

[新设备·新材料·新方法]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2016.01.018

高空作业采摘果实机器人设计

蔡刚毅¹, 翁海华², 周海彦³

(1. 浙江省特种设备检验研究院, 浙江 杭州 310020;
2. 舟山市特种设备检测中心, 浙江 舟山 316000; 3. 杭氧集团, 浙江 杭州 310000)

摘 要:针对果品采摘作业的复杂性以及自动化程度低的情况,提出高空采果机器人的设计和制造。机器人采用坦克式双履带行走驱动方式,所有的原动件安在机身上,使重心下移,保持行走稳定;手臂采用硬塑料板及铝质型材支撑多段折叠式手臂,通过底部的3个马达绕绳实现手臂的展开与收缩;手臂顶端为1个三自由度高度灵活的夹子,可以方便地采摘果实;夹子下方一个口袋作为收集装置。应用结果表明,文章设计的机器人具有质量轻,机身小,造价低,实用性好等优点,能满足高空采摘作业要求。

关 键 词:机器人;坦克式双履带;折叠式;自由度

中图分类号:TP242.3 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2016)01-0076-04

Design of Fruit Picking Robot for High-Altitude Operation

CAI Gangyi¹, WENG Haihua², ZHOU Haiyan³

(1. Zhejiang Provincial Special Equipment Inspection and Research Institute, Hangzhou 310020, China;
2. Zhoushan City Special Equipment Inspection Institute, Zhoushan, Zhejiang 316000, China;
3. Hangzhou Oxygen Plant Group Co., Ltd, Hangzhou 310020, China)

Abstract: The design and manufacture of high-altitude fruit picking robot was put forward because of complexity and low degree of automation of fruit picking work. The robot was driven by tank-style double-drive mode crawler, all driving component was installed in the body, making center of gravity down to keep walking stability. Clip had the function of multi degree of freedom was convenient to aim at the fruit. Arm adopted the hard plastic plate and the aluminum profile supporting sections of folding arm. Through the bottom of three motor winding rope to realize the expansion and contraction of the arm. Arm to the top was a three degree of freedom flexible clip, can be easily picked fruit, clip the bottom of a pocket as a collector. The application results show that the designed robot in this paper has the advantages of light weight, small body, low cost, good practicability, and can meet the requirements of high altitude picking operation.

Key words: robot; tank-style double-drive mode crawler; collapsible type; degree of freedom

果品采摘作业是水果生产链中最耗时、最费力的一个环节。采摘作业季节性强、劳动强度大、费用高,因此保证果实适时采收、降低收获作业费用是农业增收的重要途径。由于采摘作业的复杂性,采摘自动化程度仍然很低。目前,国内水果采摘作业基本上都是人工进行,其费用约占成本的50%~70%,并且时间较为集中。采摘机器人作为农业机器人的重要类型,其作用在于降低工人劳动强度和生产费用、提高劳动

生产率和产品质量、保证果实适时采收,因而具有很大发展潜力。

此外,高空采果作业是相当危险的工作,据报道,闻名中外的临安山核桃的采摘工作每年都会有果农失足丢失生命,所以高空采摘机器人的研究对于保障果农安全、提高社会和谐具有很大价值。

1 车身设计与计算

采用三角形车身模型^[1-2],如图1所示。车身由编

收稿日期:2015-04-14;修回日期:2015-10-20

作者简介:蔡刚毅(1987),男,浙江绍兴人,硕士,工程师,主要研究方向为压力容器检验检测、压力容器失效等。

E-mail:gangyi1898@163.com

号为1~6的6个轮子及履带组成,轮5和轮6连接的履带与地面呈 60° 角度,每侧的履带由1个功率12 W、电压12 V和转速60 r/min的直流电机驱动,结构简单,质量轻。每侧由3个传动轮1,5,6支撑履带结构,3个橡胶轮2,3,4支撑车体保证正常行进。履带结构的前倾使车在上坡时不需做任何调整可以直接冲上楼梯,下坡时前倾的结构可以为车上的手臂提供保护和缓冲的作用,避免手臂受到直接的刚性碰撞。其中轮1为铝制传动轮,轮5和轮6为铁质传动轮,同一直径的铁质传动轮的质量大于铝质传动轮,由轮5,轮6产生的重力使整个机器人在上坡时保证车头尽量下压,避免出现翻车;同理,下坡时保证车子稳定^[3-4]。

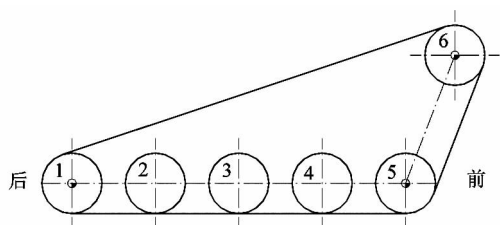


图1 车身模型

Figure 1 Model of robot

如图2所示,小车由位置①到②即上坡这个时间段里所需要的力是最大的,所以对电机的扭矩也是最大的。经过测量得到车身的质量是4 kg,假设斜坡的倾斜度是 45° ,由于将5个电机都放于底盘上,使得整个车的重心大概就位于车的底盘中心位置,从而就可以很容易地计算出履带上所受的力大小^[5-7]:

$$F = \sqrt{2}MG = \sqrt{2} \cdot 4 \cdot 10 = 56.57 \text{ N}.$$

式中: F 为履带上所受的力, M 为小车的质量, G 为重力加速度。

车轮半径 R_1 为25 mm,电机的输出扭矩为 $T_s = 9\,550 \times 0.012/60 = 1.910 \text{ N} \cdot \text{m}$,此时电机所受的扭矩为 $T = FR_1 = 56.57 \times 0.025 = 1.414 \text{ N} \cdot \text{m} < 1.910 \text{ N} \cdot \text{m}$,符合要求。

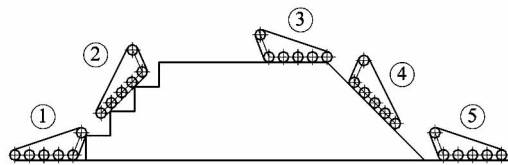


图2 车身行进图

Figure 2 Driving picture of robot

2 手臂设计

如图3所示,钢丝绳①②③分别用3台电机来控

制,C,G为电机编号。3台电机的功率和电压相同,分别为12 W和12 V。所不同的是转速,转速35 r/min控制绳①,转速25 r/min控制绳②,转速100 r/min控制绳③。根据实际需求选择合适转速的电机带动钢丝绳,实现手臂的伸缩。在位置A处装设铰链,可以把夹子和电机同时移到机身的前面,使重心前移,方便上坡;而上面的手臂保持不变,第2节利用1个绳索拉1个大轮子使手臂打开,这样会导致绳索受较大的力,因此选用了高强度钢丝绳来保证绳索能够受压。

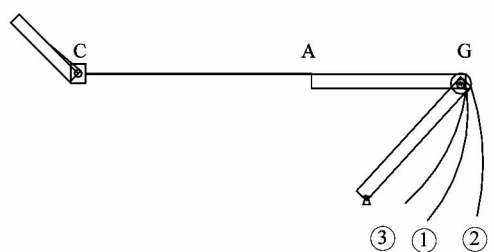
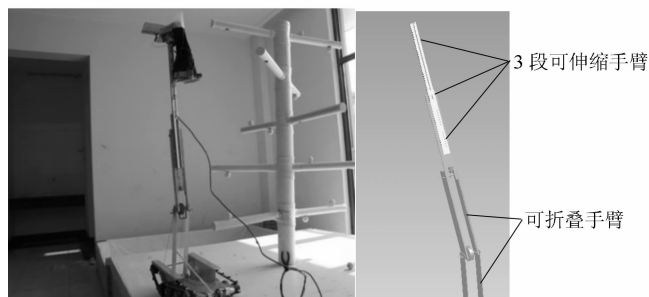


图3 机器手臂

Figure 3 Robotic arm

整个手臂由2段可折叠手臂和3段可伸缩手臂构成^[8-10],效果如图4所示。放置在机器人底盘上的3个马达通过绞缆的方式来实现手臂的折叠与伸展。可折叠的2段手臂由硬塑料板制成,在板上每隔1 cm打1个直径6 mm的孔,在保证足够强度和刚度前提下减轻质量。整个机械臂具有极好的可收缩性,收缩状态下整个手臂高度为8 cm,张开后可达到150 cm高度。

手臂的伸缩是通过收放绳子来实现的,所以所受的力分布在整条绳上,具有较高的可靠性。且因为全部由绳拉动,整个手臂具有较高的柔韧性及抗冲击性。整个手臂各部分均由移动副或转动副连接,具有结构简单,且各部分拆卸、调换简单,具有较高的实用价值。



(a) 采摘果实模拟

(b) 手臂伸展效果图

图4 手臂效果图

Figure 4 Real map of arm

3 采摘结构的设计与计算

如图5所示,利用3个小电机,来实现夹子采摘的动作,1个电机控制夹子开合,另外2个通过齿轮配合实现了平面内自由灵活转动。夹子张开和闭合的效果如图6所示。夹子由铝板制成,上面每间隔5 mm打1个直径3 mm的孔,减轻夹子质量,并方便观察采摘果实情况。3个自由度大大提高了采摘效率,同时采摘得到果实后,利用重力的作用能直接掉到后面的存放装置中去,节省时间。

选用3个相同型号即功率为1 W,电压为6 V,转速为35 r/min的小电机,并选用图5所示的3对齿轮传动。齿轮参数见表1。

表1 选用齿轮参数表
Table 1 Gear parameter list

齿轮编号	模数/mm	齿数	齿轮编号	模数/mm	齿数
I	0.5	18	IV	0.8	54
II	0.5	100	V	0.5	18
III	0.8	15	VI	0.5	100

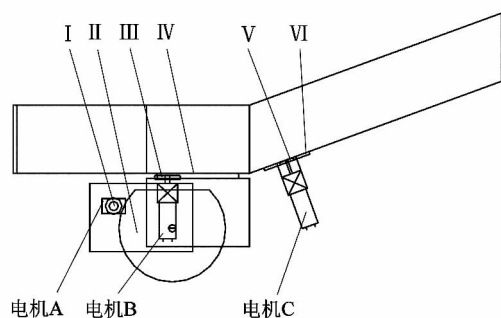


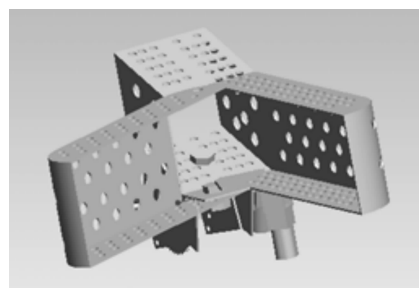
图5 采摘机构示意图
Figure 5 Picking mechanism

虽然由于电机的数量比较多,而且都是通过齿轮传动,夹子的质量较大,给手臂带来一定的压力,但是通过总体的规划和设计,能够有效地解决这方面的问题。

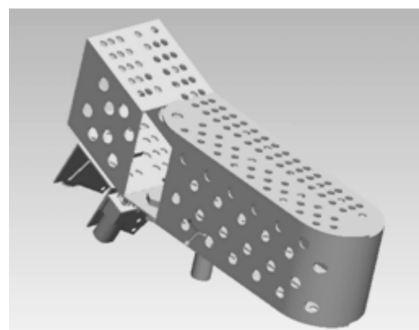
4 收集与存放装置的设计与计算

收集与存放结构如图7所示,有1个上小下大的收集袋,其底部(收集袋大端)由马达驱动的挡板构成。果实的收集机构连着抓取机构,抓到果实后果实会自动掉到收集袋里。收集袋黑色部分为布料,在收缩状态时,可以节约很大的空间,白色部分为刚性材料。

存放果实时利用电机直接带动底部的档片左右旋转实现装置的开闭,不仅开关方式干净利落,而且掉落果实也比较方便。该部分对于电机的要求不高,所选用的电机参数为1 W,6 V,35 r/min。

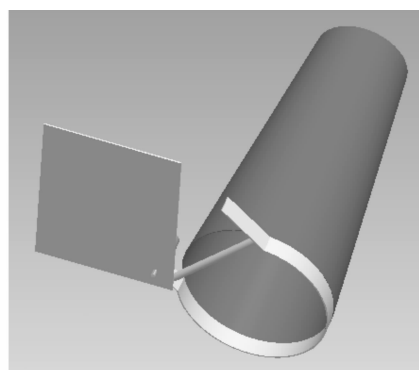


(a) 夹子打开效果

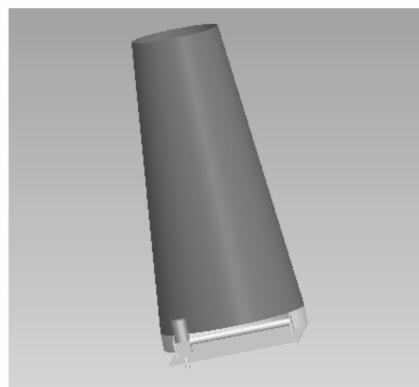


(b) 夹子闭合效果

图6 夹子示意图
Figure 6 Clip diagram



(a) 挡板开启



(b) 挡板闭合

图7 收集与存放结构
Figure 7 Structure of collection and storage
(下转第83页)