

GONGCHENG

工程力学

LIXUE

刘 鸣 主编
翟振东 主审

中国建筑工业出版社

工 程 力 学

刘 鸣 主编
翟振东 主审

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程力学/刘鸣主编. —北京: 中国建筑工业出版社,
2004

ISBN 7-112-06772-3

I. 工... II. 刘... III. 工程力学 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 075148 号

本书共十七章, 主要内容有: 刚体静力学基础、平面基本力系和任意力系、空间力系、平面体系的几何组成分析、杆件的拉压、扭转、弯曲、强度理论、组合变形、压杆稳定、静定结构的内力和位移计算、力法、位移法等。

本书可作为高等学校工科中、少学时工程力学课程、土建类专业建筑力学课程教材, 也可供各类工程技术人员参考。

* * *

责任编辑: 戚大庆 王 梅

责任设计: 崔兰萍

责任校对: 刘 梅 张 虹

工 程 力 学

刘 鸣 主 编

翟振东 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

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 24 字数: 580 千字

2004 年 9 月第一版 2004 年 9 月第一次印刷

印数: 1—5000 册 定价: 33.00 元

ISBN 7-112-06772-3

TU·6019 (12726)

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)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

编写人员名单

主编：刘 鸣

主审：翟振东

参编：刘 鸣（第一、六、十四、十五、十六、十七章）

商泽进（第二、三、四、五章）

石 晶（第八、九、十、十三章）

靳玉佳（第七、十一、十二章、附录）

前 言

工程力学是高等学校机械、土木、材料、管理等许多专业的重要技术基础课。近年来,随着高等教育改革的深入,课程的体系、内容等都在发生着改变。适应新形势下实际教学的要求,编写一本适用于众多专业的中、少学时的工程力学教材是很有必要的。本教材根据高等学校工科工程力学的基本要求,吸取了目前最新的工程力学教材的优点,在保证力学课程的系统性、完整性的基础上,将传统的理论力学、材料力学、结构力学综合在一起,淡化三者之间的明显界限,旨在使学生加深对工程力学基本概念、基本理论的理解,掌握杆件及结构的力学分析和计算方法,为后续专业课打下良好的基础。

在编写本书过程中,我们力求体现以教师为主导、学生为主体的教学基本要求,突出重点、联系工程实际;语言上通顺易懂,便于自学。使用本教材时,可根据各专业的不同要求,对内容酌情取舍,全部讲授本书内容约需 100 学时。

本书由长安大学翟振东教授担任主审,翟教授为本书稿提出了不少宝贵的建议和意见;在编写本书过程中,得到了尹冠生教授、长安大学理学院领导及同志们的关心、支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

本书是由长安大学刘鸣(第一、六、十四、十五、十六、十七章)、商泽进(第二、三、四、五章)、石晶(第八、九、十、十三章)和靳玉佳(第七、十一、十二章、附录)编写,全书由刘鸣统稿并任主编。

由于编者水平所限,书中可能存在一些错误或不妥之处,敬请指正。

编 者

2004 年 6 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 工程力学的任务和内容	1
第二节 变形固体的基本假设	2
第三节 基本概念	3
第四节 结构的计算简图	4
第五节 结构的分类	7
第六节 杆件的基本变形	9
第二章 刚体静力学基础	11
第一节 刚体静力学基本概念	11
第二节 刚体静力学公理	15
第三节 约束和约束反力	17
第四节 物体的受力分析及受力图	20
小结	23
习题	24
第三章 平面基本力系	27
第一节 平面汇交力系简化与平衡的几何法	27
第二节 平面汇交力系简化与平衡的解析法	29
第三节 平面力偶系的简化及平衡	31
小结	34
习题	35
第四章 平面任意力系	38
第一节 平面任意力系的简化	38
第二节 平面任意力系的平衡条件及平衡方程	43
第三节 物体系统的平衡	48
第四节 考虑摩擦的平衡问题	51
小结	56
习题	58
第五章 空间力系	65
第一节 空间力系的基本概念	65
第二节 空间力系的简化	68
第三节 空间力系的平衡方程及其应用	70
第四节 重心	74
小结	78
习题	79
第六章 平面杆件体系的几何组成分析	83
第一节 几何组成分析的目的	83

第二节 刚片、自由度和约束的概念	83
第三节 无多余约束的几何不变体系的组成规则	86
第四节 几何组成分析举例	88
第五节 结构的几何组成与静定性的关系	90
小结	91
习题	92
第七章 轴向拉伸与压缩	94
第一节 轴向拉伸与压缩的基本概念	94
第二节 轴向拉(压)杆的内力、应力	94
第三节 材料在拉(压)时的力学性能	98
第四节 许用应力、安全因数和强度条件	104
第五节 轴向拉(压)杆的变形	106
第六节 拉(压)杆超静定问题	109
第七节 应力集中的概念	113
第八节 连接件的强度计算	113
小结	118
习题	119
第八章 扭转	122
第一节 概述	122
第二节 扭矩和扭矩图	122
第三节 切应力互等定理及剪切胡克定律	124
第四节 圆轴扭转时的应力和强度条件	126
第五节 圆轴扭转时的变形和刚度条件	130
小结	132
习题	133
第九章 弯曲强度	135
第一节 概述	135
第二节 梁的内力——剪力和弯矩	136
第三节 剪力图和弯矩图	138
第四节 弯曲正应力	143
第五节 弯曲正应力强度条件	146
第六节 梁的弯曲切应力	149
第七节 梁的合理强度设计	154
小结	156
习题	157
第十章 弯曲变形	161
第一节 梁的转角和挠度	161
第二节 用积分法求梁的位移	161
第三节 用叠加法求梁的位移	167
第四节 简单超静定梁	170
第五节 梁的刚度校核及提高弯曲刚度的措施	173
小结	174

习题	175
第十一章 应力状态及强度理论	178
第一节 一点处应力状态的概念	178
第二节 二向应力状态下的应力分析	180
第三节 三向应力状态分析简介	188
第四节 各向同性材料的应力—应变关系	189
第五节 强度理论与应用	192
小结	199
习题	200
第十二章 组合变形	203
第一节 概述	203
第二节 斜弯曲	203
第三节 拉伸或压缩与弯曲组合 截面核心	207
第四节 弯曲与扭转组合	212
小结	215
习题	216
第十三章 压杆稳定	219
第一节 压杆稳定的概念	219
第二节 细长压杆的临界力	220
第三节 压杆的临界应力	223
第四节 压杆的稳定计算	225
第五节 提高压杆稳定性的措施	229
小结	230
习题	231
第十四章 静定结构内力计算	234
第一节 静定平面刚架	234
第二节 三铰拱	242
第三节 静定平面桁架	247
第四节 组合结构	254
小结	256
习题	257
第十五章 静定结构的位移计算	260
第一节 概述	260
第二节 虚功和虚功原理	260
第三节 计算结构位移的一般公式 单位荷载法	262
第四节 荷载作用下的位移计算	264
第五节 图乘法	266
第六节 支座移动和温度改变时的位移计算	271
第七节 线性变形体系的互等定理	275
小结	277
习题	278
第十六章 力法	280

第一节	超静定结构概述	280
第二节	力法的基本概念	282
第三节	力法的典型方程	285
第四节	荷载作用下超静定结构的内力计算	286
第五节	对称结构的计算	296
第六节	支座移动和温度改变时超静定结构的内力计算	303
第七节	超静定结构的位移计算	306
第八节	超静定结构的特性	309
小结		310
习题		310
第十七章	位移法	314
第一节	位移法的基本概念	314
第二节	等截面直杆的转角位移方程	315
第三节	位移法的基本未知量和基本结构	320
第四节	位移法方程	323
第五节	位移法计算示例及步骤	326
第六节	对称结构的计算	335
第七节	直接用平衡条件建立位移法方程	340
小结		341
习题		342
附录 I	截面的几何性质	344
附录 I -1	静矩和形心	344
附录 I -2	惯性矩和惯性积	345
附录 I -3	平行移轴公式和转轴公式	347
小结		350
习题		350
附录 II	型钢表	352
习题答案		363
主要参考书目		373

第一章 绪 论

第一节 工程力学的任务和内容

在机械、交通运输和建筑等工程中,广泛地应用各种机械设备和工程结构。机械的零件和结构的部件统称为**构件**。由若干构件按照合理方式组成并用来承担荷载起骨架作用的部分,称为**结构**。在正常使用状态下,一切构件或工程结构都要受到相邻构件或其他物体对它的作用,即荷载的作用。

在荷载作用下,构件及工程结构的几何形状和尺寸都要发生一定程度的改变,这种改变称为**变形**。当荷载达到某一数值时,构件或结构就可能发生破坏。如吊索被拉断、钢梁断裂等。如果构件或结构的变形过大,还会影响其正常工作。如机床主轴变形过大时,将影响机床的加工精度;楼板梁变形过大时,下面的抹灰层就会开裂、脱落等等。此外,对于受压的细长直杆,两端的压力增大到某一数值后,杆会突然变弯,不能保持原状,这种现象称为**失稳**。如果静定桁架中的受压杆件发生失稳,则可使桁架变成几何可变体系而失去承载力。

在工程中,为了保证每一构件和结构始终能够正常地工作而不致失效,在使用过程中,要求构件和结构的材料不发生破坏,即具有足够的**强度**;要求构件和结构的变形在工程允许的范围内,即具有足够的**刚度**;要求构件和结构维持其原有的平衡形式,即具有足够的**稳定性**。

结构或构件的强度、刚度和稳定性与其本身截面的几何形状和尺寸、所用材料、受力情况、工作环境以及构造情况等有密切的关系。在结构和构件的设计中,首先要保证其具有足够的强度、刚度和稳定性。同时,还要尽可能地选用合适的材料和尽可能地少用材料,以节省资金或减轻自重,达到既安全、实用又经济的目的。工程力学的任务就是为结构和构件的设计提供必要的理论基础和计算方法。

由于结构或构件的强度、刚度和稳定性都与所用材料密切相关,在设计、校核以及计算其承载力之前,必须了解材料的力学性能,而各种材料的力学性能,必须通过实验加以测定。所以,工程力学还要研究材料在荷载作用下的力学性质。

工程力学的研究对象,依据所研究问题的目的不同而取不同的力学模型。当研究和分析各种力系的简化和平衡问题、研究结构的组成规律时,通常将被研究的物体视为**刚体**。所谓刚体,就是绝对不变形的物体。即在任何外力作用下,其形状和大小始终保持不变的物体。刚体是一个理想化的模型,实际生活中并不存在。事实上,任何物体在外力的作用下都要产生变形,即它们都是**变形体**。但是很多物体的变形十分微小,当这种变形可以不被考虑或暂时可以不被考虑的情况下,就可以把物体当作刚体来看待。例如,房屋结构中的梁和柱,在受力后将分别产生弯曲变形和压缩变形。当研究其中的梁、柱的平衡以及整个房屋结构的平衡问题时,都不考虑它们受力后的这些微小变形,而将其看成不变形的刚

体。这样，大大简化了其平衡问题的分析计算。此时，刚体模型不仅是合理的，而且是必需的。但当研究梁、柱的变形大小及由此产生的内力时，则必须考虑它们几何形状与尺寸的变化，而将它们看作变形体。可见，对同一物体，由于所研究的问题的目的不同，往往给予不同的力学模型。

综上所述，工程力学研究的主要内容可归纳为如下几个方面：

(1) 研究各种力系的简化和平衡规律。

(2) 研究构件（主要是杆件）和结构（主要是杆件结构）在外力及其他外部因素（如支座位移、温度改变等）作用下内力和变形的计算方法，进行构件及结构的强度和刚度验算。

(3) 讨论细长中心受压杆的稳定性问题。

(4) 用实验的方法研究材料的力学性质和构件在外力作用下发生的破坏规律。

(5) 研究结构的组成规律和合理形式。

工程力学是工科许多专业的一门重要的技术基础课。一方面，它与前修课程如高等数学等有极其密切的联系；另一方面，又为进一步学习如机械、建筑结构、道路、桥梁、水利等专业的后续课程提供必要的基础理论和计算方法，因而，在各门课程的学习中起着承上启下的作用。

工程力学的理论概念性较强、分析方法典型、解题思路清晰，学习中要深入理解基本概念、基本理论，通过多做习题来熟练掌握工程力学问题的各种分析计算方法、解题思路 and 技巧，培养分析和解决问题的能力，从而达到弄懂概念、掌握理论和熟练方法的目的。

第二节 变形固体的基本假设

实际工程中的任何构件、机械或结构都是变形体或称变形固体。变形固体除受外力及其他外部因素的作用外，其本身性质也是多种多样十分复杂的。每门科学只是从某个角度去研究物体性质的某一方面或某几方面。同样，工程力学也不可能将各种因素的影响同时加以考虑，而只能保留所研究问题的主要方面，略去影响不大的次要因素，对变形固体作某些假设，即将复杂的实际物体抽象为具有某些主要特征的理想物体。通常，在工程力学中，对变形固体作出如下假设：

1. 连续性假设

连续是指物体内部没有空隙，处处充满了物质，且认为物体在变形后仍保持这种连续性。这样，物体的一切物理量如密度、应力、变形、位移等才是连续的，因而可以用坐标的连续函数来描述。

实践证明，在工程中将构件抽象为连续的变形体，不仅避免了数学分析上的困难，同时由此假定所作的力学分析被广泛的实验与工程实践证实是可行的。

2. 均匀性假设

均匀是指物体内部各处材料的性质相同，并不因位置的变化而变化。这样，可以从物体中取出任意微小部分进行研究，并将其结果推广到整个物体。同时，还可以将那些用大试件在实验中获得的材料性质，用到任何微小部分上去。

3. 各向同性假设

各向同性是指物体在各个不同方向具有相同的力学性质。因此，表征这些特性的力学参量（如弹性模量、泊松系数等）与方向无关，为常量。应指出，如果材料沿不同方向具有不同的力学性质，则称为各向异性材料。木材、复合材料是典型的各向异性材料。

4. 完全弹性假设

完全弹性是指物体在外部因素（如荷载、温度改变、支座位移等）去掉后，能完全恢复原状没有残余变形，具有这种性质的物体称为完全弹性体。实际上，自然界不存在完全弹性体，但由实验得知，常用的工程材料如金属、木材等，当外力不超过某一限度时，很接近于完全弹性体，故可将其看成完全弹性体。

物体在外部因素作用下产生的变形，就其变形的性质可分为弹性变形和塑性变形。弹性变形是指物体在外部因素去掉后可消失的变形；塑性变形则是去掉外部因素后不能全部消失而留有残余的变形，也称残余变形。

5. 小变形假设

工程中，物体在外力或其他外部因素作用下产生的变形与其整体尺寸相比，通常是很微小的，属于高阶微量。因此，物体各点处与变形相应的位移也是微小的，此类变形称为小变形。由于是小变形，所以，在弹性变形范围内作静力分析时，可按物体的原始尺寸进行计算。在计算其变形和位移时，也可略去变形的高阶微量，从而简化计算。

根据上述假定，工程力学将常用的工程材料，如钢材、铸铁、混凝土等理想化为连续的、均匀的、各向同性的弹性体。这样，不仅使工程计算得以简化，更重要的是由此得到的结论已为实践所证实是满足工程所需精确度要求的。

第三节 基 本 概 念

作用在物体上的外力，按其作用方式可分为体积力和表面力，简称体力和面力。体力是连续分布在物体体积内的力，如物体的自重等。面力是其他物体通过接触面作用于物体表面的力，如流体压力、车辆的轮压力等。工程力学中，把作用于物体上的外力按其使物体运动（或有运动趋势）或阻碍物体运动，分为主动力或约束力。在外力作用下，物体发生变形，其内部各质点产生位移，同时产生内力。下面对工程力学中常用的如荷载、内力、位移等物理量作一简单介绍。

一、荷载及其分类

荷载是主动作用于物体上的外力。在实际工程中，构件或结构受到的荷载是多种多样的，如建筑物的楼板传给梁的重量，钢板对轧辊的作用力等等。这些重量和作用力统称为加在构件上的荷载。

荷载可以根据不同特征进行分类。

1. 荷载按其作用在结构上的时间久暂可分为恒载和活载。

恒载是长期作用在构件或结构上的不变荷载，如结构的自重和土压力。

活载是指在施工和建成后使用期间可能作用在结构上的可变荷载，它们的作用位置和范围可能是固定的（如风荷载、雪荷载、会议室的人群重量等），也可能是移动的（如吊车荷载、桥梁上行驶的车辆等）。

2. 荷载按其作用在结构上的分布情况可分为分布荷载和集中荷载。

分布荷载是连续分布在结构上的荷载。当分布荷载在结构上均匀分布时，称为均布荷载；当沿杆件轴线均匀分布时，则称为线均布荷载，常用单位为“N/m 或 kN/m”。

当作用于结构上的分布荷载面积远小于结构的尺寸时，可认为此荷载是作用在结构的一点上，称为集中荷载。如火车车轮对钢轨的压力，屋架传给砖墙或柱子的压力等，都可认为是集中荷载，常用单位为“N 或 kN”。

3. 荷载按其作用在结构上的性质可分为静力荷载和动力荷载。

静力荷载是指从零开始缓慢、平稳地增加到终值后保持不变荷载。

动力荷载是指大小、位置、方向随时间迅速变化的荷载。在动力荷载下，构件或结构产生显著的加速度，故必须考虑惯性力的影响。如动力机械产生的振动荷载、风荷载、地震作用产生的随机荷载等等。

本书涉及的荷载均为静力荷载。

二、内力

实际构件或结构是变形固体，即使不受外力作用，其各部分之间也存在着相互作用力，即结合力。在外力作用下，构件或结构产生变形，内部各质点间的相对位置发生变化。同时，各质点间的相互作用力也发生了改变，这个改变量称为“附加内力”，简称内力。可见，内力是由于外力作用而产生的，且随外力的增加而增加，达到某一限度时就会引起构件或结构的破坏。因此，内力与构件或结构的变形和破坏密切相关。

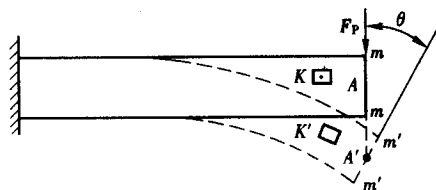


图 1-1

三、位移

位移是指位置的改变，即构件或结构在外力作用下发生变形后，构件或结构中各质点及各截面在空间位置的改变。位移可分为线位移和角位移。在图 1-1 中，构件上的 A 点于变形后到了 A' 点，A 与 A' 连线 AA' 称为 A 点的线位移。构件截面于变形后所转过的角度称为角位移。图 1-1 中

的右端面 $m-m$ 在变形后移到了 $m'-m'$ 的位置，其转过的角度 θ 就是截面 $m-m$ 的角位移（也称转角）。

不同点的线位移及不同截面的角位移一般都是各不相同的，由于变形的连续性，它们都是位置坐标的连续函数。

第四节 结构的计算简图

实际结构多种多样，是很复杂的。完全按照结构及其构件的实际情况进行力学分析，会使问题非常复杂甚至是不可能的，事实上也是不必要的。因此，在对实际结构及其构件进行力学计算之前，必须加以简化，略去次要因素，用一个能反映其主要受力和变形特征的简化图形来代替实际结构及其构件。这种简化图形称为结构或构件的计算简图。

计算简图是对结构及其构件进行力学分析的依据，计算简图的选择，直接影响计算的工作量和精确度。因此，合理选择计算简图是一项重要的工作，通常遵循如下两个原则：

- (1) 正确地反映结构及其构件的主要受力和变形特征；
- (2) 略去次要因素，便于分析和计算。

在以上两个原则的前提下，主要从如下三个方面对实际结构及其构件进行简化：

一、构件的简化

实际构件的几何形状是多种多样的，工程力学主要研究杆件。所谓杆件是指其长度方向尺寸远远大于其他两个横向尺寸的构件。通常把垂直于杆件长度方向的截面称为**横截面**，横截面形心的连线称为杆的**轴线**。由于杆件的截面尺寸通常比杆件的长度小得多，在计算简图中，杆件用其轴线来表示。杆件的轴线是直线时称为**直杆**；轴线为曲线或折线时，分别称为**曲杆**或**折杆**。各横截面尺寸不变的杆称为**等截面杆**，否则为**变截面杆**，工程中常见的杆件是等截面杆。如梁、柱等杆件的纵轴线为直线，可用相应的直线来表示。

二、荷载的简化

实际结构及其构件受到的荷载，如本章第三节所述，一般是作用在构件内各处的体力（如自重）以及作用在某一表面的面力（如风压力）。在计算简图中，需要把它们简化为作用在构件纵轴线上的线荷载、集中荷载和力偶。

三、结点及支座的简化

结构中杆件与杆件相连接的地方称为**结点**。实际工程中各杆之间连接的形式各种各样，材料不同，连接方式就有很大差异。计算简图中，结点通常可简化为以下两种理想情况：

1. 铰结点

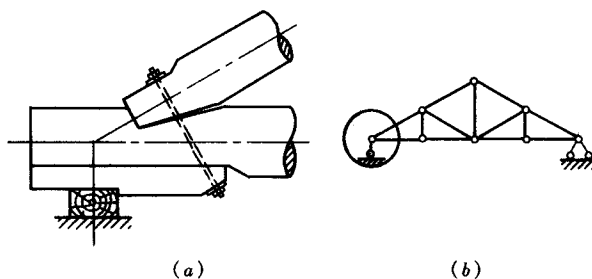


图 1-2

铰结点的特征是：被连接的杆件在结点处不能相对移动，但可以绕结点自由转动；铰结点处可以承受和传递力，但不能承受和传递力矩。这种理想的铰结点在实际工程中极少见。图 1-2 (a) 为一木屋架的端结点，此时各杆之间不能相对移动，各杆端虽不能绕结点任意转动，但由于连接不可能很严密牢固，因而杆件相互间有微小转动。所以，计算时该结点简化为铰结点（图 1-2b）。图 1-3 (a) 示一钢桁架结点，它是通过结点板把各杆件焊接在一起的，因此，各杆端不能相对转动，但桁架中各杆主要是承受轴力。因此，计算

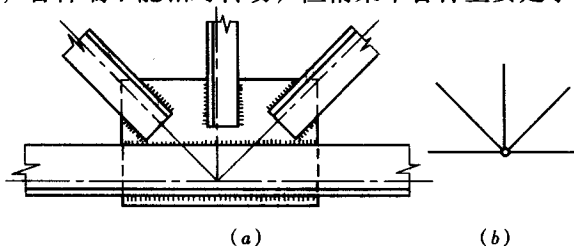


图 1-3

时仍将这种结点简化为铰结点 (图 1-3b)。

2. 刚结点

刚结点的特征是：被连接的杆件在结点处既不能相对移动，也不能相对转动；刚结点处不但可以承受和传递力，还能承受和传递力矩。图 1-4 (a) 示一钢筋混凝土刚架的结点，上、下柱与横梁在该处用混凝土浇成整体，钢筋的布置也使得各杆端能够抵抗弯矩，结构变形时，结点处各杆端之间夹角保持不变。因此，计算时将这种结点简化为刚结点 (图 1-4b)。

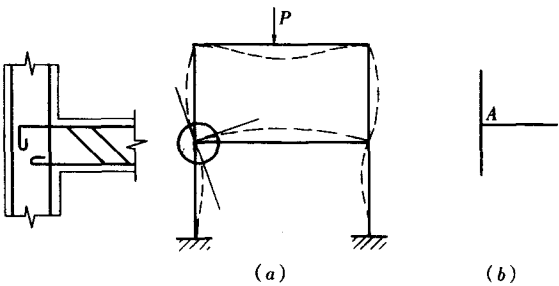


图 1-4

把结构与基础连接起来的装置称为支座。支座的作用是把结构固定在基础上，同时，结构上所受的荷载通过支座传到基础和地基。支座对结构的反作用力称为支座反力。对于平面结构，常用以下四种支座的简化形式：

1. 活动铰支座

图 1-5 (a)、(b) 为桥梁使用的辊轴支座和摇轴支座即活动铰支座。它允许结构绕铰 A 转动和沿支承面水平移动，但不能竖向移动，该支座只能提供未知的竖向反力 F_y 。在计算简图中常用图 1-5 (c)、(d) 的简化形式表示。

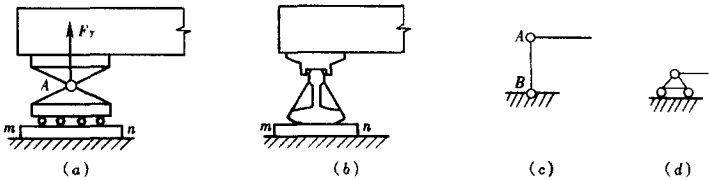


图 1-5

2. 固定铰支座

图 1-6 (a) 为固定铰支座。支座固定在支承物上，它允许结构绕铰 A 转动，但不能作水平和竖向移动。因此，这种支座的反力通过铰 A 的中心，但其方向和大小都是未知的，通常可用其两个未知分反力 F_x 、 F_y 表示。在计算简图中常用图 1-6 (b)、(c) 的简化形式表示。

3. 固定支座

这种支座不允许结构在支承处发生任何移动和转动 (图 1-7a)。它的反力大小、方向和作用点都是未知的，该支座能提供两个反力 F_x 、 F_y 和一个反力偶 M 。在计算简图中可按图 1-7 (b) 表示。

4. 定向支座

图 1-8 (a) 所示支座不允许结构在支承处转动，也不能沿垂直于支承面的方向移动，但可沿支承面方向滑动。它的反力方向是确定的，其大

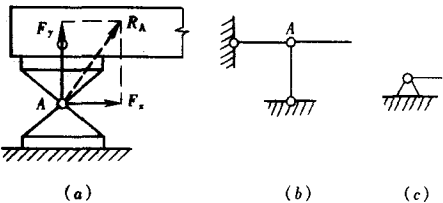


图 1-6

小和作用点未知。因此，该支座能提供一个垂直于支承面的反力 F_y 和反力偶 M 。在计算简图中可用两根互相平行且垂直于支承面的支杆表示（图 1-8b）。

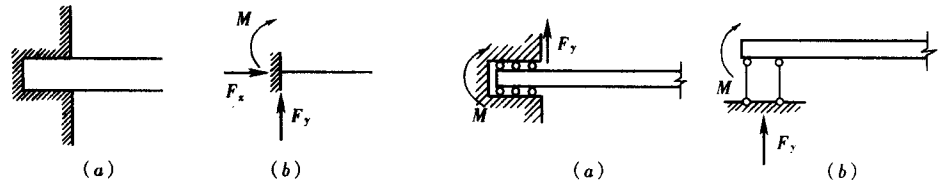


图 1-7

图 1-8

下面，应用上述三个方面的简化，举例说明结构计算简图的取法。

图 1-9 (a) 所示一工业厂房中的钢筋混凝土 T 形吊车梁，梁上铺设钢轨，吊车的最大轮压是 F_{P1} 和 F_{P2} 。

简化时，取梁的纵轴线代替实际的吊车梁，当梁两端与柱子（支座）接触面的长度不大时，可取梁两端与柱子接触面中心的间距作为梁的计算跨度 l ，如图 1-9 (c) 所示。作用在吊车梁上的荷载有恒载和活载。这里的恒载是钢轨和梁的自重，它们沿梁长都是均匀分布的，简化为作用在梁纵轴上的均布线荷载，简称均布荷载 q 。活载则是轮压 F_{P1} 和 F_{P2} ，由于它们与钢轨的接触面积很小，可看成是集中荷载。注意到吊车梁的两端搁置在柱子上，整个梁既不能

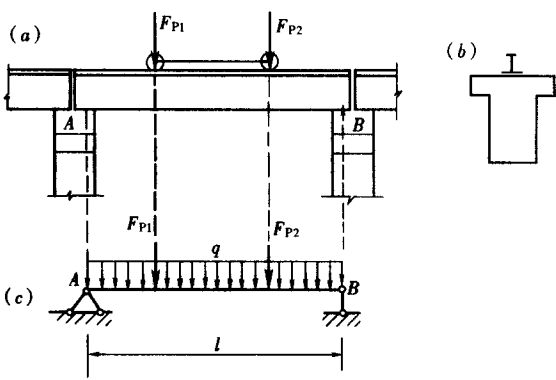


图 1-9

上下移动，也不能水平移动，但梁在荷载作用下发生弯曲变形时，梁的两端可以作微小转动。此外，当温度变化时，梁还能自由伸缩。这样，梁两端的支承情况完全相同。为既反映上述支座对梁的约束作用又便于计算，可将梁的一端视为固定铰支座，另一端视为活动铰支座，从而得到图 1-9 (c) 所示吊车梁的计算简图。

应该指出，选取合适的计算简图，是结构设计中十分重要而又比较复杂的问题，除了要掌握选取的原则外，还需要有一定的专业知识和实践经验，有时还需借助于模型试验或现场实测才能确定合理的计算简图。

第五节 结构的分类

结构的类型很多，根据不同的观点，结构可分为各种不同的类型。

按照空间的观点，结构可分为平面结构和空间结构。如果组成结构的所有杆件的轴线和作用在结构上的荷载都在同一平面内，则此结构称为平面结构；反之，则为空间结构。实际工程中的结构都是空间结构，但是，大多数结构在设计中常常可以简化为平面结构或近似分解为几个平面结构进行计算，只是在有些情况下，必须考虑结构的空

所讨论的均为平面结构。

按照几何的观点，结构可分为杆件结构、薄壁结构和实体结构。杆件结构或杆系结构是由长度远远大于其他两个尺度即截面的高度和宽度的杆件组成的结构。薄壁结构是指其厚度远小于其他两个尺度即长度和宽度的结构，如板（图 1-10a）和壳（图 1-10b）。实体结构是指三个方向的尺度大约为同一量级的结构，如挡土墙（图 1-10c）、基础、钢球等。

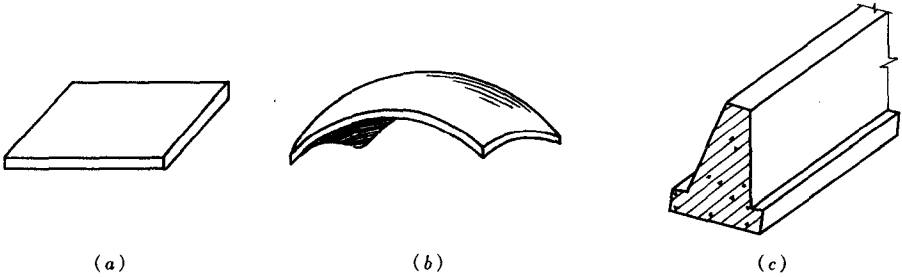


图 1-10

工程力学的研究对象主要是杆件及平面杆件结构。常见的平面杆件结构形式有以下几种：

(1) 梁

梁是一种受弯杆件，其轴线通常为直线。梁可以是单跨的（图 1-11a、b），也可以是多跨的（图 1-11c、d）。

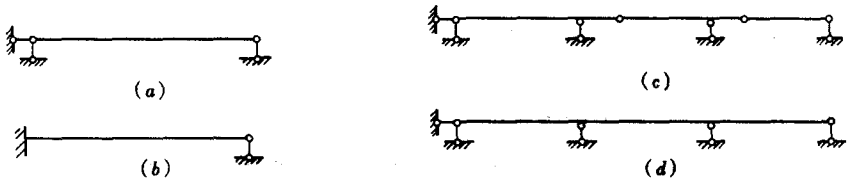


图 1-11

(2) 拱

拱的轴线是曲线，且在竖向荷载作用下会产生水平反力（图 1-12）。水平反力大大改变了拱的受力性能。

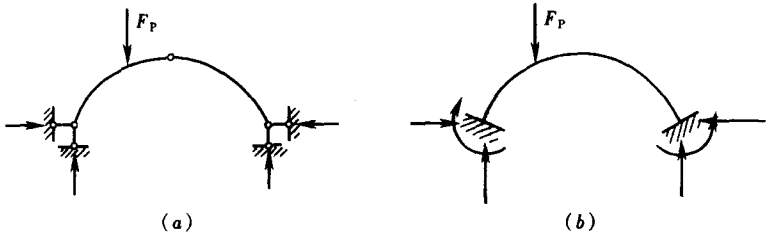


图 1-12

(3) 刚架

刚架是由直杆组成并具有刚结点的结构（图 1-13）。