

机械工人活叶学习材料

JIXIE GONGREN HUOYE XUEXI CAILIAO



铣工

10

怎样铣伞齿轮

李家骥 编著



机械工业出版社

內容提要 本书首先介紹标准傘齒輪各部尺寸的計算方法和
銑齒前的准备工作，然后敘述傘齒輪的銑制方法。接着讲一些齒
輪精度等級問題及精度分析。最后介紹一些傘齒輪的測量方法。
本书可供三級以上的銑工閱讀。

怎样銑傘齒輪

李家驥 編著

*

机械工业出版社出版（北京阜成門外南礼士路北口）

（北京市书刊出版业营业登记出字第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·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印張 $1 \frac{5}{8}$ · 字數 36 千字

1966年5月北京第一版·1966年5月北京第一次印刷

印數 0,001—87,000 · 定價（科二）0.16 元

*

統一書號：T15033·4034

一	伞齿輪的主要特点和功用	1
二	选择何种曲綫的齿型	2
三	怎样选择銑齿用的伞齿輪銑刀	3
四	标准伞齿輪的尺寸計算	4
五	銑削前的准备工作	12
1	检查銑床	12
2	安装分度头和分度計算法	13
一、	安装分度头(13)——二、分度計算法(13)——三、近似分度法(14)	
3	安装銑刀和对中心	16
一、	划校刀齿中綫(16)——二、安装銑刀对中心(16)	
4	检查齿輪坯各部大小尺寸	16
5	检查齿輪坯的装夹精度	18
6	选择銑刀切削速度和进刀量	21
7	选用冷却剂	22
六	伞齿輪的銑制方法	23
1	不带轉盘分度头的銑制方法	23
一、	安装齿輪坯和对中心(23)——二、粗銑和精銑(24)	
2	带有轉盘分度头的銑制方法	28
一、	裝置工件和分度头(28)——二、粗銑和精銑(29)——三、計算分度头轉角(30)	
3	切齿深度的确定	31
七	伞齿輪精度等級	32
1	对伞齿輪傳动的几項要求	32
2	齿輪精度规范	32
3	齿輪精度誤差要素	33

4 精度等級	35
5 加工精度分析	38
一、齒輪坯的尺寸誤差(38)——二、分度頭的精度誤差(39)——三、分度盤的精度誤差(39)——四、齒輪坯的裝夾誤差(39)——五、銑齒機床的精度誤差(40)——六、刀具的刃磨誤差(40)——七、刀具的裝夾誤差(41)——八、操作上所引起的誤差(41)	
八 傘齒輪的檢驗	42
1 齒圈跳動量 Δe_f 的檢驗	42
2 輪齒方向的檢驗	42
3 綜合檢驗	43
4 齒厚的測量	44
5 齒輪接觸斑點的檢查	50

一 伞齿轮的主要特点和功用

在各种机器上所用的机械传动方法很多，最主要的有皮带传动、链条传动、摩擦轮传动、齿轮传动及丝杠螺母传动等。

其中齿轮传动，一般说来，也就是使得一个轴在旋转时能够带动另一个轴旋转；或者是把一个轴的旋转运动变为直线运动。它的主要特点是：互相之间有齿紧凑的啮合，所传递的转矩要比皮带及链条传动大得多；它的传动效率也比其他机械传动的高；并且能在很大的传动力下保持两轴之间的速比不变。

齿轮的型式甚多，大体上根据齿面形状的不同，分为圆柱齿轮、圆锥齿轮和蜗轮等型式。常用的正齿轮和斜齿轮为圆柱齿轮，它们是用来传动两个相互平行轴的旋转运动，而伞齿轮即（圆锥齿轮）是用在传动相交两轴的旋转运动的。当一对伞齿轮的轮齿啮合着传动的时候，情形和两个半截圆锥形摩擦轮的传动很相似，如图1。但是，摩擦轮的传动，如果从动轴上所带动的力量大于两轮间的摩擦力，则两轮面将会发生滑动的现象，或者甚至于使从动轮不能被带动。如果把摩擦轮做成有齿的轮子，借齿轮上牙齿的力量去传动另一轴上的齿，就可以把这一轴的旋转力量传到另一轴上去，如图2。伞齿轮的啮合传动，就是基于这个基础上的。

伞齿轮的用途很广，尤其是遇到两轴相交、两轴的距离很近、传动的力量又很大、转数比又要固定的时候，采用伞齿轮最为适合。

伞齿轮的切削方法很多，但一般精度要求不太高的直齿伞齿轮还是用成形铣刀切削出来的居多。这种加工方法叫做仿形法，也就是这里所要叙述的加工方法。

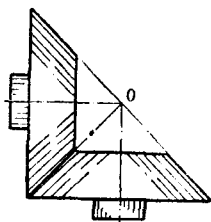


图1 锥形摩擦輪傳動。

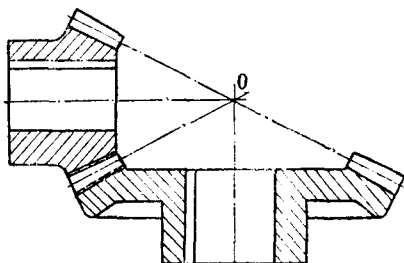


图2 傘齒輪傳動。

二 選擇何種曲綫的齒型

为了使得一个轴上的等速均匀的旋转运动，从一对齿轮传到另一个轴上去，那末，不论是正齿轮、斜齿轮或是伞齿轮等，它们轮齿的侧面应制成一定的曲线形状。在轮齿的侧面上所应用的曲线形状有两种：摆线及渐开线。以前摆线齿轮应用得较广泛，但是，在现代的一般机器制造业中已很少应用。大都已采用渐开线齿轮。现在把渐开线齿型和摆线齿型作一比较如下：

1) 摆线齿的上齿面曲线和下齿面曲线是不同的，一般称为双曲线制。渐开线齿只用一种曲线，一般称为单曲线制。这种曲线在制图以及制造铣刀时都较便利，并且和它相啮合的齿条的齿型是直线的。

2) 普通一对渐开线齿型的齿轮，它的中心距离虽然有些变更，仍能使得这对齿轮完全啮合；假使是一对摆线齿型的齿轮，当它的中心距离稍有变更，转动时便立即发生噪音。

3) 在同一个齿节的齿型，因齿数不同所产生的差别，以摆线齿和渐开线齿相比，则摆线齿比渐开线齿来得严重；所以摆线齿

轮所需要的全套铣刀也要比渐开线齿轮多。

4) 渐开线齿轮如果它的压力角相等, 都可以交换啮合。而摆线齿轮的交换条件就要比较复杂。

5) 渐开线齿型的齿, 由于它的强度可以通过修正齿形来提高(即变位齿轮), 所以一般说来, 渐开线齿轮可以比摆线齿轮较强。

根据上面几点来看, 渐开线齿要比摆线齿为好, 所以一般机器上都采用渐开线齿轮。

三 怎样选择铣齿用的伞齿轮铣刀

在万能铣床上铣伞齿轮时, 因为齿的大头与小头的尺寸不同, 而且由于基圆半径不等, 大小头的渐开线形状也不一样, 所以铣削时比正齿轮较为复杂。

铣削时所使用的铣刀切削部分的厚度, 应等于齿轮小头齿槽的宽度, 而铣刀切削部分的曲线形状要与大头的渐开线相同。因此, 这种伞齿轮铣刀与正齿轮铣刀不同。

伞齿轮铣刀每一种径节有一套, 每套有八把; 而每一种模数也有一套, 每套也有八把。但刀号不是按照真正齿数来选择, 而是要按照伞齿轮的假想齿数 z' 来确定。而 z' 可根据下式计算:

$$z' = \frac{z}{\cos \varphi} \quad (1)$$

式中 z —— 齿轮的齿数;

φ —— 齿轮的节锥角。

算出 z' 后, 就可以与选择正齿轮刀号那样, 按表 1 来决定伞齿轮铣刀的刀号。

我们应该知道, 铣刀有顺号与倒号之分。顺号是用于模数铣刀, 也就是号数小的铣刀, 铣齿数少的齿轮; 而号数大的铣齿数

多的齿轮。倒号是用于径节铣刀，它的号数大小与所铣齿数多少的关系。同前恰好相反（如表1）。

〔例〕 一个28齿的伞齿轮，它的模数为3，节锥角为 45° ，那末加工时应该用几号刀？

〔解〕 把 $z = 28$ 及 $\varphi = 45^\circ$ 代入上式就得到：

$$z' = \frac{z}{\cos \varphi} = \frac{28}{\cos 45^\circ} = \frac{28}{0.7071} \approx 40$$

根据表1知道，应该选用模数为3，顺号为六号的伞齿轮铣刀。

表1 铣刀号数及铣削齿数范围

铣刀号数		铣削齿数 范 围	铣刀号数		铣削齿数 范 围
顺号	倒号		顺号	倒号	
一	八	12~13齿	五	四	26~34齿
二	七	14~16齿	六	三	35~54齿
三	六	17~20齿	七	二	55~134齿
四	五	21~25齿	八	一	135至齿条

伞齿轮在工作时齿的大头一带承受大部分的力矩，因此要求大头的齿形较接近于理想的渐开线齿形。也就是说铣刀切削部分的曲线应根据齿的大头渐开线齿形曲线来制造，但是铣刀的厚度又不能大于小头齿槽的宽度。实际上，加工伞齿轮的铣刀正是根据上述要求而制造的。

常用的铣刀虽然一套只有八把但有时也有十五把或二十六把。把数愈多则铣刀刃口的曲线更接近于理想齿形。

四 标准伞齿轮的尺寸计算

伞齿轮又名圆锥齿轮，它是成圆锥形的。为了说明圆锥齿轮的型式，我们首先要明了一个圆锥体是怎样形成的。如图3所示，

假定有一个平面 F ，在它上面先画一个圆 C ，另外有一条直线 AB ，它和平面 F 成一角度，这时当直线的 A 点不动， B 点沿着圆周 C 移动时，那末 AB 线经过的面所成的形状，就是圆锥体。而直线 AB 叫做母线，圆锥体顶部的角叫做锥顶角。

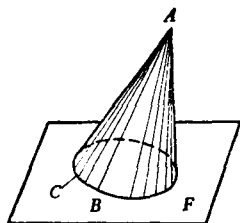


图3 圆锥体形成图。

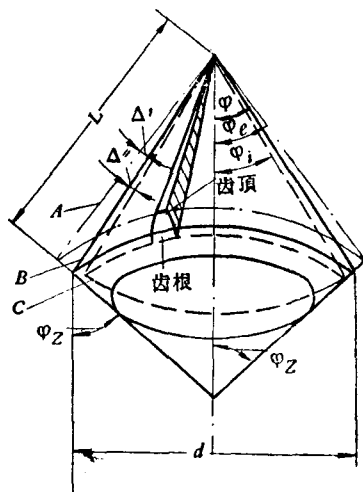


图4 伞齿轮示意图。

图4是一个伞齿轮的示意图。其中只画出了一个齿，现在把各部分名称介绍如下：

节锥 我们知道，正齿轮有外圆、节圆和根圆。而一对正齿轮的节圆是相切的。对于标准齿轮来说，节圆（分齿圆）把齿全高分成两部分，即齿顶和齿根。而对于每个伞齿轮来说，也有三个基本的圆锥，即外锥、节锥和根锥（如图4中的 A 、 B 、 C ）。外锥的顶角最大，根锥的顶角最小。一对互相啮合的伞齿轮，其中大齿轮有一个圆锥面与小齿轮中的一个圆锥面正好相切，这两个圆锥就是节锥。

齿轮在传动时，在节锥上是沒有滑动的。对于标准伞齿轮来说，节锥与分齿圆锥也是重合在一起的。而分齿圆锥（节锥）把

轮齿分为上、下两部分，上面部分叫齿顶，下面部分叫齿根。而节锥顶角的一半叫节锥角，用 φ 代表。

齿坯角 通过轮齿顶面的圆锥叫外锥。它的锥顶角的一半叫齿坯角，用 φ_0 代表。

切削角 通过轮齿根部的圆锥叫根锥。它的锥顶角的一半叫切削角，用 φ_1 代表。

辅助圆锥 轮齿的大头齿形所分布的圆锥，也就是它的母线和节锥母线相垂直的圆锥叫做辅助圆锥。它的锥顶角的一半叫辅助锥角，用 φ_2 代表。

齿顶角 节锥母线与外锥母线间的夹角，就叫做齿顶角，用 Δ' 代表。

齿根角 节锥母线与根锥母线间的夹角，就叫做齿根角，用 Δ'' 代表。

节锥半径 节锥母线的长度叫节锥半径，用 L 代表。

节径 节锥底圆的直径叫节径，用 d 代表。

交角 一对相互啮合的伞齿轮的各部分，如图 5 所示。它们两个轴线相交成一定的角度 θ ，叫做交角。交角可以大于 90° ，或者小于 90° ，但是最常用的是 $\theta = 90^\circ$ （如图 5）。

伞齿轮因为小头齿形的尺寸较小，而大头齿形的尺寸较大，所以大头的模数和小头的模数并不相同。但是，计算伞齿轮的尺寸时则是利用大头的模数。

伞齿轮的齿顶高等于一个模数，齿根高等于 1.2 乘模数，节径 d 仍等于模数乘齿数，伞齿轮各尺寸的计算公式列于表 2。

〔例〕 有一对模数为 3，相交成 90° 的伞齿轮，大齿轮是 60 齿，小齿轮有 30 齿，试求小齿轮的各部尺寸（从锥顶到支承端面之间的距离需要 110 毫米）。

表 2 标准伞齿轮尺寸计算表

顺序号	所求项目		计算说明	计算公式
	名称	代号		
1	齿距	t	3.1416乘模数	$t = \pi m$
2	节锥角	$\theta = 90^\circ$	φ_1 小齿轮节锥角的正切 = $\frac{\text{小齿轮齿数}}{\text{大齿轮齿数}}$	$\text{tg } \varphi_1 = \frac{Z_1}{Z_2}$
			φ_2 大齿轮节锥角的正切 = $\frac{\text{大齿轮齿数}}{\text{小齿轮齿数}}$	$\text{tg } \varphi_2 = \frac{Z_2}{Z_1}$
		$\theta < 90^\circ$	φ_1 $\frac{\text{小齿轮节锥角的正切} = \text{小齿轮齿数乘交角的正弦}}{\text{大齿轮齿数加上小齿轮齿数乘交角的余弦}}$	$\text{tg } \varphi_1 = \frac{Z_1 \sin \theta}{Z_2 + Z_1 \cos \theta}$
			φ_2 $\frac{\text{大齿轮节锥角的正切} = \text{大齿轮齿数乘交角的正弦}}{\text{小齿轮齿数加上大齿轮齿数乘交角的余弦}}$	$\text{tg } \varphi_2 = \frac{Z_2 \sin \theta}{Z_1 + Z_2 \cos \theta}$
		$\theta > 90^\circ$	φ_1 $\frac{\text{小齿轮节锥角的正切} = \text{小齿轮齿数乘交角的正弦}}{\text{大齿轮齿数减去} Z_1 \text{乘}(180^\circ - \text{交角}) \text{的余弦}}$	$\text{tg } \varphi_1 = \frac{Z_1 \sin \theta}{Z_2 - Z_1 \cos(180^\circ - \theta)}$
			φ_2 $\frac{\text{大齿轮节锥角的正切} = \text{大齿轮齿数乘交角的正弦}}{\text{小齿轮齿数减去} Z_2 \text{乘}(180^\circ - \text{交角}) \text{的余弦}}$	$\text{tg } \varphi_2 = \frac{Z_2 \sin \theta}{Z_1 - Z_2 \cos(180^\circ - \theta)}$
3	交角	θ	小齿轮节锥角加大齿轮节锥角	$\theta = \varphi_1 + \varphi_2$
4	节径	d	模数乘齿数	$d = mZ$
5	外径	D_e	齿数加节锥角余弦的两倍后乘上模数	$D_e = m(Z + 2\cos \varphi)$
6	齿顶高	h'	等于模数	$h' = m$
7	齿根高	h^*	1.2乘模数	$h^* = 1.2m$
8	齿全高	h	2.2乘模数	$h = 2.2m$

(續)

順序 号	所 求 項 目		計 算 說 明	計 算 公 式
	名 称	代 号		
9	节錐半徑	L	小齒輪齒數乘模數后被兩倍的 小齒輪节錐角正弦去除 或大齒輪齒數乘模數后被兩倍的 大齒輪节錐角正弦去除	$L = \frac{mZ_1}{2\sin\varphi_1}$ $= \frac{mZ_2}{2\sin\varphi_2}$
10	齒頂角	Δ'	齒頂角的正切 = $\frac{\text{齒頂高}}{\text{节錐半徑}}$ 或 = $\frac{\text{兩倍节錐角的正弦}}{\text{齒數}}$	$\text{tg } \Delta' = \frac{h'}{L}$ $= \frac{2\sin\varphi}{Z}$
11	齒根角	Δ^*	齒根角的正切 = $\frac{\text{齒根高}}{\text{节錐半徑}}$ 或 = $\frac{2.4 \text{ 乘节錐角的正弦}}{\text{齒數}}$	$\text{tg } \Delta^* = \frac{h^*}{L}$ $= \frac{2.4\sin\varphi}{Z}$
12	齒坯角	φ_e	节錐角加齒頂角	$\varphi_e = \varphi + \Delta'$
13	切削角	φ_i	节錐角減齒根角	$\varphi_i = \varphi - \Delta^*$
14	輔助錐角	ϕ_x	90° 減节錐角	$\phi_x = 90^\circ - \varphi$
15	齒面長	b	一般可採取等於节錐半徑的三 分之一	
16	从錐頂到 外圓尖端 的 距 离	l_1	从錐頂到外圓尖端 = 模數乘 的 距 离 (小齒輪的) ($\frac{\text{大齒輪齒數} - \text{大齒輪节錐}}{2}$ 角 的 余 弦)	$l_1 = m \left(\frac{Z_2}{2} - \cos\varphi_2 \right)$
17	从錐頂到 支 承 端 面 之 間 的 距 离	q	根据齒輪的結構確定	
18	从支 承 端 面 到 外 圓 之 間 的 距 离	K	等於 q 減 l	$K = q - l$
19	齒輪高度	H	H 等於 K 加上齒坯角余弦乘齒 面長	$H = K + b \cos\varphi_e$

【解】小齿轮的各部尺寸按照表 2 的计算公式,列表计算如下:

順序 号	所求項目		計 算 公 式 及 運 算
	名 称	代 号	
1	齿 距	t	$t = \pi m = 3.1416 \times 3 = 9.4248$ 毫米
2	节錐角 ($\theta = 90^\circ$)	φ_1	$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{30}{60} = 0.5 \quad \therefore \varphi_1 = 26^\circ 34'$
		φ_2	$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{60}{30} = 2 \quad \therefore \varphi_2 = 63^\circ 26'$
3	交 角	θ	因題中已給出, 所以不用求
4	节 徑	d	$d = mZ = 3 \times 30 = 90$ 毫米
5	外 徑	D_e	$D_e = m(Z + 2 \cos \varphi) = 3(30 + 2 \times \cos 26^\circ 34')$ $= 3(30 + 2 \times 0.8944) = 95.366$ 毫米
6	齿頂高	h'	$h' = m = 3$ 毫米
7	齿根高	h^*	$h^* = 1.2m = 1.2 \times 3 = 3.6$ 毫米
8	齿全高	h	$h = 2.2m = 2.2 \times 3 = 6.6$ 毫米
9	节錐半徑	L	$L = \frac{mZ}{2 \sin \varphi} = \frac{3 \times 30}{2 \times \sin 26^\circ 34'} = \frac{90}{2 \times 0.44724} = 100.62$ 毫米
10	齿頂角	Δ'	$\operatorname{tg} \Delta' = \frac{2 \sin \varphi}{Z} = \frac{2 \times \sin 26^\circ 34'}{30} = \frac{2 \times 0.44724}{30}$ $= 0.02982 \quad \therefore \Delta' = 1^\circ 43'$
11	齿根角	Δ^*	$\operatorname{tg} \Delta^* = \frac{2.4 \sin \varphi}{Z} = \frac{2.4 \times \sin 26^\circ 34'}{30} = \frac{2.4 \times 0.44724}{30}$ $= 0.03578 \quad \therefore \Delta^* = 2^\circ 3'$
12	齿坯角	φ_e	$\varphi_e = \varphi + \Delta' = 26^\circ 34' + 1^\circ 43' = 28^\circ 17'$
13	切削角	φ_i	$\varphi_i = \varphi - \Delta^* = 26^\circ 34' - 2^\circ 3' = 24^\circ 31'$
14	輔助錐角	ϕ_s	$\phi_s = 90^\circ - \varphi = 90^\circ - 26^\circ 34' = 63^\circ 26'$
15	齿面长	b	可以选取等于 $\frac{L}{3} = \frac{100.62}{3} \approx 34$ 毫米

(續)

順序 号	所求項目		計 算 公 式 及 運 算
	名 稱	代 号	
16	从錐頂到外圓尖端的距離	l_1	$l_1 = m \left(\frac{Z_2}{2} - \cos \varphi_2 \right) = 3 \left(\frac{60}{2} - \cos 63^\circ 26' \right) = 91.342 \text{ 毫米}$
17	从錐頂到支承端面之間的距離	q	按結構題中已確定 $q = 110 \text{ 毫米}$
18	从支承端面到外圓之間的距離	K	$K = q - l_1 = 110 - 91.342 = 18.658 \text{ 毫米}$
19	齒輪高度	H	$H = K + b \cos \varphi = 18.658 + 34 \cos 26^\circ 34' = 49.067 \text{ 毫米}$

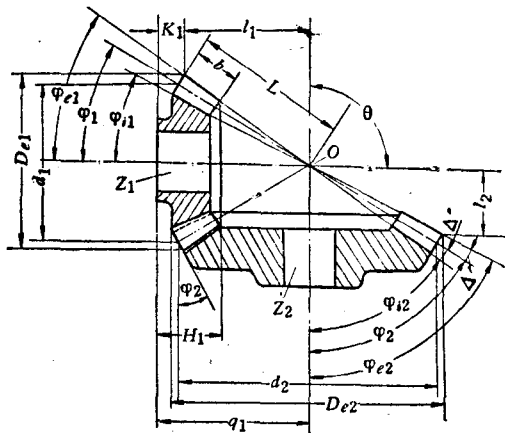


图 5 傘齒輪各部分尺寸。

傘齒輪的工作圖上，除了注明尺寸、公差、光洁度符号以外，还須注明齒輪的啮合特性、精度等級、允許誤差及技術要求等。现在就將上述各項按照工作圖 6 所要求的举例注明如下：

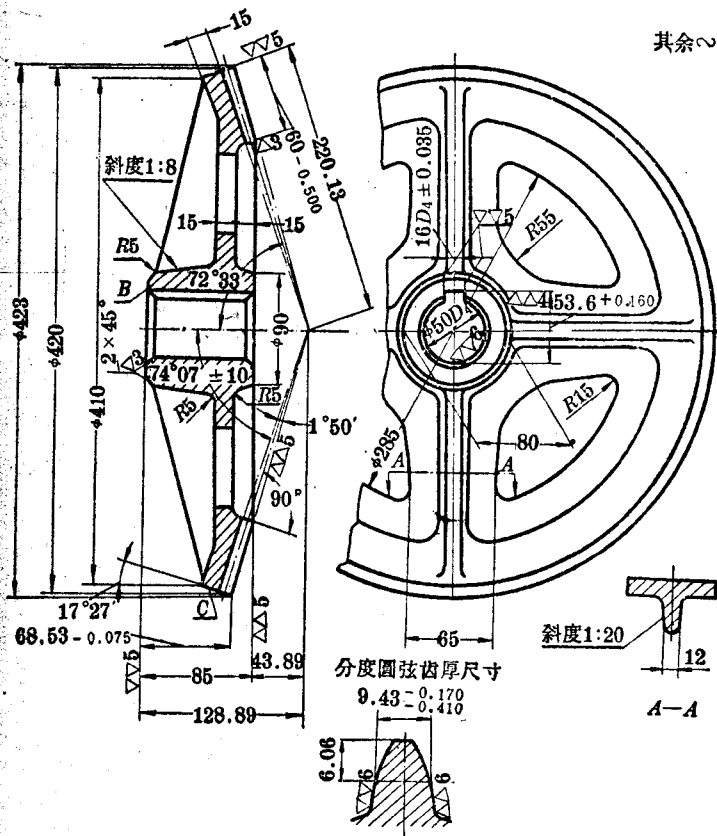


图6 伞齿轮工作图。

啮合特性

齿数 $Z = 70$

模数 $m = 6$

刀具压力角 $\alpha_0 = 20^\circ$

齿高系数 $f = 1$

原始齿形位移系数 $\xi = 0$

齿高 $h = 13.2$

精度等级 级 9-8 8 Dc JB 180 60

周节累积误差的公差 $\delta'_z =$ 齿圈跳动公差 $\delta'_r = 0.200$

周节差的公差 $\delta'_f = 0.038$

技 术 要 求

1. 材料应符合 JB 300-62 中的有关规定;
2. 未注铸造半径的均为 3~5 毫米;
3. 基准端面“B”的端面振摆 E_T 不大于 0.060 毫米;
4. C 面对 $\phi 50 D$ 孔面的跳动不大于 0.050 毫米;
5. 未注极限偏差的尺寸按 GB 159 59 中 8 级制造精度;
6. 键槽对轴线的歪斜沿槽长不得大于 0.043 毫米。

此外工作图上还必须在标题栏内注明零件名称、材料代号、零件重量、尺寸比例、图号、件数等等有关的项目。

操作者在加工前必须看清图纸，弄清与本工种有关的各处尺寸和它的公差。如果有疑问，必须立即向有关人员问明后，才能够进行加工，以免发生返工或产生废品。

五 铣削前的准备工作

1 检查铣床

在开动铣床以前，应预先检查各活动部分和用螺钉联接部分是否松紧合适；应该加油的机件是否有缺少润滑油的现象。如果有不灵活或不准确的地方，应加以调整，以防止机床临时发生故障和废品的产生。同时要注意必需应用的刀具和工夹具等是否齐

全。刀具和工夹具必须证明检查合格，才准许使用。

2 安装分度头和分度计算法

一、安装分度头 准备好分度头及其附属各件，将分度头放在铣床工作台上，并用键把它固定在台面的T形槽中；然后用标准圆棒放入分度头的主轴圆锥孔中，再用千分表沿它的伸出部分检查它是否与工作台的T形槽平行。如果不平行必须将分度头的位置重行校正。同时必须注意，在做这一工作以前，各接触面必须擦净。

二、分度计算法 铣床常用的分度头有两类。甲类：分度板只有一块，但在正面和反面全有孔眼。正面有下列几圈孔：24、25、28、30、34、37、38、39、41、42和43；反面的几圈孔是：46、47、49、51、53、54、57、58、59、62和66。乙类：共有三块分度板。第一块上的孔数为15、16、17、18、19和20；第二块上的孔数为21、23、27、29、31和33；第三块上的孔数为37、39、41、43、47和49。在铣齿前应把分度板调整好，或换上所需要孔数的分度板。一般常用的分度头蜗杆是单头的，蜗轮有40齿，所以手柄转40转时蜗轮才转一转。如果铣40齿的齿轮，每铣一齿分度头手柄应转 $\frac{40}{40} = 1$ 转。要铣20齿的齿轮，每铣一齿手柄应转 $\frac{40}{20} = 2$ 转。所以可得下列公式

$$\frac{\text{分度头蜗轮齿数}}{\text{所铣齿数}} = \frac{\text{每铣一个齿槽摇过的孔数}}{\text{所选择的分度板孔数}} \quad (2)$$

再如要铣30齿的齿轮，每铣一齿手柄应转 $\frac{40}{30} = 1\frac{1}{3}$ 转。因为这时要摇的 $\frac{1}{3}$ 转不是整转，应利用分度板来计数。象上例那样要摇 $\frac{1}{3}$ 转，如果应用甲类分度头，那末，可在24孔的一圈上转过8个孔距；或者在30孔的一圈上转过10个孔距。假如使用乙类分度头，那末也可以在15孔的一圈上转过5个孔距，或者在18、