

# 三维 CAD 技术在 SCARA 机器人设计中的应用

刘文华, 陶学恒, 马丽敏

(大连工业大学 机械工程与自动化学院, 辽宁 大连 116034)

**摘要:** 利用三维 CAD 技术进行机械设计具有直观、快捷、易修改的特点。文章分析了 Inventer 软件的技术特点, 以及在 SCARA 机器人结构设计中创建三维零件的技巧, 完成了对 SCARA 机器人进行三维造型及仿真运动分析。研究表明, 在 SCARA 机器人设计中, 充分应用三维 CAD 软件进行设计, 可以提高设计的效率和开发水平。

**关键词:** 三维 CAD 技术; SCARA 机器人; Inventer 软件

**中图分类号:** TP391      **文献标识码:** A

## The Application of 3D CAD Technique in the SCARA Robot Design

LU Wen-hua TAO Xue-heng MA Li-min

(School of Mechanical Engineering and Automation, Dalian Institute of Light Industry, Dalian Liaoning 116034 China)

**Abstract** The design of machine by 3D CAD technique has the advantage of visual speediness and easy modification. In this paper, the characteristic of Inventer software is investigated. The techniques for establishing 3D accessory in the structural design of SCARA Robot are discussed and analysed. The 3D configuration and analysis of emulate movement for SCARA Robot are carried out by Inventer software. The results show that the efficiency and level of the design may be improved by applying 3D CAD software sufficiently in the design of SCARA Robot.

**Key words** 3D CAD technique; SCARA Robot; Inventer software

## 0 引言

SCARA (平面关节型) 机器人在平面内的运动具有较大的柔性, 沿升降轴的运动具有很强的刚性, 非常适合应用于搬运、焊接和装配等重复性任务, 因此在工业生产中得到广泛应用。在对 SCARA 机器人进行设计时, 第一步要对机器人的相关技术参数进行可行性分析, 这些技术参数主要包括: 自由度、操作空间、额定负载、运动速度、位姿和轨迹的准确性和重复精度等。传统的设计与制造要经历设计、分析、计算、修改的反复过程, 通常还需要制造样机, 并进行试验, 检测产品的性能指标, 如发现问题, 就要修改设计方案或参数, 重新设计样机, 重新试验, 这需要花费设计人员大量时间, 而利用三维 CAD 技术进行可视化设计具有直观、快捷、易修改的特点, 从而可以提高设计人员的工作效率。

## 1 三维 CAD 软件的选择

目前, 三维 CAD 软件的种类很多, 本文作者采用的是 Autodesk 公司推出的 Inventer 软件。Inventer 软件的突出优势在于: ①以自适应技术作为核心, 保持模型的自适应性, 创建自适应零件, 是 Inventor 区别于其他三维建模软件的功能之一。这些智能零件保持着一种物理关系, 如果修改基本零件的几何图形, 自适应几何图形也会随之更新。② Inventor 具有非常强大的装配功能, 它的零部件运动模拟通常也是基于装配约束的, 这使得对于基于装配约束的运动模拟, 无论结构多复杂实现起来都非常容易 (如 SCARA 机器人小臂部分)。③爆炸图和工程图的生成, 虚拟装配完全满足性能要求后, Inventor 可以使用表达视图动态模拟整个装配体从组件到形成装配体的安装过程和安装方式,

使装配更具有空间感和方位感。另外以往的其他三维设计软件出的工程图不能满足工厂标准化要求, 一般都要转换到 AutoCAD 中进行修改, 打断了工程图与三维模型的关联, 每次修改三维模型后都要重新出工程图。由于 Inventor 出工程图继承 AutoCAD 二维绘图的优点, 并且在三维模型修改后, 工程图能自动进行更新, 简化了设计工作流程, 大大提高了出工程图的效率。④可以与 Dynamic Designer 无缝集成, 用户用 Autodesk Inventor 完成产品实体造型设计后, 不用离开自己熟悉的 Autodesk Inventor 环境就可以进一步用 Dynamic Designer 实现运动学和动力学仿真。

## 2 SCARA 机器人的结构可视化设计

### (1) 创建零件的技巧

①直接利用软件参数化造型功能 SCARA 机器人的零件很多, 对于普通零件, 可以直接利用软件的参数化造型功能来创建, 例如机器人手臂、小臂等, 主要应用到的特征有: 拉伸特征、旋转特征、打孔特征以及投影其他特征的轮廓线等。经过创建草图、生成三维模型、创建其他特征等步骤即可完成我们要设计的零件模型, 如图 1 所示为 SCARA 机器人手臂的三维成图。

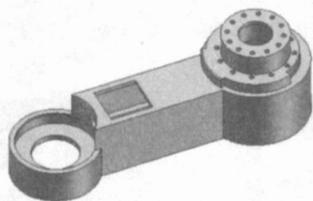


图 1 SCARA 机器人手臂

②利用 Inventor 中的 iPart (表驱动零件) 的功能。在 SCARA 机器人设计中用到了大量的螺钉, 每一系列的每种螺钉都有自己的直径和长度参数值, 在没有标准库的情况下, 如果每个螺钉都自己来设计一次, 那将大大增加工作量, 遇到类似这样的问题, 可利用 Autodesk Inventor 中的 iPart (表驱动零件) 的功能来解决。iPart 的技术方法能有效地避开编程的麻烦, 能充分利用 Inventor 的表面功能, 有效地借助交互操作的技巧。iPart 是使用 Excel 参数表形成一个零件族 (本质上相似的零件或组件、特征的集合, 但在一两个方面稍有不同, 诸如大小或详细特征)。可以使用一个原始样本零件及参数表, 生成 iPart 即可代表无数个零件。任何时候, 只要调出参数表内任一零件的名称, 即可自动产生一个照参数表所示尺寸比例的零件。下面以内六角头为例简单说明一下 iPart 的创建过程:

首先创建一个 GB/T70.1-2000 M4X20 的标准螺钉的三维模型, 打开这个标准零件图, 使用“标准”工具栏上的“创建 iPart”工具, 在 iPart 对话框里面的一个

或多个选项卡上, 用方向箭头添加或删除所选值列表上的项目。每个值在电子表格中创建一列。在浏览器中双击鼠标, 添加或删除列表里的项目。可根据需要对所选项目列表中进行添加、删除或修改, 操作细节就不再赘述。完成对表的定义之后, 单击“确定”将零件转换为“iPart 工厂”, 并在浏览器中放置一个表示嵌入的 Microsoft Excel 电子表格的表图标。若添加不同尺寸的引用, 可得到不同的螺钉如图 2 所示。



图 2 不同尺寸的螺钉

③充分利用 Feature 的功能 Feature 是设计元素的英文名称, 可用于将多个设计的特征、草图制定为 Feature 并保存在扩展名为“\*.ide”的文件中。要改变 Feature 的大小, 可以编辑其草图或特征定义或将其连接定义其大小的参数中, 然后通过使用几何约束和尺寸精确定位 Feature。在 SCARA 机器人的小臂部分, 用同步齿形带轮传动来控制腕部的旋转与升降, 这几个齿形带轮可以用 Feature 的功能。其中的一个齿形带轮如图 3 所示。在设计这个零件时, 首先要画出一个齿形的截面轮廓, 如图 4 所示。然后确定参数, 我们需要添加 3 个参数: 齿形带轮的齿数  $Z$ 、节距  $P$ 、齿槽半角  $\phi$ , 并根据需要设定参数的值和单位, 但在给草图的截面轮廓添加尺寸约束时, 要根据国标对所需尺寸进行参数化标注, 例如, 顶圆直径应标注为  $Z * P / 3.14$  (齿数 \* 节距 /  $\pi$ )、根圆直径应标注为  $P / 3.14 - 3.3$  (节距 /  $\pi - 2\phi$ ,  $\phi$  为节顶距)。当齿轮的设计进行完毕之后可以将该模型作为一个样板。在需要其它不同的齿数、节距的齿轮时, 我们可以在参数表中对自定义的用户参数的值进行相应的修改, 然后单击标准工具条上的“更新”按钮, 系统即可自动生成一个新的齿轮模型。

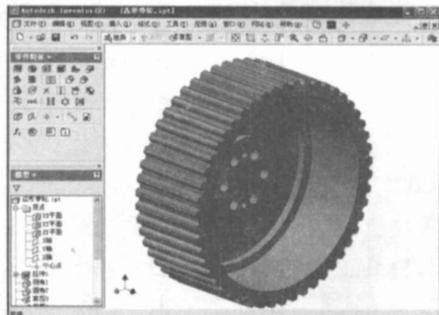


图 3 齿形带轮的三维造型

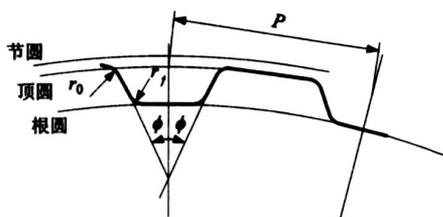


图 4 齿形的截面轮廓

### (2) 部件装配设计

下面以机器人第二、第三关节的装配为例, 简单介绍一下装配过程。

插入约束在本次设计中用的最为普遍, 主要是平面之间面对面配合和两个零部件之间的轴配合。例如, 机器人大臂和谐波减速器之间的装配、谐波减速器的组装、限位齿圈和小臂的装配、孔中放置螺钉杆部、杆部与孔对齐、螺钉头部与平面配合。

但是旋转自由度将被保留。插入的方向有两种: 反向插入和对齐插入, 可以对第一次或第二次所选零部件的配合方向进行方向翻转。

最后对机器人装配成的部件进行检查、校正。如果装配中有某些装配尺寸装的不对, 可以实时修改, 调整偏移量以达到装配的精度要求。机器人第二、三关节的总装配如图 5 所示。

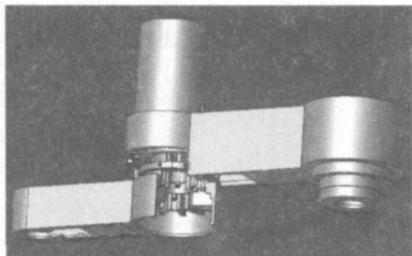


图 5 机器人第二、三关节的总装配图

### (3) 创建表达视图

本次设计的 SCARA 机器人主要是用于工业上的装配生产线, 在生产实际工作中, 工人师傅在安装机器的时候, 要按照装配图来装配零件和部件, 装配图虽然表达了部件或机器这类产品及其组成部分的连接、装配关系。但是装配图相对于零件图有一定的复杂性, 需要具有一定看图经验的人才能快速明白设计者的意图。装配工人经常要看装配图进行工作, 可要是能以动态的方式向装配工人演示零部件的装配过程和装配位置, 无疑会给装配工人以极大的方便, 这将大大地节省时间, 提高工作效率。本次设计将 SCARA 机器人整个装配过程做了三维动态模拟, 又将动画录制成为最普通的 .avi 文件, 这种格式的多媒体文件可以在任何

一种播放软件中使用, 使用起来非常方便。由于篇幅所限, 只给出第二、第三关节装配爆炸图如图 6 所示。



图 6 第二、第三关节装配爆炸图

### (4) 动态仿真

用 Inventor 完成 SCARA 机器人实体造型设计后, 直接用 Dynamic Designer 实现运动仿真。根据仿真运动研究机器人的各种运动情况, Dynamic Designer 动态仿真基于改进的牛顿拉夫叠代算法, 整个仿真求解过程由计算机去完成。图 7 所示为 SCARA 机器人的仿真运动设置。

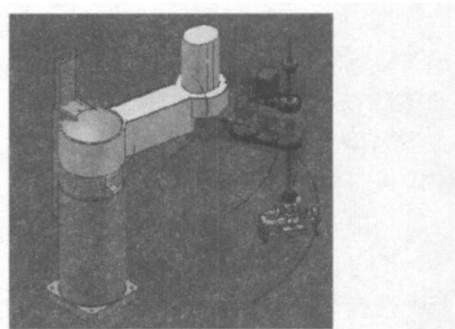


图 7 SCARA 机器人的仿真运动

## 3 结论

基于三维 CAD 系统的参数化设计与二维绘图相比更能够满足制造信息化的要求, 从而实现产品的自动化设计, 提高产品设计的智能化水平。可大大提高工作效率, 从而满足现代化大生产的要求。

#### [参考文献]

[1] HR-59 Robot User manual. Panasonic Crop  
 [2] 邓宏彬. Autodesk Inventor R5.3 中文版实用教程 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003  
 [3] 陈伯雄. Inventor R6 VBA 程序设计: 技巧与规范 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004  
 [4] 张建民. 工业机器人 [M]. 北京理工大学出版社, 1992  
 [5] 王宏典, 张友良. 虚拟制造技术及其应用 [J]. 机械科学与技术, 1998

(编辑 李秀敏)