

轮胎轮廓工程图自动标注方法研究

张方亮¹, 应莲花², 孙根基², 董玉德², 刘彦超¹, 杨 洋¹

[1. 佳通轮胎(中国)研发中心, 安徽 合肥 230601; 2. 合肥工业大学 机械工程学院, 安徽 合肥 230009]

摘要:为有效解决轮胎轮廓工程图尺寸标注繁琐且不规范的问题, 提出一种自动标注方法。首先以轮胎轮廓工程图为对象, 将图中圆弧和直线作为基本单元进行图元提取并将其分为胎冠部、胎面基部和胎侧部弧度曲线集合, 进而调用CATIA内部标注函数对提取的预标注图元集合进行半径、弧长和线性标注, 最后分别分析视图外部横向和纵向标注尺寸以及视图内部圆弧尺寸标注, 判断尺寸之间干涉情况, 运用模糊布局算法对干涉尺寸偏移一定距离以达到尺寸合理布局的目的。应用结果表明, 该方法能够高效、稳定、准确地对轮胎轮廓工程图进行自动尺寸标注及布局。

关键词:轮胎; 轮廓; 工程图; 自动标注; 模糊布局算法; CATIA二次开发

中图分类号: TQ336.1⁺1; TP391.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-8171(2018)00-0000-04

随着工程图在各行各业中的广泛应用, 工程图的自动标注已经成为一个普遍课题。轮胎材料的特殊性会引起制造过程中的变形, 为减少设计因素对制造过程的影响, 轮胎模具工程图的尺寸标注非常重要, 而轮廓设计又是轮胎模具设计中最重要的一环。王国林等^[1]已提出通过调整胎肩和胎圈处的圆弧半径可以优化轮胎疲劳寿命; 刘伯忠等^[2]阐述了外轮廓设计对子午线轮胎质量的重要性。在精确设计的基础上, 如何对轮胎轮廓工程图进行快捷、合理的标注已经成为轮胎企业亟需解决的难题。

工程图中的自动标注问题包括工程性问题和几何性问题。工程性问题是指工程图中标注的尺寸要符合设计、制造和测量等工程要求, 正确而全面地体现设计意图。几何性问题是指工程图中标注的尺寸在满足工程要求的基础上布局应尽量规范美观。近年来, 工程图标注逐渐受到重视, 并取得了极大的发展。黄浪等^[3]基于UG NX (Unigraphics NX) 平台开发了定型模工程图自动标注系统, 并创建了工程图模板。杨利欢^[4]利用参数化技术和知识工程技术建立了注塑模具设备常用标准零部件的描述模型等, 并实现了模板零件2D工程图的自动标注。陈乐等^[5]针对SolidWorks

软件自带的自动生成工程图功能存在尺寸线相互干涉和布局错乱不合理等问题提出一种参数化工程图尺寸标注自动调整方法, 有效调整了更新后的尺寸, 提高了设计效率和质量。鲍齐友等^[6]提出在图元处理基础上基于控制点对轮胎花纹工程图自动标注, 视图外采用排样思想及视图内采用网格化方法自动布局, 提高了工程图的易读性并满足工程上的实际应用需求。

本研究兼顾工程图工程性问题和几何性问题, 为规范轮胎轮廓图标注, 提出一种轮胎轮廓图自动标注方法, 并将其应用于实际设计项目中, 验证了自动标注算法的有效性和稳定性。

1 轮胎轮廓图的结构特征

本研究提出的自动标注方法的流程为: 图元特征提取→图元分类→调用函数进行标注→尺寸布局→工程图自动标注完成。

轮胎轮廓一般为对称结构, 其外轮廓由多段弧线连接而成, 主要包括胎冠弧、胎肩弧、胎侧弧和胎圈弧。传统工程图包含视图、尺寸、文本和图框等, 本次标注模型主要考虑视图与尺寸之间的关联, 分析尺寸与视图之间关系, 实现对轮胎轮廓图的简化。

2 轮廓工程图的自动标注

轮胎轮廓图中含有大量的点、线和圆弧等图

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51275145)

作者简介:张方亮(1979—), 男, 安徽安庆人, 佳通轮胎(中国)研发中心工程师, 硕士研究生, 主要从事CATIA系统运维工作。

E-mail: zhang.fangliang@giti.com

元,如何有效地提取需要标注的图元并对其进行合适的标注是技术难点。为了实现模块化的结构设计,需要将轮廓图内复杂图元进行提取分类,从而建立不同的基础标注单元。基于尺寸标注模式,将轮廓图标注模块分为横向尺寸标注、纵向尺寸标注和圆弧尺寸标注,同时对轮廓图中结构复杂的微小部分进行局部放大标注。

2.1 标注元素提取与存储

轮胎外轮廓一般为对称图形,因此只要对其左或右半部分图元进行标注即可。本研究对轮廓图右半部分进行标注,且由于尺寸标注方式众多,为对图元进行准确标注,需在前期对轮胎轮廓图元进行提取与存储。轮胎轮廓工程图图元提取与存储算法如下所述。

输入:轮胎轮廓工程图。

输出:轮廓工程图标注元素集合。

Step1: 遍历轮廓工程图,根据图元属性获取直线图元和圆弧图元,将所得直线图元和圆弧图元分别储存在LISTVGenGeomLineOrig和LISTVGenGeomCircleOrig集合中。

Step2: 在LISTVGenGeomCircleOrig集合中,依次对其中元素进行判断,若圆弧元素的midpoint(x)为0或其首末端点横坐标中有一个为0,将其存至LISTVTopSurfaceCircle集合中,若不存在,返回至Step1。

Step3: 判断LISTVTopSurfaceCircle集合中圆弧数目,若为2,根据圆弧曲线midpoint(y)值,将其较小者存至LISTVBotSurfaceCircle集合中,跳至Step4,若为1,则说明无胎底圆弧,转至Step5。

Step4: 遍历所有圆弧,找到与LISTVBotSurfaceCircle集合末端圆弧元素相切且在其右侧圆弧,将其存入该集合中,重复Step4,直到末端圆弧半径小于40个长度单位,跳至Step6。

Step5: 遍历所有圆弧,找到与LISTVTopSurfaceCircle集合末端圆弧元素相切且在其右侧圆弧,将其存入该集合中,重复Step5,直到末端圆弧半径小于40个长度单位,跳至Step6,将此时该集合中元素个数存入number中。

Step6: 遍历所有圆弧,找寻半径大于100个长度单位且半径圆心不与LISTVTopSurfaceCircle和LISTVBotSurfaceCircle集合中元素半径圆心相同

的圆弧元素,将其存入LISTVTopSurfaceCircle集合中。

Step7: 检索所有圆弧,将与LISTVTopSurfaceCircle集合第number个元素相切的圆弧或与LISTVBotSurfaceCircle集合中最后一个元素相切的圆弧存至LISTVTireSideCircle集合中。

Step8: 将LISTVBotSurfaceCircle集合中所有元素(除第1个)移至LISTVTopSurfaceCircle集合中。

Step9: 分别对LISTVBotSurfaceCircle, LISTVTopSurfaceCircle和LISTVTireSideCircle三个集合单独去重,即去掉各自集合中半径、圆心且中点一样的元素。

Step10: 去掉LISTVTopSurfaceCircle集合中与LISTVBotSurfaceCircle和LISTVTireSideCircle集合相同的元素。

Step11: 轮廓工程图图元获取与存储结束。

轮廓设计需要不断改进,在分析工程图后对轮廓图进行改进,即重新返回到CATIA中的part环境下对轮胎轮廓图进行尺寸修改。按本方法设计的轮胎轮廓自动标注系统均基于投影的图元进行标注,因此能很好地保持part环境与drawing环境之间的链接关系,当part中的轮廓图尺寸修改成功后,能直接在drawing环境下对轮廓图进行标注尺寸的自动更新,避免二次标注,可节约大量时间。

2.2 工程图自动标注

调用CATIA内部标注函数CreateDimension对上述预标注集合进行尺寸标注,通过设置标注类型dimType可实现对不同图元进行合理标注。使用DrwDimLengthCurvilinear, DrwDimDistance和DrwDimRadius类型可分别对图元进行弧长、线性和半径标注。

通过模拟人机交互标注方式,轮胎轮廓工程图自动标注可拆分为圆弧自动标注、纵向尺寸自动标注、横向尺寸自动标注和局部放大图自动标注,其中圆弧尺寸自动标注、纵向尺寸自动标注和横向尺寸自动标注都与LISTVTopSurfaceCircle集合元素有关。纵向尺寸自动标注以LISTVTopSurfaceCircle集合中第1个元素的中点pt1为基准,依次以LISTVTireSideCircle集合中各个元素为变量pt2,逐一进行标注,且对纵向标注尺寸之间设置

间隔,减小干涉。横向尺寸自动标注包含胎顶弧度曲线的弧长标注(标注个数为 $\text{number}-1$)和轮胎轮廓的断面宽。圆弧尺寸自动标注包含胎冠部弧度曲线、胎底部弧度曲线以及胎侧部弧度曲线的尺寸标注。

3 轮胎轮廓工程图的尺寸布局

标注尺寸由尺寸指引线、尺寸线和尺寸值组成,自动标注的尺寸由于未经布局,尺寸之间容易出现干涉,即尺寸线或尺寸指引线之间交叉重叠,尺寸值之间重叠导致尺寸看不清晰等现象。为减少尺寸之间的干涉,将横向尺寸标注和纵向尺寸标注布局为有层次、尺寸间隔固定的尺寸链;将圆弧尺寸标注布局为尺寸线与尺寸文本互不干涉的尺寸集。

将圆弧尺寸线存入CATCircleDimensionline集合中,将圆弧尺寸值的中心存入CATCircleDimensiontxtbox集合中,将纵向标注尺寸线存入CATVerticalDimension集合中,将横向标注尺寸线存入CATHorizontalDimension集合中。

首先考虑图元与尺寸值干涉,即尺寸值在图元之间,因此对横向和纵向尺寸标注统一将尺寸值置于图元之外;对圆弧尺寸标注,将标注尺寸值移至胎底部曲线下方,完全避免干涉。

对纵向标注尺寸线CATVerticalDimension集合主要考虑尺寸线干涉情况,纵向标注布局较为简单,其尺寸文本在尺寸线端点左方,因此只需保证纵向尺寸线之间间隔大于尺寸文本宽度即可,同时为了美观,将尺寸线间隔设为一个固定值。

尺寸数值干涉多发生在圆弧尺寸标注之间,其尺寸线虽未相交,但由于标注文本在尺寸线端点部位,圆弧标注尺寸中两尺寸线端部距离小于标注文本宽度,致使标注文本重叠,形成干涉,本设计圆弧标注文本中心坐标存入CATCircleDimensiontxtbox集合中,判断每两个尺寸文本之间的距离,若小于某一定值,则使用MoveDimensionLine函数偏移尺寸线,消除数值干涉。基于以上干涉现象设计一种模糊布局算法,如下所示。

输入: CATCircleDimension, CATVerticalDimension和CATHorizontalDimension集合。

输出: 布局好的尺寸集合。

Step1: 运用CATIADrawingView接口函数获取视图边界MinX,MaxX,MinY,MaxY,确定视图外部尺寸布局范围。

Step2: 运用冒泡排序法对CATVerticalDimension集合进行排序,元素 i 的尺寸纵坐标为 $(\text{MinY}+\text{MaxY})/2$,横坐标为 $\text{MaxX}+10*i$ 。

Step3: 将CATHorizontalDimension集合中弧长尺寸标注高度统一,断面宽尺寸纵坐标为 $\text{MinY}-10$,横坐标为0。

Step4: 首先对CATCircleDimension集合判断半径大小,半径超过400个长度单位的对其尺寸线进行折断处理,每个圆弧标注尺寸指向对应圆弧中点,后续分析尺寸线之间距离,若小于5个长度单位,使用MoveDimensionLine函数对其中一个尺寸进行偏移并存入集合中替换原来尺寸,依次进行排查,直至尺寸线之间无干涉出现。

Step5: 分析视图外部横向和纵向标注尺寸以及视图内部圆弧尺寸标注,判断尺寸之间干涉情况,运用模糊布局算法对干涉尺寸偏移一定距离,以合理布局。

4 实例分析

基于上述自动标注方法,在CAA/CATIA平台开发出一套轮胎轮廓图自动标注系统,应用示例如图1所示。图中尺寸仅为示意,所标注轮廓图无少标或多标现象,且尺寸线之间无干涉情况。胎肩局部放大如图2所示。可以看出,所标注尺寸布局良好,证实该自动标注方法能有效地标注轮胎轮廓图并可进行局部放大。

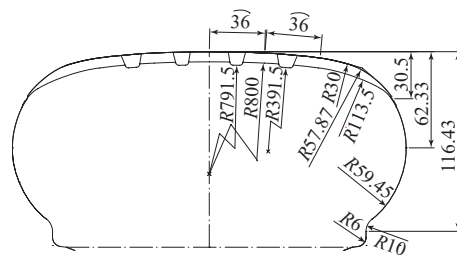


图1 自动标注轮胎轮廓示意

5 结语

本研究针对轮胎轮廓图标注效率低下问题,

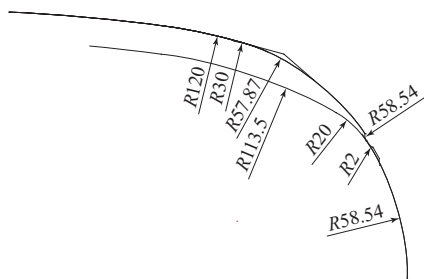


图2 胎肩局部放大图

基于CATIA提出一种轮胎轮廓图自动标注方法。首先对工程图图元特征提取并进行分类存储,然后进行自动尺寸标注,最后判断标注尺寸是否互相干涉并进行合理布局,形成了一整套的轮胎轮廓图自动标注系统。然而本研究提出的自动标注方法仍存在一定的局限性:1)尺寸布局还有待完善,现阶段虽未发现问题,但随着标注工程图的数量加大,可能会出现布局不合理之处,应进行修改以完成尽可能多轮廓图的自动标注布局;2)标注

样式较为单一,可对不同图元进行不同方式的尺寸标注,使标注尽可能美观。这些问题有待后续研究改进与完善。

参考文献:

- [1] 王国林,周浩,梁晨,等. 外轮廓和结构参数对载重子午线轮胎疲劳寿命的影响[J]. 橡胶工业,2017,64(5):290-294.
- [2] 刘伯忠,何晓玫,李德新. 平衡内轮廓原理浅析子午线轮胎质量问题[J]. 轮胎工业,2015,35(10):611-614.
- [3] 黄浪,郭顺生,唐红涛,等. 基于UG的定型模工程图自动标注研究[J]. 图学学报,2016,37(5):639-647.
- [4] 杨利欢. 基于标准件的2D工程图自动标注方法的研究[D]. 武汉:华中科技大学,2011.
- [5] 陈乐,陈磊,郎鹏程,等. 参数化工程图尺寸标注自动调整技术[J]. 机械设计与研究,2016(3):73-76.
- [6] 鲍齐友,宋忠辉,陈进富,等. 轮胎花纹工程图自动标注及布局研究[J]. 轮胎工业,2016,36(11):654-657.

收稿日期:2017-07-26

Research on Automatic Labeling Method of Tire Contour Engineering Drawing

ZHANG Fangliang¹, YING Lianhua², SUN Genji², DONG Yude², LIU Yanchao¹, YANG Yang¹

[1. GITI Tire (China) R & D Center, Hefei 230601, China; 2. Hefei University of Technology, Hefei 230009, China]

Abstract: In order to solve the complicated and non-standard problem during dimensioning the tire contour engineering drawing, an automatic labeling method was proposed. First, taking tire contour engineering drawing as object, extracted the arc and line from the drawing as basic unit, and classified the extracted units as the crown, base tread and sidewall curvature curve sets. Then, The CATIA internal labeling function was used to dimension the extracted pre-set annotation primitive set on the corresponding style such as radius, arc length and linearity. Finally, the external horizontal and vertical dimension lines and the internal circular dimension lines of the view were analyzed to judge the interference between the dimensions, and the fuzzy layout algorithm was used to move the interfered dimension lines at a certain distance in order to achieve the purpose of reasonable dimension line layout. The application results showed that the method could automatically dimension and layout the tire contour engineering drawing efficiently, stably and accurately.

Key words: tire; contour; engineering drawing; automatic labeling; fuzzy layout algorithm; CATIA secondary development