

382330



机 修 手 册

(試用本)

圓柱齒輪傳動

中国机械工程学会 主編
第一机械工业部设备动力司



机械工业出版社

156

統一書號: 15033·4094

定 价: 0.80 元

本手册共分五篇，第一篇：修理技术准备；第二篇：修理工艺；第三篇：设备的安装与保养；第四篇：动力设备的修理；第五篇：电气设备的修理。

本分册是第一篇的第五章。全篇共分十七章，即：常用数表，设备修理前的设计准备概念，设备主要零件的技术标准，修理和设备改装时常用材料，圆柱齿轮传动，圆锥齿轮传动，蜗杆传动，链传动，皮带传动，螺纹，键联接，弹簧，联轴节与离合器，滚动轴承，滑动轴承，液压部件，设备主要零件的制造工艺及质量检查。按一至三章合出一册，八至九章合出一册，十至十三章合出一册，十四至十五章合出一册外，其余为单章出一册，共分十个分册出版。

本分册内容包括：正常的和变位的圆柱齿轮（直齿、斜齿、内齿轮）传动的几何计算、各国变位制度及变位系数的选用数表、圆柱齿轮的测绘、齿厚测量、制造精度及公差等，可供机修设计人员使用及其他有关工程技术人员参考。

圆柱齿轮传动

本册主编 北京市机械工程学会设备维修专业组

机械工业出版社出版（北京东直门外南礼士路北京口）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ ·印张 $7\frac{1}{2}$ ·字数 248 千字
1967 年 5 月北京第一版·1967 年 8 月北京第一次印刷
印数 00,001—72,500·定价（科二）0.80 元

统一书号：15033·4094

毛主席語錄

我們是主張自力更生的。我們希望有外援，但是我們不能依賴它，我們依靠自己的努力，依靠全体軍民的創造力。

《必須學會做經濟工作》

你們要關心國家大事，要把無產階級文化大革命進行到底！

——原載 1966 年 8 月 12 日人民日報

目 次

圆柱齿轮（直齿、斜齿、内齿轮）传动

一、圆柱齿轮的名称和常用代号	1
(一) 圆柱齿轮传动的各部名称	1
(二) 常用代号	2
二、正常直齿圆柱齿轮传动的几何计算（模数制，径节制）	5
三、直齿圆柱齿轮的变位	7
(一) 根切现象和最小齿数	7
(二) 齿轮变位原理；变位齿和正常齿的比较	8
1 齿轮变位原理	8
2 变位齿和正常齿的比较	9
(三) 圆柱齿轮变位啮合的种类	10
1 高度变位啮合	10
2 角度变位啮合	10
(四) 选择变位系数的根据和限制	11
1 齿的根切对 ξ 的限制	12
2 齿顶变尖对 ξ 的限制	14
3 抗弯强度对 ξ 的限制	15
4 耐磨损性对 ξ 的限制	15
(五) 几种常用变位制	17
1 UKEP 变位制	17
2 HKM3 变位制	24
3 ГОСТ 2185-43 变位制	25
4 红色无产者工厂的变位制	25
5 康德里也切夫变位制	30
6 烏姆諾夫变位制	30
7 希伯尔变位制	30
8 DIN 870 变位制	30
9 白金汉变位制	30
10 曼里特变位制	31

IV

11 捷克变位制	32
12 封闭图	32
四、变位直齿圆柱齿轮传动的几何计算和验算	37
(一) 高度变位直齿圆柱齿轮传动的几何计算	37
(二) 角度变位直齿圆柱齿轮传动的几何计算	39
(三) 油泵齿轮的变位计算	46
1 简化计算法	46
2 庫德里也切夫油泵变位齿轮	47
(四) 变位齿轮啮合情况的验算	48
1 根切	48
2 齿顶变尖	48
3 最大容许的负变位系数	48
4 重叠系数	51
5 外啮合齿轮传动中的干涉	51
6 压强比	53
7 滑动比	54
五、正常斜齿(人字齿)圆柱齿轮传动的几何计算	55
(一) 平行轴斜齿(人字齿)圆柱齿轮传动的几何计算	55
(二) 交叉轴斜齿圆柱齿轮传动的几何计算	59
六、斜齿(人字齿)圆柱齿轮传动的变位及其几何计算	62
(一) 斜齿(人字齿)圆柱齿轮的变位	62
1 羅列尔-赛克斯公司变位制	62
2 ГОСТ 2185-43变位制	62
(二) 高度变位斜齿(人字齿)圆柱齿轮传动的几何计算	64
(三) 角度变位斜齿(人字齿)圆柱齿轮传动的几何计算	66
附: 角度变位齿轮变位系数的分配计算	69
七、内齿轮传动的几何计算	70
(一) 高度变位内齿轮传动的几何计算	70
(二) 角度变位内齿轮传动的几何计算	72
八、齿轮与齿条传动	72
九、圆柱齿轮的齿厚测量计算	74
(一) 分度圆弦齿厚	74
(二) 固定弦齿厚	82
(三) 公法线长度的测量	84
(四) 内齿轮齿厚	114

十、变位齿轮在机修工作中的应用实例	116
(一) 磨损齿轮的修复	116
1 采用高度变位的方法	116
2 采用深变位的方法	117
(二) 以模数制变位齿轮代替径节制齿轮	119
(三) 齿轮与齿条传动中的磨损及修理后啮合距离增大的补偿	122
十一、直齿圆柱齿轮的测绘	123
(一) 直齿圆柱齿轮几何参数的测量	123
1 齿数 z	123
2 齿顶圆直径 D_a	123
3 基节 p_b	124
4 齿全高 h	130
5 分度圆弦齿厚 s_x 及固定弦齿厚 s'_x	131
6 中心距 A	131
7 齿侧隙 c_n	132
(二) 直齿圆柱齿轮基本参数的确定	132
1 模数制或径节制	132
2 齿形角 α_0 及模数 m (或径节 DP)	133
3 齿顶高系数 f_0 及径向间隙系数 c'_0	137
(三) 变位直齿圆柱齿轮的识别及变位制度的确定	142
1 当齿轮啮合中心距能够准确测量时	142
2 当齿轮啮合中心距不能准确测量时	143
3 单个齿轮的识别	144
十二、斜齿(人字齿)圆柱齿轮的测绘	151
(一) 斜齿(人字齿)圆柱齿轮几何参数的测量	151
1 滚印法	152
2 万能铣床法	152
3 正弦棒原理法	153
4 标准钢珠法	153
5 轴向齿距法	154
(二) 斜齿圆柱齿轮的识别	155
(三) 交叉轴斜齿圆柱齿轮的测绘	163
(四) 齿条的测绘	165
十三、圆柱齿轮传动的精度等级及其公差	168
(一) 圆柱齿轮传动的精度等级及其应用	170

(二) 圆柱齿轮传动的各种偏差、公差代号和定义	173
(三) 圆柱齿轮的公差	178
1 圆柱齿轮的运动精度规范	178
2 直齿和窄斜齿 $\left(b < \frac{4m_n}{\sin\beta_f}\right)$ 圆柱齿轮的工作平稳性规范	179
3 宽斜齿和人字齿 $\left(b > \frac{4m_n}{\sin\beta_f}\right)$ 齿轮的工作平稳性规范	180
4 传动中齿的接触精度规范	180
5 侧隙规范	181
6 公法线长度、齿厚的公差	184
7 毛坯精度	187
(四) 内齿圆柱齿轮的公差	188
(五) 齿条公差	188
十四、圆柱齿轮的材料及其热处理	190
十五、圆柱齿轮传动的强度验算	192
十六、圆柱齿轮工作图的绘制	194
附表	195
参考文献	228

本书表次

表 1	正常直齿圆柱齿轮传动 (模数制) 的几何计算公式	5
表 2	正常直齿圆柱齿轮传动 (径节制) 的几何计算公式	6
表 3	免除根切的最小变位系数 ξ_{min} 的数值	13
表 4	$f_0 = 1$ 时变位系数 ξ_e 和 ξ_{max} 的数值	15
表 5	变位系数改变对啮合质量各因素值的影响	16
表 6	ЛКБР 制 $\alpha_0 = 20^\circ$, $f_0 = 1$ 时高度变位圆柱齿轮的变位系数 $\xi_1 = -\xi_2$ 的数值	17
表 7	ЛКБР 制 $\alpha_0 = 20^\circ$, $f_0 = 0.8$ 时高度变位圆柱齿轮的变位系数 $\xi_1 = -\xi_2$ 的数值	18
表 8	ЛКБР 制 $\alpha_0 = 20^\circ$, $f_0 = 1$ 时角度变位圆柱齿轮变位系数的数值	19
表 9	高度变位直齿圆柱齿轮的变位系数和齿顶圆弧齿厚 $\alpha_0 = 20^\circ$, $f_0 = 1$ (根据 НКМЗ 1946 年的数据)	24
表 10	红色无产者工厂直齿圆柱齿轮高度变位系数表 ($\alpha_0 = 20^\circ$, $f_0 = 1$)	26
表 11	白金汉制变位系数的算式表 ($\alpha_0 = 14\frac{1}{2}^\circ$; $f_0 \approx 1$; $c'_0 = 0.2$)	31
表 12	角度变位啮合对接触强度最有利的变位系数	33
表 13	角度变位啮合对弯曲强度最有利的变位系数	34
表 14	角度变位啮合对耐磨损和抗胶合最有利的变位系数	35
表 15	高度变位系数 (对弯曲强度, 耐磨损及抗胶合最有利的 ξ 值)	36
表 16	高度变位直齿圆柱齿轮传动的几何计算公式	37
表 17	角度变位直齿圆柱齿轮传动的几何计算公式	39
表 18	系数 ξ_0 和 σ_0 的数表	41
表 19	油泵齿轮变位系数表	46
表 20	齿轮油泵直齿轮的主要尺寸	47
表 21	渐开线函数 $\text{inv} \alpha = \text{tg} \alpha - \alpha$	49
表 22	η_{max} 表	54
表 23	斜齿轮齿斜角三角函数表	56
表 24	正常啮合的平行轴斜齿 (人字齿) 圆柱齿轮传动的	

几何计算公式	57
表25 螺旋齿輪传动基本参数的求法	59
表26 正常啮合的交叉軸斜齿圆柱齿輪(螺旋齿輪)传动的 几何计算公式	61
表27 $z_c \approx 148$ 时 TOCT 2185-43 规定的斜齿輪角度变位系数值	63
表28 斜齿圆柱齿輪的最小容許齿数	63
表29 高度变位斜齿(人字齿)圆柱齿輪传动的几何计算公式	64
表30 角度变位斜齿(人字齿)圆柱齿輪传动的几何计算公式	66
表31 系数 K 值	71
表32 用插齿刀切削直齿內齿輪时变位系数 ξ 的数值 ($\alpha_0 = 20^\circ$)	71
表33 与齿条啮合的直齿圆柱齿輪要素尺寸	73
表34 圆柱齿輪分度圆弦齿厚 s_{x_n} 及测量用齿高 h_{x_n} 的簡化计算公式	75
表35 內啮合齿輪 Δh_n 值的计算公式	76
表36 正常啮合圆柱齿輪分度圆弦齿厚的测量尺寸 ($m = 1$)	77
表37 变位斜齿輪的分度圆弦齿厚 s_{x_n} 和测量用齿高 h_{x_n} 的数表 ($m = 1, \alpha_{0n} = 20^\circ, z_d = \frac{z}{\cos^3 \beta}$)	78
表38 非变位圆柱齿輪固定弦齿厚 s'_{x_n} 和测量用齿高 h'_{x_n} 的 簡化计算公式	82
表39 变位圆柱齿輪固定弦齿厚 s'_{x_n} 和测量用齿高 h'_{x_n} 的簡 化计算公式	83
表40 正常齿輪固定弦齿厚及测量用齿高 ($\alpha_{0n} = 20^\circ, f_{0n} = 1$)	83
表41 高度变位外啮合齿輪固定弦齿厚及测量用齿高 (α_{0n} $= 20^\circ, f_{0n} = 1, m_n = 1$)	84
表42 非变位直齿圆柱齿輪公法綫长度 L 和跨测齿数 n 的簡 化计算公式	86
表43 变位直齿圆柱齿輪公法綫长度 L' 的簡化计算公式	86
表44 $\alpha_0 = 20^\circ$ 的公法綫长度表	87
表45 $\alpha_0 = 15^\circ$ 的公法綫长度表 ($m = 1$)	97
表46 DP 齿輪 $\alpha_0 = 14 \frac{1^\circ}{2}$ 的公法綫长度表	98
表47 变位齿輪公法綫长度附加量 $2\xi m \sin \alpha_0$	101
表48 随分度圆柱齿斜角 β 而定的 Ω 数表 ($\alpha_{0n} = 20^\circ$)	105
表49 随 β 而定的 Ω 数表 ($\alpha_{0n} = 15^\circ, 14 \frac{1^\circ}{2}$)	106

表50	相当齿数 z_d 尾数部分公法线长度计算表 ($\alpha_{0n}=20^\circ, m_n=1$)	106
表51	相当齿数 z_d 尾数部分公法线长度计算表 ($\alpha_{0n}=15^\circ, m_n=1$)	107
表52	相当齿数 z_d 尾数部分公法线长度计算表 ($\alpha_{0n}=14\frac{1}{2}^\circ, m_n=1$)	107
表53	MAAG 制斜齿圆柱齿轮公法线长度计算系数 K_1 的数表	110
表54	MAAG 制斜齿圆柱齿轮公法线长度计算系数 K_2 的数表 ($\alpha_{0n}=20^\circ$)	111
表55	MAAG 制斜齿圆柱齿轮公法线长度计算系数 K_2 的数表 ($\alpha_{0n}=15^\circ$)	112
表56	MAAG 制斜齿圆柱齿轮公法线长度计算系数 K_2 的数表 ($\alpha_{0n}=14\frac{1}{2}^\circ$)	113
表57	用圆柱测量直齿内齿轮齿厚 ($\alpha_0=20^\circ, m=1, \xi=0$)	115
表58	齿轮失效形式及解决途径	119
表59	奇数齿内齿轮齿顶圆系数 $\sec \frac{90^\circ}{z}$	124
表60	测量公法线长度时应跨齿数表	125
表61	标准圆棒直径 d_p 表	128
表62	$\cos \frac{180^\circ}{z}, \cos \frac{360^\circ}{z}$ 数值表	129
表63	各国常用基齿条基本参数表	133
表64	基节 $t_0=\pi m \cos \alpha_0$ 的数表	134
表65	各国模数标准系列	138
表66	MAAG 制模数系列	140
表67	径节 (DP) 系列	141
表68	双模数 (m_1/m_2) 系列	141
表69	双径节 (DP_2/DP_1) 系列	141
表70	系数 P, Q 数值表	144
表71	$m\pi$ 值表	165
表72	齿条测量 M 值表	166
表73	机修中常用精度等级齿轮的检查项目	171
表74	圆柱齿轮按其精度等级的应用范围表	172
表75	齿轮和齿轮传动的各种偏差, 公差的代号和定义表	173
表76	周节积累误差的公差 δf_z	178

表77	齿圈径向跳动公差 δe_i	178
表78	公法线长度变动的公差 δl_x	178
表79	周期误差的公差 δT 及基节极限偏差 Δt_j	179
表80	齿形公差 δf	179
表81	周期误差的公差 δT 及周节差的公差 δt	180
表82	傳动的接触面积, 軸向齿距偏差 ΔB_z , 齿向公差 δB_x , 不平度 δ_x , 歪斜度 δ_y	180
表83	保証側隙 c_n 和中心距 ΔA 偏差	181
表84	原始齿形位移公差 δh	181
表85	原始齿形最小位移 $\Delta_m h$	182
表86	公法线平均长度的偏差 $\Delta_m L$ 及公差 δl	184
表87	固定弦齿厚的最小减薄量 $\Delta_m s$ 及其公差 δs	186
表88	齿顶圆直径公差 ΔD_e	187
表89	齿顶圆径向跳动允差 E_D	187
表90	基准端面振摆允差 E_T	187
表91	內齿圆柱齿輪尺寸 M 的公差	188
表92	齿条的齿距偏差 Δt , 齿形公差 δf 及齿条中綫位移动量的公差 $\delta_0 H$	188
表93	齿条的齿距积累偏差 Δt_z	189
表94	齿条的齿側隙 c_n 及安装距偏差 ΔA	189
表95	齿条的齿顶高最小位移量 $\Delta_m h$ 及齿高公差 δh	189
表96	齿条的最小齿厚减薄量 $\Delta_m s$ 及齿厚公差 δs	190
表97	齿輪的材料及热处理	190
表98	齿輪强度驗算公式表	191
表99	齿形系数 y	192
表100	7 級精度齿輪的速度系数 K_v	192
表101	压力系数 K	192
表102	齿輪的許用应力	193
附表 1	庫德里也切夫制角度变位系数表 ($2 \geq i \geq 1$)	195
附表 2	庫德里也切夫制角度变位系数 ξ_2 的数表 ($5 \geq i \geq 2$)	197
附表 3	庫德里也切夫制角度变位系数 ξ_1 的数表 ($5 \geq i \geq 2$)	199
附表 4	当 $2 \geq i \geq 1$ 时, 齿顶高减低系数 σ 的数值	199
附表 5	当 $5 \geq i \geq 2$ 时, 齿顶高减低系数 σ 的数值	199

附表 6	烏姆諾夫制高度變位係數表	200
附表 7	烏姆諾夫制角度變位係數 ξ_c , ξ_1 的數表	201
附表 8	希伯爾變位制直齒圓柱齒輪的變位係數 ξ_1 , ξ_2 的數表 ($\alpha_0=15^\circ$, $f_0=1$)	204
附表 9	DIN 370 變位制變位係數 ξ_1 , ξ_2 的數表	205
附表 10	白金漢制圓柱齒輪角度變位係數表 ($\alpha_0=14\frac{1}{2}^\circ$, $f_0=1$, $c'_0=0.2$)	206
附表 11	捷克變位制的變位係數 $\xi_{\min}$, $\xi'_{\min}$, ξ_s 和 Δf_e 的數表	206
附表 12	捷克變位制直齒圓柱齒輪最有利的 (高度) 變位係數表 ($\alpha_0=20^\circ$, $z_c=z_1+z_2>60$)	209
附表 13	捷克變位制圓柱齒輪角度變位係數表 ($\alpha_0=20^\circ$)	212

圓柱齒輪(直齒、斜齒、內齒輪)傳動

一、圓柱齒輪的名称和常用代号

(一) 圓柱齒輪傳動的各部名称 (图 1、2)

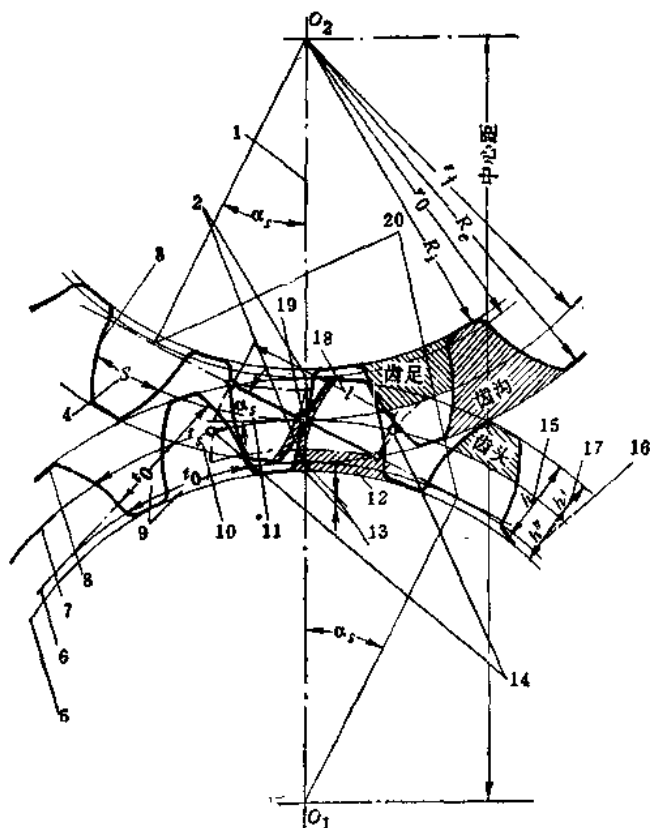


图 1 齒輪啮合的基本要素:

- 1—中心綫; 2—啮合深度; 3—齿形(廓); 4—齿厚; 5—齿根圆; 6—基圆; 7—分度圆; 8—齿頂圆; 9—基节(基齿距); 10—端面周节(端面齿距); 11—啮合角(压力角); 12—齿根; 13—徑向間隙(頂隙); 14—啮合弧; 15—齿全高; 16—齿根高; 17—齿頂高; 18—啮合长度; 19—啮合极点; 20—啮合綫。

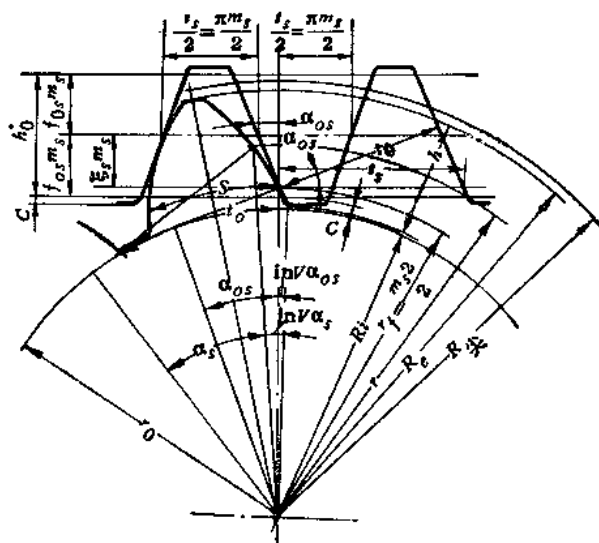


图2 原始工具齿条与变位齿轮的啮合

(二) 常用代号

- A_0 ——理论啮合中心距
- A ——实际啮合中心距
- $\Delta' A \text{①}$ ——反变位置 (齿顶高减低量)
- b ——齿宽
- c_n ——侧隙
- $c_n^*(c_s^*)$ ——法面 (或端面) 上的顶隙系数
- $c_{0s}^*(c_{0s}^*)$ ——基齿条在法面 (或端面) 上的顶隙系数
- $D_e(R_e)$ ——齿顶圆直径 (半径)
- $D_f(R_f)$ ——齿根圆直径 (半径)
- DP ——径节
- $d(r) \text{②}$ ——节圆直径 (半径)
- $d_f(r_f) \text{③}$ ——分度圆直径 (半径)
- $d_b(r_b)$ ——基圆直径 (半径)
- f_n ——法面 (或端面) 上的齿顶高系数
- $f_{0s}(f_{0s})$ ——基齿条 (刀具) 在法面 (或端面) 上的齿顶高系数

- h ——齿全高
 h' ——齿顶高
 h'' ——齿根高
 $h_h(h_{xn})$ ——分度圆弦齿厚测量高度（法面的）
 $h_x^*(h_{xn}^*)$ ——固定弦齿厚测量高度（法面的）
 i ——啮合内轮的传动比
 L ——正常齿轮的公法线长度
 L' ——变位齿轮的公法线长度
 $m_n(m_s)$ ——法面（端面）模数
 n ——公法线长度的跨测齿数
 S_r ——齿顶圆弧齿厚
 $s_h(s_{xn})$ ——分度圆弦齿厚（法面的）
 $s_x^*(s_{xn}^*)$ ——固定弦齿厚（法面的）
 t_a ——轴向周节（轴向齿距）
 t_n ——法向周节（法向齿距）
 t_0 ——基节（基齿距）
 t_s ——端面周节（端面齿距）
 z ——齿数
 $z_d(z_d')$ ——当量（相当）齿数
 z_c ——齿数和
 $z_{\min}$ ——齿轮不产生根切的最小齿数
 $z'_{\min}$ ——齿轮不产生根切的实际容许最小齿数
 α_n ——法面上的啮合角
 $\alpha_{0n}(\alpha_{0s})$ ——基齿条法面（端面）上的齿形角
 α_s ——端面上的啮合角
 $\beta_f(\beta_0)$ ——分度圆柱（基圆柱）上的齿斜角
 σ_0 ④——齿顶高减低模数
 σ ⑤——齿顶高减低系数（反变位系数）
 σ_s ——端面上的重叠系数
 ζ ——压强比
 η ——滑动比
 λ_0 ⑥——中心距变动模数
 λ ⑦——中心距变动系数

ξ_s ——造成齿顶变尖的原始齿形变位系数

$\xi_{\max}$ ——原始齿形的最大容许变位系数

$\xi_{\min}$ ——免除根切所需的原始齿形最小变位系数

$\xi_n(\xi_s)$ ——法面(端面)上的变位系数(移距系数)

ξ_0 ——变位模数

$\xi_{nc}(\xi_{sc})$ ——法面(端面)上的总变位系数

ξ_m ——原始齿形的变位量(移距)

$\text{inv}\alpha$ ——渐开线函数

注 ① 反变位置——角度变位齿轮为保证正确啮合而将齿轮中心距减小的量,亦即每个齿轮的齿顶高减低量, $\Delta'A = \sigma_0 A_0 = \sigma m$ 。

② 节圆直径——一对啮合齿轮在传动中作无滑动滚动的圆的直径。

③ 分度圆直径——在此直径的圆上,周节与 π 之比等于规定的模数,且此圆上齿廓的压力角等于规定的齿形角。非变位齿轮的分度圆直径等于节圆直径。

④ 齿顶高减低模数 σ_0 ——齿顶高减低量与正常啮合中心距之比, $\sigma_0 =$

$$\frac{\Delta'A}{A_0} = \frac{m\sigma}{A_0} = \xi_0 - \lambda_0。$$

⑤ 齿顶高减低系数 σ ——齿顶高减低量与模数之比, $\sigma = \frac{\Delta'A}{m} = \frac{\sigma_0 A_0}{m} =$

$$\frac{z_c}{2} \sigma_0 = \xi_c - \lambda_0。$$

⑥ 中心距变动模数 λ_0 ——角度变位啮合时的中心距变动量与正常中心距

$$\text{之比, } \lambda_0 = \frac{A - A_0}{A_0} = \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_0} - 1。$$

⑦ 中心距变动系数 λ ——角度变位啮合的中心距变动量与模数之比, $\lambda =$

$$\frac{A - A_0}{m} = \frac{z_c}{2} \lambda_0。$$

代号的注脚“ n ”表示法面,“ s ”表示端面。

代号的注脚“1”表示小齿轮,“2”表示大齿轮。