

# 基于自适应悬架的野外搜救机器人

刘启宸 / 山东省实验中学

指导教师 陈言俊

## ◎ 课题背景

当前,以“走出城市,走进自然,自由、自主、健康、互助”为特点的登山、拓展等户外运动已迅速发展起来,并逐渐成为大量城市人群的休闲生活方式之一。“驴友”“背包客”成为这个人群的代名词。但是,山区、野外的地形环境状况复杂,由于“驴友”户外运动技能不足、自救能力不强、安全意识不够,以及救援不及时等原因引发的不幸事件频繁发生。当前,此类事故发生之后的搜救工作一般为人工进行,需要参与的人数多、时间长、危险性高、效率低,而户外运动所处的复杂地势以及地震、山体滑坡等造成的复杂、危险环境都给营救人员的搜救工作带来了巨大的困难和危险。在这种情况下,搜救机器人可以为救援人员提供帮助。

搜救机器人具有很强的越障性能和生命探测能力,能准确定位失踪者的位置并与救援人员进行通讯,在复杂环境下采用搜救机器人搜索和营救失踪者,可以大大缩短救援时间,提高搜救效率。因此,将具有自主智能的搜救机器人用于危险、复杂的灾难环境下,帮助搜索和营救幸存者,具有重大意义。

现有的搜救机器人,主要有轮式、履带式、无肢运动式、腿式、轮腿式等,其越障方式比较单一,机械结构比较简单,因此我考虑将机器人与汽车悬架相结合,设计出能适应复杂地形的自适应

悬架式野外搜救机器人,以此提高搜索救援的效率。

## ◎ 基于自适应悬架的野外搜救机器人的设计

### ➤ 机械结构的设计

◆ 为了使机器人适应复杂地形,我设计了自适应悬架系统(图1)。该悬架为曲柄导轨机构,使车轮高度可以在垂直方向上变化,随地形进行调节,6组行星轮全部紧贴路面,不会出现在复杂环境中行驶时车轮悬空现象,保证了机器人行驶时的驱动力,使其具有自行通过复杂地形的能力。

◆ 车轮采用6组行星轮,底盘和行星轮之间通过自适应悬架系统连接。行星轮适合翻越较小障碍物。当遇到障碍物时,最前端的车轮先接触障碍物,在摩擦力的作用下被锁死,行星轮的前进力矩变为翻转力矩,行星轮三角机构产生翻转,从而翻越障碍物。

◆ 采用了铰接复合式车架(图2)。铰接复合式车架分为前后2段,前段带有2组行星轮,后端带有1组行星轮,中间采用铰接方式连接。遇到较高障碍物时,行星轮配合铰接部分,使车体前段抬起,柔性攀爬障碍物。

◆ 机器人带有红外探测仪、摄像头和GPS定位系统,可以进行远程遥控。

### ➤ 控制系统的设计

该搜救机器人的控制系统主要由电源(锂电池)、核心控制器(单片机)、

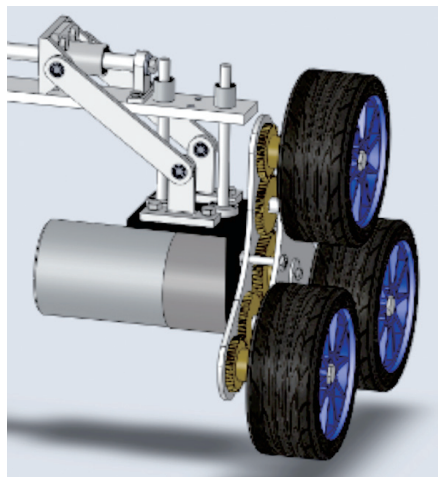


图1 自适应悬架结构

驱动器(LM298)、执行器(直流电机)和检测部分组成,检测部分使用红外热释感应器检测生命迹象,使用超声波测量障碍物的距离,通过蓝牙实现远程遥控及机器人的及时信息反馈,GPS可以将机器人所处的精确位置信息传送回,方便操作人员判断。整个系统的组成如图3所示。

### ➤ 实验装置的工作原理及性能分析

独特的三角行星轮驱动系统,在路况良好的情况下,运动子轮平稳行驶,遇到小型障碍三角机构自动翻转轻松翻越障碍;铰接式车体,当遇到大型障碍时自动及时地调整全车重心,有效防止了车体的倾覆。三角行星轮链接式底盘能够快速适应不断变化的地面特性,攀越楼梯等复杂障碍,具有极强的机动性、

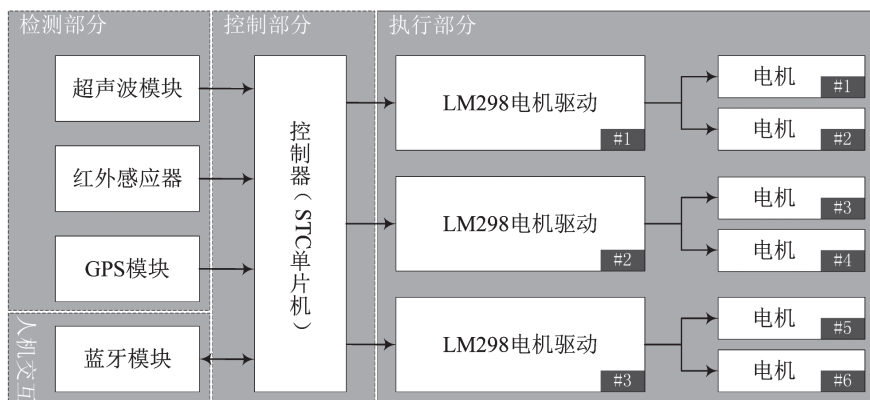


图3 机器人控制系统结构

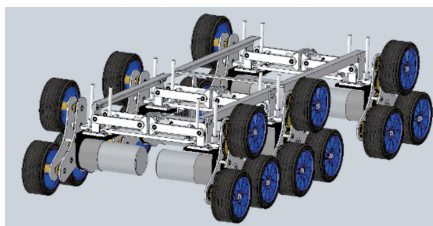


图2 铰接复合式车架

灵活性和地面适应性。

当处于恶劣条件或危险环境下时，该搜救机器人具有自主导航功能，能自主选择道路，规避无法翻越的障碍物。该搜救机器人可结合本身携带的红外传感器、摄像头及GPS定位等生命探测装置，自主搜寻幸存者；它同时支持遥控操作，可以配合搜救人员搜救幸存者使用。

该搜救机器人平台支持多种功能扩展，可通过加装不同搜救仪器，配合相应传感器，实现更多救援功能，如排雷、排爆、危险化学物品监测等，并可针对不同灾难事故情况，进行灵活改装。

### 模拟实验

在二代样机（实物照片见图4）制作完毕后，我进行了多次实验以验证机器人能否实现预定功能。通过低障碍物

实验和高障碍物实验测试行星轮自身和前后铰接式底盘的越障能力，同时进行单侧障碍物实验测试自适应悬架的单侧越障高度。

机器人的基础运动包括前行、后退、左转弯、右转弯等。我们预设了6种运动方式，分别是停车、可避障的前行、后退、左转弯、右转弯和强制前行（无避障），可以通过蓝牙控制，具体的实验步骤是：

◆ 将机器人上电，蓝牙模块指示灯闪烁表示处于“未连接”状态。

◆ 使用智能手机或平板电脑（安卓系统），打开蓝牙，搜索设备，找到HC-06的蓝牙装置，打开客户端，进行配对连接。

◆ 在客户端中输入1，可以在客户端中看到返回“Stop the car!”表示一切正常，机器人处于停车状态；输入2是避障前行，机器人会检测到距离自己50cm内的障碍物，如果有障碍物存在，会向右转，直到前面没有障碍物或者客户端发送了新的指令，否则会一直前行；输入6是强制前行，可以在这个模式下测试机器人的越障能力。

◆ 在机器人运动过程中，输入任

何新的指令（包括无效指令）都会使得机器人的当前运动模式停止，这是出于安全和方便操作的考虑。

### 作品总体技术指标

外形尺寸570mm×280mm×300mm，重量15kg，工作电压12V，总功率200W，最大行驶速度8km/h，双轮最大垂直越障高度240mm。单轮最大垂直越障高度120mm，最大侧倾角30°，最大正面爬坡度30°，最小转弯半径0，续航持续时间4h。

### 实验结果分析

通过实验发现，该机器人具有独特的三角行星轮驱动系统，在路况良好的情况下，运动子轮平稳行驶，遇到小型障碍三角机构能自动翻转轻松翻越障碍；铰接式车体，当遇到大型障碍时能自动及时地调整整车重心，有效防止了车体的倾覆。三角轮铰接式底盘能够快速适应不断变化的地面特性，攀越楼梯等复杂障碍，具有极强的机动性、灵活性和地面适应性。

当遇到单侧障碍物时，在自适应悬架的作用下，6组行星轮全部紧贴地面，保证了车体的平稳和行驶动力，因此可以轻松越过。

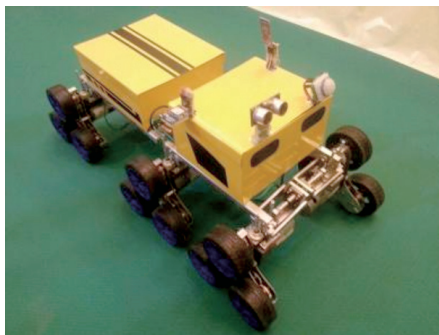


图4 成品实物

## ◎ 结论

### ➤ 完成的主要工作

◆ 为了使机器人适应复杂地形，设计了自适应悬架系统。该悬架为曲柄导轨机构，使车轮高度可以在垂直方向上变化，随地形进行调节，6组行星轮全部紧贴路面，不会出现在复杂环境中行驶时车轮悬空现象，保证了机器人行驶时的驱动力。具有在复杂地形中的搜救能力。

◆ 车轮采用6组行星轮，底盘和行星轮之间通过自适应悬架系统连接。行星轮适合翻越较小障碍物。当遇到障碍物时，最前端的车轮先接触障碍物，在摩擦力的作用下被锁死，行星轮的前进力矩变为翻转力矩，行星轮三角机构产生翻转，从而翻越障碍物。

◆ 采用了铰接复合式车架。铰接复合式车架分为前后2段，前段带有2组行星轮，后端带有1组行星轮，中间采用铰接方式连接。遇到较高障碍物时，行星轮配合铰接部分，能使车体前段抬起，柔性攀爬障碍物。

◆ 机器人带有红外探测仪、摄像装置和GPS定位系统，可以探测到有

生命体征的人，可以分辨路障，也可以进行远程遥控。

### ➤ 进一步完善装置的设想

◆ 深入研究搜救机器人尺寸、重量、速度、垂直越障高度、转弯半径、续航力等参数对搜救效果的影响，给出搜救机器人的设计准则。

◆ 进一步研究更加复杂的地形甚至是真实灾难环境条件对搜救机器人可靠性、搜救效果的影响，设计相应的保护措施。

◆ 可以对搜救机器人平台进行多种扩展，可通过加装不同搜救仪器（比如增加机械臂等），配合相应传感器，实现更多救援功能，如，排雷、排爆、危险化学品物品监测等，并可针对不同灾难事故情况，进行灵活改装。

### ➤ 创新点

◆ 本研究设计的自适应悬架系统，采用曲柄导轨机构，可垂直调节车轮高度，能防止侧倾、侧翻、单侧悬空等现象发生，使机器人可以在复杂地形中展开搜救工作。

◆ 将行星轮与复合式铰接底盘（分段式底盘）相结合，速度快，灵活性好，越障能力强。

◆ 机器人具有自主导航功能。在危险或者复杂环境下，能自主选择道路，规避障碍物；并可结合自身携带的GPS、摄像装置及红外传感器等，自主搜寻幸存者；同时支持遥控操作，可以配合搜救人员救助幸存者。

该项目获得第29届全国青少年科技创新大赛创新成果竞赛项目中学组工程学一等奖。

## 专家评语

该项目设计了一种新颖的可改变高度的自适应悬架，制作了包括远程遥控和环境监测模块的搜救机器人。该机器人运动灵活，适合于在有高度变化的环境下移动，具有较好的越障功能。系统制作演示效果好。应当进行负载能力研究，考查在存在较大负载情况时自适应悬架的承受能力。还可以开展该机器人越障能力的理论分析。■