



北京市高等教育精品教材立项项目

高等院校现代机械设计系列教材

# 机械设计教程

吴宗泽 刘莹 主编



附光盘



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

7412-43  
2086

高等院校现代机械设计系列教材

# 机械设计教程

组编 北京市高等教育学会机械设计研究分会

主编 吴宗泽 刘莹  
参编 乔爱科 王晓群 边新孝 李威 尹丽娟  
张淑敏 张有忱 肖丽英 高志  
主审 毛谦德

本书附盘可从本馆主页 <http://lib.szu.edu.cn/>  
上由“馆藏检索”该书详细信息后下载，  
也可到视听部复制



机械工业出版社

本书是按照教育部组织实施的“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”而编写,对以机械学为主干学科的各专业学生提供机械设计的基本知识、基本理论和基本方法。全书共十二章,分别介绍了挠性传动、齿轮传动、蜗杆传动、轴、滚动轴承、滑动轴承、螺纹连接和螺旋传动、弹簧,以及传动装置结构的设计。

本书附有光盘,其中包括常用的中英文名词对照、有用的设计资料、工具和例题。为了提高读者使用英文资料的能力,光盘中专门安排了 114 个英文习题。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计教程/吴宗泽,刘莹主编. —北京:机械工业出版社, 2003. 1

(高等院校现代机械设计系列教材)

ISBN 7-111-11346-2

I. 机… II. ①吴…②刘… III. 机械设计-高等学校-教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 100366 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:刘小慧 版式设计:冉晓华 责任校对:吴美英

封面设计:张静 责任印制:闫焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·10.375 印张·401 千字

0 001—5 000 册

定价:30.00 元 (含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

# 高等院校现代机械设计系列教材

## 编 委 会

主任委员	清华大学	吴宗泽
副主任委员	北京工业大学	王大康
	北京科技大学	罗圣国

### 委 员 (按姓氏笔画为序)

北京理工大学	万小利
北京航空航天大学	王之栋
华北科技学院	田忠友
清华大学	刘 莹
机械工业出版社	刘小慧
北京化工大学	张有忱
中国农业大学	张淑敏
北京科技大学	李 威
北京机械工业学院	姚文席
装甲兵工程学院	韩 玥

# 序 言

---

为了满足 21 世纪我国社会主义现代化建设和科学发展的需要,培养高素质的专门人才,高等机械工程教育按照“教育要面向现代化、面向世界、面向未来”的方针,在教育思想、教学内容和教学方法等方面进行了全方位的改革。

机械设计系列课程在机械工程学科中占有重要地位,它是面向工科相关专业的课程改革的重要组成部分,而教材建设又是教学改革的核心。为此,北京市高等教育学会机械设计研究分会组织北京市和外省市部分院校有丰富教学经验的教师,采取老、中、青相结合的方式编写了这套现代机械设计系列教材。该系列教材按照教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的精神组织实施,充分反映了有关学校机械工程学科发展和机械设计系列课程改革的成果,其主要特点为:

1. 总结了各院校近年来机械设计系列课程的教学改革经验和方法,教材内容编排贯彻系统合理、精选内容、理论联系实际、便于教师教学和学生学习的原则。

2. 本系列各教材在体系上作了科学的分工,既体现了传统的教学内容,又立足于创新,反映了本学科发展的部分新内容。

3. 本系列教材是一套较为完整的系统教学用书,通过学习可以达到整体优化学生的知识、能力和素质,加强综合设计能力和创新设计能力培养之目的,可供不同专业、不同办学方式的学校选用。

4. 为配合各校开展 CAI 教学,便于指导学生学习,在多数教材中配备了光盘,有利于读者使用。

由于编写本套教材工作量较大,时间短,又缺乏经验,加上编者水平所限,教材中难免有不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

北京市高等教育学会机械设计研究分会  
高等院校现代机械设计系列教材编委会

2003 年 1 月

# 前 言

---

本书是按照教育部组织实施的“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”中“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”和“机械设计课程教学基本要求”（1995 年修订版）编写的。

近年来我国机械设计教学遇到许多新的情况，教学内容和教学方法有不少的发展。首先我国加入了 WTO，空前地增加了我国产品在国内与外国产品直接接触与竞争的机会。由于国内外市场的发展，不断对我国机械行业提出开发新产品的要求。由于和世界各国交流的需要，对英语水平的要求有很大的提高。其次，各院校在教学内容、教学方法、使用新的教学手段等方面进行了不少行之有效的改革。第三，计算机在学校和设计单位中大量用于机械设计工作，通过网络可以迅速得到大量的设计所需的信息，具有不同特点的机械设计书刊和手册近年来大量出版。第四，本课程学时在一些院校有较大的压缩。因此，对机械设计教学提出了更高的要求。本书就是在这种条件下，依靠北京市高等教育学会机械设计研究分会的帮助和指导，集中了北京地区高校的教学经验，采用新老结合的方式编写的教材。在编写中，我们力求做到“授约施博”，即教授内容力求简约，而引导学生掌握广博施用的内容和方法，提高分析解决问题和创新能力。在书中除例题外，提供了若干“案例学习”，这些案例多来自实际，引导学生接触设计问题，启发思考。为此，我们除在文字教材编写中精选教学内容以外，还为本书配备了一个光盘，在其中提供了一些有用的设计资料或工具。为了减轻读者负担，我们把一部分例题放入了光盘。为了满足一些院校师生使用英文资料的需要，在光盘中我们安排了 114 个英文习题供选用。此外，还有机械设计常用中英文名词对照，供读者查用。在使用光盘之前请阅读本书中“机械设计计算机辅助教学软件介绍”。

参加本书编写的有：北京工业大学乔爱科（第一章第三节，第六章）；北京科技大学王晓群（第四章），边新孝（第七章），李威（第十章）；北京农业大学尹丽娟（第三章），张淑敏（第九章）；北京化工大学张有忱（第五章）；清华大学刘莹（第八章），肖丽英（第二章、第十一章），高志（第十二章），吴宗泽编写其余章节并与刘莹担任主编。

本书由北京理工大学毛谦德教授任主审，对本书进行了仔细的审阅，提出了许多宝贵的修改意见，对提高本书质量起了很大的作用，特此对毛谦德教授表示衷心的感谢！

各位读者对书中和教学软件中的内容，如发现有不妥或错误之处，欢迎提出宝贵意见和建议。

编者  
2002年10月

# 目 录

序言

前言

绪论 ..... 1

第一章 机械设计总论 ..... 4

第一节 机械设计概述 ..... 4

第二节 机械零部件设计 ..... 5

第三节 机械零件的强度计算 ..... 8

第四节 机械零件的材料和热处理选择 ..... 25

第五节 机械零件的标准化 ..... 26

思考题 ..... 29

习题 ..... 29

第二章 机械传动设计总论 ..... 31

第一节 概述 ..... 31

第二节 常用机械传动型式的特点和选择 ..... 32

第三节 机械传动的运动和动力参数计算 ..... 33

思考题 ..... 39

习题 ..... 39

第三章 挠性传动设计 ..... 41

第一节 带传动设计 ..... 41

第二节 链传动设计 ..... 61

思考题 ..... 76

习题 ..... 77

第四章 齿轮传动设计 ..... 80

第一节 概述 ..... 80

第二节 齿轮传动的失效形式和设计准则 ..... 81



---

第三节	常用材料及许用应力 .....	84
第四节	齿轮的计算载荷 .....	92
第五节	直齿圆柱齿轮受力和强度计算 .....	94
第六节	斜齿圆柱齿轮受力和强度计算 .....	105
第七节	直齿锥齿轮受力和强度计算 .....	111
第八节	其他齿轮传动简介 .....	117
思考题	.....	119
习题	.....	120
<b>第五章</b>	<b>蜗杆传动设计 .....</b>	<b>123</b>
第一节	蜗杆传动的类型及特点 .....	123
第二节	蜗杆传动的失效形式、材料选择和结构 .....	127
第三节	普通圆柱蜗杆传动的基本参数和几何尺寸计算 .....	128
第四节	蜗杆传动的受力和效率计算 .....	136
第五节	蜗杆传动的强度计算 .....	138
第六节	蜗杆传动的热平衡计算 .....	142
思考题	.....	147
习题	.....	148
<b>第六章</b>	<b>轴的工作能力设计 .....</b>	<b>150</b>
第一节	概述 .....	150
第二节	轴的强度计算 .....	153
第三节	轴的刚度计算 .....	162
第四节	轴的振动简述 .....	163
思考题	.....	164
习题	.....	164
<b>第七章</b>	<b>滚动轴承 .....</b>	<b>166</b>
第一节	滚动轴承的结构、类型和代号 .....	166
第二节	滚动轴承的受力和应力分析及其失效形式 .....	170
第三节	滚动轴承的类型选择 .....	170
第四节	滚动轴承的动态承载能力计算 .....	171
第五节	滚动轴承的静态承载能力计算 .....	176
思考题	.....	178
习题	.....	179

---

<b>第八章 滑动轴承设计</b> .....	180
第一节 机械中的摩擦、磨损和润滑 .....	180
第二节 混合润滑滑动轴承的工作能力设计 .....	186
第三节 流体动压滑动轴承的工作能力设计 .....	189
第四节 滑动轴承与滚动轴承的比较 .....	196
思考题 .....	197
习题 .....	198
<b>第九章 螺纹连接设计（附螺旋传动）</b> .....	199
第一节 螺纹 .....	199
第二节 螺纹连接的基本类型 .....	201
第三节 螺纹连接的预紧和防松 .....	203
第四节 螺栓组设计 .....	206
第五节 单个螺栓的强度计算 .....	214
第六节 提高连接性能的措施 .....	224
第七节 螺旋传动 .....	229
思考题 .....	236
习题 .....	236
<b>第十章 弹簧设计</b> .....	241
第一节 概述 .....	241
第二节 弹簧的材料、选材与制造 .....	243
第三节 弹簧的参数、特性曲线与刚度 .....	247
第四节 圆柱螺旋压缩弹簧的设计计算 .....	250
第五节 圆柱螺旋拉伸弹簧的设计计算 .....	253
第六节 受变载荷螺旋弹簧的疲劳强度验算 .....	253
思考题 .....	255
习题 .....	256
<b>第十一章 机械结构设计概论</b> .....	257
第一节 概述 .....	257
第二节 结构设计的原则 .....	261
思考题 .....	272
习题 .....	272

<b>第十二章 传动装置结构设计</b> .....	274
第一节 轮类零件结构设计 .....	274
第二节 轴毂连接设计 .....	277
第三节 滑动轴承结构设计 .....	289
第四节 滚动轴承轴系结构设计 .....	293
第五节 润滑装置设计 .....	299
第六节 密封装置设计 .....	304
第七节 联轴器与离合器 .....	306
思考题 .....	316
习题 .....	316
<b>全书通用参考文献</b> .....	318
<b>各章专用参考文献</b> .....	320

# 绪 论

## 一、本课程的性质和任务

机械设计课程是一门培养学生具有机械设计能力的技术基础课程。物质生产是人类社会生存发展的基础，工业化是社会发展的不可逾越的阶段。我国工业化至今尚未完成，发展制造业是我国当前的重要任务。1999年我国制造业占GDP比重的1/3，占工业的78.2%。虽然我国的制造业占世界第四位，但总体规模仅相当美国的1/5，日本的1/4。而其劳动生产率仅为美国的1/25，日本的1/26，德国的1/20。我国正处于工业化的中期，我们需要制造业为人民提供各种生活用品，提供工农业的生产资料，服务业的各种手段，国防所需的大量装备，科学研究所需的各种仪器，医疗保健所需的各种医疗器械和药品，精神文明建设所需的物质条件等。我们要发展高新技术产业，而联合国经合组织OECD定义的四种高技术产业全部是制造业。信息技术、生物技术、纳米技术的发展都离不开制造业的支持[1.1]。在制造业中，设计是制造的第一步。一个新产品的成败，设计是关键的一步。目前我国急需大量的机械设计高级人材，创造性地设计出符合市场需要、具有强大竞争能力的新机械产品。本课程是培养机械设计人才的重要入门课程，对以机械学为主干学科的各专业学生提供机械设计的基本知识、基本理论和基本方法的基本训练。本课程的主要任务是通过理论学习和课程设计使学生达到：

(1) 掌握通用机械零件的设计原理、方法和机械设计的一般规律，能进行一般机械传动部件和简单机械装置的设计。

(2) 树立创新意识，培养机械设计的创新能力。

(3) 用计算机对一些机械零件进行计算，查阅资料。具有运用标准、规范、手册、资料进行机械设计的能力。

(4) 初步建立正确的设计思想方法和工作方法，知道应该注意了解国家的技术经济政策和有关技术的国内外发展情况。

(5) 了解实验与机械设计的关系和重要性。

(6) 对机械设计的发展有所了解。

## 二、课程内容和要求

本课程主要介绍机械设计常用的一些基本理论（包括机械零件的疲劳强度计算和摩擦学的基本知识，这些知识是结合具体机械零件讲授的）和通用机械零件的常用参数范围内的一般设计计算方法。通用机械零件是指在一般机械中常见的

零件如齿轮、滚动轴承、螺栓、弹簧等。常用参数范围是指一般的工作条件。高温、高速、腐蚀等工作条件，如高速齿轮，则需要按专门的资料进行设计，不属于本书的基本内容。本书对机械结构设计专门讲授，目的是提高读者对结构设计的理解和更好地掌握机械结构设计的能力。

因此学习本课程首先要掌握机械零件的设计计算方法，但是只掌握到这里，则并没有掌握本课程的精髓。善于学习的人，应该由本课程的学习中学会机械设计的方法和步骤，对机械零件的简化处理方法，物理、数学模型的建立和计算方法的求得，材料和热处理的选择，公差配合的选用，以及机器的保养维护的知识等。打下机械设计的初步基础，并为深入学习现代机械设计理论和方法准备很好的条件。

为了帮助读者更好地掌握本课程的内容，我们在本书中附有一张光盘，其中有一些机械零件的计算程序，对于一个设计题目可以计算出多种设计方案，进行比较，深入分析。也可以进行一些较复杂的计算。还有补充习题和例题，供学习和课程设计参考。

### 三、本课程的学习方法

本课程与过去学习的许多理论性课程有很大的不同。过去的不少课程是介绍一门科学，如力学、数学等，而学习本课程的目的是掌握一种实用的工程技术。进行机械设计的目的是为了满足不同社会需要。因而，本课程的体系、内容、方法等方面与过去的课程有很大不同，不能用学习过去课程的方法学习机械设计类的课程。不意识到这一点，就不能具有学习的主动性。在学习时必须注意本课程的以下几个特点：

(1) 系统性。本课程以机械零部件设计为主线展开，设计每种零部件的目的都是为了满足一定的要求，即社会需求是进行机械设计的出发点，产品应具备满足用户要求的使用功能。另一方面，设计者为了产品能够具有市场竞争能力，还必须在价格、使用维修方便、安全、美观、环境保护等方面与同类产品相比，具有明显的优势。因此，设计者必须认真考虑产品制造者能够经济地生产产品。这些要求经常是难以完全满足甚至是互相矛盾的，应按照系统的观点和方法，认识自己的设计对象，找出合理的解决方案。本课程则是按照各种零部件的特点，介绍设计中必须考虑的主要问题。

(2) 综合性。在解决机械设计问题时，经常会用到多方面的知识，力学、摩擦学、材料学、机械原理、机械制图、机械制造技术、互换性和技术测量、甚至物理、化学等。在学习本课程时，对有关知识可以作必要的复习。通过在本课程的应用，可以更深入地掌握过去所学课程的内容，是在应用中继续深入学习的学习方法，对读者今后的发展是很有意义的。

(3) 工程性。在设计中要用到大量的数据、表格、资料、手册等，要处理方案

---

选择、零件类型选择、材料选择、参数选择、零件结构型式选择等问题，对计算结果要有分析能力，确定它是否合理可用。有一些参数要圆整、标准化，这些都是处理工程问题时所必需的能力。本课程的习题、作业和课程设计是非常重要的组成部分，必须认真完成。

(4) 典型性。本课程从浩如烟海的各种机械零件中只选择了十种左右进行比较详细的介绍，他们是各有特色的典型零件，通过学习可以体会到一般机械零件的设计思路和处理方法。因此有人说，通过学习机械零部件设计掌握机械设计是最经济的。请读者在学习中体会和深入理解。

# 第一章

## 机械设计总论

### 第一节 机械设计概述

#### 一、机械设计的任务

21 世纪科学技术创新将成为各国经济和社会发展的主导力量。机械产品生产的第一个步骤,是设计师根据需要,经过调查研究、深入分析进行设计,提供制造机械所需的产品图样、技术文件、计算机软件等。机械产品的性能和技术水平主要是在设计阶段决定的。根据设计者的经验,产品成本的 70%~80%是在产品设计阶段决定的。因此,设计的成败往往成为产品生产和销售成败的关键。工农业和其他行业的发展常需要使用新的机械,不断对机械设计提出新的要求。因此,必须加强新产品的研制和设计,开发出大量具有世界先进水平的新产品。我国的机械设计人员肩负着十分艰巨和伟大的任务。

#### 二、机械设计的典型步骤

机械产品设计分为开发性设计、适应性设计、变型设计三种类型。其中属于开发性设计研制的新产品,其工作原理和具体结构都是新的,难度和风险一般较大,是最具有代表性的创新产品。其典型步骤可以分为以下四个阶段:

(1) 明确任务 通过广泛的市场调查和对各方面情况的深入分析,根据近期的需要和长远的发展,考虑类似产品和竞争对手的情况,考虑原材料和配套零部件的供应条件、制造技术水平和装备条件,本单位具有的专利情况,新技术的利用等,确定计划开发产品的规格、性能、主要参数、每年产量、成本等,规定出明确的数据,作为设计的基本依据。

(2) 方案设计 确定产品的工作原理和主体部分的结构方案,画出机器的工作原理图或运动简图。应该提出多个可行的初步方案,经过分析、筛选、综合评价,进行必要的计算,确定最优的方案。

(3) 技术设计 完成总体设计、部件设计、零件设计,画出全部设计图样,提供必要的技术文件。

(4) 施工设计 完成制造、装配、实验等产品生产所需的全部工艺文件和所需的装备资料。

以上步骤在实际工作中按需要灵活安排进行,经常出现互相交叉,或在后面的步骤中发现前面的决定有较大的不合理之处需要修改,甚至发现重大的问题而推翻前面步骤的决定。在设计工作中这些都属于正常的情况,应力求把问题在设计阶段解决,一经投产,设计不合理造成的损失就不可避免了。

### 三、对机械设计师的要求

设计就是创新。因此,对设计人员的要求中,最突出的就是创新能力。设计师应具有:

(1) 对周围事务的敏感性 机械设计是根据社会需求提出的,而社会需求的被认识,开始时往往只是一种模糊的感觉,比如觉得在某一方面有一些不方便。如旅游汽车,坐在后面的乘客在长途看不见前面的风景,十分无聊,有的设计师就加高了后面的坐位。

(2) 善于联想、有预见 如城市高层建筑的增加,就要求多种新产品。如擦窗户、防火、事故报警的设备等。

(3) 掌握新技术信息 一种新的物理或化学方面的发明,或一种新材料、新工艺、新结构的出现,会随之产生一系列机械产品。如激光一经发现,就设计、生产了多种利用激光的产品。塑料的广泛应用,产生了许多新结构的产品。

(4) 有坚实的机械设计基本功 由于新机械的工作条件、设计要求已突破了过去机械的一些范围,因此,在机械创新设计时,常常遇到许多超出一般的要求。甚至在一般机械设计手册或资料中不易找到所需的数据,或各方面的要求很难全面满足,或者缺乏可参考的实例等。因此,要进行创新设计,这对机械设计的基本功要求就更高了。

(5) 有广泛的实际知识、坚强的意志、活跃的思路 机械设计与生产实际密切结合,必须了解实际情况才能作好设计。另外,非智力因素也是十分重要的。

培养创新设计能力,不但要求教师创造性地进行教学,更重要的是参加学习的学生要充分发挥主动性,努力向上,自觉要求掌握好本课程,认真思考,锻炼设计能力,为我国的繁荣昌盛贡献力量而努力学习。

## 第二节 机械零部件设计

### 一、机械零部件设计的内容和要求

一般的大型机电产品由机械和电气两大系统组成。而机械系统由若干个部分组成,如组成电梯的机械系统的有曳引系统、轿箱和对重装置、导向系统、安全保护系统等(图1-1)。其中曳引系统包括曳引机、导向轮、钢丝绳等部件。曳引机又可以分为电动机、减速器、曳引轮、制动器等部件(图1-2)。把机械分为部件,可以单独进行设计和生产,提高生产效率和质量。零部件设计是机械设计的



重要组成部分,是机械总体设计的基础,并可能对机械总体设计产生很大的影响。学习机械设计是从学习机械零部件设计开始的。

机械零部件设计的内容包括:根据总体设计的要求提出对所设计零部件的工作要求、应具有的性能、主要参数等。设计者据此进行设计,画出部件装配图和全部零件图。

在一般情况下,对零部件的主要要求有以下几方面:

(1) 满足具有使用功能的要求。包括达到要求的运动范围、运动速度,并有足够的承载能力和寿命,在体积、重量、噪声、耐热、防腐蚀等方面都能满足要求。

(2) 满足工艺要求。加工(包括毛坯制造、热处理、机械加工等)、装配、运输、安装、使用、修理方便,报废后易于回收材料。

(3) 保证安全。

(4) 外形美观。

(5) 经济性好。

以上要求常常难以全部达到,需设计者综合考虑,妥善处理。

## 二、机械零部件的失效分析和计算准则

机械零件由于各种原因不能正常工作称为失效。设计者在设计时应预先估计所设计零件的可能的失效方式。一个机械零件可能有多种失效方式。防止失效是保证机械零件正常工作的主要措施。

用计算的方法使机械零件的工作负担在其承载能力允许范围之内,从而避免失效,是常用的机械设计计算方法。计算依据的条件称为设计准则。常用的机械零件设计准则有:

(1) 强度准则 要求机械零件在工作时,其工作应力 $\sigma$ 不超过许用应力 $[\sigma]$ 。计算公式为

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\min}}{S} \quad (1-1)$$

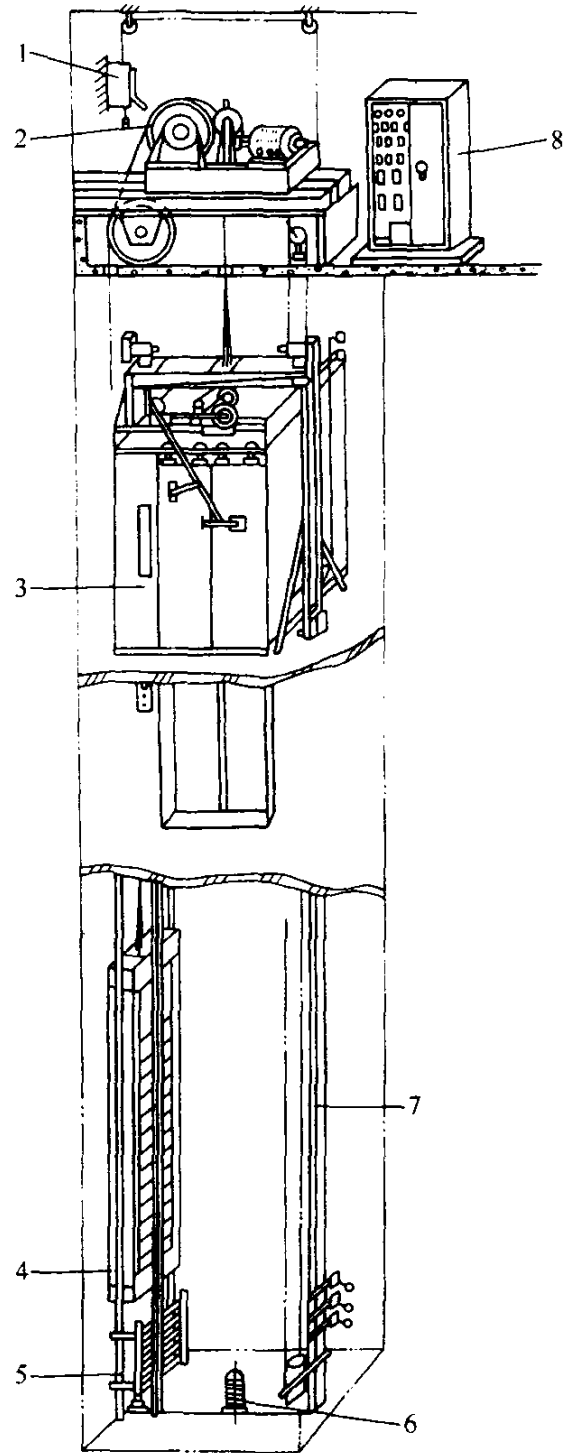


图 1-1 电梯主要部件示意图

- 1—限位开关 2—曳引机 3—轿箱  
4—对重装置 5—对重导轨  
6—缓冲装置 7—轿箱导轨  
8—控制柜