

基于最小区域涡旋定盘孔组位置度误差的评定

宋红滚,赵浩宇,刘国平,熊锦

南昌大学

摘要: 涡旋压缩机的零部件制造要求较高,定盘与机架的位置度要求是其中一项重要指标。本文对涡旋定盘装配要素的关键孔组进行了分析,根据位置度误差的定义,将位置度误差评定转化为离散点到理想轴线之间的距离问题,建立了孔组阵列位置度误差评定模型,实现了位置度误差的快速计算与评定。

关键词: 位置度;涡旋压缩机;误差评定;最小区域原理

中图分类号: TH12;TG801

文献标志码: A

Position Error Evaluation for Hole Group of Scroll Fixed Plate Based on Minimum Zone Principle

Song Honggun, Zhao Haoyu, Liu Guoping, Xiong Jin

Abstract: The scroll compressor has high demand on its parts manufacturing, the position of the fixed plate and the rack is one of the key indicators. The key hole group of fixed scroll plate is analyzed. According to the definition, the position error is transformed into the distance between the discrete point and the ideal axis, then the position error evaluation model of the hole group is established. The rapid calculation and evaluation of the position error are achieved.

Keywords: position; scroll compressor; error evaluation; minimum zone principle

1 引言

位置度公差^[1]是指各实际要素相互之间或相对于一个或多个基准位置所允许的变动量,应用难度相对较高。检验位置度误差的传统方法主要采用位置量规,给出的结果只是零件的合格与否,而不能提供具体数值。

在国内外学者对位置度误差评定的相关研究中,文献[2]较早地探讨了孔组复合位置度误差,给出了最小条件的判别准则和评定方法;文献[3]以矩形分布的孔组复合位置度为例,提出了按最小二乘原理计算位置度误差的解析方法;文献[4]提出了采用最小二乘法对发动机的缸体孔位置度进行测量评定的方法;Kaiser M. J.^[5]通过有约束条件的非线性优化对位置度进行了建模,将位置度定义为平

面点与圆形公差带之间的关系,并提出了包容评定方法;文献[6]从定位最小包容区域条件出发,研制了矩形分布孔组位置度计算机辅助评判系统

在涡旋压缩机的制造过程中,必须保证定盘与机架孔组的位置尺寸及位置度,才能满足两者的装配要求。文献[7]在进行涡旋盘轮廓度评定时引入位置度参数,但没有单独、重点进行建模分析及误差评定。为此,本文提出基于最小区域原理的涡旋盘孔组位置度误差评定方法,有利于涡旋定盘与机架数字化选择装配,提高成组装配的合格率,降低成本。

2 研究对象分析

某型号涡旋压缩机的装配组成中,涡旋定盘与机架以基准面和两销孔定位,通过六个螺栓/孔紧固安装,其装配组合见图1。

以涡旋定盘孔组的位置度误差评定作为研究内容,涉及的孔包括6个螺栓孔(孔标号为1-6)和2

收稿日期:2017年9月

参考文献

- [1] 张玉,刘平.几何量公差与测量技术[M].沈阳:东北大学出版社,1999.
- [2] 王玉杰,殷保华.孔位置度综合量规的设计方法与应用[J].机械工程师,2013(9):46-48.
- [3] 冯乾新,梁瑞丽.孔组位置度量规的设计[J].工具技术,2015,49(1):87-90.

[4] 顾丽亚,赵竹新,刘远晓.缸盖进排气导管同轴度量规设计[J].工具技术,2016,50(8):107-108.

[5] GB8069-1998,位置量规[S].北京:中国标准出版社,1999.

第一作者:杨广新,助理研究员,辽宁轨道交通职业学院,110023 沈阳市

First Author: Yang Guangxin, Assistant Professor, Guidao-
jiaotong Polytechnic Institute, Shenyang 110023, China

个定位销孔(孔标号为7和8)。如图2所示,在8个孔中,其中两销孔的位置度要求较高。

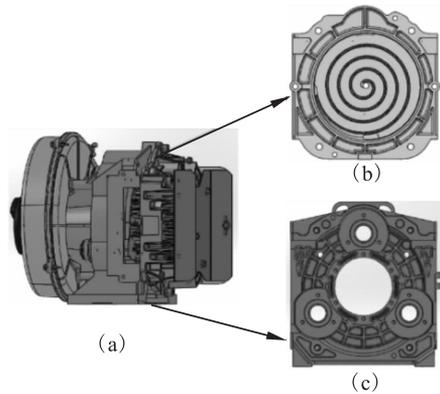


图1 涡旋压缩机整机及定盘与机架

依据上述位置度的分析,研究对象涡旋定盘的8个孔属于两种类型。其中,标号1-6孔属于圆周阵列位置度,而标号7-8孔则属于一般位置度。

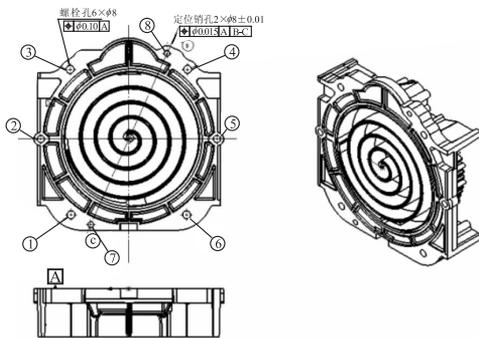


图2 涡旋定盘孔组及位置度公差要求

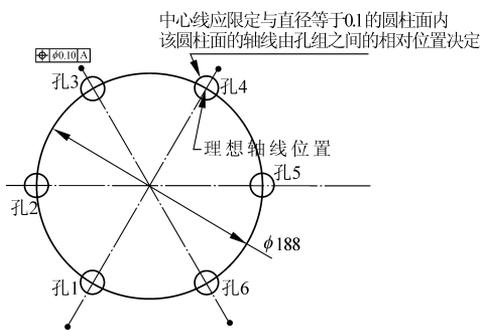


图3 涡旋定盘圆周阵列位置度(标号1-6孔)

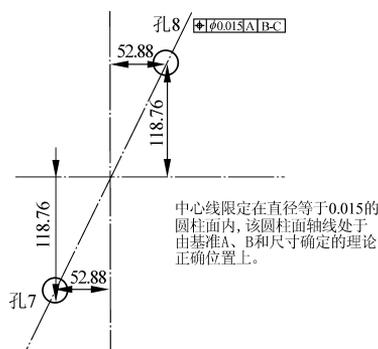


图4 涡旋定盘销孔位置度(标号7-8孔)

3 位置度数学模型及评定方法

(1) 一般位置度误差

位置公差确定一个公差带(通常为圆柱形),实际要素的轴线必须位于公差带内。孔组的位置度公差带是以各自理想轴线为轴线所形成的直径为公差值的圆柱面内区域。单孔及孔组位置度图位置度公差模型分别见图5和图6。

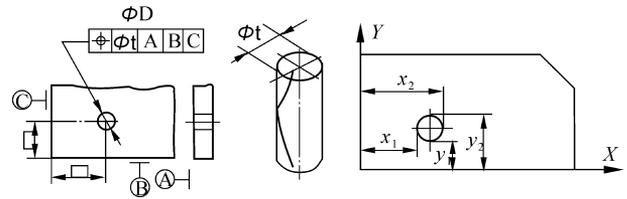


图5 孔位置度要求及坐标评价

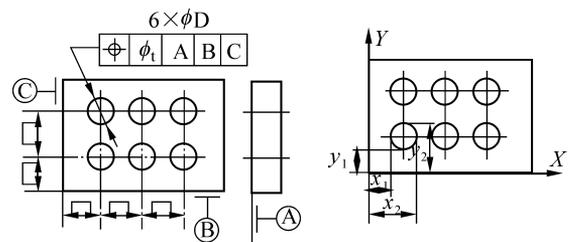


图6 孔组位置度要求及坐标评价

参考基准方向调整被测量对象,使坐标方向与测量装置保持一致,测量获得 x_1, x_2, y_1, y_2 的数据。通过下式计算被测要素的坐标尺寸 x 和 y ,有

X方向坐标尺寸为

$$x = (x_1 + x_2) / 2 \quad (1)$$

Y方向坐标尺寸为

$$y = (y_1 + y_2) / 2 \quad (2)$$

将 X, Y 分别与理论尺寸比较,可得到 X 和 Y 方向的偏移值,即 f_x 和 f_y ,则位置度误差为

$$f = 2 \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (3)$$

一般位置度误差的评定方法,可通过上述的定义及计算获得。

(2) 阵列位置度误差

阵列位置公差 t_1 是孔组中孔相对于基准要素的位置度要求。具体表现为:各孔的实际轴线须在某圆柱面的空间区域,该圆柱面以设计理想位置轴线为基准,直径为公差值 t_1 。孔组的分布主要有矩阵分布孔组和圆周分布两种类型。其原理上都是相对于基准位置,其阵列位置误差的评定模型相同。

设 $A-B-C$ 为基准面,在基准坐标下,阵列位置误差关联的轴线实际区域转换为在基准坐标系下边界面或边界线组合表达的问题,用数学方程组表

达为

$$F_i = F_i(x, y, z) \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (4)$$

阵列位置误差对应的轴线实际区域由若干个圆柱面区域组成,孔组中测量数据点到理想轴线的距离为

$$d_{ijk} = \frac{\begin{vmatrix} i & j & k \\ x_{ijk} - a_{ij} & y_{ijk} - b_{ij} & z_{ijk} \\ l_{ij} & m_{ij} & 1 \end{vmatrix}}{\sqrt{l_{ij}^2 + m_{ij}^2 + 1}} \quad (5)$$

式中, $(x_{ijk}, y_{ijk}, z_{ijk})$ 表示基准坐标系下孔组中第 H_{ij} 孔的第 k 个测量数据点的坐标值。

孔组中第 H_{ij} 孔的理想轴线方程可表示为

$$\frac{(x - a_{ij})}{l_{ij}} = \frac{(y - b_{ij})}{m_{ij}} = z$$

H_{ij} 表示孔组中第 i 行第 j 列的孔(当孔组为圆周分布时, $j = 0$)。

如果将所有各孔关联的测量数据都用于计算时,计算量较大。为此,考虑将孔横截测量面的圆心代替各孔关联的大量测量数据点。设孔横截测量面圆心为 $o_{bij}^1(x_{bij}^1, y_{bij}^1, z_{bij}^1)$, $b = 1, 2, 3, \dots, n$ 表示若干不同横截面的圆心。

横截测量面圆心到理想轴线的最大距离为

$$d_{\max} = \max\{d_{bij}\} \quad (6)$$

阵列位置度误差须满足的条件为

$$d_{\max} \leq t_1/2 \quad (7)$$

阵列位置度误差评定方法为,将孔组中的横截面圆心坐标代入式内,计算出横截面圆心与理想轴线的最大距离,即确定阵列位置度误差。

4 实例数据处理及误差评定

采用坐标法,以孔组中心为基准坐标系的原点对孔组位置度误差进行测量,获得测量点的数据。其数据处理基本流程步骤如下。

(1) 阵列 1-6 号孔

步骤①:三坐标测量孔组数据点,对三个不同高度采样,每一高度均匀采集 6 个内侧数据,如表 1 所示。

步骤②:采用无约束轴线拟合方法,计算孔组中各孔的实际轴线数学方程。

步骤③:根据零件的设计图纸得到孔组中各孔的理想轴线数学方程。

步骤④:根据各孔不同横截面对应的测量数据求解横截面最大内接圆圆心,得到测量截面圆心坐标数据,如表 2 所示。

步骤⑤:根据式③到式⑤计算各孔测量横截面圆心到理想轴线之间的距离,得到最大距离。

步骤⑥:根据阵列位置度误差须满足 $d_{\max} \leq t_1/2$ 的条件,评价位置度误差。

表 1 某高度 Z 下数据采集坐标点

孔组序号	X	Y	孔组序号	X	Y
1	-42.2896	-84.2134	5	99.4813	-0.1609
	-41.5849	-80.6595		96.3254	5.0071
	-43.7819	-76.8901		90.3770	4.1485
	-49.6681	-76.5670		88.5791	-0.9891
	-52.3210	-82.8493		90.9126	-4.5173
	-47.5540	-86.8340		96.5167	-4.8651
2	-88.5124	0.0153	6	52.4560	-82.0100
	-92.8694	5.3819		50.4653	-77.1339
	-98.0807	3.6872		44.7947	-76.3503
	-99.4421	-0.7339		41.5773	-80.4078
	-98.0382	-3.7181		42.9045	-85.0575
	-95.0603	-5.3760		47.9316	-86.8163
3	-41.5406	80.8190	7	-51.2677	-115.0823
	-43.2586	85.4479		-55.0795	-115.4142
	-47.8209	86.8531		-56.8632	-119.1358
	-51.3715	84.7535		-54.4380	-122.4477
	-52.4405	80.5876		-50.4916	-121.9714
	-49.2908	76.4216		-48.8848	-118.3380
4	52.4858	81.6399	8	48.9642	119.6606
	49.2507	86.4275		50.1785	115.7853
	43.7428	85.8424		54.1395	114.9498
	41.5110	81.9413		56.8066	117.9782
	42.9034	77.7388		55.5307	121.7632
	46.5480	75.9301		51.7312	122.5961

表 2 各孔横截面圆心坐标

孔组编号	理论圆心	测量截面圆心 1
1	(-47.000, -81.4064, 0)	(-46.9013, -81.3850, 0)
2	(-94.000, 0, 0)	(-94.035, 0.015, 0)
3	(-47.000, 81.4064, 0)	(-47.024, 81.3704, 0)
4	(47.000, 81.4064, 0)	(46.9750, 81.3944, 0)
5	(94.000, 0, 0)	(94.050, 0.0154, 0)
6	(47.000, -81.4064, 0)	(46.890, -81.544, 0)
7	(-52.88, -118.78, 0)	(-52.901, -118.807, 0)
8	(52.88, 118.78, 0)	(52.885, 118.803, 0)
孔组编号	测量截面圆心 2	测量截面圆心 3
1	(-47.011, -81.4021, 0)	(-46.9720, -81.3894, 0)
2	(-93.962, -0.022, 0)	(-94.0164, 0.028, 0)
3	(-46.8910, 81.4263, 0)	(-47.0154, 81.4102, 0)
4	(47.070, 81.4341, 0)	(46.9520, 81.3874, 0)
5	(93.972, -0.012, 0)	(93.9640, -0.0732, 0)
6	(47.089, -81.4130, 0)	(46.907, -81.3904, 0)
7	(-52.869, -118.767, 0)	(-52.877, -118.779, 0)
8	(52.878, 118.786, 0)	(52.884, 118.782, 0)

(2) 销孔 7-8 孔

步骤①:三坐标测量孔组数据点,三个不同高度采样,每一高度均匀采集 6 个内侧数据,如表 1 所示。

步骤②:采用无约束轴线拟合方法求解最大内接圆柱,获得测量截面圆心(见表 2)。

步骤③:孔组中各孔的理想轴线的数学方程(根据零件的设计图纸)。

步骤④:将 X 、 Y 分别与相应的理论正确尺寸比较,可分别得到 X 和 Y 方向的偏移值,即 f_x 和 f_y ,根据式(3)计算出位置度值。

依据上述流程处理及计算的涡旋定盘孔组位置度结果见表3。从结果可以看出,该实例中,阵列1-6号孔位置度误差 $0.042 < 0.1/2$,销孔7-8号孔位置度误差值分别为0.0097和0.0154。

表3 定盘孔组位置度评定结果

孔组序号	1-6号孔	孔组序号	7号孔	8号孔	
位置度公差设计值	0.10	位置度公差设计值	0.015		
测量截面圆心到理想轴线最大距离	0.042	孔心坐标偏差	f_x	-0.0023	-0.0025
			f_y	-0.0043	0.0073
位置度值	$0.042 < 0.1/2$	位置度值	0.0097	0.0154	

5 结语

依据最小区域法,以最小包容区域条件,考虑孔组之间的相互约束关系,将位置度误差的评定转换为离散点到理想轴线之间的距离问题。这样就实现了涡旋定盘孔组阵列分布位置度误差的快速评定,为涡旋定盘与机架数字化选择装配提供了保障。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家标准,GB/T 1958-2004. 产品几何量技术规范(GPS)形状和位置公差检测规定[S]. 北京:中国标准出版社,2005.
- [2] 熊有伦. 孔组复合位置度误差的评定和判别[J]. 计量技术,1988(10):5-7.
- [3] 何改云,刘庚寅. 复合位置度误差的解析求法[J]. 计量技术,1998(5):4-7.
- [4] 张新义,张力,王好臣,等. 基于最小二乘法的四缸发动机缸体孔位置度测量方法[J]. 工具技术,2003,37(7):61-63.
- [5] Kasier M J. The containment model for composite positional tolerance evaluation [J]. Precision Engineering, 2000, 24(4):291-301.
- [6] 张小萍,王君泽. 矩形分布孔组位置度的快速评定与修正[J]. 制造技术与机床,2010(2):129-132.
- [7] 王俊亭,刘国平,金伟,等. 基于遗传算法圆渐开线涡旋齿位置度、线轮廓度的测量[J]. 机械设计与研究,2013,29(1):29-30.

第一作者:宋红滚,博士研究生,讲师,南昌大学机电工程学院,南昌市330031

First Author: Song Honggun, Doctor, Lecturer, School of Mechanical and Electrical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China

《现代刀具设计与应用》征订



《现代刀具设计与应用》由成都工具研究所、行业协会和专业学会及标委会组织高等院校、科研院所、刀具企业和用户企业的10余名刀具专家编写,国防工业出版社出版。本书介绍了近20多年来在先进制造技术快速发展过程中切削加工工艺的发展趋势,全面反映了切削技术和刀具专业所取得的新进展。

全书600余页,大16开,130余万字,共15章,分成两篇。第一篇为刀具设计基础,共7章,介绍金属切削基本原理、刀具材料、刀具几何参数及结构设计、刀具涂层、工具系统及刀具装夹技术和刀具标准等现代刀具设计应用的基础知识;第二篇为刀具应用技术,共8章,内容涵盖了为获得最佳加工效果和正确应用刀具的系统专业知识,包括工件材料可加工性、切削数据库、切削冷却润滑等基础知识以及高速、高效、硬切削、干式切削等切削新工艺,刀具动平衡和安全技术、加工表面完整性、铣削走刀路线及编程方法和刀具管理等切削刀具专业的新技术。内容翔实新颖,充分显示了刀具应用技术在现代切削技术中的重要性。

本书可供从事金属切削专业技术工作的工程技术人员、科研人员在开发刀具新产品、应用切削新工艺、提高加工效率、降低加工成本等实际工作中使用,也可作为高等或中等专业学校机制专业师生的参考书及各类切削技术和刀具培训班的教材。本书对刀具制造企业开展技术创新和提高为用户服务的能力起到积极作用,为提升我国装备制造业切削加工技术水平具有重要的现实意义。

本书定价128元,欢迎专业工作者及专业图书资料部门订阅,联系方式:

四川省成都市府青路二段24号 工具技术杂志社发行部

电话:028-83245073

邮箱:toolmagazine@163.com