

高职高专土建类精品规划教材

工程力学

主 编 高 健

副主编 周无极 徐宏广 曾桂香 刘进宝

主 审 范钦珊 蔡 新



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高职高专土建类精品规划教材

工程力学

主 编 高 健

副主编 周无极 徐宏广 曾桂香 刘进宝

主 审 范钦珊 蔡 新



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材依照高职高专水利工程、水利工程施工、农田水利、水利水电工程、工业与民用建筑、道路桥涵等水利、土木建筑类专业教学计划和有关课程教学基本要求编写的。本教材包括物体的受力分析、力系的简化与平衡、基本变形杆件的内力分析和强度、刚度计算,压杆稳定和组合变形杆件的强度计算、结构的组成规律、静定结构的内力分析和位移计算、求解超静定结构内力的基本方法(力法、位移法、力矩分配法)、影响线、结构分析的计算机方法等内容,每章都配有本章教学要求、一定数量的思考题和习题,以助于学生学习掌握有关知识。

本教材可用于高职、高专和职大的水利水电类专业及其他土建类专业工程力学课程教学,亦可作为水利水电工程等建筑工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/高健主编. —北京:中国水利水电出版社,
2008

高职高专土建类精品规划教材

ISBN 978-7-5084-5799-4

I. 工… II. 高… III. 工程力学—高等学校:技术学校—
教材 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 115833 号

书 名	高职高专土建类精品规划教材 工程力学
作 者	主 编 高 健 副主编 周无极 徐宏广 曾桂香 刘进宝 主 审 范钦珊 蔡 新
出版发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开 23.75 印张 563 千字
版 次	2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	43.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

本教材是依照高职高专水利工程、水利工程施工、农田水利、水利水电工程、工业与民用建筑、道路桥涵等水利、土木建筑类专业教学计划和有关课程教学基本要求编写的。本教材贯彻高职高专技术教育改革精神,突出高职高专教育教学特点,以增强能力素质和创新意识的培养为指导思想,教材中不过分强调理论叙述的系统性,重视基本概念和方法结论的应用。教材编写力求叙述简练通俗,例题典型,结合工程实际,重视对学生工程意识和力学素养的训练和培养。

本教材包括物体的受力分析、力系的简化与平衡、基本变形杆件的内力分析和强度、刚度计算,压杆稳定和组合变形杆件的强度计算、结构组成规律、静定结构内力分析和位移计算、求解超静定结构内力的基本方法(力法、位移法、力矩分配法)、影响线、结构分析的计算机方法等内容,各部分内容相互协调,减少不必要的重复。概括介绍力学基本原理,重点介绍结构分析的基本计算方法和计算机方法,以提高学生分析和处理工程实际问题的能力。本教材共分为19章,每章都配有本章教学要求、思考题和习题,以助于学生学习掌握有关知识。带*号部分为不同专业选修内容。

本教材由高健任主编,周无极、徐宏广、刘进宝、曾桂香任副主编。主编主持的《工程力学》课程被评为2003年浙江省精品课程(浙教高教〔2003〕238号文);本教材为其教研成果之一,列为浙江省高等学校重点建设教材(浙教高教〔2004〕34号文)。参加本教材编写工作的有浙江水利水电专科学校、河南濮阳职业技术学院、浙江同济科技职业学院、湖南水利水电职业技术学院等四所院校的七位老师。绪论、第一、二、三、四、五章由浙江水利水电专科学校高健编写,第六、十九章由浙江水利水电专科学校李颖编写,第七、九、十章由浙江同济科技职业学院刘进宝编写,第八、十一章由湖北水利水电职业技术学院周无极编写,第十二、十三、十四章由河南濮阳职业技术学院曾桂香编写,第十五、十六章由河南濮阳职业技术学院许国武编写,第十七章由湖北水利水电职业技术学院徐宏广编写,第十八章及附录由河南濮阳职业技术学院丁小玲编写。

本教材承蒙首届国家级教学名师、清华大学博士生导师范钦珊教授,河海大学、南京水利科学研究院博士生导师蔡新教授主审,对本教材内容的正确性、合理性、实用性作全面审定,在此深表感谢!同时还要感谢对本教材编写过程中给予大力支持与帮助的导师和同行们。

由于编者水平有限,本教材难免有不妥和错误之处,恳切希望读者予以批评指正。

编者

2008年9月

目 录

前言

绪论	1
第一节 工程力学的研究对象	1
第二节 工程力学的研究内容和任务	2
第三节 刚体、变形体及其基本假定	3
第四节 荷载的分类与组合	4
第五节 结构计算简图	5
第一章 工程力学基础	8
第一节 工程力学基本概念	8
第二节 静力学基本原理	10
第三节 约束与约束反力	13
第四节 物体的受力分析与受力图	17
第五节 力在坐标轴上的投影	20
第六节 力矩和力偶	22
第七节 力的平移	25
思考题	26
习题	27
第二章 力系的简化	31
第一节 力系等效与简化的概念	31
第二节 平面汇交力系的简化	31
第三节 平面力偶系的简化	33
第四节 平面一般力系的简化	34
思考题	37
习题	38
第三章 平面力系的平衡	39
第一节 平面一般力系的平衡	39
第二节 简单刚体系统的平衡问题	44
第三节 考虑摩擦时物体的平衡	49
思考题	54
习题	54

第四章 杆件的内力分析	58
第一节 杆件的基本变形及其特点	58
第二节 内力及截面法	60
第三节 轴向拉伸和压缩杆件的内力分析	62
第四节 扭转轴的内力分析	65
第五节 梁的内力分析	67
思考题	79
习题	80
第五章 轴向拉伸和压缩的强度计算	83
第一节 应力的概念	83
第二节 轴向拉伸和压缩杆件横截面上的应力	84
第三节 拉(压)杆件的变形	86
第四节 材料在拉伸和压缩时的力学性质	90
第五节 拉(压)杆的强度计算	97
第六节 应力集中的概念	100
第七节 连接件的强度计算	101
思考题	105
习题	106
第六章 平面图形的几何性质	110
第一节 物体的重心和形心	110
第二节 面积矩	114
第三节 惯性矩和惯性积	116
第四节 组合截面的惯性矩	119
第五节 主惯性轴和主惯性矩	122
思考题	123
习题	123
第七章 扭转的强度和刚度计算	126
第一节 圆杆扭转时的应力和变形计算	126
第二节 薄壁圆筒的扭转试验	132
第三节 圆轴扭转时的强度和刚度计算	133
第四节 矩形截面杆的自由扭转简介	136
思考题	138
习题	138
第八章 弯曲的强度和刚度计算	140
第一节 梁横截面上的正应力	140
第二节 梁横截面上的切应力	145
第三节 梁的强度计算	148

第四节 弯曲中心的概念	154
第五节 梁的变形和刚度计算	156
思考题	161
习题	161
第九章 应力状态和强度理论	165
第一节 应力状态的概念	165
第二节 平面应力状态分析	166
第三节 梁的应力状态分析	173
第四节 三向应力状态下的最大应力	174
第五节 强度理论简介	176
思考题	180
习题	180
第十章 组合变形	182
第一节 概述	182
第二节 斜弯曲	183
第三节 拉伸(压缩)与弯曲的组合	186
第四节 偏心压缩(拉伸)	187
思考题	191
习题	191
第十一章 压杆稳定	193
第一节 压杆稳定的概念	193
第二节 细长压杆的临界力	194
第三节 压杆的临界应力	195
第四节 压杆的稳定计算	198
第五节 提高压杆稳定性的措施	201
思考题	202
习题	203
第十二章 平面体系的几何组成分析	205
第一节 几何组成分析的目的	205
第二节 体系自由度、刚片和约束	206
第三节 几何不变体系的组成法则	207
第四节 几何组成分析示例	210
第五节 几何组成与静定性的关系	211
思考题	212
习题	212
第十三章 静定结构的内力计算	214
第一节 静定结构的一般分析方法	214

第二节	多跨静定梁	216
第三节	静定平面刚架	219
第四节	静定平面桁架	224
第五节	静定组合结构	229
第六节	三铰拱	231
第七节	静定结构的特性	238
思考题		240
习题		240
第十四章	静定结构的位移计算	244
第一节	概述	244
第二节	功、广义力和广义位移	245
第三节	结构位移计算的一般公式	247
第四节	静定结构由于荷载引起的位移计算	249
第五节	图乘法	251
第六节	支座移动和温度改变引起的静定结构的位移	256
第七节	线性变形体的互等定理	259
思考题		261
习题		261
第十五章	力法	264
第一节	超静定结构概述	264
第二节	力法基本原理	266
第三节	力法的基本未知量、基本系和典型方程	268
第四节	力法计算超静定结构举例	270
第五节	对称性的利用	274
第六节	超静定结构的位移计算和最后内力图的校核	279
第七节	等截面单跨超静定梁的杆端内力	280
思考题		284
习题		284
第十六章	位移法	286
第一节	位移法的基本原理	286
第二节	位移法的基本未知量	287
第三节	用位移法计算超静定结构	289
思考题		295
习题		295
第十七章	力矩分配法	297
第一节	力矩分配法的基本原理	297
第二节	用力矩分配法计算连续梁和无侧移刚架	302

第三节 无剪力分配法	305
思考题	308
习题	308
第十八章 影响线	310
第一节 概述	310
第二节 静力法绘制单跨静定梁影响线	312
第三节 机动法作静定梁影响线	317
第四节 影响线的应用	320
第五节 简支梁的内力包络图	324
思考题	328
习题	328
第十九章 平面结构计算机程序分析	330
第一节 在求解器中输入平面结构体系	330
第二节 用求解器进行平面体系的几何组成分析	333
第三节 用求解器求解一般静定结构的内力	335
第四节 用求解器确定截面单杆	337
第五节 用求解器进行结构位移计算	338
第六节 用求解器进行力法计算	339
第七节 用求解器计算结构的影响线	341
附录 型钢表	344
习题参考答案	355
主要参考文献	368

绪 论

教学要求

工程力学是土建、水利类专业课程体系中最重要专业基础课，无论是从事设计还是施工、建设监理等各种土建、水利专业技术工作，都离不开工程力学知识。工程力学知识是每一个从事土建、水利专业工作的技术人员必须具备的基本素质。

通过本章学习，要求了解工程力学的研究对象、内容和任务，荷载的分类与组合，结构计算简图的概念和确定计算简图的原则；初步掌握强度、刚度和稳定性的概念；掌握刚体、变形固体的概念及变形固体的基本假设；掌握杆件的几何特征、刚结点和铰结点的特征。

第一节 工程力学的研究对象

一、工程力学的研究对象

工程力学是研究工程结构的受力分析、承载能力的基本原理和方法的科学。它是土木、水利等工程技术人员从事结构设计和施工所必须具备的理论基础。

在水利建设、房屋建筑和道路桥梁等各种工程的设计和施工中都涉及工程力学问题。为了承受一定荷载以满足各种使用要求，需要建造不同的建筑物。例如，水利工程中的水闸、水坝、水电站、渡槽、桥梁、隧洞等；土木建筑工程中的屋架梁、板、柱和塔架等。建筑物中承受荷载并起到骨架作用的部分称为结构。组成结构的各单独部分称为构件。结构是由若干构件按一定方式组合而成的。例如，工业厂房建筑一般是由屋架、梁、柱、基础等组成的体系，如图 0-1 所示，它们在传力过程中起骨架作用，这个体系称为厂房结

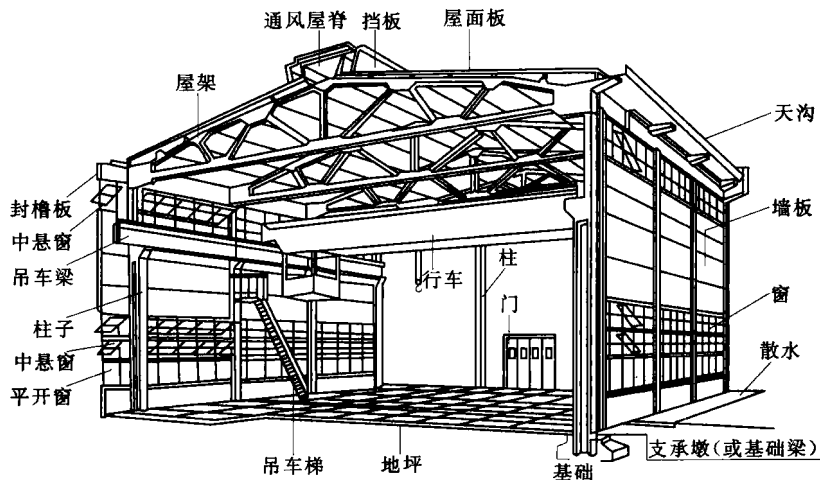


图 0-1



构。工程中一般结构按宏观尺寸区分为：

(1) 杆件结构。结构中构件的 3 个方向尺寸中某一方向的尺寸较其他两个方向的尺寸大得多的称杆件结构，如图 0-2 (a) 中 $l \geq b$ 与 h 的构件。

(2) 板、壳结构。结构中构件的 3 个方向尺寸中某一方向的尺寸（如厚度）较其他两个方向的尺寸小得多的称板（无曲率变化）、壳（有曲率变化）结构，如图 0-2 (b) 所示中 $h \leq a$ 与 b 的平板和双曲扁壳。

(3) 块体结构。此种结构 3 个方向尺寸相差不多，如图 0-2 (c) 所示的块体。

工程力学的研究对象主要是杆件和杆系结构。

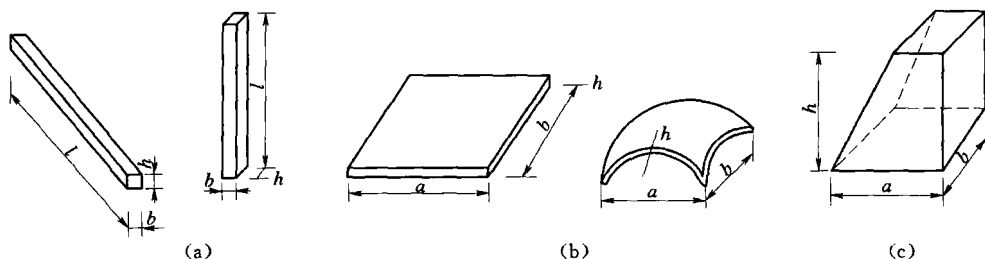


图 0-2

二、杆件的几何特征

杆件是指物体的纵向（长度）尺寸远大于横截面的宽度和高度（横向）尺寸的构件，即杆件的几何特征是细而长。纵向（长度方向）尺寸 $\gg$ 横向（垂直与长度方向）尺寸，即 $l \gg b, h$ 。在实际工程中的梁、柱等构件就是典型的杆件实例。

杆件的主要几何因素是横截面和轴线：横截面是垂直杆的长度的截面；轴线是所有截面形心的连线。

杆件分为直杆和曲杆：等直杆轴线为直线，且横截面沿轴线不变；曲杆是轴线为曲线的杆件，如图 0-3 所示。

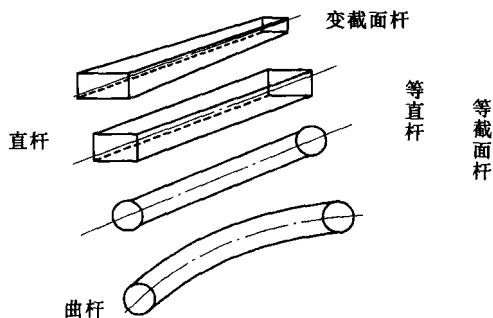


图 0-3

第二节 工程力学的研究内容和任务

工程力学的任务是进行结构的受力分析，分析结构的几何组成规律，解决在荷载作用下结构的强度、刚度和稳定性问题，即解决结构和构件所受荷载与其自身的承载能力这一对基本矛盾。研究杆件体系的计算原理和方法，为结构设计合理的形式，其目的是保证结构按设计要求正常工作，并充分发挥材料的性能，使设计的结构既安全可靠又经济合理。

进行结构设计时，首先须知作用在结构和构件上的各种荷载。结构设计要求各构件必须按一定规律组合，以确保在荷载作用下结构的几何形状不发生改变，即进行结构的几何



组成分析。

结构正常工作必须满足强度、刚度和稳定性的要求，即进行其承载能力计算。

强度是指结构和构件抵抗破坏的能力。满足强度要求即要使结构的各构件正常工作时不发生破坏。

刚度是指结构和构件抵抗变形的能力。满足刚度要求即要使结构或构件正常工作时产生的变形不超过允许范围。

稳定性是指结构或构件保持原有平衡状态的能力。满足稳定性要求即要使结构或构件在正常工作时不突然改变原有平衡状态，以致因变形过大而破坏。

结构在安全正常工作的同时还应考虑经济条件，应充分发挥材料的性能，不至于产生过大的浪费，即设计结构的合理形式。

按教学要求，工程力学的内容包含以下几个部分：

(1) 工程静力学。这是工程力学中重要的基础理论。其中包括物体的受力分析、力系的简化与平衡等。

(2) 杆件的承载能力计算。杆件的承载能力计算是结构承载能力计算的实质。包括基本变形杆件的内力分析和强度、刚度计算，压杆稳定和组合变形杆件的强度、刚度计算。

(3) 结构的内力分析。由此可按杆件承载力计算方法进行超静定结构的强度和刚度等计算。包括研究体系的几何组成规律、静定结构的内力分析和位移分析、求解超静定结构内力的基本方法（力法、位移法、力矩分配法等）以及影响线等。

(4) 结构的计算机分析方法。采用清华大学袁驷教授研制的结构力学求解器。求解内容包括了二维平面结构（体系）的几何组成、静定、超静定、位移、内力、影响线等工程力学课程中所涉及的一系列问题。

第三节 刚体、变形体及其基本假定

自然界中的物体及工程中的结构和构件，其性质是复杂多样的。不同学科只是从不同角度去研究物体性质的某一个或某几个侧面。为使所研究的问题简化，常略去对所研究问题影响不大的次要因素，只考虑相关的主要因素，将复杂问题抽象化为只具有某些主要性质的理想模型。工程力学中将物体抽象化为两种计算模型：刚体和理想变形固体。

一、刚体的概念

所谓刚体就是指在外力的作用下，大小和形状都不变的物体。它的基本特征是，在任何情况下，刚体内任意两点间的距离始终保持不变。实际上，任何物体受力的作用后都发生一定的变形，但在进行结构和构件的受力分析及体系几何组成分析时，变形这一因素不影响所研究问题的性质。因此，在工程静力学及体系几何组成分析时，将变形体简化为不变形的刚体。

二、理想变形体及其基本假设

变形体是指受力后会产生变形的物体。其基本特征是受力后变形体内两点间的距离会发生变化。

理想变形体是对实际变形体的材料作出一定假设，将其理想化。在进行结构的内力分



析和杆件的承载能力计算时,其变形是不可忽略的主要因素,这时应将其作为理想变形体。对理想变形体材料的基本假设有:

(1) 连续均匀假设。连续是指材料内部没有空隙,均匀是指材料的性质各处相同。连续均匀假设即认为物体的材料无空隙地连续分布,且各处性质均相同。

(2) 各向同性假设。即认为材料沿不同方向的力学性质均相同。具有这种性质的材料称为各向同性材料,而各方向力学性质不同的材料称为各向异性材料。

按照上述假设理想化了的一般变形固体称为理想变形固体。刚体和理想变形固体都是工程力学研究中必不可少的理想化的力学模型。

变形固体受力作用产生变形。撤去荷载可完全消失的变形称为弹性变形。撤去荷载不能恢复的变形称为塑性变形或残余变形。在多数工程问题中,要求构件只发生弹性变形。工程中大多数构件在荷载作用下产生的变形量若与其原始尺寸相比很微小时,称为小变形,否则称为大变形。小变形构件的计算,可采取变形前的原始尺寸并略去某些高阶微量,以达到简化计算的目的。

综上所述,工程力学中把所研究的结构和构件作为连续、均匀、各向同性的理想变形体,在弹性范围内和小变形情况下研究其承载能力。

由于采用以上力学模型,大大方便了理论的研究和计算方法的推导,其精确程度可满足一般的工程要求。应该指出:实践是检验真理的唯一标准,任何假设都不是主观臆断的,而必须建立在实践的基础之上。同时,在假设基础上得出的理论结果,也必须经过实践的验证。工程力学的研究方法,除理论方法外,试验也是很重要的一种方法。

第四节 荷载的分类与组合

作用在结构上的荷载和其他外来作用,广义地讲,都可以称为结构的荷载。合理地确定荷载是计算简图的一部分,也是正确进行结构分析的前提。

广义荷载按其作用的性质可分为静力荷载、动力荷载和其他外来作用等三大类。

静力荷载是指其大小、方向不随时间而改变或改变得很缓慢,以致在结构分析中可以略去其惯性力。静力荷载又可分为固定荷载和活荷载两种。固定荷载是永久地作用在结构上的荷载,如结构的自重及固定设备等。活荷载是一种临时荷载,它的特点是位置可以移动,或者位置固定,但时有时无,如桥梁上行驶的车辆、仓库中堆放的货物、风、雪荷载等。

动力荷载是指大小、方向都可随时间而变的荷载。这种荷载使结构振动而产生加速度,在结构设计中必须考虑其惯性力,如机器运转、波浪压力、地震作用等。

其他外来作用如温度改变、材料收缩、支座沉陷和制造不精确等都可能引起结构变形,同时也可能产生相应的应力。

通常把荷载分为主要荷载、附加荷载和特殊荷载三种。主要荷载是结构在正常使用条件下经常作用的荷载,如自重、土压力、水压力等。附加荷载是不经常出现的临时荷载,如施工中吊车的移动荷载等。特殊荷载是在特殊情况下出现的荷载,如地震、爆炸冲击波等。



在结构设计中，需要按各种荷载出现的实际可能性加以组合。根据不同的工程领域，按结构在不同时期所承担的任务，有不同的荷载组合，一般情况下采用如下组合：

- (1) 主要荷载。
- (2) 主要荷载+附加荷载。
- (3) 主要荷载+附加荷载+特殊荷载。

设计结构时对上面 3 种荷载组合应分别考虑不同的安全储备。对第一种组合，安全储备应高一些；第二种组合，安全储备可低一些；第三种组合，安全储备可更低一些。

第五节 结构计算简图

结构计算简图是指将实际结构按一定的原则进行简化，使它成为既能反映原结构实际工作状态的主要特征，又便于结构分析的计算模型。在结构分析中，结构的计算简图就是实际结构的代表，一切计算都是按计算简图进行的。因此，计算简图的选取是十分重要的，它直接影响到结构分析的结果。

结构计算简图选取必须满足如下两个基本要求：

- (1) 尽可能正确地反映结构的实际工作状态，使计算结果与实际情况足够接近。
- (2) 尽可能使结构分析计算得到简化。对实际结构进行简化的目的不仅仅是使结构分析得以进行，更重要的是使结构分析能反映实际工作状态。

结构的实际工作状态主要取决于结构本身的构造和荷载的传递。因此，我们将从这些方面入手对组成结构的杆件、杆件与杆件之间的联系（称为结点）、基础与结构之间的联系（称为支座）、作用的荷载和结构材料性质等几个方面进行简化，说明杆系结构计算简图的选取。

一、从空间到平面的简化

杆系结构可分为平面结构和空间结构。平面结构要求所有杆件的轴线和外力的作用线都在同一平面内，不符合这个条件的结构就属于空间结构。实际结构多属于空间结构。有些空间结构可以简化为平面结构来计算。

如图 0-4 (a) 所示为空间的钢筋混凝土刚架结构，在图示荷载作用下就可以简化为如图 0-4 (b)、(c) 所示两个平面刚架来计算。又如如图 0-5 (a) 所示的地下输水涵管，它沿水流方向（即管轴线方向）很长，其横截面和荷载沿此方向基本不变，计算时就可以

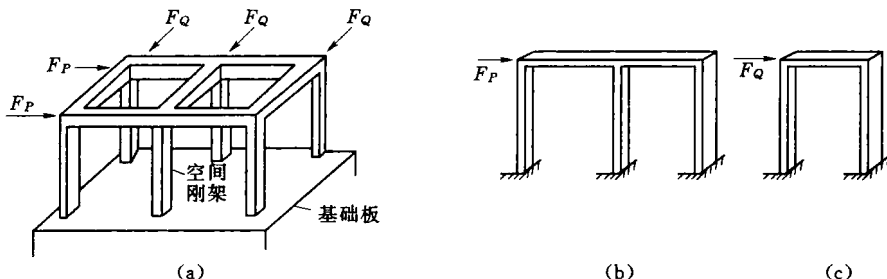


图 0-4

(a) 原结构；(b)、(c) 计算简图



沿水流方向截取单位长度的一段，如图 0-5 (b) 所示的平面框架。

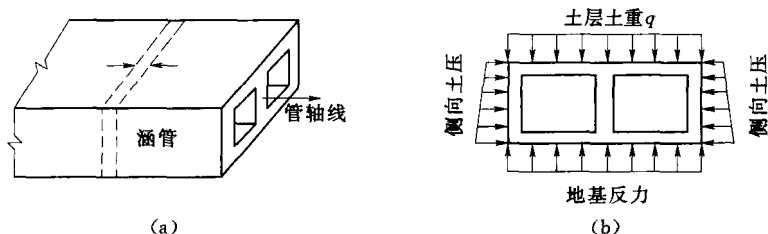


图 0-5

(a) 原结构；(b) 计算简图

二、杆件的简化

杆系结构是由细而长的杆件组成的。通常，当杆件的长度大于其截面高度 5 倍以上时，可以用杆件的轴线来代替杆件，用杆轴线所形成的几何轮廓代替原结构。如图 0-6 (a) 所示为一箱形结构的剖面示意图，由各杆轴线所形成的结构的几何轮廓，即为计算简图，如图 0-6 (b) 所示。

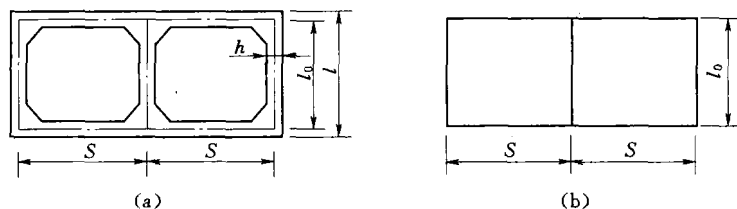


图 0-6

三、结点的简化

杆件与杆件的连接处称为结点。根据连接处构造的差异，结点可分为刚结点和铰结点

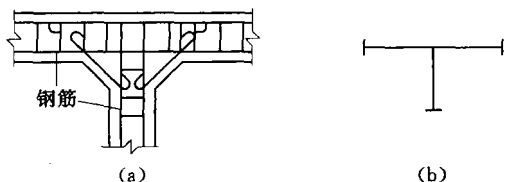


图 0-7

(a) 原图；(b) 简图

两种。刚结点的特征是汇交于结点的各杆端相互固结在一起，它们之间既不能相对移动，也不能相对转动。如图 0-7 (a) 所示为钢筋混凝土结构的结点构造图，如图 0-7 (b) 所示为它的计算简图。铰结点的特征是，汇交于结点的各杆端不能相对移动，但可以相对转动。如图 0-8 (a) 所示为典型的合页式铰，如图 0-8 (d) 所示为其计算简图。如图 0-8 (b)、(c) 所示分别为木结构与钢结构的结点构造图，它们通常简化为铰结点，计算简图为如图 0-8 (e)、(f) 所示。需要指出的是，这种简化处理有一定的近似性。

四、支座的简化

联系结构与基础的装置称为支座，它起着支承并限制结构运动的作用。根据支座的构造和所起作用的不同，一般可简化为铰支座、辊轴支座、固定支座、滑移支座和弹性支座五种（具体在第一章中讲解）。

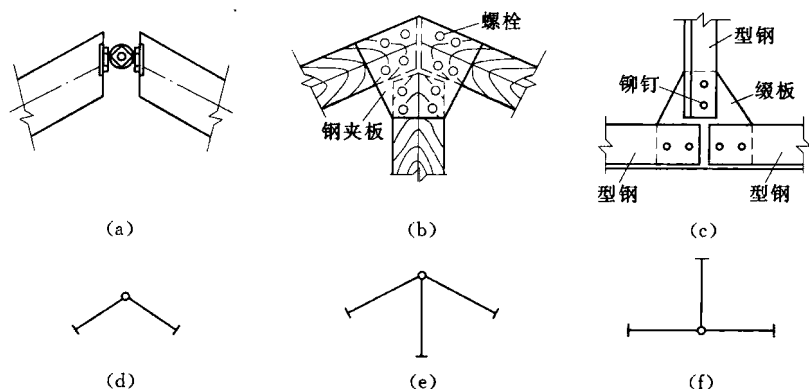


图 0-8

(a)、(b)、(c) 原图；(d)、(e)、(f) 简图

上面介绍的选取计算简图的原则和方法，主要是从结构的构造所起的作用来分析的。为进一步理解计算简图的选取，下面以图 0-9 所示单跨工业厂房为例加以说明。单层单跨工业厂房一般沿长度方向是由好几根排架组成的。每一根排架皆由相同的屋架和柱连接起来。各排架的受力情况相类似，所以，可取一根排架代替整个空间的厂房进行计算。每一根排架主要的传力构件为屋架和柱。对于屋架，考虑垂直荷载时把屋面板等重量等效地作用在屋桁架的结点上，每一结点为铰结点。对于柱子，因吊车梁处的立柱截面有变化，因此，立柱为变刚度杆件吊车梁上行驶的荷载，作用于支撑吊车梁的立柱牛腿上。柱子的基脚深埋在地基中，当成固定支座。柱顶与屋架相连，一般联系为预埋件焊接，可当成铰结看待。再考虑厂房受风荷载作用时，则排架的计算简图如图 0-9 (a) 所示。进一步简化排架时，由于屋架在水平面内的刚度很大，在整体计算排架时可把屋架当成轴向刚度无穷大的杆来看待。屋架计算简图如图 0-9 (b)、(c) 所示。

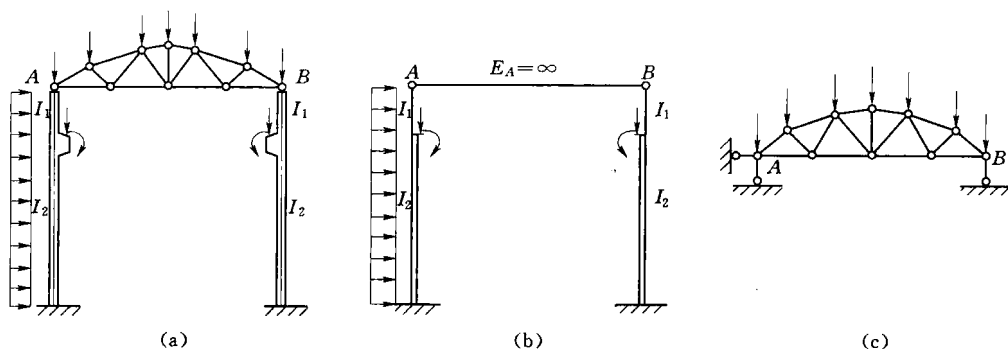


图 0-9

事实上，要正确、合理地选择实际结构的计算简图，不仅需要一定的力学知识，而且还要有丰富的结构设计和施工经验。所以，还必须在有关课程的学习中以及结构设计和建造中，紧密结合工程实践，不断积累和总结经验，逐步完善地解决这个问题。

第一章 工程力学基础

教学要求

通过本章学习,要求掌握工程力学基本概念、等效力系和平衡力系的概念、约束与约束反力的概念、力矩和力偶概念、力的平移定理;掌握静力学基本原理、工程中常见约束类型的性质、计算简图、约束反力并能熟练的应用,正确的绘制物体的受力图;熟练掌握力在坐标轴上的投影、力矩计算、力偶的性质。

本章重点和难点是正确地绘制物体的受力图,培养学生定性分析问题的能力。

第一节 工程力学基本概念

一、力的概念

1. 定义

力是物体间相互的机械作用,这种作用使物体的运动状态发生改变和变形状态发生改变。例如,推小车是通过人手与小车的相互作用,使小车由静止开始运动——小车运动状态发生改变;弹簧受拉后会伸长,受压后会缩短;火车通过桥梁时会使桥梁变弯(弯曲变形)。

2. 力的效应

(1) 运动效应——力使物体运动状态发生改变的效应。

(2) 变形效应——力使物体形状发生改变的效应。

3. 力的三要素

力的三要素为大小、方向、作用点。

(1) 力的大小反映了物体间相互作用的强弱程度。

(2) 力的方向指的是静止质点在该力作用下开始运动的方向;沿该方向画出的直线称为作用线,力的方向包含力的作用线在空间的方位和指向。

(3) 力的作用点是物体相互作用位置的抽象化。实际上两个物体接触处总会占有一定的面积,力总是作用于物体的一定面积上的。如果这个接触面积很小,则可将其抽象为一个点,这时作用力称为集中力。例如,汽车通过轮胎作用在桥面上的力,如图 1-1 (a) 所示。如果接触面积比较大,力在整个接触面上分布作用,这时的作用力称为分布力。例如,桥梁的自重,沿整个桥梁连续分布,如图 1-1 (b) 所示。

4. 力的单位

在国际单位制中,力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。