

国防工业技术丛刊

23

靠模装置与靠模的设计

汪 貞 千 編

(内部资料 注意保存)



国防工业出版社

靠模装置与靠模的设计

汪貞千編

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

*

850×1168¹/₃₂ 印張 1¹/₈ 29千字

1965年4月第一版 1966年3月第二次印刷 印数：3,001—6,000册

統一书号：N15034·(活)-23 定价：(科四) 0.18元



T95
03711N511
1.
02

一 概 述

在現代机械制造当中，由于它本身的工作条件所定，对于組成零件在制造上必須达到一些特殊要求。例如，要求它的重量輕、精度高的同时，还要有足够的强度，以保証在工作中的可靠性。因此，为了滿足这些要求，零件本身的几何形状就不可避免的也要复杂些，这样，就給零件制造上带来了很多麻煩。但是，尽管零件的几何形状如何复杂，只要我們針对某一个具体零件仔細地分析一下便知，它总不外乎是由平面、圓柱面、曲面組合而成的。这些平面、圓柱面和曲面，可以統称之为型面，而其中的平面、圓柱面不过是型面的特殊情况而已。这里所談的靠模装置，就是用来加工零件的曲面的。如所周知，由于近年来工艺科学的飞跃发展，加工型面的方法是多种多样的，例如，采用万能靠模銑床、曲綫刨床、光学曲綫磨床以及程序控制銑床等进行加工；而用机械靠模加工型面，乃是最普通、最简单的一种老方法。这样說来，机械靠模与先进的工艺方法相比，是很古老而落后的，但是在实际生产过程中，由于工厂、車間的設備条件和零件生产批量的限制，这种最简单、最普通的靠模装置仍广泛地被采用。因此，对机械靠模装置的結構与靠模的設計問題进行研究，仍是有着十分现实意义的。

机械靠模装置是安装在普通机床上（車床、銑床）进行加工型面的。如果零件的型面不能依靠机床的构造所規定刀具与工件的运动而得到，就必须采用靠模的方法。在普通机床上利用靠模加工型面的方法，是由靠模来得到所需要的輔助送进运动的。具体地說，在机床給予基本送进的同时，靠模又給予相应的附加送进，使刀具和工件之間得到形成工件型面的綜合送进，这个綜合

送进运动，就是前两个运动合成的结果。

靠模大多数成为夹具上的一个组成部分，但有时却是一个独立部分，既不与工件相连，也不与刀具相连，而是通过另外一部分与它们相互作用。因此，在设计靠模装置之前，对装置所选择的机床，特别是机床各部分的尺寸与形状，必须做更多更充分的了解之后，才能进行设计。

零件型面的加工方法，主要是根据型面的特性来选择的。如图1中的 *a*、*b* 是旋转型面，在车床类机床上加工。在这种情况下

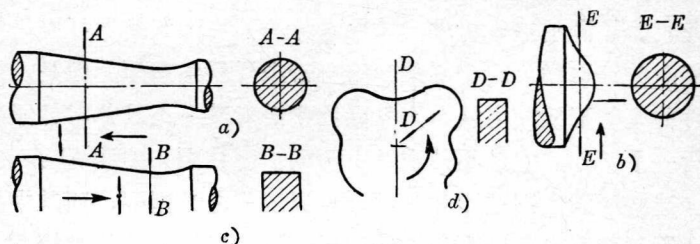


图1 零件的各种型面。

下，刀具除了得到基本的送进以外（左右走刀），再由靠模上得到一个附加送进，这时，靠模装置的构造几乎与夹具的结构没有什么关系，它只是机床上的一个附加装置（图2）。

直线型面（图1 *c*、*d*）是在铣床上加工的，工件获得基本的纵向送进（对于 *c* 之长形表面）或旋转送进（对于 *d* 类表

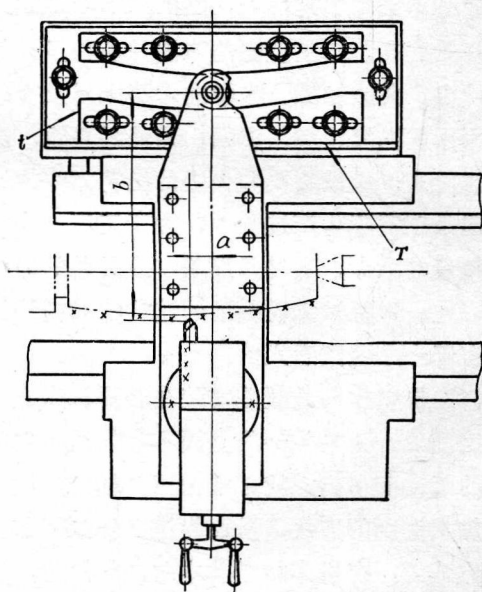


图2 车削类靠模装置。

面)，靠模給予附加送進，以便形成型面。在這種情況下，靠模與夾具的關係就十分密切了，一般脫離了夾具就不能設計這種裝置。

值得指出的是，像圖 1 d 類的型面，也可以在車削類機床上加工，這時因機床的運動而使工件旋轉。但要考慮到兩個不利的情況：一個是工件每轉一周，刀具應從靠模那里得到相應於工件外形的一個運動循環，工件之外形則決定運動的性質，而轉數則決定循環的頻率。因此，當工件的轉速較高時，裝置將受到很大的運動部分的慣性力的作用，降低了使用壽命；另一方面，由於工件型面的曲率與旋轉軸的相對位置時刻在改變，刀具切削角也時刻在發生變化，這對表面的加工質量、刀具的壽命，都是不利的，甚至有時這種加工方法根本不能採用，或者必須採用根據型面曲率的變化改變刀具切削角的裝置。

總之，工件型面曲線變化愈劇烈，則裝置的工作條件就愈壞，刀具的切削條件也愈不利，若工件的外形與一圓周愈接近，則在設計靠模時就更方便。

二 車削類靠模裝置

(一) 裝置的一般構造

旋轉的軸向型面，在車削類機床上加工是比較方便的。圖 2 繪出了這類裝置的一般結構和在機床上各部分的連接情況。在圖 2 中用的是雙邊靠模。除此而外，又可以採用如圖 3 所示的單邊靠模結構。在這種結構中須加上懸重，以迫使滾輪與靠模相接觸。顯然，由於懸重增加了機構的負荷，加速了機床導軌與機構本身的磨損。

圖 4 給出了加工葉輪外廓型面的一種特殊結構。裝置固定在車床的橫向溜板上，並以螺母 4 與橫向溜板的絲杠相連，用以調

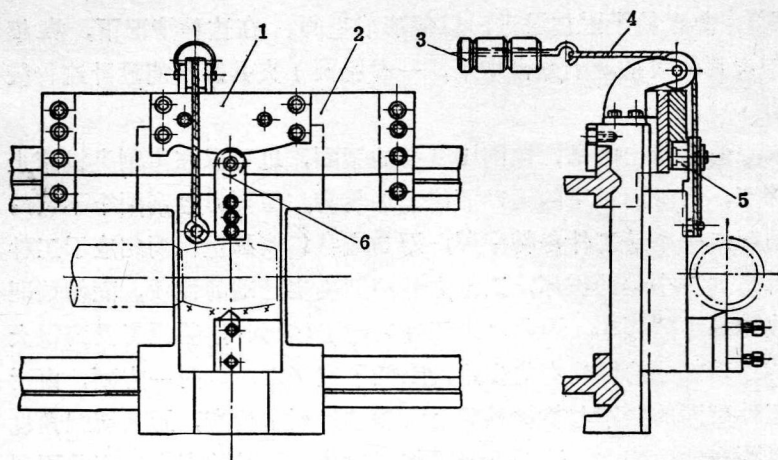


图3 車削类靠模裝置：

1—靠模板；2—支板；3—配重；

4—鋼索；5—滾輪；6—滾輪支板。

整裝置与叶輪之間的相对位置。該裝置以圓周送进为基本送进。

靠模裝置設計的主要問題是靠模的定形，其次是滾輪接触方式的選擇和对調整上的考虑，这三个問題是比較特殊的，却又是共同的。下面将分別詳細地討論一下这三个問題。

(二) 靠模的定形

車削类的靠模定形，在一般情况下是比較简单的，只有少数情况較比复杂。与所有情形一样，可以采用計算法，也可以用作图法得到。作图法簡捷而明了，但精度不高；相反的，計算法精确，但有时很复杂。因此，这两种方法各有所长，应視需要而定。当零件型面精度要求較高时，应当用計算法，若精度要求不高，則以作图法为宜。渦輪叶片和压气机叶片属于立体型面，所用的立体型面靠模都以作图法給定，这是因为叶片型面尺寸都是以点的座标給出的，很难找出截面型面曲綫的方程式，所以是不好計算的。

計算或作图之前，必須知道刀具与滾輪的直徑、基本送进方

加工过程中所占据的各个位置的总和，就是滚轮相对于工件的运动轨迹。

刀尖是有圆角的。刀尖圆角中心到滚轮中心之间的距离，在系统中是一个不变的常数（以 K 表示）。根据这一点出发，刀具圆角中心运动的轨迹和滚轮中心沿靠模型面滚动的轨迹，乃是相同的两条曲线，或者说是同一条曲线的两个位置。由此，我们的作图法应当是这样：

（1）选定比例尺，一般是 10:1 或 20:1；

（2）准确地作出工件的外形；

（3）将工件外形分成若干等分（不等分也可）过各分点作平行线；

（4）以刀具圆角半径为半径，取各平行线上的点作圆心，画圆与工件外形相切，光滑的连结所有中心点（刀具），所得到的是刀具中心的轨迹；

（5）自每个刀具中心点起，在每个平行线上截取长度等于 K 的距离，而得滚轮的中心；

（6）以步骤（5）所得各点为圆心，画出滚轮的圆周，再作出滚轮的包络线，这条包络线就是靠模的外形曲线。

以上各作图步骤，均已体现在图 5 之中。若工件的外形比较简单，是由圆弧和直线构成的，这时可以用简单的计算得出靠模的型面尺寸。但要注意两种情况：

（1）当靠模型面位于刀具与滚轮之间（图 5 BB 曲线）时，则，

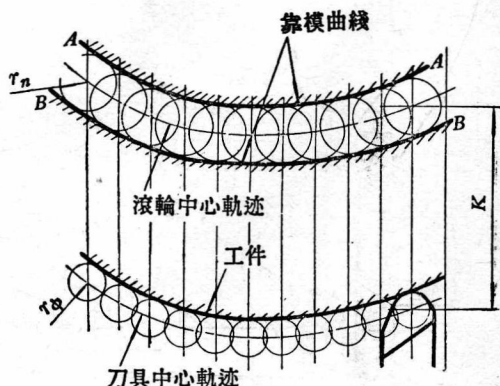


图 5 车削类靠模曲线作图法。

对于凸出部分(图 6):

$$R_K = r + r_\phi - r_n。$$

对于凹入部分:

$$R'_K = R - r_\phi + r_n。$$

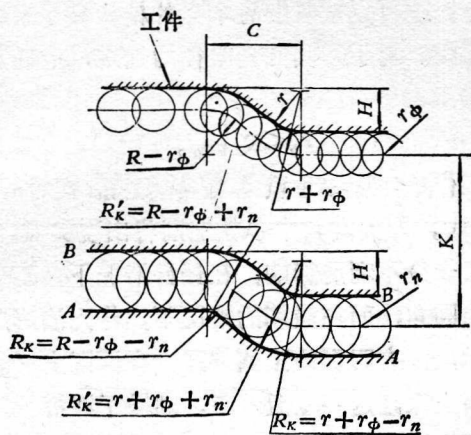


图 6 車削类靠模曲线计算法。

(2) 当靠模型面不在刀具与滚輪之間 (图 5 AA 曲线) 时,

則

对于凸出部分:

$$R_K = R - r_\phi - r_n。$$

对于凹入部分:

$$R'_K = r + r_\phi + r_n。$$

式中 R_K, R'_K ——靠模圓角半徑;

R, r ——工件圓角半徑;

r_ϕ ——刀具圓角半徑;

r_n ——滾輪半徑。

由計算公式和作图法均可看出, 若刀具半徑与滾輪半徑相等, 即 $r_n = r_\phi$, 則对于情况(1) 便为:

$$R_K = r$$

及

$$R'_K = R;$$

对于情况(2)为:

$$R_K = R - 2r_\phi$$

及

$$R'_K = r + 2r_\phi$$

在上述情况下, 关于常数 K 大小之选取, 对于靠模型面没有什么影响, 它完全可以按着装置本身的结构尺寸来决定。这一点不同于铣削靠模。对于刀具圆角半径的选定, 应满足下边的不等式:

$$r_\phi \leq R_{\text{工件最小}}$$

在实际工作中, 应尽量避免 r_ϕ 与 $R_{\text{工件最小}}$ 相等的情况, 因为当 $r_\phi = R_{\text{工件最小}}$ 时, 刀尖圆角中心轨迹将出现尖点, 这对靠模型面之形成有着十分不利的影响, 在最好情况下, 至少也是使靠模型面出现小的圆角; 而在最坏的情况下, 将无法形成靠模型面。例如图7所示, 画有阴影的滚轮位置, 在原则上必须唯一地被确定, 但在靠模上保证这一位置的点, 却被干涉掉了。因此, 在一般情况下, 刀尖半径不宜选得过大, 以保证靠模型面的构成和增加使用寿命。 r_ϕ 可小至0.2毫米。

至于滚轮的大小, 对靠模型面也有很大的影响。它的大小可以使靠模圆弧部分的曲率改变, 因而它的极限值, 不应使靠模曲率半径成为负值。这一点, 由公式 $R_K = r + r_\phi - r_n$, 及 $R_K = R - r_\phi - r_n$ 可以看出来, r_n 的最大值可以大到使 $R_K = 0$ 为止:

$$r_n = r + r_\phi,$$

$$r_n = R - r_\phi \text{ (AA 曲线)}。$$

设计时, 除了考虑上述问题以外, 尚须顾到在刀具切入工件之前应有一段空程, 以及外形加工完了以后应有一段引出距离。因此, 靠模外形工作部分之两端, 要加上保证刀具空程趋近和

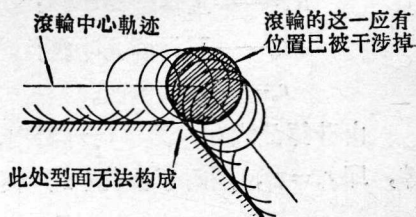


图7 r_ϕ 对靠模型面的影响。

引出部分。一般，这一部分要做得使刀具在加工开始之前匀滑地接近工件，以及在加完了之时匀滑地离开工件。为此，在做工件外形图时，应该在两端按着附合空程趋近和引出所需要的曲线延长工件的外形，借以得出靠模型面曲线的引入和引出段。

(三) 滚轮的接触

如前所述，在加过程中滚轮与靠模型面始终要保持良好地接触。由于靠模型面可以由 AA 或 BB 两条曲线同时构成(图 6)，因此，滚轮与靠模的接触可以有不同的方式，即所谓强力接触和运动接触。

(1) 强力接触

所谓强力接触，即是为了保证靠模与滚轮的接触，而要附加一个外力 G ，在 G 的作用下，强使它们相接触，这个力 G 可以由加配重产生(图 3)，也可以由弹簧产生。

由于可以选 AA 作靠模曲线，也可以选 BB 作靠模曲线，因此外加力的大小及作用方向均有所不同(图 8)。例如选 BB 的情况下，必须使 G 大于切削的径向分力 $P_{\text{最大}}$ ，亦即，

$$G > P_{\text{最大}}$$

此种接触方式，适合切削力不大的精加工。当切削力很大时，机床经常处于很大的配重作用下，对机床本身是很不利的。

图 9 所给出的，是以 AA 作为靠模型面曲线，以弹簧力产生强力接触的结构之一例子，当然，还可以用其他种结构。

(2) 运动联结

所谓运动联结，就是不需外加保证接触之力，而于运动过程中能自然保证良好的接触的

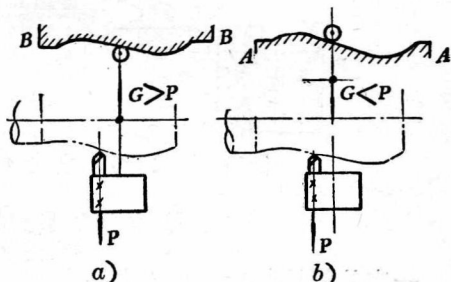


图 8 滚轮与靠模的接触方式。

联结。显然，这时必须同时应用 AA 和 BB 曲线（图 2），滚轮在槽内滚动，所以这种联结是稳定和可靠的。它适合于粗加工，能克服余量不均和材料性质不均而引起的振动。但运动联结也有它的缺点，在制造上和调整上比较困难，同时由于配合间隙的存在，也增加了加工误差。

不论上述的那种接触，都必须保证滚轮与靠模为线接触，否则，将造成局部承压而产生压伤或者变形（图 10）。

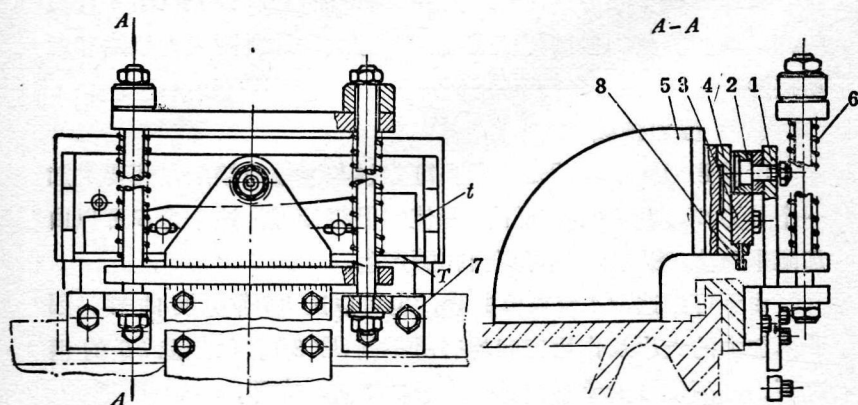


图 9 强力接触实例；

- 1—联结板；2—滚轮；3—靠模；4—滑板；
5—支座；6—弹簧；7—支板；8—调整螺钉。

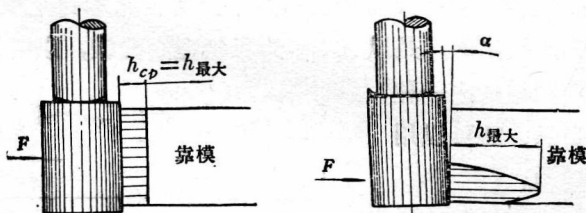


图10 滚轮与靠模之间的接触情况。

(四) 关于调整的考虑

一定的靠模装置，只能在一定类型的机床上使用，同时在靠模成形时，设计者就已经规定了系统中各元件的相对位置及其准

确度。所以在装置使用之前必须进行調整，以保証达到在設計时所規定的相对位置和准确度。因此，調整的内容应包括：

- (1) 滾輪同刀具的相对位置；
- (2) 零件与靠模的相对位置；
- (3) 滾輪与靠模保証为綫接触。

根据这些要求，在設計靠模时必须考虑到留有調整余地。例如在图 9 中的螺釘 9，就是用来調整靠模板的位置时，以保証模板基面与基本送进方向平行。另外，固定靠模板的安装孔多是制成长圓形的。

三 銑削类靠模装置

如所周知，在銑削过程中得到送进的不是刀具而是工件，因此，在使用靠模工作时，附加送进也不应该傳給刀具，而应傳給夹具。如此，在一般銑床上为了进行这样的加工，靠模对工件要固定不动，而与刀具保持一定的相对位置，一同装在沿附加送进方向上可以移动的支座上。滾輪对机床来说是固定不动的，以保持和刀具的相对位置不改变。图 11 給出了示意图，而图 12 給出了迴轉平台的結構图。

車削类与銑削类靠模装置的运动方式不同这一点，并未給靠模定形上带来什么新的东西，其外形之作图，仍然是假定工件与靠模固定不动，刀具和滾輪相对于它們滾动而得。

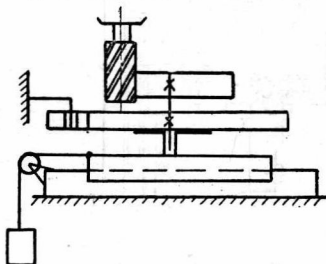


图11 圆周送进的銑削靠模装置。

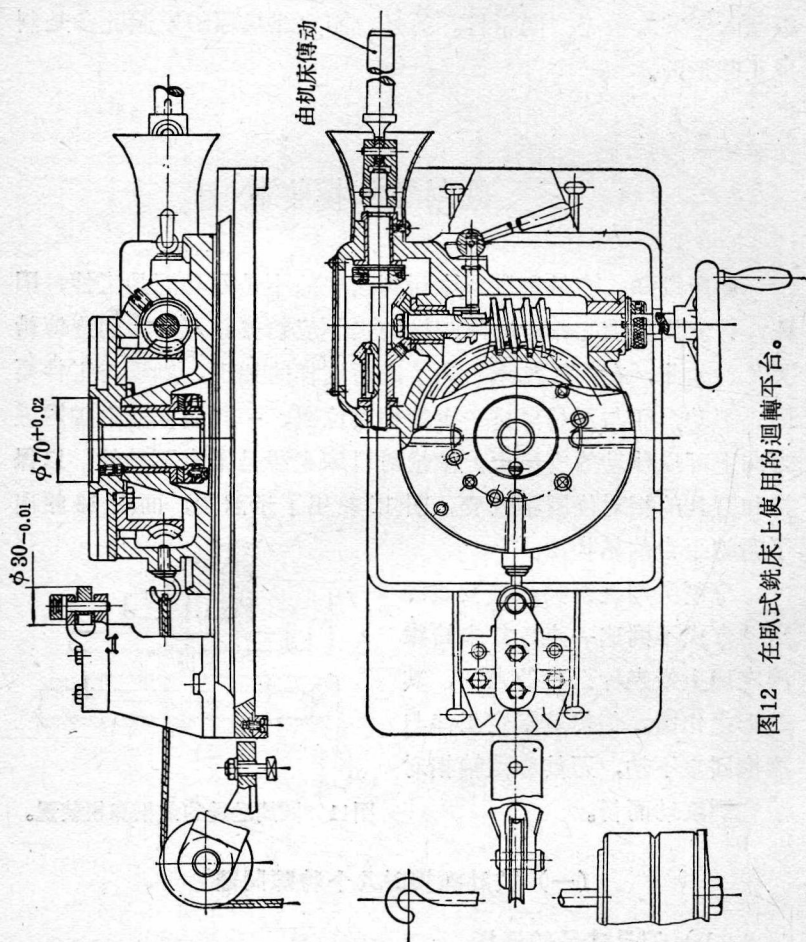
(一) 設計靠模时几个特殊問題

(1) 刀具半径的选择

刀具半径应小于工件型面上最小的圆弧半径，即应符合以下条件(图 13):

$$r_{\phi} \leq R_{\text{工件最小}}$$

在可能情况下，应尽量避免 $r_{\phi} = R_{\text{工件最小}}$ ，因为在这时切削面积将发生急剧的变化和增大，甚而造成系统的振动和变形，影响了精度；另外很明显地绝对不能取 $r_{\phi} > R_{\text{工件最小}}$ ，因为这样，就不能进行加工。



(2) 滾輪的選擇

滾輪的大小，會使靠模型面的曲率改變，為使靠模型面能作出來，它不應大於其中心軌跡曲線上最小曲率半徑，即，

$$r_n \leq R_{\text{最小}}$$

圖13 刀具半徑和型面的關係。

根據所用的結構和使用的經驗，滾輪半徑一般取為：

$$r_n = 20 \sim 30 \text{ 毫米。}$$

滾輪用高碳鋼製造，直徑誤差定為 0.01~0.02 毫米。

(3) 靠模迴轉中心的選擇

在前邊已經談到，銑床上所使用的靠模裝置的主要送進是工件的旋轉，而靠模又與工件固定在一起也要旋轉，因此，如何選取合適的轉動中心，便成為設計靠模時的一個很重要的問題。靠模工作時與滾輪的關係，恰如活塞式發動機中凸輪與頂杆之間的運動情況，必須使它能夠轉動而不被卡死，這里面就有一個升角問題。升角 α 大過一定值時，就會造成機構卡死甚至於被破壞。

靠模型面的升角，就是型面某點的切線與主要送進方向之間的夾角。因為主要送進為圓周送進，故某點之升角，是過型面上該點之切線與該點向徑 ρ 為半徑的圓周切線間的夾角（圖 14）。根據這一點，也不難看出，此角也等於靠模型面上該點的向徑與

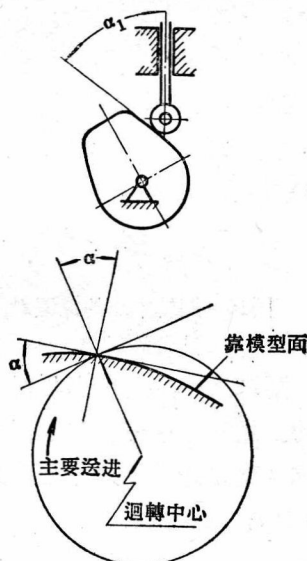


圖14 靠模的升角 α 。

該点法綫間的夹角。

升角 α 一般取决于工件的型面；但是由于可以选取不同的轉动中心，这个角也会改变，在图 15 中就很明显的說明了这个问题。图 15 a) 中的 α 大于 b) 的 α' 。由此可見，对于迴轉中心的选择是非常重要的。

α 值一般应在 45° 以下变化，很少有到 60° 的。

除了考虑运动的可能性以外， α 角的大小，尚应考虑到綜合送进速度的变化范围。綜合送进速度变化愈小，对于充分发挥机床的馬力及刀具的切削作用愈是有利的。不难理解，靠模轉动中心至型面上任何一点向徑 ρ 的变化，就是决定綜合送进速度变化的。所以在一次加工循环当中，应取能使向徑 ρ 对轉角 φ 的变化率为最小，即应使 $\mu = \frac{d\rho}{d\varphi}$ 为最小的点作轉动中心。

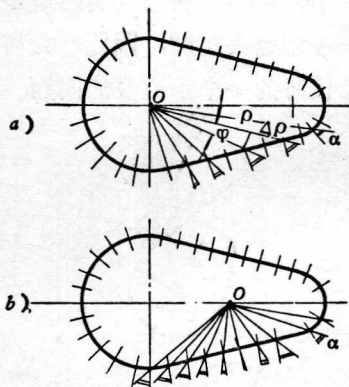


图 15 迴轉中心的位置对升角的影响。

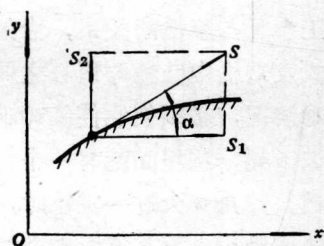


图 16 升角对綜合送进的影响。

要求 ρ 的变化最小与要求 α 的变化亦最小并不矛盾，而是一致的。故从此也可以知道要求綜合送进速度 S 变化最小，就等于要求 α 变化为最小，这是因为主要送进 S_1 不变，而綜合送进为 (图 16)：

$$S = \frac{S_1}{\cos \alpha}。$$

上式指出, 若 α 不变化, 则 S 也不变化。

除了上述問題以外, 还有一点也是比較重要的, 須加以說明, 如果用极坐标方程表示靠模型面曲綫, 那么轉动中心应滿足型面点对极角 φ 为单值函数这个条件, 对于固定的极角 φ 只能決定一个点。这个要求之所以必要是十分明显的 (图 17), 对于每一个 φ 來說, 銑刀只能占有一个固定位置, 靠模才能制造出来。如图 17 所示, 决不可以选 O_1 为轉动中心, 由于出现了三个交点, 在同一 φ 角下, 要求銑刀有三个不同位置, 靠模是沒法制造的。

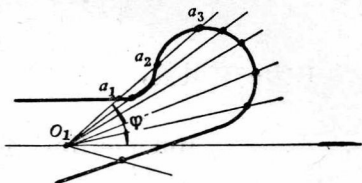


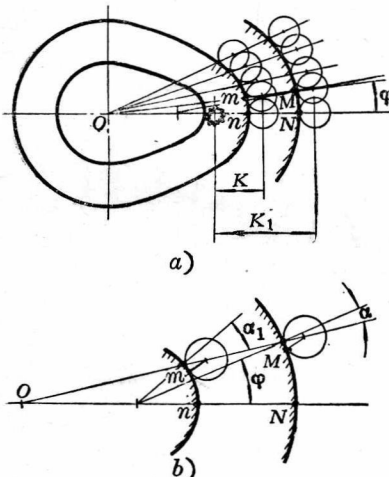
图17 迴轉中心位置不对的例子。

据上所述, 靠模轉动中心的选择如根据以下两个原則, 則常常能滿足要求:

- 1) 轉动中心常常选在零件的几何中心;
- 2) 轉动中心常常选在零件最大圓弧段的中心。

(4) 銑刀中心至滾輪中心的距离 K 的选定

常数 K 的选定, 一般决定于装置的构造尺寸, 它直接决定靠



模板本身尺寸的大小, 因而它的改变会改变模板与滾輪之間的运动情况, 增大 K 可使运动情况得以改善, 这由图 18 可以很明显地看出来。对于同一角 φ 的增量 $\Delta\varphi$ 来讲, 滾輪的徑向移动量, 取决于工件型面的特性。如图 18 所示, 若取 K_1 为新的常数, 則滾輪跑过的弧长 $\widehat{MN}$ 大于在 K 时的弧长, 即 $\widehat{MN} > \widehat{mn}$ 。

图18 常数 K 对靠模型面的影响。