

692

TG 502.1-62
L32

实用机床设计手册

李 洪 主编



A0917718

辽宁科学技术出版社

· 沈阳 ·

图书在版编目(CIP)数据

实用机床设计手册/李洪主编. -沈阳:辽宁科学技术出版社,1999.1

ISBN 7-5381-2048-3

I. 实… II. 李… III. 机床-设计-手册 IV. TG502.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 03554 号

辽宁科学技术出版社出版
(沈阳市和平区北一马路 108 号 邮政编码 110001)
辽宁省新华书店发行 沈阳市北陵印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:117 字数:3,640,000 插页:4
1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月第 1 次印刷

责任编辑:刘 红 枫 岚
封面设计:庄庆芳

版式设计:于 浪
责任校对:仲 仁

印数:1—3,000

定价:198.00 元

前 言

机械工业为各行各业各部门适时提供各种先进、可靠、经济的机械装备,它是国民经济的重要支柱产业。而机床则是制造机器的机器,是机械工业的核心。机床工业的科技水平,是一个时代新技术综合发展水平的重要标志,所以世界各国都高度重视机床工业的发展。

新中国成立至今,我国机床工业从无到有,从小到大,尤其是改革开放以来更得到了迅猛的发展,逐步建立起与国民经济相适应的工业体系。但是,我国机床工业的总体技术水平与工业发达国家相比,还有较大差距。尤其是高精尖、数控机床方面,突出的表现是产品品种少、质量较差、可靠性较低;在科研和设计方面,有关资料短缺,设计方法落后,开创性差,部分技术引进消化不良等现象亟待解决。

机床产品的品种和质量的关键之一在于设计。为改变我国机床工业的落后面貌,迎头赶上国际先进水平,提高我国机电产品的设计水平和开发能力是当务之急。早在 90 年代初国家就发布了《加强机电产品设计工作的规定》。为适应形势之需要,加强对设计人员的培训,系统地充实、更新以往工具书的内容,大力促进现代化设计方法的推广,我们组织高等院校、科研院所、工厂等有较丰富实践经验和理论水平的教授、专家编写了这本《实用机床设计手册》,力求站在当代技术发展的前沿和高度,兼收并蓄,荟萃精华,以满足广大机床设计和维修人员、高等院校机制专业师生工作和学习之急需。

本手册编写主要有以下特点:

1. 推进现代设计方法,兼顾技术基础,系统地进行资料精选。根据我国机床工业科技水平的现状,要求设计人员在较好地应用传统设计方法的基础上,尽快掌握和运用现代设计方法。所以,手册选编了如机床 CAD、机床优化设计、可靠性设计和多快好省地消化、吸收、创新引进技术的反求工程技术等新设计方法,同时兼顾了金属切削机床设计人员必须掌握和需用的基础技术资料。

2. 推进技术经济和技术管理相结合,使本手册适应市场经济发展的需要。现代设计人员不仅要熟练地掌握本专业知知识,而且还要成为既懂得技术经济,又知晓管理知识的复合型人才;使其设计的新产品质量高、成本低,才能具有强烈的市场竞争力。因此,本手册精编了设计人员必须了解和掌握的,如价值工程、同步(并行)工程、工业工程、新产品开发和设备更新改造、技术引进、技术经济分析以及招标和投标实务等技术经济与管理科学方面的知识。

3. 采用最新标准资料,使手册具极强的时效性。由于技术飞速发展,与之相适应的国家标准变动很大。为使本手册汇集新标准资料和数据,延长使用寿命,减轻读者负担,手册在编写过程中多次更换最新标准资料,乃至延误出书时间。最后将正在修订的《公差与配合》标准等效采用 ISO 标准《极限与配合》的译文也纳入了手册之中。对那些已经被公布作废,尚无新标准代替,又仍在暂时继续使用的部分标准,保留了原标准内容作为推荐资料。考虑到技术引进的消化吸收及产品出口的需要,手册有重点地介绍和选编了我国国家标准与国际标准的关系和国内外部分标准内容对照表,使用起来方便快捷。

4. 广泛地搜集国内外机床的新结构和加工装配新工艺等资料,其直观性、示范性强。并

且,手册还选编了结构工艺性图示正误对照表及说明文字,以利于设计人员应用,可迅速提高设计水平。

本手册在编写出版过程中,得到了机械工业部机械科学研究院、北京机床研究所、沈阳机床股份有限公司、高档数控国家工程研究中心、瓦房店机床厂、济宁液压件厂、抚顺机床厂、大连组合机床研究辅机总厂、北京市水工机械厂、大连机床厂、北京机床一厂、沈阳液压机床厂、济南机床一厂、云南机床厂、汉江机床厂、南京工艺装备厂、烟台机床附件厂、辽宁省机械研究院、辽宁省技术监督信息研究所、沈阳工业大学、东北大学等单位 and 专家的大力帮助;同时参阅了大量书刊及文献资料,在此一并向给予帮助的单位、专家和同行们表示衷心的感谢!

本手册力求将机、电、液与技术经济及管理融于一体,具有结合国情、内容新颖、结构紧凑、语言简炼、方便实用等特点。虽经诸多同仁几年努力,但由于编者水平所限,科学技术发展日新月异,一旦成书,又总感到尚有许多未尽人意之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

1997 年 4 月

第 1 篇 通用标准资料

第 1 章 常用资料和公式

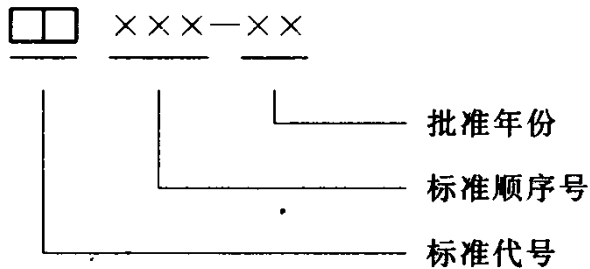
1 常用资料

1.1 标准分类及编号

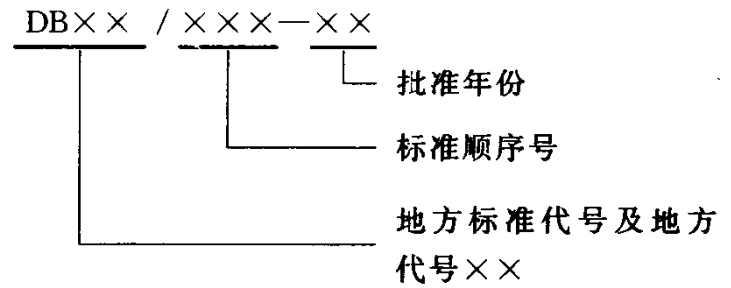
标准有国际标准、区域标准、国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

我国国家标准、行业标准和地方标准还分为强制性和推荐性标准。推荐性标准的代号是在强制性标准代号后加“T”。如强制性标准 GB、JB，则推荐性标准为 GB/T、JB/T。

标准的编号一般构成如下：

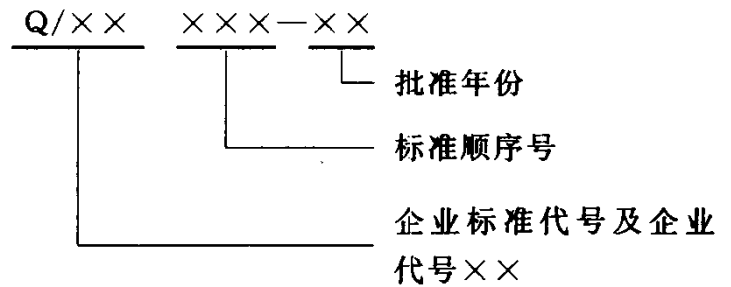


我国地方标准编号



示例 DB21/45-92 辽宁省强制性标准，第 45 个标准，92 年批准发布。

我国企业标准编号



示例 Q/S1 02-93 沈阳第一机床厂第 2 个标准，93 年批准发布。

国内部分标准代号见表 1.1-1。

国外部分标准代号见表 1.1-2。

表 1.1-1

国内部分标准代号

标准代号	标准名称	标准代号	标准名称
GB	国家标准	TB	铁路运输行业标准
GB/T	国家推荐性标准	WB	物资行业标准
JB	机械行业标准	YB	黑色冶金行业标准
DL	电力行业标准	YS	有色冶金行业标准
HG	化工行业标准	GJB	原国家军用标准
LD	劳动和劳动安全行业标准	ZB	原国家专业标准
JC	建材行业标准	JB/Z	原机械部指导性标准
JG	建筑工业行业标准	JB/GQ	原机械部机床局标准
JT	交通行业标准	NJ	原农机部标准
JY	教育行业标准	DB11/	北京市地方标准
QB	轻工行业标准	DB12/	天津市地方标准
QC	汽车行业标准	DB15/	内蒙古自治区地方标准
QJ	航天行业标准	DB44/	广东省地方标准
SH	石油化工行业标准	DB31/	上海市地方标准
SJ	电子行业标准		

表 1.1-2

国外部分标准代号

标准代号	名 称	标准代号	名 称
ISO	国际标准化组织标准	CSA	加拿大标准协会标准
IEC	国防电工委员会标准	CSN	捷克国家标准
CCEE	国防电气设备合格认证委员会	DIN	德国国家标准
CEN	欧洲标准化委员会	IS	印度标准
CJB	经互会标准化常设委员会	JIS	日本工业标准
CIRP	国际机械技术加工研究会	KS	韩国国家标准
IIW	国防焊接学会	UNI	意大利标准
CECIMO	欧洲机床工业协作委员会	STAS	罗马尼亚国家标准
ANSI	美国标准协会标准	ГОСТ	俄罗斯国家标准(原苏联标准)
API	美国石油协会标准	AFNOR	法国标准协会标准
AS	澳大利亚标准	NF	法国国家标准
ANSE	美国机械工程师协会标准	SIS	瑞典国家标准
BS	英国标准	SNV	瑞士国家标准
JUS	南斯拉夫标准		

1.2 常用材料的密度

表 1.1-3

常用材料的密度

 10^3kg/m^3

材料名称	密度	材料名称	密度
碳钢	7.8~7.85	硬质合金(钨钴)	14.4~14.9
铸钢	7.8	硬质合金(钨钴钛)	9.5~12.4
高速钢(含钨 9%)	8.3	纯橡胶	0.93
高速钢(含钨 18%)	8.7	皮革	0.4~1.2
合金钢、镍铬钢	7.9	聚氯乙烯	1.35~1.40
灰铸铁	7.0	聚苯乙烯	0.91
白口铸铁	7.55	有机玻璃	1.18~1.19
可锻铸铁、球墨铸铁	7.3	无填料的电木	1.2
紫铜	8.9	赛璐璐	1.4
黄铜	8.4~8.85	酚醛层压板	1.3~1.45
铸造黄铜	8.62	尼龙 6	1.13~1.14
锡青铜	8.7~8.9	尼龙 66	1.14~1.15
无锡青铜	7.5~8.2	尼龙 1010	1.04~1.06
轧制磷青铜、冷拉青铜	8.8	橡胶夹布传动带	0.8~1.2
工业用铝、可铸铝合金、铝镍合金	2.7	木材	0.4~0.75
镍	8.9	毛毡	0.09~0.44
轧锌	7.1	陶瓷	2.3~2.45
铅	11.37	电木	1.3~1.4
锡	7.29	夹布胶木	1.3~1.45
金	19.32	汽油	0.71~0.79
银	10.5	煤油	0.80~0.84
汞	13.55	柴油	0.82~0.95
镁合金	1.74	机械油	0.93~0.96
硅钢片	7.55~7.8	精密机械油	0.905~0.92
锡基轴承合金	7.34~7.75	植物油	0.92~0.94
铅基轴承合金	9.33~10.67		

1.3 常用材料的弹性模量、切变模量与泊松比

表 1.1-4 常用材料的弹性模量、切变模量与泊松比

材料名称	弹性模量 E (10^5MPa)	切变模量 G (10^4MPa)	泊松比 μ	材料名称	弹性模量 E (10^5MPa)	切变模量 G (10^4MPa)	泊松比 μ
灰铸铁、白口铸铁、可锻铸铁	0.8~1.6	4.5	0.23~0.27	锡青铜	0.9	3.5	0.31
球墨铸铁	1.51~1.6	6.1	0.25~0.29	轧制铝	0.69	2.6~2.7	0.28~0.32
碳钢	2~2.2	7.8~8.1	0.24~0.28	铸铝青铜	1.05	4.2	0.25
铸钢	1.75~2.16	7.0~8.4	0.25~0.29	普通玻璃	0.56	0.21~0.23	0.25
镍铬钢	2.1	8.1	0.25~0.30	混凝土(抗压强度为 9.8MPa)	0.196~0.146		
工具钢	2.1~2.2	8.0~8.5	0.29~0.30	混凝土(抗压强度 14.7MPa)	0.214~0.164		
黄铜	0.9~1.4	3.5~3.7	0.32~0.42	混凝土(抗压强度 19.6MPa)	0.232~0.182		
紫铜	1.1~1.3	4.9	0.23				
轧制磷青铜	1.15	4.2	0.35~0.37				
冷拉黄铜、青铜	0.91~0.99	3.5~3.7	0.30~0.34				

1.4 材料的线膨胀系数

表 1.1-5 常用材料的线膨胀系数 $1/^\circ\text{C}$

材料名称	温度范围($^\circ\text{C}$)	$\alpha(\times 10^{-6})$	材料名称	温度范围($^\circ\text{C}$)	$\alpha(\times 10^{-6})$
灰铸铁	0~100	10.4	镍钼合金(磁尺用)	20~100	11.0
球墨铸铁	0~100	10.4	铁锰合金(磁尺用)	20~100	11.0
磷铜钛铸铁	20~50	9.17	紫铜	0~100	17.2
45 钢	20~100	11.59	黄铜	20~100	18.0
T10A	20~100	11.0	铝青铜	20~100	17.6
20Cr	20~100	11.3	锡青铜	20~100	18.0
40Cr	25~100	11.0	铝	0~100	23.8
65Mn	25~100	11.1	镍	0~100	13.0
2Cr13	20~100	10.5	光学玻璃	20~100	11.0
60Si2Mn	20~100	11.5~12.4	有机玻璃	20~100	120~130
1Cr18Ni9Ti	20~100	16.6	水泥、混凝土	20	10~14
Ni5820	11.5		纤维、夹布胶木		30~40
Ni32Co4V _u	20~100	1.5	聚氯乙烯管材	10~60	50~80
GCr15	100	14.0	尼龙	0~100	110~150
CrMoAl	A20~100	12.3	硬橡胶、胶木	17~25	77

注: α 值系该温度范围内测定的平均值。

〔例〕 材料为 Ni58 的精密刻线尺, 其长度 $l=1000\text{mm}$, 初始温度为 $t_1=20^\circ\text{C}$, 发热后的温度 $t_2=23^\circ\text{C}$, 则 1m 刻线尺的热伸长量 $\Delta l = \alpha l(t_2 - t_1) = 11.5 \times 10^{-6} \times 1000 \times (23 - 20) = 0.0345(\text{mm})$ 。

1.5 常用金属材料的熔点、热导率和比热容

表 1.1-6 常用材料的熔点、热导率和比热容

名称	熔点($^\circ\text{C}$)	热 导 率		比 热 容		名称	熔点($^\circ\text{C}$)	热 导 率		比 热 容	
		$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{C}}$	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{C}}$			$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{C}}$	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{C}}$
灰铸铁	1200	46.4~92.8	40~80	544.3	0.130	铝	658	203	175	904.3	0.216
铸 钢	1425			489.9	0.117	铅	327	34.8	30	129.8	0.031
软 钢	1400~1500	46.4	40	502.4	0.120	锡	232	62.6	54	234.5	0.056
黄 铜	950	92.8	80	393.6	0.094	锌	419	110	95	393.6	0.094
青 铜	995	63.8	55	385.2	0.092	镍	1452	59.2	51	452.2	0.108
紫 铜	1083	392	338	376.9	0.090	钛	1668	15.08	13	527.5	0.126

注: 表中的热导率值指 $0\sim 100^\circ\text{C}$ 的范围内。

1.6 常用材料的摩擦系数

表 1.1-7

常用材料的摩擦系数

材料名称	摩 擦 系 数 f			材料名称	摩 擦 系 数 f		
	静 摩 擦	动 摩 擦			静 摩 擦	动 摩 擦	
	无润滑剂	无润滑剂	有润滑剂		无润滑剂	无润滑剂	有润滑剂
钢-钢	0.15,0.1~0.12 ^①	0.15	0.05~0.10	硬钢-电木		0.35	
钢-软钢		0.2	0.1~0.2	硬钢-玻璃		0.48	
钢-铸钢	0.3	0.18	0.05~0.15	硬钢-硬质橡胶		0.38	
钢-青铜	0.15,0.10~0.15 ^①	0.15	0.1~0.15	硬钢-石墨		0.15	
钢-巴氏合金		0.15~0.3		铸铁-铸铁	0.18 ^①	0.15	0.07~0.12
钢-铜铅合金		0.15~0.3		铸铁-青铜		0.15~0.2	0.07~0.15
钢-粉末金属	0.35~0.55			铸铁-橡皮		0.8	0.5
钢-橡胶	0.9	0.6~0.8		铸铁-皮革	0.3~0.5,0.15 ^①	0.6	0.15
钢-塑料	0.09~0.1 ^①			青铜-青铜	0.1	0.2	0.07~0.1
钢-尼龙		0.3~0.5	0.05~0.1	黄铜-黄铜		0.8~1.5	
钢-软木		0.15~0.39		铅-铅		1.2	
软钢-软钢		0.40		镍-镍		0.8	
软钢-铸铁	0.2	0.18	0.05~0.15	铬-铬		0.8~1.5	
软钢-黄铜		0.46		锌-锌		0.35~0.65	
软钢-铝合金		0.30		钛-钛		0.35~0.65	
软钢-铅		0.40		镍-石墨		0.24	
软钢-镍		0.40		玻璃-硬橡胶		0.53	
软钢-铝		0.36		金刚石-金刚石	0.1		
软钢-青铜	0.2	0.18	0.07~0.15	尼龙-尼龙	0.2		0.1~0.2
软钢-铅基白合金		0.40		橡胶-纸	1.0		
软钢-锡基白合金		0.30		硬钢-红宝石		0.24	
软钢-镉镍合金		0.35		硬钢-蓝宝石		0.35	
软钢-油膜轴承合金		0.18		硬钢-二硫化钼		0.15	
软钢-铝青铜		0.20					

①表示有润滑剂情况。

1.7 物体的摩擦系数

表 1.1-8

物体的摩擦系数

名 称			摩擦系数 f	名 称			摩擦系数 f
滚动轴承	单列向心球轴承	径向载荷	0.002	滑动轴承	液体摩擦		0.001~0.008
		轴向载荷	0.004		半液体摩擦		0.008~0.080
	单列向心推力球轴承	径向载荷	0.003		半干摩擦		0.100~0.500
		轴向载荷	0.005	轧辊轴承	滚动轴承(滚子)		0.002~0.005
	单列圆锥滚柱轴承	径向载荷	0.008		层压胶木轴瓦		0.004~0.006
		轴向载荷	0.020		青铜轴瓦(用于热轧辊)		0.070~0.100
	双列向心球面球轴承		0.0015		青铜轴瓦(用于冷轧辊)		0.040~0.080
	短圆柱滚子轴承		0.002		特殊密封的液体摩擦轴承		0.003~0.005
	长圆柱或螺旋滚子轴承		0.006		特殊密封半液体摩擦轴承		0.005~0.010
	滚针轴承		0.008		密封软填料盒中填料与轴的摩擦		0.200
	推力球轴承		0.003		冷钢在辊道上摩擦		0.150~0.180
	双列向心球面滚子轴承		0.004		制动器普通石棉制动带(无润滑)		0.350~0.460
					$p=0.2\sim0.6\text{MPa}$		
					离合器装有黄铜丝的压制石棉带		0.430~0.400
					$p=0.2\sim1.2\text{MPa}$		

1.8 滚动摩擦系数的概略值

表 1.1-9

滚动摩擦系数的概略值

摩擦材料	摩擦系数	摩擦材料	摩擦系数
软钢-软钢	0.005	木材-钢	0.03~0.04
淬火钢-淬火钢	0.001	表面淬火车轮-钢轨	圆锥形车轮 0.08~0.1
铸铁-铸铁	0.005		圆柱形车轮 0.05~0.07

1.9 机械传动效率的概略值

表 1.1-10

机械传动效率的概略值

类别	传动形式	效率 η	类别	传动形式	效率 η
圆柱齿轮传动	很好跑合的 6 级和 7 级精度齿轮传动(油润滑)	0.98~0.99	滚动轴承	滚珠轴承(油润滑)	0.99
	8.9 级精度的齿轮传动(油润滑)	0.96~0.97		滚柱轴承(油润滑)	0.98
	加工齿的开式齿轮传动(脂润滑)	0.94~0.96	摩擦传动	平摩擦传动	0.85~0.92
	铸造齿的开式齿轮传动	0.90~0.93		摩擦传动	0.88~0.90
锥齿轮传动	很好跑合的 6 级和 7 级精度齿轮传动(油润滑)	0.97~0.98		卷绳轮	0.95
	8 级精度的齿轮传动(油润滑)	0.94~0.97	联轴器	浮动联轴器	0.97~0.99
	加工齿的开式齿轮传动(脂润滑)	0.92~0.95		齿轮联轴器	0.99
	铸造齿的开式齿轮传动	0.88~0.92		弹性联轴器	0.99~0.995
蜗杆传动	自锁蜗杆	0.40~0.45		万向联轴器($\alpha \leq 3^\circ$)	0.97~0.98
	单头蜗杆	0.70~0.75		万向联轴器($\alpha > 3^\circ$)	0.95~0.97
	双头蜗杆	0.75~0.82		梅花联轴器	0.97~0.98
	三头、四头蜗杆	0.82~0.92	复合轮组	滚动轴承($i=2\sim6$)	0.99~0.95
	圆弧面蜗杆	0.85~0.95		滑动轴承($i=2\sim6$)	0.98~0.90
带传动	平带无压紧轮的开式传动	0.98	减(变)速器	单级圆柱齿轮减速器	0.97~0.98
	平带有压紧轮的开式传动	0.97		双级圆柱齿轮减速器	0.95~0.96
	平带交叉传动	0.90		行星柱齿轮减速器	0.95~0.98
	普通 V 带传动	0.96		单级圆锥减速器	0.95~0.96
	同步带传动	0.98		单级圆锥—圆柱齿轮减速器	0.94~0.95
链轮传动	焊接链传动	0.93		无级变速器	0.92~0.95
	片式关节链传动	0.95		摆线针轮减速器	0.90~0.97
	滚子链传动	0.96	丝杠传动	滑动丝杠传动	0.30~0.60
	无声链传动	0.97		滚动丝杠传动	0.85~0.95
滑动轴承	润滑不良	0.94	其他	油池内油的飞溅和密封摩擦	0.95~0.99
	润滑正常	0.97			
	润滑特好(压力润滑)	0.98			
	液体摩擦	0.99			

1.10 各种硬度对照表

表 1.1-11

各种硬度对照表

洛氏 HRC	肖氏 HS	维氏 HV	布 氏		洛氏 HRC	肖氏 HS	维氏 HV	布 氏	
			HB 30D ²	d(mm) 10/3000				HB 30D ²	d(mm) 10/3000
70		1037	—	—	42	55.9	399	391	3.09
69		997	—	—	41	54.7	388	380	3.13
68	96.6	959	—	—	40	53.5	377	370	3.17
67	94.6	923	—	—	39	52.3	376	360	3.21
66	92.6	889	—	—	38	51.1	357	350	3.26
65	90.5	856	—	—	37	50	347	341	3.30
64	88.4	825	—	—	36	48.8	338	332	3.34
63	86.5	795	—	—	35	47.8	329	323	3.39
62	84.8	766	—	—	34	46.6	320	314	3.43
61	83.1	739	—	—	33	45.6	312	306	3.48
60	81.4	713	—	—	32	44.5	304	298	3.52
59	79.7	688	—	—	31	43.5	296	291	3.56
58	78.1	664	—	—	30	42.5	289	283	3.61
57	76.5	642	—	—	29	41.6	281	276	3.65
56	74.9	620	—	—	28	40.6	274	269	3.70
55	73.5	599	—	—	27	39.7	268	263	3.74
54	71.9	579	—	—	26	38.8	261	257	3.78
53	70.5	561	—	—	25	37.9	255	251	3.83
52	69.1	543	—	—	24	37	249	245	3.87
51	67.7	525	501	2.73	23	36.3	243	240	3.91
50	66.3	509	488	2.77	22	35.5	237	234	3.95
49	65	493	474	2.81	21	34.7	231	229	4.00
48	63.7	478	461	2.85	20	34	226	225	4.03
47	62.3	463	449	2.89	19	33.2	221	220	4.07
46	61	449	436	2.93	18	32.6	216	216	4.11
45	59.7	436	424	2.97	17	31.9	211	211	4.15
44	58.4	423	413	3.01	—	—	—	—	—
43	57.1	411	401	3.05	—	—	—	—	—

注：布氏硬度与抗拉强度(MPa)的近似关系为：

碳钢 (HB<175)

$$\sigma_b = 3.62HB$$

(HB>175)

$$\sigma_b = 3.45HB$$

铸钢件

$$\sigma_b = (3 \sim 4)HB$$

黄铜(退火)

$$\sigma_b = 5HB$$

镍钢及铬镍钢

$$\sigma_b = 3.44HB$$

锌合金铸件

$$\sigma_b = 0.9HB$$

2 计量单位和单位换算

2.1 国际单位制及其应用(摘自 GB3100—83)

国际单位制(SI)是我国法定计量单位的基础,一切属于国际单位制的单位都是我国法定计量单位,国际单位制(SI)构成如下:

国际单位制(SI) { SI 基本单位(见表 1.1-12)
SI 单位 { SI 导出单位 { 包括 SI 辅助单位在内的具有专有名称的 SI 导出单位(见表 1.1-13)
组合形式的 SI 导出单位
SI 单位的倍数单位(见表 1.1-15)

表 1.1-12 国际单位制的基本单位

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

注:1. ()中的名称为前面的同义词,下同。

2. []中的字是在不致混淆的情况下,可以省略的字,下同。

3. 人民生活和贸易中,质量习惯称为重量。

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			量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示		名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
〔平面〕角	弧度	rad	1rad = 1m/m = 1	电导	西〔门子〕	S	1S = 1Ω ⁻¹
立体角	球面度	sr	1sr = 1m ² /m ² = 1	磁通〔量〕	韦〔伯〕	Wb	1Wb = 1V · S
频率	赫〔兹〕	Hz	1Hz = 1s ⁻¹	磁通〔量〕密度、磁感应强度	特〔斯拉〕	T	1T = 1Wb/m ²
力	牛〔顿〕	N	1N = 1kg · m/s ²				
压力、压强、应力	帕〔斯卡〕	Pa	1Pa = 1N/m ²	电感	亨〔利〕	H	1H = Wb/A
能〔量〕、功、热量	焦〔耳〕	J	1J = 1N · m	摄氏温度	摄氏度	℃	1℃ = 1K
功率、辐〔射能〕通量	瓦〔特〕	W	1W = 1J/S	光通量	流〔明〕	lm	1lm = 1cd · sr
				光照度	勒〔克斯〕	lx	1lx = 1lm/m ²
电荷〔量〕	库〔仑〕	C	1C = 1A · S	放射性活度 ^①	贝可〔勒乐〕	Bq	1Bq = 1s ⁻¹
电压、电动势、电位(电势)	伏〔特〕	V	1V = 1W/A	吸收剂量 ^① 比授〔予〕能 比释动能	戈〔瑞〕	Gy	1Gy = 1J/kg
电容	法〔拉〕	F	1F = 1C/V	剂量当量 ^①	希〔沃特〕	Sv	1Sv = 1J/kg
电阻	欧〔姆〕	Ω	1Ω = 1V/A				

①由于人类健康安全防护上的需要而确定的具有专有名称的 SI 导出单位。

表 1.1-14 可与 SI 单位并用的我国法定计量单位

量的名称	单位名称	单位符号	与 SI 单位关系
时 间	分	min	1min=60s
	〔小〕时	h	1h=60min=3600s
	日(天)	d	1d=24h=1440min=86400s
〔平面〕角	度	(°)	1°=60′=($\pi/180$)rad
	〔角〕分	(′)	1′=60″=($\pi/10800$)rad
	〔角〕秒	(″)	1″=($\pi/648000$)rad
旋转速度	转每分	r/min	1r/min=(1/60)s ⁻¹
长 度	海里	n mile	1n mile=1852m (只用于航程)
速 度	节	kn	1kn=1n mile/h =(1852/3600)m/s (只用于航行)
质 量	吨	t	1t=10 ³ kg
	原子质量单位	u	1u≈1.6605655×10 ⁻²⁷ kg
体 积	升	l, L	1l=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
能	电子伏	eV	1eV≈1.6021892×10 ⁻¹⁹ J
级 差	分贝	dB	
线 密 度	特〔克斯〕	tex	1 tex=1 g/km
面积	公顷	hm ²	1hm 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。

表 1.1-15 SI 单位的倍数单位词头

因数	词头名称		符号	因数	词头名称		符号
	英文	中文			英文	中文	
10 ²⁴	yotta	尧〔它〕	Y	10 ⁻¹	deci	分	d
10 ²¹	zetta	泽〔它〕	Z	10 ⁻²	centi	厘	c
10 ¹⁸	exa	艾〔可萨〕	E	10 ⁻³	milli	毫	m
10 ¹⁵	peta	拍〔它〕	P	10 ⁻⁶	micro	微	μ
10 ¹²	tera	太〔拉〕	T	10 ⁻⁹	nano	纳〔诺〕	n
10 ⁹	giga	吉〔咖〕	G	10 ⁻¹²	pico	皮〔可〕	p
10 ⁶	mega	兆	M	10 ⁻¹⁵	femto	飞〔母托〕	f
10 ³	kilo	千	k	10 ⁻¹⁸	atto	阿〔托〕	a
10 ²	hecto	百	h	10 ⁻²¹	zepto	仄〔普托〕	z
10 ¹	deco	十	da	10 ⁻²⁴	yocto	幺〔科托〕	r

注: 10⁴ 称为万, 10⁸ 称为亿, 10¹² 称为万亿, 这类数词的使用不受词头的影响, 但不应与词头混淆。

2.2 计量单位及换算

2.2.1 常用法定计量单位名称

表 1.1-16

常用法定计量单位名称

物理量	单位名称	单位符号	换算关系	物理量	单位名称	单位符号	换算关系
长 度	米	m		密 度	千克每立方米	kg/m ³	
	千米	km	10 ³ m		兆克每立方米	Mg/m ³	10 ³ kg/m ³
	分米	dm	10 ⁻¹ m		千克每立方分米	kg/dm ³	10 ⁻³ kg/m ³
	厘米	cm	10 ⁻² m		克每立方厘米	g/cm ³	10 ³ kg/m ³
	毫米	mm	10 ⁻³ m	频 率	赫兹	Hz	
	微米	μm	10 ⁻⁶ m		兆赫	MHz	10 ⁶ Hz
	纳米	nm	10 ⁻⁹ m		千赫	kHz	10 ³ Hz
面 积	平方米	m ²		力,重力	牛(顿)	N	1N=1kg·m/s ²
	平方千米	km ²	10 ⁶ m ²		兆牛	MN	10 ⁶ N
	平方分米	dm ²	10 ⁻² m ²		千牛	kN	10 ³ N
	平方厘米	cm ²	10 ⁻⁴ m ²		毫牛	mN	10 ⁻³ N
	平方毫米	mm ²	10 ⁻⁶ m ²		微牛	μN	10 ⁻⁶ N
体 积	立方米	m ³		力 矩	牛米	N·m	
	立方分米	dm ³	10 ⁻³ m ³		兆牛米	MN·m	10 ⁶ N·m
	立方厘米	cm ³	10 ⁻⁶ m ³		千牛米	kN·m	10 ³ N·m
	立方毫米	mm ³	10 ⁻⁹ m ³		毫牛米	mN·m	10 ⁻³ N·m
	升	L(l)	10 ⁻³ m ³	压 力, 压 强, 应 力	帕[斯卡]	Pa	
质 量	千克(公斤)	kg			吉帕	GPa	10 ⁹ Pa
	兆克	Mg	10 ³ kg		兆帕	MPa	10 ⁶ Pa
	克	g	10 ⁻³ kg		千帕	kPa	10 ³ Pa
	毫克	mg	10 ⁻⁶ kg		毫帕	mPa	10 ⁻³ Pa
	微克	μg	10 ⁻⁹ kg	功,能,热	焦耳	J	1J=1N·m
	吨	t	10 ³ kg		兆焦	MJ	10 ⁶ J
	原子质量单位	u	1u=1.6605655 ×10 ⁻²⁷ kg		千焦	kJ	10 ³ J
平 面 角	弧度	rad	57°17'45"		毫焦	mJ	10 ⁻³ J
	毫弧度	mrad	10 ⁻³ rad	功 率	电子伏	eV	
	微弧度	μrad	10 ⁻⁶ rad		瓦[特]	W	
	度	(°)	0.0174533rad		兆瓦	MW	10 ⁶ W
	分	(')	1/60°		千瓦	kW	10 ³ W
	秒	(")	1/60'		毫瓦	mW	10 ⁻³ W
时 间	秒	s		速 度	米每秒	m/s	
	分	min	60s		千米每秒	km/s	10 ³ m/s
	时	h	3600s		厘米每秒	cm/s	10 ⁻² m/s
	日(天)	d	24×3600s		千米每小时	km/h	0.2778m/s
	毫秒	ms	10 ⁻³ s	加 速 度	米每二次方秒	m/s ²	
	微秒	μs	10 ⁻⁶ s		厘米每二次方秒	cm/s ²	10 ⁻² m/s
				角加速度	弧度每二次方秒	rad/s ²	

续表

物理量	单位名称	单位符号	换算关系	物理量	单位名称	单位符号	换算关系
角速度	弧度每秒	rad/s		电 位, 电位差, 电 压, 电势差	伏〔特〕	V	
	转每秒	r/s	$2\pi\text{rad/s}$		兆伏	MV	10^6V
	转每分	r/min	$\pi/30\text{rad/s}$		千伏	kV	10^3V
转动惯量	千克二次方米	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$			毫伏	mV	10^{-3}V
	克二次方米	$\text{g} \cdot \text{m}^2$		电 容 量	法〔拉〕	F	
比热容, 比熵	焦耳每千克开尔文	$\frac{\text{J}}{(\text{kg} \cdot \text{K})}$			毫法	mF	10^{-3}F
					微法	μF	10^{-6}F
传热系数	瓦特每平方米开尔文	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$		自感,互感	亨〔利〕	H	
热容量	焦耳每开尔文	J/K			毫亨	mH	10^{-3}H
	焦耳每摄氏度	J/°C		电 阻	欧〔姆〕	Ω	
热导率	瓦特每米开尔文	$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$			千欧	k Ω	$10^3\Omega$
电 流	安培	A			毫欧	m Ω	$10^{-3}\Omega$
	千安	kA	10^3A	电 阻 率	欧米	$\Omega \cdot \text{m}$	
	毫安	mA	10^{-3}A		千欧米	k $\Omega \cdot \text{m}$	$10^3\Omega \cdot \text{m}$
电 量	库〔仑〕	C			欧厘米	$\Omega \cdot \text{cm}$	$10^{-2}\Omega \cdot \text{m}$
	千库	kC	10^3C		毫欧米	m $\Omega \cdot \text{m}$	$10^{-3}\Omega \cdot \text{m}$
	微库	μC	10^{-6}C				

注:公里为千米的俗称,符号为 km。

2.2.2 常用法定计量单位换算

表 1.1-17

长度单位换算

SI 制			英美制				日制			
km (公里)	m (米)	mm (毫米)	mile (英里)	yd (码)	ft (英尺)	in (英寸)	日里	日町	日尺	日分
1	1000		0.6214	1093.61	3280.8		0.2546	9.16667	3300	
0.001	1	1000	0.0006214	1.0936	3.2808	39.370	0.0002546	0.00917	3.3	330
	0.001	1				0.03937				33
1.6093	1609.367		1	1760	5280		0.40978	14.7524	5310.85	
0.0009144	0.9144	914.402	0.00057	1	3	36		0.00838	3.0175	
	0.3048	304.8	0.00019	0.0333	1	12		0.00279	1.0058	100.584
	0.0254	25.4		0.0278	0.0833	1			0.0838	8.382
3.9273	3927.3		2.4403	4294.93	12884.78		1	36	12960	
	109.0908			119.302			0.02777	1	360	36000
0.0003	0.30303	303.03		0.3314	0.9942	11.9305	0.000077	0.00278	1	100
	0.003	3.03			0.00994	0.11931			0.01	1

表 1.1-18

面积单位换算

SI 制		英美制					日制		
km ² (公里 ²)	m ² (米 ²)	cm ² (厘米 ²)	A (英亩)	mile ² (英里 ²)	yd ² (码 ²)	ft ² (英尺 ²)	in ² (英寸 ²)	日尺 ²	日寸 ²
1	10 ⁶	10 ¹⁰	2.4711×10 ²	0.3861		1.0764×10 ⁷	1.55×10 ⁹		
10 ⁻⁶	1	10 ⁴	2.471×10 ⁻⁴		1.196	10.7639	1.55×10 ³	10.89	
10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁴	1				1.0746×10 ⁻³	0.115	0.0011	0.1039
4.0469×10 ⁻³	4.0469×10 ⁷	4.0469×10 ⁷	1	1.6×10 ⁻³	4840	4.356×10 ⁴	6.2726×10 ⁶		
2.59			6.4×10 ²	1					
	0.8361				1	9		9.1075	910.54
9.29×10 ⁻⁸	9.2903×10 ⁻²	9.2903×10 ²	2.296×10 ⁻⁵		0.1111	1	1.44×10 ²	1.011	101.2
	6.4516×10 ⁻⁴	6.4516				6.944×10 ⁻³	1		0.7026
	9.18×10 ⁻²				0.1098	0.9881	142.33	1	100
	0.0009	9.1827					1.4233	10 ⁻²	1

表 1.1-19

体积(容积)单位换算

SI 制			英美制						日制	
cm ³ (厘米 ³)	m ³ (米 ³)	L (升)	in ³ (英寸 ³)	ft ³ (英尺 ³)	lb (磅(水))	USgal (美加仑液量)	UKgal (美加仑)	USgal (英加仑)	日尺 ³	日升
1	10 ⁻⁶	10 ⁻³	0.061024	353×10 ⁻⁷	0.002204	264.17×10 ⁻⁶	227×10 ⁻⁶	22×10 ⁻⁵	359×10 ⁻⁷	5544×10 ⁻⁷
10 ⁶	1	10 ³	61024	35.3147	2204.6	264.17	227	220.03	35.937	554.4
10 ³	10 ⁻³	1	61.024	0.0353	2.2046	0.26417	0.227	0.2203	0.0359	0.5544
16.3871	164×10 ⁻⁷	0.0164	1	58×10 ⁻⁵	0.0362	0.0043	0.00372	0.0036		0.009
28317	0.02832	28.317	1728	1	62.428	7.4805	6.4288	6.2288	1.018	15.6976
453.6	4536×10 ⁻⁷	0.4536	27.65	0.016	1	0.1198	0.10297	0.0998		
3785	0.003785	3.7853	231	0.1337	8.3455	1	0.8594	0.8327		2.0764
		4.4048	268.8		9.7108	1.1636	1	0.9689		
4546	0.004546	4.546	277.27	0.1605	10.22	1.2009	1.0321	1		2.5201
27800	0.0278			0.9827	61.2893				1	15.44
1804	0.001804	1.8039	110.093	0.00637	3.9768	0.4816	0.4095	0.3968	0.0648	1

表 1.1-20

密度单位换算

SI 制			英美制			
g/cm ³ (克/厘米 ³)	kg/m ³ (公斤/米 ³)	t/m ³ (吨/米 ³)	lb/in ³ (磅/英寸 ³)	lb/ft ³ (磅/英尺 ³)	lb/USgal (磅/美加仑)	lb/UKgal (磅/英加仑)
10 ⁻³	1	10 ⁻³	3.6127×10 ⁻⁵	6.2428×10 ⁻²	8.345×10 ⁻³	1.002×10 ⁻²
1	10 ³	1	3.6127×10 ⁻²	62.428	8.3454	10.02
27.680	27.680×10 ⁴	27.68	1	1.728×10 ³	2.31×10 ²	2.7741×10 ²
1.60185×10 ⁻²	16.0185	1.60185×10 ⁻²	5.787×10 ⁻⁴	1	0.13368	0.16054
0.1198	1.198×10 ²	0.1198	4.3291×10 ⁻³	7.4807	1	1.2009
9.9779×10 ⁻²	99.779	9.779×10 ⁻²	3.6047×10 ⁻³	6.2290	0.83268	1

表 1.1-21

速度单位换算

m/s (米/秒)	ft/s (英尺/秒)	yd/s (码/秒)	ft/min (英尺/分)	km/h (公里/时)	mile/h (英里/时)	nmile/h (海里/时)
1	3.2808	1.0936	196.85	3.600	2.2370	1.9440
0.3048	1	0.3333	60	1.0973	0.6819	0.5925
0.9144	3	1	180.0	3.2919	2.0457	1.7775
0.0051	0.0164	0.0056	1	0.01829	0.0114	0.0099
0.2778	0.9114	0.3038	54.68	1	0.6214	0.5400
0.4470	1.4667	0.4889	88.0	1.6093	1	0.8689
0.5144	1.6881	0.5627	101.0	1.8520	1.1508	1

表 1.1-22

质量单位换算

SI 制			英美制					日制	
g (克)	kg (公斤)	t (吨)	car (克拉)	oz (盎司)	lb (磅)	s·t (美吨)	l·t (英吨)	日斤	日贯
1	0.001	10 ⁻⁶	15.4324	0.035274	0.0022046			0.00167	0.000267
1000	1	0.001	15432.36	35.274	2.20462	0.001102	0.000984	1.6567	0.2667
10 ⁶	1000	1		35274	2204.62	1.1023	0.9842	1666.67	266.67
0.0648			1	0.0023					0.0000173
28.3495	0.0284		437.5	1	0.0625				0.007558
453.58	0.4536	0.0004536	7000	16	1	0.0005	0.0004465	0.75586	0.120928
	907.19	0.9072		32000	2000	1	0.8929	1511.97	241.916
	1016.047	1.016		35840	2240	1.12	1	1693.41	270.95
	0.6			21.1641	1.3228			1	0.16
3750	3.75	0.00375	57871.3	132.3	8.2673	0.0041	0.00369	6.25	1

表 1.1-23

流量单位换算

m^3/s (米 ³ /秒)	ft^3/s (英尺 ³ /秒)	yd^3/s (码 ³ /秒)	l/s (升/秒)	lb/s (磅/秒)	m^3/h (米 ³ /时)	USgal/s (美加仑/秒)	UKgal/s (英加仑/秒)	ft^3/min (英尺 ³ /分)
1	35.3132	1.3079	1000	2205.0	3600	264.2000	220.0900	2119
0.0283	1	0.0370	28.326	62.4388	101.9408	7.4805	6.2279	60
0.7645	27	1	764.5134	1685.7520	2752.2482	201.9844	168.1533	1620
0.0010	0.0353	0.0013	1	2.2050	3.6000	0.2642	0.2201	2.119
0.0004536	0.0160	0.0006	0.4536	1	1.6327	0.1198	0.0998	0.96
0.0002778	0.0098	0.0004	0.2778	0.6125	1	0.0734	0.0611	0.5870
0.003785	0.1337	0.0049	3.7863	8.3487	13.626	1	0.8333	8.01
0.0045	0.1607	0.0059	4.5435	10.0184	16.3466	1.2004	1	9.62
0.00047	0.0167	0.00062	0.4720	1.041	1.70	0.1250	0.1040	1

表 1.1-24

力的单位换算

N (牛顿)	kgf (公斤力)	dn (达因)	lbf (磅力)
1	0.10197	1×10^5	0.22465
9.8066	1	9.81×10^5	2.2046
1×10^{-5}	1.02×10^{-6}	1	2.22485×10^{-6}
4.4483	0.4536	4.448×10^5	1

表 1.1-25

功、能及热量单位换算

J (焦耳)	kgf · m (公斤 · 米)	kW · h (千瓦小时)	PS · h (米制马力小时)	HP · h (英制马力小时)	kcal (千卡)	Btu (英热单位)
1	0.10204	2.778×10^{-7}	3.777×10^{-7}	3.723×10^{-7}	2.389×10^{-4}	9.48×10^{-4}
9.8	1	2.722×10^{-6}	3.701×10^{-6}	3.649×10^{-6}	2.341×10^{-3}	9.29×10^{-3}
3.6×10^6	3.673×10^5	1	1.36	1.34	859.9	3415
2.648×10^6	2.702×10^5	0.7355	1	0.9858	632.5	2510
2.686×10^6	2.741×10^5	0.7461	1.014	1	641.6	2546
4186	427.2	1.163×10^{-3}	1.581×10^{-3}	1.558×10^{-3}	1	3.968
1055	107.6	2.93×10^{-4}	3.984×10^{-4}	3.927×10^{-4}	0.252	1