

# 面向包装生产线的自主移动运输平台设计

张铁锋<sup>1</sup>, 庞明<sup>1</sup>, 马良<sup>2</sup>

(1. 哈尔滨商业大学, 哈尔滨 150028; 2. 哈尔滨工业大学, 哈尔滨 150001)

**摘要:** 为满足包装生产过程中物料及时、高效地运输,使各环节衔接得当,并充分发挥各生产设备的效率,提出了一种适合物料运输的自主移动平台。对该自主移动平台的机械结构进行了设计,根据实用要求,设计出了一种圆桶形、3 车轮、3 层框架式的自主移动平台,并针对该机械结构设计了相应的运动控制系统。

**关键词:** 自主移动平台; 包装生产线; 物料运输

**中图分类号:** TB486+.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)11-0077-04

## Design of Autonomous Mobile Platform for Packaging Production Line

ZHANG Tie-feng<sup>1</sup>, PANG Ming<sup>1</sup>, MA Liang<sup>2</sup>

(1. Harbin University of Commerce, Harbin 150028, China; 2. Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

**Abstract:** An autonomous mobile platform for material transportation in process of food packaging production was put forward to ensure proper and effective join of links and meet the timely and effective transportation of material in packaging production process. The mechanical structure of the proposed mobile platform was designed. According to practical requirements, a three levels cylinder shape vehicle with three wheels and the corresponding motion control system were designed.

**Key words:** autonomous mobile platform; packaging production line; logistics transportation

包装生产线中的物料运输衔接了各个环节。目前,生产中的物料运输主要是靠人工搬运或由人工操作一些辅助设备来完成,不仅耗费了人力,还有可能影响整条生产线的工作效率。采用自主移动平台参与物料运输环节,可以节省人力,提高包装生产线中设备的作业范围和面对复杂生产作业的适应能力,已成为包装设备发展的前沿技术。

一个完整的自主移动运输平台系统主要包括移动平台机械本体、传感系统、控制系统等部分<sup>[1-3]</sup>。在进行设计时,首先应考虑该平台的工作环境及任务要求,此外,还应考虑平台的复杂性、机动性、可控性以及拆装是否方便和成本等问题。

文中将研制一台具备 60 kg 承载能力,在实验条件下,车体直线前进的最高速度为 0.4 m/s,并能够实现零半径回轮的自主移动平台。为保证移动平台在作业过程中不与工作环境及其它物体发生碰撞,移动平台应具备避障功能,同时为了提高其作业精度及

效率,移动平台必须能够对自身进行精确定位。

## 1 自主移动平台机械结构设计

### 1.1 总体方案设计

#### 1.1.1 圆桶形整体构型

移动平台也就是通常所说的移动机器人,结合作业条件及任务要求,文中将其整体构型设计为圆桶形。桶形移动机器人是由车形机器人演化而来,自身的对称结构便于在其外围布置测距传感器,从而可以精确地计算出自身的中心位置以及与障碍物的距离。由于所设计的移动平台为自主移动平台,在改变车体运动方向时,可以无需改变车体的姿态,因此在运动过程中,圆桶形移动平台不会由于运动方向的改变而使车体运动空间发生变化。在移动平台进行零半径回转时,圆桶形结构可以使移动平台在运动过程中与周围环境的距离保持不变。因而,圆桶形的结构特点

**收稿日期:** 2012-03-05

**作者简介:** 张铁锋(1979—),男,黑龙江人,哈尔滨商业大学讲师,硕士,主要研究方向为印刷、包装机械设计及其自动化。

有利于移动平台在较狭窄或拥挤的场所灵活自由穿行。

### 1.1.2 轮式移动结构

移动平台按移动方式可分为轮式、履带式、腿足式等。履带式移动平台主要应用于地面条件差,存在障碍或沟壑等情况,多用于地形侦察、灾难搜救及工程探险等恶劣环境<sup>[4-6]</sup>。腿足式移动平台采用仿生原理,从人类或动物的运动方式得到启发,目前多数学者针对双足或多足机器人进行步态研究,其研究方向主要集中在理论和方法的创新,在实际应用技术上还不成、不完善<sup>[7-8]</sup>。而轮式移动平台具有控制简单、运动稳定等特点,已成为众多学者研究的热点。文中采用轮式结构,对移动平台的移动机构进行设计。

### 1.1.3 3 车轮结构

轮式移动平台常用的车轮数目为 3 轮、4 轮、6 轮、8 轮。安装 6 个车轮或 8 个车轮的移动平台一般都要求具有越野能力,工作在平坦路面上的移动平台一般由 3 个或者 4 个车轮组成。4 轮结构的移动平台,为了使 4 个车轮同时承载车体重量而且受力均匀,一般都采用悬挂系统,这增加了结构的复杂性。综合考虑设计要求,文中采用 3 轮结构,3 个车轮呈 120° 夹角均匀布置在移动平台底部。

### 1.1.4 同心方向轮

移动平台车轮结构可划分为自由方向轮系和传统轮系:自由轮系包括球轮、瑞士轮和正交轮;传统轮系包括同心方向轮、偏心方向轮以及固定方向轮等<sup>[9]</sup>。固定方向轮结构的每个车轮仅需要 1 个电机进行驱动,结构简单,但其仅能依靠车轮差动改变车体运动方向,无法实现零半径旋转。同心方向轮和偏心方向轮都是对车轮转向和滚动进行独立驱动,便于控制,可实现零半径回转,但偏心方向轮在车轮转向时摩擦力大,容易导致车体旋转。瑞士轮、球轮等麦克纳姆轮结构形式的车轮运动时,车体振动、打滑,车轮易磨损,且承载能力有限。因此,文中采用同心方向轮结构形式,对车轮的转动和滚动进行独立控制。

### 1.1.5 3 层框架式分层结构

移动平台采用合金铝框架式分层结构,从上至下由 3 个空间层次构成,见图 1。第 1 层装配有移动平台的操作显示屏,通过显示屏,操作者可以查看移动平台所处状态及所要执行的程序序列,也可以控制移动平台进行运动。在第 1 层底板上还留有各类接口

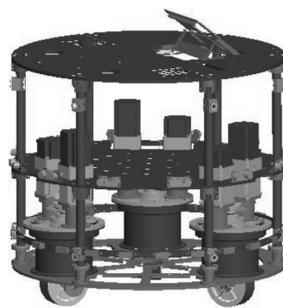


图 1 移动平台结构模型

Fig. 1 Mobile platform structure

设备、散热风扇和急停开关等。第 2 层放置自主移动平台控制系统,包括分别控制车体移动和平台升降的工业计算机及相关的控制板卡和多传感器数据采集、处理系统等。第 3 层装配车轮、电源、电机驱动器、接线板和电源总开关等。这种空间分层设计,使得移动平台的结构更加紧凑,同时易于维护。移动平台最底层放置电源、驱动器等质量较大的部件,这种布置方式既降低了整体的重心,又提高了控制系统的抗干扰能力。所设计的移动平台直径 600 mm,整体高度 540 mm,移动平台底层距地面 80 mm。

## 1.2 车轮模块化结构设计

为了方便对移动平台进行拆装和升级,对车轮结构的设计采用模块化结构。整个车轮部分是相对独立的整体,其结构不依赖,同时也不影响平台自身的结构。3 个车轮模块完全一致,提高了互换性,降低了加工、维修成本。为了实现移动平台的零半径回转,使车轮能够全角度旋转,将驱动电机放置于车轮模块顶部,通过传动机构实现对车轮的驱动,而不采用驱动电机直联车轮进行驱动的方式。

车轮模块结构见图 2,将转向电机和滚动电机置于车轮模块顶部,使车轮模块结构更加紧凑,减小了车轮模块的体积。同时,将电机置于车轮模块顶部有利于电机的维护及更换,可以实现在不拆卸车轮模块的条件下对电机进行操作。

由图 2 可知,车轮模块采用多级减速传动,在设计各级减速比时,应按照“前小后大”,即由高速级向低速级逐渐增大的原则分配传动比,且相邻两级差值不要过大。这种分配方法可使各级中间轴获得较高转速和较小的转矩,因此轴及轴上零件的尺寸和质量下降,结构较为紧凑。在设计锥齿轮  $Z_5$  和  $Z_6$  的减速比时,考虑到安装尺寸及整体结构,为了保证  $Z_5$  齿轮

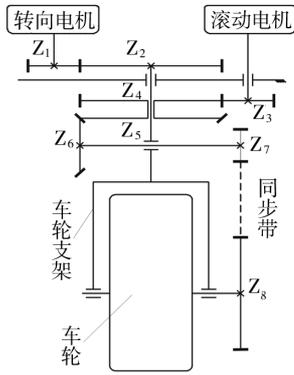


图2 移动平台车轮模块结构  
Fig. 2 Structure diagram of wheel module of the mobile platform

轴与锥齿轮  $Z_6$  的距离不至于过大,将锥齿轮  $Z_6$  设计为小齿轮,使锥齿轮传动结构成为增速机构。

每个车轮模块都包括转向机构和滚动机构:通过转向机构(见图3),车轮能够实现原地旋转;通过滚



图3 车轮模块转向机构  
Fig. 3 Steering mechanism of wheel module

动机构(见图4),可以令车轮滚动,进而实现平台的

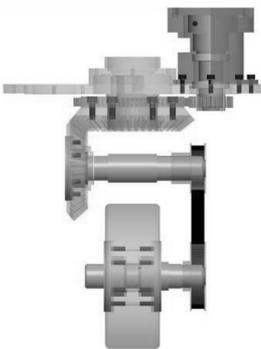


图4 车轮模块滚动机构  
Fig. 4 Rolling mechanism of wheel module

移动。结合图2可以看出,转向电机通过一级直齿轮

$Z_1$  和  $Z_2$  进行减速增扭传动,带动车轮支架转动,从而实现车轮转向;滚动电机通过一级直齿轮  $Z_3$  和  $Z_4$ 、一级锥齿轮  $Z_5$  和  $Z_6$  及一级同步带  $Z_7$  和  $Z_8$  传递扭矩,实现车轮滚动。本设计将2个驱动电机置于车轮模块整体顶端,通过传动机构实现对车轮的驱动,与将驱动电机嵌入车轮之内,直接驱动车轮前进的方式相比,这种结构虽然较为复杂,但缩小了车轮厚度,方便布线,而且在车轮转向过程中能够避免绕线情况的发生,更为重要的是其互换性好,拆装电机方便。

自主移动平台车轮模块实物见图5,在对移动平



图5 自主移动平台车轮模块  
Fig. 5 Wheel module of the automatic mobile platform

台进行装配时,车轮模块外部还应加装防护套筒,以避免移动平台运动时,地面的物体与车轮模块发生碰撞,损坏车轮模块传动机构。

移动平台的自主移动机构由3组车轮模块组成,每个车轮模块自身都具有定向和定位功能,对3组车轮模块6个电机分别进行控制,可以在无需改变车体姿态的情况下,实现移动平台在二维平面内的自主移动。并且,所设计的移动平台还可以实现零半径回转,这种运动方式有助于移动平台在较狭窄或拥挤的环境中灵活、自由地运动,增强移动操作臂在复杂环境中的适应性。自主移动平台能够以任意一点为圆心进行旋转,因此可以通过对自身位置进行细微调整实现精确定位。

## 2 自主移动平台控制系统设计

自主移动平台控制系统的硬件连接见图6,控制系统的核心部件是嵌入式工控主板(EC5-1651),它实现任务分配、任务调度和通信等功能。嵌入式工控主板通过无线网络接收上位机的控制和决策命令,根据这些命令对移动平台进行运动规划和控制,在工作过

