

机械设计基础

JIXIE SHEJI
JICHU

◎主编 孙方道 苗德忠



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

机械设计基础

第2版

主编 李洪波 副主编 李洪波



机械工业出版社

机械设计基础

主 编 孙方道 苗德忠
副主编 杜世法 马艳霞



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书突出了高等教育的特点,依据“项目导向、任务驱动”的模式,从“典型案例”入手,改变传统的“机械设计基础”与“工程力学”内容编写方式,对“工程力学”“机械原理”与“机械零件”这几门课程按机械设计这条主线进行了整合,内容突出高等教育特色,强化了工程应用,注重实践能力、动手能力和创新思维能力的培养。全书共分为14个教学项目,主要内容包括构件的静力分析、构件基本变形分析、常用机构、带传动与链传动、齿轮传动、轮系和减速器、连接和轴系零部件等;教学项目下的学习任务均由典型案例引入,在学习任务结束后,对相应的案例做了专题的分析解释,以加深对学习内容的理解,加强与工程实践的联系。

本书可作为高等院校机械、近机械类专业的教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/孙方遒,苗德忠主编. —北京:北京理工大学出版社, 2015.7

ISBN 978-7-5682-0991-5

I. ①机… II. ①孙…②苗… III. ①机械设计 IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第177150号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 21

责任编辑 / 赵 岩

字 数 / 487千字

文案编辑 / 杜春英

版 次 / 2015年7月第1版 2015年7月第1次印刷

责任校对 / 孟祥敬

定 价 / 55.00元

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

项目导向教学法将传统学科体系中的知识内容转化为若干个典型的教学项目，围绕着项目组织和展开教学，每个项目又分解为若干个任务，教学项目以工作任务的形式出现，师生以团队的形式共同实施项目内容而进行教学活动，以完成项目/任务为中心，用项目/任务来带动知识点的学习，实现教师、学生双主体，将“教、学、做”融合为一体，使学生积极地参与学习、自觉地进行知识的构建。

“机械设计基础”是工科类专业必修的一门专业基础课，它与工程实际有紧密的联系，对培养学生的工程素质有着非常重要的作用。

如何适应高等教育人才培养模式的改革要求，在教学过程中如何实施运用任务来驱动、以项目为导向的教学模式，相应的教材如何与教学配套，这是摆在我们面前的一个课题，促使我们编写一本适应项目导向教学模式的教材。

本书具有以下特点：

(1) 本书依据“项目导向、任务驱动”的要求，每个“学习任务”都从“典型案例”入手，引入实际问题，明确学习目标。

(2) 本书对传统的“工程力学”内容进行了较大的整合，将其内容有机地融入“机械设计”内容中，对典型的“机械设计”内容起到了有力的支撑作用。经系统的调研、科学的分析后，以典型项目的形式进行整合，主要内容涵盖了构件的静力分析、构件基本变形分析、常用机构、带传动与链传动、齿轮传动、轮系和减速器、连接和轴系零部件等。

(3) 在本书中，每个学习任务均由典型案例引入，在学习任务结束后，对相应的案例做了专题分析解释，以加深对学习内容的理解，加强与工程实践的联系。

(4) 本书在借鉴相关教材的基础上，对一些内容进行了改革。从典型案例入手，分析、总结解决问题的方法，简化公式的推导过程，注重典型公式的实际应用问题。

(5) 本书采用了最新的国家标准和法定计量单位，以使读者学习、应用、贯彻国家标准。

参加本书编写工作的有孙方遒（主要编写引论、项目1、2、3、4、5）、苗德忠（主要编写项目6、7、8）、马艳霞（主要编写项目10）、杜世法（主要编写项目9、11、12）、陆显峰（主要编写项目13、14）。全书由孙方遒、苗德忠任主编并统稿，杜世法、马艳霞担任副主编，陆显峰参与了编写工作。

本书由张向阳主审，并提出了许多宝贵的意见和建议，在此对他表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，加之项目教学的经验仍不够成熟，书中难免有不妥之处，敬请广大读者给予指正。特别希望担任相关课程的教师提出批评意见和建议，并及时反馈给我们，在此我们致以真诚的谢意！

意见与建议请寄编者信箱：cxsfq@163.com

编 者

目 录

引论 机械设计的目标指向	1
0.1 机械设计所面临的问题	1
0.2 机械设计要解决的问题	1
0.2.1 机械设计要求、内容及步骤分析	1
0.2.2 机械零件的工艺性及标准化要求	3
0.3 机械设计后续需要解决的问题	3
0.3.1 机械设计方法的发展趋势	3
0.3.2 运用现代科技成果促进机械设计方法升级	4
项目1 静力学基础知识	5
任务1.1 静力学基本概念	5
1.1.1 力与力系	6
1.1.2 刚体	6
1.1.3 平衡力系	6
1.1.4 二力平衡与二力构件	7
1.1.5 加减平衡力系公理	7
1.1.6 三力平衡汇交与三力构件	7
任务1.2 力的投影与分解	8
1.2.1 平面力的投影与分解	9
1.2.2 空间力的投影与分解	10
任务1.3 力矩与力偶	12
1.3.1 平面力对点之矩	12
1.3.2 空间力对轴之矩	13
1.3.3 平面力偶	13
任务1.4 力的滑移性与平移性的分析	15
1.4.1 力的滑移性	16
1.4.2 力的平移性	16
项目2 平面机构受力分析及自由度的计算	18
任务2.1 运动副与常见约束分析	18
2.1.1 构件的自由度	19
2.1.2 运动副及其分类	20
2.1.3 工程常见约束分析	21
任务2.2 平面机构运动简图及自由度的计算	24
2.2.1 平面机构运动简图	25

2.2.2 平面机构自由度的计算	27
任务 2.3 平面机构受力分析	30
项目 3 构件静力问题的分析与解决	34
任务 3.1 平面力系问题的分析与解决	34
3.1.1 平面汇交力系的合成与平衡	35
3.1.2 平面力偶系的合成与平衡	37
3.1.3 平面任意力系的合成与平衡	38
任务 3.2 构件空间力系问题的分析	43
3.2.1 空间力系的合成与平衡	44
3.2.2 空间力系平衡问题的平面求解	46
项目 4 平面机构运动的分析	48
任务 4.1 点与刚体基本运动的分析	48
4.1.1 点的运动的分析	49
4.1.2 刚体的基本运动的分析	52
任务 4.2 刚体的平面运动分析	57
4.2.1 刚体平面运动方程	57
4.2.2 平面图形内各点的速度分析	58
项目 5 平面四杆机构的分析与设计	62
任务 5.1 铰链四杆机构的基本形式分析	63
5.1.1 曲柄摇杆机构	63
5.1.2 双曲柄机构	64
5.1.3 双摇杆机构	64
任务 5.2 铰链四杆机构曲柄存在条件的分析	65
任务 5.3 铰链四杆机构的演化	67
5.3.1 曲柄滑块机构	68
5.3.2 偏心轮机构	68
5.3.3 曲柄滑块机构的演化	69
任务 5.4 铰链四杆机构特性的分析	71
5.4.1 急回特性	71
5.4.2 压力角和传动角	72
5.4.3 死点	72
任务 5.5 平面四杆机构的设计	74
5.5.1 按给定连杆的三个位置设计四杆机构	74
5.5.2 按给定连杆的两个位置设计四杆机构	74
5.5.3 按给定的行程变化系数 K 设计四杆机构	75
任务 5.6 平面四杆机构组成构件承载能力的分析	76
5.6.1 构件承载能力分析的基础知识	76
5.6.2 构件强度、刚度的设计准则	79
5.6.3 构件拉伸(压缩)变形强度、刚度的设计	80

5.6.4	弯曲变形杆件的内力分析	85
5.6.5	弯曲变形下的强度与刚度设计	89
5.6.6	受压缩杆件的稳定性分析	94
项目 6	凸轮机构的分析与设计	102
任务 6.1	凸轮机构的应用和类型	102
6.1.1	凸轮机构的应用	103
6.1.2	凸轮机构的分类	104
任务 6.2	从动件常用的运动规律	105
6.2.1	凸轮机构的基本尺寸和运动参数	105
6.2.2	从动件常用的运动规律	106
6.2.3	从动件运动规律的选择	107
任务 6.3	盘形凸轮设计	108
6.3.1	盘形凸轮轮廓曲线的设计	108
6.3.2	凸轮机构基本尺寸的确定	110
6.3.3	凸轮机构的材料	111
6.3.4	凸轮的结构形式	112
项目 7	齿轮系传动的分析与设计	114
任务 7.1	齿轮传动的分析与设计	115
7.1.1	齿轮传动的特点和基本类型	116
7.1.2	渐开线齿廓	116
7.1.3	渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数及几何尺寸计算	118
7.1.4	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	123
7.1.5	渐开线齿轮的切削原理与根切现象	126
7.1.6	变位齿轮传动	129
7.1.7	渐开线斜齿圆柱齿轮传动	131
7.1.8	直齿圆锥齿轮传动	135
7.1.9	齿轮的结构、精度等级及润滑	138
任务 7.2	蜗杆传动的分析	142
7.2.1	蜗杆传动的类型和特点	142
7.2.2	蜗杆传动的主要参数和尺寸	143
任务 7.3	齿轮系传动的分析	147
7.3.1	齿轮系及其分类	148
7.3.2	定轴轮系传动比的计算	149
7.3.3	行星齿轮系传动比的计算	151
7.3.4	组合齿轮系传动比的计算	153
7.3.5	齿轮系的应用	154
项目 8	齿轮系传动承载能力的分析与设计	158
任务 8.1	动载荷作用下构件承载能力的分析	158
8.1.1	交变应力分析	159

8.1.2	疲劳破坏分析	160
任务 8.2	齿轮传动的承载能力分析	161
8.2.1	齿轮传动的失效形式与设计准则	162
8.2.2	齿轮常用材料及许用应力	163
8.2.3	齿轮传动的强度分析与设计	167
8.2.4	设计实例	173
任务 8.3	蜗杆传动的承载分析	177
8.3.1	蜗杆传动的失效形式、设计准则和常用材料	177
8.3.2	蜗杆传动的强度计算	178
8.3.3	蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	180
8.3.4	蜗杆和蜗轮的结构	183
8.3.5	蜗杆传动的安装和维护	185
项目 9	连接件的分析与设计	187
任务 9.1	连接件的强度分析	188
9.1.1	连接件的特点	189
9.1.2	连接件的剪切与挤压假定计算	189
任务 9.2	螺纹及键、销连接的分析	192
9.2.1	螺纹连接的基本知识	192
9.2.2	螺纹连接的预紧和防松	195
9.2.3	螺栓连接的强度计算	197
9.2.4	螺纹连接件的材料和螺栓连接的许用应力	205
9.2.5	提高螺栓连接强度的措施	206
9.2.6	螺旋传动	208
9.2.7	键连接和花键连接	210
9.2.8	销连接	213
项目 10	轴类零件的分析与设计	215
任务 10.1	轴的结构分析	215
10.1.1	轴的类型与材料概述	216
10.1.2	轴的结构设计	217
任务 10.2	轴的承载能力分析	222
10.2.1	轴变形的基本形式	223
10.2.2	扭转变形的内力分析	223
10.2.3	圆轴扭转强度的设计	225
10.2.4	复杂受力时圆轴的强度设计	228
10.2.5	扭转变形下的刚度设计	230
10.2.6	轴的设计实例	232
项目 11	柔性传动及间歇运动机构的分析与设计	238
任务 11.1	带传动的分析与设计	239
11.1.1	带传动的类型、特点和应用	239

11.1.2	V带和带轮的结构	240
11.1.3	带传动的受力分析和应力分析	243
11.1.4	带传动的弹性滑动和传动比	245
11.1.5	V带传动的设计	246
11.1.6	带传动的张紧、安装与维护	252
任务 11.2	链传动的分析与设计	253
11.2.1	链传动的特点和应用	253
11.2.2	链传动的结构及参数	254
11.2.3	链传动的运动特性分析	256
11.2.4	链传动的布置、张紧及润滑	257
任务 11.3	间歇运动机构的分析与设计	259
11.3.1	棘轮机构	259
11.3.2	槽轮机构	262
11.3.3	不完全齿轮机构和凸轮式间歇运动机构	263
项目 12	轴承零件的分析与设计	265
任务 12.1	滑动轴承的分析与设计	265
12.1.1	滑动轴承的工作原理	266
12.1.2	滑动轴承的分类和结构特点	266
12.1.3	滑动轴承的材料和轴瓦的结构	268
任务 12.2	滚动轴承的分析与设计	270
12.2.1	滚动轴承的组成、类型及特点	270
12.2.2	滚动轴承的代号	273
12.2.3	滚动轴承类型的选择	274
12.2.4	滚动轴承的工作能力计算	276
12.2.5	滚动轴承的组合设计	283
项目 13	其他常用零部件的分析与设计	289
任务 13.1	联轴器的分析与设计	289
13.1.1	刚性联轴器	290
13.1.2	无弹性元件的可位移联轴器	291
13.1.3	弹性联轴器	292
13.1.4	联轴器的选择	292
任务 13.2	典型的离合器与制动器	294
13.2.1	离合器	294
13.2.2	制动器	296
项目 14	机械的润滑和密封简介	298
任务 14.1	润滑剂及其选择	298
14.1.1	润滑剂的类型	299
14.1.2	润滑剂的选择	300
任务 14.2	润滑方法和润滑装置	301

14.2.1	油润滑装置	301
14.2.2	脂润滑装置	303
14.2.3	固体润滑装置	303
14.2.4	气体润滑装置	303
任务 14.3	密封方法和密封装置	303
14.3.1	静密封	304
14.3.2	动密封	304
14.3.3	密封装置的选择	306
附录		308
附录 1	常见界面几何性质	308
附录 2	型钢规格表	309
参考文献		322

引论 机械设计的目标指向

0.1 机械设计所面临的问题

“机械设计”是一门历史悠久、体系完善的综合性学科，随着社会的进步以及工程技术的不断发展，其要求也不断提高。现有的设计理念突破了原有的传统的程式化设计理念和办法，在现代工程技术中，对设计的动态性、创造性和综合性提出了更高的要求，具体体现在：设计对象由单机向系统化发展，如数控加工中心的发展；设计领域的拓展的需求，使系统工程、人机工程等多元学科不断地渗透到现代的设计领域中来；现代设计理念对设计团队提出了更高的要求，团队组成的多元化要求更多的边缘学科参与进来；现代工业产品的生命周期的缩短，要求现代工业产品的设计向工程化发展，产品的设计要具有计划性并分阶段发展；随着计算机技术在机械设计中应用的不断发展，为工程设计提供更快捷、更有效的手段，随之带来了对工程设计要求更大的提高。

为了适应不断提高的要求，我们需要改进设计方法和手段，形成能为大家接受、能有效指导设计实践、较完整的设计理念。此外，需要加深对设计内涵的理解。随着学科技术的发展，产品设计所涉及的领域不断扩展，对设计内涵的理解主要有以下几点：存在着客观需求，需求是设计的原动力；设计的本质是革新和创造，在设计中总有新的产品被创造出来，这些新的产品可以是过去没有过的东西，也可以是已知事物的组合；设计是建立技术系统的重要环节，技术系统应能实现预期功能、满足预定设计要求，同时也是给定条件下的最优解；设计是把各种先进的技术成果转化为生产力的活动，为人们从事各种活动提供有力的助手和工具；设计远不止计算与绘图，随着计算机技术的应用和发展，对设计领域产生了较大冲击，CAD 技术能够得到生产所需的图纸和相关资料，一体化的 CAD/CAM 可以直接利用有关信息控制 NC 机床，直接加工所需要的零件。

设计所涉及的领域不断扩展，也更加深入，它要求设计部门在产品研发过程中就应与销售部门和生产部门密切合作，以便得到既有优良性能又适合于市场需求而制造和销售的优质产品。因此，广义理解设计内涵才能掌握主动权，从而得到既符合功能要求又能降低成本的创新产品。

0.2 机械设计要解决的问题

0.2.1 机械设计的要求、内容及步骤分析

机械设计的目的是满足社会需要，主要包括两个方面：应用新技术、新工艺、新方法发

明新的机械产品；对原有机械进行改造，改变或提高原有机械的性能。任何机械产品都始于设计，设计质量的高低直接关系到产品的性能、质量及价格。因此，设计中要合理确定机械系统功能，增强可靠性，提高经济性，确保安全性。

机械零件是组成机器的基本单元，进行机械设计前，应首先了解设计机械零件的基本要求。

1. 设计机械零件的基本要求

零件工作可靠并且成本低廉是设计机械零件的基本要求。只有机器上的每个零件都能可靠地工作，才能保证机器的正常运行。设计机械零件应满足以下要求。

(1) **使用要求。**零件在使用中应具有足够的工作能力。

(2) **经济性要求。**设计中必须坚持经济的观点，保持零件成本低廉。合理选择材料，降低原料费用；合理确定精度等级，保持良好的工艺性，减少制造费用；采用标准化的零部件，简化设计过程和降低成本。

2. 机械设计的基本要求

机械产品设计应满足以下几方面的要求。

(1) **实现预定功能。**为保证设计的机器实现预定的功能，必须正确选择机器、机构类型和传动方案，合理设计零件，满足强度、刚度、耐磨性等方面的要求。

(2) **满足可靠性要求。**机械产品的可靠性由组成机械的零部件的可靠性决定。机械系统的零部件越多，其可靠性越低。对系统的可靠性有重要影响的零部件，必须保证其可靠性。

(3) **符合经济性要求。**机器的经济性是一个综合指标，体现为设计、制造的低成本，以及生产效率高、日常使用维护费用低。

(4) **确保安全性要求。**机器操作要简便可靠，能够保证劳动者的安全，保证设备对周围环境无危害；要有过载保护装置，避免人身及设备事故发生。

(5) **标准化要求。**设计的产品规格、参数符合国家标准。

(6) **体现造型美观要求。**注意产品的工业造型设计，不仅功能强、价格低，而且外形美观、实用，使产品在市场上具有竞争力。

3. 机械设计的内容与步骤

机械设计是一项复杂、细致和科学性很强的工作。随着科学技术的发展，对设计的理解在不断深化，设计方法也在不断发展。近年来发展起来的优化设计、可靠性设计、有限元设计、模块化设计和计算机辅助设计等现代设计方法已在机械设计中得到了推广和应用，但是常规的设计方法仍是工程设计人员进行机械设计的重要基础。机械设计的内容通常包括以下几个方面。

(1) **产品规划。**其主要工作是提出设计任务和明确设计要求。

(2) **方案设计。**在满足设计说明书中设计的具体要求的前提下，由设计人员提出多种可行性方案进行分析比较，从中选出一种满足要求、工作可靠、结构设计可行及成本低廉的方案。

(3) **技术设计。**在选定设计方案的基础上，完成机械产品的总体设计、部件设计、零件设计等，设计结果以工程图和计算书的形式表达出来。

(4) **制造样机及试验。**经过加工、安装及调试制造出样机，对样机进行试运行，将试

验过程中的问题反馈给设计人员,经过修改完善,最后通过鉴定。

机械设计的方法很多,但大多经过以下几个步骤。

- (1) 根据零件的功能及使用要求,选择零件的类型及结构形式。
- (2) 根据机器的受力条件,分析零件的工作情况,确定零件的载荷。
- (3) 根据零件的工作条件,合理选择材料及热处理的方法,并确定许用应力。
- (4) 分析零件的主要失效形式,按照相应的设计准则,确定零件的基本结构。
- (5) 根据零件的工艺性及标准化的要求,设计零件的结构。
- (6) 绘制零件工作图,拟定技术要求。

上述设计步骤,对于不同的零件和工作条件,可以有所不同。在设计中,有些步骤可能是相互交错,反复进行的。

0.2.2 机械零件的工艺性及标准化要求

1. 工艺性要求

设计机械零件时,不仅应使其满足使用要求,同时还应满足生产的需要,否则就可能制造不出来,或能制造出来但生产费用昂贵、不经济。

在实际加工条件下,设计的机械零件便于加工,而且加工费用较低,这样的零件具有良好的工艺性。对于工艺性的基本要求包括以下几个方面。

(1) **毛坯选择合理**。机械制造中毛坯的种类有型材、铸造、锻造、冲压和焊接等。毛坯的选择与具体的生产条件有关,主要取决于生产批量、材料性能和加工性能。

(2) **结构简单合理**。设计零件的结构形状时,最好采用简单的表面(如平面、圆柱面、螺旋面)及其组合,应尽量使加工表面数目少、加工面积小。

(3) **适当的精度和粗糙度**。零件的加工费用和加工精度成正比,在加工精度很高时,加工费用增加显著。同时表面粗糙度也应作出适当的规定。

2. 标准化要求

按规定标准生产的零件称为标准件。标准化是指以制定标准和贯彻标准为主要内容的生产过程。工业产品的标准化是指对产品的品种、规格、质量、检验或安全、卫生等制定标准并加以实施。

标准化对机械制造具有重大意义:由专门化工厂大量生产,能保证质量、节约材料、降低成本;在设计上可以减少工作量、缩短产品的生产周期;在制造过程中,可以减少刀具和量具的规格;产品具有互换性,简化机器的安装和维修。

0.3 机械设计后续需要解决的问题

0.3.1 机械设计方法的发展趋势

1. 机械设计方法应把设计作为系统来研究

系统工程学是在控制论、信息科学、运筹学等管理科学的基础上发展起来的,用于解决工程问题,使之达到最优化设计、最优化控制和最优化管理的一门学科。传统的机械设计方法,往往把事物分解为许多独立的部分进行研究。由于是孤立静止地分析研究,其结论往往

是片面的、有局限性的。而在机械设计方法中运用系统工程学的方法，把机械设计过程当作一个系统来研究（还包括制造与销售），从整个系统出发，分析各组成部分之间的有机联系和系统与外界的关系。它是一种全面的、综观全局的、有发展前景的研究方法。

2. 机械设计应充分发挥设计人员的创造潜力

充分发挥设计人员的创造潜力，用创造性的方法求解问题，或至少在主要问题上获得始料未及的成果。在当前国内外市场竞争日趋激烈的形势下，技术创新成为企业保持旺盛生命力的根本保证。

3. 机械设计应注重产品设计的商品化

商品化是设计开发的最终环节，但不能等到设计开发时再来解决。在机械设计的教学中，就要传授给学生应从整体产品的概念出发，企业提供什么样的产品以最大限度地满足市场需求，必须在产品组合策略、商标策略、包装和售后服务策略四个方面进行有机的组合，同时，市场供求关系、消费群体、产品定位以及设计与生产和研究开发的关系也是不可忽视的重要环节。

0.3.2 运用现代科技成果促进机械设计方法升级

1. 运用可靠性设计方法提高产品设计的质量

可靠性设计方法（又称概率设计法）就是对全部或部分设计变量进行数理统计，在建立统计数学模型的基础上运用概率统计理论解决工程设计问题的方法。而传统的机械设计方法是将设计参数（如应力、强度等）视为单值，若强度 σ 大于应力 S ，即 $n = \sigma/S > [n]$ ，则认为安全的，其中 $[n]$ 为安全系数，通常根据经验选取。但实际上应力和强度是受多种因素影响的，其具有较强的随机性，仅靠安全系数这一定值不能给出一个精确的度量来说明设计的产品在多大程度上是安全的，而运用可靠性设计方法就能杜绝类似问题，保证产品设计的质量。

2. 运用 CAD 技术全面促进机械设计水平的提高

计算机是当今世界科学技术最卓越的成果之一，它的出现引起了科学、技术、生产、生活等各个领域的巨大变化，促进了社会的飞速发展。计算机辅助设计（CAD）就是设计领域运用计算机技术的成果，但许多 CAD 软件主要介绍的是软件应用和绘图功能。而传统的机械设计学，却用较大篇幅介绍图解法进行机构设计，虽然也有一些介绍应用计算机进行某些机构的设计，但难以形成设计系统。因此，传统的机械设计学与 CAD 技术脱节，是目前机械设计领域亟需解决的关键问题。

近年来，机械设计领域里的许多科技工作者不断探索，努力挖掘计算机应用技术的潜力，相继开发了多种机构的计算机辅助设计软件。可以预见，通过广大科技工作者的不懈努力，运用现代计算机技术进行工程设计必将取代传统手工绘图的机械设计方法，CAD 技术的发展，将全面促进机械设计方法的升级换代，为产品设计满足社会和经济发展的需求奠定坚实的技术基础。

项目 1 静力学基础知识



项目目标 ○○○

通过本项目的学习，掌握工程力学的基本知识与基本技能；能够熟练计算力的投影、力矩；能够将工程常见的实际连接（接触）简化为常见的约束类型；能够分析简化后构件的受力情况，画出相应的受力图。



本项目知识点 ○○○

- (1) 力系、载荷、构件、刚体、平衡；
- (2) 力的投影、力对点的矩、力对轴的矩；
- (3) 力的滑移性、力的平移性。



教学实施 ○○○

任务 1.1 静力学基本概念

【典型案例】

“趣味遛狗”

还记得在中学时期的一道力学测试题吗？如图 1-1 所示，小刚遛狗时，用力拉住拴狗的绳子，正僵持不动，如果绳子的质量不计，下列说法哪个是正确的？

- A. 小刚一定受到非平衡力的作用；
- B. 绳拉狗的力小于狗拉绳的力；
- C. 狗由于静止不动，因此没有惯性；
- D. 小刚拉绳的力与狗拉绳的力是一对平衡力。

通过本次任务的学习，我们对该问题会有更加深入的理解。

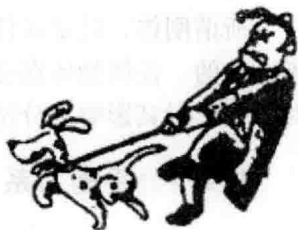


图 1-1

【知识要点学习】

1.1.1 力与力系

1. 力的定义与力的效应

力是物体间的相互机械作用。力有三要素，即力的大小、方向和作用点。力是矢量，力的单位是牛（N）或千牛（kN）。

作用在物体上的力可以使物体产生两种效应，一是可以引起物体的运动状态变化或速度变化，一般称为力的“外效应”或“运动效应”；二是可以引起物体形状的改变，一般称为“内效应”或“变形效应”。这两种效应既可能单独出现，也可能同时出现。

力的运动效应与变形效应均与力的三要素有关。三要素中任何一个要素改变，都会引起力对物体作用效应的改变。

2. 集中力与均布载荷

作用于物体的力无论其来源如何，按其作用方式可分为**体积力**和**表面力**。体积力是作用在物体内所有质点上的力，例如重力、惯性力等，体积力的单位是 N/m^3 或 kN/m^3 。表面力是作用于物体表面的力，可分为**集中力**和**分布力**。

沿某一面积或长度连续作用于构件上的力，称为**分布力**或**分布载荷**。分布在一定面积上的分布力，单位用 N/m^2 或 kN/m^2 表示。当分布力在其作用面上呈均匀分布时，也称为**均布力**或**均布载荷**。沿长度分布的分布力单位用 N/m 或 kN/m 表示。

若作用于构件上的外力分布的范围远远小于物体的整体尺寸，就可以看成是作用于一点的**集中力**。集中力的单位是 N 或 kN。

3. 力系的概念及其分类

作用于同一物体上的若干力所组成的系统，称为**力系**。如果作用在一个物体上的力系可以用另一力系代替，而不改变对物体的作用效应，则这两个力系互为**等效力系**。

当一个力对物体的作用效应与一个力系对同一物体的作用效应相同时，就可以把这个力称为该力系的**合力**，组成该力系的各力则可称为**分力**。合力可以代替原力系对物体的作用。

力系可分为**平面力系**和**空间力系**两大类。若组成力系各力的作用线都处在同一平面内，则称为**平面力系**；若组成力系各力的作用线不都处在同一平面内，则称为**空间力系**。

1.1.2 刚体

所谓**刚体**，就是在任何外力作用下，大小和形状始终保持不变的物体。事实上，刚体是不存在的。任何物体在受到力的作用时都会产生一定的变形，在研究物体的运动和平衡规律时，变形对其影响十分微小，故可忽略不计。

1.1.3 平衡力系

使作用在刚体上的力系能处于平衡状态的条件称为**平衡条件**，能够使刚体保持平衡的力系，称为**平衡力系**。