

各种类型圆拉刀，样品 非标准件

产品名称	各种类型圆拉刀，样品 非标准件
公司名称	温岭市三星工具厂
价格	300.00/支
规格参数	样品或现货:样品 是否标准件:非标准件 标准编号:002
公司地址	中国 浙江 温岭市 经济开发区爱仕达公寓旁
联系电话	86 0576 86220300 13606861171

产品详情

样品或现货	样品	是否标准件	非标准件
标准编号	002	品牌	三川
型号	各种型号	材质	高速钢
拉刀类型	圆拉刀	适用机床	车床
是否进口	否	是否涂层	非涂层
是否库存	非库存	是否批发	批发

温岭市三川工具厂是一家专业从事拉刀研发、生产、销售为一体的厂家，品种有圆拉刀，渐开线拉刀，花键拉刀，键槽拉刀，螺旋拉刀，小径定心拉刀，特异成形拉刀等。我厂自成立以来，本着“以质量求生存，以信誉求发展”为理念，不断引进新技术，新设备，现有数控高精度设备、检测仪器十多台套，能生产高精度渐开线拉刀、小径定心复合齿形渐开线花键拉刀、超长螺旋拉刀等各种复杂特形拉刀，并已全面导入计算机网络系统，在产品开发设计、生产制造中，普遍采用cad计算机辅助设计，cam计算机辅助制造和自主编写的拉刀设计专用程序等现代设计手段。三川工具凭借一支敬业的队伍，先进的设备，严格的管理，优异的性价比，赢得了广大客户的好评。三川人将继续发扬“专业、创新、优质、高效”的办厂宗旨，与广大新老客户携手发展。

圆拉刀是高效加工内孔常用的刀具。本文以笔者在工厂中长期的使用经验与验证为依据，对圆拉刀结构上存在的问题提出了改进意见，同时还对拉孔表面质量差、拉孔精度低和拉刀寿命低的原因进行了详细分析并逐一列出改进措施。

图1 组合式圆拉刀刀齿和切削图形

图2 校准齿上磨分屑槽

图3 常用分屑槽的形状

圆拉刀是高效加工内孔常用的刀具。圆拉刀系刃形复杂刀具，制造精度高，技术要求严格，价格昂贵，应合理使用。目前生产上广泛使用的圆拉刀(以下简称拉刀)，大多采用图1所示组合式的刀齿结构，即在粗切齿和过渡齿上采用不分齿组的轮切式切削方式，其上开有宽的弧形分屑槽；精切齿采用同廓式的切

削方式，其上磨出窄分屑槽。经作者在工厂中长期使用与验证，发现这种拉刀由於结构本身或使用不当等原因，常会造成拉削表面质量差和刀具使用寿命短等问题。拉刀结构问题及改进为了延长拉刀使用寿命，普通拉刀的结构是，在其校准部分上备有3个~7个校准齿，以便在切削齿磨损后逐个递补为精切齿用。并且，人们通常认为校准齿是不参与切削工作的，故校准齿一般都不磨分屑槽(见图1)。但在实际生产中，经观察，拉刀上第一个校准齿是参与切削工作的(因为刃口上有钝圆，会对孔壁产生较大挤压作用而使工件产生弹性回复而缩小)，它具有精切齿的功能。但因其上不作分屑槽，致使切下的切屑形成环状，难於卷起，容易堵塞在槽内，使加工表面质量降低。所以作者建议，在设计和制造拉刀时，除最後1个~2个校准齿外，如图2所示，在其餘校准齿上亦应前後交错地磨出圆弧形分屑槽或角度形(v形)窄分屑槽。如图3所示，分屑槽上两侧刃的後角可按下式计算：

$$\tan k = \tan f \cdot \sin(\alpha/2)$$

f 为分屑槽的槽底后角，一般取为 5° ，见图3中a-a剖面； k 为分屑槽的槽角。由上式中可知，当 $\alpha=0^\circ$ 时，不论 f 磨成多大， k 始终等于 0° (即图3c中所示u形分屑槽的情况)。而当 α 角增大时， k 角也将增大。如取 $f=5^\circ$ ， $\alpha=60^\circ\sim 90^\circ$ ，则从公式中计算可知，此时侧刃上的后角将增大到 $2.5^\circ\sim 3.5^\circ$ ，从而可使该处切削条件大大改善。在实际生产中，由於角度形分屑槽的宽度很窄，通常只有1mm左右，要将砂轮外圆角修成 $60^\circ\sim 90^\circ$ 角，并要求在拉刀上磨出 $f=5^\circ$ 的槽底后角，砂轮直径不能选大，否则会碰到相邻刀齿，加之砂轮在尖角处磨损快，需经常修整，这在工艺上是有难度的。所以操作者在制造拉刀时，常用薄片砂轮来磨削，致使磨出的窄分屑槽成了u形分屑槽。由於圆弧形分屑槽的结构合理，其槽角比v形窄分屑槽的槽角大，且槽与切削刃相交处的刀尖角也大，磨削方便，砂轮与被磨工件(拉刀)接触面大，磨削时工件不易烧伤，所以为了提高拉刀使用寿命，拉刀不但在粗切齿和过渡齿上，而且在精切齿上磨的分屑槽也应尽量采用圆弧形分屑槽。

为使切屑能顺利卷曲，分屑槽的槽数需适当增多。经验表明，其槽数应使切下的切屑宽度以不超过4mm~5mm为宜。目前一些拉刀设计资料中推荐的v形分屑槽的槽数普遍较少，例如直径为50mm的圆拉刀，分屑槽的槽数是22个，而国外同尺寸拉刀上的分屑槽数目为40个。同理，轮切式和组合式圆拉刀上的圆弧形分屑槽数目亦要适当增多。

图4 拉削缺陷

拉孔表面质量差的原因及改进图4中所示的鳞刺、环状波纹和划痕等缺陷都会直接影响拉孔的表面质量。鳞刺产生鳞刺的主要原因是拉削过程中塑性变形较严重。因此，适当增大前角，减小齿升量，选用润滑性能好的切削液(如含氯的极压添加剂切削液)，以及用预先热处理来适当提高工件材料硬度(当工件硬度 $<180\text{HBS}$ 时最易产生鳞刺)等方法，都是减少塑性变形和避免鳞刺的有效措施。环状波纹产生波纹的主要原因是拉削力变化较大，切削过程不平稳，产生了周期性振动。而引起拉削力变动的的原因是：拉刀刀齿交替工作时，同时工作齿数发生变化；齿升量安排不合理，最後几个精切齿上的齿升量变化太大；刀齿上的刃带宽度太小或同一刀齿上的刃带宽窄不等；以及拉刀齿距等距分布等。找出具体原因后，可采取相应措施。例如，可采用不等齿距的拉刀，或在制造拉刀时齿距不规定公差；适当增加同时参加工作齿数，最好4个~5个，如果太少，可把几个工件叠在一起拉削。局部划痕及“啃刀”局部划痕由以下原因造成：积屑瘤、刀齿上有缺口、或容屑条件差；切屑擦伤工件表面；在拉刀的最后精切齿上未开分屑槽。“啃刀”是因拉刀弯曲，使刀齿发生突然移动或摆动造成的。使用较低的切削速度($<2\text{m/min}$)来抑制积屑瘤的产生，防止切削刃刃面上的制造缺陷和损伤，及时清除容屑槽中的积屑，重磨前刀面时须保持原有容屑槽的形状，拉刀使用完毕必须悬挂以免拉刀因自重而产生弯曲等都是防止划痕及“啃刀”的有效措施。挤压亮点挤压亮点是由刀齿後刀面与已加工表面之间产生较强烈的挤压摩擦，或因工件材料硬度过高而造成的。因此，可采取适当增大後角；减小校准齿上刃带宽度(可减至 $0.2\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$)；选用合适的切削液；应用热处理方法降低工件材料硬度(当硬度 $>240\text{HBS}$ 时)；或把前角适当减小，以增加刃口强度，防止崩刃等均可有效减少工件表面产生挤压亮点与划伤。拉孔精度低的原因及改进

拉后孔径扩大或缩小由於积屑瘤的影响和磨刀时产生的毛刺，拉刀制造时产生的切削刃位置偏差和轴线直线度偏差，以及拉刀和工件预制孔不同心等原因，通常拉后孔径将会扩大。但在拉削薄壁工件或韧性大的工件材料时，由於拉后工件会产生弹性回复而使孔径缩小，确定拉刀校准齿尺寸时须考虑拉后孔径的扩大量或收缩量，其值应通过试验确定，一般在 $0.01\text{mm}\sim 0.02\text{mm}$ 范围内。使用拉刀时，还可通过适当降低切削速度、采用冷却性能好的切削液，防止积屑瘤的产生以免孔径扩大。防止孔径缩小，可采用增

大前角、保持刃口锋利、以及选用合适的切削液等方法。例如，用拉刀拉削40cr和45钢工件，当用乳化液孔径尺寸变小时可改用硫化油拉削。这是因为乳化液是一种水基切削液，水的导热性好，故刀具的热膨胀小；乳化液的润滑性比油类切削液差，所以刀具对工件的挤压作用也大，加工后工件的回弹量也就增加，因而孔径尺寸减小。利用上述规律，实际生产中就可通过改变切削液的种类和成份来控制实际加工的尺寸，以满足拉孔精度和质量的要求。拉后孔形产生偏差 当工件孔壁沿轴线方向上厚度在全长上不均匀时，拉后孔形将会发生变化。如工件两端为薄壁，拉后工件孔呈“腰鼓形”；工件中间部分为薄壁，拉后工件孔呈“喇叭口”形。因此，当工件壁厚不均匀且厚薄相差太大时，不宜采用拉削。

图5 容屑槽的有效面积与切削层截面积

拉刀寿命低的原因及改进 拉刀容屑空间不足 拉刀属于封闭式切削的刀具，如容屑空间不够，切屑将堵塞在容屑槽内，而使拉削力急增，导致刀齿损坏或拉刀折断。为此，使用外购拉刀拉削时，应先核算拉刀的容屑系数k。如图5所示，须使容屑槽的有效面积大于切削层截面积，即 $k = (h^2/4)/(l_0hd) > 1$ h为容屑槽的深度； l_0 为拉削长度；hd为切削层厚度，组合式拉刀上 $hd = 2fz$ ，见图1，式中f2为齿升量；k为容屑系数，它的大小与被加工材料和齿升量有关，通常可取 $k = 2 \sim 3.5$ ，加工铸件和齿升量大时k取小值。

刀具几何参数不当 拉刀前角选用不当，后角太小或刃带过宽，精切齿上磨的分屑槽为u形槽，切削条件差，刀齿磨损快，严重时会使拉刀卡住在工件孔中，使拉刀折断。拉刀前角通常可取 $5^\circ \sim 18^\circ$ ，拉塑性材料时可取大值，拉脆性材料时取小值。拉刀后角，切削齿上可取 $3^\circ \pm 30^\circ$ ，校准齿上可取 $1^\circ \pm 30^\circ$ 。刃带宽度通常粗切齿和过渡齿上为 $< 0.2\text{mm}$ ，精切齿为 0.3mm ，校准齿为 $0.5\text{mm} \sim 0.6\text{mm}$ 。此外，在精切齿上应磨圆弧形分屑槽或角度形(v形)分屑槽。齿升量不当 如刀齿上的齿升量过大或不均匀，或个别刀齿上的齿升量过大，使切削力过大或产生颤动，而使刀齿损坏或拉刀折断。为此，须控制拉刀每个刀齿上的齿升量，当个别刀齿上有损伤、缺口或崩刃时，应将该刀齿磨去，再把其齿升量均匀分摊到其他各个刀齿上。拉刀刃磨退火 重磨拉刀时不能进刀太快，吃刀过大，以免产生刃口处过热退火和烧伤等现象，而使刀齿磨损加快和拉刀寿命降低。所以，重磨拉刀时必须精细操作。

工件预制孔尺寸不当及拉削长度过长 工件预制孔直径偏小，当拉刀前导部强行通过时，容易使拉刀卡住而折断；或当工件预制孔直径过大，造成孔的偏移而使拉刀折断。为此，拉削时必须选用合适的预制孔尺寸，一般拉刀前导部直径尺寸等于工件预制孔的基本尺寸，公差带按f7。此外，被拉工件的拉削长度也不能超出拉刀设计时规定的长度，以免同时参加工作齿数增多，切削力过大而使刀齿损坏或拉刀折断。一般拉削长度都列印在拉刀的颈部上。工件定位不良 如工件基准端面与预制孔的垂直度差，夹具支承面处有切屑，拉刀产生下垂，拉削时拉刀相对工件歪斜等，都会使刀齿上负荷不均匀，造成很大弯曲而使拉刀折断。为此，须控制预制孔中心线与工件基准端面的垂直度为 $0.02 \sim 0.05\text{mm}/100\text{mm}$ ；定位基准端面应尽可能大，不应有中凸，表面粗糙度 $ra < 3.2 \mu\text{m}$ ；或采用浮动支承的拉床夹具；对长而重的拉刀，还可使用后托架支承拉刀。

图6 拉刀尾端装硬质合金挤压环

工件材质不均匀与硬度过高 工件材质不均匀，其内有硬质点或材料硬度过高 ($> 280\text{hbs}$ 时)，表面有氧化皮等都会使刀具寿命降低。所以，拉前须检验工件材质，如材料硬度过高可采用热处理方法适当降低；或选用w2mo9cr4vco8(m42)、w6mo5cr4v2al等硬度和耐磨性能均较高的高性能高速工具钢来制造拉刀，国外还有用粉末冶金高速钢(pm hss)制造的拉刀；也可在拉刀刀齿表面上涂一薄层耐磨的tin；或在拉刀尾端装一可更换的硬质合金挤压环，如图6所示。拉刀磨损过度 为防止拉刀磨损过度，以免切削力过大而使刀齿损坏，故须控制拉刀刀齿后刀面上的磨损量，通常不应超过 $0.2\text{mm} \sim 0.3\text{mm}$ ，工厂中常以达到上述磨损量时所拉出的工件数来加以控制。拉床功率不足，刚性差

拉床功率不足，刚性差，引起拉削时振动而使刀齿崩刃或折断，可改用刚性好和功率足的拉床拉削。

拉削速度不当 如拉削速度过高，切削温度高，则拉刀寿命将会降低。因而，对于用w6mo5cr4v2等通用型高速钢制造的拉刀，粗拉切削速度一般为 $3 \sim 7\text{m}/\text{min}$ ，

精拉切削速度一般为 $1 \sim 3\text{m}/\text{min}$ ；工件材料强度、硬度较高时，拉削速度应取小值。

切削液种类或浇注方式不当 切削液种类与浇注方式不但影响拉刀寿命，而且对加工精度和表面粗糙度均有影响。加工钢件孔时，可用浓度为 $10\% \sim 20\%$ 乳化液或极压乳化液，也可用硫化油或复合油。拉铸件孔时可以干切削，但最好用普通乳化液或煤油。加工钢件时如用硫化油，可使拉刀寿命提高。切削液供应要充足，在拉刀进入工件孔前和刚从工件孔中拉出时都应供给切削液，供应量一般不应少于 $5 \sim 15\text{l}/\text{min}$ 。

此外，正确使用和保管拉刀对拉刀寿命也有影响。在每一个工件拉削之后，都应用铜丝刷将粘附在刃面上的切屑清除干净。如用铜丝刷清除不掉时，可用油石轻轻擦去。但绝不可用钢丝刷或棉纱。同时拉刀在制造、运输和保管与使用过程中，不可碰伤刀齿和刃口。拉刀的修复拉刀的价格很贵，为了延长其寿命，所以拉刀经多次重磨之后，直径变小将要报废时常加以修复使用。这时可在车床上用带负前角的硬质合金工具逐齿挤压刀齿前刀面。挤压後直径可增大0.01mm~0.02mm，然后再研磨，使其达到规定尺寸。

温岭市三川工具厂是一家专业从事拉刀研发、生产、销售为一体的厂家，品种有圆拉刀，渐开线拉刀，花键拉刀，键槽拉刀，螺旋拉刀，小径定心拉刀，特异成形拉刀等。我厂自成立以来，本着“以质量求生存，以信誉求发展”为理念，不断引进新技术，新设备，现有数控高精度设备、检测仪器十多台套，能生产高精度渐开线拉刀、小径定心复合齿形渐开线花键拉刀、超长螺旋拉刀等各种复杂特形拉刀，并已全面导入计算机网络系统，在产品开发设计、生产制造中，普遍采用cad计算机辅助设计，cam计算机辅助制造和自主编写的拉刀设计专用程序等现代设计手段。隆盛工具凭借一支敬业的队伍，先进的设备，严格的管理，优异的性价比，赢得了广大客户的好评。隆盛人将继续发扬“专业、创新、优质、高效”的办厂宗旨，与广大新老客户携手发展。

圆拉刀是高效加工内孔常用的刀具。本文以笔者在工厂中长期的使用经验与验证为依据，对圆拉刀结构上存在的问题提出了改进意见，同时还对拉孔表面质量差、拉孔精度低和拉刀寿命低的原因进行了详细分析并逐一列出改进措施。

图1 组合式圆拉刀刀齿和切削图形

图2 校准齿上磨分屑槽

图3 常用分屑槽的形状

圆拉刀是高效加工内孔常用的刀具。圆拉刀系刃形复杂刀具，制造精度高，技术要求严格，价格昂贵，应合理使用。目前生产上广泛使用的圆拉刀(以下简称拉刀)，大多采用图1所示组合式的刀齿结构，即在粗切齿和过渡齿上采用不分齿组的轮切式切削方式，其上开有宽的弧形分屑槽；精切齿采用同廓式的切削方式，其上磨出窄分屑槽。经作者在工厂中长期使用与验证，发现这种拉刀由於结构本身或使用不当等原因，常会造成拉削表面质量差和刀具使用寿命短等问题。拉刀结构问题及改进为了延长拉刀使用寿命，普通拉刀的结构是，在其校准部分上备有3个~7个校准齿，以便在切削齿磨损后逐个递补为精切齿用。并且，人们通常认为校准齿是不参与切削工作的，故校准齿一般都不磨分屑槽(见图1)。但在实际生产中，经观察，拉刀上第一个校准齿是参与切削工作的(因为刃口上有钝圆，会对孔壁产生较大挤压作用而使工件产生弹性回复而缩小)，它具有精切齿的功能。但因其上不作分屑槽，致使切下的切屑形成环状，难于卷起，容易堵塞在槽内，使加工表面质量降低。所以作者建议，在设计和制造拉刀时，除最後1个~2个校准齿外，如图2所示，在其余校准齿上亦应前後交错地磨出圆弧形分屑槽或角度形(v形)窄分屑槽。如图3所示，分屑槽上两侧刃的後角可按下式计算：

$$\tan k = \tan f \cdot \sin(\alpha/2)$$

f为分屑槽的槽底后角，一般取为5°，见图3中a-a剖面；α为分屑槽的槽角。由上式中可知，当α=0°时，不论f磨成多大，k始终等于0°(即图3c中所示u形分屑槽的情况)。而当α角增大时，k角也将增大。如取f=5°，α=60°~90°，则从公式中计算可知，此时侧刃上的后角将增大到2.5°~3.5°，从而使该处切削条件大大改善。在实际生产中，由于角度形分屑槽的宽度很窄，通常只有1mm左右，要将砂轮外圆角修成60°~90°角，并要求在拉刀上磨出f=5°的槽底后角，砂轮直径不能选大，否则会碰到相邻刀齿，加之砂轮在尖角处磨损快，需经常修整，这在工艺上是有难度的。所以操作者在制造拉刀时，常用薄片砂轮来磨削，致使磨出的窄分屑槽成了u形分屑槽。由于圆弧形分屑槽的结构合理，其槽角比v形容分屑槽的槽角大，且槽与切削刃相交处的刀尖角也大，磨削方便，砂轮与被磨工件(拉刀)接触面大，磨削时工件不易烧伤，所以为了提高拉刀使用寿命，拉刀不但在粗切齿和过渡齿上，而且在精切齿上磨的分屑槽也应尽量采用圆弧形分屑槽。

为使切屑能顺利卷曲，分屑槽的槽数需适当增多。经验表明，其槽数应使切下的切屑宽度以不超过4mm~5mm为宜。目前一些拉刀设计资料中推荐的v形分屑槽的槽数普遍较少，例如直径为50mm的圆拉刀

，分屑槽的槽数是22个，而国外同尺寸拉刀上的分屑槽数目为40个。同理，轮切式和组合式圆拉刀上的圆弧形分屑槽数目亦要适当增多。

图4 拉削缺陷

拉孔表面质量差的原因及改进图4中所示的鳞刺、环状波纹和划痕等缺陷都会直接影响拉孔的表面质量。鳞刺产生鳞刺的主要原因是拉削过程中塑性变形较严重。因此，适当增大前角，减小齿升量，选用润滑性能好的切削液(如含氯的极压添加剂切削液)，以及用预先热处理来适当提高工件材料硬度(当工件硬度 $<180\text{HBS}$ 时最易产生鳞刺)等方法，都是减少塑性变形和避免鳞刺的有效措施。环状波纹产生波纹的主要原因是拉削力变化较大，切削过程不平稳，产生了周期性振动。而引起拉削力变动的的原因是：拉刀刀齿交替工作时，同时工作齿数发生变化；齿升量安排不合理，最后几个精切齿上的齿升量变化太大；刀齿上的刃带宽度太小或同一刀齿上的刃带宽窄不等；以及拉刀齿距等距分布等。找出具体原因后，可采取相应措施。例如，可采用不等齿距的拉刀，或在制造拉刀时齿距不规定公差；适当增加同时参加工作齿数，最好4个~5个，如果太少，可把几个工件叠在一起拉削。局部划痕及“啃刀”局部划痕由以下原因造成：积屑瘤、刀齿上有缺口、或容屑条件差；切屑擦伤工件表面；在拉刀的最后一个精切齿上未开分屑槽。“啃刀”是因拉刀弯曲，使刀齿发生突然移动或摆动造成的。使用较低的切削速度($<2\text{m/min}$)来抑制积屑瘤的产生，防止切削刃刃面上的制造缺陷和损伤，及时清除容屑槽中的积屑，重磨前刀面时须保持原有容屑槽的形状，拉刀使用完毕必须悬挂以免拉刀因自重而产生弯曲等都是防止划痕及“啃刀”的有效措施。挤压亮点 挤压亮点是由刀齿后面与已加工表面之间产生较强烈的挤压摩擦，或因工件材料硬度过高而造成的。因此，可采取适当增大后角；减小校准齿上刃带宽度(可减至 $0.2\text{mm} \sim 0.3\text{mm}$)；选用合适的切削液；应用热处理方法降低工件材料硬度(当硬度 $>240\text{HBS}$ 时)；或把前角适当减小，以增加刃口强度，防止崩刃等均可有效减少工件表面产生挤压亮点与划伤。拉孔精度低的原因及改进
拉后孔径扩大或缩小 由于积屑瘤的影响和磨刀时产生的毛刺，拉刀制造时产生的切削刃位置偏差和轴线直线度偏差，以及拉刀和工件预制孔不同心等原因，通常拉后孔径将会扩大。但在拉削薄壁工件或韧性大的工件材料时，由于拉后工件会产生弹性回复而使孔径缩小，确定拉刀校准齿尺寸时须考虑拉后孔径的扩大量或收缩量，其值应通过试验确定，一般在 $0.01\text{mm} \sim 0.02\text{mm}$ 范围内。使用拉刀时，还可通过适当降低切削速度、采用冷却性能好的切削液，防止积屑瘤的产生以免孔径扩大。防止孔径缩小，可采用增大前角、保持刃口锋利、以及选用合适的切削液等方法。例如，用拉刀拉削40Cr和45钢工件，当用乳化液孔径尺寸变小时可改用硫化油拉削。这是因为乳化液是一种水基切削液，水的导热性好，故刀具的热膨胀小；乳化液的润滑性比油类切削液差，所以刀具对工件的挤压作用也大，加工后工件的回弹量也就增加，因而孔径尺寸减小。利用上述规律，实际生产中就可通过改变切削液的种类和成份来控制实际加工的尺寸，以满足拉孔精度和质量的要求。拉后孔形产生偏差 当工件孔壁沿轴线方向上厚度在全长上不均匀时，拉后孔形将会发生变化。如工件两端为薄壁，拉后工件孔呈“腰鼓形”；工件中间部分为薄壁，拉后工件孔呈“喇叭口”形。因此，当工件壁厚不均匀且厚薄相差太大时，不宜采用拉削。

图5 容屑槽的有效面积与切削层截面积

拉刀寿命低的原因及改进 拉刀容屑空间不足 拉刀属于封闭式切削的刀具，如容屑空间不够，切屑将堵塞在容屑槽内，而使拉削力急增，导致刀齿损坏或拉刀折断。为此，使用外购拉刀拉削时，应先核算拉刀的容屑系数 k 。如图5所示，须使容屑槽的有效面积大于切削层截面积，即 $k = (\frac{h^2}{4}) / (l_0 h_d) > 1$ 为容屑槽的深度； l_0 为拉削长度； h_d 为切削层厚度，组合式拉刀上 $h_d = 2f_z$ ，见图1，式中 f_z 为齿升量； k 为容屑系数，它的大小与被加工材料和齿升量有关，通常可取 $k = 2 \sim 3.5$ ，加工铸件和齿升量大时 k 取小值。
刀具几何参数不当 拉刀前角选用不当，后角太小或刃带过宽，精切齿上磨的分屑槽为u形槽，切削条件差，刀齿磨损快，严重时会使拉刀卡在工件孔中，使拉刀折断。拉刀前角通常可取 $5^\circ \sim 18^\circ$ ，拉塑性材料时可取大值，拉脆性材料时取小值。拉刀后角，切削齿上可取 $3^\circ \pm 30^\circ$ ，校准齿上可取 $1^\circ \pm 30^\circ$ 。刃带宽度通常粗切齿和过渡齿上为 $<0.2\text{mm}$ ，精切齿为 0.3mm ，校准齿为 $0.5\text{mm} \sim 0.6\text{mm}$ 。此外，在精切齿上应磨圆弧形分屑槽或角度形(v形)分屑槽。齿升量不当 如刀齿上的齿升量过大或不均匀，或个别刀齿上的齿升量过大，使切削力过大或产生颤动，而使刀齿损坏或拉刀折断。为此，须控制拉刀每个刀齿上的齿升量，当个别刀齿上有损伤、缺口或崩刃时，应将该刀齿磨去，再把其齿升量均匀分摊到其他各个刀齿上。拉刀刃磨退火 重磨拉刀时不能进刀太快，吃刀过大，以免产生刃口处过热退火和烧伤等现象，而使刀齿磨损加快和拉刀寿命降低。所以，重磨拉刀时必须精细操作。

工件预制孔尺寸不当及拉削长度过长 工件预制孔直径偏小，当拉刀前导部强行通过时，容易使拉刀卡住而折断；或当工件预制孔直径过大，造成孔的偏移而使拉刀折断。为此，拉削时必须选用合适的预制孔尺寸，一般拉刀前导部直径尺寸等於工件预制孔的基本尺寸，公差带按f7。此外，被拉工件的拉削长度也不能超出拉刀设计时规定的长度，以免同时参加工作齿数增多，切削力过大而使刀齿损坏或拉刀折断。一般拉削长度都列印在拉刀的颈部上。工件定位不良 如工件基准端面与预制孔的垂直度差，夹具支承面处有切屑，拉刀产生下垂，拉削时拉刀相对工件歪斜等，都会使刀齿上负荷不均匀，造成很大弯曲而使拉刀折断。为此，须控制预制孔中心线与工件基准端面的垂直度为0.02~0.05mm/100mm；定位基准端面应尽可能大，不应有中凸，表面粗糙度 $ra < 3.2 \mu m$ ；或采用浮动支承的拉床夹具；对长而重的拉刀，还可使用后托架支承拉刀。

图6 拉刀尾端装硬质合金挤压环

工件材质不均匀与硬度过高 工件材质不均匀，其内有硬质点或材料硬度过高(>280hbs时)，表面有氧化皮等都会使刀具寿命降低。所以，拉前须检验工件材质，如材料硬度过高可采用热处理方法适当降低；或选用w2mo9cr4vco8(m42)、w6mo5cr4v2al等硬度和耐磨性能均较高的高性能高速工具钢来制造拉刀，国外还有用粉末冶金高速钢(pm hss)制造的拉刀；也可在拉刀刀齿表面上涂一薄层耐磨的tin；或在拉刀尾端装一可更换的硬质合金挤压环，如图6所示。拉刀磨损过度 为防止拉刀磨损过度，以免切削力过大而使刀齿损坏，故须控制拉刀刀齿后刀面上的磨损量，通常不应超过0.2mm~0.3mm，工厂中常以达到上述磨损量时所拉出的工件数来加以控制。拉床功率不足，刚性差

拉床功率不足，刚性差，引起拉削时振动而使刀齿崩刃或折断，可改用刚性好和功率足的拉床拉削。

拉削速度不当 如拉削速度过高，切削温度高，则拉刀寿命将会降低。因而，对于用w6mo5cr4v2等通用型高速钢制造的拉刀，粗拉切削速度一般为3~7m/min，

精拉切削速度一般为1~3m/min；工件材料强度、硬度较高时，拉削速度应取小值。

切削液种类或浇注方式不当 切削液种类与浇注方式不但影响拉刀寿命，而且对加工精度和表面粗糙度均有影响。加工钢件孔时，可用浓度为10%~20%乳化液或极压乳化液，也可用硫化油或复合油。拉铸件孔时可以干切削，但最好用普通乳化液或煤油。加工钢件时如用硫化油，可使拉刀寿命提高。切削液供应要充足，在拉刀进入工件孔前和刚从工件孔中拉出时都应供给切削液，供应量一般不应少于5~15l/min。

此外，正确使用和保管拉刀对拉刀寿命也有影响。在每一个工件拉削之后，都应用铜丝刷将粘附在刃面上的切屑清除干净。如用铜丝刷清除不掉时，可用油石轻轻擦去。但绝不可用钢丝刷或棉纱。同时拉刀在制造、运输和保管与使用过程中，不可碰伤刀齿和刃口。拉刀的修复拉刀的价格很贵，为了延长其寿命，所以拉刀经多次重磨之后，直径变小将要报废时常加以修复使用。这时可在车床上用带负前角的硬质合金工具逐齿挤压刀齿前刀面。挤压後直径可增大0.01mm~0.02mm，然后再研磨，使其达到规定尺寸。温岭市三川工具厂是一家专业从事拉刀研发、生产、销售为一体的厂家，品种有圆拉刀，渐开线拉刀，花键拉刀，键槽拉刀，螺旋拉刀，小径定心拉刀，特异成形拉刀等。我厂自成立以来，本着“以质量求生存，以信誉求发展”为理念，不断引进新技术，新设备，现有数控高精度设备、检测仪器十多台套，能生产高精度渐开线拉刀、小径定心复合齿形渐开线花键拉刀、超长螺旋拉刀等各种复杂特形拉刀，并已全面导入计算机网络系统，在产品开发设计、生产制造中，普遍采用cad计算机辅助设计，cam计算机辅助制造和自主编写的拉刀设计专用程序等现代设计手段。隆盛工具凭借一支敬业的队伍，先进的设备，严格的管理，优异的性价比，赢得了广大客户的好评。隆盛人将继续发扬“专业、创新、优质、高效”的办厂宗旨，与广大新老客户携手发展。

圆拉刀是高效加工内孔常用的刀具。本文以笔者在工厂中长期的使用经验与验证为依据，对圆拉刀结构上存在的问题提出了改进意见，同时还对拉孔表面质量差、拉孔精度低和拉刀寿命低的原因进行了详细分析并逐一列出改进措施。

图1 组合式圆拉刀刀齿和切削图形

图2 校准齿上磨分屑槽

图3 常用分屑槽的形状

圆拉刀是高效加工内孔常用的刀具。圆拉刀系刃形复杂刀具，制造精度高，技术要求严格，价格昂贵，应合理使用。目前生产上广泛使用的圆拉刀(以下简称拉刀)，大多采用图1所示组合式的刀齿结构，即在

粗切齿和过渡齿上采用不分齿组的轮切式切削方式，其上开有宽的弧形分屑槽；精切齿采用同廓式的切削方式，其上磨出窄分屑槽。经作者在工厂中长期使用与验证，发现这种拉刀由于结构本身或使用不当等原因，常会造成拉削表面质量差和刀具使用寿命短等问题。拉刀结构问题及改进为了延长拉刀使用寿命，普通拉刀的结构是，在其校准部分上备有3个~7个校准齿，以便在切削齿磨损后逐个递补为精切齿用。并且，人们通常认为校准齿是不参与切削工作的，故校准齿一般都不磨分屑槽(见图1)。但在实际生产中，经观察，拉刀上第一个校准齿是参与切削工作的(因为刃口上有钝圆，会对孔壁产生较大挤压作用而使工件产生弹性回复而缩小)，它具有精切齿的功能。但因其上不作分屑槽，致使切下的切屑形成环状，难于卷起，容易堵塞在槽内，使加工表面质量降低。所以作者建议，在设计和制造拉刀时，除最后1个~2个校准齿外，如图2所示，在其余校准齿上亦应前后交错地磨出圆弧形分屑槽或角度形(v形)窄分屑槽。如图3所示，分屑槽上两侧刃的后角可按式计算：

$$\tan k = \tan f \cdot \sin(\alpha/2)$$

f 为分屑槽的槽底后角，一般取为 5° ，见图3中a-a剖面； k 为分屑槽的槽角。由上式中可知，当 $\alpha=0^\circ$ 时，不论 f 磨成多大， k 始终等于 0° (即图3c中所示u形分屑槽的情况)。而当 α 角增大时， k 角也将增大。如取 $f=5^\circ$ ， $\alpha=60^\circ\sim 90^\circ$ ，则从公式中计算可知，此时侧刃上的后角将增大到 $2.5^\circ\sim 3.5^\circ$ ，从而使该处切削条件大大改善。在实际生产中，由于角度形分屑槽的宽度很窄，通常只有1mm左右，要将砂轮外圆角修成 $60^\circ\sim 90^\circ$ 角，并要求在拉刀上磨出 $f=5^\circ$ 的槽底后角，砂轮直径不能选大，否则会碰到相邻刀齿，加之砂轮在尖角处磨损快，需经常修整，这在工艺上是有难度的。所以操作者在制造拉刀时，常用薄片砂轮来磨削，致使磨出的窄分屑槽成了u形分屑槽。由于圆弧形分屑槽的结构合理，其槽角比v形窄分屑槽的槽角大，且槽与切削刃相交处的刀尖角也大，磨削方便，砂轮与被磨工件(拉刀)接触面大，磨削时工件不易烧伤，所以为了提高拉刀使用寿命，拉刀不但在粗切齿和过渡齿上，而且在精切齿上磨的分屑槽也应尽量采用圆弧形分屑槽。

为使切屑能顺利卷曲，分屑槽的槽数需适当增多。经验表明，其槽数应使切下的切屑宽度以不超过4mm~5mm为宜。目前一些拉刀设计资料中推荐的v形分屑槽的槽数普遍较少，例如直径为50mm的圆拉刀，分屑槽的槽数是22个，而国外同尺寸拉刀上的分屑槽数目为40个。同理，轮切式和组合式圆拉刀上的圆弧形分屑槽数目亦要适当增多。

图4 拉削缺陷

拉孔表面质量差的原因及改进图4中所示的鳞刺、环状波纹和划痕等缺陷都会直接影响拉孔的表面质量。鳞刺产生鳞刺的主要原因是拉削过程中塑性变形较严重。因此，适当增大前角，减小齿升量，选用润滑性能好的切削液(如含氯的极压添加剂切削液)，以及用预先热处理来适当提高工件材料硬度(当工件硬度 $<180\text{HBS}$ 时最易产生鳞刺)等方法，都是减少塑性变形和避免鳞刺的有效措施。环状波纹产生波纹的主要原因是拉削力变化较大，切削过程不平稳，产生了周期性振动。而引起拉削力变动的的原因是：拉刀刀齿交替工作时，同时工作齿数发生变化；齿升量安排不合理，最后几个精切齿上的齿升量变化太大；刀齿上的刃带宽度太小或同一刀齿上的刃带宽窄不等；以及拉刀齿距等距分布等。找出具体原因后，可采取相应措施。例如，可采用不等齿距的拉刀，或在制造拉刀时齿距不规定公差；适当增加同时参加工作齿数，最好4个~5个，如果太少，可把几个工件叠在一起拉削。局部划痕及“啃刀”局部划痕由以下原因造成：积屑瘤、刀齿上有缺口、或容屑条件差；切屑擦伤工件表面；在拉刀的最后一个精切齿上未开分屑槽。“啃刀”是因拉刀弯曲，使刀齿发生突然移动或摆动造成的。使用较低的切削速度($<2\text{m/min}$)来抑制积屑瘤的产生，防止切削刃刃面上的制造缺陷和损伤，及时清除容屑槽中的积屑，重磨前刀面时须保持原有容屑槽的形状，拉刀使用完毕必须悬挂以免拉刀因自重而产生弯曲等都是防止划痕及“啃刀”的有效措施。挤压亮点挤压亮点是由刀齿后刀面与已加工表面之间产生较强烈的挤压摩擦，或因工件材料硬度过高而造成的。因此，可采取适当增大后角；减小校准齿上刃带宽度(可减至 $0.2\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$)；选用合适的切削液；应用热处理方法降低工件材料硬度(当硬度 $>240\text{HBS}$ 时)；或把前角适当减小，以增加刃口强度，防止崩刃等均可有效减少工件表面产生挤压亮点与划伤。拉孔精度低的原因及改进

拉后孔径扩大或缩小由于积屑瘤的影响和磨刀时产生的毛刺，拉刀制造时产生的切削刃位置偏差和轴线直线度偏差，以及拉刀和工件预制孔不同心等原因，通常拉后孔径将会扩大。但在拉削薄壁工件或韧性大的工件材料时，由于拉后工件会产生弹性回复而使孔径缩小，确定拉刀校准齿尺寸时须考虑拉后孔径的扩大量或收缩量，其值应通过试验确定，一般在 $0.01\text{mm}\sim 0.02\text{mm}$ 范围内。使用拉刀时，还可通过适当

降低切削速度、采用冷却性能好的切削液，防止积屑瘤的产生以免孔径扩大。防止孔径缩小，可采用增大前角、保持刃口锋利、以及选用合适的切削液等方法。例如，用拉刀拉削40cr和45钢工件，当用乳化液孔径尺寸变小时可改用硫化油拉削。这是因为乳化液是一种水基切削液，水的导热性好，故刀具的热膨胀小；乳化液的润滑性比油类切削液差，所以刀具对工件的挤压作用也大，加工后工件的回弹量也就增加，因而孔径尺寸减小。利用上述规律，实际生产中就可通过改变切削液的种类和成份来控制实际加工的尺寸，以满足拉孔精度和质量的要求。拉后孔形产生偏差当工件孔壁沿轴线方向上厚度在全长上不均匀时，拉后孔形将会发生变化。如工件两端为薄壁，拉后工件孔呈“腰鼓形”；工件中间部分为薄壁，拉后工件孔呈“喇叭口”形。因此，当工件壁厚不均匀且厚薄相差太大时，不宜采用拉削。

图5 容屑槽的有效面积与切削层截面积

拉刀寿命低的原因及改进 拉刀容屑空间不足 拉刀属于封闭式切削的刀具，如容屑空间不够，切屑将堵塞在容屑槽内，而使拉削力急增，导致刀齿损坏或拉刀折断。为此，使用外购拉刀拉削时，应先核算拉刀的容屑系数 k 。如图5所示，须使容屑槽的有效面积大于切削层截面积，即 $k = (h^2/4)/(l_0hd) > 1$ 为容屑槽的深度； l_0 为拉削长度； hd 为切削层厚度，组合式拉刀上 $hd=2fz$ ，见图1，式中 fz 为齿升量； k 为容屑系数，它的大小与被加工材料和齿升量有关，通常可取 $k=2\sim 3.5$ ，加工铸件和齿升量大时 k 取小值。

刀具几何参数不当 拉刀前角选用不当，后角太小或刃带过宽，精切齿上磨的分屑槽为u形槽，切削条件差，刀齿磨损快，严重时会使拉刀卡住在工件孔中，使拉刀折断。拉刀前角通常可取 $5^\circ\sim 18^\circ$ ，拉塑性材料时可取大值，拉脆性材料时取小值。拉刀后角，切削齿上可取 $3^\circ\pm 30^\circ$ ，校准齿上可取 $1^\circ\pm 30^\circ$ 。刃带宽度通常粗切齿和过渡齿上为 $<0.2\text{mm}$ ，精切齿为 0.3mm ，校准齿为 $0.5\text{mm}\sim 0.6\text{mm}$ 。此外，在精切齿上应磨圆弧形分屑槽或角度形(v形)分屑槽。齿升量不当 如刀齿上的齿升量过大或不均匀，或个别刀齿上的齿升量过大，使切削力过大或产生颤动，而使刀齿损坏或拉刀折断。为此，须控制拉刀每个刀齿上的齿升量，当个别刀齿上有损伤、缺口或崩刃时，应将该刀齿磨去，再把其齿升量均匀分摊到其他各个刀齿上。拉刀刃磨退火 重磨拉刀时不能进刀太快，吃刀过大，以免产生刃口处过热退火和烧伤等现象，而使刀齿磨损加快和拉刀寿命降低。所以，重磨拉刀时必须精细操作。

工件预制孔尺寸不当及拉削长度过长 工件预制孔直径偏小，当拉刀前导部强行通过时，容易使拉刀卡住而折断；或当工件预制孔直径过大，造成孔的偏移而使拉刀折断。为此，拉削时必须选用合适的预制孔尺寸，一般拉刀前导部直径尺寸等于工件预制孔的基本尺寸，公差带按 $f7$ 。此外，被拉工件的拉削长度也不能超出拉刀设计时规定的长度，以免同时参加工作齿数增多，切削力过大而使刀齿损坏或拉刀折断。一般拉削长度都列印在拉刀的颈部上。工件定位不良 如工件基准端面与预制孔的垂直度差，夹具支承面处有切屑，拉刀产生下垂，拉削时拉刀相对工件歪斜等，都会使刀齿上负荷不均匀，造成很大弯曲而使拉刀折断。为此，须控制预制孔中心线与工件基准端面的垂直度为 $0.02\sim 0.05\text{mm}/100\text{mm}$ ；定位基准端面应尽可能大，不应有中凸，表面粗糙度 $ra < 3.2\mu\text{m}$ ；或采用浮动支承的拉床夹具；对长而重的拉刀，还可使用后托架支承拉刀。

图6 拉刀尾端装硬质合金挤压环

工件材质不均匀与硬度过高 工件材质不均匀，其内有硬质点或材料硬度过高($>280\text{hbs}$ 时)，表面有氧化皮等都会使刀具寿命降低。所以，拉前须检验工件材质，如材料硬度过高可采用热处理方法适当降低；或选用 $w2\text{mo}9\text{cr}4\text{vco}8(\text{m}42)$ 、 $w6\text{mo}5\text{cr}4\text{v}2\text{al}$ 等硬度和耐磨性能均较高的高性能高速工具钢来制造拉刀，国外还有用粉末冶金高速钢(pm hss)制造的拉刀；也可在拉刀刀齿表面上涂一薄层耐磨的tin；或在拉刀尾端装一可更换的硬质合金挤压环，如图6所示。拉刀磨损过度 为防止拉刀磨损过度，以免切削力过大而使刀齿损坏，故须控制拉刀刀齿后刀面上的磨损量，通常不应超过 $0.2\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$ ，工厂中常以达到上述磨损量时所拉出的工件数来加以控制。拉床功率不足，刚性差

拉床功率不足，刚性差，引起拉削时振动而使刀齿崩刃或折断，可改用刚性好和功率足的拉床拉削。

拉削速度不当 如拉削速度过高，切削温度高，则拉刀寿命将会降低。因而，对于用 $w6\text{mo}5\text{cr}4\text{v}2$ 等通用型高速钢制造的拉刀，粗拉切削速度一般为 $3\sim 7\text{m}/\text{min}$ ，

精拉切削速度一般为 $1\sim 3\text{m}/\text{min}$ ；工件材料强度、硬度较高时，拉削速度应取小值。

切削液种类或浇注方式不当 切削液种类与浇注方式不但影响拉刀寿命，而且对加工精度和表面粗糙度均有影响。加工钢件孔时，可用浓度为 $10\%\sim 20\%$ 乳化液或极压乳化液，也可用硫化油或复合油。拉铸件孔时可以干切削，但最好用普通乳化液或煤油。加工钢件时如用硫化油，可使拉刀寿命提高。切削液供应

要充足，在拉刀进入工件孔前和刚从工件孔中拉出时都应供给切削液，供应量一般不应少于5~15l/min。此外，正确使用和保管拉刀对拉刀寿命也有影响。在每一个工件拉削之后，都应用铜丝刷将粘附在刃面上的切屑清除干净。如用铜丝刷清除不掉时，可用油石轻轻擦去。但绝不可用钢丝刷或棉纱。同时拉刀在制造、运输和保管与使用过程中，不可碰伤刀齿和刃口。拉刀的修复拉刀的价格很贵，为了延长其寿命，所以拉刀经多次重磨之后，直径变小将要报废时常加以修复使用。这时可在车床上用带负前角的硬质合金工具逐齿挤压刀齿前刀面。挤压後直径可增大0.01mm~0.02mm，然后再研磨，使其达到规定尺寸。

。