

CAD 建模中的草图约束处理

杨洪波

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春130022)

摘要 介绍了CAD技术中适合于工程设计人员使用的草图功能。着重论述了草图约束的概念, 分析探讨了尺寸约束和几何约束的类型及处理方法。

关键词: 草图; 尺寸约束; 几何约束

1 引言

CAD技术的推广和应用, 不仅取决于CAD软件本身是否具有强大的产品建模, 动态模拟, 工程绘图, 组合装配, 综合分析, 数控加工, 质量控制等功能, 还要有实用方便的用户界面, 适合工程师设计习惯的软件工具。目前, 世界各CAD软件开发公司都把它作为能否被用户认可接受的重要因素, 而加以重点开发。所以当今的CAD软件在建模过程中都加入了“草图”功能, 它允许设计者根据自己创造性的想象力在计算机屏幕上任意而快速地完成自己的设计构思, 而不必考虑它的精确尺寸、定位等细微处的特征问题, 当构思设计完成以后, 设计师要对所设计的“草图”进行精确处理, 确定“草图”中的几何实体的尺寸关系和几何关系, 即给“草图”加约束条件。传统的设计方法就是在图板上绘制工程图纸, 但它有一个致命的弱点, 就是一旦设计某处修改, 与其相关的图纸都要重绘新制, 增加了设计人员的劳动强度和设计周期。而CAD技术中的“草图”功能通过加入约束条件, 可使工程师们对以草图为基础建立的三维实体模型、二维工程图或装配图的任何一处的几何体做尺寸、剪裁、移动等编辑修改后, 与其相关的几何体的形状和尺寸数值自动得到更新。这种相关的约束关系伴随着整个设计过程, 约束条件的处理决定着采用CAD技术进行产品参数化设计的好坏, 是设计过程的关键。

2 概念

·草图。它代表几何体的一个粗糙的逼近, 意即仅仅是定义一个模型的粗略“外形”。这个粗略模型可通过精确表达成为真正的模型。

·草图坐标系(SCS)。草图坐标系(SCS)与工作坐标系(WCS)之间有着重要的关系。在建立草图时, 你选择的坐标系成为SCS, 它总是系统坐标系(CSYS)的一个平面, 而且会自动成为WCS的XY平面。因而你总是在WCS的XY平面上构画草图。例如, 如果草图平面选择的是CSYS下的 X_c-Z_c 平面, 那么 X_c-Z_c 轴就会自动地转换为WCS的X-Y轴。虽然你实际正

在 X_c-Z_c 平面中作草图,但屏幕显示的你正在 WCS 的 $X-Y$ 平面中作草图。一旦你离开草图操作,执行某些其它操作。你的草图又恢复到 X_c-Z_c 平面。

- 草图自由度。指在草图中标明在某一个方向上未加约束,是自由的。
- 草图基准。一个基准是一个固定点,它把一个草图点栓在一个规定的位置上。

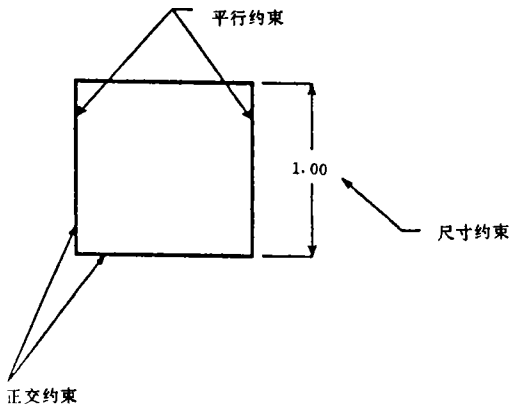


图1 几何和尺寸约束

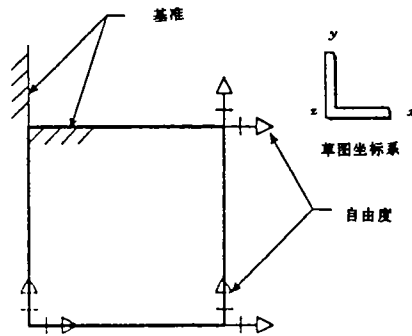


图2 基准 自由度 草图坐标系

•草图约束。是指可以用于精确表示和限制草图的方法。它包括尺寸约束和几何约束。

尺寸约束:是标量或表达式,它限制某些几何实体的几何尺寸。如:一条线的长度,一个弧的半径,或两点间的距离。

几何约束:可以是一个与另一个或多个几何体间的关系表达。它是对几何体之间的强制限制。如:一个几何约束可以要求二直线正交或平行或成某一个角度。

3 草图的建立

把一个完整的构思通过草图来实现,需要完成图3所示过程。

在框图中,选择草图平面是很重要的。它选择方法很多,可以是缺省的 WCS 平面,也可以是 CSYS 中的任何平面,如果在一个实体表面建立一个草图,可以选择实体表面。草图实体的建立与普通的几何实体建立一样,只是不必给它输入精确的数值,而任意勾画。

另外草图的建立是否完成要看它是否被完全定义,即它要充分约束,不存在任何自由度。这样才能使以后不论对草图还是由草图生成的特征模型,在编辑修改时,保持各几何体的相关一致性。

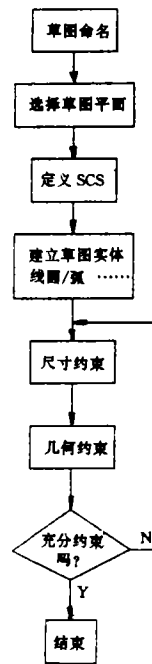


图3 草图建立过程

4 尺寸约束和几何约束处理

(1)尺寸约束。它决定了在草图坐标系下,对草图几何体的尺寸要求。尺寸约束包括:

•Horizontal	水平尺寸	•Angular	两直线间角度尺寸
•Vertical	垂直尺寸	•Radius	圆弧半径尺寸
•Parallel	平行于两端点的尺寸	•Diameter	圆弧直径尺寸
•Perpendicular	二平行线间的正交距离尺寸		

添加尺寸约束比较简单,但它不等同于工程绘图的尺寸标注,它更注重的是减少自由度来约束草图,在最初不一定表达该几何体的真正尺寸,同时还可以用尺寸变量代替,亦可建立尺寸间的表达式,表示尺寸相关关系。如图4,内孔半径 r 始终与 R 保持着 $r = \frac{1}{3}R$ 的相关关系。

(2)几何约束。在草图约束中,它能代替尺寸约束无法解决的问题,规定了几何体之间强制的位置关系。有以下几种形式:

•基准。它规定了草图中某一个点在 x 或 y 轴方向是否固定。可选:

x -Datum x -基准

y -Datum y -基准

xy -Datum xy -基准

如规定一个点作为 x -Datum,那么该点在 x 轴方向被固定,在 y 轴方向可自由移动。如果规定一个 xy -Datum,该点相对于 x 和 y 轴两者被固定。基准的作用就是固定一个草图。

•点在曲线上。允许定义一个点在一草图曲线上作为一约束,点成为一个相关的约束,如果该曲线移动,点随曲线移动。如希望相对于曲线上特定点标注一个注释时,就可采用这种约束方法。

•水平线约束。强制某一直线为水平线。

•垂直线约束。强制某一直线为垂直线。

•恒定角度约束。强制某一直线有一固定角度,它需要输入角度值。

•恒定长度约束。强制某一直线有一固定长度,它需要输入长度值。

•共线约束。强制某一直线与另外一直线保持共线。

•平行线约束。强制某一直线与另外一直线保持平行。

•正交线约束。强制某一直线与另外一直线成直角。

•等半径弧约束。强制某一弧与另外一弧保持相同的半径。

•相切约束。强制两曲线,保持接触而不相交。

在图4中,可添加几何约束:

$L_1, C_3, C_3, C_1, C_1, C_1, C_1, L_2$ 为相切约束。 L_1, L_2 为等长约束。 $L_1, L_5, L_2, L_3, L_4, L_5$ 为平行约束。 L_3, L_5 为正交约束。

(3)几种可能出现的约束情况

对于一个草图是否完全定义,同解方程一样,看它是否有唯一解,同样也会发生不同的约束情况。一个草图可以有如下约束情况。

•充分约束。当对草图中所有的几何体可求解时,即消除了所有的自由度,草图被充分约

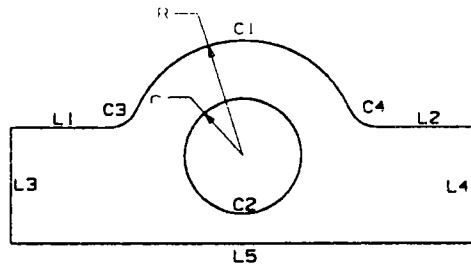


图4 尺寸变量表示

束。然而,这并不意味着一个草图必须对所有几何物体有尺寸值,可以采取几何和尺寸组合约束方法实现。目前象 UG,这类软件增加了自动推理和自动约束的功能,可帮助用户充分约束草图。

·欠约束。任何时间,草图有一个或多个自由度存在,这意味着为了求解该草图有太少的方程存在。对于欠约束草图,当对它进行编辑修改时,将不导致几何体或任一相关特征的改变,直到草图被充分约束。

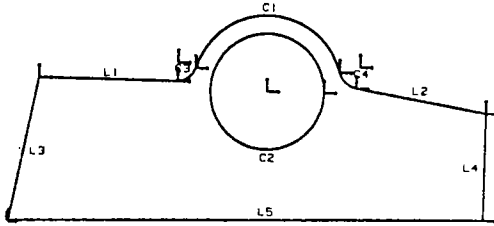
·过约束。有两种类型过约束草图。

①多余约束。在约束中存在一多余方程,但它并不与任一其它方程有冲突,例如,一个 45° 的角度尺寸和在同一线上又加了一个 45° 的恒定斜率,对于这种类型的过约束草图,不会产生错误。

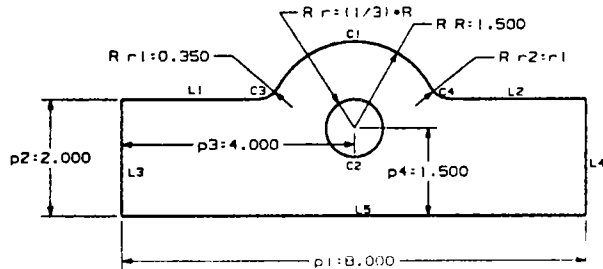
②冲突约束。在约束中存在一多余方程,它与另一方程冲突。例如,一个 45° 的角度尺寸和在同一线上又加了一个 65° 的恒定斜率。对于这种类型的过约束草图,将会产生错误,需要删除这个冲突约束。

·部分约束。某些几何体由于隐含的约束部分地被约束。例如,与垂直或水平方向成 5° 偏角的直线缺省为垂直线或水平线。它一般都作为自动推理或自动约束的缺省开关设置。

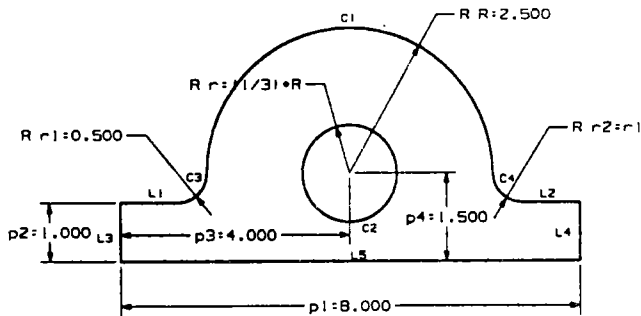
根据以上对草图约束的论述,图5展示了草图约束处理的部分实例。



(1)任意构图



(2)添加约束及约束清单



(3)改变 C1 和 L3 尺寸

Sketch name: SKT000
Geometric Constraints List:
Parallel Lines:
L3&L4
Perpendicular Lines:
L3&L5; L3&L2; L3&L1
Equal Length Lines:
L1&L2; L3&L4
Equal Radius Arcs:
C3&C4
Tangent Curves:
C4&L2; C1&C4; C3&C1; C3&L1

图5 草图约束实例

5 结束语

CAD 技术在我国已得到重视和认可,但要让工程设计人员真正用好 CAD,还只是刚刚开始。以 UG_i 为代表的 CAD 软件,注重开发了符合人们设计习惯的以草图功能为主要特征的参数化设计手段,它使得设计师们对新老设计的零部件,通过施加约束,可随意对其进行编辑修改,以达到最终的设计目的。但约束的添加目前流行的各大 CAD 软件还没有达到完全智能化,还主要依靠人为因素。有时会遇到一些困难,这也是本文论述的出发点。但随着 CAD 技术的不断进步,自动推理和自动约束的功能会达到完全智能化。真正成为工程设计人员的得力助手。

参 考 文 献

- [1] David J. Taylor, UG Communcation. 1994,(4):30-35
- [2] Unigraphics Modeling User Manual, Unigraphics Beijing Training Center. 1994, 33-49

Handling Method of Sketch Constraint in CAD Modeling

Yang Hongbo

*(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)*

Abstract

The function of sketch which is suitable for engineering designer to use in CAD technology has been introduced in this paper. The concept of sketch constraint has been described emphatically. The types and the handling method of dimension constraint and geometric constraint have been analysed and researched.

Key words: Sketch, Dimension constraint, Geometric constraint