

缩放式机械手机构运动综合

甘建国 朱 玮 干东英

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130021)

摘要 作为闭环机构用于机器人机构的实例, 本文详细讨论了缩放式机械手机构的运动综合问题, 给出了这种机构的函数型和轨迹型的综合方程, 为其结构参数设计提供了理论依据。

关键词: 缩放机构; 运动综合; 机械手

1 引言

缩放机构由于它在运动平面的解耦性、易于控制、具有较高的能效性以及当缩放比大于1时能以较小的本体实现较大的运动空间等优点, 引起了各国学者的浓厚兴趣。以往的研究绝大多数集中在把它用于多足步行机构^[1], 而把它用于机械手机构的研究几乎是空白。随着机器人技术的不断发展, 对闭环机构用于机器人主机构的研究便显得更加迫切, 而缩放机构本身就是一种闭环机构, 且具备了作为机器人机构的条件; 作为闭环机构用于机器人机构的实例, 在分析这种机构的运动规律的基础上, 通过其运动学方程对其函数发生型及轨迹型机构进行了运动综合, 为缩放式机械手的实用打下理论基础。

2 缩放式机械手运动方程

图1是一具有2自由度的平面缩放式机械手机构简图, 其主动件为A点及E点的移动副。当A点固定时, E点的运动将以 $k = AC/AB$ 的比例传到M点, 而当E点固定时, A点的运动将以 $k - 1$ 的比例传到M点, 因此可以用E点或A点的独立驱动来实现直线运动, 同时也能实现各种其它运动要求。按照文献[2]的结论建立坐标系OXZ(如图1所示)。

令 $AC = l_1, CM = l_2, BE = l_3$
 $ED = l_4, AB = l_5, k = l_2/l_3。$

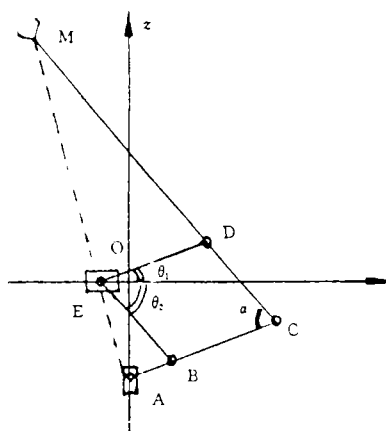


图1 机构简图

(其中 $l_5 = l_1 - l_4$), 用 s 表示 \sin , c 表示 \cos 。

可得结构及运动学参数为:

$$c\alpha = (l_3^2 + l_5^2 - (E_x^2 + A_z^2)) / (2l_3l_5) \quad (1)$$

$$M_x = kE_x \quad (2)$$

$$M_z = (1 - k)A_z \quad (3)$$

从 (1) 式可看出: α 角是随着 E_x 及 A_z 的绝对值的增大而增大, 由于 E_x 可正可负因此可作为机构输出量的 α 角的运动规律便利给定。

3 函数型缩放机构运动综合

这种形式的机构实现转角 θ_1 及 α 。给定 $E_x = f_1(t)$, $A_z = f_2(t)$, 求解 l_1, l_2, l_3, l_4 及 α_0 , 以实现角 θ_1, α 及其高阶参数的对应关系。

由图 1, D 的坐标为:

$$D_x = l_4 c\theta_1 + E_x \quad (4)$$

$$D_z = l_4 s\theta_1 \quad (5)$$

由两点间的距离公式可得:

$$MD = (l_2 - l_3) = \sqrt{[(k-1)E_x - l_4 c\theta_1]^2 + [(1-k)A_z - l_4 s\theta_1]^2} \quad (6)$$

展开 (6) 式并化简得:

$$R_1 + (E_x + A_z)R_2 + E_x R_3 + A_z R_4 + R_5 = 0 \quad (7)$$

式中, $R_1 = -(l_2 - l_3)^2$, $R_2 = (k-1)^2$, $R_3 = -2(k-1)l_4 + c\theta_1$,

$$R_4 = 2(k-1)l_4 s\theta_1, \quad R_5 = l_4^2,$$

解之得: $l_1 = \sqrt{R_5/R_2}$, $l_2 = (1 + \sqrt{R_2}) \sqrt{-R_1/R_2}$,

$$l_3 = \sqrt{-R_1/R_2}, \quad l_4 = \sqrt{R_5}, \quad k = 1 + \sqrt{R_2}$$

$$\alpha_0 = \arccos[l_3^2 + (l_1 - l_4)^2 - (E_{x0}^2 + A_{z0}^2)] / [2l_3(l_1 - l_4)]$$

4 轨迹型缩放机构运动综合

这种形式的机构实现机构末端 M 点的轨迹逼近给定的轨迹。给定 $M_x = f_3(t)$, $M_z = f_4(t)$, 求解杆长 l_1, l_2, l_3, l_4 及角 α_0 共五个参数及其高阶参数的对应关系。

由图 1, D 点的坐标为:

$$D_x = l_4 c\theta_1 + M_x/k \quad (8)$$

$$D_z = l_4 s\theta_1 \quad (9)$$

由两点间的距离公式可得:

$$MD = (l_2 - l_3) = \sqrt{[(k-1)M_x/k - l_4 c\theta_1]^2 + (M_z - l_4 s\theta_1)^2} \quad (10)$$

展开 (10) 并化简得:

$$R_6 + M_x R_7 + M_x R_8 + M_z R_9 + R_{10} + M_z = 0 \quad (11)$$

式中, $R_6 = -(l_2 - l_3)^2$, $R_7 = (k-1)^2/k^2$, $R_8 = -2(k-1)l_4 c\theta_1/k$,

$$R_9 = -2l_4 s\theta_1, \quad R_{10} = l_4^2,$$

解之得:

$$l_1 = \sqrt{R_{10}/R_7}, \quad l_2 = \sqrt{-R_5/R_7}, \quad l_4 = \sqrt{R_{10}}, \quad k = 1/(1 \mp \sqrt{R_5/R_7})$$

$$\alpha_0 = \arccos[l_3^2 + (l_1 - l_4)^2 - (M_{X0}/k)^2 + (M_{Z0}/\lambda(1 \mp k))^2]/2l_3(l_1 - l_4)$$

5 结 论

本文在分析缩放式机器人机构的运动规律的基础通过基运动学方程对其函数生型及轨迹型机构进行了运动综合,为缩放式机械手的结构设计提供了实用方法,从而为这种机器及走向应用打下理论基础.特别需要指出的是,缩放机构所具有的优良性能使之很适合于具有 2~4 自由度的经济机器人的主结构,而且将得到广泛的应用。

本文的研究得到了国家自然科学基金的资助,在此表示感谢。

参 考 文 献

[1] 甘建国,王悦凤,运动空间对全方位缩放式步行机构参数选择的影响. 第七届机构学学术讨论会论文集, 1990: 121-124

[2] 刘伟,平面多杆机构各阶运动参数综合一优化的理论及方法的研究. 博士论文. 重庆大学, 1990.

[3] 白师贤等编著,高等机构学. 上海:上海科学技术出版社, 1988.

Mechanisms Motion Synthesis of A Pantograph Robot

Gan Jianguo, Zhu Wei and Gan Dongying
 (Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
 Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021)

Abstract

As a example which closed mechanisms uses as robotic mechanisms, this paper discusses the motion synthesis of pantograph robot mechanisms in detail, gives the function-type and trajectory-type synthesis equation of this mechanisms and provides the theoretical foundation for designing the structural parameters of this mechanisms.

Key Words: Pantograph mechanisms, Motion synthesis, Machine hand (robot)