

# 基于 AT89C52 单片机的消防救援机器人

李建昌, 宫 兴, 简晓慧, 卢红星

(东北大学 机械工程与自动化学院, 辽宁 沈阳 110004)

**摘 要:**设计了一种遥控式消防救援机器人,以通用计算机为远程控制端硬件平台,以 AT89C52 单片机为车载端控制器。介绍该机器人的复合式履带车体和六自由度机械手等机械结构设计,以及控制系统设计,包括数据采集、执行机构控制、姿态反馈、后台指挥控制和通信系统等。机器人能自由上下楼梯,可加载多种监测设备,对火灾现场实时监测,将现场信息无线传输到安全地点,便于救援人员制定救援方案;并可对容易引起二次危险的现场进行初步处理。

**关键词:**消防;救援机器人;单片机;机械手

**中图分类号:**X924.4, TP241.3 **文献标志码:**A

**文章编号:**1009-0029(2011)12-1163-04

消防救援工作中,火灾现场的高温、浓烟、缺氧、强辐射及随时可能发生的建筑物坍塌等因素直接威胁到救援人员的生命安全。如果不能迅速准确地掌握火灾现场环境,救援人员进入不明情况的火灾现场,所携带的侦测、灭火、救援设备也不一定合理,可能导致救援工作不能迅速有效地开展。为减少救援人员危险,提高救援工作效率,笔者设计了一种基于 AT89C52 单片机的消防救援机器人。该救援机器人可代替救援人员进入火灾现场,检测温度、有毒气体、可燃气体等环境信息,绘制现场地图,探测是否有被困人员并确定他们的具体位置,并将以上信息无线传输到安全地点。救援人员对机器人传回的信息进行整理分析,可迅速掌握火灾现场情况,采取合适的方案进行救援。

## 1 机械结构设计

救援机器人主要包括复合式履带车体、六自由度机械手及热防护系统。复合式履带车体安装前摆臂机构,不仅可实现前进、后退、左转、右转、原地旋转等基本动作,还可上下楼梯、爬坡、攀越障碍物。通过 PWM 调速原理,可改变机器人移动的速率,增强机器人的地形适应能力。六自由度机械手可灵活关闭电源开关、阀门,移动小型障碍物、易燃易爆物。热防护系统可防止机器人温度过高,保证机器人正常工作。

### 1.1 复合式履带车体

机器人常用的行走机构有蛇形式、轮式、腿式及履带式,各类行走机构性能比较如表 1 所示。火灾现场坍塌的墙体、楼梯等对救援机器人的行走及越障能力提出了较高要求,为了携带监测、救援设备,也需要车体有较好的负载能力。履带式行走机构越障能力、负载能力强,综

合能力较高,该设计选用了带有两个前摆臂的复合式履带行走机构。车体上楼梯如图 1 所示,其中(a)、(b)为车体从平台刚到阶梯时的姿态调整过程,(c)、(d)为车体爬到楼梯顶端,从阶梯到平台的姿态调整过程。

表 1 各类行走机构性能比较

类型	操控系统	越障能力	负载能力	机动性	耗能量
蛇形式	复杂	强	差	较强	高
轮式	简单	一般	较强	较强	较低
腿式	复杂	较强	差	一般	高
履带式	较复杂	强	强	一般	高

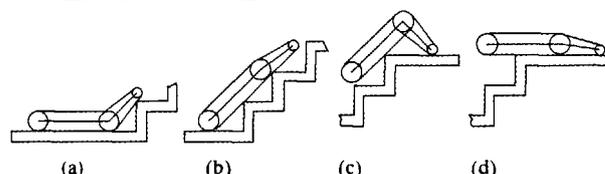
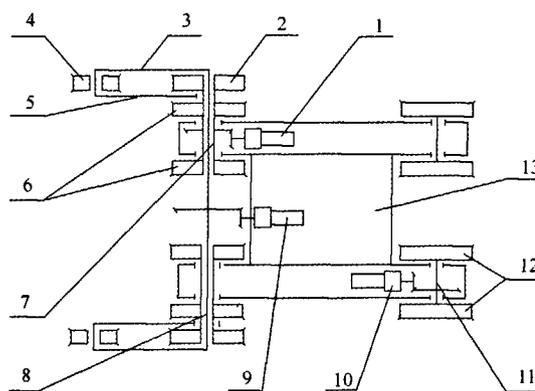


图 1 复合式履带车体上楼梯示意图

复合式履带车体的传动机构示意图如图 2 所示,分为主履带传动和摆臂履带传动。主履带传动机构中右侧前轮、左侧后轮为驱动轮,分别由主履带驱动电机驱动。摆臂由摆臂驱动电机驱动,可以主履带前轮轮轴为中心实现 360° 旋转,辅助主履带上下楼梯、攀越障碍物。



1、10. 主履带驱动电机;2. 摆臂大带轮;3. 摆臂外侧板;  
4. 摆臂小带轮;5. 摆臂内侧板;6. 前主动轮;7. 外轴;  
8. 内轴;9. 摆臂驱动电机;11. 后轴;12. 后主动轮;13. 车架

图 2 复合式履带车体传动机构示意图

摆臂绕前轮轴转动的驱动过程为:摆臂驱动电机—锥齿轮—内轴—摆臂外侧板—摆臂小带轮—摆臂内侧板。主履带驱动过程为:主履带驱动电机—锥齿轮—外轴(后轴)—主履带驱动轮—主履带。摆臂履带驱动过程为:主履带前带轮—摆臂大带轮—摆臂履带。摆臂大带轮和主履带前带轮固定在同一根轴(外轴)上,主履带前

带轮驱动摆臂大带轮转动。因此,摆臂履带随主履带同步运动,同停同转。

用 Solidworks2010 建立复合式履带车体三维模型,通过软件接口将模型导入到 Adams2010 软件进行仿真。导入后的模型如图 3 所示,考虑到车体上需要加载机械手等模块,将车体质量设为 20 kg,设置仿真时间为 48 s,通过 step 函数控制主履带驱动电机和摆臂驱动电机可使车体顺利爬越单层台阶。爬越台阶过程中主履带和地面间阻力矩随时间变化曲线如图 4 所示。由图 4 可知,主履带和地面间最大阻力矩约为 12.5 Nm,即主履带驱动电机需提供 12.5 Nm 的驱动力矩,而所选电机通过齿轮减速后输出转矩最大可达 15 Nm,能够满足驱动要求。根据仿真曲线可知,阻力矩波动较大,即车体爬越台阶时所受的冲击力较大,因此在传动机构设计和控制系统设计过程中,需考虑提高复合式履带车体抗冲击性。

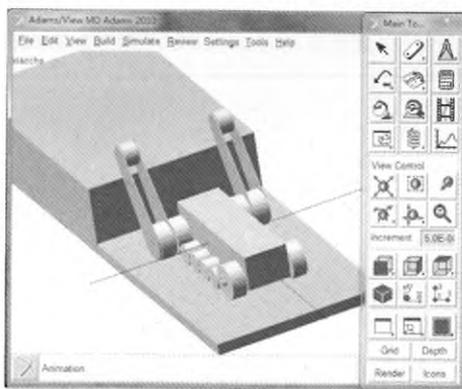


图 3 复合式履带行走机构仿真模型图

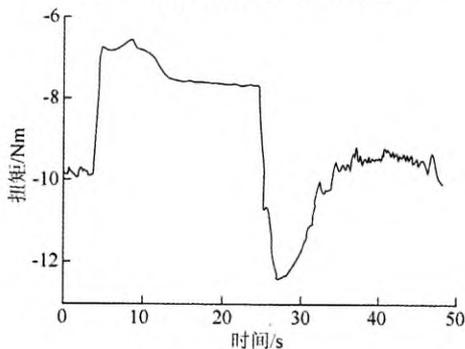


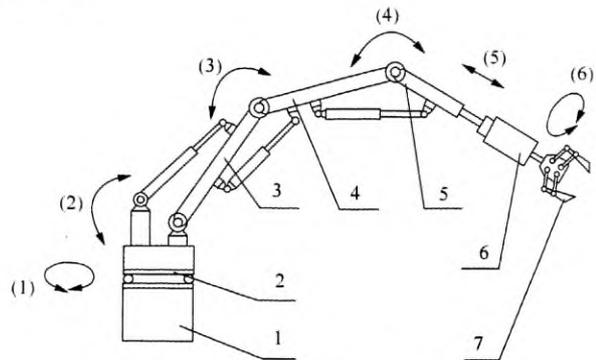
图 4 行走机构主履带阻力矩变化曲线

## 1.2 六自由度机械手

机械手结构示意图如图 5 所示,共有六个自由度。自由度(1)为机械手整体绕车体的旋转自由度;自由度(2)为大臂绕底座的转动自由度;自由度(3)为中臂绕大臂一端的转动自由度;自由度(4)为小臂绕中臂一端的转动自由度;自由度(5)为小臂自身的伸缩自由度;自由度(6)为机械手爪以小臂轴线为中心的旋转自由度。其中自由度(1)、(6)分别由一个步进电机实现,自由度(2)~自由度(5)分别由一个电动推杆实现。由于机械手在抓取物体时需要一定的握紧力,所以在手爪内壁安装有压

1164

力传感器。



1、6. 步进电机;2. 推力轴承;3. 大臂;4. 中臂;5. 小臂;7. 手爪

图 5 机械手结构示意图

## 1.3 热防护系统

由于火灾现场多为高温、强辐射环境,如果不对机器人进行热防护,机器人上的电子设备等可能因为高温不能正常工作甚至烧毁。因此,在电子设备外围安装了热防护挡板,防止辐射和高温气流。

## 2 控制系统设计

控制系统如图 6 所示。救援机器人主要包括后台指挥控制系统、通信系统和机器人车载系统,其中后台指挥控制系统包括后台监测系统和后台控制系统,机器人车载系统包括数据采集系统、执行机构控制系统和姿态反馈系统。进入火灾现场后,机器人数据采集系统采集数据并通过通信系统实时传递给后台监测系统。救援人员分析火灾现场环境后,通过后台控制系统发出动作指令,经过通信系统传输给机器人执行机构控制系统从而控制救援机器人。姿态反馈系统对机器人的姿态进行反馈,从而形成一个闭环控制。

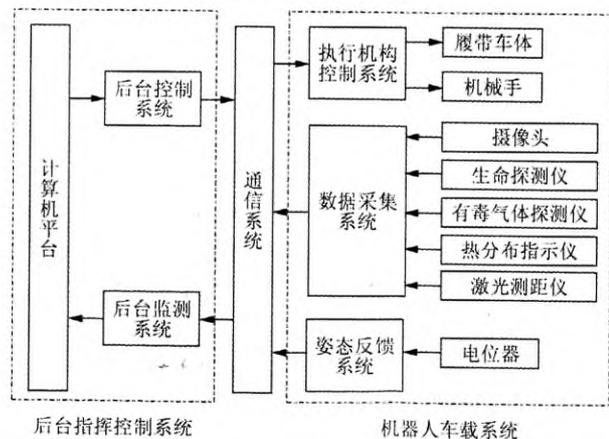


图 6 控制系统示意图

## 2.1 机器人车载系统

车载系统中的主控芯片选用 AT89C52 单片机,AT89C52 单片机内置 8 位中央处理器,与工业标准的 MCS-51 型微控制器产品系列兼容,可用于多种复杂系统的控制。

### 2.1.1 数据采集系统

(1)环境信息采集。环境信息采集系统主要包括摄像头、生命探测仪、有毒气体探测仪和热分布指示仪等。摄像头帮助消防人员了解环境地图,确定被困人员位置。有时火灾现场的浓烟、尘土会导致视频系统失效,而生命探测仪则可在这种环境中迅速准确地探测到被困人员位置。有毒气体探测仪可帮助消防人员选择合适的消防设备,热分布指示仪则可帮助消防人员了解火势大小分布以找到一条合适的救援路线。

(2)环境地图创建。发生火灾时,高温等因素会引起建筑物坍塌,部分建筑物原有的通道会被堵死。由于火灾现场常伴随浓烟,有时视频系统也不能很好地观测周围的障碍物。因此可利用激光测距仪对周围环境进行感知,提取周围环境中的有效信息,并完成二维地图的创建,以便选择合适的救援路径。

### 2.1.2 执行机构控制系统

机器人执行机构包括复合式履带车体和六自由度机械手,执行机构控制主要包括直流电机、步进电机及电动推杆的控制。对于复合式履带车体,该设计选用 L298N 芯片驱动直流电机。该芯片内部包含 4 通道逻辑驱动电路,可驱动两个直流电机或一个两相步进电机。对于六自由度机械手,电动推杆是通过直流电机将旋转运动转换为往复运动,因此电动推杆的驱动方式和直流电机一致,电动推杆和步进电机均使用 L298N 芯片控制。单片机通过 L298N 芯片驱动两个直流电机的连线图,如图 7 所示。当驱动一个两相步进电机时,OUT1、OUT2、OUT3、OUT4 四根线直接和步进电机相连即可。

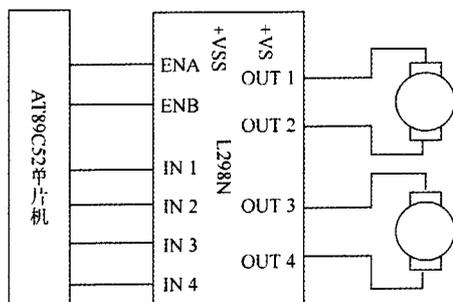


图 7 L298N 芯片驱动直流电机连线图

由于机器人在平地、废墟、楼梯等不同地形所需的移动速率不同,为此编写程序时通过 PWM 调速原理给小车设定了 6 种不同的速率,使其具有更强的地形适应能力。PWM 即脉冲宽度调制,它是指将输出信号的基本周期固定,通过改变一个周期内“接通”和“断开”电源时间的长短来改变电机的速率。

### 2.1.3 姿态反馈系统

在上下楼梯和攀越障碍物时,需根据楼梯和障碍物的高度控制摆臂的转动角度。摆臂位置反馈采用电位器,通过 A/D 模块将采集的电压信号转换为计算机可识

别的数字量,这样就可知摆臂相对于主履带车体的具体位置。六自由度机械手的每个自由度处均安装一个电位器,六个电位器分别反映出连接在一起的两个部件的相对转动角度或位移,这六个参数和机械手三维模型结合在一起可构建机械手的详细姿态示意图。另外,摄像头下端的两自由度云台也安装有电位器,以便确定摄像头相对车体的拍摄角度,建立立体环境信息。

### 2.2 后台指挥控制系统

后台指挥控制系统以通用计算机为硬件平台,主要包括液晶显示器、仪表盘等组成的后台监测系统和遥控手柄、键盘、鼠标等组成的后台控制系统。其重点为后台指挥控制系统软件设计,该软件需要对监测系统和控制系统进行集成。软件有一个主控界面,主要由 3 部分组成:实时显示记录温度、有毒气体、辐射、现场视频等环境数据及二维地图;集成手柄、键盘、鼠标等外设设备和无线传输模块以便发出各种指令;完成机器人定位与实时监测摆臂履带、机械手姿态信息。

### 2.3 通信系统

通常情况下火灾现场高温环境会毁坏通信电缆,传输距离较远时,救援机器人的负载也会增加,因此选用无线通信系统。对于机器人指令传输,选用捷麦通信的 F49DL 无线数据传输模块,该模块有 8 个传输信道,传输速率为 9 600 bps,接口采用 RS485 通信协议,传输距离为 300~400 m,满足消防机器人的通信需要。对于实时视频传输,选用远程无线视频监控系统,主要包括视频发射机、接收机、视频采集卡。摄像头采集到视频后通过发射机发射,接收机收到信号后通过视频采集卡转换为电脑可识别的数据并在显示器上实时显示。

### 3 结束语

笔者设计了一种基于 AT89C52 单片机的消防救援机器人,该机器人采用复合式履带车体,越障能力、负载能力强,不仅可加载各种监测救援模块,还可加载小型灭火器、小型破障设备等进行功能扩展。六自由度机械手可灵活关闭电源开关、阀门,移动小型易燃易爆物等。火灾发生后,可利用消防机器人对现场环境进行监测,创建二维地图,探测被困人员的具体位置等,便于救援人员及时决策救援方案。目前,国外部分消防救援机器人已成功应用到火灾救援工作中,国内应用还较少。随着消防救援机器人的投入使用,设计人员可开发出能适应火灾现场高温、高辐射等环境,并能自主选择救援路径的智能救援机器人,在火灾救援中发挥越来越大的作用。

### 参考文献:

- [1] 陈慧宝,李婷,徐解民. 关节式履带机器人的爬梯性能研究[J]. 电子机械工程,2006,22(2):60-63.
- [2] 林小武. 城市救援机器人行走系统详细设计与虚拟样机构建[D]. 南京:东南大学,2010.

# 从大连油库火灾谈大型油(气)罐库区火灾扑救

张 智, 魏捍东

(公安部消防局, 北京 100054)

**摘 要:**以大连“7·16”油库爆炸火灾为例,分析大型油(气)罐库区的火灾危险性,剖析灭火救援难点,提出了做好大型油(气)罐库区灭火救援准备工作的方法和对策。

**关键词:**爆炸火灾;油(气)罐库区;灭火救援

**中图分类号:**X928.7, TU998.1 **文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0029(2011)12-1166-04

2010年7月16日,位于辽宁省大连市大孤山新港码头的中石油国际储运有限公司保税区油库在对外籍油轮进行卸油作业时,由于工作人员向已停止卸油的输油管道中持续长时间注入含有强氧化剂的原油脱硫剂,导致输油管线发生化学爆炸起火,大量原油外泄形成流淌火,严重威胁毗邻油罐和危险化学品储罐安全。事故发生后,辽宁省公安消防部队先后出动14个消防支队、18个企业专职消防队、348辆消防车、2380余名指战员赶赴现场扑救。经过15h的艰苦奋战,大火被成功扑灭,避免了一场毁灭性灾难的发生。“7·16”爆炸火灾灾害规模之大,危险程度之高,调动力量之多,灭火战斗之艰辛,都是极为少见的,已经超过了1989年的黄岛油库火灾。

这场特殊的战斗,是我国消防史上一次成功的战例。

近年来,我国石油、化工原料库区不断增多,大型油(气)储罐日益集中,对灭火救援工作形成巨大挑战。笔者以大连“7·16”爆炸火灾事故为例,阐述我国大型油(气)储罐的发展历程和发展趋势,对大型油(气)罐库区的火灾危险性进行深入分析,并剖析其灭火救援技术难点,从提升部队执勤备战能力、跨区域联合作战能力和攻坚克难能力等方面提出做好大型油(气)罐库区的灭火救援准备工作应对方法。

## 1 大型油(气)储罐的发展历程和发展趋势

1962年,美国首先建成了10万m<sup>3</sup>浮顶罐;1967年,在委内瑞拉建成了15万m<sup>3</sup>浮顶罐;1971年日本建成了16万m<sup>3</sup>浮顶罐;沙特阿拉伯则成功地建造了20万m<sup>3</sup>浮顶罐。我国于1985年从日本引进10万m<sup>3</sup>浮顶罐的设计和施工技术,从此拉开了国内建造大型储油(气)储罐的序幕,秦皇岛、大庆等地先后建造了几十个10万m<sup>3</sup>大型储罐。随着我国石油化工工业的发展以及国家原油战略储备库项目的实施,油(气)储罐的单罐容量越来越大,

- [3] 陶俊. 大型排爆机械手机械系统设计与操作算法研究[D]. 上海:上海交通大学,2008.
- [4] 徐正飞,许春权,顿向明. ZXPJ01型消防机器人的研制[J]. 机器人, 2002,24(2):159-164.
- [5] 张鹏. 基于嵌入式系统的消防机器人通信及控制系统的研究与实现[D]. 上海:上海大学,2005.
- [6] 渠源. 基于激光测距仪的移动机器人二维地图创建问题研究[D]. 长沙:国防科学技术大学,2009.
- [7] 孙绪才. L298N在直流电机PWM调速系统中的应用[J]. 潍坊学院学报,2009,9(4):19-21.
- [8] 刘琦. 排爆机器人无线数据通信与监控平台的研究[D]. 上海:上海交通大学,2008.

platform while an AT89C52 mono-chip microprocessor acted as the vehicle controller. The robot can easily go up and down stairs. The mechanical design of the robot, such as composite track body and 6 degrees of freedom manipulator, and the controlling system design, including data collection, actuator control, attitude feedback, background command and control, and communication system were introduced. It can enter the fire scene to monitor the environment with many kinds of monitoring equipments, and real-time transmit the data to a safe location. The as-obtained information can be used to make good plan and decision for fireman. Moreover, the robot can also on-site handle the fire scene by temporary measures with its mechanical manipulator.

**Key words:** fire fighting; rescue robot; mono-chip microprocessor; manipulator

## A fire-fighting rescue robot based on AT89C52 mono-chip microprocessor

LI Jian-chang, GONG Xing,  
JIAN Xiao-hui, LU Hong-xing

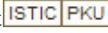
(School of mechanical engineering and automation, Northeastern University, Liaoning Shenyang 110004, China)

**Abstract:** A remote-control fire-fighting rescue robot was designed. A computer was used as the remote-control hardware

作者简介:李建昌(1970—),男,河北河间人,东北大学流体与真空技术研究所副教授,博士,主要从事纳米功能薄膜及其光电器件方面的研究工作,辽宁省沈阳市和平区3巷11号319信箱,110004。

收稿日期:2011-08-17

## 基于AT89C52单片机的消防救援机器人

作者: [李建昌](#), [宫兴](#), [简晓慧](#), [卢红星](#), [LI Jian-chang](#), [GONG Xing](#), [JIAN Xiao-hui](#), [LU Hong-xing](#)  
作者单位: [东北大学机械工程与自动化学院, 辽宁沈阳, 110004](#)  
刊名: [消防科学与技术](#)   
英文刊名: [Fire Science and Technology](#)  
年, 卷(期): 2011, 30(12)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_xfkxyjs201112021.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xfkxyjs201112021.aspx)