

六足步行机器人的运动学研究

——实用步态、步行机构及运动协调

董太金

摘要 六足步行机器人尚有许多问题需要解决,本文就一些具体问题进行了探讨。提出了二种实用行走步态;对作为步行机构的空间缩放机构作了较深入的研究,找出了运动反求时的奇异位置,并且用级数方法解决了奇异位置的补异问题;根据步行机的运动特点,对腿机构进行了优化设计;从工程角度出发,分析了步行机设计中应注意的运动协调问题,并且提出了解决该问题的方法。

一、前言

步行机是模仿人类或动物行走方式的运动装置,近年来,六足步行机的研究普遍受到重视,国外步行机研究工作者对纵向行走步行机做了大量的工作,为了设计出有更强适应能力的全向型步行机,横向行走的步行机的运动学问题被提到较重要的位置上。本文对六足横向行走步态作了研究,提出了二种较为实用的行走步态。分析了用于步行机构的空间缩放机构的运动特性,使用级数方法对机构运动的奇异位置作了补异处理,定义了步行机构可运动空间,对足端可达的运动空间作了优化处理。提出了步行机构运动协调问题,相应地设计了一种协调装置,可以消除运动不协调对步行机的影响。

二、横向行走实用步态的研究

描述步态特征有许多方法,其中有四个参数可以完全描述步行机采用某种步态时的运动状态。这四个运动参数是步态因数 β 、步幅 λ 、静态稳定度SM和迈步顺序SQ。将 β 、 λ 、SM以及SQ定义为步态四要素。

三角步态是六足步行机最简单的步态,工程中尤为实用,将六条腿分成两组,每组三条腿交替支承行走,重心位于支承三角形内而使机体静态稳定。五角步态由于在每一瞬时至少有五条腿支地,具有承载能力大的特点。SQ选择得合理,稳定性能够得到改善。根据步态稳定度的公式,可以绘出在一定稳定条件下机体有效长度L和步幅 λ 的关系曲线,L- λ 曲线提供了合理选择L、 λ 的依据。

三、空间缩放机构用于步行机构时的运动优化

缩放机构由于在其主平面内的运动解耦性,用于步行机构是合适的。为了使得步行机能

够全方位行走,采用圆柱型空间缩放机构。机构的运动求解是运动研究的基础,运动反求则是运动控制必不可少的环节。通过运动反求,求出机构运动的奇异位置,在奇异位置,机构的运动控制参数不存在而导致机构失控,重新定义机构在奇异位置时的运动参数,使机构可以连续地通过奇位而不产生失控现象,这就是机构运动的补异问题。将机构向奇位运动的各参数的极限值作为新定义的运动参数,用台劳级数将机构的位置表示成时间的函数,可以求得相应的极限以解决补异问题。

根据步行机构的运动特性建立运动约束方程。在这些约束条件下以最大运动空间为目标求得机构的约束优化设计参数,对工程设计是非常有用的。

四、步行机构的运动协调问题

在步行机的一个运动周期中,步行机构将分别做抬起,前伸、支地、带动机体前移等动作,要求步行机构在各状态能够协调运动。单腿在摆动和支撑相中要求在时间上协调,这种协调主要在控制程序中处理,而时间协调公式给编制控制程序提供依据。各步行腿之间的协调称为位移协调,同时支地的各步行机构的运动轨迹必须重合,否则,将发生不协调现象导致机体无法运动或各作动器损坏。各腿发生不协调现象,主要是由于步行机行走在不平坦地面,各腿不是布置在相同方向,足端不处于同一水平面内,各腿的运动模型不一样,从而使控制模型也发生了变化;另一点,各腿受力不相等,将会影响到腿的运动精度。解决协调问题,对步行机的实用化是非常必要的。

五、位移协调装置的设计

在上一章分析了位移协调问题,解决这类问题的方法不是唯一的,主要方法是建立控制协调装置和机械式协调装置。利用机械装置可以简化控制系统。机械式协调装置是一组弹簧阻尼系统,当出现不协调现象,安装在足端的质量块受力滑动,弹簧受压,抬腿时,质量块复位。为了避免产生扰振,阻尼系数选取时,更使系统尽快衰减。

六、结 论

本文研究了二种六足横向爬行实用步态,提出了 $L-\lambda$ 曲线,为合理选取 L 和 λ 值提供了理论依据。解决了缩放机构的补异问题和利用于步行机构时的优化设计,分析了各步行腿之间的不协调现象,并设计了机械装置以解决这类不协调现象。这些结果对步行机的工程设计都是非常实用的。

参 考 文 献

- [1] S.Hirose, Y.Umetani, 3rd Theory and Practice of Robot and Manip. Udine, 1978
- [2] A.P.Bessonov, 1st Theory and Practice of Rb.and Manip., Udine, 1974
- [3] R.B.McGhee et al, Robotics Research, 1984
- [4] R.P.Paul, MIT Press, 1981
- [5] K.Taguchi et al, Theory and Practice of Rb.and Manip.2nd, 1976
- [6] S.M.Song et al, M.M.T.20, 1985
- [7] S.M.Song et al, M.M.T.22, No.4, 1987
- [10] 干东英、董太金：《科学报》1988年3月4日

Kinematics Study on Six-Legged Walking Robot

Dong Taijin

Abstract

There are many problems to be solved in study on six-legged walking machine. Some problems are approached in this paper. We present two practical gaits and study the spatial pantograph mechanism used as walking mechanism. In inverse kinematic research, we obtain the singular positions, and gave the way with series expansion of it's filling. Based on the kinematic characteristics of walking machine we do optimal design of leg mechanism. From the point of view of engineering design we analyse the motion coordination that should be noticed and present the solution.