

# 基于 H8/3048F 智能模型车出入库功能设计与应用

郭荣庆, 张伟方, 甄娜, 孙家永

长安大学汽车学院, 西安 710064

**摘要** 基于 H8/3048F 单片机设计了一款具有自动出入车库功能的智能模型车。单片机 H8/3048F 根据模型车前后两排光电传感器检测的赛道与车库信息判断模型车的当前位置, 确定行驶状态, 控制电机转速和舵机转角, 从而使模型车精确快速的出入车库。本文分析了模型车倒车出库时的前轮转向特点, 同时针对模型车出入车库特点提出了闭环 PD 调节的车速控制与开环 PWM 控制舵机转向的控制策略。试验结果证明, 利用本控制策略的模型车能够快速平稳精确地出入模型车车库, 具备响应速度快、抗干扰能力强等特点, 具有一定的参考与应用价值。

**关键词** 模型车; 模型车出入库; H8/3048F; 单片机

**中图分类号** TP368.1

**文献标识码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.02.09

## Design and Application of Model-vehicle Stock Based on H8/3048F

GUO Rongqing, ZHANG Weifang, ZHEN Na, SUN Jiayong

School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, China

**Abstract** The actuality of model-vehicle garage is briefly introduced, and an intelligent model car with automatically garage function has been designed and implemented based on H8/3048F. The intelligent model-vehicle system mainly includes power module, road detecting module, speed detecting module, steering control module, and motor driving module. The mechanical structure of the model-vehicle is particularly introduced. According to the information of track and garage detected by two rows photoelectric sensors in the front and rear, microcontroller estimates the car's current position, determines the running state, and controls motor speed and steering angle. The feature of steering with rear wheels is analysed. After the analyzation of the steering feature with rear wheels, it is found that the garaged out radium is bigger than that of garaged in. Based on the former theory analysis, a control strategy which includes speed controlling based on closed-loop PD and steering controlling with open-loop PWM is put forward. Experimental results show that the model vehicle based on the strategy runs quickly and smoothly with high responding speed and excellence anti-jamming capability, etc, and has certain reference and application value.

**Keywords** model-vehicle; storge of model-vehicle; H8/3048F; single-chip

### 0 引言

智能汽车是当今车辆工程领域研究的前沿, 交叉和综合了车辆工程、自动控制、人工智能、计算机等多门学科, 使汽车这一交通工具实现智能化、自动化, 必将使汽车的社会效益大为提高, 是未来汽车发展的趋势<sup>[1]</sup>。

停车和倒车问题成为困扰驾驶员的一大难题, 汽车倒车时的不便逐渐被汽车制造行业所重视, 而车辆出入库功能也

是智能车智能化和安全性的重要体现<sup>[2-3]</sup>。自 20 世纪 50 年代末美国 Lester Dubins 首次提出研究汽车运动轨迹以来<sup>[4]</sup>, 美、德、日、韩等国学者相继对自动倒车、泊车理论和控制方法进行了研究, 提出基于神经网络、基于模糊控制和基于线性等智能控制算法对自动倒车控制研究<sup>[5-7]</sup>。进入 21 世纪, 技术的成熟使自动泊车系统进入人们的生活。宝马、沃尔沃、雪铁龙、丰田等著名汽车制造商陆续对研发的自动泊车系统进行

收稿日期: 2010-11-03; 修回日期: 2010-12-17

作者简介: 郭荣庆, 高级工程师, 研究方向为汽车试验, 电子信箱: kfzhang1102@126.com

试验,雷克萨斯大众新途安和奔驰的 B 级车均搭载了自动泊车系统<sup>[8]</sup>。日产公司推出的 Pivo 2 电力概念车,其车舱可以实现 360° 旋转。由驾驶者调整车舱的方向, Pivo 2 就可以在不设置倒档的情况下正向驶入车库,在简化汽车驱动系统的同时极大地提高了汽车的入库便捷性<sup>[9]</sup>。上海大学、清华大学、北京师范大学在国外研究的基础上进行了相关研究并取得一些成果<sup>[10-12]</sup>。目前应用最多是基于超声波测距雷达技术在汽车倒车防撞系统中的应用<sup>[13]</sup>。基于微处理器的无线倒车后视镜系统通过车辆尾部的摄像头采集车库图像信息,车内 LCD 实时显示由无线发射模块传送到车内的视频信号,该系统可提高倒车和停车效率和安全性<sup>[14]</sup>。随着技术的进步,倒车雷达技术逐渐完善且朝着智能化、安全化、简化的方向发展。

模型车大赛可以提高对智能汽车开发的研究热情,模型车的功能实现对智能车的发展具有一定的促进作用。本文是在全国大学生瑞萨超级 MCU 模型车大赛中广泛应用、取得良好实验效果的 H8/3048F-ONE 单片机的基础上开发和实现的,文中利用红外传感器检测特制的模型车车库(赛道信息),单片机根据检测到的赛道信息判断模型车当前的行驶状态,利用闭环 PD 控制策略控制舵机转向和驱动电机转速,以实现模型车快速、平稳、精确地出入车库。

## 1 模型车入库设计

### 1.1 总体系统结构

入库模型车控制系统采用 Renesas 公司的 8 位单片机 H8/3048F-ONE 为核心控制器,由电源模块、路径(车库)识别模块、车速检测模块、转向控制模块和电机驱动模块组成。系统结构框图如图 1 所示。

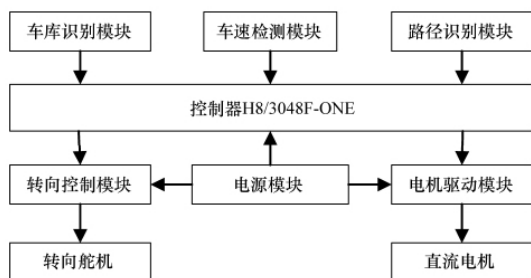


图 1 模型车控制系统结构图

Fig. 1 Structure of model-vehicle control system

#### 1.1.1 电源模块

入库模型车的电源采用 8 块 1.2V 电池串联而成,总电压为 9.6V,为整个控制系统供电。由于核心控制器、转向控制模块、电机驱动模块等子模块对电源要求不同,还需相应的转换电路将电源转换为各自需要的电源。微控制器的工作电压由 LM2940 稳定在 5V,舵机的工作电压由可调集成稳压器 LM350 调节在 6V,而驱动电机电源为电池组<sup>[15]</sup>。

#### 1.1.2 路径(车库)识别模块

车库与路径识别模块两部分基本原理一致,只是两模块

的功能分别负责探寻车库位置和行驶路线。本文采用的传感器由红外发射管 TLN119、红外接收器 S7136 及其他外围电路共同组成的反射式光电传感器。传感器工作时,红外发射管 TLN119 发射的红外光发射到赛道上,红外接收器 S7136 接收到的红外线强度得到其参考电压,然后红外接收器 S7136 将参考电压和标准电压比较。当光照射到白色赛道区域时,红外接收器 S7136 输出 0,当光照射到黑色区域时,红外接收器 S7136 输出 1。

#### 1.1.3 车速检测模块

车速检测模块检测模型车在前进和后退不同行驶方向时速度的大小和方向,检测电路如图 2 所示。车速检测装置采用第五轮仪的方法获得车速。测速装置采用欧姆龙 E6A2 型旋转编码器、74HC74、74HC08 和 74HC86 等组成的车速实时采集装置。测速装置工作时,编码器输出 A、B 两相相差 90° 相位的方波信号。当模型车前行时,A 相位超前 90°,经 74HC86 或门得到比较信号,并将信号送至 74HC08,同时 A、B 两相输出信号在触发器 74HC74 的作用下得到信号  $\bar{Q}$  和信号 Q,比较信号和触发器信号在 74HC08 与门的作用下,J8 输出低电平信号,J9 输出脉冲信号(前进速度)。反之,当模型车倒退时,B 相位超前 90°,此时 J8 输出脉冲信号(后退速度),J9 输出低电平信号。

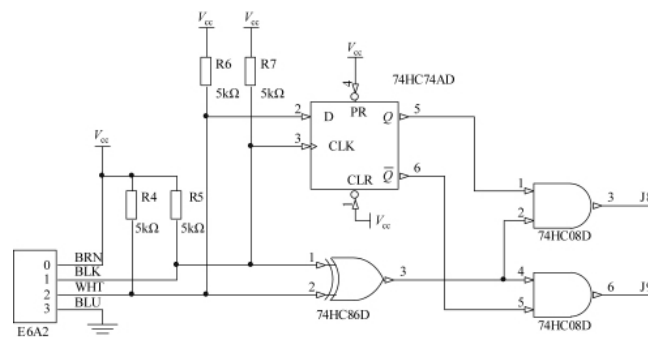


图 2 车速检测电路

Fig. 2 Speed detection circuit

#### 1.1.4 转向控制模块

转向控制模块主要根据控制器的控制信号对舵机进行控制,使舵机转动合适角度实现模型车的良好转向。为防止因电压波动对微控制器产生损害,微控制器的 PWM 信号输出端没有直接和舵机的 PWM 信号接收端相连,而是在两者之间增加了 74HC32 作为缓冲器。转向舵机采用的是 SANWAERG-VR 高速反应舵机,其工作电压为 6V,采用脉宽调制(PWM)信号控制。

#### 1.1.5 电机驱动模块

电机驱动模块是由 74HC14、74HC08、74HC32 组成的 PWM 转换电路与 2SJ 和 2SK 系列的场效应管组成的 H 桥驱动电路构成的。PWM 转换电路是将单片机的 PWM 信号转换为大功率的 PWM 信号。场效应管组成的 H 桥驱动电路可实

现电机的正、反转和制动模式的变换。因此,单片机就可以输出 PWM 波(信号)控制电机的转向和转速。

### 1.2 模型车结构布置

入库模型车的结构布置和硬件连接,如图 3 所示。前后路径识别模块分别安装在车体的前后两端,舵机安装在车架上,前轮两个电机安装在前桥,后轮电机直接安装在车架上。由于模型车在转弯时内外侧的车轮速度不同,但同侧的前后车轮速度近似相同,所以采取将同侧的前、后两电机并联驱动的方式进行车轮的驱动。微控制器、电池组和电机驱动板均用螺钉固定在车身上。

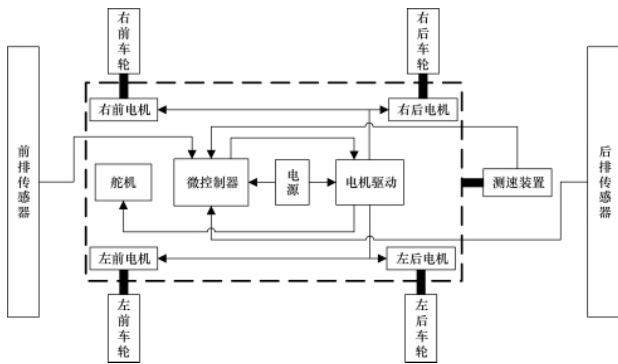


图 3 模型车结构示意图

Fig. 3 Structure of the model-vehicle

## 2 模型车入库分析与入库原理

### 2.1 模型车车库

赛道基本参数为赛道表面由黑白两色组成。由内至外为:白色中心线宽 40mm、外侧黑色宽 100mm、最外侧的路肩白线宽 30mm,赛道外圈构成封闭赛道,在赛道直道一侧开辟模型车车库。在模型车车库前方 500~1000mm 处设置车库提示线,车库的深度至少 600mm,车库的底端是宽度为 20mm 的停止线,用于提示模型车。参照图 4,为赛道示意图。入库模型车就是在本赛道上行驶,同时运行入库和出库等工况。

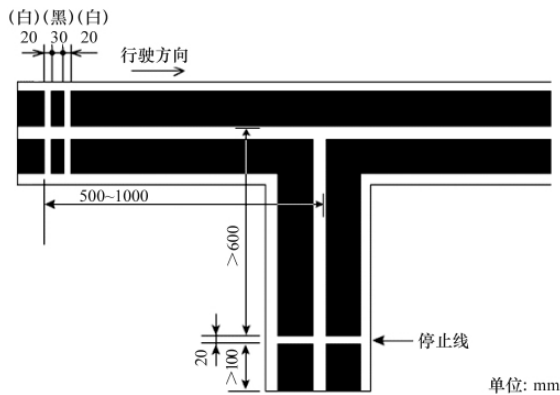


图 4 车库示意图

Fig. 4 Schematic of garage

### 2.2 入库原理与入库分析

模型车入库功能的实现是根据模型车前后两侧安装的

路径识别装置。入库模型车的入库流程为:正向行驶→入库→到达库底→反向行驶→驶出车库→正向行驶。正常行驶时,模型车前排的传感器检测赛道信息。当前排传感器检测到入库提示线时,为保证模型车稳定入库,微控制器控制模型车减速,同时舵机转向进入车库(图 5(a))。进入车库后,模型车继续检测车库库底的提示线。当检测到车库库底提示线时,开始启动出库程序,微控制器读取后排传感器信号控制模型车反向行驶,此时将车尾视为出库时的“车头”(图 5(b))。当模型车读取到出库提示线,微控制器读取前排传感器,向前行驶,从而实现完整入库和出库。

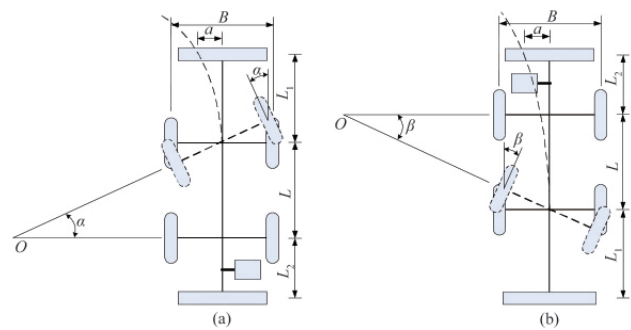


图 5 模型车出入车库示意图

Fig. 5 Schematic of model-vehicle garage

模型车出入车库(正反向行驶)的示意图如图 5 所示。设转向中心  $O$  到外转向轮与地面接触点的距离为模型车的转弯半径。在同一赛道处,模型车遇到弯道时,其转向几何关系如图 5(a)所示。此时模型车的理论转向角度和转弯半径为

$$\alpha = \arctan \frac{a}{L_1} \quad (1)$$

式中,  $\alpha$  为转向轮转向角,  $a$  为模型车前排传感器中点与识别到车道传感器的距离,  $L_1$  为模型车前排传感器到前轴的距离。

$$R_1 = \frac{L}{\sin \alpha} + \frac{B}{2} \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

式中,  $R_1$  为模型车入库时的转向半径,  $L$  为模型车的轴距,  $B$  为模型车的轮距。

模型车出库(倒车)时,其转向几何关系如图 5(b)所示。理论转向角度和转弯半径为

$$\beta = \arctan \frac{a}{L+L_2} \quad (3)$$

式中,  $\beta$  为出库时转向轮的转角,  $L_2$  为模型车后排传感器到后轴的距离。

$$R' = \frac{L}{\sin \beta} + \frac{B}{2} \cdot \sin \beta \quad (4)$$

式中,  $R'$  为模型车出库时的转向半径。

模型车在同一地点出入车库时,转角的关系:  $90^\circ > \alpha > \beta > 0$ , 也即:  $1 > \sin \alpha > \sin \beta > 0$ 。根据转弯半径  $R$  的函数性质,转弯半径在转角正弦值属于  $(0, \sqrt{2L/B})$  的范围内递减。根据模型车的参数知  $\sqrt{2L/B} > 1$ , 而模型车转角的正弦值范围  $(0, 1)$ , 所以模型车转弯半径在转角正弦值的范围内递减。根据复合

函数的性质知,转弯半径随转向角的增加而逐渐减小,相反随转向角的减小而逐渐增大。

由以上讨论可知,  $R' > R$ , 即出库(倒车)半径大于入库正向行驶半径。

### 3 模型车入库软件系统设计

模型车的控制程序是基于 Resenas Hi-performance Embedded Workshop 的编程环境开发的。模型车入库时,为保证在行驶时获得良好的动力性和稳定性,提出了采用 PD 控制的电机驱动控制和采用 PWM 控制的舵机转角控制。如图 6 所示,为模型车入库时的程序流程。

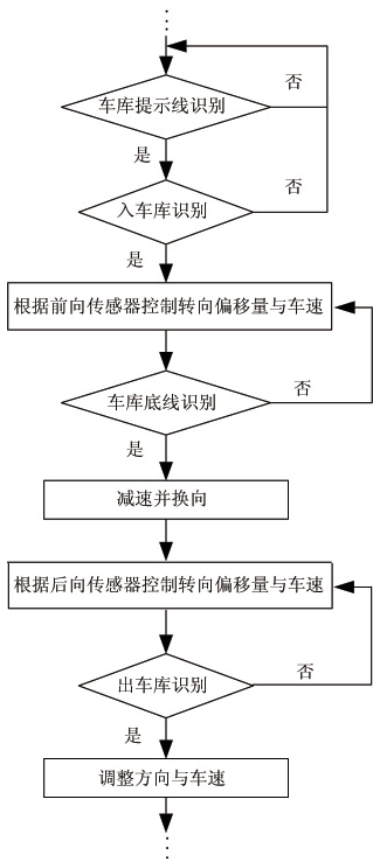


图 6 入库程序流程

Fig. 6 Process of garaging program

#### 3.1 车速控制

在车速控制中,模型车对车速调节的要求是响应速度快,而对稳态误差要求并不高,因此车速控制只采用了 PD 调节<sup>[16]</sup>。

目标车速计算公式如下:

$$V_E = k_p \cdot e_0 + \frac{1}{6} k_d \cdot (e_0 + 3e_1 - 3e_2 - e_3) \quad (5)$$

式中,  $V_E$  为目标车速,  $k_p$  为比例系数,  $e_i$  为车速偏差,  $k_d$  为微分系数。

实验证明,目标车速与 PWM 呈正比关系,因此有

$$V_E = k'_p \cdot PWM \quad (6)$$

由以上两式知, PWM 为

$$PWM = \frac{V_E}{k'_p} = k''_p \cdot e_0 + k'_d \cdot (e_0 + 3e_1 - 3e_2 - e_3) \quad (7)$$

因此,模型车实际行驶时,调节  $k''_p$  与  $k'_d$  的值就可以实现对车速的控制。

#### 3.2 转角控制

由 2.2 节分析可知,模型车在同一地点出入车库时转角不同。设模型车的行驶方向与赛道方向夹角为  $\theta$ , 根据夹角的大小调节 PWM 的大小,从而控制舵机的打舵<sup>[17]</sup>。

在模型车入库与出库时,舵机转角  $\alpha$ 、 $\beta$  可分别表示为

$$\alpha = \arctan \frac{a}{L_1} \quad (8)$$

$$\beta = \arctan \frac{a}{L+L_2} \quad (9)$$

实验证明,舵机转角及 PWM 脉宽均呈线性关系,因此可以得到转向公式:

$$PWM = k_p \cdot \theta + 5800 \quad (10)$$

式中, 5800 为对应车轮未发生偏转时舵机的 PWM 控制脉宽。

对于智能车方向控制采用的是单纯的比例控制,实际调试结果证明,在一定范围内调节  $k_p$  的大小,可以取得良好的控制效果。

### 4 结论

本文设计并实现了基于 H8/3048F-one 单片机的智能模型车出入库功能。通过根据前后两排光电传感器检测到的赛道与车库信息判断模型车的当前位置与行驶状态,依据设定好的控制策略控制电机和舵机。将赛车位置偏差用于方向和速度控制,根据提出的电机驱动 PD 和舵机转角 PWM 控制策略,实现了模型车方向与车速的控制。实验结果证明,模型车能够快速平稳精确地出入模型车车库,具备响应速度快、抗干扰能力强等特点。

#### 参考文献 (References)

- [1] 刘以成. 智能汽车——21 世纪的新型交通工具 [J]. 公路交通科技, 1996, 13(2): 66-67.  
Liu Yicheng. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 1996, 13(2): 66-67.
- [2] Dao M Q, Liu K-Z. Development of A Practical Automatic Parking Technology for Automobiles [C]//Proceedings of the 25th Chinese Control Conference. 2006. Harbin, August 7-11, 2006.
- [3] 周嵘, 任志阳. 汽车倒车报警器的设计[J]. 机电工程, 2001, 18(5): 141-142.  
Zhou Rong, Ren Zhiyang. *Mechanical & Electrical Engineering*, 2001, 18(5): 141-142.
- [4] Dubins L E. On curves of minimal length with a constraint on average curvature and with prescribed initial and terminal positions and tangents [J]. *American Journal of Mathematics*, 1957, 79: 497-516.
- [5] Nguyen D H, Widrow B. Neural networks for self-learning control systems[J]. *IEEE Control Systems Magazine*, 1990, 10(3): 18-23.
- [6] Kong S-G, Kosko B. Comparison of fuzzy and neural truck backer-upper

- control[J]. *Neural Networks*, 1990, 3: 349-358.
- [7] Tanaka K, Kosaki T, Wang H O. Backing control problem of a mobile robot with multiple trailers: Fuzzy modeling and LMI-based design[J]. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, 1998, 28(3): 329-337.
- [8] 张辉. 轿车自动倒车转向控制几何推导算法和模糊逻辑算法研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2008.  
Zhang Hui. Research on geometry algorithm and fuzzy logic for automatic garage parking of sedan[D]. Jilin: Jinlin University, 2008.
- [9] 杨孝文. 日本开发无需倒车的汽车轮胎可 90 度旋转 [J]. 轻型汽车技术, 2010(5/6): 44.  
Yang Xiaowen. *Light-Weight Auto Technology*, 2010(5/6): 44.
- [10] 林瑞荣, 吴志坚, 姚必正, 等. 小车倒车问题的多维模糊控制器研究 [J]. 上海大学学报: 自然科学版, 1999, 5(4): 323-326.  
Lin Ruishen, Wu Zhijian, Yao Bizheng, et al. *Journal of Shanghai University: Natural Science Edition*, 1999, 5(4): 323-326.
- [11] 于伟, 张乃尧. 倒车问题的模糊优化方案 [J]. 机电一体化, 2001(5): 21-24.  
Yu Wei, Zhang Naiyao. *Mechatronics*, 2001(5): 21-24.
- [12] 杨昔阳. 基于变论域理论的倒车模糊控制 [D]. 北京: 北京师范大学, 2005.  
Yang Xiyang. Truck backer-upper based on variable-universe fuzzy controller[D]. Beijing: Beijing Normal University, 2005.
- [13] 吴琼, 封维忠, 马文杰. 汽车倒车雷达系统的设计与实现 [J]. 现代电子技术, 2009(9): 191-194.  
Wu Qiong, Feng Weizhong, Ma Wenjie. *Modern Electronic Technology*, 2009(9): 191-194.
- [14] 王浩, 李绍荣. 基于 ARM 的无线倒车后视镜系统设计 [J]. 电脑知识与技术, 2009, 5(27): 7792-7793.  
Wang Hao, Li Shaorong. *Computer Knowledge and Technology*, 2009, 5(27): 7792-7793.
- [15] Renesas Technology Micom Car Rally Executive Committee. Program Explanation Manual-kit07 Version [R]. Santa Clara, CA: Renesas Technology Corp, 2009.
- [16] 韩毅, 杨天. 基于 HCS12 单片机的智能寻迹模型车的设计与实现[J]. 计算机工程与设计, 2009, 29(18): 4736-4739.  
Han Yi, Yang Tian. *Computer Engineering and Design*, 2009, 29(18): 4736-4739.
- [17] 韩毅, 杨天. 基于红外传感器的智能寻迹赛车的设计与实现[J]. 计算机工程与设计, 2009, 30(11): 2687-2690.  
Han Yi, Yang Tian. *Computer Engineering and Design*, 2009, 30(11): 2687-2690.

(责任编辑 朱宇)

## ·学术动态·



## “第四届国际光电子探测与成像技术学术交流会”征稿

中国宇航学会将于 2011 年 5 月 24—26 日在北京召开“第四届国际光电子探测与成像技术学术交流会”。

会议征文内容如下:

专题一: 传感器与微机械光器件技术 (Sensor and micro-machined optical device technologies);

专题二: 激光探测和成像技术 (Laser sensing and imaging);

专题三: 红外成像技术及应用 (Advances in infrared imaging and applications);

专题四: 成像探测器技术与应用 (Advances in imaging detectors and applications);

专题五: 太赫兹技术与应用 (Terahertz wave technologies and applications);

专题六: 空间探测技术与应用 (Space exploration technologies and applications);

专题七: 生物激光及其医学应用 (Biological and medical applications of photonics sensing and imaging)。

全文截止时间: 2011 年 4 月 30 日。

联系人: 李瑾, 吴迪, 刘艳, 邓伟, 周志远;

电子信箱: conf@cnoenet.com; 电话: 022-23669275, 022-23613813。

## ·学术动态·



## “第 37 届国际高效液相色谱和相关技术会议及仪器展览会”征文

中国化学学会将于 2011 年 10 月 9—13 日在大连召开“第 37 届国际高效液相色谱和相关技术会议及仪器展览会”。

征文内容: 分离科学原理 (理论模型、数据分析); 液相分离技术的研究进展 (塔技术和固定相、整体柱和小颗粒超压和高温色谱法、微型分离和微全分析系统、微流控、芯片和纳米技术、微型检测、电分离技术、毛细管电泳样品制备方法); 联用分离 (LC-MS、CE-MS、LC-NMR 和其他联用技术、多维分离技术、仪器仪表及检测方法); 在生命科学和药物发现的应用 (代谢组学、蛋白质组学、糖组学、生物标志物的发现和验证、临床、法医和毒理分析、医药分离和分析、药物滥用和兴奋剂分析、天然产物分析、中医分析); 其他方面的应用 (食品安全、环境与农业分析、手性分离、聚合物分析、寡核苷酸分离)。

联系方式: 辽宁省大连市中山路 457 号 (116023), 侯晓莉; 13704092526, 电话: 0411-84379520; 传真: 0411-84379559; 电子信箱: hplc\_dalian@dicp.ac.cn。