

普通高等教育工程造价类专业“十二五”系列规划教材

建筑力学

COST ENGINEERING

王秀丽 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



免费电子课件

普通高等教育工程造价类专业“十二五”系列规划教材

建筑力学

主 编 王秀丽
副主编 张晓丽
参 编 冉令刚 张 琳
主 审 邹 坦



机械工业出版社

本书是普通高等教育工程造价类专业“十二五”系列规划教材。作为工程造价类专业的力学教材,本书围绕土木工程的力学问题,提炼整理了理论力学、材料力学和结构力学的核心内容,并充分考虑这三门课程的内在联系,将它们有机地融为一个整体。

全书共分13章:绪论、平面力系的合成与平衡、截面的几何性质、轴向拉伸与压缩、剪切与扭转、平面弯曲梁、杆件在组合变形下的强度计算、结构体系的几何组成分析、静定结构的内力分析、静定结构的位移计算、力法计算超静定结构、位移法与力矩分配法、压杆稳定。

本书旨在为工程造价类专业的学生提供一部和建筑结构密切相关的基礎力学教材,在保证教学体系完整的前提下,力求简明通俗,因此,本书可作为高等院校工程造价、工程管理、建筑学、城市规划等专业的建筑力学教材,也可作为土建类工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/王秀丽主编. —北京:机械工业出版社,2014.8
普通高等教育工程造价类专业“十二五”系列规划教材
ISBN 978-7-111-47550-7

I. ①建… II. ①王… III. ①建筑科学—力学—高等职业教育—教材
IV. ①TU311

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第170016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:刘涛 责任编辑:刘涛 李乐 姜凤
版式设计:霍永明 责任校对:陈立辉
封面设计:马精明 责任印制:李洋
北京市四季青双青印刷厂印刷

2014年10月第1版第1次印刷

169mm×239mm·17.75印张·327千字

标准书号:ISBN 978-7-111-47550-7

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 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

普通高等教育工程造价类专业“十二五”系列规划教材

编 审 委 员 会

主任委员：尹贻林

副主任委员：吴佐民 王传生 陈起俊 李建峰 周和生
刘元芳 邹 坦

委 员：（按姓氏笔画排序）

马 楠	王来福	刘 涛	闫 瑾	李 伟
严 玲	张建平	张敏莉	陈德义	周海婷
柯 洪	荀志远	徐学东	陶学明	晏兴威
曾繁伟	董士波	解本政	谭敬胜	

序 一

1996年，原建设部和人事部联合发布了《造价工程师执业资格制度暂行规定》，工程造价行业期盼多年的造价工程师执业资格制度和工程造价咨询制度在我国正式建立。该制度实施以来，我国工程造价行业取得了三个方面的主要成就：

一是形成了独立执业的工程造价咨询产业。通过住房和城乡建设部标准定额司和中国建设工程造价管理协会（以下称中价协），以及行业同仁的共同努力，造价工程师执业资格制度和工程造价咨询制度得以顺利实施，目前，我国已拥有注册造价工程师近11万人，甲级工程造价咨询企业1923家，年产值近300亿元，进而形成了一个社会广泛认同独立执业的工程造价咨询产业。该产业的形成不仅为工程建设事业作出了重要的贡献，也使工程造价专业人员的地位得到了显著提高。

二是工程造价管理的业务范围得到了较大的拓展。通过大家的努力，工程造价专业从传统的工程计价发展为工程造价管理，该管理贯穿于建设项目的全过程、全要素，甚至项目的全寿命周期。造价工程师的地位之所以得以迅速提高就在于我们的业务范围没有仅仅停留在传统的工程计价上，而是与我们提出的建设项目全过程、全要素和全寿命周期管理理念得到很好的贯彻分不开的。目前，部分工程造价咨询企业已经通过他们的工作成就，得到了业主的充分肯定，在工程建设中发挥着工程管理的核心作用。

三是通过推行工程量清单计价制度实现了建设产品价格属性从政府指导价向市场调节价的过渡。计划经济体制下实行的是预算定额计价，显然其价格的属性就是政府定价；在计划经济向市场经济过渡阶段，仍然沿用预算定额计价，同时提出了“固定量、指导价、竞争费”的计价指导原则，其价格的属性具有政府指导价的显著特征。2003年《建设工程工程量清单计价规范》实施后，我们推行工程量清单计价方式，该计价方式不仅是计价模式形式上的改变，更重要的是通过“企业自主报价”改变了建设产品的价格属性，它标志着我们成功地实现了建设产品价格属性从政府指导价向市场调节价的过渡。

尽管取得了具有划时代意义的成就，但是，必须清醒地看到我们的主要业务范围还是相对单一、狭小，具有系统管理理论和技能的工程造价专业人才仍很匮乏，学历教育的知识体系还不能适应行业发展的要求，传统的工程造价管理体系部分已经不能适应构建适应我国法律框架和业务发展要求的工程造价管理的发展

要求。这就要求我们重新审视工程造价管理的内涵和任务、工程造价行业发展战略和工程造价管理体系等核心问题。就上述三个问题笔者认识:

1. 工程造价管理的内涵和任务。工程造价管理是建设工程项目管理的重要组成部分,它是以建设工程技术为基础,综合运用管理学、经济学和相关的法律知识,为建设项目的工程造价的确定、建设方案的比选和优化、投资控制与管理提供智力服务。工程造价管理的任务是依据国家有关法律、法规和建设行政主管部门的有关规定,对建设工程实施以工程造价管理为核心的全面项目管理,重点做好工程造价的确定与控制,建设方案的优化,投资风险的控制,进而缩小投资偏差,以满足建设项目投资期望的实现。工程造价管理应以工程造价的相关合同管理为前提,以事前控制为重点,以准确工程计量与计价为基础,并通过优化设计、风险控制和现代信息技术等手段,实现工程造价控制的整体目标。

2. 工程造价行业发展战略。一是在工程造价的形成机制方面,要建立和完善具有中国特色的“法律规范秩序,企业自主报价,市场形成价格,监管行之有效”工程价格的形成机制。二是在工程造价管理体系方面,构建以工程造价管理法律、法规为前提,以工程造价管理标准和工程计价定额为核心,以工程计价信息为支撑的工程造价管理体系。三是在工程造价咨询业发展方面,要在“加强政府的指导与监督,完善行业的自律管理,促进市场的规范与竞争,实现企业的公正与诚信”的原则下,鼓励工程造价咨询行业“做大做强,做专做精”,促进工程造价咨询业可持续发展。

3. 工程造价管理体系。工程造价管理体系是指建设工程造价管理的法律法规、标准、定额、信息等相互联系且可以科学划分的整体。制订和完善我国工程造价管理体系的目的是指导我国工程造价管理法建设和制度设计,依法进行建设项目的工程造价管理与监督。规范建设项目投资估算、设计概算、工程量清单、招标控制价和工程结算等各类工程计价文件的编制。明确各类工程造价相关法律、法规、标准、定额、信息的作用、表现形式以及体系框架,避免各类工程计价依据之间不协调、不配套、甚至互相重复和矛盾的现象。最终通过建立我国工程造价管理体系,提高我国建设工程造价管理的水平,打造具有中国特色和国际影响力的工程造价管理体系。工程造价管理体系的总体架构应围绕四个部分进行完善,即工程造价管理的法规体系,工程造价管理标准体系,工程计价定额体系,以及工程计价信息体系。前两项是以工程造价管理为目的,需要法规和行政授权加以支撑,要将过去以红头文件形式发布的规定、方法、规则等以法规和标准的形式加以表现;后两项是服务于微观的工程计价业务,应由国家或地方授权的专业机构进行编制和管理,作为政府服务的内容。

我国从1996年才开始实施造价工程师执业资格制度,至今不过十几年的时间。天津理工大学在全国率先开设工程造价本科专业,2003年才获得教育部的

批准。但是，工程造价专业的发展已经取得了实质性的进展，工程造价业务从传统概预算计价业务发展到工程造价管理。尽管如此，目前，我国的工程造价管理体系还不够完善，专业发展正在建设和变革之中，这就急需构建具有中国特色的工程造价管理体系，并积极把有关内容贯彻到学历教育和继续教育中。2010年4月，本人参加了2010年度“全国普通高等院校工程造价专业协作组会议”，会上通过了尹贻林教授提出的成立“普通高等院校工程造价专业‘十二五’系列规划教材”编审委员会的议题。本人认为，这是工程造价专业发展的一件大好事，也是工程造价专业发展的一项重要基础工作。该套系列教材是在中价协下达的“造价工程师知识结构和能力标准”的课题研究基础上规划的，符合中价协对工程造价知识结构的基本要求，可以作为普通高等院校工程造价专业或工程管理专业（工程造价方向）的本科教材。2011年4月中价协在天津召开了理事长会议，会议决定在部分普通高等院校工程造价专业或工程管理专业（工程造价方向）试点，推行双证书（即毕业证书和造价员证书）制度，我想该系列教材将成为对认证院校评估标准中课程设置的重要参考。

该套教材体系完善，科目齐全，笔者虽未能逐一拜读各位老师的新作，进而加以评论，但是，我确信这将又是一个良好的开端，它将打造一个工程造价专业本科学历教育的完整结构，故笔者应尹贻林教授和机械工业出版社的要求，还是欣然命笔，写了一下对工程造价专业发展的一些个人看法，勉为其序。

中国建设工程造价管理协会 秘书长
吴佐民

序 二

进入 21 世纪，我国高等教育界逐渐承认了工程造价专业的地位。这是出自以下考虑：首先，我国三十余年改革开放的过程主要是靠固定资产投资拉动经济的迅猛增长，导致对计量计价和进行投资控制的工程造价人员的巨大需求，客观上需要在高校中办一个相应的本科专业来满足这种需求；其次，高等教育界的专家、领导也逐渐意识到一味追求宽口径的通才培养不能适用于所有高等教育形式，开始分化，即重点大学着重加强对学生培养的人力资源投资通用性的投入以追求“一流”，而对于更大多数的一般大学则着力加强对学生的人力资源投资专用性的投入以形成特色。工程造价专业则较好地体现了这种专用性，是一个活跃而精准满足了上述要求的小型专业。第三，大学也需要有一个不断创新的培养模式，既不能泥古不化，也不能随市场需求而频繁转变。达成上述共识后，高等教育界开始容忍一些需求大，但适应面较窄的专业。在近十年的办学历程中，工程造价专业周围逐渐聚拢了一个学术共同体，以“普通高校工程造价专业教学协作组”的形式存在着，每年开一次会议，共同商讨在教学和专业建设中遇到的难题，目前已有近三十所高校的专业负责人参加了这个学术共同体，日显人气旺盛。

在这个学术共同体中，大家都认识到，各高校应因地制宜，创出自己的培养特色。但也要有一些核心课程来维系这个专业的正统和根基。我们把这个根基定为与大学生的基本能力和核心能力相适应的课程体系。培养学生基本能力是各高校基础课程应完成的任务，对应一些公共基础理论课程；而核心能力则是今后工程造价专业适应行业要求的培养目标，对应一些各高校自行设置各有特色的工程造价核心专业课程。这两类能力和其对应的课程各校均已达成共识，从而形成了这套“普通高等教育工程造价类专业‘十二五’系列规划教材”。以后的任务则是要在发展能力这个层次上设置各校特色各异又有一定共识的课程和教材，从英国工程造价（QS）专业的经验看，这类用于培养学生的发展能力的课程或教材至少应该有项目融资及财务规划、价值管理与设计方案优化、LCC 及设施管理等。那将是我们协作组在“十二五”中后期的任务，可能要到“十三五”才能实现。

那么，高等教育工程造价专业的培养对象，即我们的学生应如何看待并使用这套教材呢，我想，学生应首先从工程造价专业的能力标准体系入手真正了解自己为适应工程造价咨询行业或业主方、承包商方工程计量计价及投资控制的需

而应当具备的三个能力层次体系，即成为工程造价专业人士必须掌握的基本能力、核心能力、发展能力入手，了解为适应这三类能力的培养而设置的课程，并检查自己的学习是否掌握了这几种能力。如此循环往复，与教师及各高校的教学计划互动，才能实现所谓的“教学相长”。

工程造价专业从一代宗师徐大图教授在天津大学开设的专科专业并在技术经济专业植入工程造价方向以来，在 21 世纪初由天津理工大学率先获教育部批准正式开设目录外专业，到本次教育部调整高校专业目录获得全国管理科学与工程学科教学指导委员会全体委员投票赞成保留，历时二十余载，已日臻成熟。期间徐大图教授创立的工程造价管理理论体系至今仍为后人沿袭，而后十余年间又经天津理工大学公共项目及工程造价研究所研究团队及开设工程造价专业的近三十所高校同行共同努力，已形成坚实的教学体系及理论基础，在工程造价这个学术共同体中聚集了国家教学名师、国家精品课、国家级优秀教学团队、国家级特色专业、国家级优秀教学成果等一系列国家教学质量工程中的顶级成果，对我国工程造价咨询业和建筑业的发展形成强烈支持，贡献了自己的力量，得到了高等工程教育界的认同也获得世界同行们的瞩目。可以想见经过“十二五”的进一步规划和建设，我国高等工程造价专业教育必将赶超世界先进水平。

天津理工大学公共项目与工程造价研究所（IPPCE）所长

尹贻林 博士 教授

前 言

本书是根据普通高等学校工程造价、工程管理等专业的特点编写而成的，根据力学知识自身内在的联系，将理论力学、材料力学、结构力学三门课程融会贯通形成新的建筑力学体系。全书讲述了静力学基础，静定、超静定结构的内力计算，构件的强度、刚度、稳定性问题等内容。本书注重三门力学的理论严谨性、逻辑推理的清晰性以及相关知识的连贯性。

本书在内容方面尽量做到精简扼要，由浅入深，联系工程实际，理论叙述清楚、概念明确，克服不必要的重复，防止脱节，节省学时；在文字方面尽量做到通俗易懂，便于自学。本书可作为高等院校工程造价、工程管理、建筑学、城市规划等专业的建筑力学教材，也可作为土建类工程技术人员的参考用书。本书讲授学时为 80，采用本书时，可根据各专业的不同要求，对内容酌情取舍。

参加本书编写的有江西理工大学王秀丽（第二、三、四、五、六、七、九章）、山东建筑大学张晓丽（第一、十、十一、十二章）、山东建筑大学张琳（第八章）、重庆文理学院冉令刚（第十三章）。全书由王秀丽统稿，邹坦教授主审。本书在编写过程中得到了研究生张祖平及李展鹏在绘图方面的大力帮助，同时得到了教研室其他同事的热心关注，谨此一并致谢。

由于编者的水平及时间所限，书中难免有不妥或错误之处，衷心希望使用本书的读者和教师提出宝贵意见，从而使本书得到完善和充实。

编者

目 录

序一

序二

前言

第一章 绪论	1
第一节 建筑力学的任务和内容	1
第二节 荷载的分类	2
第三节 约束及约束力	3
第四节 结构计算简图	5
第五节 刚体、变形固体及其基本假设	8
第六节 杆件的几何特性与基本变形形式	9
思考题	10
第二章 平面力系的合成与平衡	11
第一节 力、力矩、力偶及物体受力分析	11
第二节 平面汇交力系的合成与平衡	17
第三节 平面任意力系的合成	23
第四节 平面一般力系的平衡方程和应用	25
第五节 平面平行力系的合成与平衡	29
思考题	30
练习题	31
第三章 截面的几何性质	36
思考题	41
练习题	41
第四章 轴向拉伸与压缩	44
第一节 拉（压）杆横截面上的内力、轴力图	44
第二节 拉（压）杆横截面及斜截面上的应力	46
第三节 拉（压）杆的变形、胡克定律	50
第四节 材料在拉伸和压缩时的力学性能	51
第五节 极限应力、许用应力和强度条件	55
第六节 应力集中的概念	57
思考题	59

练习题	59
第五章 剪切与扭转	62
第一节 剪切概述	62
第二节 连接接头的强度计算	62
第三节 扭转的内力计算	67
第四节 等直圆杆扭转时的应力与变形	70
第五节 切应力互等定理的证明	75
第六节 矩形截面等直杆在自由扭转时的应力和变形	75
思考题	77
练习题	77
第六章 平面弯曲梁	80
第一节 概述	80
第二节 梁的内力——剪力和弯矩	81
第三节 绘制梁的内力图——剪力图和弯矩图	83
第四节 利用微分关系画剪力图和弯矩图	86
第五节 梁内正应力及正应力强度条件	88
第六节 梁内切应力及切应力强度条件	94
第七节 应力状态、梁的主应力及主应力迹线	99
第八节 二向应力状态下的强度条件——强度理论	104
第九节 梁的变形	109
思考题	113
练习题	113
第七章 杆件在组合变形下的强度计算	118
第一节 斜弯曲	118
第二节 偏心压缩杆件的强度计算、截面核心	122
第三节 拉伸（压缩）与弯曲组合变形的强度计算	127
第四节 弯扭组合变形杆的强度计算	129
思考题	130
练习题	131
第八章 结构体系的几何组成分析	134
第一节 几何组成分析的基本概念	134
第二节 平面体系的自由度	135
第三节 几何不变体系的组成规则	137
第四节 几何组成的分析方法	139
第五节 体系的几何组成与静定性的关系	141

思考题	142
练习题	142
第九章 静定结构的内力分析	144
第一节 多跨静定梁的内力	144
第二节 静定平面刚架的内力	145
第三节 三铰拱的内力	149
第四节 静定平面桁架的内力	154
第五节 组合结构的内力	159
思考题	161
练习题	161
第十章 静定结构的位移计算	165
第一节 计算结构位移的目的	165
第二节 质点及质点系的可能位移原理	166
第三节 刚体的虚位移原理及静定结构由于支座位移所引起的位移计算	168
第四节 变形体的虚功原理及荷载作用下的位移计算	172
第五节 用图乘法计算梁及刚架的位移	176
第六节 静定结构由于温度变化所引起的位移计算	180
第七节 线弹性体系的互等定理	182
思考题	186
练习题	186
第十一章 力法计算超静定结构	189
第一节 超静定结构概述	189
第二节 力法的基本原理	190
第三节 力法的基本结构和超静定次数	192
第四节 力法的典型方程	194
第五节 对称性的利用	199
第六节 超静定结构在温度变化和支座移动下的内力计算	204
第七节 超静定结构的特性	207
思考题	208
练习题	208
第十二章 位移法与力矩分配法	211
第一节 单跨超静定梁的形常数及载常数	211
第二节 位移法的基本概念	213
第三节 位移法的基本未知数和基本结构	216
第四节 位移法的典型方程	217

第五节 力矩分配法的基本原理	221
第六节 用力矩分配法计算连续梁和无侧移刚架	226
思考题	230
练习题	230
第十三章 压杆稳定	233
第一节 压杆的稳定平衡与不稳定平衡	233
第二节 细长中心压杆的临界力 F_{cr}	234
第三节 欧拉公式及临界应力总图	237
第四节 压杆的稳定计算	240
思考题	244
练习题	244
附录	247
附录 A 型钢表 (GB/T 706—2008)	247
附录 B 梁在简单荷载作用下的变形	263
参考文献	266

第一章 绪 论

第一节 建筑力学的任务和内容

一、建筑力学的任务

建筑力学是将理论力学中的静力学、材料力学、结构力学课程中的主要内容,依据知识自身的内在连续性和相关性,重新组织形成的知识体系。建筑力学的任务是研究能使建筑结构安全、正常地工作且符合经济要求的理论和计算方法。例如,在荷载作用下,建筑结构和构件会引起周围物体对它们的反作用,同时构件本身也将产生变形,并且存在着发生破坏的可能性。但结构本身具有一定的抵抗变形和破坏的能力,而这些能力的大小与构件的材料性质、截面的几何尺寸及形状、受力性质、工作条件和构造情况等有关。在结构设计中,如果构件的承载力设计得过小,则结构将不安全;而构件的承载能力设计得过大,则需要多用材料,造成浪费。因此,建筑力学的主要任务是讨论和研究建筑结构及构件在荷载或其他因素作用下的工作状况及设计问题。

二、建筑力学的主要内容

建筑力学的内容包括以下部分:

1) 静力学基础研究物体的受力分析、力系的简化与平衡及杆系结构的组成规律等。

2) 内力分析研究静定结构和构件的内力计算方法及其分布规律。

3) 强度、刚度和稳定性问题。

强度是指材料或构件抵抗破坏的能力。在一定荷载作用下,如果构件的尺寸、材料的性能与所受的荷载不相适应,构件就要发生破坏。例如,框架梁截面过小,荷载较大就会因抗弯能力不足而断裂,造成工程事故。强度问题是研究满足强度要求的计算理论与方法,解决强度问题的关键是作构件的应力分析。

刚度是指材料或构件抵抗变形的能力。任何物体在外力的作用下,都会产生不同程度的变形,过大的变形会影响构件的正常工作。例如,楼面梁在荷载作

用下产生的变形过大,下面的抹灰层就会开裂、脱落。刚度问题是研究结构或构件满足刚度要求的计算理论与方法,解决刚度问题的关键是求结构或构件的变形。

稳定性是指结构或构件的原有形状保持稳定平衡的能力。比较细长的中心受压杆,当压力超过某一定值时,杆就不能保持直线状态,会突然从原来的直线形状变成曲线形状,改变它原来的受压状态而发生破坏,这种现象称为失稳。例如,承重柱过细、过高,就可能由于柱失稳而导致房屋的突然倒塌。

4) 超静定结构问题。超静定结构在工程中广泛采用,仅应用静力平衡方程不能完全确定超静定结构的支座反力及内力,必须考虑结构的变形条件,从而获得补充方程才能求解。因此,求静定结构的变形是研究超静定结构问题的基础。

第二节 荷载的分类

实际的建筑工程结构由于其作用和工作条件的不同,作用在它们上面的力是多种多样的。在建筑力学中,我们把作用在物体上的力一般分为两种:一种是使物体运动或使物体有运动趋势的主动动力;另一种是阻碍物体运动的约束力。

通常把作用在结构上的主动动力称为荷载,而把约束力称为反力。它们都是其他物体作用在结构上的力,所以又统称为外力。在外力作用下,结构内各部分之间产生的作用力称为内力。结构的强度和刚度问题,都直接与内力有关,而内力又是由外力所引起和确定的。在结构设计中,首先要分析和计算作用在结构上的外力,然后进一步计算结构中的内力。因此,确定结构所受的荷载,是进行结构受力分析的前提,必须慎重对待。如果将荷载估计过大,则设计的结构尺寸将偏大,造成浪费;如果将荷载估计过小,则设计的结构不够安全。

在工程实际中,结构受到的荷载是多种多样的,为了便于分析,按荷载作用在结构上的分布情况分为分布荷载和集中荷载。

分布荷载是指分布作用在体积、面积和线段上的荷载,分别称为体荷载、面荷载和线荷载。例如,重力属于体荷载,风、雪的压力属于面荷载。因建筑力学研究由杆系组成的结构,故将杆件所受的分布荷载视为线荷载。例如,梁的自重表示每米长度的重力,单位是 N/m 或 kN/m 。

作用在结构上的荷载一般总是分布在一定的面积上,当分布面积远小于结构的尺寸时,则可认为荷载是作用在结构的一点上,称为集中荷载。例如,起重机的轮子对起重机梁的压力、屋架传给柱子或墙的压力,都可以认为是集中荷载,其单位一般用 N 或 kN 表示。

第三节 约束及约束力

物体可分为自由体和非自由体。自由体可自由移动,不受其他任何物体的限制。非自由体不能自由移动,其某些位移受到其他物体的限制而不能发生。结构的各构件是非自由体,它受其他构件的制约,不能自由移动。限制非自由体位移的其他物体称为非自由体的约束,约束对非自由体的作用力称为约束力,约束力的方向总是与它所限制的位移方向相反。

工程物体之间的约束形式是复杂多样的,为了便于分析和计算,需要对约束进行简化,得到一些理想化的约束形式。本节所讨论的正是这些理想化的约束,它们在力学分析和结构设计中被广泛采用。

(1) 柔索约束 柔索约束由软绳、链条等构成。柔索只能承受拉力,只能限制物体在绳索受拉方向的位移。所以,柔索的约束力通过接触点,沿柔索而背离物体。如图 1-1 所示。

(2) 光滑面约束 光滑面约束是由两个物体光滑接触所构成。两物体可以沿光滑面相对滑动,但沿接触面法线且指向接触面的位移受限。所以,光滑面的约束力作用于接触点,沿接触面的法线且指向物体。如图 1-2 所示。

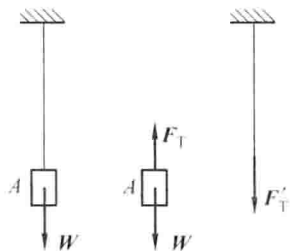


图 1-1

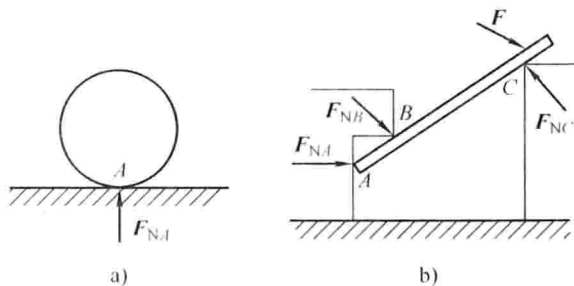


图 1-2

(3) 光滑铰链约束 铰链约束是连接两个构件的常见约束形式。铰链约束可以这样构成:在 A 和 B 两个物体上各做一个大小相同的圆孔,用光滑圆柱销钉 C 插入两物体的圆孔中,如图 1-3a 所示。这种约束可简化为图 1-3b。根据构造情况其约束功能是:两物体的铰接处允许有相对转动,不允许有相对线位移发生。相对线位移可分解为两个相互垂直的分量,与之对应,铰链约束有两个相互垂直的约束力,如图 1-3c 所示。

(4) 链杆约束 链杆是两端用光滑铰链与其他物体连接,不计自重且中间不受力作用的刚杆,如图 1-4a 所示。链杆只在两铰链处受力,因此又称二力杆。链杆既可受拉也可受压,处于平衡状态时,链杆所受的两个力大小相等、方向相反并作用在两个铰链中心的连线上,如图 1-4b 所示。链杆对它所约束的物体的约束力必定沿两铰链中心的连线作用在物体上,如图 1-4c 所示。