

第一篇

机械设计制造总论

第一章 机械设计制造常用资料

第一节 常用资料

一、字母

表 1-1-1 汉语拼音字母

大写	小写	名称		大写	小写	名称		大写	小写	名称	
		拼音	汉字注音			拼音	汉字注音			拼音	汉字注音
A	a	a	阿	J	j	jie	街	S	s	ês	诶思
B	b	bê	玻诶	K	k	kê	科诶	T	t	tê	特诶
C	c	cê	雌诶	L	l	êl	诶勒	U	u	u	乌
D	d	dê	得诶	M	m	êm	诶摸	V	v	vê	物诶
E	e	e	鹅	N	n	nê	讷诶	W	w	wa	蛙
F	f	êf	诶佛	O	o	o	喔	X	x	xi	希
G	g	gê	哥诶	P	p	pê	坡诶	Y	y	ya	呀
H	h	ha	哈	Q	q	qiu	邱	Z	z	zê	资诶
I	i	i	衣	R	r	ar	阿儿				

注 1. 名称栏内的汉字注音是按普通话的近似音,二字以上的要连续读。

2.“ V ”只用来拼写外来语、少数民族语言和方言。

表 1-1-2 希腊字母

正体		斜体		英文名称 (国际音标注音)	正体		斜体		英文名称 (国际音标注音)
大写	小写	大写	小写		大写	小写	大写	小写	
A	α	<i>A</i>	<i>\alpha</i>	alpha['ælfə]	N	ν	<i>N</i>	<i>\nu</i>	nu[nju:]
B	β	<i>B</i>	<i>\beta</i>	beta['bi:tə]	Ξ	ξ	<i>Ξ</i>	<i>\xi</i>	xi[ksai]
Γ	γ	<i>Γ</i>	<i>\gamma</i>	gamma['dæmə]	ο	$\omicron$	<i>ο</i>	<i>\omicron</i>	omicron[ou'maikrən]
Δ	δ	<i>Δ</i>	<i>\delta</i>	delta['delta]	Π	π	<i>Π</i>	<i>\pi</i>	pi[pai]
E	ϵ ε	<i>E</i>	<i>\epsilon</i>	epsilon['epsilən]	P	ρ	<i>P</i>	<i>\rho</i>	rho[rou]
Z	ζ	<i>Z</i>	<i>\zeta</i>	zeta[zi:tə]	Σ	σ	<i>Σ</i>	<i>\sigma</i>	sigma['sigmə]
H	η	<i>H</i>	<i>\eta</i>	eta['i:tə]	T	τ	<i>T</i>	<i>\tau</i>	tau[tau]
Θ	θ θ	<i>Θ</i>	<i>\theta</i> <i>\theta</i>	theta['θi:tə]	Υ	υ	<i>Υ</i>	<i>\upsilon</i>	upsilon['ju:psilon]
I	ι	<i>I</i>	<i>\iota</i>	jota[ai'outə]	Φ	φ ϕ	<i>Φ</i>	<i>\varphi</i> <i>\phi</i>	phi[fai]
K	κ κ	<i>K</i>	<i>\kappa</i>	kappa['kæpə]	X	χ	<i>X</i>	<i>\chi</i>	chi[kai]
Λ	λ	<i>Λ</i>	<i>\lambda</i>	lambda['læmdə]	Ψ	ψ	<i>Ψ</i>	<i>\psi</i>	psi[psi:]
M	μ	<i>M</i>	<i>\mu</i>	mu[mju:]	Ω	ω	<i>Ω</i>	<i>\omega</i>	omega['oumiga]

表 1-1-3 拉丁字母

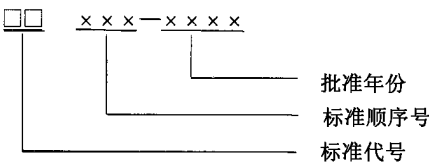
正体		斜体		名称 (国际音 标注音)	正体		斜体		名称 (国际音 标注音)
大写	小写	大写	小写		大写	小写	大写	小写	
A	a	<i>A</i>	<i>a</i>	[ei]	N	n	<i>N</i>	<i>n</i>	[en]
B	b	<i>B</i>	<i>b</i>	[bi:]	O	o	<i>O</i>	<i>o</i>	[ou]
C	c	<i>C</i>	<i>c</i>	[si:]	P	p	<i>P</i>	<i>p</i>	[pi:]
D	d	<i>D</i>	<i>d</i>	[di:]	Q	q	<i>Q</i>	<i>q</i>	[kju:]
E	e	<i>E</i>	<i>e</i>	[i:]	R	r	<i>R</i>	<i>r</i>	[a:]
F	f	<i>F</i>	<i>f</i>	[ef]	S	s	<i>S</i>	<i>s</i>	[es]
G	g	<i>G</i>	<i>g</i>	[dʒi:]	T	t	<i>T</i>	<i>t</i>	[ti:]
H	h	<i>H</i>	<i>h</i>	[eitʃ]	U	u	<i>U</i>	<i>u</i>	[ju:]
I	i	<i>I</i>	<i>i</i>	[ai]	V	v	<i>V</i>	<i>v</i>	[vi:]
J	j	<i>J</i>	<i>j</i>	[dʒei]	W	w	<i>W</i>	<i>w</i>	['dʌblju:]
K	k	<i>K</i>	<i>k</i>	[kei]	X	x	<i>X</i>	<i>x</i>	[eks]
L	l	<i>L</i>	<i>l</i>	[el]	Y	y	<i>Y</i>	<i>y</i>	[wai]
M	m	<i>M</i>	<i>m</i>	[em]	Z	z	<i>Z</i>	<i>z</i>	[zed]

二、标准分类编号及标准代号

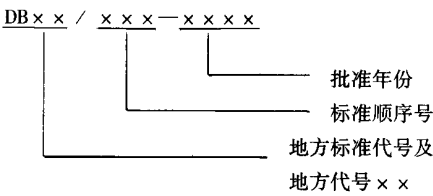
标准有国际标准、国外标准和我国标准 3 大类。

我国标准有国家标准、行业标准、地方标准和企业标准 ,还分为强制性标准和推荐性标准。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。国内部分标准代号见 1 - 1 - 4。国外部分标准代号见表 1 - 1 - 5。

我国标准的编号一般构成如下：

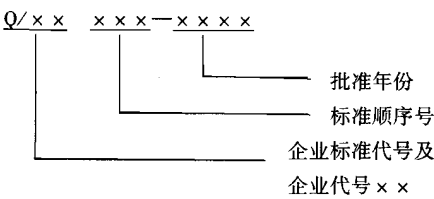


我国地方标准编号：



示例 DB21/45—92 辽宁省强制性标准 ,第 45 个标准 ,1992 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 ,1993 年批准发布。

表 1 - 1 - 4 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
JB	机械行业标准	WB	物质行业标准
DL	电力行业标准	YB	黑色冶金行业标准
HG	化工行业标准	YS	有色冶金行业标准
LD	劳动和劳动安全行业标准	GJB	原国家军用标准

JC	建材行业标准	ZB	原国家专业标准
JG	建筑工业行业标准	JB/Z	原机械部指导性标准
JT	交通行业标准	JB/CQ	原机械部机床局标准
JY	教育行业标准	NJ	原农机部标准
QB	轻工行业标准	DB11/	北京市地方标准
QC	汽车行业标准	DB12/	天津市地方标准
QJ	航天行业标准	DB15/	内蒙古自治区地方标准
SH	石油化工行业标准	DB44/	广东省地方标准
SJ	电子行业标准	DB31/	上海市地方标准

表 1－1－5

国外部分标准代号

代 号	名 称	代 号	名 称
ISO	国际标准化组织标准	ANSI	美国国家标准
IEC	国际电工委员会标准	SAE	美国汽车协会标准
IDO	联合国工业发展组织标准	NBS	美国国家标准局标准
AFNOR	法国标准协会标准	ASA	美国标准协会标准
NF	法国国家标准	AISI	美国钢铁学会标准
JIS	日本工业标准	AGMA	美国齿轮制造者协会标准
JES	日本工业产品标准统一调查会标准	ASME	美国机械工程师学会标准
		ASTM	美国材料试验标准
JSME	日本机械学会标准	AMS	美国航空材料的技术规格
JGMA	日本齿轮工业协会标准	ГОСТ	俄罗斯国家标准(原苏联标准)
BS	英国国家标准	CSN	捷克斯洛伐克国家标准
DIN	德国工业标准	UNI	意大利国家标准
VDI	德国工程师协会标准	SIS	瑞典国家标准
CSA	加拿大标准协会标准	SNV	瑞士国家标准
KS	韩国国家标准	IS	印度国家标准

三、化学元素符号(表 1-1-6)

表 1-1-6 化学元素符号(摘自 GB3102.8—1993)

原子 序数	元素名称		符 号	原子 序数	元素名称		符 号	原子 序数	元素名称		符 号	原子 序数	元素名称		符 号
	英文	中文			英文	中文			英文	中文			英文	中文	
1	hydrogen	氢	H	29	copper	铜	Cu	56	barium	钡	Ba	83	bismuth	铋	Bi
2	helium	氦	He		(cuprum)			57	lanthanum	镧	La	84	polonium	钋	Po
3	lithium	锂	Li	30	zinc	锌	Zn	58	cerium	铈	Ce	85	astatine	砹	At
4	beryllium	铍	Be	31	gallium	镓	Ca	59	praseodymium	镨	Pr	86	radon	氡	Rn
5	boron	硼	B	32	germanium	锗	Ge	60	neodymium	钕	Nd	87	francium	钫	Fr
6	carbon	碳	C	33	arsenic	砷	As	61	promethium	钷	Pm	88	radium	镭	Ra
7	nitrogen	氮	N	34	selenium	硒	Se	62	samarium	钐	Sm	89	actinium	锕	Ac
8	oxygen	氧	O	35	bromine	溴	Br	63	europium	铕	Eu	90	thorium	钍	Th
9	fluorine	氟	F	36	krypton	氪	Kr	64	gadolinium	钆	Gd	91	protactinium	镤	Pa
10	neon	氖	Ne	37	rubidium	铷	Rb	65	terbium	铽	Tb	92	uranium	铀	U
11	sodium (natrium)	钠	Na	38	strontium	锶	Sr	66	dysprosium	镝	Dy	93	neptunium	镎	Np
				39	yttrium	钇	Y	67	holmium	铥	Ho	94	plutonium	钚	Pu
12	magnesium	镁	Mg	40	zirconium	锆	Zr	68	erbium	铒	Er	95	americium	镅	Am
13	aluminium	铝	Al	41	niobium	铌	Nb	69	thulium	铥	Tm	96	curium	锔	Cm
14	silicon	硅	Si	42	molybdenum	钼	Mo	70	ytterbium	镱	Yb	97	berkelium	锫	Bk
15	phosphorus	磷	P	43	technetium	锝	Tc	71	lutetium	镥	Lu (Cp)	98	californium	锎	Cf
16	sulfur	硫	S	44	ruthenium	钌	Ru	72	hafnium	铪	Hf	99	einsteinium	锿	Es
17	chlorine	氯	Cl	45	rhodium	铑	Rh	73	tantalum	钽	Ta	100	fermium	镆	Fm
18	argon	氩	Ar	46	palladium	钯	Pd	74	tungsten (wolfram)	钨	W	101	mendelevium	钔	Md
19	potassium (kalium)	钾	K	47	silver (argentum)	银	Ag	75	rhennium	铼	Re	102	nobelium	锗	No
20	calcium	钙	Ca	48	cadmium	镉	Cd	76	osmium	钌	Os	103	lawrencium	锔	Lr
21	scandium	钪	Sc	49	indium	铟	In	77	iridium	铱	Ir	104	unnilquadium	Unq	
22	titanium	钛	Ti	50	tin	锡	Sn	78	platinum	铂	Pt	105	unnilpentium	Unq	
23	vanadium	钒	V		(stannum)			79	gold (aurum)	金	Au	106	unnilhexium	Unh	
24	chromium	铬	Cr	51	antimony	锑	Sb	80	mercury (hydrargyrum)	汞	Hg	107	unnilseptium	Uns	
25	manganese	锰	Mn	52	tellurium	碲	Te	81	thallium lead	铊	Tl	108	unniloctium	Uno	
26	iron (ferrum)	铁	Fe	53	iodine	碘	I	82	lead (plumbum)	铅	Pb	109	unnilennium	Une	
27	cobalt	钴	Co	54	xenon	氙	Xe					混合稀土元素		RE ^①	
28	nickel	镍	Ni	55	caesium	铯	Cs								

① GB/T211 - 2000 规定。

四、常用材料的参数(1－1－7～1－1－10)

表 1－1－7 常用材料的密度

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		

表 1－1－8 常用材料的弹性、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
				轧制铝	0.69	2.6~2.7	0.28~0.32
				铸铝青铜	1.05	4.2	0.25
球墨铸铁	1.51~1.6	6.1	0.25~0.29	普通玻璃	0.56	0.21~0.23	0.25
碳钢	2~2.2	7.8~8.1	0.24~0.28	混凝土(抗 压强度 9. 8MPa)	0.196~0.146		
铸钢	1.75~2.16	7.0~8.4	0.25~0.29				
镍铬钢	2.1	8.1	0.25~0.30				
工具钢	2.1~2.2	8.0~8.5	0.29~0.30	混凝土(抗 压强度 14. 7)	0.214~0.164		
黄铜	0.9~1.4	3.5~3.7	0.32~0.42				
紫铜	1.1~1.3	4.9	0.23				
轧制磷青铜	1.15	4.2	0.35~0.37	混凝土(抗 压强度 19. 6MPa)	0.232~0.182		
冷拉黄铜、 青铜	0.91~0.99	3.5~3.7	0.30~0.34				

表 1－1－9 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
Ni32Co4Vn	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 $\Delta l=\alpha l(t_2-t_1)=11.5\times 10^{-6}\times 1000\times (23-20)=0.0345\text{mm}$ 。

表 1－1－10 常用材料的熔点、热导率和比热容

名称	熔点(℃)	热导率		比热容		名称	熔点(℃)	热导率		比热容	
		($\frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$)	($\frac{\text{kcal}}{\text{m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}}$)	($\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$)	($\frac{\text{kcal}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}$)			($\frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$)	($\frac{\text{kcal}}{\text{m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}}$)	($\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$)	($\frac{\text{kcal}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}$)
灰铸铁	1 200	46.4~92.8	40~80	544.3	0.130	铝	658	203	175	904.3	0.216
铸钢	1 425			489.9	0.117	铅	327	34.8	30	129.8	0.031
软钢	400~1 500	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	1 452	59.2	51	452.2	0.108

注 表中的热导率值指 0~100℃ 的范围内。

五、摩擦因数(表 1－1－11~1－1－13)

表 1－1－11 常用材料的摩擦因数

材料名称	摩擦因数 f			材料名称	摩擦因数 f		
	静摩擦	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		0.40		橡胶—纸	1.0		
基白合金							
软钢—锡		0.30		硬钢—红宝石		0.24	
基白合金							
软钢—锡镍合金		0.35		硬钢—蓝宝石		0.35	
软钢—油膜				硬钢—二			
轴承合金		0.18		硫化钼		0.15	
软钢—铝青铜	0.20						

①表示有润滑剂情况。

表 1 - 1 - 12 物体的摩擦因数

名 称			摩擦因数 f	名 称		摩擦因数 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系数	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) $p = 0.2 \sim 0.6\text{MPa}$	0.350 ~ 0.460	
				离合器装有黄铜丝的压制石棉带 $p = 0.2 \sim 0.12\text{MPa}$	0.430 ~ 0.400	

表 1 - 1 - 13 滚动摩擦因数的概略值 cm

摩 擦 材 料		摩 擦 材 料		摩 擦 材 料	
软钢—软钢		0.005		木材—钢	
淬火钢—淬火钢		0.001		表面 淬 火 车	
铸铁—铸铁		0.005		轮—钢轨	
				圆锥形车轮	
				圆柱形车轮	
				0.03 ~ 0.04	
				0.08 ~ 0.1	
				0.05 ~ 0.07	

六、机械传动效率的概略值(表 1-1-14)。

表 1-1-14 机械传动效率的概略值

类别	传动型式	效率 η	类别	传动型式	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 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)	0.97 ~ 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 ($i = 2 \sim 6$)	0.99 ~ 0.95
	圆弧面蜗杆	0.85 ~ 0.95		滑动轴承 ($i = 2 \sim 6$)	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			

七、各种硬度对照表(表 1-1-15)

表 1-1-15 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	—	1 037	—	—	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	—	—	—	—	—

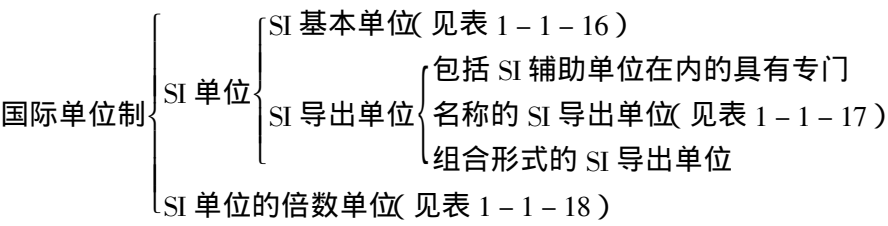
注 布氏硬度与抗压强度(MPa)的近似关系为：

碳钢(HB<175) $\sigma_b = 3.62HB$ 黄铜(退火) $\sigma_b = 5HB$
(HB>175) $\sigma_b = 3.45HB$ 镍钢及铬镍钢 $\sigma_b = 3.44HB$
铸钢件 $\sigma_b = (3 \sim 4)HB$ 锌合金铸件 $\sigma_b = 0.9HB$

第二节 计算单位和单位换算

一、国际单位制及其应用(摘自 GB3100—1993)

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 :



有关单位见表 1 - 1 - 16 ~ 表 1 - 1 - 18。

表 1 - 1 - 16 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 - 17 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	电感	亨[利]	H	1H = Wb/A
压力、压强、应力	帕[斯卡]	Pa	1Pa = 1N/m ²	摄氏温度	摄氏度	℃	1℃ = 1K
能[量]、功、热量	焦[耳]	J	1J = 1N·m	光通量	流[明]	lm	1lm = 1cd·sr
功率、辐[射能]通量	瓦[特]	W	1W = 1J/S	光照度	勒[克斯]	lx	1lx = 1m/m ²
电荷[量]	库[仑]	C	1C = 1A·S	放射性活度 ^①	贝可[勒尔]	Bq	1Bq = 1s ⁻¹
电压、电动势、电位(电势)	伏[特]	V	1V = 1W/A	吸收剂量 ^①	戈[瑞]	Gy	1Gy = 1J/kg
电容	法[拉]	F	1F = 1C/V	比释动能			
电阻	欧[姆]	Ω	1Ω = 1V/A	剂量当量 ^①	希[沃特]	Sv	1Sv = 1J/kg

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 - 18 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。

二、可与 SI 单位并用的我国法定计量单位(表 1－1－19)

表 1－1－19 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′ = (π/180)rad
	〔角〕分	(′)	1′ = 60″ = (π/10800)rad
	〔角〕秒	(″)	1″ = (π/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 = 1dm 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	1tex = 1g/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,l属同等地位,可任意选用。
3. 公顷的国际通用符号为 ha。

三、法定计量单位与非法定计量单位的换算(表 1－1－20~表 1－1－22)

表 1－1－20 长度单位换算

m (米)	cm (厘米)	mm (毫米)	忽米 ^①	μm (微米)	ft (英尺)	in (英寸)
----------	------------	------------	-----------------	------------	------------	------------

1	100	1000	100000	1000000	3.2808	39.37
0.01	1	10	1000	10000	0.0328	0.3937
0.001	0.1	1	100	1000	0.00328	0.03937
0.00001	0.001	0.01	1	10	0.0000328	0.0003937
0.000001	0.0001	0.001	0.1	1	0.00000328	0.00003937
0.3048	30.48	304.8	30480.37	304803.706	1	12
0.0254	2.54	25.4	2540.03	25400.3	0.0833	1

①工厂习惯把忽米称作“丝”或“道”。

表 1－1－21 功率单位换算

W (瓦)	KW (千瓦)	HP (公制马力)	kgf·m/s(公斤力·米/秒)
1	0.001	0.00136	0.102
1000	1	1.36	102
735	0.735	1	75
9.81	0.00981	0.0133	1
1.356	0.00136	0.00184	0.138

表 1－1－22 常用法定计量单位与非法定计量单位的换算

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单 位 换 算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
长度	米	m	公里		1 公里 = 10 ³ m
	海里	n mile	费密		1 费密 = 1fm = 10 ⁻¹⁵ m
			埃	Å	1 Å = 0.1nm = 10 ⁻¹⁰ m
			英尺	ft	1 ft = 0.3048m
			英寸	in	1 in = 0.0254m
			英里	mile	1 mile = 1609.344m
			密耳	mil	1 mil = 25.4 × 10 ⁻⁶ m
面积	平方米	m ²	公亩	a	1 a = 10 ² m ²
			公顷	ha	1 ha = 10 ⁴ m ²
			平方英尺	ft ²	1 ft ² = 0.0929030m ³
			平方英寸	in ²	1 in ² = 6.4516 × 10 ⁻⁴ m ²
			平方英里	mile ²	1 mile ² = 2.58999 × 10 ⁶ m ²

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单 位 换 算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
体积、容积	立方米	m ³	立方英尺	ft ³	1ft ³ = 0.0283168m ³
	升	L (l)	立方英寸	in ³	1in ³ = 1.63871 × 10 ⁻⁵ m ³
			英加仑	UKgal	1UKgal = 4.54609dm ³
			美加仑	USgal	1USgal = 3.78541dm ³
质量	千克 (公斤)	kg	磅	lb	1lb = 0.45359237kg
	吨	t	英担	cwb	1cwb = 50.8023kg
	原子质量单位	u	英吨	ton	1ton = 1016.05kg
			短庄	sh ton	1sh ton = 907.185kg
			盎司	oz	1oz = 28.3495g
			格令	gr, gn	1gr = 0.06479891g
			夸特	qr, qtr	1qr = 12.7006kg
			米制克拉		1米制克拉 = 2 × 10 ⁻⁴ kg
热力学温度	开〔尔文〕	K			表示温度差和温度间隔时: 1℃ = 1K
	摄氏温度	℃			表示温度的数值时: 摄氏温度值℃ = (热力学温度值 K - 273.15)
			华氏温度	°F	表示温度差和间隔时 1°F = $\frac{5}{9}$ °C,
					表示温度数值时 K = $\frac{5}{4}$ (°F + 459.67) °C = $\frac{5}{9}$ (°F - 32)
			兰氏温度	°R	表示温度数值时: °C = $\frac{5}{9}$ °R - 273.15; K = $\frac{5}{9}$ °R
旋转速度	转每分	r/min	转每秒	r/s, rev/s rpm	1r/s = (1/60) r/min 1rpm = 1r/min
力; 重力	牛〔顿〕	N	达 因	dyn	1dyn = 10 ⁻⁵ N
			千克力	kgf	1kgf = 9.80665N
			磅 力	lbf	1lbf = 4.44822N
			吨 力	tf	1tf = 9.8065 × 10 ³ N
压力, 压强; 应力	帕〔斯卡〕	Pa	巴	bar	1bar = 10 ⁵ Pa
			千克力每平方厘米	kgf/cm ²	1kgf/cm ² = 0.0980665MPa
			毫米水柱	mmH ₂ O	1mmH ₂ O = 9.80665Pa
			毫米汞柱	mmHg	1mmHg = 133.322Pa
			托	Torr	1Torr = 133.322Pa
			工程大气压	at	1at = 98066.5Pa = 98.0665kPa
			标准大气压	atm	1atm = 101325Pa = 101.325kPa
			磅力每平方英尺	lbf/ft ²	1lbf/ft ² = 47.8803Pa
			磅力每平方英寸	lbf/in ²	1lbf/in ² = 6894.76Pa = 6.89476kPa
能量; 功; 热	焦〔耳〕	J	尔格	erg	1erg = 10 ⁻⁷ J
	电子伏	eV			1kW·h = 3.6MJ

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
	千瓦小时	kW·h	千克力米 英马小时 卡 热化学卡 马力小时 电工马力小时 英热单位	kgf·m hp·h cal cal _{th} Btu	1kgf·m = 9.80665J 1hp·h = 2.68452MJ 1cal = 4.1868J 1cal _{th} = 4.1840J 1 马力小时 = 2.64779MJ 1 电工马力小时 = 2.68560MJ 1Btu = 1055.06J = 1.05506kJ
功率 辐射通量	瓦〔特〕	W	千克力米每秒 马力, 米制马力 英马力 电工马力 卡每秒 千卡每小时 热化学卡每秒 伏安 乏 每小时英热单位	kgf·m/s 法 ch, CV; 德 PS hp cal/s kcal/h cal/s VA var Btu/h	1kgf·m/s = 9.80665W 1ch = 735.499W 1hp = 745.700W 1 电工马力 = 746W 1cal/s = 4.1868W 1kcal/h = 1.163W 1cal _{th} /h = 4.184W 1VA = 1W 1var = 1W 1Btu/h = 0.293071W
电导	西〔门子〕	S	姆欧	Ω	1Ω = 1S
磁通量	韦〔伯〕	Wb	麦克斯韦	Mx	1Mx = 10 ⁻⁸ Wb
磁通量密度, 磁感应强度	特〔斯拉〕	T	高斯	Gs, G	1Gs = 10 ⁻⁴ T
光照度	勒〔克斯〕	lx	英尺烛光	lm/ft ²	1lm/ft ² = 10.76lx
速度	米每秒 节 千米每小时 米每分	m/s kn km/h m/min	英尺每秒 英寸每秒 英里每小时	ft/s in/s mile/h	1ft/s = 0.3048m/s 1in/s = 0.0254m/s 1mile/h = 0.44704m/s 1km/h = 0.277778m/s 1m/min = 0.0166667m/s
加速度	米每二次方秒	m/s ²	标准重力 加速度 英尺每二次方秒 伽	gn ft/s ² Gal	1gn = 9.80665m/s ² 1ft/s ² = 0.3048m/s ² 1Gal = 10 ⁻² m/s ²
线密度、纤度	千克每米 特〔克斯〕	kg/m tex	旦 磅每英尺 磅每英寸	 lb/ft lb/in	1tex = 10 ⁻⁶ kg/m 1 旦 = 0.111112 × 10 ⁻⁶ kg/m 1lb/ft = 1.18816kg/m 1lb/in = 17.8580kg/m
密度	千克每立方米	kg/m ³	磅每立方英尺 磅每立方英寸	lb/ft ³ lb/in ³	1lb/ft ³ = 16.0185kg/m ³ 1lb/in ³ = 37979.9kg/m ³

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单 位 换 算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
比体积, 比容积	立方米每千克	m^3/kg	立方英尺每磅	ft^3/lb	$1\text{ft}^3/\text{lb} = 0.0624280\text{m}^3/\text{kg}$
			立方英寸每磅	in^3/lb	$1\text{in}^3/\text{lb} = 3.61273 \times 10^{-5}\text{m}^3/\text{kg}$
质量流率	千克每秒	kg/s	磅每秒	lb/s	$1\text{lb/s} = 0.453592\text{kg/s}$
			磅每小时	lb/h	$1\text{lb/h} = 1.25998 \times 10^{-4}\text{kg/s}$
体积流率	立方米每秒	m^3/s	立方英尺每秒	ft^3/s	$1\text{ft}^3/\text{s} = 0.0283168\text{m}^3/\text{s}$
	升每秒	L/s	立方英寸每小时	in^3/h	$1\text{in}^3/\text{h} = 4.55196 \times 10^{-6}\text{L/s}$
转动惯量	千克二次方米	$\text{kg}\cdot\text{m}^2$	磅二次方英尺	$\text{lb}\cdot\text{ft}^2$	$1\text{lb}\cdot\text{ft}^2 = 0.0421401\text{kg}\cdot\text{m}^2$
			磅二次方英寸	$\text{lb}\cdot\text{in}^2$	$1\text{lb}\cdot\text{in}^2 = 2.92640 \times 10^{-4}\text{kg}\cdot\text{m}^2$
动量	千克米每秒	$\text{kg}\cdot\text{m/s}$	磅英尺每秒	$\text{lb}\cdot\text{ft/s}$	$1\text{lb}\cdot\text{ft/s} = 0.138255\text{kg}\cdot\text{m/s}$
角动量	千克二次方米每秒	$\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$	磅二次方英尺每秒	$\text{lb}\cdot\text{ft}^2/\text{s}$	$1\text{lb}\cdot\text{ft}^2 = 0.0421401\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$
力矩	牛顿米	$\text{N}\cdot\text{m}$	千克力米	$\text{kgf}\cdot\text{m}$	$1\text{kgf}\cdot\text{m} = 9.80665\text{N}\cdot\text{m}$
			磅力英尺	$\text{lbf}\cdot\text{ft}$	$1\text{lbf}\cdot\text{ft} = 1.35582\text{N}\cdot\text{m}$
动力粘度	帕斯卡秒	$\text{Pa}\cdot\text{s}$	泊	P, Po	$1\text{P} = 10^{-1}\text{Pa}\cdot\text{s}$
			厘泊	cP	$1\text{cP} = 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$
			千克力秒每平方米	$\text{kgf}\cdot\text{s}/\text{m}^2$	$1\text{kgf}\cdot\text{s}/\text{m}^2 = 9.80665\text{Pa}\cdot\text{s}$
			磅力秒每平方英尺	$\text{lbf}\cdot\text{s}/\text{ft}^2$	$1\text{lbf}\cdot\text{s}/\text{ft}^2 = 47.8803\text{Pa}\cdot\text{s}$
			磅力秒每平方英寸	$\text{lbf}\cdot\text{s}/\text{in}^2$	$1\text{lbf}\cdot\text{s}/\text{in}^2 = 6894.76\text{Pa}\cdot\text{s}$
运动粘度, 热扩散率	二次方米每秒	m^2/s	斯托克斯	St	$1\text{St} = 10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$
			厘斯托克斯	cSt	$1\text{cSt} = 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$
			二次方英尺每秒	ft^2/s	$1\text{ft}^2/\text{s} = 9.29030 \times 10^{-2}\text{m}^2/\text{s}$
			二次方英寸每秒	in^2/s	$1\text{in}^2/\text{s} = 6.4516 \times 10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$
比能	焦耳每千克	J/kg	千卡每千克	kcal/kg	$1\text{kcal/kg} = 4186.8\text{J/kg}$
			热化学千卡每千克	$\text{kcal}_{\text{th}}/\text{kg}$	$1\text{kcal}_{\text{th}}/\text{kg} = 4184\text{J/kg}$
			英热单位每磅	Btu/lb	$1\text{Btu/lb} = 2326\text{J/kg}$
比热容,比熵	焦耳每千克开尔文	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	千卡每千克开尔文	$\text{kcal}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	$1\text{kcal}/(\text{kg}\cdot\text{K}) = 4186.8\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
			热化学千卡每千克开尔文	$\text{kcal}_{\text{th}}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	$1\text{kcal}_{\text{th}}/(\text{kg}\cdot\text{K}) = 4184\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
			英热单位每磅 华氏度	Btu/(lb·°F)	1Btu/(lb·°F) = 4186.8J/(kg·K)
传热系数	瓦特每平方米 开尔文	W/(m²·K)	卡每平方米 米秒开尔文	cal/(cm²·s·K)	1cal/(cm²·s·K) = 41868W/(m²·K)
			千卡每平方米 小时开尔文	kcal/(m²·h·K)	1kcal/(m²·h·K) = 1.163W/(m²·K)
			英热单位每 平方英尺 小时华氏度	Btu/(ft²·h·°F)	1Btu/(ft²·h·°F) = 5.67862W/(m²·K)
热导率	瓦特每米 开尔文	W/(m·K)	卡每厘米秒 开尔文	cal/(cm·s·K)	1cal/(cm²·s·K) = 418.68W/(m·K)
			千卡每米小 时开尔文	kcal/(m·h·K)	1kcal/(m·h·K) = 1.163W/(m·K)
			英热单位每英 尺小时华氏度	Btu/(ft·h·°F)	1Btu/(ft·h·°F) = 1.73073W/(m·K)

第三节 常用数学

一、常用三角计算(表 1-1-23 和表 1-1-24)

表 1-1-23 直角三角形边长和角度计算公式

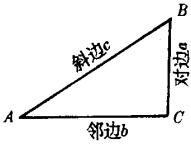
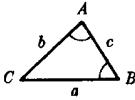
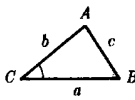
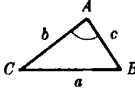
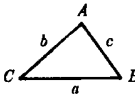
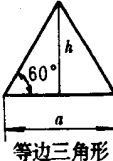
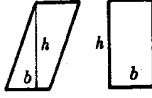
 $\angle A + \angle B = 90^\circ$ $a^2 + b^2 = c^2$ 对于 A 角来说, a——对边 b——邻边 c——斜边		已知边和角度	求未知边和角度的公式	
A 角的正弦 $\sin A = \frac{a}{c} = \frac{\text{对边}}{\text{斜边}}$ A 角的余弦 $\cos A = \frac{b}{c} = \frac{\text{邻边}}{\text{斜边}}$ A 角的正切 $\tan A = \frac{a}{b} = \frac{\text{对边}}{\text{邻边}}$ A 角的余切 $\cot A = \frac{b}{a} = \frac{\text{邻边}}{\text{对边}}$ A 角的正割 $\sec A = \frac{c}{b} = \frac{\text{斜边}}{\text{邻边}}$ A 角的余割 $\csc A = \frac{c}{a} = \frac{\text{斜边}}{\text{对边}}$		a 边及 b 边	$c = \sqrt{a^2 + b^2}$	$\tan A = a/b$
		a 边及 c 边	$b = \sqrt{c^2 - a^2}$	$\sin A = a/c$
		b 边及 c 边	$a = \sqrt{c^2 - b^2}$	$\cos A = b/c$
		a 边及 A 角	$c = a/\sin A$	$b = a \times \cot A$
		a 边及 B 角	$c = a/\cos B$	$b = a \times \tan B$
		b 边及 A 角	$c = b/\cos A$	$a = b \times \cot A$
		b 边及 B 角	$c = b/\sin B$	$a = b \times \cot B$
		c 边及 A 角	$a = c \times \sin A$	$b = c \times \cos A$
		c 边及 B 角	$a = c \times \cos B$	$b = c \times \sin B$

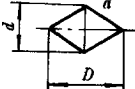
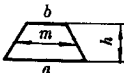
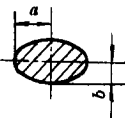
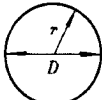
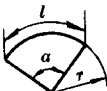
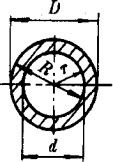
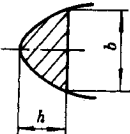
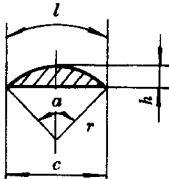
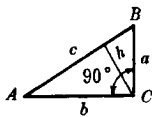
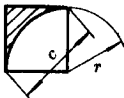
表 1-1-24 任意三角形边长和角度的计算公式

图 形	计 算 公 式
 已知: a 边; $\angle A$; $\angle B$	$\angle C = 180^\circ - (\angle A + \angle B)$ $b = \frac{a \times \sin B}{\sin A}$ $c = \frac{a \times \sin C}{\sin A}$ 面积 $F = \frac{a \times b \times \sin C}{2}$
 已知: a 边; b 边; $\angle C$	$\tan A = \frac{a \times \sin C}{b - a \times \cos C}; c = \frac{a \times \sin C}{\sin A}$ $\angle B = 180^\circ - (\angle A + \angle C);$ c 边也可用以下公式求出 $c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos C}$ 面积 $F = \frac{a \times b \times \sin C}{2}$
 已知: a 边; b 边; $\angle A$	$\sin B = \frac{b \times \sin A}{a}; c = \frac{a \times \sin C}{\sin A}$ $\angle C = 180^\circ - (\angle A + \angle B)$ 面积 $F = \frac{a \times b \times \sin C}{2}$
 已知: a、b、c 边	$\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc};$ $\sin B = \frac{b \times \sin A}{a};$ $\angle C = 180^\circ - (\angle A + \angle B);$ 面积 $F = \frac{a \times b \times \sin C}{2}$

二、常用几何图形的面积计算公式(表 1-1-25)

表 1-1-25 常用几何图形的面积计算公式

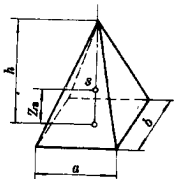
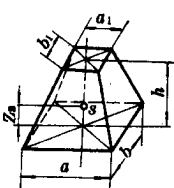
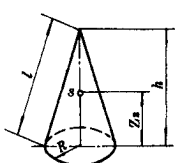
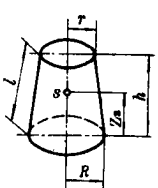
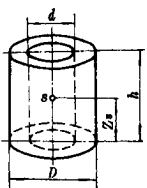
名称和图形	计算公式	名称和图形	计算公式
 等边三角形	面积 $F = \frac{a \times h}{2} = 0.433a^2$, 或 $F = 0.578h^2$ 底边 $a = 1.155h$ 高 $h = 0.866a$	 平行四边形和矩形	面积 $F = b \times h$

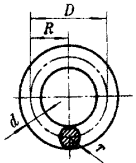
名称和图形	计算公式	名称和图形	计算公式
 正方形	面积 $F = a^2$, 或 $F = \frac{d^2}{2}$ 边 $a = 0.707d$ 对角线 $d = 1.414a$	 菱形	面积 $F = \frac{D \times d}{2}$ 边 $a = \frac{1}{2} \sqrt{D^2 + d^2}$
 正多边形	面积 $F = \frac{\text{边长} \times \text{弦距}}{2} \times \text{边数}$ $= \frac{a \times K}{2} \times n$ 圆心角 $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$, 内角 $\gamma = 180^\circ - \frac{360^\circ}{n}$	 梯形	面积 $F = \frac{\text{上底} + \text{下底}}{2} \times \text{高}$ $= \frac{a+b}{2} \times h$, 或 $F = \text{中线} \times \text{高} = m \times h$ 中线 $m = \frac{a+b}{2}$
 椭圆	面积 $F = \text{长轴半径} \times \text{短轴半径} \times \pi$ $= \pi \times a \times b$	 圆	面积 $F = \frac{\pi}{4} \times D^2 = 0.7854D^2$ 或 $F = \pi \times r^2 = 3.1416r^2$ 圆周长 $C = 2\pi r = \pi D$
 扇形	面积 $F = \frac{\pi \times r^2 \times \alpha}{360}$ $= 0.008727r^2 \times \alpha$, 或 $F = \frac{r}{2} \times \text{弧长 } l$ 弧长 $l = 0.017453r\alpha$ (α 的单位是度), 或 $l = r \times \text{圆心角弧度数}$	 圆环	面积 $F = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$, 或 $F = \pi (R^2 - r^2)$
 抛物线弓形	面积 $F = \frac{2}{3} b \times h$	 圆弓形	面积 $F = \frac{l \times r}{2} - \frac{c (r-h)}{2}$ 弦的长度 $c = 2 \sqrt{h (2r-h)}$ 圆的半径 $r = \frac{c^2 + 4h^2}{8h}$ 弧高 $h = r - \frac{1}{2}$ $\sqrt{4r^2 - c^2}$ 圆心角 $\alpha = \frac{57.296l}{r}$
 直角三角形	面积 $F = \frac{a \times b}{2}$ 斜边 $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ 直角高 $h = \frac{a \times b}{c}$	 角楔	面积 $F = r^2 - \frac{\pi \times r^2}{4}$ $= 0.215r^2$, 或 $F = 0.1075c^2$

三、常用几何体的面积、体积及形心位置(表 1-1-26)

表 1-1-26 常用几何体的面积、体积及形心位置

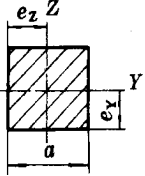
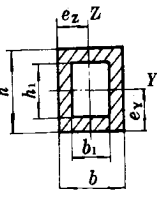
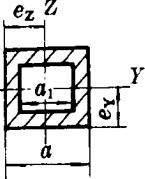
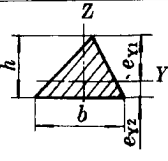
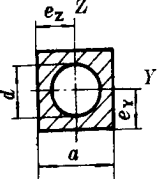
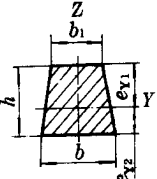
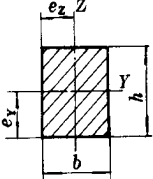
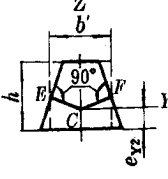
名称	简 图	体积 V	侧面积 A 全面积 A_n	形心位置 s
截体球		$V = \frac{\pi}{6} h (3a^2 + h^2)$ $= \frac{\pi}{3} h^2 (3R - h)$ 平截面半径 $a = \sqrt{h (2R + h)};$ $h = R + \sqrt{R^2 - a^2}$	$A = 2\pi R h$ $= \pi (a^2 + h^2)$ $A_n = \pi (2R h + a^2)$ $= \pi (h^2 + 2a^2)$	
斜截圆柱体		$V = \frac{\pi}{2} r^2 (h_2 + h_1)$	$A = \pi r (h_2 + h_1)$ $A_n = \pi r [h_2 + h_1 + r + \sqrt{r^2 + \frac{(h_2 - h_1)^2}{4}}]$	$Y_s = \frac{r (h_2 - h_1)}{4 (h_2 + h_1)}$ $Z_s = \frac{h_2 + h_1}{4} + \frac{(h_2 - h_1)^2}{16 (h_2 + h_1)}$
正六棱柱		$V = 2.598 a^2 h$ 对角线长度 $d = \sqrt{h^2 + 4a^2}$	$A = 6ah$ $A_n = 6ah + 5.196a^2$	$Z_s = \frac{h}{2}$
六棱锥		$V = \frac{hA_0}{3}$ $= 0.866a^2 h$	$A = 1.5a \sqrt{4H_2 - a^2}$ 底面积 $A_a = 2.598a^2$	$Z_s = \frac{h}{4}$
六棱台		$V = \frac{h}{3} (A_0 + \sqrt{A_0 \cdot A_1} + A_1)$	底面积 $A_0 = 2.598a^2$ 顶面积 $A_1 = 2.598a_1^2$ $A = 3H (a_1 + a)$ H 为侧面梯形高	$Z_s = \frac{h(A_1 + 2\sqrt{A_0 \cdot A_1} + 3A_0)}{4(A_1 + \sqrt{A_0 \cdot A_1} + A_0)}$

名称	简图	体积 V	侧面积 A 全面积 A_n	形心位置 s
正四棱锥		$V = \frac{1}{3} abh$	$A = \frac{1}{2} [b \sqrt{4h^2 + a^2} + a \sqrt{4h^2 + b^2}]$ $A_n = ab + \frac{1}{2} [b \sqrt{4h^2 + a^2} + a \sqrt{4h^2 + b^2}]$	$Z_s = \frac{h}{4}$
四棱台		$V = \frac{h}{6} (2ab + ab_1 + a_1b + 2a_1b_1)$	$A = \frac{1}{2} (a_1 + a_2) \times \sqrt{(b - b_1)^2 + 4h^2} + \frac{1}{2} (b_1 + b) \times \sqrt{(a - a_1)^2 + 4h^2}$ $A_n = A + a_1b_1 + ab$	$Z_s = \frac{h(ab + ab_1 + a_1b + 3a_1b)}{2(2ab + ab_1 + a_1b + 2a_1b_1)}$
圆锥		$V = \frac{\pi}{3} R^2 h$	$A = \pi Rl$ $= \pi R \sqrt{R^2 + h^2}$ $A_n = \pi R(R + \sqrt{R^2 + h^2})$ $l = \sqrt{R^2 + h^2}$	$Z_s = \frac{h}{4}$
圆锥台		$V = \frac{\pi}{3} h (R^2 + Rr + r^2)$	$A = \pi l (R + r)$ $A_n = A + \pi (R^2 + r^2)$ $l = \sqrt{(R - r)^2 + h^2}$	$Z_s = \frac{h (R^2 + 2Rr + 3r^2)}{4 (R^2 + Rr + r^2)}$
空心圆柱体		$V = \frac{\pi}{4} h (D^2 - d^2)$	$A = \pi h (D + d)$ $A_n = A + \frac{1}{2} (D^2 - d^2)$	$Z_s = \frac{h}{2}$

名称	简图	体积 V	侧面积 A 全面积 A_n	形心位置 s
圆环体		$V = 2\pi^2 R r^2$ $= \frac{1}{4} \pi^2 D d^2$	$A_n = 4\pi^2 R r$ $= \pi^2 D r$	

四、常用截面的几何特性计算公式(表 1-1-27 和表 1-1-28)

表 1-1-27 常用截面的几何特性计算公式

名称	简图	I (cm ⁴) I_n (cm ⁴) e (cm)	名称	简图	I (cm ⁴) I_n (cm ⁴) e (cm)
正方形		$I_Y = I_Z = \frac{a^4}{12}$ $I_n = 0.1406 a^4$ $e_Y = e_Z = \frac{a}{2}$	对称空心矩形		$I_Y = \frac{bh^3 - b_1h_1^3}{12}$ $I_Z = \frac{b^3h - b_1^3h_1}{12}$ $I_n = \frac{2\delta\delta_1(h-\delta)^2(b-\delta_1)^2}{h\delta + b\delta_1 - \delta^2 - \delta_1^2}$ $\delta = \frac{h-h_1}{2}; \delta_1 = \frac{b-b_1}{2}$ $e_Y = \frac{h}{2}$ $e_Z = \frac{b}{2}$
空心正方形		$I_Y = I_Z = \frac{a^4 - a_1^4}{12}$ $I_n = 0.1406 (a^4 - a_1^4)$ $e_Y = e_Z = \frac{a}{2}$		三角形	
圆孔正方形		$I_Y = I_Z$ $= 0.083 a^4 - 0.049 d^4$ $I_n = 0.1406 a^4 - 0.098 d^4$ $e_Y = e_Z = \frac{a}{2}$	梯形		$I_Y = \frac{h^3(b^2 + 4bb_1 + b_1^2)}{36(b + b_1)}$ 对等腰梯形, 由形心 C 对两腰作垂线得交点 E、F, 并由此得出用虚线表示的矩形面积 b'h I_n 按矩形面积 b'h 计算 $e_{Y1} = \frac{2b + b_1}{3(b + b_1)} \cdot h$ $e_{Y2} = \frac{b + 2b_1}{3(b + b_1)} \cdot h$
矩形		$I_Y = \frac{bh^3}{12} \quad I^Z = \frac{b^3h}{12}$ $I_n = ab^3h \text{ ①}$ $e_Y = h/2; e_Z = \frac{b}{2}$			

名称	简图	$I \text{ (cm}^4\text{)}$ $I_n \text{ (cm}^4\text{)}$ $e \text{ (cm)}$	名称	简图	$I \text{ (cm}^4\text{)}$ $I_n \text{ (cm}^4\text{)}$ $e \text{ (cm)}$
斜置矩形		$I_Y = \frac{bh}{12} (h^2 \cos^2 \alpha + b^2 \sin^2 \alpha)$ $I_n = ahb^3 \text{①}$ $e_Y = \frac{h \cos \alpha + b \sin \alpha}{2}$	多齿花键形		$I_Y =$ $\frac{\pi d^4}{64} + \frac{nb(D-d)(D+d)^2}{64}$ n ——花键齿数 $I_n =$ $\frac{\pi d^4}{32} + \frac{nb(D-d)(D+d)^2}{36}$ $e_Y = \frac{D}{2}$
正六边形		$I_Y = I_Z = 0.541 a^4 = 0.068 s^4$ $I_n = 1.04 a^4 = 0.115 s^4$ $e_Y = 0.5 \quad s = 0.866 a$ $e_Z = 0.577 s = a$	空心圆		$I_Y = I_Z$ $= \frac{\pi d^4}{64} [1 - (\frac{d_0}{d})^4]$ $I_n = \frac{\pi d^4}{32} [1 - (\frac{d_0}{d})^4]$ $e_Y = e_Z = \frac{d}{2}$
单键槽圆形		$I_Y = \frac{\pi d^4}{64} - \frac{bt(d-t)^2}{4}$ $I_n = \frac{\pi d^4}{32} - \frac{bt(d-t)^2}{4}$ $e_Y = \frac{d}{2}$			
双键槽圆形		$I_Y = \frac{\pi d^4}{64} - \frac{bt(d-t)^2}{4}$ $I_n = \frac{\pi d^4}{32} - \frac{bt(d-t)^2}{4}$ $e_Y = \frac{d}{2}$	半圆环形		$I_Y = 0.00686 (D^4 - d^4)$ $- \frac{0.0177 d^2 D^2 (D-d)}{D+d}$ 当壁厚很小时 $I_Y \approx 0.088 \delta (\frac{D+d}{2})^3$ $e_{Y1} = \frac{18.45 D^2 + 18.45 dD - 4d^2}{6\pi (D+d)}$ $e_{Y2} = \frac{2}{3\pi} \cdot \frac{D^2 + dD + d^2}{D+d}$
通孔圆形		$I_Y = \frac{\pi d^4}{64} (1 - 1.54 \frac{d_1}{d})$ $I_n = \frac{\pi d^2}{32} (1 - \frac{d_1}{d})$ $e_Y = \frac{d}{2}$	半圆形		$I_Y = 0.00686 d^4$ $I_Z = \frac{\pi d^4}{128}$ $e_{Y1} = 0.2878 d$ $e_{Y2} = 0.2122 d$

名称	简图	$I \text{ (cm}^4\text{)}$ $I_n \text{ (cm}^4\text{)}$ $e \text{ (cm)}$	名称	简图	$I \text{ (cm}^4\text{)}$ $I_n \text{ (cm}^4\text{)}$ $e \text{ (cm)}$
环扇形		$I_Y = \frac{R^4 - r^4}{4} (\alpha + \sin \alpha \cdot \cos \alpha)$ $I_Z = \frac{R^4 - r^4}{4} (\alpha - \sin \alpha \cdot \cos \alpha)$ $e_{Y2} = \frac{2(R^3 - r^3) \sin \alpha}{3(R^2 - r^2) \alpha}$ $e_{Y1} = R - \frac{2(R^3 - r^3) \sin \alpha}{3(R^2 - r^2) \alpha}$ $e_Z = R \sin \alpha$	对 $\frac{1}{4}$ 圆环扇形 ($\alpha = 45^\circ$)		$I_Y = I_Z = \frac{\pi}{16} (R^4 - r^4)$ $e'_Y = e'_Z = \frac{4(R^3 + r^3)}{3\pi(R^2 - r^2)}$
			薄圆环		$I_Y = I_Z = \frac{\pi D^3}{8} \cdot \delta$ $I_n = \frac{\pi D^3}{4} \delta$ $e_Y = e_Z = \frac{D + \delta}{2}$

①矩形截面 α 值参照表 1-1-28。

表 1-1-28 矩形截面梁扭转时系数 α 值

	h/b	1.00	1.20	1.50	1.75	2.00	2.50	3.00
	α	0.141	0.166	0.196	0.214	0.229	0.249	0.263
	h/b	4.00	5.00	6.00	8.00	10.00	∞	
	α	0.281	0.291	0.299	0.307	0.312	0.333	

注 抗弯截面模数 $I_w = I/\epsilon \text{ (cm}^3\text{)}$ 抗扭截面模数 $Z_n = I_n/\epsilon \text{ (cm}^3\text{)}$ 截面惯性半径 $i = \sqrt{\frac{I}{A}} \text{ (cm)}$;

A—截面面积 $\text{(cm}^2\text{)}$ 。

五、圆周等分系数(表 1-1-29)

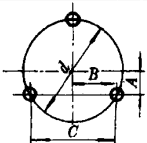
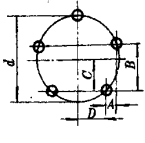
表 1-1-29 圆周等分系数表

	$S = D \times \sin \frac{180^\circ}{n} = D \times K$
--	--

等分数 <i>n</i>	系数 <i>K</i>	等分数 <i>n</i>	系数 <i>K</i>	等分数 <i>n</i>	系数 <i>K</i>	等分数 <i>n</i>	系数 <i>K</i>
3	0.86603	28	0.11197	53	0.059240	78	0.040265
4	0.70711	29	0.10812	54	0.058145	79	0.039757
5	0.58779	30	0.10453	55	0.057090	80	0.039260
6	0.50000	31	0.10117	56	0.056071	81	0.038775
7	0.43388	32	0.098015	57	0.055087	82	0.038302
8	0.38268	33	0.095056	58	0.054138	83	0.037841
9	0.34202	34	0.092269	59	0.053222	84	0.037391
10	0.30902	35	0.089640	60	0.052336	85	0.036951
11	0.28173	36	0.087156	61	0.051478	86	0.036522
12	0.25882	37	0.084805	62	0.050649	87	0.036102
13	0.23932	38	0.082580	63	0.049845	88	0.035692
14	0.22252	39	0.080466	64	0.049067	89	0.035291
15	0.20791	40	0.078460	65	0.048313	90	0.034899
16	0.19509	41	0.076549	66	0.047581	91	0.034516
17	0.18375	42	0.074731	67	0.046872	92	0.034141
18	0.17365	43	0.072995	68	0.046183	93	0.033774
19	0.16459	44	0.071339	69	0.045514	94	0.033415
20	0.15643	45	0.069756	70	0.044864	95	0.033064
21	0.14904	46	0.068243	71	0.044233	96	0.032719
22	0.14232	47	0.066792	72	0.043619	97	0.032381
23	0.13617	48	0.065403	73	0.043022	98	0.032051
24	0.13053	49	0.064073	74	0.042441	99	0.031728
25	0.12533	50	0.062791	75	0.041875	100	0.031410
26	0.12054	51	0.061560	76	0.041325		
27	0.11609	52	0.060379	77	0.040788		

注 例 要在直径 $D = 80\text{mm}$ 的圆周上钻 31 个等距离的小孔, 求两孔的中心距 $S = ?$
解 从表 1-1-29 查得 31 等分时系数 $K = 0.10117$, 所以 $S = D \times K = 80 \times 0.10117 = 8.09\text{mm}$ 。

六、圆周均布孔的坐标尺寸(表 1-1-30)
表 1-1-30 圆周均布孔的坐标尺寸

简图	孔数	孔的坐标尺寸	简图	孔数	孔的坐标尺寸
	3	$A = 0.25000d$ $B = 0.43301d$ $C = 0.86603d$		5	$A = 0.18164d$ $B = 0.55902d$ $C = 0.40451d$ $D = 0.29389d$

简图	孔数	孔的坐标尺寸	简图	孔数	孔的坐标尺寸
	6	$A = 0.43301d$ $B = 0.25000d$ $C = 0.50000d$		9	$A = 0.46985d$ $B = 0.17101d$ $C = 0.26201d$ $D = 0.21985d$ $E = 0.38302d$ $F = 0.32139d$ $G = 0.17101d$ $H = 0.29620d$
	7	$A = 0.27052d$ $B = 0.33922d$ $C = 0.45049d$ $D = 0.21694d$ $E = 0.31175d$ $F = 0.39092d$		10	$A = 0.29389d$ $B = 0.09549d$ $C = 0.18164d$ $D = 0.25000d$ $E = 0.15451d$
	8	$A = 0.35355d$ $B = 0.14645d$		11	$A = 0.47975d$ $B = 0.14087d$ $C = 0.23700d$ $D = 0.15231d$ $E = 0.11704d$ $F = 0.25627d$ $G = 0.42063d$ $H = 0.27032d$ $K = 0.18449d$ $L = 0.21291d$
	8	$A = 0.27059d$ $B = 0.27059d$ $C = 0.46194d$ $D = 0.19134d$		12	$A = 0.22415d$ $B = 0.12941d$ $C = 0.48296d$ $D = 0.12941d$ $E = 0.25882d$

七、角度与弧度换算(表 1-1-31)

表 1-1-31 角度换算弧度

角度	弧度	角度	弧度	角度	弧度	角度	弧度
1″	0.000005	1′	0.000291	1°	0.017453	60°	1.047198
2	0.000010	2	0.000582	2	0.034907	70	1.221730
3	0.000015	3	0.000873	3	0.052360	80	1.396263
4	0.000019	4	0.001164	4	0.069813	90	1.570796
5	0.000024	5	0.001454	5	0.087266	100	1.745329
6	0.000029	6	0.001745	6	0.104720	120	2.094395
7	0.000034	7	0.002036	7	0.122173	150	2.617994
8	0.000039	8	0.002327	8	0.139626	180	3.141593
9	0.000044	9	0.002618	9	0.157080	200	3.490659
10	0.000048	10	0.002909	10	0.174533	250	4.363323
20	0.000097	20	0.005818	20	0.349066	270	4.712389
30	0.000145	30	0.008727	30	0.523599	300	5.235988
40	0.000194	40	0.011636	40	0.698132	360	6.283185
50	0.000242	50	0.014544	50	0.872665		

注 圆周上弧线长度等于半径时,所对的圆心角叫做一个弧度,其值为 57°17′44.8″。

第二章 机械系统的组成

机器由三个部分即原动机、传动装置和工作机组成。机械种类繁多,它们一般由动力系统、传动系统、执行系统、操纵系统和控制系统等子系统组成。

第一节 动力系统

动力系统指动力机(或原动机)及其配套装置,是给机械系统提供动力、实现能量转换的部分。有的动力机是将自然界能源(一次能源)直接转化为机械能,例如水轮机、汽轮机和内燃机等。有的动力机则将二次能源(电能、液能、气能)转化为机械能,例如电动机、液压马达、气动马达等。动力机输出的运动以转动为主,也有输出直线运动的,例如直线运动电机、油缸、气缸等。

动力机是驱动执行机构运动的机械,即原动机。常用的动力机有电动机、液压马达、气动马达和内燃机等。

电动机是一种将电能转变成旋转机械能的能量转换装置,是最常用的动力机。按不同的使用电源,电动机可分为交流和直流两大类。交流电动机根据电动机的转速与旋转磁场的转速是否相同,又可分为同步和异步两种。直流电动机则根据励磁方式分为它励、并励、串励、复励等形式。

液压马达是把液压能转变成旋转机械能的一种能量转换装置。液压马达按输出转矩的大小和转速高低可以分为两类:高速、小转矩液压马达,转速范围一般在 $300 \sim 3000 \text{r/min}$ 或更高,转矩在几百牛·米以下;低速、大转矩液压马达,转速一般低于 300r/min ,转矩为几百至几万牛·米。

气动马达的作用原理与液压传动中的液压马达类似,它以压缩空气为动力,输出转矩,驱动执行机构作旋转运动。气动马达按工作原理可分为容积式和透平式两类。

内燃机是一种燃料在气缸内部进行燃烧,直接将产生的气体(即工质)所含的热

能转变为机械能的机械。按其主要运动机构的不同,内燃机分为往复活塞式和旋转活塞式两大类。内燃机是一种较为复杂的机械,它由许多分系统组成,各类内燃机的组成和结构不尽相同,即使同一类型的内燃机,各分系统的具体构造也有差别,但按总体构造,内燃机主要包括机体、曲柄滑块机构、配气机构、燃油供给系统、点火系统、润滑系统、冷却系统及启动装置等部分。

第二节 传动系统与执行系统

一、传动系统

(一)传动系统是将动力机的动力和运动传递给执行系统的中间装置。一般,以传递动力为主的传动称为动力传动,以传递运动为主的传动称为运动传动。它的主要功能是:

1. 减速或增速,即把动力机的输出速度降低或增高后传递给执行系统;
2. 变速,即实现有级或无级的变速,将多种速度提供给执行系统;
3. 传递动力,即传递速度的同时将动力机的动力传递给执行系统;
4. 按工作要求,改变运动规律,将连续的匀速旋转运动改变为按某种规律变化的旋转、非旋转的其它运动;
5. 实现由一个或多个动力机驱动若干个相同或不相同速度的驱动机构。

(二)传动系统通常由传动部分、操纵部分和辅助部分组成。

1. 传动部分 由各种传动元件或部件,轴及轴系、制动、离合、换向和蓄能元件组成,以实现动力和运动的传递。
2. 操纵部分 由具有起动、离合、制动、调速、换向等机能的操纵装置组成,通过手动或电动方式进行操作,以改变动力机或传动系统的工作状态和参数,使执行机构保持或改变其运动和力。
3. 辅助部分 为保证传动系统的正常工作,改善工作条件,延长使用寿命而设计的装置。例如冷却、润滑、计数、照明、消声、防振和除尘等装置。

二、执行系统

直接用来完成各种工艺动作或生产过程的机构称为执行机构(或称工作机构)。执行系统包括执行机构或工作机,它们是利用机械能来改变作业对象的性质、状态、形状或位置,或对作业对象进行检测、度量等以进行生产或达到其它预定要求的装置。执行系统一般处于机械系统的末端,直接与作业对象接触,其输出也是整个机械

系统的主要输出。

机器的执行机构是根据工艺过程的功能要求而设计的。实现某一工艺过程往往需要多种运动,并且同一种工艺过程的运动方案又是多种多样的。这些方案将从根本上影响着机器的性能、结构、尺寸、重量及使用效果等。所以,执行机构的运动设计是一部机器设计的关键之一。

第三节 操纵系统和控制系统

操纵系统和控制系统是指通过人工操作或测量元件获取的控制信号,经由控制器,使控制对象改变其工作参数或运行状态的装置。例如各类伺服机构、自动控制装置等。

对于传统的“动力机—传动装置—工作机”形式的机械系统,侧重于运动和动力的流动;对于现代机械系统,则更关注信息的流动和控制。

任何一个机械系统在其运动过程中,各执行机构都按要求以一定的顺序和规律动作。在受控的机械系统中,执行机构运动的开始、结束及运动规律都由操纵系统和控制系统保证。

机械的操纵系统和控制系统一般要控制使各执行机构按要求的运动方向和速度以一定的顺序和规律实现运动,完成给定的作业循环,有时还要求对产品进行检测、预测、预报事故、报警以及消除故障等。

第三章 机械设计的一般程序

第一节 机械设计的类型与基本要求

一、机械设计的类型

机械设计可分为四种类型：

1. 开发性设计 按照用户或市场需求目标设计新型机械 ,例如第一台电液集成数控机床的设计就属于创新的开发性设计。
2. 适应性设计 在已有的原理方案基础上 ,为适应变动的工作要求 ,对产品作局部适当变更 ,或增设某种新部件 ,扩大产品功能而满足新的使用要求。如内燃机增加增压器 ,以增大输出功率 ;增加节油器 ,以节约燃料 ,均属适应性设计。
3. 变型设计 保持工作原理和功能结构不变 ,仅改变结构配置和尺寸 ,按新的用户或市场需要作新的布局或变更尺寸参数。如将台式电风扇设计为落地式电风扇 ,即属变型设计。
4. 组合选型设计 根据原理方案要求 ,或在已有的部分结构基础上 ,从市场或企业现有的零、部件中选取零部件 ,进行有效的组合 ,从而得到新的组合结构形式。如液压系统设计 ,即按原理和参数要求 ,选用标准液压元器件进行组合选型设计。

上述四类设计中 ,开发性设计难度最大 ,设计周期较长 ,其它三类设计较容易 ,设计周期较短。采用组合选型设计目的在于充分利用已有条件 ,使设计简化、快捷 ;采用适应性设计和变型设计可以充分发挥现有机械的潜力 ,或扩大机械的功能 ;采用开发性设计具有创新活力 ,随着生产发展和市场竞争的需要 ,可以实现产品的不断更新换代。

二、机械设计的基本要求

机械设计的任务是在当前技术发展所能达到的条件下,根据用户或市场的需要提出的。机械设计应满足以下的基本要求:

1. 使用要求

设计的机械零件应在规定条件下,规定的寿命期限内,实现规定的功能和效率,有效地实现预期的目的。

2. 经济性要求

机械的经济性要求体现在设计、制造和使用的全过程中,设计时应予以全面综合的考虑。设计和制造的经济性表现为产品的成本低,使用经济性表现为产品使用中生产率高、效率高,管理和维护费用低,消耗的能源、原材料和辅助材料较少。

(1)提高设计和制造经济性指标的主要途径有:

- ①采用现代设计方法,实现设计参数最优化,保证产品的可靠性;
- ②采用标准化,系列化和通用化的零、部件;
- ③采用新技术、新工艺、新结构和新材料;
- ④改善零件的结构工艺性,使其用料少、易加工、易装配。

(2)提高使用经济性指标的主要途径有:

- ①提高产品的机械化和自动化水平,提高产品的使用效率;
- ②选用高效率的传动系统,降低能源消耗;
- ③采用更好的防护(如闭式传动,表面防护等)及润滑措施,延长产品的使用寿命;
- ④采用可靠的密封,减少或消除渗漏现象。

3. 劳动保护要求

①使产品操作方便、安全。设计时按照人机工程学的观点尽可能减少操作手柄的数量,操作手柄和按钮等应放置在便于操作的位置,合理地规定操作时的驱动力,操作方式要符合人们的心理和习惯,设置完善的安全防护与保安装置、报警装置和显示装置等。

②改善操作者使用环境。设计的机器应符合劳动保护法规的要求。降低机器运转时的噪声,防止有毒、有害介质的渗漏,对废气、废水和废液进行治理,根据工程美学的原则美化机器的外形和外部色彩等。

4. 可靠性要求

可靠性要求指在规定的使用时间(寿命)内和预定的环境条件下,机械能够正常工作的一定概率。机械的可靠性是机械的一种重要属性。

5. 其它特殊要求

对不同的用户,设计的机械产品还应满足一些特殊的要求。例如:对机床有长期

保持精度的要求 ;对流动使用的机器(如钻探机械)有便于安装和拆卸的要求 ;对大型机器有便于运输的要求等 ;还有的要满足装潢学要求 ,即造型美观大方、简洁流畅等。

第二节 机械设计的一般程序

如表 1-3-1 所示 ,机械设计的一般程序可分四个阶段 :

1. 可行性研究 对产品的预期需要、工作条件和关键技术进行分析研究 ,通过调研 ,确定设计任务要求 ,提出功能性的主要设计参量 ,作成本和效益的估算 ,论证设计的必要性和先进性 ,提出由环境、经济、加工以及时限等各方面所确定的约束条件 ,提出可行性设计方案。在此基础上 ,提出设计任务书。

2. 方案设计 根据设计任务要求寻求功能原理的解法 ,构思原理方案。产品的功能分析 ,是对设计任务书提出的产品功能中必须达到的要求、最低要求和希望达到的要求进行综合分析 ,即这些功能能否实现 ,多项功能间有无矛盾 ,相互间能否替代等。最后确定出功能参数 ,作为进一步设计的依据。确定了功能参数后 ,再提出可能采用的方案。方案设计时 ,可以按原动部分、传动部分和执行部分分别进行讨论。

讨论产品的执行部分时 ,首先是选择工作原理。根据不同的工作原理 ,可以拟定多种不同的执行机构的具体方案。即使对于同一种工作原理 ,也可能有几种不同的结构方案。

原动部分的方案也可以有多种选择。由于电力供应的普遍性和电力拖动技术的发展 ,目前绝大多数的固定机械都优先选择电动机作为原动部分。热力原动机主要用于运输机械、工程机械或农业机械。即使是用电动机作原动机 ,还需要作交流与直流的选择、高转速与低转速的选择等。

传动部分的方案更为复杂多样。对于同一传动任务 ,可以通过多种机构或不同机构的组成来完成。

然而 ,在上述众多方案中 ,仅有几个在技术上是可行的。对可行的方案要从技术方面和经济方面进行综合评价。评价时可采用的方法很多。根据经济性进行评价时 ,既要考虑到产品设计制造时的经济性 ,也要考虑到产品使用时的经济性。如果产品的结构方案比较复杂 ,其设计制造成本会相对增大 ,但这类产品的功能往往更齐全 ,生产率也较高 ,故使用经济性也较好。相反 ,结构较为简单、功能不够齐全的产品 ,设计制造费用虽少 ,但使用费用却会增加。

评价产品时 ,产品的可靠性应作为一项重要的分析指标。系统越复杂 ,可靠性就越低。为了提高复杂系统的可靠性 ,必须增加并联备用系统 ,而这不可避免地会提高产品的成本。

表 1-3-1 机械设计的一般程序

阶 段	设 计 步 骤	工 作 目 标
可行性研究	提出任务 调研与可行性研究 确定设计任务要求	选题 设计任务书 可行性方案
方案设计	功能分析、方案构思和优选 评价，选定方案	技术任务书 设计方案 原理方案图或机构运行简图 性能参量初算
技术设计	总体布局与零、部件结构 选材料、定结构尺寸 评价，确定结构与尺寸 零件设计 部件和总体设计 编制技术文件	零件图 部件图 总装配图 设计和计算说明书
改进设计	试制、试验 产品鉴定 改进设计	样机 改进设计图 试验结果
生产	小批生产、试销 产品定型、批量生产	产品
使用	销售、使用信息	市场或用户信息

通过对数种可能方案的评价,可以作出决策,并确定原理方案图或机构运动简图

3. 技术设计 按设计方案的目标,完成总体设计及零、部件的结构设计。完成设计方案的结构化,从技术和经济观点作周密的结构设计和计算。要完成全套的零件图、部件图和总装配图,编制技术文件和技术说明。

为了确定主要零件的基本尺寸,必须做好以下工作:

(1) 机器的运动学设计 根据确定的结构方案,确定原动机的参数(功率、转速、线速度等),然后作运动学计算,确定各运动构件的运动参数(转速、速度、加速度等);

(2) 机器的动力学计算 结合各部分的结构和运动参数,计算各主要零件上所受载荷的大小,确定其特性。此时所求出的载荷,由于具体零件尚未设计出来,因而只是作用于该零件上的公称(或名义)载荷;

(3) 零件的工作能力设计 已知主要零件所受的公称载荷的大小和特性,即可初步设计零、部件。设计所依据的工作能力准则,须参照零、部件的一般失效情况、工作特性、环境条件等合理地拟定,一般有强度、刚度、振动稳定性、寿命等准则,通过计算或类比,即可决定零、部件的基本尺寸;

(4) 部件装配草图和总装配草图的设计 根据已定出的主要零、部件的基本尺寸,设计出部件装配草图和总装配草图。草图上需对所有零件的外形和尺寸进行结构化设计,很好地协调各零件的结构和尺寸,全面考虑所设计的零、部件的结构工艺性,使零件具有最合理的结构;

(5) 主要零件的校核 有些零件由于具体的结构未定,其工作能力难以详细计算,只能作初步计算和设计,在绘出部件装配草图和总装配草图以后,所有零件的结构和尺寸均为已知,相互邻接的零件之间的关系也为已知,这时,可以较为精确地定出作用在零件上的载荷,决定影响零件工作能力的各个细节因素,在此条件下,有可能并且必须对一些重要的或者外形和受力情况复杂的零件进行精确的校核计算,根据校核的结果,反复修改零件的结构和尺寸,直到满意为止。

草图设计完成后,即可确定零件的基本尺寸,设计零件的工作图,并绘制出除标准件以外的全部零件工作图。

按最后定型的零件工作图上的结构和尺寸,重新绘制部件装配图和总装配图。通过这一工作,可以检查出零件中可能隐藏的尺寸链上和结构上的错误。

需要编制的技术文件包括产品的设计计算说明书、使用说明书和标准件明细表等。设计计算说明书应包括方案选择和技术设计的全部结论性的内容。用户产品使用说明书中应介绍产品的性能参数范围、使用操作方法、日常保养和简单的维修方法、备用件的目录等。

4. 改进设计 根据加工制造、样机试验、技术检测、使用操作、产品鉴定分析和市场等环节反馈信息对产品作改进设计或技术处理,以确保产品质量,并完善前期设计中的不足。

经过上述四个阶段,即完成了产品机械设计的全过程。机械产品即可投入试生产或批量生产,并进行销售和使用。

第四章 机械制造工艺分类与过程

机械制造工艺是将原材料、半成品制造成合格产品的方法和过程 ,是机械工业的基础技术之一。采用先进适用的制造工艺及设备是保证产品质量、节能节材、降低成本、提高劳动生产率、减轻环境污染、提高企业经济和社会效益的主要途径。

第一节 机械制造工艺分类

机械制造工艺的内涵十分丰富 ,可按多种特征进行分类。我国现行的行业标准 JB/T5992—1992《机械制造工艺方法分类与代码》将工艺方法按大类、中类、小类和细分类四个层次划分 ,见表 1-4-1。表中各类均留有空项 ,以备扩展。

表 1-4-1 机械制造工艺方法类别划分及代码(JB/T5992—1992)

大类		中类		小 类 代 码									
代码	名称	代码	名称	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				小 类 名 称									
0	造	01	砂型铸造		湿型铸造	干型铸造	表面干型铸造	自硬型铸造					其他
		02	特种铸造		金属型铸造	压力铸造	离心铸造	熔模铸造	壳型铸造	实型铸造	连续铸造		其他

大类		中类		小 类 代 码									
代 码	名 称	代 码	名 称	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				小 类 名 称									
1	压力加工	11	锻造		自由锻	胎模锻	模锻	平锻	墩锻	辗段			其他
		12	轧制			冷轧	热轧						
		13	冲压		冲裁	弯曲	成形	精整					
		14	挤压		冷挤压	温挤压	热挤压						其他
		15	旋压		普通旋压	变薄旋压							
		16	拉拔		冷拔	热拉拔							
		19	其他		其他成形方法								
2	焊接	21	电弧焊		无气体保护电弧焊	埋弧焊	溶化极气体保护电弧焊	非溶化极气体保护电弧焊	等离子弧焊				其他电弧焊
		22	电阻焊		点焊	缝焊	凸焊		电阻对焊				其他
		23	气焊		氧燃气焊	空气燃气焊	氧－乙炔喷焊						气割
		24	压焊		超声波焊	摩擦焊	锻焊	高机械能焊	扩散焊		气压焊	冷压焊	
		27	特种焊接		铝热焊	电渣焊	气电立焊	感应焊	光束焊	电子束焊	储能焊	螺柱焊	
		29	钎焊		硬钎焊			软钎焊		钎接焊			
3	切削加工	31	刀具切削	车削	铣削	刨削	插削	钻削	镗削	拉削	刮削		其他
		32	磨削	砂轮磨削	砂带磨削		珩磨	研磨	超精加工				其他
		34	钳加工	划线	手工锯削	錾削	锉削	手工刮削	手工打磨	手工研磨	平衡		其他

大类		中类	小 类 代 码									
代码	名称	代码 名 称	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
			小 类 名 称									
4	特种加工	41 电物理加工		电火花加工	电子束加工	离子束加工	等离子加工		激光加工	超声加工		其他
		42 电化学加工		电解电工				电铸				其他
		43 化学加工										
		46 复合加工 ^①		电解磨削	加热机械切削		振动切削	超声研磨		超声电火花加工		
		49 其他		高压水切割 ^②		爆炸索切割						
5	热处理	51 整体热处理		退火	正火	淬火	淬火与回火	调质	稳定化处理	固溶处理	时效	
		52 表面热处理		表面淬火	物理气相沉积	化学气相沉积		等离子体化学气相沉积				
		53 化学热处理		渗碳	碳氮共渗	渗氮	氮碳共渗	渗其他非金属	渗金属	多元共渗	熔渗	
6	覆盖层	61 电镀		镀单金属	镀合金	镀复合层	镀复合材料层					
		62 化学镀		无电流镀		接触镀						
		63 真空沉积		化学气相沉积	物理气相沉积	离子溅射	离子注入					
		64 热浸镀										
		65 转化膜		化学转化	电化学转化							
		66 热喷涂		熔体热喷涂	燃气热喷涂	电弧喷涂	等离子喷涂	电热喷涂	激光喷涂	喷焊		
		67 涂装		手工涂	喷涂	浸涂	淋涂	机械辊涂	电泳			
		69 其他		包覆	衬里	搪瓷	机械镀					
8	装配与包装	81 装配		部件装配	总装							
		82 试验与检验		试验	检验							
		85 包装		内包装	外包装							

大类		中类		小 类 代 码									
代码	名称	代码	名称	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				小 类 名 称									
9	其他	91	粉末冶金		轴向压实	等静压实	挤压与轧制						
		92	冷作		弯形	扩张	收缩	整形					
		93	非金属材料成形		聚合材料成形	橡胶材料成形	玻璃成形	复合材料成形					
		94	表面处理		清洗	粗化	光整	强化					
		95	防锈		水剂防锈	油剂防锈	气相防锈	环境封存防锈	可剥性塑料防锈				
		96	缠绕		弹簧缠绕	绕组绕制							
		97	编织		筛网编织								
		99	其他		粘接	铆接							

注：堆积成形〔其中最具有代表性的是“快速原型制造”〕是最近几年迅速发展起来的一种新工艺方法，在制定本标准时未被列入。

- ①近年来在半导体工业中广泛应用的“光刻加工”属于“化学－光”复合加工，还未列入标准。
- ②又称“水喷射加工”，除用于切割外，也可用于孔加工等。

第二节 机械制造工艺过程设计

机械制造工艺过程设计，是产品设计完成之后投入制造之前最重要的工作阶段，它是产品生产工艺准备工作的核心内容。机械制造工艺过程设计一般包括产品结构工艺性审查及工艺方案的初步设计、工艺方案设计与评价、工艺方法选择、工艺流程设计、工序优化、工艺规程编制等主要阶段。

一、产品结构工艺性审查及工艺方案的初步设计

产品结构工艺性是指所设计的产品在满足使用要求的前提下，制造、维修的可行性和经济性。产品结构工艺性审查及工艺方案的初步设计要点是：

- (1)在新产品设计开发阶段，产品设计人员与工艺人员一起共同找出从工艺角度看是关键为零、部件，并共同研究和决定其工艺方案初步设计。
- (2)发现工艺上有疑难问题，应与产品设计上的问题同步安排科研开发课题。
- (3)在工艺方案设计中要大胆设想多种可行方案，但在决定前要客观地论证和评价，既要敢于创新，又必须立足于科学分析和试验验证。

二、工艺方案设计

工艺方案是指导产品工艺准备工作的技术依据和纲领,是工艺方法选择和工艺流程设计的基础。

1. 工艺方案设计的原则

(1) 在满足产品使用要求,保证产品质量的同时,充分考虑生产周期、工艺成本和环境保护。

(2) 根据本企业的能力,充分发挥现有设备的作用,并积极采用先进工艺技术和设备,不断提高企业工艺水平。

(3) 满足当前生产批量的要求,并适当考虑产品的发展和销售前景。

2. 不同生产类型的工艺方案 根据产品生产类型不同,工艺方案主要有两种类型。

(1) 单件小批生产的工艺方案 对于单件小批生产的全新和变型产品,其工艺方案设计的主要内容有:

① 在产品设计过程中就对关键零部件的设计进行工艺性审查与工艺方案初步设计。

② 在产品设计完成后,进行全部零部件的工艺方案和工艺路线设计,工艺规程等工艺文件及工艺定额的编制。

③ 通用工艺装备和工艺材料的准备,专用工艺装备设计、准备和验证。

(2) 大批大量生产的工艺方案 对于批量生产,特别是大批大量生产的全新产品(包括变型程度较大的变型性新产品),其工艺方案设计的主要内容有:

① 在产品设计过程中对关键零部件的设计进行工艺性审查与工艺方案初步设计。

② 在设计完成后,按单件小批生产条件,为样机编制全部零部件的工艺方案、工艺路线、工艺规程和其他工艺文件、工艺定额等,设计和准备必不可少的专用设备。

③ 在产品设计的功能水平通过样机试验并得到验证和准备投产后,按规定的批量生产条件,编制全部正式工艺方案和其他工艺文件(包括外协件的技术条件、选择外协件的生产单位),设计和准备专用工艺装备,并按正式工艺试制小批量样机进行全面试验,以验证产品设计的工艺性及工艺设计的可行性、加工质量的稳定性及生产的工效等。

④ 在总结工艺试验样机的试制和验证的基础上,修正试制工艺。

3. 工艺方案评价 工艺方案的评价一般要考虑产品质量的稳定性和工艺成本的降低,对于能达到同一质量稳定性要求而经济效果不同的工艺方案的比较,通常采用比较工艺成本的方法。

工艺成本所包含的费用,按其与产量的关系可分为变动费用和固定费用两部分。变动费用是指在一定范围内随产量变化而变化的费用,如原材料费、工时费、动力费等;固定费用是指在一定范围内不随产量变化的费用,如专用设备、工装折旧费、管理费等。工艺成本计算公式如下:

$$C = F + NV$$

式中 C ——年度工艺成本；
 F ——年度固定工艺成本；
 N ——产品(零部件)年产量；
 V ——单位产品变动工艺成本。

当比较(1)(2)两个工艺方案时,首先计算方案不同产量水平时的年度工艺成本,并求出两方案年度工艺成本相等时的产量,即临界产量。然后把产品计划产量水平与临界产量相比较,最后以最小年度工艺成本为标准进行方案取舍。在图 1-4-1 中,显示了(1)(2)两种工艺方案的工艺成本随年产量变化的情况,图中 N_0 为临界产量。若计划产量 $N_1 < N_0$ 时, $C_A < C_B$, 应取(1)方案;当计划产量 $N_2 > N_0$ 时, $C_A > C_B$, 应取(2)方案。

三、工艺方法选择

工艺方法的合理选择是工艺方案设计及实施的重要环节,也是制定工艺路线或工艺流程的依据。

1. 影响工艺方法选择的因素

- (1)零件的材料、形状和尺寸；
- (2)产品的生产类型；
- (3)不同工艺方法的特点及适用范围；
- (4)企业的现有生产条件及发展潜力。

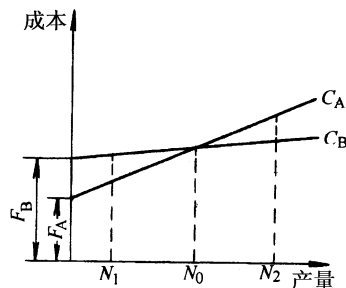


图 1-4-1 两方案工艺成本比较

C ——年度工艺成本 F ——年度固定工艺成本

2. 不同生产类型的工艺特征 表 1-4-1 给出了不同生产类型对应的零件年产量,产品实例及不同生产类型的工艺特征。

3. 工艺方法选择实例 仅以齿轮为例,说明工艺方法选择的多样性,见表 1-4-2。

表 1-4-2

各种生产类型的工艺特征

工艺特征		生 产 类 型		
		单件小批生产	成批生产	大量生产
同类零件年产量(件)	重型零件 零件质量 > 2000kg	< 5	5 ~ 100(小批) 100 ~ 300(中批) 300 ~ 1000(大批)	> 1000
	中型零件 零件质量 100 ~ 2000kg	< 10	10 ~ 200(小批) 200 ~ 500(中批) 500 ~ 5000(大批)	> 5000
	轻型零件 零件质量 < 100kg	< 100	100 ~ 500(小批) 500 ~ 5000(中批) 5000 ~ 50000(大批)	> 50000
毛坯成型		1. 型材锯床、热切割下料 2. 木模手工砂型铸造 3. 自由锻造 4. 弧焊(手工、通用焊机) 5. 冷作(旋压等)	1. 型材下料(锯、剪) 2. 砂型机器造型 3. 模锻 4. 冲压 5. 弧焊(专机)、钎焊 6. 压制(粉末冶金)	1. 型材剪切 2. 机器造型生产线 3. 压铸 4. 热模锻生产线 5. 多工位冲压、冲压生产线 6. 压焊、弧焊生产线
机械加工		1. 通用工艺装备 , 设备按机群式排列 2. 数控机床、加工中心	1. 通用和专用机床 , 成组加工 2. 柔性制造系统(多品种小批量生产)	1. 组合机床、刚性生产线 2. 柔性生产线(多品种大量生产)
热处理		周期式热处理炉 , 如 : 1. 密封箱式多用炉 2. 盐浴炉(中小件) 3. 井式炉(细长件)	1. 真空热处理炉 2. 密封箱式多用炉 3. 感应热处理炉	1. 连续式渗碳炉 , 多用炉生产线 2. 网带炉、铸链炉、滚棒式炉、滚筒式炉 3. 感应热处理炉
涂装		1. 喷漆室 2. 搓涂、刷涂	1. 混流涂装生产线 2. 喷漆室	涂装生产线(静电喷涂、电泳涂漆等)

工艺特征	生 产 类 型		
	单件小批生产	成批生产	大量生产
装配	1. 以修配法及调整法为主 2. 固定装配或固定式流水装配	1. 以互换法为主 , 调整法、修配法为辅 2. 流水装配或固定式流水装配	1. 互换法装配 2. 流水装配线、自动装配机或自动装配线
物流设备	叉车、行车、手推车	叉车、各种输送机	各种输送机、搬运机器人、自动化立体仓库等
辅助工装	按画线工作 , 采用通用夹具、组合夹具 , 通用刀具、量具	广泛采用夹具 , 多采用专用刀具、量具	广泛采用高效专用夹具、刀具、量具
工人熟练程度	高	中等	低 , 但需熟练程度高的调整工
工艺文件	简单	中等	详细
生产成本	高	中等	低
产品实例	重型机器、重型机床、汽轮机、大型内燃机、大型锅炉、机修配件	机床、工程机械、水泵、风机、阀门、机车车辆、起重机、中小锅炉、液压件	汽车、拖拉机、摩托车、自行车 , 内燃机、滚动轴承、电器开关

表 1－4－3 齿轮制造的各种工艺方法

材 料	成形工艺		热处理工艺	适用范围	零件举例
	齿坯	齿面			
尼龙	注塑	注塑		轻载小型自润滑齿轮	家用电器齿轮
粉末冶金	压制	压制、磨齿		轻载小型齿轮 , 摩擦特性好	油泵齿轮
薄钢板	冲压	冲压		小型、薄型齿轮	钟表齿轮
灰铸铁	砂型铸造	切齿		低速轻载齿轮、蜗轮	正时齿轮
球墨铸铁	砂型铸造	切齿	等温淬火	中速中载齿轮	中型减速器齿轮

材 料		成形工艺		热处理工艺	适用范围	零件举例
		齿坯	齿面			
铸钢		砂型铸造	切齿	正火、调质	结构复杂、尺寸很大、不易锻造的低速轻载和中速中载齿轮	重型减速器齿轮
型钢棒料		锯、切割、剪切	切齿、挤齿	正火、调质、 渗碳淬火	单件小批生产 ,尺寸较小、结构简单的齿轮	
锻钢	40 45 50 40Cr 50Mn2 35SiMn 40MnB	自由锻 模锻 精锻(小直径)	切齿 热轧 冷打	正火	直径很大 ,低速轻载齿轮	
				调质	中速中载齿轮	机床齿轮 汽车齿轮
				调质 + 高频淬火	中速中载齿轮、高速中载齿轮	机床齿轮 汽车齿轮
	40Cr	模锻 精锻	切齿 磨齿	调质	中速中载齿轮	精密机床齿轮
				调质 + 高频淬火	中速中载 ,无猛烈冲击	
	20CrMnTi	模锻 精锻	切齿	渗碳淬火 碳氮共渗	高速重载 ,大模数	汽车后桥齿轮
	渗碳 (氮)齿轮钢	自由锻 模锻	滚 – 磨 滚 – 刮 – 珩	渗碳淬火 调质 + 深层渗氮	高速重载 ,大模数	冷热连轧机齿轮 鼓风机齿轮
镶圈齿轮 (锻钢 + 铸钢)		锻造(轮缘) 铸造(轮毂)	切齿	调质(轮缘) 退火(轮毂)	大型复杂中速中载齿轮	大型工程机械齿轮
剖分齿轮 (铸钢)		铸造	切齿	调质		
拼焊齿轮 (锻钢 + 铸钢 + 钢板)		锻造(轮缘) 铸造(轮毂) 下料(辐板)	切齿	调质(轮缘) 退火(轮毂、辐板)	特大型、复杂中速中载齿轮	重型机床齿轮
非铁合金 (青铜、锌铝合金)		砂型铸造 离心铸造	切齿		蜗轮	动力蜗轮 分度蜗轮

第五章 机械制造工艺管理

第一节 工艺管理的概念

工艺管理是科学地计划、组织和控制各项工艺工作的全过程,是对制造技术工作所实施的科学的、系统的管理行为。在产品生产的全过程中,最主要的内容就是产品及零部件的工艺(制造)过程。工艺管理工作像一条纽带融会贯通于生产过程始终,将生产系统的各项工作有机地联系在一起。

第二节 工艺管理系统

企业的工艺管理系统示于图 1-5-1,从图中可以看出:生产管理系统中各子系统的管理工作都与工艺管理工作有着密切的联系。企业工艺管理根据其不同的功能和作用,可分为工艺基础工作、产品生产工艺准备、生产现场工艺管理三个方面。

一、工艺基础工作

工艺基础工作是指为提高企业工艺技术水平 and 工艺工作质量而开展的一些基础性、方向性、综合性、经常性的工作。主要有以下几方面内容。

1. 工艺发展规划 工艺发展规划包括工艺研究开发、新工艺推广应用、工艺路线调整、工艺装备更新等。编制工艺发展规划应贯彻远近结合、先进与适用结合、技术与经济结合的方针。

2. 技术改造规划 企业的技术改造,是实现以内涵为主扩大再生产的主要途径。把先进适用的制造技术导入技术改造,用先进的工艺和设备代替落后的工艺和设备

是企业技术改造的核心。

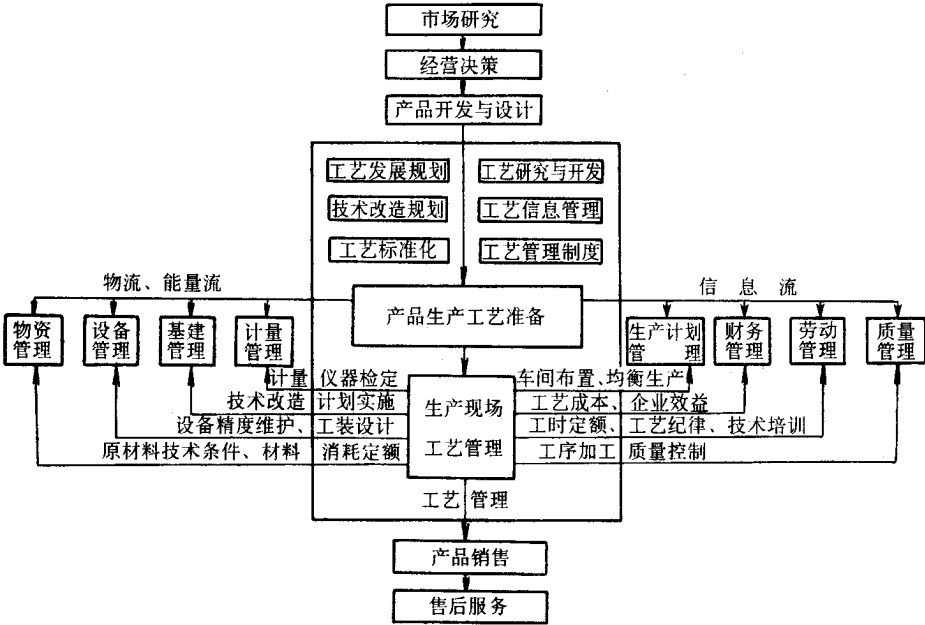


图 1-5-1 企业工艺管理系统

3. 工艺标准化 工艺标准化是根据国内外工艺技术成就和先进管理方法并结合生产实际,对工艺工作中一些重复使用的方法和要素,通过优选、简化、协调,制定出各类工艺标准并加以贯彻实施的全部活动,是提高工艺技术水平,保证产品质量、缩短生产工艺准备周期、具体实施现场工艺管理的重要手段。

工艺标准分为国家标准、行业标准、行业指导性技术文件和企业技术标准四个级别。按标准贯彻的法律效力不同,分为强制性标准和推荐性标准两类。各级工艺标准均可转化为企业标准。根据工艺灵活多变的特点,企业应重点制定如下几种不宜在全国和部门硬性统一的工艺标准:

- (1) 工艺操作方法标准。
- (2) 工艺参数标准。
- (3) 工艺管理标准。
- (4) 工艺装备标准。

另外,为了提高产品质量和企业的竞争能力,企业可以根据自身的条件和能力,制定高于 ISO、GB、JB 水平的工艺技术条件、工艺试验与检验标准。

4. 工艺管理制度和工艺纪律 企业应制定各种工艺管理规章制度,以统一工艺工作的行动法则,明确各有关部门的工艺责任和权限。同时应制定工艺纪律,明确各类人员应遵守的工艺秩序。

5. 工艺信息系统 工艺信息系统是指利用计算机和信息技术,对工艺及其相关数据进行采集、传递、加工和处理的系统,是实现工艺管理工作自动化,提高工艺管理

工作科学性、准确性、有效性的重要方法。各企业均应根据自身的条件,逐步地建立起实用有效的工艺信息系统,并应使其与企业的设计信息系统、生产管理信息系统等有机地结合在一起,以提高企业的技术水平和管理水平。

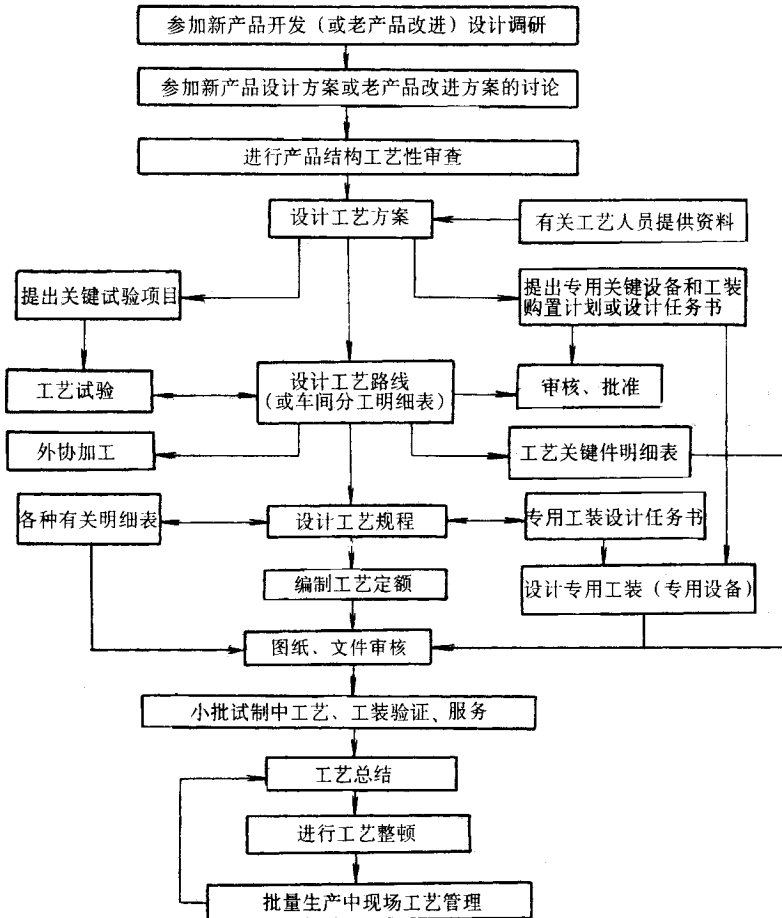


图 1-5-2 产品工艺准备的内容及工艺工作程序

二、产品生产工艺准备

为实现机械产品的设计要求,在新产品投产前需进行一系列的生产技术准备工作,其中工艺准备所占比重最大。一般在单件小批生产中,工艺准备占全部生产技术准备工作量的 20% ~ 25%,成批生产占 40% ~ 45%,大批大量生产占 60% ~ 70%。产品生产工艺准备的主要内容及工艺工作程序见图 1-5-2。

三、生产现场工艺管理

工艺实施过程即制造过程,是各种生产技术,特别是工艺文件实施于生产现场的过程。这一阶段工艺管理工作的主要内容有:

(1) 科学分析毛坯、零件和产品的工艺流程,合理确定投产批次和批量。

(2) 按作业计划的安排,组织毛坯、原材料、半成品、工位器具、工艺材料、工艺装备的按质按量和适时供应。

(3) 指导和监督工艺文件的正确实施。

(4) 及时发现和纠正工艺设计上的差错,不断总结工艺过程中的各种合理化建议和先进经验,按规定的程序加以实施和推广,以求不断改进工艺。

(5) 确定工序质量控制点,规定有关管理和控制的技术内容,进行工序质量重点控制。

(6) 搞好文明生产和现场定置管理。

(7) 搞好现场工艺纪律管理。