

弯管构件的特征建模与交互设计

秦圣峰 倪国良

(基础课部)

摘 要 讨论了构件 CAD 系统中采用特征建模的关键问题,介绍了工业管道工程中弯管构件的特征模型及其在 CAD 系统中的交互设计技术.本文所介绍的弯管构件特征模型已在锅炉 CAD 系统中取得了较好应用,实现了构件模型数据与构件图形之间的同步修改及联动.

关键词 弯管构件;特征建模;CAD

分类号 TP391.72

0 引言

在通用 CAD 系统中,设计一个构件通常用一组视图来表达.对构件的操作如平移、旋转、删除等必须通过对与之相连的所有视图上的图形元素的相应操作才能实现.而对图形元素的操作必须人为地交互式地一一进行.这样一来就会出现如下问题:(1)在产品的设计过程中图形实体的描述量太大;(2)在构件与图形元素之间没有内在的联系.图形元素对构件的依赖关系是由人来指定的,因此与构件相关的几何特性、结构特性、物理特性等无法从这些没有内在联系的图形元素之中获取;(3)构件模型数据不便描述.我们在进行弯管构件的交互式 CAD 设计时,对弯管构件进行了特征建模,使构件的特征模型数据与其图形建立起直接的对应关系,使构件图形的显示或绘制仅是对构件特征模型的直观解释和综合,而不是构件设计的全部.这样可实现构件的参数设计,也可实现构件图形与构件特征模型数据的同步修改,就是说,如果修改其模型数据,那么图形会随之修改;反之,如果在图形上交互动修改,那么其模型数据也能随之修改.可以说实现构件特征模型与其图形的同步修改和联动,是 CAD 技术实现专业化、工业化的关键问题和难点之一.

在化工、造船和锅炉等行业中经常会遇到弯管的设计问题,本文介绍了弯管设计的特征模型及其交互设计技术.

1 弯管的特征模型

收稿日期:1995-05-10. 秦圣峰,男,1962年生,副教授.

我们所建立的弯管特征模型包括四个部分的特征数据:(1)几何特征数据,它描述弯管管线中心的一组控制顶点位置;(2)结构特征数据,它描述弯管的公称直径和管皮厚度 $d \times s$;(3)工艺特征数据,它描述弯管半径及每段弯管弯曲部分的开始和终止位置,供弯管放样和弯管检查使用;(4)物理特征数据,它描述弯管的材质、展开长度、重量、流通面积和外表面积(受热面积)。

把弯管作为一个构件对象在 CAD 系统中进行处理时,每一根设计弯管只对应于设计数据库中的一个记录——结点。因此,弯管的特征模型可用 C 语言提供的数据类型——结构描述为:

```
struct tube{
    float *pt           /* 几何特征:控制顶点指针; */
    float d,s;          /* 结构特征:D,S */
    float *r,*sr,*er;   /* 工艺特征:弯管半径指针:始终位置指针; */
    float *attri;        /* 物理属性数据指针 */
}
```

在构件的特征模型中,把模型数据分为两类,即主动模型数据和从动模型数据。主动模型数据是指可从模型数据和图形两个方面进行交互输入修改的那部分数据;从动模型数据受控于主动模型数据,是主动模型数据的函数。如弯管的表面积(受热面积)就正比例于主动模型数据 D (管径)。主动模型数据一方面可与构件的图形建立对应关系。另一方面可与从动模型数据建立对立关系。因此,合理地建立特征模型并选择出其主动模型数据是建立面向构件特征的 CAD 系统的关键。

在弯管的特征模型中,我们选择其几何特征数据、结构特征数据及弯管半径 R 作为其主动模型数据。它与图形及从动模型数据的关系如 1.1 所述。

1.1 主动模型数据与图形的对应关系

在弯管设计中,首先是选择弯管的结构尺寸即 $d \times s$,其中 d 为管径, s 为皮厚;继而布置管线的走向,最后在管线的每个转向点(控制顶点)处进行弯管处理即生成管子的弯曲部分。弯管弯曲半径 R 的选取主要与管径 d 有关,而且在一般情况下(有较大的安装空间可供弯曲管段使用), R 与 d 有一个推荐的缺省关系存在即 $R = 2.5 \sim 5d$ 。在弯管交互设计时,系统一方面提供弯管半径 R 的缺省值在每个控制点处进行弯管处理,另一方面也允许你对每个控制顶点处的弯管半径进行交互指定为 R_i 。

现在假定我们已经知道了管子的结构参数 $d \times s$ 、几何参数即 $P[i]$ 个顺序顶点($i = 1, 2, \dots, m$)及弯管半径 $R[j]$, ($j = 1, 2, \dots, m - 2$),现求弯管的图形。弯管图形求取主要是确定弯曲部分的始终点坐标和弧段的中心夹角。取三个相邻顶点 $P[n]$ 、 $P[n+1]$ 、 $P[n+2]$ 作为一般情况来求取图形,见图 1,所示,其步骤如下:

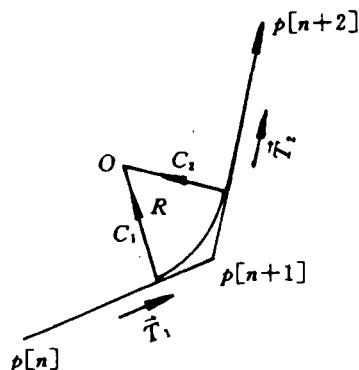


图1 特征弯管图形的生成

(1) 求 P_n 到 P_{n+1} 上的单位向量 $\vec{T}_1$;

(2) 求 P_{n+1} 到 P_{n+2} 上的单位向量 $\vec{T}_2$;

(3) 求空间弯管平面的法矢

$$\vec{Q} = \vec{T}_1 \times \vec{T}_2;$$

(4) 求垂直于 $\vec{T}_1$ 且指向弯曲中心的向量 $\vec{C}_1$

$$\vec{C}_1 = \vec{Q} \times \vec{T}_1;$$

(5) 求垂直于 $\vec{T}_2$ 且指向弯曲中心的向量 $\vec{C}_2$

$$\vec{C}_2 = \vec{Q} \times \vec{T}_2;$$

(6) 求弯曲中心即两条边的等距线的交点 O , 其方程如下:

$$\vec{P}[n] + R \cdot \vec{C}_1 + \lambda \vec{T}_1 = \vec{P}[n+2] + P \cdot \vec{C}_2 - k \cdot \vec{T}_2$$

其中: λ 为 $P[n]$ 点到圆弧始点的长度;

k 为 $P[n+2]$ 点到圆弧终点的长度;

R 为 $P[n+1]$ 控制顶点处的弯管半径, 可是缺省值, 也可以由用户指定而得到.

通过求解此向量方程, 即可求出 λ 和 k 的数值, 进而求出弯曲中心 O , 用向量表示为

$$\vec{O} = \vec{P}[n] + R \cdot \vec{C}_1 + \lambda \vec{T}_1;$$

(7) 求切点 TP_1 和 TP_2 即弯曲的始终点

$$\vec{TP}_1 = \vec{O} - R \cdot \vec{C}_1,$$

$$\vec{TP}_2 = \vec{O} - P \cdot \vec{C}_2;$$

(8) 求弯曲管段的夹角, 以便计算管长、方程为:

$$\cos \theta = \vec{C}_1 \cdot \vec{C}_2$$

(9) 对每个转向点重复上述步骤.

由于 $P[i]$ 是控制顶点, 故使用上述步骤后只是求出了管线中心线的图形, 为了生成管子, 另外两条转向轮廓线的图形, 显示时只要再给出内外为 $d/2$ 等距线即可; 很显然, 相邻弯曲圆弧的始点和终点之间就是直线管段.

1.2 主动模型数据与从动模型数据的关系

从1.1可知, 在对每一个弯曲段处理后, 就知道了 R_j, Q_j, tp_{1j} 和 tp_{2j} , 据此就可以计算出管线的展开长度、总重量、表面积和每段弯管的始终位置等. 其它从动模型数据也可以方便地求出, 如原材料的费用、制作安装该弯管的工程造价或工程概算造价等.

以上给出的弯管特征模型及其与图形的关系处理, 既适用于平面弯管也适用于空间弯管.

2 交互设计技术

在我们所建立的锅炉 CAD 系统中, 弯管的交互设计是在鼠标屏幕菜单构成的用户界面和工程数据库的支持下实现的. 弯管的交互设计分二步来实施.

第一步: 实现弯管构件的初始设计. 其设计过程如下

(1) 交互输入结构参数 $d \times s$;

(2) 可使用两种方法来布置管线:

(A) 利用鼠标在屏幕上交互式地指定一组管线顶点;

(B) 交互输入一组管线通过的点和管线走向即角度来进行布管,其控制顶点由系统自动求交计算完成,以避免用户准确计算管线上的每一个控制顶点,但始终两点必须准确定位。

(3) 系统利用缺省弯管半径来对每一个转向顶点进行弯管处理,并最终生成整个构件图形,完善特征模型。

第二步:实现对弯管构件的交互编辑和修正。在交互设计中,要对一个弯管构件进行编辑和修改,就必须能在图形环境中对弯管进行拾取。由于弯管的图形主要依附于管线布置,故对弯管的拾取就由对管线的拾取来实现。在对弯管的编辑处理时,我们采用了 AUTOCAD 中对 PLINE 实体的处理思想。弯管编辑修改的菜单结构如图2所示。

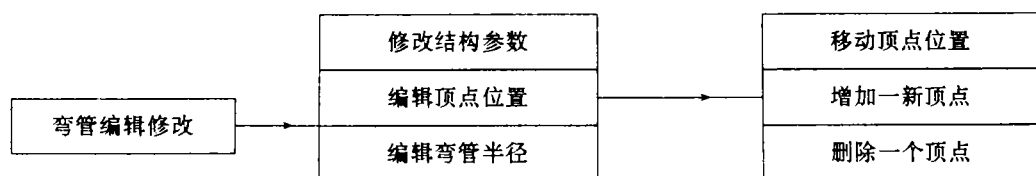


图2 弯管编辑修改菜单结构图

当选择弯管编辑修改菜单,系统便提示选择一个弯管实体,并显示二级菜单。对二级菜单,选第一项“修改结构参数”,系统提示输入新的结构参数,待参数输入完毕,系统去修改该弯管结点的特征模型数据,并自动修改图形。若选第三项“编辑弯管半径”,可以使用 $\uparrow \downarrow$ 键,在各控制顶点间移动光标,在选定控制顶点后,可指定新的弯管半径,系统会自动修改结点模型数据和图形。若选第二项“编辑顶点”,则系统显示三级菜单见图2,对三级菜单的每一项选择,系统允许使用 $\uparrow \downarrow$ 两键来移动光标到当前要处理的顶点上。对任何一种处理,系统都将更新特征模型数据结点,并自动修改图形和从动模型数据。顶点编辑修改的例子见图3所示。

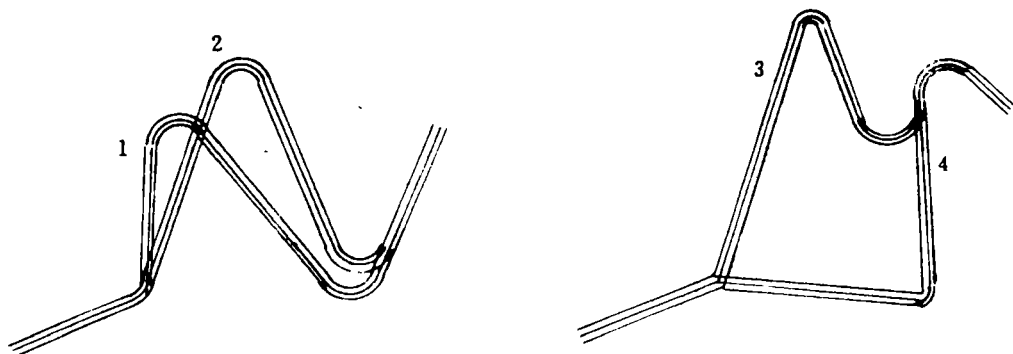


图3 顶点编辑修改

在图3中弯管构件的原始设计如图形1;当移动第3个控制顶点的位置后,构件图形自动修改为图形2;当在第3个控制顶点后插入一新的顶点时,构件图形自动修改为图形3;在删除第3

个控制顶点后,图形又自动修改为图形4.可见,构件的特征模型数据与构件的图形实现了同步修改与联动.

如果要删除一个弯管构件,只要选择弯管实体就可以像基本图形元素一样地实现删除操作,系统将自动删除选择构件结点,当然图形也就不会存在了.

3 结束语

本文针对弯管构件的设计,提出了弯管构件的特征模型和交互设计方法,并已成功地用于某锅炉 CAD 系统.应用表明,面向构件特征的交互式设计技术,可以较好地模拟人类工程师的设计过程,是实现 CAD 技术智能化、工程化和专业化的必要手段.

参 考 文 献

- 1 秦圣峰,周承高等.中小型电站锅炉计算机辅助设计研究.工业锅炉.1994,(1)
- 2 高惠兴,陈莲红等.船舶管路设计中的图形交互修改技术.见全国第7届图形学与CAD学术会议论文集.南昌:1990

Feature Model and Interactive Design Techniques For Tube Part

Qin Shengfeng Ni Guoliang

(Department of Basic Courses)

Abstract In this paper key problems in parts-oriented CAD system are discussed, and then feature model and interactive design techniques for tube part are described. Those techniques have been used in a boiler CAD system.

Key words Parts; Feature model; Interactive CAD design