

全国农业广播电视学校教材

机 械 基 础

中央农业广播电视学校组编

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械基础 / 中央农业广播电视学校组编. —北京: 中国
农业出版社, 2001.7

全国农业广播电视学校教材

ISBN 7-109-07030-1

..机... 2.中... 0.机械学—广播电视教育—
教材 1. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 038126 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 郑剑玲

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 28.75

字数: 665 千字 印数: IV~ 册

定价: 24.10 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

编写者 杨永吉 时曼芬
审 稿 姜衍礼 文行遵
指导教师 张博文

编写说明

由中央农业广播电视学校组织编写的全国农业广播电视学校中等工程类专业文字教材，包括《机械制图》、《机械基础》、《机械制造基础》、《电工基础》、《电机电气控制与供电》、《汽车构造与维修》、《摩托车构造与维修》、《拖拉机》、《农业机械》、《农机管理》、《机电修理》、《电机及其应用》、《电子技术基础》、《农村电力网》、《计算机应用基础》、《农村变电站》、《农电管理》、《电工维护安装技术》、《电冰箱与空调器》、《电动器具》、《电热器具》、《录像机与视盘机》、《电视机原理与维修》、《收录机与音响》等，全套共24册。

本套文字教材根据中央农业广播电视学校工程类中等专业指导性教学计划编写，力求使学员达到中等专业教学要求掌握的基本理论、基本知识和基本技能，解决农业工程中的实际问题，为农业经济建设培养应用型中等专业技术人才。

为适应广播电视教学特点，尽量做到文字通俗易懂，且安排了较多的表格和插图，各章附有本章内容摘要和复习思考题，配合这套文字教材制作有录像、录音教材，并编写了教学辅导材料供教学使用。

本套教材由中央农业广播电视学校张博文同志担任指导教师，负责具体组织，并按照农业广播电视学校教学特点对教材内容及深、广度进行审定，以使教材适合学员学习要求。

《机械基础》是为中央农业广播电视学校工程类中等专业重新编写的专业基础课教材。内容包括理论力学、材料力学、机械零件和机械原理的基础知识。作者集思广益、取长补短，在理论与实践结合方面有新的创意和突破。全书共七章，主要讲述了静力学基础、构件的承载能力、常用机构及运动规律、机械传动、常用机械零部件及认识和理解机械。本书力求实践性强，始终以理论分析的同时努力结合实用为原则。本书由张博文同志担任指导教师，杨永吉编写第一、二、四、五、六、七章，时曼芬同志编写第三章，姜衍礼、文行道同志审稿。

热诚希望广大读者对教材中不妥之处提出宝贵意见，以期进一步修订和完善。

编者

2001.2.

常用量的名称、单位、符号及换算关系表

量的名称 (常用符号)	单位名称	单位符号	其他表示	换算关系
时间 (t)	秒, 分, 小时	s, min, h		1h = 60min = 3 600s
长度 (L, h, S, a, b)	毫米, 米	mm, m		1m = 1 000 mm
面积 (A, F)	平方毫米, 平方米	mm ² , m ²		1m ² = 10 ⁶ mm ²
截面系数, 体积 (W, V)	立方米	m ³		1m ³ = 10 ⁹ mm ³
惯性矩 (J)	四次方米	m ⁴		1m ⁴ = 10 ¹² mm ⁴
力, 重力 (P, F, Q, R, W)	牛 (顿) 千牛	N, kN	1kgf [*] , 1t	1kN = 10 ³ N, 1kgf = 10N, 1t = 1 000kgf
力矩、扭矩 (M, M_n, T)	牛米 千牛米	Nm, kNm	kgm	1kNm = 10 ³ Nm 1kgm = 10Nm
分布载荷 (q, p)	牛每米 千牛每米	N/m, kN/m	kg/m	1kNm = 10 ³ Nm 1kg/m = 10N/m
密度 (γ, ρ)	千克每立方米	kg/m ³		1kg/m ³
功, 能 (W, P, A)	焦, 牛米	J, Nm	kgm	1kNm = 10 ³ Nm = 1kJ 1kgm = 10Nm
功率 (P, N_k)	瓦特, 千瓦	W, kW	J/s	1kW = 10 ³ W = 1Nm/s
平面角 ($\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varphi, \theta$)	度, 弧度	(°), rad		1rad = 180°/π 1° = 60' = 3 600"
速度 (v, u)	米每秒	m/s		1km/s = 10 ³ m/s
加速度 (a, g)	米每平方秒	m/s ²	g	1g = 9.8m/s ²
转速 (n)	转每分	r/min		1r/min = $\frac{\pi}{60}$ rad/s
角速度 (ω)	弧度每秒	rad/s		
角加速度 (ε)	弧度每平方秒	rad/s ²		
应力, 压强 (σ, P)	帕, 千帕, 兆帕	Pa, kPa, MPa	MN/m ²	1MPa = 10 ³ kPa = 10 ⁶ Pa 1MPa = 1MN/m ² = 10 ⁶ N/m ² 1GPa = 10 ⁹ Pa

* kgf 为非法定计量单位。

目 录

编写说明

第一章 绪 论

第一节 初步认识机械	1
一、机械和机构	1
二、构件和零件	2
第二节 整机的组成和分解	3
一、整机	3
二、系统、部件和组件	5
三、整机的组成和分解	6
第三节 本课程的任务、内容和学习方法	7
一、本课程的任务	7
二、本课程的内容	7
三、学习方法和思想方法	7

第二章 静力学基础

前言 静力学研究对象和基本概念	11
第一节 物体的受力分析	12
一、力的基本性质	12
二、约束简化和约束反力	12
三、实物简图和分离体受力图	15
第二节 平面汇交力系	18
一、平面汇交力系的合成与平衡（几何法）	18
二、平面汇交力系的合成与平衡（解析法）	22
三、工程实例	24
第三节 力矩和力偶	29
一、力对点之矩——力矩	30
二、合力矩定理和平衡方程	30
三、力偶及其性质	31

第四节	平面任意力系	36
一、	平面任意力系的平衡方程及应用	36
二、	物体系统的平衡	40
三、	平面平行力系的平衡方程及应用	43
四、	整机的稳定性	44
五、	重心 *	46
六、	静不定结构简介 *	48
第五节	空间力系简介	52
一、	力沿三个坐标轴方向分解 *	52
二、	空间汇交力系 *	53
三、	力对轴之矩、力向轴线简化	55
四、	物体的自由度 *	57
五、	空间力系的静力平衡方程及应用 *	58
六、	空间力系简化为平面力系 *	60
第六节	摩擦及其应用	65
一、	滑动摩擦	65
二、	摩擦角与自锁及应用	66
三、	滚动摩擦 *	69
四、	工程实例——考虑摩擦时的静力平衡问题 *	70
五、	学习、分析和研究复杂实际问题的方法 *	72
第七节	功、功率和机械效率	76
一、	功	76
二、	功率	76
三、	机械效率	78

第三章 构件的承载能力

前言	本章的研究范围和重要概念	82
第一节	轴向拉伸和压缩的强度和变形	84
一、	轴向拉伸和压缩时的强度计算	84
二、	轴向拉伸和压缩的变形和虎克定律	90
第二节	材料的力学性质	95
一、	基本概念	95
二、	拉伸试验时材料的力学性质	95
三、	压缩试验	98
四、	硬度	99

五、冲击韧性.....	100
六、材料的力学性质小结	101
第三节 剪切与挤压	103
一、剪切实用计算	103
二、挤压实用计算	107
第四节 扭转	111
一、外力偶矩及扭矩	112
二、圆轴扭转时的应力、强度条件和变形.....	113
三、实心与空心圆(截面)轴抗扭性能比较及应用	116
四、薄壁截面杆扭转简介*	118
第五节 弯曲	121
一、梁的弯曲.....	121
二、梁的内力——剪力和弯矩	122
三、弯曲正应力及强度条件.....	125
四、弯曲变形*	128
五、提高受弯构件承载能力的措施	129
六、组合变形简介	132
第六节 压杆稳定与交变应力	135
一、压杆稳定.....	135
二、交变应力.....	140

第四章 常用机构及运动规律

前言 本章的主要内容	148
第一节 点的运动学	148
一、点的直线运动和曲线运动	149
二、点的合成运动	153
三、点的速度合成定理*	154
第二节 刚体运动.....	161
一、刚体的基本运动	161
二、刚体定轴转动动力学*	164
三、刚体的平面运动*	166
第三节 平面机构的运动简图及自由度	172
一、运动副及约束	172
二、平面机构的运动简图	173
三、平面机构的自由度*	174
第四节 平面连杆机构	179
一、铰链四杆机构的基本类型、特性和应用	179
二、铰链四杆机构的演化和应用	186

三、平面连杆机构的图解法和实例分析*	189
第五节 凸轮机构和间歇运动机构	196
一、凸轮机构的应用和分类	196
二、凸轮机构的主要参数	198
三、从动件的位移曲线	199
四、凸轮的轮廓曲线	200
五、凸轮机构的应用*	203
六、间歇运动机构	207

第五章 机械传动

前言 本章研究范围	219
第一节 摩擦轮传动*	219
一、摩擦轮传动工作原理	219
二、摩擦轮传动的应用	221
第二节 带传动	223
一、带传动特点和分类	224
二、带传动工作原理	224
三、V带的结构和主要参数	226
四、带传动的使用与维护	229
第三节 链传动	232
一、链传动的类型和特点	232
二、滚子链的结构、主要参数和应用	234
第四节 直齿圆柱齿轮	237
一、齿轮传动的主要特点	237
二、齿轮传动的工作原理	238
三、标准直齿圆柱齿轮的主要参数和齿廓尺寸	241
四、齿轮的承载能力	245
五、渐开线直齿齿轮的切齿原理*	248
第五节 齿轮机构的类型和特点	250
一、平行轴传动的齿轮机构	251
二、相交轴传动的齿轮机构	255
三、交错轴传动的齿轮机构	257
四、各类齿轮机构的主要特点和适用范围	258
第六节 蜗杆传动和螺旋传动	260
一、蜗杆传动	260
二、螺旋传动	264
第七节 轮系和机械传动系统	272
一、轮系的类型和功能	273

二、定轴轮系的传动比	274
三、周转轮系简介*	276
四、减速传动系统	279
五、变速传动系统*	284
第八节 液压传动	289
一、液压传动系统工作原理	290
二、液压传动的主要参数	291
三、液压元件简介	292
四、液压基本回路	295
五、液压系统实例	295

第六章 常用机械零部件

第一节 概论	301
一、常用机械零部件分类	301
二、常用零部件的功能和要求	301
第二节 常用标准联接件和机械工程材料	303
一、螺纹联接	303
二、轴毂联接	310
三、常用机械工程材料	314
第三节 轴	319
一、轴的分类	319
二、轴的材料	320
三、轴的合理结构	321
第四节 轴承	327
一、滚动轴承的构造、类型和特点	327
二、滚动轴承的应用	333
三、轴系的支承和调整	334
四、滑动轴承简介	337
第五节 联轴器、离合器和制动器	345
一、联轴器	345
二、离合器	347
三、制动器	351
第六节 弹性元件*	353
一、弹簧的功能、类型和应用	354
二、圆柱螺旋弹簧	357
三、弹性元件的应用	359
第七节 机架类构件*	361
一、机架类构件的分类	361

二、机架类构件的主要功能和要求	363
三、提高机架承载能力的措施	365

第七章 认识和理解机械

前言 本章特点和主要内容	369
第一节 整机的用途、性能和工作原理	369
一、整机的用途和工作循环	369
二、整机的种类、规格和技术性能指标	370
三、整机的工作原理	373
第二节 整机的总体布置*	377
一、机械的工位布置	377
二、整机的运动(自由度)布置	379
第三节 整机的传动原理和方案	384
一、原动机的分类、特点和应用	384
二、整机传动方案的运动学原理	388
三、传动系统传动机构类型选择	390
第四节 机械的创新和发展	394
一、起重机械的创新和发展	394
二、丰富多彩的大型游乐机	397
三、初识机器人	400
附录 1 重视机械安全, 严防机械事故	409
附录 2 现场作业	412
附表	416
附表 1 中华人民共和国法定计量单位(GB3100—86 摘录)	416
附表 2 希腊字母读音表	416
附表 3 主要符号表	417
附表 4 构件和机构简图	417
附表 5 型钢规格表	423
《机械基础》教学辅导大纲	429
部分复习思考题答案	440

图 2-1

第一节 初步认识机械

一、机械和机构

1. 机械 机器、机械设备和机械工具统称为机械。

由于机器、机械设备和机械工具的构造、工作原理、设计方法、制造、使用和维修等方面具有许多共性，因此统一称为机械*。

机器是执行机械运动，变换机械运动方式或传递能量的装置。例如，内燃机（图 1-1a）、汽车和印刷机等。

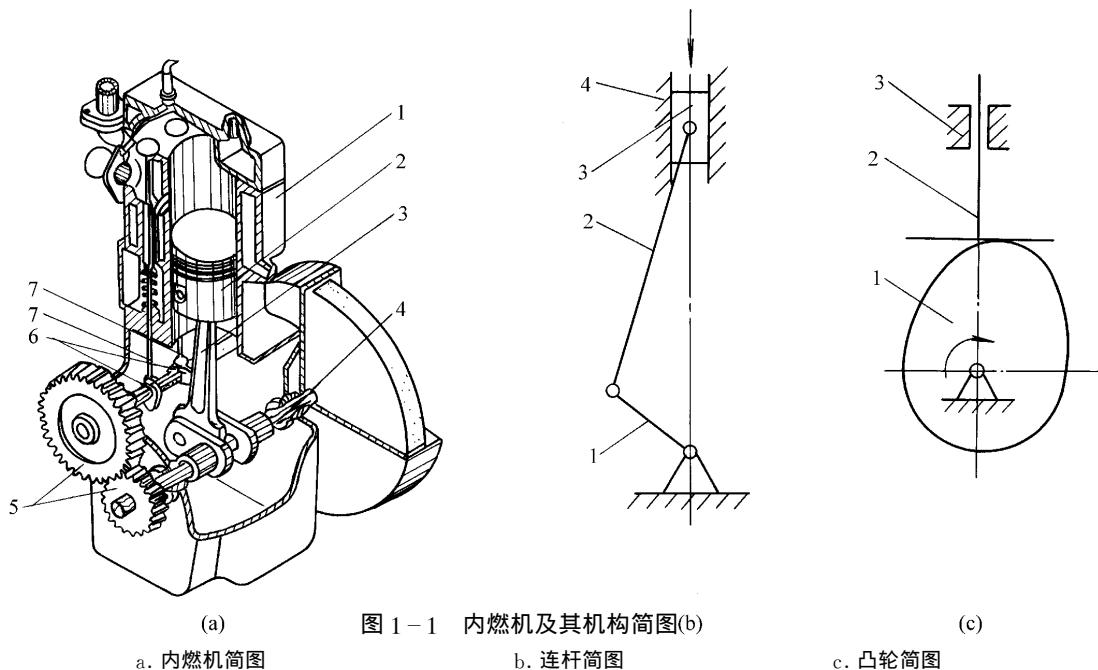


图 1-1 内燃机及其机构简图(b)

- | | | |
|-------------------------|-------------------|-------------------|
| a. 内燃机简图 | b. 连杆简图 | c. 凸轮简图 |
| 1. 缸体 2. 活塞 3. 连杆 4. 曲轴 | 1. 曲柄 2. 连柄 3. 滑块 | 1. 凸轮 2. 推杆 3. 滑道 |
| 5. 齿轮 6. 凸轮 7. 进排气阀 | 4. 滑道 | |

* 在日常汉语中机器可以代替机械。本章对于机器的论述可适用于机械。

机械设备是很广泛的概念。既可包括没有机械运动的设备如大型锅炉和机电设备等，也可包括计算机外围设备和大型成套设备（如核电站成套设备）等。上述设备往往包含机械和电气两大部分，我们研究其机械部分。

机械工具种类很多：起重工具如手动滑轮组；量具如盒尺和游标卡尺；夹具如台式虎钳；刀具如锉刀和麻花钻，以及电工和管道工工具等。

2. 机构 机构往往是机器的一部分。机构由两个（或多个）零件组成，可在机械中转变并传递特定的机械运动。

请注意观察我们周围的各种常用机构。通过对这些机构的观察和思考，可以初步认识机构的构造，功能和它传递机械运动（包括传递的力和力矩）的规律。

例如单缸内燃机（图 1-1a）包含有三种常用机构：

（1）曲柄滑块机构：包括曲轴、连杆、活塞和气缸，可用机构简图表示（图 1-1b）即曲柄、连杆、滑块和滑道。图示曲柄滑块机构中滑块（活塞）是主动件，由爆燃的高压气体推动其向下运动，推动曲柄（曲轴）旋转而输出功率。因此需要在滑块（图 1-1b）上方标出主动力的方向。经观察和思考，可以初步分析归纳其机械运动的特点：将移动（活塞）转换成旋转运动（曲轴）；活塞上下往复运动一次，曲轴转动一周；移动的行程等于曲柄销轴线迴转半径 R 的两倍。

请逆向思考，曲柄滑块机构能否使旋转的曲柄成为主动件，带动滑块进行往复移动？这种机构可用在哪些机械中？

（2）凸轮机构：包括凸轮轴、进排气凸轮、推杆和进排气阀。其机构简图如图 1-1c 所示。因凸轮是主动件，用迴绕转动中心的圆弧形箭头表示其旋转方向。凸轮轮廓曲线的最大半径和最小半径之差称为推程。不难发现凸轮机构的运动规律是：将旋转运动转换成移动（往复直线运动）；旋转一周，往复移动一次；移动的行程等于凸轮的推程。

（3）齿轮机构：曲轴和凸轮轴之间由一对圆柱齿轮进行传动。

经思考，我们不难归纳出齿轮机构传递的运动规律。请考虑，内燃机的曲轴和凸轮轴之间，能否用皮带轮机构代替齿轮机构？这种替代是错误的。因为曲轴和凸轮轴之间应保持严格的传动比，保证进排气阀定时启闭，必须采用啮合传动，而不能采用可能打滑的带轮传动。

其实在我们周围有许多常用机构。例如自行车的链轮机构；台式虎钳中的螺旋机构（丝杠和螺母）等。其他常用机构还有平面连杆机构、间歇运动机构等。读者请观察思考发现你见到的机构，并初步归纳其传递机械运动的规律。还考虑该机构能否逆向运转？能否应用于其他机构中。

二、构件和零件

零件（即机械零件）是构成机械的最小单元。也是加工制造机械时的最小单元。

构件是机械中由多个零件组合而成的能独立完成某种运动的单元。例如，自行车前后轮是由轮圈和辐条等许多零件装配而成的构件。

机械零件又可分为两大类：

(1) 常用零件，即各种机械中经常采用的零件。常用零件占零件总数的绝大多数。

常用零件又可分为标准件和非标准件两大类：

标准件是按国家标准（或部标准等）大批量生产制造的常用零件。标准件最重要的特点是具有通用性。同一品种和规格的标准件可安装在各种不同的机械中。标准件是按品种规格数量采购，安装时能互换使用。例如螺钉、螺母、键、销、轴承、皮带和链条等*。

非标准件不具备上述便于采购和通用的特点。机械中的各种轴，齿轮、凸轮、杠杆，支架，拉杆，机架等往往属常用零件中的非标准件。在机械设计和制造过程中，非标准零件必须自行设计和制造，而标准件只需根据机械设计手册或其他资料选用和组织采购。因此，设计制造机械时，非标准件必须有零件图，而标准件不需要零件图。

(2) 专用零件，只应用于特定类型机械的个别零件。例如内燃机或空气压缩机的曲轴，电扇的旋翼，农用机耕犁的犁铧等。

本课程以机械中的常用零件为主要研究对象。常用零件的分析方法和设计原则也可应用于专用零件。

第二节 整机的组成和分解

一、整 机

1. 整机知识的重要性 学习《机械基础》，学习整台机器（以下简称为整机）的知识非常重要。不应仅重视钻研每种机构和常用零件的知识，而忽视研究整机知识。这是因为：

(1) 对整机的总体评价，性能价格比决定于整机的综合性能。整机的综合性能包括整机的工作原理是否先进，总体设计方案和总体布置是否合理，以及机构和零件的合理选用和质量等。整机工作原理的更新，能有效地提高整机的综合性能。

(2) 学习整机知识，有助于了解各种常用机构和零件的功能和特点及其在整机中的地位和作用，以便合理选用。

(3) 提高机构和零部件质量的目的是为了保障整机的性能和质量。

2. 整机知识的内容 在初学整机知识时，应注意以下几个方面。

(1) 整机的工作任务，要求达到的功能和性能技术指标；

(2) 整机的工作原理：包括驱动和运动学原理，工作装置的工作原理，受力和承载原理等；

(3) 整机的总体设计方案：包括实现整机和主要部件运动的方案，从原动机到工作装置的机械传动方案，整机和各部分承载和力的传递方案等；

(4) 整机的总体布置，整机各部分的相对位置和联接关系以及工作装置的运动范围和整机的轮廓尺寸。

(5) 整机构造的组成和分解：将整机的机械结构分解成若干个彼此相关而又相对独立

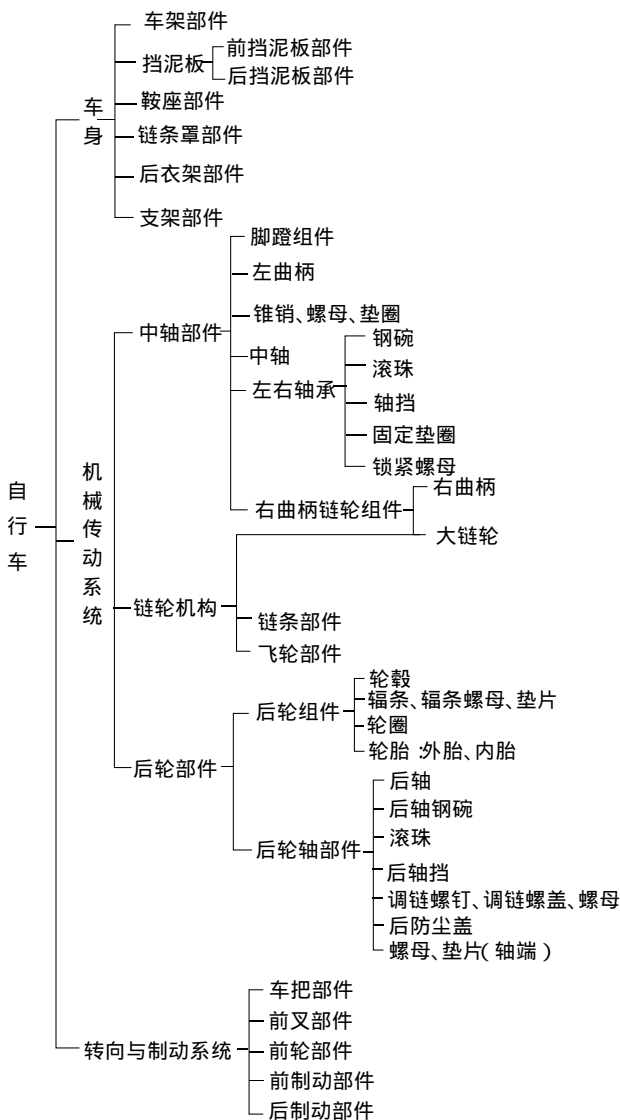
* 标准部件也属于标准件。例如按各种标准制造和供货的减速箱、电动起重葫芦、气缸（用压缩空气驱动）油缸等等。

的部分，并编制成各部分及各种零件的图表。一般可先将整机分解成若干个部分，然后对每部分再分解，直到每个零件。

作为整机的入门知识，我们将首先学习整机的组成和分解。较系统的整机知识将在第七章重点讨论。

3. 整机组成和分解实例 整机的组成和分解是根据整机的各种部件和零件的功能、结构和装配关系进行的。现通过实例了解整机的组成和分解。自行车是我们最熟悉的人力机械，根据普通自行车的功能和结构，我们可以将自行车进行组成分解如表 1-1 所示。为了突出重点并防止繁琐。该表对机械传动系统进行了较详细的分解，对于车身和操纵与制动系统等省略了细节。

表 1-1 自行车组成与分解简表



二、系统、部件和组件

结合自行车的组成与分解实例，现将整机组成和分解的名词和基本概念介绍如下。

1. 系统 研究较复杂的机械结构、原理和功能时，往往将整机最重要的、基本的和独立的功能划分为若干个系统，作为整机组成分解的第一级。自行车结构比较简单，但也具备若干个独立的功能，可以仿照整机组成分解的方法，分解为车身、机械传动以及转向和制动三个系统。

对于复杂机械，经第一级分解后的各个系统可能还相当复杂。对于复杂的系统还可以继续分解为第二级系统。

例如普通载重汽车，其结构如图 1-2 所示。根据载重汽车的基本构造和功能分析，可得普通载重汽车组成和分解简表（表 1-2）。

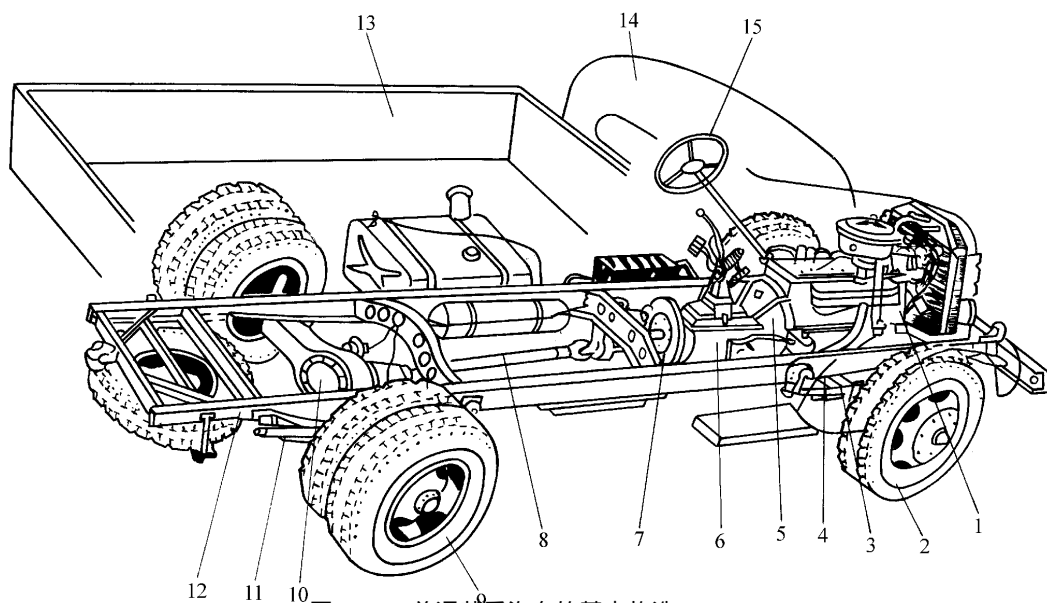


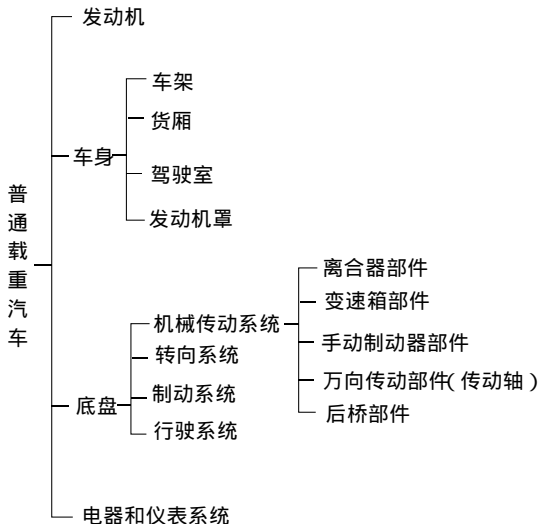
图 1-2 普通载重汽车的基本构造

1. 发动机 2. 转向车轮 3. 前悬架 4. 前转向桥 5. 离合器 6. 变速箱 7. 手动制动器 8. 传动轴及万向节
9. 后轮 10. 后桥 11. 后悬架 12. 车架 13. 货厢 14. 驾驶室 15. 方向盘

首先将汽车分解为发动机、车身、底盘以及电器和仪表四大系统。其中底盘包括除发动机和车身外的全部机械结构。因底盘还是相当庞大和复杂的，因此又可以继续分解为四个二级系统：机械传动、转向、制动和行驶系统，见表 1-2。

2. 部件 为便于进行装配、调试与检验，把较多的零件安装成一个具有独立功能的零件集合，称为部件。例如载重汽车的机械传动系统可以分解为离合器、变速箱、手动制动器、万向传动装置、后桥等五个部件。上述五个部件在传动系统中各有独立的功能，而又顺序串联，环环相扣，类似铁链，将发动机输出的机械能传递到后驱动轮，也可称为机

表 1-2 普通载重汽车组成和分解简表



械传动链。载重汽车的机械传动系统具有典型性。机械传动系统在机器中具有很重要的作用，也是本课程重点讲解的内容。

3. 组件 为便于进行机器的装配，先把少数几个零件安装成一个整体，称为组件。例如自行车脚踏组件是以脚踏轴为中心安装成的一个零件集合（整体），装配时可将脚踏组件装在曲柄上。

三、整机的组成和分解

整机的组成和分解的原理和方法归纳如下（参看表 1-1 和表 1-2）：

1. 整机的组成和分解原理 将整机的全部零部件，按树枝状结构（仿照树干、树枝、枝梢到树叶）进行从系统到部件、组件、零件的分门别类地逐级分解。

2. 整机组成和分解的基本方法 在熟悉整机的功能和构造的基础上，根据功能、构造和装配关系进行逐级分解。

(1) 首先按整机最重要的、基本的和独立的功能划分为若干个第一级系统。

(2) 再进行逐级分解，将每一个系统按独立的功能分解为次级系统或部件。然后继续按功能、构造和装配关系将每一个次级系统和部件逐级分解到零件。在进行初步的组成分解时，可以分解到系统或部件为止。

(3) 介于两个部件之间的零件的归属，一般应按其对于有关部件功能的重要性进行划分。

值得注意的是这种分类原理和方法具有普遍适用性。把一个复杂的大系统按照树枝状结构经过逐级分解到每一个单元的组成分解方法，不仅适用于整机，而且被广泛地应用于各学科和社会生活的各个领域。例如医学对疾病的分类、图书馆对书籍的分类管理等等。我们在学习某学科知识时，应注意发现其更深层次具有普遍性的科学规律和方法。进而举一反三创造性地应用到今后的学习和工作中去。