

# 六足步行机运动学的计算机辅助研究

唐 林 卡

**摘要:** 本文介绍了为满足六足步行机计算机仿真的需要,所开发的对其运动学进行计算机辅助研究的程序库。它可用于六足步行机运动学分析和步行机构的运动设计。在运动学分析后,调用系统图形显示模块,能实现六足步行机在各种地形条件下的动态模拟显示。该显示模块用80286宏汇编语言编程,能与FORTRAN语言接口实现其图形功能,可以方便地用来进行机构学或其它方面的图形显示。

## 一、前 言

在步行机的设计过程中,应能较快地进行运算分析和初步的可行性预测,能预见其最合适的工作空间,能根据给定的地面条件,确定适合的步态,进而确定各足运动方程,回避障碍,使得步行机的多个参数选择具有一定的运动学动力学基础。如用人工设计,用实物模型进行试验,将十分棘手,工作量大。一种用于步行机性能分析设计的与上述不同的方法是利用计算机图形学的成果,建立起步行机和其环境的模型,对其作运动学和动力学分析,优化出合理的机器参数,并在计算机CRT上动态模拟步行机步行的实际情况,对结果进行全面检验。为步行机的开发应用提供了方便、安全和节省时间。作者应上述需要,对这一研究方向做了一些先期性的基础工作。

## 二、单色-图形/打印机适配器程序设计

当今许多微机上配备的仍是单色显示器和单色-图形/打印机适配器。如果一个软件系统只考虑以彩色显示器和彩色/图形适配器作为硬件基础编程,将会失去其应有的通用性,因为配备单色CRT的微机用户只能感到失望。在我们的工作中考虑到了这一因素,对 Hercules 绘图卡(以下简称HGC)作了比较深入的研究,使得步行在单色CRT上进行动态显示具有与彩色CRT一样的效果,而且具有比彩显更高的分辨率及更多的绘图页,

## 三、汇编语言线图形系统

使用汇编语言来设计绘图程序,使得我们完全直接地控制机器的操作,并获得瞬息之间的变换速度。利用汇编语言图形系统来作步行机的动态模拟显示,使得图形看起来更连续逼真,具有很好的视觉效果。我们的汇编语言图形库包括图形屏幕方式的选择、清除屏幕、画点、画线、画圆,双页绘图处理等子模块。

### 1. 图形屏幕方式选择

如果用户的微机系统显示器是单色显示器，则用汇编语言直接对 HGC 编程来置屏幕模式。如果系统配置的是彩显，则可调用 BIOS 中断服务程序设置。当然直接对 CGA 编程也是可行的。我们的显示模块中对两种方法都编制了相应的汇编子程序，用户可视实际使用情况和硬件配置灵活采用。

### 2. 点的画法

针对用户硬件系统的配置情况，我们采用两种方法编程，一是调用 BIOS 中断程序，二是显示缓存区映射法。对于彩色显示器这两种方法均可行，对于单色显示器只能用后一种方法。后一种方法速度更快更灵活。

### 3. 画线算法

在我们的图形库中画线程序设计采用改进后的 Bresenham 算法作为画线算法。该法避免了乘法和除法，因此它能更好地适应在 80286 微处理机上用汇编语言编程，而且计算作图速度快，精确性高。

### 4. 画圆算法

与画线一样的理由，我们同样采用 Bresenham 法作为画圆算法。

### 5. 双页面绘图的应用

要获得好的动画效果，每秒钟至少要显示 16 帧相互连续的图形。考虑到这点，我们在程序设计时，就要利用双图形缓冲器，即双页面绘图这一办法来解决。所谓双页绘图是指我们在内存中设定另一个 16k 的区域称为绘图页在这个区域上进行绘图操作，当绘图页面绘完图形后，将其拷贝到显示页面上。

## 四、FORTRAN 语言图形功能开发

我们在六足机仿真研究中用 FORTRAN 语言作为主要的编程计算语言。但它不具备图形功能，为了使我们计算出的数据能很快送入显示模块实现动态显示，我们将用 FORTRAN 编制的分析程序与汇编语言图形库接口，从而获得十分良好的视觉效果。通过编程接口后 FORTRAN 的绘图命令类似于 BASIC 的绘图命令，使用起来十分方便，也可被广泛用来作其它图形显示的用户使用。在我们的系统中是采用 FORTRAN 主程序将实参地址由堆栈传送给汇编子程序，实现二者之间的数据传送的。FORTRAN 的调用语句形式，即作图命令形式：

CALL GMODE 设置屏幕模式为图形方式

CALL TMODE 设置屏幕模式为文本方式

CALL PEST( $x$ ,  $y$ ) 画点命令， $x$ ,  $y$  为点的坐标

CALL LWE ( $x_1$ ,  $y_1$ ,  $x_2$ ,  $y_2$ ) 画线命令，( $x_1$ ,  $y_1$ ) 为起点坐标，( $x_2$ ,  $y_2$ ) 为终点坐标

CALL CIRCLE ( $x_0$ ,  $y_0$ ,  $R$ ) 画圆命令，( $x_0$ ,  $y_0$ ,  $R$ ) 为圆心坐标和圆半径

在相应的汇编子程序中，我们定义帧作为相互间的通信区。

## 五、空间缩放机构运动学问题电算法

近年来在步行机的研制工作中一般均采用缩放机构作为其步行机构的。本文对空间一般

式缩放机构运动学问题作了定量研究,并编制了计算机程序,使问题的解决具有普遍性,同时也是步行机构模拟显示的基础。对于空间一般式的缩放机构,我们建立二个坐标系来分析其运动,动系与机构主平面重合,随机机构运动,静系任意确定。分析过程先在动系上将机构分解为二个基本铰接二杆组,用解析法建模,然后连接装配,最后乘上变换矩阵变换至静系。我们编制了空间一般式缩放机构的动态显示程序,在运行该机构的运动分析程序后调用显示程序,不仅获得机构各关节运动精确的数值结果,而且还可在屏幕上直观地看出步行机构或机械手的运动情况和工作空间。由于显示程序是用汇编语言编制的,速度快、动作连续、视觉效果很好。

## 六、六足步行机运动学分析及计算机模拟

对于采用缩放式腿的六足步行机,其运动学变量可划分为三组:(1)车的位置和姿势;(2)缩放式腿三自由度变量 $\omega_i, x_{oi}, z_{oi}$ ;(3)各足端位置。对其运动学问题也分为三个方面来解决,在已知三组变量中的二组的条件下求解第三组。

1. 坐标系建立:我们引进二个坐标系,动系原点在机体中心随步行机运动,静系任意确定。动系相对于静系的位置和方向由车的位置 $(x_0, y_0, z_0)$ 和机体姿势 $(\alpha, \theta, \varphi)$ 表示。

2. 求解各足端的位置:我们可在动系中由旋转变换张量法,得出足端的矢量式:

$$R_i = R_{1i} + E^{k\omega_i}(R_{2i}) + E^{k\omega_i}(R_{3i}) + E^{k\omega_i}(R_{4i}) \quad (1)$$

式中 $R_{1i}, R_{2i}, R_{3i}, R_{4i}$ 为由车体和腿机构结构参数决定的矢量,均为已知。 $E^{k\omega_i}$ 为已知的旋转矩阵,由 $\omega_i$ 决定。这样可求得各足的动系坐标。根据坐标变换可求得足端的静系坐标。

3. 求解缩放式腿机构三变量 $\omega_i, x_{oi}, z_{oi}$ :由足端静系坐标,可求得其动系坐标,然后由(1)式解方程求得 $\omega_i, x_{oi}, z_{oi}$ 的解。

4. 求解车体中心位置与车体姿势:先由(1)式求出了支撑足端动系坐标,然后构造出第4点,求出其在动静系中的坐标值,那么身体位置与姿势根据动系坐标与静系坐标的变换关系,从其变换矩阵中求解。

5. 步行机运动的动态模拟显示:根据以上的运动学分析过程,我们编制了相应的FORTRAN程序,可求解在各种已知条件下的运动学参数。调用我们的汇编语言图形子程序库能实现步行机在各种地形条件下行走的动态模拟显示。由于汇编程序运行速度快,使得动态模拟显示过程连续逼真视觉效果很好。

## 七、结 束 语

本文介绍了作者对六足步行机运动学进行计算机辅助研究的软件结构和算法设计。整个过程用IBM FORTRAN 77和80286宏汇编语言编程,在IBM/PC/AT上实现,并具有以下特点:

1. 解决了在IBM PC单色显示器上实现快速高分辨率图形显示问题,增加了IBM FORTRAN的图形功能。这不仅解决了六足步行机动态模拟显示在图形学方面的问题,也为其它方面的研究提供了方便。

2. 采用混合语言程序设计,综合了高级语言计算功能强,编程方便,汇编语言运行速度快的优点,同时满足了设计分析完整动态模拟显示逼真的要求。由于我们的工作初步尝

试,同时涉及计算机及机器人两个学科,主要有如下两个问题尚待进一步研究。1.进一步完善系统功能,管理好各功能模块使其成为有人机对话能力的交互式系统;2.从三维体素造型出发,显示真三维图形。

#### 参 考 文 献

- [1] S.M.Song and J.K.Lee, *Mech.Mach.Theory*,22, No.4,1987.
- [2] S.M.Song, *Mech.Mach.Theory*,20, No.6,1985.
- [3] 迈克尔·海门; IBM PC/XT/AT高级绘图教程,中科院希望电脑公司编译

## A Computer-aided Study on Kinematics of Six-leg Walking Vehicle

Tang Linka

### Abstract

This paper introduces the softwares developed for computer aided study on kinematics of the six-leg walking vehicle to meet the needs for the walking vehicle computer simulation. It can be used to analyze kinematics of six-leg walking vehicle and walking mechanism. After the kinematics analysis the picture display block can be used to realize the simulative walking display on the rough terrain. The display block is developed with 80286-macro-assembly and can be interfaced with FORTRAN to realize graphic functions. It is conveniently used to mechanism display and other purposes.