



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102152093 A

(43) 申请公布日 2011.08.17

(21) 申请号 201110067364.8

(22) 申请日 2011.03.21

(71) 申请人 中国科学院国家天文台南京天文光学技术研究所

地址 210042 江苏省南京市板仓街 188 号

(72) 发明人 郭伟远 成贤锴

(74) 专利代理机构 江苏致邦律师事务所 32230  
代理人 栗仲平

(51) Int. Cl.

B23P 17/00 (2006.01)

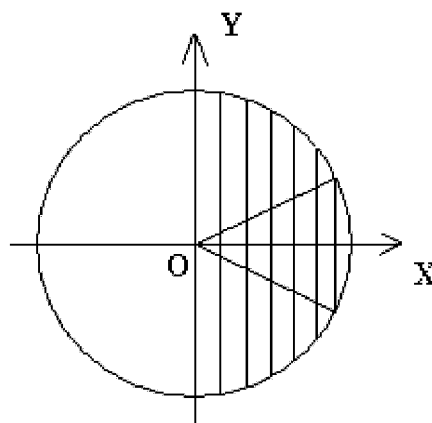
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 4 页

### (54) 发明名称

在极坐标系下进行直角坐标扫描方式的加工方法

### (57) 摘要

在极坐标系下进行直角坐标扫描方式的加工方法：(1)根据工件表面误差分布和小工具加工函数，计算出直角坐标系下需要的驻留时间表；(2)小工具沿直线轴运动，工件朝一个方向旋转，到达按直角坐标系计算出的加工路线的起点位置开始加工；通过小工具移动与工件旋转的配合，加工路线是一条直线（第一条扫描线）；(3)按照步骤(2)的方式，小工具在工件上反向运动，加工下一条扫描线；(4)．循环步骤(2)至(3)，实现在极坐标系下进行直角坐标扫描方式的加工。本发明结合了直角坐标系统和极坐标系统的优点，使设备节约了空间；不仅对驻留时间的求解非常方便，还避免了极坐标扫描方式中离子束扫描轨迹两侧的单位面积去除量不一样的问题。



1. 一种在极坐标系统下进行直角坐标扫描方式的加工方法,其特征在于,步骤如下:

(1). 根据工件表面误差分布情况和采用的小工具的加工函数,计算出直角坐标系下需要的驻留时间表;

(2). 小工具沿着直线轴运动,工件朝一个方向旋转,到达工件上按直角坐标系计算出的加工路线的起点位置,接触工件开始加工;通过小工具移动与工件旋转的配合,使小工具在工件上留下的加工路线是一条直线,这条直线就是直角坐标系下的第一条扫描线;

(3). 按照步骤(2)的工作方式,小工具在工件上反向运动,加工下一条扫描线;

(4). 循环步骤(2)至步骤(3)的两个扫描过程,实现在极坐标系统下进行直角坐标扫描方式的加工。

2. 根据权利要求1所述的在极坐标系统下进行直角坐标扫描方式的加工方法,其特征在于,所述步骤(2)~(4)中,设右半个镜面沿X轴被平均分成n段,最右边的弦为第一条弦,则第k条弦被加工时

$$\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{L - \frac{Lk}{n}}{L} = 1 - \frac{k}{n} = \frac{n-k}{n} \quad (42)$$

所以

$$\alpha = 2 \arccos\left(\frac{n-k}{n}\right) \quad (43)$$

当 $k = n$ 时,旋转镜面使得待加工弦和X轴重合,然后镜面静止,让离子束沿着X轴加工镜面。

3. 根据权利要求1或2所述的在极坐标系统下进行直角坐标扫描方式的加工方法,其特征在于,完成整个镜面加工的方式是:加工完镜面的一半后,再加工镜面的另外一半。

## 在极坐标系统下进行直角坐标扫描方式的加工方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种在极坐标系统下进行直角坐标扫描方式的加工方法,适用于机械加工中的刀具通过这种方法对工件进行加工的设备,更适用于小型工具(如小磨头、离子源、喷气或射流磨削工具)在大型工件表面通过驻留时间控制对工件表面进行加工的设备。

### 背景技术

[0002] 通过数控方式使小型工具在大型工件表面进行精密加工的方法是一种先进的加工技术通过计算机软件控制小工具在大型工件表面上各点的驻留时间实现对大型工件表面的精确修正,可以达到很高的加工精度。

[0003] 传统的扫描加工方式有直角坐标方式扫描和极坐标方式扫描两种。直角坐标扫描方式中小工具的运动区域是一个矩形平面,工件不运动,空间利用率较低;而极坐标扫描方式中小工具的运动区域是一条直线,工件做旋转运动,空间利用率较高。然而极坐标扫描方式中小工具的扫描轨迹不是一条直线,其轨迹两侧的单位面积去除量是不一样的,给驻留时间的计算带来很大困难;同时,加工机械到工件中心部位时,要求转速很高,大型工件不能允许。上述两种扫描加工方式都有各自的优缺点。

### 发明内容

[0004] 结合直角坐标系扫描方式和极坐标系扫描方式各自的优点,本发明提供一种在极坐标系统下进行直角坐标扫描方式加工的方法。本方法按照直角坐标系加工的方式计算出小工具加工所需的驻留时间表,通过极坐标旋转、直线二维的往复运动,使小工具在工件上仍然按照直角坐标系的运动路线运动,完成整个加工过程。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种在极坐标系统下进行直角坐标扫描方式的加工方法,其特征在于,步骤如下:

[0006] (1). 根据工件表面误差分布情况和采用的小工具的加工函数,计算出直角坐标系下需要的驻留时间表;

[0007] (2). 小工具沿着直线轴运动,工件朝一个方向旋转,到达工件上按直角坐标系计算出的加工路线的起点位置,接触工件开始加工;通过小工具移动与工件旋转的配合,使小工具在工件上留下的加工路线是一条直线,这条直线就是直角坐标系下的第一条扫描线;

[0008] (3). 按照(2)的工作方式,小工具在工件上反向运动,加工下一条扫描线;

[0009] (4). 循环步骤(2)至步骤(3)的两个扫描过程,实现在极坐标系统下进行直角坐标扫描方式的加工。

[0010] 加工设备采用极坐标系统,有一个旋转自由度和一个平移自由度,在极坐标系统下通过上述两个自由度的配合实现直角坐标扫描方式加工。如图1所示,假设圆O内部为工件表面,工件有一个旋转自由度,即绕工件表面中心(Z轴)的旋转,小工具有一个平移自由度,即沿着工件表面半径(X轴)的移动,通过这两个自由度的配合,实现直角坐标扫描方

式加工。

[0011] 本发明的工作原理及理论验证如下：

[0012] 如图 5 所示, 设镜面半径为  $L$ , 扫描线段  $AB$  所对的圆心角为  $\alpha$ , 弦  $AB$  与  $X$  轴相交时, 交点坐标为  $x$ , 位于  $X$  轴上面的弦长为  $a$ , 位于  $X$  轴下面的弦长为  $b$ , 起始角为  $\alpha$ , 终止角为  $-\alpha$ , 转动角为  $\omega t$ , 则弦长为  $2L \sin(\frac{\alpha}{2})$ ,

[0013] 如图 6-1 所示, 有相似定理

$$[0014] \quad \frac{a}{b} = \frac{L \sin(\alpha - \omega t)}{L \sin(\omega t)} \quad (36)$$

[0015] 又因为

$$[0016] \quad a + b = 2L \sin(\frac{\alpha}{2}) \quad (37)$$

[0017] 得

$$[0018] \quad \begin{cases} a = \frac{2L \sin(\frac{\alpha}{2}) \sin(\omega t)}{\sin(\omega t) + \sin(\alpha - \omega t)} \\ b = \frac{2L \sin(\frac{\alpha}{2}) \sin(\alpha - \omega t)}{\sin(\omega t) + \sin(\alpha - \omega t)} \end{cases} \quad (38)$$

[0019] 如图 6-2 所示, 有正弦定理

$$[0020] \quad \frac{b}{\sin(\omega t)} = \frac{x}{\sin(\frac{\pi - \alpha}{2})} = \frac{x}{\cos(\frac{\alpha}{2})} \quad (39)$$

[0021] 又因为

$$[0022] \quad b = \frac{2L \sin(\frac{\alpha}{2}) \sin(\alpha - \omega t)}{\sin(\omega t) + \sin(\alpha - \omega t)} \quad (40)$$

[0023] 得

$$[0024] \quad x = \frac{b \cos(\frac{\alpha}{2})}{\sin(\omega t)} = \frac{L \sin \alpha}{\sin(\omega t) + \sin(\alpha - \omega t)} \quad (41)$$

[0025] 假设右半个镜面沿  $X$  轴被平均分成  $n$  段, 最右边的弦为第一条弦, 则第  $k$  条弦被加工时

$$[0026] \quad \cos(\frac{\alpha}{2}) = \frac{L - \frac{Lk}{n}}{L} = 1 - \frac{k}{n} = \frac{n-k}{n} \quad (42)$$

[0027] 所以

$$[0028] \quad \alpha = 2 \arccos(\frac{n-k}{n}) \quad (43)$$

[0029] 当  $k = n$  时, 旋转镜面使得待加工弦和  $X$  轴重合, 然后镜面静止, 让离子束沿着  $X$  轴加工镜面。加工完镜面的一半后, 再加工镜面的另外一半。

[0030] 图 7 为仿真极坐标系统下转直角坐标扫描的离子束扫描路线, 可见这是一种可行

的方法。

[0031] 本发明的有益效果是：小工具在极坐标系统下进行直角坐标扫描方式加工的设计方案，结合了直角坐标系统和极坐标系统的优点，使加工设备能够加工的工件的半径变大；避免了极坐标扫描方式中小工具扫描轨迹两侧的单位面积去除量不一样的问题，简化了驻留时间的求解。

[0032] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

#### 附图说明

[0033] 图 1 为极坐标系统下进行直角坐标扫描方式加工示意图；

[0034] 图 2 为工件顺时针旋转的情况示意图；

[0035] 图 3 为工件逆时针旋转的情况示意图；

[0036] 图 4 为本发明加工效果的仿真图；

[0037] 图 5 为扫描加工动态图；

[0038] 图 6-1、图 6-2 为图 5 动态图的局部分解；

[0039] 图 7 为仿真极坐标系统下转直角坐标扫描的离子束扫描路线。

#### 具体实施方式

[0040] 实施例 1，一种在极坐标系统下进行直角坐标扫描方式的加工方法，首先根据工件表面误差分布情况和采用的小工具的加工函数，计算出直角坐标系下需要的驻留时间表。如图 2 所示，小工具沿着直线轴运动，工件顺时针旋转，到达工件上按直角坐标系计算出的加工路线的起点位置，接触工件开始加工；通过小工具移动与工件旋转的配合，使小工具在工件上留下的加工路线是一条直线，这条直线就是直角坐标系下的第一条扫描线；如图 3 所示，按照同样的工作方式，小工具在工件上反向运动，加工下一条扫描线；循环上述两个步骤的两个扫描过程，即可实现在极坐标系统下进行直角坐标扫描方式加工。如果工件始终顺时针旋转，也可以实现加工，但需要增加加工时间。

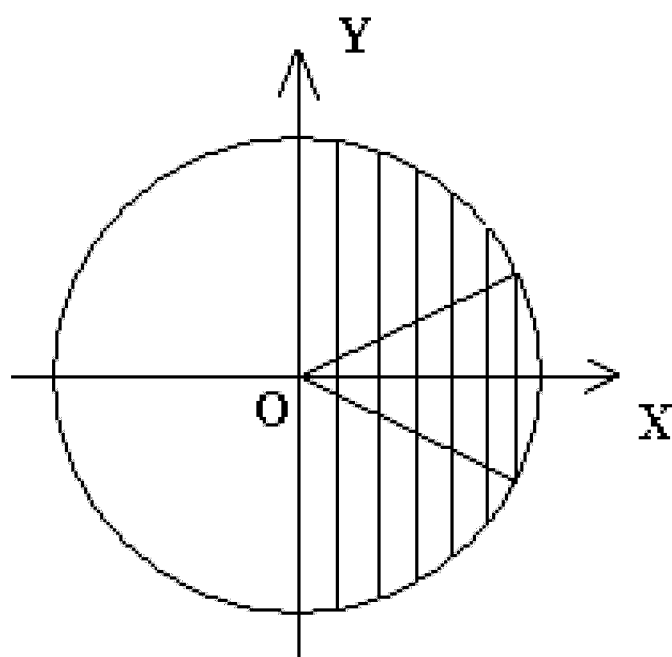


图 1

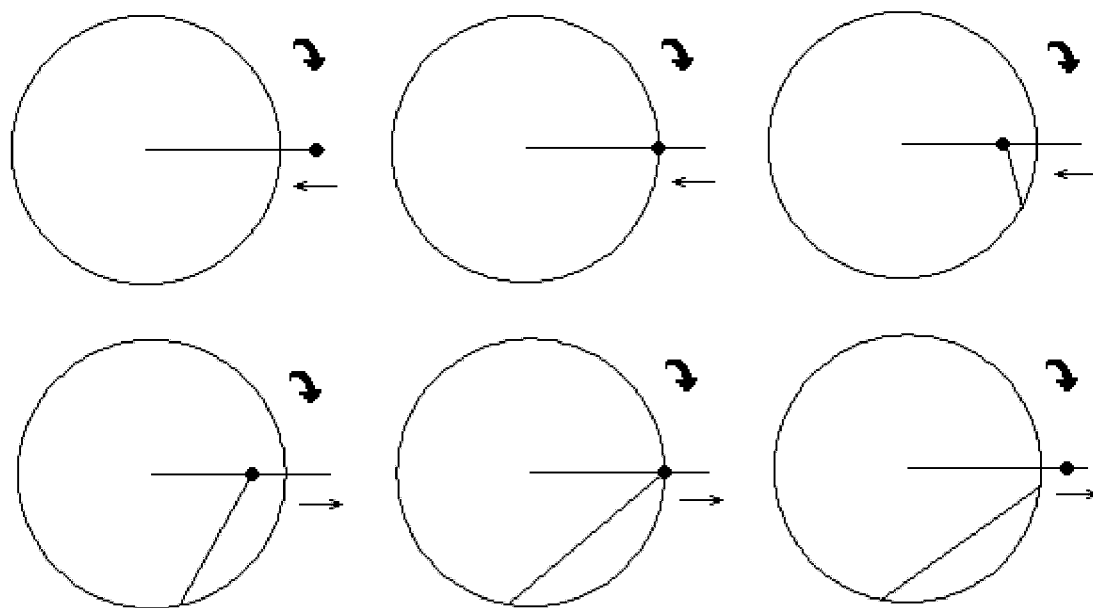


图 2

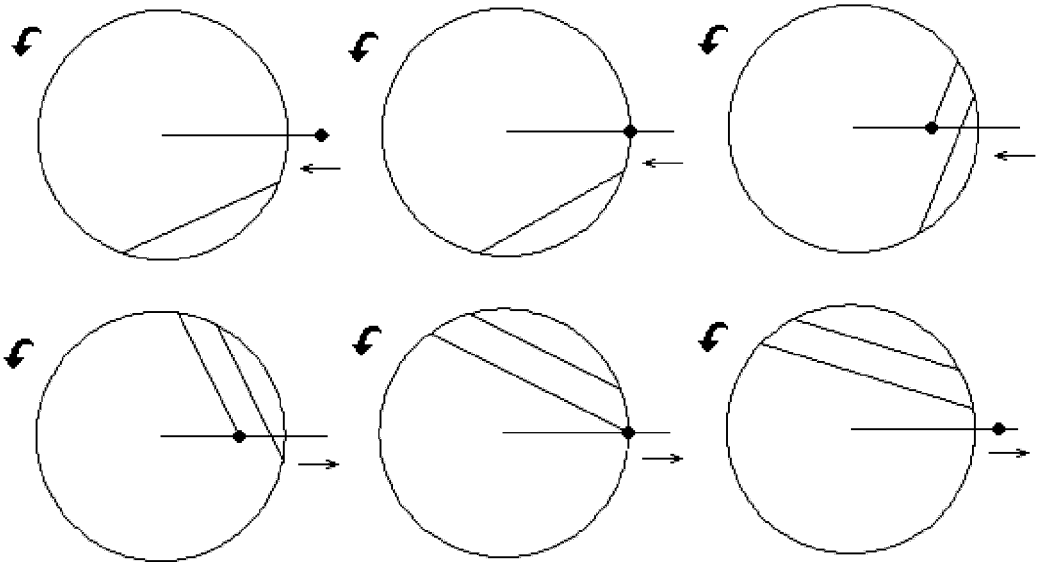


图 3

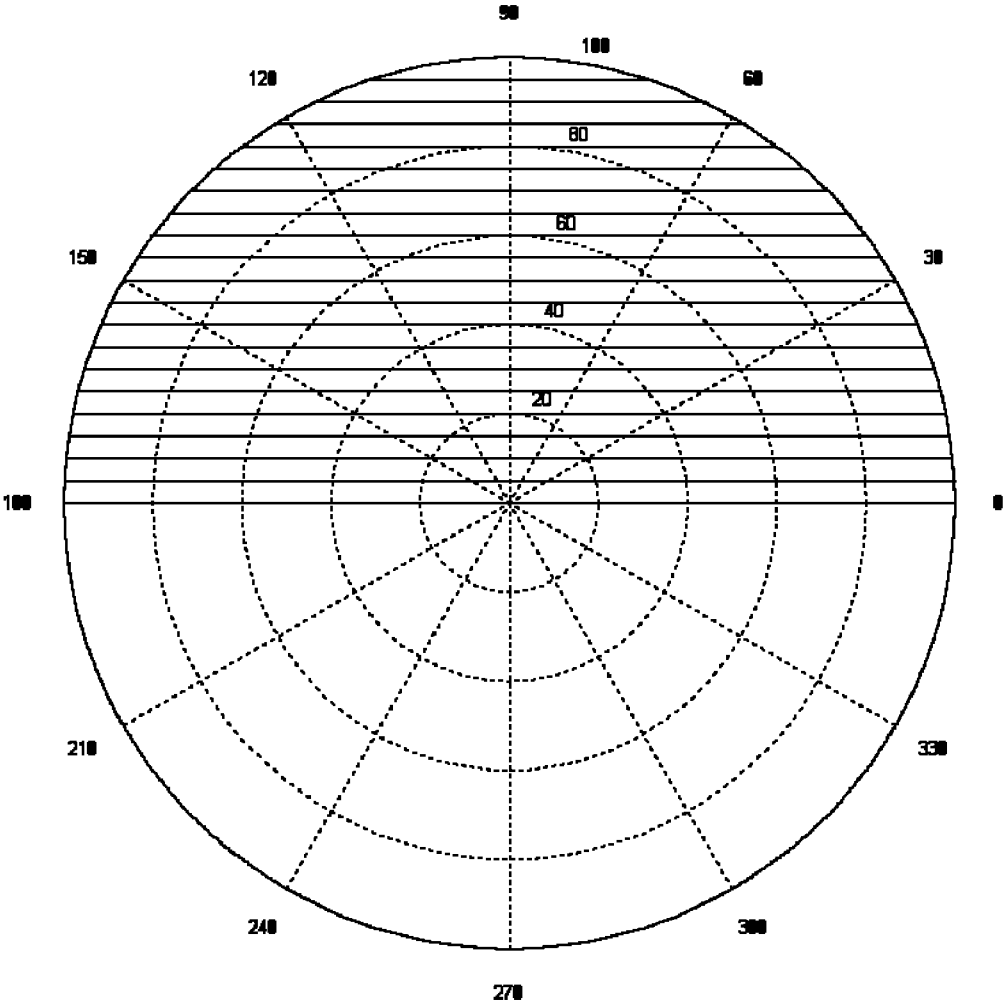


图 4

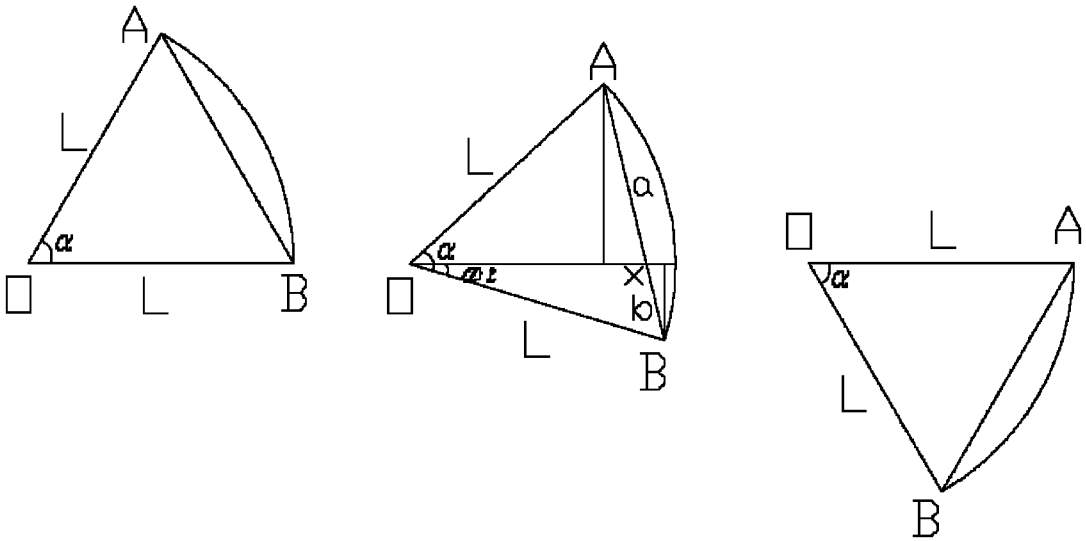


图 5

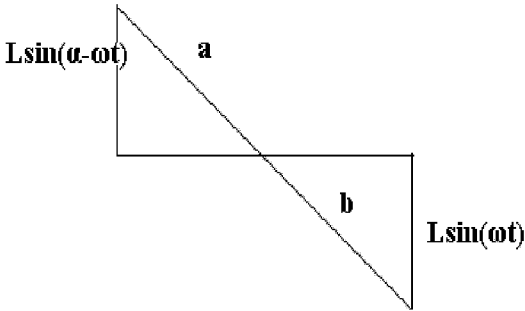


图 6-1

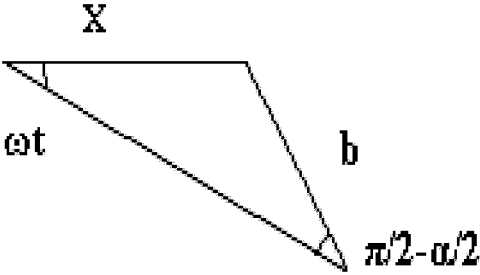


图 6-2



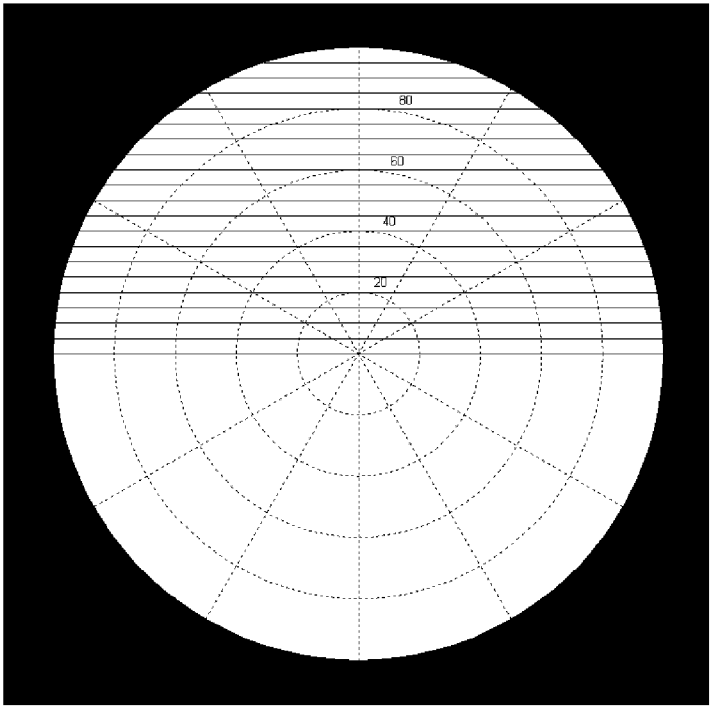


图 7