

基于健美操运动的蛇型机器人训练环境分析

缪慧梅

苏州工艺美术职业技术学院 江苏苏州 215104

摘要: 蛇能够因应不同的地形而改变多种运动模式的姿态, 因此拥有绝佳的地形适应能力是健美蛇形机器人被发展的主要因素, 并且将其能力应用在搜救及探索未知且复杂的环境。本实验运用十颗伺服马达组合而成的健美蛇形机器人, 能够在管道中进行蜿蜒爬行 (Serpentine) 与毛毛虫式 (Caterpillar) 模式运动。本健美蛇形机器人的控制利用计算机发出 PWM (Pulse Width Modulation) 讯号至 SSC (Serial Servo Controller) 控制板, SSC 再对伺服马达做控制。

关键词: 健美操机器人; 运动模式; 分析

Training environment analysis of snake robot based on aerobics exercise

Huimei Miu

Suzhou Arts and Design technology Institute Suzhou Jiangsu 215104

Abstract: Snakes have the remarkable ability to adapt their movement patterns and postures to different terrains. This exceptional terrain adaptation capability is a major factor driving the development of the snake-like robot, contributing to its application in search and rescue missions and exploring unknown and complex environments. In this experiment, a snake-like robot composed of ten servo motors was created, capable of performing serpentine and caterpillar-like movements within pipes. The control of this snake-like robot involves the computer sending Pulse Width Modulation (PWM) signals to a Serial Servo Controller (SSC) board, which in turn controls the servo motors.

Keywords: Aerobics robot; Movement patterns; Analysis

健美蛇形机器人是一种根据生物蛇的运动爬行方式所模仿出来的仿生机器人, 生物蛇可以依照环境的不同而改变不同的爬行方式, 蛇一共可以分为四种运动模式, 介绍生物蛇各种不同的运动模式。1. 收缩前进 (Concertina) 这种爬行的方式类似手风琴般的收缩与伸张。行进的方法是先把蛇的身体后半部弯曲收缩, 然后蛇的头部与身体前端向前伸张, 当蛇的身体完全伸直后, 再收缩与伸张一次, 类似弹簧收缩, 如此就可以前进。较常见于栖息在洞穴的蛇类或在狭长空间爬行的蛇类。2. 蜿蜒爬行 (Serpentine) 这是蛇最普遍的行动方法, 常见于中小体型的蛇类行走于粗糙的地面。行进的方法为

藉由蛇身向左右两侧交替摆动, 使得蛇身躯形成侧面的波浪状, 得以向前爬行。3. 侧绕前进 (Sidewinding) 侧绕前进的行进方式是蛇以其身体的一端做为支撑点, 另一端再移向左或右来移动。如此的反复进行, 使得蛇的身体仅以其部份与地面接触, 避免被炙热的地面所烫伤。这种移动方式常见于栖息在沙地或沙漠的蛇类。4. 直线爬行 (毛毛虫式) (Caterpillar) 这种方法常见于一些像是蟒蛇等体型较庞大的蛇类。以腹部的鳞片做为支撑点, 靠着摩擦力抵住地面, 再以身体的肌肉收缩而将身体向前拉直。种行动方式比较不会触碰周遭环境而吓走猎物, 所以当蛇要接近猎物时, 就常用这种行动方式, 只是这种行动方式就像毛毛虫爬行般较为缓慢。蜿蜒爬行是健美蛇形机器人最重要的行走方式, 在管外运动时会以蜿蜒爬行为基础做出健美蛇形机器人的运动模式; 而在管内爬行时, 是利用毛毛虫式做前进。在管内运动4不使

作者简介: 缪慧梅, 1979.11, 苏州工艺美术职业技术学院, 硕士研究生, 副教授, 研究方向: 健美操教学与运动训练。

用收缩前进,因为健美蛇形机器人使用的伺服马达无法像弹簧一样伸长或是缩短,故使用毛毛虫式作为我们管内爬行。毛毛虫式与蜿蜒爬行类似,不同处在于蜿蜒爬行是与地面水平做Sine波形曲线运动,而毛毛虫式则是与地面垂直做Sine波形曲线运动。在本研究论文中,希望能够设计出利用被动轮以在平面做蜿蜒爬行的健美蛇形机器人,同时不会因为装设被动轮时而无法在狭小空间作毛毛虫式移动。

一、系统架构与机构设计

本研究在机构设计中,健美蛇形机器人使用十颗伺服马达互相垂直组合而成,如图3所示,而伺服马达的转动是以SSC来做控制,并利用生物蛇中的蜿蜒爬行与毛毛虫式来做移动。在系统架构分成健美蛇形机器人端与控制端等两部分。健美蛇形机器人端包括伺服马达与摄影镜头,健美蛇形机器人的十颗伺服马达的电压是利用电源供应器经由SSC再传送至马达上使用。控制端是由计算机负责对SSC下达前进或左右转的命令。健美蛇形机器人端则是SSC接收到命令后,负责对伺服马达的控制,让健美蛇形机器人能够顺利执行命令。

本论文的SSC所需要的电压是经由计算机的USB传输线提供。健美蛇形机器人所使用的伺服马达型号为KONDOKRS788,工作电压为9V~12V。其电压是利用电源供应器经由SSC再传送至十颗伺服马达上使用。而摄影镜头的电压则直接由电源供应器提供。健美蛇形机器人前端的摄影镜头提供健美蛇形机器人所在环境的影像撷取以传送到计算机,再由计算机下达命令给SSC,让健美蛇形机器人能够执行后续动作。

健美蛇形机器人利用十颗伺服马达组合而成,每相邻两颗伺服马达组合成一组关节,其中五个偶数颗的伺服马达为水平移动,另外五个奇数颗的伺服马达为上下移动。在平面爬行时,因健美蛇形机器人与地面摩擦力太大导致无法前进,所以在偶数颗的马达下方装设被动轮;在管内爬行时,因奇数颗的马达最先与管道接触,所以在马达外面包覆硅胶垫,若无包覆则会因为健美蛇形机器人与管内的摩擦力太小而导致打滑现象。健美蛇形机器人在管内爬行时,因管内光线不足,故在健美蛇形机器人前端设置摄影镜头及LED灯,摄影镜头会将健美蛇形机器人所在的环境画面撷取下来,并利用传输线传回到个人计算机,以让用户分析健美蛇形机器人是否需要左右转。LED灯功能则是补足管道内光线不足的问题。因为健美蛇形机器人前端已放置摄影镜头及LED灯,无多余的空间来装设其他零件,故SSC以放置在健美蛇

形机器人的后端最适合,此放置也会比较靠近计算机而减轻传输线的重量。以下针对健美蛇形机器人各个部件详细介绍。

伺服马达通常为小型机器人常用的马达,因为伺服马达体积小、重量轻,且能正确的控制旋转角度。一般的伺服马达通常由三种零件组合而成:直流马达、控制电路芯片及减速齿轮组。直流马达是依靠直流电驱动的马达;控制电路芯片主要控制伺服马达转的角度;因为直流马达转速太快,所以需要减速齿轮让其转速变慢。伺服马达工作原理为不停地改变脉冲宽度调变(Pulse Width Modulation, PWM)讯号,马达转的00~1800对应到的PWM讯号为1000ms~2000ms。本研究的健美蛇形机器人使用的伺服马达主要提供健美蛇形机器人做爬行运动。

二、健美操蛇形机器人轨迹规划

当伺服马达为00(对应PWM为1000ms)时会转向最左边,在1800(对应PWM为2000ms)时则会转向最右边,所以当伺服马达为900时,则转向正中央,其PWM讯号为1500ms。所以若要健美蛇形机器人在管外爬行需要左转时,就要使头部的伺服马达PWM值减少。本论文分析了PWM值分别减少100ms、200ms及300ms时的状况,当减少100ms时,健美蛇形机器人转弯不明显,而减少300ms则是过弯速度太快导致健美蛇形机器人倾倒。只有减少200ms时,才会使得健美蛇形机器人前进时,慢慢偏向左边并且不会倾倒;同理,若要健美蛇形机器人右转,就要使头部的伺服马达PWM值增加。当健美蛇形机器人的头部的伺服马达PWM讯号增加200ms,这会使得健美蛇形机器人前进运动时,慢慢偏向右边并且不会倾倒。健美蛇形机器人在管内是以毛毛虫式爬行。进去管道时,首先要让健美蛇形机器人倒下,并且振幅需要调小。倒下前,健美蛇形机器人一开始还是维持蜿蜒爬行,接下来把全部伺服马达的PWM讯号调成1500ms,这会使得健美蛇形机器人倒下,再把健美蛇形机器人的PWM讯号调成毛毛虫式,以让健美蛇形机器人在管内做毛毛虫是爬行。而振幅调小原因为管口径为六吋,不够空间做太大的摆幅,所以要调整健美蛇形机器人每颗伺服马达的PWM讯号,当伺服马达的PWM讯号大于1500ms时,则减少200ms。

若健美蛇形机器人从管内爬出管外时,需要让健美蛇形机器人站起来,以让健美蛇形机器人能从毛毛虫式切换成蜿蜒爬行,首先让头尾的伺服马达PWM先调为1000ms,再让第二颗马达以及倒数第二颗马达PWM调为

1000ms, 以此类推, 让健美蛇形机器人能够慢慢自行撑起。当健美蛇形机器人完全站起来后, 再把每颗伺服马达调为蜿蜒爬行的PWM讯号。

在管外爬行时, 健美蛇形机器人利用蜿蜒爬行做移动。健美蛇形机器人下方装设被动轮, 可使健美蛇形机器人前进方向与地面的摩擦力会减小, 但与健美蛇形机器人前进的垂直方向与地面的摩擦力保持不变, 以利于增加爬行的速度。管内运动是指健美蛇形机器人在六吋PVC管内爬行。由于管内空间狭小且会因为装置被动轮而让健美蛇形机器人重心不稳导致无法前进, 所以先让健美蛇形机器人倾倒后利用毛毛虫式爬行。毛毛虫式爬行与蜿蜒爬行类似, 不同处在于蜿蜒爬行是与地面水平做Sine波形曲线运动, 而毛毛虫式则是与地面垂直做Sine波形曲线运动。所以只要让健美蛇形机器人倾倒后, 继续做蜿蜒爬行就可达到毛毛虫式爬行。健美蛇形机器人爬行时, 在管内外分别以毛毛虫式(Caterpillar)及蜿蜒爬行(Serpentine)。若健美蛇形机器人初始与最后状况都同时在管内或管外时, 则全程由毛毛虫式或蜿蜒爬行做为运动前进; 若健美蛇形机器人初始与最后状况不同时在管内或管外, 则视情况利用蜿蜒爬行或是毛毛虫式做前进, 而要切换运动模式时, 须让健美蛇形机器人做倒下或是起立动作。

三、健美蛇形机器人运动模式

本研究使用个人计算机发出命令后, 利用USB传输线传至SSC, SSC再对健美蛇形机器人进行控制。健美蛇形机器人前端装设摄影机, 利用此摄影机回传影像到个人计算机上, 以让用户可以观察健美蛇形机器人当下的环境信息后, 再下达左转、右转、起立或倒下的讯号。

健美蛇形机器人在管子外的运动因为不受地形限制, 摆动振幅大小也不受限制, 所以移动的速度是健美蛇形机器人的重点。一开始未加被动轮(Passive Wheel)并使用蜿蜒爬行做运动, 发现健美蛇形机器人底部和地面接触的摩擦力太大以至于健美蛇形机器人难以前进。所以在底部装设被动轮来减少健美蛇形机器人运动时与地面间的前进方向的摩擦力, 但不会影响健美蛇形机器人与地面间的前进垂直方向的摩擦力, 以让健美蛇形机器人顺利前进。健美蛇形机器人爬行所选用的透明亚克力管及PVC管, 管径均为6吋, 透明亚克力管可以更清楚看到健美蛇形机器人在管内的动作。因为厂商没制作透明亚克力弯管, 所以还是使用不透明900PVC弯管。健美蛇形机器人利用毛毛虫式移动的成果图, (a)为0秒, (b)为2秒, (c)为4秒, (d)为6秒, (e)为8秒。由

图可得知, 健美蛇形机器人以毛毛虫式在管外移动的速度大约为2cm/s, 其速度是非常缓慢的, 而且因为健美蛇形机器人的讯号线与被动轮的29重量不同导致蛇身倾斜, 让健美蛇形机器人前进时会有所偏离。健美蛇形机器人管外左转的成果图, (a)为0秒, (b)为2秒, (c)为4秒, (d)为6秒, (e)为8秒, (f)为10秒。从图中可以看出健美蛇形机器人是慢慢地往左边走, 并不是直接90°左转。PVC管内因为环境大小的限制, 所以使用毛毛虫式来取代蜿蜒爬行。而健美蛇形机器人爬行时, 伺服马达会与PVC管内表面打滑, 所以在健美蛇形机器人的奇数颗马达包34覆硅胶垫, 以让健美蛇形机器人可与PVC管内增加摩擦力。健美蛇形机器人利用毛毛虫式在管内每3秒前进的成果图, (a)为0秒, (b)为3秒, (c)为6秒, (d)为9秒, (e)为12秒, (f)为15秒, (g)为18秒, (h)为21秒。健美蛇形机器人总长约为57cm, 由图可以看到在管内移动非常缓慢, 其移动速度大约为2.71cm/s。健美蛇形机器人利用毛毛虫式在管内右转的成果图, (a)为健美蛇形机器人刚开始起步, (b)为5秒过后, (c)为10秒, (d)为15秒, (e)为20秒, (f)为25秒, (g)为30秒, (h)为35秒。可发现健美蛇形机器人在此阶段的移动较为缓慢, 另外如图28(d-h)所示, 可发现当健美蛇形机器人头部大约两到三颗伺服马达弯过去后, 健美蛇形机器人的后半部分也就以较快的速度弯过去了。健美蛇形机器人利用毛毛虫式在管内左转的成果图, (a)为0秒, (b)为5秒, (c)为10秒, (d)为15秒, (e)为20秒, (f)为25秒, (g)为30秒, (h)为35秒, (i)为40秒, (j)为45秒。由以上各图可发现健美蛇形机器人完成管内左转爬行。在管内, 健美蛇形机器人是以毛毛虫式前进, 管外则是蜿蜒爬行。所以为了使健美蛇形机器人由管内的毛毛虫式前进转换为管外的蜿蜒爬行, 所以必须让健美蛇形机器人做起立的动作。健美蛇形机器人起立的成果图, (a)为健美蛇形机器人还是维持毛毛虫式的状态, (b)为头尾的伺服马达的PWM讯号调为1000ms, (c)与(d)为第二颗与倒数第二颗伺服马达的PWM讯号调为1000ms, (e)为健美蛇形机器人完全起身后, 准备以蜿蜒爬行的预备动作。在管外, 健美蛇形机器人是以蜿蜒爬行, 管内为毛毛虫式。所以为了使健美蛇形机器人由管外的蜿蜒爬行转换为管内的毛毛虫式前进, 所以必须让健美蛇形机器人做倒下的动作。健美蛇形机器人倒下的成果图, (a)为健美蛇形机器人还是维持蜿蜒爬行的状态, (b)为全部伺服马达调为1000ms后, 健美蛇形机器人倒下的情形,

(c) 为健美蛇形机器人倒下后调整成毛毛虫式的PWM讯号。从以上结果讨论可得到本研究的健美蛇形机器人已成功的在管外完成直线前进(蜿蜒爬行)、直线前进(毛毛虫式)、后退(蜿蜒爬行)、右转及左转的动作;也成功的在管内完成直线前进(毛毛虫式)、右转及左转的动作;更成功的完成在进出管子时的管外起立及管内倒下的动作。

四、结论

本论文的健美蛇形机器人研发结合机构设计与运动模式来达成各类运动模式,以在核能组件内部管路中来代替大型机具执行任务,并且已成功的在管外完成直线前进(蜿蜒爬行)、直线前进(毛毛虫式)、后退(蜿蜒爬行)、右转及左转的动作;在管内则完成直线前进(毛毛虫式)、右转及左转的动作。在切换运动模式中完成起立及倒下的动作。

健美蛇形机器人不论在平面上或是PVC管内都有明显地做爬行,但在移动时有些许的不流畅,所以在未来能够增加伺服马达数量,让健美蛇形机器人能够更流畅与更顺利地爬过崎岖的地形。此外蛇的运动模式共有四种,目前已完成蜿蜒爬行与毛毛虫式的运动模式,增加伺服马达数量后希望能够实现另外两种运动模式。

参考文献:

[1]蒋清华,李安平.论高校体育教学活动创新的艺术特征的引导[J].黑龙江工业学院学报(综合版),2021,21(02):30-33.

[2]张宏达.新时期高校健美操课程教学体系的分析与思考[J].当代体育科技,2021,11(12):121-123.

[3]赵晓菲.高校健美操教学中影响学生表现力的因素及培养对策探究[J].当代体育科技,2021,11(10):122-124.