

采用CAD作图法加工矿用圆环驱动链轮齿形

董二景

山东兖矿东华重工有限公司 山东济宁 273599

摘要: 介绍一种矿用圆环驱动链轮齿形的加工方法, 首先采用CAD作图法分析各直线和圆弧的相关基点, 再计算直线方程式的编程参数, 分别采用了FANUC 180i系统用户的宏程序功能和SIEMENS 840D系统的R代码功能, 既提高了链轮的加工质量, 又降低了加工成本。

关键词: 矿用圆环; 驱动链轮; CAD; 齿形加工

1 序言

矿用圆环驱动链轮主要应用于煤矿机械设备, 如刮板机、转载机和刨煤机等, 适用于远距离、低速、重载以及大功率的传动。圆环链轮齿形的加工方法主要有: ①直接铸造或锻造成型法。②锻造毛坯加工后, 在镗铣床上粗、精加工法。③锻造毛坯加工后, CAD/CAM自动数控编程加工法。

随着输送机功率的逐步增大和数控机床的普及应用, 对链轮的要求也越来越高。直接铸造或锻造成型的链轮齿形已不能满足要求, 此种方式与整体锻造的圆环链轮齿形加工相比, 工序繁琐、生产周期较长, 若将齿形加工的各生产工序合并为数控机床加工, 可有效提高加工效率, 降低加工成本。

2 圆环链轮齿形结构分析

根据GB/T 24503—2009可知, 链轮假想剖面齿形, $\theta=360^\circ/2N$ (其中 N 为链轮齿数), 短齿 W 的前端齿形角度为 15° , 角度起始点在距离链轮中心为 H 直线上的圆心处, 圆环链轮齿形示意及主要参数如图1所示, 链轮体的设计应符合标准要求^[1]。

3 链轮齿形数控加工工艺

传统圆环链轮齿形加工工艺为: 毛坯锻造后, 钳工划齿形线, 在镗铣床上参照齿形线分度铣削, 预留5~10mm的加工余量, 再使用数控机床进行精加工。CAD/CAM广泛应用于机械制造业的数控编程及加工, 数控机床精加工齿形大多采用CAD/

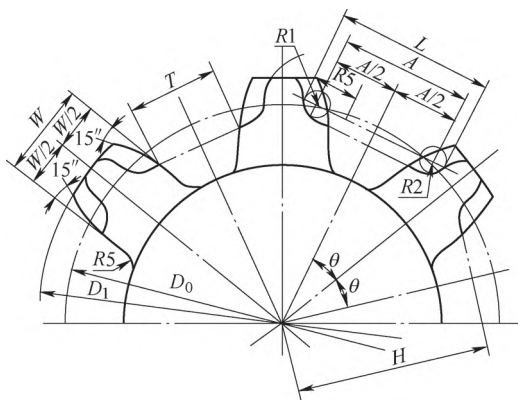


图1 圆环链轮齿形示意及主要参数

CAM自动编程方式, 该软件虽然可以加工复杂的形状, 但存在程序繁琐、不易修改且无法应用于类似零件加工等缺点, 为了提高加工效率, 采用R代码或宏程序编程加工^[2]。

将坐标原点设置在链轮齿形底部的中心位置, 由GB/T 24503—2009可知, 链轮齿形由直线和圆弧组成, 根据圆的标准方程式和直线的方程式, 找出 x 、 y 值之间的关系, 通过程序的循环运算改变纵向背吃刀量 y 的数值, 使用程序中条件循环和无条件转向等诸多功能, 计算方程式在每层深度的横向变量 x 。由于圆环链轮齿形为对称形状, 因此只需编制一个齿形的加工程序, 再通过回转工作台分度的方式多次重复调用程序即可。

4 编程前主要参数分析及基点计算方法

圆的标准方程式为

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = R^2 \quad (1)$$

式中, a 为圆心横坐标; b 为圆心纵坐标; R 为圆弧半径 (mm)。

直线方程式为

$$y=kx+b \quad (2)$$

式中, k 为斜率; b 为截距。

由式 (1) 可推断出链轮齿形的圆弧段 x 、 y 之间的关系为: $x=a+[\sqrt{15^2-(y-b)^2}]^{1/2}$, 由式 (2) 可推断出齿形直线段的 x 、 y 之间的关系为: $x=(y-b)/k$ 。通过式 (1) 和式 (2) 找出齿形圆弧段的圆心坐标值, 直线方程式中 k 、 b 在坐标系中的数值、齿形中直线与直线以及直线与圆弧各交点的 x 、 y 值。主要编程参数及方程式如图2所示, 图2中各直线、圆弧交点的坐标值和圆弧圆心坐标为主要的编程参数。

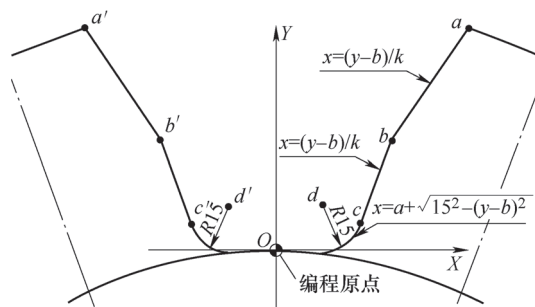


图2 主要编程参数及方程式

数控编程中, 常用的基点计算方法有列方程求解法、三角函数计算法和CAD作图法。因列方程求解法和三角函数计算法存在编程计算工作量大、出错率高等缺点, CAD作图法可避免大量复杂计算, 具有操作方便、分析精度高等优势, 故采用CAD作图法来分析各基点数值。

采用CAD绘图软件来分析基点与节点坐标时, 应使用软件绘制出链轮齿形的二维图样并标注出与工件坐标系原点有关联的相关尺寸, 标注尺寸时找点要准确, 精度单位通常设置为小数点后三位。

5 加工工艺及刀具的选择

加工装备选择小型卧式加工中心, 工作台直径不宜过大, 型号XH755C/2, 需配置 $\phi 400\text{mm}$ 左右水平回转工作台, 用于齿形等分。

设置编程原点为链轮齿形底部中心位置, 圆环链轮齿形主要尺寸及原点设置如图3所示, 圆环链轮齿形主要参数及原点设置如图4所示。用CAD软件

绘制出单个齿形并分析图中直线和圆弧的纵、横坐标以及交点的坐标值, 将分析计算后的数值代入方程式进行编程加工, 配合数控机床自带的水平回转工作台分度, 逐个对齿进行加工, 直至齿形全部加工完成。粗加工预留 $0.5\sim 0.8\text{mm}$ 余量, 使用可转位圆鼻面铣刀进行精加工。加工过程由式 (1) 和式 (2) 来保证圆环链轮齿形状正确, 代替了传统钳工划齿形线工序。

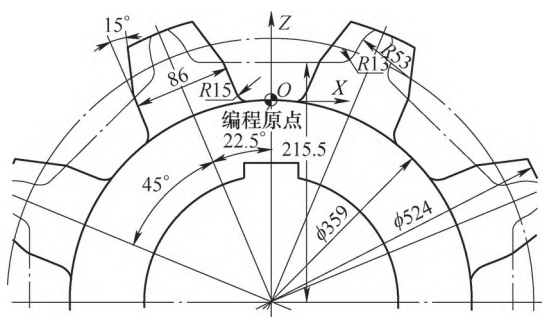


图3 圆环链轮齿形主要尺寸及原点设置

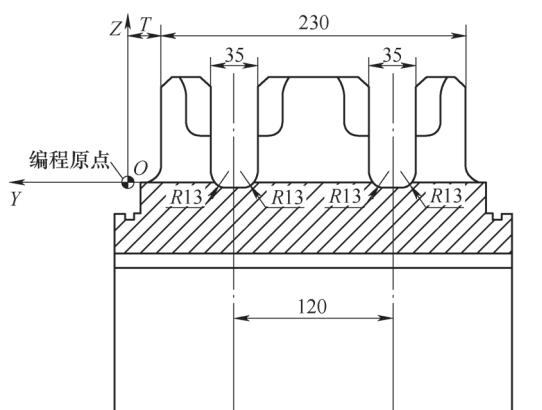
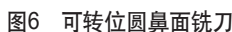


图4 圆环链轮齿形主要参数及原点设置

粗加工采用如图5所示的可转位直角台阶面铣刀, 为提高加工效率, 选用大、小直径2种型号的刀具分两部分进行加工。由于链轮齿形呈喇叭口状, 上半部分空间较大, 因此尽量选择大背吃刀量的较大直径铣刀, 以减少进给次数, 可有效提高加工效率。齿形下半部分的空间较小, 尽量选择适当直径的刀具, 避免在加工齿形底部圆弧的过程中, 因直径过大而产生过切现象, 导致工件不符合要求, 所选刀具的直径可在CAD作图法中一并进行分析^[3]。

由于粗加工预留的加工余量较少, 故精加工使用如图6所示的可转位圆鼻面铣刀, 刀具前端圆弧主要起到修光作用, 背吃刀量的设定不宜过大, 应根据所加工表面的表面粗糙度和精度选择最大铣削转



6 加工实例及程序编制

6.1 粗加工实例及程序编制

链轮齿形粗加工主要编程参数计算如图7所示,将直线段两端 a 、 b 的 x 、 y 坐标值分别代入式(2)中,算出 ab 段直线的斜率 $k \approx 1.303$,截距 $b \approx -19.66$,将斜率 k 和截距 b 的数值代入式(2)中进行编程,用相同方法计算出 bc 段直线方程式斜率 k 和截距 b 的数值并代入式(2)中,用于加工两直线段,将 $R15\text{mm}$ 圆心点 d 的坐标代入式(1)中,用于加工圆弧段。



```

主程序O0001:      程序号
#109=1.3; 层进给量
#120=26; 刀具半径为 (25+1) mm (预留1mm余量)
#125=280; y轴行程, 即齿形厚度+刀具直径
#8=8; 链轮齿数为8齿
#16=0; 工作台返回零点
#2=360/#8; 计算每个齿形的夹角
M15 T1; 预选1号刀具
N1 #126=82.5; z轴加工起始值
G0 G91 G30 X0 Z0; 返回机床换刀点
M6 T2 ; 更换1号 $\phi 50$ mm刀具, 预选2号 $\phi 32$ mm刀具
G0 G90 G54 X0 Y0 Z150 G43 H5
G0 G90 B#16 ; 回转工作台
M3 S1600 F1000
G0 Z100 M8
G1 Z#126
WHILE[#126 NE 72.724] DO3
#126 = #126 - #109
IF[#126 LT 72.724 ] THEN#126 =72.724
#1=68644 - [#126+179.5] * [#126+179.5]
#124= 3 + SQRT [ #1] - #120
M98 P0231
END3
G0 G90 Z#126
WHILE[#126 NE 36] DO1
#126 = #126 - #109

```

```

IF[#126 LT 36 ] THEN#126 =36
#124=[#126+19.665] /1.303 - #120
M98 P0231
END1
WHILE[#126 NE8.474] DO2
#126 = #126 - #109
IF [ #126 LT 8.474] THEN#126=8.474
#124=[#126 + 67.126] / 2.414 - #120
M98 P0231
END2
G0 G90 Z100 W300 M9
M5
G0 G91 G30 X0 Z0
M6 T1; 更换2号φ32mm刀具, 预选1号φ50mm刀具
#120 = 17; 刀具半径为 (16+1) mm (预留1mm余量)
G0 G90 Z#126 W0 G43 H7 M3
WHILE[#126 NE 0 ] DO1
#126 = #126 - #109
IF [ #126 LT 0] THEN#126= 0
#1= 225-[#126 - 14.214] * [#126 - 14.214]
#124 = SQRT[ #1 ] + 17.46 - #120
M98 P0231
END1
M9
G0 G90 Z300 M5
#16=#16+ #2; 工作台旋转度数累加
IF[#16 GE 360] GOTO 2
GOTO1
N2 G0 G91 G30 X0 Z0
M16
G0 G91 G28 X0 Y0 Z0
M30
O0231      子程序名称
#3=#124
#125=- #125
G0 G90 X#3 Z#26
G1 G91 Y#125
WHILE[#3NE -#124] DO3
#3= #3 - #120*2 + 3
IF [#3 LE -#124 ] THEN #3 = -#124
#125=- #125

```

```

G0 G90 X#3
G1 G91 Y#125
END3
M99

```

6.2 精加工实例及程序编制

通过CAD作图法确定精加工刀具选用 $\phi 40\text{mm}$ 可转位圆鼻面铣刀, 前端圆弧半径 6mm , 精加工主要编程参数计算如图8所示, 粗加工已将多余部分去除, 精加工只沿着齿形修光即可。由于齿形是对称的, 故可编制出一边的精加工程序, 使用数控机床自带的镜像加工指令加工出对称的另一端即可, 该方法可减少编程的工作量, 以SIEMENS 840D系统为例进行编程。

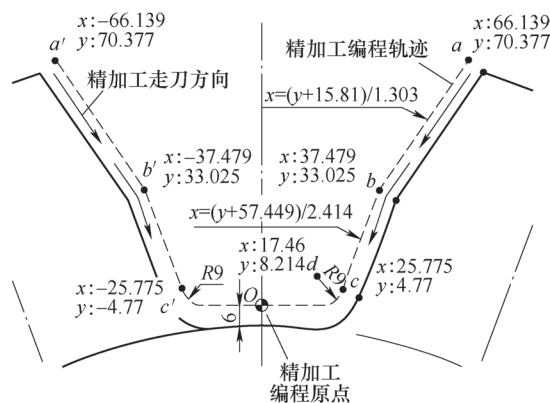


图8 精加工主要编程参数计算

SIEMENS 840D系统R代码程序编程及说明如下。

```

L12      主程序名称
N10 t3; 预选3号直径40mm刀具
N20 m6; 交换3号刀具
N30 .....
N40 R7=8; 链轮齿数为8齿
N50 R27=0; 工作台返回零位
N60 R28=360/ R7; 计算每个齿形的夹角
N70 ma13:g0g90b=R27 回转工作台
N80 L13; 调用L13子程序
N90 g0g90g54x0y0z100
N100 MIRROR x0; y轴镜像加工
N110 L13; 调用L13子程序镜像加工
N120 MIRROR; 镜像加工取消
N130 R27=R27+R28; 工作台旋转度数累加
N140 IF R27<360 GOTOF ma13

```

```

N150 g0g90x0y0z300
N160 .....
N170 m30
L13          子程序名
N10 R9=0.83; 层进给量
N20 R20=13.85; 刀具半径
N30 R26=71.5
N40 R25=280
N50 g0g90g54x0y0z100m8
N60 m3s1100f1300
N70 g1z=R26
N80 ma1:IF ( R26 == 0 ) GOTO ma5
N90 IF ( R26 <= 3.5 ) R9 = 0.4
N100 R26 = R26 - R9
N110 R25= - R25
N120 IF(R26 <= 32.15 ) GOTO ma2
N130 R24=(R26 - 7.437) / 0.7 - R20
N140 GOTO ma4
N150 ma2: IF ( R26 <= 2.927 ) GOTO ma3
N160 R24=(R26+ 29) / 1.732 - R20
N170 GOTO ma4
N180 ma3: IF ( R26 < 0) R26= 0
N190 R1= 49 - (R26 - 6.427) * (R26 - 6.427)
N200 R24 = SQRT( R1 ) + 12.371 - R20
N210 ma4: g1g90x=R24z=R26
N220 g1g91y=R25
N230 GOTOF ma1
N240 ma5:g0g90z150m5
N250 m17

```

加工圆环链轮齿形试样如图9所示。

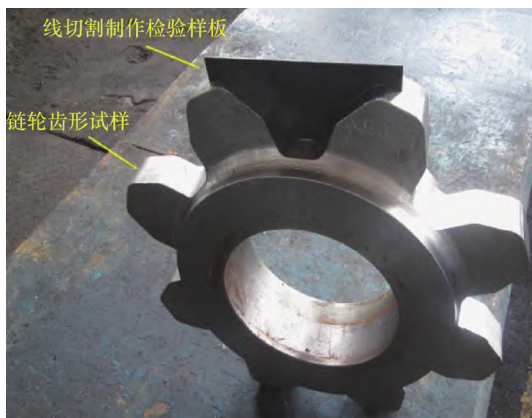


图9 加工圆环链轮齿形试样

7 结束语

采用CAD作图法加工矿用圆环驱动链轮齿形，将数学方程式与数控加工有机结合，所加工齿形的标准分度均匀，如需加工其他型号的链轮齿形，只需改变程序中方程式数值即可，无需重复编程。齿形加工程序的通用性较强，且与传统CAD/CAM自动编程加工工艺相比，无需进行三维建模，无论是加工效率还是编程难度方面都具有优势，在实际加工生产过程中，既提高了链轮的加工质量，又降低了加工成本，具有较高的推广价值。

参考文献：

- [1] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 24503—2009：矿用圆环链驱动链轮[S]. 北京：中国标准出版社，2009.
- [2] 沈建峰，虞俊. 数控铣工/加工中心操作工（高级）[M]. 北京：机械工业出版社，2008.
- [3] 曹学亮，高强，程凤方，等. 矿用圆环驱动链轮修复工艺的研究与应用[J]. 金属加工（热加工），2012（18）：32-34.

MW 20240923

欢迎关注“机工刀具世界” 微信公众号

“机工刀具世界”定位于指导制造企业一线技术员工如何合理选择和使用数控刀具，介绍数控刀具使用技巧。关注刀具行业最新技术进展，为广大制造企业推荐先进、实用数控刀具产品。

扫描二维码即可关注！

