



高等职业技术教育“十三五”规划教材
GAODENG ZHIYE JISHU JIAOYU SHISANWU GUIHUA JIAOCAI

工程应用力学

(第2版)

GONGCHENG YINGYONG LIXUE

主 编 ● 杨新伟 朱爱军
副主编 ● 冯海昌 闫志刚 田瑞兰
主 审 ● 周敏娟



辽宁技术大学出版社



高等职业技术教育“十三五”规划教材
GAODENG ZHIYE JISHU JIAOYU SHISANWU GUIHUA JIAOCAI

工程应用力学

(第2版)

主 编 ○ 杨新伟 朱爱军
副主编 ○ 冯海昌 闫志刚 田瑞兰
主 审 ○ 周敏娟

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据
工程应用力学 / 杨新伟, 朱爱军主编. —2 版. —
成都: 西南交通大学出版社, 2017.7
高等职业技术教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5643-5580-7

I. ①工… II. ①杨… ②朱… III. ①工程力学 - 应
用力学 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 163540 号

高等职业技术教育“十三五”规划教材
工程应用力学
(第 2 版)

主编 杨新伟 朱爱军

责任编辑 李晓辉
封面设计 何东琳设计工作室

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)
邮政编码 610031
发行部电话 028-87600564
官网 <http://www.xnjdcbs.com>
印刷 成都中铁二局永经堂印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm
印张 24.25
字数 604 千
版次 2017 年 7 月第 2 版
印次 2017 年 7 月第 2 次
定价 48.00 元
书号 ISBN 978-7-5643-5580-7

课件咨询电话: 028-87600533
图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书是“十二五”期间高等职业教育规划教材之一，经过几年试用，在汇总读者使用意见基础上，我们着手进行了“十三五”期间的修订。根据教育部对高职高专土建类专业力学课程的基本要求，本书在编写过程中侧重于实用性、针对性和可操作性；在讲清基本理论的基础上，强调实践操作能力的培养。在介绍基本概念时，配合相应的例题进行说明，以加深学生的印象和理解。每一个章节均安排有相应的案例分析，分析过程严谨、层次分明、逻辑性强，并加强典型工程实例分析，加强实践技能的培养。

本书汲取了目前最新的工程应用力学教材的优点，在保证课程的系统性和完整性的基础上，将传统的理论力学、材料力学和结构力学有机结合在一起，淡化三者之间的明显界限，旨在使学生加深对工程应用力学基本概念、基本理论的理解，掌握杆件及结构的力学分析和计算方法，为后续专业课程的学习打下良好基础。

本书由石家庄铁路职业技术学院组织编写，具体编写分工如下：第一章、第五章、第六章、第七章、第十三章、第十四章由杨新伟编写，第二章、第四章、第八章、第九章、第十章由朱爱军编写，第十一章由冯海昌编写，第十二章由闫志刚编写，绪论、第三章由田瑞兰（石家庄铁道大学）编写。全书由周敏娟主审。

在本书编写的过程中，作者参考了相关理论力学、材料力学和结构力学教材，在此对这些教材的作者表示衷心的感谢。鉴于编者水平有限，书中难免有疏漏及不足之处，敬请同行和读者批评指正。

编 者

2016年12月

目 录

绪 论	1
第一章 物体的受力分析	12
第一节 静力学的基本概念	12
第二节 静力学基本公理	14
第三节 约束与约束反力	16
第四节 物体的受力分析与受力图	19
小 结	24
第二章 工程中常见静定结构的支座反力计算	25
第一节 三角架的受力计算	26
第二节 静定梁的支座反力计算	30
第三节 静定刚架的支座反力计算	48
小 结	52
第三章 平面体系的几何组成分析	55
第一节 几何组成分析的目的	55
第二节 平面体系的自由度	55
第三节 几何不变体系的组成规律	59
第四节 瞬变体系	64
小 结	66
第四章 轴向拉压杆的计算	68
第一节 内力及应力的概念	68
第二节 轴向拉(压)的实例和计算简图	70
第三节 轴向拉(压)杆的内力·轴力图	71
第四节 截面上的应力	74
第五节 轴向拉(压)杆的变形	80
第六节 材料在拉伸和压缩时的力学性能	85
第七节 拉压杆的强度计算	92
小 结	97
第五章 连接件与圆轴扭转的计算	99
第一节 剪切与挤压	99

第二节 切应力互等定理·剪切胡克定律	107
第三节 扭转的概念·扭矩及扭矩图	108
第四节 扭转时的应力和强度条件	112
小 结	120
第六章 梁的弯曲计算	122
第一节 梁平面弯曲的概念和计算简图	122
第二节 梁的内力——剪力和弯矩	124
第三节 梁的内力图绘制	127
第四节 弯曲应力及强度计算	141
第五节 弯曲变形	161
小 结	175
第七章 应力状态分析与强度理论	179
第一节 应力状态的概念	179
第二节 平面应力状态分析	182
第三节 强度理论及其简单应用	192
小 结	201
第八章 组合变形	203
第一节 组合变形的概念及其分析方法	203
第二节 拉伸(压缩)与弯曲的组合变形	204
第三节 斜弯曲	210
第四节 偏心压缩(拉伸)	215
小 结	222
第九章 压杆稳定	224
第一节 压杆稳定的概念	224
第二节 细长压杆的临界压力	225
第三节 压杆的稳定计算	233
第四节 提高压杆稳定性的措施	236
小 结	237
第十章 静定结构的内力计算	239
第一节 多跨静定梁及斜梁的内力计算	239
第二节 静定平面刚架的内力计算	245
第三节 三铰拱的内力计算	254
第四节 静定平面桁架的内力计算	263
第五节 静定结构特征	268
小 结	270

第十一章 静定结构位移计算	272
第一节 外力在变形体上的实功·虚功与虚功原理	273
第二节 结构位移公式及应用	275
第三节 静定梁与静定刚架位移计算的图乘法	280
第四节 温度改变和支座移动引起的结构位移计算	285
第五节 互等定理	289
小 结	291
第十二章 力 法	293
第一节 超静定结构	293
第二节 力法的基本原理和典型方程	295
第三节 力法应用实例	298
第四节 利用结构对称性简化计算	304
第五节 超静定结构的位移计算与最后内力图的校核	309
小 结	312
第十三章 位移法	314
第一节 位移法的基本概念	314
第二节 位移法基本未知量与基本结构	319
第三节 位移法的典型方程与计算步骤	322
第四节 位移法应用实例	323
小 结	336
第十四章 影响线及其应用	337
第一节 概 述	337
第二节 用静力法绘制单跨梁的影响线	338
第三节 机动法作影响线	342
第四节 影响线的应用	344
第五节 简支梁的绝对最大弯矩	351
第六节 简支梁的内力包络图	353
小 结	358
附录 I 截面的几何性质	359
第一节 静矩和形心	359
第二节 惯性矩·极惯性矩和惯性积	364
第三节 平行移轴公式·转轴公式	367
第四节 形心主惯性轴和形心主惯性矩	372
附录 II 型钢规格表	373
参考文献	380

绪 论

一、工程应用力学的研究对象

“工程应用力学”是工程类专业的一门重要基础课，其研究对象是运动速度远小于光速的宏观物体。工程类专业则以工程中的结构和构件为研究对象，研究它们的受力、平衡、运动、变形等方面的基本规律，并掌握相关计算方法，为后续专业课程的学习奠定基础。

所谓结构，是指在构筑物中承受和传递荷载，起着骨架作用的部分。比如房屋建筑中的墙、立柱、梁、楼板等就构成了建筑的结构，而门、窗等起到围护或划分空间的部分则不能称为结构。构件是指结构的组成部分，比如一根梁、一个立柱或一块楼板就是一个构件。

构件的形状是多种多样的，根据其几何形状可分为杆件[构件一个方向的尺寸远大于另外两个方向的尺寸，见图 0.1(a)、(b)]、薄壁构件[构件两个方向的尺寸远大于另外一个方向，也称为壳体或薄壳，见图 0.1(c)]和实体构件[三个方向的尺寸相差不多，见图 0.1(d)]。如果结构中的构件均为杆件，则称为杆系结构。

对于土建类专业来讲，杆系结构是工程应用力学的主要研究对象。

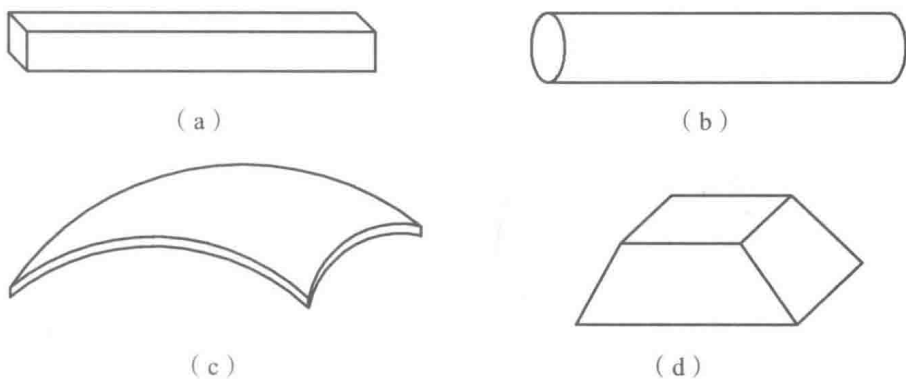


图 0.1

二、工程应用力学的主要任务和内容

工程中的结构或杆件体系，在荷载作用下，一方面会引起周围物体对它们的反作用。例如，桥梁架在桥墩上，桥梁对桥墩有作用力，而桥墩对桥梁也起支撑作用。这样，任何一个构件在设计、施工时，首先要弄清楚它们受到哪些荷载的作用以及周围物体对它们有哪些反作用力。另一方面，当构件受到各种作用力的同时，构件本身还会发生变形，并且存在着失效的可能。在工程上，为了保证每一构件和结构始终能够正常地工作而不失效，在使用过程中，要求构件和结构不发生破坏，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。结构构件本身具有的这种能力,称为构件的承载能力。这种承载能力的大小与构件的材料性质、截面的几何形状及尺寸、受力性质、工作条件、结构的几何组成等有着密切的关系。在结构和构件的设计中,首先要保证其具有足够的承载能力。同时,还要选用合适的材料,尽可能少用材料,以节省资金或减轻自重,达到既安全、实用又经济的目的。工程应用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。

依据知识的传继性和学习规律,工程应用力学将所研究的内容分为静力学、材料力学、结构力学三个部分来讨论:

静力学以刚体为研究对象,而刚体是指不可变形的固体。静力学主要研究结构中各构件及构件之间作用力的问题。因为土建类工程中的结构或构件几乎都是相对地球处于静止不动的平衡状态,因此,构件上所受到的各种力都要满足使物体保持平衡状态的条件。在静力学中,便是以研究力之间的平衡关系作为主题,并把它应用到结构的受力分析中去。

材料力学则是以变形固体为研究对象,而变形固体必须满足五个基本假设。五个基本假设指的是:连续性假设、均匀性假设、各向同性假设、小变形假设和线弹性假设。材料力学主要研究构件受力后发生变形时的承载能力问题。在明确了力之间的平衡关系后,进一步对构件变形大小问题及构件会不会破坏的问题深入讨论,并为设计既安全又经济的结构构件选择适当的材料、截面形状和尺寸,以便掌握构件承载能力的计算方法。

结构力学的研究对象是平面杆件结构体系。研究其合理组成及在外力作用下杆系结构的内力、变形计算,以便在后续课程中对工程结构进行强度、刚度计算,以使结构安全、经济地工作。

三、变形固体的基本假设

工程中使用的材料多种多样,其微观结构和力学性能也非常复杂。但却有一个共同的特点,即它们都是固体,而且在荷载作用下会发生变形——包括物体尺寸的改变和形状的改变。因此,这些材料统称为可变形固体。在材料力学中,研究用可变形固体材料做成的构件的强度、刚度和稳定性等问题时,为了突出问题的主要方面,常略去材料的次要性质,保留其主要属性,并根据其主要性质做出假设,简化为一种理想的力学模型,以便进行理论分析。下面是对变形固体所作的几个基本假设:

1. 连续性假设

连续性假设认为,组成变形固体的物质完全填满了固体所占有的几何空间而毫无间隙存在。

从微观的角度观察,组成固体材料的粒子之间存在着间隙,并不是完全紧密的。但这种间隙和构件的尺寸比起来极为微小,在研究固体的宏观性能时可以忽略不计,因而可以假设是紧密而毫无间隙地存在。根据这个假设,在进行理论分析时,与构件性质相关的某些力学量可以看作是固体内点坐标的连续函数,从而可以应用高等数学的知识对其进行分析计算。

2. 均匀性假设

均匀性假设认为,构件中各点处具有完全相同的力学性能。

从微观的角度观察,组成构件材料的各个微粒或晶粒,彼此的性质不一定完全相同。但从宏观角度来看,构件的尺寸远远大于微粒或晶粒的尺寸,构件所包含的微粒或晶粒的数目极多,且无序地排列在整个体积之内,而固体的力学性能是各晶粒力学性能的统计平均值。按照统计学的观点,材料的性质与其所在的位置无关,即材料是均匀的。按照这个假设,在进行理论分析时,可以从构件内任何位置取出无限小的部分进行研究,然后将研究结果应用于整个构件。

3. 各向同性假设

各向同性假设认为,构件中的一点在各个不同方向上的力学性能是相同的。

从微观的角度观察,对于金属等由晶粒组成的材料,各个晶粒的力学性能是具有方向性的。但由于构件中所含晶粒的数目极多,在构件中的排列又是极不规则的,因而,按统计学的观点,从宏观的角度来看可以认为金属材料是各向同性的。根据这个假设,当获得了材料在任何一个方向的力学性能后,就可将其结果用于其他方向。这种沿各个方向力学性能相同的材料称为各向同性材料,如金属材料、玻璃等。另外,还有沿各个方向力学性能不同的材料称为各向异性材料,如木材和复合材料。木材可以认为是均匀连续的材料,但木材的顺纹和横纹两个方向的力学性能不同,故是具有方向性的材料。材料力学中所研究的问题将局限于各向同性的材料。实践表明,材料力学的研究结果也可以近似的用于木材。

4. 小变形假设

小变形假设认为,构件受力后的变形量远小于构件的原始几何尺寸。

工程实际中,构件受力后的变形相对于构件的原始尺寸要小得多,因此,在研究构件上力的平衡关系时,仍可以直接利用构件的原始尺寸而忽略变形的影响。在研究和计算变形时,变形的高次幂也可忽略。当构件受到多个荷载共同作用时,根据小变形假设,还可以利用叠加原理来进行分析,从而使计算得到简化。

5. 线弹性假设

线弹性假设认为,当外力的大小没有超过一定的范围时,构件只产生弹性变形,并且外力与变形之间符合线性关系。

工程上所用的材料,在荷载作用下均将发生变形。当荷载不超过一定的范围时,荷载卸去后能完全消失的变形称为弹性变形;当荷载过大时,荷载卸去后变形不能完全消失,而永久保留下来的那一部分变形称为塑性变形。工程中,多数构件在正常工作条件下均要求其材料只发生弹性变形。所以在材料力学中所研究的问题多局限在弹性变形范围内,且外力与变形之间符合线性关系,能够直接利用胡克定律。

概括起来,在材料力学中我们把实际构件的材料看作是均匀的、连续的、各向同性的可变形固体;实际构件发生的变形为小变形且限定在弹性范围内。实践表明,在这些假设的基础上建立起来的理论都是符合工程实际要求的;同时,也简化了某些工程实际问题的分析与计算过程。

四、杆件的基本变形形式

实际工程中构件的几何形状是多种多样的,根据几何形状和尺寸的不同,通常可分为杆

件、板壳和块体。材料力学的主要研究对象是工程实际中应用得最为广泛的构件——杆件。工程中把横向尺寸远小于纵向尺寸的构件，统称为杆件。杆件的两个主要几何特征是轴线和横截面。横截面是指垂直于杆件长度方向的截面，各横截面形心的连线为杆件的轴线。

轴线为直线的杆称为直杆，如图 0.2 (a)、(b) 所示；轴线为曲线的杆称为曲杆，如图 0.2 (c) 所示。截面形状和尺寸沿长度方向不变的直杆称为等截面直杆，简称等直杆，如图 0.2 (a) 所示。截面形状和尺寸沿长度方向变化的杆称为变截面杆，如图 0.2 (b) 所示。材料力学研究的杆件主要是等直杆，它是杆件中最简单也是最常用的一种。

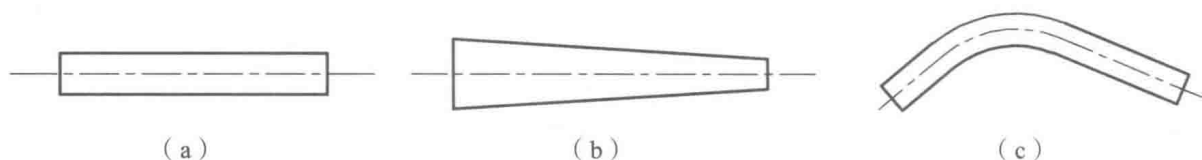


图 0.2

在实际结构中，杆件在外力作用下产生变形的情况很复杂。杆件在不同荷载的作用下，会产生不同的变形。根据荷载本身的性质及荷载作用的位置不同，变形可分为以下四种基本变形形式。

1. 轴向拉伸和压缩

如果外力的合力沿杆件轴线作用，那么杆的变形主要是沿轴线方向的伸长或缩短。当外力的方向背离杆件截面时，杆件因受拉而变长，这种变形称为轴向拉伸，如图 0.3 中三角支架的 AB 杆；当外力的方向指向杆件截面时，杆件因受压而变短，这种变形称为轴向压缩，如图 0.3 中三角支架的 BC 杆。

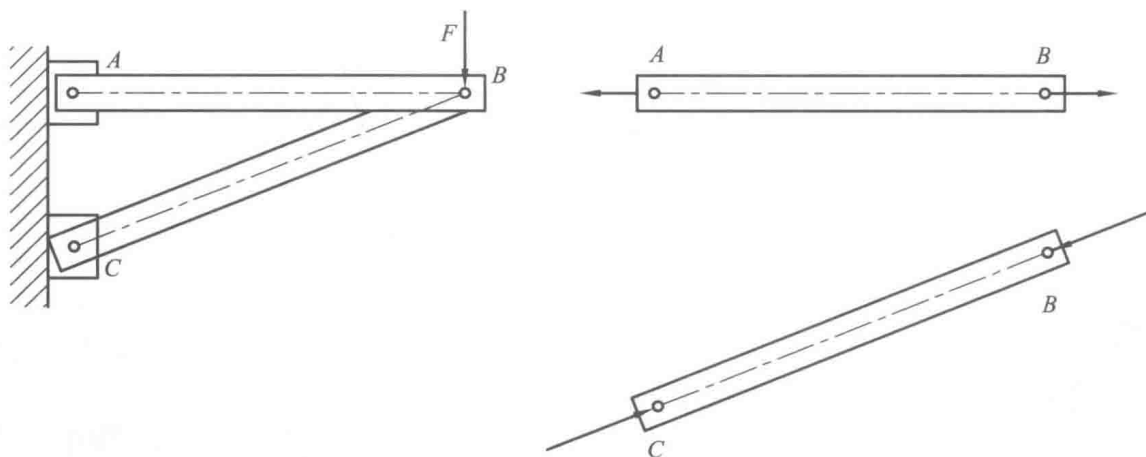


图 0.3

2. 剪 切

如果杆件上受到一对垂直于杆轴线方向的力，它们大小相等、方向相反、作用线平行且相距很近，杆件的横截面将沿外力的作用方向发生相对错动。这种变形称为剪切，如图 0.4 所示连接件中铆钉受力后的变形。

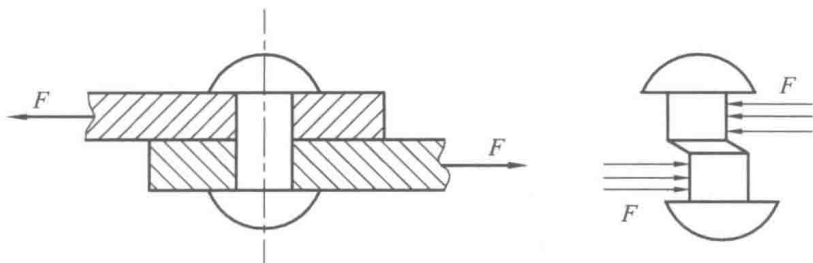


图 0.4

3. 扭 转

如果杆件受到一对外力偶的作用，且二者的大小相等、转向相反，作用面与杆件的轴线垂直，那么杆件的任意两个横截面将绕轴线发生相对转动，这种变形称为扭转，如图 0.5 所示机器的传动轴受力后的变形。

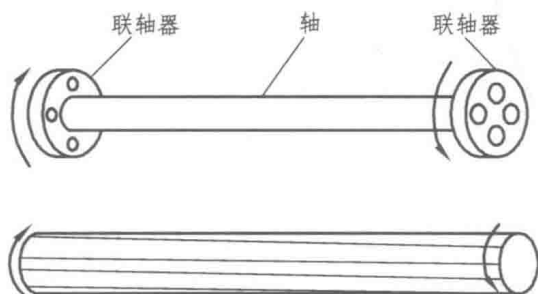


图 0.5

4. 弯 曲

如果杆件受垂直于杆轴线的横向力、分布力或作用面通过杆轴线的力偶作用，杆轴线由直线变为曲线，这种变形称为弯曲，如图 0.6 所示。图 0.6 (a) 所示为纯弯曲，图 0.6 (b) 所示为横力弯曲。

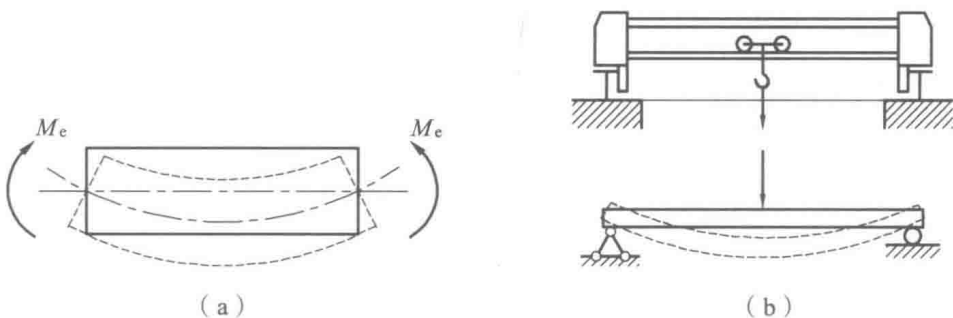


图 0.6

五、结构的计算简图

工程实践中的结构形式繁多，受力复杂，如果完全按照实际情况进行分析，不仅非常困难和繁杂，而且也没有必要。在满足工程计算精度的前提下，对结构或构件进行合理简化，进而使其理论化和模型化。在对结构或构件进行模型化时就需要对构件、约束、支座及荷载

等进行必要的简化。对实际结构,抓住其主要特征,重点考虑产生影响的主要因素,忽略某些次要问题,用一个经过提炼简化了的结构图形来代替实际结构,形成结构的计算简图。

结构计算简图应遵循以下原则:

(1) 结构的计算简图应尽可能地反映结构的实际情况,使力学计算模型与工程结构具有一致性,从而使计算结果达到要求的精度。

(2) 忽略某些次要因素,重点考虑主要因素的影响,使分析和计算简化。

1. 构件及结点的简化

工程应用力学的研究对象是杆件,杆件有两个主要的几何特征:横截面和轴线。横截面是与杆件长度方向垂直的截面;轴线是杆件横截面几何形心的连线。轴线与横截面垂直。一般在计算简图中以轴线来表示杆件。

结点是指杆件与杆件联结的地方,一般有铰结点、刚结点和组合结点几种类型。

(1) 铰结点,是指用一圆柱形的销钉将两个或更多的杆件联结在一起的装置。铰也称圆柱铰链,它允许被联结的杆件在结点处绕铰的几何中心转动,如图 0.7(a)、(b) 所示,其计算简图可以用小圆圈连接杆件表示,如图 0.7(c) 所示。门窗上的合页就是典型的铰连接。

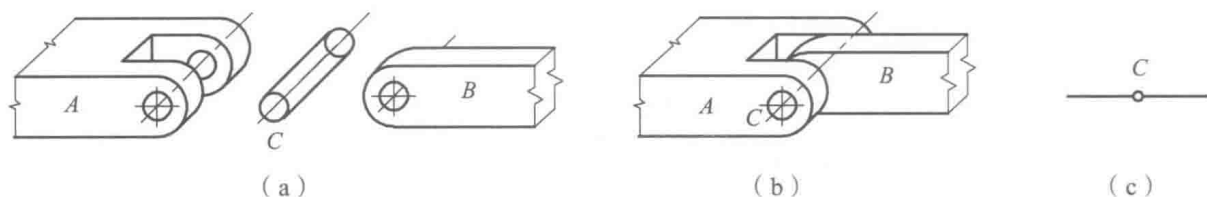


图 0.7

(2) 刚结点,是指杆件间的联结比较坚固,被联结的构件间不能产生相对运动。例如,钢材与钢材间的焊接、钢筋混凝土现浇构件间的联结均属于此种类型,如图 0.8(a)、(b) 所示,图 0.8(c) 所示为刚结点的计算简图。

(3) 组合结点,是指在同一结点上,某些杆件间的联结采用刚结方式,而另外一些杆件的联结则采用铰连接的方式,这种结点不是完全铰结,也不是完全刚结。该类结点在后面的梁和刚架中比较常见,其计算简图如图 0.9 所示。

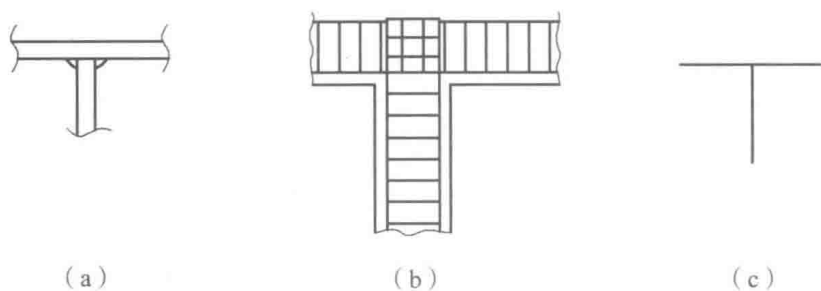


图 0.8

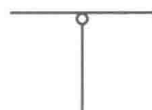


图 0.9

2. 支座的简化

支座是指用来把结构与地基联系起来的装置。支座的构造形式很多,在力学计算简图中,根据支座对结构或构件所产生的作用不同,可以将支座归纳成下列几种类型:

(1) 可动铰支座，也称为活动铰支座。这种支座的构造如图 0.10 (a)、(b) 所示，桥梁中使用的辊轴支座和摇轴支座都属于此种类型。可动铰支座允许构件在支撑处转动和沿平行于支撑面的方向移动，但限制构件沿垂直于支撑面的方向移动。其计算简图如图 0.10 (c) 所示。通常，可动铰支座也用一根链杆来代替，如图 0.10 (d) 所示。

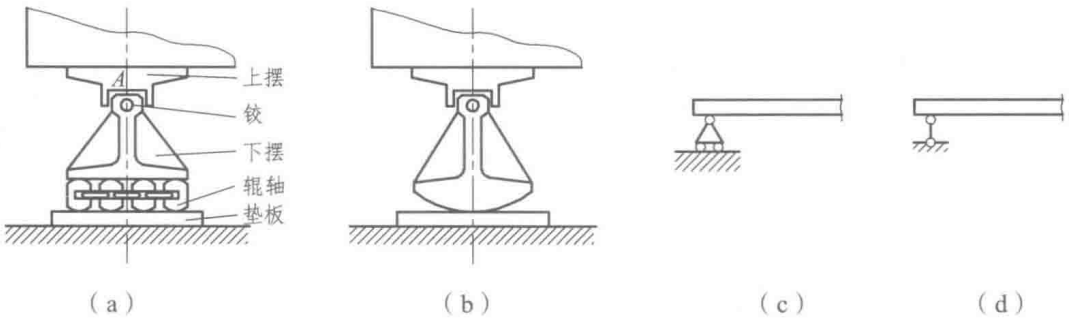


图 0.10

(2) 固定铰支座。其构造如图 0.11 (a) 所示，只允许结构绕铰 A 的几何中心转动，不允许构件作水平和竖直方向的移动。其计算简图如图 0.11 (b)、(c) 所示。

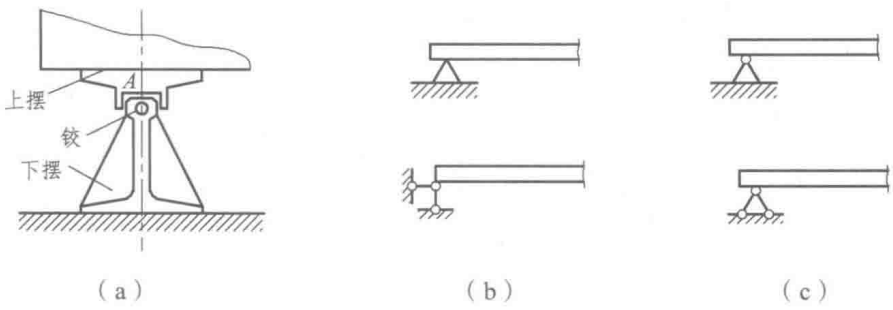


图 0.11

(3) 固定端支座。它与构件坚固地连接在一起，不允许结构在支座处产生任何的移动和转动。例如阳台的挑梁与圈梁的联结，如图 0.12 (a) 所示，当只分析挑梁的受力时，其计算简图如图 0.12 (b) 所示；柱与基础的联结大多也属于此类型，如图 0.12 (c) 所示；当只分析柱的受力时，计算简图如图 0.12 (d) 所示。

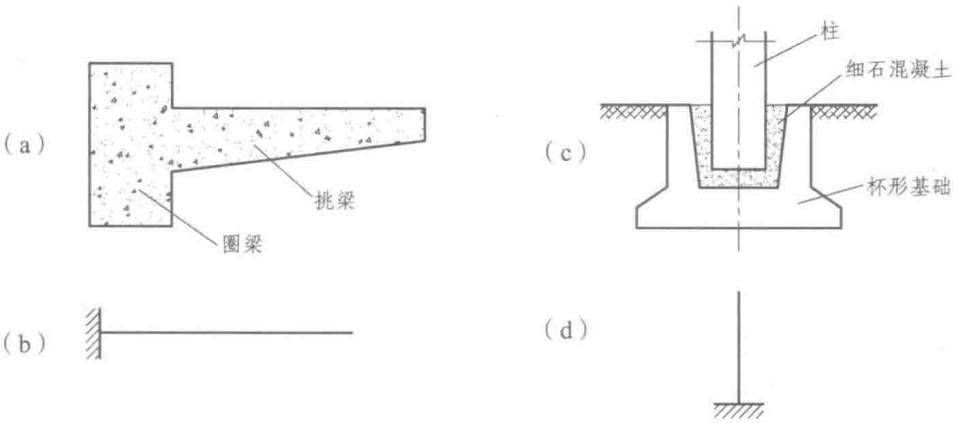


图 0.12

(4) 滑动支座。这种支座在土木工程中并不常用，机械工程中气缸对活塞的作用与之相当。它只允许杆件沿支承面平行的方向产生移动，而限制了构件垂直于支承面方向的移动以及绕支座的转动。图 0.13 (a) 所示推拉门上与滑轨相连的滑块，可视为滑动支座，其计算简图如图 0.13 (b) 所示。

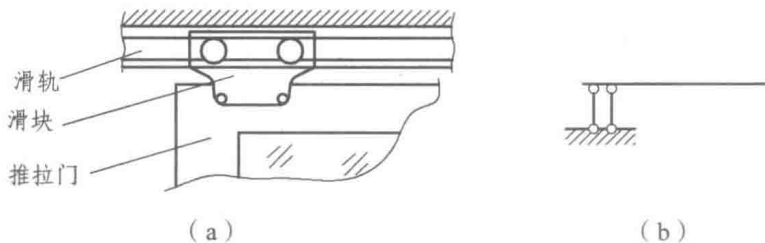


图 0.13

3. 荷载的简化

(1) 集中荷载。在物体的受力分析中，使物体产生运动或运动趋势的力称为主动力，在工程中通常称主动力为荷载。如果工程结构所受的荷载作用范围很小，可以认为作用于一个点，可当做集中荷载，在计算简图中用一带箭头的线段来表示，如图 0.14 所示。

(2) 分布荷载。如果工程结构所受的荷载分布于某一体积上时，称为体分布荷载，简称体荷载（如构件的自重）；荷载分布于某一面积上时，称为面分布荷载，简称面荷载（如风压力、雪压力、土压力、水压力等）；荷载分布于构件的某一线段上时，称为线分布荷载，简称线荷载（如梁的自重）。由于工程上的构件一般都具有对称面或对称线，所以体荷载和面荷载通常可以简化为线荷载来进行计算。各处大小都相同的分布荷载又称为均布荷载，否则称为非均布荷载。例如，水池底所受的水压力为均布面荷载，并可以简化为均布线荷载，如图 0.15 (a) 所示；而水池壁所受的水压力为非均布面荷载，可以简化为非均布线荷载，如图 0.15 (b) 所示。这里讨论的荷载主要是其大小、方向和作用位置不随时间变化的静荷载。

上述的结构简化为计算简图中的基本问题，结构的计算简图是工程应用力学分析的基础，极为重要。对实际结构，确定其计算简图并不是一件容易的事情。特别是对于一些比较复杂的结构，在进行结构简化时，需要有一定的专业知识和实践经验，并能够对结构的构造及各部分之间的受力情况和相互作用进行正确判断，甚至有时还需要利用模型试验和现场测试才能得出正确的结构计算简图。

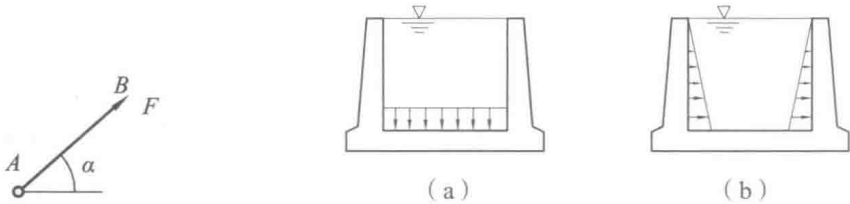


图 0.14

图 0.15

4. 结构计算简图示例

图 0.16 (a) 中一根梁架设在两个砖柱上，其上作用一重物。进行简化时，梁以其轴线代替；重物的作用范围相对于梁的长度很小，故可视为一个点，重物的作用效果就简化为一集

中力；综合考虑砖柱与梁端的摩擦和梁沿轴线方向有一定的伸长或缩短，将一端视为可动铰支座，另一端视为固定铰支座，便可得到图 0.16 (b) 所示的计算简图。

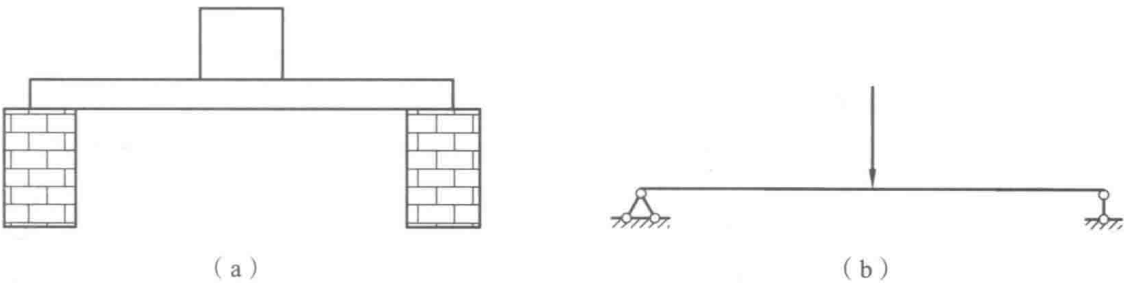


图 0.16

又如图 0.17 (a) 所示的工厂厂房，其主要构件是梁、柱、基础等，其中的每一横排的梁、柱、基础处于同一平面内，梁与柱、柱与基础的联结都非常牢固，可以把梁与柱的联结看成是刚性结点，柱与基础的联结看成是固定端支座，梁上的荷载简化为均布荷载，从而得到如图 0.17 (b) 所示的计算简图。

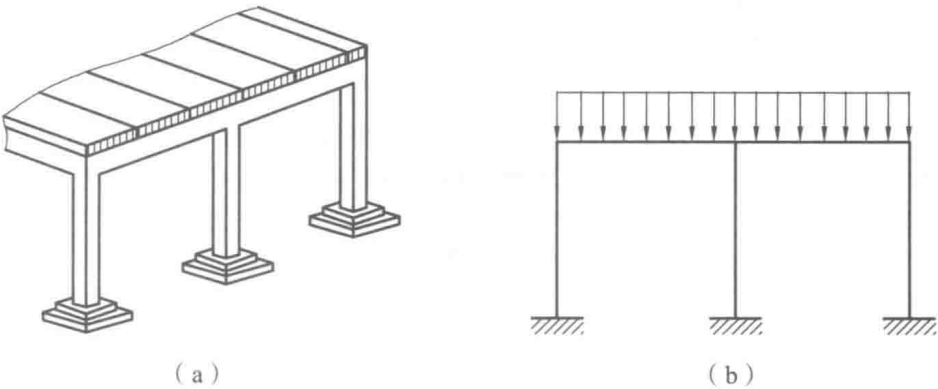


图 0.17

再如图 0.18 (a) 所示，为一钢筋混凝土屋架，考虑到杆件的主要受力特点，计算时可以采用图 0.18 (b) 所示的计算简图，即假定每个杆件的联结均为铰结。这样虽然与实际情况不太符合，但可以使计算大大简化，而且计算结果的精度能满足工程所需。如果将杆件间的联结改为刚结，如图 0.18 (c) 所示，虽然计算结果非常精确，但这样就会使得计算变得十分复杂。

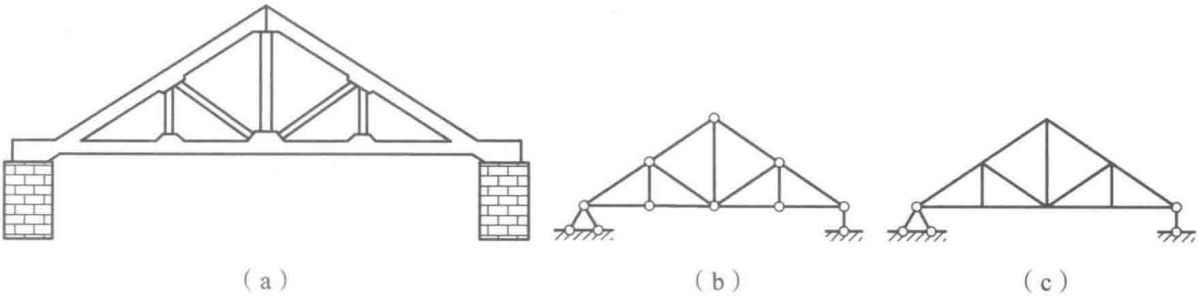


图 0.18

六、工程应用力学的发展概况、研究方法(阅读材料)

1. 工程应用力学的发展概况

力学是物理学中发展最早的一个分支,而物理科学的建立则是从力学,也就是从人类对力的认识开始的。它和人类的生活与生产联系最为密切。

力学知识最早起源于人类对自然现象的观察和在生产劳动中积累的经验。有关静力学的知识主要是从杠杆的平衡开始的。人们在建筑、灌溉等劳动中使用杠杆、斜面、汲水器具,逐渐积累起对平衡物体受力情况的认识。古希腊的阿基米德对杠杆平衡、物体重心位置、物体在水中受到的浮力等作了系统研究,确定了它们的基本规律,虽然这些知识尚属力学科学的萌芽,但初步奠定了静力学即平衡理论的基础。

在古代,人们还从对日、月运行的观察和弓箭、车轮等的使用中了解到一些简单的运动规律,如匀速的移动和转动。但是对力和运动之间的关系,在欧洲文艺复兴之后才逐渐有了正确的认识。16世纪以后,由于航海、战争和工业生产的需要,力学的研究得到了真正的发展。例如,钟表工业促进了匀速运动理论的发展,水磨机械促进了摩擦和齿轮传动的研究,火炮的运用推动了抛射体的研究。特别是天体运行的规律提供了机械运动最单纯、最直接、最精确的数据资料,使得人们有了排除摩擦和空气阻力干扰的可能,从而较为准确地掌握物体的运动规律。天文学的发展为力学找到了一个最理想的“实验室”——天体,牛顿继承和发展前人的研究成果,提出物体运动的三大定律。而伽利略在实验研究和理论分析的基础上,最早阐明自由落体运动的规律,提出加速度的概念。牛顿、伽利略奠定了动力学的基础,形成了系统的理论,使得动力学在实践中被广泛地应用并发展出了流体力学、弹性力学和分析力学等分支,使得力学逐渐脱离物理学而成为独立学科。

此后,力学与数学以及工程实践更加紧密地结合,创立了许多新的理论,同时也解决了工程技术中大量的关键性问题,力学便蓬勃发展起来。到20世纪60年代,电子计算机应用日益广泛,与计算机的结合使力学无论在应用上还是在理论上都有了新的进展。

力学在中国的发展经历了一个特殊的过程。与古希腊几乎同时,中国古代对平衡和简单的运动形式就已具备相当水平的力学知识,不同的是没有像阿基米德那样建立起系统的理论。在文艺复兴前的约1000年时间内,整个欧洲的科学技术进展缓慢,而中国科学技术的综合性成果堪称卓著,其中有些在当时居世界领先地位。这些成果反映出丰富的力学知识,但终未形成系统的力学理论。到明末清初,中国科学技术已显著落后于欧洲。经过曲折的过程,到19世纪中叶,牛顿力学才由欧洲传入中国。之后,中国力学的发展便随同世界潮流前进。

2. 力学的研究方法

力学研究方法遵循认识论的基本法则:实践—理论—实践。即从观察、实践出发,经过抽象、概括、综合、归纳、建立公理,再应用数学演绎和逻辑推理的方法得到定理和结论,形成理论体系,然后再回到实践中去解决实践问题并验证理论的正确性。

力学的研究经历了漫长的过程。从希腊时代算起,整个过程几乎长达两千年之久。之所以会如此漫长,一方面是由于人类缺乏经验,走弯路在所难免,只有在研究中自觉或不自觉地摸索到了正确的研究方法,才有可能得出正确的科学结论。另一方面就是生产力水平低下,没有适当的仪器设备,无从进行系统的实验研究,难以认识和排除各种干扰。例如,摩擦力