

基于直线方程的测量机软件标签自动排布方法

蒲松, 黄河, 张翔, 黄浩鹏, 于连栋

合肥工业大学仪器科学与光电工程学院

摘要: 测量机软件在坐标测量机中起着至关重要的作用,为更形象地展示测量机所测量点的分布,可创建标签,每个标签与被测点一一对应并用引线连接。但当移动、旋转、缩放被测工件时,标签与测量点之间的引线会彼此互相交错,造成测量机软件界面混乱甚至被测量点分布不清的现象。根据该情况本文提出了一种基于直线方程的测量机软件标签的自动排布方法,较好地解决了当被测工件移动时各标签引线互相交错的问题。实验结果表明,该方法不仅可以有效解决测量机软件中标签引线的交错问题,而且还能较好地保证结果的有效性和准确性。

关键词: 测量机软件;被测点;被测工件;标签;引线;交错

中图分类号: TG87

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.1000-7008.2021.11.024

Automatic Layout Method of Software Labels of Measuring Machine Based on Linear Equation

Pu Song, Huang He, Zhang Xiang, Huang Haopeng, Yu Liandong

Abstract: Measuring machine software plays a vital role in coordinate measuring machine. In order to display the distribution of points measured by measuring machines, labels can be created. Each label corresponds to the measured point one by one and is connected with a lead. However, when moving, rotating and scaling the measured workpiece, the leads between the label and the measuring points are staggered with each other, resulting in confusion in the software interface of the measuring machine and even unclear distribution of the measured points. According to this situation, this paper proposes an automatic layout method of software labels of measuring machine based on linear equation, which solves the problem of staggered leads of labels when the measured workpiece moves. The experimental results show that the method can not only effectively solve the staggered problem of label leads in the measuring machine software, but also ensure the effectiveness and accuracy of the results.

Keywords: measuring machine software; measured point; measured workpiece; label; lead wire; staggered

1 引言

坐标测量机作为近几十年发展起来的高精密测量仪器,在航空、航天、机械、电子、模具等领域有着广泛应用^[1]。由于测量机的硬件结构和控制系统在定型后,软件系统的开发能更大程度地发挥测量机的功用^[2],因此测量机软件作为坐标测量机系统的一个重要部分,对测量机的学习和运用起着重要的作用^[3]。

一般三坐标测量机的软件都是由测量厂家(如 Zeiss, Leitz, Brown&Shape, DEA 等)自己开发或由专业的测量软件机构(如 Acu-Rite, Metrologic 等)开发,我国测量机软件的发展也较为迅速,但相较发达国家仍有不小差距。其中测量机在进行测量工作时会对被测工件进行打点测量,在测量机软件中每个点对应着一个标签,点与标签之间用引线连接。在软件内对被测工件进行移动、旋转或者缩放等操作

时,被测点在软件平面内对应的二维坐标会随之变化,需要标签和引线自动变换其位置和长度,保证被测点的标签及其引线按照顺时针排布,尽量不交叉。

对标签本身进行分布排序的方法大多是对标签所携带的信息进行分类、归纳、处理和学习等^[4-7]。但测量机软件中的标签并不需要分类整理和处理学习,因此常用的针对标签的处理方法无法直接有效地解决测量机软件中标签引线交错的问题。测量机软件中会对被测点进行三维到二维转换,因此一个被测点对应一个二维数据,一个二维数据对应一个标签和引线。经典排序算法如希尔排序、归并排序、快速排序、堆排序和基数排序等都可以有效解决大规模数据的问题^[8]。希尔排序能提高系统整体收益与系统调度效率^[9],归并排序有较高的稳定性^[10],快速排序有较好的性能,并能通过改进来解决时间复杂度退化的问题^[11,12],但他们都是对一维数据进行大小排序。如果对二维及以上的数据排序,经典排序算法则无法直接有效解决测量机软件中标签引线交错的问题。

针对常用的标签分布算法与经典排序算法存在的不足,本文提出了基于直线方程的测量机软件标签的自动排布方法,其实质是对测量机软件在被测工件上测量的点的数据(被测点三维转二维后的数据)进行大小排序,将每个二维数据对应的标签排列在软件平面内的上下两排和左右两列,旨在保证测量机软件工作时标签能自动排布且引线不交叉。

2 算法描述

2.1 标签分配

测量机软件标签排布方法流程见图1。按照测量机软件中被测点的总数计算四边各应分配多少标签,且每边分配的标签不能超过该边容纳量,超过容纳量部分的标签自动进入下一页,不参与当前页面的标签排布。并通过式(1)计算各边的标签数量是否超出容纳量,当 s 小于阈值即表示该边分配的标签数量超过该边的容纳量。当上下端标签数量超过容纳量时,将上下端超出部分分配到左右两边。当左右两边标签数量超过容纳量时,超出容纳量部分标签则自动进入下一页,不再参与当前页面的标签排布, s 的计算式为

$$s = (D - d - m) / (n - 1) \quad (1)$$

式中, D 为某边长度; d 为该边分配的所有标签长度或高度之和; m 为该边两端预留的空白长度之和; n 为该边分配的标签数量 ($n > 2$); s 为标签之间的大约间隔距离。

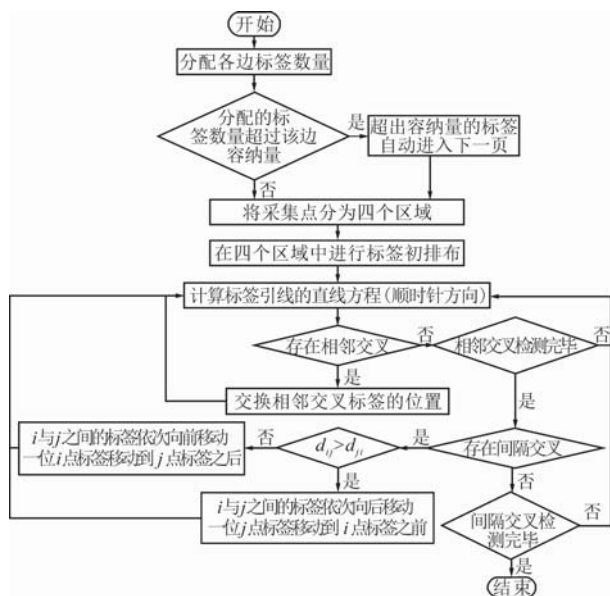


图1 标签排布方法流程

2.2 区域划分

图2将测量机软件平面中所有被测点划分为四

个区域。首先根据 y 值大小将采集点划为上下两区域,再根据 x 值大小排序,保留上下两区域中间的采集点,两端的采集点则分配到左右两区域,每个区域分配的采集点数与2.1节中每个边分配的标签数在数量上保持一致。

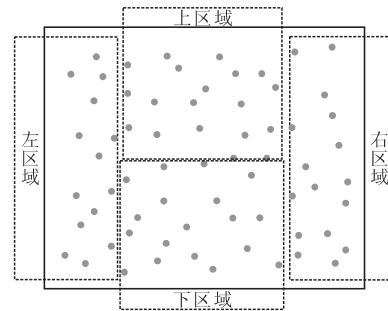


图2 四区域划分

2.3 标签初排布

上区域中的被测点按照 x 值进行由小到大顺序排列,这些点对应的标签在界面上端按照被测点的排列顺序进行由左到右的理论排布,并同时计算每个点对应标签的引线终点位置。右、下、左区域的被测点以及右、下、左边的标签按照相同方法处理,不同的是右区域中的被测点按照 y 值由小到大排列、右边标签则从上到下排布;下区域中的被测点按照 x 值由大到小排列,下端标签从右到左排布;左区域中的被测点按照 y 值由大到小排列,左边标签从下到上排布。

2.4 相邻标签引线检测与调整

进行相邻标签引线的相邻交叉检测与调整,从界面左上角为起点按顺时针方向,利用每个标签引线的起点与终点计算该标签引线的直线方程有

$$k = (y_m - y_n) / (x_m - x_n) \quad (2)$$

$$b = y_n - kx_n \quad (3)$$

起点为该标签对应的被测点的三维转二维后的坐标值,终点在2.3节中计算获得。当相邻两标签的引线的 k 值不等时,即两引线不平行时,利用式(4)求出两引线交点的 x 坐标,并利用式(3)转换求出交点的 y 坐标后,通过式(5)和式(6)计算两引线交点是否实际存在。

$$x = (b_2 - b_1) / (k_1 - k_2) \quad (4)$$

$$A = (x - x_1)(x - x_3) + (y - y_1)(y - y_3) \quad (5)$$

$$B = (x - x_2)(x - x_4) + (y - y_2)(y - y_4) \quad (6)$$

式中, b_1 和 b_2 分别表示相邻两标签对应引线的直线方程在 y 轴上的截距; k_1 和 k_2 分别表示相邻两标签对应引线的直线方程的斜率。

当 A 与 B 中任意其一个大于零则表示实际交点不存在。当实际交点存在时则交换两被测点在四个区域中的排列位置,并同时交换两个被测点对应标签的理论排布位置,然后重新计算标签引线的终点及直线方程,直到所有标签的引线不存在相邻交叉。图 3 为相邻标签引线交叉示意图,图 4 为调整相邻标签引线交叉后的示意图。

根据得到的 x 坐标,利用式(3)可求出交点的 y 坐标。其中, (x_1, y_1) 和 (x_3, y_3) 是两相邻标签引线其中一条的起点和终点, (x_2, y_2) 和 (x_4, y_4) 是另一条引线的起点和终点。

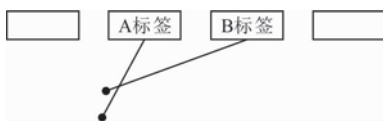


图 3 相邻标签引线交叉

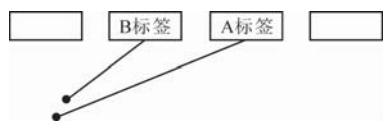


图 4 调整后邻标签引线交叉

2.5 间隔标签引线检测与调整

以界面左上角为起点,按顺时针方向计算每个标签的引线,与除之相邻标签的引线是否存在间隔交叉,如果存在,则计算 d_{ij} (第 i 个标签的引线起点与第 j 个标签的引线终点间的距离) 与 d_{ji} (第 j 个标签的引线起点与第 i 个标签的引线终点间的距离)。当 $d_{ij} > d_{ji}$ 时,将第 i 个与第 j 个之间的标签理论位置全部向后移动一位,第 j 个标签的理论位置移到第 i 个标签的理论位置之前,并且按相同方法移动被测点在各区域中的排列位置;当 $d_{ij} < d_{ji}$ 时,移动方向相反。

图 5 为间隔标签引线交叉示意图,图 6 为间隔标签引线交叉调整后的示意图。当发生一次间隔交叉时,则停止检测剩余标签引线理论位置的间隔交叉,再次进行相邻标签引线检测与调整,直到不再检测到标签引线之间存在间隔交叉,则表示标签排布完成。此时所有标签的理论位置可转为实际位置在测量机软件界面上进行排布。

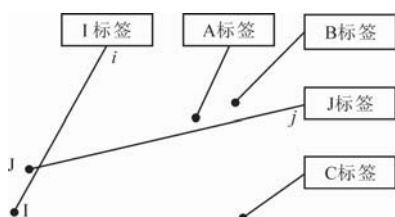


图 5 间隔标签引线交叉

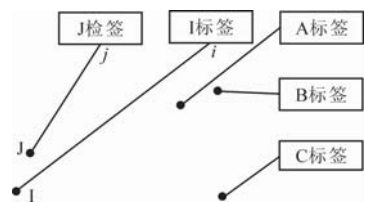
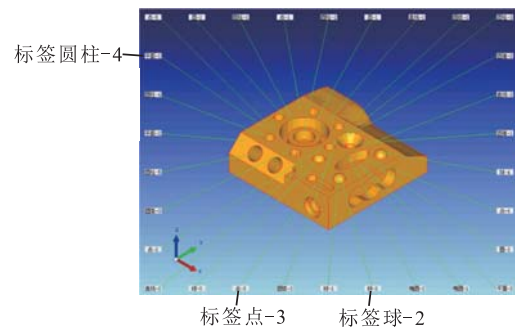


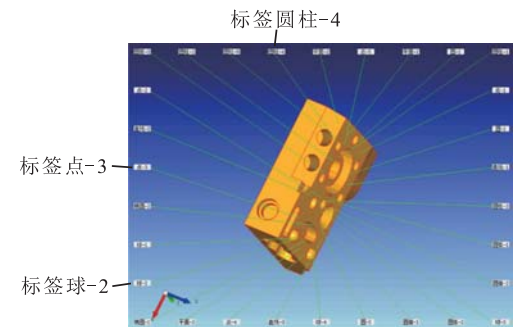
图 6 调整后间隔标签引线交叉

3 实验验证

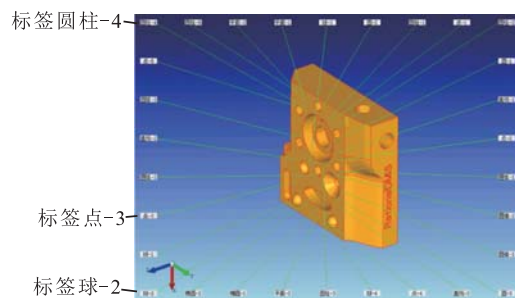
为验证该标签排布算法的准确性与可行性,采用自主开发的坐标测量机软件进行测试。通过导入不同的 IGES、STEP 等三维物体的 CAD 模型,进行采点测量,软件通过特征识别自动将 CAD 模型上的三维点坐标转化为软件平面内的二维坐标,并自动生成标签及其引线。在移动、旋转、缩放中来观察标签及其引线的排布分列情况。图 7a、7b、7c 分别从不同角度展示了被测工件的标签及其引线的排布分列情况。



(a) 被测工件正面的标签排布



(b) 被测工件右侧面的标签排布



(c) 被测工件左侧面的标签排布

图 7 被测工件的标签排布

4 结语

本文提出了一种基于直线方程的测量机软件标签的自动排布的方法,该方法通过对标签对应的被测点的三维转二维后的数据进行排序来排布标签。通过标签分配、区域划分、标签初排布、相邻标签引线检测与调整、间隔标签引线检测与调整等操作来完成标签排布。经验证,该方法能有效解决被测工件在测量机软件中移动、旋转和缩放时的标签引线交错问题,为测量机软件的正常有效工作创造了条件。

参考文献

- [1]王帼媛,张忠欣.坐标测量系统精度提升技术研究[C]//2019航空装备服务保障与维修技术论坛暨中国航空工业技术装备工程协会年会论文集,2019:4.
- [2]何章毅.智能化三坐标测量机软件关键技术研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2006.
- [3]朱红林,单岩.三坐标测量机虚拟仿真软件开发与应用[J].机械设计与研究,2015,31(6):154-157.
- [4]王一宾,郑伟杰,程玉胜,等.基于PLSA学习概率分布语义信息的多标签分类算法[J].南京大学学报(自然科学),2021,57(1):75-89.
- [5]Xu Chao,Gu Shilin,Tao Hong,et al.Fragmentary label distribution learning via graph regularized maximum entropy criteria[J].Pattern Recognition Letters,2021,145(2):147-156.
- [6]陈玮,林雪健,尹钟.基于神经网络融合标签相关性的多标签情感预测研究[J].中文信息学报,2021,35(1):104-112.
- [7]Liu Xinyuan,Zhu Jihua,Zheng Qinghai,et al.Bidirectional loss function for label enhancement and distribution learning[J].Knowledge-Based Systems,2021,213:106690.
- [8]张帅,方欢,丁飞.基于Java语言对10种经典排序算法的研究[J].电脑知识与技术,2020,16(25):223-225,231.
- [9]王瑞奇,赵菊敏,李灯熬.基于希尔排序的动态优先级调度算法[J].电视技术,2018,42(5):57-59.
- [10]徐思燕,龚名茂.归并排序法的可视化[J].信息化建设,2015(11):56.
- [11]汤亚玲,秦锋.高效快速排序算法研究[J].计算机工程,2011,37(6):77-78,87.
- [12]李一达,黄维通.针对快速排序改进的一些思考及其实现[J].计算机教育,2018(5):103-107,111.
- 第一作者:蒲松,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:Pu Song,Postgraduate,School of Instrument Science and Photoelectric Engineering,Hefei University of Technology,Hefei 230009,China
- 通信作者:于连栋,博士,教授,合肥工业大学仪器科学与光电工程学院,230009 合肥市
Corresponding Author:Yu Liandong,Ph.D.,Professor,School of Instrument Science and Photoelectric Engineering,Hefei University of Technology,Hefei 230009,China

欢迎订阅 2022年《工具技术》

《工具技术》杂志是成都工具研究所主办的切削与测量工程综合性技术刊物。主要报道机械加工中切削与测量技术的最新进展,金属切削理论研究,新型刀具研制及其应用,数控工具系统、新型刀具材料、涂层技术、刀具CAD/CAM、刀具磨损和破损在线技术,新材料及难加工材料的切削与刀具技术,汽车、摩托车等行业专用刀具的开发;新的测量方法研究与新型量具量仪开发,精密测量技术与质量控制系统技术,加工过程中的自动测量与精度控制,加工误差补偿技术,传感与图象技术,智能测量系统,电子数显量具开发与应用,量具量仪调修与维护,工模夹具及五金工具产品与技术,工厂技术革新和实用技术,技术市场及技术讲座等。

《工具展望》是综合报道国内外工具工业生产技术发展动态的内部刊物,主要内容为国内外切削刀具、量具量仪的技术发展趋势,国内外工具市场预测及经济信息,国内及国际展览会工具展品综合评述,国外工具行业考察报告,国内汽车、摩托车等行业工具国产化调研报告、有关行业组织的工作活动情况等。

工具技术为月刊,每月20日出版,全国邮局均可订阅,邮发代号62-32;工具展望为季刊,可在编辑部订阅。

2022年《工具技术》定价180元/年

欢迎机械加工业各类人士踊跃投稿、订阅、刊登广告

工具技术杂志社:成都市府青路二段24号 电话:028-83242219 传真:028-83242240
E-mail:toolmagazine@163.com(广告) toolmagazine@chinatool.net(投稿)