

# 一种铣床排屑器设计

童芯源

(俄罗斯西南国立大学, 俄罗斯库尔斯克 305545)

摘要: 数控机床在现代制造业中应用广泛, 但是许多数控车床缺乏自动排屑装置, 需要工人手动清理切削下来的废料。这不仅降低了机床的工作效率, 还增加了工人的工作量, 对生产线的整体效率产生了不良影响。为了解决这个问题, 本人开始研究排屑器这一数控机床辅助设备, 采用现场测量、调查数据和实体建模等方式进行研究。最终, 本文实现了数控铣床排屑器的制造, 为机械制造行业的自动化改革做出了贡献。

关键词: 机械制造; 排屑装置; 轴设计; 传动机构设计

## 一、国内外发展现状背景分析

在新中国建立之初, 我们没有制造排屑器的实力, 当时的切割器还处于初级阶段, 排屑器还需要从国外引进; 从 80 年代开始, 我国的切削刀具工业开始重视切削加工, 而切削刀具的加工技术和装备也在 20 余年间迅速发展起来。然而, 在经历了数十年的发展后, 国内的切削机品种和技术水平已较为完备, 成为了一个新的、先进的排屑机的汇聚点。

在我国, 对 CNC 切削加工设备的研发也取得了较大的进展。本课题的研究内容包括排屑装置的设计与优化, 排屑系统的控制与安全性。在研究手段上, 以仿真模拟为主, 实验测试为辅, 并进行了理论分析。

在国际上, 对 CNC 辅助设备的研制也是非常积极的。主要内容为排屑装置的设计、控制与优化。在研究手段上, 国内外的研究以试验为主, 并以数字仿真为主。另外, 一些国家也在不断地引进新工艺、新材料, 研制出一些具有较高综合素质的新型排屑装置。

## 二、整体方案设计

### (一) 种类选择

首先, 对当前存在的排屑器种类展开了全面的搜集和分析, 从中选出一种最适用于我校实训工厂机床的排屑器的种类, 在 CNC 加工中, 排屑元件一般由钢铁, 不锈钢, 铜等金属制成。在选用特殊的材质时, 要根据机床的使用环境和工件的加工要求来进行。此外, 为了保证排屑装置在工作中的长期稳定运行, 还必须保证其强度、耐磨性及抗腐蚀性能。在进行了实地考察、训练的工厂机床设备通常会加工的工件种类和产生的切屑类型之后, 再结合链板排屑器的使用寿命长、链板不易变形卡死, 可承受较大的载荷等优势, 在比较了使用成本、制造成本和后

期维修方便的基础上, 确定了该设备的结构形式。在此基础上, 结合具体工作条件, 对其结构进行了优化设计, 并对其性能进行了分析。由于实习车间中所使用的机器大多是干切割, 所以不必担心排屑装置的积水问题。此外, 从购买链条的费用方面来看, 在使用最普遍的链板的时候, 链板的宽度是 350 毫米, 而链条的本身是 400 毫米。

### (二) 输送机设计

链板输送机是一种具有连续性的输送设备, 根据目前生产线上常用的链板式输送机设计参数, 本次计算选用参数如下: 输送机长度  $L=50\text{m}$ , 链条节距  $t=200\text{mm}$ , 板宽  $B=2000\text{mm}$ , 工位节距  $T=4000\text{mm}$ , 工位数量  $n=20$ , 输送速度  $v=0.5\sim 1.25\text{ m/min}$ , 输送功率  $P=3\text{kW}$ , 输送物体质量  $m_1=1000\text{kg}$ 。

## 三、主要参数设计

### (一) 逐点张力计算

“逐点拉力”就是在每一点上拉力的量和拉力的方向。采用逐点计算方法, 将链条板式机每一节的拖曳按次序相和, 计算出其拖曳力。首先, 将由拉杆部件构成的流水线划分为多个连续性的直线区和弯线区, 并确定各线区的交叉点, 然后确定传动机构、拉力机构、导料机构等; 定位卸载机构, 并决定最低张力点。由最少的张力点开始, 按照公式, 一个一个地进行。

$$F_n = F_{n-1} + F_{\gamma n}$$

在这个公式中,  $F_n$  和  $F_{n-1}$ ——邻近的  $n$  个点和  $(n-1)$  个点的张力, 以  $N$  为单位

$F_{\gamma n}$ ——在任何两个邻近的点上的运行阻力, 以  $N$  为单位

### (二) 电机功率计算

链板式输送机驱动装置电动机功率的计算公式为

$$P = k_b \frac{F_v}{60\eta}$$

其中:

P——电动机功率,以 kw 表示

F——以 N 为单位表示的圆周力

V——输送机的运转速度,以 m/s 表示

k<sub>b</sub>——功率备用系数,通常为 1.1~1.2。

η——驱动装置传动效率(参考表 1)

在这里,圆周力 F=kFn-F<sub>0</sub>

其中 k 为链轮的回转张力系数

根据设计参数和现场考察,得出以下数据:

表 1 各种机械传动效率概率值

类别	传动形式	效率
圆柱齿轮传动	加工齿的开式齿轮传动	0.94~0.96
带传动	三角皮带传动	0.96
链轮传动	片式关节链	0.95
滚动轴承	滚珠轴承	0.99
	滚柱轴承	0.98
滑动轴承	润滑不良的情况	0.94
	润滑正常的情况	0.97
联轴器	浮动联轴器	0.97~0.99
	弹性联轴器	0.99~0.995
减速器	双极圆柱齿轮减速器	0.95~0.96
	行星圆柱齿轮减速器	0.95~0.98
	行星摆线针轮减速器	0.9~0.94
	无级变速	0.92~0.95

#### 四、链条的设计

##### (一) 链片的计算

内链片,外链片截面上最薄弱的部分就是在轴孔上,由于内链片上有轴套孔,其孔较大,所以受力较大;而在外面的链条上则有一个孔洞,它的孔洞很细,作用力是拉力。

外链片所受应力分析公式:

$$\sigma_w = \frac{F_p}{4ar} \leq [\sigma-1]$$

内链片所受应力分析公式:

$$\sigma_n = \frac{F_p}{2a(L1-L2)} \leq [\sigma-1]$$

式中 [σ-1]——调质疲劳许用应力,单位为 MPa

##### (二) 短节距链条的链轮计算

(1) 按照下述方式可计算链长节数 L<sub>p</sub>:

$$L_p = 2a_{op} + \frac{Z1 + Z2}{2} + \frac{C'}{a_{op}}$$

其中:

L<sub>p</sub>——链长节数

a<sub>op</sub>——初定中心距,以 mm 表示

Z1——驱动链轮齿数

Z2——传动链轮齿数

C' 可用下列公式计算得出:

$$C' = \left[ \frac{Z2 - Z1}{2\pi} \right]^2$$

(2) 用下列公式可确定链条长度 L' :

$$L' = \frac{L_{p1}}{1000}$$

公式中 t——链条节距,以 mm 为单位

##### (三) 链轮计算

①分度圆直径 d<sub>0</sub> 计算公式为

$$d_0 = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{Z}}$$

式中 Z——链轮齿数

②齿顶圆直径 d<sub>a</sub> 计算公式为:

$$d_{a \max} = d_0 + 1.25t - d_r$$

$$d_{a \min} = d_0 + \left[ 1 - \frac{1.6}{Z} \right] t - d_r$$

式中 d<sub>r</sub>——辋子外径,单位为 mm

③根圆直径 d<sub>f</sub> 计算公式为:

$$d_f = d_0 - d_r$$

④齿侧圆直径 d<sub>g</sub> 计算公式为:

$$d_g \leq t \cot \frac{180^\circ}{Z} - 1.04h_1 - 0.76$$

式中 h<sub>1</sub>——内链板高度,单位为 mm

⑤齿宽 b<sub>f1</sub> 计算公式为:

$$b_{f1} = C_1 b_1$$

式中 C<sub>1</sub>——齿宽系数(取值见表 2)

b<sub>1</sub>——内链节内宽,单位为 mm

表 2 齿宽系数取值

	t ≤ 12.7	t > 12.7
单排	0.93	0.95
双排、3排	0.91	0.93
4排以上	0.88	0.93

⑥齿全宽 b<sub>f2</sub> 计算公式为:

$$b_{f2} = (m_p - 1)p_t + b_{f1}$$

式中  $m_p$  ——排数

$p_t$  ——排距,单位为 mm

⑦齿侧半径  $r_x$  为:

$$r_x \geq t$$

⑧量柱测量距  $M_R$

偶数齿时:

$$M_R = d_0 + d_R$$

奇数齿时:

$$M_R = d_0 \cos \frac{90^\circ}{Z} + d_R$$

式中  $d_R$  ——量柱直径,且  $d_R = d_r$

(四)片式牵引链链轮计算

节圆直径  $D_0$  的计算公式为:

$$D_0 = \frac{t_1}{\sin \frac{180^\circ}{Z}}$$

式中  $t_1$  ——链轮节距,单位为 mm

辅助圆直径  $D_R$

$$D_R = D_0 - 0.2t_1$$

齿沟半径  $r$

$$r = 0.5d_w$$

齿顶半径  $R$

$$R = t_1 - (e + r)$$

式中  $e$  ——齿沟弧圆心距离,单位为 mm

$$e = 0.04Z\sqrt[3]{Q_L}$$

式中  $Q_L$  ——链条破坏载荷,单位为 kg

⑤外圆直径  $D_e$

$$D_e = D_0 + 0.25d_w + 10$$

表 3 短节距链条计算结果

名称	结果
电机功率 $P/kW$	1.75
小轴弯距 $M/(N^\circ \text{ mm})$	112980
小轴应力 $\sigma \sqrt{(N^\circ \text{ mm}^{-2})}$	82
小轴剪切力 $v/(N^\circ \text{ mm}^{-2})$	125
作用在轴套上的应力 $\sigma_p/(N^\circ \text{ mm})$	35.8
外链片所受应力 $e \sqrt{l/(N^\circ \text{ mm}^{-2})}$	5.9
内链片所受应力 $\sigma_n/(N^\circ \text{ mm}^{-2})$	9.2
链长节数 $L_p$	100
链条长度 $L/m$	30
分度圆直径 $d_0/mm$	200

齿顶圆直径 $d_a/mm$	$d_{mBX}$	125
	$d_{min}$	100
齿根圆直径 $d_g/mm$	80	
齿侧圆直径 $d_g/mm$	120	
齿宽 $b_i/mm$	2.5	
齿全宽 $b_g/mm$	15	
齿侧半径 $r_x/mm$	508	
量柱测量距 $M_g/mm$	271.57	

(五)牵引链的计算

如果链板式输送机牵引链使用的是片式链,一节牵引链由内链片、外链片、小轴和轴套组成。

如果它是 2 条牵引链,那么链轮齿对推动轴套的力为总圆周力的 1/2,用  $F_L$  来表达,而在每一链片上受到的力是最大张力的 1/4,用  $F_p$  来表达。

五、轴的计算

(一)轴的设计

CNC 排屑工具是一种辅助工具,它的轴的设计应符合下列条件:

1. 强度:在高转速、大载荷作用下,该传动轴不会产生形变或折断现象。

2. 精确性:主轴的外径、内径、内孔等的精确性必须满足机械制造工艺的需要,以保证主轴转动顺畅、精确性高。

3. 保护措施:为保证主轴的长时间工作,主轴的外表必须采用耐腐蚀耐磨损的材质,并采用合适的密封件,保证主轴的长时间工作及工作的稳定性。

4. 维修规定:为便于维修及维修而设计的传动轴及支座,以便维修人员方便地替换传动轴及支座及支座。

5. 配合条件:为了保证排屑装置的顺利运转,主轴与其他有关零部件如凸缘、卡套等的配合条件必须符合机器其他零部件的设计。

总之,在 CNC 加工中,数控铣床排屑器的轴类结构应以强度、精度和防护为主要目标;维修与配合等多种要素,保证设备的良好运转与可靠。

(二)轴的设计方法

1. 设计准则

本文提出了一种适用于该轴类零件的普适轴类零件的设计方案,该方案以椭圆形疲劳破坏标准评价其疲劳破坏,以冯·米塞斯 (Von·Mises) 应力理论评价其断裂破坏,并以应力寿命

为指标评价其断裂破坏,以确定其极限承载能力。

## 2. 其他影响因素

轴类材料的疲劳破坏通常出现在受力较大的表层和亚表层,由于加工过程和工况等因素导致的表层状况对轴类材料的疲劳性能有着很大的影响,因此,针对这种效应的其他因素(kg)也被称为“其它因素”。

造成这种现象的主要原因有四种:

- 残留应力(如轧制,抛射,焊接等)残留应力。
- 热处理(例如:表面淬火、脱碳等)。
- 侵蚀(应力、断裂、磨损)。
- 电镀,其他表面涂层。

这些因子的作用大小与其所涉及的生产工序的品质管理水平有很大关系。

## 六、结论与展望

1. 以实用、经济为重点,缺乏创新。在本项目中要注意到,在接下来的时间里,如果要排屑器进行量产,那么应该尽可能地使用当前市场上已经存在的成熟技术,这样就可以避免使用许多没有被证实的结构,从而造成了排屑器在生产出来之后,不能正常地使用,从而造成了资源的浪费等问题。

2. 以训练中心现有的装备,不可能自己生产出一台切割机。本项目中的排屑器装备所需的金属加工方法是当前学校实训车

间没有的,而其他的金属加工方法,例如数控机加工、焊接、涂装等都可以实现,因此,仅凭实训工厂不能完成排屑器成品的生产制造。

3. 本设计是为某一种 CNC 机型开发的一种辅助排屑器,其有关性能参数,设计方案,传动效率均已明确。仿真结果表明,该方法能有效地提高垃圾的清除时间,大大提高了装置的工作效率。

## 七、不足和展望

(1) 本文所设计的排屑器自动化程度不高,不及现在国内使用的主流排屑器。此问题可以使用软件或操作台等方式进行弥补。

(2) 清洁效率无法提高,很容易出现废屑清理不彻底的情况,以后将会探索有效的清洁方法,提高排屑器的清洁效率。

(3) 目前本排屑器只适用于加工铣削钢铁等金属材料的场合,对于非金属材料的排屑和清洁效果未知。未来将会根据情况开发适用于不同材料的排屑器。

## 参考文献:

- [1] 李成才.普通机床排屑器工艺设计方法探究[J].内燃机与配件,2017(16):26+27.
- [2] 梁堃.金属数控机床设备维护与保养[J].时代农机,2017(6):52+54.