

机械工人技术考核问答丛书

齿轮工问答



机械工人技术考核问答丛书

齿 轮 工 问 答

王 昌 盛 编

*

山西人民出版社出版 (太原并州路七号)

山西省新华书店发行 山西省七二五厂印刷

*

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: 11

1983年3月第1版 1983年3月第1次印刷

印数: 1—7,000 册

*

书号: 15088·149 定价: 0.92元

出版说明

《机械工人技术考核问答》丛书，是根据第一机械工业部1978年颁发的《工人技术等级标准》对二至五级工人应知应会的要求，由太原矿山机器厂等单位的有关同志编写的。除《数理化基础问答》和《机械基础问答》外，各分册均按工种（铸、锻、焊、热处理、车、钳、铣、磨、刨等）分别编写。丛书内容简明扼要，文字通俗易懂，可供具有初中以上文化程度的二至五级工人阅读。

《齿轮工问答》由王昌盛编写，叶志良、辛正权、武文堂审校。

目 录

一、基本知识

1. 齿轮传动在机械工业中起什么作用?
常见的齿轮有哪些类型? (1)
2. 齿廓啮合的基本定律是什么? (2)
3. 渐开线是怎样形成的? 渐开线的性质是什么?
..... (3)
4. 齿轮的模数是怎么回事? 齿轮的模数系列有哪些?
..... (6)
5. 什么是渐开线齿轮的基准齿形? (9)
6. 渐开线齿轮传动的平稳性和正确啮合条件是什么?
..... (12)
7. 渐开线齿轮的啮合特点是什么? (15)
8. 齿轮重合度是怎么回事? (17)
9. 齿条与齿轮啮合的特点是什么? (18)
10. 斜齿轮有哪些特点? (21)

11. 斜齿轮的法面齿形和当量齿数 Z_n 是怎么回事?
..... (24)
12. 斜齿轮能组成哪几种传动? 它的啮合特点是什
么? (28)
13. 什么是变位齿轮? (31)
14. 如何计算标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸? (34)
15. 如何计算标准斜齿轮的几何尺寸? (38)
16. 如何计算标准内齿轮的几何尺寸? (41)
17. 什么叫高变位齿轮?其几何尺寸如何计算?..... (46)
18. 什么叫角变位齿轮? (50)
19. 如何计算角变位齿轮的几何尺寸? (53)
20. 锥齿轮有哪些种类? 其特点是什么? (58)
21. 圆锥齿轮的渐开线齿形是怎样形成的? (61)
22. 圆锥齿轮常用的名词术语有哪些? (63)
23. 直齿圆锥齿轮的变位是怎么回事? (67)
24. 直齿锥齿轮的主要几何尺寸计算公式有
哪些? (70)
25. 蜗杆蜗轮传动的啮合原理是什么? (76)
26. 什么是蜗杆的特性系数和导程角? (80)
27. 什么是变位蜗杆传动? 它们的基本尺寸
如何计算? (82)

- 28. 切削加工齿轮应掌握哪些基本知识? (88)
- 29. 如何维护保养滚齿机? (93)
- 30. 滚齿机有哪些操作规程? (93)
- 31. 渐开线圆柱齿轮的精度要求包含哪些内容? (95)
- 32. 齿厚偏差有哪些种类? 齿轮精度等级怎样标注? (96)

二、圆柱齿轮加工

- 33. 滚齿机的工作原理是什么? 有哪些主要用途? (99)
- 34. 滚齿机有哪些主要传动系统? 如何进行计算? (101)
- 35. 什么叫差动机构? (106)
- 36. 差动机构有什么作用? 如何进行计算? (110)
- 37. 齿轮滚刀主要有哪些种类? (112)
- 38. 滚刀的前后角起什么作用? 是怎样获得的? (113)
- 39. 滚刀重磨误差对齿形加工精度有哪些影响?
..... (116)
- 40. 重磨后的滚刀如何进行检验? (118)

41. 怎样滚切直齿圆柱齿轮? (119)
42. 什么叫逆滚齿和顺滚齿? (125)
43. 什么叫对角滚切法? (126)
44. 滚切加工斜齿轮的特点是什么? (129)
45. 如何滚切大质数直齿轮? (133)
46. 在Y38型滚齿机上滚切139齿的直齿轮, 采用右旋
单头滚刀逆铣。求各组挂轮的齿数是多少? (138)
47. 滚切大质数斜齿轮时还要进行哪些特殊的调整
计算? (140)
48. 滚切大质数齿轮时, 怎样消除“乱齿”现象? (143)
49. 滚切变位圆柱齿轮应注意些什么? (145)
50. 滚切加工人字齿轮的特点是什么? (148)
51. 怎样确定径向进刀量? (151)
52. 滚刀为什么要对中? 怎样对中? (153)
53. 什么叫做滚切不全? 如何消除? (155)
54. 产生根切现象的原因是什么? 如何避免? (158)
55. 什么是蜗轮滚刀? 常用蜗轮滚刀有几种? (161)
56. 蜗轮加工的特点是什么? 如何用径向进给法
加工蜗轮? (163)
57. 怎样用切向进给法加工蜗轮? (164)
58. 什么叫飞刀? 常用的飞刀有哪几种? (166)

59. 常用飞刀杆的结构有哪几种? (171)
60. 用飞刀加工蜗轮的特点有哪些? (172)
61. 如何提高滚齿加工精度? (175)
62. 滚齿光洁度不好的原因是什么? 如何消除?..... (178)
63. 插齿加工的原理是什么? 插齿机有哪些用途? (179)
64. 插齿刀的特点是什么? 它有哪几种类型?
..... (181)
65. 插齿机加工齿轮时, 如何进行切齿调整计算?
..... (183)
66. 插齿机加工齿轮时如何进行切齿调整? (184)
67. 插内齿轮时为什么会产生齿顶干涉? 如何
消除? (189)
68. 插齿超差的原因是什么? 怎样消除? (192)
69. 什么叫剃齿? 加工原理是什么? (193)
70. 怎样进行剃齿调整? 操作规程有哪些? (196)
71. 常见剃齿加工方法有哪些? (197)
72. 常见的磨齿机有哪些类型? (200)
73. 成形法磨削齿轮有哪些特点? (202)
74. 磨齿机的展成机构有哪几种类型? 如何进行
调整计算? (203)

75. 在Y7131型磨齿机上加工斜齿轮时怎样进行
调整计算?..... (206)
76. 在碟形双砂轮型磨齿机上如何进行 0° 磨
削?..... (210)
77. 怎样提高磨齿的生产效率?..... (211)

三、圆锥齿轮加工

78. 加工锥齿轮的原理和方法有哪些?..... (214)
79. Y236型刨齿机有哪些主要传动系统?..... (217)
80. 刨齿前怎样进行切齿调整?..... (222)
81. 如何对锥齿轮进行纵向接触修正?..... (226)
82. 如何对锥齿轮进行齿高接触修正?..... (229)
83. 加工斜齿锥齿轮时如何进行调整计算?..... (230)
84. 弧齿锥齿轮加工机床的工作原理是什么? 计算
调整哪些挂轮?..... (234)
85. 怎样调整刀位和轮位?..... (237)
86. 加工弧齿锥齿轮的铣刀盘有哪些规格和类型?
如何选择?..... (240)
87. 什么叫铣刀盘的“刀号”?..... (243)
88. 弧齿锥齿轮的切削方法有哪些?..... (245)

89. 加工弧齿锥齿轮应当注意哪些问题?..... (246)
90. 如何调整弧齿锥齿轮的接触区?..... (247)

四、误差检验与测量

91. 周节和周节累积误差对齿轮啮合精度有哪些影响? (253)
92. 基节偏差产生的原因是什么? 如何测量?..... (256)
93. 齿形误差对齿轮啮合精度有哪些影响? 如何测量?..... (259)
94. 齿向误差对齿轮啮合精度有哪些影响? 如何测量?..... (261)
95. 如何计算和测量分度圆弦齿厚?..... (263)
96. 如何计算和测量固定弦齿厚?..... (265)
97. 如何计算和测量直齿圆柱齿轮的公法线长度?..... (270)
98. 如何计算斜齿轮法向的公法线测量长度?..... (272)
99. 怎样计算直齿轮的圆棒测量尺寸?..... (275)
100. 怎样测量圆锥齿轮单项误差?..... (281)
101. 怎样测绘直齿圆柱齿轮?..... (284)
102. 怎样测绘斜齿轮?..... (289)

五、新工艺技术

103. 怎样高速滚削中小模数齿轮?..... (295)
104. 怎样高效率地加工大模数齿轮?..... (297)
105. 怎样加工无空刀槽人字齿轮?..... (300)
106. 行星齿轮加工的特点是什么?..... (304)
107. 圆弧齿轮传动的基本原理和特点是什么?..... (306)
108. 圆弧齿轮的齿形标准是什么? 其几何尺寸如何
计算?..... (310)
109. 加工圆弧齿轮有哪些特点?..... (313)

附录一 常用符号

附录二 复习思考题

附录三 基本功要求

附录四 各国基准齿形参数表

**附录五 大质数齿轮采用单头滚刀 ($Z_0 = 1$) 的分齿挂轮配
换计算表**

一、基本知识

1. 齿轮传动在机械工业中起什么作用？常见的齿轮有哪些类型？

答：齿轮传动的作用是传递任意两轴间的运动和动力。它是重要的机械传动形式之一。

它具有传动平稳、传动速比恒定不变、传递功率范围大、传递效率高、使用寿命长、结构紧凑等优点。但齿轮传动也存在着容易产生冲击、振动、噪音和制造、安装要求高等缺点。

常见的齿轮有下述三种类型：

（1）圆柱齿轮

①直齿圆柱齿轮，简称直齿轮，俗称正齿轮。轮齿排列方向与轴线平行。外啮合传动时，两齿轮转动方向相反；内啮合传动时，两齿轮转动方向相同。常应用于各种变速箱中。

②斜齿圆柱齿轮，简称斜齿轮。轮齿排列方向与轴线倾斜一个角度，在圆柱面上呈螺旋形排列，有左旋和右旋之分。斜齿轮与直齿轮相比，优点是承载能力大，传动平稳；缺点是有轴向分力，制造麻烦，只用在高速或大功率的传动中。

③人字圆柱齿轮，简称人字齿轮。轮齿在圆柱面上呈“人”

字形，相当于两个轮齿倾斜度大小相等、方向相反的斜齿轮的组合。它既有传动功率大、传动平稳等优点，又没有轴向分力，一般用于矿山冶金机械中。

④齿轮齿条传动，齿条相当于齿数无穷多的齿轮，其外形也随之演变成长条形。齿轮齿条传动的特点是，能把回转运动转换为直线运动，也能把直线移动转换为回转运动。

(2) 圆锥齿轮

圆锥齿轮，又称伞齿轮。其外形是一个圆锥体，轮齿的形状有直齿、斜齿和曲（弧）齿等。伞齿轮啮合的两轴线交角，一般是直角。圆锥齿轮传动的特点是能够改变运动和传递动力的方向。

(3) 蜗杆蜗轮传动

蜗杆蜗轮啮合的两轴线垂直交错。其形式有圆柱蜗杆传动、环面蜗杆传动以及锥蜗杆传动等。传动的特点是能改变运动和传递动力的方向，而且传动平稳，传动比大。

2. 齿廓啮合的基本定律是什么？

答：齿轮传动的最基本要求是任何瞬时的传动比都不变，否则会影响齿轮传动的平稳性，引起冲击、振动和噪音。为了满足上述要求，齿轮工作面齿廓的形状必须符合下述条件，即“不论齿轮齿廓在任何位置接触时，过接触点所作的齿廓公法线必须通过节点”。这就是齿廓啮合的基本定律。

由图1可知，两齿轮工作面齿廓 L_1 与 L_2 在K点相接触，过K点作两齿廓的公法线 $\overline{N_1N_2}$ 与连心线 $\overline{O_1O_2}$ 相交于P点。则P点将齿轮连心线 $\overline{O_1O_2}$ 分为 $\overline{O_1P}$ 及 $\overline{O_2P}$ 两段。两个齿轮角速度 ω_1 和 ω_2 的传动比

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2P}{O_1P}$$

即两齿轮的角速比与连心线被齿廓接触点的公法线分的两段成反比。要使两轮的瞬时角速比不变,则 $\frac{O_2P}{O_1P}$ 必须恒为常数;但因两轮的轴心 O_1 及 O_2 为定点,即 $\overline{O_1O_2}$ 为定长,要满足上述要求,必须使P点为连心线上的固定点,这个定点P就叫作节点或啮合极点。以 O_1 和 O_2 为圆心, O_1P 和 O_2P 为半径所作的两个圆称为齿轮1和齿轮2的节圆。当两个节圆作纯滚动时,其角速比和节圆半径成反比。

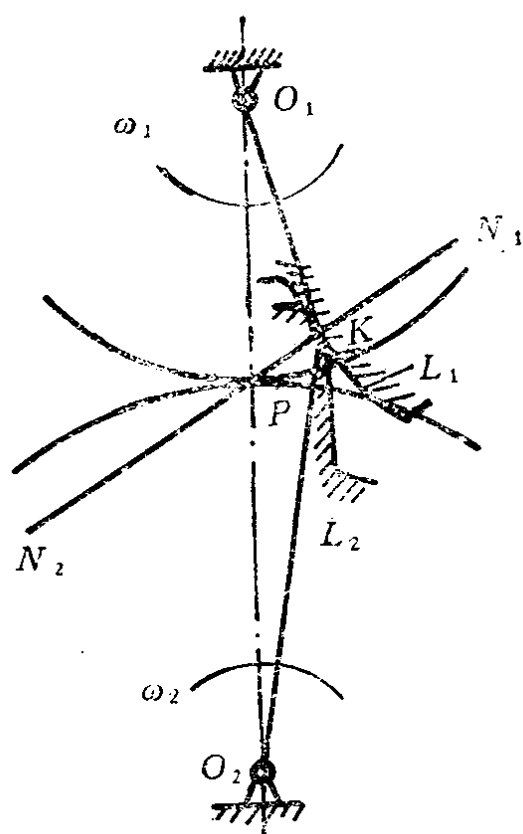


图1

凡能符合齿廓啮合基本定律的齿廓曲线称为共轭曲线。理论上任意曲线都可以作为齿廓曲线,但齿廓曲线的选择还要考虑到齿轮强度、效率、磨损、寿命、制造和安装等因素。目前生产中采用的齿廓曲线仅有渐开线、摆线、圆弧曲线等。其中,最常见的是渐开线。今后凡是不加特别注明的,都指的是渐开线。

3. 渐开线是怎样形成的? 渐开线的性质是什么?

答: 渐开线的形成原理如图2所示。在圆盘O上缠绕一根棉线,一端C固定在圆盘上,另一端a栓上一支铅笔,绷紧

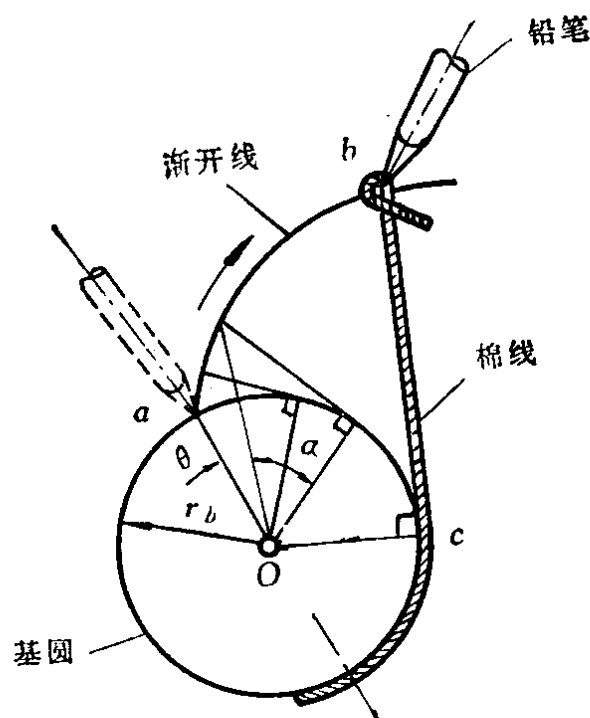


图2 渐开线形成原理

棉线，从 a 点开始，按箭头方向将棉线逐渐展开，铅笔尖在纸上画出的 a 、 b 曲线称为渐开线。而形成渐开线的圆盘 O 称为基圆；圆盘半径 r_b 称为基圆半径；线 $\overline{bc}$ 称为发生线。

根据渐开线的形成原理，渐开线有以下性质：

(1) 发生线在基圆上滚过的一段长度必等于基圆上所滚过的一段圆弧长度，即 $\overline{bc} = \widehat{ac}$ 。

(2) 棉线 $\overline{bc}$ 在展开过程中形成许多与基圆相切的线，称为渐开线的法线。法线的特点是一端和基圆相切并和基圆半径垂直，即 $\overline{bc}$ 垂直于 $\overline{oc}$ ；另一端和渐开线的切线垂直，如图3上 $\overline{bc} \perp \overline{nn}$ 由此可以得出结论：渐开线上任意点的法线必与其基圆相切；而基圆上的切线必为渐开线上某一点的法线。

(3) 渐开线的弯曲度取决于基圆的大小，基圆愈小，

渐开线的弯曲度愈大；基圆愈大，渐开线的弯曲度愈小。当基圆无限大时，渐开线变成直线。

(4) 基圆内无渐开线。

(5) 根据渐开线形成的原理可以导出渐开线函数的数学方程式，即

$$\theta = \operatorname{tg} \alpha - \alpha$$

角 θ 称为渐开线 ab 的展开角，又称为 α 的渐开线函数，其值随参数 α 而异。在工程上渐开线函数通常用 $\operatorname{inv} \alpha$ 表示，即

$$\operatorname{inv} \alpha = \operatorname{tg} \alpha - \alpha \text{ (弧度)}$$

当 α 已知时，则可由上式求出渐开线函数；当已知渐开线函数，则可求出压力角 α 。工程上已将不同值的渐开线函数列成渐开线函数表，以便应用。

例如求压力角 α 为 20° 处的渐开线函数

$$\operatorname{inv} 20^\circ = \operatorname{tg} 20^\circ - 20^\circ$$

查三角函数表得 $\operatorname{tg} 20^\circ = 0.36397$ ，再将 $\alpha = 20^\circ$ 换算成弧度，换算关系是： $1^\circ = \frac{\pi}{180^\circ} = 0.0174533 \text{ (弧度)}$ 。

所以 $20^\circ = 20^\circ \times 0.0174533 = 0.349066 \text{ (弧度)}$

代入上式得

$$\operatorname{inv} 20^\circ = 0.363970 - 0.349066 = 0.014904$$

这个数值就是要求的压力角 α 为 20° 处的渐开线函数值。反之，如果知道渐开线函数值为 0.014904 ，也就知道渐开线上这一点的压力角 α 是 20° 。

(6) 齿廓上任一点法向压力的方向线（即齿廓曲线在该点的法线）和该点速度方向之间的夹角称为齿廓在该点的

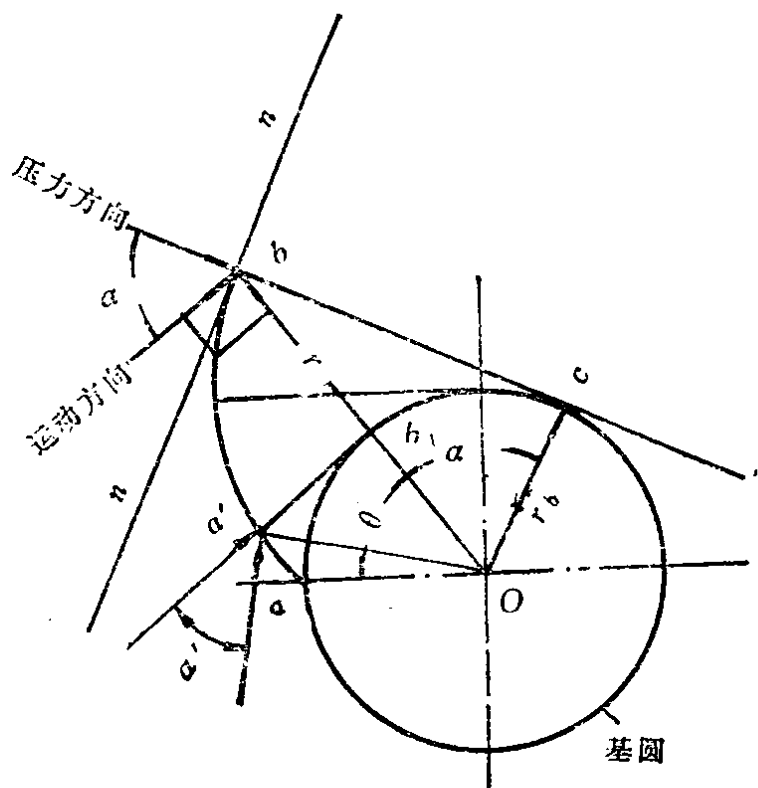


图 3

压力角，用 α 表示（图 3）。同一条渐开线齿廓上，不同位置的各点，压力角都不一样。接近基圆的压力角较小，远离基圆的点，压力角较大，基圆上a点的压力角等于零。通常所说 20° 压力角正是指的分度圆上的压力角。在齿轮标准中，压力角规定为 20° 。

4. 齿轮的模数是怎么回事？齿轮的模数系列有哪些？

答：要弄清模数，需要从分度圆说起。在图 4 中，直径 d 表示的圆就是分度圆。在分度圆上，相邻两个牙齿同侧之间的弧长，称为分度圆周节，简称周节，用 p 表示。分度圆的周长是周节乘以齿数 Z ，即 $p \times Z$ ；这个

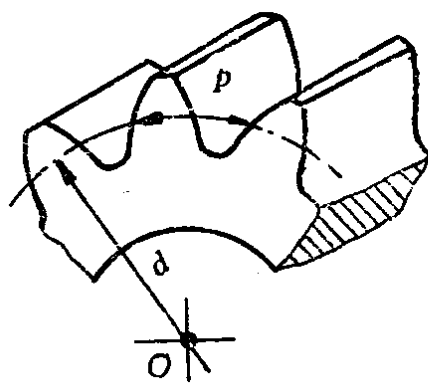


图 4