

## 刀具对制动盘精加工表面质量影响分析

吴新中 邹勇强

广德亚太汽车智能制动系统有限公司, 安徽 宣城 242000

[摘要] 制动盘是汽车制动系统中至关重要的部件之一, 其加工质量直接影响着汽车行驶的安全性和稳定性。在制动盘加工过程中, 刀具的选择和加工参数的设定对最终产品的质量有着至关重要的影响。此文将详细介绍我们的研究背景、分析原因及改进方案, 并总结实施的结果和未来的展望。

[关键词] 车刀杆刚性; 车刀杆角度; 制动盘

DOI: 10.33142/sca.v7i7.12787

中图分类号: U463.55

文献标识码: A

### Analysis of the Influence of Cutting Tools on the Surface Quality of Brake Disc Precision Machining

WU Xinzhong, ZOU Yongqiang

Guangde Asia Pacific Automotive Intelligent Brake System Co., Ltd., Xuancheng, Anhui, 242000, China

**Abstract:** Brake discs are one of the crucial components in automotive braking systems, and their processing quality directly affects the safety and stability of vehicle operation. The selection of cutting tools and the setting of machining parameters have a crucial impact on the quality of the final product during the brake disc machining process. This article will provide a detailed introduction to our research background, analyze the reasons and improvement plans, and summarize the results of implementation and future prospects.

**Keywords:** rigidity of turning tool holder; turning tool bar angle; brake disc

#### 1 研究背景

课题源自于广德亚太汽车智能系统有限公司, 其中制动盘是我司主营业务之一, 制动盘铸造、机加、涂装都由我司独立完成直供主机厂, 我司拥有自动化机加工生产线 34 条, 半自动机加工生产线 4 条, 手动机加工生产线 10 条。

制动盘最核心的部位为制动盘两制动面, 俗称“刹车面”, 此区域加工精度要求高且需保证加工状态稳定, 由于两刹车面有极高的 DTV 要求 (周向厚薄差 $\leq 0.008\text{mm}$ , 径向厚薄差 $\leq 0.1\text{mm}$ ), 故采用制动盘专用刀组加工, 俗称“双刀”。我司加工设备有德国埃马克、德国海瑟普、日本岛田线、意大利 MGD、韩国威亚等设备, 众多机床使用配置“双刀”(如图 3 所示)加工制动盘“刹车面”均会出现加工表面质量不稳定, 易出现振刀、刀痕等表面质量问题。

“刹车面”出现振刀 (如图 4 所示)、刀痕的制动盘装车使用后, 汽车行驶过程时进行制动时极易产生尖锐噪音, 且在低速行驶或倒车时易导致制动盘与摩擦片产生“丝丝”摩擦噪音, 导致售后客户抱怨大。

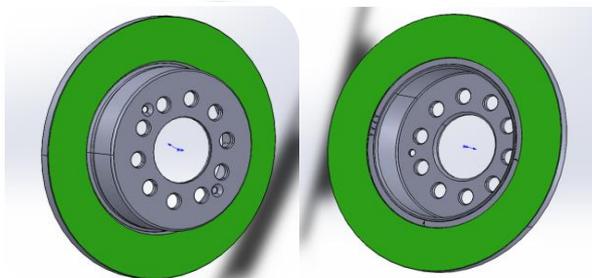


图 1 制动盘正面

图 2 制动盘反面



图 3 两刹车面加工刀专用刀组



图 4 刹车加工振刀情况

#### 2 分析原因及改进方案

##### 2.1 加工振刀原因—刀杆结构

原因: 目前采用的制动盘加工方式使用的是分体式的“双刀”模式, 其中小刀夹被装配在刀座体上。然而, 这种结构存在整体刚性较差的问题, 导致加工过程中容易发生振刀现象。振刀会影响加工的稳定性和加工尺寸, 进而影响到制动盘的质量。

改进方案: 针对目前制动盘加工中存在的振刀问题, 将分体式刀杆改制为一体式刀杆, 如图五所示。目前采用的分体式刀杆结构存在整体刚性不足的风险, 容易导致加工过程中的振刀现象, 影响加工的稳定性和加工精度。一体式刀杆的设计理念在于提高整体刚性, 减少松动和加工过程中的振动, 从而提高加工的稳定性和精度, 不仅可以解决振刀问题, 还有望提升生产效率和产品质量。一体式刀杆的设计具有更好的结构稳定性, 通过将刀杆整合成一个单一的部件, 可以减少分体式结构中可能存在的连接处松动或振动的问题, 有效地传递切削力, 并降低振动的发生概率, 从而保证加工过程的稳定性和精

度<sup>[1]</sup>。实施该改进方案需要工艺调整和设备更新，重新设计和制造一体式刀杆、调整加工设备的安装和校准等。总之，将分体式刀杆改制为一体式刀杆是解决制动盘加工中振刀问题的有效方案，有望提高生产效率和产品质量，提升企业竞争力。

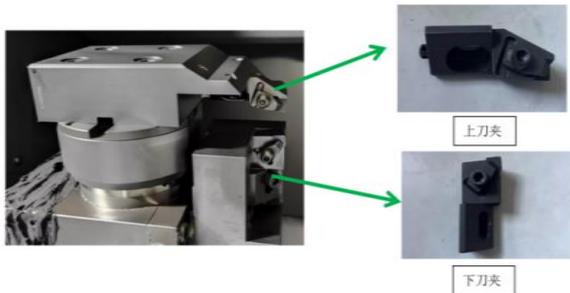


图5 两刹车面加工刀工专用刀组

## 2.2 振刀原因—刀杆角度

原因：刀杆前角为 $2^\circ$ 角度偏小，加工整体切削力角度大，尤其刀片加工一定数量后，刀片磨损较大进一步加大切削力，引起加工变形及振刀；刀杆刃切角为 $-6^\circ$ ，刃倾角为负加工过程中切削背向力大，易引起加工振刀。（如图6所示）

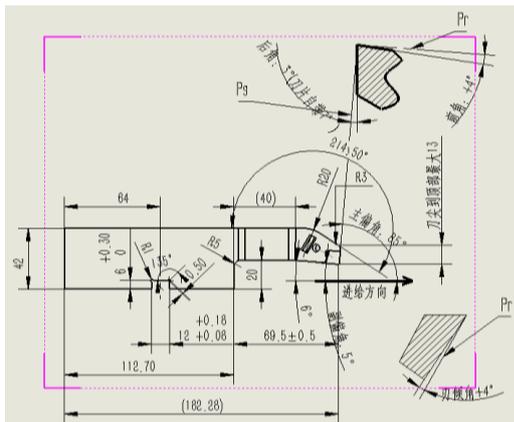


图6 车刀杆角度解析图示

改进方案：为解决制动盘加工中存在的振刀问题，调整几组刀杆前角和刃倾角来验证哪种刀杆角度更适合该加工工况。通过对几组刀杆前角和刃倾角进行调整，并验证其在加工工况中的表现，可以找出最适合的刀杆角度配置，可以有效地优化切削力的分布，降低振刀现象的发生概率，从而提高加工的稳定性和精度。因考虑调整前角和刃倾角可能会影响加工粗糙度，因此需要谨慎地进行调整和验证，以确保加工质量不受影响。另外，虽然主偏角的调整空间有限，但在实际调整过程中可以尽量选择合适的刀杆配置，以最大程度地防止振刀问题的发生。在调整过程中，需要综合考虑切削力的影响以及加工粗糙度的控制，以找到最优的刀杆角度配置方案。

## 2.3 斜面刀痕原因—刀片倒棱

原因：目前使用刀片为了避免振刀，刀片倒棱接近于

$0^\circ$ 处理，加工过程中易出现磨损快、缺口等情况，导致刹车面出现不规则刀痕。

改进方案：针对目前制动盘加工中存在的刀痕问题，因目前刀片倒棱较小，加工过程中容易出现刀痕问题，为了解决这一问题，需要增加刀片倒棱的宽度。然而，增加刀片倒棱会带来切削阻力的增加，可能进一步加剧振刀情况。为了验证刀片倒棱调整后对加工稳定性和振刀问题的影响，需要进行实验。在实验过程中，可以通过改变刀片倒棱的大小，并观察加工过程中的振动情况以及切削力的变化。同时，待刀杆改制后，切削力有望减少，这会对刀片倒棱的影响产生一定的缓解作用<sup>[2]</sup>。实施这一改进方案需要进行验证，包括调整刀片倒棱大小、监测加工过程中的振动情况和切削力变化等。通过实验结果的分析 and 比较，确定最适合的刀片倒棱大小，评估其对加工质量和生产效率的影响。综上所述，通过调整刀片倒棱并配合刀杆改制，可以有效解决振刀问题，提高加工效率和产品质量。

## 2.4 斜面刀痕原因—刀片后角

原因：目前使用 SCGN 刀片，刀片后角为 $7^\circ$ ，与现有刀杆装配后，实际切削后角为 $5^\circ$ ，加工过程中刀片后刀片面与斜面摩擦引起刀痕。

改进措施：为解决制动盘加工中刀痕问题，使用双后角刀片进行验证。双后角刀片设计具有两个后角，这样可以减少刀片后刀面与斜面的摩擦，有效降低刀痕的产生。通过使用双后角刀片进行验证，可以评估其对加工质量的影响。在实施验证过程中，需要进行实验和比较分析，包括使用双后角刀片和传统刀片进行加工，并观察加工过程中的刀痕情况和产品质量。通过对实验结果的评估，可以确定双后角刀片是否适合该加工工况，并考虑是否需要后续的大规模应用。采用双后角刀片进行验证的目的在于解决刀片后刀面与斜面摩擦导致的刀痕问题，从而提高加工质量和产品表面的光洁度，有助于改善制动盘的加工质量，并提升企业的竞争力和产品市场占有率。总之，通过使用双后角刀片进行验证，可以有效减少刀痕问题，提高加工效率和产品质量，为企业的可持续发展提供技术支持和保障。

## 2.5 斜面刀痕原因—刀杆刃倾角

原因：目前刀杆刃倾角为负角度，加工时铁屑流向已加工表面，导致已精加工表面划伤，误认为刀痕。

改进措施：为解决制动盘加工中出现的刀痕问题，调整刀杆角度，将负刃倾角改为正刃倾角。目前刀杆刃倾角为负角度，加工时铁屑流向已加工表面，导致已精加工表面划伤，误认为刀痕。因此，需要将刃倾角调整为正角度，以改善加工过程中铁屑流向，减少划伤情况，从而降低刀痕的产生。通过将刀杆刃倾角调整为正角度，可以改变铁屑的流向，使其流向待加工表面，从而避免对已精加工表面的划伤。这样的调整有望提高加工过程的稳定性，减少刀痕问题的发生，进而提升制动盘的加工质量。在实施调整刀杆角度的过程中，需要进行仔细的实验和验证。首先，需要确定合适的正刃倾角大小，并根据实验结果进行调整。

其次，需要比较调整前后的加工效果，包括刀痕情况、产品表面质量等方面的变化。最后，根据实验结果评估调整效果，并确定是否需要进一步优化或改进。总之，通过调整刀杆角度将负刃倾角改为正刃倾角，有望有效解决制动盘加工中的刀痕问题，为企业的发展提供技术支持和保障。

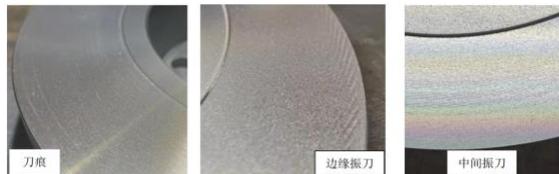


图7 产品表面加工质量

### 3 实施与结果

3.1 分体式刀夹改为一体式刀座，改进刀座切削角度未作调整，与刀夹模式保持一致

采用一体式刀座加工，刀片加工至第13件，产品出现振纹，从加工状态看一体式刀座刚性未增强（如图8所示）。

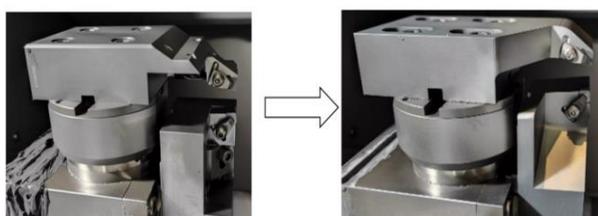


图8 由分体式刀组向整体式刀组改进图

### 3.2 调整刀杆前角及刃倾角

实施一种采用一体式刀座未对刀座整体刚性提高，为降低改进成本，调整角度方案采用分体式刀夹验证，此次刀杆调整前角及刃倾角共3种：前角+4° 刃倾角+4°、前角4.5° 刃倾角+4°、前角5° 刃倾角。验证结果如下表所示：

表1 刀杆调整方案表

方案	加工总数	刀痕数量	振刀数量
方案一：前角+4° 刃倾角+4°	613	4	3
方案二：前角4.5° 刃倾角+4°	589	9	6
方案三：前角5° 刃倾角+4°	289	17	14
原刀杆	1000	23	19



图9 三种方案刀组中刀夹

### 3.3 调整刀片倒棱

调整刀片倒棱，倒棱由原来0.1（如图10所示）调整为0.4（如图11所示）。调整后刀具寿命提升10%，具体的实验数据如下表所示：

表2 倒棱调整方案加工情况对照表

方案	加工总数	刀痕数量	振刀数量
未调整刀片（0.1）	588	4	1
调整后刀片（0.4）	602	3	3
调整后刀片：刀具寿命提升10%			



图10 改进前刀片（倒棱0.1）

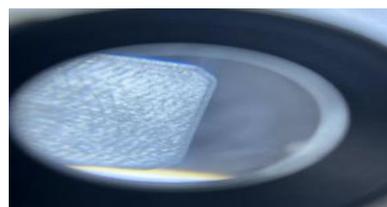


图11 改进后刀片（倒棱0.4）

## 4 结语

### 4.1 刀杆角度调整

通过将刀杆角度调整为前角+4°，刃倾角+4°的方案，取得了显著的改进效果。实验结果显示，刀痕比例从2.3%下降至0.6%，振刀比例从1.9%下降至0.5%，这表明调整后的角度配置对于减少刀痕问题和振刀现象具有显著的改善作用。调整后的刀杆角度使切削过程更加稳定，切削力分布更加均匀，从而有效减少了刀痕的产生。同时，振刀现象的明显减少也表明加工过程更加平稳，产品质量得到了显著提升，不仅提高了加工质量和稳定性，也为企业节约了成本和时间。通过优化刀具设计和加工工艺，企业不仅可以提高产品的市场竞争力，还可以增强客户的信任度和满意度。因此，刀杆角度调整为前角+4°，刃倾角+4°的方案是一项非常有效的改进措施，对企业的发展具有积极的推动作用。

### 4.2 刀片倒棱调整

通过将刀片倒棱由0.1改进为0.4的调整，虽然并未对刀痕产生影响，但却在其他方面取得了显著的改进。实验结果显示，调整后的刀片倒棱对振刀问题产生了一定影响，并提升了刀具的寿命。调整后的刀片倒棱增加了切削阻力，导致振刀问题的出现。然而，值得注意的是，尽管振刀问题存在，但成功提升了刀具的寿命。这表明，刀片倒棱的调整虽然带来了一定的负面影响，但其积极作用显而易见，尤其是对于刀具的耐磨性和寿命方面的提升。虽然增加了切削阻力可能会影响加工效率，但通过提升刀具的寿命，这种调整对于整体的成本控制具有积极作用<sup>[13]</sup>。因此，尽管振刀问题

需要进一步解决,但调整后的刀片倒棱仍然是一项有效的改进措施,对于加工质量和成本控制具有重要意义。

#### 4.3 刀杆正前角调整

通过对刀杆正前角进行调整,实现了切削力的降低、振刀产品数量的减少以及产品合格率的提升,这表明了调整刀杆角度对于改善加工过程中的稳定性和加工质量具有显著的积极影响。在加工过程中所施加的力量更加平稳和均匀,减少了加工过程中的变动和波动,从而降低了振刀产品的数量,对于提高加工过程的稳定性和可控性起到了重要作用,有助于减少加工过程中出现的异常情况,提升产品加工质量和合格率。调整刀杆正前角不仅减少了振刀产品数量,还提升了产品合格率。这表明通过优化刀具设计和加工工艺,能够有效降低加工过程中的缺陷和不良品率,从而提高了产品的合格率和一致性。总之,通过对刀杆正前角进行调整,成功改善了加工过程中的稳定性和加工质量,为企业提供了更加稳定和可靠的加工环境,提升了产品的质量和竞争力。

#### 4.4 刀杆刃倾角调整

通过将刀杆刃倾角调整为正刃倾角,成功改善了加工过程中的稳定性和加工质量,为提升产品质量和稳定性作出了显著贡献。首先,调整刀杆刃倾角改善了加工不稳定性。之前采用的负刃倾角导致铁屑流向偏向已加工表面,容易造成刀痕问题。通过调整为正刃倾角后,铁屑流向改变,铁屑飞向待加工表面,从而减少了刀痕问题的出现,有效提升了加工过程的稳定性,降低了加工中的异常情况发生率,为生产提供了更加可靠的加工环境。其次,刀杆刃倾角调整也改变了铁屑流向,从而降低了刀痕问题的出现。铁屑的正确流向有助于保持产品表面的平整和光洁度,减少了加工过程中表面不良的可能性,进而提升了加工质量和产品的整体外观。

#### 4.5 刀片倒棱调整

将刀片倒棱调整为更大的数值,提高了刀片的耐磨性,进而显著提升了刀具的寿命。尽管这一调整对加工质量的影响不大,但其在刀具寿命和生产效率方面的积极作用不容忽视。在加工过程中,刀具的耐磨性直接影响着其使用寿命和加工效率。通过增大刀片倒棱,可以有效减缓刀具表面的磨损速度,延长刀具的使用寿命,降低了更换刀具的频率,从而节约了生产成本。刀具的耐磨性和寿命的提升,使得刀具能够更长时间地保持良好的加工状态,减少了因刀具磨损而导致的加工质量下降和效率降低的风险,不仅有利于提高产品的加工精度和一致性,还有助于提升企业的生产效率和竞争力<sup>[4]</sup>。虽然刀片倒棱调整对加工质量的影响不大,但其对于刀具寿命和效率的提升效果显著,具有重要的意义。

通过一系列改进措施的实施和验证,最终确定了刀杆角度调整为前角+4°,刃倾角+4°,刀片倒棱为0.5的方案,以达到最初的调整目的并提高加工质量。

### 5 展望

#### 5.1 优化刀具使用参数

优化刀具使用参数,调整线速度和进给等参数,可以

有效控制切削过程中的温度和切削力,从而延长刀具的使用寿命,并提高生产效率和加工质量。合理的切削热分布有助于减缓刀具的磨损速度,延长刀具的使用寿命。通过调整加工参数,使切削热均匀分布在刀具表面,可以降低刀具受热的局部区域,减缓刀具的磨损,延长其寿命。合适的线速度和进给可以使刀具在最佳工作状态下运行,充分发挥其加工能力,提高加工效率和加工质量。通过实验和数据分析,可以确定最佳的加工参数组合,从而实现刀具的最佳利用效率,提高生产效率和产品质量。

#### 5.2 研究 CBN 刀片最佳加工参数

研究 CBN 刀片最佳加工参数是提高制动盘加工质量和生产效率的重要措施。CBN 刀片以其优异的硬度和耐磨性,在制动盘精加工中发挥着重要作用。然而,确定最佳的加工参数需要通过系统的试验和数据分析来完成。合适的线速度和进给可以确保刀片与工件之间的最佳匹配,实现高效的切削和加工效率。通过试验和摸索,可以确定最佳的线速度和进给组合,以实现刀具的最佳利用效率。CBN 刀片的刃口设计和几何参数对加工效果和切削质量有重要影响。通过调整刀具的刃口设计和几何参数,可以实现刀具与工件的最佳匹配,提高加工质量和产品性能。切削液对于 CBN 刀片的加工效果和切削质量也有重要影响。合适的切削液可以有效降低切削温度,减少刀具磨损,提高加工质量和生产效率。

### 6 结束语

在制动盘加工工艺的不断探索和改进中,我们不仅解决了现有加工过程中出现的问题,还找到了提升加工质量和生产效率的有效途径。通过对刀具角度、刀片倒棱以及加工参数等方面的调整和优化,我们取得了显著的成果,提高了产品的质量稳定性和生产效率。在未来的工作中,我们将继续秉承精益求精的态度,不断优化工艺流程,探索创新技术,努力提升企业的竞争力和市场地位。

#### [参考文献]

- [1]姜皓晨,王文渊,骆波阳,等.车削加工断屑技术研究进展[J].工具技术,2023,57(10):3-9.
  - [2]祁鹏星.基于阻尼减振的车刀杆系统的动力学特性研究[D].甘肃:兰州交通大学,2022.
  - [3]袁礼彬.现代数控车刀结构设计技术研究[J].新技术新工艺,2022(9):40-43.
  - [4]覃明龙.新型组合式断屑刀具在曲轴沉孔加工中的应用[J].时代汽车,2020(15):134-135.
- 作者简介:吴新中(1989.8—),毕业院校:中国计量学院现代科技学院,所学专业:机械设计制造及其自动化,当前就职单位:广德亚太汽车智能制动系统有限公司,职务:总经理,职称级别:中级工程师;邹勇强(1996.2—),毕业院校:黄山学院,所学专业:机械设计制造及其自动化,当前就职单位:广德亚太汽车智能制动系统有限公司,职务:机加技术科科长,职称级别:中级工程师。