

第 15 章 齿 轮 传 动

G1 齿轮测量几何尺寸计算表格.(表 G15-1 ~ 表 G15-9)

表 G15-1 公法线长度 W^* ($m=m_n=1\text{mm}$ 、 $a=a_n=20^\circ$) (mm)

假想齿数 z	跨测齿数 k	公法线长度 W^*									
8	2	4.5402	24	2	4.7644	33	2	4.8903	40	2	4.9884
	3	7.7165		3	7.8425		3	7.9406		3	7.9406
	4	10.6686		4	10.7946		4	10.8927		4	10.8927
	5	13.6207		5	13.7468		5	13.8448		5	13.8448
	6			6	16.6989		6	16.7969		6	16.7969
	7		25	2	4.7784	34	2	4.9043		7	19.7491
	3	7.7305		3	7.8565		3	7.9546		3	7.9546
	4	10.6826		4	10.8086		4	10.9067		4	10.9067
	5	13.6347		5	13.7608		5	13.8588		5	13.8588
13	2	4.6103	26	2	4.7924		6	16.7129	41	6	16.8110
	3	7.5624		3	7.7445		7	19.7631		7	19.7631
	4	4.6243		4	10.6966		8	22.7152		8	22.7152
	5	7.5764		5	13.6487						
	2	4.6383	27	2	4.8064	35	2	4.9184		3	7.9686
	3	7.5904		3	7.7585		3	7.8705		4	10.9207
	4	4.6523		4	10.7106		4	10.8227		5	13.8728
	5	7.6044		5	13.6627		5	13.7748		6	16.8250
17	2	4.6663	28	2	4.8204		6	16.7269	42	7	19.7771
	3	7.6184		3	7.7725		7	19.6931		8	22.7432
	4	10.5706		4	10.7246		8	22.7432		3	7.9826
	5			5	13.6767		9			4	10.9347
	2	4.6803	29	2	4.8344	36	2	4.9464		5	13.8868
	3	7.6324		3	7.7865		3	7.8985		6	16.8390
	4	10.5846		4	10.7386		4	10.8507		7	19.7911
	5			5	13.6908		5	13.8028		8	22.7432
19	2	4.6943	30	2	4.8484		6	16.7549	44	3	7.9966
	3	7.6464		3	7.8005		7	19.7071		4	10.9487
	4	10.5986		4	10.7526		8			5	13.9008
	5			5	13.7048		9			6	16.8530
	2	4.7083	31	2	4.8623	38	2	4.9604		7	19.8051
	3	7.6604		3	7.8145		3	7.9125		8	22.7572
	4	10.6126		4	10.7666		4	10.8647			
	5			5	13.7188		5	13.8168		3	8.0106
21	2	4.7223	32	2	4.8763		6	16.7689	45	4	10.9627
	3	7.6744		3	7.8285		7	19.7211		5	13.9148
	4	10.6266		4	10.7806		8			6	16.8670
	5			5	13.7328		9			7	19.8191
	2	4.7364	33	2	4.8649	39	2	4.9744		8	22.7712
	3	7.6885		3	7.8285		3	7.9265		9	
	4	10.6406		4	10.7806		4	10.8787		3	8.0246
	5			5	13.7328		5	13.8308		4	10.9767
23	2	4.7504	34	2	4.8763		6	16.7829	46	5	13.9288
	3	7.7025		3	7.8285		7	19.7351		6	16.8810
	4	10.6546		4	10.7806		8			7	19.8331
	5	13.6067		5	13.7328		9			8	22.7852

(续)

假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线 长度 <i>W</i> [*]	假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线长度 <i>W</i> [*]	假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线 长度 <i>W</i> [*]	假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线 长度 <i>W</i> [*]
47	3	8.0386	54	4	11.0888	61	5	14.1389	68	6	17.1891
	4	10.9907		5	14.0409		6	17.0911		7	20.1412
	5	13.9429		6	16.9930		7	20.0432		8	23.0934
	6	16.8950		7	19.9452		8	22.9953		9	26.0455
	7	19.8471		8	22.8973		9	25.9475		10	28.9976
	8	22.7992		9	25.8494		10	28.8996		11	31.9498
48	4	11.0047	55	4	11.1028	62	5	14.1529	69	6	17.2031
	5	13.9569		5	14.0549		6	17.1051		7	20.1552
	6	16.9090		6	17.0070		7	20.0572		8	23.1074
	7	19.8611		7	19.9592		8	23.0093		9	26.0595
	8	22.8133		8	22.9113		9	25.9615		10	29.0116
				9	25.8634		10	28.9136		11	31.9638
49	4	11.0187	56	5	14.0689	63	5	14.1669	70	6	17.2171
	5	13.9709		6	17.0210		6	17.1191		7	20.1692
	6	16.9230		7	19.9732		7	20.0712		8	23.1214
	7	19.8751		8	22.9253		8	23.0233		9	26.0735
	8	22.8273		9	25.8774		9	25.9755		10	29.0256
	9	25.7794		10	28.8296		10	28.9276		11	31.9778
50	4	11.0327	57	5	14.0829	64	6	17.1331	71	6	17.2311
	5	13.9849		6	17.0350		7	20.0852		7	20.1832
	6	16.9370		7	19.9872		8	23.0373		8	23.1354
	7	19.8891		8	22.9393		9	25.9895		9	26.0875
	8	22.8413		9	25.8914		10	28.9416		10	29.0396
	9	25.7934		10	28.8436		11	31.8937		11	31.9918
51	4	11.0467	58	5	14.0969	65	6	17.1471	72	6	17.2451
	5	13.9989		6	17.0490		7	20.0992		7	20.1973
	6	16.9510		7	20.0012		8	23.0513		8	23.1494
	7	19.9031		8	22.9533		9	26.0035		9	26.1015
	8	22.8553		9	25.9054		10	28.9556		10	29.0536
	9	25.8074		10	28.8576		11	31.9077		11	32.0058
52	4	11.0607	59	5	14.1109	66	6	17.1611	73	7	20.2113
	5	14.0129		6	17.0630		7	20.1132		8	23.1634
	6	16.9660		7	20.0152		8	23.0654		9	26.1155
	7	19.9171		8	22.9673		9	26.0175		10	29.0677
	8	22.8693		9	25.9194		10	28.9696		11	32.0198
	9	25.8214		10	28.8716		11	31.9217		12	34.9719
53	4	11.0748	60	5	14.1249	67	6	17.1751	74	7	20.2253
	5	14.0269		6	17.0771		7	20.1272		8	23.1774
	6	16.9790		7	20.0292		8	23.0794		9	26.1295
	7	19.9311		8	22.9813		9	26.0315		10	29.0817
	8	22.8833		9	25.9334		10	28.9836		11	32.0338
	9	25.8354		10	28.8856		11	31.9358		12	34.9859

(续)

假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线 长度 <i>W</i> [*]	假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线长度 <i>W</i> [*]	假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线 长度 <i>W</i> [*]	假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线长 度 <i>W</i> [*]
75	7	20.2393	82	8	23.2894	89	8	23.3875	96	9	26.4376
	8	23.1914		9	26.2416		9	26.3396		10	29.3898
	9	26.1435		10	29.1937		10	29.2917		11	32.3419
	10	29.0957		11	32.1458		11	32.2439		12	35.2940
	11	32.0478		12	35.0980		12	35.1960		13	38.2462
	12	34.9999		13	33.0501		13	38.1481		14	41.1983
76	7	20.2533	83	8	23.3034	90	8	26.3536	97	9	26.4517
	8	23.2054		9	26.2556		9	29.3057		10	29.4038
	9	26.1575		10	29.2077		10	32.2579		11	32.3559
	10	29.1097		11	32.1598		11	35.2100		12	35.3080
	11	32.0618		12	35.1120		12	38.1621		13	38.2602
	12	35.0139		13	38.0641		13	41.1143		14	41.2123
77	7	20.2673	84	8	23.3175	91	9	26.3676	98	9	26.4657
	8	23.2194		9	26.2696		10	29.3198		10	29.4178
	9	26.1715		10	29.2217		11	32.2719		11	32.3699
	10	29.1237		11	32.1738		12	35.2240		12	35.3221
	11	32.0758		12	35.1260		13	38.1761		13	38.2742
	12	35.0279		13	38.0781		14	41.1283		14	41.2263
78	7	20.2813	85	8	23.3315	92	9	26.3816	99	10	29.4318
	8	23.2334		9	26.2836		10	29.3338		11	32.3839
	9	26.1855		10	29.2357		11	32.2859		12	35.3361
	10	29.1377		11	32.1879		12	35.2380		13	38.2882
	11	32.0898		12	35.1400		13	38.1902		14	41.2403
	12	35.0419		13	38.0921		14	41.1423		15	44.1925
79	7	20.2953	86	8	23.3455	93	9	26.3956	100	10	29.4458
	8	23.2474		9	26.2976		10	39.3478		11	32.3979
	9	26.1996		10	29.2497		11	32.2999		12	35.3501
	10	29.1517		11	32.2019		12	35.2520		13	38.3022
	11	32.1038		12	35.1540		13	38.2042		14	41.2543
	12	35.0559		13	38.1061		14	41.1563		15	44.2065
80	7	20.3093	87	8	23.3595	94	9	26.4096	101	10	29.4598
	8	23.2614		9	26.3116		10	29.3618		11	32.4119
	9	26.2136		10	29.2637		11	32.3139		12	35.3641
	10	29.1657		11	32.2159		12	35.2660		13	38.3192
	11	32.1178		12	35.1680		13	38.2182		14	41.2683
	12	35.0700		13	38.1201		14	41.1703		15	44.2205
81	8	23.2754	88	8	23.3735	95	9	26.4236	102	10	29.4738
	9	26.2276		9	26.3256		10	29.3758		11	32.4259
	10	29.1797		10	29.2777		11	32.3279		12	35.3781
	11	32.1318		11	32.2299		12	35.2800		13	38.3302
	12	35.0840		12	35.1820		13	38.2322		14	41.2823
	13	38.0361		13	38.1341		14	41.1843		15	44.2345

(续)

假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线 长度 <i>W</i> [*]	假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线长度 <i>W</i> [*]	假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线 长度 <i>W</i> [*]	假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线长 度 <i>W</i> [*]
103	10	29.4878	110	11	32.5380	117	12	35.5882	124	12	35.6862
	11	32.4400		12	35.4901		13	38.5403		13	38.6383
	12	35.3921		13	38.4423		14	41.4924		14	41.5905
	13	38.3442		14	41.3944		15	44.4446		15	44.5426
	14	41.2963		15	44.3465		16	47.3967		16	47.4947
	15	44.2485		16	47.2986		17	50.3488		17	50.4469
104	10	29.5018	111	11	32.5520	118	12	35.6022	125	13	38.6523
	11	32.4540		12	35.5041		13	38.5543		14	41.6045
	12	35.4061		13	38.4563		14	41.5064		15	44.5566
	13	38.3582		14	41.4084		15	44.4586		16	47.5087
	14	41.3104		15	44.3605		16	47.4107		17	50.4609
	15	44.2625		16	47.3127		17	50.3628		18	53.4130
105	10	29.5158	112	11	32.5660	119	12	35.6162	126	13	38.6663
	11	32.4680		12	35.5181		13	38.5683		14	41.6185
	12	35.4201		13	38.4703		14	41.5204		15	44.5706
	13	38.3722		14	41.4224		15	44.4726		16	47.5227
	14	41.3244		15	44.3745		16	47.4247		17	50.4749
	15	44.2765		16	47.3267		17	50.3768		18	53.4270
106	10	29.5298	113	11	32.5800	120	12	35.6302	127	13	38.6803
	11	32.4820		12	35.5321		13	38.5823		14	41.6325
	12	35.4341		13	38.4843		14	41.5344		15	44.5846
	13	38.3862		14	41.4364		15	44.4866		16	47.5367
	14	41.3384		15	44.3885		16	47.4387		17	50.4889
	15	44.2905		16	47.3407		17	50.3908		18	53.4410
107	10	29.5438	114	11	32.5940	121	12	35.6442	128	13	38.6944
	11	32.4960		12	35.5461		13	38.5963		14	41.6465
	12	35.4481		13	38.4983		14	41.5484		15	44.5986
	13	38.4002		14	41.4504		15	44.5006		16	47.5507
	14	41.3524		15	44.4025		16	47.4527		17	50.5029
	15	44.3045		16	47.3547		17	50.4048		18	53.4550
108	11	32.5100	115	11	32.6080	122	12	35.6582	129	13	38.7084
	12	35.4621		12	35.5601		13	38.6103		14	41.6605
	13	38.4142		13	38.5123		14	41.5625		15	44.6126
	14	41.3664		14	41.4644		15	44.5146		16	47.5648
	15	44.3185		15	44.4165		16	47.4667		17	50.5169
	16	47.2706		16	47.3687		17	50.4188		18	53.4690
109	11	32.5240	116	11	32.6220	123	12	35.6722	130	13	38.7224
	12	35.4761		12	35.5742		13	38.6243		14	41.6745
	13	38.4282		13	38.5263		14	41.5765		15	44.6266
	14	41.3804		14	41.4784		15	44.5286		16	47.5788
	15	44.3325		15	44.4305		16	47.4807		17	50.5309
	16	47.2846		16	47.3827		17	50.4329		18	53.4830

(续)

假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线 长度 <i>W</i> [*]	假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线 长度 <i>W</i> [*]	假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线 长度 <i>W</i> [*]	假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线长 度 <i>W</i> [*]
131	13	38.7364	138	14	41.7865	145	15	44.8367	152	16	47.8869
	14	41.6885		15	44.7387		16	47.7888		17	50.8390
	15	44.6406		16	47.6908		17	50.7410		18	53.7911
	16	47.5928		17	50.6429		18	53.6931		19	56.7433
	17	50.5449		18	53.5951		19	56.6452		20	59.6954
	18	53.4970		19	56.5472		20	59.5974		21	62.6475
132	13	38.7504	139	14	41.8005	146	15	44.8507	153	16	47.9009
	14	41.7025		15	44.7527		16	47.8028		17	50.8530
	15	44.6546		16	47.7048		17	50.7550		18	53.8051
	16	47.6068		17	50.6569		18	53.7071		19	56.7573
	17	50.5589		18	53.6091		19	56.6592		20	59.7094
	18	53.5110		19	56.5612		20	59.6114		21	62.6615
133	13	38.7644	140	14	41.8145	147	15	44.8647	154	16	47.9149
	14	41.7165		15	44.7667		16	47.8169		17	50.8670
	15	44.6686		16	47.7188		17	50.7690		18	53.8192
	16	47.6208		17	50.6709		18	53.7211		19	56.7713
	17	50.5729		18	53.6231		19	56.6732		20	59.7234
	18	53.5250		19	56.5752		20	59.6254		21	62.6755
134	14	41.7305	141	14	41.8286	148	15	44.8787	155	16	46.9289
	15	44.6826		15	44.7807		16	47.8309		17	50.8810
	16	47.6348		16	47.7328		17	50.7830		18	53.8332
	17	50.5869		17	50.6849		18	53.7351		19	56.7853
	18	53.5390		18	53.6371		19	56.6873		20	59.7374
	19	56.4912		19	56.5892		20	59.6394		21	62.6896
135	14	41.7445	142	14	41.8426	149	15	44.8927	156	16	47.9429
	15	44.6967		15	44.7947		16	47.8449		17	50.8950
	16	47.6488		16	47.7468		17	50.7970		18	53.8472
	17	50.6009		17	50.6990		18	53.7491		19	56.7993
	18	53.5530		18	53.6511		19	56.7013		20	59.7514
	19	56.5052		19	56.6032		20	59.6534		21	62.7036
136	14	41.7585	143	15	44.8087	150	15	44.9067	157	16	47.9569
	15	44.7107		16	47.7608		16	47.8589		17	50.9090
	16	47.6628		17	50.7130		17	50.8110		18	53.8612
	17	50.6149		18	53.6651		18	53.7631		19	56.8133
	18	53.5671		19	56.6172		19	56.7153		20	59.7654
	19	56.5192		20	59.5694		20	59.6674		21	62.7176
137	14	41.7725	144	15	44.8227	151	15	44.9207	158	16	47.9709
	15	44.7247		16	47.7748		16	47.8729		17	50.9230
	16	47.6768		17	50.7270		17	50.8250		18	53.8752
	17	50.6289		18	53.6791		18	53.7771		19	56.8273
	18	53.5811		19	56.6312		19	56.7293		20	59.7794
	19	56.5332		20	59.5834		20	59.6814		21	62.7316

(续)

假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线 长度 <i>W</i> [*]	假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线 长度 <i>W</i> [*]	假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线 长度 <i>W</i> [*]	假想 齿数 <i>z</i>	跨测 齿数 <i>k</i>	公法线长 度 <i>W</i> [*]
159	16	47.9849	166	17	51.0351	173	18	54.0853	180	19	57.1354
	17	50.9370		18	53.9872		19	57.0374		20	60.0876
	18	53.8892		19	56.9394		20	59.9895		21	63.0397
	19	56.8413		20	59.8915		21	62.9417		22	65.9918
	20	59.7934		21	62.8436		22	65.8938		23	68.9440
	21	62.7456		22	65.7957		23	68.8459		24	71.8961
160	16	47.9989	167	17	51.0491	174	18	54.0993	181	19	57.1494
	17	50.9511		18	54.0012		19	57.0514		20	60.1016
	18	53.9032		19	56.9534		20	60.0035		21	63.0537
	19	56.8553		20	59.9055		21	62.9557		22	66.0058
	20	59.8074		21	62.8576		22	65.9078		23	68.9580
	21	62.7596		22	65.8098		23	68.8599		24	71.9101
161	17	50.9651	168	17	51.0631	175	18	54.1133	182	19	57.1634
	18	53.9172		18	54.0152		19	57.0654		20	60.1156
	19	56.8693		19	56.9674		20	60.0175		21	63.0677
	20	59.8215		20	59.9195		21	62.9697		22	66.0198
	21	62.7736		21	62.8716		22	65.9218		23	68.9720
	22	65.7257		22	65.8238		23	68.8739		24	71.9241
162	17	50.9791	169	17	51.0771	176	18	54.1273	183	19	57.1774
	18	53.9312		18	54.0292		19	57.0794		20	60.1296
	19	56.8833		19	56.9814		20	60.0315		21	63.0817
	20	59.8355		20	59.9335		21	62.9837		22	66.0338
	21	62.7876		21	62.8856		22	65.9358		23	68.9860
	22	65.7397		22	65.8378		23	68.8879		24	71.9381
163	17	50.9931	170	18	54.0432	177	18	54.1413	184	19	57.1915
	18	53.9452		19	56.9954		19	57.0934		20	60.1436
	19	56.8973		20	59.9475		20	60.0455		21	63.0957
	20	59.8495		21	62.8996		21	62.9977		22	66.0478
	21	62.8016		22	65.8518		22	65.9498		23	69.0000
	22	65.7537		23	68.8039		23	68.9019		24	71.9521
164	17	51.0071	171	18	54.0572	178	18	54.1553	185	19	57.2055
	18	53.9592		19	57.0094		19	57.1074		20	60.1576
	19	56.9113		20	59.9615		20	60.0595		21	63.1097
	20	59.8635		21	62.9136		21	63.0117		22	66.0619
	21	62.8156		22	65.8658		22	65.9638		23	69.0140
	22	65.7677		23	68.8179		23	68.9159		24	71.9661
165	17	51.0211	172	18	54.0713	179	19	57.1214	186	19	57.2195
	18	53.9732		19	57.0234		20	60.0736		20	60.1716
	19	56.9253		20	59.9755		21	63.0257		21	63.1237
	20	59.8775		21	62.9276		22	65.9778		22	66.0759
	21	62.8269		22	65.8798		23	68.9299		23	69.0280
	22	65.7817		23	68.8319		24	71.8821		24	71.9801

(续)

假想 齿数 z	跨测 齿数 k	公法线 长度 W^*									
187	19	57.2335	190	23	69.0840	194	20	60.2836	197	24	72.1342
	20	60.1856		24	72.0361		21	63.2358		25	75.0863
	21	63.1377		25	74.9883		22	66.1879		26	78.0384
	22	66.0899		20	60.2416		23	69.1400		21	63.2918
	23	69.0420		21	63.1938		24	72.0922		22	66.2439
	24	71.9941		22	66.1459		25	75.0443		23	69.1961
188	20	60.1996	191	23	69.0980	195	20	60.2976	198	24	72.1482
	21	63.1517		24	72.0501		21	63.2498		25	75.1003
	22	66.1039		25	75.0023		22	66.2019		26	78.0524
	23	69.0560		20	60.2556		23	69.1540		21	63.3058
	24	72.0081		21	63.2078		24	72.1062		22	66.2579
	25	74.9603		22	66.1599		25	75.0583		23	69.2101
189	20	60.2186	192	23	69.1120	196	20	60.3116	199	24	72.1622
	21	63.1657		24	72.0642		21	63.2638		25	75.1143
	22	66.1179		25	75.0163		22	66.2159		26	78.0665
	23	69.0700		20	60.2696		23	69.1680		21	63.3198
	24	72.0221		21	63.2218		24	72.1202		22	66.2719
	25	74.9743		22	68.1739		25	75.0723		23	69.2241
190	20	60.2276	193	23	69.1260	197	21	63.2778	200	24	72.1762
	21	63.1797		24	72.0782		22	66.2299		25	75.1283
	22	66.1319		25	75.0303		23	69.1820		26	78.0805

注：1. 本表可用于 $a=a_n=20^\circ$ 的外啮合和内啮合的直齿轮和斜齿轮。

2. 对直齿轮 $z = z$, 对斜齿轮 $z = z \frac{\text{inv} a}{\text{inv} a_n}$ 。

3. 对内齿轮 k 为跨测齿槽数。

4. 黑体字是标准齿轮($x=x_n=0$)的跨测齿数 k 和公法线长度 W^* 。

5. 本表的 W^* 为 $m=1\text{mm}$ 的公法线长度, 当 $m=1\text{mm}$ 时, 其公法线长度 $W=W^*m$ 。

6. 比值 $\text{inv} a/\text{inv} a_n$ 见表 G15-2。按此式算出的 z 分整数部分和小数部分, 其整数部分公法线长度值查表 G15-1, 而小数部分的公法线长度可利用表 G15-3 用插入法进行补偿计算。

7. 例 4~标准斜齿轮($x_n=0$ 、 $a_n=20^\circ$)。已知 $z=17$, $m_n=5\text{mm}$, $\beta=12^\circ 18'$, 试确定其公法线长度 W 。

1) 按 $b=12^\circ 18'$, 由表 G15-2 查出 $\text{inv} a/\text{inv} a_n=1.068511$, $z = z \frac{\text{inv} a}{\text{inv} a_n}=17 \times 1.068511=18.16$ (取小数后两位)。

2) 跨测齿数由图 15-6, 查得 $k=3$ 。

3) 按 $z = 18$, $k=3$, 由表 G15-1 查得 $W^*=7.6324$ 。按 z 的尾数 $z = 0.16$, 由表 G15-3 查得 $W^*=0.0022$ 。则 $W=W^*m_n=7.6324+0.0022=7.6346$ 。

4) 公法线长度

$$W=W^*m_n=7.6346 \times 5\text{mm}=38.173\text{mm}$$

表 G15-2 $\frac{\text{inv } t}{\text{inv } n}$ 值 ($a_n=20^\circ$)

b	$\frac{\text{inv} a_t}{\text{inv} 20^\circ}$	差值									
8°	1.0283	0.0025	17°	1.1358	0.0059	25°	1.3227	0.0103	32°	1.5952	0.0164
8°20'	1.0308	0.0025	17°20'	1.1417	0.0059	25°20'	1.3330	0.0105	32°20'	1.6116	0.0169
8°40'	1.0333	0.0027	17°40'	1.1476	0.0061	25°40'	1.3435	0.0107	32°40'	1.6285	0.0172
9°	1.0360	0.0028	18°	1.1537	0.0063	26°	1.3542	0.0110	33°	1.6457	0.0177
9°20'	1.0388	0.0029	18°20'	1.1600	0.0065	26°20'	1.3652	0.0113	33°20'	1.6634	0.0180
9°40'	1.0417	0.0030	18°40'	1.1665	0.0066	26°40'	1.3765	0.0115	33°40'	1.6814	0.0185
10°	1.0447	0.0031	19°	1.1731	0.0067	27°	1.3880	0.0117	34°	1.6999	0.0189
10°20'	1.0478	0.0032	19°20'	1.1798	0.0069	27°20'	1.3997	0.0120	34°20'	1.7188	0.0193
10°40'	1.0510	0.0034	19°40'	1.1867	0.0071	27°40'	1.4117	0.0123	34°40'	1.7381	0.0198
11°	1.0544	0.0034	20°	1.1938	0.0073	28°	1.4240	0.0126	35°	1.7579	0.0203
11°20'	1.0578	0.0036	20°20'	1.2011	0.0074	28°20'	1.4366	0.0128	35°20'	1.7782	0.0207
11°40'	1.0614	0.0037	20°40'	1.2085	0.0077	28°40'	1.4494	0.0132	35°40'	1.7989	0.0212
12°	1.0651	0.0038	21°	1.2162	0.0078	29°	1.4626	0.0134	36°	1.8201	0.0218
12°20'	1.0689	0.0039	21°20'	1.2240	0.0079	29°20'	1.4760	0.0138	36°20'	1.8419	0.0222
12°40'	1.0728	0.0041	21°40'	1.2319	0.0082	29°40'	1.4898	0.0140	36°40'	1.8641	0.0228
13°	1.0769	0.0042	22°	1.2401	0.0084	30°	1.5038	0.0144	37°	1.8869	0.0233
13°20'	1.0811	0.0043	22°20'	1.2485	0.0085	30°20'	1.5182	0.0147	37°20'	1.9102	0.0239
13°40'	1.0854	0.0044	22°40'	1.2570	0.0088	30°40'	1.5329	0.0150	37°40'	1.9341	0.0245
14°	1.0898	0.0046	23°	1.2658	0.0089	31°	1.5479	0.0154	38°	1.9586	0.0251
14°20'	1.0944	0.0047	23°20'	1.2747	0.0092	31°20'	1.5633	0.0158	38°20'	1.9837	0.0256
14°40'	1.0991	0.0048	23°40'	1.2839	0.0094	31°40'	1.5791	0.0161	38°40'	2.0093	0.0263
15°	1.1039	0.0050	24°	1.2933	0.0096	32°	1.5952		39°	2.0356	
15°20'	1.1089	0.0051	24°20'	1.3029	0.0098						
15°40'	1.1140	0.0052	24°40'	1.3127	0.0100						
16°	1.1192	0.0054	25°	1.3227							
16°20'	1.1246	0.0056									
16°40'	1.1302	0.0056									
17°	1.1358										

表 G15-3 假想齿数的小数部分的公法线长度 ($m_n=1\text{mm}$ 、 $a_n=20^\circ$) (mm)

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0001	0.0003	0.0004	0.0006	0.0007	0.0008	0.0010	0.0013	
0.1	0.0014	0.0015	0.0017	0.0018	0.0020	0.0021	0.0022	0.0024	0.0025	0.0027
0.2	0.0028	0.0029	0.0031	0.0032	0.0034	0.0035	0.0036	0.0038	0.0039	0.0041

(续)

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.3	0.0042	0.0043	0.0045	0.0046	0.0048	0.0049	0.0050	0.0052	0.0053	0.0055
0.4	0.0056	0.0057	0.0059	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0066	0.0067	0.0069
0.5	0.0070	0.0071	0.0073	0.0074	0.0076	0.0077	0.0078	0.0080	0.0081	0.0083
0.6	0.0084	0.0085	0.0087	0.0088	0.0090	0.0091	0.0092	0.0094	0.0095	0.0097
0.7	0.0098	0.0099	0.0101	0.0102	0.0104	0.0105	0.0106	0.0108	0.0109	0.0111
0.8	0.0112	0.0113	0.0115	0.0116	0.0118	0.0119	0.0120	0.0122	0.0123	0.0125
0.9	0.0126	0.0127	0.0129	0.0130	0.0132	0.0133	0.0134	0.0136	0.0137	0.0139

表 G15-4 变位齿轮的公法线长度附加量 $W^*(m=m_n=1\text{mm}, \alpha=\alpha_n=20^\circ)$ (mm)

$x(\text{或 } x_p)$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0068	0.0137	0.0205	0.0274	0.0342	0.0410	0.0479	0.0547	0.0616
0.1	0.0684	0.0752	0.0821	0.0889	0.0958	0.1026	0.1094	0.1163	0.1231	0.1300
0.2	0.1368	0.1436	0.1505	0.1573	0.1642	0.1710	0.1779	0.1847	0.1915	0.1984
0.3	0.2052	0.2121	0.2189	0.2257	0.2326	0.2394	0.2463	0.2531	0.2599	0.2668
0.4	0.2736	0.2805	0.2873	0.2941	0.3010	0.3078	0.3147	0.3215	0.3283	0.3352
0.5	0.3420	0.3489	0.3557	0.3625	0.3694	0.3762	0.3831	0.3899	0.3967	0.4036
0.6	0.4104	0.4173	0.4241	0.4309	0.4378	0.4446	0.4515	0.4583	0.4651	0.4720
0.7	0.4788	0.4857	0.4925	0.4993	0.5062	0.5130	0.5199	0.5267	0.5336	0.5404
0.8	0.5472	0.5541	0.5609	0.5678	0.5746	0.5814	0.5883	0.5951	0.6020	0.6088
0.9	0.6156	0.6225	0.6293	0.6362	0.6430	0.6498	0.6567	0.6635	0.6704	0.6772
1.0	0.6840	0.6909	0.6977	0.7046	0.7114	0.7182	0.7251	0.7310	0.7388	0.7456
1.1	0.7524	0.7593	0.7661	0.7730	0.7798	0.7866	0.7935	0.8003	0.8072	0.8140
1.2	0.8208	0.8277	0.8345	0.8414	0.8482	0.8551	0.8619	0.8687	0.8756	0.8824
1.3	0.8893	0.8961	0.9029	0.9098	0.9166	0.9235	0.9303	0.9371	0.9440	0.9508
1.4	0.9577	0.9645	0.9713	0.9782	0.9850	0.9919	0.9987	1.0055	1.0124	1.0192
1.5	1.0261	1.0329	1.0397	1.0466	1.0534	1.0603	1.0671	1.0739	1.0808	1.0876
1.6	1.0945	1.1013	1.1081	1.1150	1.1218	1.1287	1.1355	1.1423	1.1492	1.1560
1.7	1.1629	1.1697	1.1765	1.1834	1.1902	1.1971	1.2039	1.2108	1.2176	1.2244
1.8	1.2313	1.2381	1.2450	1.2518	1.2586	1.2655	1.2723	1.2792	1.2860	1.2928
1.9	1.2997	1.3065	1.3134	1.3202	1.3270	1.3339	1.3407	1.3476	1.3544	1.3612

表 G15-5 外啮合标准齿轮分度圆弦齿厚 $\bar{s}^*(s_n^*)$ 和弦齿高 $\bar{h}_a^*(h_{an}^*)$ ($m_n=m=1\text{mm}$) $(\alpha_n=\alpha=20^\circ, h_{an}^*=h_a^*=1)$ (mm)

齿数 $z(z_v)$	分度圆 弦齿厚 $\bar{s}^*(s_n^*)$	分度圆 弦齿高 $\bar{h}_a^*(h_{an}^*)$									
6	1.5529	1.1022	11	1.5654	1.0559	16	1.5683	1.0385	21	1.5694	1.0294
7	1.5568	1.0873	12	1.5663	1.0514	17	1.5686	1.0362	22	1.5695	1.0281
8	1.5607	1.0769	13	1.5670	1.0474	18	1.5688	1.0342	23	1.5696	1.0268
9	1.5628	1.0684	14	1.5675	1.0440	19	1.5690	1.0324	24	1.5697	1.0257
10	1.5643	1.0616	15	1.5679	1.0411	20	1.5692	1.0308	25	1.5698	1.0247

(续)

齿数 $z(z_v)$	分度圆		齿数 $z(z_v)$		分度圆		齿数 $z(z_v)$		分度圆		齿数 $z(z_v)$	
	弦齿厚 $\overline{s}^*(s_n^*)$	弦齿高 $\overline{h_a}^*(h_{an}^*)$										
26	1.5698	1.0237	56	1.5706	1.0110	86	1.5707	1.0072	116	1.5707	1.0053	
27	1.5699	1.0228	57	1.5706	1.0108	87	1.5707	1.0071	117	1.5707	1.0053	
28	1.5700	1.0220	58	1.5706	1.0106	88	1.5707	1.0070	118	1.5707	1.0053	
29	1.5700	1.0213	59	1.5706	1.0105	89	1.5707	1.0069	119	1.5707	1.0052	
30	1.5701	1.0205	60	1.5706	1.0102	90	1.5707	1.0068	120	1.5707	1.0052	
31	1.5701	1.0199	61	1.5706	1.0101	91	1.5707	1.0068	121	1.5707	1.0051	
32	1.5702	1.0193	62	1.5706	1.0100	92	1.5707	1.0067	122	1.5707	1.0051	
33	1.5702	1.0187	63	1.5706	1.0098	93	1.5707	1.0067	123	1.5707	1.0050	
34	1.5702	1.0181	64	1.5706	1.0097	94	1.5707	1.0066	124	1.5707	1.0050	
35	1.5702	1.0176	65	1.5706	1.0095	95	1.5707	1.0065	125	1.5707	1.0049	
36	1.5703	1.0171	66	1.5706	1.0094	96	1.5707	1.0064	126	1.5707	1.0049	
37	1.5703	1.0167	67	1.5706	1.0092	97	1.5707	1.0064	127	1.5707	1.0049	
38	1.5703	1.0162	68	1.5706	1.0091	98	1.5707	1.0063	128	1.5707	1.0048	
39	1.5704	1.0158	69	1.5707	1.0090	99	1.5707	1.0062	129	1.5707	1.0048	
40	1.5704	1.0154	70	1.5707	1.0088	100	1.5707	1.0061	130	1.5707	1.0017	
41	1.5704	1.0150	71	1.5707	1.0087	101	1.5707	1.0061	131	1.5708	1.0017	
42	1.5704	1.0147	72	1.5707	1.0086	102	1.5707	1.0060	132	1.5708	1.0017	
43	1.5705	1.0143	73	1.5707	1.0085	103	1.5707	1.0060	133	1.5708	1.0047	
44	1.5705	1.0140	74	1.5707	1.0084	104	1.5707	1.0059	134	1.5708	1.0046	
45	1.5705	1.0137	75	1.5707	1.0083	105	1.5707	1.0059	135	1.5708	1.0046	
46	1.5705	1.0134	76	1.5707	1.0081	106	1.5707	1.0058	140	1.5708	1.0044	
47	1.5705	1.0131	77	1.5707	1.0080	107	1.5707	1.0058	145	1.5708	1.0042	
48	1.5705	1.0129	78	1.5707	1.0079	108	1.5707	1.0057	150	1.5708	1.0041	
49	1.5705	1.0126	79	1.5707	1.0078	109	1.5707	1.0057	齿条	1.5708	1.0000	
50	1.5705	1.0123	80	1.5707	1.0077	110	1.5707	1.0056				
51	1.5706	1.0121	81	1.5707	1.0076	111	1.5707	1.0056				
52	1.5706	1.0119	82	1.5707	1.0075	112	1.5707	1.0055				
53	1.5706	1.0117	83	1.5707	1.0074	113	1.5707	1.0055				
54	1.5706	1.0114	84	1.5707	1.0074	114	1.5707	1.0054				
55	1.5706	1.0112	85	1.5707	1.0073	115	1.5707	1.0054				

注：1. 对于斜齿圆柱齿轮和圆锥齿轮，本表也可以用，所不同的是齿数要按照当量齿数 z_v 。

2. 如果当量齿数带小数，就要用比例插入法，把小数部分考虑进去。

3. 当模数 m (或 m_n) = 1mm 时，应将查得的 $\overline{s}(s_n^*)$ 和 $\overline{h_a}^*(h_{an}^*)$ 乘以 m (或 m_n)。

表 G15-6 外啮合变位齿轮的分度圆弦齿厚 $\bar{s}^*(s_n^*)$ 和分度圆弦齿高 $\bar{h}^*(h_a^*)$ (a=a_n=20°, m=m_n=1mm, h_a=h_{an}^{*}=1)

(mm)

z (z _v)	10		11		12		13		14		15		16		17		
	$\frac{\bar{s}^*}{(s_n^*)}$	$\frac{\bar{h}^*}{(h_n^*)}$															
0.02											1.604	1.093	1.604	1.090	1.583	1.052	
0.05											1.626	1.124	1.626	1.121	1.605	1.088	
0.08											1.639	1.148	1.640	1.145	1.626	1.119	
0.10												1.641	1.142	1.641	1.140		
0.12									1.654	1.169	1.655	1.166	1.655	1.163	1.655	1.160	
0.15									1.675	1.204	1.676	1.200	1.677	1.197	1.677	1.192	
0.18									1.697	1.236	1.698	1.232	1.699	1.225	1.699	1.223	
0.20					1.710	1.261	1.711		1.257	1.712	1.253	1.713	1.249	1.713	1.246	1.243	
0.22		1.744	1.327	1.745	1.320	1.746	1.314	1.747	1.309	1.748	1.305	1.749	1.301	1.749	1.298	1.750	
0.25		1.765	1.359	1.767	1.351	1.768	1.346	1.769	1.341	1.770	1.336	1.770	1.332	1.771	1.329	1.771	1.326
0.28		1.780	1.380	1.781	1.373	1.782	1.367	1.783	1.362	1.784	1.357	1.785	1.353	1.785	1.350	1.786	1.347
0.32		1.794	1.401	1.796	1.394	1.797	1.388	1.798	1.383	1.798	1.378	1.799	1.374	1.800	1.371	1.800	1.368
0.35		1.815	1.433	1.817	1.426	1.819	1.419	1.820	1.414	1.820	1.410	1.821	1.405	1.822	1.402	1.822	1.399
0.38		1.837	1.465	1.839	1.457	1.841	1.451	1.841	1.446	1.842	1.441	1.843	1.437	1.843	1.433	1.844	1.430
0.40		1.851	1.486	1.853	1.479	1.855	1.472	1.856	1.467	1.857	1.462	1.857	1.458	1.858	1.454	1.853	1.451
0.42		1.866	1.508	1.867	1.500	1.870	1.493	1.870	1.488	1.871	1.483	1.872	1.479	1.872	1.475	1.873	1.472
0.45		1.887	1.540	1.889	1.532	1.891	1.525	1.892	1.519	1.893	1.514	1.893	1.510	1.894	1.506	1.895	1.503
0.48		1.908	1.572	1.910	1.564	1.917	1.557	1.913	1.551	1.914	1.546	1.915	1.541	1.916	1.538	1.916	1.534
0.50		1.923	1.593	1.925	1.585	1.926	1.578	1.928	1.572	1.929	1.567	1.929	1.562	1.930	1.558	1.931	1.555
0.52		1.937	1.615	1.939	1.606	1.941	1.599	1.942	1.593	1.943	1.588	1.944	1.583	1.945	1.579	1.945	1.576
0.55		1.959	1.647	1.961	1.638	1.962	1.631	1.961	1.625	1.965	1.620	1.966	1.615	1.966	1.611	1.967	1.607
0.58		1.980	1.679	1.982	1.670	1.984	1.663	1.985	1.656	1.986	1.651	1.987	1.646	1.988	1.642	1.988	1.638
0.60		1.994	1.700	1.990	1.691	1.998	1.684	1.999	1.677	2.001	1.673	2.002	1.667	2.002	1.663	2.003	1.659
z (z _v)	18		19		20		21		22		23		24		25		
x(x _n)	$\frac{\bar{s}^*}{(s_n^*)}$	$\frac{\bar{h}^*}{(h_n^*)}$															
-0.12					1.482	0.908	1.482	0.906	1.482	0.905	1.482	0.904	1.488	0.903	1.483	0.902	
-0.10			1.496	0.930	1.497	0.928	1.497	0.927	1.497	0.925	1.497	0.924	1.497	0.923	1.497	0.922	
-0.08			1.511	0.950	1.511	0.949	1.511	0.947	1.511	0.946	1.511	0.945	1.511	0.944	1.512	0.943	
-0.05	1.533	0.983	1.533	0.981	1.533	0.979	1.533	0.978	1.533	0.977	1.533	0.976	1.534	0.975	1.534	0.974	
-0.02	1.554	1.014	1.554	1.012	1.555	1.010	1.555	1.009	1.555	1.008	1.555	1.006	1.555	1.005	1.555	1.004	
0.00	1.569	1.034	1.569	1.032	1.569	1.031	1.569	1.029	1.569	1.028	1.569	1.027	1.570	1.026	1.570	1.025	
0.02	1.583	1.055	1.584	1.053	1.584	1.051	1.584	1.050	1.584	1.049	1.584	1.047	1.584	1.046	1.584	1.045	
0.05	1.605	1.086	1.605	1.084	1.605	1.082	1.606	1.081	1.606	1.079	1.606	1.078	1.606	1.077	1.606	1.076	
0.08	1.627	1.117	1.627	1.115	1.627	1.113	1.627	1.112	1.628	1.110	1.628	1.109	1.628	1.108	1.628	1.107	
0.10	1.641	1.138	1.642	1.136	1.642	1.134	1.642	1.132	1.642	1.131	1.642	1.130	1.642	1.128	1.642	1.127	
0.12	1.656	1.158	1.656	1.156	1.656	1.154	1.656	1.153	1.657	1.155	1.657	1.150	1.657	1.149	1.657	1.147	
0.15	1.678	1.189	1.678	1.187	1.678	1.185	1.678	1.184	1.678	1.182	1.678	1.181	1.679	1.179	1.679	1.178	
0.18	1.699	1.220	1.700	1.218	1.700	1.216	1.700	1.215	1.700	1.213	1.700	1.212	1.700	1.210	1.701	1.209	
0.20	1.714	1.241	1.714	1.239	1.714	1.237	1.714	1.235	1.715	1.234	1.715	1.232	1.715	1.231	1.715	1.229	
0.22	1.728	1.262	1.729	1.259	1.729	1.257	1.729	1.256	1.729	1.254	1.729	1.253	1.729	1.251	1.730	1.250	
0.25	1.750	1.293	1.750	1.290	1.750	1.288	1.751	1.287	1.751	1.285	1.751	1.283	1.751	1.281	1.751	1.280	
0.28	1.772	1.324	1.772	1.321	1.772	1.319	1.773	1.318	1.773	1.316	1.773	1.314	1.773	1.313	1.773	1.311	
0.30	1.786	1.344	1.787	1.342	1.787	1.340	1.787	1.338	1.787	1.336	1.787	1.335	1.788	1.333	1.788	1.332	

(续)

$z(z_v)$	18		19		20		21		22		23		24		25	
$x(x_n)$	$\frac{s^*}{(s_n)}$	$\frac{h^*}{(h_n)}$														
0.32	1.801	1.365	1.801	1.363	1.801	1.361	1.802	1.359	1.802	1.357	1.802	1.355	1.802	1.354	1.802	1.353
0.35	1.822	1.396	1.823	1.394	1.823	1.392	1.823	1.390	1.824	1.388	1.824	1.386	1.824	1.385	1.824	1.383
0.38	1.844	1.427	1.844	1.425	1.845	1.423	1.845	1.421	1.845	1.419	1.845	1.417	1.846	1.415	1.846	1.414
0.40	1.858	1.448	1.859	1.446	1.859	1.443	1.859	1.441	1.860	1.439	1.860	1.438	1.860	1.436	1.860	1.435
0.42	1.873	1.469	1.873	1.466	1.874	1.464	1.874	1.462	1.874	1.460	1.874	1.458	1.875	1.457	1.875	1.455
0.45	1.895	1.500	1.895	1.497	1.896	1.495	1.896	1.493	1.896	1.491	1.896	1.489	1.896	1.488	1.897	1.486
0.48	1.916	1.531	1.917	1.529	1.917	1.526	1.918	1.524	1.918	1.522	1.918	1.520	1.918	1.518	1.918	1.517
0.50	1.931	1.552	1.931	1.549	1.932	1.547	1.932	1.545	1.932	1.543	1.933	1.541	1.933	1.539	1.933	1.537
0.52	1.945	1.573	1.946	1.570	1.946	1.568	1.947	1.565	1.947	1.563	1.947	1.562	1.947	1.560	1.947	1.558
0.55	1.967	1.604	1.968	1.601	1.968	1.599	1.968	1.596	1.969	1.594	1.969	1.593	1.969	1.591	1.969	1.589
0.58	1.989	1.635	1.989	1.632	1.990	1.630	1.990	1.627	1.990	1.625	1.991	1.624	1.991	1.621	1.991	1.620
0.60	2.003	1.656	2.004	1.653	2.004	1.650	2.005	1.648	2.005	1.646	2.005	1.645	2.005	1.642	2.005	1.641
$z(z_v)$	26-30	31-69	70-200	26	28	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	
$x(x_n)$	$\frac{s^*}{(s_n)}$	$\frac{s^*}{(s_n)}$	$\frac{s^*}{(s_n)}$	$\frac{h^*}{(h_n)}$												
-0.60	1.134	1.134	1.134	0.413	0.412	0.411	0.408	0.406	0.405	0.405	0.404	0.404	0.403	0.403	0.402	
-0.58	1.148	1.149	1.149	0.433	0.432	0.431	0.428	0.427	0.426	0.425	0.424	0.424	0.423	0.423	0.422	
-0.55	1.170	1.170	1.170	0.463	0.462	0.461	0.459	0.457	0.456	0.455	0.454	0.454	0.454	0.453	0.452	
-0.52	1.192	1.192	1.192	0.494	0.493	0.492	0.489	0.487	0.486	0.485	0.485	0.484	0.484	0.483	0.482	
-0.50	1.206	1.207	1.207	0.514	0.513	0.512	0.509	0.507	0.506	0.505	0.505	0.504	0.504	0.503	0.502	
-0.48	1.221	1.221	1.221	0.534	0.533	0.532	0.529	0.528	0.526	0.525	0.525	0.524	0.524	0.523	0.522	
-0.45	1.243	1.243	1.243	0.565	0.564	0.563	0.560	0.558	0.557	0.556	0.555	0.554	0.554	0.553	0.552	
-0.42	1.265	1.265	1.266	0.595	0.594	0.593	0.590	0.588	0.587	0.586	0.585	0.584	0.584	0.583	0.582	
-0.40	1.279	1.280	1.280	0.616	0.615	0.614	0.610	0.608	0.607	0.606	0.605	0.605	0.604	0.603	0.602	
-0.38	1.294	1.294	1.294	0.636	0.635	0.634	0.630	0.628	0.627	0.626	0.625	0.625	0.624	0.623	0.622	
-0.35	1.316	1.316	1.316	0.667	0.665	0.664	0.661	0.659	0.657	0.656	0.655	0.655	0.654	0.653	0.652	
-0.32	1.337	1.338	1.338	0.697	0.696	0.695	0.691	0.689	0.687	0.686	0.686	0.685	0.685	0.683	0.682	
-0.30	1.352	1.352	1.352	0.718	0.716	0.715	0.711	0.709	0.708	0.707	0.706	0.706	0.705	0.703	0.702	
-0.28	1.366	1.367	1.367	0.738	0.737	0.736	0.732	0.729	0.728	0.727	0.726	0.725	0.725	0.723	0.722	
-0.25	1.388	1.389	1.389	0.769	0.767	0.766	0.762	0.760	0.758	0.757	0.756	0.755	0.755	0.753	0.752	
-0.22	1.410	1.411	0.411	0.799	0.798	0.797	0.792	0.790	0.788	0.787	0.786	0.786	0.785	0.784	0.783	
-0.20	1.425	1.425	1.425	0.819	0.818	0.817	0.813	0.810	0.809	0.807	0.806	0.806	0.805	0.804	0.803	
-0.18	1.439	1.440	1.440	0.840	0.838	0.837	0.833	0.830	0.829	0.827	0.826	0.826	0.825	0.824	0.823	
-0.15	1.461	1.462	1.462	0.871	0.869	0.868	0.863	0.861	0.859	0.858	0.857	0.856	0.855	0.854	0.853	
-0.12	1.483	1.483	1.483	0.901	0.899	0.898	0.894	0.891	0.889	0.888	0.887	0.886	0.886	0.884	0.883	
-0.10	1.497	1.497	1.498	0.922	0.920	0.919	0.914	0.911	0.909	0.908	0.907	0.906	0.906	0.904	0.903	
-0.08	1.512	1.513	1.513	0.942	0.940	0.939	0.934	0.931	0.929	0.928	0.927	0.926	0.926	0.924	0.923	
-0.15	1.534	1.534	1.534	0.973	0.971	0.970	0.965	0.962	0.960	0.959	0.957	0.957	0.956	0.954	0.953	
-0.02	1.555	1.555	1.556	1.003	1.001	1.000	0.995	0.992	0.990	0.989	0.988	0.987	0.986	0.984	0.983	

(续)

$z(z_v)$	26~30	31~69	70~200	26	28	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200
$x(x_n)$	$\frac{s^*}{(s^*)_n}$	$\frac{s^*}{(s^*)_n}$	$\frac{s^*}{(s^*)_n}$	$\frac{h^*}{(h^*)_n}$											
0.00	1.570	1.571	1.571	1.024	1.022	1.021	1.015	1.012	1.010	1.009	1.008	1.007	1.006	1.004	1.003
0.02	1.685	1.585	1.585	1.044	1.042	1.041	1.026	1.033	1.031	1.029	1.058	1.027	1.026	1.025	1.023
0.05	1.606	1.607	1.607	1.075	1.073	1.072	1.066	1.063	1.061	1.059	1.058	1.057	1.057	1.055	1.053
0.08	1.628	1.629	1.629	1.106	1.104	1.102	1.097	1.093	1.091	1.089	1.088	1.088	1.087	1.085	1.083
0.10	1.643	1.643	1.644	1.126	1.124	1.122	1.117	1.114	1.111	1.110	1.108	1.107	1.105	1.103	
0.12	1.657	1.658	1.658	1.147	1.145	1.143	1.137	1.134	1.132	1.130	1.129	1.128	1.127	1.125	1.124
0.15	1.679	1.679	1.680	1.177	1.175	1.173	1.168	1.164	1.162	1.160	1.159	1.158	1.157	1.155	1.154
0.18	1.701	1.702	1.702	1.208	1.206	1.204	1.198	1.195	1.192	1.190	1.189	1.188	1.187	1.186	1.184
0.20	1.715	1.716	1.716	1.228	1.226	1.224	1.218	1.215	1.212	1.210	1.209	1.208	1.207	1.206	1.204
0.22	1.730	1.731	1.731	1.249	1.247	1.245	1.239	1.235	1.233	1.231	1.229	1.228	1.228	1.226	1.224
0.25	1.752	1.753	1.753	1.280	1.278	1.276	1.269	1.265	1.263	1.261	1.260	1.259	1.258	1.256	1.254
0.28	1.774	1.774	1.775	1.310	1.308	1.306	1.300	1.296	1.293	1.291	1.290	1.289	1.288	1.286	1.284
0.30	1.788	1.789	1.789	1.331	1.329	1.327	1.320	1.316	1.313	1.311	1.310	1.309	1.308	1.306	1.304
0.32	1.803	1.804	1.804	1.351	1.349	1.347	1.340	1.336	1.334	1.332	1.330	1.329	1.328	1.326	1.324
0.35	1.824	1.825	1.826	1.382	1.380	1.378	1.371	1.367	1.364	1.362	1.360	1.359	1.358	1.356	1.354
0.38	1.846	1.847	1.847	1.413	1.410	1.408	1.401	1.397	1.394	1.392	1.391	1.389	1.389	1.386	1.384
0.40	1.861	1.862	1.862	1.433	1.431	1.429	1.422	1.417	1.414	1.412	1.411	1.410	1.409	1.407	1.404
0.42	1.875	1.876	1.877	1.454	1.451	1.449	1.442	1.438	1.435	1.433	1.431	1.430	1.429	1.427	1.424
0.45	1.897	1.898	1.898	1.485	1.482	1.480	1.473	1.468	1.465	1.463	1.461	1.460	1.459	1.457	1.455
0.48	1.919	1.920	1.920	1.516	1.513	1.511	1.503	1.498	1.495	1.493	1.492	1.490	1.489	1.487	1.485
0.50	1.933	1.934	1.935	1.536	1.533	1.531	1.523	1.519	1.516	1.513	1.512	1.509	1.507	1.505	
0.52	1.948	1.949	1.949	1.557	1.554	1.552	1.544	1.539	1.536	1.534	1.532	1.531	1.530	1.527	1.525
0.55	1.970	1.970	1.971	1.587	1.585	1.582	1.574	1.569	1.566	1.564	1.562	1.561	1.560	1.557	1.555
0.58	1.992	1.993	1.993	1.618	1.615	1.613	1.605	1.600	1.597	1.594	1.592	1.591	1.590	1.587	1.585
0.60	2.006	2.007	2.008	1.639	1.636	1.634	1.625	1.620	1.617	1.614	1.613	1.611	1.610	1.608	1.605

注：1. 本表可直接用于高变位齿轮($h_a=m$ 或 $h_{an}=m_n$)，对角变位齿轮，应将表中查出的 $h(h_n)$ 减去齿顶高变动系数 $y(y_n)$ 。

2. 当模数 $m(m_n)=1\text{mm}$ 时，应将查得的 $s(s^*)h$ 和 $(h^*)h$ 乘以 $m(m_n)$ 。

3. 对斜齿轮，用 z_v 查表， z_v 有小数时，按插入法计算。

表 G15-7 标准直齿内齿圆柱齿轮测量圆柱直径 d_p 及圆柱测量距 M 值

(mm)

圆柱直径 d_p		测量跨距值 $M(a=20^\circ, m=1\text{mm}, d_p=1.44m)$							
		齿数		齿数		齿数		齿数	
模数 m	$d_p=1.44m$								
1	1.44	13.5801	15	14	12.6627	67.6469	69	68	66.6649
1.25	1.80	15.5902	17	16	14.6630	69.6475	71	70	68.6649
1.5	2.16	17.5981	19	18	16.6633	71.6480	73	72	70.6649
1.75	2.52	19.6045	21	20	18.6635	73.6484	75	74	72.6649
2	2.88	21.6099	23	22	20.6636	75.6489	77	76	74.6649
2.25	3.24	23.6143	25	24	22.6638	77.6493	79	78	76.6649
2.5	3.60	25.6181	27	26	24.6639	79.6497	81	80	78.6649
3	4.32	27.6214	29	28	26.6640	81.6501	83	82	80.6649

(续)

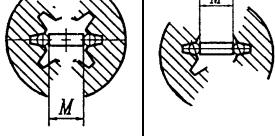
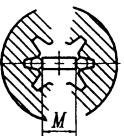
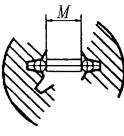
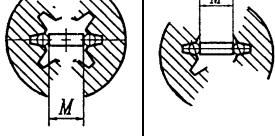
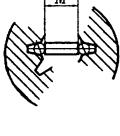
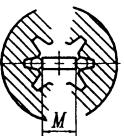
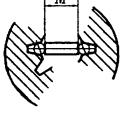
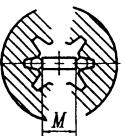
圆柱直径 d_p		测量跨距值 M ($\alpha=20^\circ, m=1 \text{ mm}, d_p=1.44\text{m}$)							
		齿数				齿数			
模数 m	$d_p=1.44m$								
		单数				单数			
3.5	5.04	29.6242	31	30	28.6641	83.6505	85	84	82.6649
4	5.76	31.6267	33	32	30.6642	85.6508	87	86	84.6650
4.5	6.48	33.6289	35	34	32.6642	87.6511	89	88	86.6650
5	7.20	35.6310	37	36	34.6643	89.6514	91	90	88.6650
5.5	7.92	37.6327	39	38	36.6643	91.6517	93	92	90.6650
6	8.64	39.6343	41	40	38.6644	93.6520	95	94	92.6650
7	10.08	41.6357	43	42	40.6644	95.6523	97	96	94.6650
8	11.52	43.6371	45	44	42.6645	97.6526	99	98	96.6650
9	12.96	45.6383	47	46	44.6645	99.6528	101	100	98.6650
10	14.40	47.6394	49	48	46.6646	101.6531	103	102	100.6650
12	17.28	49.6404	51	50	48.6646	103.6533	105	104	102.6650
14	20.16	51.6414	53	52	50.6646	105.6535	107	106	104.6650
16	23.04	53.6422	55	54	52.6647	107.6537	109	108	106.6650
18	25.92	55.6431	57	56	54.6647	109.6539	111	110	108.6651
20	28.80	57.6438	59	58	56.6648	111.6541	113	112	110.6651
22	31.68	59.6445	61	60	58.6648	113.6543	115	114	112.6651
25	36.00	61.6452	63	62	60.6648	115.6545	117	116	114.6651
28	40.32	63.6458	65	64	62.6648	117.6547	119	118	116.6651
30	43.20	65.6464	67	66	64.6649	119.6548	121	120	118.6651

表 G15-8 外啮合标准齿轮固定弦齿厚 $\bar{s}_c(\bar{s}_{cn})$ 和固定弦齿高 $\bar{h}_c(\bar{h}_{cn})$ $(a_n=a=20^\circ, h_{an}^*=h_a^*=1.0)$ (mm)

$m(m_n)$	$\bar{s}_c(\bar{s}_{cn})$	$\bar{h}_c(\bar{h}_{cn})$									
1	1.387	0.748	3.5	4.855	2.617	12	16.645	8.971	30	41.612	22.427
1.25	1.734	0.934	4	5.548	2.990	14	19.419	10.466	33	45.773	24.670
1.5	2.081	1.121	5	6.935	3.738	16	22.193	11.961	36	49.934	26.913
1.75	2.427	1.308	6	8.322	4.485	18	24.967	13.456	40	55.482	29.903
2	2.774	1.495	7	9.709	5.233	20	27.741	14.952	45	62.417	33.641
2.25	3.121	1.682	8	11.096	5.981	22	30.515	16.447	50	69.353	37.379
2.5	3.468	1.869	9	12.483	6.728	25	34.676	18.690			
3	4.161	2.243	10	13.871	7.476	28	38.837	20.932			

注: $\bar{s}_c=1.3870m$ ($\bar{s}_{cn}=1.3876m_n$) ; $\bar{h}_c=0.7476m$ ($\bar{h}_{cn}=0.7476m_n$)。

表 G15-9 外啮合变位齿轮固定弦齿厚 $\bar{s}_c^*(\bar{s}_{cn}^*)$ 和固定弦齿高 $\bar{h}_c^*(\bar{h}_{cn}^*)$ ($m_n=m=1\text{mm}$)

$x(x_n)$	$\bar{s}_c^*(\bar{s}_{cn}^*)$	$\bar{h}_c^*(\bar{h}_{cn}^*)$									
- 0.40	1.1299	0.3944	- 0.11	1.3163	0.6504	0.18	1.5027	0.9065	0.47	1.6892	1.1162
- 0.39	1.1364	0.4032	- 0.10	1.3228	0.6593	0.19	1.5092	0.9154	0.48	1.6956	1.7146
- 0.38	1.1428	0.4120	- 0.09	1.3292	0.6681	0.20	1.5156	0.9242	0.49	1.7020	1.1803
- 0.37	1.1492	0.4209	- 0.08	1.3356	0.6769	0.21	1.5220	0.9330	0.50	1.7084	0.1891
- 0.36	1.1556	0.4297	- 0.07	1.3421	0.6858	0.22	1.5285	0.9418	0.51	1.7149	1.1979
- 0.35	1.1621	0.4385	- 0.06	1.3485	0.6946	0.23	1.5349	0.9507	0.52	1.7213	1.2068
- 0.34	1.1685	0.4474	- 0.05	1.3549	0.7034	0.24	1.5413	0.9595	0.53	1.7277	1.2156
- 0.33	1.1749	0.4562	- 0.04	1.3613	0.7123	0.25	1.5477	0.9683	0.54	1.7342	1.2244
- 0.32	1.1814	0.4650	- 0.03	1.3678	0.7211	0.26	1.5542	0.9772	0.55	1.7406	1.2332
- 0.31	1.1873	0.4738	- 0.02	1.3742	0.7299	0.27	1.5606	0.9860	0.56	1.7470	1.2421
- 0.30	1.1942	0.4827	- 0.01	1.3806	0.7387	0.28	1.5670	0.9948	0.57	1.7534	1.2509
- 0.29	1.2006	0.4915	0.00	1.3870	0.7476	0.29	1.5735	1.0037	0.58	1.7599	1.2597
- 0.28	1.2071	0.5003	0.01	1.3935	0.7564	0.30	1.5799	1.0125	0.59	1.7663	1.2686
- 0.27	1.2135	0.5092	0.02	1.3999	0.7652	0.31	1.5863	1.0213	0.60	1.7727	1.2774
- 0.26	1.2199	0.5180	0.03	1.4063	0.7741	0.32	1.5927	1.0301	0.61	1.7791	1.2862
- 0.25	1.2263	0.5268	0.04	1.4128	0.7829	0.33	1.5992	1.0390	0.62	1.7856	1.2951
- 0.24	1.2328	0.5357	0.05	1.4192	0.7917	0.34	1.6065	1.0478	0.63	1.7920	1.3039
- 0.23	1.2392	0.5445	0.06	1.4256	0.8006	0.35	1.6120	1.0566	0.64	1.7984	1.3127
- 0.22	1.2456	0.5533	0.07	1.4320	0.8094	0.36	1.6185	1.0655	0.65	1.8049	1.3215
- 0.21	1.2521	0.5621	0.08	1.4385	0.8182	0.37	1.6249	1.0743	0.66	1.8113	1.3304
- 0.20	1.2585	0.5710	0.09	1.4449	0.8271	0.38	1.6313	1.0831	0.67	1.8177	1.3392
- 0.19	1.2649	0.5798	0.10	1.4513	0.8359	0.39	1.6377	1.0920	0.68	1.8241	1.3480
- 0.18	1.2713	0.5886	0.11	1.4578	0.8447	0.40	1.6442	1.1008	0.69	1.8306	1.3569
- 0.17	1.2778	0.5975	0.12	1.4642	0.8535	0.41	1.6506	1.1096	0.70	1.8370	1.3657
- 0.16	1.2842	0.6063	0.13	1.4706	0.8624	0.42	1.6570	1.1184	0.71	1.8434	1.3745
- 0.15	1.2906	0.6151	0.14	1.4770	0.8712	0.43	1.6634	1.1273	0.72	1.8499	1.3834
- 0.14	1.2971	0.6240	0.15	1.4835	0.8800	0.44	1.6699	1.1361	0.73	1.8563	1.3922
- 0.13	1.3035	0.6328	0.16	1.4899	0.8889	0.45	1.6763	1.1449	0.74	1.8627	1.4010
- 0.12	1.3099	0.6416	0.17	1.4963	0.8977	0.46	1.6827	1.1538	0.75	1.8691	1.4098

注：1. 模数 $m = 1\text{mm}$ ($m = 1\text{mm}$) 时的 $\bar{s}_c(\bar{s}_{cn})$ 和 $\bar{h}_c(\bar{h}_{cn})$ ，应将表中数值乘以模数 m (m_n)。

2. 对角变位齿轮，表中的 $\bar{h}_c(\bar{h}_{cn})$ 数值应减去 $\Delta y(\Delta y_n)$ ， $\Delta y(\Delta y_n)$ 为齿高变动系数。

G2 渐开线圆柱齿轮的精度

G2.1 齿轮、齿轮副误差和侧隙的定义和代号(表 G15-10)

表 G15-10 齿轮、齿轮副误差和侧隙的定义和代号

序 号	名 称	代 号	定 义
1	切向综合误差 切向综合公差	ΔF_i F_i	被测齿轮与理想精确的测量齿轮 单面啮合时，在被测齿轮一转内，实际转角与公称转角之差的总幅度值，以分度圆弧长计值

(续)

序号	名称	代号	定义
2	一齿切向综合误差 一齿切向综合公差	Δf_i f_i	被测齿轮与理想精确的测量齿轮单面啮合时，在被测齿轮一齿距角内，实际转角与公称转角之差的最大幅度值。以分度圆弧长计值
3	径向综合误差 径向综合公差	ΔF_i F_i	被测齿轮与理想精确的测量齿轮双面啮合时，在被测齿轮一转内，双啮中心距的最大变动量
4	一齿径向综合误差 一齿径向综合公差	Δf_{ri} f_{ri}	被测齿轮与理想精确的测量齿轮双面啮合时，在被测齿轮一齿距角内，双啮中心距的最大变动量
5	齿距累积误差 k 个齿距累积误差 齿距累积公差 k 个齿距累积公差	ΔF_p ΔF_{pk} F_p F_{pk}	在分度圆上， k 个齿距的实际弧长与公称弧长之差的最大绝对值， k 为2到小于 $\frac{z}{2}$ 的整数
6	齿圈径向跳动 齿圈径向跳动公差	ΔF_r F_r	在齿轮一转范围内，测头在齿槽内于齿高中部双面接触，测头相对于齿轮轴线的最大变动量
7	公法线长度变动 公法线长度变动公差	ΔF_w F_w	在齿轮一周范围内，实际公法线长度最大值与最小值之差 $\Delta F_w = W_{\max} - W_{\min}$
8	齿形误差 齿形公差	Δf_i f_i	在端截面上，齿形工作部分内（齿顶倒棱部分除外），包容实际齿形且距离为最小的两条设计齿形间的法向距离 设计齿形可以是修正的理论渐开线，包括修缘齿形、凸齿形等
9	齿距偏差 齿距极限偏差	Δf_{pt} $\pm f_{pt}$	在分度圆上，实际齿距与公称齿距之差 公称齿距是指所有实际齿距的平均值
10	基节偏差 基节极限偏差	Δf_{pb} $\pm f_{pb}$	实际基节与公称基节之差 实际基节是指基圆柱切平面所截两相邻同侧齿面的交线之间的法向距离
11	齿向误差 齿向公差	ΔF F	在分度圆柱面上，齿宽有效部分范围内（端部倒角部分除外），包容实际齿线且距离为最小的两条设计齿线之间的端面距离 设计齿线可以是修正的圆柱螺旋线，包括鼓形线、齿端修薄及其他修形曲线
12	接触线误差 接触线公差	ΔF_b F_b	在基圆柱的切平面内，平行于公称接触线并包容实际接触线的两条直线间的法向距离
13	轴向齿距偏差 轴向齿距极限偏差	ΔF_{px} $\pm F_{px}$	在与齿轮基准轴线平行而大约通过齿高中部的一条直线上，任意两个同侧齿面间的实际距离与公称距离之差，沿齿面法线方向计值
14	螺旋线波度误差 螺旋线波度公差	Δf_f f_f	宽斜齿轮齿高中部实际齿线波纹的最大波幅。 沿齿面法线方向计值

(续)

序号	名称	代号	定义
15	齿厚偏差 齿厚极限偏差 上偏差 下偏差 公差	ΔE_s E_{ss} E_{si} T_s	分度圆柱面上，齿厚实际值与公称值之差对于斜齿轮，指法向齿厚
16	公法线平均长度偏差 公法线平均长度极限偏差 上偏差 下偏差 公差	ΔE_{wm} E_{wms} E_{wmi} T_{wm}	在齿轮一周内，公法线长度平均值与公称值之差
17	齿轮副的切向综合误差 齿轮副的切向综合公差	Δf_{ic} F_{ic}	安装好的齿轮副，在啮合转动足够多的转数内，一个齿轮相对于另一个齿轮的实际转角与公称转角之差的总幅度值，以分度圆弧长计值
18	齿轮副的一齿切向综合误差 齿轮副的一齿切向综合公差	Δf_{ic} f_{ic}	安装好的齿轮副，在啮合足够多的转数内，一个齿轮相对于另一个齿轮，一个齿距的实际转角与公称转角之差的最大幅度值，以分度圆弧长计值
19	齿轮副的接触斑点		装配好的齿轮副，在轻微的制动下，运转后齿面上分布的接触擦亮痕迹 接触痕迹的大小在齿面展开图上用百分数计算 沿齿长方向：接触痕迹的长度 b (扣除超过模数值的断开部分 c)与工作长度 b' 之比的百分数，即 $\frac{b'-c}{b'} \times 100\%$ 沿齿高方向：接触痕迹的平均高度 h'' 与工作高度 h' 之比的百分数，即 $\frac{h''}{h'} \times 100\%$
20	齿轮副的侧隙 最大极限侧隙 最小极限侧隙	j_t j_n j_{nmax} j_{nmin} j_{tmin} j_{tnmin}	装配好的齿轮副，当一个齿轮固定时，另一个齿轮的圆周晃动量，以分度圆上弧长计值 装配好的齿轮副，当工作齿面接触时，非工作齿面之间的最小距离 $j_n = j_t \cos \beta \cos \gamma$ β ——基圆螺旋角
21	齿轮副的中心距偏差 齿轮副的中心距极限偏差	Δf_a $\pm f_a$	在齿轮副的齿宽中间平面内，实际中心距与公称中心距之差

(续)

序号	名称	代号	定义
22	轴线的平行度误差	Δf_x Δf_y f_x f_y	一对齿轮的轴线在其基准平面[H]上投影的平行度误差
	x 方向轴线的平行度误差		在等于齿宽的长度上测量
	y 方向轴线的平行度误差		一对齿轮的轴线，在垂直于基准平面，并且平行于基准轴线的平面[V]上投影的平行度误差
	X 方向轴线的平行度公差		在等于齿宽的长度上测量
	Y 方向轴线的平行度公差		注：包含基准轴线，并通过由另一轴线与齿宽中间平面相交的点所形成的平面，称为基准平面。两条轴线中任何一条轴线都可作为基准轴线

允许用齿条、蜗杆、测头等测量元件代替测量齿轮。

 $DF_P(DF_{pk})$ 允许在齿高中部测量，但仍按分度圆上计值。

允许用检查被测齿轮和测量蜗杆啮合时齿轮面上的接触迹线（可称为啮合齿形）代替，但应按基圆切线方向计值。

允许在齿高中部测量，但仍按分度圆上计值。

G2.2 精度等级及其选择(表 G15-11 ~ 表 G15-13)

G15-13)

GB10095—1988 对齿轮及齿轮副规定了 12 个精度等级，其中 1 级精度最高，12 级精度最低。齿轮副中两个齿轮的精度等级一般取成相同，也允许取成不相同。齿轮的各项公差和极限偏差分成三个组(见表 15-49)。

根据使用要求不同，允许各公差组选用不同的精度等级，但在同一公差组内，各项公差与极限偏差应保持相同的精度等级。

表 G15-11 齿轮公差组

公差组	公差与极限偏差项目	误差特性	对传动性能的主要影响
	$F_{i\infty}$ F_p $F_{pk\infty}$ F_i $F_{p\infty}$ F_w	以齿轮一转为周期的误差	传递运动的准确性
	$f_{i\infty}$ f_p $f_{pk\infty}$ $f_{pb\infty}$ f_i $f_{p\infty}$	在齿轮一周内，多次周期地重复出现的误差	传动的平稳性、噪声、振动

公差组	公差与极限偏差项目	误差特性	对传动性能的主要影响
	F_{β} F_{px} F_b	齿向线的误差	载荷分布的均匀性

表 G15-12 各类机器传动中所应用的齿轮

精度等级(非 GB10095-1988 内容)

产品类型	精度等级	产品类型	精度等级
测量齿轮	2~5	航空发动机	4~7
透平齿轮	3~6	拖拉机	6~9
金属切削机床	3~8	通用减速器	6~9
内燃机车	6~7	轧钢机	6~10
汽车底盘	5~8	矿用绞车	8~10
轻型汽车	5~8	起重机械	7~10
载重汽车	6~9	农业机械	8~11

表 G15-13 圆柱齿轮传动各级精度的加工方法及应用范围
(非 GB10095—1988 内容)

分级要素	精 度 等 级					
	4	5	6	7	8	9
切齿方法	在周期误差很小的精密机床上用范成法加工	在周期误差小的精密机床上用范成法加工	在精密机床 上用范成法加 工	在精密机床 上用范成法加 工	用范成法或分度法(用按齿轮实际齿数设计齿形的刀具)加工	任何方法
工作表面(齿面)的最后加工	精密磨齿, 对大齿轮用精密滚刀滚齿和研齿或剃齿	精密磨齿, 对大齿轮用精密滚刀滚齿和研齿或剃齿	精密磨齿或剃齿	对于未经热处理的齿轮用精密刀具加工; 对于淬硬齿轮, 必须作最后加工(磨齿、研齿、珩齿)	齿不用磨, 必要时剃齿或研齿	不需要特殊的精加工工序
工作条件及应用范围	用于特殊精密分度机构的齿轮; 在极高速度下工作的、需要最大的平稳性及无噪声的齿轮传动; 特殊精密的分度机构的齿轮; 高速涡轮传动的齿轮; 检验 8~9 级精度齿轮的测量齿轮	用于精密分度机构的齿轮; 在高速下平稳工作、需要最高效率及无噪声的齿轮; 精密分度机构的齿轮; 航空制造业中特别重要的小齿轮; 读数装置中特别精密传动的齿轮	用于高速下平稳工作、需要最高效率及无噪声的齿轮; 分度机构的齿轮; 航空制造业中特别重要的小齿轮; 读数装置中特别精密传动的齿轮	在高速和适度功率或大功率和适度速度条件下工作的齿轮; 金属切削机床中需要运动协调性的进给齿轮; 高速减速器齿轮; 航空制造业的齿轮; 读数装置的传动及具有非直齿的速度传动	不需要特殊精度的普通机器制造的齿轮; 分度链以外的机床齿轮; 航空及汽车拖拉机制造中不重要的小齿轮; 起重机构的齿轮; 农业机器重要的小齿轮; 普通减速器的齿轮	用于粗糙工作的、对它不提正常精度要求的齿轮; 因结构理由制作的、受载低于计算载荷的传动
圆周速度 (m/s) 直齿轮 斜齿轮	大于 35 大于 70	大于 20 大于 40	至 15 至 30	至 10 至 15	至 6 至 10	至 2 至 4
效率	不低于 0.99 (在机器的减速器中包括轴承不低于 0.985)	不低于 0.99 (包括轴承不低于 0.985)	不 低 于 0.99(包括轴承 不低于 0.985)	不 低 于 0.98(包括轴承 不低于 0.985)	不 低 于 0.97(包括轴承 不低于 0.965)	不 低 于 0.96(包括轴承 不低于 0.95)

第 公差组的精度等级可以低一级。

如果不是多级传动，则第 公差组的精度等级可以低一级。

G2.3 齿坯要求(表 G15-14)

表 G15-14 齿坯公差

齿轮精度等级		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12										
孔轴	尺寸公差	IT4	IT4	IT4	IT4	IT5	IT6	IT7		IT8		IT8											
	形状公差	IT1	IT2	IT3																			
	尺寸公差	IT4	IT4	IT4	IT4	IT5		IT6		IT7		IT8											
	形状公差	IT1	IT2	IT3																			
顶圆直径		IT6		IT7			IT8			IT9		IT11											
基准面的径向圆跳动		见表 G15-15																					
基准面的端面圆跳动																							

当三个公差组的精度等级不同时，按最高的精度等级确定公差值。

当顶圆不作测量齿厚的基准时，尺寸公差按 IT11 给定，但不大于 $0.1m_n$ 。

当以顶圆作基准面时，本栏就指顶圆的径向跳动。

表 G15-15 齿轮基准面径向和端面圆跳动公差

(μm)

分度圆直径/mm		精 度 等 级				
大于	到	1 和 2	3 和 4	5 和 6	7 和 8	9 到 12
-	125	2.8	7	11	18	28
125	400	3.6	9	14	22	36
400	800	5	12	20	32	50
800	1600	7	18	28	45	71
1600	2500	10	25	40	63	100
2500	4000	16	40	63	100	160

表 G15-16 齿轮各主要表面粗糙度 R_a 的推荐值(非 GB10095—1988 内容)

部 位	齿 轮 精 度 等 级				
	5	6	7	8	9
工作齿面	0.2~0.4	0.4	0.4~0.8	0.8~1.6	1.6~3.2
齿轮基准孔	0.2~0.8	0.8~1.6			1.6~3.2
齿轮轴的基准轴颈	0.2~0.4	0.4~0.8			0.8~1.6
齿轮基准端面	0.4~0.8	0.8~1.6	0.8~3.2		
齿轮顶圆	0.8~1.6	1.6~3.2			3.2~6.3

注：1.如果齿轮采用组合精度，按其中精度最高的等级选用 R_a 值。

2.如用齿轮顶圆作基准时，要适当减小顶圆表面的 R_a 值。

G 2.4 齿轮检验与公差 (表 G15-17~表 G15-23)

表 G15-17 齿轮的检验组 (非 GB10095—1988 内容)

序号	公 差 组			适用范围	测 量 仪 器
1	ΔF_i	Δf_i	ΔF	3~6	单面啮合仪, 齿向仪 (万能测齿仪)
2	ΔF_p	Δf_f 与 Δf_{pt}	ΔF	3~8	周节仪, 齿形仪, 齿向仪
3	ΔF_p	Δf_f 与 Δf_{pb}	ΔF	3~8	周节仪, 基节仪, 齿形仪, 齿向仪
4	ΔF_p	Δf_{pt} 与 Δf_{pb}	ΔF	7~9	万能测齿仪 (周节仪, 基节仪), 齿向仪
5	ΔF_i 与 ΔF_w	Δf_i	ΔF	6~9	双面啮合仪, 公法线千分尺, 齿向仪
6	ΔF_r 与 ΔF_w	Δf_f 与 Δf_{pb}	ΔF	6~8	跳动仪, 齿形仪, 基节仪, 齿向仪, 公法线千分尺
7	ΔF_r 与 ΔF_w	Δf_{pt} 与 Δf_{pb}	ΔF	7~9	跳动仪, 公法线千分尺, 周节仪, 基节仪, 齿向仪
8	ΔF_p	Δf_f 与 Δf_t	ΔF_{px} 与 ΔF_b	3~6	周节仪, 齿形仪, 波度仪, 轴向齿距仪
9	ΔF_r	Δf_{pt}	ΔF	9~12	周节仪, 跳动仪, 齿向仪

可用接触斑点替代检验 F 。

> 1.25 的齿向线不作修正的斜齿轮或人字齿轮。

表 G15-18 齿距累积公差 F_p 及 K 个周节累积公差 F_{pk} 值

(μm)

L/mm		精 度 等 级						
大 于	到	4	5	6	7	8	9	10
—	11.2	4.5	7	11	16	22	32	45
11.2	20	6	10	16	22	32	45	63
20	32	8	12	20	28	40	56	80
32	50	9	14	22	32	45	63	90
50	80	10	16	25	36	50	71	100
80	160	12	20	32	45	63	90	125
160	315	18	28	45	63	90	125	180
315	630	25	40	63	90	125	180	250
630	1000	32	50	80	112	160	224	315
1000	1600	40	63	100	140	200	280	400
1600	2500	45	71	112	160	224	315	450
2500	3150	56	90	140	200	280	400	560
3150	4000	63	100	160	224	315	450	630
4000	5000	71	112	180	250	355	500	710
5000	7200	80	125	200	280	400	560	800

注 : L—分度圆弧长

表 G15-19 公法线长度变动公差 F_w 值

(μm)

分度圆直径/mm		精 度 等 级						
大于	到	4	5	6	7	8	9	10
—	125	8.0	12	20	28	40	56	80
125	400	10	16	25	36	50	71	100
400	800	12	20	32	45	63	90	125
800	1600	16	25	40	56	80	112	160
1600	2500	18	28	45	71	100	140	200
2500	4000	25	40	63	90	125	180	250

表 G15-20 齿向公差 F 值

(μm)

齿轮宽度/mm		精 度 等 级						
大于	到	4	5	6	7	8	9	10
—	40	5.5	7	9	11	18	28	45
40	100	8.0	10	12	16	25	40	63
100	160	10	12	16	20	32	50	80
160	250	12	16	19	24	38	60	105
250	400	14	18	24	28	45	75	120
400	630	17	22	28	34	55	90	140

表 G15-21 齿圈径向跳动公差 F_r 值和径向综合公差 F_i 值

(μm)

分度圆直径 /mm		法向模数 /mm	F_r							F_i						
			精 度 等 级													
大于	到	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	
—	125	1~3.5	10	16	25	36	45	71	100	14	22	36	50	63	90	140
		>3.5~6.3	11	18	28	40	50	80	125	16	25	40	56	71	112	180
		>6.3~10	13	20	32	45	56	90	140	18	28	45	63	80	125	200
125	400	1~3.5	15	22	36	50	63	80	112	20	32	50	71	90	112	160
		>3.5~6.3	16	25	40	56	71	100	140	22	36	56	80	100	140	200
		>6.3~10	18	28	45	63	86	112	160	25	40	63	90	112	160	224
		>10~16	20	32	50	71	90	125	180	28	45	71	100	125	180	250
		>16~25	22	36	56	80	100	160	224	32	50	80	112	140	224	315
400	800	1~3.5	18	28	45	63	80	100	125	25	40	63	90	112	140	180
		>3.5~6.3	20	32	50	71	90	112	140	28	45	71	100	125	160	200
		>6.3~10	22	36	56	80	100	125	160	32	50	80	112	140	180	224
		>10~16	25	40	63	90	112	160	200	36	56	90	125	160	224	280
		>16~25	28	45	71	100	125	200	250	40	63	100	140	180	280	355
		>25~40	32	50	80	112	140	250	315	45	71	112	160	200	355	450

(续)

分度圆直径 /mm		法向模数 /mm	F_r							F_i						
			精度等级													
大于	到		4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10
800	1600	1~3.5	20	32	50	71	90	112	140	28	45	71	100	125	160	200
		>3.5~6.3	22	36	56	80	100	125	160	32	50	80	112	140	180	224
		>6.3~10	25	40	63	90	112	140	180	36	56	90	125	160	200	250
		>10~16	28	45	71	100	125	160	200	40	63	100	140	180	224	280
		>16~25	32	50	80	112	140	200	250	45	71	112	160	200	280	355
		>25~40	36	56	90	125	160	250	315	50	80	125	180	224	355	450
1600	2500	1~3.5	22	36	56	80	100	125	160	32	50	80	112	140	180	224
		>3.5~6.3	25	40	63	90	112	140	180	36	56	90	125	160	200	250
		>6.3~10	28	45	71	100	125	160	200	40	63	100	140	180	224	280
		>10~16	32	50	80	112	140	180	224	45	71	112	160	200	250	315
		>16~25	36	56	90	125	160	224	280	50	80	125	180	224	315	400
		>25~40	40	63	100	140	190	280	355	56	90	140	200	280	400	500
2500	4000	1~3.5	25	40	63	90	112	140	180	36	56	90	125	160	200	250
		>3.5~6.3	28	45	71	100	125	160	200	40	63	100	140	180	224	280
		>6.3~10	32	50	80	112	140	180	224	45	71	112	160	200	250	315
		>10~16	36	56	90	125	160	200	250	50	80	125	180	224	280	355
		>16~25	40	63	100	140	180	224	280	56	90	140	200	250	315	400
		>25~40	50	80	125	180	224	280	355	71	112	180	250	315	400	500

表 G15-22 齿形公差 f_f 值和齿距极限偏差 $\pm f_{pt}$ 值

(μm)

分度圆直径 /mm		法向模数 /mm	f_f							f_{pt}						
			精度等级													
大于	到		4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10
—	125	1~3.5	4.8	6	8	11	14	22	36	4.0	6	10	14	20	28	40
		>3.5~6.3	5.3	7	10	14	20	32	50	5.0	8	13	18	25	36	50
		>6.3~10	6.0	8	12	17	22	36	56	5.5	9	14	20	28	40	56
125	400	1~3.5	5.3	7	9	13	18	28	45	4.5	7	11	16	22	32	45
		>3.5~6.3	6.0	8	11	16	22	36	56	5.5	9	14	20	28	40	56
		>6.3~10	6.5	9	13	19	28	45	71	6.0	10	16	22	32	45	63
		>10~16	7.5	11	16	22	32	50	80	7.0	11	18	25	36	50	71
		>16~25	9.5	14	20	30	45	71	112	9	14	22	32	45	63	90
400	800	1~3.5	6.5	9	12	17	25	40	63	5.0	8	13	18	25	36	50
		>3.5~6.3	7.0	10	14	20	28	45	71	5.5	9	14	20	28	40	56
		>6.3~10	7.5	11	16	24	36	56	90	7.0	11	18	25	36	50	71
		>10~16	9.0	13	18	26	40	63	100	8.0	13	20	28	40	56	80
		>16~25	10.5	16	24	36	56	90	140	10	16	25	36	50	71	100
		>25~40	14	21	30	48	71	112	180	13	20	32	45	63	90	125

(续)

分度圆直径 /mm		法向模数 /mm	f_r							f_{pt}						
			精度等级													
大于	到	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	
800	1600	1~3.5	8.0	11	17	24	36	56	90	5.5	9	14	20	28	40	56
		>3.5~6.3	9.0	13	18	28	40	63	100	6.0	10	16	22	32	45	63
		>6.3~10	9.5	14	20	30	45	71	112	7.0	11	18	25	36	50	71
		>10~16	10.5	15	22	34	50	80	125	8.0	13	20	28	40	56	80
		>16~25	12	19	28	42	63	100	160	10	16	25	36	50	71	100
		>25~40	15	28	36	53	80	125	200	13	20	32	45	63	90	125
1600	2500	1~3.5	11	16	24	36	50	80	125	6.0	10	16	22	32	45	63
		>3.5~6.3	11.5	17	25	38	56	90	140	7.0	11	18	25	36	50	71
		>6.3~10	12	18	28	40	63	100	160	8.0	13	20	28	40	56	80
		>10~16	13	20	30	45	71	112	180	9.0	14	22	32	45	63	90
		>16~25	15	22	36	53	80	125	200	11	18	28	40	56	80	112
		>25~40	18	28	42	63	100	160	250	14	22	36	50	71	100	140
2500	4000	1~3.5	14	21	32	50	71	112	180	7.0	11	18	25	36	50	71
		>3.5~6.3	15	22	34	53	80	125	200	8.0	13	20	28	40	56	80
		>6.3~10	16	24	36	56	90	140	224	9.0	14	22	32	45	63	90
		>10~16	17	25	38	60	90	140	224	10	16	25	36	50	71	100
		>16~25	19	28	45	67	100	160	250	11	18	28	40	56	80	112
		>25~40	22	34	50	80	125	200	315	14	22	36	56	71	100	140

表 G15-23 基节极限偏差 $\pm f_{pb}$ 和径向齿综合公差 f_i 值 (μm)

分度圆直径 /mm		法向模数 /mm	f_{pb}							f_i						
			精度等级													
大于	到	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	
—	125	1~3.5	3.6	5	9	13	18	25	36	7	10	14	20	28	36	45
		>3.5~6.3	4.5	7	11	16	22	32	45	9	13	18	25	36	45	56
		>6.3~10	5.0	8	13	18	25	36	50	10	14	20	28	40	50	63
125	400	1~3.5	4.2	6	10	14	20	30	40	8	11	16	22	32	40	50
		>3.5~6.3	5.0	8	13	18	25	36	50	10	14	20	28	40	50	63
		>6.3~10	5.5	9	14	20	30	40	60	11	16	22	32	45	56	71
		>10~16	6.5	10	16	22	32	45	63	13	18	25	36	50	63	80
		>16~25	8.5	13	20	30	40	60	80	16	22	32	45	63	80	100
400	800	1~3.5	4.5	7	11	16	22	32	45	9	13	18	25	36	45	56
		>3.5~6.3	5.0	8	13	18	25	36	50	10	14	20	28	40	50	63
		>6.3~10	6.5	10	16	22	32	45	63	11	16	22	32	45	56	71
		>10~16	7.5	11	18	25	36	50	71	14	20	28	40	56	71	90
		>16~25	9.5	14	22	32	45	63	90	18	25	36	50	71	90	112
		>25~40	11	18	30	40	60	80	112	22	32	45	63	90	112	140

(续)

分度圆直径 /mm		法向模数 /mm	f_{pb}						f_i							
			精度等级													
大于	到		4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10
800	1600	1~3.5	5.0	8	13	18	25	36	50	10	14	20	28	40	50	63
		>3.5~6.3	5.5	9	14	20	30	40	60	11	16	22	32	45	56	71
		>6.3~10	6.5	10	16	22	32	45	67	13	18	25	36	50	63	80
		>10~16	7.0	11	18	25	36	50	71	14	20	28	40	56	71	90
		>16~25	9.5	14	22	32	45	63	90	18	25	36	50	71	90	112
		>25~40	11	18	30	40	60	80	112	25	36	50	71	100	125	160
1600	2500	1~3.5	5.5	9	14	20	30	40	60	11	16	22	32	45	56	71
		>3.5~6.3	6.5	10	16	22	32	45	67	13	18	25	36	50	63	80
		>6.3~10	7.0	11	18	25	36	50	71	14	20	28	40	56	71	90
		>10~16	8.5	13	20	30	40	60	80	16	22	32	45	63	80	100
		>16~25	10	16	25	36	50	71	100	20	28	40	56	80	100	125
		>25~40	13	20	32	45	63	90	125	25	36	50	71	100	125	160
2500	4000	1~3.5	6.5	10	16	22	32	45	63	13	18	25	36	50	63	80
		>3.5~6.3	7.5	11	18	25	36	50	71	14	20	28	40	56	71	90
		>6.3~10	8.5	13	20	30	40	60	80	16	22	32	45	63	80	100
		>10~16	9.5	14	22	32	45	67	90	18	25	36	50	71	90	112
		>16~25	10	16	25	36	50	71	100	20	28	40	56	80	100	125
		>25~40	13	20	32	45	63	90	125	25	36	50	71	100	125	160

G2.5 齿轮副的检验与公差(表 G15-24~

表 G15-26)

表 G15-24 轴线平行度公差

x 方向轴线平行度公差 $f_x=F$		F 值见表 15-36	
y 方向轴线平行度公差 $f_y=\frac{1}{2} F$			

注：中心距极限偏差 $\pm f_a$ 值见表 14-90。表 G15-25 中心距极限偏差 $\pm f_a$ (μm)

第 公差组 精度等级		3~4	5~6	7~8	9~10	
f_a		$\frac{1}{2}$ IT6	$\frac{1}{2}$ IT7	$\frac{1}{2}$ IT8	$\frac{1}{2}$ IT9	
齿 轮 副 的 中 心 距 a $/mm$	大于 6	到 10	4.5	7.5	11	18
	10	18	5.5	9	13.5	21.5
	18	30	6.5	10.5	16.5	26

第 公差组 精度等级		3~4	5~6	7~8	9~10		
f_a		$\frac{1}{2}$ IT6	$\frac{1}{2}$ IT7	$\frac{1}{2}$ IT8	$\frac{1}{2}$ IT9		
齿 轮 副 的 中 心 距 a $/mm$	30	50	8	12.5	19.5	31	
	50	80	9.5	15	23	37	
	80	120	11	17.5	27	43.5	
	120	180	12.5	20	31.5	50	
	180	250	14.5	23	36	57.5	
	250	315	16	26	40.5	65	
	315	400	18	28.5	44.5	70	
	400	500	20	31.5	48.5	77.5	
	500	630	22	35	55	87	
	630	800	25	40	62	100	
		800	1000	28	45	70	115
		1000	1250	33	52	82	130
		1250	1600	39	62	97	155
		1600	2000	46	75	115	185
		2000	2500	50	87	140	220
		2500	3150	67.5	105	165	270

表 G15-26 齿轮接触斑点

接触 斑点	精 度 等 级						
	4	5	6	7	8	9	10
按高度 不小于	60 (45)	55 (40)	50 (35)	45 (30)	40	30	25
按长度 不小于	90	80	70	60	50	40	30

注：括号内数值，用于轴向重合度 >0.8 的斜齿轮。

G2.6 齿轮副的侧隙

齿轮副的最小极限侧隙 $j_{n\min}$ 按下式计算

$$j_{n\min} = j_{n1} + j_{n2} \quad (G15-1)$$

式中 j_{n1} ——保证正常润滑条件的最小侧隙值，通常可按表 G15-27 选用；

j_{n2} ——补偿箱体和齿轮副温升的侧隙值。

$$j_{n2} = a (a_1 - t_1 - a_2 - t_2) \times 2 \sin a_n \quad (G15-2)$$

式中 a ——齿轮副的中心距；

a_1, a_2 ——齿轮、箱体的线膨胀系数；

t_1, t_2 ——齿轮、箱体工作时相对于基准温度(20°C)的温升；

a_n ——法向齿形角。

表 G15-27 保证润滑条件的最小侧隙值
(非 GB10095—1988 内容)

润滑方式	齿轮圆周速度 $v/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	j_{n1}/mm
油池润滑	各种速度	$(0.005 \sim 0.01)m_n$
喷油润滑	$v = 10$	$0.01 m_n$
	$10 < v < 25$	$0.02 m_n$
	$25 < v < 60$	$0.03 m_n$
	$v > 60$	$(0.03 \sim 0.05) m_n$

无严格要求的一般情况，可参考表 G15-28 选用齿轮副的最小侧隙值。

表 G15-28 最小侧隙 $j_{n\min}$ 参考值

(μm)

类别	中 心 距 a/mm																					
	80	> 80 ~125	> ~125	125 ~180	> ~250	250 ~315	> ~315	315 ~400	> ~400	400 ~500	> ~500	500 ~630	> ~630	> ~800	> ~1000	> ~1250	> ~1250	> ~1600	> ~1600	> ~2000	> ~2000	> ~2500
较小侧隙	74	87	100	115	130	140	155	175	200	230	260	310	370	440	600							
中等侧隙	120	140	160	185	210	230	250	280	320	360	420	500	600	700	950							
较大侧隙	190	220	250	290	320	360	400	440	500	550	660	780	920	1100	1500							
侧隙																						

注：中等侧隙所规定的最小侧隙，对于钢或铸铁传动，当齿轮和壳体温差为 25 时，不会由于发热而卡住。

齿轮副的最大侧隙可用下式计算

$$j_{n\max} = j_{n\min} + T_j$$

式中 T_j ——侧隙公差。

$$T_j = \sqrt{(T_{s1} \cos a_n)^2 + (T_{s2} \cos a_n)^2 + (2f_a \times 2 \sin a_n)^2} \quad (G15-3)$$

式中 T_{s1}, T_{s2} ——小、大齿轮的齿厚公差；

f_a ——齿轮副的中心距公差。

对于一般用途的齿轮(不频繁正反转)，其最大

极限侧隙没有严格要求。

G2.7 齿厚极限偏差

齿轮副的实际侧隙决定于齿轮中心距偏差和两齿轮的齿厚偏差。在齿轮中心距公差 f_a (表 G15-26) 确定后，齿轮的侧隙决定于齿厚极限偏差。

GB10095—88 中规定了 14 种齿厚极限偏差，用字母 C、D、E……P、R、S 代表(图 G15-1)。每一

种齿厚极限偏差值均为齿距偏差 f_{pt} 的倍数 (表 G15-29)。例如, 上偏差 E_{ss} 选用 F (等于 $-14 f_{pt}$) , 下偏差 E_{si} 选用 L (等于 $-16 f_{pt}$) , 则齿厚极限偏差用代号 FL 表示。齿厚公差 $T_s=12 f_{pt}$ (图 G15-1)。

齿厚极限偏差可用计算法或经验表格法确定。

(1) 用计算法确定齿厚极限偏差

由于侧隙是在齿轮副安装好后度量的, 因此除了齿厚的上偏差 E_{ss} 影响齿轮副的最小侧隙外, 还要考虑中心距偏差 f_a 以及加工和安装误差的影响, 由此得齿厚上偏差

表 G15-29 齿厚极限偏差

$C=+1f_{pt}$	$G=-6f_{pt}$	$L=-16f_{pt}$	$R=-40f_{pt}$
$D=0$	$H=-8f_{pt}$	$M=-20f_{pt}$	$S=-50f_{pt}$
$E=-2f_{pt}$	$J=-10f_{pt}$	$N=-25f_{pt}$	
$F=-4f_{pt}$	$K=-12f_{pt}$	$P=-32f_{pt}$	

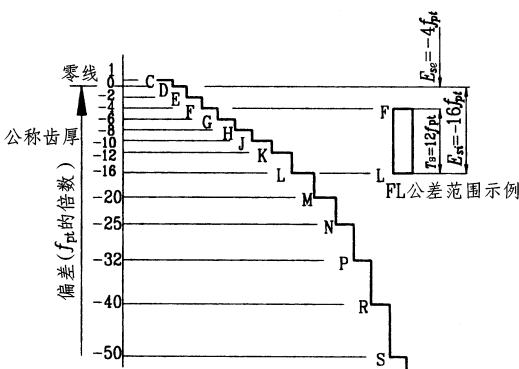


图 G15-1 14 种齿厚极限偏差

$$E_{ss} = -f_a \tan \alpha_n - \frac{j_{n \min} + J_n}{2 \cos \alpha_n} \quad (G15-4)$$

式中, J_n 是补偿齿轮副加工和安装误差所引起的侧隙减小所需的值, 即

$$J_n = \sqrt{f_{pb1}^2 + f_{pb2}^2 + 2(F_B \cos \alpha_n)^2 + (f_x \sin \alpha_n)^2 + (f_y \cos \alpha_n)^2} \quad (G15-5)$$

如果 $\alpha_n=20^\circ$, $F=f_x=2f_y$, 则上式简化为

$$J_n = \sqrt{f_{pb1}^2 + f_{pb2}^2 + 2.104F_B^2} \quad (G15-6)$$

式 (G15-4) 是根据两个齿轮提供等量齿厚上偏差 ($|E_{ss1}|=|E_{ss2}|=|E_{ss}|$) 推出的; 在实际设计中, 如有必要可根据具体情况, 调整 E_{ss1} 和 E_{ss2} 值。

通常, 齿厚下偏差可利用齿厚公差 T_s 求得, 即

$$|E_{si}|=|E_{ss}|+T_s \quad (G15-7)$$

齿厚公差 T_s 的大小反映了切齿工艺的难易程度, 其值可用下式计算

$$T_s=2\tan n \sqrt{F_r^2 + b_r^2} \quad (G15-8)$$

式中 F_r ——齿圈径向跳动公差, 按第 I 公差组精度等级查表 G15-21;

b_r ——切齿径向进刀公差, 可按表 G15-30 选用。

按以上计算法求得的 E_{ss} 和 E_{si} 值, 可以直接标注在齿轮工作图上; 但是, 如果没有特殊要求, 最好将 E_{ss} 和 E_{si} 折算成 f_{pt} 的倍数, 再利用表 G15-29, 就近值确定齿厚极限偏差的代号。

(2) 用经验表格法确定齿厚极限偏差

对于一般要求的齿轮, 可根据经验利用表 G15-31 选用齿厚极限偏差。

用经验表格确定 E_{ss} 、 E_{si} 值后, 如果要在齿轮传动装配图上标出最小侧隙 $j_{n \min}$ 值, 则应利用式 G15-4 计算得 $j_{n \min}$ 值。

在实际设计中为了保证侧隙, 除了规定齿厚极限偏差这种方式外, 还可以规定公法线平均长度极限偏差 E_{wms} 、 E_{wmj} , 双啮中心距极限偏差 E_{as} 、 E_{ai} , 或量柱测量距极限偏差 E_{Ms} 、 E_{Mo} 。其值可利用 E_{ss} 、 E_{si} 值换算而得, 换算式列于表 G15-32。

表 G15-30 切齿径向进刀公差 b_r 值

第 I 公差组精度等级	4	5	6	7	8	9
b_r	1.26IT7	IT8	1.26IT8	IT9	1.26IT9	IT10

表 G15-31 齿厚极限偏差 E_s 参考值(非 GB10095—1988 内容)

组 精度 等级	法向模 数 /mm	分度圆直径/mm													
		80	>80 ~125	>125 ~180	>180 ~250	>250 ~315	>315 ~400	>400 ~500	>500 ~630	>630 ~800	>800 ~1000	>1000 ~1250	>1250 ~1600	>1600 ~2000	>2000 ~2500
		5					MN	MN	NP	NP	NP	NP	PR	RS	RS
5	>1~35	LM	LM	LM	LM	MN	MN	MN	MN	MN	MN	PR	PR	RS	
	>35~63	JK	KL	KL	LM	LM	MN	MN	MN	MN	MN	PR	PR	RS	
	>63~10	JK	JK	KL	KM	LM	LM	LM	LM	LM	NP	PR	PR	PR	
	>10~16		JK	KL	KL	LM	LM	LM	LM	MN	MN	NP	NP	PR	
	>16~25		HJ	JK	JL	KL	KL	LM	LM	LM	MN	MN	MN	NP	
6	>1~35	6	JK	JL	JL	KM	LN	LN	LN	LN	LN	MP	NR	NR	PS
	>35~63		GJ	HK	HK	JL	KM	KM	LN	LN	LN	MP	MP	NR	NR
	>63~10		GJ	HK	HK	HK	JL	JL	KM	LN	LN	MP	MP	NR	NR
	>10~16			GJ	HK	HK	HK	HL	JL	KM	KM	LN	LN	MP	MP
	>16~25			GJ	GJ	HJ	HK	HK	HK	JL	KL	LM	LN	LN	LN
7	>1~35	7	HK	HK	HK	JM	KM	JL	KM	KM	LN	LN	MP	MP	NP
	>35~63		GJ	GJ	HK	HK	HK	JL	JL	KM	LN	LN	LN	MN	MN
	>63~10		GJ	GJ	GJ	HK	HK	HK	HK	JL	KM	LN	LN	MN	MN
	>10~16			GJ	GJ	GJ	HK	HK	HK	JL	KL	KM	LM	LM	LM
	>16~25			FG	FH	GJ	GJ	GJ	HK	HK	JL	KL	KL	ML	ML
8	>1~35	8	GJ	GJ	GK	HL	HL	HL	HL	JM	JM	KM	LN	LN	LN
	>35~63		FH	GJ	GJ	GJ	GJ	HK	HK	HL	HL	JM	KM	KM	LN
	>63~10		FH	FH	GJ	GJ	GJ	GJ	GJ	HK	HL	JM	KM	KM	KM
	>10~16			FH	FH	GJ	GJ	GJ	GJ	GJ	HL	HL	JL	JL	KM
	>16~25			FG	FG	FG	FG	FH	GJ	GH	GJ	HK	HK	JL	JL
9	>1~35	9	FH	GJ	GJ	GJ	GJ	HK	HK	HK	JK	JM	KM	KM	KM
	>35~63		FG	FG	FH	FH	GJ	GJ	GJ	HK	HK	HK	JL	JL	KM
	>63~10		FG	FG	FH	FH	GJ	GJ	GJ	HK	HK	HK	JL	JL	JL
	>10~16			FG	FG	FH	FH	FG	GH	GH	GJ	HK	HL	JL	JL
	>16~25			FG	FG	FG	FG	FG	FG	GH	GJ	GJ	GJ	GJ	HK
10	>1~35	10	FH	FH	FH	FH	GJ	GJ	GK	GK	GK	HK	HK	JL	JL
	>35~63		FG	FG	FH	FH	FH	FH	GJ	GJ	GK	HK	HK	JL	JL
	>63~10		EF	FG	FG	FG	FG	FH	FH	FH	GJ	GJ	HK	HK	HK
	>10~16			FG	FG	FG	FG	FH	FH	FH	GJ	GJ	GJ	GJ	HK
	>16~25			EF	EF	FG	FG	FG	FG	FG	FH	FH	GJ	GJ	GJ

表 G15-32 E_s 与 E_{wms} , E_{aa} , E_M 的换算式

公法线平均长度极限偏差		双啮中心距极限偏差	量柱测量距极限偏差	
外 齿 轮	$E_{wms}=E_{ss}\cos -0.72F_r\sin$	$E_{aa}=E_{ss}\cos / \sin \alpha$	偶数齿	$E_{Ms\text{偶}}=E_{wms}/\sin M\cos b$ $E_{Mi\text{偶}}=E_{wmi}/\sin M\cos b$
	$E_{wmi}=E_{si}\cos -0.72F_r\sin$	$E_{ai}=E_{si}\cos / 2\sin \alpha$	奇数齿	$E_{Ms\text{奇}}=E_{Ms\text{偶}}\cos \frac{90^\circ}{z}$ $E_{Mi\text{奇}}=E_{Mi\text{偶}}\cos \frac{90^\circ}{z}$
	$T_w=T_s\cos -1.44F_r\sin$	$T_a=T_s\cos / 2\sin \alpha$		
内 齿 轮	$E_{wms\text{内}}=-E_{wmi\text{外}}$		偶	$E_{Ms\text{偶内}}=-E_{Mi\text{偶外}}$ $E_{Mi\text{偶内}}=-E_{Ms\text{偶外}}$
	$E_{wmi\text{内}}=-E_{wms\text{内}}$		奇	$E_{Ms\text{奇内}}=-E_{Mi\text{奇外}}$ $E_{Mi\text{奇内}}=-E_{Ms\text{奇外}}$

注： α ——双啮检查时的法向压力角；

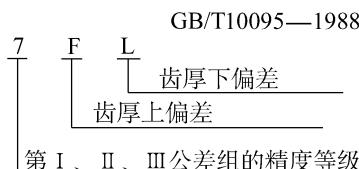
M ——量柱中心处的端面压力角。

G2.8 精度等级的图样标注

在齿轮零件工作图上，应标注齿轮的精度等级和齿厚极限偏差的字母代号。

标注示例：

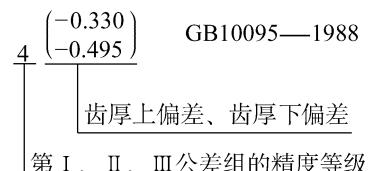
(1) 齿轮的三个公差组精度同为 7 级，其齿厚上偏差为 F，下偏差为 L：



(2) 齿轮第 I 公差组精度为 7 级，第 II 公差组精度为 6 级，第 III 公差组精度为 6 级，齿厚上偏差为 G，齿厚下偏差为 M：

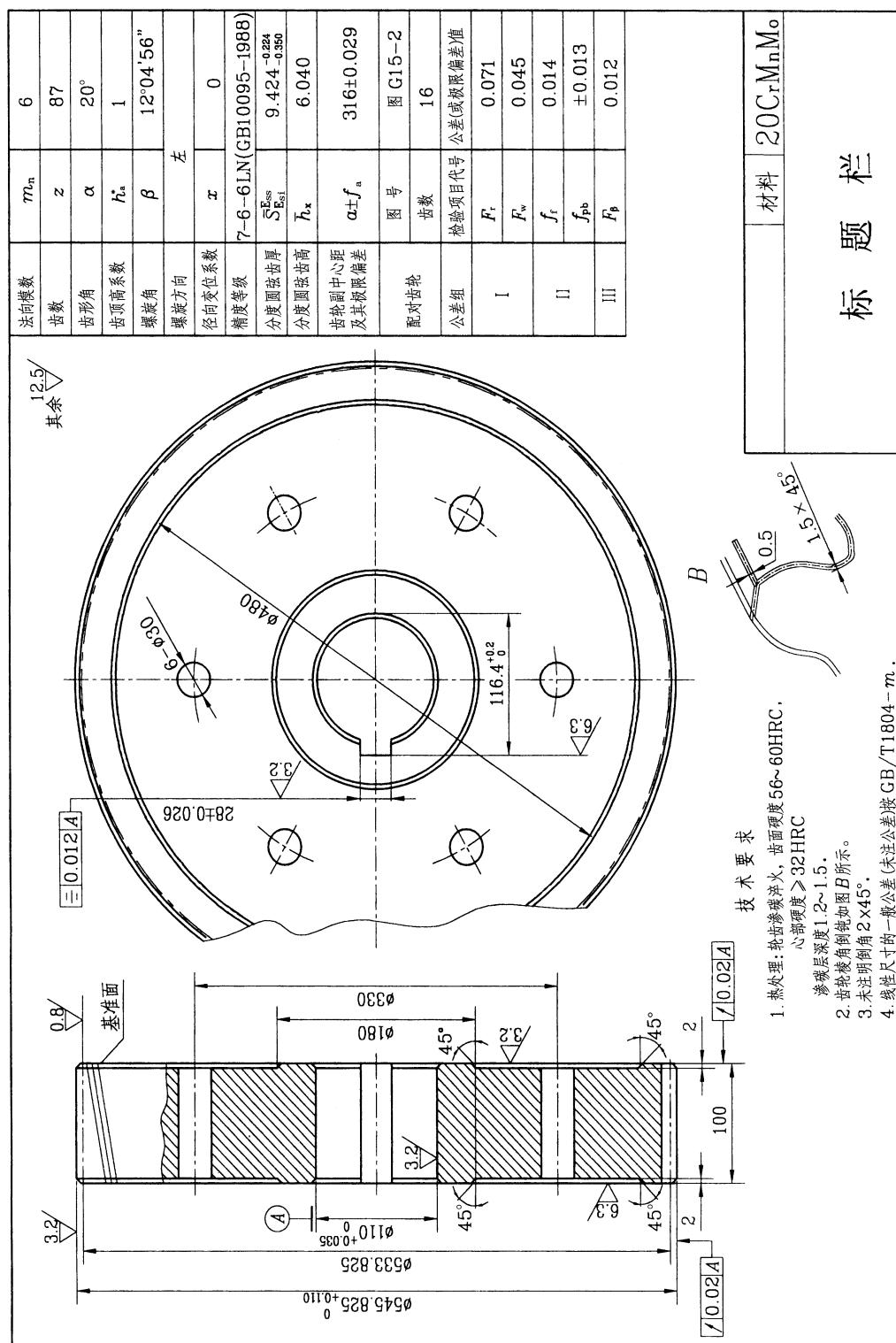


(3) 齿轮的三个公差组精度同为 4 级，其齿厚上偏差为 $-330 \mu m$ ，下偏差为 $-495 \mu m$ ：



G2.9 渐开线圆柱齿轮工作图(图 G15-2 , 图 G15-3)

图 G15-2 小齿轮零件工作图



G3 圆弧圆柱齿轮传动

G3.1 圆弧齿轮的基本齿廓和模数系列

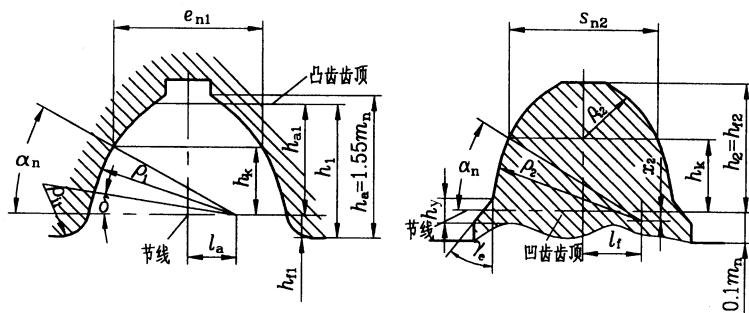
圆弧齿轮的基本齿廓是指基齿条的法面齿形。同渐开线齿轮比较，圆弧齿轮的齿形参数较多，因此有较大的调整灵活性。我国已有了统一的基本齿廓

(JB929—1967 和 GB12759—1991)，供设计制造中采用。

G3.1.1 单圆弧齿轮的基本齿廓

JB929—1967 型单圆弧齿轮基本齿廓见表 G15-33。

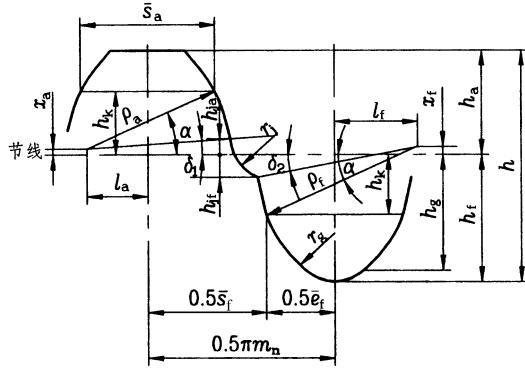
表 G15-33 “67型”圆弧齿轮滚刀的法面齿廓及其参数(摘自 JB929—1967)



原始齿廓参数名称	代号	凸齿		凹齿	
		$m_n=2\sim32mm$	$m_n=2\sim6mm$	$m_n=7\sim32mm$	$m_n=7\sim32mm$
压力角	n	30°	30°	30°	30°
接触点移距	l	$1.5m_n$			
接触点离节线高度	h_k	$0.75 m_n$	$0.75 m_n$	$0.75 m_n$	$0.75 m_n$
齿廓半径		$1.5 m_n$	$1.65 m_n$	$1.55 m_n + 0.6$	
凹凸齿廓半径差			$0.15 m_n$	$0.05 m_n + 0.6$	
工作齿高	h	$1.2 m_n$	$1.2 m_n$	$1.2 m_n$	$1.2 m_n$
齿顶高	h_a	$1.2 m_n$	0	0	0
齿根高	h_t	$0.3 m_n$	$1.36 m_n$	$1.36 m_n$	$1.36 m_n$
全齿高(切深)	h	$1.5 m_n$	$1.36 m_n$	$1.36 m_n$	$1.36 m_n$
齿廓圆心偏移量	l_a, l_f	$0.5290 m_n$	$0.6289 m_n$	$0.5523 m_n + 0.5196$	
齿廓圆心移距量	x_2	0	$0.075 m_n$	$0.025 m_n + 0.3$	
接触点处槽宽	e_{n1}	$1.54 m_n$	$1.5416 m_n$	$1.5616 m_n$	
接触点处齿厚	s_{n2}	$1.6016 m_n$	$1.60 m_n$	$1.58 m_n$	
接触点处侧隙	c_y		$0.06 m_n$	$0.04 m_n$	
齿顶倒角高度	h_y		$0.26 m_n$	$0.26 m_n$	
齿顶倒角	r_e		30°	30°	
工艺角		$8^\circ 47' 34''$			
齿根圆角半径	i	$0.6248 m_n$	$0.6227 m_n$	$\frac{r_2 + h_2 + x_2}{2} - \frac{l_f^2}{2(r_2 - h_2 - x_2)}$	

G3.1.2 双圆弧齿轮的基本齿廓(表 G15-34)

表 G15-34 双圆弧齿轮的基本齿廓及其参数(摘自 GB 12759—1991)



代号： α —压力角； h —全齿高； h_a —齿顶高； h_f —齿根高； r_a^* —凸齿齿廓圆弧半径； r_f^* —凹齿齿廓圆弧半径； x_a —凸齿齿廓圆心移距量； x_f —凹齿齿廓圆心移距量； \bar{s}_a —凸齿接触点处弦齿厚； h_k —接触点到节线的距离； l_a —凸齿齿廓圆心偏移量； l_f —凹齿齿廓圆心偏移量； h_{ja} —过渡圆弧和凸齿圆弧的切点到节线的距离； h_{jf} —过渡圆弧和凹齿圆弧的交点到节线的距离； d_1 —凸齿工艺角； d_2 —凹齿工艺角； r_j —过渡圆弧半径； r_g —齿根圆弧半径； h_g —齿根圆弧和凹齿圆弧的切点到节线的距离； j —侧向间隙

法向模数 m_n/mm	基本齿廓的参数										
	α	h^*	h_a^*	h_f^*	r_a^*	r_f^*	x_a^*	x_f^*	\bar{s}_a^*	h_K^*	l_a^*
15~3	24°	2	0.9	1.1	13	1.420	0.0163	0.0325	1.1173	0.5450	0.6289
>3~6	24°	2	0.9	1.1	13	1.410	0.0163	0.0285	1.1173	0.5450	0.6289
>6~10	24°	2	0.9	1.1	13	1.395	0.0163	0.0224	1.1173	0.5450	0.6289
>10~16	24°	2	0.9	1.1	13	1.380	0.0163	0.0163	1.1173	0.5450	0.6289
>16~32	24°	2	0.9	1.1	13	1.360	0.0163	0.0081	1.1173	0.5450	0.6289
>32~50	24°	2	0.9	1.1	13	1.340	0.0163	0.0000	1.1173	0.5450	0.6289
15~3	0.7086	0.16	0.20	1.1773	1.9643	6°20' 52"	9°25' 31"	0.5049	0.4030	1.0186	0.06
>3~6	0.6994	0.16	0.20	1.1773	1.9643	6°20' 52"	9°19' 30"	0.5043	0.4004	1.0168	0.06
>6~10	0.6957	0.16	0.20	1.1573	1.9843	6°20' 52"	9°10' 21"	0.4884	0.3710	1.0236	0.04
>10~16	0.6820	0.16	0.20	1.1573	1.9843	6°20' 52"	9°0' 59"	0.4877	0.3663	1.0210	0.04
>16~32	0.6638	0.16	0.20	1.1573	1.9843	6°20' 52"	8°48' 11"	0.4868	0.3595	1.0176	0.04
>32~50	0.6455	0.16	0.20	1.1573	1.9843	6°20' 52"	8°35' 01"	0.4858	0.3520	1.0145	0.04

注：表中带*号的尺寸参数，是指该尺寸与法向模数 m_n 的比值，用这些比值，乘以法向模数 m_n 即得该尺寸值，例如

$$h^* m_n = r_a^* m_n = r_a \text{ 等。}$$

G3.1.3 圆弧齿轮的模数系列(表 G15-35)

表 G15-35 圆弧齿轮模数(m_n)系列 (GB1840—1989)

第一系列	1.5	2		2.5		3		4	5
第二系列			2.25		2.75		3.5	4.5	
第一系列		6		8		10	12		16
第二系列	5.5		7		9			14	
第一系列		20		25	32		40		50
第二系列	18		22	28		36		45	

G3.2 圆弧齿轮传动的几何尺寸计算

JB929—1967 型单圆弧齿轮传动(图 G15-4)和

GB12759—1991 型双圆弧齿轮传动(图 G15-5)的几何尺寸计算式列于表 G15-36 中。

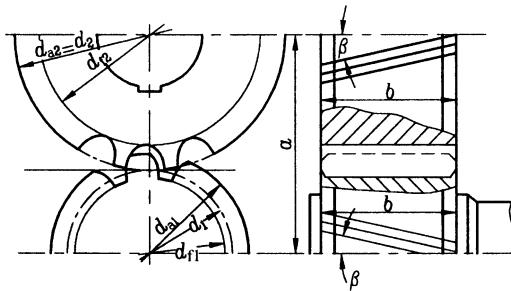


图 G15-4 单圆弧齿轮传动

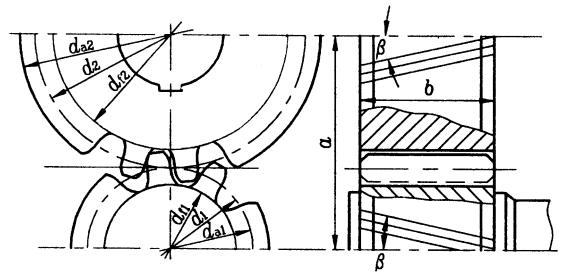


图 G15-5 双圆弧齿轮传动

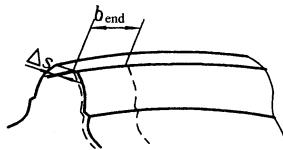


图 G15-6 齿端修薄量及修薄宽度

表 G15-36 圆弧齿轮传动的几何尺寸计算

名称	代号	计算公式	
		“67”型单圆弧齿轮	“91”型双圆弧齿轮
齿数	z	$z = d \cos b / m_n$	
当量齿数	z_v	$z_v = z / \cos^3 b$	
法向模数	m_n	由轮齿弯曲强度计算或结构设计确定, 应取为标准值	
端面模数	m_t	$m_t = \frac{m_n}{\cos b}$	
螺旋角	b	$\cos b = \frac{m_n}{m_t} = \frac{m_n(z_1 + z_2)}{2a}$	
中心距	a	$a = \frac{1}{2}(d_1 + d_2) = \frac{m_t(z_1 + z_2)}{2} = \frac{m_n(z_1 + z_2)}{2 \cos b}$ 由强度计算或结构设计确定, 减速器 a 应取标准值	
轴向齿距	p_x	$p_x = \pi m_n / \sin b$	
齿宽	b	$b = f_a a = f_a d_1 = \pi m_n e_p / \sin b$	
纵向重合度	e_p	$e_p = \frac{b}{p_x} = \frac{b \sin b}{\pi m_n}$	
接触点距离系数	I	$I = \frac{q_{TA}}{p_x}$	
总重合度	e_γ	$e_\gamma - e_p$	$e_\gamma - e_p + I$
同一齿上凸齿 和凹齿两接触 点的距离	q_{TA}		$q_{TA} = \frac{0.5(\pi m_n - j_n) + 2(l_a + x_a \cot a_n)}{\sin b}$ $- 2(r_a + \frac{x_a}{\sin a_n}) \cos a_n \sin b$

(续)

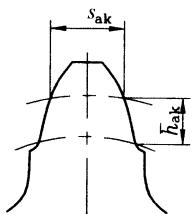
名称	代号	计算公式	
		“67”型单圆弧齿轮	“91”型双圆弧齿轮
齿顶高	h_{a1}	$1.2 m_n$	$0.9 m_n$
	h_{a2}	0	
齿根高	h_{f1}	$0.3 m_n$	$1.1 m_n$
	h_{f2}	$1.36 m_n$	
全齿高	h_1	$1.5 m_n$	$2 m_n$
	h_2	$1.36 m_n$	
分度圆直径	d_1	$m_n z_1 / \cos b = m_n z_1$	
	d_2	$m_n z_2 / \cos b = m_n z_2$	
齿顶圆直径	d_{a1}	$d_1 + 2.4 m_n$	$d_1 + 1.8 m_n$
	d_{a2}	d_a	$d_2 + 1.8 m_n$
齿根圆直径	d_{f1}	$d_1 - 0.6 m_n$	$d_1 - 2.2 m_n$
	d_{f2}	$d_2 - 2.72 m_n$	$d_2 - 2.2 m_n$
齿端修薄量 修薄宽度	s b_{end}	$s = (0.01 \sim 0.03) m_n$, 对于高精度或大模数齿轮取小值, 反之取大值。 $b_{end} = (0.1 \sim 0.2) p_x$ ϵ_B 3时小齿轮齿端必须修薄, 修薄量和修薄宽度啮入端稍大; 螺旋角大时取较大系数。不修薄的有效齿宽应保证总重合度稍大于某一整数	

式中各参数见表 G15-34。

尖端修薄量和修薄宽度如图 G15-5 所示。

G3.3 圆弧齿轮测量尺寸计算(表 G15-37)

表 G15-37 圆弧齿轮测量尺寸计算

名 称	\bar{s}_k	计 算 公 式	
		“67”型单圆弧齿轮	“91”型双圆弧齿轮
接触点处弦齿厚		凸齿 $\bar{s}_{ak} = 2r_a \cos(a + d_{ak}) - (z_v m_n + 2x_a) \sin d_{ak}$	
		凹齿 $\bar{s}_{fk} = z_v m_n \sin(\frac{p}{z_v} + d_{fk}) - 2(r_f - \frac{x_f}{\sin a}) \cos(a + \frac{p}{z_v} - d_{fk})$	
接触点处弦齿高	$\text{式中 } d_{ak} = \frac{2l_a}{z_v m_n + 2x_a} \quad d_{fk} = \frac{2(l_f - x_f \cot a)}{z_v m_n}$ <p>以上公式对于单、双圆弧齿轮均适用</p>		
		$\text{凸齿 } \bar{h}_{ak} = h_a - h_k + \frac{(0.5 \bar{s}_{ak})^2}{z_v m_n + 2h_k}$ $h_k = \left(0.75 + \frac{1.688}{z_v + 1.5} \right) m_n \quad \mid \quad h_k = \left(0.545 + \frac{1.498}{z_v + 1.09} \right) m_n$	
	$\text{凹齿 } \bar{h}_{fk} = h_a + h_k + \frac{(0.5 \bar{s}_{fk})^2}{z_v m_n - 2h_k}$ $h_k = \left(0.75 - \frac{1.688}{z_v - 1.5} \right) m_n \quad \mid \quad h_k = \left(0.545 - \frac{1.498}{z_v - 1.09} \right) m_n$		

(续)

名称		计算公式	
		“67”型单圆弧齿轮	“91”型双圆弧齿轮
弦齿深(法面)	\bar{h}	$\bar{h} = h - h_g + \frac{1}{2}(d_a - d_{a1})$ <p style="text-align: center;">式中 h —— 全齿高 d_a、d_{a1} —— 齿顶圆直径及其实测值 h_g —— 弓高对于单圆弧齿轮凸齿和双圆弧齿轮</p> $h_g = \frac{1}{4}(z_v m_n + 2h_a) \left(\frac{p}{z_v} - \frac{s_a}{z_v m_n + 2h_a} \right)^2$ <p style="text-align: center;">式中 s_a —— 齿顶厚，随齿数减少而变窄，可拟合如下：</p> $\text{单圆弧齿轮凸齿 } s_a = \left(0.742 - \frac{0.43}{z_v} \right) m_n$ $\text{双圆弧齿轮 } s_a = \left(0.6491 - \frac{0.61}{z_v} \right) m_n$ h_a —— 凸齿齿顶高 <p style="text-align: center;">对于单圆弧齿轮凹齿 $h_{g2} = (\sqrt{r_f^2 - (h_y + x_f)^2} + h_y \tan g_e - l_f)^2 \frac{1}{z_v m_n}$</p> <p style="text-align: center;">当 $m_n = 2 \sim 6 \text{ mm}$ 时， $h_{g2} = \frac{1.285 m_n \cos^3 b}{z_2}$</p> <p style="text-align: center;">当 $m_n = 7 \sim 32 \text{ mm}$ 时 $h_{g2} = \frac{(1.25 m_n + 0.08) \cos^3 b}{z_1}$</p>	
公法线跨齿数	k	$\text{凸齿 } k_a = \frac{z}{p} \left[a_t (\text{rad}) + \frac{1}{2} \tan^2 \beta \sin 2a_t \right] + \frac{2}{p} \left(\frac{l_a}{m_n} + \frac{x_a \cot a}{m_n} \right) + 1 \text{ 取整数}$ $\text{凹齿 } k_f = \frac{z}{p} \left[a_t (\text{rad}) + \frac{1}{2} \tan^2 \beta \sin 2a_t \right] - \frac{2}{p} \left(\frac{l_f}{m_n} - \frac{x_f \cot a}{m_n} \right) \text{ 取整数}$ <p style="text-align: center;">式中 a_t 为理论接触点处的端面压力角，$\tan a_t = \frac{\tan a}{\cos b}$</p>	
公法线长度	W_k	$\text{凸齿 } W_{ka} = \frac{d \sin^2 a_{ta} + 2x_a}{\sin a_n} + 2?_a$ $\text{凹齿 } W_{kf} = \frac{d \sin^2 a_{tf} + 2x_f}{\sin a_n} - 2?_f$ <p style="text-align: center;">式中 n —— 测点法向压力角，$\tan n = \tan t \cos a$ t —— 测点端面压力角，求解超越方程</p> <p style="text-align: center;">凸齿 $M_a = M_a - B \sin 2 a_{ta} - Q_a \cot a_{ta}$ 凹齿 $M_f = M_f - B \sin 2 a_{tf} - Q_f \cot a_{tf}$</p> <p style="text-align: center;">式中 $M_a = \frac{1}{z} \left[(k_a - 1)p - \frac{2l_a}{m_n} \right]$ $M_f = \frac{1}{z} \left(k_f p + \frac{2l_f}{m_n} \right)$</p> $B = \frac{1}{2} \tan^2 b$ $Q_a = \frac{2x_a}{zm_n \cos b}$ $Q_f = \frac{2x_f}{zm_n \cos b}$ <p style="text-align: center;">用迭代法解上述超越方程时，可取公式右边的 t 的初值为 t_0。计算出公式左边的 t，再取作公式右边 t 的值，重复计算，直到误差在 1° 以内为止，计算精度应为小数第五位</p> <p style="text-align: center;">公法线长度测量时，工作齿宽 b 应大于 b_{min}</p> $b_{min} = \frac{1}{2} d \sin^2 a_t \tan b + 5 \text{ mm}$	

(续)

名 称		计 算 公 式	
		“67”型单圆弧齿轮	“91”型双圆弧齿轮
齿根圆斜径	L_f	当齿数为奇数时，测量齿根圆斜径 L_f $L_f = d_f \cos \frac{90^\circ}{z}$ 当齿数为偶数时，可直接测量齿根圆直径 d_f	
螺旋线坡度的波长 		沿螺旋线测量螺旋线波度时，按下式计算波长 $l = \frac{pd}{z_k \sin b} = \frac{2pm_n z}{z_k \sin^2 b}$ 式中 z_k ——滚齿机分度蜗轮齿数 d ——工作分度圆直径	

注：表中诸式中的参数见表 G15-34 和表 G15-36。

G3.4 圆弧齿轮传动主要参数的选择

齿数 z 、模数 m_n 、纵向重合度 ϵ_B 、螺旋角 b 和齿宽 (或齿宽系数 f_d) 是圆弧齿轮的主要参数。它们关系密切，相互制约 (见以下算式)，并且对传动的承载性能影响很大，在设计时可能有多种选择，因此要特别注意。

$$d_1 = z_1 m_n / \cos b$$

(G15-9)

$$\epsilon_B = \frac{b \sin b}{p m_n} = \frac{f_a (z_1 + z_2) \tan b}{2p} \quad (G15-10)$$

$$f_d = b / d_1 = \frac{p \epsilon_B}{z_1 \tan b} = 0.5 f_a (1 + u) \quad (G15-11)$$

$$f_a = b / a = \frac{2p \epsilon_B}{(z_1 + z_2) \tan b} \quad (G15-12)$$

主要参数的具体选择原则见表 G15-38。

表 G15-38 圆弧齿轮主要参数选择

主要参数	选 择 原 则
小齿轮齿数 z_1	圆弧齿轮没有根切现象， z_1 不受根切齿数的限制，但受到轴的强度和刚度的制约， z_1 不能太少。在满足抗弯强度的条件下，取较多的 z_1 为好。对中低速传动，可取 $z_1=20\sim35$ ，对高速传动，可取 $z_1=30\sim50$
法向模数 m_n	m_n 通常决定于齿轮的抗弯强度或结构条件，并按表 G15-35 取标准值。当 d 、 b 一定时，取较小的 m_n ，能使增加，有利于提高传动的平稳性，并且能减小齿面的滑动，提高抗胶合的能力。一般工业齿轮可取 $m_n=(0.01\sim0.02)a$ ；通用减速器靠取 $m_n=(0.0133\sim0.016)a$ ；有冲击载荷的传动，如轧机齿轮座等，常取 $m_n=(0.025\sim0.04)a$ 。对于大中心距 a 、载荷平稳，单向运转，或者高速传动，应取较小的 m_n ，反之，取大值

(续)

主要参数	选择原则
纵向重合度	由整数部分 μ 和尾数 Δ 组成，即 $=\mu + \Delta$ 。当 Δ 为整数倍时噪声有所下降。一般取 $\mu_e=1\sim6$ ；对于精度高，大的齿轮，可取较大的 μ 值，以提高传动的平稳性和承载能力，但必须严格控制齿轮误差、齿向误差、轴线平行度误差和轴系变形量。 Δ 不能太小，否则啮合冲击大，齿端部齿根应力大，易崩角；但当 $\Delta > 0.4$ 以后，作用就不大了。通常可取 $=0.2\sim0.4$ 。双圆弧齿轮的 Δ 与单圆弧齿轮同样取。当 $\Delta > 3$ 时，应采用修端，以避免崩角。齿宽的非修薄部分是 μ 的整数部分 μ_e
螺旋角	当 β 一定时，增大 α ，齿面瞬时接触迹宽度减小，接触应力增大，对接触强度不利。在齿轮圆周速度一定的条件下，增大 β ，齿面滚动速度减小，不利于动压润滑，同时轴承所受的轴向力也大。但当 b 和 m_n 一定时， β 增大， α 也增大，能使传动平稳，并能提高弯曲强度和接触强度，特别对弯曲强度更有利。一般的推荐值：单斜齿 $\beta=10^\circ\sim20^\circ$ ；人字齿 $\beta=25^\circ\sim35^\circ$
齿宽系数 a 、 d	a 和 d 值可参考渐开线齿廓圆柱齿轮选用。推荐的 a 值为：0.2、0.25、0.3、0.4、0.5、0.6、0.8、1.0、1.2。通常，减速器采用 $a=0.4\sim0.8$ ，对人字齿轮单侧 $a=0.3\sim0.6$

在具体设计时，可采用以下几种方法和步骤，来确定圆弧齿轮的主要参数：

- 1) 先选定 a ，再用式 (G15-12) 来调整 z_1 、 e_{β} 和 ϕ_d 。
- 2) 先选定 z_1 、 β 和 α ，再用式 (G15-11) 或式 (G15-12) 来校核 d 或 a 。

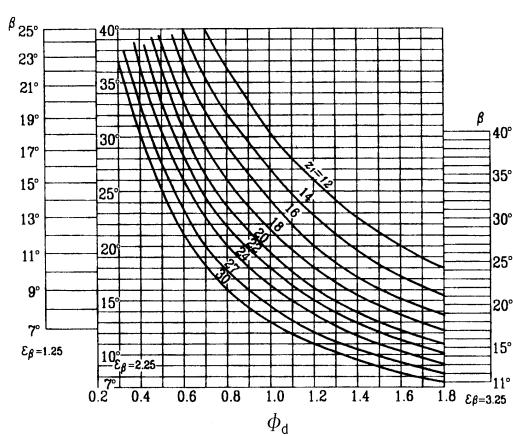


图 G15-7 β 、 a 、 e_{β} 、 z_1 之间的关系

3) 对于常用的 β 值 (1.25、2.25 和 3.25)，可用图 G15-7 来选取一组合适的 a 、 z_1 和 e_{β} 值。

- 4) 采用优化方法，选定目标函数，用计算机计算，获得最合适的参数值。

G3.5 圆弧齿轮承载能力计算

G3.5.1 圆弧齿轮承载能力计算公式

圆弧齿轮的齿形和工作时的应力状态都比渐开线齿轮复杂，但齿轮试验和工业应用的结果都显示，圆弧齿轮的主要失效形式与渐开线齿轮的相似，仍然是轮齿折断、齿面点蚀（剥落）和齿面胶合，此外还有塑性变形和磨损等。由于研究和应用圆弧齿轮的时间不长，目前还只有齿根弯曲疲劳和齿面接触疲劳的强度计算公式可供实际使用。表 G15-39 所列是单圆弧齿轮的承载能力计算公式；表 G15-40 所列是双圆弧齿轮的承载能力计算公式（按 GB/T13799—1992）。不过要注意，这些计算式中的许多参数，如 K_v 、 Z_N 、 Y_N 、 F_{lim} 和 H_{lim} 等，目前还研究得很不够，计算时需慎重选用。

表 G15-39 单圆弧齿轮传动承载能力计算公式

项 目	齿根弯曲疲劳强度	齿面接触疲劳强度
强度条件	$s_p \text{ 或 } S_1 > S_{min}$	$s_H \text{ 或 } S_1 > S_{min}$
计算应力 /MPa	凸齿 $s_{F1} = \left(\frac{T_1 K_A K_V K_1 K_{F2}}{m_e + K_{\Delta e}} \right)^{0.79} \frac{Y_{E1} Y_{u1} Y_{\beta1} Y_{F1} Y_{end1}}{z_1 m_n^{2.37}}$	$s_H = \left(\frac{T_1 K_A K_V K_1 K_{H2}}{m_e + K_{\Delta e}} \right)^{0.7} \frac{Z_E Z_u Z_B Z_a}{z_1 m_n^{2.1}}$
	凹齿 $s_{F2} = \left(\frac{T_1 K_A K_V K_1 K_{F2}}{m_e + K_{\Delta e}} \right)^{0.73} \frac{Y_{E2} Y_{u2} Y_{\beta2} Y_{F2} Y_{end2}}{z_1 m_n^{2.19}}$	
法向模数 /mm	凸齿 $m_n = \left(\frac{T_1 K_A K_V K_1 K_{F2}}{m_e + K_{\Delta e}} \right)^{1/3} \left(\frac{Y_{E1} Y_{u1} Y_{\beta1} Y_{F1} Y_{end1}}{z_1 s_{FP1}} \right)^{1/2.37}$	$m_n = \left(\frac{T_1 K_A K_V K_1 K_{H2}}{m_e + K_{\Delta e}} \right)^{1/3} \left(\frac{Z_E Z_u Z_B Z_a}{z_1 s_{HP}} \right)^{1/2.1}$
	凹齿 $m_n = \left(\frac{T_1 K_A K_V K_1 K_{F2}}{m_e + K_{\Delta e}} \right)^{1/3} \left(\frac{Y_{E2} Y_{u2} Y_{\beta2} Y_{F2} Y_{end2}}{z_1 s_{FP2}} \right)^{1/2.19}$	
小齿轮(凸 齿) 转矩 /N · m	凸齿 $T_1 = \frac{m_e + K_{\gamma e}}{K_A K_V K_1 K_{F2}} m_n^3 \left(\frac{z_1 s_{FP1}}{Y_{E1} Y_{u1} Y_{\beta1} Y_{F1} Y_{end1}} \right)^{1/0.79}$	$T_1 = \frac{m_e + K_{\Delta e}}{K_A K_V K_1 K_{H2}} m_n^3 \left(\frac{z_1 s_{HP}}{Z_E Z_u Z_B Z_a} \right)^{1/0.7}$
	凹齿 $T_1 = \frac{m_e + K_{\gamma e}}{K_A K_V K_1 K_{F2}} m_n^3 \left(\frac{z_1 s_{FP2}}{Y_{E2} Y_{u2} Y_{\beta2} Y_{F2} Y_{end2}} \right)^{1/0.37}$	
许用应力 /MPa	$s_F = s_{FP} = F_{lim} Y_N Y_X / S_{Fmin}$	$s_{HP} = s_H = s_{Hlim} Z_N Z_L Z_V / S_{Hmin}$
安全系数	$S_F = s_F / F$	$S_H = s_H / s_{Hlim}$

注：1. 表中长度单位为 mm，力的单位为 N。

2. 对于人字齿轮， T_1 按额定(名义)转矩的一半计算， $(m_e + K_{\Delta e})$ 按全齿宽(不包括空刀槽宽)的一半计算。

表 G15-40 双圆弧齿轮传动承载能力计算公式

项 目	齿根弯曲疲劳强度	齿面接触疲劳强度
强度条件	$s_F = s_{FP} \text{ 或 } S_F = S_{Fmin}$	$s_H = s_{HP} \text{ 或 } S_H = S_{Hmin}$
计算应力 /MPa	$s_F = \left(\frac{T_1 K_A K_V K_1 K_{F2}}{2m_e + K_{\Delta e}} \right)^{0.86} \frac{Y_E Y_u Y_{\beta} Y_{F} Y_{end}}{z_1 m_n^{2.58}}$	$s_H = \left(\frac{T_1 K_A K_V K_1 K_{H2}}{2m_e + K_{\Delta e}} \right)^{0.73} \frac{Z_E Z_u Z_B Z_a}{z_1 m_n^{2.19}}$
法向模数 /mm	$m_n = \left(\frac{T_1 K_A K_V K_1 K_{F2}}{2m_e + K_{\Delta e}} \right)^{1/3} \left(\frac{Y_E Y_u Y_{\beta} Y_{F} Y_{end}}{z_1 s_{FP}} \right)^{1/2.58}$	$m_n = \left(\frac{T_1 K_A K_V K_1 K_{H2}}{2m_e + K_{\Delta e}} \right)^{1/3} \left(\frac{Z_E Z_u Z_B Z_a}{z_1 s_{HP}} \right)^{1/2.19}$
小齿轮转矩 /N · mm	$T_1 = \frac{2m_e + K_{\Delta e}}{K_A K_V K_1 K_{F2}} m_n^3 \left(\frac{z_1 s_{FP}}{Y_E Y_u Y_{\beta} Y_{F} Y_{end}} \right)^{1/0.86}$	$T_1 = \frac{2m_e + K_{\Delta e}}{K_A K_V K_1 K_{H2}} m_n^3 \left(\frac{z_1 s_{HP}}{Z_E Z_u Z_B Z_a} \right)^{1/0.73}$
许用应力 /MPa	$s_{FP} = s_{Flim} Y_N Y_X / S_{Fmin}$	$s_{HP} = s_{Hlim} Z_N Z_L Z_V / S_{Hmin}$
安全系数	$S_F = s_F / s_{Flim}$	$S_H = s_H / s_{Hlim}$

注：1. 表中长度单位为 mm，力的单位为 N。

2. 对于人字齿轮， T_1 按额定(名义)转矩一半计算， $(2m_e + K_{\gamma e})$ 按全齿宽(不包括空刀槽宽)的一半计算。

表 G15-41 表 G15-40 中各符号的意义

类别	符号	意义	单位	所用图表
基本参数	s_H 、 s_F	计算接触应力和计算弯曲应力	MPa	表 G15-39、表 G15-40
	s_{HP} 、 s_{FP}	许用接触应力和许用弯曲应力		表 G15-39、表 G15-40
	S_H 、 S_F	接触强度和弯曲强度的计算安全系数		表 G15-39、表 G15-40
	S_{Hmin} 、 S_{Fmin}	接触强度和弯曲强度的最小安全系数		表 G15-11
	T_1	小齿轮传递的名义转矩		表 G15-31
	z_1	小齿轮齿数		表 G15-38
	m_n	法面模数		表 G15-39、表 G15-40
	μ_e	重合度的整数部分		表 G15-38
	s_{Hlim}	试验齿轮的接触疲劳极限		图 G15-17~图 G15-20
	s_{Flim}	试验齿轮的弯曲疲劳极限		图 G15-17~图 G15-24
修正载荷的系数	K_A	使用系数		表 G15-39
	K_V	动载系数		图 G15-8
	K_p	接触迹间载荷分配系数		图 G15-9
	K_{HB} 、 K_{FB}	接触迹内载荷分布系数(接触、弯曲)		表 G15-42
	K_{γ_e}	接触迹系数		图 G15-10
修正计算应力的系数	Z_E	弹性系数(接触)	$MPa^{0.27}$ $MPa^{0.14}$	表 G15-43
	Y_E	弹性系数(弯曲)		表 G15-43
	Z_u 、 Y_u	齿数比系数(接触、弯曲)		图 G15-11
	Z_β 、 Y_β	螺旋角系数(接触、弯曲)		图 G15-12
	Z_a	接触弧长系数		图 G15-14
	Y_F	齿形系数		图 G15-13
	Y_{End}	齿端系数		图 G15-15、图 G15-16
	K_{γ_e}	接触迹系数		图 G15-10
	Y_{E1} 、 Y_{E2} 、 Y_E 、 Z_E	弹性系数		表 G15-43
修正疲劳极限的系数	Z_N	寿命系数(接触)		图 G15-25
	Y_N	寿命系数(弯曲)		图 G15-26
	Z_L	润滑剂系数		图 G15-29
	Z_v	速度系数		图 G15-30
	Y_X	尺寸系数		图 G15-27、图 G15-28

此引起齿轮副的振动而产生的内部附加动载荷影响的系数，可参考图 G15-8 查取。

G3.5.2 计算公式中各参数和系数的确定

承载能力计算公式(表 G15-39、表 G15-40)中的各参数和系数及其取值用的图表号列于表 G15-41 中。计算式中的小齿轮齿数 z_1 、重合度的整数部分 μ_e ，按预选参数确定。 T_1 取小齿轮的额定(名义)转矩值。

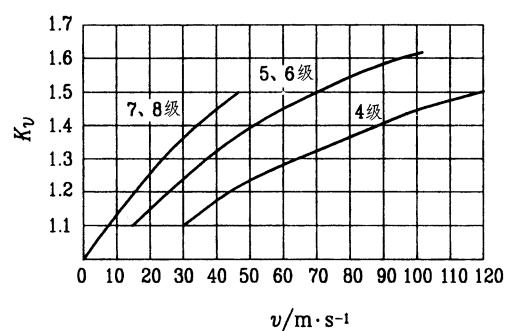
其他参数和系数证明如下：

(1) 使用系数 K_A

K_A 是考虑由于啮合外部因素引起附加动载前影响的系数，可参考表 G15-39 查取。

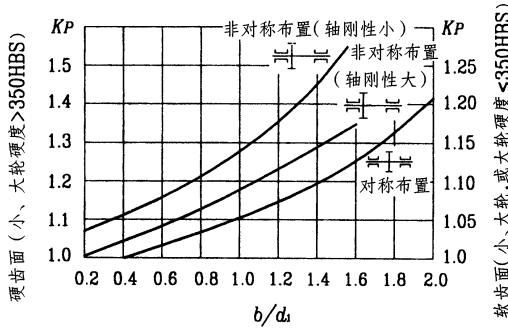
(2) 动载系数 K_V

K_V 是考虑轮齿接触迹在啮合过程中的冲击和由

图 G15-8 动载系数 K_V

(3) 接触迹间载荷分配系数 K_p

K_p 是考虑由于齿向及齿距误差、轮齿和轴系受载变形等引起载荷沿齿宽方向在各接触迹之间分配不均匀的影响系数，可参考图 G15-9 查取。

图 G15-9 接触迹间载荷分配系数 K_p (4) 接触迹内载荷分布系数 K_{HB} 、 K_{FB}

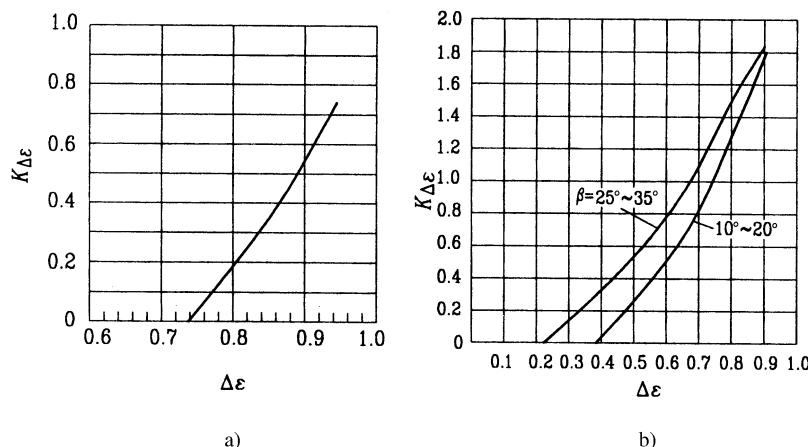
K_{HB} 、 K_{FB} 是分别考虑由于齿面接触迹位置沿齿高的偏移而引起应力分布状态改变对接触强度和弯曲强度的影响系数，可由表 G15-42 查取。

表 G15-42 接触迹内载荷分布系数

组精度等级	5	6	7	8
K_{FB}	1.08		1.1	
K_{HB}	双圆弧齿轮	1.15	1.23	1.39
	单圆弧齿轮	1.16	1.24	1.41
			1.49	1.52

(5) 接触迹系数 K_{γ_e}

K_{γ_e} 是考虑重合度尾数 γ_e 对轮齿应力的影响系数，可由图 14-65 查取。当齿端修薄时，应根据减去齿端修薄长度后的有效齿长部分的 γ_e 来查图 G15-10。当 $20^\circ < \beta < 25^\circ$ 时，用插值法查取。

图 G15-10 接触迹系数 K

a) 单圆弧齿轮 b) 双圆弧齿轮

(6) 弹性系数 Z_E 、 Y_E Z_E 、 Y_E 是分别考虑材料的弹性模量 E 及泊桑比 ν

对齿轮接触应力和弯曲应力影响的系数，可由表 G15-43 查取。

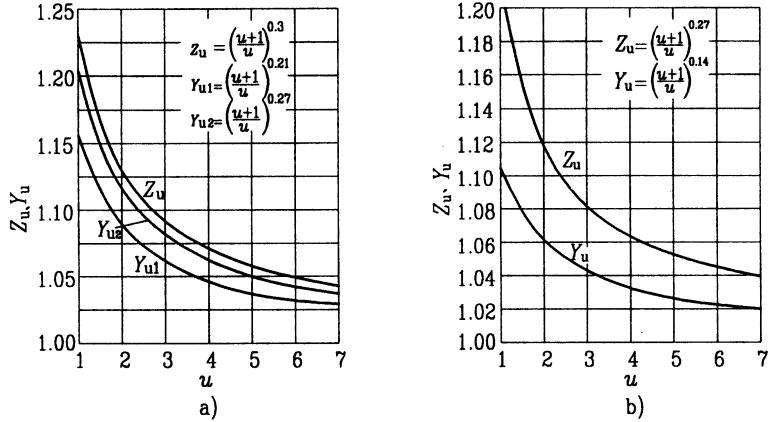
表 G15-43 弹性系数

齿型	符号	单位	锻钢-锻钢	锻钢-铸钢	锻钢-球墨铸铁	其他材料
单圆弧齿轮	Y_{E1}	MPa ^{0.21}	6.580	6.567	6.456	0.494E ^{0.21}
	Y_{E2}	MPa ^{0.27}	16.748	16.703	16.341	0.600E ^{0.27}
	Z_E	MPa ^{0.30}	31.436	31.343	30.589	0.778E ^{0.30}
双圆弧齿轮	Y_E	MPa ^{0.14}	2.079	2.076	2.053	0.370E ^{0.14}
	Z_E	MPa ^{0.27}	31.346	31.263	30.584	1.123E ^{0.27}

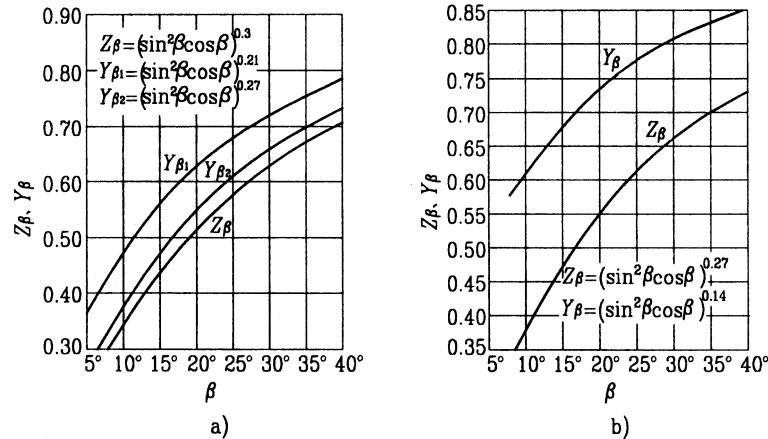
注：1. 表中 E ——诱导弹性模量，MPa；

$$\frac{2}{E} = \left(\frac{1-g_1^2}{E_1} + \frac{1-g_2^2}{E_2} \right)$$

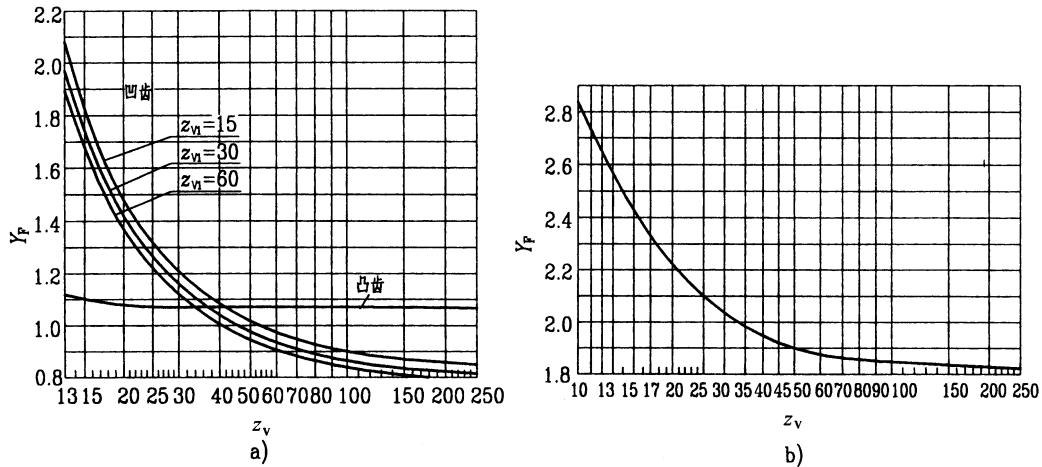
2. 脚标 1、2 分别代表小齿轮（凸齿廓）和大齿轮（凹齿廓）。

图 G15-11 齿数比系数 Z_u 、 Y_u

a) 单圆弧齿轮 b) 双圆弧齿轮

图 G15-12 螺旋角系数 Z_β 、 Y_β

a) 单圆弧齿轮 b) 双圆弧齿轮

图 G15-13 齿形系数 Y_f

a) 单圆弧齿轮 b) 双圆弧齿轮

(7) 齿数比系数 Z_u 、 Y_u

Z_u 、 Y_u 是分别考虑齿数比 u 对接触应力和弯曲应力影响的系数，可由图 G15-11 中查取。

(8) 螺旋角系数 Z_β 、 Y_β

Z_β 、 Y_β 是分别考虑螺旋角对接触应力和弯曲应力影响的系数，可从图 G15-12 中查取。

(9) 齿形系数 Y_F

Y_F 是考虑由于轮齿几何形状不同对齿根应力影响的系数，其值可从图 G15-13 中查取。

(10) 接触弧长系数 Z_a

Z_a 是考虑齿面接触弧的有效工作长度对齿面接触

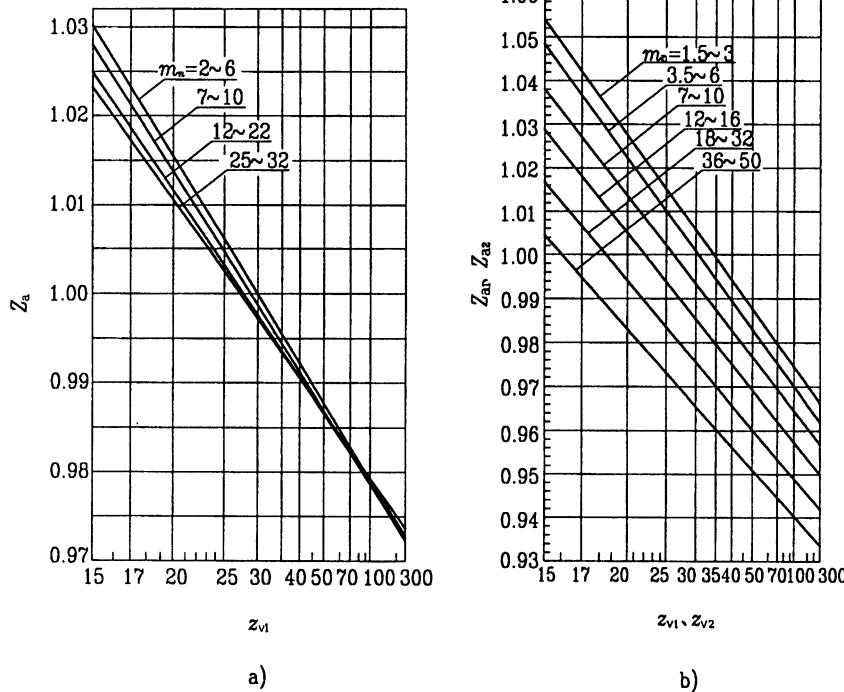


图 G15-14 接触弧长系数 Z_a

a) 单圆弧齿轮

b) 双圆弧齿轮

(12) 试验齿轮的接触疲劳极限 s_{Hlim}

s_{Hlim} 值是试验齿轮经过负荷运转试验或由使用经验得到的，当缺乏资料时，可参考图 G15-17~图 G15-20 根据齿面硬度查取。只有齿轮的内在质量（材料、热处理等）有充分保证时，才可以取大值，通常取所给范围的中间值。

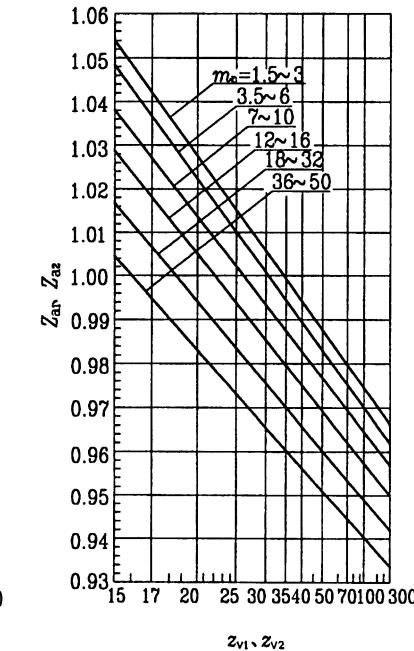
(13) 试验齿轮的弯曲疲劳极限 s_{Flim}

s_{Flim} 值是试验齿轮经过试验或由使用经验得到的，当缺乏资料时，可参考图 G15-21~图 G15-24 根据

应力影响的系数。其值可由图 G15-14 查取。对于双圆弧齿轮传动，当 $u=1$ 时，一个齿轮的上齿面和下齿面的接触弧长不一样，所以 Z_a 应取两个齿轮的平均值，即 $Z_a=0.5(Z_{a1}+Z_{a2})$ 。 Z_{a1} 和 Z_{a2} 值可按小齿轮和大齿轮的当量齿数 Z_{v1} 和 Z_{v2} 查图 G15-14b。

(11) 齿端系数 Y_{End}

Y_{End} 是考虑接触迹在齿轮端部时，端面以外没有齿根来参与承担弯曲力矩，以致端部齿根应力增大的影响系数。单圆弧齿轮的 Y_{End} 可查图 G15-15；双圆弧齿轮的 Y_{End} 可查图 G15-16。以上两图适用于未修端的齿轮；对于修端的齿轮，取 $Y_{End}=1$ 。



a)

b)

齿面硬度查取。通常取所给范围的中间值，只有齿轮的内在质量（材料、热处理等）有充分保证时，才可以取大值。对于受对称双向弯曲的齿轮，应将图中查得的 s_{Flim} 乘 0.7。

(14) 寿命系数 Z_N 、 Y_N

Z_N 、 Y_N 是分别考虑所设计的齿轮只要求有限寿命时，其许用接触应力和许用弯曲应力可以提高的系数。 Z_N 和 Y_N 可根据应力循环数 N_L 分别从图 G15-25 和图 G15-26 中查取。此 Z_N 和 Y_N 均适用于单圆弧齿

轮和双圆弧齿轮。

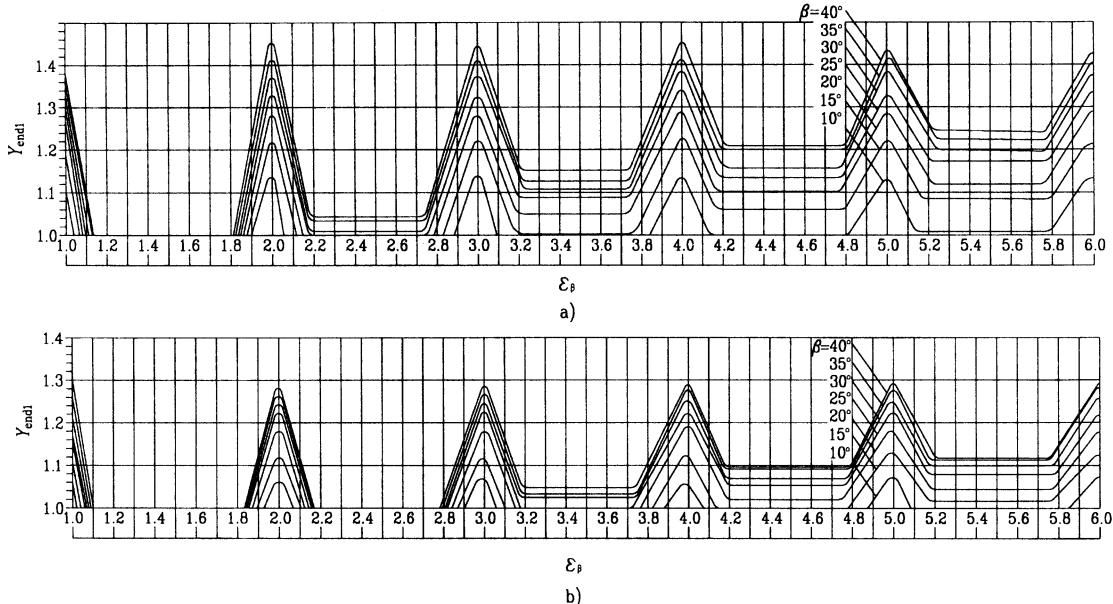


图 G15-15 单圆弧齿轮的齿端系数 Y_{End}

a) 凸齿 $Y_{\text{End}1}$ b) 凹齿 $Y_{\text{End}2}$

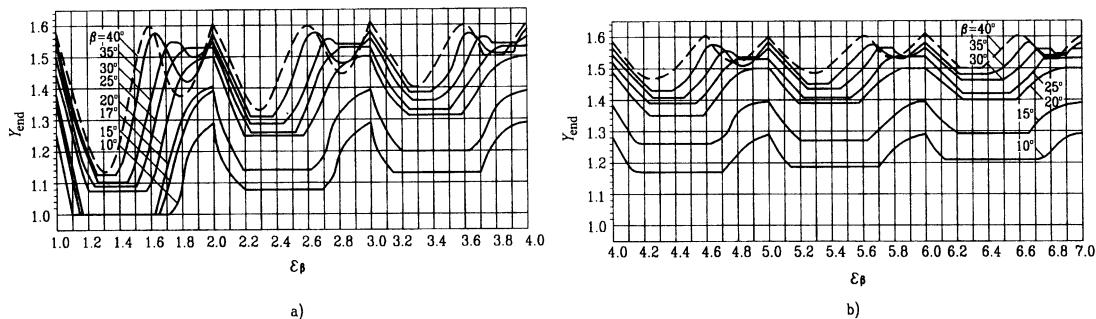


图 G15-16 双圆弧齿轮的齿端系数 Y_{End}

a) $e_B=1\sim 4$ b) $e_B=4\sim 7$

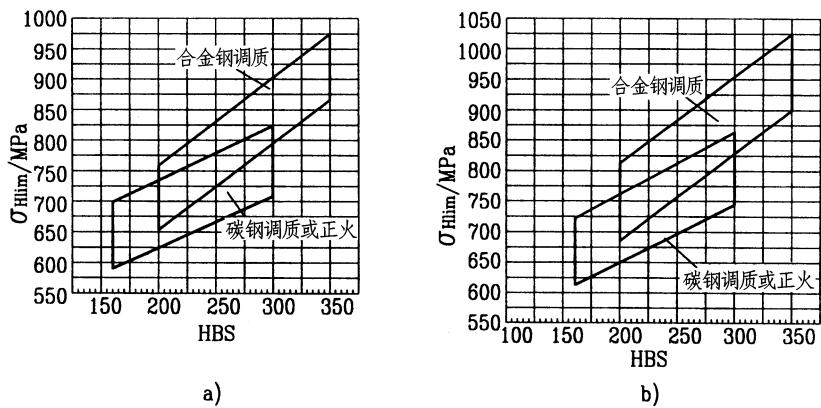
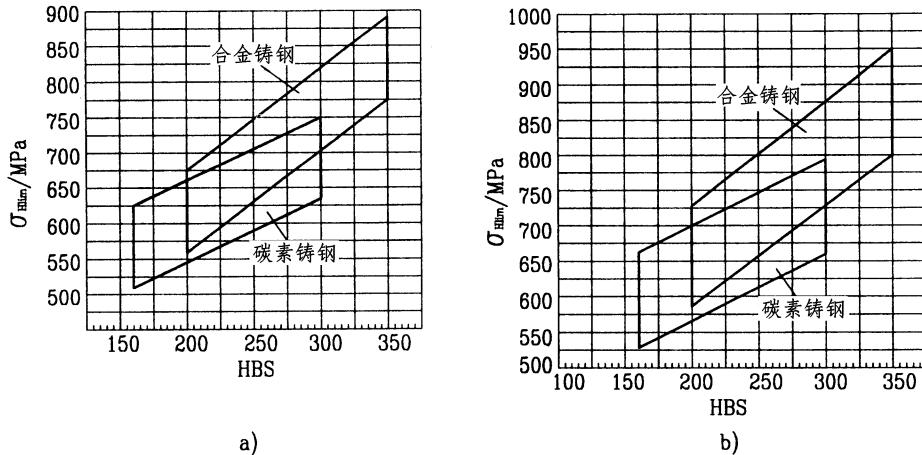
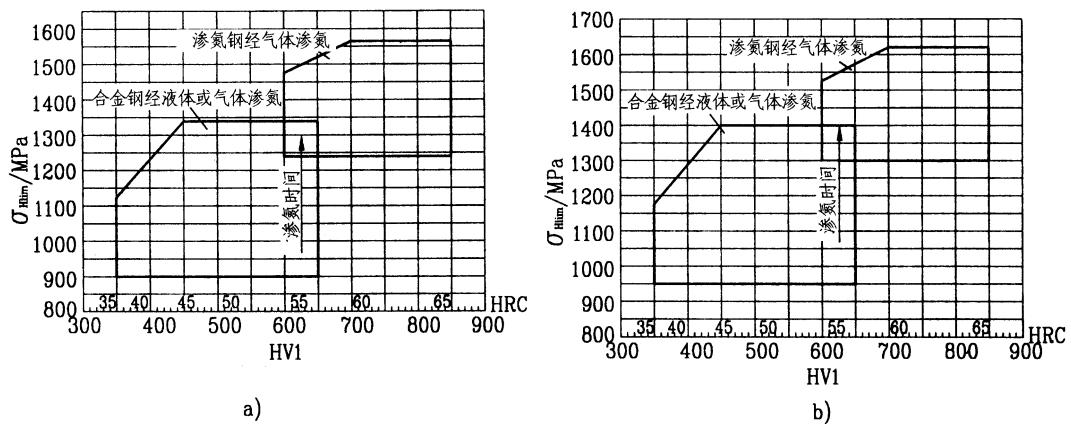


图 G15-17 调质钢齿轮的 σ_{Hlim}

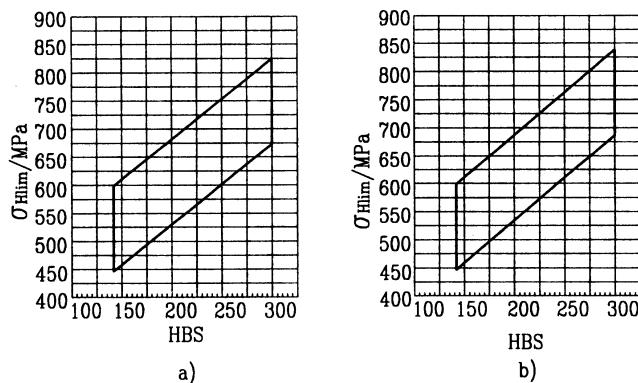
a) 单圆弧齿轮 b) 双圆弧齿轮

图 G15-18 铸钢齿轮的 $s_{H\text{lim}}$

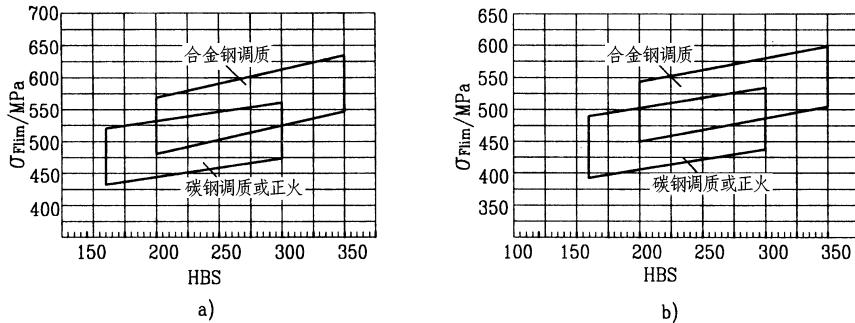
a) 单圆弧齿轮 b) 双圆弧齿轮

图 G15-19 氮化齿轮的 $s_{H\text{lim}}$

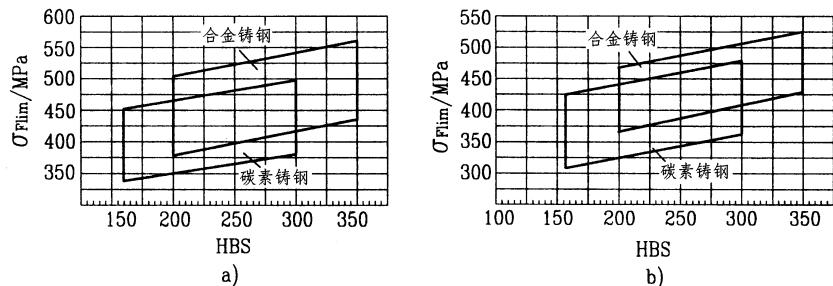
a) 单圆弧齿轮 b) 双圆弧齿轮

图 G15-20 球墨铸铁齿轮的 $s_{H\text{lim}}$

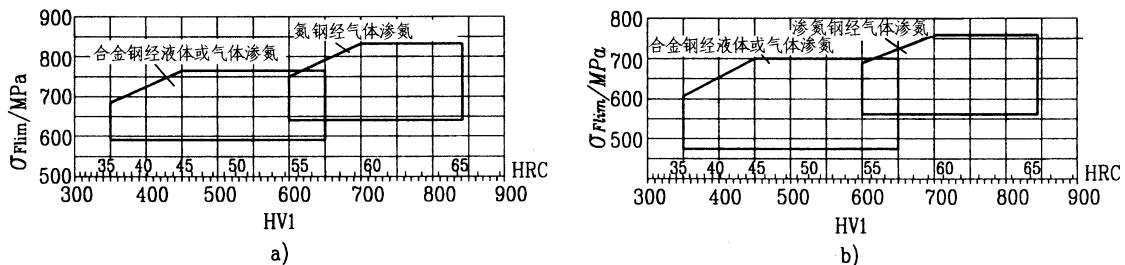
a) 单圆弧齿轮 b) 双圆弧齿轮

图 G15-21 调质钢齿轮的 σ_{Flim}

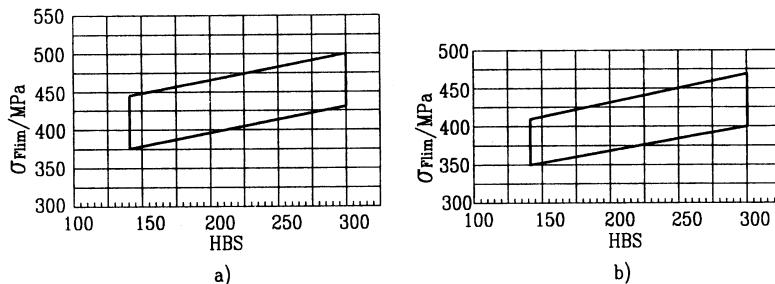
a) 单圆弧齿轮 b) 双圆弧齿轮

图 G15-22 铸钢齿轮的 σ_{Flim}

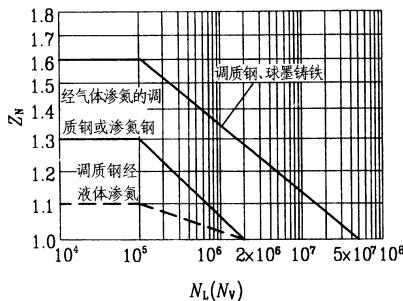
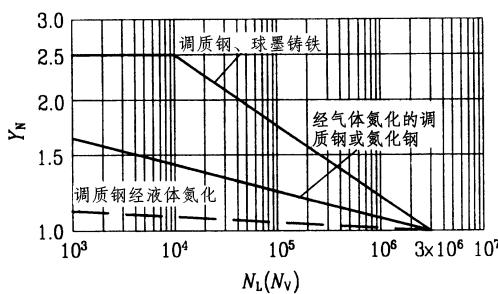
a) 单圆弧齿轮 b) 双圆弧齿轮

图 G15-23 氮化钢齿轮的 σ_{Flim}

a) 单圆弧齿轮 b) 双圆弧齿轮

图 G15-24 球墨铸铁齿轮的 σ_{Flim}

a) 单圆弧齿轮 b) 双圆弧齿轮

图 G15-25 寿命系数 Z_N 

对于稳定载荷（小齿轮转矩 T_1 基本不变），轮齿的应力循环数 N_L ，可用式（15-16）计算而得，然后从图中查取 Z_N 和 Y_N 值。

对于不稳定载荷（阶梯载荷 T_1, T_2, T_3, \dots ），可按式（G15-13）计算当量应力循环次数 N_v ，然后从图 G15-25 或图 G15-26 中查取 Z_N 或 Y_N 值。

$$N_v = \sum N_i \left(\frac{T_i}{T_{\max}} \right)^e \quad (\text{G15-13})$$

式中 T_{\max} ——载荷图（小齿轮转矩 T_1 图）中最大转矩（即 $T_{1\max}$ ）， $\text{N} \cdot \text{m}$ ，强度计算时，将此 T_{\max} 代替表 G15-39 和表 G15-40 公式中的 $T_1 K_A$ ；

T_i ——载荷图中各级转矩（ $\text{N} \cdot \text{m}$ ）；

N_i ——相应于各级转矩 T_i 的应力循环数，

$$N_i = 60 j n_i t_i$$

j ——齿轮每一转同一齿侧面啮合的次数；

n_i, t_i ——相应于 T_i 的齿轮转速（ r/min ）和工作时间（ h ）；

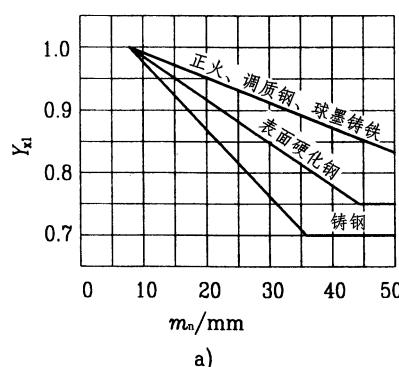
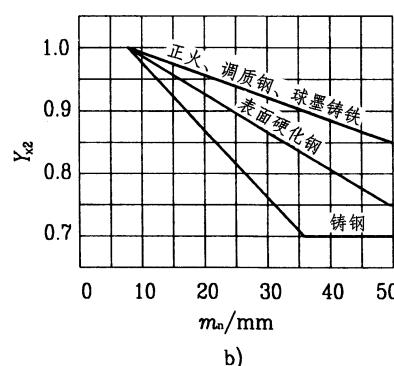
e ——齿轮疲劳试验所得的指数，可从表 G15-44 查取。

(15) 尺寸系数 Y_x

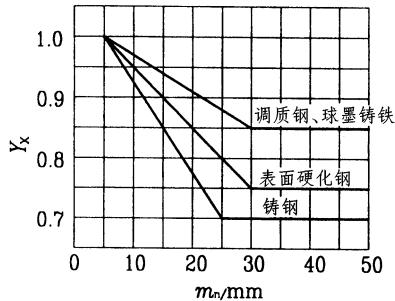
Y_x 是考虑所计算齿轮的模数大于试验齿轮的模数而使齿根弯曲疲劳极限应力降低的影响系数。单圆弧齿轮和双圆弧齿轮的 Y_x 值可分别从图 G15-27 和图 G15-28 中查得。

表 G15-44 指数 e 值

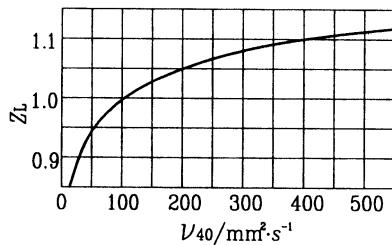
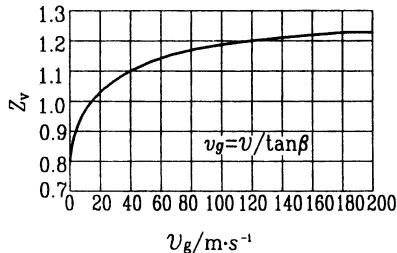
计算类别	项 目	材料和热处理		
		调 质 钢 球 墨 铸 铁	经气体氮化的调质钢或氮化钢	调质钢经液体氮化
接触强度	双圆弧齿轮	9.65	8.34	22.96
弯曲强度	单圆弧齿轮	9.25	8.00	22.02
弯曲强度	双圆弧齿轮	5.38	14.58	71.66
	单圆弧 齿 轮 凹 齿	4.94	13.39	65.83
	凸 齿	4.56	12.37	60.83

图 G15-27 单圆弧齿轮的尺寸系数 Y_x 

a) 凸齿 b) 凹齿

图 G15-28 双圆弧齿轮的尺寸系数 Y_x (16) 润滑剂系数 Z_L

Z_L 是考虑所用的润滑油黏度 ν_{40} 对齿面接触应力影响的系数。其值可从图 G15-29 中查取。

图 G15-29 润滑剂系数 Z_L 图 G15-30 速度系数 Z_v (17) 速度系数 Z_v

Z_v 是考虑齿面间相对速度 V_g 对齿面接触应力影响的系数。其值可从图 G15-30 中查取。

(18) 最小安全系数 S_{Hmin} 、 S_{Fmin}

由于对圆弧齿轮的研究和使用经验还不够，因此圆弧齿轮的最小安全系数取得比渐开线齿轮的大，其参考值见表 G15-45 所列。

表 G15-45 最小安全系数的参考值

类 别	参 考 值	说 明
S_{Hmin}	1.3	对于重要的齿轮传动，或动力参数掌
S_{Fmin}	1.6	

G3.6 圆弧圆柱齿轮的精度

我国现行的圆弧齿轮精度标准是 GB/T15753—1995。本节是 GB/T15753—1995《圆弧圆柱齿轮精度》的主要内容。

G3.6.1 适用范围

GB/T15753—1995 适用于法向模数 $m_n=1.5\sim40\text{mm}$ ，分度圆直径小于 4000mm ，有效齿宽小于 630mm 的圆弧圆柱齿轮及其齿轮副。齿轮的基本齿廓符合 GB12759—1991《双圆弧圆柱齿轮基本齿廓》，或 JB929—1967《圆弧圆柱齿轮滚刀的法面齿形》的规定。

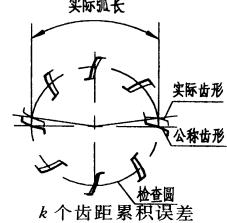
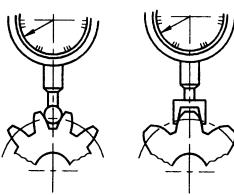
当齿轮尺寸规格超出上述范围时，可按 GB/T15753—1995 的附录 A 规定处理。

G3.6.2 定义和代号

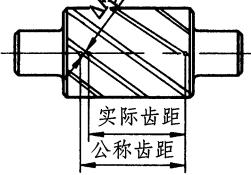
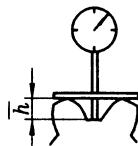
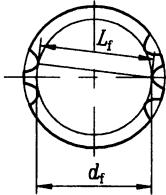
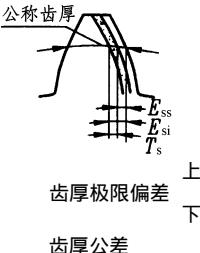
圆弧齿轮、齿轮副的误差、侧隙的定义和代号列于表 G15-46。

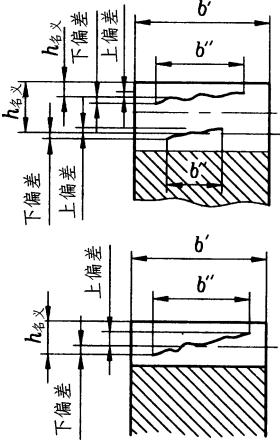
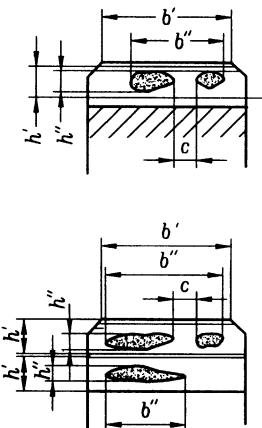
表 G15-46 圆弧齿轮、齿轮副的误差及侧隙的定义和代号

序号	名 称	代号	定 义
1	切向综合误差	? F_i	被测齿轮与理想精确的测量齿轮单面啮合时，在被测齿轮一转内，实际转角与公称转角之差的总幅度值，以分度圆弧长计值
	切向综合公差	F_i	
2	一齿切向综合误差	? f_i	被测齿轮与理想精确的测量齿轮单面啮合时，在被测齿轮一齿距角内，实际转角与公称转角之差的最大幅度值，以分度圆弧长计
	一齿切向综合公差	f_i	

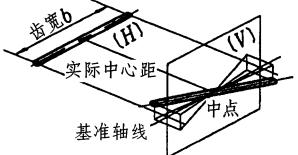
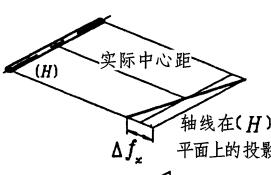
序号	名 称	代号	定 义
3	<p>齿距累积误差</p>  <p>实际弧长 实际齿形 公称齿形 检查间隙 k个齿距累积误差</p> <p>在检查圆上，任意两个同侧齿面间实际弧长与公称弧长之差的最大差值</p> <p>齿距累积公差</p> <p>Δf_p</p> <p>F_p</p> <p>$?F_{pk}$</p> <p>F_{pk}</p> <p>$?F_{pk}$</p> <p>在检查圆上，k个齿距间的实际弧长与公称弧长之差的最大差值。k为2到小于$z/2$的整数</p> <p>k个齿距累积公差</p>		
4	<p>齿圈径向跳动</p>  <p>齿圈径向跳动公差</p> <p>F_r</p> <p>$?F_r$</p> <p>在齿轮一转范围内，测头在齿槽内，于凸齿或凹齿中部双面接触，测头相对于齿轮轴线的最大变动量</p>		
5	<p>公法线长度变动</p>  <p>公法线长度变动公差</p> <p>F_w</p> <p>$?F_w$</p> <p>在齿轮一周范围内，实际公法线长度最大值与最小值之差</p> <p>$?F_w = W_{max} - W_{min}$</p>		
6	<p>齿距偏差</p>  <p>齿距极限偏差</p> <p>$\pm f_{pt}$</p> <p>$?f_{pt}$</p> <p>在检查圆上，实际齿距与公称齿距之差</p> <p>用相对法测量时，公称齿距是指所有实际齿距的平均值</p>		
7	<p>齿向误差</p> <p>一个轴向齿距内的齿向误差</p>  <p>齿向公差</p> <p>一个轴向齿距内的齿向公差</p> <p>F_B</p> <p>f_B</p> <p>$?F_B$</p> <p>$?f_B$</p> <p>在检查圆柱面上，在有效齿宽范围内（端部倒角部分除外），包容实际齿向线的两条最近的设计齿线之间的端面距离</p> <p>在有效齿宽中，任一轴向齿距范围内，包容实际齿线的两条最近的设计齿线之间的端面距离</p> <p>设计齿线可以是修正的圆柱螺旋线，包括齿端修薄及其它修形曲线</p> <p>齿宽两端的齿向误差只允许逐渐偏向齿体内</p>		

(续)

序号	名 称	代号	定 义
8	轴向齿距偏差 一个轴向齿距偏差  轴向齿距极限偏差 一个轴向齿距极限偏差	$?F_{px}$ $?f_{px}$ $\pm F_{px}$ f_{px}	在有效齿宽范围内,与齿轮基准轴线平行而大约通过凸齿或凹齿中部的一条直线上,任意两个同侧齿面间的实际距离与公称距离之差。沿齿面法线方向计值 在有效齿宽范围内,与齿轮基准轴线平行而大约通过凸齿或凹齿中部的一条直线上,任一轴向齿距内,两个同侧齿面间的实际距离与公称距离之差。沿齿面法线方向计值
9	螺旋线波度误差  螺旋线波度公差	$?f_{fb}$ f_{fb}	在有效齿宽范围内,凸齿或凹齿中部实际齿线波纹的最大波幅。沿齿面法线方向计值
10	弦齿深偏差  弦齿深极限偏差	$?E_h$ $\pm E_h$	在齿轮一周内,实际弦齿深减去实际外圆直径偏差后与公称弦齿深之差 在法面中测量
11	齿根圆直径偏差  齿根圆直径极限偏差	$?E_{df}$ $\pm E_{df}$	齿根圆直径实际尺寸和公称尺寸之差 对于奇数齿可用齿根圆斜径代替。斜径公称尺寸 L_f 为 $L_f = d_f \cos \frac{90^\circ}{z}$
12	齿厚偏差  上偏差 下偏差 齿厚公差	$?E_s$ E_{ss} E_{si} T_s	接触点所在圆柱面上,法向齿厚实际值与公称值之差
13	公法线长度偏差 公法线长度极限偏差 公法线长度公差	$?E_w$ E_{ws} E_{wi} T_w	在齿轮一周内,公法线实际长度值与公称值之差

序号	名 称	代号	定 义
14	齿轮副的切向综合误差 齿轮副的切向综合公差	? F_{ic} F_{ic}	在设计中心距下安装好的齿轮副，在啮合转动足够多的转数内，一个齿轮相对于另一个齿轮的实际转角与公称转角之差的总幅度值。以分度圆弧长计值
15	齿轮副的一齿切向综合误差 齿轮副的一齿切向综合公差	? f_{ic} f_{ic}	安装好的齿轮副，在啮合足够多的转数内，一个齿轮相对于另一个齿轮，一个齿距的实际转角与公称转角之差的最大幅度值。以分度圆弧长计值
16	齿轮副的接触迹线 接触迹线位置偏差  接触迹线沿齿宽分布的长度		凸凹齿面瞬时接触时，由于齿面接触弹性变形而形成的挤压痕迹 装配好的齿轮副，跑合之前，着色检验，在轻微制动下，齿面实际接触迹线偏离名义接触迹线的高度 对于双圆弧齿轮： $\text{凸齿 : } h_{\text{名义}} = \left(0.355 - \frac{1.498}{z_v + 1.09} \right) m_n$ $\text{凹齿 : } h_{\text{名义}} = \left(1.445 - \frac{1.498}{z_v - 1.09} \right) m_n$ 对于单圆弧齿轮： $\text{凸齿 : } h_{\text{名义}} = \left(0.45 - \frac{1.688}{z_v + 1.5} \right) m_n$ $\text{凹齿 : } h_{\text{名义}} = \left(0.75 - \frac{1.688}{z_v - 1.5} \right) m_n$ z_v ——当量齿数 $z_v = \frac{z}{\cos^3 b}$ 沿齿长方向，接触迹线的长度 b'' 与工作长度 b' 之比即 $\frac{b''}{b'} \times 100\%$
17	齿轮副的接触斑点 		装配好的齿轮副，经空载检验，在名义接触迹线位置附近齿面上分布的接触擦亮痕迹 接触痕迹的大小在齿面展开图上用百分数计算 沿齿长方向：接触痕迹的长度 b'' (扣除超过模数的断开部分 c) 与工作长度 b' 之比的百分数，即 $\frac{b'' - c}{b'} \times 100\%$ 沿齿高方向：接触痕迹的平均高度 h'' 与工作高度 h' 之比的百分数，即 $\frac{h''}{h'} \times 100\%$

(续)

序号	名 称	代号	定 义
18	齿轮副的侧隙 圆周侧隙  法向侧隙 最大极限侧隙 最小极限侧隙	j_t j_n j_{tmax} j_{nmax} j_{tmin} j_{nmin}	装配好的齿轮副，当一个齿轮固定时，另一个齿轮的圆周晃动量，以接触点所在圆的弧长计值 装配好的齿轮副，当工作齿面接触时，非工作齿面之间的最小距离 最大极限侧隙 最小极限侧隙
19	齿轮副的中心距偏差 齿轮副的中心距极限偏差	? f_a $\pm f_a$	在齿轮副的齿宽中间平面内，实际中心距与公称中心距之差
20	轴线的平行度误差 x 方向轴线的平行度误差 y 方向轴线的平行度误差    x 方向轴线的平行度公差 y 方向轴线的平行度公差	? f_x $?f_y$ f_x f_y	一对齿轮的轴线在其基准平面[H]上投影的平行度误差。在等于齿宽的长度上测量 一对齿轮的轴线，在垂直于基准平面，并且平行于基准轴线的平面[V]上投影的平行度误差。在等于齿宽的长度上测量 注：包含基准轴线，并通过由另一轴线与齿宽中间平面相交的点所形成的平面，称为基准平面，两条轴线中任何一条轴线都可以作为基准轴线

注：检查圆是指位于凸齿中部（对于单圆弧齿轮则为凸齿或凹齿中部）与分度圆同心的圆。

G3.6.3 精度等级及其选择（表 G15-47、表 G15-48）

G3.6.4 齿坯要求（表 G15-49~表 G15-51）

表 G15-47 圆弧齿轮公差与极限偏差分组

公差组	公差与极限偏差项目	误 差 特 性	对传动性能的主要影响
	$F_i, F_p, F_{pk}, F_r, F_w$	以齿轮一转为周期的误差	传递运动的准确性
	$f_i, f_{pt}, f_B, f_{Bx}, f_{px}$	在齿轮一周内，多次周期地重复出现的误差	传动的平稳性、噪声、振动
	F_B, F_{px}, E_{df}, E_h	齿向误差，轴向齿距偏差，齿形的径向位置误差	载荷沿齿宽分布的均匀性，齿高方向的接触部位和承载能力

表 G15-48 圆弧齿轮精度选择

精度等级	加工方法	工作情况	圆周速度/m·s ⁻¹
5 级 (高精度级)	在高精度滚齿机上用高精度滚刀切齿。 淬硬齿轮必须磨齿	要求工作平稳，振动、噪声小，速度高及载荷较大的齿轮。例如，透平齿轮	超过 75
6 级 (精密级)	在精密滚齿机上，用精密滚刀切齿。淬硬齿轮必须磨齿。氮化处理齿轮允许研齿	对于工作平稳性有一定要求，转速高或载荷较大的齿轮。例如中小型汽轮机、透平机械用齿轮	至 75
7 级 (中等精度级)	在较精密滚齿机上，用较精密滚刀切齿。表面硬化处理齿轮，应作适当研齿	速度较高的中等载荷齿轮。例如轧钢机齿轮	至 25
8 级 (低精度级)	在普通滚齿机上，用普通级滚刀切齿	普通机器制造业中精度要求一般的齿轮。例如，标准减速器，矿山、冶金设备用齿轮	至 10

注：本表不属于 GB/T15753—1995，仅供参考。

表 G15-49 齿坯公差

齿轮精度等级	4	5	6	7	8
孔 尺寸公差 形状公差	IT4	IT5	IT6	IT7	
轴 尺寸公差 形状公差	IT4		IT5		IT6
顶圆直径	IT6		IT7		

当三个公差组的精度等级不同时，按最高的精度等级确定公差值。

当顶圆不作测量齿深和齿厚的基准时，尺寸公差按 IT11 给定，但不大于 $0.1m_n$ 。

注：IT——标准公差单位。

表 G15-50 齿轮基准面径向和端面圆跳动公差
(μm)

分度圆直径/mm		精 度 等 级		
大于	到	4	5 和 6	7 和 8
—	125	7/2.8	11/7	18/11
125	400	9/3.6	14/9	22/14
400	800	12/5	20/12	32/20

G3.6.5 齿轮与齿轮副的检验与公差（表 G15-52、表 G15-63）

表 G15-52 推荐的检验项目

组精度	? F_i ; ? F_p (? F_{pk}) ; ? F_r 与 ? F_w
组精度	? f_i ; ? f_{pt} ? f_B (或 ? f_{px}) ; ? f_{pt} ，对于 6 级及高于 6 级精度的斜齿轮或人字齿轮，检验 f_{pt} 时，推荐加检 ? f_B
组精度	? F_B 与 ? E_{df} (或 ? E_h) ; ? F_{px} 与 ? E_{df} (或 ? E_h)
齿轮箱	检验 ? f_{fa} 、? f_x 、? f_y 三项
装配	接触迹线长度及位置偏差；接触斑点
检验	用百分表测量圆周侧隙 j_t ，传动侧隙 $j_h=j_t \cos\beta$

? F_{pk} 仅在必要时加检；

当其中有一项超差时，应按 ? F_p 检定和验收齿轮精度；

对不方便测量齿根圆直径的大直径齿轮，可检查 ? E_h 。

(续)

分度圆直径/mm		精 度 等 级		
大于	到	4	5 和 6	7 和 8
800	1600	18/7	28/18	45/28
1600	2500	25/10	40/25	63/40
2500	4000	40/16	63/40	100/63

注：分子是径向的圆跳动公差，分母是端面的圆跳动公差。

表 G15-51 圆弧齿轮各主要表面的粗糙度值（非 GB/T 15753—1995 内容）

精度等级	4 和 5		6 和 7		8	
法面模数 m_n /mm	2~10	> 10	2~10	> 10	2~10	> 10
表 跑合前齿面	0.8	1.25	1.6	2.5	3.2	5
齿轮基准孔		1.25		2.5		5
齿轮轴基准轴颈		0.8		1.25		2.5
齿轮基准端面		1.25		2.5		5
齿轮顶圆	1.25~2.5		5		5	

注：如果齿轮公差组为不同精度等级时，按其中最高的精度等级查表。

表 G15-53 齿距累积公差 F_p 及 k 个齿距累积公差 F_{pk} 值 (μm)

精度等级	L/mm												
	~32	> 32	> 50	> 80	> 160	> 315	> 630	> 1000	> 1600	> 2500	> 3150	> 4000	> 5000
4	8	9	10	12	18	25	32	40	45	56	63	71	80
5	12	14	16	20	28	40	50	63	71	90	100	112	125
6	20	22	25	32	45	63	80	100	112	140	160	180	200
7	28	32	36	45	63	90	112	140	160	200	224	250	280
8	40	45	50	63	90	125	160	200	224	280	315	355	400

注：1. F_p 和 F_{pk} 按分度圆弧长 L 查表；

$$\text{查 } F_p \text{ 时, 取 } L = \frac{1}{2} pd = \frac{\rho m_n z}{2 \cos b}; \text{ 查 } F_{pk} \text{ 时, 取 } L = \frac{k \pi m_n}{\cos b} \quad (k \text{ 为 } 2 \text{ 到小于 } z/2 \text{ 的整数})$$

2. 除特殊情况外，对于 F_{pk} ， k 值规定取为小于 $z/6$ 或 $z/8$ 的最大整数。

式中 d —分度圆直径； m_n —法向模数； z —齿数； b —分度圆螺旋角。

表 G15-54 齿圈径向跳动公差 F_r 值 (μm)

精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm					
		~125	> 125~400	> 400~800	> 800~1600	> 1600~2500	> 2500~4000
4	> 1.5~3.5	9	10	11	—	—	—
	> 3.5~6.3	11	13	13	14	—	—
	> 6.3~10	13	14	14	16	18	—
	> 10~16	—	16	18	18	20	22
	> 16~25	—	20	22	22	25	25
	> 25~40	—	—	28	28	32	32
5	> 1.5~3.5	14	16	18	—	—	—
	> 3.5~6.3	16	18	20	22	—	—
	> 6.3~10	20	22	22	25	28	—
	> 10~16	22	25	28	28	32	36
	> 16~25	—	32	36	36	40	40
	> 25~40	—	—	45	45	50	50
6	> 1.5~3.5	22	25	28	—	—	—
	> 3.5~6.3	28	32	32	36	—	—
	> 6.3~10	32	36	36	40	45	—
	> 10~16	36	40	45	45	50	56
	> 16~25	—	50	56	56	63	63
	> 25~40	—	—	71	71	80	80
7	> 1.5~3.5	36	40	45	—	—	—
	> 3.5~6.3	45	50	50	56	—	—
	> 6.3~10	50	56	56	63	71	—
	> 10~16	56	63	71	71	80	90
	> 16~25	—	80	90	90	100	100
	> 25~40	—	—	112	112	125	125
8	> 1.5~3.5	50	56	63	—	—	—
	> 3.5~6.3	63	71	71	80	—	—
	> 6.3~10	71	80	80	90	100	—
	> 10~16	80	90	100	100	112	125
	> 16~25	—	112	125	125	140	140
	> 25~40	—	—	160	160	180	180

表 G15-55 齿距极限偏差($\pm f_{pt}$) f_{pt} 值

(μm)

精度等级	法向模数 /mm	f_{pt} 值分度圆直径/mm					
		~125	> 125~400	> 400~800	> 800~1600	> 1600~2500	> 2500~4000
4	> 1.5~3.5	4	4.5	5	—	—	—
	> 3.5~6.3	5	5.5	5.5	6	—	—
	> 6.3~10	5.5	6	7	7	8	—
	> 10~16	—	7	9	8	9	10
	> 16~25	—	9	10	10	11	11
	> 25~40	—	—	13	13	14	14
5	> 1.5~3.5	6	7	8	—	—	—
	> 3.5~6.3	8	9	9	10	—	—
	> 6.3~10	9	10	10	11	13	—
	> 10~16	10	11	11	13	14	16
	> 16~25	—	14	13	16	18	18
	> 25~40	—	—	16	20	22	22
6	> 1.5~3.5	10	11	13	—	—	—
	> 3.5~6.3	13	14	14	16	—	—
	> 6.3~10	14	16	18	18	20	—
	> 10~16	16	18	20	20	22	25
	> 16~25	—	22	25	25	28	28
	> 25~40	—	—	32	32	36	36
7	> 1.5~3.5	14	16	18	—	—	—
	> 3.5~6.3	18	20	20	22	—	—
	> 6.3~10	20	22	25	25	28	—
	> 10~16	22	25	28	28	32	36
	> 16~25	—	32	36	36	40	40
	> 25~40	—	—	—	45	50	50
8	> 1.5~3.5	20	22	25	—	—	—
	> 3.5~6.3	25	28	28	32	—	—
	> 6.3~10	28	32	36	36	40	—
	> 10~16	32	36	40	40	45	50
	> 16~25	—	45	50	50	56	56
	> 25~40	—	—	63	63	71	71

表 G15-56 公法线长度变动公差 F_w 值

(μm)

精度等级	分度圆直径/mm					
	~125	> 125~400	> 400~800	> 800~1600	> 1600~2500	> 2500~4000
4	8	10	12	16	18	25
5	12	16	20	25	28	40
6	20	25	32	40	45	63
7	28	36	45	56	71	90
8	40	50	63	80	100	125

表 G15-57 齿向公差 F_B 值 (一个轴向齿距内齿向公差 f 值)

(μm)

精度等级	齿轮宽度 (轴向齿距) /mm					
	~40	> 40~100	> 100~160	> 160~250	> 250~400	> 400~630
4	5.5	8	10	12	14	17
5	7	10	12	16	18	22
6	9	12	16	19	24	28
7	11	16	20	24	28	34
8	18	25	32	38	45	55

注：一个轴向齿距内齿向公差按轴向齿距查表。

表 G15-58 轴线平行度公差

x 方向轴线平行度公差 $f_x = F_B$	F_B 见表
y 方向轴线平行度公差 $f_y = \frac{1}{2} F_B$	

表 G15-59 中心距极限偏差($\pm f_a$) f_a 值

(μm)

精度 等级	中心距/mm													
	>120	>120	>180	>250	>315	>400	>500	>630	>800	>1000	>1250	>1600	>2000	>2500
~120	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150		
4	11	12.5	14.5	16	18	20	22	25	28	33	39	46	55	67.5
5、6	17.5	20	23	26	28.5	31.5	35	40	45	52	62	75	87	105
7、8	27	31.5	36	40.5	44.5	48.5	55	62	70	82	97	115	140	165

表 G15-60 弦齿深极限偏差($\pm E_h$) E_h 值

(μm)

精度 等级	法向模数 /mm	分度圆直径/mm										
		50	>50 ~80	>80 ~120	>120 ~200	>200 ~320	>320 ~500	>500 ~800	>800 ~1250	>1250 ~2000	>2000 ~3150	>3150 ~4000
4	1.5~3.5	10	11	12	13	15	17	18	—	—	—	—
	>3.5~6.3	12	13	14	15	17	18	27	23	25	27	30
	>6.3~10	—	15	17	18	20	21	23	25	27	30	36
	>10~16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5、6	1.5~3.5	12	14	15	16	18	21	23	—	—	—	—
	>3.5~6.3	15	16	18	19	21	23	26	28	31	34	38
	>6.3~10	—	19	21	23	24	26	28	31	34	38	45
7、8	1.5~3.5	15	17	18	21	23	24	—	—	—	—	—
	>3.5~6.3	19	20	21	23	26	27	30	34	38	—	—
	>6.3~10	—	24	26	27	30	32	34	38	42	45	49
	>10~16	—	—	32	34	36	38	42	45	49	53	57
	>16~32	—	—	—	49	53	57	57	60	68	68	75

注：对于单圆弧齿轮，弦齿深极限偏差取 $\pm E_h/0.75$ 。

表 G15-61 齿根圆直径极限偏差($\pm E_{df}$) E_{df} 值

(μm)

精度等级	法向模数 /mm	分度圆直径/mm									
		50 ~80	> 50 ~120	> 80 ~200	> 120 ~320	> 200 ~500	> 320 ~800	> 500 ~1250	> 800 ~2000	> 1250 ~3150	> 2000 ~4000
4	1.5~3.5	15	17	19	22	24	27	32	41	48	60
	> 3.5~6.3	19	21	23	26	29	32	36	46	—	—
	> 6.3~10	—	27	29	32	34	38	41	—	—	—
5、6	1.5~3.5	19	21	24	27	30	34	39	—	—	—
	> 3.5~6.3	24	26	28	32	36	39	45	51	—	—
	> 6.3~10	—	34	36	39	42	48	51	57	60	75
7、8	1.5~3.5	23	26	29	33	38	42	—	—	—	—
	> 3.5~6.3	30	33	36	38	42	50	53	60	—	—
	> 6.3~10	—	42	45	49	53	57	60	68	75	—
	> 10~16	—	—	57	60	64	68	75	83	90	105
	> 16~32	—	—	—	90	94	98	105	113	120	135
注：对于单圆弧齿轮，齿根圆直径极限偏差取 $\pm E_h/0.75$ 。											

表 G15-62 接触迹线长度和位置偏差

精度等级	单圆弧齿轮			双圆弧齿轮		
	接触迹线位置偏差	按齿长不少于工作齿长(%)	接触迹线位置偏差	按齿长不少于工作齿长(%)		
				第一条	第二条	
4	$\pm 0.15m_n$	95	$\pm 0.11m_n$	95	75	
5	$\pm 0.20m_n$	90	$\pm 0.15m_n$	90	70	
				90	60	
7	$\pm 0.25m_n$	85	$\pm 0.18m_n$	85	50	
				80	40	

表 G15-63 接触斑点

精度等级	单圆弧齿轮			双圆弧齿轮		
	按齿高不少于工作齿高(%)	按齿长不少于工作齿长(%)	按齿高不少于工作齿高(%)	按齿长不少于工作齿长(%)		
				第一条	第二条	
4	60	95	60	95	90	
5	55	95	55	95	85	

(续)

精度等级	单圆弧齿轮		双圆弧齿轮		
	按齿高不少于工作 齿高(%)	按齿长不少于 工作齿长(%)	按齿高不少于工作 齿高(%)	按齿长不少于工作齿长(%)	
				第一条	第二条
6	50	90	50	90	80
7	45	85	45	85	70
8	40	80	40	80	60

注：对于齿面硬度 $>300\text{HBS}$ 的齿轮副，其接触斑点沿齿高方向应为 $>0.3m_n$ 。

G3.6.6 齿轮副的侧隙

圆弧齿轮传动的侧隙基本上由基准齿形决定，不能依靠加工时刀具的径向变位和改变中心距的偏差来获得各种侧隙的配合。如果有的齿轮副对侧隙有特殊要求，可以用标准刀具借助切向移距来增加所需的侧隙；也可以提出设计要求，采用具有特殊侧隙的刀具加工齿轮，以获得要求的侧隙。按 GB12759 规定（表 G15-34）标准侧隙数值为：当 $m_n=1.5\sim6\text{mm}$ 时， $j_n=0.06m_n$ ；当 $m_n=7\sim50\text{mm}$ 时， $j_n=0.04m_n$ 。传动的实际侧隙数一般不作检查，只要求齿轮副能灵活转动即可；如果切齿深度偏差、中心距偏差较大，需检查侧隙时，实际侧隙不得小于标准侧隙的 $2/3$ 。

在齿轮工作图上，应标注齿轮的精度等级和侧隙系数。

标注示例：

1) 齿轮的三个公差组精度同为 7 级，采用标准齿形的滚刀时，可不标注侧隙系数。

7
GB/T 15753—1995
第 、 、 公差组的精度等级

2) 齿轮第 1 公差组精度为 7 级，第 2、3 公差组精度均为 6 级，采用标准齿形滚刀时，可不标注侧隙系数。

7 6 6 GB/T 15753—1995
第 I 公差组的精度等级
第 II 公差组的精度等级
第 III 公差组的精度等级

3) 齿轮的三个公差组精度同为 4 级，侧隙有特殊要求， $j_n=0.10m_n$ ，则需标注侧隙系数。

4 (0.10) GB/T 15753—1995
侧隙系数
第 I 、 II 、 III 公差组的精度等级

G3.7 圆弧圆柱齿轮设计实例及零件工作图

例 设计冷轧钢筋轧机传动箱高速级软齿面双圆弧齿轮传动。已知小齿轮传递的额定功率 $P_1=250\text{kW}$ ，转速 $n_1=1500\text{r/min}$ ，传动比 $i=5.438$ ，单向运转，有轻微冲击，满载工作寿命 40000h ，单件生产，一般可靠度要求。

解 按以下步骤进行设计

(1) 选择齿轮材料和热处理方法，确定齿轮的疲劳极限应力

由于要求采用软齿面齿轮，故参考表 G15-27 至表 G15-30，采用：

小齿轮 40CrMnMo，调质 轮齿硬度 $260\sim290\text{HBS}$
大齿轮：35CrMo，调质，轮齿硬度 $220\sim250\text{HBS}$

齿轮的疲劳极限应力可以从图 G15-21 和图 G15-17b 中查得(约取框图的中限)

$$\begin{aligned} s_{\text{Flim}1} &= 520 \text{ MPa}, \quad s_{\text{Hlim}1} = 830 \text{ MPa} \\ s_{\text{Flim}2} &= 500 \text{ MPa}, \quad s_{\text{Hlim}2} = 770 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(2) 初选齿轮参数

参考表 G15-38, 取 $Z_1=21$, $Z_2=u$ $Z_1=5.438 \times 21=114.12$, 取 $Z_2=114$, 则 $u=Z_2/Z_1=114/21=5.4286$ 。

暂取螺旋角 $\beta=15^\circ$ 和齿宽系数 $f_a=0.4$ (表 G15-38),

$$e_b = \frac{f_a(Z_1+Z_2)\tan b}{2p} = \frac{0.4 \times (21+114)\tan 15^\circ}{2p} = 2.303$$

即 $m_e = 2$, $\Delta e = 0.303$, 符合要求(表 G15-38),

$$F_d = 0.5F_a(1+u) = 0.5 \times 0.4 \times (1+5.4286) = 1.2857.$$

当量齿数: $Z_{v1}=Z_1/\cos^3\beta=21/\cos^3 15^\circ=23.3$

$$Z_{v2}=Z_2/\cos^3\beta=114/\cos^3 15^\circ=126.5$$

(3) 按齿根弯曲疲劳强度初定模数

按表 G15-40 中公式, 计算法面模数

$$m_n = \left(\frac{T_1 K_A K_v K_p K_{FB}}{2\mu_e + K_{?e}} \right)^{1/3} \left(\frac{Y_E Y_u Y_B Y_F Y_{End}}{Z_1 s_{Fp}} \right)^{1/2.58}$$

式中各参数的确定:

小齿轮额定转矩

$$T_1 = 9.549 \times 10^6 \frac{p_1}{n_1} = 9.549 \times 10^6 \frac{250}{1500} \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$= 1.5915 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

取使用系数(表 15-39) $K_A=1.25$.

根据 $f_d=1.2857$ 和轴的刚度较小, 查图 G15-9, 得接触迹间载荷分配系数 $K_p=1.2$ 。

估计齿轮的圆周速度 $v=10 \text{ m/s}$, 根据表 G15-48, 一般选用 8 级精度即可, 但为了提高传动的质量, 降低噪声和振动, 改善现场工作环境, 选用 7 级精度齿轮。据此, 接触迹内载荷分布系数可从表 G15-42 中查得, $K_{FB}=1.10$ 。

按估计的 $v=10 \text{ m/s}$ 和 7 级精度, 从图 G15-8 中得动载系数, $K_v=1.13$ 。

当 $\beta=15^\circ$, $\gamma=0.303$ 时, 查图 G15-10, 得接触迹系数 $K_{?e}=0$ 。

弹性系数(表 G15-43) $Y_E=2.079 \text{ MPa}^{0.14}$ 。

齿数比系数(图 G15-11) $Y_u=1.023$ 。

螺旋角系数(图 G15-12), 当 $\beta=15^\circ$ 时, $Y_\beta=0.68$ 。

齿形系数(图 G15-13)根据大小齿轮的当量齿数查得 $Y_{F1}=2.12$, $Y_{F2}=1.83$ 。

齿端系数(图 G15-16a), $Y_{End}=1.14$ (齿端不修薄) 齿轮许用弯曲应力按表 G15-40 中公式计算

$$s_{Fp} = \frac{s_{\text{Flim}1} Y_N}{S_{\text{Fmin}}} Y_x$$

$$N_{L1} = 60 j n_1 t = 60 \times 1 \times 1500 \times 4000 = 3.6 \times 10^9$$

$$N_{L2} = N_{L1}/u = 3.6 \times 10^9 / 5.438 = 6.62 \times 10^8$$

故可取抗弯强度寿命系数 $Y_{N1}=Y_{N2}=1$ (图 G15-26),

暂取尺寸系数 $Y_x=1$ 。

取最小安全系数(表 G15-45) $S_{\text{Fmin}}=2$,

$$s_{Fp1} = \frac{s_{\text{Flim}1} Y_{N1} Y_x}{S_{\text{Fmin}}} = \frac{520 \times 1 \times 1}{2} \text{ MPa} = 260 \text{ MPa}$$

$$s_{Fp2} = \frac{s_{\text{Flim}2} Y_{N2} Y_x}{S_{\text{Fmin}}} = \frac{500 \times 1 \times 1}{2} \text{ MPa} = 250 \text{ MPa}$$

$$\text{因 } Y_{F1}/s_{Fp1}=2.12/260=0.00815 > Y_{F2}/s_{Fp2}=1.83/250$$

=0.00732, 所以按小齿轮计算模数

$$m_n = \left(\frac{15915 \times 10^2 \times 1.25 \times 1.13 \times 1.2 \times 1.1}{2 \times 2 + 0} \right)^{1/3} \times \left(\frac{2.079 \times 1.023 \times 0.68 \times 2.12 \times 1.14}{21 \times 260} \right)^{1/2.58} = 5.235 \text{ mm}$$

取 $m_n=5.5 \text{ mm}$ (表 G15-35, 第二系列)

(4) 初定齿轮传动参数

$$a = \frac{m_n(Z_1+Z_2)}{2 \cos b} = \frac{5.5(21+114)}{2 \cos 15^\circ} = 384.346 \text{ mm}$$

取非标准中心距 $a=385 \text{ mm}$ 。

$$b = \arccos \frac{m_n(Z_1+Z_2)}{2a} = \arccos \frac{5.5 \times (21+114)}{2 \times 385} = 15^\circ 21' 31''$$

$$d_1 = \frac{m_n Z_1}{\cos b} = \frac{5.5 \times 21}{\cos 15^\circ 21' 31''} = 119.778 \text{ mm}$$

$$d_2 = \frac{m_n Z_2}{\cos b} = \frac{5.5 \times 114}{\cos 15^\circ 21' 31''} = 650.222 \text{ mm}$$

$$b = \frac{e_B m_n}{\sin b} = \frac{2.3 \times p \times 5.5}{\sin 15^\circ 21' 31''} = 150.044 \text{ mm}$$

取 $b=150 \text{ mm}$ 。取此值对 e_B 影响极小, 可仍认为 $e_B=2.3$ 。

$d=b/d_1=150/119.778=1.2523$, 与初选的 $d=1.2857$ 相差不多。

(5) 齿根弯曲疲劳强度校核

按表 G15-40 中公式计算齿根弯曲应力

$$s_F = \left(\frac{T_1 K_A K_v K_p K_{FB}}{2\mu_e + K_{?e}} \right)^{0.86} \frac{Y_E Y_u Y_B Y_F Y_{End}}{Z_1 m_n^{2.58}}$$

$$\text{因为圆周速度 } v = \frac{pd_1n_1}{60 \times 1000} = \frac{p \times 119.778 \times 1500}{60 \times 1000}$$

$= 9.407 \text{ m/s} < 10 \text{ m/s}$, 与原估计的速度相同, 故所选精度等级(7级)可以不变。

初定模数时采用的面校核时可以不变动的参数有:

$K_A=1.25$; $K_p=1.20$ (因 α_d 变动很小); $K_{FB}=1.10$;
 $K_{\gamma_e}=0$; $Y_E=2.079 \text{ MPa}^{0.14}$; $Y_u=1.023$; $Y_B=0.68$ (因 β 变动很小); $Y_{End}=1.14$ 。

需要稍作变动的参数:

因 $v=9.407 \text{ m/s}$, 故 $K_v=1.12$ (图G15-8)

因 $Z_{v1}=Z_1/\cos^3\beta=Z_1/\cos^315^\circ 21' 32''=23.4$,

$Z_{v2}=Z_2/\cos^3\beta=114/\cos^315^\circ 21' 32''=127.1$,

故从图G15-13查得 $Y_{F1}=2.11$, $Y_{F2}=1.82$ 。

$$S_{F1}=\left(\frac{15915 \times 10^2 \times 1.25 \times 1.12 \times 1.2 \times 1.1}{2 \times 2 + 0}\right)^{0.86}$$

$$\times \frac{2.079 \times 1.023 \times 0.68 \times 2.11 \times 1.14}{21 \times 5.5^{2.58}} \text{ MPa} = 226 \text{ MPa?}$$

$$S_{F2}=S_{F1} \frac{Y_{F2}}{Y_{F1}}=226 \times \frac{1.82}{2.11} \text{ MPa} = 194.9 \text{ MPa?}$$

按表14-106中公式计算安全系数

$$S_F=\frac{S_{Flim} Y_N Y_x}{S_F}$$

由前已知寿命系数 $Y_{N1}=Y_{N2}=1$ 。

尺寸系数按 $m_n=5.5 \text{ mm}$ 查图G15-28, 得 $Y_x=0.99$ 。

$$S_{F1}=\frac{S_{Flim1} Y_{N1} Y_x}{S_{F1}}=\frac{520 \times 1 \times 0.99}{226}=2.28>S_{Fmin}=2$$

$$S_{F2}=\frac{S_{Flim2} Y_{N2} Y_x}{S_{F1}}=\frac{500 \times 1 \times 0.99}{194.9}=2.54>SF_{min}=2$$

故弯曲疲劳强度足够。

(6) 齿面接触疲劳强度校核

按表14-106中公式计算齿面接触应力

$$S_H=\left(\frac{T_1 K_A K_v K_p K_{HB}}{2m_n + K_{\gamma_e}}\right)^{0.73} \frac{Z_E Z_u Z_B Z_a}{Z_1 m_n^{2.19}}$$

查表G15-42, $K_{HB}=1.39$ 。

查表G15-43, $Z_E=31.346 \text{ MPa}^{0.27}$ 。

查图G15-11, $Z_u=1.045$ 。

查图G15-12, $Z_B=0.475$ 。

查图 G15-14, $Z_{a1}=1.014$, $Z_{a2}=0.968$, 故 $Z_a=0.5$
 $(Z_{a1}+Z_{a2})=0.5 \times (1.014+0.968)=0.99$ 。

将以上数据代入 S_H 计算式

$$S_H=\left(\frac{15915 \times 10^2 \times 1.25 \times 1.12 \times 1.2 \times 1.39}{2 \times 2 + 0}\right)^{0.73}$$

$$\times \frac{31.346 \times 1.045 \times 0.475 \times 0.99}{21 \times 5.5^{2.19}} \text{ MPa}=398.8 \text{ MPa}$$

按表 G15-40 中公式计算安全系数

$$S_H=\frac{S_{Hlim} Z_N Z_L Z_v}{S_H}$$

查图 G15-25, 因 Z_{NL1} 和 Z_{L2} 均大于图中的循环基数 5×10^7 , 故寿命系数 $Z_{N1}=Z_{N2}=1$ 。

齿轮采用 320 号中负荷工业齿轮油 (GB5903—1986), 运动黏度 $v_{40}=288 \sim 352 \text{ mm}^2/\text{s}$ 按 $320 \text{ mm}^2/\text{s}$ 查图 G15-29, $Z_L=1.08$ 。

按 $V_g=v/\tan\beta=9.407/\tan15^\circ 21' 32''=34.25 \text{ m/s}$, 查图 G15-30, 得 $Z_v=1.08$ 。

接触疲劳强度安全系数

$$S_{H1}=\frac{S_{Hlim1} Z_{N1} Z_L Z_v}{S_H}=\frac{830 \times 1 \times 1.08 \times 1.08}{398.8}=2.43;$$

$$S_{H2}=\frac{S_{Hlim2} Z_{N2} Z_L Z_v}{S_H}=\frac{770 \times 1 \times 1.08 \times 1.08}{398.8}=2.25.$$

查表 G15-45, 取 $S_{Hmin}=1.3$ 。

因 S_{H1} 和 S_{H2} 均大于 S_{Hmin} , 故安全。

(7) 最后确认的几何尺寸和参数

$m_n=5.5 \text{ mm}$, $Z_1=21$, $Z_2=114$, $u=5.4286$, $\beta=15^\circ 21' 32''$, $d_1=119.778 \text{ mm}$, $d_2=650.222 \text{ mm}$, $a=385 \text{ mm}$, $b_2=150 \text{ mm}$, $b_1=160 \text{ mm}$ 。

$d_{a1}=d_1+1.8m_n=119.778+1.8 \times 5.5 \text{ mm}=129.678 \text{ mm}$,

$d_{a2}=d_2+1.8m_n=650.222+1.8 \times 5.5 \text{ mm}=660.122 \text{ mm}$,

$d_{f1}=d_1 - 2.2m_n=119.778 - 2.2 \times 5.5 \text{ mm}=107.678 \text{ mm}$,

$d_{f2}=d_2 - 2.2m_n=650.222 - 2.2 \times 5.5 \text{ mm}=638.122 \text{ mm}$ 。

(8) 齿轮的零件工作图

本例题的圆弧齿轮零件工作图如图 G15-31 和图 G15-32 所示。

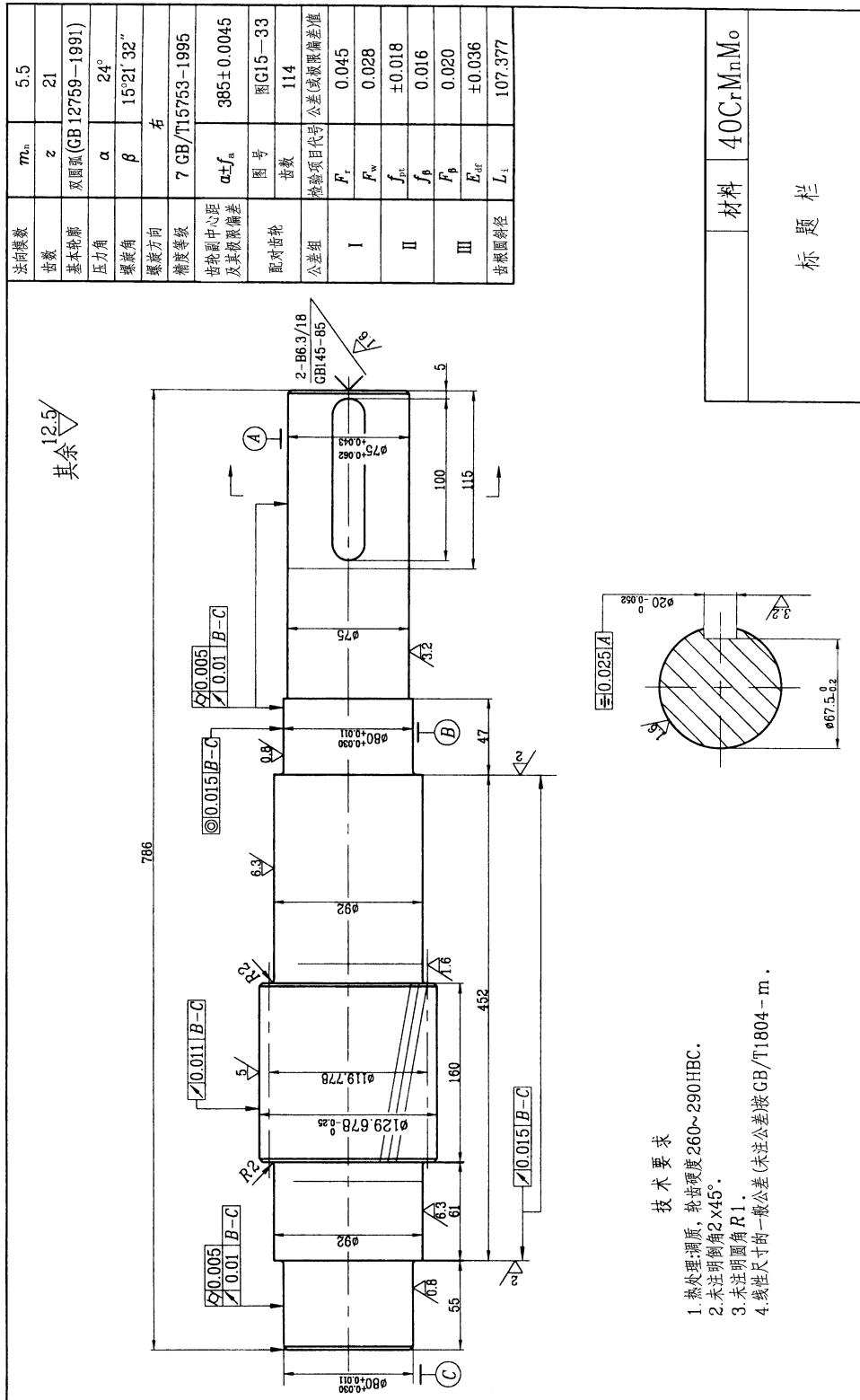


图 G15-31 小齿轮零件工作图

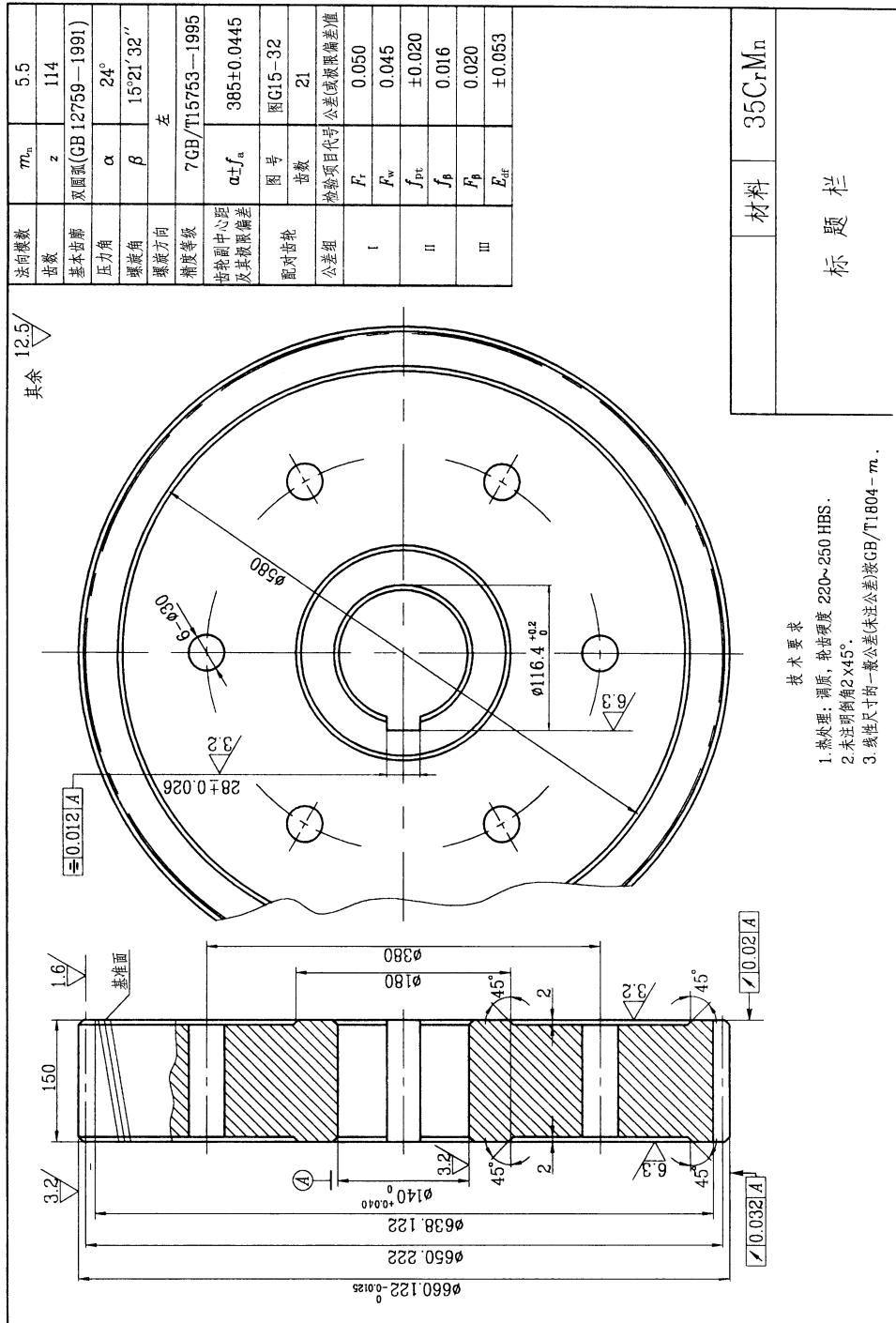


图 G15-32 大齿轮零件工作图