



大学生创意·创新·创业教育与实践系列教材
2014年国家级教学成果一等奖作品

智能车设计与实践

吴振宇 李胜铭 主编
卓 晴 主审

高等教育出版社



大学生创意·创新·创业教育与实践系列教材
2014年国家级教学成果一等奖作品

Z H I N E N G C H E S H E J I Y U S H I J I A N

智能车设计与实践

吴振宇 李胜铭 主编

李 航 杜 猛 黄佳卿 宋 曦 副主编

卓 晴 主审

高等教育出版社·北京

内容简介

本书汇集了编者多年指导智能车设计的案例和经验,依托模块可替换的智能车实训平台实现硬件电路原理及算法验证。全书共分8章,第1章是智能车参赛平台简介;第2~6章按照由浅入深的原则,分模块介绍智能车系统硬件设计及相应软件驱动开发;第7章介绍智能车系统的控制策略;第8章介绍人机交互接口和本实验室设计的一款上位机调测实用软件。

本书是大学生创新创业专题系列课程的指定教材,为学生提供了智能车设计的全部硬件基础和软件策略,同时也可作为自动化及智能控制相关专业的参考书,具有很强的实用性。

图书在版编目(CIP)数据

智能车设计与实践 / 吴振宇主编. --北京: 高等教育出版社, 2017.12

ISBN 978-7-04-048178-5

I. ①智… II. ①吴… III. ①智能控制-汽车-设计
IV. ①U46

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第177265号

策划编辑 孙琳 责任编辑 孙琳 封面设计 李小璐 版式设计 童丹
插图绘制 杜晓丹 责任校对 刘丽娴 责任印制 尤静

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	北京明月印务有限责任公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	15		
字 数	280千字	版 次	2018年1月第1版
购书热线	010-58581118	印 次	2018年1月第1次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	31.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 48178-00

前言

全国大学生智能车竞赛是以智能车为研究对象的创意性科技竞赛，是面向全国大学生具有探索性的工程实践活动，是教育部倡导的大学生科技竞赛之一。竞赛融科学性、趣味性和观赏性为一体，是以迅猛发展、前景广阔的汽车电子为背景，涵盖自动控制、模式识别、传感技术、电子、电气、计算机、机械与汽车等多学科专业的创意性比赛。

编者从2006年第一届智能车竞赛开始，指导学生参加该项赛事，至今已成功参与十一届。在指导学生参赛的过程中，始终存在一些解决起来较为棘手的共性问题。比如刚刚接触智能车的学生，缺少相应的基础课程支撑，或仅有少量理论基础，入门难度较大，而已有的参考书籍或资料又大多注重系统性和完整性，内容广而范，导致学生刚开始学习时觉得无处下手，进而失去学习动力。

针对上述问题，编者总结这些年指导智能车设计的经验，结合学生需求开发了智能车调试实验平台，创新性地包含 Kinetis 和 MC9S12 两个系列的主流微控制器，为学生提供全面的硬件基础和更多的选择空间。平台采用模块化设计，在标准接口下可实现逐级设计、模块替换、渐进组合，最终设计出自己的智能车全部组件。实验平台包含了电源管理、传感器信号采集与调试、电机及舵机驱动等控制模块和驱动电路，提供了设计智能车所需的全部电路单元，切实提升了学习效果。平台本体的示教及互动功能可加深学生对智能车及嵌入式系统的认识，提升对控制策略及方法研究的兴趣，同时也促进学生对自动控制应用技术的学习，深入理解智能车结构建模、控制方法及算法的基本知识。

本书基于该实验平台进行了原理和策略验证，包括智能车硬件设计、智能车相关理论算法分析、自动控制理论基本知识等多方面、多层次的内容，让学生在实践中提升对理论的理解深度，方便学习者进一步开展控制算法及策略学习和研究。本书相关章节内容在我校创新创业学院的机电创新实践班（智能车实验室）以及辽宁重大装备制造协同中心实验班开课教学，取得了良好教学效果。

本书共分为8章，第1章介绍智能车竞赛与智能车，第2~6章按照由浅入深的逻辑，分模块讲解了智能车系统的硬件设计与软件开发，第7章介绍了智能车算法设计，第8章介绍了智能车交互接口和一款实用的上位机调试软件。

本书由大连理工大学创新、创业学院副院长吴振宇拟定大纲和目录，统筹全书编写。李胜铭完成了部分文档收集和整理，智能车研究室的同学们帮助完成了实验例程的编写，特别感谢智能车实验室的宋曦、黄佳卿、王东旭、王若颀、高元龙、张焜耀、连家鑫、吴凡、周小群、张淑慧、倪壮、张林、应振强、刘柳、林清客、翟鹏飞、于海鹏、杨晖、潘建龙等同学，郝万武教授、杜猛、李航等老师为本书提出了很多宝贵意见和建议，在此向他们表示最衷心的感谢！

前言

本书由清华大学自动化系卓晴博士担任主审，在此表示感谢！本书编写得到辽宁重大装备制造协同中心的鼎力支持，在此表示感谢！

本书将部分重点难点知识录制成视频，学生可扫描二维码直接观看。本书在编写中参考了大量国内外著作和资料，在此向这些作者表示感谢！由于编者水平有限和编写时间仓促，难免有不足之处，敬请读者批评斧正。

编 者

2017年5月于大连理工大学

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581999 58582371 58582488

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务与版权管理部

邮政编码 100120

目 录

第 1 章 智能车竞赛与智能车简介	1	3.1.1 Codewarrior 集成开发环境的安装	36
1.1 “飞思卡尔”杯全国大学生智能车竞赛简介	1	3.1.2 USBDM 仿真器驱动的安装	39
1.1.1 “飞思卡尔”杯智能车竞赛介绍	1	3.1.3 IAR 集成开发环境的安装	44
1.1.2 智能车竞赛规则介绍	2	3.1.4 J-Link 仿真器驱动的安装	48
习题	4	习题	49
1.2 智能车系统构成介绍	4	3.2 系统工程的建立与仿真调试	50
1.2.1 智能车的机械组成	4	3.2.1 Codewarrior 环境下建立新工程	50
1.2.2 智能车的硬件组成	7	3.2.2 使用 USBDM 下载调试程序	58
1.2.3 智能车的软件实现	8	3.2.3 IAR 环境下建立新工程	59
习题	8	3.2.4 J-Link 的下载调试程序功能	70
习题	8	习题	71
第 2 章 智能车的基本硬件电路	10	3.3 系统时钟设置	72
2.1 系统电源电路设计	10	3.3.1 微控制器时钟模块简介	72
2.1.1 电源分类	10	3.3.2 MC9S12XS 微控制器的时钟设置	72
2.1.2 线性稳压电路设计	10	3.3.3 Kinetis K60 微控制器的时钟设置	73
2.1.3 开关稳压电路设计	12	习题	79
2.1.4 基准电压电路设计	14	3.4 GPIO 的使用实例	80
习题	17	3.4.1 GPIO 的功能介绍	80
2.2 微控制器最小系统板设计	17	3.4.2 MC9S12XS 微控制器 GPIO 编程实例	80
2.2.1 MC9S12XS 系列微控制器简介	17	3.4.3 Kinetis K60 微控制器 GPIO 编程实例	83
2.2.2 MC9S12XS 微控制器最小系统板设计	21	习题	86
2.2.3 Kinetis K60 微控制器介绍	23	第 4 章 执行机构及其驱动	88
2.2.4 K60 微控制器最小系统板设计	32	4.1 电机驱动的实现	88
习题	35	4.1.1 电机驱动电路的设计	88
第 3 章 软件平台的安装和使用	36	4.1.2 脉冲宽度调制	95
3.1 软件平台的介绍与安装	36		

4.1.3 MC9S12XS 微控制器 PWM 的实现	95
4.1.4 Kinetis K60 微控制器 PWM 的实现	98
习题	101
4.2 舵机驱动的实现	102
4.2.1 舵机驱动原理	102
4.2.2 MC9S12XS 微控制器舵机驱动程序的实现	104
4.2.3 Kinetis K60 微控制器舵机驱动程序的实现	106
习题	108
第 5 章 赛道识别	109
5.1 摄像头的应用	109
5.1.1 模拟摄像头的介绍	109
5.1.2 数字摄像头的介绍	112
5.1.3 MC9S12XS 微控制器底层驱动程序设计	114
5.1.4 Kinetis K60 微控制器底层驱动程序设计	117
习题	120
5.2 光电传感器的应用	121
5.2.1 光电传感器的介绍	121
5.2.2 MC9S12XS 微控制器底层驱动程序设计	122
5.2.3 Kinetis K60 微控制器底层驱动程序设计	125
习题	127
5.3 电磁传感器的应用	128
5.3.1 电磁传感器简介	128
5.3.2 MC9S12XS 微控制器底层驱动程序设计	132
5.3.3 Kinetis K60 微控制器底层驱动程序设计	139
习题	140
第 6 章 测速和惯性传感器	141
6.1 测速功能设计与实现	141
6.1.1 测速方案的选择	141
6.1.2 MC9S12XS 微控制器测速功能的实现	143
6.1.3 Kinetis K60 微控制器测速功能的实现	149
习题	152
6.2 惯性传感器的应用	153
6.2.1 加速度传感器介绍	153
6.2.2 陀螺仪传感器介绍	154
6.2.3 IIC 接口程序的实现	155
习题	165
第 7 章 智能车算法设计	166
7.1 路径识别算法的实现	166
7.1.1 摄像头类别算法设计	166
7.1.2 光电类识别算法设计	169
7.1.3 电磁类别算法设计	171
习题	175
7.2 控制算法设计	175
7.2.1 PID 控制理论介绍	175
7.2.2 速度闭环控制	178
7.2.3 转向控制策略	179
7.2.4 直立车控制算法	180
习题	186
第 8 章 智能车交互接口和调试软件	188
8.1 人机接口设计	188
8.1.1 按键及拨码开关设计	188
8.1.2 液晶屏电路设计	190
8.1.3 串行通信接口电路	210
8.1.4 无线通信电路设计	213
8.1.5 存储电路设计	214

习题	215	8.2.3 软件下位机的实现说明	223
8.2 智能车数据分析软件的使用说明	216	习题	226
8.2.1 软件简介	216	参考文献	228
8.2.2 软件使用功能说明	216		

第1章 智能车竞赛与智能车简介

本章主要介绍智能车竞赛与智能车系统组成，旨在让读者了解竞赛的规则、赛道元素以及智能车系统。本书所介绍的智能车系统主要围绕智能车竞赛而设计，作为竞技性比赛，在遵循赛道基本规则的情况下，以最短时间跑完赛道全程是智能模型车设计的基本要求。

本章分两小节，1.1节对规则和赛道做出了详细介绍；1.2节根据前述规则给出了智能车系统的总体结构与设计方案，主要有机械结构、硬件电路、软件实现三个方面内容。读者可根据规则自己设计一个智能车的大致方案，然后再对比本书所述方案，仔细品味其中的差异。本章学习重点在于整体把握智能车系统的结构，以便于接下来深入学习各部分的内容。

1.1 “飞思卡尔”杯全国大学生智能车竞赛简介

1.1.1 “飞思卡尔”杯智能车竞赛介绍

全国大学生智能车竞赛是以智能车为研究对象的创意性科技竞赛，是面向全国大学生的探索性工程实践活动，是教育部倡导的大学生科技竞赛之一。

竞赛以“立足培养，重在参与，鼓励探索，追求卓越”为指导思想，旨在促进高等学校素质教育，培养大学生的综合知识运用能力、基本工程实践能力和创新思维拓展能力，激发大学生从事科学研究与探索的兴趣和潜能，倡导理论联系实际、求真务实的学风和团队协作的人文精神，为优秀人才脱颖而出创造条件。

竞赛以竞速赛为基本比赛形式，后期逐渐新增创意赛和技术方案赛等多种形式。竞速赛以统一规范的标准硬、软件为技术平台，制作能够自主识别道路的汽车模型，按照规定路线行进，并符合预先公布的规则，以完成时间由短到长确定名次。创意赛是在统一限定的基础平台上，充分发挥参赛队伍想象力，以创意任务为目标，完成创意作品；竞赛评判由专家组打分、现场观众评分等因素综合评定。技术方案赛是以学术理论为基准，通过现场方案交流、专家质疑评判以及现场参赛队员投票等形式，针对参赛队伍的优秀技术方案进行评选，其目标是提高参赛队员的创新能力，鼓励队员之间相互学习交流。

竞赛以飞思卡尔半导体（中国）有限公司（以下简称飞思卡尔）为协办方，

已成功举办十一届。举办第十一届比赛时，飞思卡尔公司被恩智浦公司收购，此后协办方改为恩智浦公司。智能车竞赛曾得到了原教育部副部长吴启迪教授、原高等教育司张尧学司长、国际合作与交流司及高等教育司理工处领导的高度评价，获得了参加高校师生的一致好评。经过数年的积累，竞赛已经发展到全国有400余所高校广泛参与，覆盖30个省、自治区、直辖市的全国性大学生科技竞赛。其中，第三、四、五届竞赛连续被教育部批准列入国家教学质量与教学改革工程资助项目。恩智浦公司（原飞思卡尔公司）于2010年8月26日与教育部国际合作与交流司签署了关于“高等学校人才培养战略合作协议”。

竞赛过程包括理论设计、实际制作、整车调试、现场比赛等环节，要求学生组成团队，协同工作，初步体会一个完整的工程性研究项目从设计到实现的全过程。竞赛融科学性、趣味性和观赏性为一体，以发展迅猛、前景广阔的汽车电子为背景，涵盖自动控制、模式识别、传感技术、电子、电气、计算机、机械、车辆工程等多学科知识。竞赛规则透明，评价标准客观，始终坚持公开、公平、公正的原则，保证竞赛健康的发展。竞赛影响力逐年增强，每年有数以万计的学生因此而受益，竞赛为全国高校创新实践性人才培养模式提供了一条可行的参考途径。

目前竞赛包括分赛区预赛和全国总决赛两个阶段，时间一般安排在每年暑假期间。竞赛秘书处根据实际情况确定每届竞赛的各高校参赛队数目。每支竞赛参赛队由1~2名指导教师和3名学生组成：学生必须为具有正式学籍的全日制在校本科生；若由两名教师联合指导，则这两名教师必须具有不同的一级学科研究背景。

1.1.2 智能车竞赛规则介绍

为保证竞赛工作的顺利进行，竞赛的规则每年都在改进。以第十一届全国大学生“飞思卡尔”杯智能车竞赛为例，参赛选手必须使用竞赛秘书处统一指定的竞赛车模套件，采用飞思卡尔半导体公司的8位、16位或32位微控制器作为核心控制单元。参赛选手需要自主构思控制方案进行系统设计，包括传感器信号采集处理、电机驱动、转向舵机控制以及控制算法软件开发等，完成智能车工程制作及调试。各个学校的队伍需要在指定日期、地点参加各分（省）赛区的场地比赛，在获得决赛资格后，参加全国决赛区的比赛。参赛队伍的名次（成绩）由赛车现场成功完成赛道比赛时间来决定，参加全国总决赛的队伍必须同时提交车模技术报告。

为了克服往届比赛中人工判断车模出界的困难，第十一届比赛规则中增加了两种方法提高车模出界判断的客观性。一种是采用路肩方法，另一种是采用

感应铁丝方法。同时，也改变了计时系统传感方式，采用磁标方式标识车模检测位置。

新一届的参赛组别包括：电磁直立组、摄像头组、光电组、电轨组、双车追逐组、信标越野组、节能组。其中双车追逐组需要两辆车同时在赛道内完成比赛，在比赛过程中完成超车动作可以获得时间奖励。电轨组比赛是在 PVC 赛道上进行，赛道采用铝膜胶带引导。信标越野组的比赛场地设置在平整的地面上并铺设蓝色的广告布，比赛区域约为 $5\text{ m} \times 7\text{ m}$ 。比赛开始后，系统会自动会点亮第一个信标，此时选手的车模能够识别确定信标的方位并做定向运动。当车模上安置的磁标进入信标附近的感应线圈后，比赛系统会自动切换点亮下一个信标，车模随机前往第二个点亮的信标。此过程将会进行 10 次左右。最终比赛时间是从一个信标点亮，到最后一个信标熄灭。

赛道采用 PVC 耐磨塑胶地板材料制作，赛道宽度（含路肩）不小于 45 cm ，预赛阶段的赛场形状为边长约 $5\text{ m} \times 7\text{ m}$ 长方形，决赛阶段的赛场约为预赛阶段的两倍。两条相邻赛道中心线的间距不小于 60 cm ，赛道中存在着直线、曲线、十字交叉路口等，曲线的曲率半径不小于 50 cm 。模型车沿赛道引导线行进一圈并停止在规定的终止线内即完成比赛。光电组和摄像头组的赛道导引线是分布在赛道两侧的黑色边界线，边界线的宽度为 $(25 \pm 5)\text{ mm}$ ，如图 1-1 所示。

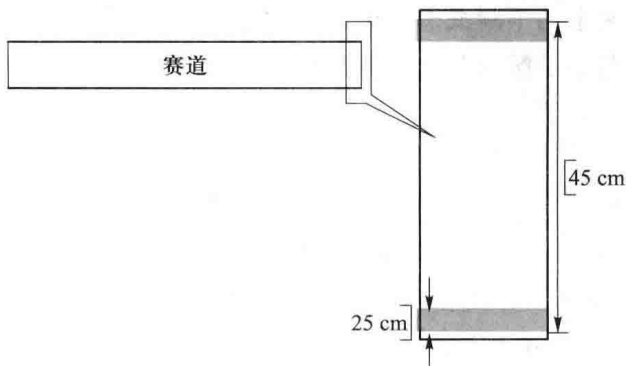


图 1-1 光电组和摄像头组的赛道导引线

在赛道两侧边缘利用黑色胶带粘贴直径为 1 mm 的铁丝。除信标组外，赛车比赛前，统一在车模底盘两侧固定铁丝检测模块（磁标）。在车模冲出赛道过程中，铁丝检测模块通过内部磁铁和霍尔传感器感应到铁丝，就会发出声响，同时点亮外壳的 LED 灯，显示车模冲出了赛道，如图 1-2 所示。

具体最新比赛规则参考“飞思卡尔”杯第十二届全国大学生智能车竞赛官方网站：<http://www.smartcar.au.tsinghua.edu.cn>。



扫一扫：
视频 1.1 赛道简介

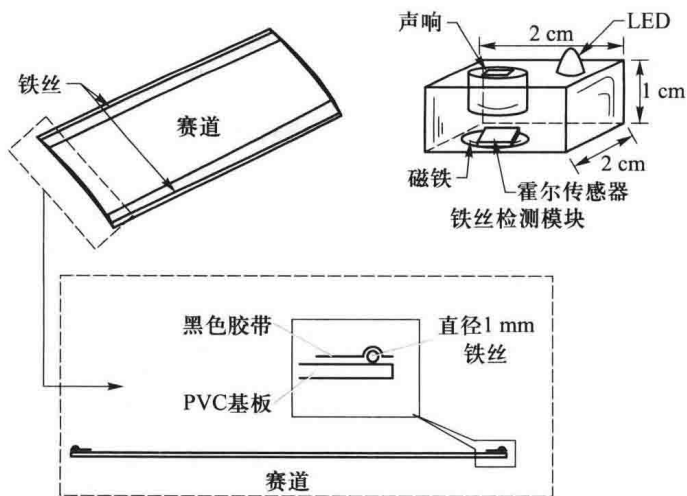


图 1-2 感应铁丝和路肩设定

本节小结

本节主要介绍智能车竞赛的相关信息。简单介绍了智能车竞赛的车模类型以及比赛时所用的赛道标准。对于不同的组别，比赛要求的车模和赛道有所不同，这些内容在本书的后续章节中会详细介绍。由于智能车竞赛每年的比赛规则都有改变，不同组别要求的车模或者赛道信息会有所改变，笔者只以该书编写时的最新规则作介绍。想要了解最新的比赛细则和说明，请从官网获取详细信息。

习题

问答题

1. 请查阅你所在年份的智能车竞赛规则。
2. 在十一届比赛中，是如何判定车模出界的？
3. 智能车竞赛有哪些主要措施体现公平公正的比赛准则？

1.2 智能车系统构成介绍

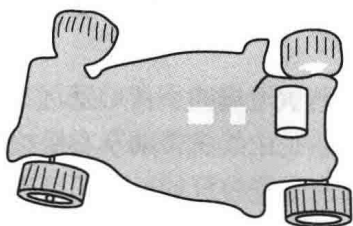
1.2.1 智能车的机械组成

智能车竞赛采用标准的模型车，初期车模为一种标准四轮车模，根据传感器及重心可以对其实现结构改造，但有严格限制。要求车模改装后的尺寸不能超过长 400 mm、宽 250 mm、高 400 mm，且要求在比赛过程中不能发生长度的改变。

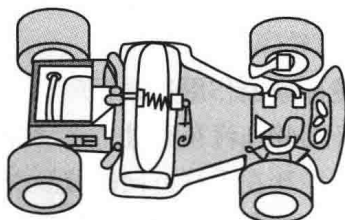
随着竞赛的不断推进,车模也由原来的单电机车模逐渐推出双电机差动驱动车模、电磁专用车模、直立车模等不同的类别。下面介绍在十一届比赛中使用的车模。图 1-3 为第一届比赛中的 5 种车模。



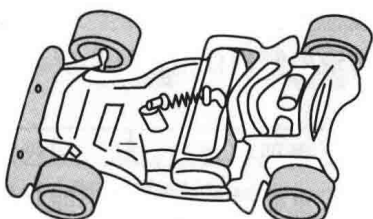
扫一扫:
视频 1.2 车类
别介绍



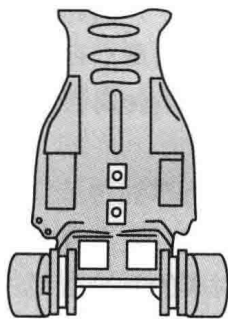
(a) A型车模电机: RS-380 舵机: FUTBA3010



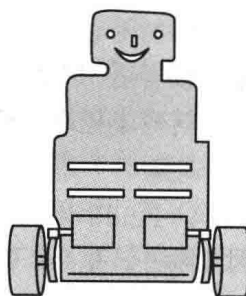
(b) B型车模电机: 540 伺服器: S-D5



(c) C型车模电机: RN-260 舵机: FUTBA3010



(d) D型车模电机: RN-260



(e) E型车模电机: RS-380

图 1-3 不同类别的智能车车模

模型车机械结构调整主要根据传感器安装位置及重心变化来决定,同时也包括车体本身运行部分的调整。

1. 四轮车机械结构调整

对于四轮车而言,车体运行主要靠驱动轮,这部分调整主要集中在前轮转向机构部分,主要包括前轮倾角和主销倾角。前轮倾角可分为前束倾角和前轮倾角,主销倾角可分为主销后倾角和主销内倾角。

1) 主销倾角

模型车底盘采用等长双横臂式独立悬架,当车轮上下跳动时,车轮平面没有



扫一扫:
视频 1.3 智能
车的结构

倾斜,但轮距会发生较大变化,故车轮发生侧向滑移的可能性较大。车模转向机构部分调整主要有6处。其中主销内倾角对车运行性能影响不大,可设为垂直方向。主销后倾角可通过改变转向支架与底盘连结处垫片数量来调整,若欲使之转向灵活,则主销后倾角设置较小;若欲增大回正力矩,则后倾角设计较大角度。

2) 前轮倾角

车轮前束的作用是减轻或消除因前轮外倾角所造成的不良后果,二者相互协调,保证前轮在汽车行驶中滚动而无滑动。前轮是由舵机带动左右横拉杆来实现转向的,主销在垂直方向的位置确定后,改变左右横拉杆的长度即可改变前轮前束的大小。前轮外倾角可通过前轮支架顶部的调节连杆来调整,外倾角与模型车的侧滑关系较大,需要与前轮前束匹配调整。正前束有比较好的直线稳定性,负前束转向比较灵活,但直线稳定性差。正前轮外倾角能增大转向灵活性,但轮胎与地面接触面积较小;负前轮外倾角作用正好相反。

3) 重心调整

重心对智能车的影响主要表现在转向、动力和稳定性三个方面,重心过高,智能车高速运行中容易侧翻;重心靠前,转向轮能获得较大摩擦力,智能车容易发生轴侧滑,而且会增大舵机的转向力矩;重心后移,前轮摩擦力减小,转向性能变差;由于速度由驱动力、摩擦力和阻力共同决定,因此重心位置必须保证驱动轮能够提供足够的附着力,单从这方面考虑,重心应尽可能靠近驱动轴。从上面的分析结果可以看出,重心位置的作用结果会影响转向、动力等,需要根据具体摩擦、速度、转弯半径等参数综合考虑。

2. 直立机械调整

不同于四轮车,直立车采用双轮驱动的直立方式行走。直立车的稳定性较四轮车差很多,因此刚性、重心、倾角等机械参数对车的影响更大。

1) 刚性

在直立车的建模分析过程中,一直将车体作为刚体分析。对于D型车模而言,底盘连接处具有活动性,需要使用硬质板材加固,确保其刚性。

2) 重心

直立车的重心高低在很大程度上决定了车的稳定性,重心高的车容易跌倒,重心低的车稳定,抗干扰能力强。车的重心主要取决于电池、电路板、传感器的位置和架设方式。

3) 倾角

在完成车体的机械搭建之后,会有一个平衡点,这个平衡点即车体的倾角。一般而言,重心低的车倾角会大,需要防止出现倾角过大而刚蹭赛道的现象。加速度计和陀螺仪最好能与水平面垂直,这样能保持灵敏度在最大的范围。

智能车在不同赛道上的摩擦力与转弯半径、车体速度等都有关系，机械结构的调整也因车而异。调整过程主要根据前述各可调机构与其作用结果并结合车模运行状态不断尝试，得到最佳工作性能。

1.2.2 智能车的硬件组成

智能车的硬件架构主要分为电源管理部分、信号输入部分、动力输出部分、中央控制部分和人机接口部分。智能车硬件系统组成框图如图 1-4 所示。

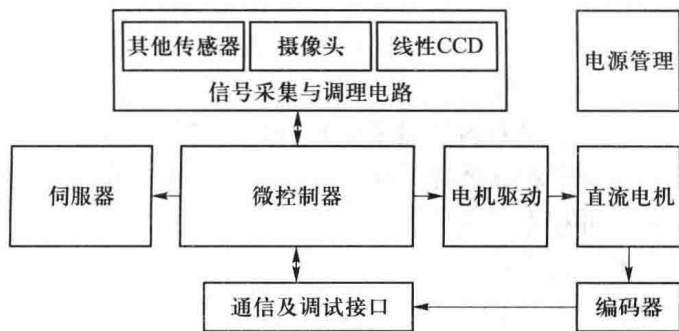


图 1-4 智能车硬件系统组成框图

电源管理部分是智能车系统稳定运行的基石，它在完成直流电压转换的同时，还要为电机和伺服器提供足够的输出功率。本书第 2 章对该部分进行了详细的介绍。

信号输入部分是智能车的“眼睛”，包含信号采集和调试电路。根据智能车组别的不同，该部分使用不同的传感器。摄像头组主要使用 CMOS 或 CCD 摄像头，电磁组主要使用谐振电感线圈、光电组使用线性 CCD 传感器或光电对管。如果车模要对电机转速进行闭环控制，需要使用编码器测量电机转速，对于直立运行的组别还需要使用加速度计和陀螺仪。

动力输出部分是智能车的“腿”，包括直流电机驱动电路和伺服器驱动电路。对于直立运行的组别，智能车的转向通过调整左右两个电机的转速来实现，因此不需要伺服器；其他四轮运行的组别，尤其是只有一个驱动电机的智能车，需要使用伺服器控制转向轮的方向，进而控制智能车的运行方向。

中央控制部分是智能车的“大脑”。根据竞赛规则的要求，可以使用 8 位、16 位、32 位的微控制器或者数字信号处理器（DSP）。中央控制部分是智能车最核心的部分，也是体现智能车“智能”的部分，智能车在该部分的控制下，按照指定的线路运行。

人机接口部分，顾名思义，就是智能车与人交流的通道，通常包括开关、按

键、显示模块、通信模块、调试接口等。这部分的功能一是在赛场上快速调整智能车的参数和运行模式，二是为参赛队员的平时调试提供方便。

1.2.3 智能车的软件实现

智能车的软件实现可以分为底层驱动程序、信号采集与滤波算法、转向与速度控制算法等。

底层驱动程序是实现软件和硬件连接的桥梁，该部分程序通过对微控制器相关寄存器的适当操作，进而在微控制器的特定端口产生特定波形的信号，并通过硬件电路实现控制功能。本书的后续章节中分别给出了基于 MK60 和 MC9S12XS 两种微控制器的底层驱动程序。

信号采集与滤波算法是对传感器采集到的数据进行初步分析和处理的程序。根据不同的组别，这部分程序要完成相应传感器数据的采集，尽量消除信号中包含的干扰噪声信号，并根据采集到的信息提取赛道信息，进而得到智能车相对于赛道的位置信息。对于直立运行的组别，这部分程序需要根据加速度与陀螺仪的采集值解算出车身的姿态信息。车身的位置信息和姿态信息的准确度直接影响上层决策算法的效果。关于路径识别算法，本书 7.1 节将有更详细的介绍。

转向与速度控制算法是用来控制伺服器的输出角度和电机的转速的。在智能车系统中，通常使用闭环控制方法，即智能车的“方向环”与“速度环”。对于直立车而言，控制算法与四轮车有一定区别，最主要的区别是直立车加上了倾角计算和直立控制闭环。闭环控制的方法有很多，但在智能车系统中，PID 控制是最常用的闭环控制方法。关于控制算法，本书 7.2 节将有更详细的介绍。

本节小结

本节主要介绍智能车的系统组成。智能车的系统组成主要由机械、软件和硬件三部分构成。在机械方面，智能车车模主要分为直立型车模和四轮车模。本章机械部分从重心、主鞘倾角、前轮倾角等可调整的机械结构方面对这两种车模作出机械结构上的分析。在硬件方面，智能车硬件系统由电源管理、信号输入、动力输出等多个部件组成，不同的组成部件在系统中发挥不同的作用。在软件方面，对智能车软件设计所涉及的主要算法作了简要概括，并对相应算法的主要作用作了进一步说明。

习 题

一、填空题

1. 智能车竞赛中有_____、_____、_____、_____、_____类型的车模。