

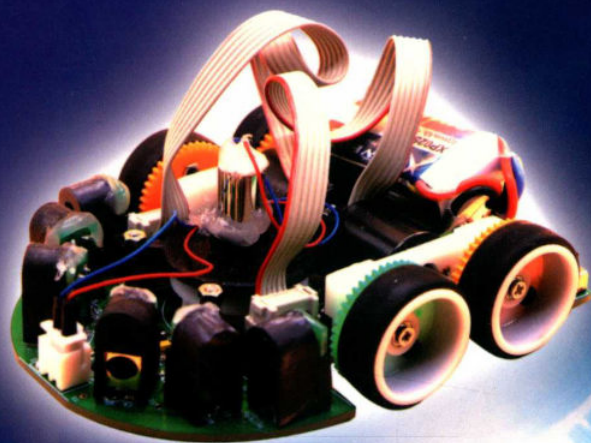


智能微型运动装置(Micromouse)技术与应用系列丛书

智能鼠原理与制作

高级篇

王超 高艺 宋立红 编著



中国铁道出版社有限公司
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE CO., LTD.

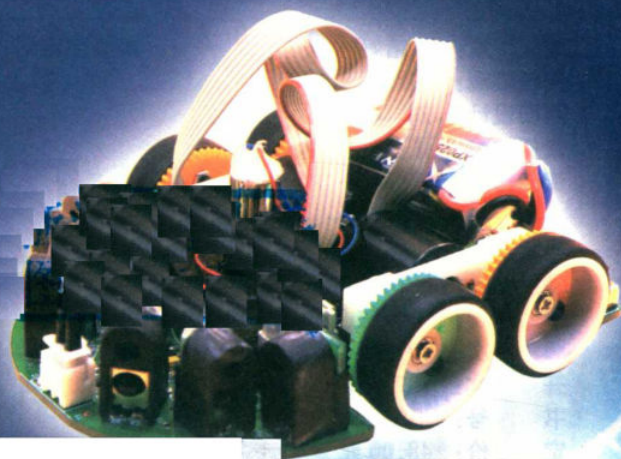


智能微型运动装置(Micromouse)技术与应用系列丛书

智能鼠原理与制作

高级篇

王超 高艺 宋立红 编著



中国铁道出版社有限公司
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE CO., LTD.

内 容 简 介

本书以天津启诚伟业科技有限公司提供的TQD-Micromouse-JM智能鼠为载体,是智能微型运动装置(Micromouse)技术与应用系列丛书的高级篇。

本书以真实工程项目为背景,通过“初级篇”、“综合篇”和“竞技篇”三篇讲述了智能鼠的发展、硬件、开发环境、基本操作;智能鼠控制算法、基本运动控制、经典迷宫搜索算法;智能鼠走迷宫竞赛、迷宫搜索优化算法、竞赛迷宫范例等。同时,本书附录提供了国际Micromouse走迷宫竞赛相关知识、智能鼠器件清单、智能鼠迷宫图库等丰富资源。

本书在重要的知识点、技术(技能)点和素养点上,配有丰富的视频、图片、文本等资源,学习者可以通过扫描书中二维码获取相关信息。

本书适合作为高等院校,特别是“新工科”专业,作为信息与自动化技术融合与创新学科教学的指导用书,还可作为相关工程技术人员培训用书及智能鼠爱好者参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

智能鼠原理与制作.高级篇/王超,高艺,宋立红
编著. —北京:中国铁道出版社有限公司,2019.10
ISBN 978-7-113-25903-7

I. ①智… II. ①王… ②高… ③宋… III. ①智能机
器人-程序设计 IV. ①TP242.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第173398号

书 名: 智能鼠原理与制作(高级篇)

作 者: 王 超 高 艺 宋立红

策 划: 秦绪好

编辑部电话: 010-63589185 转 2061

责任编辑: 何红艳 绳 超

封面设计: 刘 颖

责任校对: 张玉华

责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社有限公司(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com/51eds/>

印 刷: 中国铁道出版社印刷厂

版 次: 2019年10月第1版 2019年10月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 12 字数: 153 千

书 号: ISBN 978-7-113-25903-7

定 价: 48.00 元

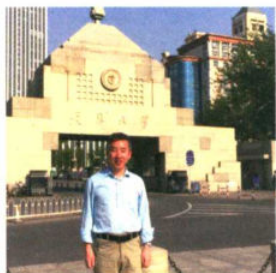
版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。

联系电话:(010) 63550836,打击盗版举报电话:(010) 51873659



王超



天津大学电气自动化与信息工程学院教授，天津市青年科技奖获得者，入选教育部新世纪优秀人才，教育部自动化类专业教学指导委员会委员。2016年获中国自动化学会高等教育教学成果二等奖，2017年获天津市科技进步二等奖，2018年获天津市教学成果一等奖。自2010年起，将智能鼠作为重要的实践教学载体，指导学生参加竞赛，多次获得天津市大学生电脑鼠走迷宫竞赛第一名。2017年指导的博士生获中国仪器仪表学会全国优博论文。2018年，在第33届APEC国际电脑鼠大赛中，天津大学的两支队伍包揽冠亚军。

高艺



南开大学电子信息工程学院硕士生导师，电子信息实验教学中心副主任，天津市单片机学会青年骨干工作委员会副主任，多项天津市大学生竞赛及职业技能竞赛裁判组成员。先后参与多项“国家高技术研究发展计划（863计划）项目”、“天津市科技支撑计划重点项目”以及横向科研项目。多次作为指导教师带队参加全国大学生电子设计竞赛、天津市电子设计竞赛、天津市物联网竞赛、天津市大学生IEEE电脑鼠竞赛、APCE国际电脑鼠竞赛、全国机器人大赛等。

宋立红



天津启诚伟业科技有限公司总经理，启诚电脑鼠创始人。自2006年开始从事科研、教学，新型教仪装备的研发、设计、推广、服务工作。40余次赞助支持“启诚杯”大学生智能鼠走迷宫学科竞赛和职业院校学生技能大赛智能鼠赛项。亲自带领启诚技术团队，研发设计拥有自主知识产权的TQD教学竞赛科研机器人平台，先后取得国家级和天津市科委科技立项基金5项，计算机软件著作权8项，实用新型专利8项。公开发表智能鼠专题国际论文5篇。2016年开始，积极致力于“鲁班工坊”国际项目技术支撑服务工作，先后在泰国、印度、印尼、巴基斯坦、柬埔寨、埃及、尼日利亚等海外国家将TQD系列智能鼠教育平台与世界共享，服务国家“一带一路”倡议。



——Mr. David Michael Otten

智能鼠名人榜

扫码观看

I am very pleased to find out that you are going to write a book about micromouse. This contest is a fantastic way to learn about electromechanical systems and integrating hardware and software. I have learned a great deal during my 30 years with this contest and I am sure your readers will also. Congratulations and good luck with this endeavor.

David Otten
APEC Micromouse chair

我很高兴得知你们要编写关于智能鼠的书。智能鼠大赛是学习机电系统和集成软硬件的绝佳方式。在过去经历的30年比赛中，我学到了很多东西，我相信你们的读者也会这样。祝贺你们并祝福好运！

Mr. David Michael Otten

美国麻省理工学院 高级研发工程师
国际Micromouse走迷宫教育教学专家
多年从事AI机器人开发研究工作，连续30余届美国APEC国际电脑鼠竞赛组委会主席，曾多次参加日本、新加坡、美国、英国等国家Micromouse比赛，并多次蝉联世界冠军。





扫码观看
智能鼠名人榜

——Mr. Peter Harrison

The micromouse contest is an integration of multiple disciplines and many technologies. It involves machine engineering, electronic engineering, automatic control, artificial intelligence, program design, sensing and testing technology.

The micromouse contest will enhance the participant's technology level and application abilities, providing a platform for technological innovation.

The publication of books on micromouse education will play a significant role in learning micromouse technology for Chinese students. The micromouse robots made by Qicheng are to the world through Liban workshops, benefiting students around the world.

Congratulations on the publication of the micromouse book series. They provide convenience and reference for micromouse fans and students at all levels.

Micromouse是集多学科多技术的融合体，主要涉及机械工程、电子工程、自动控制、人工智能、程序设计、传感与测试技术等学科。

竞赛的开展，必然提升参赛者在相关领域的技术水平和应用能力，为技术创新提供平台。

这类教育资源书籍的出版，对于中国乃至世界学生学习智能鼠技术都有着重要的意义和作用，启诚电脑鼠通过鲁班工坊冲出国门走向世界，让世界各地的学生受益，我为启诚智能鼠感到骄傲和自豪！

由衷地祝贺智能微型运动装置（Micromouse）技术与应用系列丛书出版。这为智能鼠爱好者、不同教育层面的学生学习嵌入式微型机器人（智能鼠）提供了便利和参考。

Mr. Peter Harrison

英国伯明翰城市大学 高级研发工程师
国际Micromouse走迷宫教育教学专家
多年来从事设计、研发IT集成项目工作，在培养大学生人工智能机器人技术领域、实训教学和实用技能方面成绩卓著，曾多次参加美国、日本、新加坡、英国等国家的Micromouse走迷宫比赛，并多次蝉联世界冠军。





“智能鼠”，英文名为Micromouse，是使用嵌入式微控制器、传感器和机电运动部件构成的一种微型运动装置（嵌入式微型机器人），智能鼠可以在不同“迷宫”中自动记忆和选择路径，采用相应的算法，快速到达所设定的目的地。智能鼠走迷宫竞赛结合了机械、电子、控制、光学、程序设计和人工智能等多方面的科技知识。

四十多年来，电气电子工程师学会（IEEE）每年举办一次国际性的智能鼠走迷宫竞赛，自举办以来各国踊跃参加，尤其是美国和欧洲国家的高校学生，为此有些大学还特别开设了“智能鼠原理与制作”的选修课程。中国从2007年开始在上海长三角地区举行小规模尝试性比赛。2009年天津启诚伟业科技有限公司将这项国际赛事引进天津，以工程实践创新项目教学模式，对智能鼠走迷宫竞赛进行本土化创新改革，对于后期智能鼠竞赛的开展和走进课堂、融入教学起到关键性的作用。经过多年的蜕变与优化，“智能鼠”已经成为集“职业性、综合性、先进性、趣味性”为一体的创新实践教学平台，在推动课程改革，提高教学质量，培养学生的工程实践创新能力等方面发挥了重要的作用。

为了将智能鼠的成果进一步推广应用，我们特组织编写了智能微型运动装置（Micromouse）技术与应用系列丛书，以天津启诚伟业科技有限公司提供的TQD-Micromouse-JQ/JD/JM三款智能鼠为载体，按照不同学习人群，由浅及深，由易到难，分为“基础篇”、“进阶篇”和“高级篇”三册。每册书均以真实工程项目为背景，采用项目式的教学模式编写。

本系列丛书分别以精巧、精典、精妙智能鼠为载体进行实践教学。采用项目式教学模式，遵循递进原则，从“玩转”到“掌握”，再到“精通”，从“流程图趣味编程”到“高级语言算法开发”，从“步进电动机简单动作”到“空心杯电动机精确控制”，丰富学习者的工程实践知识和技术应用经验，拓展学习者的专业视野，内化形成良好的职业素养，提升学习者的实践创新能力。本系列丛书为目前国内首套系统化讲解智能鼠原理与制作的书籍，所选案例均来自真实的工程项目，编者来自国内长期从事智能鼠研究与开发、国际Micromouse走迷宫竞赛获奖的院校和企业。

本系列丛书在重要的知识点、技术（技能）点和素养点上，配有

丰富视频、图片、文本等资源，学习者可以通过扫描书中二维码获取相关信息。作者长期的国际化教学活动积淀，使得本系列丛书成为推进“中、高、本、硕”贯通国际化人才培养实践的教学载体，可以作为不同类型、不同层次学校的教师、学生开展教学活动的指导和学习用书；基础教育学校可以借助本系列丛书开展职业启蒙、科技活动和特色教育；职业院校可选用本系列丛书作为相对应专业综合与创新实践教学的指导用书；本科层次，特别是“新工科”，可使用本系列丛书作为信息与自动化技术融合与创新学科教学的指导用书。本系列丛书还可作为相关工程技术人员培训用书及智能鼠爱好者参考用书。

本书由天津大学教授王超，南开大学副教授高艺，启诚电脑鼠创始人、天津启诚伟业科技有限公司总经理宋立红编著。国际专家美国麻省理工学院教授David Otten和英国伯明翰城市大学教授Peter Harrison参与本书编写及英文版的译审，并专门为本系列丛书写了贺信。本丛书在编写过程中得到了天津大学、南开大学、天津机电职业技术学院、天津渤海职业技术学院、美国麻省理工学院、英国伯明翰城市大学和新加坡义安理工学院等相关院校教授专家的大力支持。天津启诚伟业科技有限公司的工程师陈立考、薛楠、宋姍为本系列丛书出版提供了企业实际工程案例、二维码视频及动画。衷心感谢天津市教育委员会、天津市教育委员会职业技术教育中心、中国铁道出版社有限公司、天津启诚伟业科技有限公司对本教学资源开发提供的指导与帮助。本系列丛书由中国铁道出版社有限公司支持出版，并通过鲁班工坊在“一带一路”沿线国家以英文出版。

限于编者的经验、水平以及时间，书中难免存在不足和缺漏，敬请专家、广大读者批评指正。

编者

2019年6月

**第一篇 初级篇 001**

项目一 了解智能鼠的发展	003
任务一 了解智能鼠起源	003
任务二 认识智能鼠迷宫	009
思考与总结	012
项目二 学习智能鼠软件开发环境	013
任务一 认知智能鼠硬件功能	013
任务二 学习软件开发环境	017
思考与总结	036
项目三 学习智能鼠硬件单元	037
任务一 认知智能鼠的红外传感器检测与状态	037
任务二 认知智能鼠动力单元部分	067
任务三 掌握智能鼠的姿态控制	081
任务四 认知智能鼠“吸地风扇”技术	087
思考与总结	090

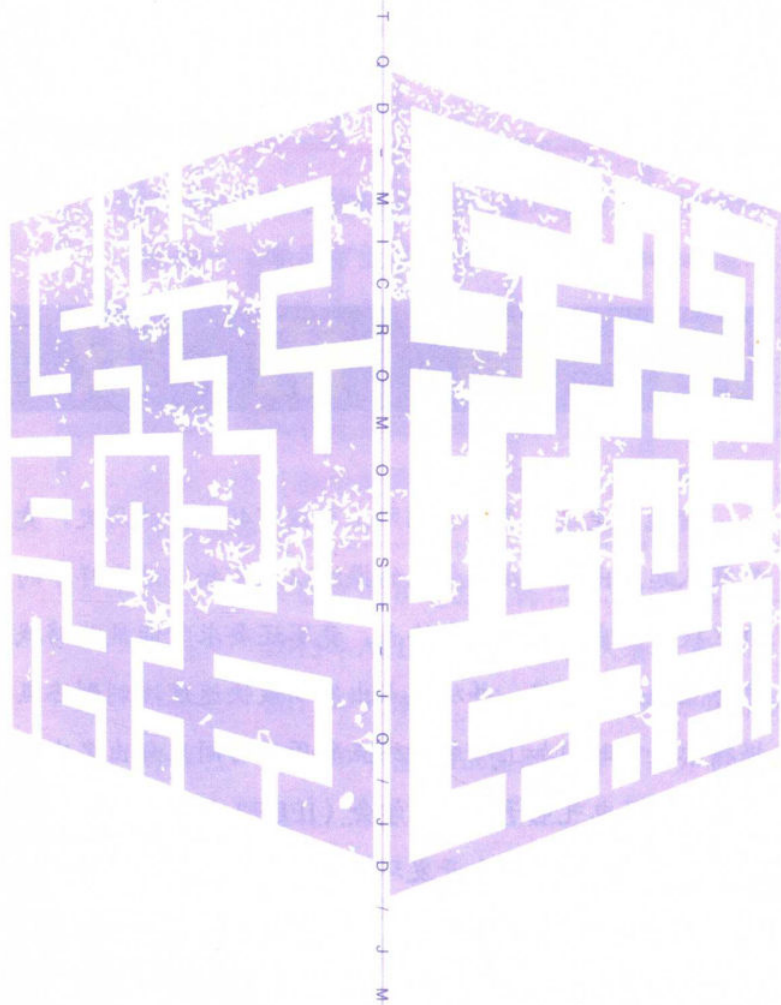
第二篇 综合篇 091

项目一 学习智能鼠车速控制算法	093
任务一 掌握智能鼠PID车速控制算法	093
任务二 掌握智能鼠直流电动机闭环车速控制	097
思考与总结	100
项目二 学习智能鼠基本运动控制	101
任务 学习智能鼠基本运动的实现	101
思考与总结	108
项目三 掌握经典迷宫搜索算法	109
任务一 掌握等高图的制作及优化	109

任务二 掌握智能鼠的右手法则	115
任务三 掌握智能鼠的左手法则	116
任务四 掌握智能鼠的优化算法——中心法则及优化	117
任务五 了解Flood扩散算法	119
任务六 了解几种重要的智能鼠逻辑算法	123
思考与总结	136
第三篇 竞技篇	137
项目一 了解智能鼠IEEE走迷宫竞赛	139
任务一 学习智能鼠走迷宫的规则	139
任务二 认知智能鼠程序结构	141
思考与总结	146
项目二 学习智能鼠迷宫搜索优化算法	147
任务 学习基于蚁群算法的最优路径选择	147
思考与总结	154
项目三 分析经典迷宫地图案例	155
任务一 2015年APEC国际电脑鼠大赛迷宫分析	156
任务二 2017年天津市“启诚杯”大赛迷宫分析	159
任务三 2018年中国IEEE国际大赛迷宫分析	162
思考与总结	164
附录	165
附录A 风靡全球的国际Micromouse走迷宫竞赛	167
附录B 世界智能鼠经典赛事迷宫范例	178
附录C TQD-Micromouse-JM器件清单	180
附录D 学时安排	181
附录E 电路图形符号对照表	182

第一篇 初级篇

智能鼠走迷宫竞赛在国际上已经有40多年的历史，竞赛要求智能鼠从起点出发，在不受人的操纵以及不知道迷宫样子的前提下，自主搜索迷宫，找到迷宫终点。竞赛还要求智能鼠能够找到起点到达终点的最短路径，并从起点出发以最快速度冲刺到终点。竞赛根据搜索迷宫时间加上冲刺到终点所用的时间来分出名次。竞赛迷宫已经形成了电气电子工程师学会（IEEE）的国际标准。在本篇中，将分别从迷宫、硬件和开发环境认识智能鼠，并对智能鼠的基本功能进行具体讲解和实际操作。



项目一

了解智能鼠的发展



学习目标

- (1) 了解智能鼠的国际和国内发展历史。
- (2) 了解智能鼠走迷宫竞赛平台——竞赛迷宫、计分系统。

近年来随着科技的迅猛发展，智能鼠的传感器、控制器、执行器甚至是动力源都经历了多次技术性的革新。由于可选方案多样化及世界各地文化差异的影响，使得智能鼠竞赛平台、竞赛形式和竞赛标准也都有所差异。因此，为了适应在全世界范围推广，智能鼠逐渐形成了一定的标准和规范。

任务一 了解智能鼠起源

一、智能鼠的起源

1938年，美国密歇根州的数学家香农（Claude Elwood Shannon）完成了《继电器和开关电路的分析》论文。由于布尔代数只有0和1，恰好与二进制对应，香农将它运用于以脉冲方式处理信息的继电器开关，从理论到技术彻底改变了数字电路的设计方向，因此，这篇论文在现代数字计算机史上具有划时代的意义。

1948年，香农又发表了一篇至今还在闪烁光芒的论文《通信的数学基础》，从而给自己赢得了“信息论之父”的桂冠。

1956年，他参与发起了达特默斯人工智能会议，成为这一新学科的开山鼻祖之一。他不仅率先把人工智能运用于计算机下棋方面，而且还发明了一个能自动穿越迷宫的“智能鼠”，以此证明计算机可以通过



学习提高智能。

二、智能鼠竞赛的发展历程

1972年，美国《机械设计》杂志发起了一场竞赛。在比赛中，仅由捕鼠器弹簧驱动的机械鼠，不停地与其他参赛鼠竞赛，以判断哪个机械鼠能够沿着跑道跑出最长的距离。

1977年，美国 IEEE Spectrum 杂志提出智能鼠的观念。智能鼠是一个小型的由微处理器控制的机器人车辆，在复杂迷宫中具有译码和导航的功能和能力。

1979年，美国电气电子工程师学会（IEEE）通过其Spectrum 杂志发起了一场智能鼠竞赛，奖励能够在最短时间内自主走出迷宫的智能鼠的设计者1 000美元。

1980年，英国伯明翰城市大学主办UK Micromouse^① 国际竞赛。之后，又有多个比赛被创办，如：1980年，东京举办了首场全日本Micromouse 国际公开赛，参赛选手来自世界各地，智能鼠形式也多种多样，冠军由日本智能鼠Noriko-1获得，1987年新加坡南洋理工学院举办了第一届新加坡Micromouse竞赛和2007年中国计算机学会举办的首场IEEE国际标准Micromouse走迷宫竞赛等，如图1-1-1所示。



图1-1-1 智能鼠竞赛国际发展历程

^①Micromouse、电脑鼠、智能鼠，亦可称为智能微型运动装置或嵌入式微型机器人，以上名称异名同实。

从1972年最初的机械电子鼠发展到现在的智能鼠，经过了40多年沧海桑田的蜕变历程，如图1-1-2、图1-1-3所示。参加竞赛的队员从仅限于哈佛大学、麻省理工学院等世界知名学府的研究生，发展为来自世界各地的研究型大学、应用型大学、职业院校、中小学的学生。各类竞赛如雨后春笋般蓬勃发展。这项竞赛真正成为应用于不同教育阶段的国际型、创新型的学生竞赛。

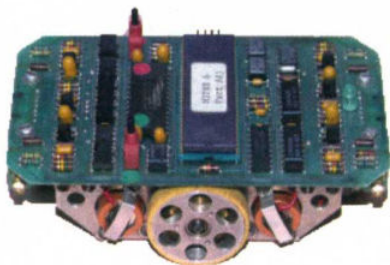


图1-1-2 1990年第11届全日本 Micromouse国际公开赛参赛鼠

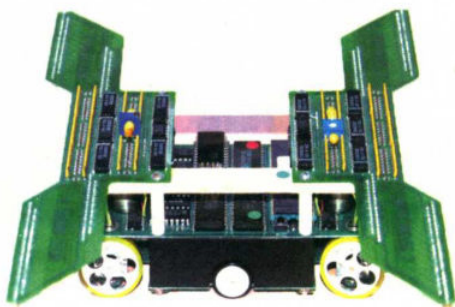


图1-1-3 1991年第12届全日本 Micromouse国际公开赛参赛鼠

三、智能鼠走迷宫在中国发展

从2007年至2019年，智能鼠在中国经历了12年的发展历程，如图1-1-4所示。2007年天津启诚伟业科技有限公司将这项国际赛事引进天津。图1-1-5所示为天津市大学生学科竞赛第六届“启程杯”智能鼠走迷宫竞赛。2009年，在国家级教学名师的指导帮助下，以中国先进的教育模式“工程实践创新项目（EPIP）”对智能鼠走迷宫竞赛进行本土化改革创新，对于后期智能鼠走迷宫竞赛的开展和走进课堂、融入教学起到了关键性的作用。



图1-1-4 智能鼠竞赛在中国的发展历程

视频



天津智能鼠发展



图1-1-5 天津市大学生学科竞赛第六届“启诚杯”智能鼠走迷宫竞赛

智能鼠走迷宫竞赛作为实训教学和学生创新竞赛的媒介载体，充分体现了光机电结合、软硬件结合、控制与机械结合，演绎“工程”课程概念的同时，延伸和扩展了“创新”课程的理念，使得学生的学习内容和教师的授课方式都有全新的内涵，真正着眼于综合素质的培养，创造快乐素质教育。智能鼠在中国从大学生学科竞赛到职业院校技能大赛，再到“普职融通”国际挑战赛，已被多教育层面所采纳。并获得了丰富的竞赛经验和优秀的技术积淀。



“走出去”

2015年3月，天津的普通高校和职业院校首次“走出去”，首次参加在美国夏洛特举办的第30届美国APEC世界Micromouse 竞赛（被誉为世界电脑鼠三大赛事之一），如图1-1-6所示。看到美国、日本、新加坡等国家的智能鼠的精彩的表现，让中国的参赛师生深刻地感悟到，当代中国大学生要敢想敢做，要有中国技术自信！之后，天津的代表队还参加了我国台湾举办的人工智能单晶片Micromouse邀请赛和全日本Micromouse国际公开赛等。

● 视频



智能鼠发展
三大策略之
走出去



图1-1-6 天津普通高校和职业院校代表队参加第30届美国APEC世界Micromouse 大赛

通过不断与国际强队交手，天津智能鼠软硬件技术水平也快速提高。三年后，2018年3月5日在美国圣安东尼奥举办的第33届APEC世界Micromouse竞赛中，天津大学的两支队伍包揽冠亚军，标志着中国的智能鼠竞赛水平已经进入了世界先进行列。同时，在一次次的竞赛交流学习中，天津的各支队伍也与国际智能鼠大师结下了深厚的友谊。



“请进来”

2015年10月，APEC世界Micromouse竞赛组委会主席，美国麻省理工学院的David Otten教授怀着对中国职业教育的期待和向往，应天津市教育委员会的邀请，到天津对职业教育进行深度访问，成功把国际Micromouse竞赛先进的技术和经验“请进来”。David Otten教授在交流中讲道：“通过访问天津，对当今中国职业教育的发展感到很震撼。”我欣然接受了天津市教育委员会的邀请，成为中国天津职教领域的特聘荣誉教授。期待今后麻省理工学院与中国职业院校加强交流与合作，助力职业院校技能大赛的国际化建设水平。

2016年5月，我国台湾龙华科技大学的苏景晖教授率领曾经荣获“美国APEC世界Micromouse竞赛”和“全日本Micromouse国际公开

视频



智能鼠发展
三大策略之
请进来