

切削力端面反划加工分析与改善

■ 山推工程机械股份有限公司（山东济宁 272073） 陆长学 宫 涛 翟展新

摘要：反划加工产生较大的进给力，影响机床精度，本文结合切削力经验公式，建立了反划加工模型，计算了反划面加工进给力，并在以上计算分析的基础上改进了端面结构设计，有效的降低了反划面加工进给力。

某机型推土机后桥箱半轴孔内端面加工为反划面加工，加工过程中出现了机床主轴拉爪断裂的情况，拉爪断裂状态如图1所示。该机床承担的主要加工内容有镗孔、铣面和反划面加工，相对于镗孔、铣面加工，反划面加工时刀具与半轴孔端面作用力最大。因此，我们认为反划面加工时产生的相互抗力是导致拉爪疲劳断裂的主要原因。本文主要根据刀具与半轴孔端面之间的切削力计算，分析了拉爪断裂的原因，对半轴孔端面结构进行了改进设计，并对改后的结构进行了作用力计算和加工试验，为其他机型类似结构的改进设计提供了参考。

后桥箱半轴孔端面位置材



图1 拉爪断裂状态

料为ZG230-450，孔端面为配合面，表面粗糙度值 $R_a=6.3\mu\text{m}$ ，需要进行切削加工。后桥箱半轴孔端面装配图如图2所示。半轴3装入半轴孔后，旋入螺母2直至半轴孔端面，插入锁销4，装入卡环1，从装配关系可以看出，半轴孔端面起到定位螺母的作用。

根据后桥箱半轴孔端面加工工艺安排，加工所用设备为卧式加工中心，加工方式为反划，划面位置如图3所示。由于该加工位置位于两闭合空间之间，并且间距较小，无法采用常规正面铣削加工方式加工，采用反划方式加工，划面状态如图4所示。加工时转速 $n=15\text{m/min}$ ，

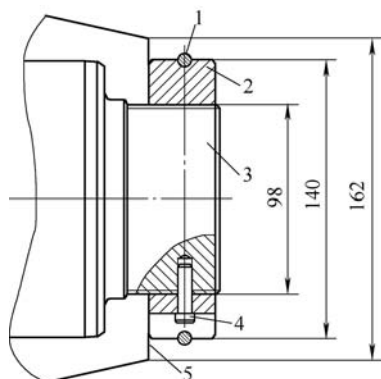


图2 后桥箱半轴孔端面装配图
1.卡环 2.螺母 3.半轴 4.锁销 5.半轴孔端面

进给量 $f=0.15\text{mm/r}$ ，背吃刀量 $a_p=30\text{mm}$ 。

1. 切削力的分析计算

切削力是机械加工过程中的重要技术参数，在加工过程中，切削力时刻影响工件表面质量、刀具寿命、生产率、加工过程的平稳性以及加工设备的寿命。通过切削力的计算可以校核机床、刀具以及夹具等的承载能力和最大加工进给量，评价加工状态的优劣。

切削力在切削过程中不断变



图3 划面位置



图4 划面状态

化,影响切削力大小的因素比较多,如切削三要素、被加工工件的材料属性、切削刀具的几何形状、几何参数以及刀具磨损等。后桥箱半轴孔端面反划加工为单刃切削,切削时产生背向力、切向力和进给力,因此可采用车刀受力模型进行受力分析,划面受力模型如图5所示。采用该模型计算受力时,进行了如下假设处理:①假设反划刀具每处刀刃状态相同,相当于 n 个车刀刀刃组成的长刀刃。②假设刀具磨损程度很弱,即刀刃始终保持锋利状态,其对刀具几何参数的影响忽略不计,其几何参数不变。基于现场反划刀具的使用情况,模型中主偏角 κ_r 取 90° ,前角 γ_o 取 12° ,刃倾角 λ_s 取 0° ,刀尖圆弧半径 r_s 取 0.5mm 。

根据切削力的经验公式:

切向力(周向):

$$F_c = C_{Fc} a_p^{x_{Fc}} f^{y_{Fc}} v_c^{z_{Fc}} K_{Fc}$$

背向力(径向):

$$F_p = C_{Fp} a_p^{x_{Fp}} f^{y_{Fp}} v_c^{z_{Fp}} K_{Fp}$$

进给力(轴向):

$$F_f = C_{Ff} a_p^{x_{Ff}} f^{y_{Ff}} v_c^{z_{Ff}} K_{Ff}$$

修正参数:

$$K_F = K_{mF} \cdot K_{\kappa rF} \cdot K_{\gamma oF} \cdot K_{\lambda sF} \cdot K_{r_sF} \cdot K_{v_bF}$$

式中, C_{Fc} 、 C_{Fp} 和 C_{Ff} 为取决于加

工材料和切削条件的参数; x_{Fc} 、 x_{Fp} 和 x_{Ff} 为背吃刀量 a_p 对切削力的影响指数; y_{Fc} 、 y_{Fp} 和 y_{Ff} 为进给量 f 对切削力的影响指数; z_{Fc} 、 z_{Fp} 和 z_{Ff} 为切削速度 v_c 对切削力的影响指数; K_{mF} 、 $K_{\kappa rF}$ 、 $K_{\gamma oF}$ 、 $K_{\lambda sF}$ 、 K_{r_sF} 以及 K_{v_bF} 分别为被加工材料力学性能、主偏角、前角、刃倾角、刀尖圆弧半径以及后刀面磨钝标准对切削力的修正参数。切削力参数如附表所示。

附表中参数为经验公式中各影响因素对切削力的影响指数。通过计算,机床主轴在工作状态下的背向力 F_p 为 $1\,254.4\text{N}$,进给力 F_f 为 $18\,394.6\text{N}$,切向力 F_c 为 $13\,778.8\text{N}$ 。查阅卧式数控镗铣加工中心技术资料,该机床中心主轴拉爪的额定最大拉力值为 $19\,600\text{N}$,进给力未超出额定最大拉力值,但进给力已达额定最大拉力值的93.9%。反划面加工时,进给力作用在轴线方向并朝向机床外。过大的进给力会损坏拉爪,降低主轴轴向精度。因此,有必要降低主轴轴向切削

力,避免较大的轴向力导致机床精度的降低。

2. 改进措施

从切削力的经验公式可以看出,降低切削力可从降低每转进给量和背吃刀量两个方面考虑。降低进给量意味着加工效率的降低,同时从附表中可以看出,背吃刀量 a_p 的指数 x_{Ff} 为1.2,进给量 f 的指数 y_{Ff} 为0.65, x_{Ff} 数值明显大于 y_{Ff} ,即背吃刀量对切削力的作用更大,所以,减小背吃刀量比降低进给量效果更好。

从图2后桥箱半轴孔端面装配图可以看出,螺母直径为 140mm ,而半轴孔端面直径为 162mm ,即半轴孔端面的划面直径远大于螺母的配合直径。在不影响装配效果前提下,可减小半轴孔端面直径,达到减小背吃刀量的目的,从而降低主轴轴向切削力。

通过分析,确定以减少划面直径的方式来降低加工切削力。后桥箱半轴孔端面改后尺寸如图6所示。

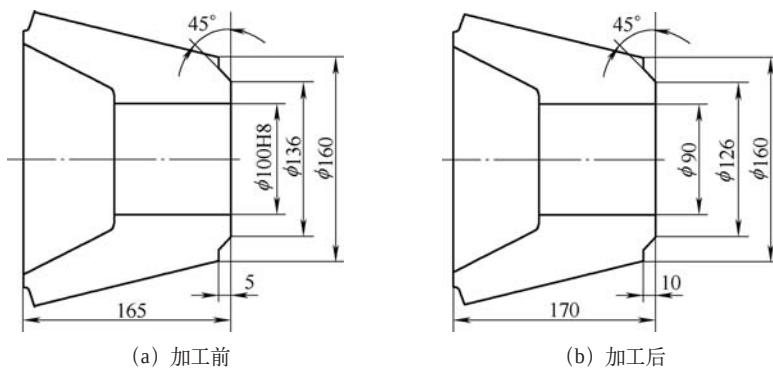


图6 后桥箱半轴孔端面更改后尺寸

切削力参数一览表

	C	x	y	z	K_{mF}	$K_{\kappa rF}$	$K_{\gamma oF}$	$K_{\lambda sF}$	K_{r_sF}	K_{v_bF}
F_c	1 770	1.0	0.75	0	0.91	1.08	1.15	1.0	0.87	1
F_p	920	0.9	0.75	0	0.57	0.44	1.6	1.0	0.66	1
F_f	530	1.2	0.65	0	0.65	1.82	1.7	1.0	1.0	1

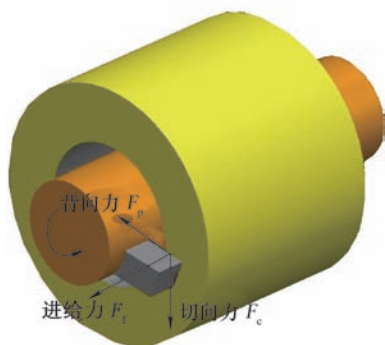


图5 划面受力模型

滚压加工工艺的新概念和新进展

■ 尚亚国际贸易公司 (上海 230106) 章宗城

摘要:本文叙述了滚压加工在金属加工技术中的特点、地位及意义。对其进行了概念上、加工实质要求上和具体加工方法上新的区分。为了适应各种表面加工和各个体要求,现代滚压加工已发展成模块化的工具系统,本文以Ecoroll公司产品为例介绍了模块化系统组成、结构和智能化监控系统等。

机床和切削工具持续发展,切削加工产生大量废弃物一切屑。针对切削加工的不足,人类一直在探索少无切屑的方法。作为无屑加工的滚压工艺,实际上很早就开始应用。由于其只适小余量且工艺严格,导致使用受限,但其实用范围广、加工时间短、效率高且成本低,几乎可以加工所有具有一定塑性材料的各种表面,且加工表面的机械和物理性能优异。滚压工艺还能作为许多高表面质量加工工艺的替代和补充。

1. 滚压工艺的发展

在滚压工艺的概念认识上,德国亚琛工业大学和ECOROLL公司等将着重提高表面质量的滚压工艺和着重一次冷态压制成形各种形状的辊、弯、搓、挤以及轧工艺区分出来。又将笼统的滚压工艺细分为滚光(Roller Burnishing)、深滚压工艺(Deep Rolling)以及切削(刮等)+滚光复合工艺(Skive Burnishing etc)三类。

滚光和深滚压工艺是在一定要求的加工(车、镗、铰及铣等)基础上进行的,因此一般其加工余量很小,仅在其预加工的表面粗糙度范围内,实际加工余量为预加工的表面表面粗糙度和滚压加工表面粗糙度之差(约 $0.01 \sim 0.04 \mu\text{m}$)。实际加工余量受许多因素影响,最适当的滚压余量应据具体条件多次实验来确定。预加工为冷拔、热轧的工件不适合继续进行滚光与深滚压,但适合切削+滚光复合工艺。一般来说,金属材料塑性指标之一的延伸率 $>8\%$,硬度 $<45\text{HRC}$ 的,均能被顺利滚压,延伸率 $<8\%$,据具体性能不同,滚压后降低原预加工表面粗糙度比率有

尺寸 170mm 右侧有 5mm 加工量,加工完之后半轴孔端面尺寸为 $\phi 136\text{mm}$,背吃刀量 a_p 的范围为 $13 \sim 18\text{mm}$ 。在进给量和切削速度保持不变的前提下,通过切削力经验公式可以计算出后桥箱半轴孔端面变更后的最大进给力 F_f 为 $9\,966.6\text{N}$,与改前相比进给力降低了 45.8% 。结构改进后,进行了3批次150件加工试验,加工中划面顺畅,加工状况良好,装配后亦未出现问题。验证后对新

结构进行了更改设计,并对加工工艺进行了固化。

3. 结语

本文参照车削加工经验公式,建立了反划面加工模型,计算了反划状态下的切向力,由于划面时产生的巨大作用力影响机床精度,加快刀具的损坏,因此,本文从设计的角度改进了工件划面处的结构,降低了刀具背吃刀量,划面时产生的进给力降

低了 45.8% ,明显改善了加工状况。

参考文献:

- [1] 卢秉恒. 机械制造技术基础[M]. 北京:机械工业出版社, 2007.
- [2] 陆剑中, 孙家宁. 金属切削原理与刀具[M]. 北京:机械工业出版社, 2006.
- [3] 孟少农. 机械加工工艺手册[M]. 北京:机械工业出版社, 1991.

MW (收稿日期: 20170824)