

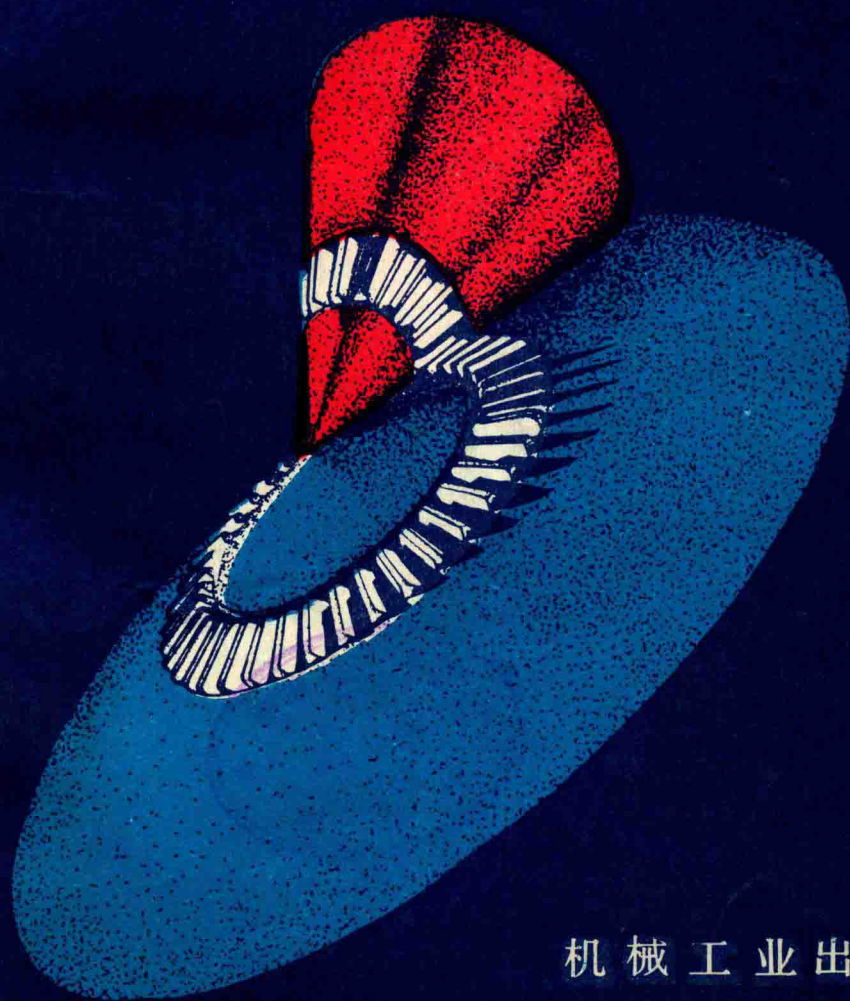
格利森锥齿轮技术资料

译文集

第五分册

格利森锥齿轮加工方法及轮齿接触分析

天津齿轮机床研究所编译



机械工业出版社

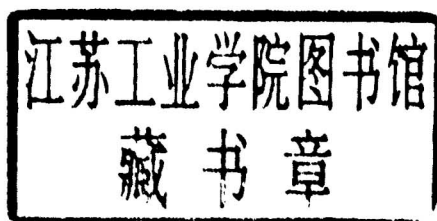
格利森锥齿轮技术资料

译文集

第五分册

格利森锥齿轮加工方法及轮齿接触分析

天津齿轮机床研究所 编译



机械工业出版社

格利森锥齿轮技术资料译文集

第五分册

格利森锥齿轮加工方法及轮齿接触分析

天津齿轮机床研究所 编译

✱

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第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·新华书店经售

✱

开本 787×1092 $\frac{1}{16}$ · 印张 $10\frac{1}{2}$ · 字数 256 千字

1982 年 5 月北京第一版·1982 年 5 月北京第一次印刷

印数 0,001—2,600 · 定价 1.10 元

✱

统一书号：15033·5206

译者的话

一九七三年以来,我国引进了美国格利森公司的机床和刀具,附带了一些技术资料,以后该公司又陆续提供了一些资料。此外,美国1978年出版了鲍里斯(Boris.A.shtipelman)所著《准双曲面齿轮的设计与制造》(Design and Mannfacture of Hypid Geass)一书。为了发挥这些资料和图书的作用,由天津齿轮机床研究所、北京齿轮厂和西安交通大学联合将这些资料有选择地进行编译,以译文集的形式出版,供从事锥齿轮及锥齿轮机床的设计、制造、基础理论研究的广大读者参考,满足科研、设计和生产的需要。

本译文集共分六个分册:第一分册为锥齿轮啮合及加工原理;第二分册为格利森锥齿轮设计及计算;第三分册为格利森锥齿轮强度分析及计算;第四分册为格利森锥齿轮加工机床及刀具;第五分册为格利森锥齿轮加工方法及轮齿接触分析;第六分册为格利森锥齿轮装配及检验。

本册是第五分册,主要内容为格利森锥齿轮和准双曲面齿轮的加工及轮齿接触分析。

在本书编译过程中,许多同志曾给予热情支持和帮助,在此一并致谢。由于编译者水平所限,文中难免存在错误和不当之处,恳请读者批评指正。

——编译者

目 录

锥齿轮及准双曲面齿轮制造.....	(1)
在格利森机床上加工弧齿锥齿轮、零度齿锥齿轮及准双曲面齿轮的切齿方法.....	(30)
锥齿轮试切.....	(41)
加工成形法大轮的格利森粗铣精拉法.....	(57)
螺旋成形法.....	(59)
双重切削法.....	(61)
统一刀盘法.....	(62)
格利森多用刀盘法.....	(72)
等高齿齿轮和格利森等高齿大轮成形法.....	(73)
螺旋运动.....	(76)
弧齿锥齿轮及准双曲面齿轮的螺旋范成.....	(78)
格利森螺旋运动法制度.....	(86)
弧齿锥齿轮及准双曲面齿轮的双重螺旋范成.....	(88)
弧齿锥齿轮及准双曲面齿轮的刀倾范成.....	(96)
弧齿锥齿轮范成修正滚动.....	(98)
弧齿锥齿轮及准双曲面齿轮的研齿.....	(101)
轮齿接触分析.....	(113)
弧齿锥齿轮及准双曲面齿轮齿面的精确确定.....	(122)
锥齿轮和准双曲面齿轮错位对轮齿作用的影响.....	(132)
弧齿锥齿轮及准双曲面齿轮的调整特性.....	(134)
轮齿接触分析在拖拉机锥齿轮传动上的应用.....	(145)
小轮控制参数说明.....	(162)

锥齿轮及准双曲面齿轮制造^①

——生产精密齿轮的工具及技术

一、序 言

在良好的现代锥齿轮加工机床上切削高精度齿轮时，轮坯必须是精密的，机床调整应该正确，同时所使用的切削刀具及工件夹紧心轴也要合乎要求。如果齿轮在切齿后，仍在原加工机床上不改变其定位精度，检验时就不会发现有太大的偏心。但是，齿轮必须要从切削心轴上卸下，以便进行检查、淬硬及对各安装面磨削等工序。切齿工序外的其他工序所造成的许多误差都会在修配齿轮接触区时明显地表现出来，除非切齿前后所有工序都进行得很正确，不然，制造高质量的齿轮时，其中的切齿工序就没有意义了。

二、锥齿轮轮坯

制造良好的齿轮，必须从优良的轮坯开始，甚至当切齿为最后工序时，即使切齿是正确的，但由于轮坯的孔径过大，轴向定位面有跳动或其他误差，当装配时，也可能是劣质齿轮。

只有设计正确，材料选用得正确及加工工艺合理，才能得到优良的轮坯。若轮坯为锻件，钢材需经仔细冶炼和以后的精心锻造。

在轮坯加工和运输过程中，搬运工作也是生产优良轮坯的一个重要因素。不然，很多好的轮坯，在切齿时，由于轮坯上的毛刺和碰碰而造成偏心。

生产锥齿轮轮坯的工艺过程及所用工艺装备的种类，因齿轮的尺寸、数量、质量及其形状而有很大的不同。一般来说，其加工过程及所用的工具与生产一般形状类似的其他精密机器零件时大致相同。而制造轮坯时的主要要求是在轮坯送至切齿机切齿之前，轮坯的某些重要表面必须有一定的精度要求。轮坯所要求的精度应根据精切好的齿轮精度来确定。

轮坯上最重要的表面是在切齿机上能使齿轮径向和轴向定位的那些面。通常，特别是对不淬火的齿轮，这些表面亦即是齿轮在最后装配时的安装面。对于淬硬齿轮来说，在切齿各工序中的各基面或定位面同样是重要表面，如在淬火压床上淬火和其后磨削的安装面所用的定位面。如果齿轮的尺寸和形状允许的话，切齿、检查、淬火和磨削最好都使用同一定位面，以避免产生累积误差及排除将很多表面加工到精确公差必要性。

这里不能将所有尺寸和精度等级的轮坯的孔公差一一标注出来。一般来讲，对于小尺寸和中型尺寸的轮坯，工业用优质齿轮的孔径公差为 $+0.0005'' \sim 0.0000''$ ，而对高精度齿轮来说，这公差可减小至 $+0.0002'' \sim 0.0000''$ 。对于特高精度的齿轮，其孔与切削心轴应成轻迫配合（wring fit）。

① 原文未署名——译者注。

共 页 第 页 工 艺 操 作 卡						订 货 号		数 量	
零件名称：直齿锥齿轮 订货者：格利森公司						零 件 号			
方 法			时 间	主要零件	相似零件	装 配	零 件 号		
工部	机床 精度	操作 者	工 序 名 称		机 台 号	机 床 名 称	准备工时		估计 工时
							调整	每件	
			下 料						
			粗车面锥角、背锥角、前锥角及前面			六角车床			
			检查面锥角及背锥角			六角车床			
			粗、精车轮毂端面、轮廓直径及轴肩						
			钻、粗车及半精车孔						
			外径车平一刀及前端面车平以便检查			普通车床(前后小刀架)			
			轮毂前面车至尺寸						
			拉 键 槽			拉 床			
			键 槽 倒 角			钳 工			
			预磨孔及轮毂后面			内圆磨(双主轴)			
			精车面锥角、背锥角及前锥角			普通车床(前后小刀架)			
			两端面倒圆角						
			切 齿			格利森14号直齿锥 齿轮刨齿机			
			齿部倒角			钳工或倒角机			
			热前检查			格利森滚动检查机			
			渗碳—淬硬—清洗						
			磨 孔			内圆磨(节圆定位夹具)			
			热后检查			格利森滚动检查机			
			入 库						

图 2 工艺操作卡
(这一典型工艺操作卡可用于加工图 1 所示的齿轮)

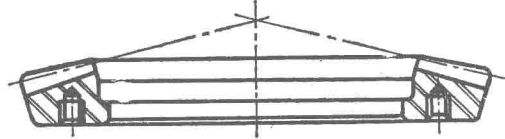


图 3 无腹板式环形齿轮

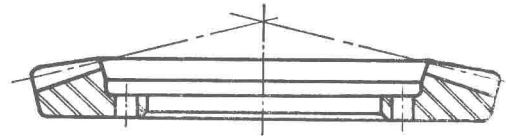


图 4 腹板式环形齿轮

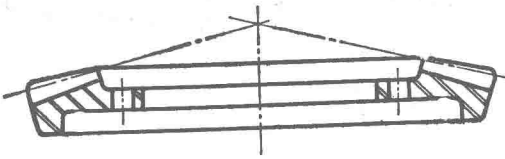


图 5 平底沉孔腹板式环形齿轮

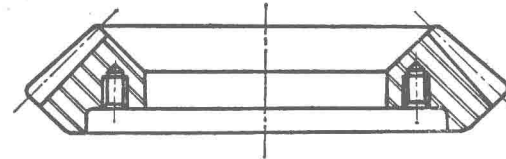


图 6 平底沉孔式环形齿轮

精车轮坯的各个角度时,最好使用与切齿和检查工序所用的同一定位基面,以保证各主要面的不同轴度及避免各尺寸误差的累积。对于淬火齿轮这是非常重要的,因为在淬火时,轮坯上的这些角度和其他的表面要与淬火压模相接触。当用淬火压模淬火时,各接触面或定位面的偏心,通常是造成次品的主要原因。

图5和图6所示的平底沉孔式环形齿轮,其孔的深度通常也要加以严格的控制,一般深度公差为 $\begin{smallmatrix} +0.002'' \\ -0.000'' \end{smallmatrix}$ 就可以了。这是为了淬火所提出的一般要求。因在淬火时,下淬火压模要顶在齿轮的腹板和后端面之下,齿轮的后端面与腹板底面应该平直且平行。

很大的环形锥齿轮轮坯的粗精加工,可在立式车床上进行。根据锻件的形状、轮坯的形状及所用机床的种类,大致有二到三道工序就够了。

当钻攻环形锥齿轮轮坯的螺钉孔时,因定位基面是切齿、检查和最后装配用的基面,所以必须要倒掉定位基面上螺孔的毛刺。否则往往使成品齿轮产生轴向跳动。

图3到图6所示的环形锥齿轮常常是装在轮毂或轮心上。图7所示是一种无腹板式环形齿轮及轮心的典型装配结构,这里轮心上的腹板是锥形的,这通常是为了提高其刚性。轮心一般用铸铁或铸钢制成。根据其工作速度的要求,毛面可以不进行精加工或全部进行精加工。轮心的安装法兰盘必须具有足够的厚度,以避免当与环形齿轮用螺钉紧固时发生偏移和变形。环形齿轮与轮心的配合应该是紧的或最好是静配合(slight interference fit)。从轮心上齿轮安装基面至轮毂端面的尺寸,应该控制严格的公差,一般取为 $\begin{smallmatrix} +0.000'' \\ -0.002'' \end{smallmatrix}$ 。此尺寸决定齿轮在装配时的最后安装距。齿轮的安装面与轮毂后端面彼此必须平行,且应该对孔中心线垂直。齿轮最后的检查和研齿必须在齿轮装在轮心上之后才能进行。

锥齿轮小轮轮坯常常与其柄部或轴部做成整体的。图8所示为一种轴型小齿轮轮坯,这是一种汽车后桥中驱动齿轮的典型设计,此种齿轮轮坯的生产过程在汽车工业的大量生产中是高度专业化了的。原料一般采用模锻件。通常,其加工工序是先钻两端中心孔,切出总长,然后将轮坯装在顶针间进行以后的加工。轴颈部分一般是装在顶针间先磨一次。当切齿和淬火前检查时,可用弹簧夹头定位及夹紧。

但是,这种类型的轮坯,在一般机器制造业中,通常只作小批生产。在此种情况下,一般是根据轮坯的尺寸、长度、数量和齿部以及轴身部分的直径的差异来确定轮坯是由棒料在车床上切下,还是由锻锤锻出。

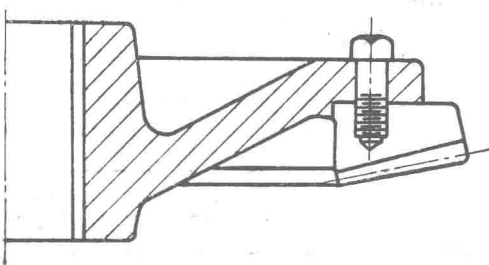


图7 装于轮心上的无腹板式环形齿轮

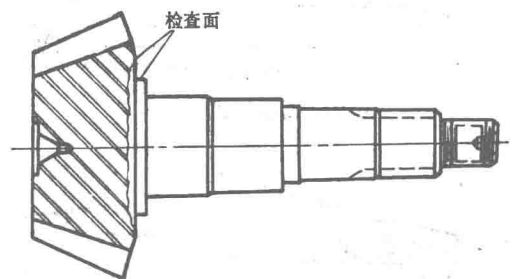


图8 轴型小齿轮

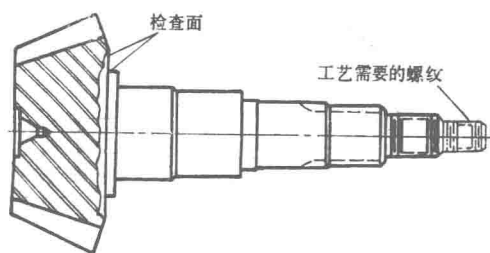


图9 具有夹紧用工艺螺纹的轴齿轮

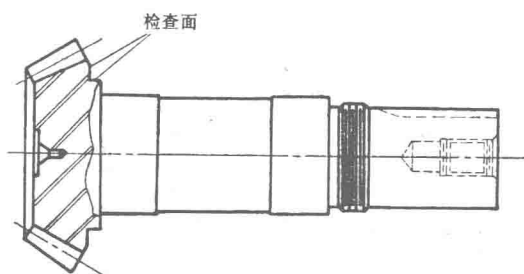


图10 具有夹紧用工艺螺孔的轴齿轮

当轮坯是在车床上由棒料车出时,一般轴身这一端可先进行粗精加工,再粗车面锥角及背锥角、钻后端中心孔及切下。然后,以弹簧夹头卡住轴肩部分,精车前面,并钻中心孔。再将轴颈部分预磨一刀,可用弹簧夹头夹住预磨过的轴颈,进行精车面锥和背锥,该轴颈也是切齿和淬火前检查时的定位基面。

当小批生产如图8所示的轴齿轮时,采用弹簧夹头夹紧轮坯,以进行切齿和淬火前检查,有时是不经济的。这时必须使用螺纹连接,可在轴的尽端加长并车出工艺用螺纹(见图9),或在轴的尽端处车出螺孔(见图10),或者就使用轴端的永久性螺纹。当使用永久性螺纹时,要防止在切齿时由于夹紧轮坯所需的拉力过大,而使螺纹变形,特别是对细牙螺纹。当采用工艺螺纹时,一般在最后检查完工后,都要将它切去。

图10所示为一种在普通机器制造业中应用很普遍的轴齿轮。这种轴齿轮的轴颈直径很大,也很长。因此,轮坯可以装在车床顶针间进行全部精加工,一般地说,其加工工序与上面介绍的大致相同。当切齿和检查时,为夹紧轮坯,在轴端处通常做出螺孔。

如轴颈过大,而不能用弹簧夹头进行精车时,那么,就必须用顶针顶起来精车。此时,为避免轴身长度的变化过大,必须使后端中心孔的尺寸相同。对于前中心孔至安装轴肩的尺寸,最好也要加以控制。当精磨轴颈时,这是为避免齿轮在磨床上的位置变化过大所必需的。若是中心孔过小,当砂轮快速前进或往复行程时,砂轮就可能在轴肩的安装面上扎刀。

从制造经济的观点或从装配角度考虑,有时小轮或者是大轮与其轴身最好分制,而在装到箱体中之前,才装配成为一体(见图11)。这样的齿轮,大轮或者是小轮最好是以轻迫合(tappmgfit)座压在轴上。应该尽可能将齿轮装于轴身上,进行最后的检查。

上面各节所介绍的各种锥齿轮轮坯是一般机器制造业中常见到的。有些齿轮,如飞机齿轮和仪表齿轮常常要求特殊的加工方法。

为了减轻重量,飞机齿轮往往做成特殊的形状和截面,这样就给制造带来很多困难。为此,轮坯的定位面和基面都要控制在特定的公差范围内,这是非常必要的。

图12所示的钢球定位套是一种主要用于加工飞机齿轮的高精度夹具。这种夹具适用于要求淬硬和磨齿的高精度齿轮。钢球定位夹具的特点是采用静座配合(interference-fit),其公差值应使圆球外部的直径比轮坯

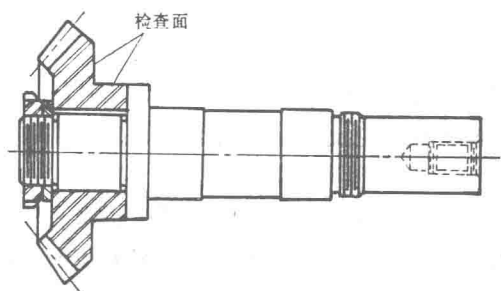


图11 装在轴上的带孔小轮

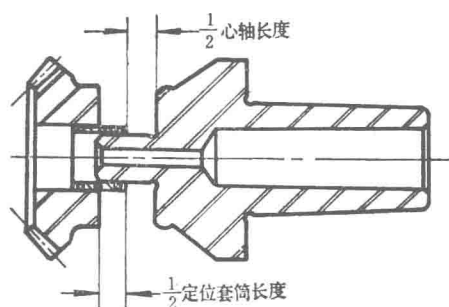


图12 钢球定位套夹具

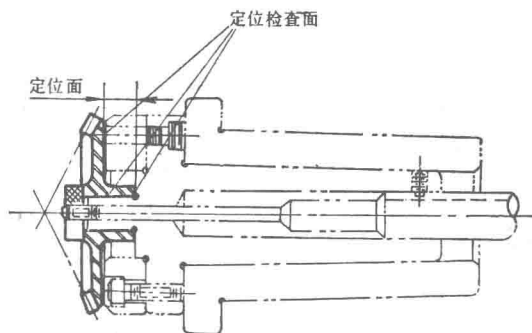


图13 安装在切削心轴上的仪表齿轮

孔径大 $0.0002'' \sim 0.0006''$ 。这样，齿轮轮坯在夹具中不可能松动。

精密仪表齿轮轮坯也要求特殊的制造工艺，它根据每种情况中所包含的很多因素而不同。通常是按照质量的高低来确定其加工方法。根据精度要求，仪表齿轮分很多等级。除了轮坯的精度要求特别高，仪表齿轮轮坯一般是在车床上用棒料精车成形，然后在下一道工序中切出。

当仪表齿轮轮坯要求很高的精度时，其制造工艺就更要麻烦了。这时，轮坯的孔与切齿用心轴的配合通常采用轻迫配合（wring fit），即实际上轴与孔之间没有间隙。轮坯上的孔通常是在钻孔后，留有最小的余量，再经精拉而成。这样，可保证孔的尺寸一致。然后，再对各定位面进行加工。

对这类轮坯的高精度定位面，必须从严要求。根据需要，许多种轮坯在设计时，就要考虑到切齿时应用辅助定位面，以起到支承作用及避免在切削力下产生弹性变形。图13为此种齿轮装在切削心轴上的简图。这种齿轮在最后装配时可能只用孔来安装，并靠销钉使其在轴上定位，或使轮毂端面靠在轴肩上定位。但是，这种齿轮在切削时，实际上不可能和最后装配时同样地安装。因此，在切齿时必须应用辅助定位面，此定位面应该对最后安装面有很高的精度要求。

通常，当精度要求非常高时，仪表齿轮轮坯应该设计成这样，即在最后装配时和切齿及检查时使用同一定位面。

三、带花键孔的锥齿轮

制造带花键孔的精密齿轮，通常是比较困难的，特别是需要淬硬的齿轮。因此，在设计时，就要对此种齿轮及其安装结构的制造方法给予适当的考虑。

对于需要淬硬的带花键孔齿轮，应考虑到热处理的变形和花键尺寸的变化。为此，齿轮常常是安装在圆柱面的轴上，而花键仅作为驱动之用，不应使花键超过其传递扭矩所需的长度。然而，花键的定位仍然是重要的，对于长轮毂的齿轮，应该使其花键部分处在轮坯齿部的同一端。

图14到17所示为一些普通带花键孔的锥齿轮。每种齿轮所采用的加工程序是大不相同的。不论在拉花键后所用的加工方法如何，但必须保证轮坯上的各表面对花键轴线，在径向和轴向上都要准确。

所采用的拉削方法或拉刀的形式，通常是和以后的精加工花键孔齿轮轮坯的方法有关。

例如：图14所示的齿轮轮坯是以花键拉刀将花键内径及键侧同时拉至尺寸，因而花键的各个部分都是同轴的。也就是说，花键的外径、内径及键侧彼此都是准确的。因此，轮坯以后的精加工工序如切齿和检查等，无论是以花键的外径或是以内径定心，其结果是一样的。然而，通常最好都用内径定心，其理由后面就要介绍。

但是，图14所示的轮坯，若是用圆柱拉刀仅将花键的外径及键侧拉出，而不拉内径，那么，花键的内径对其外径及键侧将不同轴。采用与轮坯夹具对正的拉刀导套及精确跟刀架，大大地保持了该不同轴度。但是，由于轮坯孔径的尺寸不同，轮坯在拉孔夹具中的配合可能不合适，拉孔夹具可能偏歪，这些因素造成的偏心对于精密轮坯来说，就过大了。因此，作为最后工序的轮坯或齿轮的全部精加工工序和拉花键孔工序都不能进行。

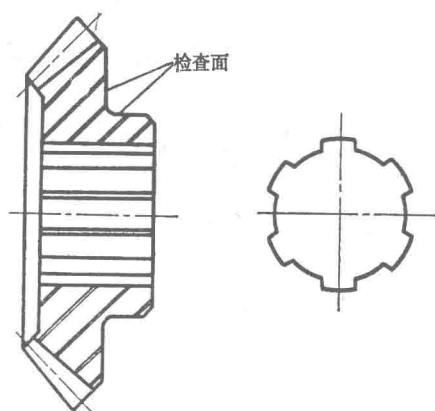


图14 普通的带花键孔的齿轮轮坯

当轮坯已经粗车好，花键孔仅由花键拉刀拉出外径和键侧，而不拉出内径时，轮坯上所有的表面将与花键外径及键侧不同轴。这时，以后的工序可用下列两种方法。

最好的方法是使磨出的内径（即孔）与花键外径同心，按已磨好的内孔定位，并进行轮坯所有以后的加工工序，包括切齿和热前的检查。加工图14所示的毛坯，其工序最好是将轮坯安装在小锥度的花键心轴上，车轮毂端面、轮毂外径和齿轮的后端面（见图18）。这样的加工方法能使轮毂外径、轮毂端面及齿轮的后端面与花键外径及键侧同轴。

必须指出（见图18），心轴仅与花键外径有配合要求，键侧及内径都有间隙，心轴的锥度约为 $0.003''/12''$ 。沿心轴长度分段切有沉割槽，此为刀具进退刀所需。因而，在加工时，刀具与心轴不产生干涉而可将全部轮毂的端面加工完。

当齿轮轮毂外径、轮毂端面及齿轮后端面加工完之后，需要以齿轮的轮毂外径和轮毂端面或齿轮后端面作为参考面或定位面来磨孔（即花键内径）。这样磨出的孔对花键外径和键侧是同轴的，然后，再以这孔定位以对轮坯进行精加工，其中包括切齿和热前的检查。

此种交替的方法可以免去预磨孔的工序，但却增加了一些其他困难。如前所述，必须对轮毂端面、轮毂外径及齿轮后端面进行精加工。轮坯以后的精加工，包括切齿、热前检查，都需要在花键心轴上进行。此时，要用花键外径定心，花键的内径及键侧都留有间隙，这种方法仅适用于不淬硬的齿轮，且其最后装配时定位是靠花键外径定心的。

如前所述，此种方法虽可免去预磨孔的工序，但必须考虑到其中存在一些缺陷。如以花键代替预磨孔来定位，所有加工用的夹具必须是花键的，包括切齿心轴和热前检查用心轴。这类心轴一般地都较以花键内径（即孔）定位的标准的圆柱光滑心轴昂贵得多。而且，为精切轮齿用的这类心轴，应该能使粗切过的轮坯在切削心轴上可以转动，以能平均分配轮齿的精加工余量。这样做常常要降低刚性和精度。

淬硬后，要以轮齿定位来磨准轮坯的孔（即花键内径）。因为轮毂外径、轮毂后端面和齿轮后端面对轮齿来说，是合乎精度要求的。为此，磨内孔时可用这些面作参考面或定位面。最好是使用一种按齿定位的节圆夹具来固定齿轮（见图56）。

在最后装配中, 齿轮应该以孔 (即花键内径) 定心, 花键外径及键侧都留有间隙。对于不淬硬的齿轮, 其在轴上的配合应以外径定位, 键侧及内径都留有间隙。

图15所示为一种长轮毂花键孔设计正确的锥齿轮轮坯。图16所示为同样的轮坯, 但其花键位置错误地设计在轮毂的后部。通常的情况下, 特别是对于淬硬的齿轮, 应当完全避免花键部分设计在轮毂的后部。

如图16所示, 花键位置设计得不合理, 由于热处理时, 轮坯要发生变形, 通常在精磨最后安装面时, 就可能造成花键与轮齿不同轴。很容易看出, 当轮齿加工得正确时, 花键就可能有很大的偏心; 而若花键加工得正确时, 轮齿就要偏心。因而, 不论是轮齿偏心或是花键偏心, 齿轮都是要报废的。平分这种误差, 一般是不能满足要求的。因为这样, 使齿轮的运转质量和花键的精度都很差, 并且实际上这是很难做到的。

另外, 很明显, 当花键的位置设计成如图15所示的那样时, 当轮齿加工无偏心时, 花键也无偏心, 因为它们都处在轮坯的同一区域内, 而轮毂末端的跳动是可以忽略的。对于长轮毂的轮坯, 安装用的轮毂直径或沉孔要留出足够的留磨量, 因为当轮齿加工无跳动时, 轮毂末端的跳动可能是很大的。

当制造如图15所示的轮坯时, 其加工原则与前面所介绍的制造如图14所示的轮坯一样。特别是当花键部分对于轮毂长度来说较短, 加工原则就要有些不同。这类齿轮切齿时或检查时通常以轮毂直径和其肩部定位。这就要求磨削这些面, 使其与花键同轴或无跳动。如果轮毂对于花键长度来说不是太长, 可以将轮坯装在心轴上进行磨削 (见图18)。如果花键的内

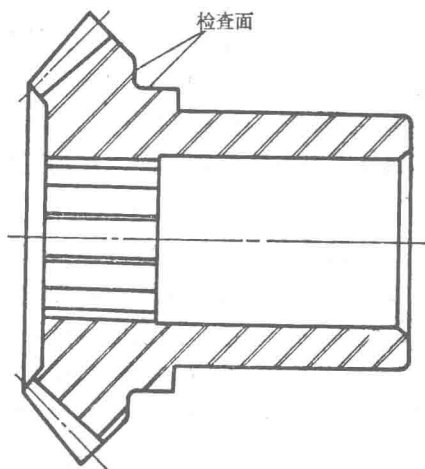


图15 带花键孔轮坯, 花键位置正确

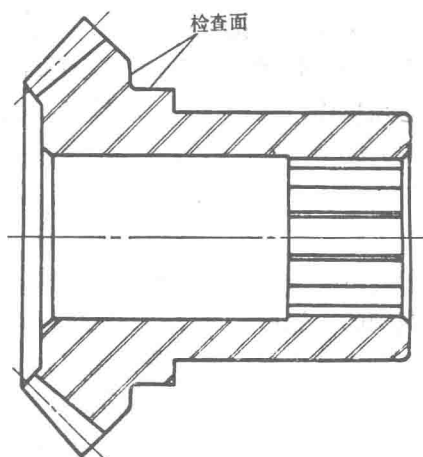


图16 带花键孔轮坯, 花键位置不正确

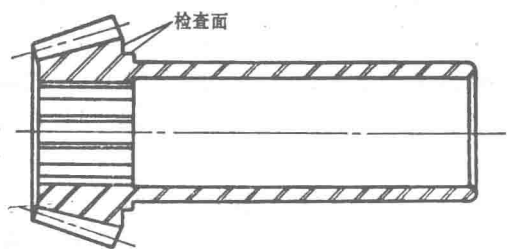


图17 长轮毂的花键孔小轮

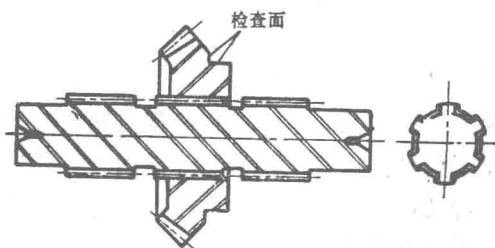


图18 装于小锥度花键心轴上的带花键轮坯

孔、键侧及外径都是同时拉出的话，就可使用光滑的圆柱心轴。否则就要使用以花键外径来定位轮坯的花键心轴。当轮毂及其肩部磨完后，就可使用这些面作为定位面来加工轮坯，包括切齿和热前的检查。

如果轮毂对于花键长度来说很长，仅靠花键使轮坯定位来预磨轮毂直径及其肩部是靠不住的。这时，有必要在轮毂的端部做出与花键孔同轴的中心孔，或是做出与花键孔同轴的锥口孔。这样做，就要在轮坯前端加工一个面，轮坯装于花键心轴上还是圆柱心轴上（见图18），决定于花键内径和外径是否同时拉出。此端面要求与花键轴线垂直或无跳动，并作为钻铰轮毂端部的锥口孔或中心孔的轴向定位面。轮坯的径向定位是靠花键短轴还是圆柱短轴，也决定于轮坯花键孔的内径和外径是否同时拉出。图19所示为一种加工轮坯中心孔或锥口孔用的简单的安装夹具。

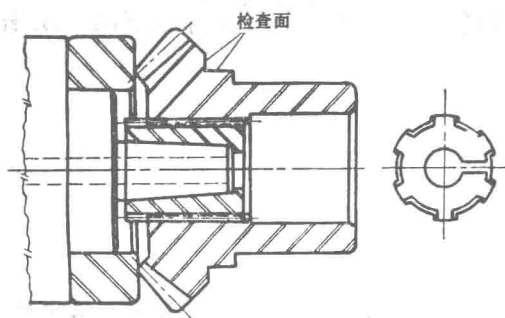


图19 装于钻中心孔用心轴上的花键孔轮坯

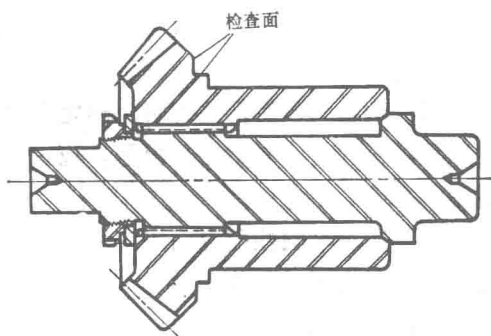


图20 装于预磨用心轴上的花键孔轮坯

图20所示为装在预磨轮毂直径及其肩部心轴上的轮坯，此心轴以花键孔及中心孔使轮坯定位。按齿轮的尺寸和形状，可以在齿轮的花键孔前端处制出中心孔，以便在淬硬后磨削轮毂直径。此中心孔可在预磨轮毂直径后，以预磨好的轮毂直径装于精密配合的夹头中钻出，或是以后端中心孔及磨过的轮毂架于中心架上定心钻出。

淬硬后，孔及锥口孔用节圆夹具定位来进行磨削。如果没有节圆夹具，并且数量很小，可以使用图21所示的夹具，若用此种夹具，齿轮的轴向定位面对于其轴向检查面应该精确。定心轴不一定需要，如果要用，定心轴与齿轮孔间就必须有一定的间隙，以便按预先磨好的径向检查面找正齿轮。

如果应用两端中心孔来磨轮毂直径，则后端中心孔需要重新修磨，若此面不淬硬，也可在车床上车正中心孔。此时可用图21所示的夹具。若前中心孔以顶针作为良好支承，而需研磨，则前中心孔就不需重修。轮坯装于顶针间磨削轮毂时径向和轴向检查面必须无跳动。允许的跳动值根据齿轮的大小而不同，但对于小尺寸和中等尺寸的精密齿轮，其径向和轴向的跳动值不得大于 $0.0005''$ （百分表的总读数）。

若轮毂很长，同时齿轮的直径对于轮毂长度来说又很小（见图17），那就不可能用上述的方法。此时，必须尽量在拉花键时使花键中心与轮坯中心重合。这样，还必须将轮毂直径按拉花键夹具车至精密的配合，以保证拉花键导套在花键孔中也配合得很好。并且要使用与拉花键夹具准确对正的拉花键支架或跟刀架。下面推荐一种良好的工艺程序：

当面锥角、后锥角和前锥角粗加工后，粗、精车轮毂及其轴肩，粗、精车轮毂端面中心

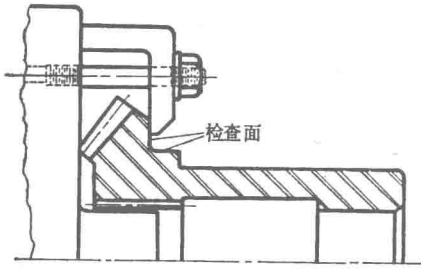


图21 磨孔夹具

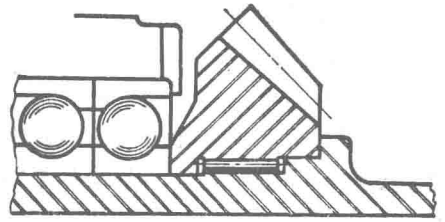


图22 在每端均有圆柱面配合的花键孔齿轮

孔；精车花键孔及前端面中心孔；预磨轮毂直径、轴肩及检查面；拉花键；精车各个角度；以磨好的轮毂直径定心，切齿并进行热前的检查。

图17所示的这类齿轮，一般都是装在滚动轴承上的。而且是靠磨好的轮毂直径定心。驱动轴是靠齿轮的孔（即花键内径）定心，此孔是按轮毂直径（即安装面）准确磨出的。这样，驱动轴与齿轮的回转轴线是同轴的。

图17所示的齿轮在淬硬时，热处理可引起变形，故需重修轮毂后端面的中心孔，以使轴向和径向检查面没有跳动。但是，应用了合适的淬火压床，这一工序常常可以省去。而仅需研磨中心孔的工序。

常常还应用圆柱配合面来安装花键孔齿轮。图22所示的齿轮，其花键孔的每端均为圆柱配合面，而花键仅作为驱动之用。这种配合的形式多用在飞机齿轮上，它常采用在外径上有圆角的渐开线花键。特别对于淬硬的花键来说，这种设计是非常好的，因为当热处理发生尺寸改变或变形时，使花键键侧配合好是极其困难的。

渐开线花键一般都只是靠键侧来配合。齿轮淬硬后通常需要研磨花键或在装配时选配，或是又研磨又选配，甚至当花键在淬硬后要拉出达到一定的配合精度和精密齿轮要求的同轴度都是困难的。齿轮拉好花键后，在渐开线花键心轴上磨齿时，可得到显著的效果，但在花键心轴上或轴上将齿轮移动到不同的位置时仍会出现不同程度的偏心。

四、锥齿轮轮坯的检查

制造高质量的锥齿轮，主要的是要使送至切齿机上切齿的轮坯质量与成品齿轮所要求的质量相应。除了考虑质量之外，生产的经济性也是一个因素，因为不合要求的轮坯可使切齿时的生产率很低以及废品率过高。因此，轮坯进行必要的检查是制造高质量锥齿轮的一个重要工序。

通常是根据轮坯的尺寸、形状和数量来确定其检查方法和所用工具的类型。

新型格利森No15轮坯检查机（图23），可以检查直径2"~20"切齿前和切齿后的锥齿轮和准双曲面齿轮轮坯。应用这台设备，可使轮坯的检查工作机械化，及减少人为误差和提高检查工序的效率。提前检查出各项误差，可对轮坯进行修正或将其报废，以避免在下道工序中浪费时间和资金。应用此台检查机不需要标准轮坯，因为各百分表的安装都是靠块规和游标对准的。检查机的精密主轴装于滚动轴承上，可方便地转动轮坯来检查轮坯所有面的同轴度。

在介绍本机床的同时，这里还介绍一种检查公差的新方法（图24）。此方法对于参考轮冠已经因半径改变而位移的轮坯仍可进行检查，这个新方法还可以减少用以检查合格齿轮轮



图23 格利森No15锥齿轮轮坯检查机

坯所需要的尺寸数目。

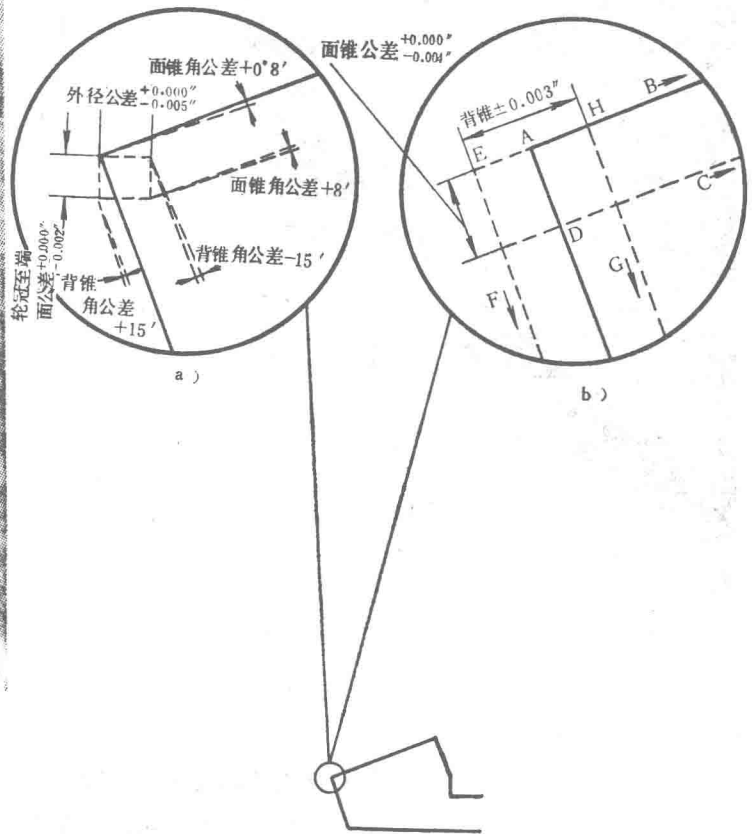
当使用No15轮坯检查机时，轮坯安装在心轴上，并固定在工件主轴座上。测量头可以垂直移动，以调整轮冠至背面的尺寸。工件主轴座可以水平移动，以调整外径的尺寸。百分表安装在可调角度的滑板上。此滑板按面锥角（或背锥角）调整，百分表对着轮坯。

因为百分表要平行于面锥（或背锥）滑动，轮坯若是正确的，百分表在任何位置上都要指零。如果百分表所示出的读数在各点上都不同，这说明面锥角有误差。如果百分表的读数虽不指零，但是没有变化，这表示面锥角是正确的，而轮冠至背面的距离不准。

背锥角的误差可用同样的方法测出，百分表的读数若有变化，这表示角度有误差；百分表的读数不变化，但不指零，这说明外径有误差（图25）。

背锥角的误差可用同样的方法测出，百分表的读数若有变化，这表示角度有误差；百分表的读数不变化，但不指零，这说明外径有误差（图25）。

转动手轮可使机床主轴旋转，以检查轮坯。将百分表测针沿轴向方向顶在齿面中点处，可以测出其轴向跳动。检查偏心时，百分表测针要沿径向方向触到背锥上，转动轮坯即可测



a)	b)
设计公差的现行制度	格利森公司推荐的检查公差制度
外径 $+0.000''$ $-0.005''$	背锥 $\pm 0.003''$
轮冠至端面 $+0.000''$ $-0.002''$	面锥 $+0.000''$ $-0.004''$
面锥角 $+0°8'$ $-0°$	面锥可位于矩形ABCD内的任一位置。这样，实际上面锥角的允差在+A及-A之间。背锥可在矩形EFGH内的任一位置。这样，实际上平齿轮外径的允差约为 $\pm 0.006''$
背锥角 $+0°15'$ $-0°15'$	
新公差一般较老公差范围要广些（见图b），但不致使精加工过的齿轮质量降低	

图24 检查轮坯公差的两方法

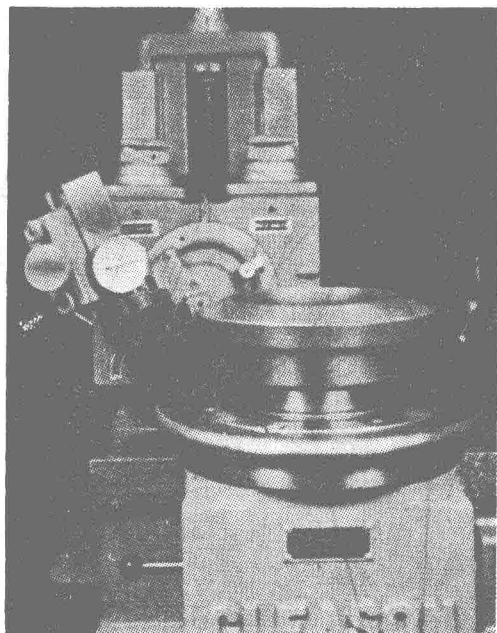


图25 在No15轮坯检查机上检查轮坯的背锥角

出。

孔、外径、长度和同轴度也可在普通的测量仪器上检查。这些仪器在设备较好的工厂中都有，而且它们的用法一般都是了解的。但这里还要介绍一些对于检查锥齿轮轮坯特别合适的测量方法和测量装置。

背高块规用以检查轮冠至背面的尺寸。此块规由一平棒或直角棱边尺和安装在一端的千分尺构成。当测量齿轮轮冠至背面的尺寸时，千分尺要调整到其测杆平面与轮坯轮冠相接触的位置上。由于千分尺与轮坯外径的尖角是用肉眼观察对准的，所以测量结果会有些很小的误差。此种方法只推荐在小批生产时使用。应用此法时，为了以后的检查，外圆的半径或轮冠应该车去。

应用锥形分度器，可以检查面锥角、背锥角及前锥角。

检查轮冠至背面的距离、直径和角度，可应用另外一种方法。这种方法使用一个台式夹具和一个标准轮坯。

此台式夹具为一底座，其上有导轨。挡铁可沿此导轨移动，并能固定在需要的位置上。底座上有一螺孔，可安装百分表。用键与底座导轨相配合的可移动滑座上安装有一轴头，用以紧固轮坯。

将百分表测针触到标准轮坯上，并调整到零位，然后将标准齿轮轮坯取下，并将夹具调整好准备检查产品轮坯。标准轮坯应按正弦尺尽可能制造准确，因为测量产品齿轮轮坯上所有的读数都与标准轮坯有关。

定位轴头安装在可移动的滑座上，可按照不同的孔径配制衬套，因此，对于制造不同孔径的各种齿轮用的夹具时，只不过配制一衬套而已。如果衬套尺寸配制得刚能使轮坯在其上可以转动，那么，还需要检查其跳动。

轮坯齿面每端的半径在检查前都要加工，但按标准轮坯安装百分表时，要注意这一点，百分表必须安装得使其测针不接触半径的任何部分。

标准轮坯需镀一层很薄的铜，以与产品轮坯区别开来。这样，还可以在调整车床以精车各角度或当刃磨后更换车刀时将标准轮坯当作对刀规用。如此，标准轮坯安装在车用心轴上，将车刀与标准轮坯接触，以此定位并紧固。把刀架调到准确的角度，车刀沿该角度移动时刀尖在镀铜表面上轻轻划出线痕来。由于反复的应用，轮坯上出现过多的线痕时，镀铜表面呈条纹状。此时，轮坯表面应该重新镀铜。

当制作标准轮坯时，轮冠处的半径以及前锥角与面锥角交点处的半径应该省略不测。这样可根据需要用正弦尺测量。标准轮坯应该刻出工具号、齿轮件号、面锥角、背锥角、前锥角和外径，并同量规一样送至工具室，以备多次使用。

很大的锥齿轮轮坯通常应用一般工具检查，如千分尺、高度块规和锥度角尺。轮冠至背