
工业技术资料

第 118 号

上海人民出版社出版

(上海绍兴路 5 号)

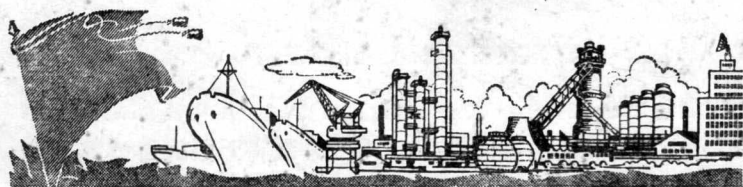
新华书店上海发行所发行 上海市印刷三厂印刷

1972 年 9 月第 1 版 1972 年 11 月第 1 次印刷 定价 0.03 元

印数 1—32,000

45° 螺旋内齿轮的车床加工

上海閩新纺织机械厂



工业技术资料

第118号

上海人民出版社

45° 螺旋内齿轮的车床加工

在毛主席革命路线指引下，为了满足社会主义建设和人民生活的需要，打一场化纤生产的翻身仗，我厂曾经承担了部分化纤设备的生产任务。其中有个关键的模具零件——压制大量尼龙 1010 螺旋齿轮的“45° 螺旋齿轮型腔”（见图 1 45° 螺旋齿轮型腔和压制出的尼龙 1010 螺旋齿轮）。我厂是一个中小型的机械厂，就目前的条件来看，缺少加工螺旋内齿轮的设备和加工螺

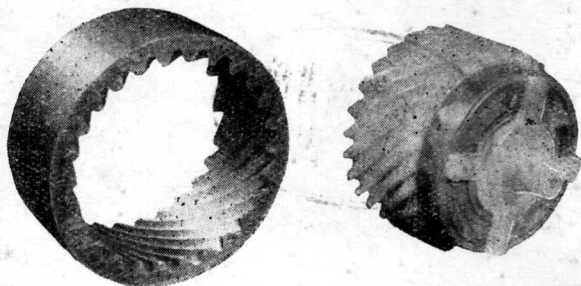


图 1 45° 螺旋齿轮型腔和压制出的尼龙 1010 螺旋齿轮

旋内齿轮的经验。我们在接受这个任务后，以毛主席的哲学思想为武器，遵照毛主席的教导：“人民群众有无限的创造力。”开展思想和政治路线方面的教育，认识到机器毕竟是死东西，再好的机器也比不上发挥了主观能动性的人那样灵活，那样有创造性。我们批判了刘少奇一类骗子推行的“爬行主义”，在生产中充分发挥人的主观能动作用，正确处理人和物的关系。我们组织了以工人为主体的，由领导干部和技术人员参加的三结合小组，

发扬大庆人“有条件要上，没有条



文

4160356192

件、勇于实践的革命精神，在C62-1普通车床上加工出了45°螺旋齿轮型腔，胜利地完成了该项任务。

下面主要介绍我们在C620-1普通车床上加工螺旋内齿轮的实践中的体会，供广大工交战线上的车工同志们参考。由于我们对毛主席的哲学思想学得不够，对在车床上加工螺旋内齿轮的经验体会还是很肤浅的，希望读者阅后向我们提出宝贵的意见。

螺旋内齿轮简称“内斜齿轮”，是内啮合齿轮传动的零件。内斜齿轮在机械传动结构中的应用是比较少的，但是随着我国社会主义革命和社会主义建设的日益发展和科学技术水平的不断提高，内斜齿轮的应用也越来越多。我厂在化纤设备制造任务中要制造的一套尼龙螺旋齿轮注射模，其中有一只关键零件——45°螺旋齿轮型腔，这个型腔零件实际上也相当于是45°螺旋角的内斜齿轮。

内斜齿轮的加工方法，一般是在装有螺旋靠模（亦称螺旋导轨）的插齿机上用斜齿插齿刀加工的。标准的斜齿插齿刀一般只有15°和23°两种螺旋角的规格，能加工斜齿轮的插齿机一般也只配备这两种常用规格的螺旋靠模。如果要加工这两种螺旋角以外的斜齿轮，一方面要配制相应螺旋导程的靠模，另一方面则必须专门设计和制造专用的斜齿插齿刀，然后才能在插齿机上加工出所要求的内斜齿轮。由于这种机床和刀具等因素的限制，目前内斜齿轮的设计也往往要局限在15°和23°这两种规格之内。但是，随着生产的不断发展和需要，内斜齿轮的应用逐渐增多，它的螺旋角也根据不同的要求不能再局限在这两种规格之内。为了解决45°螺旋齿轮型腔这个内斜齿轮的加工问题，我们曾经设想过许多方法，例如：插齿机上加工，电火花加

工,在普通插床上逐齿插削,精密失蜡浇注,电铸法以及车床上加工等等。后来,为了有利于尼龙注射模的迅速上马和更适合我厂的生产实际,我们选择了在普通车床上来加工内斜齿轮。

当我们决心采用普通车床来加工内斜齿轮这个新方法后,我们就面临着一系列的问题。为着解决这些问题,我们遵循毛主席在《矛盾论》这篇光辉著作中的教导去分析、研究,去“发现一事物内部的特殊性和普遍性的两方面及其互相联结,发现一事物和它以外的许多事物的互相联结。”本来内斜齿轮是属于齿轮传动的零件,但是从车床加工的角度来看它,实质上相当于一个头数等于齿轮端面齿数的、法向截形为渐开线齿形的多头蜗杆内螺纹。由于它与螺纹有着某种程度上的共性,因此为我们提供了在车床上加工内斜齿轮的可能性。但是它也具有自己的特性,即头数多,螺旋导程大,齿形复杂,测量较困难等。现在就向大家介绍一下我们经过克服了许多困难之后是怎样解决了

45°螺旋角、26牙螺旋齿轮型腔的车床加工问题。

我们试制的尼龙螺旋齿轮注射模的型腔如图2所示。

它相当于一个内斜齿轮,这个内斜齿轮在节径上的导程:

$$\begin{aligned} L &= \pi \times \text{节径} \times \text{ctg } 45^\circ \\ &= \pi \times 82.76 \times 1 \\ &= 260 \text{ 毫米} \end{aligned}$$

型腔齿数是26牙,即相当于26个头的蜗杆内螺纹,它在法向截面上是渐开线齿形。

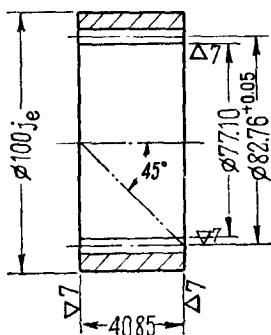


图2 45°螺旋齿轮型腔

齿形参数: 模数 2.25, 齿数 26 牙,
螺旋角 45°

材 料: 45*

数 量: 左右旋各一件

毛主席教导说：“我们不但要提出任务，而且要解决完成任务的方法问题。”为了加工这个模数 M 为 2.25、 45° 螺旋角、节径为 $\phi 82.76$ 毫米的型腔内斜齿轮，必须解决几个主要的工艺问题：

根据螺旋导程计算和配制挂轮；

机床的减速装置；

分头方法及其计算；

刀具及对刀装置；

测量的方法；

下面分别加以叙述。

根据螺旋导程计算和配制挂轮

按照型腔齿形参数的计算，它的螺旋导程为 260 毫米，我们是在 C620-1 普通车床上加工的，该型号车床走刀箱铭牌上最大的可加工螺距为 192 毫米，因此必须计算和配制挂轮，挂轮的计算公式如下：

$$i = \frac{L_{\text{工件}}}{192} \times i_{\text{原}}$$

上式中 192 是指 C620-1 车床走刀箱铭牌上最大的可加工导程。 $i_{\text{原}}$ 指车床的基本的挂轮传动比，C620-1 车床为 42/100。

$$\text{因此， } i = \frac{260}{192} \times \frac{42}{100} = \frac{130}{96} \times \frac{42}{100} = \frac{42}{100} \times \frac{130}{96}$$

用这种方法计算挂轮的优点是计算所得的四只挂轮中，可以利用原有的两只齿轮（42 牙和 100 牙），这样可以减少挂轮配制的工作量。但是当被加工导程超过机床的最大可加工螺距相当多的情况下，用上述计算得出的挂轮的中心距往往要超出挂轮架的调整范围而无法安装。在这种情况下就可按照直连丝杆的挂轮计算方法来求挂轮比。此种方法虽是最基本的，但比较

灵活,并可以随意选配中心距适当的挂轮。

直连丝杆的挂轮计算方法如下:

$$i = \frac{A \text{ 轮}}{B \text{ 轮}} \times \frac{C \text{ 轮}}{D \text{ 轮}} = \frac{\frac{L_{\text{工件}}}{32}}{t_{\text{丝杆}}} \quad (\text{注})$$

式中: $L_{\text{工件}}$ ——工件(内斜齿轮)的螺旋导程;

32——是C620-1车床上增大螺距的最大倍数;

$t_{\text{丝杆}}$ ——车床丝杆的螺距(C620-1车床是12毫米)。

$$\begin{aligned} \text{所以 } i &= \frac{A \text{ 轮}}{B \text{ 轮}} \times \frac{C \text{ 轮}}{D \text{ 轮}} = \frac{\frac{260}{32}}{12} = \frac{8.125}{12} = \frac{32.5}{48} = \frac{32.5 \times 39}{48 \times 39} \\ &= \frac{32.5 \times 13}{16 \times 39} = \frac{65 \times 26}{32 \times 78} = \frac{130 \times 26}{64 \times 78} = \frac{52 \times 130}{128 \times 78} \end{aligned}$$

根据上面计算的结果, A 轮(即与车头箱相连的主动挂轮)为52牙, B 轮为128牙, C 轮为130牙(B 轮与 C 轮系通过键联结起来的双联过桥挂轮), D 轮(即与丝杆直连的被动挂轮,它还用作分头用)为78牙。

上述这个计算方法是以增大螺距32倍为基数计算的,因此按这四种齿轮(A 、 B 、 C 、 D)配制四只挂轮,加工时要把手柄位置放在“加大”的位置,并且按照直连丝杆选择走刀箱的手柄位置。这样虽然在计算中是按假想的工件导程8.125毫米计算挂轮比的,但是由于车头箱内增大螺距32倍的缘故,就得到了260毫米的实际需要加工的导程。

注:此式是利用C620-1车床增大螺距的最大倍数(32),在加工导程相当大时可以减小挂轮比;一般直连丝杆的计算是不考虑增大螺距,所以它的计算公式是:

$$i = \frac{A \text{ 轮}}{B \text{ 轮}} \times \frac{C \text{ 轮}}{D \text{ 轮}} = \frac{L_{\text{工件}}}{t_{\text{丝杆}}}$$

机床的减速装置

伟大领袖毛主席教导我们：“人们要想得到工作的胜利即得到预想的结果，一定要使自己的思想合于客观外界的规律性”。在车床上加工大导程的螺纹，由于大拖板走刀的轴向移动速度超过了主轴回转的线速度，因此必须考虑加装一套减速装置。我们在加工内斜齿轮型腔时，是使 C620-1 车床最慢一档转速从 12 转/分降低到 2~3 转/分，这套就地取材、因陋就简地进行改装的减速装置比较简单灵活（如图 3 所示）。考虑到车床正常工

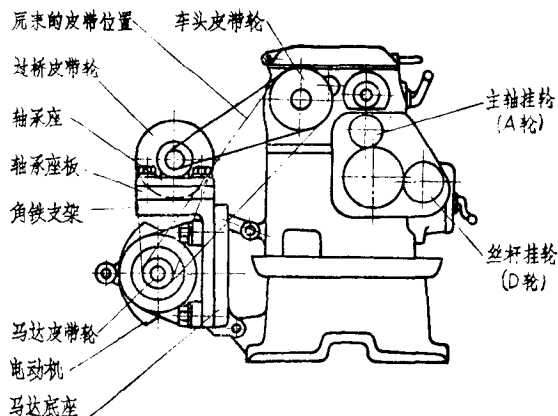


图 3 简易的减速装置

作和减速这两方面的需要，所以它不改变电动机皮带轮和车头皮带轮的原来位置，只是在原来的电动机底座上加一块角铁作为轴承座板的支架，轴承座板上装有减速用的过桥皮带轮。轴承座板在角铁支架上可以在水平方向左右转动，若不需要翻慢车头而恢复正常工作的转速时，只要把轴承座板转过 90° ，使过

桥皮带轮让开,换上原来的三角带(如图3中虚线所示的三角带位置)就可以恢复原来的车头转速。这套减速装置对于加工大模数或大螺距的其他螺纹也很适用。

如果有现成的减速箱,就可以拆去原来的电动机,用减速箱的输出皮带轮直接带动车头皮带轮,也可以同样达到减速的效果。

分头方法及其计算

在车床上加工内斜齿轮的关键问题之一就是分头精度问题。如果分头误差过大,那就会直接影响内斜齿轮的质量。一般在车床上加工多头螺纹是用小拖板的位移来分头的,但是这个内斜齿轮的头数多(26个头),而且导程又相当大,已经超过了小拖板的最大移动范围,所以就不能用小拖板进行分头。我们是采用丝杆挂轮分头的方法进行分头的。这种分头方法的原理是当车头不转动,单独使丝杆转动从而使车刀轴向位移整个螺旋导程的 $1/26$ 的距离(即 $260/26$ 毫米),这样就分好了一个头。为了使车头不转而只使丝杆转动,分头时就要使挂轮脱开,用手扳转丝杆挂轮单独转过一定的齿数,以达到带动刀架轴向位移所需要的距离的分头目的。丝杆挂轮转过的分头齿数的计算方法如下:

$$\text{分头齿数 } z = \frac{\text{工件齿距 } t_{\text{工件}}}{\text{丝杆螺距 } t_{\text{丝杆}}} \times \text{丝杆挂轮齿数}$$

$$\text{式中: 工件齿距 } t_{\text{工件}} = \frac{\text{工件导程 } L_{\text{工件}}}{\text{工件头数}} = \frac{260}{26};$$

丝杆螺距 $t_{\text{丝杆}}$ ——C620-1 车床为 12 毫米;

丝杆挂轮齿数——根据挂轮计算选定的 D 轮齿数是 78 牙。

以上述数据代入前式, 即得:

$$\text{分头齿数 } z = \frac{\frac{260}{26}}{\frac{12}{12}} \times 78 = \frac{10}{12} \times 78 = \frac{5}{6} \times 78 = 65 \text{ 牙}$$

用丝杆挂轮进行分头的操作是在加工过程中进行的, 当车好一齿后, 停车并使挂轮架(通常叫做扇子板)上的过桥齿轮与丝杆挂轮(即 78 牙 D 轮)脱开, 然后做好记号, 用手将丝杆挂轮转过 65 牙, 再使过桥齿轮与它啮合, 这样就完成了一次分头的工作(见图 4 所示)。以此类推, 就可以逐步地进行整个 26 个头的分头工作。

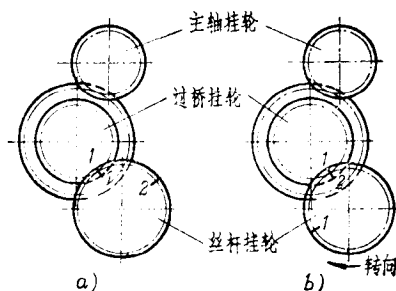


图 4 利用丝杆挂轮进行分头

a—作好记号; b—转动后啮合情况

毛主席指出: “世界上的事情是复杂的, 是由各方面的因素决定的。”从前面谈到的分头齿数的计算中可以看出, 如果工件导程和分头数以及在挂轮计算中选定的丝杆挂轮(即 D 轮)齿数变动, 那么在分头齿数计算中得出的数值很可能不是整数。而实际上进行分头的过程中, 丝杆挂轮转过的分头齿数只能是整数, 这样就会形成分头的理论计算误差。这就是说, 在根据工件导程计算和配制挂轮时, 选择 A 、 B 、 C 、 D 四只挂轮的齿数, 特别

是 D 轮 (丝杆挂轮) 的齿数对于分头齿数的计算是否会产生分头误差有很大的影响。所以我们在进行挂轮计算时, 必须考虑到所选择的丝杆挂轮的齿数要能在以后的分头齿数的计算中, 使得算出的分头齿数值是整数, 至少也要是非常接近整数。为了达到这个消除分头误差的目的, 可以采用倒算的方法, 即先作分头齿数的计算, 以此来套算出能使分头齿数为整数的 D 轮的齿数值, 然后再以这个 D 轮的齿数在挂轮计算中求出其他 A 、 B 、 C 三只挂轮的齿数。为了说明问题, 我们就以加工 26 牙的螺旋齿轮型腔为例:

在分头齿数的计算中,

$$\begin{aligned}\text{分头齿数 } z &= \frac{\frac{260}{26}}{\frac{10}{12}} \times z_{D\text{轮}} = \frac{10}{12} \times z_{D\text{轮}} = \frac{5}{6} \times z_{D\text{轮}} \\ &= \frac{50}{60} \times z_{D\text{轮}} = \frac{75}{90} \times z_{D\text{轮}}\end{aligned}$$

在上式中, 我们取 $z_{D\text{轮}} = 90$ 牙, 那末:

$$\text{分头齿数 } z = \frac{75}{90} \times 90 = 75 \text{ 牙}$$

也就是说, 当丝杆挂轮选为 90 牙时, 在分头齿数计算中所得出的分头齿数是 75 牙 (也是整数), 这时挂轮的计算就如下式所示:

$$i = \frac{A \text{ 轮}}{B \text{ 轮}} \times \frac{C \text{ 轮}}{D \text{ 轮}} = \frac{\frac{260}{32}}{\frac{8.125}{12}} = \frac{65}{96} = \frac{65}{96} \times \frac{90}{90}$$

这里所得的计算结果, 若在挂轮搭配中中心距没有问题的话, 就可以按这四种齿数配制四只挂轮, 同样利用车床的 32 倍增增大螺距搭出 260 毫米的导程。而在分头工作中, 就是单独使 90 牙的丝杆挂轮转过 75 牙, 也同样达到了分 26 个头的目的。

这种计算方法的要点是,先在分头齿数计算中把 $\frac{26}{12}$ 约分至最小的分数($\frac{5}{6}$),然后再扩大至适当的齿数。所谓适当的齿数,就是要考虑在挂轮搭配中是否会超出挂轮架中心距的调整范围。如果不超出这个范围,虽然选定的挂轮齿数可以不同,但是挂轮比仍旧是相同的,所以效果也是相同的。

利用丝杆挂轮进行分头的方法,对于加工批量少,分头精度要求不太严格的内斜齿轮比较简便合适。如果工件的批量较大,齿距的等分要求比较高,就可以做一套利用齿轮(或分度板)分头的专用工具来进行分头的工作。

图5所示的工具是一种比较简单的夹具,它既能夹固工件,又能进行正确的分头工作。

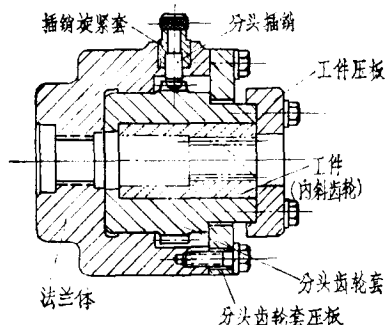


图5 用齿轮分头的夹具

这套工具的工作原理是:

法兰体通过螺孔旋在车头主轴上,分头齿轮套上有一个轴肩与法兰体上的定位孔正确地配合。分头齿轮套的内孔是用来定位工件的,它与轴肩外径是同心的,这样就可以保证工件与车

头主轴的同心度。松开齿轮套压板、旋出分头插销,分头齿轮套就可以自由转动。当转过需要的齿数后,将分头插销旋入并插紧在要求的齿槽内,然后用齿轮套压板把分头齿轮套压紧,这样就完成了一次分头的工作。工件是定位在分头齿轮套的内孔中,为了使工件与齿轮套的内孔保持准确的配合,工件的外径应该规定适当的工艺公差。用工件压板把工件压紧,就可以进行加工,在整个加工过程中不得松开工件压板,并且还要随时注意防止工件的走动。分头齿轮套上的分度齿轮是在滚齿机上加工出来的,它的齿数最好是工件(内斜齿轮)齿数的2~3倍,这样可以缩小分度齿轮本身的制造误差对工件的影响。(当然分度齿轮也不宜过大,否则这将会使夹具结构过份笨重。)

刀具及对刀装置

在车床上加工内斜齿轮,必须磨制符合法向渐开线齿形要求的成形车刀以及相应的特殊刀排。磨制车削内斜齿轮用的成形车刀的成形是比较复杂的,照理需要在成形磨床上经过投影放大等一系列措施才能磨出正确的渐开线齿形,但是我厂没有这样的设备条件,我们就靠手工来刀磨车刀的成形,通过样板检查,磨出的成形车刀同样能基本上符合齿形的要求。

成形车刀见图6所示,它的前角是 18° ,前面的形状是凹的

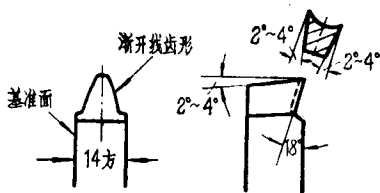


图6 成形车刀

圆弧面(月牙槽),它的优点是切削负荷轻,出屑顺利,加工光洁度高。但是车刀有了 18° 的前角,就会产生成形的变异(成形的变异是随前角的增大而加剧),照理为了保持齿形

的正确,前角磨成 0° 就不会产生齿形误差,但是我们加工的型腔内斜齿轮光洁度要求 $\nabla 7$ 以上,为了有利于提高加工光洁度,我们还是采用 18° 前角,并且把前面磨成月牙槽的形状。至于齿形的变异而造成的误差可以用修正磨刀样板的成形或修正车刀的成形来解决。由于磨刀样板进行修正的理论计算相当繁复,在样板的制造上也很困难,所以我们是通过用成形工作样板检查车出的齿槽,并据此来修正车刀的成形,使车出的齿槽与工作样板正确地吻合,这样也能保证工件齿形的正确性。

成形车刀刃磨的步骤见图 7 所示。我们是用 14 毫米(方)的车刀钢来磨制成形车刀的。

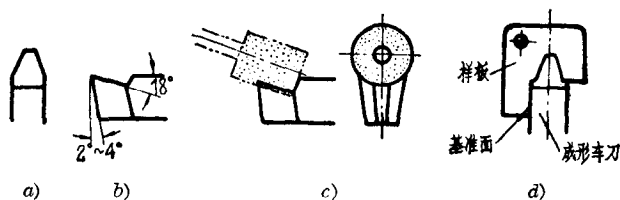
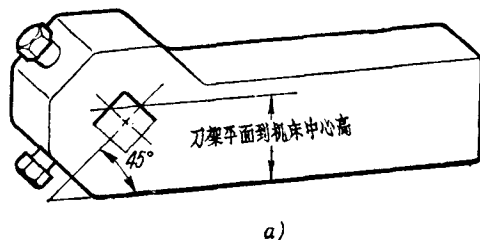


图 7 成形车刀的刃磨步骤

a—粗磨; b—磨前后角; c—磨 18° 前角的月牙槽; d—精磨渐开线齿形

为了车削 45° 螺旋角的成形齿槽,成形车刀的前面也必须相应地倾斜 45° ,所以要用特殊的刀排来夹固成形车刀。特殊刀排可分刚性刀排和弹性刀排两种(见图 8 所示)。



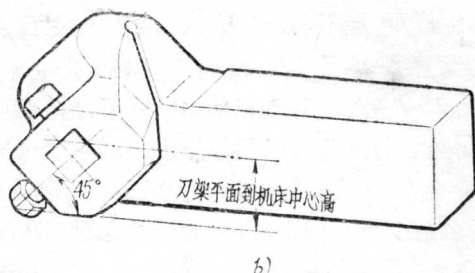


图8 车内斜齿轮的刀排
a—刚性刀排； b—弹性刀排(右旋)

图8a为刚性刀排，它的优点是制造方便。但是用刚性刀排加工内斜齿轮时，加工的光洁度较差，而且容易引起“梗刀”现象，同时用刚性刀排对机床的刚性也要求高，并且机床各纵横拖板的塞铁必须调整得相当紧。根据我们的实践，用弹性刀排加工型腔内斜齿轮比较好(见图9弹性刀排(左旋)和加工好的型腔内斜齿轮)。不过弹性刀排形状比较复杂，制造也就比较困难。

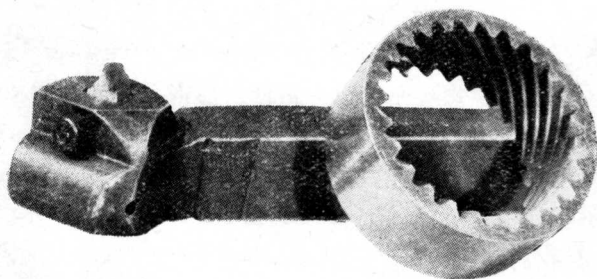


图9 弹性刀排(左旋)和加工好的型腔内斜齿轮

在制造弹性刀排时要注意方孔的中心位置，必须使成形车刀的前面的中心线高度与车床刀架平面到机床的中心高相同，否则加工出来的齿形就有“困牙现象”。另外方孔的后半段(指弹

性槽后面的部分)比前半段有弹性的部分要大1~2毫米,尤其是上面要大1毫米以上,这样才能保证车刀在切削过程中弹性震动的自由。方孔倾斜 45° 要注意螺旋的方向(左或右),划线要正确,并且要特别注意方孔中装成形车刀基准面的一个面的垂直性和直线性。因为成形车刀在磨成形时,是按照基准面来测量成形的,成形车刀装到刀排的方孔中后,就要靠方孔上的基准面来保证车刀成形的半角误差尽可能地小,这样,在一次校正后,在加工过程中磨刀、校刀的辅助时间可以减少。

成形车刀装夹在刀排上后,为了使车刀的成形的中心高度与机床中心高相符,就要用对刀装置来校对车刀的安装位置是否正确。如果刀具安装的中心高不对或者两面不对称,就会使车出的齿形歪斜(即困牙现象)。

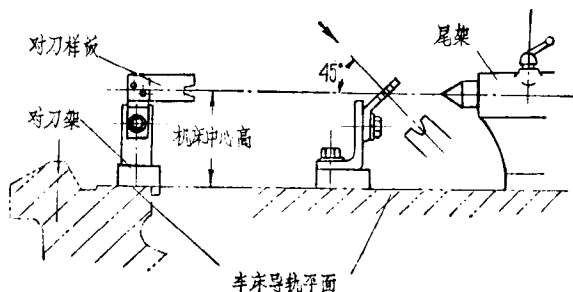


图10 对刀装置

对刀装置很简单(如图10所示),在对刀架底座上,通过弯成“角尺”形的扁铁把对刀样板倾斜固定在对刀架上。对刀样板齿形的中心线要同机床的中心高一样,这样就能保证成形车刀安装的中心高度与机床的中心高相同。对刀样板上齿形的中心线(做样板的基准线)是在车床上根据尾架中心高划出的。

在加工过程中,当成形车刀每次刃磨后重新安装在刀排上