

高职高专土建类专业规划教材
工程造价系列

建筑结构基础与识图



周 晖 主编
王 鹏 主审

- ✓ 以应用为主线、以就业为导向
- ✓ 培养工程管理型、技术应用型人才
- ✓ 与岗位要求、岗位资质考试衔接
- ✓ 与新材料、新技术、新规范同步



免费提供
电子教案

高职高专土建类专业规划教材
工程造价系列

建筑结构基础与识图

主 编 周 晖

副主编 霍晓宁

参 编 (以姓氏笔画为序)

韦江萍 李彦君 李 勇

主 审 王 鹏

机械工业出版社

本书是根据全国高职高专教育土建类专业指导委员会指定的工程造价专业教育标准和培养方案及主干课程教学大纲编写的。全书共十章，内容包括：建筑力学基础知识，建筑结构材料，结构设计方法与设计指标，钢筋混凝土结构基本构件，钢筋混凝土楼（屋）盖、楼梯，基础，多层及高层钢筋混凝土房屋结构，砌体结构基础知识，钢结构基础知识，建筑结构施工图的识读。

本书具有较宽的专业适应面，在内容组织上按必须、够用的原则，力求体现职业教育的教材特点。本书可作为高职高专院校工程造价专业及土建类相关专业的教材，也可作为相关工程技术人员参考书和培训用书。

图书在版编目（CIP）数据

建筑结构基础与识图/周晖主编. —北京：机械工业出版社，2010.1
高职高专土建类专业规划教材. 工程造价系列
ISBN 978-7-111-29376-7

I. 建… II. 周… III. ①建筑结构-高等学校-教材②建筑结构-建筑制图-识图法-高等学校-教材 IV. TU3 TU204

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 236226 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：张荣荣 责任编辑：张荣荣 版式设计：霍永明
封面设计：张 静 责任校对：陈延翔 责任印制：杨 曦
保定市中华美凯印刷有限公司印刷

2010 年 2 月第 1 版第 1 次印刷
184mm × 260mm · 14.25 印张 · 16 插页 · 399 千字
标准书号：ISBN 978-7-111-29376-7
定价：32.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：(010) 88361066	门户网： http://www.cmpbook.com
销 售 一 部：(010) 68326294	教材网： http://www.cmpedu.com
销 售 二 部：(010) 88379649	
读者服务部：(010) 68993821	封面无防伪标均为盗版

高职高专工程造价系列教材

编审委员会名单

顾问：杜国城

主任委员：陈锡宝

副主任委员：袁建新 滕永健

委员：（以姓氏笔画为序）

马永军	王延该	王 鹏	文桂萍	韦江萍
吕宗斌	刘洪魁	李兴顺	李元美	宋显锐
吴 瑛	张卫平	周 晖	范红岩	胡六星
梁镜德	曾爱民	傅 艺		

出版说明

近年来,随着国家经济建设的迅速发展,建设工程的发展规模不断扩大,建设速度不断加快,对建筑类具备高等职业技能的人才需求也随之不断加大。为了贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》的精神,我们通过深入调查,在全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的指导与大力支持下,组织了全国三十余所高职高专院校的一批优秀教师,编写出版了本套教材。

本套教材以《高等职业教育工程造价技术专业教育标准和培养方案》为纲,编写中注重培养学生的实践能力,基础理论贯彻“实用为主、必需和够用为度”的原则,基本知识采用广而不深、点到为止的编写方法,基本技能贯穿教学的始终。在教材的编写中,力求文字叙述简明扼要、通俗易懂。本套教材结合了专业建设、课程建设和教学改革成果,在广泛的调查和研讨的基础上进行规划和编写,在编写中紧密结合职业要求,力争能满足高职高专教学需要并推动高职高专工程造价专业的教材建设。

本套教材包括工程造价专业的12门主干课程,编者来自全国多所在工程造价专业领域积极进行教育教学研究,并取得优秀成果的高等职业院校。在未来的2~3年内,我们将陆续推出工程监理、市政工程、园林景观等土建类各专业的教材及实训教材,最终出版一系列体系完整、内容优秀、特色鲜明的高职高专土建类专业教材。

本套教材适用于高职高专院校、成人高校、继续教育学院和民办高校的建筑装饰工程技术专业使用,也可作为相关从业人员的培训教材。

机械工业出版社

2010年1月

序 言

为了全面贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，认真落实《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》，培养工程造价行业紧缺的工程管理型、技术应用型人材，依照高职高专教育土建类专业教学指导委员会编制的工程造价专业的教育标准、培养方案及主干课程教学大纲，我们组织了全国多所在该专业领域积极进行教育教学改革，并取得许多优秀成果的高等职业院校的老师共同编写了这套系列教材。

本套系列教材包括《工程造价控制》、《工程量清单计价》、《建筑工程项目管理》、《建筑设备安装工程预算》、《建筑装饰工程预算》、《建筑工程预算》、《工程建设定额原理与实务》、《建筑设备安装识图与施工工艺》、《建筑施工工艺》、《建筑结构基础与识图》、《建筑构造与识图》、《建筑与装饰材料》等12个分册，较好地体现了土建类高等职业教育培养“施工型”、“能力型”、“成品型”人才的特性。本着遵循专业人才培养的总体目标和体现职业型、技术型的特色以及反映最新课程改革成果的原则，整套教材在体系的构建、内容的选择、知识的互融、彼此的衔接和应用的便捷上不但可为一线老师的教学和学生的学习提供有效的帮助，而且必定会有力推进高职高专建筑装饰工程技术专业教育教学改革的进程。

教学改革是一项在探索中不断前进的过程，教材建设也必将随之不断革故鼎新，希望使用该系列教材的院校以及老师和同学们及时将你们的意见、要求反馈给我们，以使该系列教材不断完善，成为反映高等职业教育工程造价专业改革最新成果的精品系列教材。

高职高专工程造价系列教材编审委员会

2010年1月

前 言

本书是工程造价专业系列规划教材之一,根据全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会制定的工程造价专业教育标准和培养方案及主干课程教学大纲编写,并按照国家颁布的《建筑结构制图标准》(GB/T 50105—2001)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)等新规范、新标准编写。本书可作为高职高专工程造价专业及建筑工程管理专业、建筑经济管理专业的教材,也可供高等院校同类专业的师生和工程造价人员学习参考,还可作为岗位培训教材或工程技术人员参考书。

本书主要以结构施工图识读能力的培养为主线展开,主要研究一般结构构件的受力特点、构造要求、施工图表示方法等建筑结构基本概念和基本知识。全书共分十章,内容包括:建筑力学基本知识,建筑结构材料,结构设计方法与设计指标,钢筋混凝土结构基本构件,钢筋混凝土楼(屋)盖、楼梯,基础,多层及高层钢筋混凝土房屋结构,砌体结构基础知识,钢结构基础知识,建筑结构施工图的识读等。在编写过程中,编者结合教学实践的经验,突出能力目标的训练及知识目标的掌握,内容选取以够用为原则,注重实用性和针对性,力求反映高等职业技术教育的特点。

本书由广州城建职业学院周晖担任主编,编写绪论、第一、四、五章;广州市建筑工程职业学校霍晓宁担任副主编,编写第三、第十章;广东白云学院韦江萍编写第八、九章;广东省有色金属地质勘查局地质勘查研究院李勇编写第二、七章;山西建筑职业技术学院李彦君编写第六章。

山东城建职业技术学院王鹏副教授主审了全书,提出许多宝贵的意见,谨此表示感谢。

由于编者的理论水平和实践经验有限,本书错误及不妥之处在所难免,恳请专家和读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明			
序言			
前言			
绪论	1		
第一章 建筑力学基础知识	4		
第一节 静力学基本概念	4		
第二节 平面力系平衡条件的应用	14		
第三节 内力与内力图	22		
第四节 轴向拉压杆的内力	25		
第五节 单跨静定梁的内力	28		
实践教学课题 物体系受力的力学简化	35		
思考题	35		
习题	36		
第二章 建筑结构材料	39		
第一节 结构材料的性质	39		
第二节 钢筋	40		
第三节 混凝土	46		
第四节 钢筋与混凝土的粘结	51		
思考题	54		
习题	54		
第三章 结构设计方法与设计指标	55		
第一节 建筑结构荷载与荷载效应	55		
第二节 建筑结构的设计方法	58		
第三节 建筑结构抗震设防简介	63		
思考题	66		
习题	66		
第四章 钢筋混凝土结构基本构件	67		
第一节 钢筋混凝土受弯构件	67		
第二节 钢筋混凝土受压构件	83		
第三节 钢筋混凝土受扭构件	87		
第四节 预应力混凝土构件基本知识	89		
第五节 钢筋混凝土结构构件施工图			
		基本知识	94
		实践教学课题 识读钢筋混凝土基本构件的结构施工图	99
		思考题	99
		习题	99
		第五章 钢筋混凝土楼（屋）盖、楼梯	101
		第一节 钢筋混凝土楼盖的类型	101
		第二节 现浇单向板肋形楼盖	106
		第三节 现浇双向板肋形楼盖	112
		第四节 钢筋混凝土楼梯	114
		第五节 悬挑构件	117
		第六节 钢筋混凝土梁板结构施工图	119
		实践教学课题 识读钢筋混凝土屋（楼）盖、楼梯结构施工图	126
		思考题	127
		习题	127
		第六章 基础	128
		第一节 基础类型介绍	128
		第二节 天然地基浅埋基础	131
		第三节 桩基础	135
		第四节 基础施工图	137
		实践教学课题 基础施工现场参观和基础施工图识读实训	142
		思考题	142
		第七章 多层及高层钢筋混凝土房屋结构	143
		第一节 多层与高层结构体系	143
		第二节 框架结构	145
		第三节 剪力墙结构	154
		第四节 框架-剪力墙结构	161

思考题 162

第八章 砌体结构基础知识 164

 第一节 砌体的类型及力学性质 164

 第二节 多层砌体房屋的构造要求 ... 169

 实践教学课题 砌体结构工程参观 ... 179

 思考题 179

第九章 钢结构基础知识 180

 第一节 钢结构的连接 180

 第二节 钢结构构件 189

 实践教学课题 钢结构工程现场参观
 及识读简单钢结构
 施工图 196

 思考题 197

第十章 建筑结构施工图的识读 198

 第一节 结构施工图概述 198

 第二节 混凝土结构施工图平面整体
 表示方法 203

 第三节 标准构造详图 212

 实践教学课题 识读简单钢筋混凝土框
 架结构施工图 213

 思考题 216

 习题 216

附图 216

 × × 办公楼建筑结构施工图 216

参考文献 217

绪 论

建筑为人们提供生产、生活和其他活动所必需的场所，包括建筑物和构筑物两大类。建筑中由若干个单元按照一定的连接方式组成，将所承受的荷载和其他间接作用至上而下最终传给地基土的骨架称为建筑结构，而这些单元就称为建筑结构的基本构件。

一、建筑结构的组成

建筑结构的基本构件主要有板、梁、柱、墙、基础等，这些构件由于所处部位及承受荷载情况不同，作用也各不相同。

(1) 板——水平承重构件。板直接承受着各楼层上的家具、设备、人的重量和楼层自重；同时板对墙或柱有水平支撑的作用，传递着风、地震等侧向水平荷载，并把上述各种荷载传递给墙或柱。结构设计时，对板的要求是要有足够的强度和刚度，以及良好的隔声、防渗漏、防火性能。板是典型的受弯构件，且其厚度方向的尺寸远小于长、宽两个方向的尺寸。

(2) 梁——水平承重构件。承受板传来的荷载及梁的自重，梁的截面高度和宽度尺寸远小于长度方向的尺寸。梁主要承受竖向荷载，其作用效应主要为受弯和受剪。

(3) 柱——竖向承重构件。承受着由屋盖和各楼层传来的各种荷载，并把这些荷载可靠地传给基础。柱的截面尺寸远小于其高度。当荷载作用线通过柱截面形心时为轴心受压柱，当荷载作用线偏离柱截面形心时为偏心受压柱。设计必须满足强度、刚度和耐久性要求。

(4) 墙——竖向承重构件。与柱的作用类似，也承受着由屋盖和各楼层传来的各种荷载，并把这些荷载传给基础。同时外墙有围护的功能，内墙有分隔房间的作用，所以对墙体还常提出保温、隔热、隔声、防水、防火等要求。墙的作用效应为受压，有时还可能受弯。

(5) 基础——基础位于建筑物的最下部，埋于自然地坪以下，承受上部结构传来的所有荷载，并把这些荷载传给地基。基础是房屋的主要受力构件，其构造要求是坚固、稳定、耐久，能经受冰冻、地下水及所含化学物质的侵蚀，保持足够的使用年限。

二、建筑结构的分类

建筑结构的分类方法有多种，一般可以按照结构所用材料、承重结构类型、外形特点、使用功能、施工方法等进行分类。

1. 按照结构所用材料分类

按照结构所用材料的不同，建筑结构可以分为混凝土结构、砌体结构、钢结构、木结构、混合结构等多种形式。

(1) 混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、钢纤维混凝土结构和各种形式的加筋混凝土结构。

(2) 砌体结构包括砖砌体结构、石砌体结构、砌块砌体结构，较多用于多层民用建筑。

（3）钢结构是由钢板、型钢等钢材通过有效的连接方式而形成的结构，广泛用于高层建筑和工业建筑中。由于钢结构具有轻质高强、可靠性好、施工简单、工期短等优点，是建筑结构发展的方向。

（4）木结构是全部或大部分用木材制作的结构，由于砍伐木材对资源的不利影响及木材具有易燃、易腐、结构变形大等缺点，目前已经较少采用了。

（5）结构材料可以在同一结构体系中混合使用，形成混合结构。如砖混结构，楼屋盖等采用混凝土材料，墙体采用砖砌体，基础采用砖石砌体或钢筋混凝土等。

2. 按照承重结构类型分类

按照承重结构类型和受力体系，建筑结构可分为砖混结构、框架结构、排架结构、剪力墙结构、框架—剪力墙结构、筒体结构、拱结构、网壳结构、钢索结构等多种形式。

3. 按照其他方法分类

（1）按照使用功能可分为建筑结构（如住宅、公共建筑、工业建筑等）；特种结构（如烟囱、水池、水塔、挡土墙、筒仓等）；地下结构（如隧道、井筒、涵洞、地下建筑等）。

（2）按照外形特点可以分为单层结构、多层结构、高层结构、大跨结构、高耸结构等。

（3）按照施工方法可以分为现浇结构、装配式结构、装配整体式结构、预应力混凝土结构等。

三、建筑结构的发展及应用概况

建筑结构有着悠久的历史，它随着人类社会的进步、生产力的提高而不断发展。

中国建筑结构体系大约发端于距今 8000 年前的新石器时代。人们应用较早的建筑结构是砖石结构和木结构。万里长城、河南登封的嵩岳寺塔、河北赵州的安济桥、五台山南禅寺和佛光寺等都是建筑结构发展史上的经典之作。

国外，17 世纪工业革命时开始将生铁作为建筑材料，19 世纪初开始使用熟铁。随着 19 世纪 20 年代波特兰水泥的出现，混凝土开始广泛应用于建筑行业，随后钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、装配式钢筋混凝土结构、钢筋混凝土薄壁结构等相继出现。现代建筑结构向高、深、轻质高强、绿色环保方向发展，其结构形式、应用范围、施工方法和设计理论等都随着科技水平的提高而迅猛发展。

建筑结构在设计理论方面也日趋成熟与完善，从 1955 年我国有了第一批建筑结构设计规范起，至今已修订了四次。20 世纪 50 年代前，结构的安全度和可靠度设计方法基本处于经验性的允许应力法阶段。20 世纪 70 年代后，结构可靠度的近似概率极限状态设计方法被广泛采用。现行的《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2002）（以下简称《规范》）采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，侧重结构的性能，还明确了工程人员必须遵守的强制性条文。随着理论的深入、现代测试技术的发展、计算机的广泛应用，建筑结构的计算理论和设计方法将向更高的阶段迈进。

四、课程的特点和基本要求

《建筑结构基础与识图》是工程造价专业的重要基础课程，其主要由建筑力学基础知识、建筑材料基础知识、钢筋混凝土结构、多高层结构、砌体结构、钢结构、建筑基础、建筑结构施工图识读等部分组成。本课程以培养学生的结构施工图识读能力为主线，主要研究一

般结构构件的受力特点、构造要求、施工图表示方法等建筑结构基本概念和基本知识，为学生以后正确计算结构工程量奠定基础。

为了学好建筑结构基础与识图这门课程，应注意以下几个方面：

(1) 学习本课程时，应加强基本概念的理解。本课程内容多、符号多、计算公式多、构造要求多，在学习不应死记硬背，要注重对概念的理解。除课堂教学外，要通过思考题和习题等作业，进一步巩固和理解学习内容。

(2) 重视结构设计规范〔《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)、《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》(03G 101—1)等〕的学习，在本课程学习的同时，应熟悉并掌握现行的规范。课程中涉及的构造措施和相关规定要予以重视，弄懂其中的道理。许多构造要求是大量的工程经验和科学实验的总结，其地位与计算结果同等重要，需通过平时的作业和课程设计逐步掌握一些基本的构造要求并学会应用有关规范和标准。

(3) 注重实践锻炼，做到理论联系实际。本课程的理论很多来自于工程实践，是实践经验的总结。多到施工现场参观、学习钢筋的下料、绑扎，混凝土的浇筑等内容，这样才能加深知识的理解。

(4) 注重识图能力的培养和提高。识读建筑图和结构图是工程造价专业学生的重要能力之一。要求学生必须熟悉结构施工图的表示方法（传统表示方法和平面整体表示方法），掌握基本的结构知识，理解构造要求，能熟练准确地识读板、梁、柱、剪力墙、楼梯、基础等的结构施工图。在学习过程中应准备多套图纸进行实际的图纸识读和会审训练。

第一章 建筑力学基础知识

本章要点：

主要介绍静力学的基本公理和推论；平面一般力系和特殊力系的平衡条件及平衡方程的运用；杆件的基本变形形式及内力和应力的概念；用截面法求解轴心受力构件、受弯构件的内力和内力图绘制等内容。

知识和能力目标：

通过本章的学习，应理解静力学的基本概念；掌握常见约束类型及其约束反力；能快速画出物体（物体系）受力分析图；能准确运用平面力系的静力平衡条件求出约束反力；能熟练运用截面法求出指定（或任意）截面的内力；能快速准确地绘制出轴心受力构件、受弯构件的内力图。

相关链接：

http://www.core.org.cn/core/localcourse/course_subject.aspx 7.459 建筑力学；5.131 结构力学；5.132 结构力学

第一节 静力学基本概念

一、力与平衡的基本概念

1. 力的概念

力是物体间的相互机械作用，这种作用使物体的运动状态或形状发生改变。力对物体作用的效应决定于力的三要素：力的大小、方向和作用点。

力的大小反映物体之间相互机械作用的强弱程度，力的单位是牛顿（N）或千牛顿（kN）；

力的方向包含力的作用线在空间的方位和指向，如水平向右、铅直向下等。力的作用点是指力对物体的作用位置。

力总是按照各种不同的方式分布于物体接触面的各点上。当接触面面积很小时，可以将微小面积抽象为一个点，这个点称为力的作用点，那么该作用力称为集中力，用 F （N）表示；当力在整个接触面上分布作用时，则此时的作用力称为分布力。分布力的大小用单位面积上的力的大小来度量，称为荷载集度，用 q （N/m²）表示；力是矢量，记作 $\boldsymbol{F}$ ，用一段带有箭头的直线（ AB ）来表示：其中线段 AB 的长度按一定的比例尺表示力的大小；线段的方位和箭头的指向表示力的方向；线段的起点 A 或终点 B 应在受力物体上，表示力的作用点；线段所在的直线称为力的作用线（图 1-1）。

力可以分为外力和内力。外力指其他物体对所研究物体的作用力，内力是指物体内各物体间的相互作用力。外力和内力的区分并不是绝对的，将由研究对象的不同而异。

2. 刚体、变形体和平衡的概念

刚体——在力的作用下不产生变形或变形可以忽略的物体。刚体是对实际物体经过科学的抽象和简化而得到的一种理想模型，绝对的刚体实际并不存在。

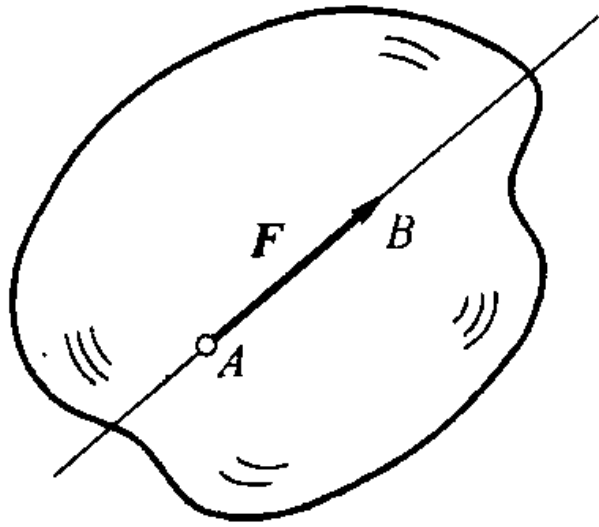


图 1-1 力的表示

平衡——在一般工程问题中是指物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动的状态。显然，平衡是机械运动的特殊形态，因为静止是相对、暂时的，而运动才是绝对、永恒的。

3. 力系、等效力系、平衡力系

作用在物体上的一组力，称为力系。按照各力作用线是否位于同一平面内，力系可以分为平面力系和空间力系两大类，如平面力偶系、空间一般力系等。在静力学中一般遇到的是平面力系。

按照平面力系中各力作用线分布的不同形式，平面力系又可分为四类。

(1) 平面汇交力系——力系中各力作用线位于同一平面内并汇交于一点（图 1-2a）。

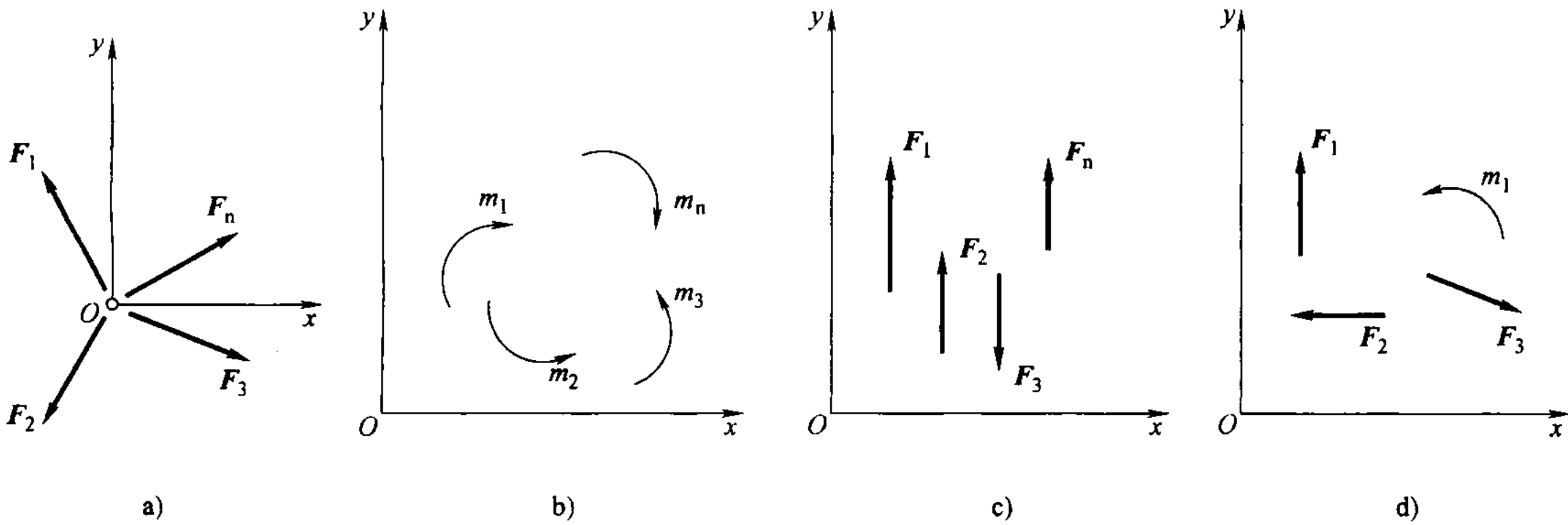


图 1-2 平面力系的分类

(2) 平面力偶系——力系由若干力偶组成（图 1-2b）。

(3) 平面平行力系——力系中各力作用线位于同一平面内并相互平行（图 1-2c）。

(4) 平面一般力系——力系中各力作用线位于同一平面内，且既不完全交于一点，也不完全相互平行（图 1-2d）。

等效力系——如果某一力系对物体产生的效应，可以用另外一个力系来代替，则这两个力系称为等效力系。

合力——当一个力与一个力系等效时，则称该力为此力系的合力。

分力——当一个力与一个力系等效时，称该力系中的每一个力为这个力的分力。

把力系中的各个分力代换成合力的过程，称为力系的合成；反之，把合力代换成若干分力的过程，称为力的分解。

平衡力系——若刚体在某力系作用下保持平衡，则该力系称为平衡力系。

二、静力学公理

1. 二力平衡公理

作用于刚体上的两个力平衡的充分与必要条件是：这两个力大小相等、方向相反、力的作用线在同一条直线上，如图 1-3 所示。

应当指出，该条件对于刚体来说是充分而且必要的；而对于变形体，该条件只是必要的而不是充分的。如柔索受到两个等值、反向、共线的压力作用时就不能平衡，如图 1-4 所示。

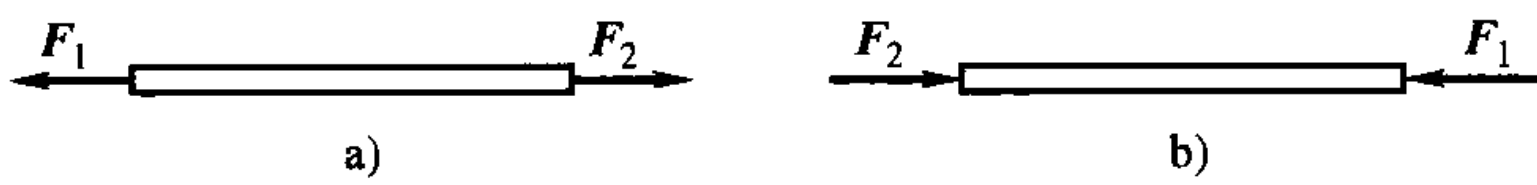


图 1-3 二力平衡公理

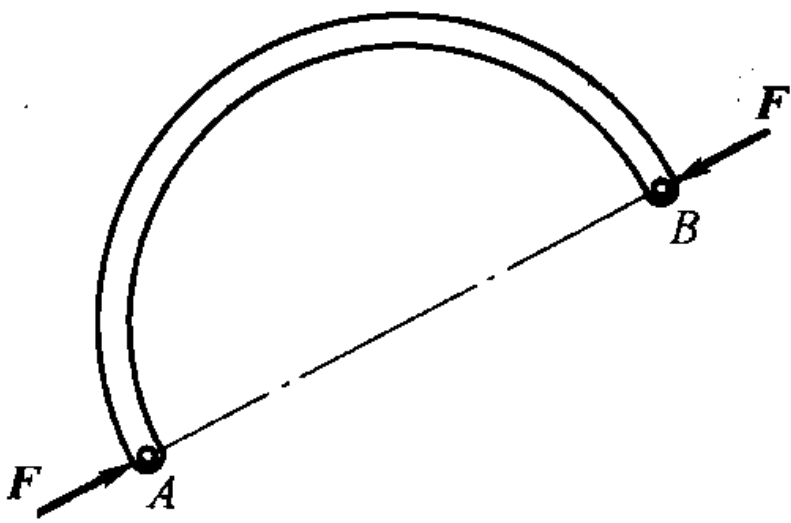


图 1-4 柔体受二力作用

在两个力作用下处于平衡的物体称为二力构件；若为杆件，则称为二力杆。根据二力平衡公理可知：作用在二力构件上的两个力，它们必须通过两个力作用点的连线（与杆件的形状无关），且大小相等方向相反。

2. 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的已知力系上，加上或减去任意一个平衡力系，不会改变原力系对刚体的作用效应。因为任意一个平衡力系的作用效应等于零，增加一个零和减去一个零并不改变刚体原有的运动效果。

【推论】 力的可传性原理

作用于刚体上某点的力，可沿其作用线移动到刚体内任意一点，而不改变该力对刚体的作用效应（图 1-5）。在力的作用线上任取一点 B ，加上一对平衡力 $F_1 = F_2 = F$ ，由加减平衡力系公理可知，刚体的运动状态不改变，即力系 (F_1, F_2, F) 与力 (F) 等效。又 F_2 与 F 构成一对平衡力，可以去掉，即力系 (F_1, F_2, F) 与力 (F_1) 等效。所以作用于 A 点的力 F 与作用在 B 点的力 F_1 是等效的。同样必须指出，力的可传性原理也只适用于刚体而不适用于变形体。

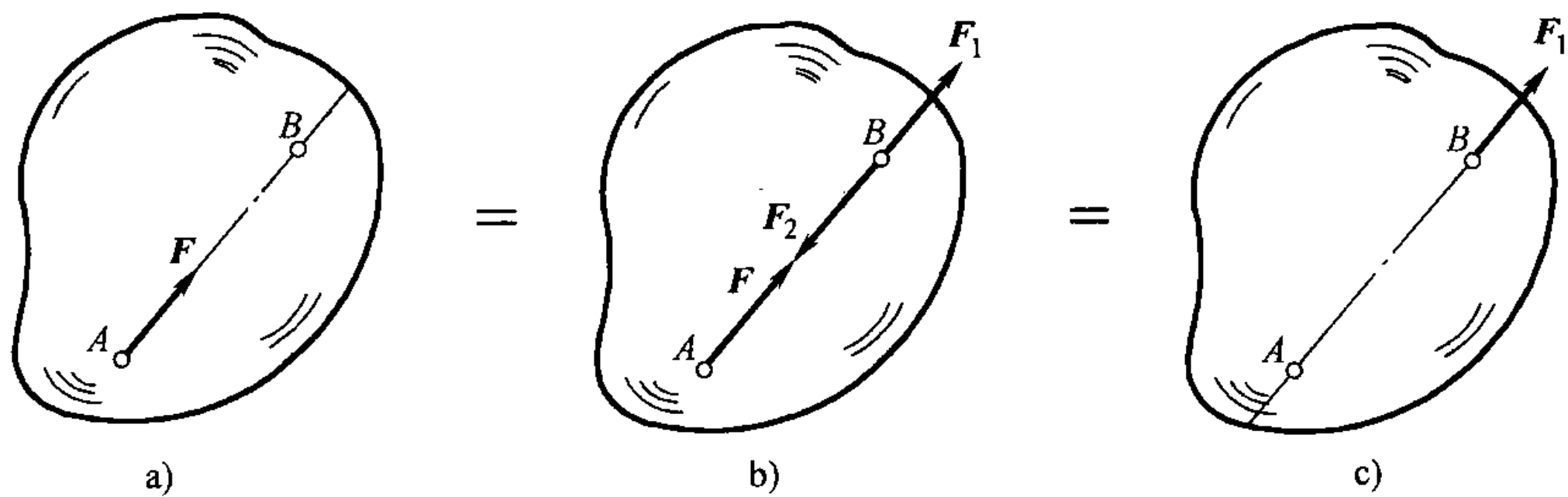


图 1-5 力的可传性

3. 力的平行四边形法则或三角形法则

作用于物体同一点的两个力，可以合成为一个合力，合力也作用于该点，其大小和方向由以两个分力为邻边的平行四边形的对角线表示，如图 1-6 所示。其矢量表达式为：

$$\boldsymbol{F}_1 + \boldsymbol{F}_2 = \boldsymbol{F}_R \tag{1-1}$$

在求两共点力的合力时，为了作图方便，只需画出平行四边形的一半，即三角形便可。其方法是自任意点 O 开始，先画出一矢量 $\boldsymbol{F}_1$ ，然后再由 $\boldsymbol{F}_1$ 的终点画另一矢量 $\boldsymbol{F}_2$ ，最后由 O 点至力矢 $\boldsymbol{F}_2$ 的终点作一矢量 $\boldsymbol{F}_R$ ，它就代表 $\boldsymbol{F}_1$ 、 $\boldsymbol{F}_2$ 的合力矢。合力的作用点仍为 $\boldsymbol{F}_1$ 、 $\boldsymbol{F}_2$ 的汇交点 A 。这种作图法称为力的三角形法则。显然，若改变 $\boldsymbol{F}_1$ 、 $\boldsymbol{F}_2$ 的顺序，其结果不变，如图 1-7 所示。

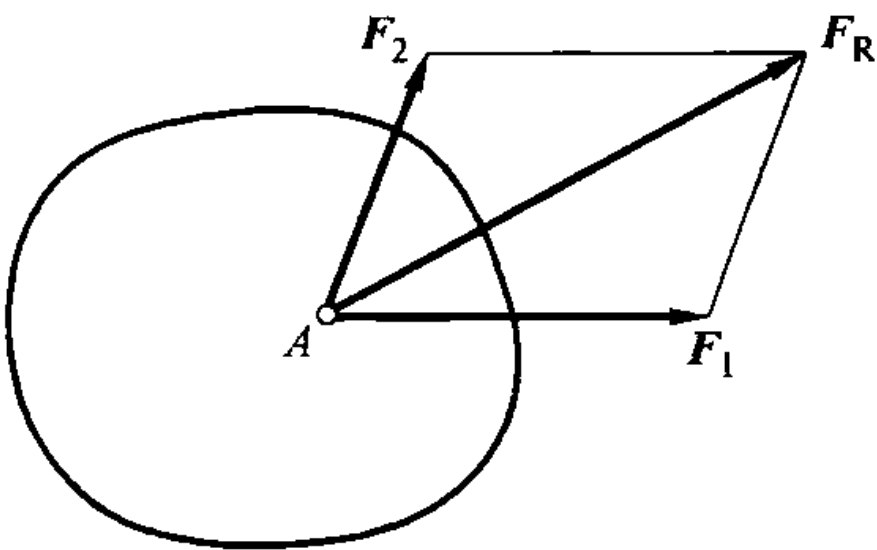


图 1-6 力的平行四边形法则

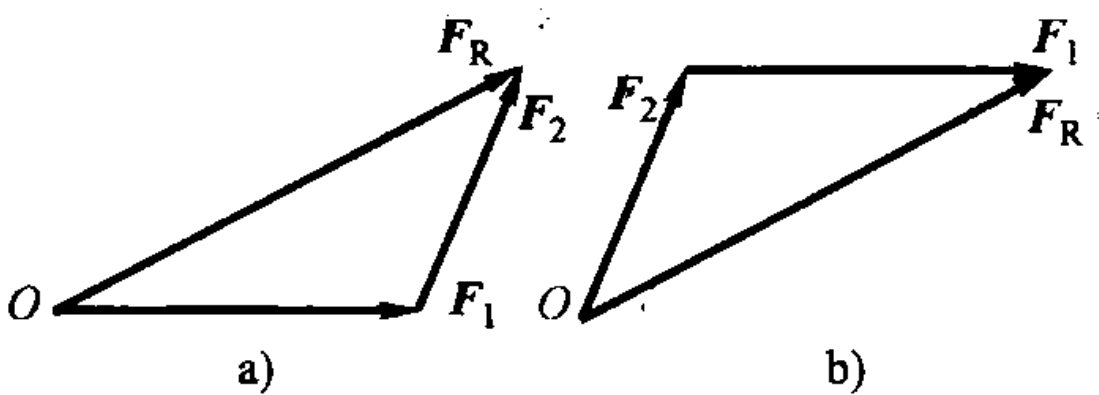


图 1-7 力的三角形法则

利用力的平行四边形或三角形法则，可以求两个力的合力，也可以把一个已知力分解成与其共点的两个力。如要得出唯一解，必需给出限制条件，如已知一分力的大小方向求另一分力或已知两分力的方向求其大小等。在实际计算中，常将力 $\boldsymbol{F}$ 沿 x 轴、 y 轴正交分解成两个分力 $\boldsymbol{F}_x$ 和 $\boldsymbol{F}_y$ ，如图 1-8 所示。

【推论】 三力平衡汇交定理

一刚体受不平行的三个力作用而平衡时，此三力的作用线必共面且汇交于一点，如图 1-9 所示。

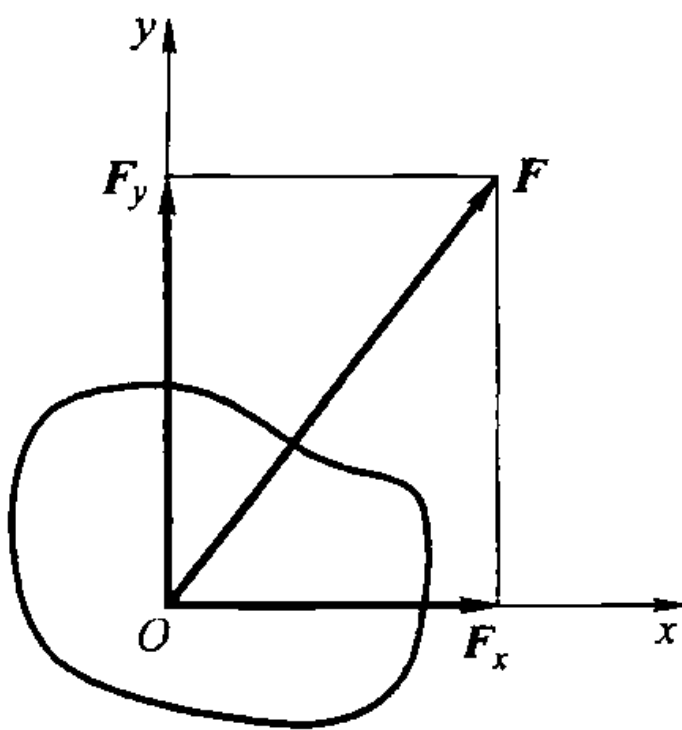


图 1-8 力的分解

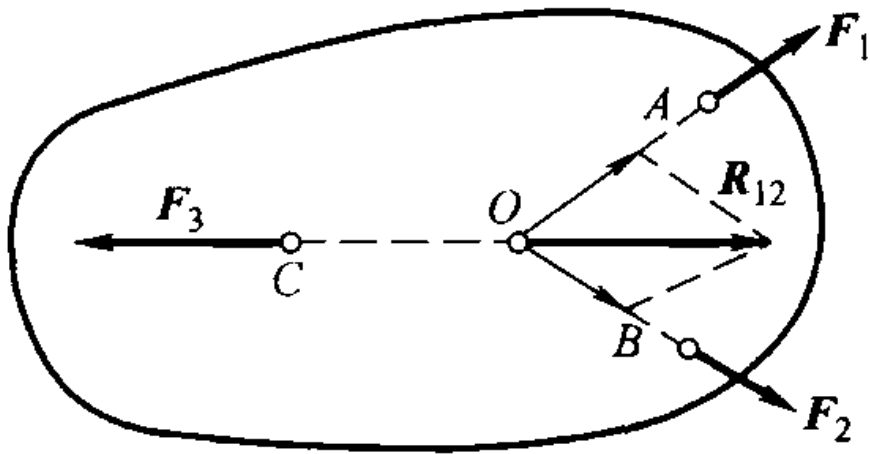


图 1-9 三力汇交平衡力系

应当指出，三力平衡汇交定理只说明了不平行的三力平衡的必要条件，而不是充分条件。它常用来确定刚体在不平行三力作用下平衡时，其中某一未知力的作用线。

4. 作用力与反作用力公理

两个物体间相互作用的一对力，总是大小相等、方向相反、作用线相同，并分别而且同时作用于这两个物体上。

三、约束与约束反力的概念

约束——阻碍物体运动的限制条件，约束总是通过物体间的直接接触而形成。

约束对物体必然作用一定的力，这种力称为约束反力或约束力，简称反力。约束反力的方向总是与物体的运动或运动趋势的方向相反，它的作用点就在约束与被约束物体的接触点。

凡能主动引起物体运动或使物体有运动趋势的力，称为主动力，如重力、水压力、风压力等都是主动力。作用在工程结构上的主动力又称为荷载。通常情况下，主动力是已知的，而约束反力是未知的。

下面列举几种工程中常见的约束及其约束反力的特征：

(1) 柔体约束。由柔软且不计自重的绳索、胶带、链条等构成的约束统称为柔体约束。柔体约束的约束反力为拉力，沿着柔体的中心线背离被约束的物体，用符号 F_T 表示，如图 1-10 所示。

(2) 光滑接触面约束。物体之间光滑接触，只限制物体沿接触面的公法线方向并指向物体的运动。光滑接触面约束的反力为压力，通过接触点，方向沿着接触面的公法线指向被约束的物体，通常用 F_N 表示，如图 1-11 所示。

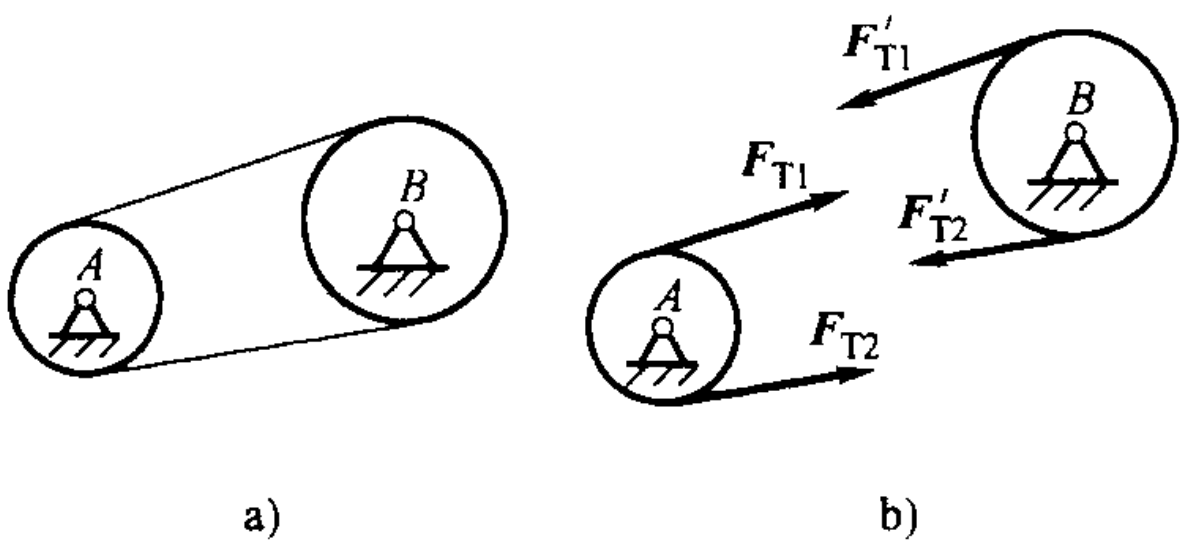


图 1-10 柔体约束

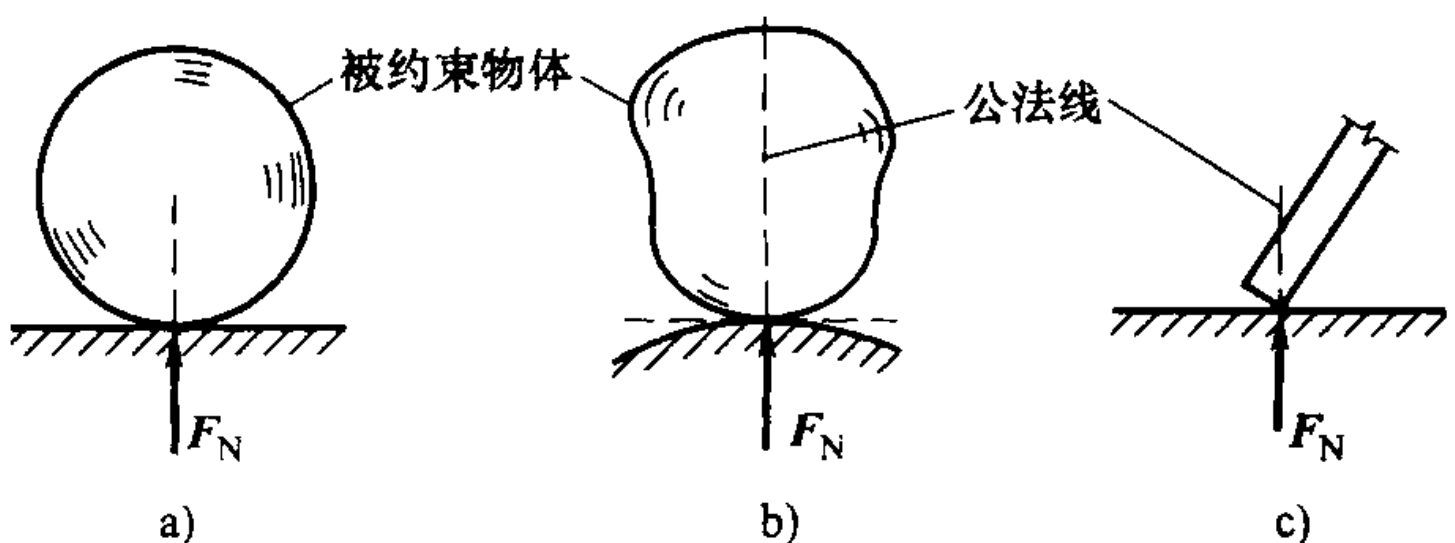


图 1-11 光滑接触面约束

(3) 链杆约束。两端各以铰链与其他物体相连接且中间不受力（包括物体本身的自重）的直杆称为链杆，如图 1-12 所示。链杆的约束反力总是沿着链杆的轴线方向，指向不定，常用符号 F 表示。

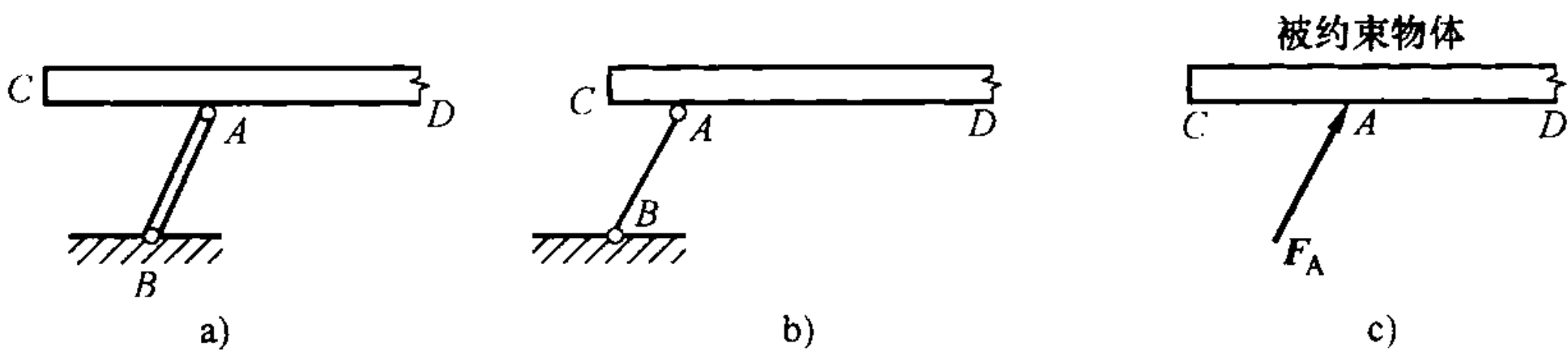


图 1-12 链杆约束

(4) 圆柱铰链约束。两个物体分别被钻上直径相同的圆孔并用销钉相连接，如果忽略销钉与销壁之间的摩擦，则这种约束称为光滑圆柱铰链约束，简称铰链约束，如图 1-13 所示。铰链的约束反力作用在与销钉轴线垂直的平面内，并通过销钉中心，但方向待定，如图 1-13c) 所示的 F_A 常分解为通过铰链中心的相互垂直的两个分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} (图 1-13d)。

(5) 固定铰支座。将构件或结构连接在支承物上的装置称为支座。用光滑圆柱铰链把构件或结构与支承底板相连接，并将支承底板固定在支承物上而构成的支座，称为固定铰支座，如图 1-14 所示。工程中，为避免构件打孔削弱构件的承载力，常在构件和底板上固结