

銑刀的合理使用和 維 护

邵組导編著



机 械 工 业 出 版 社

一 有关合理使用铣刀的几个问题

为什么要合理地使用铣刀呢？我們說，只有正确地选用和合理地使用铣刀，才能铣削出合乎质量要求的制品，才能提高劳动生产率。要想合理地使用铣刀，总的說来必須掌握以下几方面的基本知识：

1. 铣刀的組成部分 铣刀的种类很多，使用范围也不同，但它的組成部分却是大致相同的。圖 1 是铣刀的各部名称和几何形状。

一、前角 γ 选得正确，在切削过程中就会平稳地进行，切削用的力也可以小些，刀齿的前面也就不容易用钝。

二、后角 α 选得正确，就可以减低齿后面的磨损。铣齿的齿损，随着后角的增加而减少，也就是铣刀的寿命随着而提高。

三、楔角 β （也叫做切削角或尖角）是随后角 α 的增加而减小，这样就会使刀齿变得单薄，在吃刀深度太深时容易折断。切削角愈大，刀齿的强度愈高，所以楔角就希望选大些。

四、主偏角 φ 。在铣刀每齿进给量不变的条件下，主偏角愈小，切屑的厚度愈小，铣刀的使用寿命和生产率也愈高。

五、副偏角 φ_1 。在切削中，为了不妨碍端面切削刀的运动，才作出副偏角的。

有关各角度的选择，下面再詳細分述。

2. 铣刀的分类 凡現有的铣刀都可以按照下列标准来分：

一、按铣刀的刀齿结构来分，有：尖齿铣刀、键齿铣刀。

二、按铣刀的刀齿形状来分，有直齿型铣刀（圆柱形铣刀），

左螺旋綫型銑刀（左螺旋圓柱形銑刀）。

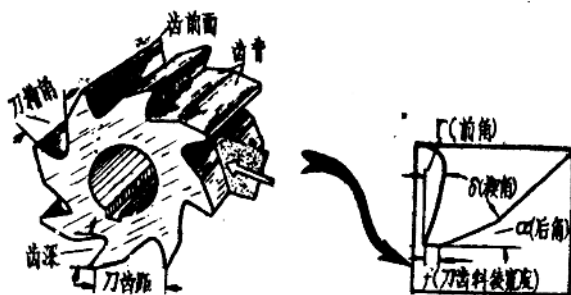


圖1 銑刀的各部名稱。

三、按銑刀的刀齒相對於銑刀刀軸的位置來分，有：圓柱形銑刀、端銑刀（尺寸小的稱為立銑刀、尺寸中的稱為空心立銑刀或壳形銑刀、尺寸大的稱為面銑刀）、側銑刀（它還分為單側面銑刀、雙側面銑刀、交錯齒銑刀）、單面角度銑刀、雙角角度銑刀、特形銑刀等。

四、按銑刀的架卡方法來分，有：套裝銑刀（如側面銑刀、圓柱形銑刀……等）、有柄銑刀（如T字槽銑刀、立銑刀、槽銑刀……等）。

五、按銑刀的構造來分，有：實體銑刀（如立銑刀、壳形銑刀等）、鑲齒銑刀。

六、按切削情況來分，有：一般切削銑刀、重切削銑刀等。

七、按製造材料來分，大体上可分為三類：碳鋼和合金鋼銑刀、高速鋼銑刀、硬質合金銑刀。

選擇那一類的銑刀，必須根據加工工件的形狀、性質和切削用量等條件來考慮。至於那一類銑刀適合於那一類加工條件，請

参考机械工人活叶学习材料〔铣刀的种类和应用〕一書，这里不再詳述了。

3. 銑削作用 当銑刀的刀齿在进行切削时，每个刀齿上所受到的切削力的大小、方向、时刻都在变化着。在切削过程中，切削下来的鉄屑厚度随时都在变动，这种情况可以从圖2中看出。2是直齿銑刀的工作情况，为了明显地看到銑削过程，圖中只用一个刀齿表示，同时把銑刀在每旋轉一周时，所切削的金屬層上画出剖面綫。从圖2中，我

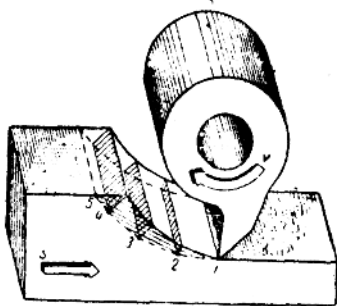


圖2 直齿銑刀的工作簡圖。

們知道直齿銑刀的刀齿一下子就在全部長度上同时切入工件；在这一瞬間，銑刀立即受到冲击，随着銑刀的繼續旋轉，及工件的不断進給运动，被切削部分的鉄屑，就逐漸增加，如圖2中2、3、4的截面，因此金屬的切削抗力——切削力也随着增大。这样繼續切削，从4~5一段上，切削力又降到零，这时的銑刀刀齿已全部离开工件。由于这样，在切削过程中銑刀刀齿上的負荷，就有着極大的变化，因而使机械的动力消耗極不平均。同时，由于有周期性的切削抗力的变化，使銑床和銑刀产生了不应有的震动。

要避免这些缺陷，可以把銑刀的刀齿做得密一些，使几个刀齿同时来切削，这样就能由各刀齿上的切削厚度变化起相互干涉作用，使动力消耗得到平均，震动比較緩和，同时切削的刀齿愈多，动力消耗和震动也愈少。圖3的甲、乙、丙三条曲綫就是銑刀的刀齿在各个位置时的切削力变化情况。

但实际上铣刀接触工件时，并不能馬上开始切削，因工件有一种切削抗力，把铣刀和刀軸一起往上抬，使铣刀的刀齿和工件表面产生滑动現象；这种情况一直要到切屑达到充分厚度和刀齿不再繼續滑动为止才开始切削。这种现象对刀具的磨損、刀軸产生上下运动而引起的震动，是非常不利的。这滑动距离的長短，要按工作情况来决定的，吃刀愈淺，表現得就愈显著，所以我們日常工作中对铣削量較少的工作，就很难控制铣削后的尺寸。因此，在可能范围下切削深度不要太淺。滑动距离的長短和切削深度的关系，可以

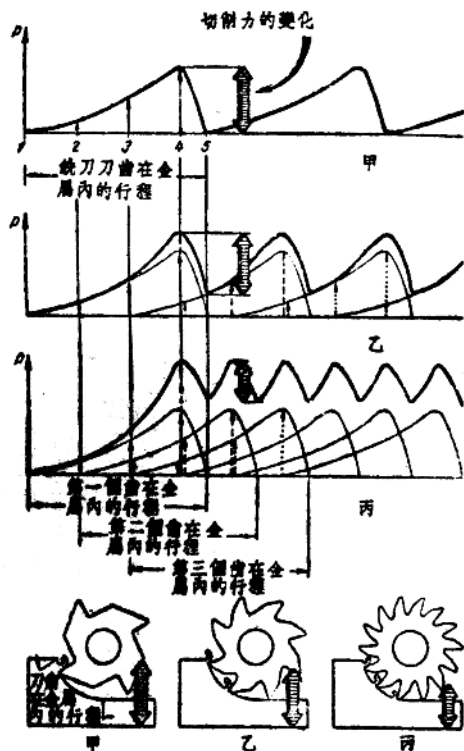


圖3 用直齒圓柱铣刀工作时的切削力变化情况：

- 甲—只有一个刀齿工作；
- 乙—有两个刀齿同时工作；
- 丙—有三个刀齿同时工作。

从圖4来推論，如吃刀愈深，进給量愈大时，則角甲丙乙愈大；假定开始切削深度甲——乙的数值一定时，那末角甲丙乙愈大，

則乙丙的距离也就愈短，而角度愈小，那末乙丙距离就要增長。

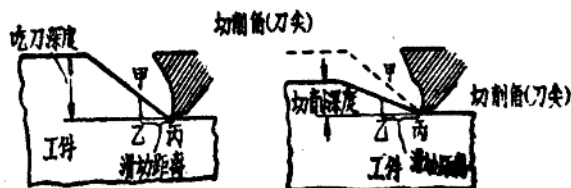


圖 4 切削深度对切削的关系。

如果想避免这种滑动现象，可采用順銑法，銑削方法即銑刀旋轉方向和进給方向相同。圖 5 甲是逆銑法，而圖 5 乙是順銑法。采用順銑法因銑刀的刀齿是从乙点开始銑削，也就是說从切

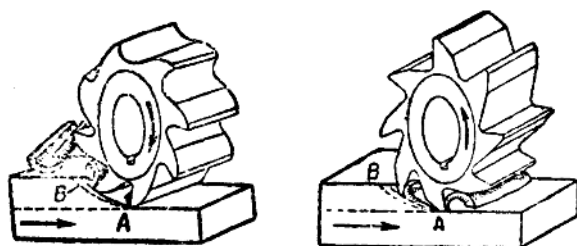


圖 5 順銑与逆銑。

屑最厚的那一点开始切削，到最薄一点結束，这时的銑刀刀齿是一下切入工件，而不产生滑动，因此刀齿后面的磨損就小，切削时發热也小，所以順銑法可提高切削速度。可是这种銑削方法有一个缺点，因为銑刀旋轉方向和进給方向一致，而銑刀轉数比进給快，因此工作台会被拉动，等于長絲杠間隙的距离，这样就会损坏銑刀。因而沒有去除長絲杠間隙的銑床，不能采用順銑的；又因順銑法从乙点切入，所以当切削表面較硬的材料时，也不太适用的。

用螺旋綫圓柱銑刀进行切削时情况就有不同。螺旋綫圓柱銑刀刀齿构成是螺旋綫形状的，所以当刀齿接触工件开始切削时，不是将某一个刀齿全部長度上一下子切入工件，而是逐步切入（見圖6）。假定銑刀刀齿的运动軌迹是圖6中的1、2、3、4、5、

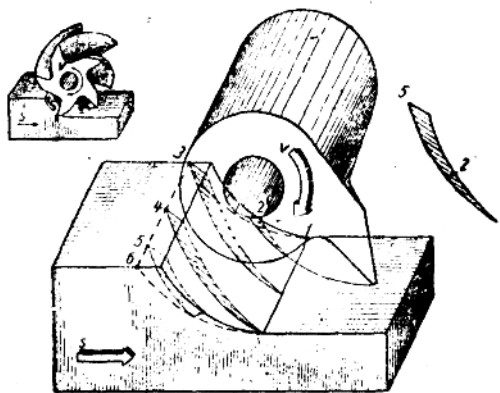


圖6 螺旋綫齒銑刀工作情况圖。

6，那末就可以看出，在1~3段上，切削層的截面積增大，也就是說切削力也隨着增大。在3~4一段上，切削層的截面積和切削力是不變的。當銑刀刀齒再繼續運動至4~6段上，切削層的截面積和切削力逐漸減少。因此，螺旋齒銑刀切削力的變化比較均勻。同時，若讓銑刀的第一個刀齒對正圖6的4，而第二個刀齒對正1，當銑刀繼續轉動時，第一個刀要離開加工表面，而第二齒第三齒就逐漸切入工件。因此，第一個刀齒所切削的金屬層截面縮小，而第二個刀齒所切削的金屬層截面增大，這樣切削總面積不變，切削力也不改變，所以切削時比直齒圓柱銑刀要平穩得多。

圖6中3~4的長度，是隨着銑刀刀齒的螺旋角度而改變，螺旋角愈大（即導程愈小），則3~4的長度就愈短，所以說當螺旋角

大时，能延長同等抵抗力的時間和增加切削工件的齿数，由于齿数增加，使各齿上的抵抗力相互干涉，减少铣刀的震动。

除此以外，螺旋齿铣刀并不是只能使铣刀的震动緩和。我們使铣刀刀齿的中心綫傾斜，而改变了排除鉄屑方向和前角、后角的大小。螺旋角愈大，則前角愈大，切削層金屬的变形愈小，加工表面光潔度也愈高，所以一般螺旋角應該采用得大一些，有的到达 $50 \sim 60^\circ$ 。

4. 合理的铣刀角度 任何铣刀要切去工件上的金屬層，它們都需具有楔状角度（也叫做切削角），圖 1 的 β 角就是楔角。齿尖在加于楔角上力的作用下，才能切削金屬，楔角愈尖（即 β 角愈小），切削金屬所需的力也愈小，也就是說愈容易切入材料中去。相反的楔角愈大，那末切削金屬所需要的力也就愈大。

但是我們再仔細的考慮一下，是否切削任何金屬材料，都可以用極小的楔角。当然要保證使这楔角，能承受切削的抗力，否則铣刀的刀齿不是磨損，那末就是折断。因此我們根据这些情况說，楔角的大小必需按照被加工的材料性質来決定。

在圖 1 中，我們可以看出楔角是由直角减去前角、和主后角而构成，那末前角和主后角的数值，應該怎样来安排才算合理呢？在前面已經知道，前角选得愈大。切削动力也可减少，切削时也很平穩。铣刀的齿前面（圖 1）不易变鈍，因而增長铣刀寿命，同时切削金屬層的变形也小，并且还能提高加工的表面光潔度。但是又因为加工材料的性質关系，前角很难确定，不但要选得大，而且又要不削弱铣刀刀齿的剛度；为了便于工作时查考。表 1 只根据圓柱形铣刀、端铣刀、側面铣刀等加工不同材料时前角的度数。

关于鋸片铣刀、槽铣刀、丁字形铣刀等，由于厚薄相差很

表 1 前角的选择

被加工的材料性質			前角 γ (度)
鋼	性質較軟的鋼	抗拉極限強度 σ_b 不大于 60 公斤/平方公厘	20
	性質中軟的鋼	抗拉極限強度 σ_b 由 60~100 公斤/平方公厘	15
	性質較硬的鋼	抗拉極限強度 σ_b 在 100 公斤以上/平方公厘	10
鑄鐵	性質較軟鑄鐵	一般以布氏硬度 H_B 不大于 150 度	15
	性質較硬鑄鐵	一般以布氏硬度計 H_B 超过 150 度	10

注：銑刀的前角公差最大为 $\pm 2^\circ$ 。

大，对楔角的强度影响较小，而对宽度影响较大，所以多半就不以加工材料的性質来决定，而取决銑刀的宽度。这类銑刀的前角如下：

如果銑刀宽度不大于 3 公厘，则前角 γ 为 5 度。

如果銑刀宽度已超过 3 公厘，则前角 γ 应为 10 度。

其余如带柄角度銑刀等，一般采用前角 γ 为 10 度。

主后角对銑刀的使用寿命来说，也有很大的影响，主后角大，就可以减轻刀齿后面的摩擦，使銑刀获得最大寿命。为此，应该根据切削层的厚度来选定正确的主后角。一般当切削层厚度小的时候，主后角应该增大。但是主后角也不能无限制地增大，因为主后角过大后，会降低楔角的强度，而增加銑刀刀齿断裂的危险，正确的主后角大小数值，可按照表 2 来选定。

一般用来銑削平面的壳形銑刀（又称空心銑刀），它有两个主要的切削刀刃，一个是主切削刃；另一个是副切削刃，圖 7 是壳形銑刀的几何形状。

表 2 主后角和副后角的选择

铣刀种类	主后角 α (度)	副后角 α_1 (度)
圆柱形铣刀和端铣刀	12~16	8
侧面铣刀 (直齿)	16~20	6
侧面铣刀 (斜齿)	12~16	6
带柄的平面角度铣刀 (直径小于20公厘)	20~25	8
带柄的平面角度铣刀 (直径大于20公厘)	16~20	8
槽铣刀	20~30	6
锯片铣刀	20~30	—
T字槽铣刀	20~25	6

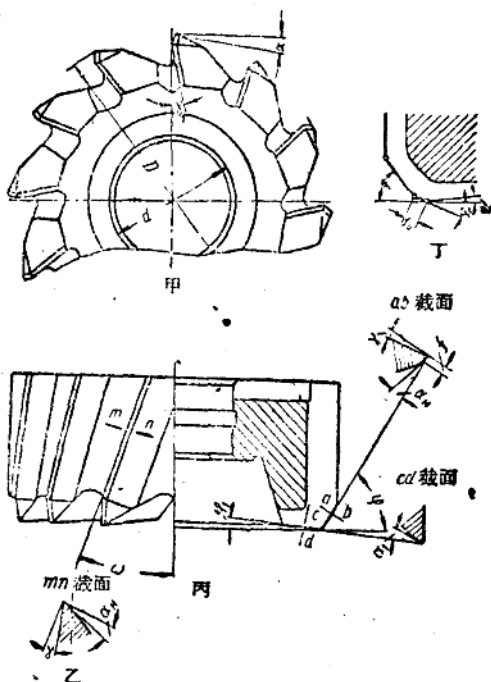


图 7 壳形铣刀的几何形状。

主切削刀是壳形铣刀上的主要切削刀，分布在铣刀的圆柱面上，同样有前角、后角、螺旋角。为了使切削容易，主切削刀和进刀方向交成一个角度，这个角度，正像車工用的偏刀一样，一般都叫做主偏角用字母 φ 代替。

如果主偏角 φ 在铣刀每齿进给量不变的情况下，主偏角 φ 愈小，切下的铁屑厚度也愈小，因此可加快进给量，这样可以提高铣刀寿命，和提高生产效率。

副切削刀是分布在铣刀的端面上，圖7甲上的前角 γ_1 和后角 α_1 ，是沿垂直铣刀軸綫平面度量的前角 γ_1 ，因为在端面上，所以叫做橫前角。如果把垂直于主偏角的 $a-b$ 截开，那末得出圖7丙的 α_1 端面后角。如果把垂直于切削刀的 $m-n$ 平面截开圆柱面，即得圖7乙的 α_n 法向后角。

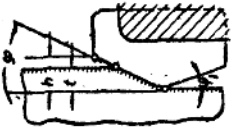
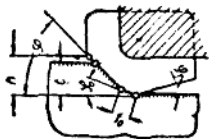
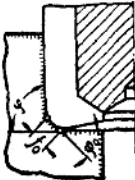
在切削过程中，铣刀的刀齿和工件表面經常摩擦，所以铣刀磨损很快，为了不妨碍切削时副切削刀的运动，減輕加工时的表面摩擦起見，在副切削刀上磨出一个副偏角 φ_1 。一般这个副偏角 φ_1 都在 $1\sim 2^\circ$ 之間，最大的也有用 $5\sim 6^\circ$ 。

为了增加铣刀刀齿的强度，不使主切削刀和副切削刀的交角尖锐，这两个连接部分都做成圓角，或做成如圖7丁所示的过渡刀 φ_0 ，这过渡刀的角度大小，可按实际情况选定，一般是主偏角 φ 的一半，当铣削較硬的材料时，过渡刀可以不用，而做成圓角，铣削普通材料的时候，过渡刀可采用 25° 。

从上面的討論中，我們知道当壳形铣刀或單側铣刀加工平面时，它們的主偏角 φ 和过渡刀 φ_0 的选择，都必須考虑加工的材料性質、切削深度等条件，为了便于工作，主偏角 φ 和过渡刀 φ_0 可按表3选定。

苏联先进生产者，列宁勛章获得者列昂諾夫(И. Д. ЛЕОНОВ)，

表3 主偏角 φ 和过渡刃 φ_0 的选择

銑刀的性質和应用范围	加工草圖	φ 角 (度)	φ_0 角 (度)
1. 直徑在150公厘以上的錐形面銑刀, 用龍門銑床加工剛度較強的工件, 生产批量是大批和大量生产, 切削深度 $t = 3$ 公厘		20	
2. 切削深度超过3公厘到5公厘, 其他条件同上		30	
3. 直徑在150公厘以上的面銑刀, 生产批量为大批或大量生产, 切削深度在5公厘以下 4. 直徑在90公厘的單側銑刀, 生产批量为大批或大量生产, 切削深度在2公厘以下		45	25
5. 直徑在90公厘以上的單側銑刀, 生产批量为大批或大量生产, 切削深度超过2公厘, 到5公厘 6. 面銑刀和單側銑刀, 生产批量为小批或单个生产, 切削深度到6公厘		60	30
7. 面銑刀和單側銑刀, 用来加工互相垂直的平面		90	45

他改进了很多銑刀的角度, 使生产率得到大大的提高。1956年他来上海, 进行了銑削表演; 他根据銑削作用的特性, 进行多次修改而得的, 现在将他的先进銑刀介紹如下:

1) 端铣刀，它除铣平面外，还可以铣削沟槽，这种端铣刀的吃刀深度，可能达到铣刀直径一倍半；铣刀的材料采用 P 9 高速钢，铣刀结构是根据苏联国家标准 ГOCT 3959-47 改进的，圖 8 就是列昂諾夫同志改进后的铣刀几何形状，其各部分的尺寸，見附表 1。

表 4 这种铣刀和原来铣刀比較，并且把铣刀直径和刀齿数的多少列出。

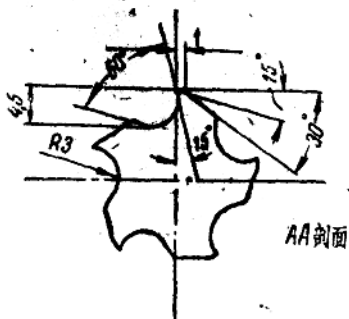


圖 8 列昂諾夫改進的铣刀。

表 4 端铣刀的比較表

改 进 部 分	ГOCT 3959-47 标准铣刀	列昂諾夫铣刀
螺旋角度	20度	30°~40°
刀槽圆弧半径 (公厘)	R ₁	R ₁
齿深 (公厘)	4.1	4.5
刀槽角	70°	60°
刀槽表面光洁度	▽▽6	▽▽▽9 抛光

列昂諾夫端铣刀直径与齿数关系

端铣刀直径 (公厘)	φ 4~φ 13	φ 20~φ 30	φ 30~φ 50
齿数	4	5	6

列昂諾夫铣刀的优良，从表 4 及表 5 可以看出，主要的可归纳成三大点：

一、由于铣刀的螺旋角增大，同时切削工件的刀齿增加，使切削平稳，也控制了铁屑的排出方向；由于排屑顺利，使机床负荷稳定，刀具受力也就均匀。

二、銑刀齒數減少，刀槽圓弧半徑增大。齒數減少后使刀槽增大，刀齒強度增加。在切削時能容納較多的鐵屑，所以進給量也可以增加。刀槽圓弧半徑增大，不但能加強刀齒強度，而且鐵屑排出也比較容易，不致使鐵屑堆擠在槽內，增加切削阻力，或因鐵屑擠滿，無法排出而折斷。同時也能保證在熱處理時的安全。

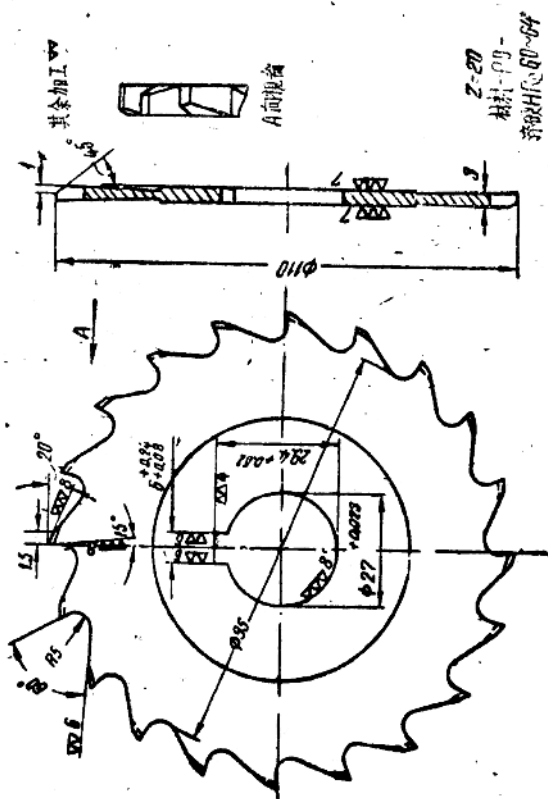


圖 9 鋸片銑刀。

三、刀齿加深和刀槽圆弧表面抛光，刀齿加深后，同样可以多容纳铁屑，并且能使铣刀刀磨次数增多，相对地增加了铣刀使用寿命。刀槽圆弧的抛光，可以减轻出铁屑的摩擦热量，减少铣刀的发热程度，提高铣刀使用寿命。为了证明列昂诺夫铣刀的优点，在苏联也进行了试验，其结果如附表2。

2) 锯片铣刀，这类铣刀除铣槽以外，还常用来切断和铣割封闭槽； $\phi 110 \times 3$ 的锯片铣刀能切割30公厘以内的深度，这种锯片铣刀也用P9高速钢材料制造的，它的结构是根据苏联国家标准ГОСТ03310-00改进的。图9就是列昂诺夫同志所改进的锯片铣刀的几何形状；现在把这种锯片铣刀的改进要点和齿数与直径的关系，分别列成表5及表6。

表5 锯片铣刀的比较表

改进部分	ГОСТ 03310-00标准铣刀	列昂诺夫铣刀
齿数	40	20
刀槽圆弧半径(公厘)	R_1	R_5
刀槽角度	55°	60°
齿尖两侧倒角	原无	齿尖的二侧左右交错倒角 $45^\circ \times 1/3$ 的铣刀宽
前角 γ	5°	15°

表6 列昂诺夫锯片铣刀直径和齿数关系表

锯片铣刀直径(公厘)	$\phi 80$	$\phi 110$	$\phi 200$
齿数	20~25	30	55~60

列昂诺夫锯片铣刀的优点，可以从表5、6中看出，主要可以归纳成下列两点：

一、齿数减少，刀槽角增大，以及刀槽圆弧半径增大，这些优点完全和端铣刀相同；见端铣刀的第二条分析。

二、齿尖两侧倒角，前角增大。在切削刃上每隔一齿交错磨成 $45^\circ \times \frac{1}{3}$ 的铣刀宽度的倒棱。形成锯条一样，使在切削时，被切削的铁屑宽度变狭，而刀齿受力也减轻。因为切削宽度变狭，所以刀齿上单位面积的切削压力减少，相应的切削阻力也随着减少。另一方面由于切下的铁屑比铣刀宽度狭，等于增加容屑地位，也能顺利地排出铁屑。这样就能改善锯片铣刀的自动进给，提高生产效率和铣刀的寿命。

这两种铣刀，在上海表演的时候，使上海地区一些铣工惊奇。表演时的摘录如表 7。

表 7 列昂諾夫同志在上海表演部分纪录

刀 具 名 称 及 規 格	工作物材料	主 軸 轉數/分	進給量 公厘/分	切削深度 (公厘)
φ22高速鋼端铣刀	CT35	450	160	25
φ50×2高速鋼鋸片	CT15	250	150	12
φ110×3高速鋼鋸片铣刀	鍍鉻鋼	90	110	30
φ110×3高速鋼鋸片铣刀	CT45	110	475	25

注：φ50×2是用上海工具厂出品的鋸片铣刀改制φ110×3鋸片铣刀及φ22端铣刀由列昂諾夫同志从苏联带来，列昂諾夫同志表演后分别赠送给各厂。

5. 使用铣刀应注意事项 铣刀只有在合理地正确地情况下使用，才能有較高的生产能力，增加铣刀的使用寿命，那末在什么样的情况下使用才算合理和正确呢？我們总的說来，要注意以下几方面：

一、铣刀正确的刃磨 铣刀也和其他切削工具一样，在切削中逐渐变钝，所以要重新磨刃。一般要在铣刀沒有显著变钝以前，取下来送交工具車間刃磨。不应该毫不关心地繼續使用钝的铣刀，或勉强繼續使用。这样会使切削所用的动力增加，并且还会因铣刀变钝，切削性能减低，从而增加摩擦所發生的高热，

而加剧铣刀变钝，带来了不良的后果。

铣刀用钝以后，铣刀的刀齿刃磨，就比较困难，并且刃磨工时也大大地增加，同时也因变钝过剧，磨去的金属层增加，降低铣刀使用寿命。

使用钝的铣刀，就会把加工表面的质量变坏，切削感到困难；如果锯片铣刀的两侧刀齿，变钝程度不同，则它的切削性能也不一致，在锯割时偏向一侧，锯出的沟槽不平整；甚至使锯片铣刀折断。

二、正确地安装铣刀 假使铣刀位置安装得不适当，或安装得不平，铣削时就会发生震抖现象。

铣刀装上刀轴前，要把铣刀的两侧和刀轴垫圈的两端面揩清爽，刀轴的锥柄和主轴锥孔之间也要擦干净，否则切削时铣刀会产生摆动，这样铣刀容易磨损，减低寿命；同时加工表面光洁度一定很低，尺寸也很难控制。

铣刀安装得不妥当，位置不正确，这样在切削过程中，会发生震动。例如，铣刀装得离开床头过远时，刀轴容易弯曲，减低了铣刀的切削能力，但有时因某些特殊情况，不能使铣刀靠近床头时，床头和铣刀之间，就必须用托架来支持。

6. 切削用量的选择 切削用量包括切削速度、进给量和切削深度。切削用量的选择是合理使用铣刀的主要因素。并且正确的选择切削用量，可以提高生产率。那末什么样的切削用量才算合理呢？就是说要保持铣刀的寿命。所谓铣刀的寿命是指连续切削时间，不包括调整工件、工作台回程等。现将有关铣刀寿命的几个因素叙述如下：

一、切削速度对铣刀寿命来说，影响最大。减低切削速度，可以增长铣刀的使用寿命。要是能把切削速度降低20%，那末这