

## 摩托车发动机连杆加工工艺及专用夹具开发

李家忠

辽宁省营口市营口中裕耐火材料有限公司 辽宁营口

**【摘要】**随着摩托车行业的发展，发动机连杆加工精度与效率直接影响整车性能。阐述摩托车发动机连杆加工工艺难点，针对材料特性、复杂结构导致的加工难题，优化加工工艺，涵盖锻造、粗加工、半精加工及精加工等环节。同时介绍专用夹具开发过程，包括定位基准选择、夹紧方案设计、结构优化等内容。通过工艺与夹具协同改进，有效提升连杆加工精度与生产效率，满足高精度、高效率、低成本的制造需求，为摩托车发动机连杆制造提供技术参考。

**【关键词】**摩托车发动机；连杆加工；工艺优化；专用夹具；夹具设计

**【收稿日期】**2025 年 6 月 13 日

**【出刊日期】**2025 年 7 月 11 日

**【DOI】**10.12208/j.jer.20250337

### Development of machining processes and special jigs for motorcycle engine crankshafts

Jiazhong Li

Liaoning Yingkou Zhongyu Refractory Material Co., Ltd, Yingkou, Liaoning

**【Abstract】** As the motorcycle industry advances, the precision and efficiency of engine crankshaft machining directly impact the overall performance of the vehicle. This paper discusses the challenges in machining motorcycle engine crankshafts, particularly those arising from material properties and complex structures. It outlines the optimization of machining processes, which include forging, rough machining, semi-finishing, and finishing. Additionally, it details the development process of special jigs, including the selection of positioning references, the design of clamping schemes, and structural optimization. By improving both the machining process and jigs in tandem, the paper aims to effectively enhance the precision and production efficiency of crankshaft machining, meeting the demands for high precision, high efficiency, and low cost. This provides a technical reference for the manufacturing of motorcycle engine crankshafts.

**【Keywords】** Motorcycle engine; Crankshaft machining; Process optimization; Special jigs; Jig design

### 引言

摩托车发动机连杆作为发动机内部的核心传动部件，其加工质量直接决定了发动机的动力输出、可靠性及使用寿命。随着摩托车行业向高性能、轻量化方向发展，市场对连杆的尺寸精度、表面质量及批量生产效率提出了更高要求。连杆独特的工字形截面与细长杆身结构，加之高强度合金钢等难加工材料的广泛应用，使得加工过程中极易产生切削变形与振动。多道工序间的基准转换也给尺寸链控制带来极大挑战。系统开展连杆加工工艺优化及专用夹具开发研究，不仅是突破技术瓶颈的关键路径，更是提升企业核心竞争力、推动行业高质量发展的重要保障。

### 1 工艺加工难点

在摩托车发动机的精密制造领域中，连杆作为传递动力的核心部件，其加工难度堪称机械制造中的

“珠穆朗玛峰”。从结构特征来看，连杆宛如一个“纤细的舞者”，杆身细长的比例设计，使得其在加工时极易产生颤动。而连杆的大头与小头部位，犹如精密仪器的“眼睛”，孔径精度要求达到发丝级的严苛标准。不仅如此，不同部位壁厚不均的特点，就像在平坦道路上突然出现的沟壑，增加了加工时应力分布的复杂性。当高强度合金钢的原材料被送入加工车间，其独特的材料特性立即展现出“顽固”的一面。这种合金钢硬度高、韧性大，如同坚硬的磐石，在切削过程中会产生巨大的切削力，迫使刀具不断与材料进行“力量对抗”，刀具磨损速度之快，仿佛在与时间赛跑，对刀具的性能和耐用性提出了前所未有的挑战。

加工变形问题如同隐藏在暗处的“敌人”，时刻威胁着连杆的加工质量。细长的杆身在切削力和夹紧力的双重作用下，就像柔弱的树枝遭遇狂风侵袭，极易

发生弯曲、扭曲变形。想象一下,在加工过程中,当刀具与材料接触的瞬间,切削力如同无形的大手,试图改变杆身的形态;而夹紧力则像紧紧握住杆身的拳头,稍有不慎,就会导致杆身局部受力不均。一旦发生变形,连杆的尺寸精度和形位公差就会偏离设计要求,这不仅会影响连杆自身的性能,更会在后续装配过程中,如同“一颗老鼠屎坏了一锅粥”,对整个发动机的性能产生严重的负面影响<sup>[1]</sup>。这种影响可能表现为发动机运行时的振动加剧、功率下降,甚至引发安全隐患。

更为棘手的是,摩托车发动机连杆在工作时需要承受交变载荷,这意味着它在运行过程中,会不断地经历拉伸、压缩等复杂的受力状态。这就要求连杆不仅要具备极高的强度,还要在精度上做到万无一失。任何微小的加工误差,在交变载荷的作用下,都可能被放大,进而导致连杆出现疲劳裂纹,甚至发生断裂<sup>[2]</sup>。如何在加工过程中克服这些难点,确保连杆的强度和精度,成为了摆在工程师面前的一道亟待解决的难题。每一次加工尝试,都像是在黑暗中摸索前进,需要不断地调整加工参数、改进加工工艺,以寻找最佳的解决方案。

## 2 工艺优化改进

锻造环节作为摩托车发动机连杆加工的“起跑线”,其工艺水平直接影响着后续加工的难易程度和产品质量。采用精密模锻技术,就像是为连杆打造了一个精准的“成长摇篮”。在锻造过程中,严格控制锻造比,就如同精心规划孩子的成长轨迹,确保材料在锻造过程中得到充分的压缩和变形,从而获得良好的内部组织结构和力学性能。通过优化毛坯余量分布,能够让后续加工更加高效,减少不必要的材料去除,提高材料利用率。这不仅降低了生产成本,还减少了加工时间,就像为整个加工流程按下了“加速键”。

在粗加工阶段,选择合适的刀具和切削参数就像为战士挑选合适的武器。面对高强度合金钢这一“强劲对手”,需要根据材料的特性和加工要求,精心挑选刀具的材质、几何形状和切削刃角度。合适的刀具能够在保证切削效率的同时降低切削力,减少刀具磨损。切削参数的选择同样至关重要,切削速度、进给量和切削深度的合理搭配,就像一场精准的交响乐演奏,需要各个乐器相互配合,才能奏出美妙的乐章<sup>[3]</sup>。在这个阶段,主要任务是快速去除大部分余量,为后续加工创造条件。而半精加工时,数控加工中心就像一位技艺精湛的“工匠大师”,凭借其高精度的定位和加工能力,对连杆的关键部位进行预加工。

精加工环节是确保连杆精度的“最后一道防线”,

需要运用高精度磨床、镗床等设备,结合微量切削技术,如同“绣花针”般的精细操作,来保证孔径尺寸精度、圆柱度及表面粗糙度。高精度磨床能够对连杆表面进行精细磨削,去除微小的加工误差,使表面达到镜面般的光滑程度。镗床则能够对孔径进行精确加工,确保孔径尺寸符合设计要求<sup>[4]</sup>。微量切削技术的应用,就像在进行一场“微观手术”,每次切削去除的材料非常少,能够有效控制加工变形,提高加工精度。在整个加工过程中,合理安排加工顺序也是关键。

## 3 夹具设计开发

定位基准的选择在摩托车发动机连杆夹具设计中起着“定海神针”的作用,遵循基准统一原则是确保加工精度的关键所在。以连杆大头孔、结合面及小头孔毛坯面作为定位基准,就像为连杆找到了稳固的“落脚点”。大头孔作为主要定位基准,能够提供稳定的轴向定位,确保连杆在加工过程中不会发生轴向窜动;结合面则像一个坚实的“平台”,为连杆提供了可靠的支撑,保证了连杆在加工时的平面度;小头孔毛坯面作为辅助定位基准,进一步增强了定位的稳定性。

夹紧方案的设计需要充分考虑连杆的结构特点和加工要求,就像为不同体型的人定制合适的服装。连杆结构复杂,杆身细长,容易在夹紧力作用下产生变形。采用多点联动夹紧方式是一种理想的选择。通过液压或气动装置实现均匀夹紧,就像给连杆穿上了一件“柔软而有力的盔甲”,能够在保证夹紧力的同时避免局部应力集中导致的变形<sup>[5]</sup>。多点联动夹紧方式能够使夹紧力均匀地分布在连杆的各个部位,就像许多双手同时轻轻握住连杆,既保证了连杆在加工过程中的稳定性,又不会对其造成损伤。这种夹紧方式还具有操作简便、夹紧效率高的特点,能够满足自动化生产线高效运行的需求。

夹具结构的优化离不开有限元分析这一强大的“技术后盾”。通过有限元分析软件,能够对夹具的关键部件进行强度、刚度校核,就像为夹具进行一次全面的“体检”。在设计过程中,工程师可以模拟夹具在实际工作状态下的受力情况,分析关键部件的应力分布和变形情况<sup>[6]</sup>。根据分析结果,对夹具结构进行优化设计,去除不必要的材料,减轻夹具重量,同时增强关键部位的强度和刚度。这不仅提高了夹具的操作便利性,使工人在操作过程中更加轻松省力,还提高了夹具的可靠性,确保夹具在长期使用过程中不会出现变形、损坏等问题。

## 4 夹具应用效果

将开发的专用夹具应用于摩托车发动机连杆加工生产线,就像为生产线注入了一剂“强心针”,与优化后的加工工艺配合使用,产生了显著的效果。在实际生产过程中,专用夹具凭借其稳定可靠的定位和夹紧性能,为连杆加工提供了坚实的保障。每一次装夹,夹具都能准确地将连杆固定在预定位置,就像为连杆找到了一个“专属座位”,确保了加工过程中连杆的位置精度。与优化后的加工工艺相结合,从锻造环节的精密模锻到精加工的微量切削,每一个加工步骤都在专用夹具的辅助下有条不紊地进行。这种紧密的配合,使得连杆加工尺寸精度和形位公差能够稳定达到设计要求,就像一场完美的接力赛,每个队员都发挥出最佳水平,最终顺利完成比赛。

专用夹具的应用不仅保证了加工质量,还在提高加工效率方面发挥了重要作用。传统的装夹方式往往需要工人花费大量时间进行调整和校准,而专用夹具采用标准化设计,操作简便快捷。工人只需将连杆放入夹具的定位槽中,启动夹紧装置,就能快速完成装夹过程,大大减少了装夹时间和辅助时间。这就好比将繁琐的手工操作升级为自动化操作,生产效率得到了显著提升<sup>[7]</sup>。由于装夹时间的缩短,生产线的节拍加快,能够在相同时间内生产出更多的连杆,降低了单位产品的生产成本。专用夹具的稳定性和可靠性保障了生产线的连续运行,减少了因夹具故障导致的停机时间,提高了设备利用率,为摩托车发动机的批量生产提供了有力支持。

从企业发展的角度来看,专用夹具的成功应用为企业带来了巨大的竞争优势。稳定的产品质量和高效的生产效率,使得企业能够在市场中脱颖而出。优质的连杆产品不仅满足了客户对摩托车发动机性能的高要求,还提升了企业的品牌形象<sup>[8]</sup>。在市场竞争日益激烈的今天,企业能够凭借这款专用夹具和优化后的加工工艺,以更低的成本、更高的质量生产出摩托车发动机连杆,从而在价格和性能上占据优势,吸引更多客户,提升了企业的市场竞争力。这就像企业在市场这片广

阔的海洋中,拥有了一艘坚固而快速的帆船,能够乘风破浪,驶向成功的彼岸。

## 5 结语

摩托车发动机连杆加工工艺与专用夹具开发对产品质量和生产效率意义重大。通过工艺优化和专用夹具设计,有效解决了加工难题,实现高精度、高效率生产。未来,随着制造技术的发展,应进一步探索新工艺、新材料,结合智能制造、数字化技术,对连杆加工工艺和夹具进行智能化升级,提高加工过程的自动化、柔性化程度,以适应摩托车行业不断变化的市场需求和更高的质量要求。

## 参考文献

- [1] 谭礼斌,袁越锦.摩托车发动机冷却系统设计及试验验证[J].太原学院学报(自然科学版),2025,43(03):30-38.
- [2] 杨金华,方海滨,覃英毅,等.热带气候环境下摩托车机油的应用研究[J].润滑油,2025,40(01):24-30
- [3] 谭礼斌,袁越锦.摩托车发动机冷却水套流场分析及水套结构优化[J].科学技术与工程,2025,25(02):582-591.
- [4] 陆镇,浅析欧 5 摩托车发动机箱体数控加工工艺及质量控制[J].内燃机与配件,2025,(01):60-62
- [5] 彭颖颖.日本四冲程摩托车发动机机油规格 JASO T903 发展历程及最新变化[J].石油商技,2024,42(06):48-52.
- [6] 沈桑宁,王子毅,周春春,等.大排量摩托车发动机用火花塞的开发[J].汽车零部件,2024,(10):4-7.
- [7] 贾林玲,耿海珍.摩托车零部件打磨抛光智能机器人的开发与应用[J].数字技术与应用,2022,40(08):165-167.
- [8] 程里.用演绎推理方法研究摩托车发动机右曲柄断裂失效[J].热加工工艺,2021,50(12):160-162.

**版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

