

文章编号:1007-6492(1999)03-0087-03

## 罗茨鼓风机转子渐开线型线设计与加工

张永宇<sup>1</sup>, 杨飞龙<sup>2</sup>, 周万春<sup>3</sup>, 邢金奎<sup>2</sup>

(1. 郑州工业大学机械与电子工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州工业大学校办总厂, 河南 郑州 450002; 3. 中州大学机械工程系, 河南 郑州 450052)

**摘要:** 渐开线形转子是罗茨系列鼓风机的核心组件, 在风机制造和使用中, 转子的加工精度直接影响到风机的使用性能。针对两叶转子, 在极坐标下利用渐开线形成原理提出了另外一种设计方法, 即取渐开线段上有限参数点, 通过计算得到所取参数点的极角和极径, 描绘出各参数点后, 用光滑曲线连接可设计出所需渐开线段。研究和试验结果表明: 在极坐标下对转子型线进行理论设计与计算, 可简化设计计算步骤, 提高作图精度, 便于数控机床进行编程加工等。同时, 提出了仿形法、范成法、简易数控机床加工等转子型线加工方法。

**关键词:** 罗茨鼓风机; 渐开线; 型线; 转子; 设计

**中图分类号:** TH 444 **文献标识码:** A

罗茨鼓风机是一种在石油化工、建材水泥行业等领域内应用十分广泛的一种气体动力机械。罗茨风机工作原理就是利用一对渐开线形转子在机体内部相互啮合形成吸气腔和排气腔而达到鼓风目的。在风机制造和使用中, 一对渐开线形转子是风机的核心组件, 转子的加工精度直接影响到风机的使用性能, 因此在生产中保证风机转子的加工精度是非常重要的。

### 1 风机转子渐开线型线的理论设计

#### 1.1 理论设计

文献[1]介绍了转子渐开线型线设计的一种方法, 现介绍另外一种设计方法。

由文献[2]知, 一段渐开线上不同点处的展角 $\theta_i$ 是随压力角 $\alpha_i$ 的大小而变化。只要根据已知的基圆半径 $r_b$ , 渐开线起始圆半径 $r_c$ , 渐开线终止圆半径 $r_d$ 以及分度圆直径 $d$ , 按该设计方法和步骤就可以确定出所需渐开线段上有限点处的展角和相对应的向径, 在极坐标下可作出该段渐开线。

具体计算及作图过程如下。

(1) 确定基圆半径 $r_b$ , 分度圆直径 $d$ , 起始圆半径 $r_c$ , 终止圆半径 $r_d$ 。这几项基本参数是根据不同型号风机由风机的风量、风压及转子机械强

度要求等标准技术参数预先确定的<sup>[3]</sup>。

(2) 作出基圆, 根据分度圆大小及过渡圆弧尺寸要求, 确定渐开线在基圆上起点 $A_0$ , 根据终止圆大小确定出渐开线终止点 $A_d$  (即终止圆与渐开线的交点)。

(3) 确定渐开线终止点 $A_d$ 处压力角 $\alpha$ 。

$$\cos \alpha = \frac{r_b}{r_d}$$

式中:  $r_b$  为渐开线基圆半径;  $r_d$  为渐开线终止圆半径。

(4) 确定渐开线终止点 $A_d$ 处展角 $\theta$ 。

$$\theta = \text{inv} \alpha = \text{tg} \alpha - \alpha$$

式中:  $\text{inv} \alpha$  为渐开线函数。

(5) 终止点 $A_d$ 处展角 $\theta$ 是向径 $OA_0$ 与 $OA_d$ 之间的夹角, 将 $\angle A_0OA_d$  (即展角 $\theta$ ) 分为 $n$ 等分, 则可分成展角 $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$ 。

$$\theta_i = \frac{i \cdot \theta}{n} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

(6) 计算渐开线段上所取各点与展角 $\theta_i$ 所对应的各点压力角 $\alpha_i$ ; 由渐开线函数表, 根据 $\theta_i$ 可查得与 $\theta_i$ 对应的渐开线上所取各点处压力角 $\alpha_i$ 。

(7) 计算渐开线段上所取各点处与展角 $\theta_i$ 对应的向径 $r_i$ 。

$$r_i = r_b / \cos \alpha_i$$

收稿日期: 1999-03-05; 修订日期: 1999-04-10

作者简介: 张永宇 (1970-), 男, 河南省唐河县人, 郑州工业大学硕士研究生。

(8) 作图:由渐开线在基圆上的起点  $A_0$  (由基圆大小和过渡圆弧尺寸确定) 开始, 它的向径为  $OA_0 = r_b$ , 即  $A_0(0^\circ, r_b)$ , 根据  $A_i(\theta_i, r_i)$  可作出  $A_1, A_2, \dots, A_n$  点, 依次光滑连接点  $A_1, A_2, \dots, A_n$  便可得到所求渐开线段, 再作出过渡连接圆弧即可作出完整的渐开线型线。

在实际运用中, 根据需要, 等分点一般取得较大, 此时可用电算法。此计算方法包含在为加工转子而用 C 语言编成的程序当中。

## 1.2 实例分析

已知 L74WD 型罗茨鼓风机转子, 其基圆半径  $r_b = 99.949 \text{ mm}$ , 分度圆直径  $d = 315 \text{ mm}$ , 渐开线起始圆半径  $r_c = 108.895 \text{ mm}$ , 渐开线终止圆半径  $r_d = 223.5 \text{ mm}$ , 以及一些过渡连接圆弧的尺寸, 由这些已知参数通过设计计算可作出该转子的渐开线型线图, 如图 1 所示。

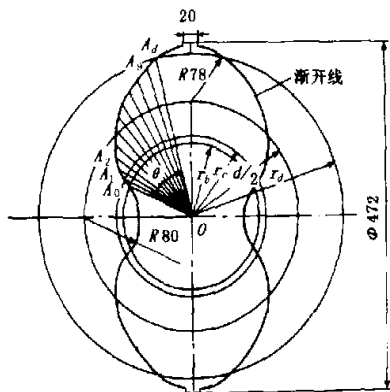


图 1 转子渐开线型线

(1) 由已知条件  $r_b$  作出基圆, 由  $r_c$  作出渐开线起始圆, 由  $d$  作出分度圆, 由  $r_d$  作出渐开线终止圆, 渐开线起始圆和终止圆之间的渐开线段即为所求渐开线段。由已知过渡连接圆弧尺寸和基圆半径  $r_b$  确定出渐开线在基圆上的起点  $A_0$ 。

(2) 确定渐开线终止点  $A_d$  处压力角  $\alpha$

$$\alpha = \arccos \frac{r_b}{r_d} = 1.1072 \text{ rad} = 63^\circ 26' 6.16''$$

(3) 确定渐开线终止点  $A_d$  处展角  $\theta$

$$\theta = \text{inv} \alpha = \text{tg} \alpha - \alpha = 0.89292 \text{ rad} = 51^\circ 10'$$

(4) 在基圆上起点  $A_0$  与终止点  $A_d$  之间的渐开线段上取若干点, 例如以基圆上的起点  $A_0$  为起始点, 以  $5^\circ$  展角为间隔, 则有点  $A_1, A_2, \dots, A_{10}$  ( $A_d$ ), 共取到 10 个点。所取点的展角分别为  $\theta_1 = 5^\circ (0.08727 \text{ rad})$ ,  $\dots$ ,  $\theta_9 \approx 45^\circ (0.78540 \text{ rad})$ ,  $\theta_{10} = 51^\circ 10' (0.89292 \text{ rad})$ , 其中, 第 10 点取终点  $A_d$ 。

(5) 计算所取各点处与展角  $\theta_i$  对应的压力角  $\alpha_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 10$ )。

根据已知  $\theta_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 10$ ), 由渐开线函数表 ( $\theta_i$  用弧度单位表示) 反查可得  $\alpha_1 \approx 34^\circ 43'$ ,  $\alpha_2 = 42^\circ 31'$ ,  $\dots$ ,  $\alpha_{10} = 63^\circ 26'$ 。

(6) 计算所取各点处的向径  $r_i$

$$r_i = r_b \cdot e^{\theta_i / \alpha_i} \quad (i = 1, 2, \dots, 10)$$

各点计算值见表 1。

表 1 渐开线段上所取参数点计算值

参数点	$\theta_i / \text{rad}$	$\alpha_i$	$r_i / \text{mm}$
1	0.08727	$34^\circ 43'$	121.6
2	0.17453	$42^\circ 31'$	135.6
3	0.26180	$47^\circ 31'$	148.0
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
9	0.78540	$61^\circ 50'$	211.7
10	0.89292	$63^\circ 26'$	223.5

(7) 作图:由  $(\theta_i, r_i)$  可作出点  $A_1, \dots, A_{10}$ , 依次光滑连接各点即作出此段渐开线。

## 2 转子渐开线型线的加工

### 2.1 仿形法(靠模法)

采用仿形法加工转子渐开线型线, 首先要根据上述理论计算来设计和制造靠模板。使用仿形法加工出的转子渐开线型面, 由于靠模板的磨损, 会使加工后转子型面误差较大, 两转子装配时无法正确啮合, 此时需要对转子成对进行人工刮研。这样不仅不利于提高生产率, 而且无法实现转子在装配时的互换性。

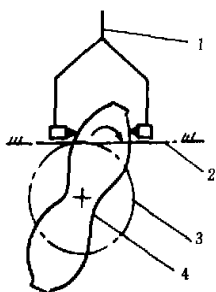
### 2.2 范成法

通过转子渐开线型线的作图可知, 型线上的渐开线段是同一基圆上相同的 4 段渐开线, 如图 1 所示。根据渐开线特性, 同一基圆上两条反向渐开线间与基圆相切的任意法线长度相等。

风机转子可以看成是齿数为两齿的特殊直齿轮。利用渐开线上述特性将一台 B690 型液压牛头刨床改造后用于转子型面精加工, 如图 2 所示。改造方法是在刨头上加装一副具有两个刀头的刀架, 两刀头间距离恰为两条反向渐开线间与基圆相切的法线长度 (该法线长度始终保持不变), 在与转子同轴的轴端加装一个与转子基圆直径相同的标准直齿圆柱齿轮 (齿数和模数由转子基圆直径确定)。当工作台载着转子作进给运动时, 该齿轮通过与固定齿条的啮合使转子转动, 从而实现转子型面的精加工。

### 2.3 简易数控机床加工方法

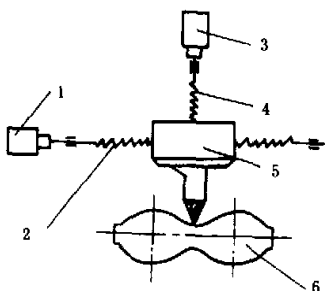
为了能够利用数控法加工风机转子, 为此专



1. 刀架; 2. 标准齿条; 3. 标准齿轮; 4. 转子(工件)

图2 转子渐开线形的范成法加工方法

购进一台 BQ2010A 轻型龙门刨床进行数控改造<sup>[4]</sup>。改造的方法是在龙门刨床刀架上的水平进给丝杠和垂直进给丝杠上各加一步进电机, 两步进电机共同作用使刀架上的刀具沿规定的渐开线轨迹运动, 从而加工出转子型线, 如图3所示。



1. 步进电机; 2. 横向进给丝杠; 3. 步进电机;

4. 纵向进给丝; 5. 刀架; 6. 转子(工件)

图3 简易数控机床加工方法

数控部分采用单片机控制和 EPROM 存储以及 CRT 现场模拟显示等。该加工程序用 C 语言编成(C 语言程序略), 各种型号风机转子渐开线型线的离散点数据提前写入不同的 EPROM 中。当加工对象改变时, 除了重新装夹工件和更换刀具外, 只需更换相应的存储器即可, 不需对机床进行调整。

### 3 结论

本文提供了可靠转子型线的理论设计方法和较为精确的转子型线作图法, 可以作为加工的依据。在生产实际中, 采用仿形法和范成法加工, 必须制造多种靠模板或者进行机床调整, 从而延长了生产准备周期, 而且加工后转子很难达到较高要求。因此只适用于批量较小型号风机转子的精加工。采用改装后的简易数控刨床加工, 一次可装夹较多数量的工件, 而且加工后转子形状误差较小, 型线轨迹准确, 可在风机工作时达到内漏最少的完善啮合, 有利于进一步提高风机工作效率。

### 参考文献:

- [1] 肖永庆. 叶轮渐开线外型尺寸计算[J]. 郑州工学院学报, 1995, 16(1): 97-100.
- [2] 孙 桓. 机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 1989.
- [3] 国家机械工业委员会. 风机产品样本[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988.
- [4] 吴祖育. 数控机床[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989.

## Design and Manufacture of the Involute Profiled Line for the Rotors of Roots Blower

ZHANG Yong-yu<sup>1</sup>, YANG Fei-long<sup>2</sup>, ZHOU Wan-chun<sup>3</sup>, XING Jin-lei<sup>2</sup>

(1. College of Mechanical & Electronic Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 2. General Factory Attached to Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 3. Department of Mechanical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450005, China)

**Abstract:** In the course of manufacture and operation, it is important to guarantee the processing precision, otherwise it may influence the flow and efficiency. A new method which is achieved under the polar coordinates is shown. In this paper, the calculation and construction method are discussed concretely and the correctness and the feasibility of the method are verified by an example. Research and experimental results indicate that the method can simplify calculation, improve the decision of constructing and it is easy to program for the numerical controlled machine etc. Simultaneously, some manufacturing technique of the rotors are mentioned briefly.

**Key words:** Roots Blower; involute; profiled line; rotor; design