异型折叠纸盒 CAD 系统尺寸标注方法的研究

黄利强，吴德宝，黄 岩
（天津科技大学，天津 300222）

摘要：因为异型折叠纸盒结构复杂，使得其尺寸标注存在一定的难度。提出了在 OpenGL 开发环境下，通过对尺寸要素的函数封装和参数解析等方法，实现了异型纸盒尺寸的自动标注。研究结果表明，这种方法可以达到标注要素完整、布局合理等要求。

关键词：折叠纸盒；尺寸标注；包装设计
中图分类号：TB484.1；TB482.2　**文献标识码**：A　**文章编号**：1001-3563(2011)13-0035-04

Study on Dimension Method of Unusual Folding Carton CAD System

HUANG Li-qiang，*WU De-bao*，*HUANG Yan*
（Tianjin University of Science & Technology，Tianjin 300222，China）

Abstract：Unusual folding carton structure is irregular in shape；it is difficult to realize appropriate automatic dimension. A new method of design ideas and solutions about automatic dimension of package carton was put forward，which was based on OpenGL technology with some sealed functions and parameter analysis. The result showed that this method is able to meet the demand of integrality and reasonable layout for all kinds of dimension of unusual folding cartons.

Key words：folding carton；dimension；packaging design

纸盒 CAD 软件开发中尺寸标注是研究的重要方面，要根据用户需求精确地在绘制出的纸盒平面结构展开图上标注出主要的设计参数，以指导纸盒生产实际，过于复杂的尺寸标注方式会降低 CAD 系统的整体性能。随着纸盒 CAD 软件技术的发展，尺寸标注必然朝自动化方向发展，而针对结构复杂的异型折叠纸盒，因其结构变化多是在基本结构的基础上通过一些特殊的设计技巧加以变化而来，或通过普通折叠纸盒的基本成型方法利用异型盒面直接成型，其尺寸标注应用传统的算法往往很难完成[1]。笔者讨论一种基于 OpenGL 三维开发环境下对异型折叠纸盒尺寸标注的方法。

1　尺寸标注的基本思想

在纸盒结构设计过程中，尺寸标注可以将纸盒结构中各部分盒片的大小及相互位置关系表达出来，是了解纸盒结构的最直接的方式。另外，在纸盒生产过程中，完整的尺寸标注是用来指导生产实际的重要依据[2]：模切版的制作需要根据纸盒结构尺寸来确定，对于手工模切版，没有合适的尺寸标注无法完成；纸盒的拼排方式和数量与纸盒结构单元尺寸密切相关，且裁切线选定同样需要尺寸标注进行检验；纸盒装潢设计离不开尺寸标注；一些特种印刷方式需要用尺寸标注来定位；纸盒的成型工序，同样要以尺寸标注为依据。

尺寸标注、圆弧尺寸标注以及角度标注是纸盒平面结构图中 3 种尺寸标注形式，尺寸线、尺寸界线、尺寸数字和箭头是其主要要素，单箭头和双箭头是尺寸线箭头的 2 种形式；尺寸标注方位有水平、竖直和倾斜之分；可以根据实际情况将尺寸数字标注在尺寸界线内部或外部[3]。一般使用 0～9 等 10 个数字以及“R”，“Φ”，“°”等相关字符标注尺寸数值。

尺寸线、尺寸界线、尺寸数字和箭头这 4 个要素可被看成平面内的一个点集。给定参考点的坐标以

收稿日期：2011-04-24
基金项目：天津市高等学校科技发展基金计划项目(20061026)
作者简介：黄利强(1972－)，男，陕西凤翔人，天津科技大学副教授，主要研究方向为食品包装、包装结构。

及其它尺寸标注中的特征参数，就可算出点集中各个元素的坐标值，以一定的顺序将这些数值连接起来即可得到尺寸界线、尺寸线、尺寸数字和箭头，从而实现尺寸的自动标注功能。为了使任意位置、任意方向的尺寸标注能够完成，还可根据方向角 α 及参考点坐标 (x_0, y_0) 经旋转和平移变换得到点集中各点的坐标值，其数学模型为：

$$[X^* \quad Y^* \quad 1]=[x \quad y \quad 1]\begin{bmatrix}\cos\alpha & -\sin\alpha & 0\\ \sin\alpha & \cos\alpha & 0\\ x_0 & y_0 & 1\end{bmatrix}=$$

$$[x_0+x\cos\alpha-y\sin\alpha \quad y_0-x\sin\alpha-y\cos\alpha] \qquad (1)$$

2 异型折叠纸盒尺寸自动标注功能的实现

由于尺寸要素中尺寸界线、箭头及尺寸线的绘制方式与尺寸数字的显示方式不同，因此在程序中需要分别对两者进行设计。

2.1 尺寸线、尺寸界线及箭头的绘制

2.1.1 线段尺寸标注

线段尺寸标注的模型见图 1。箭头的倾角为

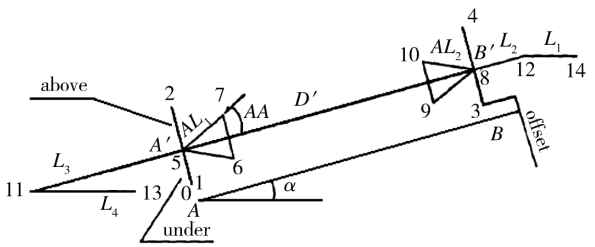

图 1 线段尺寸标注模型

Fig. 1 Dimension model of segment

AA，尺寸引出线的长度为 L_1，L_2，L_3，L_4，尺寸线为 58，尺寸界线为 12，34，箭头的长度为 AL_1，AL_2，箭头的形状及其相对于尺寸界线的位置（内置或外置）的改变可以通过 AL_1，AA 大小与正负号的变化实现。标注的目标线段为 AB，尺寸界线与标注线段之间的偏移量为 offset，线段 AB 与水平线之间的夹角为 α，显示尺寸数字的起始点位置表示为 D'，通过 D' 位置的改变可以改变尺寸数字的显示位置，尺寸界线位于尺寸线的上半部分及下半部分的长度分别表示为 above 和 under。在尺寸标注点集中，参考点（或基点）设为 A 点，相对基点可确定其它特征点的位置。倾斜标注时只需将尺寸要素点集绕基点 A 旋转 α 角即可[1-3]。

2.1.2 圆弧尺寸标注

圆弧尺寸标注的模型见图 2。其中，标注的半径

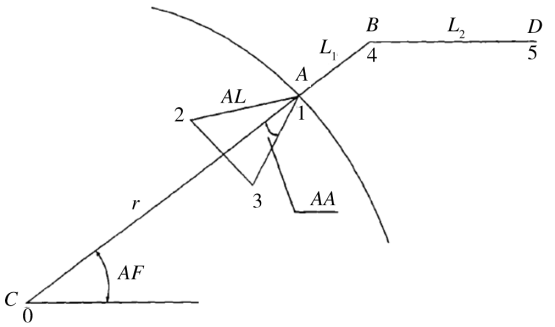

图 2 圆弧尺寸标注模型

Fig. 2 Dimension model of arc

尺寸为 r，圆弧尺寸标注中尺寸线与水平线之间的夹角为 AF，引出线为 AB，BD[1]。

2.1.3 角度标注

角度标注模型见图 3。标注的目标角为角 AF，

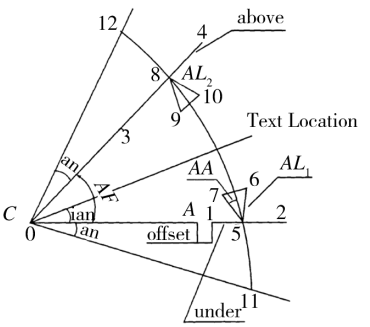

图 3 角度标注模型

Fig. 3 Dimension model of angle

尺寸数字的起始点位置由 ian 确定，超出尺寸界线的尺寸线的弧长（即 8－12 和 5－11 2 条弧的长度）用 an 确定，角度尺寸标注的基准点为 C，其余同上述。

2.1.4 尺寸线、尺寸界线及箭头绘制函数的封装

尺寸标注模型一般都是由尺寸线、尺寸界线以及箭头这 3 部分构成，因此可以先对尺寸标注模型进行拆分，然后分别为各部分封装绘制函数。由于每个异型盒需要标注尺寸的位置不尽相同，标注形式也不相同，所以系统在设计尺寸标注模块时，为每个造型的异型盒都构造了一个与之相对应的尺寸标注模型绘制函数，在这个函数中充分调用了之前封装定义的绘制函数，最终实现异型盒整体尺寸的标注。正六棱柱管式异型盒长度尺寸标注见图 4a，其原始模型见图 4b 所示线段尺寸标注模型，下面就具体讨论其中各

部分要素绘制函数的封装定义。

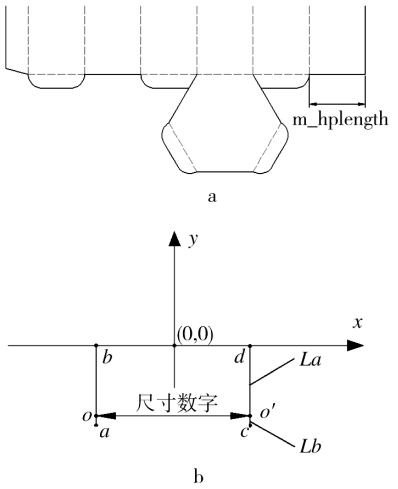

图 4　正六棱柱管式异型盒长度尺寸标注模型

Fig. 4 Dimension model of length of regular hexagonal prism type unusual folding tubular carton

1) 尺寸线绘制函数的定义。尺寸线是一条线段,其长度应该与所要标注盒片的尺寸保持一致,对于异型盒尺寸标注来说,尺寸线的长度可以等于异型盒的长度、宽度或者高度等,因此需要为尺寸线封装定义所有可能与盒片尺寸相同的函数。定义尺寸线绘制函数只需要确定线段 2 个端点的坐标即可,见图 4b 中 o,o'两点的坐标。在图 4a 的尺寸标注中,oo'指示正六棱柱管式异型盒的长度值 m_hplength,所以 o,o'两点的坐标分别为 - m_hplength/2 和 m_hplength/2。接下来只需要仿照线段绘制函数的程序代码即可完成尺寸线绘制函数的封装。

2) 尺寸界线绘制函数的定义。尺寸界线同样为线段,其起始位置应该从所标注盒片的边界开始。对于尺寸界线来说,不存在尺寸线那样可以表示多种尺寸的情况,它可以只有一个长度。尺寸界线又被尺寸线分割为上、下 2 部分(见图 4b 中 La 和 Lb),尺寸线以上部分的长度为尺寸数字的高度、尺寸数字与尺寸线之间的距离以及尺寸数字与所标注线段之间的距离 3 部分的总和,它与尺寸线以下部分的长度都严格按照 CAD 工程制图规则(GB－T 18229－2000)进行设计。

3) 箭头绘制函数的封装。箭头是由三角形面片来表示的,其顶点为尺寸线的端点,箭头的尺寸同样按照 CAD 工程制图规则(GB－T 18229－2000)进行设计。对于三角形面片来说,其基本绘制方法与三角形基本相似,但同时存在着本质差别。

与单纯结构意义上的三角形有所不同,三角形面片的绘制有正面(Front)和背面(Back)之分,在显示时,不同的面朝向观察者显示效果可能会不一样。缺省状态下,OpenGL 规定逆时针旋向为朝前的,顺时针旋向为朝后的,因此三角形各顶点定义的顺序和方向就显得尤为重要。见图 5,指定顶点次序为 V_0,V_1,

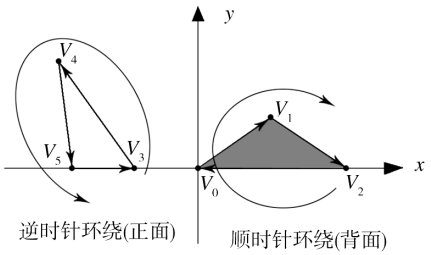

图 5　不同环绕方向的三角形面片

Fig. 5 Triangle panels with different surrounding direction

V_2,即顺时针旋向,则构成的三角形显示为三角形面片的背面;若指定顶点次序为 V_3,V_4,V_5,即逆时针旋向,则会显示三角形面片的正面。

了解三角形面片的绘制规则之后,就可以进行尺寸标注箭头的绘制,主要用到函数 glPolygonMode(),函数原型为:

void glPolygonMode(GLenum face, GLenum mode);

其中,参数 face 控制绘制多边形的哪一面,可取值有 GL_FRONT(正面)、GL_BACK(背面)、GL_FRONT_AND_BACK(两面);mode 表示多边形的绘制方式,可取值有 GL_POINT(绘制顶点)、GL_LINE(绘制轮廓)、GL_FILL(填充多边形)3 种。

2.2　尺寸数字的显示实现

在尺寸标注中,最重要的是尺寸数字的显示,它可以清晰地向用户展示纸盒各部分构件的结构尺寸。一直以来,OpenGL 状态下文字的显示都是一个难点,而笔者采用了嵌套显示列表的方法,不但可以显示尺寸数字,还能够任意指定尺寸数字的显示位置,以及根据尺寸标注的需要对尺寸数字进行旋转[4－6]。

系统为尺寸数字创建了 COpenGLText 类,并且通过嵌套显示列表来封装 OpenGL 文字处理的相关信息。几乎所有的 Windows 应用程序都包含了文本输出,3D 应用程序也不例外,Microsoft 通过 2 个新的 wgl 函数向 OpenGL 提供 TrueType 字体的支持,第 1 个函数 wglUseFontBitmaps 可以创建一系列字体字符位图,用于在双缓冲的 OpenGL 窗口中实现 2D 位图文本的输出,与一般位图类似,位图字符也是直接光栅化输出的,因此无法对其实施旋转、缩放等

变换;第 2 个函数 wglUseFontOutlines 可以创建 3D 文本效果的字体模型,用于轮廓文本的输出,与位图文本有所不同的是,轮廓文本是使用二次 B 样条曲线来进行描述的,因此可以像操作一般几何图元一样对其进行旋转、缩放等变换[7]。

对于纸盒尺寸标注数字来说,有时候需要适当地对其进行旋转,因此系统选择采用 wglUseFontOutlines 函数来创建尺寸标注字符。该函数为从字符编码开始的 count 个字符分别创建一个显示列表。另外,还需要设置文本的相关属性,所有信息都被封装在 GenCharsLists(char * strFontName)函数中。

由于尺寸数字之间的间隔需要由程序驱动来进行调整,因此系统在 COpenGLText 类中增加了 GenList()函数,文本属性的设置完成之后,需要对文本进行显示,系统为尺寸数字的显示建立了 Draw(char * strFontName)函数。

通过封装 COpenGLText 类完成尺寸数字的属性设置之后,在对纸盒进行尺寸自动标注时,只需要确认尺寸数字的显示位置,然后为其指定即将显示的相应尺寸变量,并将用户设计时通过对话框输入的尺寸参数传递给该变量,最终使纸盒的尺寸参数被标注在指定位置上。仍以图 4a 正六棱柱管式异型盒长度尺寸标注为例,用户在设计过程中输入的长度尺寸参数已由变量 m_hplength 获得,那么在显示尺寸数字时,只要获得变量 m_hplength 中的内容,并对其输出类型做转换,然后指定输出位置就可以显示正六棱柱管式异型盒的长度值[8-9]。

2.3 尺寸自动标注

为了能够更加直观地展示纸盒各部件的结构尺寸,用户可以选择尺寸自动标注功能对纸盒进行快速标注。管式异型盒尺寸标注的效果见图 6。

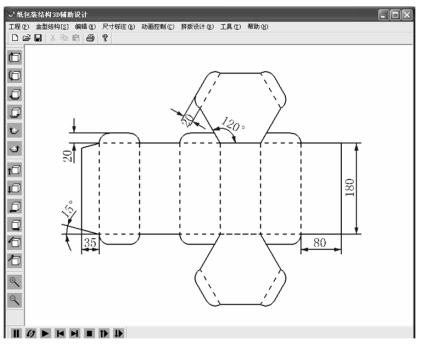

图 6 管式异型盒尺寸标注效果

Fig. 6 Dimension effect of unusual folding tubular carton

除了尺寸自动标注模块之外,用户可以通过在对话框中输入纸盒的制造尺寸来修改尺寸自动标注模块显示的设计尺寸,以指导纸盒的生产过程。尺寸参数解析对话框界面见图 7。在输入解析参数之前同样需要先选择用户之前设计完成的是哪一款纸盒。

图 7 参数解析对话框

Fig. 7 Dialog of parameter analysis

3 结语

在以往的纸盒 CAD 系统设计过程中,尺寸标注一直作为一个难题没有得到较好的解决方法,而大部分已具有尺寸标注功能的纸盒 CAD 设计软件也大多是基于 AutoCAD 进行的二次开发。论述了使用 OpenGL 开发环境实现尺寸标注的方法和实现过程,可快速实现纸盒的尺寸标注,使纸盒尺寸标注实现更加精确和容易。

参考文献:

[1] 梁朝虎,尚久浩,王德忠. 包装纸盒 CAD 中尺寸的自动标注[J]. 包装工程,2000,21(3):38.

[2] 魏娜. 包装纸盒三维成型系统研究与开发[D]. 天津:天津科技大学,2007.

[3] 孙诚. 包装结构设计[M]. 第 3 版. 北京:中国轻工业出版社,2008.

[4] RABBIT A. Structural Package Designs[M]. PEPIN Press, 2003.

[5] GARROFE J M. Structural Greetings[M]. PAGEONE Press,2007.

[6] 王德忠,方健. 纸盒结构参数化设计[J]. 西北轻工业学院学报,2002,20(4):89.

[7] 黄利强,杨淑惠. OpenGL 在包装 CAD 三维图形处理中的应用[J]. 中国包装,2001(6):72-73.

[8] 黄岩,孙诚. 基于 OpenGL 的管式异型盒三维设计研究[J]. 包装工程,2008,29(10):152-154.

[9] 高佳宏,朱梅玲,王琳. 包装纸盒盒型参数化设计应用程序的开发与实现[J]. 包装工程,2006,27(1):135.