

普通高等院校“十一五”规划教材
普通高等院校机械类精品教材

顾问 杨叔子 李培根



机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

王继焕 主编

华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

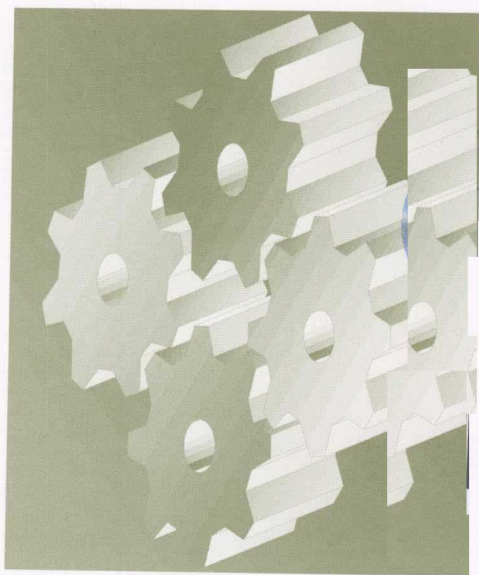




普通高等院校“十一五”规划教材
普通高等院校机械类精品教材

顾 问 杨叔子 李培根
.....

机械设计基础



主 编	王继焕		
副主编	韩 文	吕文阁	张世艺
	吴雪飞		
编 委	路家斌	成思源	倪向东
	林秀君	唐文艳	张晓伟
	汤卫真		

华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/王继焕 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2008年7月
ISBN 978-7-5609-4571-2

I. 机… II. 王… 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(2008)第 074195 号

机械设计基础

王继焕 主编

策划编辑:刘 锦

责任编辑:刘 勤

责任校对:朱 霞

封面设计:潘 群

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787mm×960mm 1/16

印张:21 插页:2

字数:400 000

版次:2008年7月第1版

印次:2008年7月第1次印刷

定价:33.00 元

ISBN 978-7-5609-4571-2/TH·169

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是根据教育部颁发的《高等学校机械设计基础课程教学基本要求》，按照当前模块化教学改革的需要而编写的。

全书共分为3篇(共19章)，第1篇为工程力学基础(第1章至第4章)；第2篇为常用平面机构(第5章至第10章)；第3篇为机械传动与轴系零部件(第11章至第19章)。各章后均备有“本章重难点”和“思考题与习题”。

本书可作为普通高等学校近机类或非机类各专业机械设计基础课程的教材，也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

序

“爆竹一声除旧，桃符万户更新。”在新年伊始，春节伊始，“十一五规划”伊始，来为“普通高等院校机械类精品教材”这套丛书写这个“序”，我感到很有意义。

近十年来，我国高等教育取得了历史性的突破，实现了跨越式的发展，毛入学率由低于10%达到了高于20%，高等教育由精英教育而跨入了大众化教育。显然，教育观念必须与时俱进而更新，教育质量观也必须与时俱进而改变，从而教育模式也必须与时俱进而多样化。

以国家需求与社会发展为导向，走多样化人才培养之路是今后高等教育教学改革的一项重要任务。在前几年，教育部高等学校机械学科教学指导委员会对全国高校机械专业提出了机械专业人才培养模式的多样化原则，各有关高校的机械专业都在积极探索适应国家需求与社会发展的办学途径，有的已制定了新的人才培养计划，有的正在考虑深刻变革的培养方案，人才培养模式已呈现百花齐放、各得其所的繁荣局面。精英教育时代规划教材、一致模式、雷同要求的一统天下的局面，显然无法适应大众化教育形势的发展。事实上，多年来许多普通院校采用规划教材就十分勉强，而又苦于无合适教材可用。

“百年大计，教育为本；教育大计，教师为本；教师大计，教学为本；教学大计，教材为本。”有好的教材，就有章可循、有规可依、有鉴可借、有道可走。师资、设备、资料（首先是教材）是高校的三大教学基本建设。

“山不在高，有仙则名。水不在深，有龙则灵。”教材不在厚薄，内容不在深浅，能切合学生培养目标，能抓住学生应掌握的要言，能做

到彼此呼应、相互配套,就行,此即教材要精、课程要精,能精则名、能精则灵、能精则行。

华中科技大学出版社主动邀请了一大批专家,联合了全国几十个应用型机械专业,在全国高校机械学科教学指导委员会的指导下,保证了当前形势下机械学科教学改革的发展方向,交流了各校的教改经验与教材建设计划,确定了一批面向普通高等院校机械学科精品课程的教材编写计划。特别要提出的,教育质量观、教材质量观必须随高等教育大众化而更新。大众化、多样化决不是降低质量,而是要面向、适应与满足人才市场的多样化需求,面向、符合、激活学生个性与能力的多样化特点。“和而不同”,才能生动活泼地繁荣与发展。脱离市场实际的、脱离学生实际的一刀切的质量不仅不是“万应灵丹”,而是“千篇一律”的桎梏。正因为如此,为了真正确保高等教育大众化时代的教学质量,教育主管部门正在对高校进行教学质量评估,各高校正在积极进行教材建设,特别是精品课程、精品教材建设。也因为如此,华中科技大学出版社组织出版普通高等院校应用型机械学科的精品教材,可谓正得其时。

我感谢参与这批精品教材编写的专家们!我感谢出版这批精品教材的华中科技大学出版社的有关同志!我感谢关心、支持与帮助这批精品教材编写与出版的单位与同志们!我深信编写者与出版者一定会同使用者沟通,听取他们的意见与建议,不断提高教材的水平!

特为之序。

中国科学院院士
教育部高等学校机械学科指导委员会主任

杨红子

2006.1

前 言

本书是根据教育部颁发的《高等学校机械设计基础课程教学基本要求》，并适应当前模块化教学改革的需要，为培养厚基础、强能力、高素质、宽口径应用型人才而编写的。

本书在内容上，将先进性与实用性有机地结合，把工程力学、机械原理、机械设计的基本内容进行优化整合，注重基本理论、基本知识、基本技能的训练和创新思维设计能力的培养，在编写过程中，以“必需”、“够用”为度，淡化公式推导，注重理论联系实际，体现应用性特色。全书力求深入浅出，主次分明，语言精练。为突出重点、突破难点，在每章之后增加了“本章重难点”小栏目，以加强学习的针对性。

本书内容共分为3篇(共19章)，包括工程力学基础、常用平面机构、机械传动与轴系零部件，主要介绍工程力学的基本知识，常用平面机构的基本概念、工作原理和常用的设计方法，各种机械传动和轴系零部件的设计计算方法。各章末均附有一定数量的思考题与习题。

在本书的编写过程中，采用了最新颁布的国家标准。

参加本书编写的有：新疆石河子大学倪向东(绪论、第7章)、吴雪飞(第8章)，广东工业大学成思源、唐文艳、张晓伟、吕文阁、路家斌、林秀君(分别编写第1~4、9、19章)，武汉工业学院王继焕(第5、6、16、18章、附录)、汤卫真(第17章)，重庆交通大学张世艺(第10~12章)，景德镇陶瓷学院韩文(第13~15章)。本书由王继焕担任主编，韩文、吕文阁、张世艺、吴雪飞任副主编。全书由王继焕统稿。

在本书的编写过程中，参阅了其他版本同类教材、相关资料和文献，并得到许多同行专家教授的支持和帮助，在此衷心致谢。

有关本课程的多媒体课件及相关资料，可参阅武汉工业学院精品课程网站(<http://jxsjjc.whpu.edu.cn>)。

由于编者的水平和时间所限，误漏之处在所难免，殷切希望同行专家和广大读者批评指正。

编 者

2008年4月

目 录

绪论	(1)
0.1 本课程研究的对象	(1)
0.2 本课程的性质和内容	(2)
0.3 本课程的学习方法	(3)
思考题与习题	(3)
第 1 篇 工程力学基础	
第 1 章 物体的受力分析与平衡	(4)
1.1 基本概念和物体的受力分析	(4)
1.2 平面汇交力系	(10)
1.3 力对点之矩、力偶	(13)
1.4 平面任意力系	(16)
本章重点、难点	(23)
思考题与习题	(23)
第 2 章 轴向拉伸和压缩	(27)
2.1 概述	(27)
2.2 轴向拉伸和压缩的基本概念	(27)
2.3 轴向拉伸和压缩时的内力与应力	(28)
2.4 材料拉伸和压缩时的力学性能	(31)
2.5 拉(压)杆件的强度计算	(34)
2.6 拉(压)杆的变形	(37)
本章重点、难点	(39)
思考题与习题	(39)
第 3 章 剪切与圆轴扭转	(42)
3.1 剪切与挤压	(42)
3.2 圆轴扭转	(44)
3.3 圆轴扭转时的应力与强度条件	(46)
3.4 圆轴扭转时的变形与刚度条件	(49)
本章重点、难点	(50)
思考题与习题	(50)

第4章 梁的弯曲	(52)
4.1 弯曲的概念	(52)
4.2 梁的弯曲内力	(53)
4.3 弯曲正应力和强度计算	(56)
4.4 提高梁弯曲强度的措施	(61)
4.5 梁的刚度条件	(63)
4.6 组合变形时的强度计算	(63)
本章重点、难点	(65)
思考题与习题	(65)
第2篇 常用平面机构	
第5章 平面机构的自由度和速度分析	(67)
5.1 运动副及其分类	(67)
5.2 平面机构运动简图	(69)
5.3 平面机构的自由度	(71)
5.4 速度瞬心及其在机构速度分析中的应用	(75)
本章重点、难点	(78)
思考题与习题	(78)
第6章 平面连杆机构	(81)
6.1 平面四杆机构的基本类型及其应用	(81)
6.2 平面四杆机构的演化形式	(84)
6.3 平面四杆机构的基本特性	(87)
6.4 平面四杆机构的设计	(91)
本章重点、难点	(96)
思考题与习题	(96)
第7章 凸轮机构	(99)
7.1 凸轮机构的应用和分类	(99)
7.2 从动件常用运动规律	(101)
7.3 凸轮轮廓曲线的设计	(104)
7.4 凸轮机构基本尺寸的确定	(109)
本章重点、难点	(111)
思考题与习题	(111)
第8章 齿轮机构	(113)
8.1 齿轮机构的应用和分类	(113)
8.2 齿廓啮合基本定律	(114)

8.3 渐开线及渐开线齿轮	(114)
8.4 渐开线标准齿轮的基本参数和几何尺寸	(116)
8.5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	(119)
8.6 渐开线齿轮的切齿原理	(121)
8.7 根切现象、最少齿数及变位齿轮	(124)
8.8 斜齿圆柱齿轮机构	(127)
8.9 直齿圆锥齿轮机构	(132)
本章重点、难点	(135)
思考题与习题	(135)
第9章 轮系	(137)
9.1 轮系的分类	(137)
9.2 定轴轮系及其传动比	(137)
9.3 周转轮系及其传动比	(140)
9.4 复合轮系及其传动比	(142)
9.5 轮系的功用	(143)
9.6 几种特殊的行星传动简介	(146)
本章重点、难点	(148)
思考题与习题	(148)
第10章 间歇运动机构	(151)
10.1 棘轮机构	(151)
10.2 槽轮机构	(154)
本章重点、难点	(155)
思考题与习题	(156)
第3篇 机械传动与轴系零部件	
第11章 机械零件设计概论	(157)
11.1 机械零件设计概述	(157)
11.2 机械零件的常用材料及其选择	(159)
11.3 许用应力与安全系数	(164)
11.4 机械零件的工艺性及标准化	(166)
本章重点、难点	(167)
思考题与习题	(167)
第12章 连接	(169)
12.1 螺纹的形成及主要参数	(169)
12.2 螺旋副的受力分析、效率和自锁	(170)

12.3	机械制造常用螺纹	(173)
12.4	螺纹连接的基本类型和螺纹连接件	(175)
12.5	螺纹连接的预紧和防松	(176)
12.6	螺栓连接的强度计算	(179)
12.7	螺栓的材料和许用应力	(182)
12.8	提高螺栓连接强度的措施	(184)
12.9	螺旋传动	(186)
12.10	键连接和花键连接	(188)
12.11	销连接	(193)
	本章重点、难点	(193)
	思考题与习题	(194)
第 13 章	齿轮传动	(196)
13.1	齿轮传动的失效形式及设计准则	(196)
13.2	齿轮材料及热处理	(198)
13.3	齿轮传动的精度	(199)
13.4	直齿圆柱齿轮传动的作用力及计算载荷	(200)
13.5	直齿圆柱齿轮传动的齿面接触疲劳强度计算	(202)
13.6	直齿圆柱齿轮传动的轮齿弯曲疲劳强度计算	(204)
13.7	设计圆柱齿轮时主要参数的选择	(206)
13.8	斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	(208)
13.9	直齿圆锥齿轮传动的强度计算	(211)
13.10	齿轮的结构设计	(212)
13.11	齿轮传动的润滑和效率	(214)
	本章重点、难点	(215)
	思考题与习题	(215)
第 14 章	蜗杆传动	(218)
14.1	蜗杆传动的特点和类型	(218)
14.2	圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	(218)
14.3	蜗杆传动的失效形式、材料和结构	(222)
14.4	圆柱蜗杆传动的强度计算	(223)
14.5	圆柱蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	(226)
	本章重点、难点	(230)
	思考题与习题	(230)

第 15 章 带传动和链传动	(232)
15.1 带传动概述	(232)
15.2 V 带和 V 带轮	(234)
15.3 带传动的工作情况分析	(237)
15.4 普通 V 带传动的设计计算	(241)
15.5 V 带传动的张紧装置	(247)
15.6 链传动的特点和应用	(249)
15.7 滚子链链条和链轮	(250)
15.8 链传动的运动分析和受力分析	(254)
15.9 滚子链传动的设计计算	(256)
本章重点、难点	(262)
思考题与习题	(262)
第 16 章 轴	(264)
16.1 轴的功用和类型	(264)
16.2 轴的材料	(265)
16.3 轴的结构设计	(266)
16.4 轴的强度计算	(271)
16.5 轴的刚度计算	(277)
本章重点、难点	(279)
思考题与习题	(279)
第 17 章 滑动轴承	(281)
17.1 滑动轴承的功用和类型	(281)
17.2 滑动轴承的结构	(281)
17.3 润滑剂和润滑装置	(284)
17.4 非液体摩擦滑动轴承的计算	(286)
本章重点、难点	(287)
思考题与习题	(288)
第 18 章 滚动轴承	(289)
18.1 概述	(289)
18.2 滚动轴承的类型、代号和选择	(290)
18.3 滚动轴承的工作情况及设计准则	(295)
18.4 滚动轴承的计算	(296)
18.5 滚动轴承的组合设计	(304)
本章重点、难点	(310)

思考题与习题.....	(310)
第 19 章 联轴器和离合器	(312)
19.1 联轴器.....	(312)
19.2 离合器.....	(315)
本章重点、难点	(318)
思考题与习题.....	(318)
附录 A 常用轴承的径向基本额定动载荷 C_r 和径向额定静载荷 C_{0r}	(319)
参考文献.....	(321)

绪 论

0.1 本课程研究的对象

机械是机器和机构的总称。机械设计基础是一门以机器和机构为研究对象的课程。

在日常生活和生产过程中,人类广泛地使用着各种各样的机器,如缝纫机、洗衣机、汽车、拖拉机、各种机床等。图 0-1 所示为单缸四冲程内燃机示意图。它是由汽缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5、齿轮 6、凸轮 7、推杆 8 等组成的。活塞、连杆、曲轴和汽缸体组成一个曲轴滑块机构,将活塞的往复移动变为曲轴的连续转动。凸轮、推杆和汽缸体组成凸轮机构,将凸轮轴的连续转动变为推杆有规律的间歇运动。曲轴和凸轮轴上的齿轮与汽缸体组成齿轮机构,保证曲轴每转两周,进气阀、排气阀各启闭一次,从而把燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。

通过对各种机器的分析研究,可以发现机器的主体部分是由机构组成的。一部机器可以包含一个或若干个机构。例如,鼓风机、电动机只包含一个机构,而内燃机则包含曲柄滑块机构、凸轮机构、齿轮机构等若干个机构。机器中最常用的机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和间歇运动机构等。虽然各种机器的构造、用途和性能各不相同,它们却具有以下共同的特征。

- (1) 它们都是人为的实物组合体。
- (2) 各实体之间具有确定的相对运动。
- (3) 能够用来变换或传递能量、物料与信息。

就功能而言,一般机器包含四个基本组成部分:动力部分、传动部分、控制部分、执行

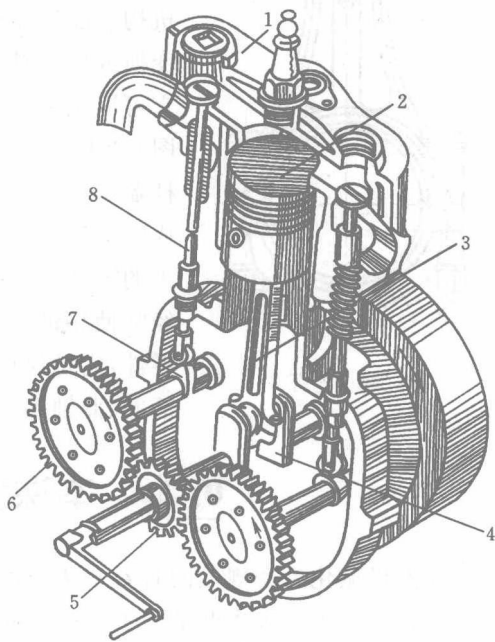


图 0-1 内燃机示意图

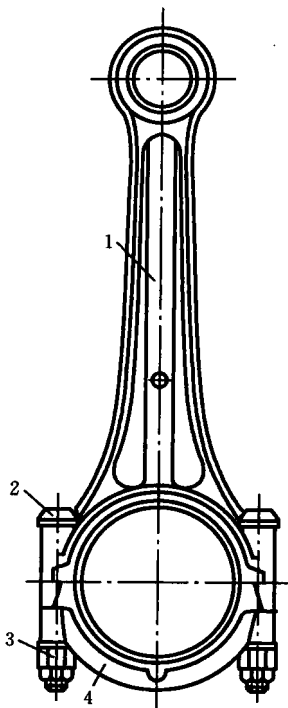


图 0-2 连杆

部分。动力部分可采用人力、畜力、风力、液力、电力、热力、磁力、压缩空气等作为动力源。其中利用电力和热力的原动机(电动机和内燃机)使用最广。传动部分和执行部分由各种机构组成,是机器的主体。控制部分包括计算机、传感器、电气装置、液压系统、气压系统,还包括各种控制机构。例如,内燃机中的凸轮机构便是控制气阀启闭的控制机构。由于信息技术的飞速发展,在近代机器的控制部分中,计算机系统已居于主导地位。

机构是由若干个构件组成的,具有机器的前两个特征。机构只能传递运动和力,而机器除传递运动和力之外,还具有变换或传递能量、物料与信息的功能。构件是运动的单元。它可以是单一的整体,也可以是由几个零件组成的刚性结构。图 0-2 所示内燃机的连杆就是由连杆体 1、螺栓 2、螺母 3 和连杆盖 4 等几个零件组成的。这些零件之间没有相对运动,构成一个运动单元,成为一个构件。零件是制造的单元。机械中的零件可分为两类:一类称为通用零件,它是许多机械中都经常使用的零件,如齿轮、螺栓、轴、轴承等;另一类称为专用零件,它是仅在某些特定类型机器中使用的零件,如内燃机的活塞、曲轴等。

0.2 本课程的性质和内容

随着机械化生产规模的日益扩大,除机械制造部门外,在动力、采矿、冶金、石油、化工、轻纺、食品等许多生产部门工作的工程技术人员,都会经常接触各种类型的通用机械和专用机械,他们必须具备一定的有关机械方面的知识。因此,机械设计基础是高等学校工科有关专业一门重要的技术基础课,在教学计划中具有承上启下的作用,为这些专业的学生学习专业机械设备课程提供必要的理论基础。通过本课程的学习和课程设计实践,可使学生初步具备运用手册设计简单机械传动装置的能力,为今后从事相关的技术工作创造条件。

本课程以力学理论为基础,主要研究机械中的常用机构和通用零件的工作原理、结构特点,以及基本的设计理论和计算方法。

本课程的研究内容分为以下 3 篇。

第 1 篇是工程力学基础,主要介绍构件的受力分析与平衡、力系的简化和构件的平衡

条件,以及构件在外力作用下的变形、受力和破坏的规律,强度和刚度的计算方法。

第2篇是常用平面机构,研究机械中的常用平面机构(平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和间歇运动机构)的工作原理、特点、应用及设计的基本知识。

第3篇是机械传动与轴系零部件,研究常用机械连接(螺纹连接、键连接等)、机械传动(螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动和蜗杆传动)、轴系零部件(轴、滑动轴承、滚动轴承、联轴器和离合器)的工作原理、结构特点、基本设计理论和计算方法,并扼要介绍有关的国家标准和规范。

0.3 本课程的学习方法

机械设计基础课程是从理论性、系统性很强的基础课向实践性较强的专业课过渡的一个重要环节,课程涉及的内容广泛,而且所涉及问题的答案不是唯一的,可能有多种方案可供选择和判断。因此,学习本课程时,学生必须注意以下几个方面。

(1) 认识机械,了解机械。学习本课程时,要理论联系实际,注意观察各种机械设备,掌握各种机构、零部件的工作原理和结构特点。

(2) 着重基本理论和基本设计方法的掌握,淡化公式推导。理解基本概念、基本定律以及公式建立的前提、意义,重视公式的应用和具体设计方法的掌握,重视结构设计分析及机构、零件设计中主要参数的选择。密切联系生产实际,努力培养解决工程实际问题的能力。

(3) 掌握方法,形成总体概念。在学习本课程的过程中,应将各章节研究的各种机构、通用零部件有机联系起来,防止孤立、片面地学习各章内容。

思考题与习题

- 0-1 机器具有哪些共同的特征?
- 0-2 机器与机构有何区别?
- 0-3 构件与零件有何区别? 并用实例说明。
- 0-4 本课程的研究对象是什么?

第 1 篇 工程力学基础

工程力学既是工程学科的基础,也是工程设计的基础,包含的内容十分广泛。本篇从实际需要出发,仅选取了静力学和材料力学中最基本的内容。

任何一台机器的设计都离不开工程力学的知识,因为各种机器都是由不同的构件组成的,而当机器工作时,这些构件将受到外力的作用。因此,工程力学的任务是:研究构件在外力作用下的受力及平衡条件;研究构件在外力作用下的变形、受力和破坏的规律,为合理设计构件提供有关的强度、刚度和稳定性计算的基本理论和计算方法。工程力学是近机类各专业学生学习机械设计基础课程的先修课程。

第 1 章 物体的受力分析与平衡

1.1 基本概念和物体的受力分析

1.1.1 基本概念

1. 力

力是物体间相互的机械作用,这种作用使物体运动状态或形状发生改变。力使物体运动状态发生改变的效应称为力的外效应(又称为运动效应),力使物体变形的效应称为力的内效应(又称为变形效应)。在本章中将物体视为刚体,即在外力作用下形状和大小都保持不变的物体,只研究力的外效应。

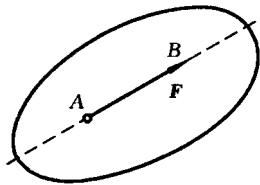


图 1-1 力的表示方法

力对物体的作用效应取决于三个要素,即力的大小、方向和作用点。改变三个要素中的任何一个要素,力对物体的作用效应也将随之改变。力是矢量,通常用有向线段来表示:线段的长度表示力的大小;线段箭头的方向表示力的方向;线段的始端 A 或末端 B 表示力的作用点(见图 1-1)。通常用黑体字母 F 表示力矢量,用白体字母 F 表示力的大小。力的单位为 N(牛顿)或 kN(千牛顿), $1 \text{ kN} = 1\,000 \text{ N}$ 。