


高等学校“十一五”规划教材

 机械设计制造及其自动化系列

**CONCISE HANDBOOK FOR
MECHANICAL DESIGN**

简明机械设计手册

主编 宋宝玉

哈尔滨工业大学出版社

TH122-62/30

2008

高等学校“十一五”规划教材

 机械设计制造及其自动化系列

**CONCISE HANDBOOK FOR
MECHANICAL DESIGN**

简明机械设计手册

主编 宋宝玉

哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本手册是机械设计通用工具书, 内容包括机械零部件设计的常用国家标准、规范和设计参考资料。全书共有 8 章, 即: 常用设计资料, 机械制图, 极限与配合、形位公差、表面结构及传动件精度, 常用机械工程材料及润滑剂, 连接, 滚动轴承, 其他常用机械零部件, 常用电动机。

本手册可供普通高等工科院校、电视大学、函授大学、职业技术学院机械工程类专业师生进行课程设计和毕业设计使用, 也可供广大机械工程技术人员和中等专科学校师生使用。

This handbook is a general reference for mechanical design. The book includes China national technical standards, specifications and reference materials for design of machine parts. It is divided into eight chapters, general design information, mechanical drawing, limit and conjunction, form and position tolerance, surface roughness and transmission precision, common material and lubricants in mechanical engineering, joint, rolling bearing, common machine parts and motors.

This handbook can be used by undergraduates, who majors in mechanical engineering in universities, radio and television universities, tele-communication universities, and vocational universities, as a reference for projects in the course of machine design and in the graduation project. It can also be used by engineers and technicians, as well as by teachers and students in secondary specialised schools.

图书在版编目 (CIP) 数据

简明机械设计手册/宋宝玉主编. —哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2008.8

ISBN 978-7-5603-2722-8

I. 简... II. 宋... III. 机械设计—技术手册 IV. TH122-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 089172 号

责任编辑 黄菊黄
封面设计 卞秉利
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
印 刷 肇东粮食印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 23 字数 556 千字
版 次 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-2722-8
印 数 1~3 000
定 价 36.00 元

(如因印装质量问题影响阅读, 我社负责调换)

高等学校“十一五”规划教材

机械设计制造及其自动化系列

编写委员会名单

(按姓氏笔画排序)

主任	姚英学				
副主任	尤波	巩亚东	高殿荣	薛开	戴文跃
编委	王守城	巩云鹏	宋宝玉	张慧	张庆春
	郑午	赵丽杰	郭艳玲	谢伟东	韩晓娟

编审委员会名单

(按姓氏笔画排序)

主任	蔡鹤皋				
副主任	邓宗全	宋玉泉	孟庆鑫	闻邦椿	
编委	孔祥东	卢泽生	李庆芬	李庆领	李志仁
	李洪仁	李剑峰	李振佳	赵继	董申
	谢里阳				

总 序

自 1999 年教育部对普通高校本科专业设置目录调整以来,各高校都对机械设计制造及其自动化专业进行了较大规模的调整和整合,制定了新的培养方案和课程体系。目前,专业合并后的培养方案、教学计划和教材已经执行和使用了几个循环,收到了一定的效果,但也暴露出一些问题。由于合并的专业多,而合并前的各专业又有各自的优势和特色,在课程体系、教学内容安排上存在比较明显的“拼盘”现象;在教学计划、办学特色和课程体系等方面存在一些不太完善的地方;在具体课程的教学大纲和课程内容设置上,还存在比较多的问题,如课程内容衔接不当、部分核心知识点遗漏、不少教学内容或知识点多次重复、知识点的设计难易程度还存在不当之处、学时分配不尽合理、实验安排还有不适当的地方等。这些问题都集中反映在教材上,专业调整后的教材建设尚缺乏全面系统的规划和设计。

针对上述问题,哈尔滨工业大学机电工程学院从“机械设计制造及其自动化”专业学生应具备的基本知识结构、素质和能力等方面入手,在校内反复研讨该专业的培养方案、教学计划、培养大纲、各系列课程应包含的主要知识点和系列教材建设等问题,并在此基础上,组织召开了由哈尔滨工业大学、吉林大学、东北大学等 9 所学校参加的机械设计制造及其自动化专业系列教材建设工作会议,联合建设专业教材,这是建设高水平专业教材的良好举措。因为通过共同研讨和合作,可以取长补短、发挥各自的优势和特色,促进教学水平的提高。

会议通过研讨该专业的办学定位、培养要求、教学内容的体系设置、关键知识点、知识内容的衔接等问题,进一步明确了设计、制造、自动化三大主线课程教学内容的设置,通过合并一些课程,可避免主要知识点的重复和遗漏,有利于加强课程设置上的系统性、明确自动化在本专业中的地位、深化自动化系列课程内涵,有利于完善学生的知识结构、加强学生的能力培养,为该系列教材的编写奠定了良好的基础。

本着“总结已有、通向未来、打造品牌、力争走向世界”的工作思路,在汇聚多所学校优势和特色、认真总结经验、仔细研讨的基础上形成了这套教材。参加编写的主编、副主编都是这几所学校在本领域的知名教授,他们除了承担本科生教学外,还承担研究生教学和大量的科研工作,有着丰富的教学和科研经历,同时有编写教材的经验;参编人员也都是各学校近年来在教学第一线工作的骨干教师。这是一支高水平的教材编写队伍。

这套教材有机整合了该专业教学内容和知识点的安排,并应用近年来该专业领域的科研成果来改造和更新教学内容、提高教材和教学水平,具有系列化、模块化、现代化的特点,反映了机械工程领域国内外的新发展和新成果,内容新颖、信息量大、系统性强。我深信:这套教材的出版,对于推动机械工程领域的教学改革、提高人才培养质量必将起到重要推动作用。

蔡鹤皋

哈尔滨工业大学教授

中国工程院院士

丁酉年 8 月

前 言

课程设计、毕业设计是高等工科院校教学中必不可少的实践性教学环节，是对学生进行的工程综合训练，从而培养学生的工程概念、预见能力和创新意识。在设计中，学生特别是机械类专业的学生要查阅许多标准、规范和设计参考资料。为此，我们编写了这本《简明机械设计手册》，供教师和学生使用。

本手册的编写指导思想是：

1. 以适用于机械类专业本、专科学生的课程设计和毕业设计需要为主，兼顾近机械类专业本、专科学生的课程设计和毕业设计需要；
2. 手册内容以“有用、够用”为原则，凡在各种教科书中有较详细介绍的内容不再编入；
3. 采用现行的国家标准和规范；各种标准、规格和常用设计资料内容均在一般参数范围之内。

参加本手册编写的有宋宝玉、张锋和王连明。宋宝玉任主编。在手册的编写过程中曾得到哈尔滨工业大学赵汝祥教授、张中华教授的大力支持和细心指导，特别是哈尔滨工业大学陈秀教授、刘品教授和崔忠圻教授对手册中的相关内容进行了详尽的审阅，并提出宝贵意见，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，手册中肯定有不当之处，希望使用者批评指正。谢谢！

作 者

2008年8月

目 录

第 1 章 常用设计资料	1
1.1 常用基础资料	1
1.1.1 常用资料和数据	1
1.1.2 计量单位和单位换算关系	4
1.1.3 一般标准和规范	7
1.2 切削加工结构要素	13
1.3 铸件设计结构要素	20
1.4 锻造零件结构要素	24
第 2 章 机械制图	26
2.1 机械制图基本知识	26
2.1.1 图样比例	26
2.1.2 图纸幅面和格式	26
2.1.3 标题栏和明细栏	26
2.1.4 装配图中零部件序号及其编排方法 (摘自 GB/T 4458.2-2003)	28
2.1.5 图线	29
2.1.6 剖面线符号	30
2.1.7 机械制图简化表示法 (摘自 GB/T 16675.1-1996)	31
1. 图样画法	31
2. 尺寸注法 (摘自 GB/T 16675.2-1996)	38
2.2 几种常用机械零部件的表示法	44
2.2.1 螺纹及螺纹紧固件的表示法与标注	44
2.2.2 花键画法及其尺寸标注法	45
2.2.3 啮合传动件表示法	46
2.2.4 滚动轴承表示法 (摘自 GB/T 4459.7-1998)	47
2.2.5 弹簧表示法 (摘自 GB/T 4459.2-2003)	49
2.3 机构运动简图符号 (摘自 GB/T 4460-1984)	50
2.4 焊缝符号表示法 (摘自 GB/T 324-1988)	56
第 3 章 极限与配合、形位公差、表面粗糙度及传动件精度	63
3.1 极限与配合	63
3.1.1 标准公差	63
3.1.2 基本偏差	65
3.1.3 配合的选择	66

3.1.4	轴、孔的极限偏差	67
3.1.5	线性尺寸的一般公差(未注公差)	83
3.1.6	未注公差角度的极限偏差	83
3.2	形状与位置公差	83
3.2.1	公差特征项目的符号与公差框格	83
3.2.2	形状与位置公差符号和图样表示法	84
3.2.3	形状与位置公差值	89
3.2.4	图样上标注形位公差的规定(摘自 GB/T 1184—1996)	93
3.3	表面结构(摘自 GB/T 131—2006/ISO 1302—2002)	93
3.3.1	概述	93
1.	表面结构	93
2.	表面结构表示法所涉及的参数	94
3.	根据 GB/T 3505 标准中定义的 R 轮廓常用参数代号	94
4.	标注表面结构的图形符号	94
3.3.2	表面结构完整图形符号的组成及注写	95
3.3.3	表面结构要求在图样中的注法	97
1.	表面结构要求	97
2.	表面结构符号、代号的标注位置与方向	97
3.	表面结构要求的简化注法	99
4.	两种或多种工艺获得的同一表面的注法	100
3.3.4	表面结构要求图样标注的演变	101
3.3.5	选用表面结构中粗糙度评定参数的参考表	102
3.4	传动件精度	104
3.4.1	圆柱齿轮传动的精度及检验项目	104
1.	精度等级及其选择	104
2.	齿轮偏差的项目、定义及其作用	106
3.	检验项目的选用	108
4.	齿轮各种偏差允许值	109
5.	齿侧间隙检验项目的计算	111
6.	齿厚和公法线长度	112
7.	齿轮副和齿坯的精度	115
8.	图样标注	117
3.4.2	锥齿轮传动的精度及检验项目	118
1.	锥齿轮传动的精度	118
2.	锥齿轮、齿轮副误差项目的名称、代号和定义	118
3.	各公差组的检验项目及其适用的精度等级	120
4.	锥齿轮、齿轮副的其他公差及极限偏差允许值	121
5.	齿轮侧隙和安装精度要求	125
6.	锥齿轮图样上应注明的尺寸数据	128

3.4.3 普通圆柱蜗杆传动精度及检验项目	129
1. 精度等级及其选择	129
2. 蜗杆、蜗轮和蜗杆传动的检验与公差	134
3. 蜗杆传动的侧隙	136
4. 蜗杆和蜗轮的齿坯公差	137
5. 图样标注	137
第4章 常用机械工程材料与润滑剂	139
4.1 钢	139
4.1.1 碳素结构钢	139
4.1.2 优质碳素结构钢	139
4.1.3 合金结构钢	142
4.1.4 弹簧钢	146
4.1.5 滚动轴承钢	147
4.1.6 工具钢	147
4.1.7 不锈钢 (摘自 GB/T 1220—1992)	149
4.1.8 耐热钢 (摘自 GB/T 1221—1992)	154
4.1.9 铸钢	156
4.2 钢材	160
4.2.1 圆钢、方钢和六角钢	160
4.2.2 钢板和钢带	160
4.2.3 钢管	166
4.2.4 型钢	169
4.2.5 钢丝	177
4.3 铸铁	177
4.3.1 灰铸铁	178
4.3.2 球墨铸铁	179
4.3.3 可锻铸铁	180
4.3.4 耐磨铸铁	181
4.3.5 耐热铸铁	182
4.4 有色金属	183
4.4.1 铜和铜合金	183
4.4.2 铝和铝合金	190
4.4.3 钛和钛合金	195
4.4.4 轴承合金	198
4.5 非金属材料	201
4.5.1 橡胶	201
4.5.2 塑料	204
4.6 润滑剂	207

4.6.1	润滑油	207
4.6.2	润滑脂	208
第5章	连接	209
5.1	螺纹及螺纹连接	209
5.1.1	螺纹	209
1.	普通螺纹	209
2.	梯形螺纹	214
3.	锯齿形螺纹	215
4.	55°密封管螺纹	216
5.1.2	螺纹连接件	217
1.	螺栓	217
2.	螺柱	223
3.	螺钉	225
4.	螺母	236
5.	垫圈	241
5.1.3	螺纹零件的结构要素	246
1.	螺纹收尾、肩距、退刀槽和倒角	246
5.2	键连接	251
5.2.1	键和键连接的类型、特点和应用	251
5.2.2	平键	252
5.2.3	半圆键	256
5.2.4	楔键	257
5.2.5	键和键槽的形位公差、配合及尺寸标注	258
5.3	花键连接	259
5.3.1	矩形花键连接	259
5.3.2	渐开线花键连接	261
5.4	销连接	265
5.4.1	销连接的类型、特点和应用	265
5.4.2	圆柱销	266
5.4.3	圆锥销	269
5.4.4	开尾销和销轴	271
第6章	滚动轴承	272
6.1	滚动轴承的代号及选择	272
6.1.1	轴承代号的构成	272
1.	基本代号	272
2.	前置、后置代号	276
3.	滚动轴承代号示例	278
6.1.2	滚动轴承类型的选择	279

6.1.3	滚动轴承配合的选择	280
6.2	常用滚动轴承尺寸及性能参数	283
6.2.1	仪器仪表轴承	283
6.2.2	深沟球轴承	284
6.2.3	角接触球轴承	288
6.2.4	圆锥滚子轴承	292
6.2.5	圆柱滚子轴承	301
6.2.6	调心球轴承	306
6.2.7	调心滚子轴承	308
6.2.8	推力球轴承	311
6.2.9	双向推力球轴承	313
6.3	角接触轴承的轴向游隙	314
第7章	其他常用机械零部件	316
7.1	密封件	316
7.1.1	O形橡胶密封圈	316
7.1.2	毡封圈	320
7.1.3	J型和U型无骨架橡胶密封圈	321
7.1.4	唇形密封圈	322
7.2	挡圈	324
7.2.1	轴用弹性挡圈	324
7.2.2	孔用弹性挡圈	325
7.3	常用联轴器的基本参数和主要尺寸	326
7.3.1	凸缘联轴器	326
7.3.2	弹性柱销联轴器	327
7.3.3	弹性套柱销联轴器	329
7.3.4	滑块联轴器	330
第8章	常用电动机	331
8.1	异步交流电动机的基础知识	331
8.1.1	三相异步交流电动机的类型和特点	331
8.1.2	电动机的工作制和定额	331
8.2	异步交流电动机的常用系列	334
8.2.1	Y系列(IP44)封闭式笼型三相异步电动机	334
8.2.2	YR系列(IP23)防护式绕线型三相异步电动机	341
8.2.3	YR系列(IP44)三相封闭式绕线转子异步电动机	343
8.2.4	小功率异步电动机	346
8.2.5	YZR、YZ系列起重冶金用三相异步电动机	350
8.3	直流电动机	352
8.3.1	直流电动机的类型、特点及应用	352
8.3.2	Z2系列小型直流电动机	352
	参考文献	354

第 1 章

常用设计资料

1.1 常用基础资料

1.1.1 常用资料和数据

表 1.1.1 国内标准代号

标准代号	名称	标准代号	名称	标准代号	名称	标准代号	名称
GB	国家标准	JB/TQ	原机电部石化通用标准	TB	铁道部标准	SG	手工业标准
GB _n	国家内部标准	JB/GQ	原机电部机床工具标准	JT	交通部标准	FJ	纺织工业标准
GBJ	国家工程建设标准	JB/ZQ	原机电部重型矿山标准	MT	煤炭标准	JJG	国家计量检定规程
GJB	国家军用标准	GJ	工程机械标准	CB	船舶工业标准	SD	水利电力标准
TJ	国家工程标准	SJ	原机电部电子标准	WJ	兵器工业标准	YD	原邮电部标准
ZB	国家专业标准	JB/DQ	原机电部电工标准	HB	航空工业标准	GN	公安部标准
JB	原机电部机械工业标准	JJ	原国家建委、城建部标准	QJ	航天工业标准	LD	原劳动人事部标准
JB _n	原机电部机械工业内部标准	JC	国家建材总局标准	EJ	核工业标准	KY	原中国科学院标准
ZBY	原机电部仪器仪表标准	YB	冶金工业标准	NY	农牧渔业标准	GD	原一机部锻压机械标准
NJ	原机电部农机标准	HG	化学工业标准	LY	原林业部标准	GZ	原一机部铸造机械标准
		SY	石油工业标准	DZ	原地质部标准		注：在代号后加“T”为推荐性标准；不加“T”为强制性标准；加“Z”为指导性技术文件
		SH	石油化工行业标准	WS	卫生部标准		
				SB	商业标准		
				LS	粮食标准		
				QB	轻工业标准		

表 1.1.2 机械传动和轴承的效率概略值

种 类		效率 η	种 类		效率 η	
圆柱齿轮传动	很好跑合的 6 级精度和 7 级精度齿轮传动(油润滑)	0.98~0.99	丝杠传动	滑动丝杠	0.30~0.60	
	8 级精度的一般齿轮传动(油润滑)	0.97		滚动丝杠	0.85~0.95	
	9 级精度的齿轮传动(油润滑)	0.96	复滑轮组	滑动轴承($i=2\sim6$)	0.90~0.98	
	加工齿的开式齿轮传动(脂润滑)	0.94~0.96		滚动轴承($i=2\sim6$)	0.95~0.99	
	铸造齿的开式齿轮传动	0.90~0.93		浮动联轴器(十字沟槽联轴器等)	0.97~0.99	
圆锥齿轮传动	很好跑合的 6 级精度和 7 级精度的齿轮传动(油润滑)	0.97~0.98	联轴器	齿式联轴器	0.99	
	8 级精度的一般齿轮传动(油润滑)	0.94~0.97		挠性联轴器	0.99~0.995	
	加工齿的开式齿轮传动(脂润滑)	0.92~0.95		万向联轴器($\alpha \leq 3^\circ$)	0.97~0.98	
	铸造齿的开式齿轮传动	0.88~0.92		万向联轴器($\alpha > 3^\circ$)	0.95~0.97	
蜗杆传动	自锁蜗杆(油润滑)	0.40~0.45	滑动轴承	梅花形弹性联轴器	0.97~0.98	
	单头蜗杆(油润滑)	0.70~0.75		润滑不良	0.94(一对)	
	双头蜗杆(油润滑)	0.75~0.82		润滑正常	0.97(一对)	
	三头和四头蜗杆(油润滑)	0.80~0.92		润滑特好(压力润滑)	0.98(一对)	
带传动	圆弧面蜗杆传动(油润滑)	0.85~0.95	滚动轴承	液体摩擦	0.99(一对)	
	平带无压紧轮的开式传动	0.98		球轴承(稀油润滑)	0.99(一对)	
	平带有压紧轮的开式传动	0.97		滚子轴承(稀油润滑)	0.98(一对)	
	平带交叉传动	0.90		油池内油的飞溅和密封摩擦		0.95~0.99
	V 带传动	0.96		减(变)速器 ^①	单级圆柱齿轮减速器	0.97~0.98
同步齿形带传动	0.96~0.98	双级圆柱齿轮减速器	0.95~0.96			
链轮传动	焊接链	0.93	单级行星圆柱齿轮减速器(NGW 类型负号机构)		0.95~0.98	
	片式关节链	0.95	单级锥齿轮减速器		0.95~0.96	
	滚子链	0.96	双级锥-圆柱齿轮减速器		0.94~0.95	
	齿形链	0.97	无级变速器		0.92~0.95	
摩擦传动	平摩擦传动	0.85~0.92	摆线-针轮减速器		0.90~0.97	
	槽摩擦传动	0.88~0.90	轧机人字齿轮座(滑动轴承)	0.93~0.95		
	卷绳轮	0.95	轧机人字齿轮座(滚动轴承)	0.94~0.96		
卷筒	0.96	轧机主减速器(包括主接手和电机接手)	0.93~0.96			

注：① 滚动轴承的损耗考虑在内。

表 1.1.3 机械传动的传动比范围

传动类型	传动比 i	传动类型	传动比 i
平带传动	≤ 5	开式锥齿轮传动	≤ 5
V带传动	≤ 7	一级锥齿轮减速器	≤ 3
开式圆柱齿轮传动	≤ 8	开式蜗杆传动	15~60
一级圆柱齿轮减速器	≤ 7	一级蜗杆减速器	10~40
二级圆柱齿轮减速器	8~40	链传动	≤ 6
一级外啮合和内啮合行星减速器	3~9	摩擦轮传动	≤ 5

表 1.1.4 材料的滑动摩擦因数

材料名称	摩擦因数 f				材料名称	摩擦因数 f			
	静摩擦		滑动摩擦			静摩擦		滑动摩擦	
	无润滑剂	有润滑剂	无润滑剂	有润滑剂		无润滑剂	有润滑剂	无润滑剂	有润滑剂
钢-钢	0.15	0.1~0.12	0.15	0.05~0.1	软钢-榆木	0.65		0.25	0.07~0.15
钢-软钢	0.3	0.1~0.15	0.2	0.1~0.2	铸铁-榉木			0.3~0.5	
钢-铸铁			0.18	0.05~0.15	铸铁-榆、杨木	0.4	0.1		
钢-青铜	0.15	0.1~0.15	0.15	0.1~0.15	青铜-榉木	0.6		0.3	
软钢-铸铁	0.2		0.18	0.05~0.15	木材-木材	0.4~0.6	0.1	0.2~0.5	
软钢-青铜	0.2		0.18	0.07~0.15	皮革(外)-榉木	0.6		0.3~0.5	
铸铁-铸铁		0.18	0.15	0.07~0.12	皮革(内)-榉木	0.4		0.3~0.4	
铸铁-青铜			0.15~0.2	0.07~0.15	皮革-铸铁	0.3~0.5	0.15	0.6	0.15
青铜-青铜		0.1	0.2	0.07~0.1	橡皮-铸铁			0.8	0.5
软钢-榉木	0.6	0.12	0.4~0.6	0.1	麻绳-榉木	0.8		0.5	

表 1.1.5 物体的摩擦因数

名称		摩擦因数 μ	名称		摩擦因数 μ	
滚动轴承	深沟球轴承	径向载荷	0.002	轧辊轴承	滚动轴承	0.002~0.005
		轴向载荷	0.004		层压胶木轴瓦	0.004~0.006
	角接触球轴承	径向载荷	0.003		青铜轴瓦(用于热轧辊)	0.07~0.1
		轴向载荷	0.005		青铜轴瓦(用于冷轧辊)	0.04~0.08
	圆锥滚子轴承	径向载荷	0.008		特殊密封全液体摩擦轴承	0.003~0.005
		轴向载荷	0.2		特殊密封半液体摩擦轴承	0.005~0.01
	调心球轴承		0.0015	加热	金属在管子或金属条上	0.4~0.6
	圆柱滚子轴承		0.002	炉内	金属在炉底砖上	0.6~1
	长圆柱或螺旋滚子轴承		0.006	密封软填料盒中填料与轴的摩擦		0.2
	滚针轴承		0.003	热钢在辊道上摩擦		0.3
推力球轴承		0.003	冷钢在辊道上摩擦		0.15~0.18	
调心滚子轴承		0.004	制动器普通石棉制动带(无润滑)	$p=0.2\sim 0.6$ MPa	0.35~0.48	
滑动轴承	液体摩擦	0.001~0.008	离合器装有黄铜丝的压制石棉带	$p=0.2\sim 1.2$ MPa	0.43~0.4	
	半液体摩擦	0.008~0.08				
	半干摩擦	0.1~0.5				

表 1.1.6 滚动摩擦力臂(大约值)

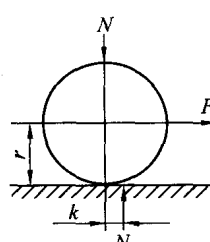
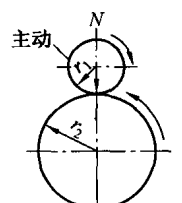
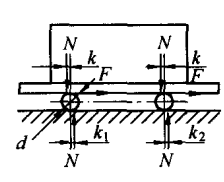
 <p>圆柱沿平面滚。滚动阻力矩为 $M = Nk = Fr$</p> <p>式中, k 为滚动摩擦力臂</p>	 <p>两个具有固定轴线的圆柱, 其中主动圆柱以 N 力压另一圆柱, 两个圆柱相对滚动。主动圆柱上遇到的滚动阻力矩为</p> $M = Nk(1 + \frac{r_1}{r_2})$ <p>式中, k 为滚动摩擦力臂</p>	 <p>重物压在圆辊支撑的平台上移动, 每个圆辊承受的载重为 N。克服一个辊子上摩擦阻力所需的牵引力 F</p> $F = \frac{N}{d}(k + k_1)$ <p>式中, k 和 k_1 依次是平台与圆辊之间和圆辊与固定支持物之间的滚动摩擦力臂</p>	
摩擦材料	滚动摩擦力臂 k/mm	摩擦材料	滚动摩擦力臂 k/mm
软钢与软钢	0.05	表面淬火车轮与钢轨	
淬火钢与淬火钢	0.01	圆锥形车轮	0.8~1
铸铁与铸铁	0.05	圆柱形车轮	0.5~0.7
木材与钢	0.3~0.4	橡胶轮胎对沥青路面	2.5
木材与木材	0.5~0.8	橡胶轮胎对土路面	10~15

表 1.1.7 常用材料弹性模量及泊松比

名 称	弹性模量 E		泊松比 μ	名 称	弹性模量 E		泊松比 μ
	GPa	GPa			GPa	GPa	
灰铸铁	118~126	44.3	0.3	轧制锌	82	31.4	0.27
球墨铸铁	173		0.3	铅	16	6.8	0.42
碳钢、镍铬钢、合金钢	206	79.4	0.3	玻璃	55	1.96	0.25
铸钢	202		0.3	有机玻璃	2.35~29.42		
轧制纯钢	108	39.2	0.31~0.34	橡胶	0.0078		0.47
冷拔纯钢	127	48.0		电木	1.96~2.94	0.69~2.06	0.35~0.38
轧制磷锡青铜	113	41.2	0.32~0.35	夹布酚醛塑料	3.92~8.83		
冷拔黄铜	89~97	34.3~36.3	0.32~0.42	赛璐珞	1.71~1.89	0.69~0.98	0.4
轧制锰青铜	108	39.2	0.35	尼龙 1010	1.07		
轧制铝	68	25.5~26.5	0.32~0.36	硬聚氯乙烯	3.14~3.92		0.34~0.35
拔制铝线	69			聚四氟乙烯	1.14~1.42		
铸铝青铜	103	11.1	0.3	低压聚乙烯	0.54~0.75		
铸锡青铜	103		0.3	高压聚乙烯	0.147~0.245		
硬铝合金	70	26.5	0.3	混凝土	13.73~39.2	4.9~15.69	0.1~0.18

表 1.1.8 常用材料的密度

材 料 名 称	[质量] 密度		材 料 名 称	[质量] 密度		材 料 名 称	[质量] 密度	
	(g·cm ⁻³)或(t·m ⁻³)			(g·cm ⁻³)或(t·m ⁻³)			(g·cm ⁻³)或(t·m ⁻³)	
碳钢	7.3~7.85		铅	11.37		酚醛层压板	1.3~1.45	
铸钢	7.8		锡	7.29		尼龙 6	1.13~1.14	
高速钢 w(w)=9%	8.3		金	19.32		尼龙 66	1.14~1.15	
高速钢 w(w)=18%	8.7		银	10.5		尼龙 1010	1.04~1.06	
合金钢	7.9		汞	13.55		橡胶夹布传动带	0.3~1.2	
镍铬钢	7.9		镁合金	1.74		木材	0.4~0.75	
灰铸铁	7.0		硅钢片	7.55~7.8		石灰石	2.4~2.6	
白口铸铁	7.55		锡基轴承合金	7.34~7.75		花岗石	2.6~3.0	
可锻铸铁	7.3		铅基轴承合金	9.33~10.67		砌砖	1.9~2.3	
纯铜	8.9		硬质合金(钨钴)	14.4~14.9		混凝土	1.8~2.45	
黄铜	8.4~8.85		硬质合金(钨钴钽)	9.5~12.4		生石灰	1.1	
铸造黄铜	8.62		胶木板、纤维板	1.3~1.4		熟石灰、水泥	1.2	
锡青铜	8.7~8.9		纯橡胶	0.93		粘土耐火砖	2.10	
无锡青铜	7.5~8.2		皮革	0.4~1.2		硅质耐火砖	1.8~1.9	
轧制磷青铜、冷拉青铜	8.8		聚氯乙烯	1.35~1.40		镁质耐火砖	2.6	
工业用铝、铝镍合金	2.7		聚苯乙烯	0.91		镁铬质耐火砖	2.8	
可铸造铝合金	2.7		有机玻璃	1.18~1.19		高铬质耐火砖	2.2~2.5	
镍	8.9		无填料的电木	1.2		碳化硅	3.10	
轧锌	7.1		赛璐珞	1.4				

表 1.1.9 材料线 [膨] 胀系数 α

10⁻⁶K⁻¹

材 料	温 度 范 围 /°C								
	20	20~100	20~200	20~300	20~400	20~600	20~700	20~900	70~1 000
工程用铜		16.6~17.1	17.1~17.2	17.6	18~18.1	18.6			
黄铜		17.8	18.8	20.9					
青铜		17.6	17.9	18.2					
铸铝合金	18.44~24.5								
铝合金		22.0~24.0	23.4~24.8	24.0~25.9					
碳钢		10.6~12.2	11.3~13	12.1~13.5	12.9~13.9	13.5~14.3	14.7~15		
铬钢		11.2	11.8	12.4	13	13.6			
3Cr13		10.2	11.1	11.6	11.9	12.3	12.8		
1Cr18Ni9Ti		16.6	17	17.2	17.5	17.9	18.6	19.3	
铸铁		8.7~11.1	8.5~11.6	10.1~12.1	11.5~12.7	12.9~13.2			
镍铬合金		14.5							17.6
砖	9.5								
水泥、混凝土	10~14								
胶木、硬橡皮	64~77								
玻璃		4~11.5							
赛璐珞		100							
有机玻璃		130							

表 1.1.10 金属材料熔点、热导率及比热容

名 称	熔点/°C	热导率(导热系数)	比热容	名 称	熔点/°C	热导率(导热系数)	比热容
		[W·(m·K) ⁻¹]	[J·(kg·K) ⁻¹]			[W·(m·K) ⁻¹]	[J·(kg·K) ⁻¹]
灰铸铁	1 200	46.4~92.3	544.3	铝	658	203	904.3
铸钢	1 425		489.9	铅	327	34.8	129.8
软钢	1 400~1 500	46.4	502.4	锡	232	62.6	234.5
黄铜	950	92.8	393.6	锌	419	110	393.6
青铜	995	63.8	385.2	镍	1 452	59.2	452.2
纯钢	1 083	392	376.9				

表 1.1.11 常用材料极限强度的近似关系

材料名称	极 限 强 度					
	对应应力疲劳极限			脉动应力疲劳极限		
	拉伸疲劳 极限 σ_{-1t}	弯曲疲劳 极限 σ_{-1}	扭转疲劳 极限 τ_{-1}	拉伸脉动 疲劳极限 σ_{0t}	弯曲脉动 疲劳极限 σ_0	扭转脉动 疲劳极限 τ_0
结构钢	$\approx 0.3\sigma_b$	$\approx 0.43\sigma_b$	$\approx 0.25\sigma_b$	$\approx 1.42\sigma_{-1t}$	$\approx 1.33\sigma_{-1t}$	$\approx 1.5\tau_{-1}$
铸铁	$\approx 0.225\sigma_b$	$\approx 0.45\sigma_b$	$\approx 0.36\sigma_b$	$\approx 1.42\sigma_{-1t}$	$\approx 1.35\sigma_{-1t}$	$\approx 1.35\tau_{-1}$
铝合金	$\approx \frac{\sigma_b}{6} + 73.5 \text{ MPa}$	$\approx \frac{\sigma_b}{6} + 73.5 \text{ MPa}$	$\approx (0.55 \sim 0.58)\sigma_{-1}$	$\approx 1.5\sigma_{-1t}$		

1.1.2 计量单位和单位换算关系

一、法定计量单位(摘自 GB/T 3100—1993)

表 1.1.12 SI 基本单位

量的名称	单位符号	单位名称	量的名称	单位符号	单位名称
长度	m	米	热力学温度	K	开[尔文]
质量	kg	千克(公斤)	物质的量	mol	摩[尔]
时间	s	秒	发光强度	cd	坎[德拉]
电流	A	安[培]			

注：① 圆括号中的名称，是它前面的名称的同义词，下同。

② 方括号中的字，在不致引起混淆、误解的情况下，可以省略。去掉方括号中的字，即为其名称的简称，下同。

表 1.1.13 包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	SI 导 出 单 位		
	符 号	名 称	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
[平面]角	rad	弧 度	1 rad=1 m/m=1
立体角	sr	球 面 度	1 sr=1 m ² /m ² =1
频率	Hz	赫[兹]	1 Hz=1 s ⁻¹
力	N	牛[顿]	1 N=1 kg·m/s ²
压力, 压强, 应力	Pa	帕[斯卡]	1 Pa=1 N/m ²
能[量], 功, 热量	J	焦[耳]	1 J=1 N·m
功率, 辐[射能]通量	W	瓦[特]	1 W=1 J/s
电荷[量]	C	库[仑]	1 C=1 A·s
电压, 电动势, 电位(电势)	V	伏[特]	1 V=1 W/A
电容	F	法[拉]	1 F=1 C/V
电阻	Ω	欧[姆]	1 Ω =1 V/A
电导	S	西[门子]	1 S=1 Ω ⁻¹
磁通[量]	Wb	韦[伯]	1 Wb=1 V·s
磁通[量]密度, 磁感应强度	T	特[斯拉]	1 T=1 Wb/m ²
电感	H	亨[利]	1 H=1 Wb/A
摄氏温度	°C	摄氏度	1 °C=1 K
光能量	lm	流[明]	1 lm=1 cd·sr
[光]照度	lx	勒[克斯]	1 lx=1 lm/m ²
[放射性]活度	Bq	贝可[勒尔]	1 Bq=1 s ⁻¹
吸收剂量	Gy	戈[瑞]	1 Gy=1 J/kg
剂量当量	Sv	希[沃特]	1 Sv=1 J/kg

表 1.1.14 SI 词头

因 数	符 号	词 头 名 称	因 数	符 号	词 头 名 称
10^{24}	Y	尧 [它]	10^{-1}	d	分
10^{21}	Z	泽 [它]	10^{-2}	c	厘
10^{18}	E	艾 [可萨]	10^{-3}	m	毫
10^{15}	P	拍 [它]	10^{-6}	μ	微
10^{12}	T	太 [拉]	10^{-9}	n	纳 [诺]
10^9	G	吉 [咖]	10^{-12}	p	皮 [可]
10^6	M	兆	10^{-15}	f	飞 [母托]
10^3	k	千	10^{-18}	a	阿 [托]
10^2	h	百	10^{-21}	z	仄 [普托]
10^1	da	十	10^{-24}	y	幺 [科托]

表 1.1.15 可与 SI 并用的我国法定计量单位

量 的 名 称	单 位 符 号	单 位 名 称	与 SI 单 位 关 系
时 间	min	分	1 min=60 s
	h	[小] 时	1 h=60 min=3 600 s
	d	日, (天)	1 d=24 h=86 400 s
[平面] 角	°	度	1°=($\pi/180$) rad
	'	[角] 分	1'=(1/60)°=($\pi/10\ 800$) rad
	"	[角] 秒	1"=(1/60)'=($\pi/648\ 000$) rad
体 积, 容 积	L, (l)	升	1 L=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
质 量	t	吨	1 t=10 ³ kg
	u	原子质量单位	1 u \approx 1.660 565 5 \times 10 ⁻²⁷ kg
旋 转 速 度	r/min	转每分	1 r/min=(1/60) s ⁻¹
长 度	n mile	海里	1 n mile=1 852 m (只用于航程)
速 度	kn	节	1 kn=1 n mile/h=(1 852/3 600) m/s (只用于航行)
能	eV	电子伏	1 eV \approx 1.602 189 2 \times 10 ⁻¹⁹ J
级 差	dB	分贝	
线 密 度	tex	特 [克斯]	1 tex=10 ⁻⁶ kg/m
面 积	hm ²	公顷	1 hm ² =10 ⁴ m ²

注: ① 平面角单位度、分、秒的符号, 在组合单位中应采用(°)、(')、(")的形式。例如, 不用°/s, 而用(°)/s。
 ② 升的两个符号属同等地位, 可任意选用。
 ③ 公顷的国际通用符号为 ha。

二、常用法定计量单位及换算关系

表 1.1.16 常用法定计量单位及换算关系

量 的 名 称	法 定 计 量 单 位		非 法 定 计 量 单 位		换 算 关 系
	符 号	名 称	符 号	名 称	
长 度	m	米	Å	埃	1 Å=10 ⁻¹⁰ m=0.1 nm
			ft	英尺	1 ft=0.304 8 m=304.8 mm
			in	英寸	1 in=0.025 4 m=25.4 mm
			mile	英里	1 mile=1 609.344 m
能 量, 功, 热	J kW·h (1 kW·h= 3.6 \times 10 ⁶ J)	焦 [耳] 千瓦小时	erg	尔格	1 erg=10 ⁻⁷ J
			kgf·m	千克力米	1 kgf·m=9.806 65 J
			cal	卡	1 cal=4.186 8 J
			Btu	英热单位	1 Btu=1 055.06 J
功 率	W	瓦 [特]	kgf·m/s	千克力米每秒	1 kgf·m/s=9.806 65 W
			德 PS; 法 ch, CV	马力, 米制与力	1 PS=735.499 W
			hP	英马力	1 hP=745.7 W
			cal/s	电工马力 卡每秒	1 电工马力=746 W 1 cal/s=4.186 8 W