



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103577635 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 12

(21) 申请号 201310496698. 6

(22) 申请日 2013. 10. 19

(71) 申请人 沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司

地址 110043 辽宁省沈阳市大东区东塔街 6 号

(72) 发明人 李治华 郊清安 汪大成 关红 佗劲红

(74) 专利代理机构 沈阳优普达知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 21234

代理人 俞鲁江

(51) Int. Cl.

G06F 17/50 (2006. 01)

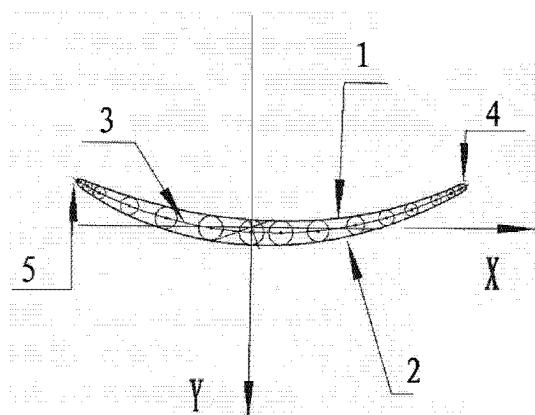
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

一种叶片型面数据的拟合方法

(57) 摘要

本发明公开一种叶片型面数据的拟合方法，包括进排气边圆心和半径的确定、多项式拟合叶身型面、叶片型面中弧线的确定、叶身型面最大厚度值的确定四个部分；本发明大大减少了设计人员的重复计算量和计算时间，使叶片型面数据的计算在几秒钟内完成，缩短了整个叶片研制周期三分之一，提高了叶片型面的数据精度和工装设计精度，提升了精密锻造技术，满足了现代数字化加工设备的要求。应用本拟合方法加工的叶片实体型面光顺，不会出现传统手工调整后叶身常有的脊背现象，而且在此型面基础上设计的叶片锻件的叶身型线光顺，最终模具型腔不需要反复修理，提高了叶片锻件的成形质量。



1. 一种叶片型面数据的拟合方法,其特征在于:包括进排气边圆心和半径的确定、多项式拟合叶身型面、叶片型面中弧线的确定、叶身型面最大厚度值的确定四个部分;

所述进排气边圆心和半径的确定方法为:

根据设计图给出的密集点拟合出一个合适的圆,拟合的圆心和半径是后续叶片锻件、模具设计的依据;

所述多项式拟合叶身型面的方法为:

通过最小二乘法求出各个系数完成曲线多项式的拟合,得到叶身型面的数学模型,然后将型面数据点的横坐标代入得到的数学模型中确定出纵坐标,得到的型面坐标点是叶片锻件、模具设计的基础;

所述叶片型面中弧线的确定方法为:

采用区间缩减法对叶盆叶背线系列内切圆进行求解,得到系列内切圆圆心后拟合各型面所有内切圆圆心得到型面的中弧线,中弧线是锻件边部余量设计的依据;

所述叶身型面最大厚度值的确定方法为:

在求解叶片盆背线内切圆的基础上,同样利用区间缩减法,求出其中最大的内切圆,即叶身的最大厚度。

## 一种叶片型面数据的拟合方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及航空发动机制造技术领域,具体说是一种叶片型面数据的拟合方法。

### 技术背景

[0002] 叶片是航空发动机的主要构件之一,其结构形状复杂、叶身型面多为不规则的三维曲面,工艺设计过程中叶片型面数据需要技术人员进行大量繁琐的计算并提取数据点,设计周期长、重复工作多,而且不能保证最终叶片型面的三维精度,这严重制约着发动机研制所需的快速反应能力。

[0003] 随着精密锻造技术的发展,信息化、数字化设计与制造要求改变传统的设计方法,减少工艺设计中人为因素的影响,提高设计精度和制造能力。叶片是航空发动机的重要零件,其设计和制造的好坏直接决定着发动机的性能、安全与寿命。叶片工艺设计中叶身型面设计是关键,传统的叶片型面设计方法是由技术人员计算和手动调整型面数据点,该方法已经不能满足现代化的加工方法所要求的精度。

### 发明内容

[0004] 为解决上述技术问题,本发明针对型面数据为密集点的叶片提供一种型面数据的拟合方法,减少工艺设计中个体对设计效果的影响,从而提高叶身型面的设计效率和精度,提升数字化设计与制造能力,提高叶片锻件最终的成形质量,从而满足现代数字化加工的要求,具体方案如下:

[0005] 一种叶片型面数据的拟合方法,其特征在于:包括进排气边圆心和半径的确定、多项式拟合叶身型面、叶片型面中弧线的确定、叶身型面最大厚度值的确定四个部分;

[0006] 所述进排气边圆心和半径的确定方法为:

[0007] 根据设计图给出的密集点拟合出一个合适的圆。拟合的圆心和半径是后续叶片锻件、模具设计的依据;

[0008] 所述多项式拟合叶身型面的方法为:

[0009] 通过最小二乘法求出各个系数完成曲线多项式的拟合,得到叶身型面的数学模型,然后将型面数据点的横坐标代入得到的数学模型中确定出纵坐标,得到的型面坐标点是叶片锻件、模具设计的基础;

[0010] 所述叶片型面中弧线的确定方法为:

[0011] 采用区间缩减法对叶盆叶背线系列内切圆进行求解,得到系列内切圆圆心后拟合各型面所有内切圆圆心得到型面的中弧线。中弧线是锻件边部余量设计的依据;

[0012] 所述叶身型面最大厚度值的确定方法为:

[0013] 在求解叶片盆背线内切圆的基础上,同样利用区间缩减法,求出其中最大的内切圆,即叶身的最大厚度。

[0014] 本发明的优点是:大大减少了设计人员的重复计算量和计算时间,使叶片型面数据的计算在几秒钟内完成,缩短了整个叶片研制周期三分之一,提高了叶片型面的精度和

工装设计精度,提高了叶片锻件的成形质量,从而提升了精密锻造技术,满足了现代数字化加工设备的要求。应用本发明的叶片型面数据拟合方法加工形成的三维叶片实体型面光顺,不会出现传统手工调整后叶身常有的脊背现象,而且在此型面基础上设计的叶片锻件的叶身型线光顺,最终模具型腔不需要反复修理,提高了叶片的成形质量。采用本拟合方法设计的叶片叶身各型面余量均匀,保证了叶片锻件尺寸的一致性;同时减小了叶片型面的透光、减少了实际加工工艺中的辅助清理工序,从而降低了加工成本,缩短了制造周期,保证了后续成品叶片的质量。

### 附图说明

- [0015] 图 1 为进排气边圆心和半径的确定方法示意图;
- [0016] 图 2 为区间缩减法对盆背线系列内切圆进行求解示意图;
- [0017] 图 3 为内切圆搜索示意图;
- [0018] 图 4 为搜索到的最大内切圆示意图;
- [0019] 图 5 为叶片型面图;
- [0020] 其中 1 为叶盆,2 为叶背,3 为中弧线,4 为进气边,5 为排气边。

### 具体实施方式

- [0021] 下面结合附图具体说明本发明。
- [0022] 如图 1 所示,进排气边圆心和半径的确定方法为:
- [0023] 根据设计图给出的密集点拟合出一个合适的圆,设其中一个圆的圆心为  $(x_{0j}, y_{0j})$ , 半径为  $r_j$ , ( $j=1, 2, n_0$ ), 边部各点坐标为  $(x_i, y_i)$  ( $i=1, 2 \dots, n$ ), 则与各点均较为接近的边圆需满足如下条件:

$$[0024] \min_{1 \leq j \leq n_0} \left\{ \sum_{i=1}^n \left| \sqrt{(x_i - x_{0j})^2 + (y_i - y_{0j})^2} - r_j \right| \right\}$$

[0025] 其中,  $n_0$  为边圆的个数,  $n$  为边部点的个数。拟合的圆和圆心是后续叶片锻件设计余量设计的依据。

[0026] 所述多项式拟合叶身型面的方法为:该问题可表述为:已知  $n$  ( $n > 4$ ) 个数据对  $(x_i, y_i)$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ), 求一 4 次多项式(以 4 次为例), 使其尽可能逼近这些点。设

$$[0027] f(x) = \sum_{i=0}^4 a_i x^i = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + a_3 x_i^3 + a_4 x_i^4 \text{ 为拟合后的多项式, 下面通}$$

过最小二乘法求出各个系数。令

$$[0028] Q = \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + a_3 x_i^3 + a_4 x_i^4 - y_i)^2$$

[0029] 为使之达到最小值, 令

$$[0030] \frac{\partial Q}{\partial a_i} = 0 \quad (i = 0, 1, 2, 3, 4),$$

[0031] 则有:

$$\begin{aligned}
 [0032] \quad & \left\{ \begin{array}{l} 2 \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + a_3 x_i^3 + a_4 x_i^4 - y_i) = 0 \\ 2 \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + a_3 x_i^3 + a_4 x_i^4 - y_i) x_i = 0 \\ 2 \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + a_3 x_i^3 + a_4 x_i^4 - y_i) x_i^2 = 0 \\ 2 \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + a_3 x_i^3 + a_4 x_i^4 - y_i) x_i^3 = 0 \\ 2 \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + a_3 x_i^3 + a_4 x_i^4 - y_i) x_i^4 = 0 \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

[0033] 5个方程含5个未知系数,用高斯消元法求解这一线性方程组,可以完成曲线多项式的拟合。

[0034] 所述叶片型面中弧线的确定

[0035] 采用区间缩减法对盆背线系列内切圆进行求解,首先需要求解点到盆背线的最短距离,如图2所示,图中O点与叶盆线的最短距离为OC,C点是以O为圆心,OC为半径的圆与叶盆线的切点。将O点与叶盆线上的一系列点相连,如图中的A、B、D、E,从左往右,线段OA、OB由长变短,直到最短值OC,然后又沿OD、OE方向逐渐变长,因此就得到一个结论:叶盆线上的点与O点连线的长度是水平坐标x的函数,该函数是一个单谷函数,谷底恰好对应O点到曲线的最短距离。使用二分法便可求得这个距离。其次,用某一区间缩减法,如二分法,可完成内切圆圆心的求解,如图3。假定内切圆圆心位于竖直线PQ上,因此x坐标已知,内切圆圆心的求解转换成圆心点y坐标值的确定。M为线段PQ的中点,用前述方法分别求出M点至叶盆线、叶背线的最短距离,令其值分别为L1和L2,若L1=L2,那么以M为圆心,L1为半径的圆就是盆背线间的一个内切圆:当L1>L2时,显然内切圆圆心应该位于M点上方;反之,当L1<L2时,内切圆圆心必然在M点下方。这样,搜索区间便可减为一半,同理,可对剩下的区间进行搜索并减半,反复进行此过程,将搜索区间不断缩小,直到计算出满足精度要求的内切圆圆心y坐标。

[0036] 所述叶身型面最大厚度值的确定

[0037] 前面用区间缩减法完成了盆背线间内切圆的求解。在此基础上,同样利用区间缩减法,可求出其中最大的内切圆。对任一叶身型面,一般来说,随着内切圆圆心横坐标的增加,内切圆半径会经历从小到大,接着又从大到小的过程,即:

[0038] 从进气边往中间逐渐增大,既而由中间到排气边逐渐减小。显然,内切圆半径r是内切圆圆心坐标x0的单峰函数。使用某一区间缩减算法,如黄金分割法,可求得叶身各型面的最大内切圆,如图4所示。

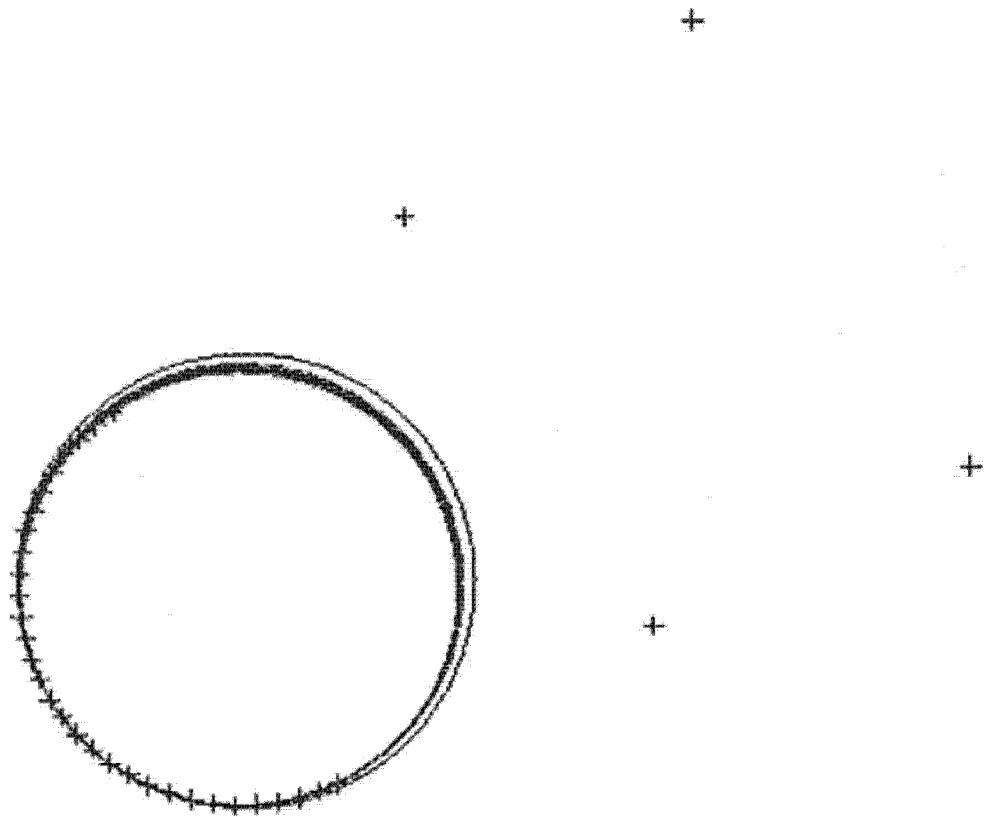


图 1

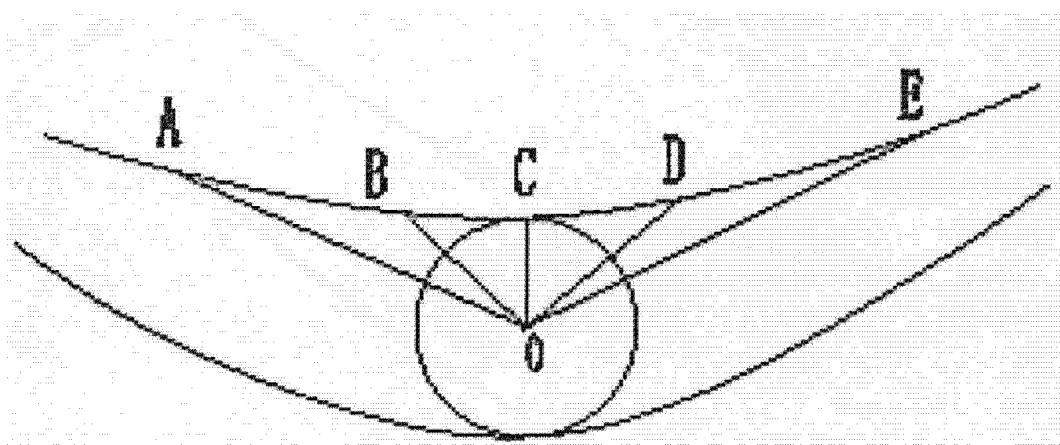


图 2

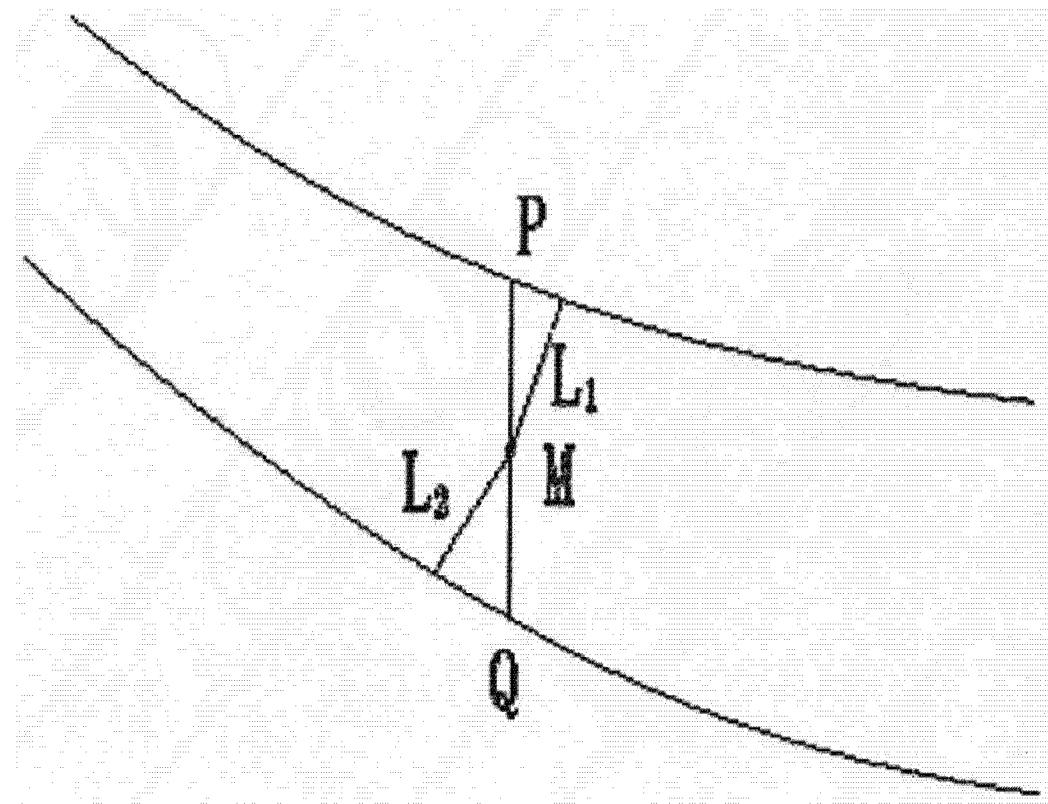


图 3

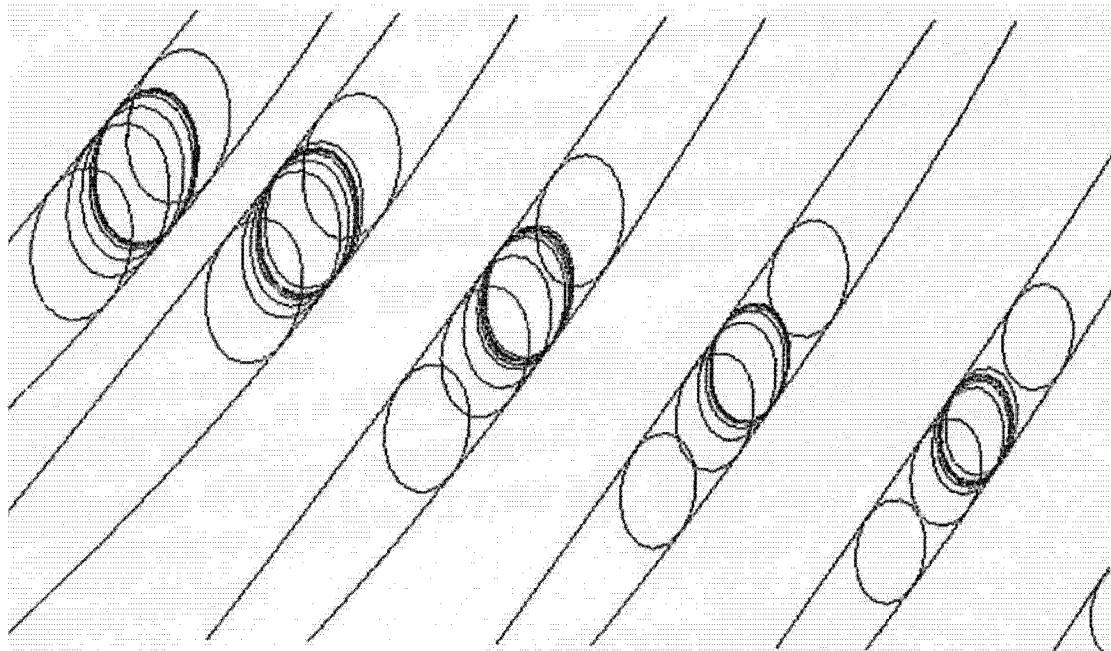


图 4

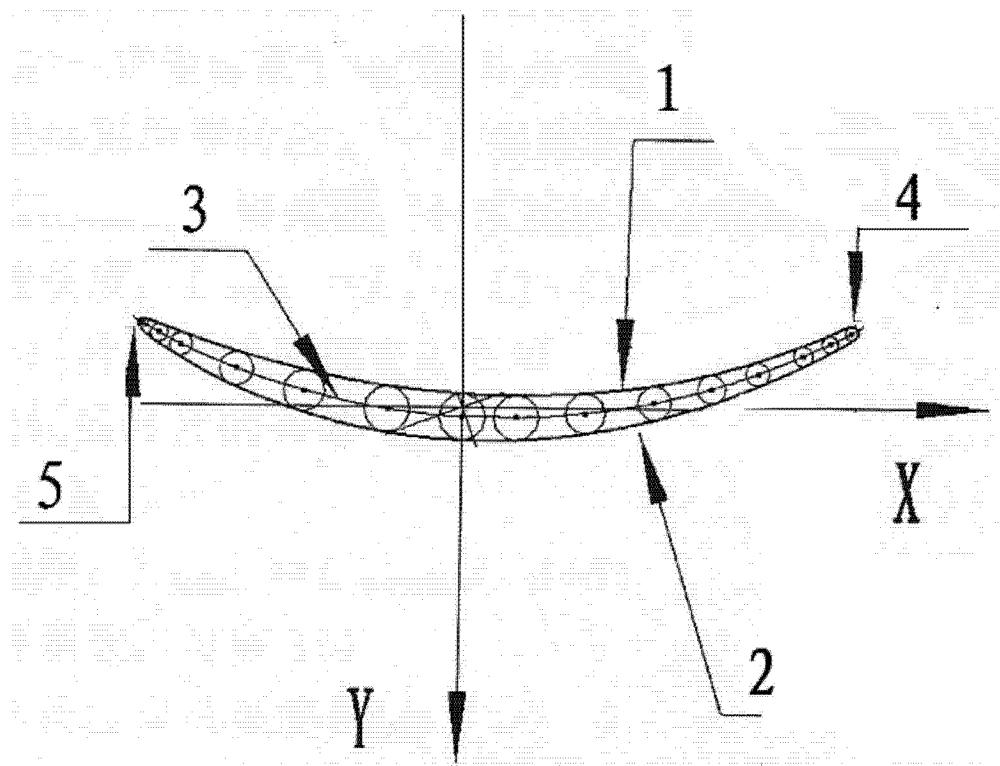


图 5