

全国建筑企业施工员岗位培训教材

( 土建综合工长 )

# 建筑力学与 结构基础知识

JIANZHULIXUEYUJIEGOUJICHUZHISHI

吴承霞

吴大蒙

主编

中国建筑工业出版社



TJ31/  
9800141

全国建筑企业施工员（土建综合工长）岗位培训教材

# 建筑力学与结构基础知识

|     |     |    |
|-----|-----|----|
| 吴承霞 | 吴大蒙 | 主编 |
| 刘警闰 | 张须良 | 参编 |
| 郭庆华 | 杨茂森 |    |

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑力学与结构基础知识/吴承霞, 吴大蒙主编. -北京: 中国建筑工业出版社, 1998

全国建筑企业施工员 (土建综合工长) 岗位培训教材  
ISBN 7-112-02941-4

I. 建… I. ①吴… ②吴… II. 建筑结构-结构力学-技术培训-教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 03932 号

本书内容包括建筑力学、建筑结构、地基基础与建筑抗震三篇, 包括静力学基本知识, 静定结构内力分析, 杆件强度、刚度及稳定性, 超静定结构, 结构设计原理, 钢筋混凝土结构, 砌体结构, 钢结构及有关地基与基础, 建筑抗震等。

本书是建设部人事教育劳动司指定的全国建筑企业施工员 (土建综合工长) 岗位培训教材, 也可作为中等专业学校有关专业的教学用书, 还可供土建工程技术人员学习参考。

全国建筑企业施工员 (土建综合工长) 岗位培训教材

建筑力学与结构基础知识

吴承霞 吴大蒙 主编

刘警围 张须良 参编

郭庆华 杨茂森

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市兴顺印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 28 $\frac{1}{4}$  字数: 685 千字

1998 年 1 月第一版 1998 年 1 月第一次印刷

印数: 1—5000 册 定价: 36.00 元

ISBN 7-112-02941-4

G·256 (8606)

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

1987年由城乡建设环境保护部建筑业管理局、城乡建设刊授大学组织编审，由中国建筑工业出版社出版的基层施工技术员（土建综合工长）岗位培训教材自出版以来，在建筑施工企业基层管理人员资格性岗位培训中，发挥了重要作用，为提高基层施工管理人员的素质作出了突出的贡献。但也存在一定的不足，特别是这套教材出版以来的九年中，我国经济建设发生了重大变化，科学技术日新月异。原来的教材已不适应建筑施工企业基层管理人员岗位培训的需要，也不符合1987年以来颁布的新法规、新标准、新规范，为此我司决定对基层施工技术员岗位培训教材进行修订或重新编写，并对教学计划和教学大纲进行了调整。

经修订或重新编写的这套教材，定名为全国建筑企业施工员（土建综合工长）岗位培训教材。它是根据经审定的大纲在总结前一套教材经验的基础上吸收广大读者、教师、工程技术人员在使用中的建议和意见，按照科学性、先进性、实用性、针对性、适当超前性和注重技能培训的原则，进行修订和编写的。部分教材作了较大的调整。

本套教材由三个部分组成，对于专业性、针对性强的课程，采用重新编写和修订出版的教材；一部分教材是指定教材，选用已经出版的中专或其他培训教材；对于通用性强的基础课程由各培训单位自行选用。

本套教材由建设部人事教育劳动司组织。在编写、出版过程中，各有关单位为保证教材质量和按期出版，作出了努力，谨向这些单位致以谢意。

希望各地在使用过程中提出宝贵意见，以便不断提高建筑企业施工员岗位培训教材的质量。

建设部人事教育劳动司

1997年6月

## 前 言

本书分为建筑力学、建筑结构、地基基础与建筑抗震三篇，内容包括静力学基本知识、静定结构内力分析、单个杆件的强度刚度和稳定性计算、结构计算简图及体系几何组成分析、静定结构位移计算和刚度概念、超静定结构内力计算、结构设计原理、钢筋混凝土结构基本构件、钢筋混凝土楼盖、单层工业厂房、多层及高层房屋结构、砌体结构、钢结构与木结构、大跨度结构、建筑场地地基与基础、建筑抗震。

参加本书编写的有河南省建筑工程学校刘警围（第一篇绪论、第一、二、三章）、张须良（第四、五、六章）、吴大蒙（第二篇绪论、第七、八、九、十六章）、吴承霞（第十、十一、十二、十三、十四、十五章）、郭庆华（参加第十一章编写工作）、杨茂森（参加第十四、十六章编写工作）。全书由吴承霞、吴大蒙主编。

全书由湖南省建筑工程学校高级讲师周刃荒主审。

本书在编写过程中，注重贯彻少而精的原则，力求内容精炼、概念清楚、文字叙述简明扼要。限于编者水平，书中缺点和不足之处难免，恳望使用本书的老师和读者赐教。



# 目 录

## 第一篇 建筑力学

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 绪 论                   | 1   |
| 第一章 静力学基本知识           | 4   |
| 第一节 静力学基础             | 4   |
| 第二节 力矩与力偶             | 11  |
| 第三节 力系的合成和平衡条件        | 13  |
| 第四节 叠加法支反力            | 21  |
| 第五节 重心                | 24  |
| 复习思考题                 | 25  |
| 习题                    | 27  |
| 第二章 静定结构内力分析          | 31  |
| 第一节 静定结构的内力概述         | 31  |
| 第二节 轴力、剪力和弯矩          | 33  |
| 第三节 内力图               | 43  |
| 复习思考题                 | 59  |
| 习题                    | 61  |
| 第三章 杆件的强度、刚度和稳定性计算    | 66  |
| 第一节 应力的概念和计算          | 66  |
| 第二节 截面几何性质            | 69  |
| 第三节 材料在拉伸和压缩时的力学性质    | 72  |
| 第四节 强度计算              | 75  |
| 第五节 刚度计算              | 87  |
| 第六节 压杆稳定性计算           | 94  |
| 复习思考题                 | 102 |
| 习题                    | 104 |
| 第四章 结构的计算简图及体系的几何组成分析 | 108 |
| 第一节 结构的计算简图           | 108 |
| 第二节 平面体系几何组成分析        | 111 |
| 复习思考题                 | 116 |
| 习题                    | 116 |
| 第五章 静定结构位移计算和结构刚度的概念  | 119 |
| 第一节 计算结构位移的单位荷载法      | 119 |
| 第二节 结构的刚度概念           | 131 |
| 复习思考题                 | 135 |
| 习题                    | 136 |
| 第六章 超静定结构内力计算         | 138 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 第一节 超静定结构概述 ..... | 138 |
| 第二节 力法 .....      | 139 |
| 第三节 力矩分配法 .....   | 150 |
| 复习思考题 .....       | 165 |
| 习题 .....          | 166 |

## 第二篇 建 筑 结 构

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 绪 论 .....                      | 170 |
| 第七章 建筑结构设计基本原理简介 .....         | 172 |
| 第一节 建筑结构的性能要求与极限状态 .....       | 172 |
| 第二节 建筑结构的荷载和材料强度取值 .....       | 173 |
| 第三节 概率极限状态设计方法 .....           | 176 |
| 复习思考题 .....                    | 179 |
| 第八章 钢筋混凝土结构基本构件 .....          | 180 |
| 第一节 钢筋和混凝土材料的力学性能 .....        | 180 |
| 第二节 受弯构件正截面承载力计算 .....         | 187 |
| 第三节 受弯构件斜截面承载力计算 .....         | 205 |
| 第四节 受弯构件的构造要求 .....            | 214 |
| 第五节 受压构件 .....                 | 218 |
| 第六节 钢筋混凝土结构裂缝宽度和变形的验算 .....    | 229 |
| 第七节 预应力混凝土结构基本知识 .....         | 233 |
| 复习思考题 .....                    | 238 |
| 习题 .....                       | 238 |
| 第九章 钢筋混凝土楼盖与楼梯 .....           | 241 |
| 第一节 钢筋混凝土楼盖的结构型式与适用性 .....     | 241 |
| 第二节 肋形楼盖结构布置与受力体系 .....        | 243 |
| 第三节 整体式肋形楼盖的设计要点与构造要求 .....    | 245 |
| 第四节 装配式楼盖 .....                | 258 |
| 第五节 楼梯 .....                   | 262 |
| 复习思考题 .....                    | 266 |
| 第十章 单层工业厂房 .....               | 267 |
| 第一节 单层工业厂房的特点及结构型式 .....       | 267 |
| 第二节 装配式钢筋混凝土排架结构的组成及传力途径 ..... | 268 |
| 第三节 柱网、伸缩缝及支撑的布置 .....         | 271 |
| 第四节 单层厂房排架计算简图及柱截面选型 .....     | 272 |
| 复习思考题 .....                    | 278 |
| 第十一章 多层及高层房屋结构 .....           | 279 |
| 第一节 国内外高层建筑简介 .....            | 279 |
| 第二节 多层及高层房屋结构总体布置 .....        | 281 |
| 第三节 多层及高层房屋的荷载 .....           | 287 |
| 第四节 钢筋混凝土框架结构 .....            | 288 |
| 第五节 其他高层房屋结构体系 .....           | 297 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 复习思考题 .....                  | 310 |
| <b>第十二章 砌体结构</b> .....       | 311 |
| 第一节 砌体结构发展简史 .....           | 311 |
| 第二节 砌体材料及其力学性能 .....         | 312 |
| 第三节 混合结构房屋承重体系和静力计算方案 .....  | 315 |
| 第四节 墙、柱的高厚比验算 .....          | 316 |
| 第五节 砌体结构构件的承载力计算 .....       | 319 |
| 第六节 过梁、挑梁、雨篷及墙体的构造措施 .....   | 327 |
| 复习思考题 .....                  | 332 |
| 习题 .....                     | 333 |
| <b>第十三章 钢结构和木结构</b> .....    | 335 |
| 第一节 钢结构的特点、应用范围和材料 .....     | 335 |
| 第二节 钢结构的连接 .....             | 340 |
| 第三节 钢结构构件的计算特点与截面选型 .....    | 344 |
| 第四节 钢屋盖 .....                | 348 |
| 第五节 木结构的特点、适用范围及材料要求 .....   | 351 |
| 第六节 木结构的连接构造 .....           | 353 |
| 复习思考题 .....                  | 354 |
| 习题 .....                     | 354 |
| <b>第十四章 大空间大跨度结构简介</b> ..... | 355 |
| 第一节 网架体系 .....               | 355 |
| 第二节 拱、悬索和壳体结构体系 .....        | 361 |
| 第三节 悬挑挑台结构 .....             | 365 |
| 复习思考题 .....                  | 367 |

### 第三篇 地基基础与建筑抗震

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| <b>第十五章 地基与基础</b> .....    | 368 |
| 第一节 建筑场地与地基 .....          | 368 |
| 第二节 基础 .....               | 377 |
| 复习思考题 .....                | 387 |
| 习题 .....                   | 387 |
| <b>第十六章 建筑抗震基础知识</b> ..... | 388 |
| 第一节 地震基础知识和抗震设防目标 .....    | 388 |
| 第二节 建筑结构抗震措施 .....         | 395 |
| 复习思考题 .....                | 405 |

### 附 录

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 附录一 荷载取值 .....      | 406 |
| 附录二 钢筋混凝土结构用表 ..... | 409 |
| 附录三 砌体结构用表 .....    | 419 |
| 附录四 钢结构用表 .....     | 428 |
| 参考文献 .....          | 441 |



# 第一篇 建筑力学

## 绪 论

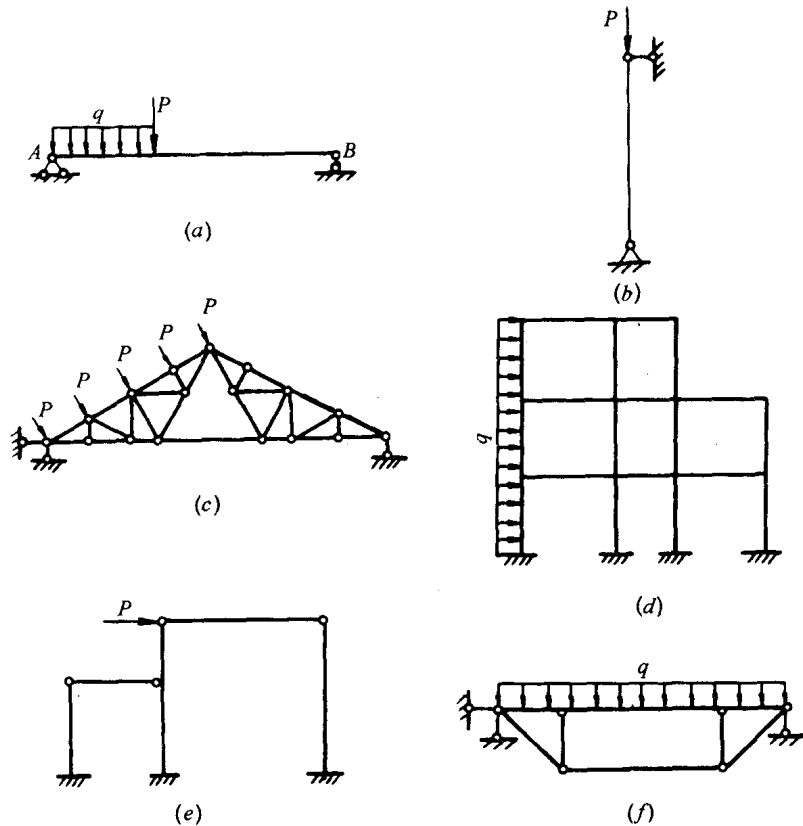
任何一幢建筑物都是由许许多多构件组合起来的。例如，一幢普通的民用楼房，是由楼板、墙（柱）等构件组成。建筑物在使用中会受到各种力的作用，如外墙上的风力、屋顶上的积雪重、楼板上的人群、设备重量以及各部分构件自身的重量等。这些作用在建筑物上的力，在工程上称为荷载。一个庞大的建筑物，在建造之前，设计人员将对它的所有构件都一一进行受力分析，构件尺寸的大小、所用材料、排列位置等都要通过结构计算来确定。这样才能保证建筑物的牢固和安全。这种繁复而又细致的计算工作，必须要有科学的计算理论作为依据才有可能进行。建筑力学便是提供这些建筑结构受力分析和计算理论依据的一门学科，它将为读者打开进入结构设计和解决施工现场中许多受力问题的大门。本篇将研究这些理论的最基本部分，讨论这些用途很广的受力分析问题。

### 一、建筑力学的研究对象

建筑力学的研究对象是建筑结构，简称结构。即在建筑物中能支承传递荷载，维持平衡，并起骨架作用的整体或某一部分。一个结构，大的如整幢楼房、整座桥梁，小的如一根梁、一根柱、一块板。结构可分为三类：一类是杆件（杆系）结构，即一向尺寸远大于其他两向尺寸的结构。在建筑工程中，应用较多的单个杆件是梁和柱（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）、梁桁组合结构（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。第二类是薄板（薄壳）结构，即一向尺寸远小于其他两向尺寸的结构，如屋面板等。第三类是实体结构，即三向尺寸相仿的结构，如挡土墙、基础等。本书的研究对象主要是杆件（杆系）结构。

### 二、建筑力学的主要内容和任务

由于结构是用于传递和承受荷载的，所以，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，一根受荷载作用的梁搁在柱子上，梁对柱子有作用力，而柱对梁也起支承力作用。这样，任何一个构件，在设计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些什么反作用力，即要对构件进行受力分析；另一方面，当构件受到各种作用力的同时，构件本身发生变形，并且存在着破坏的可能。但构件本身是具有一定的抵抗变形和破坏能力的，即有一定的承载能力。这种承载能力的大小与构件的材料性质、截面几何形状及尺寸、受力情况、工作条件、构造情况等有关。满足构件承载能力的最简单方法就是用的杆件多一些，粗一些，但这样做势必会造成很大的浪费。建筑力学的任务是为了合理解决这个矛盾，它的主要意图就是研究如何使结构使用最少的杆件，承受最大



图绪 - 1

的荷载。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各种结构在荷载作用下维持平衡的条件以及承载能力的计算方法，为解决工程实际问题提供理论基础，使所设计的构件既安全合理，又经济实用。

建筑力学所涉及的内容很多，考虑到建筑学专业的实际情况，内容尽可能“学以致用”和“少而精”，重点解决对基本概念的理解和运用。本书将所研究的内容分三个部分来讨论。

首先要研究结构中各构件与构件之间作用力的问题。因为建筑物都是相对于地球处于静止的平衡状态，因此构件上所受到的各种力都要符合使物体保持平衡状态的条件。这部分内容便是以研究各力之间的平衡关系作为主题，并将它应用到结构的受力分析中去。

第二部分主要研究单个构件受力后发生变形时的承载能力问题。这是在知道了各力之间的平衡关系后，进一步对构件在荷载作用下的变形大小以及会不会破坏的问题做深入讨论，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，并掌握构件承载能力的计算方法。

第三部分则是以构件体系作为研究对象，研究其组成规律和合理形式以及结构在外因作用下内力和变形的计算，为结构设计提供分析方法和计算公式。

在三部分内容中，第一部分是建筑力学基本知识，第二、三部分则是各种构件及结构

设计的理论基础。

值得提出的是，实际结构往往是很复杂的。在结构设计中，想完全严格地按照结构的实际情况进行力学分析是很难做到的，也是不必要的。因此，对实际结构进行力学分析时必须做一些必要的简化，表现其主要特点，略去一些次要因素，采用一个简化了的图形来代替实际结构。这种图形叫做结构的计算简图。图绪-1所示各图形即为结构的计算简图。确定结构的计算简图，是对实际结构进行力学分析的重要步骤。这个问题将在以后有关章节中通过实例来具体阐述。

### 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做好准备。

学习时应注意以下几点：

#### 1. 注意和其他课程的关系

在建筑力学的学习过程中，经常会遇到高等数学、物理学等先修课程的知识，因此，在学习中应根据需要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等课程的基础。如果建筑力学学不好，将会给上述课程的学习带来困难。

#### 2. 注意理论联系实际

建筑力学的发展正如其他科学一样，是由生产发展所推动的，同时它反过来也对生产实践起着重要的指导作用，因此在学习中必须理论联系实际。实际的研究对象往往是相当复杂的，要注意观察，了解它们的性能和使用情况，并考虑怎样用我们所学的理论知识来解决实际问题。

#### 3. 注意分析方法和解题思路

在建筑力学中讲述的是各种具体的计算方法，学习时要着重掌握它们的解题思路。特别是要学会从这些具体算法中学习分析问题的一般方法。例如，如何从已知领域过渡到未知领域的方法，如何将整体划分成局部再由局部合成整体的方法等等。

#### 4. 注意多练习

建筑力学是一门理论性和实践性都很强的课程。做题练习，是学习建筑力学的重要环节。不做一定数量的习题，是很难掌握其中的概念、原理和方法的。但是，做题也要避免各种盲目性。例如：①不看书，不复习，只埋头做题；②贪多求快，不求甚解；③只会对答案，不会自己校核；④错误不改正，不会从中吸取教训等等。这些做法都是不可取的。做题前一定要先看书、复习，把概念看懂后再做题。这样，往往会收到事半功倍的效果。做题有很多规律和技巧，需要自己去分析、归纳。通过思考，发现规律，掌握解题技巧。做题中出现错误是难免的，学会校核是发现、改正错误的最好方法。另外，对做错的题要认真分析，找出错误原因，从中吸取教训，避免再出现类似的错误。

# 第一章 静力学基本知识

静力学是研究物体在力系作用下的平衡规律的科学。

在一般工程问题中,所谓平衡是指物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动的状态。力系是指作用于物体上的一群力。

在静力学中主要研究两个问题:

(1) 力系的简化。就是将作用在物体上的较复杂力系,用一个效应相同的简单力系来代替。

(2) 力系的平衡条件。就是研究物体在力系作用下处于平衡时,该力系所应满足的条件。满足平衡条件的力系称为平衡力系。

在建筑工程中,结构物在力系作用下大都处于平衡状态。应用力系的平衡条件,可以根据已知力求出未知力,为下一步的结构计算打好基础。这些未知力主要是指支座反力。因此,求出结构物(例如梁、刚架等)的支座反力是本章的主要目的。

## 第一节 静力学基础

### 一、基本概念

#### 1. 力

力是物体之间的相互作用,这种作用的效果会使物体的运动状态发生变化(外效应),或者使物体发生变形(内效应)。

既然力是物体间的相互作用,那么力不能脱离物体而单独存在,有受力体必定有施力体。在建筑力学中,力的作用方式一般有两种情况:一种是两物体相互接触时,它们之间相互产生的作用力和反作用力;一种是物体与地球之间相互产生的吸引力。对物体来说,这个吸引力就是重力。

#### 2. 刚体

在外力作用下,形状、大小均保持不变的物体称为刚体。在静力学中,所研究的物体都是指刚体。显然,在自然界中刚体是不存在的,任何物体在力作用下,都将发生变形。但是工程实际中许多物体的变形都很微小,对物体平衡问题的研究影响不大,可以忽略不计。这样将使静力学问题的研究大为简化。

必须注意:“刚体”的概念在以后各章中将不再适用。因为在计算结构的内力、应力、变形时,结构的变形在所研究的问题中处于主要地位,不能忽略不计了。

### 二、基本原理

#### 1. 二力平衡条件

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

只在两个力作用下处于平衡状态的构件称为二力构件。

## 2. 加减平衡力系定理

在受力刚体上加上或减去一个平衡力系，不改变原力系对刚体的作用效果。

推论：力的可传性原理——作用在刚体上的力可沿其作用线移动而不改变该力对刚体的作用效果。

## 3. 作用力与反作用力定理

两物体间的作用力和反作用力总是大小相等，方向相反，沿同一直线，并分别同时作用在这两个物体上。

注意：不能把作用力和反作用力定理与二力平衡条件混淆起来。由于作用力与反作用力是分别作用在两个不同物体上。因此，它们不能互成平衡。

# 三、力的合成与分解

## 1. 合力与分力的概念

作用于物体上的一个力系，如果可以用一个力  $R$  来代替而不改变原力系对物体的外效应，则这个力  $R$  称为原力系的合力，而原力系中的各力称为合力  $R$  的分力。

## 2. 力的平行四边形法则

从物理学知道，作用于物体上同一点的两个力可以合成为作用于该点的一个合力，它的大小和方向由以这两个力的矢量为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示。如图 1-1 所示。这就是力的平行四边形法则。图中  $R$  表示合力， $F_1$ 、 $F_2$  表示分力。力的平行四边形法则指出，两个力合成应求其矢量和。

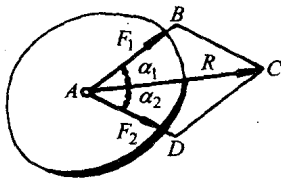


图 1-1

力的平行四边形法则总结了最简单的力系简化的规律，它是复杂力系简化的基础。

## 3. 力的分解

利用力的平行四边形法则也可以把作用在物体上的一个力分解为两个相交的分力，分力和合力作用于同一点。如图 1-1 中的  $F_1$ 、 $F_2$  可以看作是  $R$  分解而成的。当夹角  $\alpha_1$  和  $\alpha_2$  取值不同时将有不同的分力  $F_1$  和  $F_2$ 。在工程实际中，通常遇到的是把一个力分解为方向已知的两个分力，特别有用的是方向已知的相互垂直的两个分力。这种分解称为正交分解，所得到的两个分力称为正交分力。

## 4. 三力平衡汇交定理

一刚体受共面不平行的三个力作用而平衡时，这三个力的作用线必汇交于一点。

# 四、约束和约束反力

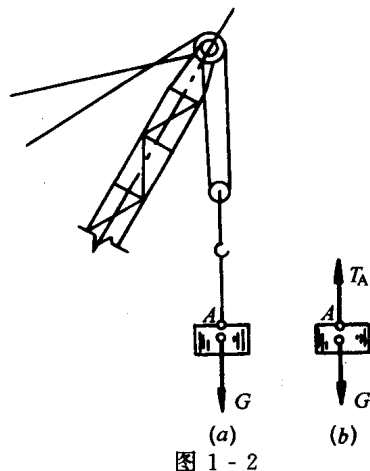
在工程实际中物体的运动大都受到某些限制而不能任意运动，那么，阻碍这些物体运动的限制物就称为该物体的约束。当物体沿着约束所能限制的方向有运动或运动趋势时，约束对该物体必然有力的作用，这种力称为约束反力。约束反力的方向与约束所能限制的物体的运动或运动趋势的方向相反。作用点就是约束与被约束物体的接触点。在静力学中，约束对物体的作用完全取决于约束反力。

与约束反力相对应，凡能主动使物体运动或有运动趋势的力称为主动力，例如重力、土压力等。主动力在工程上称为荷载。工程上的物体，一般都同时受到主动力和约束反力的作用。对它们进行力学计算时，必须同时分析这两种力。其中主动力一般是已知的，约束

反力是未知的。所以问题的关键在于能否正确地分析约束反力。约束反力的确定，与约束类型及主动力有关。现以工程中常见的几种约束为例，说明其约束反力的特征。

### 1. 柔体约束

钢丝绳、皮带、链条等柔性物体用于限制物体的运动时都是柔体约束。由于柔体约束只能限制物体沿柔体中心线伸长的方向运动，故其约束反力的方向一定沿着柔体中心线，背离被约束物体。即柔体约束的反力恒为拉力，通常用  $T$  表示。如图 1-2 所示。



### 2. 光滑接触面约束

物体与光滑支承面（不计摩擦）接触时，不论支承面形状如何，这种约束只能限制物体沿接触面公法线指向光滑面方向的运动。故其约束反力方向必定沿着接触面公法线指向被约束物体，即为压力。如图 1-3 所示。

### 3. 圆柱铰和固定铰支座

理想的圆柱铰是由一个圆柱形销钉插入两个物体的圆孔中构成。如图 1-4 (a)、(b) 所示。

这种约束只能限制物体在垂直于销钉轴线平面内沿任意方向的相对移动，而不能限制物体绕销钉的转动。故圆柱铰的约束反力作用在圆孔与销钉接触线上某一点。垂直于销钉轴线，并通过销钉中心，方向不定。如图 1-4 (d) 所示。通常用两个相互垂直且通过铰心的分力  $X_C$ 、 $Y_C$  来代替。如图 1-4 (e)、(f) 所示。圆柱铰的简图如图 1-4 (c) 所示。

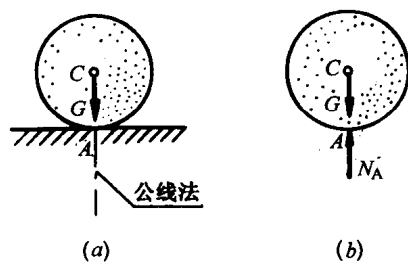


图 1-3

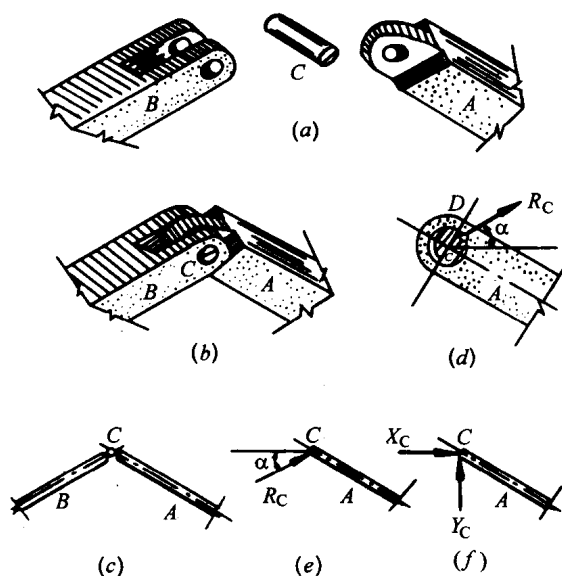


图 1-4



在工程实际中,常将一支座用螺栓与基础或静止的结构物固定起来,再将构件用销钉与该支座相连接,构成固定铰支座,用来限制构件某些方向的位移。如图 1-5 (a) 所示。这种约束的性质与圆柱铰完全相同。其简图及约束反力如图 1-5 所示。

支座约束的反力称为支座反力,简称支反力。以后我们将会经常用到支座反力这个概念。

#### 4. 可动铰支座

在固定铰支座下面用几个滚轴支承于平面上构成的支座。这种支座只能限制构件垂直于支承面方向的移动,而不能限制物体绕销钉轴线的转动和沿支承面方向的移动。故其支座反力通过销钉中心,垂直于支承面,指向未定。其简图及支反力如图 1-6 所示。

#### 5. 固定端支座

构件的一端被牢固地嵌在墙体或基础上,这种支座称为固定端支座。它不仅限制了被约束物体任何方向的移动,而且限制了物体的转动。所以,它除了产生水平和竖向的支座反力外,还有一个阻止转动的支座反力偶  $m_A$ 。(力偶概念详见本章第二节)其简图及支座反力如图 1-7 所示。

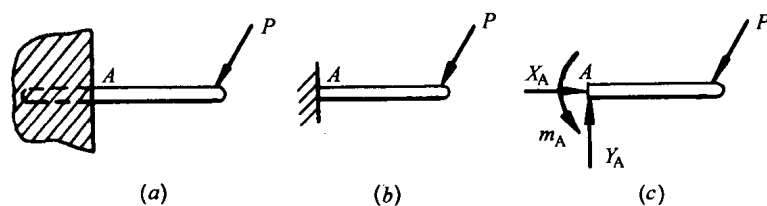


图 1-7

#### 6. 链杆

两端用铰与其他物体连接而不计自重的直杆称为链杆。这种约束只能限制物体沿着链杆中心线方向的运动,故其约束反力沿链杆中心线,指向未定。其简图及支反力如图 1-8 所示。

上面介绍的几种约束是比较典型的约束。工程实际中,结构物的约束不一定都做成上述典型的形式。例如图 1-9 所示杯形基础,柱子插入基础后,在杯口周围用沥青麻丝作填料时,基础允许柱子在荷载作用下产生微小转动,但不允许柱子上下左右移动。因此这种基础可简化为固定铰支座。

又如图 1-10 所示屋架,它的端部支承在柱子上,并将预埋在屋架和柱子上的两块钢

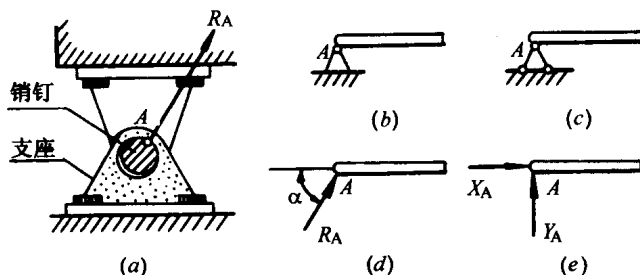


图 1-5

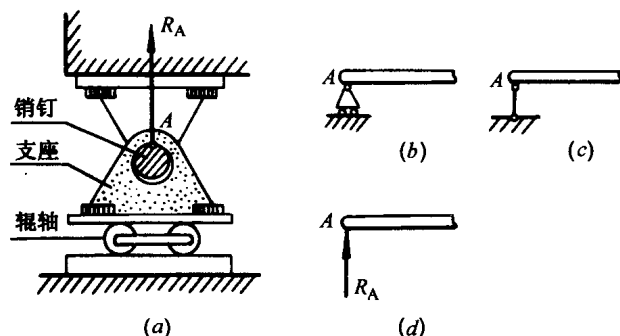


图 1-6

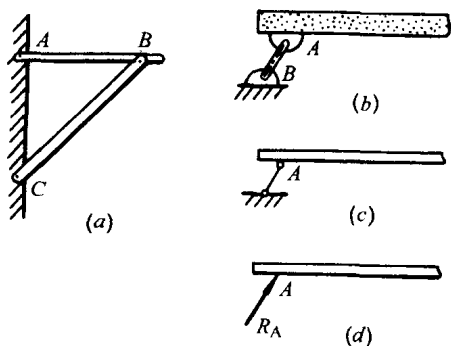


图 1 - 8

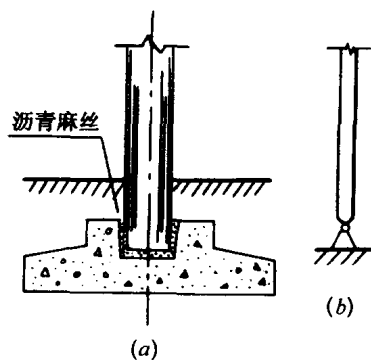


图 1 - 9

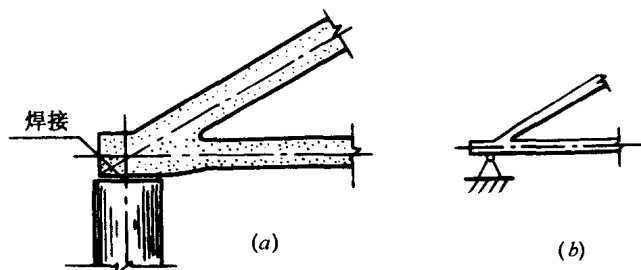


图 1 - 10

板焊接起来。它可以阻止屋架上下左右移动，但因焊缝长度有限，不能限制屋架的微小转动。因此，柱子对屋架的约束可简化为固定铰支座。

## 五、受力图

表示被研究对象的全部受力情况的图形叫受力图。适当地选择研究对象并正确地画出它的受力图，是解决力学问题的第一个关键，是进行力学计算的依据。因此，必须认真对待，反复练习，熟练掌握。

一个正确的受力图应该画出研究对象所受的全部外力，它们既包括主动力，也包括约束反力。因为约束的作用已经用相应的约束反力表示出来了，所以受力图上就不必再把约束画上去。画受力图时要求解除所有的约束并代之以相应的约束反力，这样就好象把研究对象从它周围的物体中“脱离”出来，所以研究对象又叫“脱离体”或“隔离体”，它的受力图又叫“脱离体图”或“隔离体图”。

在画受力图时常易发生的错误之一就是解除约束不彻底，因此，受力图上的力就是不完整的，即缺少某些约束反力。用这样的图进行分析计算必然会导致错误的结果，必须特别注意。

在画受力图时有许多力的大小还是未知的，所以受力图上只要求明确表示出它们的作用点和方向，而不必按比例尺画出它们的大小。一般来说，应将力画在它的实际作用点处，不要应用力的可传性将其任意移动。某些力的指向如果暂时无法确定，可以先行假设，等计算后再根据计算结果的正负号进行修正。

综上所述，受力图上应画出的有

(1) 研究对象或其简图。

(2) 作用在该研究对象上的所有主动力和约束反力。注明各力的已知大小、方向、作用点，并用字符标记未知力。

下面举例说明如何画物体的受力图。

**【例 1 - 1】** 重为  $G$  的球置于光滑的斜面上，并用绳系住，如图 1 - 11 (a) 所示。试画出球的受力图。

**【解】** 取小球为研究对象。小球受到光滑斜面和绳索的约束，解除约束单独画出小球。作用在小球上的主动力是重力  $G$ ，作用于球心，铅垂向下；绳索对球的约束反力  $T_A$ ，作用于接触点  $A$ ，沿着绳子的中心线且为拉力；光滑斜面对球的约束反力  $N_B$ ，通过切点  $B$ ，沿着公法线并指向球心。球的受力图如图 1 - 11 (b) 所示。

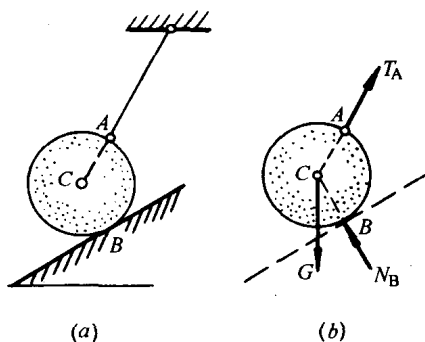


图 1 - 11

**【例 1 - 2】** 水平梁  $AB$  受已知力  $P$  作用， $A$  端为固定铰支座， $B$  端为可动铰支座，如图 1 - 12 (a) 所示。梁的自重不计，试画出梁  $AB$  的受力图。

**【解】** 取梁为研究对象，解除约束并将其单独画出。梁受主动力  $P$  作用。 $B$  端为可动铰支座，其反力为垂直于支承面的  $R_B$ ，指向可任意假设； $A$  端为固定铰支座，其反力是一个大小和方向均未知的力  $R_A$ 。但考虑到该梁只在三个力作用下处于平衡，故可利用三力平衡汇交定理确定  $R_A$  的方位，其指向可任意假设。梁的受力图如图 1 - 12 (b) 所示。

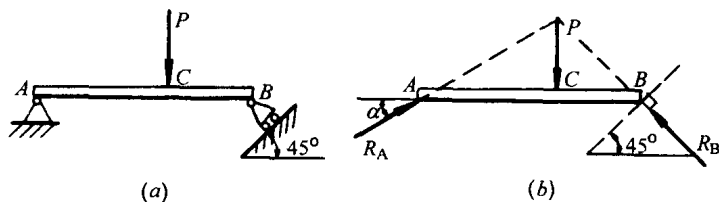


图 1 - 12

**【例 1 - 3】** 如图 1 - 13 (a) 所示三铰刚架， $C$  为圆柱铰，受已知力  $P$  作用。试画  $AC$ 、 $BC$  和整体的受力图（构件自重不计）。

**【解】** 先取  $AC$  为研究对象。受主动力  $P$ 。 $A$  端为固定铰支座，其反力的大小和方向均为未知，可用两个垂直分量表示。 $C$  处为圆柱铰，其反力也可用两个垂直分量表示。 $AC$  部分的受力图如图 1 - 13 (b) 所示。

再取  $BC$  为研究对象。 $B$  端固定铰支座的反力用两个垂直分量表示； $C$  处圆柱铰的约束反力与作用在  $AC$  部分的约束反力  $X_C$ 、 $Y_C$  是作用力和反作用力关系，故用  $X'_C$ 、 $Y'_C$  表示之，其指向不能再任意假定。 $BC$  部分的受力图如图 1 - 13 (c) 所示。

再取整体为研究对象，其受力图如图 1 - 13 (d) 所示。因此时铰  $C$  处约束并未解除，故  $AC$  与  $BC$  两部分之间相互作用的力不必画。 $A$ 、 $B$  处支反力假设的指向应与图 1 - 13