



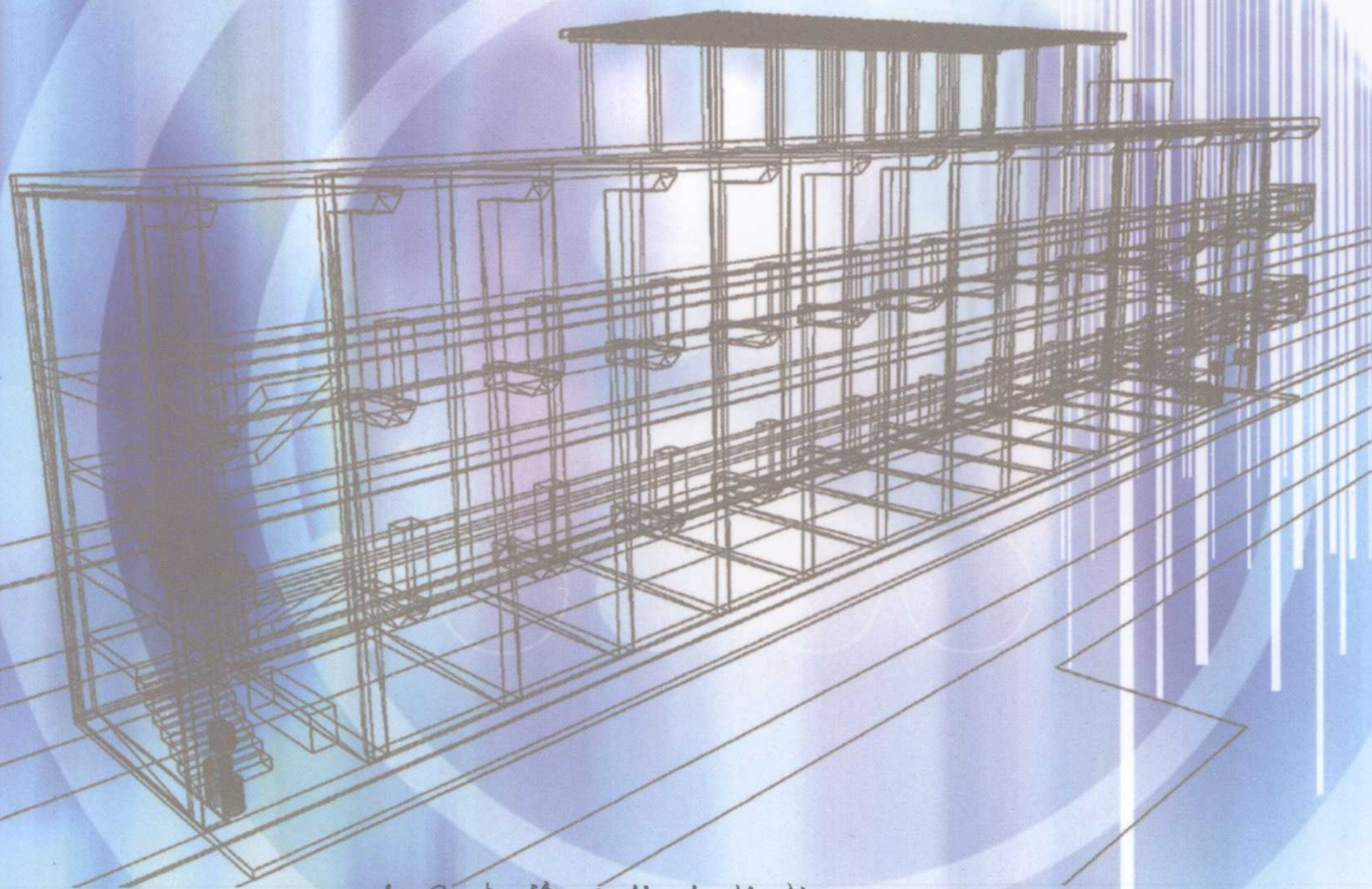
普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

Jianzhu  
Jiegou  
Jichu yu  
Shitu

# 建筑结构基础与识图 (第二版)

(工程造价与建筑管理类专业适用)

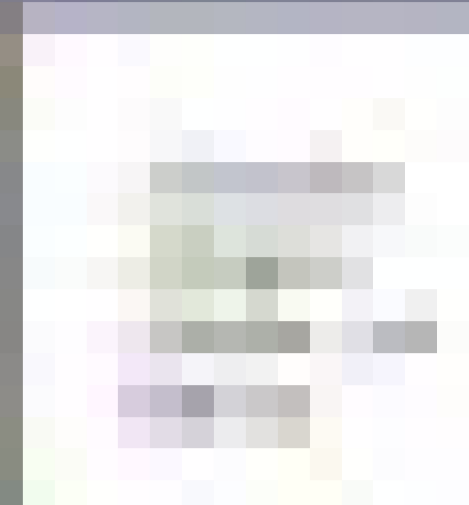
杨太生 主编



中国建筑工业出版社  
China Architecture & Building Press



THE UNIVERSITY OF CHINA PRESS  
UNIVERSITY OF CHINA PRESS



# 中国大学与教育

中国大学与教育



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

# 建筑结构基础与识图 (第二版)

(工程造价与建筑管理类专业适用)

杨太生 主 编  
陈东佐 梁建民 主 审

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构基础与识图/杨太生主编. —2版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材. 工程造价与建筑管理类专业适用

ISBN 978-7-112-10108-5

I. 建... II. 杨... III. ①建筑结构-高等学校: 技术学校-教材②建筑结构-建筑制图-识图法-高等学校: 技术学校-教材  
IV. TU3 TU204

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 072693 号

本书是按照本课程的教学基本要求及国家最新的有关规范、标准编写的。全书围绕结构施工图识读能力的培养, 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。

全书共分九章, 内容包括: 建筑力学基本知识, 结构设计方法与设计指标, 混凝土结构基本构件, 钢筋混凝土楼(屋)盖, 钢筋混凝土多层与高层结构, 砌体结构基本知识, 钢结构基本知识, 建筑基础基本知识, 建筑结构施工图识读等。

本书主要作为高等职业教育工程造价与建筑管理类专业的教学用书, 也可作为岗位培训教材或工程技术人员的参考书。

\* \* \*

责任编辑: 张晶 刘平平

责任设计: 董建平

责任校对: 关健 王金珠

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

### 建筑结构基础与识图 (第二版)

(工程造价与建筑管理类专业适用)

杨太生 主编

陈东佐 梁建民主审

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京建筑工业出版社印刷

\*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 13<sup>1</sup>/<sub>4</sub> 插页: 7 字数: 365千字

2008年8月第二版 2008年8月第十次印刷

印数: 38,001—43,000册 定价: 25.00元

ISBN 978-7-112-10108-5

(16911)

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)

## 教材编审委员会名单

主任：吴 泽

副主任：陈锡宝 范文昭 张怡朋

秘 书：袁建新

委 员：(按姓氏笔画排序)

马纯杰 王武齐 田恒久 任 宏 刘 玲

刘德甫 汤万龙 杨太生 何 辉 宋岩丽

张 晶 张小平 张凌云 但 霞 迟晓明

陈东佐 项建国 秦永高 耿震岗 贾福根

高 远 蒋国秀 景星蓉

## 第二版序言

高职高专教育土建类专业教学指导委员会（以下简称教指委）是在原“高等学校土建学科教学指导委员会高等职业教育专业委员会”基础上重新组建的，在教育部、建设部的领导下承担对全国土建类高等职业教育进行“研究、咨询、指导、服务”责任的专家机构。

2004年以来教指委精心组织全国土建类高职院校的骨干教师编写了工程造价、建筑工程管理、建筑经济管理、房地产经营与估价、物业管理、城市管理与监察等专业的主干课程教材。这些教材较好地体现了高等职业教育“实用型”“能力型”的特色，以其权威性、科学性、先进性、实践性等特点，受到了全国同行和读者的欢迎，被全国高职高专院校相关专业广泛采用。

上述教材中有《建筑经济》、《建筑工程预算》、《建筑工程项目管理》等11本被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，另外还有36本教材被评为普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材。

教材建设如何适应教学改革和课程建设发展的需要，一直是我们不断探索的课题。如何将教材编出具有工学结合特色，及时反映行业新规范、新方法、新工艺的内容，也是我们一贯追求的工作目标。我们相信，这套由中国建筑工业出版社陆续修订出版的、反映较新办学理念规划教材，将会获得更加广泛的使用，进而在推动土建类高等职业教育培养模式和教学模式改革的进程中、在办好国家示范高职院校的工作中，作出应有的贡献。

高职高专教育土建类专业教学指导委员会

## 第一版序言

高等学校土建学科教学指导委员会高等职业教育专业委员会（以下简称土建学科高等职业教育专业委员会）是受教育部委托并接受其指导，由建设部聘任和管理的专家机构。其主要工作任务是，研究如何适应建设事业发展的需要设置高等职业教育专业，明确建设类高等职业教育人才的培养标准和规格，构建理论与实践紧密结合的教学内容体系，构筑“校企合作、产学结合”的人才培养模式，为我国建设事业的健康发展提供智力支持。在建设部人事教育司的领导下，2002年以来，土建学科高等职业教育专业委员会的工作取得了多项成果，编制了土建学科高等职业教育指导性专业目录；在重点专业的专业定位、人才培养方案、教学内容体系、主干课程内容等方面取得了共识；制定了建设类高等职业教育“建筑工程技术”、“工程造价”“建筑装饰技术”、“建筑电气技术”等专业的教育标准和培养方案；制定了教材编审原则；启动了建设类高等职业教育人才培养模式的研究工作。

土建学科高等职业教育专业委员会管理类专业小组指导的专业有工程造价、建筑工程管理、建筑经济管理、建筑会计与投资审计、房地产经营与估价、物业管理等6个专业。为了满足上述专业的教学需要，我们在调查研究的基础上制定了工程造价、建筑工程管理、物业管理等专业的教育标准和培养方案，根据培养方案认真组织了教学与实践经验丰富的教授和专家编制了主干课程的教学基本要求，然后根据教学基本要求编审了本套教材。

本套教材是在高等职业教育有关改革精神指导下，以社会需求为导向，以培养实用为主、技能为本的应用型人才为出发点，根据目前各专业毕业生的岗位走向、生源状况等实际情况，由理论知识扎实、实践能力强的双师型教师和专家编写的。因此，本套教材体现了高职教育适应性、实用性强的特点，具有内容新、通俗易懂、符合高职学生学习规律的特色。我们希望通过本套教材的使用，进一步提高教学质量，更好地为社会培养具有解决工作中实际问题的有用人才打下基础。也为今后推出更多更好的具有高职教育特色的教材探索一条新的路子，使我国的高职教育办得更加规范和有效。

高等学校土建学科教学指导委员会  
高等职业教育专业委员会

## 第二版前言

《建筑结构基础与识图》是高等职业教育工程造价与建筑管理类专业规划教材之一，自2004年出版以来，以其先进性、实用性，受到全国同行的普遍赞誉，被全国各高职院校相关专业广泛选用。但随着高等职业教育的深入发展，课程体系和教学内容的改革完善，教材建设也应随之不断完善，以推广课程体系和教学内容的改革成果。

本次教材修订工作主要依据全国高职高专教育工程管理类专业教学指导委员会提出的修订要求和新制订的专业人才培养方案对本课程的教学基本要求进行修订。新版教材淘汰了一些应用面不广的内容，增加了建筑力学基本知识和一些与职业能力密切相关的内容，并针对专业人才培养目标定位和建筑结构技术的发展，对相应内容进行了调整。力求反映培养技术应用能力为主线，体现高等职业教育“能力型”、“成品型”的特色。

本书由山西建筑职业技术学院杨太生主编。绪论、第一章、第七章、第八章由杨太生修订，第三章、第四章、第五章由段春花修订，第二章、第六章、第九章由段贵明修订。全书由太原大学陈东佐教授和山西省建设工程质量监督总站梁建民教授级高工主审。在修订过程中还得到不少院校和读者的关注与支持，并参考了一些公开出版和发表的文献，在此表示衷心的感谢。

由于水平有限，书中难免有不足之处，恳请广大读者批评指正。

会员委第... 高

会员委业... 高



## 第一版前言

本书是工程造价专业系列规划教材之一，是根据高等学校土建学科教学指导委员会高等职业教育专业委员会管理类专业指导小组制定的本专业培养目标及主干课程教学基本要求编写的，并按照国家颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《建筑结构制图标准》(GB/T 50105—2001)等新规范、新标准编写的。

本书针对高职工程造价专业人才培养目标的定位，主要研究一般结构构件的布置原则、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。在编写过程中，编者结合长期教学实践的经验，以培养技术应用能力为主线，教学内容取材以必须够用为原则，注意针对性和实用性。通过各类结构构件的受力特点和构造要求的系统介绍，致力于结构施工图识读能力的培养，并尽力做到理论与工程实际相联系，力求反映高等职业技术教育的特点。

本书由杨太生任主编。参加本书编写工作的有杨太生(绪论、第一、七、八章)、段春花(第三、四、五章)、段贵明(第二、六、九章)。

太原大学陈东佐教授主审了全书，并提出了许多宝贵意见；在编写过程中，我们参阅了一些公开出版和发表的文献，并得到山西建筑职业技术学院、太原大学等单位的大力支持，谨此一并致谢。

限于编者水平和经验，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者和同行专家批评指正。

# 目 录

绪论	1
第一章 建筑力学基本知识	4
第一节 静力学的基本概念	4
第二节 平面力系平衡条件的应用	13
第三节 内力与内力图	21
思考题与习题	29
第二章 结构设计方法与设计指标	32
第一节 建筑结构荷载	32
第二节 建筑结构的设计方法	35
第三节 建筑结构材料的设计指标	39
第四节 建筑结构抗震设防简介	42
思考题	45
第三章 混凝土结构基本构件	47
第一节 钢筋混凝土受弯构件	47
第二节 钢筋混凝土受压构件	63
第三节 钢筋混凝土受扭构件	67
第四节 预应力混凝土构件基本知识	68
第五节 钢筋混凝土构件施工图	72
实践教学课题	77
思考题与习题	77
第四章 钢筋混凝土楼(屋)盖	79
第一节 钢筋混凝土楼盖的类型	79
第二节 现浇单向板肋形楼盖	83
第三节 现浇双向板肋形楼盖	88
第四节 钢筋混凝土楼梯	88
第五节 悬挑构件	91
第六节 钢筋混凝土梁板结构施工图	94
实践教学课题	102
思考题	102
第五章 钢筋混凝土多层与高层结构	103
第一节 多层与高层结构体系	103
第二节 框架结构	106
第三节 剪力墙结构	120

第四节 框架-剪力墙结构 .....	126
思考题 .....	127
<b>第六章 砌体结构基本知识</b> .....	128
第一节 砌体的类型及力学性质 .....	128
第二节 多层砌体房屋的构造要求 .....	131
实践教学课题 .....	144
思考题 .....	144
<b>第七章 钢结构基本知识</b> .....	145
第一节 钢结构的连接 .....	145
第二节 钢结构构件 .....	153
第三节 钢屋盖 .....	158
实践教学课题 .....	166
思考题 .....	167
<b>第八章 建筑基础基本知识</b> .....	168
第一节 基础的类型与构造 .....	168
第二节 基础施工图 .....	180
实践教学课题 .....	186
思考题 .....	186
<b>第九章 建筑结构施工图识读</b> .....	187
第一节 概述 .....	187
第二节 混凝土结构施工图平面整体表示方法简介 .....	191
实践教学课题 .....	197
思考题 .....	197
<b>附图 ××学院办公楼结构施工图</b> .....	插页
<b>参考文献</b> .....	198

## 绪 论

### 一、建筑结构的分类及应用

建筑结构是由梁、板、墙、柱、基础等基本构件，按照一定组成规则，通过正确的连接方式所组成的能够承受并传递荷载和其他间接作用的骨架。

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

#### (一) 按所用材料分类

##### 1. 混凝土结构

混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构，其中钢筋混凝土结构应用最为广泛。其主要优点是强度高、整体性好、耐久性与耐火性好、易于就地取材、具有良好的可模性等。主要缺点是自重大、抗裂性差、施工环节多、工期长等。

##### 2. 砌体结构

砌体结构是由块材和砂浆等胶结材料砌筑而成的结构，包括砖砌体结构、石砌体结构和砌块砌体结构，广泛应用于多层民用建筑。其主要优点是易于就地取材、耐久性与耐火性好、施工简单、造价低。主要缺点是强度（尤其是抗拉强度）低、整体性差、结构自重大、工人劳动强度高。

##### 3. 钢结构

钢结构是由钢板、型钢等钢材通过有效的连接方式所形成的结构，广泛应用于工业建筑及高层建筑结构中。随着我国经济建设的迅速发展，钢产量的大幅度增加，钢结构的应用领域有了较大的扩展。可以预计，钢结构在我国将得到越来越广泛的应用。

钢结构与其他结构形式相比，其主要优点是强度高、结构自重轻、材质均匀，可靠性好、施工简单、工期短、具有良好的抗震性能。主要缺点是易腐蚀、耐火性差、工程造价和维护费用较高。

##### 4. 木结构

木结构是指全部或大部分用木材制作的结构。由于木材生长受自然条件的限制，砍伐木材对环境的不利影响，以及易燃、易腐、结构变形大等因素，目前已较少采用，本书对木结构将不再叙述。

#### (二) 按承重结构类型分类

##### 1. 砖混结构

砖混结构是指由砌体和钢筋混凝土材料制成的构件所组成的结构。通常，房屋的楼（屋）盖由钢筋混凝土的梁、板组成，竖向承重构件采用砌体材料，它主要用于层数不多的住宅、宿舍、办公楼、旅馆等民用建筑。

##### 2. 框架结构

框架结构是指由梁和柱为主要构件组成的承受竖向和水平作用的结构。目前我国框架

结构多采用钢筋混凝土建造。框架结构具有建筑平面布置灵活，与砖混结构相比具有较高的承载力、较好的延性和整体性、抗震性能较好等优点，因此在工业与民用建筑中获得了广泛应用。但框架结构仍属柔性结构，侧向刚度较小，其合理建造高度一般为 30m 左右。

### 3. 框架-剪力墙结构

框架-剪力墙结构是指在框架结构内纵横方向适当位置的柱与柱之间，布置厚度不小于 160mm 的钢筋混凝土墙体，由框架和剪力墙共同承受竖向和水平作用的结构。这种结构体系结合了框架和剪力墙各自的优点，目前广泛使用于 20 层左右的高层建筑中。

### 4. 剪力墙结构

剪力墙结构是指房屋的内、外墙都做成实体的钢筋混凝土墙体，利用墙体承受竖向和水平作用的结构。这种结构体系的墙体较多，侧向刚度大，可建造比较高的建筑物，目前广泛使用于住宅、旅馆等小开间的高层建筑中。

### 5. 筒体结构

筒体结构是指由单个或多个筒体组成的空间结构体系，其受力特点与一个固定于基础上的筒形悬臂构件相似。一般可将剪力墙或密柱深梁式的框架集中到房屋的内部或外围形成空间封闭的筒体，使整个结构具有相当大的抗侧刚度和承载能力。根据筒体不同的组成方式，筒体结构可分为框架-筒体、筒中筒、组合筒三种结构形式。

### 6. 排架结构

排架结构是指由屋架（或屋面梁）、柱和基础组成，且柱与屋架铰接，与基础刚接的结构。多采用装配式体系，可以用钢筋混凝土或钢结构建造，广泛用于单层工业厂房建筑。

此外，按承重结构的类型还可分为深梁结构、拱结构、网架结构、钢索结构、空间薄壳结构等，本书不再一一叙述。

## （三）其他分类方法

（1）按使用功能可以分为建筑结构（如住宅、公共建筑、工业建筑等）；特种结构（如烟囟、水塔、水池、筒仓、挡土墙等）；地下结构（如隧道、涵洞、人防工事、地下建筑等）。

（2）按外形特点可以分为单层结构、多层结构、大跨度结构、高耸结构等。

（3）按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。

## 二、建筑结构的概况

建筑结构有着悠久的历史，并随着人类社会的进步、科学技术的发展而不断发展，至今仍生机勃勃。

大量的考古发掘资料表明，我国远在公元前 5000 年～公元前 3000 年就已有房屋结构的痕迹。在历史的长河中，人们应用最早的建筑结构是砖石结构和木结构，金字塔、万里长城、河北省赵县的安济桥、山西省五台县的佛光寺大殿、山西省应县木塔以及许许多多宏伟的宫殿、寺院和宝塔等都是建筑结构发展史上的辉煌之作。

17 世纪工业革命后，资本主义国家工业化的发展，推动了建筑结构的发展。17 世纪开始使用生铁，19 世纪初开始使用熟铁建造桥梁和房屋，自 19 世纪中叶开始，随着冶炼技术的发展，钢结构的应用也获得了蓬勃发展。19 世纪 20 年代波特兰水泥制成后，混凝

土相继问世，随后出现了钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构，使混凝土结构的应用范围更为广泛。新的结构形式不断推出，新的材料、施工工艺也有了很大发展。建筑结构的跨度从砖石结构、木结构的几米、几十米发展到几百米，直到现代的千米。建筑高度也不断增加，达到现代的几百米。如马来西亚吉隆坡国营石油公司大厦（钢结构）高度达450m，我国香港特别行政区的中环广场（钢筋混凝土结构）高度达372m，我国江阴长江大桥跨度达1385m，列为我国第一，世界第四跨度的特大桥。

在设计理论方面，从1955年我国有了第一批建筑结构设计规范，至今已修订了四次。由原来的简单近似计算到以概率理论为基础的极限状态设计方法，从对结构仅进行线性分析发展到非线性分析，从对结构侧重安全发展到全面侧重结构的性能，使设计方法更加完善、更加科学。随着理论的深入研究、计算机的广泛应用和现代测试技术的发展，建筑结构的计算理论和设计方法必将日趋完善，并向着更高的阶段发展。

### 三、本课程的特点与基本要求

《建筑结构基础与识图》是一门综合性较强的课程，其内容主要由钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构、建筑基础、建筑结构施工图识读五部分组成。主要研究一般结构构件的布置原则、受力特点、构造要求、施工图表示方法与识读等建筑结构基本概念和基本知识。突出培养学生识读一般建筑工程结构施工图和相关标准图的能力，为正确计算结构工程量奠定基础。

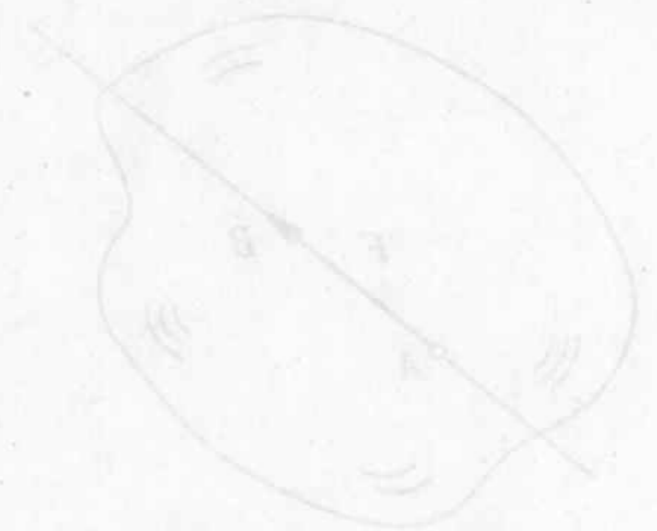
本课程是工程造价专业及相关专业的一门基础课程，它不仅是学习专业课程的基础，同时也是一门应用技术。它与其他课程之间有着密切的关系并有其自身的特点。在学习本课程时，应注意以下几点：

(1) 学习本课程时，应与建筑力学、建筑构造、建筑材料等相关知识相联系，使新知识植根于旧知识，随着学习内容的展开和深入，逐步加深理解，使新旧知识得到巩固和提高。

(2) 本课程与结构设计规范密切相关，通过本课程的学习，应熟悉并学会应用现行有关规范。对本课程涉及的众多构造要求，要充分给予重视，理解其中的道理。

(3) 本课程是一门实践性很强的课程，在课堂教学过程中，要注重联系实际，多到施工现场参观、实习，才能加深理解，巩固提高。

(4) 识读结构施工图是工程造价专业学生的核心能力之一，为了达到这一目的，即要掌握基本的结构概念、理解有关的结构构造要求、熟悉结构施工图的表示方法，同时在教学过程中最好能准备几套不同结构类型的施工图（包括相关的标准图），进行实际的识图训练。



# 第一章 建筑力学基本知识

**【学习提要】** 本章主要介绍了静力学基本概念、平面一般力系平衡条件和轴心受力构件、受弯构件的内力与内力图。通过本章的学习，应了解力、平衡、计算简图、静定与超静定、内力与应力等概念。熟悉静力学基本公理和杆件变形的基本形式。掌握常见约束的约束反力和平面一般力系平衡条件的应用。具备对一般物体进行受力和对基本杆件求解内力的能力。

## 第一节 静力学的基本概念

### 一、力和平衡的概念

#### 1. 力的概念

力是物体间相互的机械作用，这种作用引起物体运动状态的变化（外效应），或者使物体发生变形（内效应）。静力学研究物体的外效应。

既然力是物体与物体之间的相互作用，就不可能脱离物体而单独存在，有受力体时必定有施力体。在自然界中物体间的相互作用是多种多样的，例如，人推小车，手用力拉弹簧，两物体的碰撞作用，电磁的感应作用，地球对每个物体的引力作用，机器刹车时由于摩擦力的作用使速度逐渐减小，桥梁受到车辆的作用而产生弯曲变形等。可见物体间相互的机械作用可分为两类：一类是物体间直接接触的相互作用；另一类是场和物体间的相互作用。尽管相互作用力的来源和物理本质不同，但它们所产生的效应是相同的。

从实践可知，力对物体的作用效应取决于下面三个因素：力的大小、力的方向和力的作用点，这三个因素通常称为力的三要素。在描述一个力时，必须全面表明力的三要素。

力的大小反映物体间相互作用的强弱程度，我们必须规定力的单位来表示力的大小。在国际单位制中采用牛顿（N）作为力的基本单位。

力的方向包含力的作用线在空间的方位和指向，如水平向左，铅垂向下等。

力的作用点是指力对物体的作用位置。实际上当两个物体相互作用时，其接触部位总是具有一定的面积，当接触面积与物体相比很小时，可近似看成是一个点，这个点称为力的作用点，该作用力称为集中力；如果接触面积较大而不能忽略时，该作用力称为分布力，用荷载集度  $q$  (N/m<sup>2</sup>) 来表示。

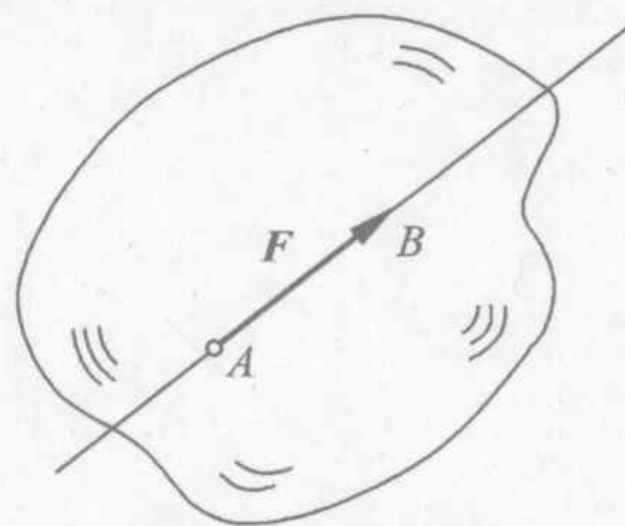


图 1-1 力的图示法

力是矢量，通常用一段带有箭头的线段来描述它。力的大小由线段的长度（按选定的比例）来表示，方向由线段的方位和箭头的指向来表示，作用点由线段的起点或终点来确定。如图 1-1 表示了一个力  $F$ 。

力可以分为外力和内力，外力是指其他物体对所研究物体的作用力，内力是指物体系内各物体间相互作用的力。外力和内力

的区分并非是绝对的，将由研究对象的不同而异。如将一个盒子放在桌子上，如果把盒子与桌子同时看作研究对象，那么盒子与桌子间的作用就是内力，如果单独研究桌子，那么盒子对桌子的作用就是外力。

## 2. 刚体和平衡的概念

刚体是指在任何外力作用下忽略其几何形状改变的物体。

实践表明，自然界中受力的物体都有或大或小的变形，那么为什么在理论力学中忽略其变形而假设为刚体呢？主要是因为工程实际中的大多数物体的变形都非常微小，对物体的外效应影响甚微，我们抓住对机械运动的研究这个主要因素，而把对所研究问题影响不大的次要因素暂时忽略掉，这样就便于问题的讨论。然而，当研究物体受到力的作用会不会破坏时，变形就成为主要因素不能忽略，将物体看成变形体。至于变形体的问题，有待在材料力学等课程中去解决。

平衡是指物体相对于周围物体处于静止或匀速直线运动的状态，如果没有特别注明相对于哪个物体时，都是指相对于地球而言。即平衡是指物体相对于地球处于静止或匀速直线运动的状态。

## 二、静力学基本公理

为了便于以后的研究，首先明确静力学中的几个基本定义。

力系：同时作用在一个物体上的一群力，称为力系。

等效力系：两个力系对同一个物体分别作用后，其效果相同时，这两个力系互称为等效力系。如果一个力与一个力系等效，这个力就称为该力系的合力，该力系中其他各力称为这个合力的分力。

平衡力系：如果物体在某力系作用下处于平衡状态，则该力系称为平衡力系。

静力学公理是人们经过长期观察和分析而得到的最基本的力学规律，这些规律为我们研究静力学的主要问题提供了必要的基础。

### 1. 二力平衡公理

作用在一个刚体上的两个力，若使刚体处于平衡，其充分和必要的条件是：这两个力大小相等，方向相反，且作用线在同一直线上，如图 1-2 所示。

在两个力作用下处于平衡的刚体称为二力体，对杆件则称为二力杆。由二力平衡公理可知，作用在二力体上的两个力，它们必然通过两个力作用点的连线（与杆件的形状无关），且等值、反向。

### 2. 加减平衡力系公理

在作用于一个刚体上的已知力系中，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。

这是因为平衡力系对刚体运动状态是没有影响的，平衡力系中诸力对刚体的作用效应相互抵消，力系对刚体的作用效应等于零。所以增加或去掉一个平衡力系，是不会改变刚体的运动效果的。

**[推论]** 力的可传性原理

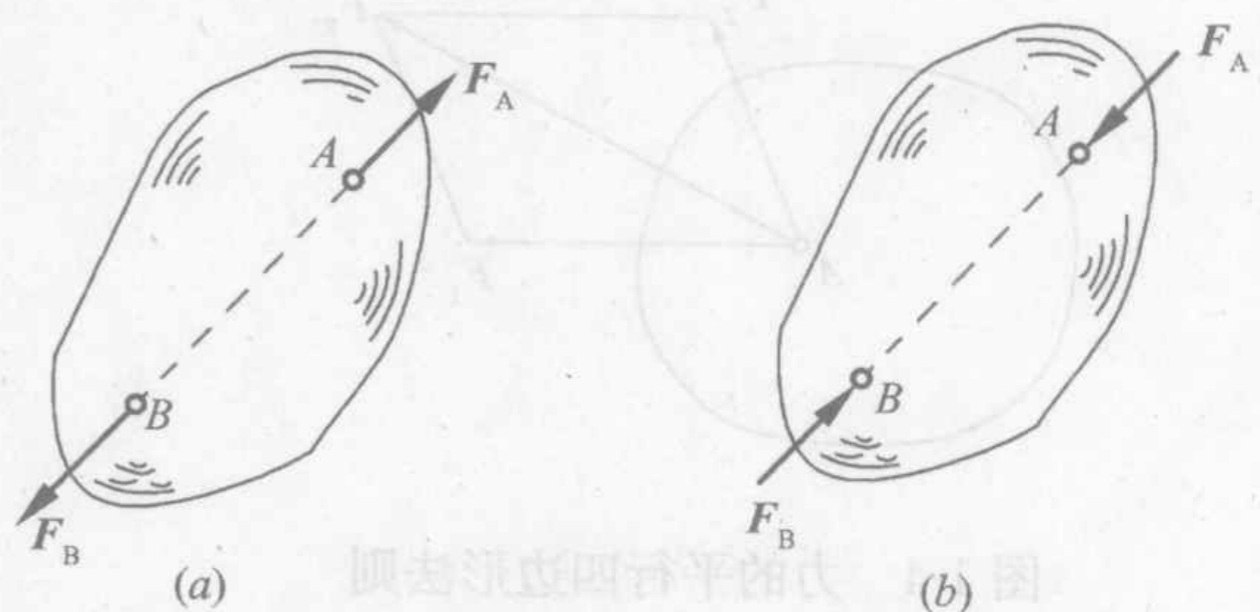


图 1-2 二力平衡公理



由公理 1 和公理 2 我们可以得到如下推论：作用在刚体上的力可沿其作用线移动到刚体内任意一点，而不改变它对刚体的作用效应。

如图 1-3 所示，在力  $F$  的作用线上任取一点  $B$ ，加上一对  $F_1 = -F_2 = F$  的平衡力系，由公理 2 可知刚体的运动状态是不会改变的，即力系  $(F, F_1, F_2)$  与力  $(F)$  等效。再由公理 1 可知  $F_2$  与  $F$  亦为平衡力系，可以去掉，所以力系  $(F, F_1, F_2)$  与力  $(F_1)$  等效。因此作用于  $A$  点的力  $F$  与作用于  $B$  点的力  $F_1$  是等效的。力  $F_1$  可看成是力  $F$  沿其作用线由  $A$  点移至  $B$  点的结果，通常称为力的可传性。

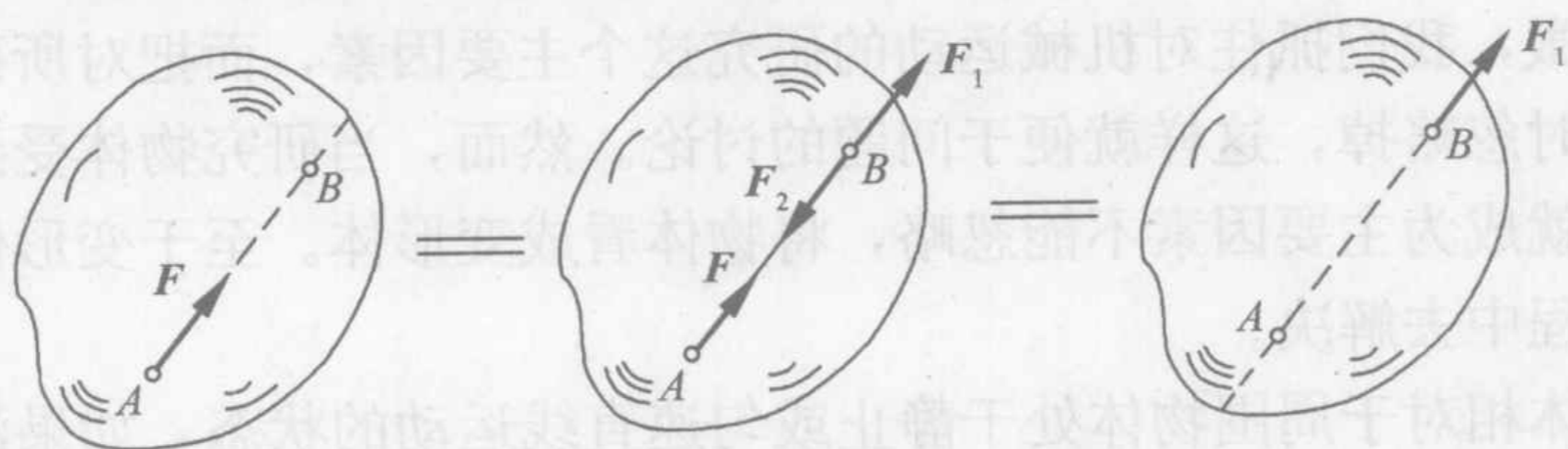


图 1-3 力的可传性

由推论可知，力对刚体的作用决定于力的大小、力的方向和力的作用线，至于在作用线上的那一点则是无关紧要的。同样必须指出，力的可传性原理只适用于刚体而不适用于变形体。

### 3. 力的平行四边形公理

作用于物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力，其大小和方向可以由以此两个力为边所构成的平行四边形的对角线表示，其作用点也在此二力的交点。如图 1-4 所示，其矢量表达式为：

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (1-1)$$

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便可。其方法是自  $O$  点开始，先画出矢量  $F_1$ ，然后再由  $F_1$  的终点画另一矢量  $F_2$ ，最后将  $O$  点与  $F_2$  的终点连线得合力  $F_R$ ，如图 1-5 (a) 所示。显然，若改变  $F_1$  与  $F_2$  的顺序，其结果不变，如图 1-5 (b) 所示。这种作图方法称为力的三角形法则。

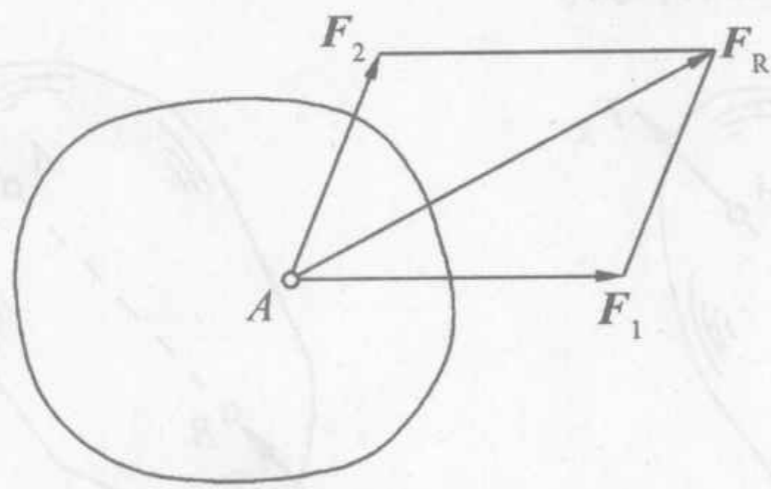


图 1-4 力的平行四边形法则

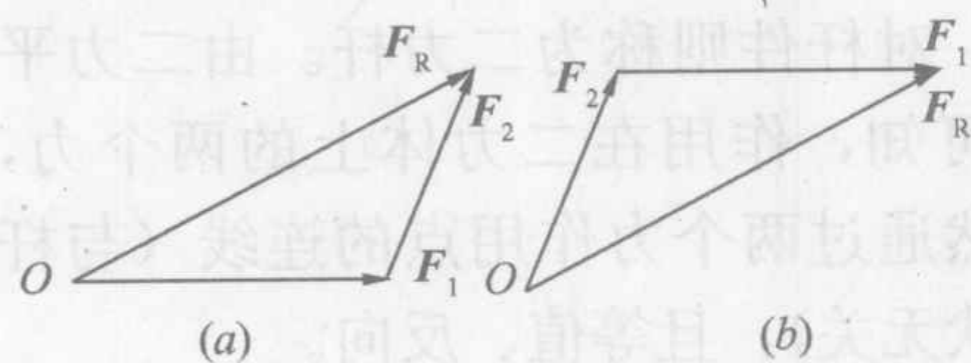


图 1-5 力的三角形法则

利用力的平行四边形法则，可以把两个共点力合成为一个力，也可以把一个已知力，分解为与其共点的两个力。但是，会得到无数组解答。要得出唯一解答，必须给以限制条件，如已知两分力的方向求其大小，或已知一个分力的大小和方向求另一个分力等。在实际计算中，常把一个任意力  $F$  沿直角坐标轴分解为互相垂直的两个分力  $F_x$  与  $F_y$ ，如图 1-6 所示。

**[推论]** 三力平衡汇交定理