

21世纪建筑装饰系列规划教材

建筑力学与结构 学习指导

主编 乔志远
主审 胡兴福

 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪建筑装饰系列规划教材

建筑力学与结构学习指导

主 编 乔志远
副主编 李春茂 武 芳
参 编 秦焕朝 赵金龙 杨晓敏
主 审 胡兴福



机械工业出版社

本书是与 21 世纪建筑装饰系列规划教材《建筑力学与结构》配套使用的教学辅导教材,内容涵盖了建筑力学与结构的知识要点;在对原教材进行综合、提炼、补充、完善的基础上,每一章由四个部分:教学目的和要求、学习指导与例题分析、思考题与习题解答、补充习题组成。针对高等职业教育教学特点,本书在内容安排上注重与工程实际相结合,强调了对基本概念、基本原理、基本方法的掌握和分析问题、解决问题能力的培养。

本书可作为高等职业院校、成人教育院校建筑装饰、城市规划、建筑企业经济管理、房地产经济管理专业的师生用书,也可作为开设建筑力学、建筑结构中、小学时的其他相关专业学生的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学与结构学习指导/乔志远主编. —北京:机械工业出版社, 2006.2

(21 世纪建筑装饰系列规划教材)

ISBN 7-111-18501-3

I. 建... II. 乔... III. ①建筑力学 - 高等学校 - 教学参考资料
②建筑结构 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 009321 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:李俊玲 责任编辑:覃密道 版式设计:张世琴

责任校对:李秋荣 封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京市朝阳区展望印刷厂印刷

2006 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·10.625 印张·410 千字

0001—4000 册

定价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话:(010)68326294

本社服务热线电话:(010)68311609

编辑热线:(010)68354423

本社服务邮箱:marketing@mail.machineinfo.gov.cn

投稿热线电话:(010)88379540

投稿邮箱:sbs@mail.machineinfo.gov.cn

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是与机械工业出版社出版的 21 世纪建筑装饰系列规划教材《建筑力学与结构》(李永光主编)配套使用的教学辅导教材。本书具有以下特点:

1. 全书共分为二十章,顺序与《建筑力学与结构》相同。每章内容都是在对原教材进行了概括总结、加工提炼、补充完善的基础上形成的。

2. 本书中每章都有明确的教学目的和要求,而且强调了学生对于基本概念、基本原理、基本方法的掌握,尤其注重了高职学生分析问题、解决问题能力的培养。

3. 为了帮助初学本门课程的学生能够深入透彻地掌握教材中的知识,我们在对每章内容深入理解的基础上,补充了具有代表性的例题;同时,还对教材中课后 132 个思考题、107 道习题无一遗漏地作了详尽解答。这对于学生的自学和复习都是有益的。

4. 本书融合了所有参编人员所在院校任课教师,尤其是使用过本教材教师多年来的教学实践经验,使辅导教材更加贴近高职教学,贴近学生实际,贴近工程实践。

参加本书编写的有内蒙古建筑职业技术学院乔志远(第一、二、三、四、五、六章);山西工业职业技术学院李春茂(第七、八、九、十章);内蒙古建筑职业技术学院赵金龙(第十一、十二章);杨晓敏(第十三章);山西建筑工程职业技术学院秦焕朝(第十四、十五、十六章);内蒙古农业大学职业技术学院武芳(第十七、十八、十九、二十章)。乔志远任主编。

本辅导教材在编写过程中,得到了参编院校领导及机械工业出版社的大力支持,四川建筑职业技术学院胡兴福副教授审阅了全书,并提出了许多宝贵意见,在此深表感谢。由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请读者予以批评指正。

编 者

目 录

前言	
第一章 建筑力学概述	1
1-1 教学目的和要求	1
1-2 学习指导	2
1-3 思考题解答	2
1-4 补充习题	2
第二章 静力学基本概念	3
2-1 教学目的和要求	3
2-2 学习指导与例题分析	5
2-3 思考题与习题解答	8
2-4 补充习题	13
第三章 物体的受力分析、结构 计算简图	14
3-1 教学目的和要求	14
3-2 学习指导与例题分析	15
3-3 思考题与习题解答	18
3-4 补充习题	23
第四章 平面一般力系的简化及 平衡方程	24
4-1 教学目的和要求	24
4-2 学习指导与例题分析	26
4-3 思考题与习题解答	31
4-4 补充习题	50
第五章 平面杆件体系的几何组 成分析	51
5-1 教学目的和要求	51
5-2 学习指导与例题分析	53
5-3 思考题与习题解答	55
5-4 补充习题	57
第六章 静定结构的内力计算	59
6-1 教学目的和要求	59
6-2 学习指导与例题分析	60
6-3 思考题与习题解答	66
6-4 补充习题	87
第七章 截面的几何性质	89
7-1 教学目的和要求	89
7-2 学习指导与例题分析	91
7-3 思考题与习题解答	98
7-4 补充习题	109
第八章 杆件的应力和强度计 算	111
8-1 教学目的和要求	111
8-2 学习指导与例题分析	120
8-3 思考题与习题解答	132
8-4 补充习题	144
第九章 构件变形和结构的位移 计算	147
9-1 教学目的和要求	147
9-2 学习指导与例题分析	154
9-3 思考题与习题解答	168
9-4 补充习题	176
第十章 压杆稳定	180
10-1 教学目的和要求	180
10-2 学习指导与例题分析	185
10-3 思考题与习题解答	194
10-4 补充习题	203
第十一章 建筑结构设计基本原 理	206
11-1 教学目的和要求	206
11-2 学习指导与例题分析	207
11-3 思考题解答	209
11-4 补充习题	212
第十二章 钢筋和混凝土材料的 力学性能	213

12-1 教学目的和要求	213	16-4 补充习题	284
12-2 学习指导	214	第十七章 钢筋混凝土高层建筑结	
12-3 思考题与习题解答	216	构简介	286
12-4 补充习题	219	17-1 教学目的和要求	286
第十三章 钢筋混凝土受弯构件		17-2 学习指导与例题分析	286
计算	220	17-3 思考题解答	293
13-1 教学目的和要求	220	17-4 补充习题	298
13-2 学习指导与例题分析	221	第十八章 砌体材料的种类及力学	
13-3 思考题与习题解答	233	性能	299
13-4 补充习题	245	18-1 教学目的和要求	299
第十四章 钢筋混凝土受压构件		18-2 学习指导	299
承载力计算	246	18-3 思考题解答	300
14-1 教学目的和要求	246	18-4 补充习题	302
14-2 学习指导与例题分析	246	第十九章 砌体结构构件承载力	
14-3 思考题与习题解答	248	计算	303
14-4 补充习题	251	19-1 教学目的和要求	303
第十五章 预应力钢筋混凝土结		19-2 学习指导与例题分析	304
构的一般知识	253	19-3 思考题与习题解答	311
15-1 教学目的和要求	253	19-4 补充习题	315
15-2 学习指导	253	第二十章 混合结构房屋墙、柱	
15-3 思考题解答	257	设计	316
15-4 补充习题	258	20-1 教学目的和要求	316
第十六章 钢筋混凝土梁板结		20-2 学习指导与例题分析	316
构	259	20-3 思考题解答	327
16-1 教学目的和要求	259	20-4 补充习题	331
16-2 学习指导与例题分析	259	参考文献	332
16-3 思考题与习题解答	268		

第一章 建筑力学概述

建筑力学是一门专业技术基础课，在专业学习中占有重要地位，它将为以后进行工程结构设计、施工与管理提供必要的力学方面的基本知识。

1-1 教学目的和要求

一、内容概述

1. 建筑力学的研究对象

建筑力学的研究对象分为两部分：理论力学部分是刚体，材料力学、结构力学部分是变形固体。

2. 建筑力学的主要任务

建筑力学的主要任务是研究构件和结构的强度、刚度、稳定性，为保证构件和结构的安全可靠与经济合理提供力学计算理论和方法。简言之，就是研究解决工程中必然会遇到的安全性与经济性之间的矛盾。

3. 建筑力学的主要内容

建筑力学是根据生产实践的需要而发展起来的一门学科，内容十分丰富、精深。广义的建筑力学通常包括理论力学、材料力学、结构力学、弹性力学、塑性力学等科目，本教材只包括理论力学中的静力学、材料力学及结构力学的主要内容，即将高等院校某些专业单独设置的三门力学课程——理论力学、材料力学、结构力学合而为一。需要指出的是，这不是简单意义上的取舍，而是针对专业教学的要求，根据它们内容之间的内在联系进行的有机综合

4. 本章内容概述

(1) 基本概念：

刚体：在外力作用下不发生形变的物体（理想假设）。

变形固体：在外力作用下发生微小变形的物体。

杆件：长度比其他两个方向的尺寸大得多的构件。

强度：构件抵抗破坏的能力。

刚度：构件抵抗变形的能力。

稳定性：构件保持其原有平衡状态的能力。

(2) 杆件变形的形式：

轴向拉伸或压缩、剪切、扭转、弯曲。

工程实际中的杆件, 由于同时承受多种荷载的作用而使其变形复杂, 但是再复杂的变形都可以分解为上述基本变形的组合。

二、目的要求

- (1) 明确建筑力学的研究对象和主要任务。
- (2) 初步了解本课程的性质和主要内容。
- (3) 了解我国建筑领域的成就。

三、重点难点

重点: 建筑力学的主要任务。

1-2 学习指导

- (1) 学习建筑力学, 应贯彻理论联系实际的原则。
- (2) 学习中要注意掌握抽象化的思维方法, 要逐步培养把实际问题抽象为力学模型的能力。
- (3) 学习中要注意从感性认识出发, 联系日常生活和工程中的实际问题, 培养自己分析问题和解决问题的能力。
- (4) 学习中要逐步学会抓住主要矛盾, 分清主次, 在掌握好基本概念、基本原理和基本方法的同时, 要认真做好习题。做题不能单纯追求答案正确, 而且要求概念明确、思路清晰、作图规范、书写整洁。这是对工程技术人员的基本训练。

1-3 思考题解答

1-1 何谓构件的承载能力?

答: 构件在荷载作用下能够安全工作而不发生破坏、变形和失稳的能力。

1-2 什么是刚体、变形固体?

答: 在外力作用下不发生形变的物体称为刚体;

在外力作用下发生微小变形的理想弹性体称为变形固体。

1-3 杆件的基本变形形式有哪些?

答: 杆件的基本变形形式有四种, 它们是轴向拉伸或压缩、剪切、扭转、弯曲。

1-4 补充习题

1-1 为什么要把所研究的杆件假设为刚体或变形固体?

1-2 什么是理想弹性体?

第二章 静力学基本概念

本章是建筑力学的基础，力（力矩、力偶）、刚体、力在坐标轴上的投影、平衡等概念是静力学最基本的概念；静力学公理揭示了力的基本性质，是研究物体力系简化和平衡问题的理论基础。

2-1 教学目的和要求

一、内容概述

1. 静力学基本概念

力：力是物体之间相互的机械作用。

力对物体的作用效果有两种可能：一是使物体的运动状态发生改变，通常称为力的“外效应”；二是使物体的形状发生变化，称为力的“内效应”。

力是矢量，用 F 表示。力对物体的作用效果取决于力的三要素：大小、方向、作用点。

平衡：相对于地面保持静止或匀速直线运动状态。静力学中的平衡多指物体相对于地面保持静止的状态。

力的分解：力是矢量，力可以根据平行四边形公理分解为任意两个分力。

力在直角坐标轴上的投影：

$$\begin{cases} F_x = \pm F \cos \alpha \\ F_y = \pm F \sin \alpha \end{cases}$$

式中 α ——力 F 与 x 轴所夹锐角，其投影的正、负取决于 F 所在的象限。

力对点的矩（简称力矩）：力使物体绕某点转动效应的度量。其大小为

$$M_O(F) = \pm Fd$$

其中 d 为力臂， O 为矩心。正负号规定为：逆时针转动为正，顺时针转动为负。力矩的大小与矩心的位置有关。

力偶：一对等值、反向、不共线的平行力所组成的力系。

力偶对物体的作用效果取决于力偶矩：

$$M(F, F') = \pm Fd$$

其中 d ——力偶中两力间的垂直距离。正负号规定为：逆时针转动为正，顺时针转动为负。力偶矩的大小与矩心的位置无关。

2. 静力学公理

公理 1 力的平行四边形公理

作用在物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力，合力的大小和方向由这两个力为邻边构成的平行四边形的对角线确定，合力作用点也在该点。

公理 2 二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力，使刚体处于平衡状态的必要和充分条件是：此二力等值、反向、共线。

公理 3 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的已知力系中，加上或减去任意平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效果。

推论 1 力的可传性原理

作用于刚体上某点的一个力，可沿其作用线在刚体上任意移动而不改变对刚体的作用效果。

推论 2 三力平衡汇交定理

一刚体受共面不平行三力作用而平衡时，此三力作用线必汇交于一点。

公理 4 作用力与反作用力公理

作用力与反作用力总是同时存在，且二力总是等值、反向、共线，分别作用在两个相互作用的物体上。

3. 静力学重要定理

1) 合力投影定理：合力在任一轴上的投影等于各分力在同一轴上投影的代数和。

2) 合力矩定理：合力对平面内任一点之矩，等于各分力对同一点之矩的代数和。

3) 力的平移定理：作用于刚体上的一个力可以平行移动到该刚体内的任一点，但必须同时附加一力偶，此附加力偶的矩等于原力对新作用点之矩。

二、目的要求

- (1) 深入理解力、刚体、平衡等概念。
- (2) 掌握静力学四个公理和两个推论的内容，并明确其适用范围。
- (3) 掌握静力学的几个重要定理。

三、重点难点

重点：

- (1) 力、平衡、刚体等概念。
- (2) 静力学公理及其推论。
- (3) 静力学几个重要定理的应用。

2-2 学习指导与例题分析

一、学习指导

1. 关于平衡的概念

建筑工程中所遇到的平衡问题多数是相对于地球而言的。

2. 关于力的概念

力是物体间相互的机械作用，因此离开物体，力是不能单独存在的。

3. 关于公理 1——力的平行四边形公理

该公理说明了两个力的合成要按照矢量相加的原则，只有当两个力共线时，才能用取代数和的形式。第四章讲力系的简化就是以该公理为基础的。

力的分解与合成，要重点掌握直角坐标系中力的分解与合成的计算方法。

4. 关于公理 2——二力平衡公理

该公理仅适用于刚体，不适用于变形体。对于变形体，当受到等值、反向、共线的两个力作用时，只是平衡的必要条件而不是充分条件。例如，一柔索受两个大小相等、方向相反、沿柔索中心线的拉力作用时，柔索才能平衡，若将拉力改为压力，柔索就不能平衡了，学习时要注意这一点。

要学会使用二力平衡公理判断二力构件，这一点对于今后学习受力图的绘制和外力的计算是非常重要的。

要注意二力平衡公理和作用力反作用力公理的区别。两个公理的共同点是：二力等值、反向、共线；不同点是二力平衡公理中的两个力是作用于同一物体之上的，是一对平衡力，去掉它不影响对刚体的作用效果；而作用力与反作用力公理中的两个力是分别作用在两个不同的物体之上的，不是一对平衡力，因而不能相互抵消。

5. 关于公理 3——加减平衡力系公理

该公理仅适用于刚体；因为加上或者减去一组平衡力系一般会改变物体的变形效应。该公理是力系简化的基础。

关于推论 1——力的可传性原理

该原理说明作用在刚体上的力可沿其作用线移动到刚体内任一点。但一定要注意，力沿其作用线移动只限于其作用的刚体上，而不能移动到其他刚体上。由于力的可传性原理，作用在刚体上的力的三要素可描述为力的大小、方向和作用线。

关于推论 2——三力平衡汇交定理

要注意该定理中三力的特点，作用于同一刚体上，三力作用线在同一平面内但不相互平行。这里需要说明的是三力平衡汇交定理仅是平衡的必要条件而

不是充分条件。该定理常用来确定处于平衡状态中的三个力中未知力的作用线方位。

6. 关于公理4——作用力与反作用力公理

该公理是物体受力分析的基础。尤其是在分析物体系的受力时，必须应用这个公理才能从一个物体的受力分析过渡到与它相关物体的受力分析。

7. 综合说明

在静力学四个公理和二个推论中，除公理1（力的平行四边形公理）和公理4（作用力与反作用力公理）可用于物体外，其余均只适用于刚体。

二、例题分析

例 2-1 图2-1a所示铰接四连杆机构处于平衡状态。已知： $OA = 0.4\text{m}$ ， $O_1B = 0.6\text{m}$ ，作用在 OA 上的力偶矩 $M_1 = 1\text{N}\cdot\text{m}$ ，试求力偶矩 M_2 的大小及 AB 杆所受的力 F 。各杆重量忽略不计。

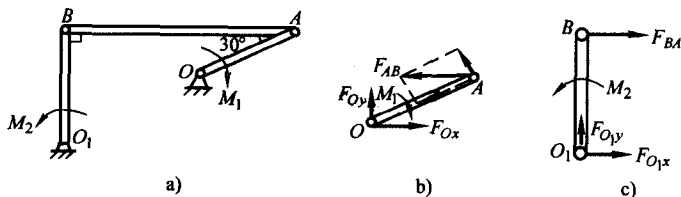


图 2-1

解：（1）分别选取 OA 杆与 O_1B 杆为研究对象。

（2）作 OA 杆与 O_1B 杆的受力图，如图 2-1b、c 所示。

（3）列出平衡方程：

对 OA 杆：

$$\sum M_O(F) = 0: -M_1 + F_{AB} \sin 30^\circ OA = 0$$

$$\text{所以 } F_{AB} = \frac{M_1}{OA \sin 30^\circ} = \left(\frac{1}{0.4 \times 0.5} \right) \text{N} = 5\text{N}$$

因为 AB 是二力杆，所以 $F_{AB} = F_{BA} = 5\text{N}$

对 O_1B 杆：

$$\sum M_{O_1}(F) = 0: M_2 - F_{BA} O_1B = 0$$

$$\text{所以 } M_2 = F_{BA} O_1B = (5 \times 0.6) \text{N} \cdot \text{m} = 3\text{N} \cdot \text{m}$$

通过该题的学习，我们应注意以下几点：

（1）在计算过程中单位一定要统一，否则容易出错。如本题中力偶矩 M_1 的单位为 $\text{N}\cdot\text{m}$ ，故力的单位就用 N ，长度单位就用 m 。因此，在运算过程中， OA 与 O_1B 杆的长度分别用 0.4m 与 0.6m 。

(2) 力 F_{AB} 对 O 点取矩时, 通常是把力 F_{AB} 分解为垂直于杆 OA 与沿杆 OA 方向的两个分力, 应用合力矩定理, 即合力 F_{AB} 对 O 点的矩就等于两分力对 O 点矩的代数和。但 F_{AB} 沿杆 OA 方向的分力的作用线通过 O 点, 因此该分力对 O 点的矩等于零。所以, F_{AB} 对 O 点的矩就等于 $F_{AB} \sin 30^\circ OA$ 。

(3) 对于 OA 杆, 它受到力偶矩为 M_1 的一个力偶的作用。因为力偶只能与力偶平衡, 所以 OA 杆在 O 点受到的力 (即 F_{ox} 与 F_{oy} 的合力) 与在 A 点受到的力 F_{AB} 必组成一个力偶, 此力偶的力偶矩与已知力偶矩 M_1 必大小相等、转向相反而成平衡。也就是说, 在图中必定是 $F_{ox} = F_{AB}$, 而 $F_{oy} = 0$ 。同样可知, 对 O_1B 杆, 必定是 $F_{x_{O_1}}$ 大小等于 F_{BA} 而方向与之相反, 此二力组成的力偶的力偶矩与已知力偶矩 M_2 成平衡, 因而 $F_{y_{O_1}}$ 也等于零。

(4) 对于铰接四连杆机构整体来说, 它受到力偶矩为 M_1 与 M_2 的两个力偶的作用。根据力偶的合成规定, 这两个力偶可以合成为一个合力偶, 合力偶的力偶矩为 M_1 与 M_2 的代数和, 由于力偶只能与力偶平衡, 故支座 O 与 O_1 处的约束反力也必然组成为一力偶, 其力偶矩一定与上述二力偶的合力偶矩大小相等、转向相反而成平衡。由于 AB 杆是二力杆, 故 A 、 B 两点的力沿 AB 杆的轴线方向, 而 AB 杆在图示位置是水平的, 因此, 支座 O 与 O_1 点处约束反力的方向也一定是水平的, 且大小相等、方向相反。

例 2-2 如图 2-2a 所示, 锻锤在工作时, 如果锤头所受工件的作用力有偏心, 就会使锤头发生偏斜, 这样在导轨上将产生很大的压力, 就会加速导轨的磨损, 从而影响工件的精度。如已知 $F_1 = F_2 = 1000\text{kN}$, 偏心距 $e = 0.02\text{m}$, 锤头高度 $h = 0.2\text{m}$, 试求锤头加给两侧导轨的压力。

解: (1) 选取锻锤为研究对象。

(2) 作锻锤的受力图如图 2-2b 所示。

(3) 由于锻锤受到力偶 (F_1 , F_2) 的作用, 而力偶又只能与力偶相平衡, 故导轨两侧对锻锤的约束反力 F_{N_1} 与 F_{N_2} 也必然组成为一个力偶与已知力偶 (F_1 , F_2) 平衡。根据力偶的平衡条件:

$$\sum M = 0: F_1 e - F_{N_1} h = 0,$$

$$\text{所以 } F_{N_1} = \frac{F_1 e}{h} = \left(\frac{1000 \times 0.02}{0.2} \right) \text{kN} = 100\text{kN}$$

$$\text{又 } F_{N_2} = F_{N_1} = 100\text{kN}$$

通过此题可见: 由于力偶只能与力偶平衡, 故可判断出导轨的约束反力也一定组成为力偶。

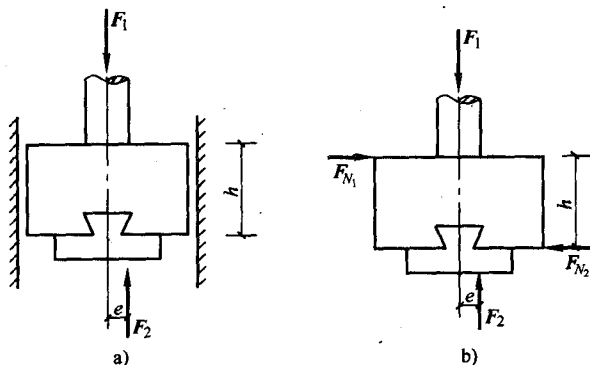


图 2-2

2-3 思考题与习题解答

一、思考题解答

2-1 力的三要素是什么？两个力相等的条件是什么？图 2-3 所示的两个力矢量 F_1 与 F_2 相等，问这两个力对刚体的作用是否相等？

答：力的三要素是力的大小、方向、作用点，对刚体而言作用点可以变为作用线。两个力相等的条件是：这两个力不但大小相等，而且方向也相同。

图 2-3 中， F_1 、 F_2 对物体的作用效果是不同的。因为力对物体的作用取决于力的三要素，这两个力虽然大小相等，方向相同，但它们的作用点（作用线）不同。

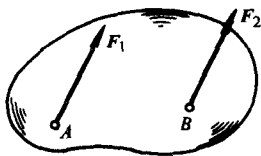


图 2-3

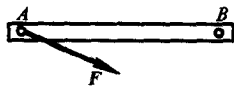


图 2-4

2-2 可否在图 2-4 所示的直杆上的 B 点加一个力使它平衡？为什么？

答：不可能。因为二力杆平衡的充要条件是如此二力等值、反向、共线，由于 A 点的力不在 AB 连线上，故无论在 B 点加一个什么样的力都不能使 A、B 两点的力满足二力平衡公理。

2-3 下列几种说法是否正确？为什么？

(1) 合力一定比分力大。

(2) 同一平面内作用线不汇交于同一点的三个力一定不平衡。

(3) 同一平面内的作用线汇交于一点的三个力一定平衡。

答：(1) 合力不一定比分力大，因为合力的大小和方向取决于两分力构成的平行四边形的对角线。两分力的张角大于 90° 后，越接近 180° 其合力越小。

(2) 不一定。平面平行力系中， $F_2 = F_3 = -\frac{1}{2}F_1$ ，这里 F_2 、 F_3 分别分布在 F_1 的两侧且与 F_1 作用线等距离的位置上，但不与 F_1 共线，这个力系就是平衡力系。

(3) 不一定。同一平面内作用线汇交于一点但三个力的夹角和小于 180° 时，它们的合力一定不为零，故不平衡。

2-4 如图 2-5 中的力 F ，试作出力 F 在 x 、 y 轴上的投影和沿此二轴分解的分力，并比较它们的区别。

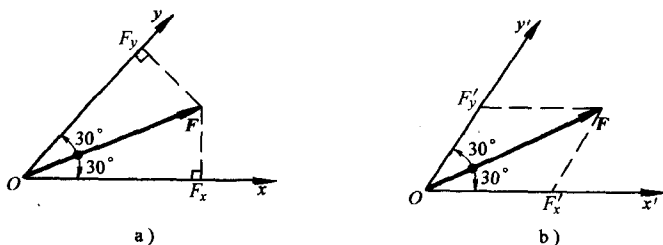


图 2-5

解：在图 2-5a 上作出 F 在 x 、 y 轴上的投影 $F_x = F_y = F \cos 30^\circ = \sqrt{3} F/2$ ；在图 2-5b 上作出 F 在 x' 、 y' 轴上的分力的大小 $F'_x = F'_y = \frac{F/2}{\cos 30^\circ} = \sqrt{3} F/3$ 。

它们的区别是：第一，分力是矢量，投影是代数量；第二，它们的大小也不同；只有在直角坐标系中，分力的大小才等于投影。

2-5 力偶是否可用一个力来平衡？为什么？如图 2-6 所示，圆轮由轴承 O 支承，在拉力 F_T 和矩为 $M = F_T r$ 的力偶作用下处于平衡。这是否说明力偶可以与一个力平衡？

解：力偶不能用一个力去平衡，力偶只能用力偶去平衡。因为一个力不能等效于一个力偶。图 2-6 中，事实上在 O 点支座上存在一个我们看不见的与 F_T 大小相等、方向相反的力 F'_T ，它与已知力 F_T 组成顺时针转动的力偶，与已知力偶 $M = F_T r$ 相互平衡。

二、习题解答

2-1 Oxy 平面内五个力作用于一点，如图 2-7 所示。图中方格的边长为 1cm 。求力系的合力。

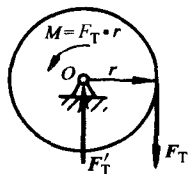


图 2-6

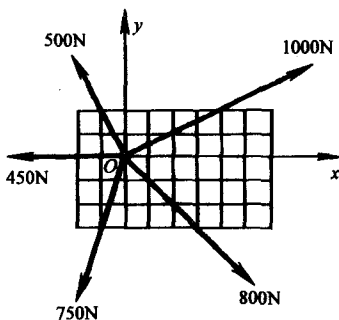


图 2-7

$$\text{解: } \sum F_x = \left(1000 \times \frac{4}{\sqrt{20}} - 500 \times \frac{1}{\sqrt{5}} - 450 - 750 \times \frac{1}{\sqrt{10}} + 800 \times \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \text{ N} = 549.34 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= \left(1000 \times \frac{2}{\sqrt{20}} + 500 \times \frac{2}{\sqrt{5}} - 750 \times \frac{3}{\sqrt{10}} - 800 \times \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \text{ N} \\ &= -382.78 \text{ N} \end{aligned}$$

$$F_R = \sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2} = \sqrt{(549.34)^2 + (-382.78)^2} \text{ N} = 669 \text{ N}$$

$$\alpha = \arctan \left| \frac{\sum F_y}{\sum F_x} \right| = \arctan \frac{382.78}{549.34} = 34^\circ 53', \text{ 在第四象限。}$$

2-2 Oxy 平面内的四个力如图 2-8 所示, 各作用点括号内的数字为该点的坐标值, 试求: (1) 诸力在 x 、 y 轴上的投影, (2) 各力对 O 点之距。

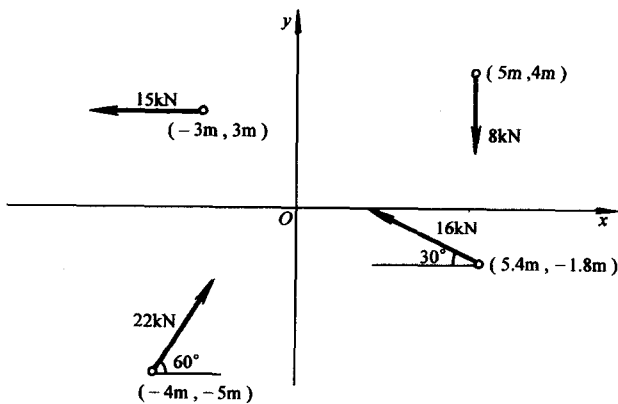


图 2-8

解: 设 $F_1 = 8 \text{ kN}$, $F_2 = 15 \text{ kN}$, $F_3 = 22 \text{ kN}$, $F_4 = 16 \text{ kN}$

(1) 诸力在 x 轴上的投影为

$$F_{1x} = 0, \quad F_{2x} = -15 \text{ kN}$$

$$F_{3x} = 11\text{kN}, \quad F_{4x} = -16 \times \cos 30^\circ \text{kN} = -8\sqrt{3}\text{kN}$$

诸力在 y 轴上的投影为

$$F_{1y} = -8\text{kN}, \quad F_{2y} = 0$$

$$F_{3y} = 22 \times \sin 60 = 11\sqrt{3}\text{kN}, \quad F_{4y} = 16 \times \sin 30^\circ = 8\text{kN}$$

(2) 各力对 O 点之矩

$$M_O(F_1) = -8 \times 5\text{kN} \cdot \text{m} = -40\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_O(F_2) = 15 \times 3\text{kN} \cdot \text{m} = 45\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_O(F_3) = (22 \times \cos 60^\circ \times 5 - 22 \times \sin 60^\circ \times 4) \text{kN} \cdot \text{m} = -21.21\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_O(F_4) = (16 \times \sin 30^\circ \times 5.4 - 16 \times \cos 30^\circ \times 1.8) \text{kN} \cdot \text{m} = 18.26\text{kN} \cdot \text{m}$$

2-3 一个400N的力作用在 A 点, 方向如图

2-9 所示。求:

(1) 此力对 O 点的矩。

(2) 在 B 点加一水平力, 使对 O 点的矩等于 (1) 的矩, 求这个水平力。

(3) 要在 B 点加一最小力得到与 (1) 相同的矩, 求这最小力。

解: (1) $M_O(F) = (400 \times \sin 30^\circ \times 0.15 - 400 \times \cos 30^\circ \times 0.3) \text{N} \cdot \text{m} = -73.92\text{N} \cdot \text{m}$

(2) 设 B 点加的水平力的大小为 F_1 , 方向向左。

$$M_O(F_1) = -F_1 \times 0.25 = -73.92\text{N} \cdot \text{m}$$

$$\text{所以 } F_1 = \left(\frac{73.92}{0.25} \right) \text{N} = 295.68\text{N}$$

(3) 要在 B 点加一最小的力 F_2 得到 $M_O(F_2) = -73.92\text{N} \cdot \text{m}$, 则 F_2 的作用线必须垂直于 OB 连线, 方向向左下。

$$M_O(F_2) = -F_2 \times \sqrt{(0.25)^2 + (0.25)^2} = -73.92\text{N} \cdot \text{m}$$

$$\text{所以 } F_2 = 209.08\text{N}$$

2-4 用以下不同方法求图2-10所示力 F 对 O 点的矩。

(1) 用力 F 计算;

(2) 用力 F 在 A 点的两分力计算;

(3) 用力 F 在 B 点的两分力计算。

$$\text{解: (1) a): } M_O(F) = -FOC = -F \frac{l - \sqrt{3}a}{2} = F \frac{\sqrt{3}a - l}{2}$$

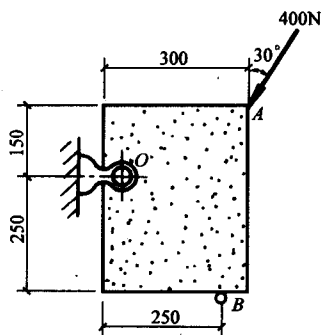


图 2-9