

履带式机器人行走系统的结构分析<sup>\*</sup>

□ 葛兆斌 □ 侯宪伦 □ 孙洁 □ 刘成业 □ 李倩

山东省科学院 自动化研究所 济南 250014

**摘 要:** 详细分析了现有履带式机器人行走系统的主要结构,比较了其优缺点。指出了在实际工作中可能出现的问题,提出了履带式机器人四轮驱动的结构,并设计出了样机。

**关键词:** 机器人 履带 四轮驱动

**中图分类号:** TP242

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-4998(2009)08-0037-02

目前国内已投入使用的在特种行业执行特定任务的机器人基本上是轮式和履带式两种。在爬越坡面、跨越障碍和壕沟以及在湿地、碎石地、泥泞地上行走时,履带式机器人具有一定的优越性,在部队、武警、公安、消防以及核工业等领域的侦察、排险、协同作战方面得到广泛的应用。

我们承担的“井下探险救援机器人的研究”项目是山东省重大科技专项,开发适用于矿井及灾害环境的探测和人员生命救助的特种机器人。考虑到矿井的自然环境条件极其恶劣、道路崎岖不平 and 灾害现场不确定性的特点,所研发的机器人应能适应环境并发挥作用,因此采用了履带式行走方式。

## 1 行走系统的结构分析

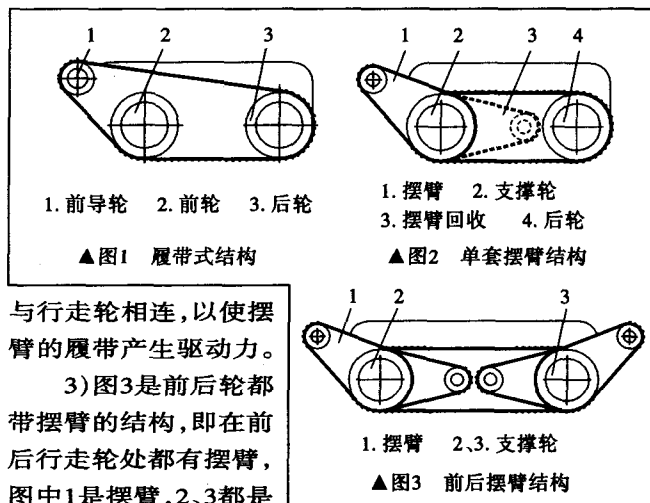
履带式机器人的行走系统,亦称机器人移动平台,包括两套驱动履带行走的电机传动及其控制系统、机架(或称车体)和其它功能附件等。根据井下探险救援机器人的应用环境和使用要求,机器人一般自带电池,而且要求体积尽量小、质量尽量轻、越障能力强、自我保护能力高、动力性好。

为满足上述要求,作为履带式机器人主体的行走系统结构都非常紧凑。目前最常见的结构有以下3种。

1)图1所示的形如履带式坦克车的结构,图中2、3是行走轮,由后轮3驱动,1是前导轮,其高度决定了机器人的越障能力,一般认为轮1中心线的高度也是机器人能越过障碍物的高度。

2)图2是带摆臂的结构,图中1是摆臂,2是摆臂的支撑轮(行走轮被挡住),3是行走轮,4是摆臂回收在车体侧的情形,以减少所占空间。

一般摆臂轴位于内、外支撑轮之间,由电机单独驱动,摆臂的内、外支撑轮的外径与行走轮相同,既可起到支撑作用,同时与行走轮保持同步。摆臂的内支撑轮



与行走轮相连,以使摆臂的履带产生驱动力。

3)图3是前后轮都带摆臂的结构,即在前后行走轮处都有摆臂,图中1是摆臂,2、3都是

摆臂的支撑轮(行走轮被挡住)。如果两套摆臂都回收在车体侧,那么整个车体的长度比图2所示的结构要长,质量自然增大。

目前能见到的履带式机器人的结构基本上是上述3种,即使有所变化,也是它们的变型,严格地说,图2和图3的结构也可看作是图1的变型。这3种结构各有其特点。

图1所示结构只需要左右两套电机驱动,比较简单,但其越障能力取决于前导轮的高度,如果要求机器人能攀爬较高的障碍物,则要提高前导轮距地面的高度,从而整个结构的高度增大,不利于穿过涵洞等类似障碍物。一般重型的机器人采用这种结构,如防爆、消防机器人等。

图2所示结构以摆臂取代图1中的前导轮,可以克服上述缺点。这种结构的驱动方式比较多,车体的行走既可采用前轮驱动,也可后轮驱动。左右摆臂的驱动既可由两个电机分别控制,也可只用一个电机通过传动结构带动。这种结构的优点是车体可以做得比较小,用摆臂来提高越障能力,只要车体空间允许,摆臂可以做得比较长,不需要时可以回收在车体侧,减少整个车体

<sup>\*</sup> 山东省科技发展计划项目(编号:2006GG1104014)

收稿日期:2009年2月

的体积。同时摆臂的履带具有驱动力,相当于增加了车体的长度,在跨越壕沟、泥泞路面等障碍时,具有较多的优势。但由于使用驱动电机较多,其经济性不具有优势,车体内部有相当多的空间用来布置驱动系统。在考虑行走轮采用前轮驱动还是后轮驱动时,一个重要因素是车体重心的位置。如果采用前轮驱动,摆臂的驱动轴和左右行走轮的驱动轴位于相同的位置,布置时须采用嵌套设计,结构较复杂,车体的重心比较靠前;如果采用后轮驱动,效果相反,车体的重心比较靠后。

车体重心的位置对于机器人攀爬类似楼梯的障碍物时影响较大。如图4所示,如果车体质心  $G$  的作用线不能落在支撑线  $A$  的左边,那么车体将后翻,无法越过障碍物。

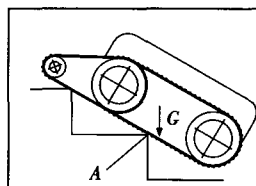
图3所示结构以增加一套摆臂的代价解决了图4所示的问题,显然此举大大提高了上述摆臂机器人跨越类似楼梯等障碍物的能力,但要增加电机以驱动摆臂,车体内部的布置更复杂,制造成本也相应提高。

无论是哪种形式的机器人,行走轮的驱动都是左、右两套电机分别驱动,这样可以通过左、右电机的不同速实现转弯。摆臂的驱动有的采用一个电机驱动贯穿左、右两摆臂的长轴实现,也有的使用两个电机分别驱动左、右摆臂,通过软件控制其动作并实现同步。

## 2 四轮驱动结构

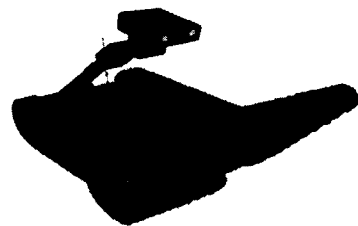
目前能见到的履带式机器人无论是采用前轮还是采用后轮驱动,都是两轮驱动结构。我们研制的井下探险救援机器人虽然也采用了履带式行走方式,但与众不同的是,使用了四轮驱动的行走系统,提高了机器人的可靠性和越障能力。

我们制作的单套摆臂的机器人,结构如图2所示,采用了两套电机分别驱动左、右摆臂,两套电机分别驱动左、右行走轮。设计的四轮驱动装置<sup>[1]</sup>由双向电磁离合器<sup>[2]</sup>和超越离合器组成,双向电磁离合器可以使一套电机(下称摆臂电机)既可以驱动摆臂也可以驱动相应的行走轮,摆臂电机即辅助驱动电机可以起到与主驱动电机同样的作用,而且辅助驱动电机可以与主驱动电机同时驱动车体行走,超越离合器可以使行走轮



▲图4 质心位置的影响

的主驱动与辅助驱动不会产生干涉。



▲图5 井下探险救援机器人

在同样的功率下,四轮驱动的实现大大提高了机器人在爬越坡面、跨越障碍壕沟以及各种复杂路面上行走的能力;换言之,满足同样的行走能力,四轮驱动的实现,可以有效地减小主驱动电机的功率和扭矩,从而减轻了质量,减小了体积,降低了成本,提高了行走驱动效率。同时采用四轮驱动装置,使得驱动电机可以实现“用一备一”的效果,摆臂电机可以作为主驱动电机的备用电机使用,这一点在井下探险救援机器人上非常重要。

我们研制的井下探险救援机器人样机如图5所示,其单套摆臂可以回收在车体侧,以减少车体的长度。车体的行走采用后轮驱动,左、右摆臂的驱动由两个电机分别控制,这样4个电机均匀分布在车体的两侧,固定在车体的侧面框架上。其外形尺寸:610 mm × 500 mm × 220 mm,质量约27 kg,24 V 锂电池供电;爬越障碍物高度25 cm;爬坡角度 > 40°;最大平地速度0.7 m/s。

## 3 结束语

四轮驱动装置是为提高履带式机器人的可靠性及充分利用电机资源而设计的,应用在轮式机器人上以防止前轮或后轮打滑,其前景更广阔。

### 参考文献

- [1] 侯宪伦,张东,葛兆斌,等. 四轮驱动履带式机器人行走驱动装置[P]. 中国专利. 2008 2 0020646. 6, 2008 - 12 - 31.
- [2] 葛兆斌,孙洁,刘昆,等. 一种双向电磁离合器[P]. 中国专利. 2008 2 0020643. 2, 2009 - 01 - 28.

(编辑 小 前)

## 沈阳机床与临江大华矿业共建大型铸造基地

沈阳机床集团与临江大华矿业有限公司前不久举行了签约仪式,双方就联手在吉林建设总投资达35亿元的大型铸造基地正式达成协定。

根据协定,由临江大华矿业有限公司投资,提供原料,由沈阳机床提供技术,并回购铸件产品。一期投资8亿元,计划

于今年8月正式生产,建成后将达到10万t的生产能力。沈阳机床董事长、总经理关锡友在签约仪式上表示,该项目建成后将成为沈阳机床在国内最大的重、大型机床配套生产基地。

业内专家指出,该项目不仅填补了吉林大型铸造产业的空白,也将填补国内同类大型铸造产业的空白。(申江华)