平衡问题也有了理论性的叙述。此外，与墨子同时代的鲁班在机械制造和建筑结构方面也有很大的成就。亚里士多德（公元前384~322年）也提出了杠杆的平衡问题，但是直到阿基米得（公元前287~211年）才明确地用普遍的形式加以解决。

文艺复兴时期，意大利艺术家、物理学家兼工程师达·芬奇（1452~1519）经过了一系列的实验研究之后，提出了力矩的概念。荷兰物理学家斯蒂芬（1584~1620）由斜面问题的研究得出了力的合成与分解定理，即平行四边形法则。法国科学家伐里农（1654~1722）提出了力矩定理，布安索提出了力偶的概念及有关理论，这样，使静力学理论得到了进一步发展。

虽然《墨经》里对力和运动的关系有了一些叙述，但没有得到发展。直到波兰天文学家哥白尼（1473~1543）创立了太阳中心说，才真正开创了运动学与动力学的研究，后来由德国天文学家开普勒（1571~1630），英国大科学家牛顿（1642~1727）奠定了动力学与运动学的基础。

十七世纪前半期，材料力学应运而生。意大利科学家伽利略（1564~1642）首先对建筑材料的力学性能和梁的强度作了初步的研究。奠定这门科学的还有：英国的虎克（1635~1703），他根据弹簧实验的结果，提出了杆件应力与应变成正比的虎克定律；荷兰科学家雅尔普·伯努利（1654~1705）在研究梁的变形时，提出了平面截面的假设；法国科学家库仑（1736~1806）运用了静力学方程来分析梁截面上的内力，并提出了有关圆杆扭转的理论；瑞士科学家欧拉（1707~1783）在1744年首先解决了有关压杆稳定问题。

十九世纪前半期资本主义经济迅速发展。厂房、船舶、堤坝和桥梁的建设提出了更复杂的计算问题。随着蒸汽机的使用，铁路建筑自十九世纪三十年代开始兴起。由于铁路桥梁建筑的迫切需要，人们着手研究解决桁架和连续梁的计算方法。十九世纪后半期，由于工业的发展，钢结构被广泛应用，由于结构设计的需要，促使人们研究并建立了结构变形和超静定结构的一般计算理论。

二十世纪初，钢筋混凝土结构被广泛应用。这种材料需要新的结构形式，在此形势下，刚架的计算理论就发展起来了。在本世纪二十年代，计算刚架的理论就已经确定，至三十年代，渐渐地有了丰富的内容。随着生产力的不断发展，塑性理论、结构稳定和结构动力学的计算理论也有了迅速的发展。

近年来，由于工程建设的需要，建筑力学发展很快，高层、大跨及各种新形结构的使用带来了复杂的计算问题。电子计算机的广泛应用又为计算理论和计算方法的发展提供了强有力的手段，引起了很大的变革，形成了计算结构力学。空间结构、结构抗震、特殊结构、结构的弹塑性分析以及结构的优化设计的理论与方法等复杂问题也都有迅速的发展和应用。

三、学习建筑力学应掌握的方法

建筑力学是一门重要的技术基础课。掌握了建筑力学的原理和方法，不仅可以分析和计算结构中的内力、位移等有关数据，而且还可以对结构的受力性能、优点、缺点等问题有较深入的认识，从而对工程中的有关问题作出正确的判断，并为学习有关专业课程准备条件。

为了帮助读者更好地学好这门功课，特提出下列四条学习中应注意的事项。

（1）学习时要注意本课程与其它课程的联系：建筑力学与数学、物理学关系最密切，因此在学习时应根据实际情况对上述课程进行必要的复习，并在运用中得到巩固和提高。在后续课程中，建筑力学又是钢筋混凝土结构、钢木结构、地基基础和施工技术课的基础，它起着承上启下的作用，如本课程学不好，将给学习上述课程带来困难。

(2) 学习时要注意理论联系实际：建筑力学是从生产实际中抽象出来的，反过来它又能为生产实际服务。所以要学好建筑力学必须理论联系实际，能够正确地画出实际结构的计算简图，并根据结构的组成特点和受力特点，正确选择研究对象，迅速画出受力图，会利用平衡条件和变形的连续条件求出内力和变形，只有这样建筑力学才能为结构设计和施工服务，也只有这样才能将力学基础知识学好。

(3) 学习时要注意分析方法和解题思路：在建筑力学中讲述的各种具体的计算方法，学习时要着重掌握它的解题思路，特别是要从这些具体算法中学习分析问题的一般方法。例如怎样从已知条件求出未知量的方法，如何从整体分解成局部再由局部组合成整体的方法，如何把几个有关问题加以对比的方法，如何利用已知知识学习未知知识的方法等。

(4) 学习中要注意多练、多想、多总结：建筑力学是一门理论性比较强的课程，要学好它必须作一定数量的习题。但作习题不在于多而在于精；那种贪多求快，不求甚解的做法是要不得的。作习题一定要先看书，先看懂老师讲的问题。那种不看书、不复习，只知凑答案的作法是不对的。作力学习题有很多技巧与规律，不亲自作一些习题是学不到的。但作了习题不分析、不归纳，作一题忘一题，这样作的题目再多效果也不佳。正确的做法是对所做的题目经常分析、归纳，通过自己的思考总结出一些规律性东西，这也是提高、培养分析问题和解决问题的好方法。在作题中出点错是难免的，为了减少错误，一定要学会校核，纠正光对答案的做法。另外，应对做错的题加以分析，找出错误原因，认真加以纠正，从中吸取教训，防止以后再犯同类型的错误。

第一篇 建筑力学的基础知识

本篇主要讨论力系的简化和平衡条件，它是结构受力和计算的基础，它包括：

- (1) 如何把工程实际中的建筑物抽象简化为计算简图，以便于计算；
- (2) 如何计算、简化建筑物上的荷载；
- (3) 如何建立平衡条件并利用平衡条件计算结构物的约束反力。

当然，在本篇里只能通过一些简单问题的论述，使我们对上述内容有个初步的了解，在以后各篇中再逐步深化。

作用在结构上的一组力称为力系。结构物在力系作用下相对于地球处于静止或处于匀速直线运动状态，在建筑工程中叫做平衡。结构物在力系作用下处于平衡状态时，力系中的各力间必定存在一定的关系，或满足一定的条件，这些条件称为力系的平衡条件。

作用在结构上的力是很复杂的，为便于分析，在不改变力系对结构作用效果的前提下，用一个简单的力系来代替复杂的力系，称为力系的简化。力系的简化是力学分析的一种手段，而力系的平衡条件则是力学分析的工具。因此，对结构的平衡要有清晰明确的概念。通过学习，要求能较熟练地运用平衡条件进行计算。平衡条件的应用很广，以后各篇也都离不开这个问题，所以一定要将它学好。

本篇重点讨论的是平面力系，对于空间力系，以及建筑施工中常见的动力学问题仅作简要的介绍。

第一章 力的基本知识与结构计算简图

本章是建筑力学的重要基础。在这一章里，将介绍静力学的基本概念、基本原理和基本方法。

§1—1 静力学的基本概念

1. 静力学 静力学是研究物体在力作用下平衡状态的规律。此外它还研究力系的简化和物体的受力分析问题。

2. 平衡 在工程上，物体相对于地球处于静止或作匀直线运动的状态称为平衡。如静止的建筑物和沿直线轨道匀速行驶的汽车都是处于平衡状态。

3. 力 力的概念是人们在长期的生产实践中建立起来的。人们在推、拉、提、掷等活动中，由于肌肉的紧张、收缩感到人对物体施加了力的作用。进一步的观察和分析，使人们认识到，对物体施加力的作用的结果，可使物体的运动状态发生改变，并使物体产生变形。因此，力是物体之间相互的机械作用，这种作用的结果使物体的机械运动（以后简称运动）状态发生改变，也使它发生变形。

力使物体的运动状态发生改变的效应称为力的外效应；而力使物体产生变形的效应称为力的内效应。物体的运动状态取决于物体的运动速度，当物体运动的速度的两个因素（大小和方向）之一发生改变即认为物体的运动状态发生了改变。

力的传递有两种方式，人们把两个物体通过直接接触传递的力称为直接力，而把两个物体不通过直接接触传递的力称为间接力。在自然界中，万有引力、电磁力、重力属于间接力，其余的力均为直接力。

实践证明，力对物体的作用效应取决于力的三个要素。力的三要素是力的大小、方向和作用点。也就是说，物体之间的这种相互机械作用的效应是由力的大小、方向和作用点来确定的。只有这三个要素唯一地确定下来，力对物体的作用效应才能唯一地确定。

力的传递是沿直线传递的，传递时所顺沿的直线称为力的作用线。力沿直线传递时的指向称为力的方向。一般而言，力的传递是通过物体的某一部分面积或体积进行传递的。当力对物体的作用范围很小时，可以将其抽象为一个点，此点即为力的作用点。

在数学和力学中，有两种量——标量和矢量。只有大小而没有方向的量称为标量。如重量、温度、时间等。不仅有大小而且有方向的量称为矢量，如力、速度、加速度等。

力是矢量，因此可以用矢量表示法表示力的三个要素。其具体做法是，用线段的方位表示力的方位；用线段的长短按比例表示力的大小；用箭头表示力的指向。这种带箭头的线段称为矢线。力的作用点用矢线的始端或末端表示。通过力的作用点沿力的方向的直线称为

力的作用线。

图1—1中所示的 P 力为作用于物体上 A 点的水平向左的 5kN 的作用力。 Q 力为作用于物体上 B 点的铅垂向下的 2kN 的作用力。 T 力为作用于物体上 C 点的指向右上方与水平方向成 30° 夹角的 4kN 的作用力。

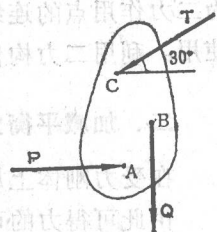


图 1—1

力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。

工程构件经常受多个力的作用。同时作用于同一个物体上的许多力称为力系。图1—1中,同时作用于物体上的三个力 P 、 Q 、 T 组成一个力系。

作用在物体上的力系,如果可以用另一个适当的力系来代替而对物体的作用效应相同,则这两个力系互称等效力系。如果作用于物体上的力系使物体处于平衡状态,则此力系称为平衡力系。

公斤力与牛顿的换算关系如下:

$$1\text{公斤力}(\text{kgf}) = 9.807\text{N} \approx 10\text{N}$$

4. 刚体 在外力作用下,形状、大小均保持不变的物体称为刚体。

显然,在自然界中刚体是不存在的。但建立刚体这一理想化的力学模型是必要的。这是因为工程构件在力的作用下发生的变形是很小的,有的要用专门的仪器才能测出。这种小变形,在研究作用于物体上的力系平衡时,影响很小。如果略去构件的小变形,可以使计算得到简化,所得的计算结果完全可以满足工程计算所需要的精确度。

因此,在研究作用于物体上的力系平衡时,可将物体视为刚体。

所谓“小变形”是指构件的变形比构件本身的尺寸小几个数量级的变形。必须注意,在后面的材料力学部分,在计算物体的内力、应力和变形时,物体的变形在所研究的问题中处于主要地位,此时就不能再将物体看作刚体而必须把物体作为可变形固体。

§1—2 基本原理

本节介绍静力学的基本原理,它表现为下面介绍的几个公理:

一、二力平衡公理

受两个力作用的刚体处于平衡状态的必要而充分条件是,这两个力大小相等,方向相反,作用线相同。简称等值,共线,反向。

公理只能用实验来证明。如图1—2所示一柔绳系住一重量为 G 的小球,请读者思考,小球受几个力作用,它在什么位置能够处于平衡状态,为什么?

注意:二力平衡条件只适用于刚体,对非刚体而言,二力平衡条件只是必要条件,并不是充分条件。

图 1—2



在两个力作用下处于平衡状态的构件称为二力构件。显然，二力构件所受二力的作用线为二力作用点的连线。二力构件这一重要的受力特性在今后对物体进行受力分析时，要经常使用。利用二力构件的这一受力特点可以很方便地确定二力构件所受二力的作用线方位。

二、加减平衡力系公理

在受力刚体上加上或减去一个平衡力系，原力系对刚体的效应不变。

由此可得力的可传性原理：作用于刚体上的力，其作用点可沿其作用线移动到该刚体上的任意一点，而不改变力对该刚体的效应。这一性质称为力的可传性原理。

如图1-3a所示，物体上A点作用一水平力 P ，现欲将其沿其作用线移动到物体上的C点。可先在C点加一对平衡力 $P_1 = P_2 = P$ ，如图1-4b所示。然后再减去平衡力系 P 与 P_1 ，于是就只剩下作用于物体上C点的力 P_2 ($P_2 = P$)。

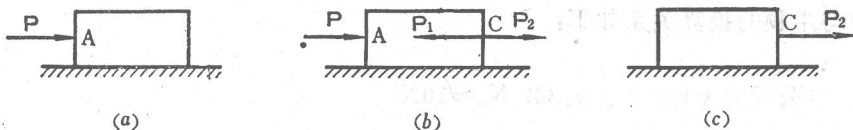


图 1-3

显然，力的可传性原理也只适用于刚体而不适用于变形体。因为力的作用点沿其作用线移动时，必然使该力对物体的内效应发生改变。如图1-4a所示，直杆在力 F_1 与 F_2 作用下处于二力平衡状态。如将 F_1 与 F_2 沿作用线移至杆件的另一端，（见图1-4b），杆件仍处于二力平衡状态，其外效应不变。但其内效应发生了变化——杆件由受拉变为受压。显然，如将杆件换为柔绳，则柔绳在图1-4a所示受力状态能维持平衡，而在图1-4b受力状态不能维持平衡。

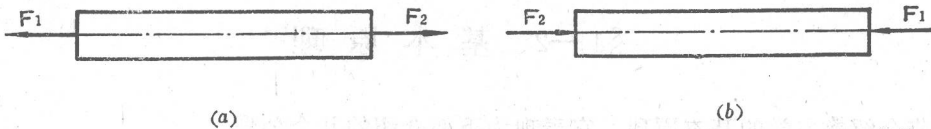


图 1-4

三、作用力与反作用力公理

甲物体对乙物体有一个作用力的同时，乙物体对甲物体必有一反作用力。且作用力与反作用力大小相等，方向相反，作用线相同。

力是物体间相互的机械作用，因而作用力与反作用力必然是成对出现的。应当注意的是，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不同的物体上。因此，它们不能构成二力平衡。