

基于关系型数据结构的图形参数化方法*

聂 卉

(中山大学科学计算与计算机应用系, 广州 510275)

摘 要: 通过对关系型数据结构的分析, 提出图形参数化的概念, 并且给出一种基于关系型数据结构的数据结构的图形参数化方法. 该方法从图形数据及结构入手, 通过记录图形参数及图形设计过程生成参数化图形, 在实际应用中, 方便通用, 行之有效.

关键词: 关系型数据结构; 图形参数化; 参数化作图; 拓扑关系; 几何约束

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

图形参数化的概念由参数化设计而来. 参数化设计一般是指设计产品形状比较定型, 用一组参数约束该几何图形的一组结构尺寸序列, 参数与设计对象的控制尺寸有显示对应, 当赋予不同的参数序列值时, 就可驱动原几何图形达到新的目标几何图形^[1].

图形参数化从图形数据参数化的角度出发, 通过参数值的变化驱动原始图形发生变化, 从而获得所需图形. 实现图形参数化有多种方法, 本文给出的方法是利用关系型数据结构, 通过在作图过程中记录参数及参数化的作图过程来建立参数图形, 其中驱动参数, 拓扑关系和几何约束都包含在图形数据中, 改变驱动参数、约束关系, 图形即发生相应变化. 运用此方法, 在作图过程中, 无需编程, 不受系统特定步骤的限制, 不受图形复杂性的制约, 操作简单, 能够快速生成目标图形.

1 关系型数据结构的建立

由上述概念可知, 参数化 CAD 系统的数据结构不仅要记录图素的几何信息, 而且要以“关系”的形式记录图素的引入方式(即图素的定义类型)和引入时所依据的其他图素和参数值. 在“关系”的基础上, 系统按图素的定义类型设计了对应的重算算法, 当改变一个图素参数时, 重算操作自动执行, 按数据结构中保存的关系, 修改相关联的其它的图素, 整个设计过程在新参数的驱动下重新执行一遍, 达到参数化设计修改的目的.

以图 1 为例说明参数化图形的内部数据结构. 假设用户的绘制步骤如下:

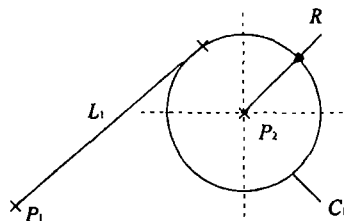


图 1 直线和圆相切

* 收稿日期: 2000-09-27; 作者简介: 聂卉 (1971~), 女, 博士研究生.

Step0: 设定图形控制参数 a 和 b 的值

Step1: 建立基点 P_1

Step2: 选择 P_1 , 设定相对坐标 $(\Delta X, \Delta Y)$, 生成相对点 P_2

Step3: 选择 P_2 , 设定圆半径 $R = a/2 + b$, 生成圆 C_1

Step4: 选择 P_1 , 圆 C_1 , 生成切线 L_1

依据以上步骤, 在交互式的作图过程中, 系统自动将图素类型, 图素定义类型(引入方式)和对应参数记录下来. 表1为图1中每个图素存储的参数数据. 图2为参数化图形内部存储结构.

表1 图素的数据存储内容

图素	定义类型	参数	说明
P_1	独立点	无	不受任何其他图素影响的基点, 无任何参数
P_2	相对点	$P_1, \Delta X, \Delta Y$	以独立点 P_1 为基准, $(\Delta X, \Delta Y)$ 为针对 P_1 的相对坐标
C_1	圆	P_2, R	以 P_2 为圆心, $R = a/2 + b$ 为圆半径, R 由参数 a, b 确定
L_1	过点到圆的切线	P_1, C_1	过 P_1 到 C_1 的切线

当修改某一图素的参数时, 系统按上述存储结构遍历参数数据, 自动调用重算函数(Recalculate), 重算函数依据数据结构内保存的定义类型和参数进行几何推理, 修改相关图素. 由此看出, 记录交互式作图过程的关系型数据结构反映了图素间的拓扑关系和几何约束. 保存在数据结构内的关系也可随时被查询, 修改或重新生成, 真正达到图形参数化设计的目的^[2].

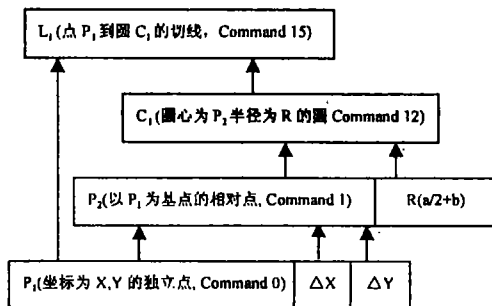


图2 参数化图形内部存储结构

2 参数图形的生成

基于关系型数据结构, 参数和参数图形的设计过程一起决定图形, 生成所谓参数图形文档. 参数图形文档把不同的实体对象按照不同的数据形式存储, 其内容通常分为两类: 一类是图素的几何特征数据, 包括图素类型, 引入方式, 驱动参数等. 另一类是图素的属性数据图素的几何特征数据蕴涵了图素间的拓扑关系和设计关系, 是实现参数图形的关键. 参数图形的生成基于两种技术: 参数与参数化图形设计过程的记录及驱动参数图形变化的重算算法.

2.1 参数的记录

一般来说, 图形参数都是在交互式的绘图过程中设定的. 它包括已生成的图形元素(如各种引入方式的点, 直线, 曲线, 圆弧等)以及执行某项绘图命令所必须的数值类型的参数(如绘制圆, 需要提供半径).

其中, 第一类图形参数的获取通过图素拾取的方式. 在绘图过程中依次生成的图形元素用链表或数组联接, 通过对链表或数组的访问实现图素的拾取. 拾取到的图素对象以其在链表或数组中的位置(索引值)为标志, 存储在图形数据中. 通过对图素的拾取建立各

图素之间的拓扑关系, 实现图形的特征联动^[3].

第二类图形参数多为数值或具有数值结果的变量表达式, 如在绘制服装衣片时, 确定衣片的胸宽线, 需用到表达式 $B/4 + 2$ (B 为控制衣片宽度的人体胸围尺寸). 数值参数, 表达式参数, 各种标志参数均以字符串的形式存储在图形数据中. 重算算法引用这些参数时, 要先进行语义分析, 转换为合理的数值后执行重算操作. 数值表达式的输入实现相关参数联动, 达到由若干参数控制生成复杂图形的目的.

2.2 参数图形设计过程的记录

用户每设计一幅图形, 系统就通过关系型数据结构记录图形的形成历史, 即图形的全部设计过程. 它实际上是一系列有序的作图命令及其输入的集合.

设系统提供的所有作图命令均设定成代码, 如 Command0 ~ Command9 对应 10 种生成点的操作, Command10 ~ Command14 对应 5 种生成圆弧的操作, 依次类推其他命令. 则以图 1 为例, 列出参数图形设计过程的命令序列和相关参数.

表 3 参数图形设计过程的命令序列和相关参数

命令序号	命令代码	输入参数	重算结果
1	Command0(独立点操作)	(X, Y)(数值)	确定点 P_1
2	Command1(相对点操作)	P_1 (点索引), ($\Delta X, \Delta Y$)(数值)	确定点 P_2
3	Command12(圆操作)	P_2 (点索引), R (表达式)	确定圆 C_1
4	Command15(点到圆求切线操作)	P_1, C_1 (圆索引)	确定切线 L_1

对比表 3 和图 2, 可以看出, 有序的作图命令已经溶入参数图形的数据结构中, 和输入参数一起存储在图形数据文档里.

2.3 图形数据的重算和显现

参数作图过程的记录构建了完整的参数信息模型, 该模型以拓扑关系和几何约束为核心, 是实现参数驱动, 图形重算和显现的根本依据. 图形的重算和显现即利用参数信息模型, 通过改变图形参数, 重新按次序执行作图命令, 生成新图形. 系统的内部处理分两步: 首先, 在编辑状态下设定新参数, 控制整个图形的外部参数 (图 1 中的 a 和 b), 或单个图素及其具体参数 (图 1 中的 $P_1, P_2, C_1, \Delta X, \Delta Y, R, X, Y$). 然后, 遍历关系型数据结构, 跟踪每个图素的形成过程, 根据变化了的参数, 依不同的作图命令, 自动调用相应的重算算法, 进行重新计算和几何推理, 刷新屏幕, 将存储信息转化为图形显示, 实现参数图形的显现.

3 图形参数化在服装样板 CAD 系统中的应用

本文讨论的基于关系型数据结构的参数化图形设计方法最适用于服装样板 CAD 系统. 我们知道, 服装裁剪图是一个典型的参数化图形, 通常以人体部位的尺寸值作为样板的控制参数且作图过程中常常用到公式绘图. 设计样板时, 控制参数一般设定为标准体的规格尺寸, 通过对标准体的作图建立参数化的标准型号样板. 当我们需要进行自动放码 (自动绘制其他型号规格的样板) 或量身定做 (针对单个需求, 绘制特殊规格尺寸的样板) 时, 只需通过选择和重新设置控制参数的值, 即可获得其它规格的或单个需求的服装样板. 同时, 参数化了的服装样板图非常便于设计师对样板进行修改调整. 服装样板的调整多为微

小的尺寸差异,如胸围加宽 2 cm,袖山线抬高 1 cm 等等,参数化了的样板图形只需针对变化部位重新设定其参数,即可达到对整块样板调整的目的。

在服装样板 CAD 系统中实现图形参数化的关键是细致分析系统需求提出的交互式绘图操作命令,归纳总结出对应的图素定义类型(引入方式)及其驱动参数,以此建立完善的关系型数据结构,这是实现参数图形的核心所在。

作者已运用此方法,在 Windows 2000 平台上用 Visual C++ 6.0 开发出一套参数化的服装 CAD 打板系统。图 3 所示为建立在参数化图形数据基础上的自动放码效果。

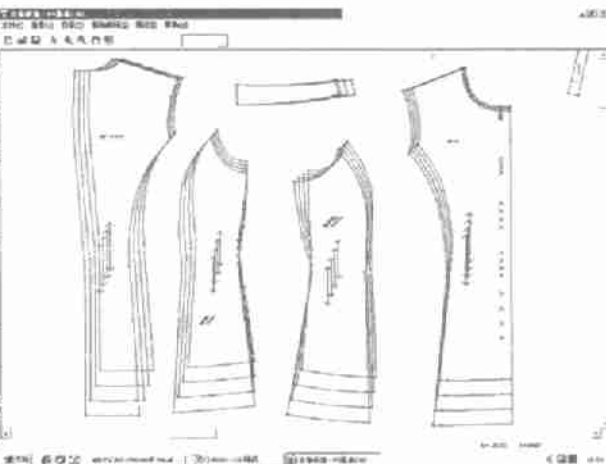


图 3 参数化样板的自动放码

本文提出的基于关系型数据结构的数据参数化方法从图形数据及结构入手,通过对图形参数及其图形设计过程的记录建立生成参数化图形。图形数据即描述了图形的几何形状,也描述了图素之间的拓扑关系和相互约束,运用面向对象的动态算法,通过直接操纵图形数据,将存储信息转化为图形显示,实现真正意义上的参数图形化。

参考文献:

- [1] 童秉枢. 参数化计算机绘图与设计. 北京: 清华大学出版社, 1996. 1: 20~21, 170~195.
- [2] 林峰, 颜永年, 卢清萍, 等. 基于图形数据的数据参数化方法. 计算机辅助设计与图形学报, 1993, 5(3): 184~190.
- [3] 邵平平. 基于参数化作图的数据参数化方法. 计算机辅助设计与图形学学报, 1995, 7(3): 202~206.
- [4] 蓝箭, 张荣成, 王耕耘, 等. 基于图的数据参数化设计方法. 计算机辅助设计与图形学学报, 1997, 9(4): 356~361.
- [5] 董金祥, 葛建新, 高屹, 等. 变参绘图系统中约束求解的新思路. 计算机辅助设计与图形学学报, 1997, (9) 6: 513~519.

A Graphic Parameterized Method Based on Relational Data Structure

NIE Hui^{*}

Abstract: By analyzing relational data structure, the paper presents the concepts of design parametrization and a new graphic parametrization method based on relational data structure is given. The method starts with graphics' data and structure, by recording the parameters of drawing and the process of parameterized drawing, graphics is available quickly.

Keywords: relational data structure; graphic parametrization; parameterized drawing; topology relations; geometry restriction

^{*} Department of Scientific Computing and Computer Application, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China