

水中机器人（机器鱼）教育全局视觉系列教材  
Underwater Robot (Robotic Fish) Technology Textbook Series: Global Vision League

# 全局视觉组机器鱼竞赛

◎ 编著 谢广明 何宸光

# Robot




HEUP 哈尔滨工程大学出版社

水中机器人（机器鱼）教育全局视觉系列教材

# 全局视觉组机器鱼竞赛

编著 谢广明 何宸光

 哈尔滨工程大学出版社

## 内 容 简 介

全局视觉组机器鱼竞赛是中国素质体育机器人运动会水中专项运动的基本竞赛内容之一。本书全面系统地介绍了全局视觉组机器鱼竞赛的概况和所设立的具体项目及规则等内容。本书适用于参加中国素质体育机器人运动会水中专项运动全局视觉组竞赛项目的教练员、裁判员和运动员,也适合机器人爱好者参考学习。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

水中机器人(机器鱼)教育全局视觉系列教材. 全局视觉组机器鱼竞赛/谢广明,何宸光编著. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2013.7  
ISBN 978-7-5661-0616-2

I. ①水… II. ①谢… ②何… III. ①水下作业机器人-竞赛-教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 148269 号

---

出版发行 哈尔滨工程大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号  
邮政编码 150001  
发行电话 0451-82519328  
传 真 0451-82519699  
经 销 新华书店  
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司  
开 本 787mm×960mm 1/16  
印 张 5.5  
字 数 79 千字  
版 次 2013 年 7 月第 1 版  
印 次 2013 年 7 月第 1 次印刷  
定 价 16.80 元  
<http://www.hrbeupress.com>  
E-mail: [heupress@hrbeu.edu.cn](mailto:heupress@hrbeu.edu.cn)

---

利國利民 造福子孫

功在當代 利在千秋

水中机器人(机器鱼)教育全局视觉系列教材

## 编审委员会

编委会主任：何宸光

编委会：晓敏 韩立群 冀运熙 张怡  
邢小泉 秦吉宏 白洁 乔雷  
滕兆勇

# 前言

江泽民同志指出：科学技术是第一生产力。振兴经济首先要振兴科技。只有坚定地推进科技进步，才能在激烈的竞争中取得主动。当前，我国经济正面临着加速发展、调整结构、提高效益的重大任务，尤其需要全社会提高科技意识，多方面增加科技投入，真正依靠科技进步。科技工作要面向经济建设主战场，在开发研究、高新技术及其产业、基础性研究这三个方面合理配置力量，确定各自攀登高峰的目标。在世界高科技领域中，中华民族要占有应有的位置。通过深化改革，建立和完善科技与经济有效结合的机制，加速科技成果的商品化和向现实生产力转化。不断完善保护知识产权的制度。认真抓好引进先进技术的消化、吸收和创新。努力提高科技进步在经济增长中所占的含量，促进整个经济由粗放经营向集约经营转变。

众所周知，文化是一个民族的实力，教育是一个民族的生机，体育是一个民族的国力。社会变革是极其巨大的，正是这极其巨大的变革迫使人们去认识新事物，迎接新挑战，迫使人们去思考许许多多前所未有的东西。服务机器人作为新生事物，已经走进人类，人类已经走进机器人时代。机器人技术涵盖了人类所有的学科知识和自然科学知识，特别是智能机器人和服务机器人，与人们的生产生活密不可分。2012年国家科技部组织编制了《服务机器人科技发展“十二五”专项规划》，《规划》中明确了服务机器人技术是集机械、信息、材料、生物医学等多学科交叉的战略性高技术，对于相关技术与产业的发展起着重要的支撑和引领作用。在全国范围内实施《服务机器人科技发展“十二五”专项规划》，实现机器人技术作为战略高技术，推动国防军事、智能制造装备、资源开发，发展未来服务机器人产业，有望培育新的战略性新兴产业，而且具有很强的技术辐射性与带动性，对促进智能制造装备发展、提高应急处理突发事件能力、发展医疗康复设备、增强军事国防实力等都具有十分重要的现实意义。

2011年，国家体育总局与神州通信集团战略合作，共同调研机器人运动

的国际和国内现状，在美国、日本、欧洲国家等发达国家，机器人教育教学已被纳入中小学的必修课，有些大学还专门设立了机器人学科或机器人学院；机器人体育赛事方面，国际上著名赛事均由本国军事或太空部门主办，如 AUVic 赛事由国际无人系统联合会（AUVSI）和美国海军装备研究中心联合主办，水下 SAUC-U 赛事由全球海军技术研究局主办。机器人运动在我国必须规范开展，而规范的前提是规则。国家体育总局借鉴国际机器人教育教学和机器人体育赛事的先进经验，结合国内机器人赛事的现状，根据《中华人民共和国体育法》的有关规定，将机器人运动纳入国家社会体育运动项目，定义为中国素质体育机器人运动，以彰显这项运动的本质是素质教育。

中国素质体育机器人运动受到了社会各界的广泛关注，全国政协十一届五次会议上以关于“高度重视，深入做好素质体育机器人赛事”提出提案（3427号），国家体育总局对提案作出答复（体群字【2012】96号）。《答复》中明确做好六项工作：一、项目的基础建设；二、组织建设；三、竞赛系统建设；四、加强对外交流；五、把握文化大发展大繁荣对素质体育机器人运动带来的新机遇、新要求；六、加强与其他部门的合作。并于2012年颁布施行《中国素质体育机器人运动通用竞赛规则》，为这项利国利民伟大工程的规范开展、健康开展、广泛开展打下了坚实的基础。

此次出版的机器人专项教育系列教材在我国机器人教育领域尚属首次，此系列教材的出版使我国机器人基础教育、专项教育、学历教育的全面普及有了良好的开端，为我国机器人体育事业的健康发展、积极发展起到了巨大的推动作用。

何宸光

2013年3月于北京

# 目 录

第 1 章 机器人竞赛背景介绍	1
1.1 国际机器人竞赛发展介绍	1
1.2 国内机器人竞赛发展介绍	8
1.3 机器人水球比赛发展介绍	12
1.4 机器人竞赛和机器人水球比赛的意义和发展前景	15
思考与习题	17
第 2 章 比赛场地、设备以及赛前准备	18
2.1 比赛场地	18
2.2 水球	20
2.3 圆环形漂浮物	21
2.4 圆筒形支柱	22
2.5 参赛方	23
2.6 裁判	24
2.7 机器鱼控制平台	25
2.8 照明以及全局视觉系统	25
2.9 无线通信	26
2.10 赛前准备	26
2.11 迟到处罚	27
思考与习题	27
第 3 章 比赛项目	28
3.1 全局视觉水球(IVS1)	28
3.2 全局视觉抢球大战	31
3.3 全局视觉水中角力	32
3.4 全局视觉愤怒小鱼	34
3.5 全局视觉花样游泳	35
思考与习题	36



第4章 比赛关键技术——顶球 .....	37
4.1 引言 .....	37
4.2 基本顶球算法 .....	37
4.3 切入圆顶球算法 .....	38
4.4 基于动作的顶球算法 .....	40
4.5 基于区域的顶球算法 .....	41
参考文献 .....	44
第5章 比赛关键技术——路径规划 .....	45
5.1 移动机器人路径规划技术 .....	45
5.2 路径规划方法详解 .....	51
5.3 机器人路径规划实例分析 .....	61
思考与习题 .....	71
参考文献 .....	71
附录 名词解释 .....	75
后记 .....	77

# 第 1 章 机器人竞赛背景介绍

随着智能技术突飞猛进的发展和教育理念的不断更新，作为综合了信息技术、电子工程、机械工程、控制理论、传感技术以及人工智能等前沿科技的机器人技术也在为教育改革贡献自己的力量。为了推动机器人技术的发展，培养学生创新能力，20 世纪 90 年代在全世界范围内相继出现了一系列的机器人竞赛。

## 1.1 国际机器人竞赛发展介绍

国际性的机器人竞赛起源于 20 世纪 90 年代初，最先出现在美国和欧洲发达国家。目前，国际机器人竞赛类别主要有机器人足球竞赛、机器人灭火竞赛和机器人综合竞赛。

### 1.1.1 机器人足球竞赛

#### 1. 历史发端

机器人足球竞赛的最初想法由加拿大英属哥伦比亚大学的艾伦·马克沃斯 (Alan Mackworth) 教授于 1992 年提出。日本学者迅速对这一想法进行了系统的调研和可行性分析。1993 年 6 月，包括浅田埴 (Minoru Asada)、国吉康夫 (Yasuo Kuniyoshi) 和北野宏明 (Hiroaki Kitano) 在内的一些研究工作者决定创办一项机器人比赛，暂时命名为 RoboCup J 联赛 (J 联赛是刚创办的日本足球职业联赛的名字)。然而在一个月之内，他们就接到了绝大部分是日本以外的研究工作者的反应，要求比赛扩展成一个国际性的联合项目。由此，他们就将这个项目改名为机器人足球世界杯赛 (Robot World Cup Soccer Games, 简称 RoboCup)。

与此同时，一些研究人员开始将机器人足球作为研究课题。隶属于日本政府的电子技术实验室 (ETL) 的松原仁 (Itsuki Noda) 以机器人足球为背景展开多主体系统的研究，并已经开始开发一个专用的足球比赛模拟器。这个模拟



器后来成了 RoboCup 的正式足球比赛仿真平台。日本大阪大学的浅田埴教授、美国卡内基·梅隆大学的 Veloso 教授 (RoboCup 联盟现任主席) 和她的学生 Peter Stone 等也开展了同类工作。没有这些先驱者的参与, RoboCup 就不可能产生。由此, 机器人足球迅速成长为国际人工智能和机器人学研究的一个重要主题和方向。

目前, 国际上最具影响的机器人足球赛主要是 FIRA 和 RoboCup 两大机器人足球赛, 这两大比赛都有严格的比赛规则, 融趣味性、观赏性、科普性为一体, 为更多青少年参与国际性的科技活动提供了良好的平台。

## 2. RoboCup

RoboCup 机器人世界杯是世界上规模最大、水平最高、影响最广泛的机器人科技大赛和学术大会, 是一项通过学术竞赛推动信息、自动化等领域前沿研究和实际应用的全球事业, 广泛涉及人工智能、计算机、自动控制、图像处理、传感器及信息融合、精密机构、无线通信、机械电子和新材料等学科的科技创新与系统集成。

1993 年 9 月, RoboCup 第一次发表公告, 并草拟了明确的规则。于是, 在很多会议和研讨会上进行了关于组织和技术问题的讨论, 包括 AAAI-94 (美国人工智能联合会会议), JSAI (日本人工智能学会) 研讨会以及其他机器人界的会议。同时, 松原仁在 ETL 小组宣布了仿真比赛平台初始版本 (LISP 版本), 这是为进行多主体系统研究而开发的第一个足球领域的开放系统仿真平台, 后来又通过 Web 发布了 1.0 版本的仿真比赛平台 (C++ 版本)。这个仿真平台的第一次公开演示是在 IJCAI-95。

1995 年 8 月, 在加拿大蒙特利尔召开的国际人工智能会议 (IJCAI-95) 上发表了公告, 将在名古屋与 IJCAI-97 联合举办首届机器人世界杯足球赛及会议。同时, 为了发现与组织大型 RoboCup 比赛有关的潜在问题, 决定先举办 Pre-RoboCup-96。作出这个决定是为了留出两年的准备和开发时间, 这样研究小组就可以开始开发机器人和仿真的球队, 同时也能有时间筹集研究经费。

1996 年 11 月 4 日到 8 日, 在大阪的国际智能机器人与系统会议 (IROS-96) 上举行了 Pre-RoboCup-96。有 8 支球队参加了仿真组比赛, 并展示了参加中型组比赛的真正的机器人。虽然规模不大, 但这是第一次将足球费用于促进研究与教育的比赛。

1997 年, 第一次正式的 RoboCup 比赛和会议获得了巨大的成功, 来自美

国、欧洲国家、澳大利亚、日本等 40 多支球队参加，5 000 多名观众观看了比赛。从此，RoboCup 作为机器人学和人工智能研究领域最重要的活动之一蓬勃发展起来，至今在日本举办过三届，在美国举办过两届，德国、法国、瑞典、澳大利亚、意大利、葡萄牙各举办过一届。很多世界一流大学和研究机构，比如美国卡耐基·梅隆大学和康奈尔大学、日本东京大学、美国太空总署 (NASA)、法国国家机器人研究所及日本索尼公司等，都投入了巨大的力量。一个国家或单位在 RoboCup 世界杯上的竞赛水平，是该国或该单位在本领域研究实力和国际地位的集中体现。RoboCup 机器人世界杯的竞赛目标是：2050 年前后，全自主机器人足球队战胜人类足球的世界冠军队。

RoboCup 比赛项目主要有：电脑仿真比赛 (Simulation League)、小型足球机器人赛 (Small - Size League (F - 180))、中型自主足球机器人赛 (Middle - Size League (F2000)1)、四腿机器人足球赛 (Four - Legged Robot League)、拟人机器人足球赛 (Humanoid league) 等项目。除了机器人足球比赛，RoboCup 同时还举办机器人抢险赛 (RoboCup Rescue) 和机器人初级赛 (RoboCup Junior)。机器人抢险赛是研究如何将机器人运用到实际抢险救援当中，并希望通过举办比赛能够在不同程度上推动人类实际抢险救援工作的发展，比赛项目包括电脑模拟比赛和机器人竞赛两大系列。同时，RoboCup 为了普及机器人前沿科技，激发青少年学习兴趣，在 1999 年 12 月成立了一个专门组织中小學生参加的分支赛事 RoboCup Junioro。

图 1.1 为 2008 年中国苏州 RoboCup 世界杯的现场图片。

### 3. FIRA

FIRA (Federation of International Robot - Soccer Association) 是国际机器人足球联合会的缩写，于 1997 年第二届微型机器人锦标赛 (MiroSot ' 97) 期间在韩国成立。FIRA 每年举办一次机器人足球世界杯赛 (FIRA Robot - Soccer World Cup, 简称 FIRARWC)，比赛的地点每年都不尽相同，至今已经分别在韩国 (三届)、法国、巴西、澳大利亚 (两届)、中国先后举办了八届赛事。第九届比赛于 2004 年 10 月在韩国举行，比赛项目主要包括：拟人式机器人足球赛 (HuroSot)、自主机器人足球赛 (KheperaSot)、微型机器人足球赛 (MiroSot)、超微型机器人足球赛 (NaroSot)、小型机器人足球赛 (RoboSot)、仿真机器人足球赛 (SimuroSot) 等六项。详细规则可以查阅官方网站 [www.fira.net](http://www.fira.net)。FIRA 机器人足球比赛如图 1.2 所示。

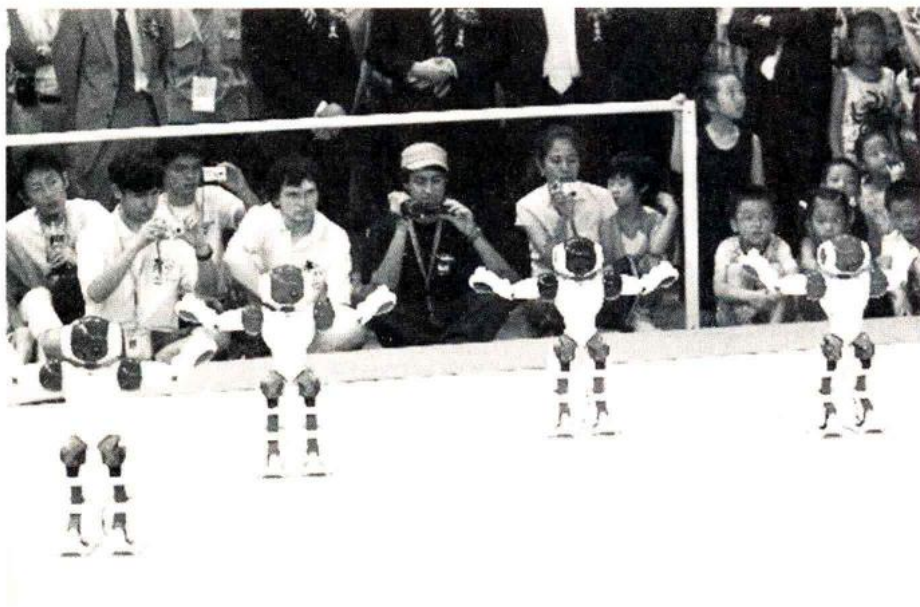


图 1.1 2008 年中国苏州 RoboCup 世界杯现场

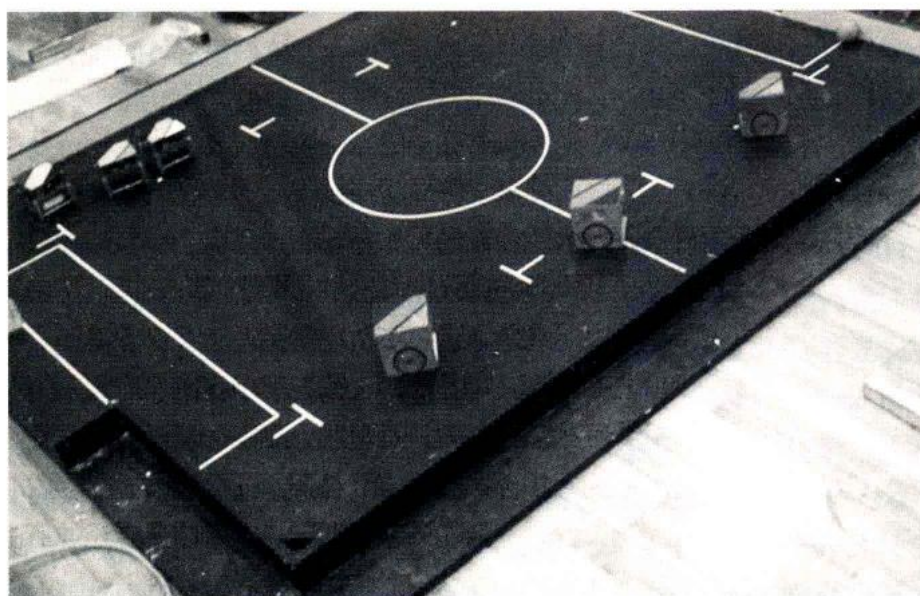


图 1.2 FIRA 机器人足球比赛

### 1.1.2 机器人灭火竞赛

机器人灭火竞赛的想法是在 1994 年由美国三一学院的 Jack Mendelsohn 教授首先提出的。比赛是在一套模拟四室一厅住房内进行，要求参赛的机器人在最短的时间内熄灭放置在任意一个房间中的蜡烛。参赛选手可以选择不同的比赛模式，例如，在比赛场地方面可以选择设置斜坡或家具障碍，在机器人的控制方面可选择声控和遥控。熄灭蜡烛所用的时间最短，选择模式的难度最大，综合扣分最少的选手为冠军。虽然比赛过程仅有短短几分甚至几秒钟的时间，用来灭火的机器人体积也不超过  $31 \text{ cm}^3$ ，但其中包含了很高的科技含量。机器人装备了数据处理芯片、行走、灭火装置以及火焰探测器、光敏探测器、声音探测器、红外探测器和超声波探测器等各种仪器，这些设备使机器人好像长了脑子、眼睛、耳朵和手脚，从而能够根据场地的不同情况，智能性地完成避障、寻火、灭火等任务。目前，机器人灭火比赛（图 1.3）已成为全球最普及的智能机器人竞赛之一。

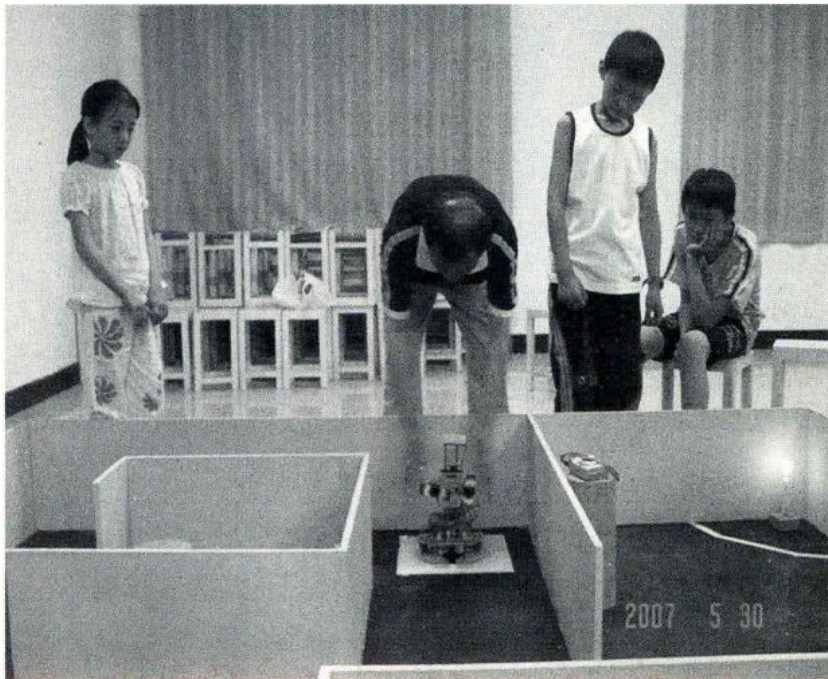


图 1.3 机器人灭火竞赛

### 1.1.3 机器人综合竞赛

无论是机器人足球比赛系列还是机器人灭火比赛系列，都是围绕着一个主题进行的机器人竞赛。在国际上，除了这些机器人单项竞赛之外，还有把各项机器人竞赛组合在一起的比赛系列，即机器人综合比赛。这些比赛主要包括国际机器人奥林匹克竞赛和 FLL 世锦赛。

#### 1. 国际机器人奥林匹克竞赛

国际机器人奥林匹克委员会（IROC）是一个非赢利性的国际机器人组织，成立于 1998 年，总部设在韩国。IROC 从 1999 年开始组织首届“国际机器人奥林匹克竞赛”（图 1.4），这是一项将科技与教育目的融为一体的亚太地区的竞赛，目的是为了让更多青少年有更多机会参加国际间的科技交流活动，展示自己的才华和能力，激发他们对科技和机器人世界的不懈探索。迄今为止，已经连续在韩国、中国香港、北京举办了六届比赛。2004 年举办的国际机器人

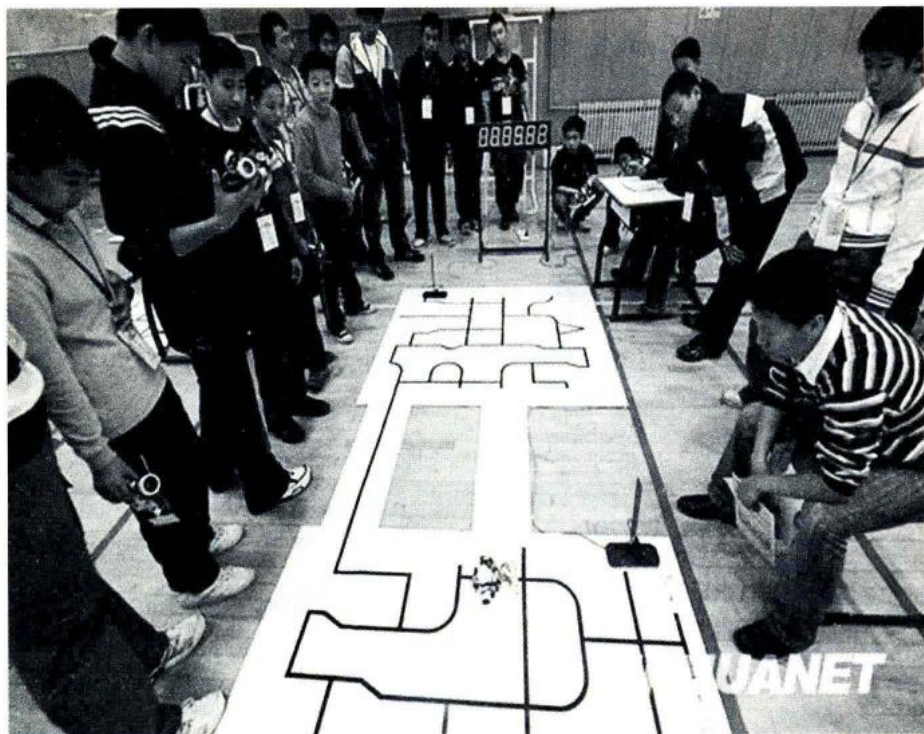


图 1.4 国际机器人奥林匹克竞赛

奥林匹克竞赛包括常规赛和创意赛两个系列。

## 2. FLL 世锦赛 (图 1.5)

FLL 是另一个综合系列的机器人竞赛。FLL (FIRST LEGO LEAGUE) 是一个为全世界 9 至 16 岁的孩子们提供机器人竞赛的国际性组织。每年秋天, 大赛组委会将统一在全球公布本年的 FLL 挑战赛主题, 以及按照主题细化的具体比赛项目, 参赛队要在任务公布后的两个月时间内设计出能够完成任务的机器人, 参加区域选拔赛, 优胜者可以进入全球决赛。2004 年 FLL 机器人工程课题挑战的主题是, 使用机器人技术来帮助能力不同的人。具体比赛项目包括: 摆放 CD、玩篮球、爬楼梯、喂宠物、开门、读巴士站牌、推椅子、送餐和取眼镜等项目, 主要目的是让孩子们体验残疾人的生活方式, 引起孩子们对他们的关注, 呼唤他们的爱心。FLL 每年的挑战主题都不同, 历届比赛主题, 有的是根据实际问题提出的, 有的是引导孩子们进行科幻想象的, 这些主题不仅有趣, 更提供开放性的问题解决方案, 学生可以用不同的方法达到同一项目目标, 从而鼓励学生充分发挥想象力、创造力, 培养学生的开发性思维, 可见机

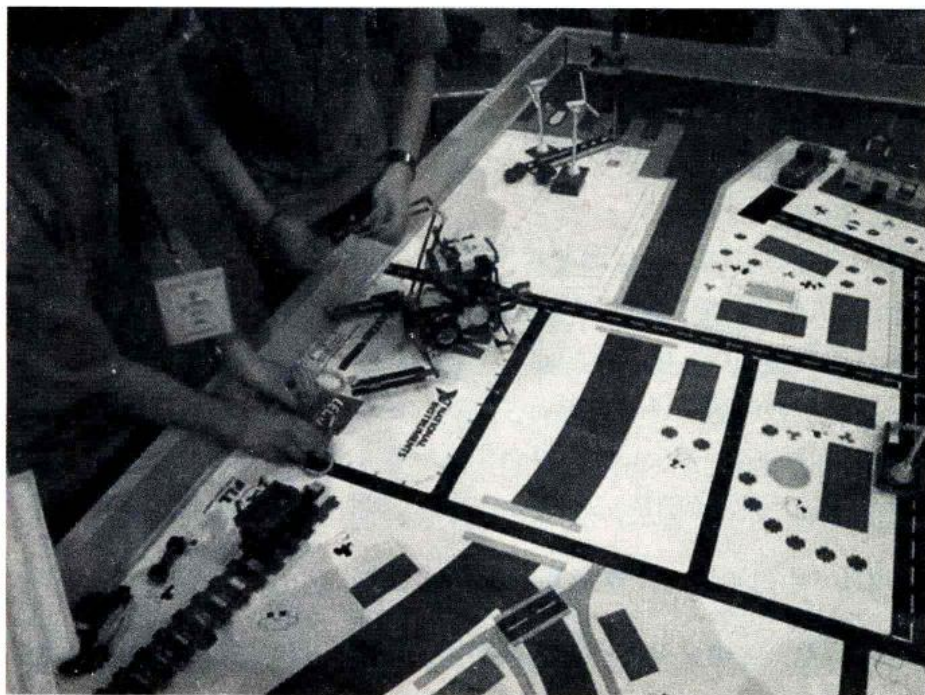


图 1.5 FLL 世锦赛



机器人竞赛已经成为一个能激发孩子们的学习兴趣，引导他们积极探索未知领域的良好平台。FLL 的比赛项目还包括常规赛、足球赛、电脑机器人创意设计与动手比赛等等。

## 1.2 国内机器人竞赛发展介绍

2001 年 6 月 26 日，中国自动化学会机器人竞赛工作委员会成立大会在清华大学隆重召开，该委员会将负责统一协调、组织全国的机器人竞赛活动，863 计划还提供了专项基金予以资助，标志着我国机器人竞赛事业进入一个崭新阶段。

中国自动化学会机器人竞赛工作委员会的宗旨是通过机器人比赛（主要包括 RoboCup 和 FIRA 两类机器人足球比赛）让更多的观众尤其是青少年朋友了解机器人、喜爱机器人，普及现代科学知识，为我国的机器人事业培养更多的优秀人才，推动自动化与机器人技术的发展与创新，为我国的快速持续发展贡献力量。

20 世纪 90 年代末我国开始引进机器人竞赛，2000 年在长沙举行了我国首届“广茂达杯”中国智能机器人灭火大赛，2001 年由中国科协青少年工作部和霍英东基金会联合举办我国第一届中国青少年电脑机器人竞赛，以后每年举办一届，规模逐年增大。

2000 年 8 月，国家科技部委托国家 863 智能机器人主题办在北京召开了《中国机器人足球战略发展研讨会》，对开展机器人足球研究的意义、我国机器人足球的发展方向、如何将机器人足球的研制与国家的机器人基础研究结合起来、它的产业化前景等方面进行了深入的探讨。

目前，我国的机器人竞赛主要有中国机器人大赛暨 RoboCup 公开赛、全国机器人足球锦标赛、CCTV - ROBOCON 和中国青少年机器人竞赛。

### 1.2.1 中国机器人大赛暨 RoboCup 公开赛

中国机器人大赛暨 RoboCup 公开赛是国内最权威、影响力最大的机器人技术大赛和学术大会，基本覆盖了中国现有顶级、全部的机器人专家和众多日本、美国、德国知名机器人学者，为当今中国乃至亚洲机器人尖端技术产业竞赛和国际顶尖人才汇集的活动之一。大赛从 1999 年第一次在重庆举行后，以