

# 基于贪心算法的多孔零件影像测量路径优化

阮小琪,曾志强,杜文华,王俊元

中北大学

**摘要:** 影像测量仪在工作时,测量顺序不同,工作台移动的路径也不相同。相同测量环境下,工作台移动路径越短,完成测量所用时间也越少。基于贪心算法对影像测量仪测量一种多孔零件时的测量路径进行优化,并与4种固定顺序的测量方案进行对比,分析了优化算法的有效性。结果表明:按行扫描和按列扫描的测量方案在某些情况下可以达到比较良好的运行效果,但不具有普遍性,按选择顺序进行测量的方案要想达到理想结果,对操作人员要求较高;贪心优化方案对测量路径的缩短效果明显,可有效减少测量时间,提高影像测量仪的测量效率。

**关键词:** 影像测量仪;贪心算法;路径优化;最短路径

**中图分类号:** TG806;TH741;TP391.41

**文献标志码:** A

## Optimization of Image Measurement Path of Porous Parts Based on Greedy Algorithm

Ruan Xiaoqi, Zeng Zhiqiang, Du Wenhua, Wang Junyuan

**Abstract:** In the measurement work, the path of moving workbench for image measuring instrument is not the same in different measurement orders. In the same measurement conditions, the shorter the workbench moving path, the less time it takes to complete the measurement. The measurement path of image measuring instrument is optimized for the measurement of a porous parts that based on the greedy algorithm. Compared with four fixed-order path planning schemes, the effectiveness of the optimization algorithm is compared and analyzed. The results show that the press line scanning and press column scanning path planning in some cases can achieve good effect, but not universal. For the program in the order of selection, in order to achieve the desired results, the operator is selected to measure higher requirements. Greedy optimization scheme of measuring path to shorten the effect is very obvious, the measurement time is effectively reduced, and the measurement efficiency of the image measuring instrument is improved.

**Keywords:** image measuring instrument; path optimization; greedy algorithm; shortest path

## 1 引言

影像测量技术是通过 CCD(或 CMOS)相机与工业镜头配合,采集被测目标的图像信息,然后将图像信息转化成数字信号并传输到专用的影像测量系统中,通过影像测量系统对这些数字信号的进一步处理,获取被测目标的几何尺寸、公差等待测信息。随着工业生产自动化的发展,产品的生产效率逐渐提

高,工业应用对产品的质量要求也越来越挑剔,在保证产品测量精确的前提下,还需要尽可能地提高产品的测量速度,以进一步提高测量效率。除了测量软件本身的运行速度及算法质量外,仪器自身运动控制系统的性能也在很大程度上制约着影像测量仪的测量效率。

本文基于贪心算法在每一次运算中都会选取最优解的思想,在影像测量仪进行多孔零件二维几何量(圆心、半径)的测量过程中,对工作台的移动路径(即测量路径)进行优化,并通过与4种常规测量路径进行对比实验,分析验证了贪心算法在影像测

基金项目:山西省应用基础研究项目(201601D102025)

收稿日期:2017年11月

[2] R Danzl, F Helml, S Scherer. Focus variation-a new technology for high resolution optical 3d surface metrology: the 10th international conference of the sloveniansociety for non-destructive testing, 2009 [C]. Ljubljana, Slovenia: Application of Contemporary Non-Destructive Testing in Engineering, 2009.

[3] 陈振英. 基于数字图像相关法的应变测量研究[D]. 上海:上海交通大学, 2013.

[4] 张晶. 基于图像处理的自动调焦技术[D]. 北京:中国科

学院大学, 2016.

[5] 刘宝兴. 基于数字图像处理的自动对焦技术研究[D]. 绵阳:中国工程物理研究院, 2007.

第一作者:尹秋霞, 硕士研究生, 合肥工业大学仪器科学与光电工程学院, 230009 合肥市

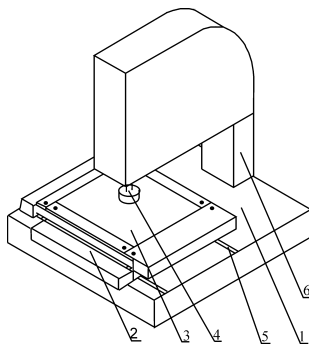
First Author: Yin Qiuxia, Postgraduate, School of Instrument Science and Opto-electronics Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China

量仪路径优化中的有效性。

## 2 测量路径优化概述

### 2.1 影像测量系统运动原理

基于实验室现有的 HT-3040 型影像测量仪,如图 1 所示,该影像测量仪控制系统的执行机构由 X、Y、Z 三个正交的直线运动轴构成。X 轴直线运动导轨系统安装在基座上,Y 轴直线运动导轨系统装在 X 轴滑台上,Z 轴直线运动导轨系统装在垂直于基座的立柱上,测量相机固定在 Z 轴上。通过对执行机构进行调节,控制 Z 轴的升降,完成测量相机的自动聚焦,通过改变 X 轴和 Y 轴的位置信息,使得待测量移动至测量相机的视野范围内,然后保持各轴静止不动,进行零件尺寸测量和后续处理。



1. 基座 2. X轴滑台 3. Y轴滑台  
4. Z轴滑台 5. X轴固定导轨 6. 立柱

图 1 影像测量仪结构

### 2.2 测量路径分析

HT-3040 影像测量仪在进行测量工作时,零件的待测量以及测量方式需要人工选择,不同操作人员选择的方式和顺序可能不同。影像测量仪控制系统中,待测量的选择顺序即为被测顺序,为了依次将待测项目移至测量相机视野范围内,工作台可能做多次的折返运动,增加测量时间。为了提高检测效率,有效地对测量方案进行排序,使其按照一定的测量顺序进行测量,避免工作台做过多的无意义运动,即测量路径的优化。

影像测量仪进行测量工作时,通过前期选择记录  $n$  个待测量的位置信息,可供选择的测量路径共有  $n$  种,零件固定在工作台上后,工作台完成测量的移动距离因为测量路径不同也会存在不同。在保持工作台运行速度不变的情况下,工作台的移动距离越短,移动过程所消耗的时间也越少,影像测量仪的测量效率就越高,尤其是对同种零件进行大批量的测量时。因此,寻找工作台移动距离较短的路径是

本次影像测量系统测量路径优化的最终目标。

## 3 测量路径优化

### 3.1 路径优化分析

对零件进行影像测量时,通过工作台的运动来改变零件与测量相机的位置关系。这一过程也可以看作是零件及工作台本身是静止的,测量相机在 X 轴和 Y 轴运动,为了减少坐标转换过程以及更清晰地说明问题,本文将按照此种情况进行研究分析。测量的过程可以描述为:当测量相机移动至采样点位置,测量相机暂停运动并进行拍摄,将图像采集存储到工控机中,测量相机运动至下一采样点位置。

在对同种类零件进行大批量的检测工作时,完成一次测量后,测量相机都会回到初始测量位置。测量路径规划问题就可具体描述为:采样点集合  $\Omega_0 = \{P_0(x_0, y_0), P_1(x_1, y_1), \dots, P_n(x_n, y_n)\}$ ,测量相机从初始位置  $P_0(x_0, y_0)$  出发,依次在采样点  $P_i(x_i, y_i)$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) 处采集图像信息,并最后返回初始位置  $P_0(x_0, y_0)$ 。

上述问题可以看作旅行商问题(travelling salesman problem)。此外,本文所研究的测量路径优化问题主要是对在同一零件表面的所有采样点进行测量路径优化。一般来说,零件表面存在的几何元素数量并不是很多,而且并不需要对所有几何元素都进行测量,所以每个零件上采样点的数目不会太多。

### 3.2 路径优化算法

贪心算法又名贪婪算法,是一种常用的求解最优化问题的简单而迅速的算法,也是一种改进的分级处理方法。首先根据问题描述,选取一种衡量指标;然后按这个指标对  $n$  个输入问题进行分析比对,输出最符合指标的问题,并将这个问题从输入问题中移除,加入新的集合内,按照这个指标继续对其他输入问题进行分析,依次输出最符合衡量指标的问题。

具体到路径优化中,算法的步骤如下:①导入采样点集合  $\Omega_0$ ;②将初始采样点  $P_0$  移入集合  $\Omega_1$ ,选择距离初始距采样点  $P_0$  最近的采样点  $P_i$ ,从  $\Omega_0$  中移入集合  $\Omega_1$ ;③依次选择距离  $\Omega_1$  中最近一个元素的最近采样点加入  $\Omega_1$ 。

本次路径优化需注意的是:①影像测量系统的工作台 X 轴和 Y 轴运动是独立完成的,因此两个采样点  $P_1(x_1, y_1)$  和  $P_2(x_2, y_2)$  之间的距离  $D_{12}$  并不是两点的连线距离,而是  $y_2 - y_1$  和  $x_2 - x_1$  中较大的那一个;②遇到两个点到当前采样点距离相同的情况,

贪心算法会无法进行选择,此时需要加入约束条件,选择距离初始采样点初始位置更远的一点作为下一点加入集合  $\Omega_1$ 。

### 4 固定顺序和贪心优化方案

所谓固定顺序法是在测量时控制工作台按固定的顺序进行移动,不对路径长度进行计算与比较。这种方式可以满足影像测量仪的日常使用需要,但如果对测量路径进行优化,影像测量仪的工作效率将有更大提升空间。本文选取几种不同的固定顺序方案,通过完成对实际零件的测量工作,与贪心优化方案进行对比。

在对图 2 所示的零件进行测量工作时,要求对零件上的所有孔的半径进行测量。为了进一步分析不同放置方式下测量路径对于测量时间的影响,首先将零件水平放置在工作台上(见图 3a),按不同测量顺序方案依次进行测量,此为方案 A;然后将零件在工作台上顺时针旋转 90°,竖直放置在工作台上(见图 3b),按不同测量顺序方案依次进行测量,此为方案 B。

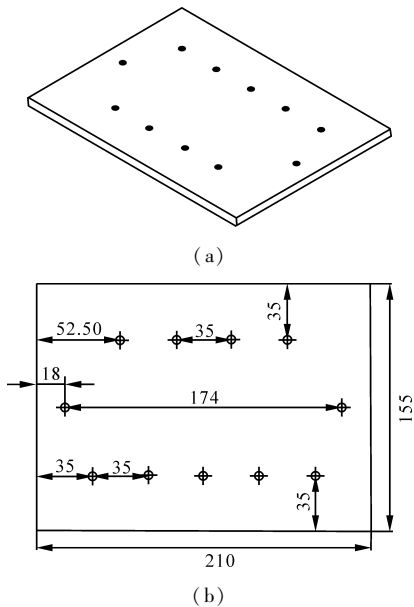


图 2 零件结构

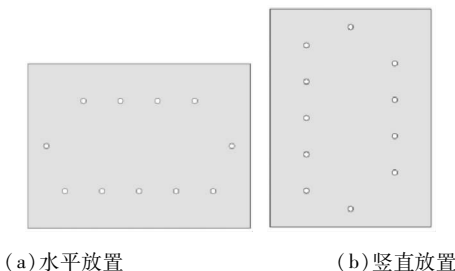


图 3 零件摆放方式

### 4.1 5 种测量路径方案

基于所需要测量的零件,常规的 4 种固定顺序路径规划以及贪心优化后的路径规划方案如下:

方案一:按待测量的选取顺序进行测量,选取方式不同,测量路径也会不同,图 4a、图 5a 所示为一种选取顺序。

方案二:按待测量的选取顺序进行测量,选取方式不同,测量路径也会不同,图 4b、图 5b 所示为一种选取顺序。

方案三:按从左到右、从下到上的顺序扫描待测量,按扫描顺序依次进行测量,如图 4c、图 5c 所示。

方案四:按从下到上、从左到右的顺序扫描待测量,按扫描顺序依次进行测量,如图 4d、图 5d 所示。

方案五:使用贪心优化方案对待测量的测量路径进行优化,其中定义距离原点最近的待测量为初始源点,如图 4e、图 5e 所示。

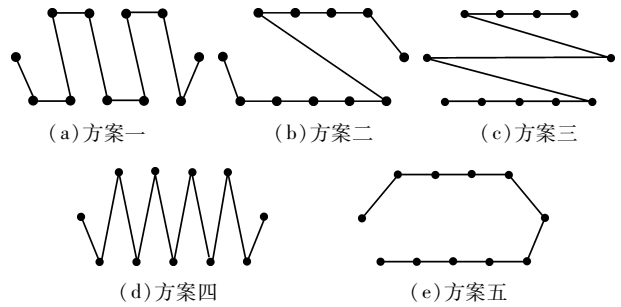


图 4 方案 A 对比实验

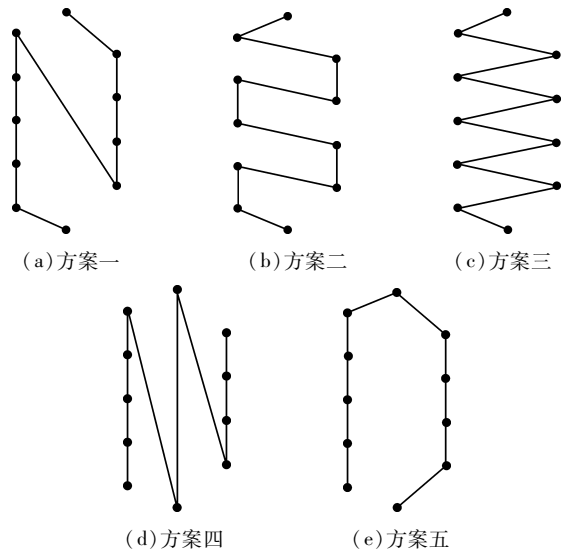


图 5 方案 B 对比实验

### 4.2 5 种测量路径的比较

为评价上述 5 种路径规划方案的优劣性,分别使用影像测量仪对方案 A 和方案 B 两种不同的摆放方式进行不同路径规划方案的测量实验,并记录完成测量过程所消耗的时间(见表 1 和表 2)。

表1 方案A对比试验

序号	运行时间					极差
	方案1	方案2	方案3	方案4	方案5	
1	28'15"	26'55"	27'67"	31'40"	22'55"	8'55"
2	28'09"	26'48"	27'69"	31'32"	22'52"	8'80"
3	28'12"	26'45"	27'73"	31'44"	22'48"	8'96"
4	28'19"	26'53"	27'64"	31'39"	22'49"	8'90"
5	28'14"	26'47"	27'70"	31'35"	22'53"	8'82"
平均值	28'13.8"	26'49.6"	27'68.6"	31'38.0"	22'51.4"	
距离(mm)	739	626.5	681	939	415	524

表2 方案B对比试验

序号	运行时间					极差
	方案1	方案2	方案3	方案4	方案5	
1	27'27"	28'78"	32'15"	28'36"	22'94"	9'21"
2	27'29"	28'85"	32'07"	28'33"	22'92"	9'15"
3	27'33"	28'76"	32'12"	28'23"	22'88"	9'24"
4	27'30"	28'81"	32'09"	28'30"	22'91"	9'18"
5	27'27"	28'83"	32'13"	28'27"	22'85"	9'28"
平均值	27'29"	28'80.6"	32'11.2"	28'29.8"	22'90"	
距离(mm)	626.5	739	939	681	415	524

由表1和表2可以看出,影像测量系统完成测量所需要的时间与工作台移动距离成正比关系。在经过贪心方案优化后,工作台移动距离明显减少,相应的完成测量所用的时间也随之减少。在4组固定顺序方案中,方案一和方案二因为待测量的选择顺序不同,路径的长短存在很大差别,按行扫描的方案三和按列扫描的方案四在两种摆放方式下所走的测量路径相差较大,并不能总是获得最好的路径,不具有通用性。

## 5 结语

基于贪心算法对影像测量仪测量路径进行优化,结果为:

(1)在五种测量路径方案中,贪心优化方案的规划路径相对较短,可以更好地节省测量时间,提高测量效率。

(2)按行扫描和列扫描的固定顺序方案进行测量所得结果具有波动性,在不同待测量分布的情况下所得结果区别很大,有时会明显增加时间的消耗。

(3)基于贪心优化方案对测量路径进行优化可

以更好地适应不同待测量分布的情况,具有更好的通用型。

(4)贪心优化方案的运算量较低,多次实验的平均耗时为0.43s,可以快速对路径进行优化,不会因为优化过程而大量增加测量时间。

## 参考文献

- [1]童俊华,蒋焕煜,武传宇.基于贪心算法的温室钵苗稀植移栽路径优化[J].农业机械学报,2016,47(3):8-13.
- [2]夏瑞雪,卢荣胜.数控铣床视觉在位测量路径规划方法[J].电子测量与仪器学报,2011,25(8):722-727.
- [3]闵嘉宁.基于贪心策略的一对多集送货车辆路径优化[J].物流技术,2015,34(13):163-166.
- [4]王小章,陈志军,李剑锋.影像测量仪的测量误差研究[J].机床与液压,2009,37(11):117-119.
- [5]童俊华.蔬菜钵苗穴盘间移栽执行器设计、移栽信息检测与路径规划[D].杭州:浙江大学,2014.
- [6]陈琳,刘晓琳,潘海鸿,等.孔群分类加工路径的优化算法[J].制造业自动化,2013(17):46-49.
- [7]王星.回转体测量仪误差补偿与测量方法研究[D].天津:天津大学,2012.
- [8]夏瑞雪,卢荣胜.数控机床视觉在位测量CAI系统[J].中国机械工程,2012,23(17):2041-2047.
- [9]Zhu G Y. Drilling path optimization based on swarm intelligent algorithm[C]. Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2007.
- [10]Kentli A, Alkaya A F. Deterministic approach to path optimization problem[J]. Archire for Rational Mechanics and Analysis, 2009, 182(1):153-180.
- [11]Huang M W, Hsieh C C, Arora J S. A genetic algorithm for sequencing type problems in engineering design[J]. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 2015, 40(17):3105-3115.

第一作者:阮小琪,硕士研究生,中北大学机械与动力工程学院,030051 太原市

First Author: Ruan Xiaoqi, Postgraduate, School of Mechanical and Power Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China