塑料异型材挤出模工程图自动标注系统研究

李 力， 郭顺生， 黄 浪， 丁 康， 张恒波

(武汉理工大学机电工程学院，湖北 武汉 430070)

摘 要：塑料异型材挤出模结构相对固定，但其板块工程图冗余废线较多，尺寸标注处理繁琐。以塑料异型材挤出模为研究对象，在 UG 平台上构建了塑料异型材挤出模工程图自动标注系统，并就以下方面进行了研究：提出板块冗余废线识别方法，并采用删除与转换两种方式实现各视图废线的自动消除；提出孔定位标注元素识别方法，并采用四象限递增排布法实现孔定位尺寸及其公差的自动标注；提出孔特征的识别与匹配方法，实现各板块孔特征规格、公差与文字的自动标注。通过实例分析表明该系统极大减少了图纸设计工作量，有效提高了异型材挤出模工程图的设计效率。

关 键 词：挤出模；工程图；消除废线；递增排布；自动标注

中图分类号：TQ 320.52；TG 76 **DOI**：10.11996/JG.j.2095-302X.2016050632

文献标识码：A **文 章 编 号**：2095-302X(2016)05-0632-07

The Research of Automatic Dimensioning System for Profile Extrusion Dies

Li Li, Guo Shunsheng, Huang Lang, Ding Kang, Zhang Hengbo

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei 430070, China)

Abstract: The structure of extrusion die is relatively fixed, but it has a lot of redundant waste lines in plate engineering drawings, and the processing of dimensioning is not convenient. Taking extrusion die as the research object, the automatic dimensioning system of engineering drawing for profile extrusion die is developed on Unigraphics NX (UG) platform. The following aspects are studied: proposing the method of identifying redundant line of plates to ensure automatic elimination of the lines by deletion or transformation. Presenting the method of recognizing edges for hole positioning dimensioning and adopting the method of four quadrant incremental arrangement to realize automatic arrangement for positioning dimensions. Proposing the method of hole recognition and matching to achieve automatic dimensioning of the specification, tolerance and text. The application result shows the system greatly reduces the workload and improves the efficiency of drawing dimensioning.

Keywords: extrusion dies; engineering drawing; eliminate redundant line; incremental arrangement; automatic dimensioning

塑料异型材挤出模具是塑料型材生产的基础工艺装备[1]，其流道形状复杂多变，基于三维模型生成工程图中冗余废线较多，消除废线操作繁琐；其模架部分装配件较多，每个板块包含较多的螺钉孔、销钉孔及工艺孔，孔的定位与规格尺寸、公差及文字说明等标注繁琐，重复性工作较多。工程图

收稿日期：2016-03-21；定稿日期：2016-04-19

基金项目：湖北省科技支撑计划项目(2014BAA032)；材料成形与模具技术国家重点实验室开放课题研究基金项目(P2016-07)；中央高校基本科研业务费专项资金(2016-zy-017)

作者简介：李 力(1992–)，男，湖北天门人，硕士研究生。主要研究方向为 CAD/CAE/CAM 基础理论及应用。E-mail：lilwhut@qq.com

通讯作者：郭顺生(1963–)，男，湖北武汉人，教授，博士，博士生导师。主要研究方向为 CAD/CAM/PDM/ERP 基础理论及应用。E-mail：guoshunsheng@whut.edu.cn

设计效率低的问题限制了挤出模设计的三维化进程，为了适应市场的变化，必须尽可能缩短挤出模工程图的设计周期，提高效率。

目前挤出模具设计普遍采用 AutoCAD 设计，少数高校对 AutoCAD 进行了二次开发，从标注元素自动提取、公差粗糙度自动标注以及尺寸自动排布等方面进行了研究[2-4]，在一定程度上提高了图纸设计效率。UG(Unigraphics NX)平台在模具行业被广泛运用，随着 CAD/CAE/CAM 一体化发展，基于 UG 平台的挤出模型腔曲面的设计与标准模架库的建立方法被广泛的研究与应用，不断提升着挤出模三维模型的设计效率[5-6]。然而 UG 工程图是通过边界投影获得各视图线型，视图元素难以满足本地化、标准化的要求，在进行尺寸放置与布局时需要大量的人工交互操作。挤出模工程图的设计工作约占整个设计工作量的 30%左右，基于挤出模三维模型快速地生成二维工程图已成为行业的迫切需要。针对视图元素混乱的问题，魏永乐等[7]提出了从零件特征模型中提取相关信息的方法并实现了工程图的快速生成。针对尺寸标注与布局工作量大的问题，Li 等[8]提出了动态规划技术实现了孔特征的定位尺寸自动标注；袁波等[9]提出了模拟退火算法并实现了最佳尺寸布局的获取；张闻雷等[10]提出了基于零件拓扑结构与特征形状等形体分析的自动标注以及基于特征包围盒的尺寸布局方法。上述研究方法对实现工程图视图自动创建与尺寸自动标注与布局做出了积极的探索和研究，但这些方法大多只对某些特定形状的零件有较好的结果，还无法很好地用于异型材挤出模工程图的废线删除与尺寸自动标注，因此对挤出模工程图的研究十分必要。

本研究针对异型材挤出模工程图设计效率低下的问题，构建了异型材挤出模工程图自动标注系统。首先自动获取各视图中冗余的曲线并进行消除，实现板块各视图的可视性；其次通过边界参数识别与筛选自动获取标注元素，并应用四象限递增排布法实现工艺孔定位尺寸及特殊说明的标注与排布；最后根据边界归类与类别匹配，获得各类工艺孔类型及数目并实现工艺孔规格及特殊说明的自动标注。该系统有效减少了工程图的设计工作量，提高了设计效率与质量，对挤出模设计有着重要的理论和现实意义。

1　自动标注系统整体框架

挤出模工程图自动标注系统总体框架如图 1 所示，挤出模各板块工程图中包含的冗余废线主要包括型腔部分曲面引导线投影生成的虚线及板块中的螺钉孔、销钉孔等投影生成的轮廓线两大类。应用 UG 特征识别技术根据参数匹配对流道复杂曲面引导线进行识别，自动删除其投影在各视图中的虚线。根据孔直径参数匹配自动获取需进行特殊表示的销钉孔位置，通过定位参数匹配实现其他轮廓线的删除。挤出模各板块工程图中需要标注的尺寸主要包括装配孔特征的定位尺寸、规格尺寸、板块包容尺寸与定位尺寸及尺寸中的公差与文字说明。首先，应用 UG 特征识别技术获取圆形边界并根据圆心进行归类，并存储同心圆中的 Z 坐标最大边界完成定位尺寸标注元素的提取，基于标注元素应用四象限递增排布法实现孔定位尺寸的自动标注；其次，根据板块模型获得板块整体包容尺寸，根据参数匹配获取板块边界，基于板块边界与中心线实现板块包容尺寸与定位尺寸的标注；最后，定义阶梯孔、通孔、盲孔及螺钉孔的边界知识库，根据圆心及直径参数对圆形边界进行归类并与知识库进行匹配，根据匹配结果实现孔的规格、公差及文字说明的自动标注。

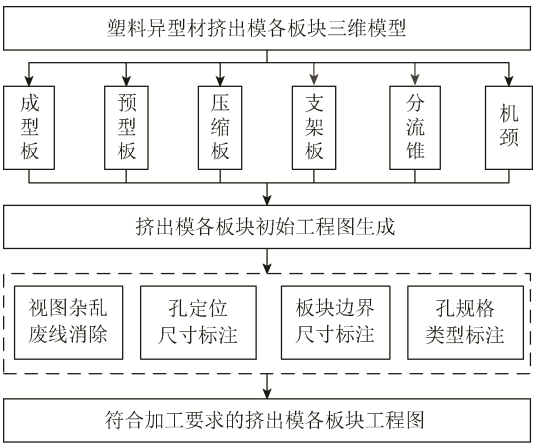

图 1　工程图自动标注系统总体框架

2　自动标注系统关键技术

2.1　冗余废线自动消除

挤出模各板块主要分为流道和模架两部分进行设计，由于直纹面能很好地用于数控铣床或电火花加工，当前挤出模流道曲面主要通过 UG 直纹面

来进行设计[11]。由于直纹面中包括较多的曲面引导线，故造成板块投影生成的视图中也包括较多的杂乱废线。在侧视图中需要进行说明的主要是销钉孔、侧面螺钉孔及起模槽等，由于板块中各类螺钉装配孔轮廓线较多，造成视图元素分布杂乱。UG 默认生成的压缩板和分流锥工程图如图 2 所示，由于默认生成的工程图杂乱废线较多，造成人工消除废线的操作繁琐，出图效率低。

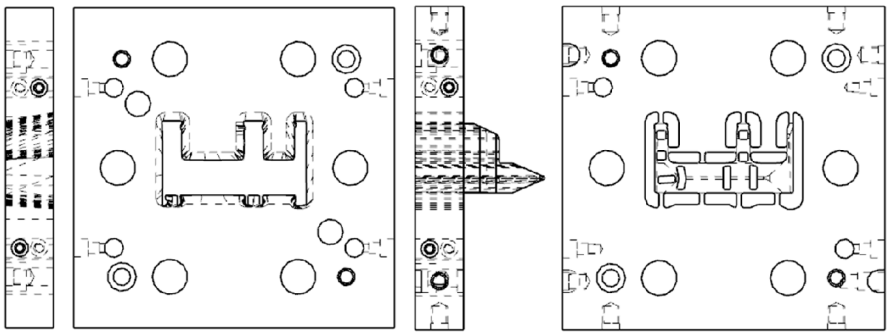

图 2 默认生成的压缩板和分流锥工程图

针对挤出模各板块工程图杂乱废线庞多的问题，本文提出了杂乱废线的识别方法，并与 UG/Open API 相结合，实现了杂乱废线的消除。由于成型板、预型板、压缩板及机颈的型腔部分中空，根据型腔包容尺寸能较好区分杂乱型腔曲面引导线，因此将其作为常规板块，通过删除方式实现废线消除。而支架板和分流锥板块边界根据可见性投影将部分边界变成了实线和虚线两部分，无法很好地区分冗余废线，因此将其作为特殊板块，采用提取需要虚线和轮廓线并进行转化实现废线的消除。针对常规板块型腔废线的删除，通过获取型腔截面草图并获取草图内截面线，计算各曲线端点 *X*、*Y* 坐标，且对坐标进行排序获得型腔 *XY* 面的包容尺寸。遍历板块模型边界并获取端点在包容尺寸内的边界，根据端点 *Z* 坐标差值排除型腔端面边界，从而实现型腔曲面引导边界的获取。针对常规板块轮廓线的删除，遍历圆形边界并根据销钉孔的特殊直径获取销钉孔定位，基于定位参数匹配获取多余轮廓线。根据实体边界与视图曲线一一对应的规律，应用 API 函数基于获取边界完成视图废线的删除。针对特殊板块的冗余废线，通过参数匹配获取销钉孔边界，根据起模槽与销钉孔定位关系获取边界，应用 API 函数将获取边界进行转换实现冗余废线的消除。自动删除冗余废线的程序框架如图 3 所示，消除废线后压缩板和分流锥工程图如图 4 所示，应用提出的废线识别与消除方法，有效避免了删除废线的复杂操作，极大提高了出图效率。

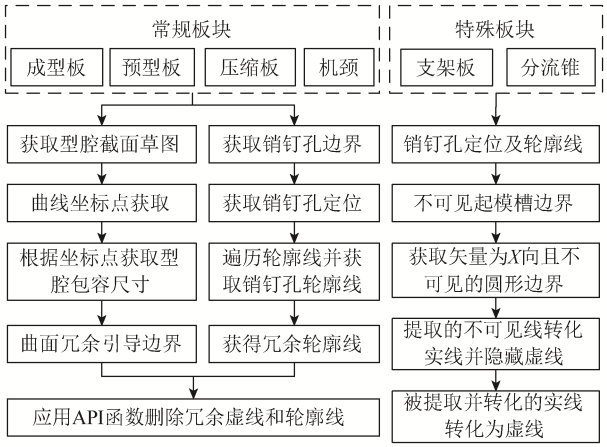

图 3 自动删除冗余废线的程序框架

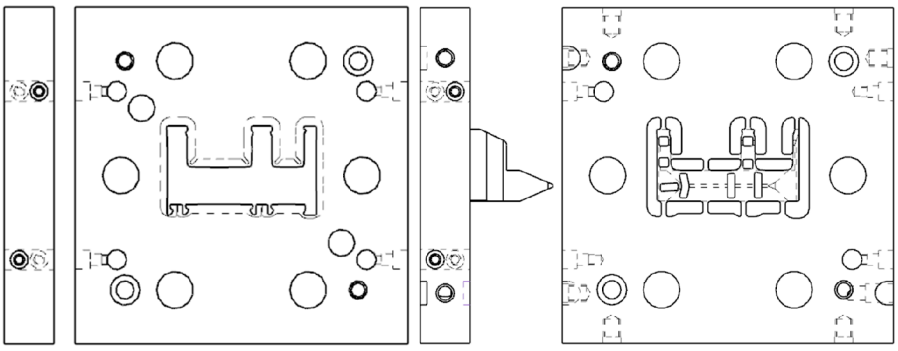

图 4 消除废线后压缩板和分流锥工程图

2.2　定位尺寸自动标注

在挤出模工程图中，各类型装配孔的定位尺寸、公差及文字说明是重要组成部分，虽然各板块螺钉、销钉孔等装配孔类型和定位关系明确。但由于挤出模板块数目较多，造成各板块中孔的类型和数目较多，其定位尺寸标注重复性多，且极易出现重复标注或干涉等情况，尺寸布局修改工作量大，严重限制了挤出模的出图效率。

针对上述定位尺寸标注效率低的问题，本文提出了孔定位标注元素识别方法。由于 UG 实际的建模精度为 0.001，基于建模精度本文将位于 X 正半轴、Y 正半轴、X 负半轴、Y 负半轴的定位点依次归类为一、二、三、四象限。根据挤出模各板块孔的定位尺寸以型腔中心线作为基准进行标注，本文提出了四象限递增排布法，实现了板块各孔位特征的定位尺寸及其公差的自动标注，如图 5 所示。孔定位标注元素识别过程如下：①遍历板块边界并根据类型和角度获取所有的圆形边界；②根据圆形边界的圆心 X、Y 坐标进行匹配，将同心圆进行分组；③根据圆心 Z 坐标对各组边界进行排序，获取每组中 Z 坐标最大圆形边界并进行存储。根据以上方法所存储的孔边界即为板块所需标注的定位元素，基于提取的定位标注元素，应用四象限递增排布法的具体过程如下：①获取圆心的 X、Y 坐标，并根据坐标确定圆心的象限分布，将标注元素分为 4 个象限分布存储；②分别根据每个象限 X、Y 坐标距中心距离从小到大进行排序，获取每个边界在 X、Y 方向的标注序号；③根据参数匹配获取销钉孔、导柱孔及工艺孔的边界并作为特殊边界进行存储；④获取视图中心坐标并根据板块边界尺寸确定各象限初始标注位置，并将边界类型分为 3 类：第一类孔圆心坐标为 0 或与前一个坐标相同则不进行标注，当前标注位置不变；第二类孔边界属于常规边界，不需要标注公差或文字，当前标注位置增加 7；第三类孔边界属于特殊边界，需要标注公差或文字进行说明，当前标注位置增加 12；⑤根据板块整体尺寸获取边框最大边界，获取水平和竖直当前最大标注位置并增加 12，完成板块整体尺寸及偏心尺寸的标注。应用提出的标注元素识别方法与四象限递增排布法，结合 UG/Open API 函数，实现了定位尺寸及公差的自动标注。应用的 API 函数及具体功能如表 1 所示，自动生成的定位尺寸如图 6 所示，该方法有效避免了尺寸标注与排布的重复性工作，不但提高了出图效率而且提高了图纸质量。

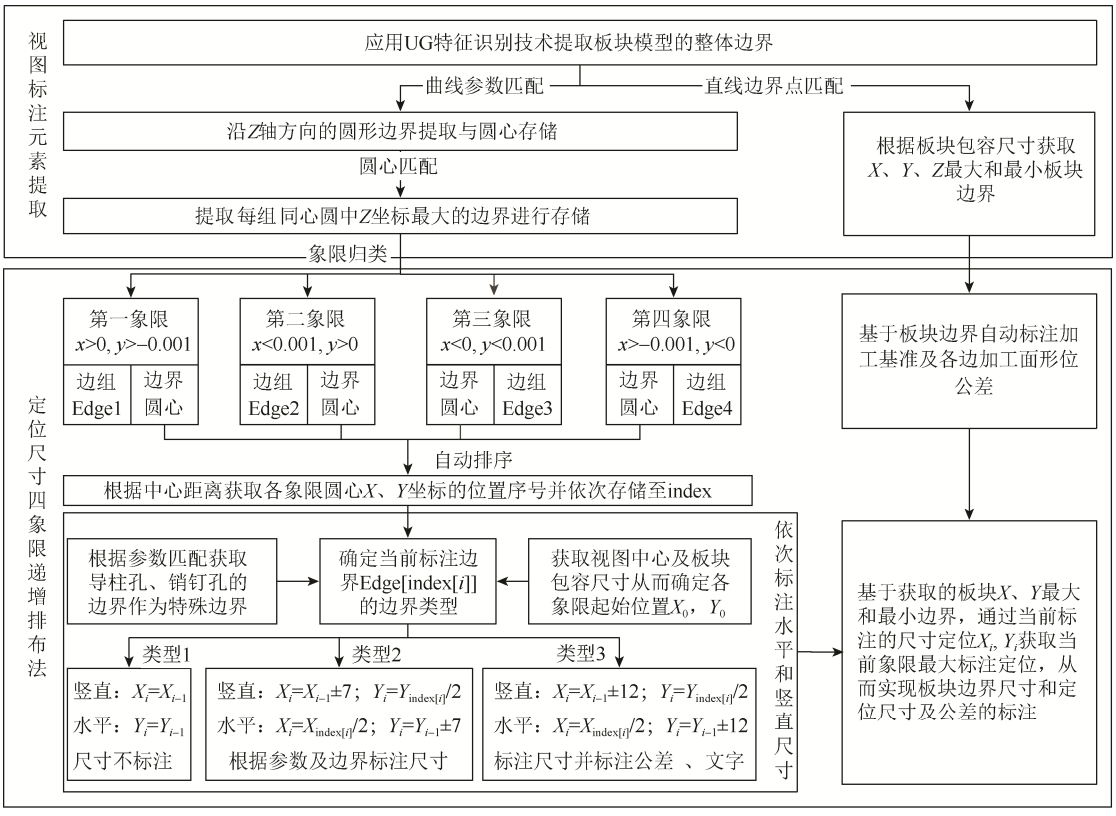

图 5　定位尺寸自动标注过程

表 1　应用的 API 函数及具体功能

应用的 API 函数	函数的具体功能
UF_MODL_ask_body_edges	获取实体边界
UF_CURVE_ask_arc_data	获取圆形边界参数
UF_CURVE_ask_line_data	获取直线边界参数
UF_DRF_create_vertical_dim	创建竖直尺寸
UF_DRF_create_horizontal_dim	创建水平尺寸
UF_DRF_set_object_preference	添加尺寸公差
UF_DRF_set_appended_text	添加尺寸文字

2.3　规格尺寸自动标注

在挤出模工程图中，孔的规格尺寸及其公差和定位是其重要组成部分，由于挤出模各板块模型中包含较多的紧固孔和工艺孔，需要对各种类型的孔进行归类并标注孔的数目与直径。螺钉孔需进行特殊标注，部分工艺孔需标注公差并通过文字进行说明。在实际标注过程中进行尺寸修改添加孔的数目、公差和文字操作繁琐，且文字与尺寸间缺乏关联，增大了修改工作量，降低了模型的容错性，限制了挤出模的出图效率。

针对上述规格尺寸标注效率低的问题，本文总结了板块中阶梯孔、通孔、盲孔及螺钉孔的边界结构特点，并定义了各类别孔的边界知识库。基于定义的边界知识库，本文提出了孔位特征的识别与匹配方法，包括板块边界特征的识别与归类、孔位类型的匹配及孔位特征的信息提取与标注，实现了各板块孔位特征规格、公差与文字信息的自动获取及标注。具体的孔位特征规格尺寸自动标注过程如图 7 所示，应用提出的孔位边界识别与匹配模型及标注方法，能有效解决孔规格、公差及文字说明标注效率低下的问题，减小了重复性工作量，并使各标注元素之间存在关联性，有效提高了模型的容错性。

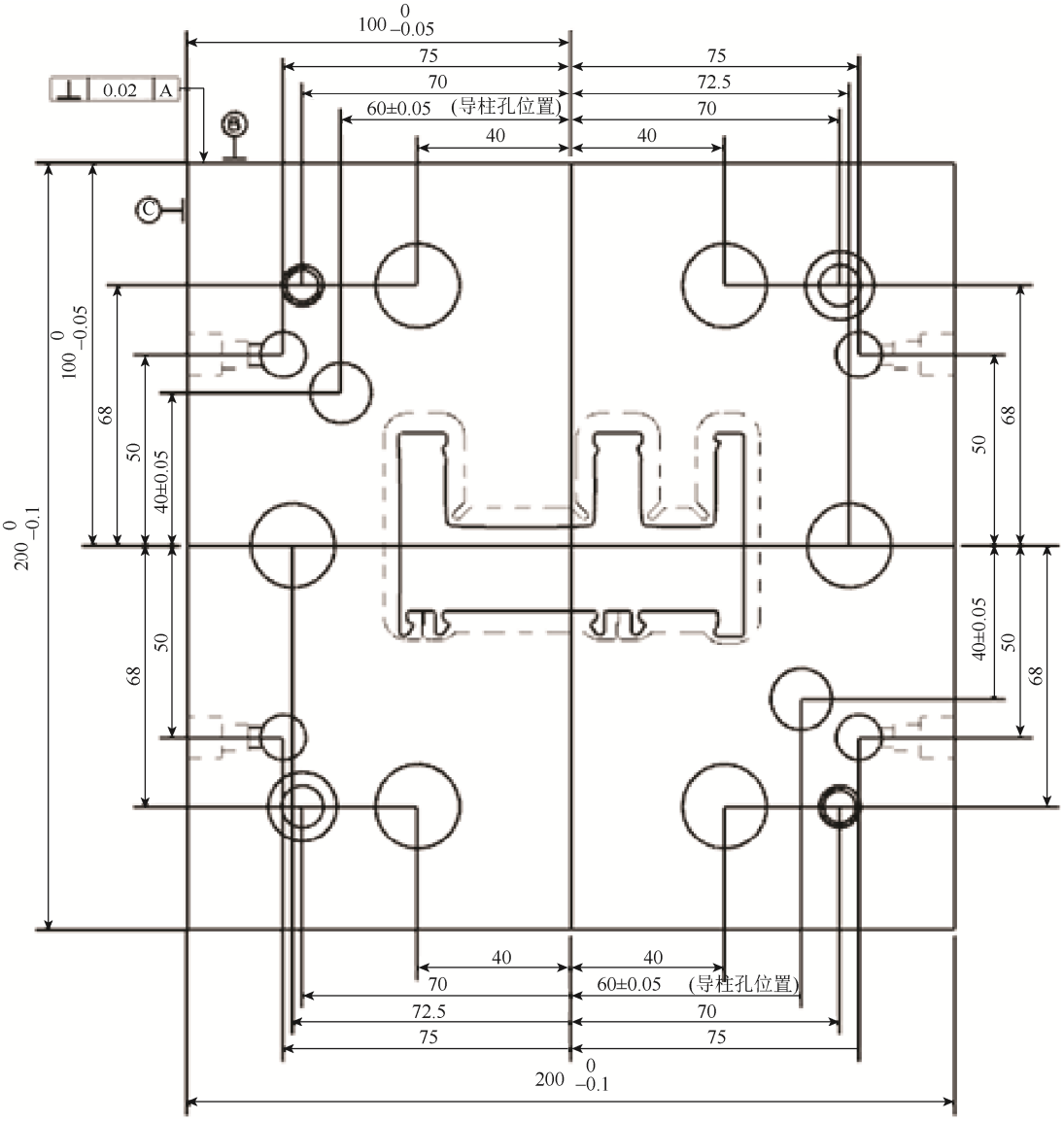

图 6　自动生成的定位尺寸

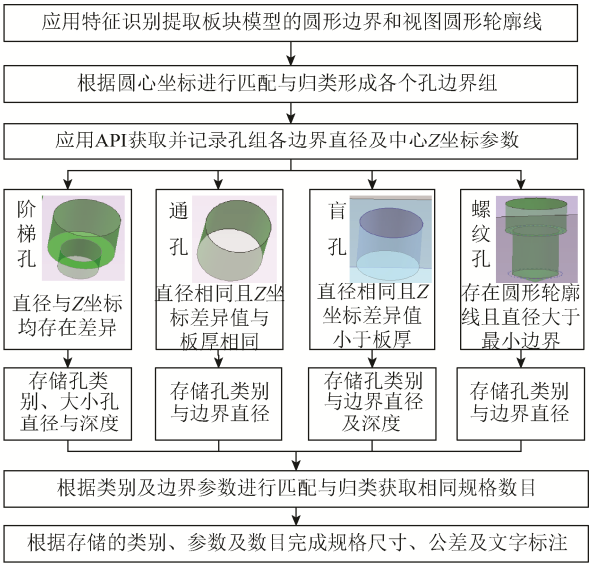

图 7　规格尺寸自动标注过程

3　应用实例

随着 CAD/CAE/CAM 一体化发展，异性材挤出模企业越来越注重三维参数化及智能化挤出模设计，在型腔曲面的设计与标准模架库的建立方法方面展开了大量的研究。然而当前工程图设计效率低的问题限制了挤出模设计的三维化进程，基于挤出模三维模型快速地生成二维工程图已成为行业内的迫切需要。

针对行业内的热点问题，本文以异型材挤出模为研究对象，综合挤出模工程图设计的实际情况，运用 VS2010 MFC、UG/Open API 构建了异型材挤出模工程图自动标注系统，并将板块冗余废线识别方法、孔定位标注元素识别方法、四象限递增排布法及孔特征的识别与匹配方法融入系统之中，实现了冗余废线自动删除、孔特征定位及规格尺寸的自动标注。

挤出模成型板和支架板三维模型如图 8 所示，根据 UG 默认生成的各板块工程图，首先自动提取冗余的型腔曲面引导线及轮廓线并进行删除，得到可标注的视图元素；其次自动提取孔特征的定位标注元素并应用排布方法完成定位尺寸自动标注与排布；最后结合定义的孔特征类型知识库自动标注孔规格尺寸，生成的成型板和支架板工程图如图 9、10 所示。

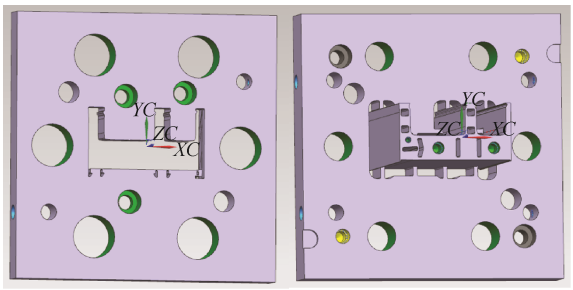

图 8　挤出模成型板和支架板三维模型

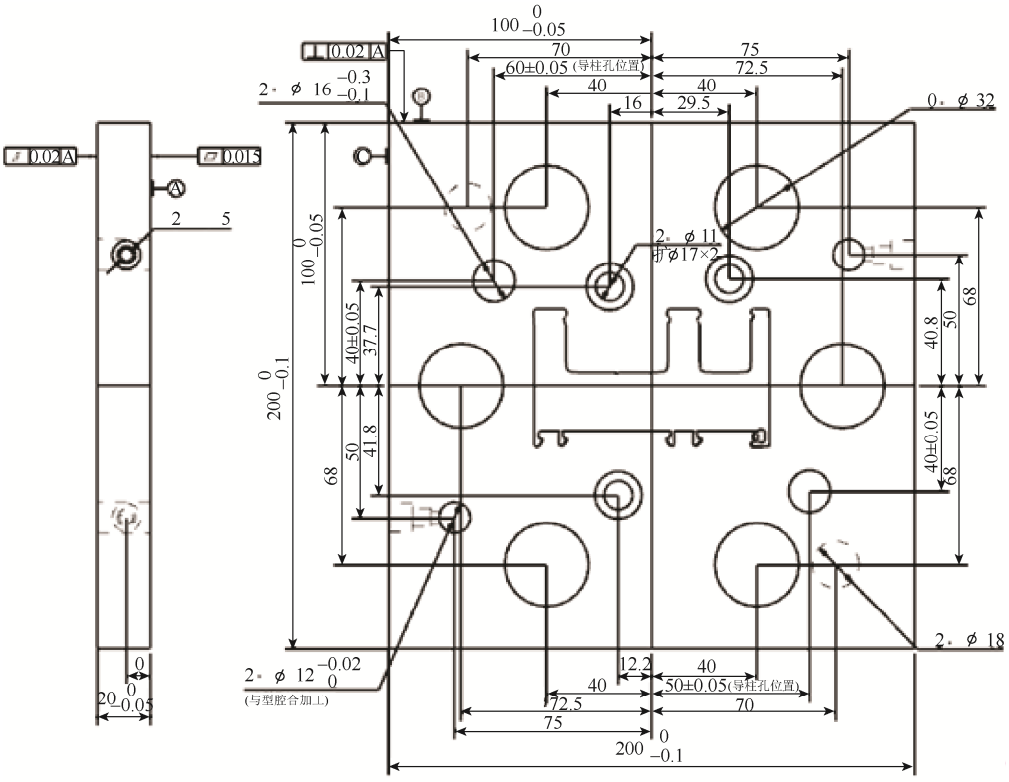

图 9　自动生成的成型板工程图

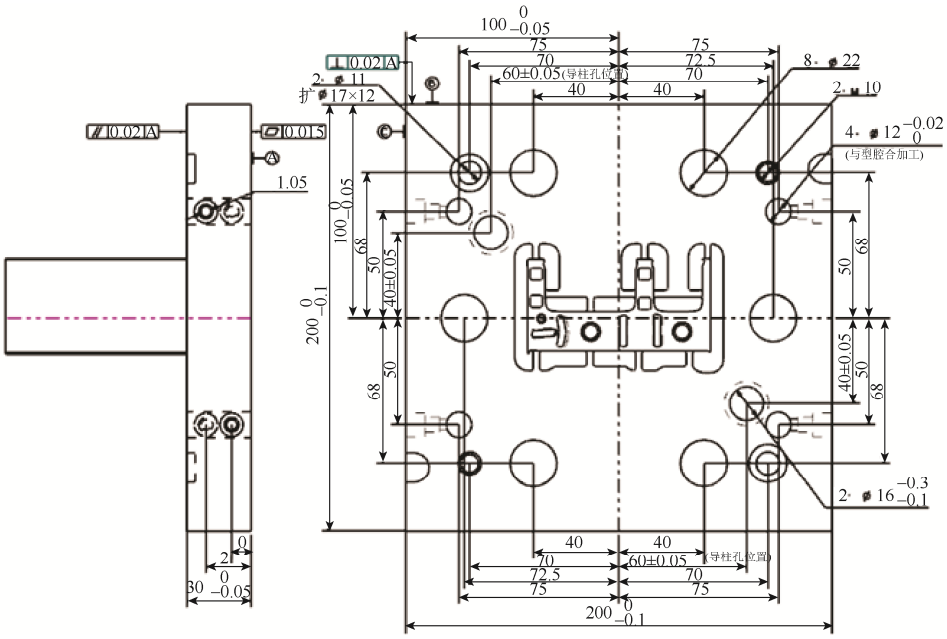

图 10 自动生成的支架板工程图

4 总结与展望

针对挤出模工程图标注效率低下的问题，本文构建了基于 UG 的异型材挤出模工程图自动标注系统。该系统集成了冗余废线识别与删除方法、孔定位标注元素识别与排布方法及孔类型识别与规格标注方法，使工程图标注过程计算机化、自动化。通过该系统设计者可根据挤出模板块模型在较短时间内设计出符合加工要求的工程图，有效解决了删除冗余废线繁琐，尺寸标注与排布效率低的问题，取得了较好的辅助制图效果，不仅能够自动生成所需标注的板块尺寸，人工干预较少，缩短了产品的设计与制造周期，而且生成的尺寸、公差及文字与板块模型关联性强，尺寸排布美观且修改工作量小，提高了工程图的质量，有效促进了挤出模 CAD/CAE/CAM 一体化发展。

在异型材挤出模工程图设计中，涉及到大量不同类型孔的尺寸及位置信息的标注，本文构建的工程图自动标注系统主要是以型腔中心作为尺寸基准进行标注，而对于部分包含不同尺寸基准的挤出模板块模型，自动标注的工程图还需要一定的人工调整。在未来的研究工作中，还将进一步与企业实际相结合，集成挤出模的基准选择原则于系统之中，实现不同特征工艺基准的自动选取，同时完善现有的尺寸自动标注与排布方法，实现基于不同基准的挤出模工程图的自动标注与排布，使本文构建的系统更好地应用于塑料异型材挤出模行业，进一步提高其工程图设计的效率和质量。

参 考 文 献

[1] 张建雨, 冯 刚, 张朝阁, 等. 我国塑料异型材挤出技术研究概况[J]. 工程塑料应用, 2014, 42(5): 125-129.

[2] 王 钰, 刘建强. AutoCAD标注组元信息自动提取的研究[J]. 工程图学学报, 2007, 28(4): 136-140.

[3] 徐艳山. 基于AutoCAD表面粗糙度的自动标注[J]. 机械工程与自动化, 2012, (1): 169-171.

[4] 贺春山, 胡 冰, 杨东喆. AutoCAD程序设计中自动标注尺寸的方法研究[J]. 长春大学学报, 2009, (2): 35-37.

[5] 张 良, 刘雪红, 唐红涛, 等. 塑料挤出模头流道结构CAD系统研究与应用[J]. 工程塑料应用, 2015, 43(7): 77-82.

[6] 李 力, 唐红涛, 郭顺生, 等. 塑料异型材挤出模头模架CAD系统研究[J]. 塑料工业, 2015, 43(4): 37-41.

[7] 魏永乐, 晁彩云, 吕 鹏. 建立零件特征模型及其向工程图转化[J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2013, 32(5): 680-683.

[8] Li C L, Lee Y H, Yu K M. Automatic datum dimensioning for plastic injection mould design and manufacturing [J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2005, 28(3): 370-378.

[9] 袁 波, 黄 钢, 孙家广. 一种尺寸自动布局算法[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2000, 40(1): 61-64.

[10] 张闻雷, 杨 鹏, 严智远, 等. 基于形体分析的零件尺寸自动标注[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2012, 33(2): 262-266.

[11] Celik K F, Chitkara N R. Extrusion of non-symmetric U-and I-shaped sections through ruled-surface dies: numerical simulations and some experiments [J]. International Journal of Mechanical Sciences, 2002, 44(1): 217-246.