

齿轮刀具的设计与计算

上 海 工 具 厂

1978年

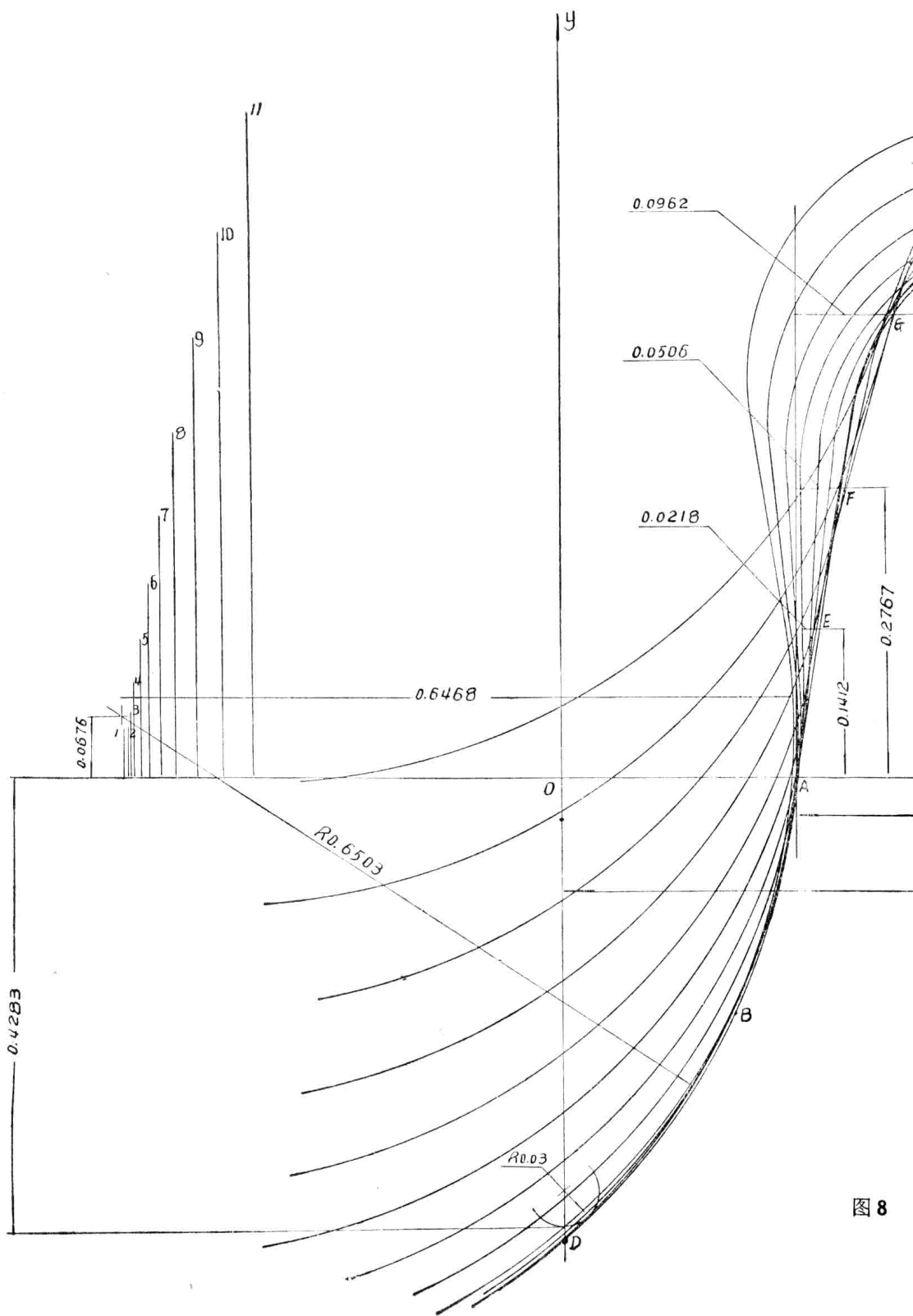


图 8

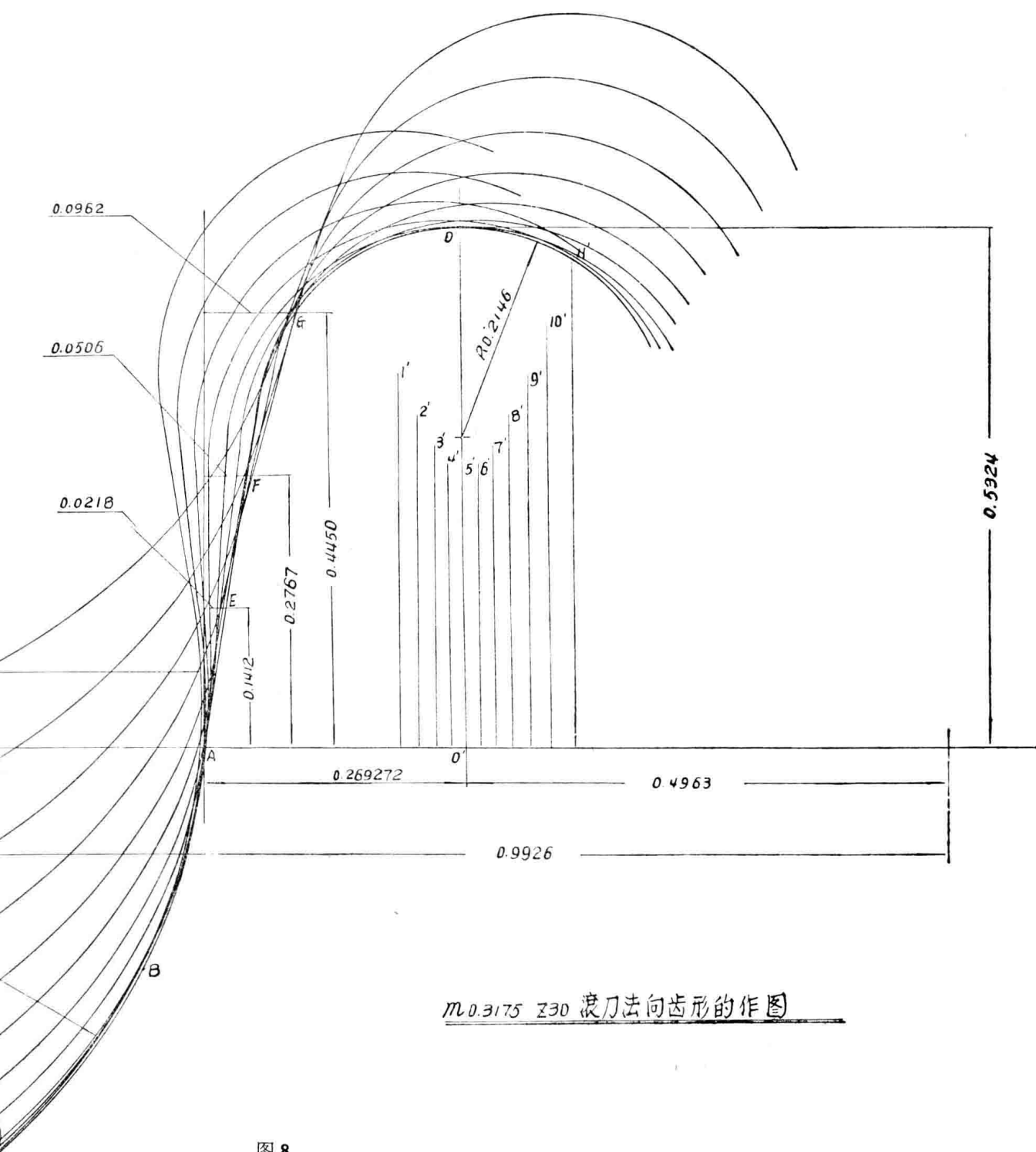


图 8

目 录

1. 齿轮滚刀设计与计算·····	1
2. 蜗轮滚刀设计与计算·····	21
3. 渐开线齿轮铣刀设计与计算·····	47
4. 剃齿刀设计与计算·····	65
5. 直齿插齿刀设计与计算·····	93
6. 斜齿插齿刀设计与计算·····	114
7. 剃齿前齿轮滚刀设计与计算·····	127
8. 花键滚刀的设计与计算·····	139
9. 圆弧齿轮滚刀设计与计算·····	147
10. 套筒滚子链链轮滚刀设计与计算·····	158
11. 摆线针轮滚刀设计与计算·····	172
12. 钟表齿轮滚刀设计与计算·····	187

齿轮滚刀设计与计算

§ 1. 设计的基本原理:

按齿轮和齿条相啮合的原理, 可以把滚刀当作齿条, 该齿条的齿是沿螺旋线排列的, 并经过铲磨。因此齿轮滚刀的原始设计参数都是法向的; 同时按渐开线齿轮正确啮合条件, 必须保证滚刀与被加工齿轮的法向模数与法向压力角的一致。

§ 2. 被加工齿轮的已知原始参数:

1. 法向模数: m_n
2. 法向分圆压力角: α_{on}
3. 齿轮的上齿高: h'
4. 齿轮的下齿高: h''
5. 齿轮的分圆法向齿厚: $\widehat{S}_{on}$
6. 齿轮的分圆螺旋角: β_o (左、右)
7. 齿轮的精度等级:

§ 3. 滚刀的结构尺寸与齿形尺寸的计算:

1. 滚刀的结构尺寸及符号见图 1 和表 1:

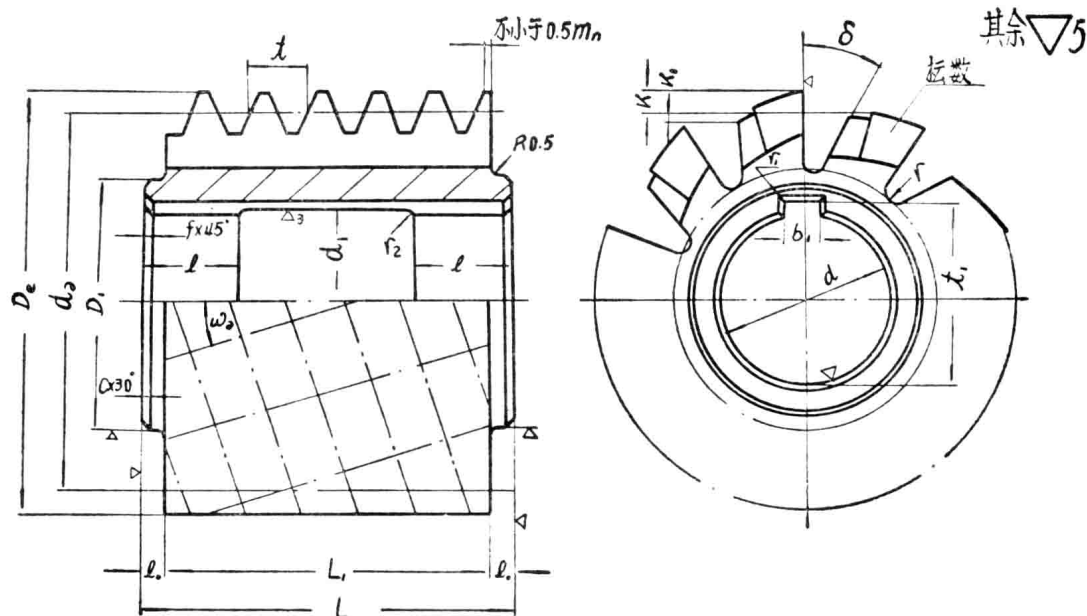


图 1

表 1

基 本 尺 寸										键 槽 尺 寸				空 刀 尺 寸		槽 形 尺 寸				齿 顶 (底) 圆 角	
m	D_e		L		d		D_1		C	d_1	l	r_2	b_1		t_1		r_1	δ	r	R_1	R_2
	尺寸	偏差	尺寸	偏差	尺寸	偏差	尺寸	偏差					尺寸	偏差	尺寸	偏差					
1.00	50	-1.6	40							24	10				24.1					0.3	
1.25				-1.0							11							1.0		0.37	
1.5			45																	0.45	
1.75	55				22		35				12						0.5			0.52	
2.0			50																	0.6	0.5
2.25	60																			0.67	
2.5	65	-1.9	55																	0.75	
2.75									0.5~1				6.08	+0.16		+0.52				0.82	
3.0	70		60								15	1.0						1.5		0.9	0.8
3.25	75		65	-1.2			40	-1.6												0.97	
3.5			70							29	16						25°			1.05	
3.75	80														29.4					1.12	1.0
4.0			75								18									1.2	
4.5	85																			1.35	
5.0	90		85				45				20									1.5	
5.5	100	-2.2	95																	1.65	1.5
6.0	105			-1.4							22									1.8	
6.5	110		100				50				24				34.8			2.0		1.95	
7.0	115				+0.015				1~1.5	34	25		8.1	+0.2		+0.62				2.1	
8.0	125		105				55				28									2.4	2.0
9.0	140	-2.5	130					-1.9										2.5		2.7	
10.0	150		135	-1.6			65			42	32	2.0	10.1		43.5		1.0			3.0	3.0
											34							22°	3.0	3.0	

2. 滚刀外径的选择 D_e

从减少滚刀的设计误差, 增加滚刀的刚性, 提高被加工齿面光洁度来看, 滚刀的外径选择大一点是好的, 一般精度的齿轮滚刀外径可参考表 1 选择, 高精度的齿轮滚刀外径可适当加大一些, 但必须考虑到滚刀制造的可能性。

3. 滚刀的出屑槽槽数 Z 及铲背量 K 的决定:

(1) 铲背量 $K = \frac{\pi \cdot D_e}{Z} \cdot \tan \alpha_B$ 式中 α_B ——刀齿顶刃后角(一般取 $10^\circ \sim 12^\circ$), K 应圆整到已有

凸轮数值, 对于铲磨齿形的滚刀通常做成双重铲背的形式。

K 与第二铲背量 K_1 的数值见下表:

K	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	8	9	10	11.5	14	15	16	18
K_1	0.6~0.7		0.7~0.8				0.8~0.9				0.8~0.9				1~1.2			

(2) 出屑槽槽数 Z 应由端面槽形图来决定:

计算: 滚刀上齿高 $h_1 = h''$

滚刀下齿高 $h_2 = h' + 0.25 \times m_n$ (滚齿时间隙)

滚刀全齿高 $h = h_1 + h_2$

出屑槽深度 $H = h + K + K_1 + (0.5 \sim 1.0)$

槽底圆角半径 $r = \frac{\pi(D_e - 2H)}{10 \cdot Z}$ (圆整到 0.5 毫米)

槽形角 $\delta = 25^\circ$

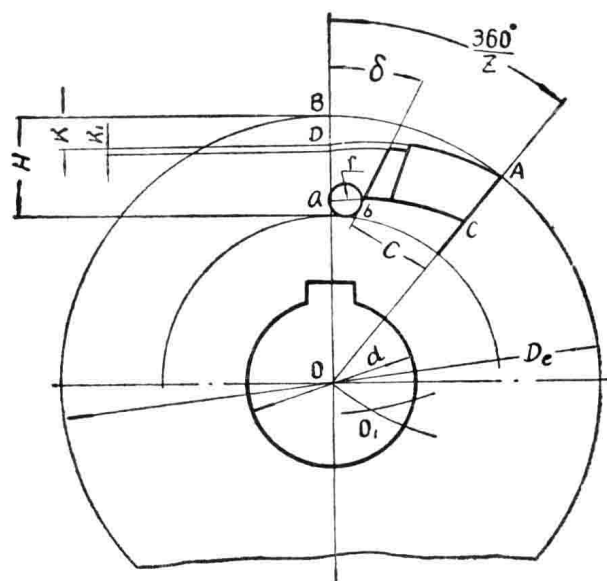


图 2

作图(见图 2): 根据选定的外径及上述计算的 H, r, δ ; 由予定的槽数 Z , 即可按计算的 K 作铲背曲线, 其方法如下:

取 $BD=K$, 以 $R_e(R_e=D_e/2)$ 为半径, 分别以 A, D 二点为园心, 画弧交于 O_1 点, 再以 O_1 点为园心, R_e 为半径画弧, $\widehat{AD}$ 即为齿顶铲背曲线; 仍以 O_1 点为园心, O_1C 为半径 ($AC=h$) 画弧, $\widehat{ca}$ 即为齿底铲背曲线。

为了保证铲齿时铲刀能顺利退出, 必须满足 $\frac{\widehat{ab}}{bc} \geq \frac{1}{6}$; 同时为了使刀齿有一定的强度, 对

粗切滚刀应保证 $\frac{C}{H} \geq 0.8 \sim 1$, 对精切滚刀应保证 $\frac{C}{H} \geq 0.5$ (其中 C 为刀齿底部宽度), 如不能满

足必须减少槽数 Z , 重新计算 K 并作图。

4. 计算滚刀的分园直径 d_2 , 螺纹升角 ω_2 并决定出屑槽形式;

分园直径 $d_2 = D_e - 2 \times h_1 - 0.2 \times K$

螺纹升角 $\omega_2 = \arcsin \frac{m_n}{d_2}$

$\sin \omega_2, \omega_2$ 的数值可查表 2

滚刀螺纹的旋向由被加工齿轮螺旋角 β_2 大小决定:

当 $\beta_2 < 10^\circ$ (包括 $\beta_2 = 0^\circ$ 直齿轮) 时, 滚刀螺纹一般做成右旋

当 $\beta_2 > 10^\circ$ 时, 取滚刀的螺纹方向与被加工齿轮螺旋方向相同

滚刀出屑槽的形式由 ω_2 的大小决定:

当 $\omega_2 < 5^\circ$ 时, 滚刀出屑槽为直槽, 其导程 $T = \infty$

当 $\omega_2 \geq 5^\circ$ 时, 滚刀出屑槽为螺旋槽, 其导程 $T = \frac{\pi \cdot d_2}{\operatorname{tg} \omega_2}$

5. 滚刀齿形角 α 的计算(见图3):

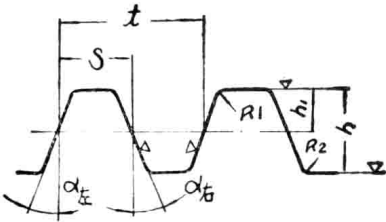


图 3 轴向齿形

对于直槽滚刀: $\operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} \alpha_{2n} \cdot \cos \omega_2$

$$\alpha_{\text{左}} = \alpha_{\text{右}} = \alpha$$

$\cos \omega_2, \alpha$ 的数值可查表 2

对于螺旋槽滚刀：（侧铲面上轴向齿形角）

$$\operatorname{ctg} \alpha_{\text{左}} = \operatorname{ctg} \alpha \pm \frac{K \cdot Z}{T}$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_{\text{右}} = \operatorname{ctg} \alpha \mp \frac{K \cdot Z}{T}$$

式中：右旋滚刀用上面符号，左旋滚刀用下面符号

6. 滚刀的齿距与齿厚的计算：

滚刀的法向齿距 t_n ： $t_n = m_n \cdot \pi$

“ ” “ 轴 ” “ ” t ： $t = \frac{t_n}{\cos \omega_2}$

“ ” “ 法向齿厚 S_n ： $S_n = t_n - S_{dr}$

“ ” “ 轴 ” “ ” S ： $S = \frac{S_n}{\cos \omega_2}$

$\cos \omega_2$ 的数值可查表 2

7. 滚刀精度等级的决定：

滚刀的精度共分 AA、A、B 三种，分别用于加工(JB)179—60 的 7、8、9 级齿轮。

8. 滚刀的表面光洁度按下表选择：

精 度 \ 加工面	前 刀 面	齿 侧 面	齿 顶 面	内 孔	轴台外圆	轴台端面
AA	▽8	▽9	▽8	▽9	▽7	▽8
A	▽8	▽8	▽8	▽8	▽7	▽8
B	▽8	△8	▽8	▽8	▽7	▽8

9. 滚刀的制造与刃磨公差按表 3：

表 2

$\sin \omega_{\alpha}$	$\cos \omega_{\alpha}$	ω_{α}	α		
			20°	15°	$14^{\circ}30'$
0.00029	1.00000	$0^{\circ}1'$	$20^{\circ}0'$	$15^{\circ}0'$	$14^{\circ}30'$
0.00058	0.99999	$2'$			
0.00087	0.99999	$3'$			
0.00116	0.99999	$4'$			
0.00145	0.99999	$5'$			
0.00175	0.99999	$6'$			
0.00204	0.99999	$7'$			
0.00233	0.99999	$8'$			
0.00262	0.99999	$9'$			
0.00291	0.99999	$10'$			
0.00320	0.99999	$11'$			
0.00349	0.99999	$12'$			
0.00378	0.99999	$13'$			
0.00407	0.99999	$14'$			
0.00436	0.99999	$15'$			
0.00465	0.99999	$16'$			
0.00495	0.99999	$17'$			
0.00524	0.99999	$18'$			
0.00553	0.99998	$19'$			
0.00582	0.99998	$20'$			
0.00611	0.99998	$21'$			
0.00640	0.99998	$22'$			
0.00669	0.99998	$23'$			
0.00698	0.99998	$24'$			
0.00727	0.99997	$25'$			
0.00756	0.99997	$26'$			
0.00785	0.99997	$27'$			
0.00814	0.99997	$28'$			
0.00844	0.99996	$29'$			
0.00873	0.99996	$30'$			

表 2 续

$\sin \omega_a$	$\cos \omega_a$	ω_a	α		
			20°	15°	14°30'
0.00902	0.99996	0°31'	20°0'	15°0'	14°30'
0.00931	0.99996	32'			
0.00960	0.99995	33'			
0.00989	0.99995	34'			
0.01018	0.99995	35'			
0.01047	0.99995	36'			
0.01076	0.99994	37'			
0.01105	0.99994	38'			
0.01134	0.99994	39'			
0.01164	0.99993	40'			
0.01193	0.99993	41'			
0.01222	0.99993	42'			
0.01251	0.99992	43'			
0.01280	0.99992	44'			
0.01309	0.99991	45'			
0.01338	0.99991	46'			
0.01367	0.99991	47'			
0.01396	0.99990	48'			
0.01425	0.99990	49'			
0.01454	0.99989	50'			
0.01483	0.99989	51'			
0.01513	0.99989	52'			
0.01542	0.99988	53'			
0.01571	0.99988	54'			
0.01600	0.99987	55'			
0.01629	0.99987	56'			
0.01658	0.99986	57'			
0.01687	0.99986	58'			
0.01716	0.99985	59'			
0.01745	0.99985	60'			

表 2 续

$\sin \omega_a$	$\cos \omega_a$	ω_a	α		
			20°	15°	$14^\circ 30'$
0.01774	0.99984	$1^\circ 1'$	$20^\circ 0'$	$15^\circ 0'$	$14^\circ 30'$
0.01803	0.99984	$2'$			
0.01832	0.99983	$3'$			
0.01861	0.99983	$4'$			
0.01891	0.99982	$5'$			
0.01920	0.99981	$6'$			
0.01949	0.99981	$7'$			
0.01978	0.99980	$8'$			
0.02007	0.99980	$9'$			
0.02036	0.99979	$10'$			
0.02065	0.99979	$11'$			
0.02094	0.99978	$12'$			
0.02123	0.99977	$13'$			
0.02152	0.99977	$14'$			
0.02181	0.99976	$15'$			
0.02210	0.99975	$16'$			
0.02240	0.99975	$17'$			
0.02269	0.99974	$18'$			
0.02298	0.99974	$19'$			
0.02326	0.99973	$20'$			
0.02356	0.99972	$21'$			
0.02385	0.99971	$22'$			
0.02414	0.99971	$23'$			
0.02443	0.99970	$24'$			
0.02473	0.99969	$25'$			
0.02501	0.99969	$26'$			
0.02530	0.99968	$27'$			
0.02559	0.99967	$28'$			
0.02589	0.99966	$29'$			
0.02618	0.99966	$30'$			

表 2 续

$\sin \omega_{\alpha}$	$\cos \omega_{\alpha}$	ω_{α}	α		
			20°	15°	14°30'
0.02647	0.99965	1°31'	20°0'	15°0'	14°30'
0.02676	0.99964	32'			
0.02705	0.99963	33'			
0.02734	0.99963	34'			
0.02763	0.99962	35'			
0.02792	0.99961	36'			
0.02821	0.99960	37'			
0.02850	0.99959	38'			
0.02879	0.99958	39'			
0.02908	0.99958	40'			
0.02937	0.99957	41'			
0.02967	0.99956	42'			
0.02996	0.99955	43'	20°1'	15°1'	14°30'
0.03025	0.99954	44'			
0.03054	0.99953	45'			
0.03083	0.99952	46'			
0.03112	0.99951	47'			
0.03141	0.99951	48'			
0.03170	0.99950	49'			
0.03199	0.99949	50'			
0.03228	0.99948	51'			
0.03257	0.99947	52'			
0.03286	0.99946	53'			
0.03315	0.99945	54'			
0.03344	0.99944	55'			
0.03374	0.99943	56'			
0.03403	0.99942	57'			
0.03432	0.99941	58'			
0.03461	0.99940	59'			
0.03490	0.99939	60'			

表 2 续

$\sin \omega_0$	$\cos \omega_0$	ω_0	α		
			20°	15°	14°30'
0.03519	0.99938	2°1'	20°1'	15°1'	14°31'
0.03548	0.99937	2'			
0.03577	0.99936	3'			
0.03606	0.99935	4'			
0.03635	0.99934	5'			
0.03664	0.99933	6'			
0.03693	0.99932	7'			
0.03722	0.99931	8'			
0.03751	0.99930	9'			
0.03781	0.99928	10'			
0.03810	0.99927	11'			
0.03839	0.99926	12'			
0.03868	0.99925	13'			
0.03897	0.99924	14'			
0.03926	0.99923	15'			
0.03955	0.99922	16'			
0.03984	0.99921	17'			
0.04013	0.99919	18'			
0.04042	0.99918	19'			
0.04071	0.99917	20'			
0.04100	0.99916	21'			
0.04129	0.99915	22'			
0.04158	0.99913	23'			
0.04187	0.99912	24'			
0.04217	0.99911	25'			
0.04246	0.99910	26'			
0.04275	0.99908	27'			
0.04304	0.99907	28'			
0.04333	0.99906	29'			
0.04362	0.99905	30'			

表 2 续

$\sin \omega_a$	$\cos \omega_a$	ω_a	α		
			20°	15°	14°30'
0.04391	0.99903	2°31'	20°1'	15°1'	14°31'
0.04420	0.99902	32'			
0.04449	0.99901	33'			
0.04478	0.99900	34'			
0.04507	0.99898	35'			
0.04536	0.99897	36'			
0.04565	0.99896	37'			
0.04594	0.99894	38'			
0.04623	0.99893	39'			
0.04652	0.99892	40'			
0.04681	0.99890	41'			
0.04711	0.99889	42'			
0.04740	0.99888	43'			
0.04769	0.99886	44'			
0.04798	0.99885	45'			
0.04827	0.99883	46'			
0.04856	0.99882	47'			
0.04885	0.99881	48'			
0.04914	0.99879	49'			
0.04943	0.99878	50'			
0.04972	0.99876	51'			
0.05001	0.99875	52'			
0.05030	0.99873	53'			
0.05059	0.99872	54'			
0.05088	0.99870	55'			
0.05117	0.99869	56'			
0.05146	0.99867	57'			
0.05175	0.99866	58'	20°2'		
0.05204	0.99864	59'			
0.05234	0.99863	60'			

表 2 续

$\sin \omega_d$	$\cos \omega_d$	ω_d	α		
			20°	15°	14°30'
0.05263	0.99861	3°1'	20°2'	15°1'	14°31'
0.05292	0.99860	2'			
0.05321	0.99858	3'			
0.05350	0.99857	4'			
0.05379	0.99855	5'			
0.05408	0.99854	6'			
0.05437	0.99852	7'			
0.05466	0.99850	8'			
0.05495	0.99849	9'			
0.05524	0.99847	10'			
0.05553	0.99846	11'			
0.05582	0.99844	12'			
0.05611	0.99842	13'			
0.05640	0.99841	14'			
0.05669	0.99839	15'			
0.05698	0.99837	16'			
0.05727	0.99836	17'			
0.05756	0.99834	18'			
0.05785	0.99832	19'			
0.05814	0.99831	20'		15°2'	14°32'
0.05843	0.99829	21'			
0.05872	0.99827	22'			
0.05902	0.99826	23'			
0.05931	0.99824	24'			
0.05960	0.99822	25'			
0.05989	0.99820	26'			
0.06018	0.99819	27'			
0.06047	0.99817	28'			
0.06076	0.99815	29'			
0.06105	0.99813	30'			

表 2 续

$\sin \omega_a$	$\cos \omega_a$	ω_a	α		
			20°	15°	$14^\circ 30'$
0.06134	0.99812	$3^\circ 31'$	$20^\circ 2'$	$15^\circ 2'$	$14^\circ 32'$
0.06163	0.99810	$32'$			
0.06192	0.99808	$33'$			
0.06221	0.99806	$34'$			
0.06250	0.99804	$35'$			
0.06279	0.99803	$36'$			
0.06308	0.99801	$37'$			
0.06337	0.99799	$38'$			
0.06366	0.99797	$39'$			
0.06395	0.99795	$40'$			
0.06424	0.99793	$41'$			
0.06453	0.99791	$42'$			
0.06482	0.99790	$43'$			
0.06511	0.99788	$44'$			
0.06540	0.99786	$45'$			
0.06569	0.99784	$46'$			
0.06598	0.99782	$47'$			
0.06627	0.99780	$48'$			
0.06656	0.99778	$49'$			
0.06685	0.99776	$50'$			
0.06714	0.99774	$51'$	$20^\circ 3'$		
0.06743	0.99772	$52'$			
0.06772	0.99770	$53'$			
0.06801	0.99768	$54'$			
0.06830	0.99766	$55'$			
0.06859	0.99764	$56'$			
0.06888	0.99762	$57'$			
0.06918	0.99760	58			
0.06947	0.99758	$59'$			
0.06976	0.99756	$60'$			