

# 机械 设计 通用 手册

[美] J. E. 希格利 主编  
C. R. 米什克

机械工业出版社

# 机械设计通用手册

[美] J. E. 希格利 主编  
C. R. 米什克

河海大学机械学院 译



机械工业出版社

# (京) 新登字054号

《机械设计通用手册》译自美国J. E. 希格利和C. R. 米什克主编、麦克格劳-希尔出版公司出版的《机械设计通用手册》。该书是一本内容新颖、实用性强的工具书，由欧美42位著名学者，其中不少是权威性生产厂的技术负责人撰写而成。近几年来，该书在北美和西欧流行甚广，有较大影响。

全书共47章，内容涉及到机械设计的各个领域。书中系统而集中地反映了当今美国在机械设计中的理论、方法、公式、数据、图表、计算程序。本书的特点是：体系新，将标准、法律依据、政府条例及影响因素与机械设计融为一体，内容新颖且丰富，书中不少章节是我国同类手册中没有或罕见的，如统计观点、数值方法及不少新材料、新工艺、新的分析工具和方法等，实用性强，书中提供了大量实用的设计资料备查。

本手册对于引进、消化和吸收欧美的机械技术，设计出口机械，采用新的机械设计思想、方法及技术以提高我国机械设计水平，都将有较大的参考价值。

本书可供机械、电子、计算机专业的科研人员、工程技术人员参考或使用，亦可作为高等工科院校的教学参考书。

## Standard Handbook of Machine Design

Joseph E. Shigley Charles R. Mischke

McGraw-Hill Book Company 1986

\*

### 机械设计通用手册

[美] J. E. 希格利 主编  
C. R. 米什克

河海大学机械学院 译

\*

责任编辑：陈国华 版式设计：王颖

封面设计：葛 琳 责任校对：熊天荣

责任印制：路琳

\*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码：100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京市崇山区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本 850×1158<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·印张 49<sup>2</sup>/<sub>3</sub>·插页 2·字数 1668 千字

1993年8月北京第1版·1993年8月北京第1次印刷

印数 0 001—7 000 ·定价：55.00元

\*

ISBN 7-111-03263-2/TH·359

## 序 言

《机械设计通用手册》由欧美现代机械设计领域 42 位著名学者撰写，是一本实用性很强的工具书。作者中有不少是权威性生产厂的技术负责人，如锥齿轮一章是格利森的一位理论负责人和一位工艺负责人写的。全书内容涉及到机械设计各方面需要的知识，提供了设计者在学校学不到的广泛信息。此外，书中介绍的方法和观点也是比较新的，如统计观点、数值方法等。该书系统地反映了当今美国在机械设计领域中较新实践，在北美、西欧都有较大影响。

随着科学技术的迅猛发展，机械产品的品种越来越多，对其质量及性能要求越来越高，而产品的更新换代的周期却愈来愈短。随着计算机在机械设计中的应用，随着新材料、新工艺和新设计方法的采用，机械设计已经并正在发生根本性的变革。机械设计人员在技术革命的浪潮中，如果能保持知识的不断更新，就能设计出高速、高效、小型、安全、可靠、符合时代精神的机械产品。要使我国机械工业尽快赶上世界先进水平，迫切需要全面提高我国机械设计的能力和水平。《机械设计通用手册》的翻译出版，给广大读者提供了知识更新的一条简捷途径。

我国执行改革开放政策以来，引进和出口的机械设备日益增多，《机械设计通用手册》将有助于读者消化吸收国外机械设计的经验，有利于促进一批具有中国特色的先进的机械设备打入国际市场。我相信本手册的翻译、出版将会对我国的机械设计方法和设计思想产生可观的影响，对从事机械设计、机械制造的广大工程技术人员、教师、大中专学生及其它行业的有关人员将会有一定的帮助和启迪。

中国科学院学部委员 雷天觉

1991年 6 月

## 译者的话

本书译自美国 J. E. 希格利 (Shigley) 和 C. R. 米什克 (Mischke) 主编, 麦克格劳-希尔 (McGraw-Hill) 公司出版的《机械设计通用手册》(Standard Handbook of Machine Design)。该书是近几年来在北美和西欧有较大影响, 并且实用性很强的一本最新版本的工具书。

全书分为 47 章, 由欧美在现代机械设计领域中有丰富经验的 42 位著名学者撰稿。内容涉及机械设计的各个领域, 并提供了多方面的理论依据和新颖见解。全书系统而集中地反映了当今美国在机械设计中的理论、方法、公式、数据、图表和设计程序。无论从教学还是实际使用来看, 皆有其独特而显著的作用。与国内同类书相比, 本手册有以下特点:

1. 体系新: 本书突破了陈旧的设计体系, 将标准、法律依据、政府条例、影响设计的因素 (包括社会公害、物质与人为因素) 及可靠性等, 与机械设计融为一体, 构成了新的机械设计体系。

2. 内容新: 本书内容丰富, 不少章节为中国同类手册中未有或罕见的。如设计人员考虑的问题; 设计中的统计学问题; 测量与推断; 数值方法; 设计中的计算问题; 动载条件下的强度; 噪声控制; 机器人及智能机械, 等等。并在各章节中引入了该项设计的最新方法。

3. 实用性强: 书中列有大量图表、公式、数据便查。书中所用单位有米制与英制两种, 附有换算表便查。本书可供机械、电子、计算机类专业师生、科研人员、工程技术人员参考或使用, 也可作为高等院校上述专业的教材。

本手册对于引进、消化、吸收美国和西欧的机械技术, 对于外向型企业设计出口的机械, 对于我国机电工程中采用计算机辅助设计等先进技术, 都将有很大的推动作用。我们相信本手册中

所述及的机械设计方法和设计思想,将对我国机电行业产生较大的影响。凭着这种执著的信念,我院组织翻译了本手册,愿意作好此项艰苦而有意义的工作,把国外最新的标准和最新的设计方法引赠给我国的同行们。

全书的翻译工作由胡沛成、钱为群、孙芸生主持,并负责全书译文的统稿和修改工作。

全书由汝元功、范永法担任总审校。

参加本书翻译工作的有(按章节先后为序):杨学泉(第1、2、16、25、41章),邢宗奕(第3、9、32章),胡沛成(第4、30章),陆渭林(第5章),李铁雄(第6、7、44章),吉文元(第8章),孙芸生(第10、19、37、38、39、43章),钱为群(第11、12、20、21、23、33、34、35章),范永法(第13章),丁永旺(第14章),张芳春(第15、24章),宿元元(第18、29、31章),蔡慧官(第17、22、26章),管可长(第27、28章),赵寒松(第36章),**周学正**(第40章),程敬之(第42章),李书娣(第45章),倪福生(第46、47章)。

张思、谢国璋、吴玉光同志参加了部分章节的初校工作。在此表示感谢。

原版书由对故乡怀有深情的瑞士籍华人孙德娴女士和孙宁生先生提供,在此对他们的热情支持表示深切的感谢。

由于水平和时间所限,译文难免有错误和不妥之处,恳请广大读者不吝批评指正。

河海大学机械学院

一九九一年四月

## 原 序

有关机械设计的好教材并不少。这些书主要是针对工科学生写的，因此包括了大量有关数学分析的理论材料。这些题材之所以特别受到教师和学生的欢迎，原因是：

1) 能把学生的兴趣吸引到科学、数学和计算机的基础知识上来；

2) 题材范围明确，起始、居中和结尾段落分明；

3) 易用来测验学生所获得的知识。

由于高等学校的学生学习时间有限，因而严格限制了可供利用的题目数量及其论述内容。机械设计方面的教科书不可避免地反映了这种偏向，因而迫切需要一种手册能够论述机械设计的整个领域，而不是仅限于便于教学的部分内容。

初学设计的人员很快就会认识到，一个成功的设计，远比教科书介绍的内容，以及技校或大学的教学内容多得多。本手册包括了每个机械设计人员所需的通用知识，并且将正规的教育和工程设计的实践结合起来。

一个有经验的设计人员日常所需的资料，来自各种标准机构所出版的各种小册子，其它资料来源则包括涉及特殊产品的研究论文、设计杂志以及各种协会的刊物。然而，到有关设计的图书室或资料室查找资料时，往往会发现某种特种刊物已借出、丢失或过时。本手册的目的就在于及时、迅速地满足这些需要。它能对设计人员日常工作中所发生的数以百计的问题，提供权威的、最新的、可理解的、并提供情报性的解决方法。本手册不包括每个设计室都已备有的数学公式、统计公式和表格内容。

本手册是为正在从事设计工作的人员所写的。应该是他(她)们办公桌上的左右手，而不是书架上的陈列品。手册中包括大量的公式、表格、曲线图和图表等，很多是采用简要叙述的形式，

目的在于为许多经常发生的问题提供快速的解答。

本手册中引用的新材料、新工艺、新的分析工具和方法,改变了我们的机械设计方法。设计人员在技术变革中如果使自己跟上潮流,就可设计出更高速、更高效、更小型化、更安全、重量更轻,并有预期可靠性的机器。本书结合当前的实际介绍机械设计,目的是使读者能接触到最新的设计见解。

计算机辅助设计方法和大量对设计人员有极大价值的其它机器计算能力,在近几年中已有成倍增长,导致了设计方法巨大的、持久的变革。本书的规划和编写,考虑到了便于利用任何一种可以买到的机器计算装置。计算机硬件和软件将来的发展,都不致使本书的内容过时。

本手册由42位作者撰写,他们都是各个领域的著名专家。我们试图组织成47章,以构成一个统一的机械设计方法,而不是一些各不相关的论述的集合。我们已经作到了这一步,即力求使全书的数学复杂性保持在同一水平上,并尽可能采用同样的符号。

设计决策的最终责任由设计课题负责工程师来承担。只有他(她)们能判断:有关应用条件是否与本手册列出的参考文献或其它某种文献叙述的基础条件相符。鉴于与设计有关的因素很多,本手册编者不可能对本书提供的材料在设计中的使用承担任何责任。

我们衷心感谢所有国内外作者,在支持我们精细修改其稿件中所表现的耐心和谅解。感谢他们满足和容忍我们的正确、严格的要求。我们也感谢许多制造厂商,慷慨地为我们提供了建议、文献和照片。大多数原图是美国衣阿华州的西班牙人G.约斯先生负责监制的,编者同样表示感谢。

本书力求不出错误。编者一旦得到发现错误的通知,将致以衷心的感谢。以便在再版中加以改正。

主编简介:

J. E. 希格利

密歇根大学荣誉教授,美国机械工程师学会会员。1974年获美国机械工程师学会机构学委员会奖,1977年获伍斯特·里德·



沃勒 (Worcester Reed Warner) 奖章, 1985年获美国机械工程师学会机械设计奖。专著或合著共有八部, 包括《机械工程设计》、《机械与机构的设计原理》(与小 J. J. 尤克合著), 以及《应用材料力学》, 全部由 McGraw-Hill 图书公司出版。

#### C. R. 米什克

衣阿华州立大学机械工程教授, 工业顾问。1977年获汽车工程师学会拉尔夫-蒂特 (Ralph Teeter) 奖, 1980年获大学杰出教师奖。著有《机械分析有限元法》、《计算机辅助设计概论》、《数学模型的建立》, 并发表多篇技术论文。现在美国机械工程师学会可靠性、应力分析和失效预防执行委员会工作。

# 单位换算表

## 米制单位标准词头

SI*词头	名称	符号	倍	数
exa	艾	E	1 000 000 000 000 000 000	= 10 <sup>18</sup>
peta	拍	P	1 000 000 000 000 000	= 10 <sup>15</sup>
tera	太	T	1 000 000 000 000	= 10 <sup>12</sup>
giga	吉	G	1 000 000 000	= 10 <sup>9</sup>
mega	兆	M	1 000 000	= 10 <sup>6</sup>
kilo	千	k	1 000	= 10 <sup>3</sup>
hecto	百	h	100	= 10 <sup>2</sup>
deka	十	da	10	= 10 <sup>1</sup>
deci	分	d	0.1	= 10 <sup>-1</sup>
centi	厘	c	0.01	= 10 <sup>-2</sup>
milli	毫	m	0.001	= 10 <sup>-3</sup>
micro	微	μ	0.000 001	= 10 <sup>-6</sup>
nano	纳	n	0.000 000 001	= 10 <sup>-9</sup>
pico	皮	p	0.000 000 000 001	= 10 <sup>-12</sup>
femto	飞	f	0.000 000 000 000 001	= 10 <sup>-15</sup>
atto	阿	a	0.000 000 000 000 000 001	= 10 <sup>-18</sup>

\* SI = 国际单位制

### 利用公式 $Y = AX^*$ 将美国常用单位换算为SI单位

美国常用单位 X	系数 A	SI单位 Y
英热单位, Btu	1055	焦耳, J
Btu/s	1.05	千瓦, kW
卡, cal	4.19	焦耳, J
厘米汞柱, cmHg (0°C)	1.333	千帕, kPa
厘泊, cP	0.001	帕·秒, Pa·s
度 (角度)	0.0174	弧度, rad

美国常用单位 X	系数 A	SI单位 Y
英尺, ft	0.305	米, m
英尺 <sup>2</sup> , ft <sup>2</sup>	0.0929	米 <sup>2</sup> , m <sup>2</sup>
英尺/分, ft/min(fpm)	0.0051	米/秒, m/s
英尺·磅, ft·lb	1.35	焦耳, J
英尺·磅/秒, ft·lb/s	1.35	瓦, W
英尺/秒, ft/s	0.305	米/秒, m/s
加仑(美), gal	3.785	升, l
马力, hp	0.746	千瓦, kW
英寸, in	0.0254	米, m
英寸, in	25.4	毫米, mm
英寸 <sup>2</sup> , in <sup>2</sup>	645	毫米 <sup>2</sup> , mm <sup>2</sup>
英寸汞柱(32°F)	3.386	千帕, kPa
千磅力, kip	4.45	千牛, kN
千磅力/英寸 <sup>2</sup> , kpsi (ksi)	6.89	兆帕, MPa, N/mm <sup>2</sup>
质量, lb·s <sup>2</sup> /in	175	千克, kg
英里, mi	1.610	千米, km
英里/时, mi/h	1.61	千米/时, km/h
英里/时, mi/h	0.447	米/秒, m/s
转动惯量, lbm·ft <sup>2</sup>	0.0421	千克·米 <sup>2</sup> , kg·m <sup>2</sup>
转动惯量, lbm·in <sup>2</sup>	293	千克·毫米 <sup>2</sup> , kg·mm <sup>2</sup>
面积惯性矩(二次面矩), in <sup>4</sup>	41.6	厘米 <sup>4</sup> , cm <sup>4</sup>
盎司(力), ozf	0.278	牛顿, N
盎司(质量), oz	0.0311	千克, kg
磅力, lbf*	4.45	牛顿, N
磅力-英尺, lbf·ft	1.36	牛顿·米, N·m
磅力/英尺 <sup>2</sup> , lbf/ft <sup>2</sup>	47.4	帕, kPa
磅力-英寸, lbf·in	0.113	焦耳, J
磅力-英寸, lbf·in	0.113	牛顿·米, N·m

(续)

美国常用单位 X	系数 A	SI单位 Y
磅力/英寸, lbf/in	175	牛顿/米, N/m
磅力/英寸 <sup>2</sup> , psi (lb/in <sup>2</sup> )	6.89	千帕, kPa
磅 (质量), lbm	0.454	千克, kg
磅 (质量)/秒, lbm/s	0.454	千克/秒, kg/s
夸脱 (美, 液体), qt	946	毫升, ml
剖面模量, in <sup>3</sup>	16.4	厘米 <sup>3</sup> , cm <sup>3</sup>
斯勒格 (slug)	14.6	千克, kg
吨 (短吨, 2000lbm)	907	千克, kg
码, yd	0.914	米, m

\* 在美国常用单位制中, 磅 (力) 常缩写为 lbf, 以区别于磅 (质量), 后者缩写为 lbm。在本手册中大部分地方, 磅 (力) 通常简写为磅, 符号为 lb。

## 机械设计通用符号表

<i>A</i>	面积; 常数	<i>k</i>	弹簧刚度; 持久极限修正系数; 回转半径
<i>a, a'</i>	加速度	<i>L</i>	长度; 寿命; 导程
<i>a</i>	常数; 尺寸; 齿顶高	<i>l</i>	长度
<i>b</i>	威布尔指数; 齿根高; 剖面宽度; 尺寸; 常数; 疲劳强度指数	<i>M, M'</i>	力矩
<i>C</i>	系数; 旋绕比 (弹簧指数); 轴承额定载荷; 恒定的柱末端条件; 齿轮系数; 中心矩; 比热; 直径间隙	<i>m</i>	质量; 安全裕度; 斜率; 重叠系数; 模数
<i>c</i>	间隙; 半径间隙; 偏离梁中性轴线的距离; 疲劳延性指数; 粘度系数	<i>n</i>	设计系数; 变形硬化指数; 转速 (每分钟转数)
<i>D, d</i>	直径	<i>P, P'</i>	力
<i>E</i>	弹性模量; 动能	<i>P</i>	径节; 轴承压力
<i>F, F'</i>	力	<i>p</i>	压力; 直线或圆弧周节
<i>F</i>	端面宽度	<i>Q</i>	一次面矩; 流量
<i>f</i>	频率; 摩擦系数	<i>q</i>	载荷密度; 凹口灵敏度; 拱长
<i>G</i>	剪切弹性模量	<i>R</i>	可靠度; 面积收缩率
<i>g</i>	重力加速度	<i>r</i>	半径; 径向指示仪; 相关系数
<i>H</i>	硬度; 获得或散失的热量; 功率	<i>S</i>	强度; 轴承特征值; 比例
<i>h</i>	剖面深度; 轴承间隙	$\Delta$	样本标准差; 距离
<i>J</i>	惯性矩; 二次面矩; 几何系数	<i>T</i>	扭矩; 温度
<i>i</i>	整数	<i>t</i>	厚度; 切线方向; 时间
<i>J</i>	极惯性矩; 极二次面矩; 几何系数; 热功当量	<i>U</i>	能量; 速度; 系数
<i>j</i>	整数	<i>V</i>	剪切力; 速度; 轴承转动系数
<i>K</i>	应力集中系数; 耐磨系数; 瓦尔修正系数; 齿轮系数; 额定轴承比; 强度系数; 应力强度系数; 螺栓扭矩系数	<i>W</i>	重量; 载荷; 冷加工系数
		<i>X</i>	轴承径向系数
		<i>x</i>	直角坐标; 距离
		<i>Y</i>	轴承轴向系数
		<i>y</i>	直角坐标; 距离
		<i>Z</i>	剖面模量; 粘度
		<i>z</i>	直角坐标; 距离; 标准统计变量
		$\alpha$	热膨胀系数; 螺纹牙形角; 轴向疲劳应力修正系数; 角度

(续)

$\beta$	部分轴承角	$\mu$	总体均值; 绝对粘度
$\Gamma$	节锥角; $\Gamma$ 函数	$\nu$	泊松比
$\gamma$	剪应变; 节锥角; 关节角	$\rho$	曲率半径; 密度
$\Delta$	增量或改变量	$\Sigma$	求和符号
$\delta$	总变形或伸长量	$\sigma$	正应力 (工程的或公称的)
$\epsilon$	单位工程应变	$\bar{\sigma}$	实际应力
$e$	实际应变; 偏心率	$\sigma$	总体标准差
$\eta$	效率	$\tau$	剪应力
$n$	安全系数 (与设计系数 $n$ 不同)	$\phi$	压力角; 角度
$\theta$	螺旋角; 斜率; 威布尔参数	$\psi$	螺旋角
$\lambda$	升角	$\omega$	角速度

## 希臘字母表

alpha	A	$\alpha$	nu	N	$\nu$
beta	B	$\beta$	xi	$\Xi$	$\xi$
gamma	$\Gamma$	$\gamma$	omicron	O	$\omicron$
delta	$\Delta$	$\delta, \theta$	pi	$\Pi$	$\pi$
epsilon	E	$\epsilon, \varepsilon$	rho	P	$\rho$
zeta	Z	$\zeta$	sigma	$\Sigma$	$\sigma, \varsigma$
eta	H	$\eta$	tau	T	$\tau$
theta	$\Theta$	$\theta, \vartheta$	upsilon	$\Upsilon$	$\upsilon$
iota	I	$\iota$	phi	$\Phi$	$\phi, \varphi$
kappa	K	$\kappa$	chi	X	$\chi$
lambda	$\Lambda$	$\lambda$	psi	$\Psi$	$\psi$
mu	M	$\mu$	omega	$\Omega$	$\omega$

# 目 录

单位换算表

机械设计通用符号表

希腊字母表

第1章 总论 .....	1
1-1 设计人员及其考虑的问题 .....	1
1-1-1 设计工作和设计人员 .....	1
1-1-2 设计准则 .....	2
1-1-3 对设计人员产生影响的因素 .....	4
1-1-4 设计程序 .....	5
1-2 决策及其鉴别 .....	11
1-2-1 总则 .....	11
1-2-2 解决问题的方法 .....	11
1-2-3 决策者及其决策过程 .....	12
1-2-4 决策理论 .....	14
1-3 恰当性评价 .....	16
1-3-1 概述 .....	16
1-3-2 恰当性评价的准则 .....	16
1-3-3 适用性—可行性—可接受性方法 .....	17
1-3-4 优值函数或加权函数法 .....	18
1-3-5 设计系数和安全系数 .....	20
1-3-6 概率统计方法 .....	20
1-4 工程技术资料的传递交流 .....	21
1-4-1 图纸的识别 .....	21
1-4-2 标准件 .....	22
1-4-3 机械制图 .....	22
1-4-4 零件图 .....	24
1-4-5 图纸及技术说明书的发放工作 .....	35
1-4-6 异常情况 .....	35



# XVI

1-5 设计中的法律依据 .....	35
1-6 设计中的标准、法规和政府条例 .....	38
1-6-1 定义和说明 .....	38
1-6-2 按来源分类 .....	38
1-6-3 按功能分类 .....	40
1-6-4 一般资料的来源 .....	41
1-6-5 标准、法规和政府条例在设计中的应用 .....	41
1-7 标准、法规、政府条例、索引的来源及标准化活动 .....	43
1-7-1 概述 .....	43
1-7-2 国内强制性标准 .....	43
1-7-3 国内自愿性标准、规范和荐用惯例 .....	44
1-7-4 国外标准 .....	46
参考文献 .....	47
<b>第2章 设计中的统计学问题及数据分析</b> .....	<b>54</b>
符号说明 .....	54
2-1 现象的随机模型 .....	55
2-2 描述统计学 .....	60
2-3 工程变量的统计特性 .....	72
2-3-1 引言 .....	72
2-3-2 材料强度特性 .....	73
2-3-3 非统计不确定性要点 .....	77
2-3-4 概率统计设计的几点说明 .....	77
参考文献 .....	80
<b>第3章 测量和推断</b> .....	<b>81</b>
3-1 测量问题 .....	81
3-2 测量的定义 .....	83
3-3 测量的标准 .....	84
3-4 测量系统 .....	85
3-5 标定 .....	87
3-6 测量系统的设计 .....	87
3-6-1 能量条件 .....	88
3-6-2 传感器的特性 .....	89
3-6-3 灵敏度 .....	90