



中等职业教育课程改革新教材
中等职业教育机械大类专业基础课系列

机械基础

多学时

总主编 刘介臣
主编 刘 琦 刘 浩
主 审 罗永祥



北京师范大学出版集团
北京师范大学出版社

中等职业教育机械、电子系列教材

机械基础 (多学时)

总主编 孙 爽 刘介臣
主 编 刘 瑛 刘 洁
副主编 刘慧薇 李丽霞
主 审 骆素君

北京师范大学出版社

出版说明

为了深入贯彻国务院《关于大力发展职业教育的决定》，落实《教育部关于进一步深化中等职业教育教学改革的若干意见》的精神，我们精心组织出版了中等职业教育课程改革系列规划教材。

本套教材是根据教育部新颁布的部分大类专业基础课程教学改革教学大纲，并结合全国各省、市职业教育教学改革与实践的实际情况，特别是参与编写的老师所面临的教学改革的具体情况，编写而成的。在组织教材编写的过程中，我们始终坚持科学发展观，紧紧围绕中等职业教育的培养目标，从满足社会发展对高素质劳动者和技能型人才的需求出发，以就业为导向，以能力为本位，以学生为中心，着力打造反映教学改革最新精神的职业教育教材。

我们邀请天津职业技术师范大学和全国重点职业学校的一线老师以及相关企业人员共同开发了本套教材。经过众多专家、老师的努力，本套教材在教材体系、内容组织、图文表现等各方面都有所创新与发展，形成了鲜明的编写风格：

1. 目标驱动。关注的焦点放在通过任务的完成所获得的成果上面，通过成果的获得激发学生学习的兴趣，激励学生勇于探索，不断进步。

2. 任务引领。每个项目分为若干个子任务，在任务的完成中学习相关知识、技能，现实学生的全面发展。

3. 学生为本。教材的设计以学生为中心，在教材组织的各个环节突出学生的主体地位，引导学生明确应该怎么做、做到什么程度。

4. 图文并茂。考虑到中等职业学校学生的心理和生理特点，本套教材尽量采用图形化、表格化和步骤化的呈现方式，便于学生学习。

5. 立体化开发。在组织教材编写的过程中，配套研发相应的电子教案、课件、实训指导材料等，以便教师授课和学生学习使用。

当然，任何事物的发展都有一个过程，职业教育的改革与发展也有一个过程，同样，我们组织出版的本套教材也需要在教学实践的过程中不断完善，因此，衷心希望各位读者能提出宝贵的意见和建议，并积极参加到我们进一步的教材研发中来，共同为我国的职业教育教学改革和教材建设的作出贡献。

北京师范大学出版社职教分社

内容简介

全书共分十一章，主要内容包括绪论，构件的静力分析，直杆的基本变形，机械工程材料，连接，常用机构，机械传动，支承零部件，机械节能环保与安全防护，机械零件精度以及液压与气压传动技术概述等机械基础知识。全书体系合理、条理清楚、概念清晰，知识与技能并重。

本书可作为中等职业学校机械类及工程技术类相关专业的教材；也可作为成人教育和继续教育的教材；同时，可供相关专业的工程技术人员参考。



本书根据教育部最新颁发的“中等职业学校机械基础教学大纲”编写，本着理论联系实际的原则，精选内容，适当拓宽知识面，反映时代特征与专业特色，以适应不同教学模式的需求；全书注重适应性，体现先进性，反映机械基础技术的现状和发展趋势；采用国家最新颁布的相关技术标准，与国家相关资格标准相融合，注重培养学生的能力；书中内容通俗易懂，难度适中，篇幅不大，适合中等职业学校机械类专业学生使用。

参与本书编写工作的有天津职业技术师范大学刘瑛(第1, 7章)、刘慧薇(第2, 3, 10章)、李丽霞(第9, 11章)、张文智(第6章)，军事交通学院刘洁(第4, 5章)，唐山机车车辆厂附属高级技校刘霞(第8章)。本书承蒙军事交通学院骆素君副教授审阅，他提出许多宝贵意见，编者在此深表感谢。

由于编者水平所限，书中难免存在缺点和错误，恳请读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 一般机械的组成及基本要求	1
1.1.1 什么是机械	1
1.1.2 机械的基本要求	3
1.2 本课程的内容、性质、任务和基本要求	3
1.2.1 课程的内容和性质	3
1.2.2 课程的任务和基本要求	4
第 2 章 杆件的静力分析	5
2.1 力的概念及基本性质	5
2.1.1 力的概念	5
2.1.2 力的性质	6
2.2 力矩、力偶和力的平移	7
2.2.1 力矩	7
2.2.2 力偶	8
2.2.3 力的平移定理	9
2.3 约束与约束力	9
2.3.1 约束与约束力	9
2.3.2 工程中常见的约束	10
2.3.3 物体的受力分析及受力图	11
* 2.4 平面力系的平衡方程及应用	12
2.4.1 力在平面直角坐标轴上的投影	13
2.4.2 平面一般力系的简化	14
2.4.3 平面力系的平衡条件及平衡方程	15
2.4.4 平面一般力系的平衡方程的应用	15
第 3 章 直杆的基本变形	17
3.1 轴向拉伸与压缩	17
3.1.1 拉伸与压缩的基本概念	17
3.1.2 轴力与轴力图	18
3.1.3 轴向拉伸与压缩的应力分析	19

3.1.4	轴向拉(压)的变形分析	19
3.1.5	轴向拉伸和压缩时材料的力学性能	20
* 3.1.6	轴向拉伸与压缩时的强度计算	22
3.2	剪切与挤压	23
3.2.1	剪切	23
3.2.2	挤压	24
3.3	圆轴的扭转	25
3.3.1	扭转的概念	25
3.3.2	扭矩及扭矩图	25
* 3.3.3	轴扭转时的应力分布规律	26
3.4	弯曲	27
3.4.1	弯曲的基本概念	27
3.4.2	弯曲内力	28
* 3.4.3	梁纯弯曲时截面上正应力的分布规律	28
* 3.5	组合变形	29
* 3.6	变应力与疲劳强度	30
* 3.7	压杆稳定	30
第4章	机械工程材料	31
4.1	黑色金属材料	31
* 4.1.1	铁碳合金状态图	32
4.1.2	工业常用钢	34
4.1.3	铸铁	38
4.1.4	钢的热处理	40
4.2	有色金属材料	43
4.2.1	铜及铜合金	44
4.2.2	铝及铝合金	44
4.2.3	轴承合金	45
* 4.3	非金属材料	46
4.3.1	高分子材料	46
4.3.2	陶瓷材料	47
4.3.3	复合材料	47
* 4.4	其他新型工程材料	48
4.5	材料的选择及应用	48
第5章	连接	50
5.1	键连接	51
5.1.1	常见的键连接	51
* 5.1.2	平键连接的选择	54

5.2	花键连接	56
5.3	销连接	57
5.4	螺纹连接	58
5.4.1	机械制造中的常用螺纹	59
5.4.2	螺纹连接	64
5.5	联轴器	70
5.5.1	刚性联轴器	70
5.5.2	无弹性元件的挠性联轴器	71
5.5.3	有弹性元件的挠性联轴器	73
5.5.4	安全联轴器	75
* 5.6	离合器	75
5.6.1	牙嵌离合器	76
5.6.2	摩擦式离合器	76
5.6.3	磁粉离合器	77
5.6.4	安全离合器	78
5.6.5	定向离合器	78
* 5.7	弹 簧	79
5.8	阶段性实习训练——连接的拆装、联轴器的安装与找正	80
第6章	常用机构	86
6.1	平面机构的组成	86
6.1.1	构件	86
6.1.2	运动副	86
* 6.1.3	平面机构的运动简图	88
6.2	平面连杆机构	89
6.2.1	平面四杆机构的类型和应用	89
6.2.2	铰链四杆机构类型的判别	94
* 6.2.3	平面连杆机构的特性	95
6.3	凸轮机构	97
6.3.1	凸轮机构的应用和类型	97
6.3.2	从动件的常用运动规律	99
6.3.3	平面凸轮轮廓的绘制及有关参数的确定	102
* 6.3.4	凸轮的常用材料和结构	104
* 6.4	间歇运动机构	105
6.4.1	棘轮机构	105
6.4.2	槽轮机构	107
6.5	阶段性实习训练——专业机械设备的观察与分析	108

第7章 机械传动	110
7.1 带传动	110
7.1.1 带传动的传动形式和特点	111
7.1.2 带的类型	112
7.1.3 V带和V带轮	113
7.1.4 带传动的工作能力	116
* 7.1.5 新型带传动	117
7.2 链传动	117
7.2.1 链传动的特点和应用	118
7.2.2 链和链轮	118
7.3 阶段性实习训练——V带传动和链传动的安装与调试	122
7.4 齿轮传动	126
7.4.1 齿轮传动的特点、类型及应用	126
7.4.2 渐开线及渐开线标准直齿圆柱齿轮传动的 基本参数和几何尺寸	127
* 7.4.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合	131
* 7.4.4 渐开线齿轮的切齿原理和根切现象	133
* 7.4.5 变位齿轮简介	135
* 7.4.6 斜齿圆柱齿轮传动和直齿圆锥齿轮传动	136
7.4.7 齿轮传动的主要失效形式	138
7.4.8 齿轮的常用材料和精度等级	140
7.4.9 圆柱齿轮的结构和齿轮传动的使用维护	141
7.5 蜗杆传动	143
7.5.1 蜗杆传动的类型和特点	143
7.5.2 阿基米德圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	144
7.5.3 蜗杆传动的失效形式和常用材料	148
7.5.4 蜗杆、蜗轮的结构和蜗杆传动的维护	148
7.6 轮系与减速器	150
7.6.1 轮系的分类和应用	150
7.6.2 定轴轮系传动比的计算	154
* 7.6.3 周转轮系传动比的计算	157
7.6.4 减速器	159
7.7 阶段性实习训练——减速器拆装与分析	161
第8章 支承零部件	164
8.1 轴	164
8.1.1 轴的分类	164
8.1.2 轴的材料及选择	166

8.1.3	轴的结构及轴上零件的定位和固定	167
8.2	滑动轴承	171
8.2.1	滑动轴承的主要结构型式	171
* 8.2.2	滑动轴承的失效形式和维护	174
8.2.3	轴瓦结构和材料	175
8.3	滚动轴承	177
8.3.1	滚动轴承的构造和特点	177
8.3.2	滚动轴承的类型及特点	178
8.3.3	滚动轴承的代号	182
* 8.3.4	滚动轴承的选择	184
8.4	阶段性实习训练——轴系的结构	185
第9章	机械的节能环保与安全防护	190
9.1	机械润滑	190
9.1.1	润滑剂	190
9.1.2	润滑方式及润滑装置	193
* 9.1.3	几种典型零部件的润滑	195
9.2	机械密封	199
9.3	机械环保与安全防护	200
* 9.3.1	机械噪声的形成和防护	200
9.3.2	机械传动装置中的危险零部件	202
9.3.3	机械伤害的成因及防护	203
第10章	机械零件精度	205
10.1	极限与配合	205
10.1.1	基本术语	205
10.1.2	极限与配合标准制	209
10.2	形状和位置公差	213
10.2.1	概述	213
* 10.2.2	形位公差的选择	218
10.3	阶段性实习训练——零件的测量	219
第11章	液压与气压传动技术概述	229
11.1	气压传动与液压传动的工作原理	229
11.1.1	基本参数	229
11.1.2	液压与气压传动系统的组成	230
11.1.3	液压与气压传动的优缺点	230
11.2	液压传动	231
11.2.1	液压动力元件	231
11.2.2	液压控制元件	235

11.2.3	液压执行元件	246
11.2.4	辅助装置	249
* 11.2.5	液压传动的回路	253
* 11.2.6	典型液压系统图的识别	258
11.3	气压传动	259
11.3.1	气源装置	260
11.3.2	气动辅件及控制元件	262
11.3.3	气动控制元件符号	262
11.3.4	气压系统基本回路	263
11.4	阶段性实习训练——传动系统回路的搭建	266
11.4.1	液压传动系统回路的搭建	266
11.4.2	气压传动系统回路的搭建	269
主要参考文献		271

1.1 一般机械的组成及基本要求

1.1.1 什么是机械

机械是人类用以转换能量和借以减轻体力劳动、提高生产率的主要工具，是人类长期劳动创造的结晶。机械是机器和机构的统称。

1. 机器

在现代生产和生活中，人们离不开机器，比如我们常见的各种机床、抽水机、液压泵以及家用洗衣机、缝纫机等都是机器。机器具有如下三个特征。

1) 机器是人为的实物组合。如图 1-1 所示的内燃机，由缸体、活塞、进气阀、排气阀、连杆、曲轴、凸轮、顶杆以及齿轮等组成。

2) 机器是执行机械运动的装置，即机器的各组成部分均有确定的相对运动。例如图 1-1 中，燃气推动活塞在缸内做直线往复运动，经连杆转变为曲轴的连续转动。装在曲轴上的齿轮与齿轮啮合，使与齿轮同轴的凸轮转动，从而推动顶杆做直线往返运动，有规律性地启闭进气阀和排气阀。

3) 机器可以代替人类完成有用的机械功，传递或变换能量、物料或信息。其中，能将其他形式能量变换为机械能的机器称为原动机，如内燃机能够把热能转变成机械能。利用机械能去传递或变换能量、物料或信息的机器称为工作机。

机器的组成如图 1-2 所示，其中，原动机部分、传动部分和执行部分是机器的基本组成部分。原动机部分是驱动机器完成预定功能的动力源，执行部分是完成机器预定功能的部分，传动部分则实现了原动机部分与执行部分之间的运动形式、速度和动力参数的转变，例如将原动机输出的旋转运动转变为直线运动，将高速转变为低速等。传动部分是绝大多数机器不可缺少的重要组成部分，多数使用机械传动系统，也可使用液压或电力传动系统。此外，为使机器获得更复杂的功能和更精确的动作，还可以增加控制系统和辅助系统。

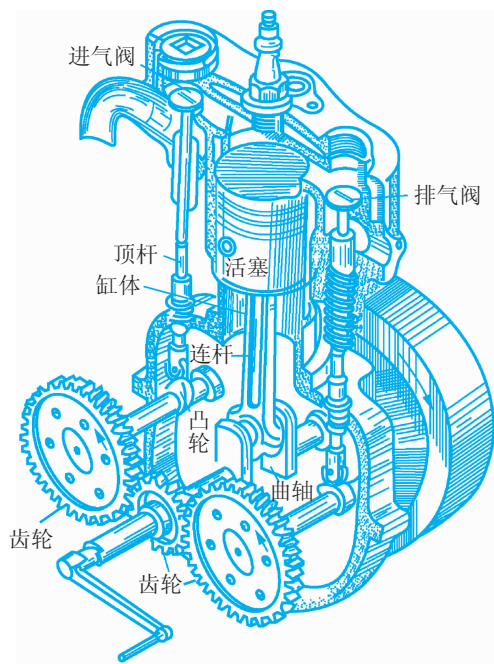


图 1-1 内燃机

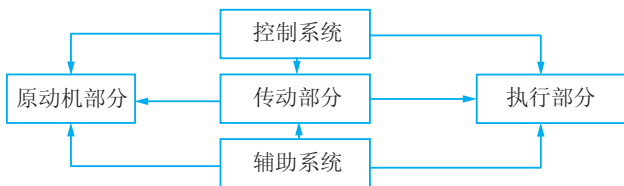


图 1-2 机器的组成

2. 机构

一部机器可包括一个或若干个机构。如图 1-1 所示的内燃机由齿轮机构、凸轮机构、曲柄滑块机构等机构组成。机构也具有三个特征。

1) 机构是人为的实物组合。例如图 1-1 中的曲柄滑块机构由缸体、活塞、连杆和曲轴组成。

2) 机构的各组成部分均有确定的相对运动。例如图 1-1 所示的曲柄滑块机构中，相对于缸体，活塞做直线往复移动，连杆做平面运动，曲轴做旋转运动。

3) 机构可以改变运动的形式或传递运动，但并不完成有用的机械功。例如图 1-1 所示的内燃机中，曲柄滑块机构将活塞的直线往复移动转变成曲轴的旋转运动；凸轮机构将凸轮轴的连续转动变为顶杆有规律的间歇运动；齿轮机构中的主动齿轮将旋转运动传递给从动齿轮，并使两齿轮轴保持一定的速度比。

3. 构件和零件

组成机构的相互之间具有确定的相对运动的部分称为构件。例如图 1-1 所示的内燃机中，

曲柄滑块机构由活塞、连杆、曲轴和缸体组成，活塞、连杆、曲轴和缸体都是构件。构件可以是一个制造实体，如图 1-3(a) 的曲轴；也可以由若干个相互间没有相对运动的制造实体组成，如图 1-3(b) 所示的连杆构件是由连杆体、连杆盖、螺栓和螺母组成的。因此，构件是运动的单元，可拆或不可拆。

组成机器的不可拆的基本单元称为零件，零件是制造的单元。有些零件是在各种机器中常用的，称为通用零件，如螺栓、齿轮等；有些零件只有在特定的机器中才用到，称为专用零件，如轮船的螺旋桨、织布机的织梭等。



图 1-3 构件

为完成共同任务在结构上组合在一起并协同工作的一组零件称为部件，如减速器、滚动轴承和联轴器等。一般，对零件和部件不做严格区分，统称为机械零件。

1.1.2 机械的基本要求

不管类型如何，机器都应该满足一些基本要求。

1. 预定的功能要求

机器应具有预定的使用功能，这主要靠正确地设计和选用能够实现功能要求的原动机、传动机构和执行机构，以及合理地配置必要的辅助系统来保证。

2. 安全可靠

机器在预定的使用期限内应不发生或极少发生故障，以免酿成事故、造成人身财产的损失。

3. 经济性要求，即成本低、效率高、能耗低

应尽可能多地选用标准件；尽可能地采用新技术、新工艺、新结构和新材料；选用高效率的传动系统以期降低能源消耗和生产成本；适当采用防护及润滑以延长机器的使用寿命；采用可靠的密封以减少或消除渗漏等。

4. 安全操作要求

尽可能减少操作手柄、操作按钮等的数量，并将其置于便于操作的位置；操作方式应符合操作者的心理和习惯；给暴露的运动构件安装防护网；给易造成人身伤害的部位加装安全连锁装置或实施远距离操纵；设置过载保护装置及警示装置等。

5. 环境保护要求

改善机器及操作者周围的环境条件，如机器噪声不超标，确保有毒、有害介质不渗漏，有效治理废水、废气和废液等。

6. 其他特殊的要求

对不同的机器，会有一些特殊的要求。例如机床要求长期保持精度；钻探机械要求便于安装和拆卸等。

1.2 本课程的内容、性质、任务和基本要求

1.2.1 课程的内容和性质

本课程是中等职业学校机械类专业的一门综合性基础课，包含有从事机械制造或维修以及使用、操作机器所需的基本知识。主要包括六大部分内容。

1. 构件的承载能力

组成机械设备的零件在工作时都承受载荷作用，因此，需要用力学分析的方法对零件的承受载荷的能力进行分析，并使零件工作可靠。详见第2，3章。

2. 常用工程材料

介绍常用工程材料的组织、性能、牌号及用途，工程上常用的热处理方法，以及合理选择机械常用工程材料的原则。详见第4章。

3. 常用机构和通用零部件

介绍常用机构的组成和运动特征，介绍各种通用零部件的工作原理和结构特点，标准零

部件的选用原则以及通用零部件的使用和维护方法,并介绍相关的标准和规范。详见第5~8章。

4. 节能环保和安全防护

介绍机械设备工作中需采取的节能、环保和安全防护措施。详见第9章。

5. 机械零件的精度

介绍机械零件的配合、公差以及常用的测量手段和量具。详见第10章。

6. 气压与液压传动

介绍气压与液压传动的组成、工作原理和特点,以及常见的液压元件、气压元件及液压基本回路。详见第11章。

1.2.2 课程的任务和基本要求

通过“机械基础”课程的学习,学生应能达到如下要求。

- 1)掌握零件受力的分析方法,了解杆件基本变形的规律。
- 2)掌握常用金属材料的性能、牌号及用途,了解常用的热处理方法。
- 3)明确机械的概念,了解常用机构的组成和运动特征,熟悉各种通用零部件的工作原理和结构特点以及使用和维护方法。
- 4)了解机械设备工作中需采取的节能、环保和安全防护措施。
- 5)了解机械零件的配合和公差,熟悉常用的测量手段和量具。
- 6)理解气压与液压传动的组成、工作原理和特点,了解常见的液压元件和液压基本回路。

在掌握必备的机械基本知识和基本技能的基础上,通过本课程的学习,学生应养成良好的学习习惯,具备分析问题和解决问题的能力,具备继续学习专业技术的能力;具备获取、处理和表达技术信息,执行国家标准以及使用技术资料的能力;应能够运用所学知识和技能参加机械小发明、小制作等实践活动,对简单机械进行维修和改进,在改善润滑、降低能耗、减小噪声等方面有技能;应养成严谨、敬业的工作作风,具备良好的职业道德和职业情感。

学习本课程,要求理论联系实际,注重在实验、实习等实践活动中积累经验,培养仔细观察思考的习惯以及提出问题、解决问题的能力,以提高专业素质和基本技能,从而为学习各工种技术和培养专业技能打下坚实的基础。



学 习 提 示

杆件的静力分析主要包括对杆件进行受力分析，画杆件的受力图，并建立力的平衡方程，求得未知的力。因此在学习过程中，要能理解力的概念及其性质，在此基础上了解力矩、力偶、力简化到空间某一点的理论、约束、约束力及力系的概念，掌握如何根据静力学相关理论来对杆件进行受力分析并求解未知的力的方法。

2.1 力的概念及基本性质



学习目标

理解力的概念与基本性质。

2.1.1 力的概念

1. 力

物体间的相互作用称为力。力在物体上产生两种效应：一是使物体的运动状态发生变化，称为力的运动效应或者外效应；二是使物体的形态发生变化，称为力的变形效应或者内效应。

2. 力的三要素

力对物体的作用效应取决于力的三要素：力的大小、方向和作用点。力的大小是指物体间相互的强弱程度，其国际单位为 N(牛)或 kN(千牛)；力的方向是指物体间作用的方向；力的作用点是指力作用在物体上的位置。

力是矢量，可以用带箭头的线段来表示。如图 2-1 所示，线段的长度按一定比例代表力的大小，线段的起点或终点代表力的作用点，与线段重合的直线称为力的作用线，箭头的指向表示力的作用方向。通常用斜黑体字母 F 来表示力。

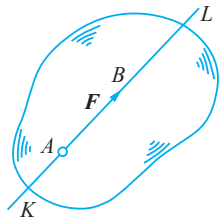


图 2-1 力的表示法

3. 力系

同时作用于物体上的一组力称为力系。对物体作用效果相同的力系称为等效力系。若一个力与一个力系等效，则该力称为力系的合力；力系中的各力称为合力的分力。

工程中，物体相对于地球保持静止或做匀速直线运动的状态称为平衡，如对地静止的机床的床身、匀速行驶的列车都处于平衡状态。作用于处于平衡状态的物体上的力系称为平衡力系。

在力的作用下，任何物体都会发生变形，但变形量的大小不同。静力分析时，常将物体理想化为形状和大小不变，且内部各点的相对位置也不改变的刚体。

想一想

一个重为 10N 的物体放在地面上，如何表示物体所受的重力并体现力的三要素？

2.1.2 力的性质

1. 二力平衡公理

物体受两个力的作用且平衡的充分必要条件是：这两力必须大小相等、方向相反并作用在同一条直线上，称为二力平衡公理。如图 2-2 所示，物体在两个大小相同，方向相反的力 F_1 和 F_2 作用下保持平衡，则 $F_1 = F_2$ 。



图 2-2 二力平衡公理

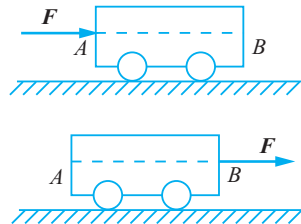


图 2-3 力的可传性

2. 力的加减平衡力系定理

在已知力系上加上或减去任意的平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效应，称为力的加减平衡力系公理，这是力系简化的重要理论依据。

根据此公理可以得出力的可传性原理：作用在刚体上的力可以沿其作用线滑移至刚体的任意点，而不改变原力对该刚体的作用效应。如图 2-3 所示，在 A 点作用力 F 和在 B 点作用力 F 对小车的作用效果是相同的。

3. 力的平行四边形法则

以作用在同一个点的两个力的有向线段为邻边作平行四边形，该两邻边之间的对角线即为两个力的合力的大小和方向，即合力等于两分力的矢量和，如图 2-4 所示，合力 $F_R = F_1 + F_2$ 。求合力时，通常只画出半个平行四边形，即如图 2-5 所示的三角形，称为力的三角形法则。

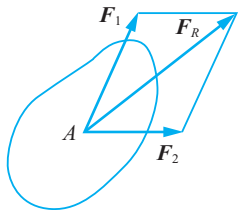


图 2-4 平行四边形法则

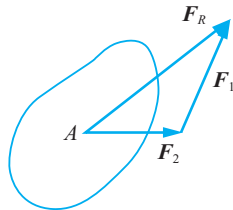


图 2-5 三角形法则

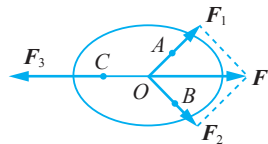


图 2-6 三力交汇定理

由力的平行四边形法则可导出三力平衡交汇定理：刚体受同一平面内不平行三力作用而使物体平衡时，三力必交汇于一点。如图 2-6 所示， F_1 、 F_2 和 F_3 构成平衡力系，必交汇于某点 O 。