

# 水中机器人竞赛推介书

中国自动化学会机器人竞赛工作委员会  
北京大学智能控制实验室  
2013年1月

# 序

当今高校中什么科技竞赛项目最火？

——是机器人竞赛！目前，机器人竞赛在全世界范围内如火如荼，广大高校师生趋之若鹜！

机器人竞赛为什么如此火爆？

——因为机器人竞赛是提升学校声望的最快捷途径，是教师展示科研教学成果的权威平台，是学生表现个人实力和风采的最佳舞台，是媒体进行科技活动报道的前沿热点，是普通大众了解杰出科技进步的近距离窗口。

如何尽快介入机器人竞赛？

——参加我们的水中机器人竞赛！我们的比赛是中国机器人大赛的正式项目，有绝对权威性；我们的比赛观赏性高，强烈吸引眼球；我们的比赛刚刚起步，才是初级阶段，容易走到前头；我们的比赛是中国人的首创，更有望成为世界标准赛事！

水中机器人竞赛不仅仅是比赛！

——我们的比赛平台可以和教学、科研完美结合。首先，可以给大学生、研究生开设相关课程，从初级课的科学普及，到高级课的综合能力训练都完全胜任，包括计算机、电子、机械等几乎所有理工科专业的学生都可以上这个课程。其次，可以成为教师展开机器人研究的理想平台，水中机器人技术和多机器人协作技术是机器人研究中的热点和难点，可发表高质量论文和申请专利。

真诚欢迎加入我们的水中机器人竞赛！  
我们可以展开教学和科研的全方位合作！  
我们是一个欢乐融合的大家庭！

# 重要通知

2013年5月17-21日将举办首届国际水中机器人大赛。届时部分比赛项目将颁发奖金，最高可获得人民币1万元！

比赛地点位于杭州湾大桥的中心——“海天一洲”，为AAAA级国家旅游景点！



欢迎报名参赛！

欢迎参观指导！

联系人

谢广明：13693529865 xiegming@pku.edu.cn

范瑞峰：13520560357 frf.frf@163.com

网站：<http://robot.pku.edu.cn>

## 目录

第一章 绪言	4
1.1 水中机器人竞赛简介	4
1.2 水中机器人竞赛发展历程	5
1.3 水中机器人竞赛发展特色	11
第二章 现状和机遇	12
2.1 机器人正经历“PC 式发展”之路	12
2.2 多机器人协作技术	14
2.3 竞赛与教学、科研的关系	15
第三章 全局视觉组比赛	16
3.1 全局视觉组比赛水池	16
3.2 机器鱼	16
3.3 协作控制系统	17
第四章 自主视觉组比赛	19
4.1 自主视觉组比赛水池	19
4.2 自主鱼系统	19
4.3 自主规划、高度智能——未来发展趋势	20
第五章 2D 仿真组比赛	22
5.1 平台简介	22
5.2 硬件环境	22
5.3 软件环境	22
5.4 标准比赛设置	22
5.5 比赛项目简介	24
第六章 自由创意组比赛	26
6.1 项目规则:	26
6.2 评分细则:	26
第七章 水中机器人比赛意义以及前景展望	27
第八章 合作联系方式	27

# 第一章 绪言

近年来，机器人竞赛如火如荼，极大地推进了机器人技术的进步，同时让更多的普通群众尤其是青少年朋友了解和喜爱机器人，为机器人事业吸引更多的优秀人才。

## 1.1 水中机器人竞赛简介

**水中机器人大赛**由中国自动化学会机器人竞赛工作委员会和科技部高技术发展研究中心主办。

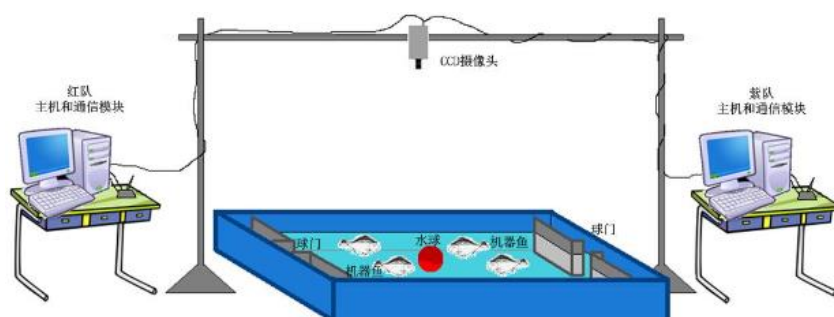
中国自动化学会机器人竞赛工作委员会于 2001 年 6 月 21 日成立。委员会的宗旨是通过组织机器人比赛和技术研讨，让更多的群众尤其是青少年朋友了解机器人，喜爱机器人，向他们普及现代科学知识，为我国的机器人事业培养更多的优秀人才。同时通过机器人比赛和技术研讨，也为推动和促进机器人与自动化技术的发展与创新，为我国的快速持续发展贡献力量。

不同于在陆地上进行的足球比赛，水中机器人比赛要在水中进行。比赛以鱼形机器人在水池之中进行竞速、追逐、和水球等形式展开。其中最精彩和激烈的是机器人水球比赛，比赛中两队机器鱼进行对抗，将水球顶入对方球门次数多者为胜。机器鱼水球比赛除了涉及到机器人足球所涉及到的各种技术之外，还将涉及到水动力分析，水中通讯、图像处理，抗干扰技术等多方面的内容，难度更大，技术更复杂。

目前水中机器人竞赛主要分为三大类：

### 1) 全局视觉组

全局视觉组采用集中控制方式，通过一台主机控制所有机器鱼进行比赛。目前的竞赛项目包括多鱼水球、竞速和追逐等，是创立最早，发展最成熟的水中机器人竞赛项目。



### 2) 自主视觉组

自主视觉组采用分布自主控制方式，每个机器鱼自带摄像头等传感器，自主感知环境，自主定位，自主决策。目前的竞赛项目包括水球和技术挑战赛等。是难度最大，技术水平最高的水中机器人竞赛项目。



### 3) 仿真组

仿真组采用基于微软公司的 Robotics Studio 平台研发设计的专门仿真平台，进行各种实体机器人比赛项目的仿真比赛。目前的竞赛项目包括多鱼水球，花样游泳等。是最新设立，最易介入的水中机器人竞赛项目。



与现有陆地比赛项目相比，水中机器人竞赛具有很多优点，机器人体积小，便于携带；场地大小适中，易于实施；技术挑战性极强，利于推动技术进步；观赏性极高，受到观众热烈欢迎。

水中机器人比赛以仿生与智能协作为特点，不仅是科学技术进步的推动力量，为科学技术普及工作也起了很大的作用。

## 1.2 水中机器人竞赛发展历程

### 1) 2006 年提出概念

2006 年机器人竞赛工作委员会决定建立水中机器人比赛项目。其目的是为促进水中机器人竞赛项目在中国的发展，提高国内水中机器人竞赛水平，鼓励原始创新性研究，获得自主知识产权，引领机器人技术的发展。该项赛事委托机器人竞赛工作委员会副主任、北京大学智能控制实验室谢广明教授负责制定、策划及实施。

### 2) 2007 年中国机器人大赛进行了首次比赛

首次创立的水中机器人竞赛主要包括 2 对 2 水球比赛，3 对 3 水球比赛和技术挑战赛

三个大项。首届比赛一共有 10 支队伍报名，实际参加比赛的有 8 支队伍，分别来自 6 个高校和科研院所，具体为：北京大学、北京航空航天大学、北京交通大学、中科院自动化所、天津大学、广西工学院等。



### 3) 2008 年 RoboCup 机器人世界杯首次向全世界展示

2008 年 RoboCup 机器人世界杯大赛于 2008 年 7 月 14-20 日首次在中国苏州举行。作为中国人首次提出的水中机器人竞赛项目被列为大赛的表演赛项目。中国中央电视台的新闻联播节目对水球比赛进行了采访报道。



### 4) 2008 年首届机器人水球冠军赛在北京举行

2008 年首届机器人水球冠军赛于 2008 年 10 月在北京石油化工学院举行。这是首次举行的水中机器人专项比赛。



### 5) 2008 年中国机器人大赛规模扩大一倍

2008 年中国机器人大赛于 2008 年 12 月 5-7 日在广东中山举行。这也是第二届机器人水球比赛。除了第一届开展的全局视觉比赛项目以外，还将增加自主机器鱼比赛等项目。有 10 多个队伍报名参赛。中央电视台对比赛进行了现场直播。



### 6) 2009 年中国机器人水球冠军赛暨第二届水中机器人技术研讨会在太原举行

2009 中国机器人水球冠军赛(太原站)暨第二届水中机器人技术研讨会 5 月 28 日-30 日在太原理工大学举行。包括北京大学、北京交通大学、北京石油化工学院、华北电力大学、华东交通大学、天津大学、山东大学、青岛大学、广西工学院和太原理工大学的十所高校 12 支队伍进行了激烈角逐。中国自动化学会机器人竞赛委员会主任、清华大学博导孙增圻教授专程到会指导。技术研讨会评选出来的 12 篇优秀论文，作者逐一宣读并接受专家的提问。最后以专刊的形式发表于《机器人技术与应用》。





### 7) 2009 年中国机器人大赛机器人水球比赛在长沙举行

2009 年中国机器人大赛分赛区举行，机器人水球比赛作为第一个举办的分赛区赛事，于 12 月 5-6 日在湖南长沙举行。比赛设立 6 个项目，有近 20 所高校报名参赛，规模空前。



### 8) 2010 年中国水中机器人大赛暨第三届水中机器人技术研讨会在济南举行

2010 年，“中国机器人水球冠军赛”将正式更名为“中国水中机器人大赛”。比赛项目包括：全局视觉 1v1，全局视觉 2v2，全局视觉 3v3，全局视觉技术挑战，12 米竞速，障碍竞速，场地追逐，仿真 2D 1v1，仿真 2D 3v3，仿真 2D 技术挑战赛等 10 个项目。



比赛于 5 月 14-16 日在山东济南举行。同期举行第三届水中机器人技术研讨会，评选优秀本科生论文和优秀研究生论文，所有论文以专刊的形式在《兵工自动化》正式发表。

### 9) 2010 年中国机器人大赛在鄂尔多斯举行

2010年7月18-20日，中国机器人大赛于内蒙古鄂尔多斯举行。作为其中重要的比赛类型，我们进行了全部三大类14个项目的角逐，参赛队伍达到近百支。



#### 10) 2011年中国水中机器人大赛在成都举行

2011年5月20日—22日，“中国水中机器人大赛暨首届水中机器人国际邀请赛”在西南民族大学举办，来自荷兰、韩国以及国内的25所院校128支队伍参加了此次大赛。



#### 11) 2011年中国机器人大赛在甘肃兰州举行

2011年8月23-25日，中国机器人大赛于甘肃兰州举行。本届比赛盛况空前，参赛队伍远超往届，吸引了来自北京大学、清华大学、上海交通大学、中国科技大学、浙江大学等160多所大学，1300多支参赛队伍参加比赛。大赛受到科技部、教育部、中科院、工程院、中国自动化学会、国家863机器人专家组和863先进制造与自动化技术组等单位的重视和支持。



### 11) 2012 年中国水中机器人大赛在南京大学金陵学院举行

2012 年 5 月 19-20 日，中国水中机器人大赛-首届国际水中机器人公开赛暨第五届水中机器人大赛在南京大学金陵学院举行，大赛成为南京大学 110 周年校庆的重要活动之一。美国西点军校首次参赛，比赛学校近 30 所。大赛首次设立了自由创意组，来自荷兰的格罗宁根大学一举夺魁！西北工业大学首次参加仿真组比赛，获得多项冠军！



### 12) 2012 年中国机器人大赛（南京站）在南京工业大学举行

2012 年 11 月 16-18 日，中国机器人大赛（南京站）在南京工业大学举行，有 30 多所高校参与，其中十多所学校是首次参赛，并获得冠亚季军以及一等奖等的出色成绩。



### 1.3 水中机器人竞赛发展特色

水中机器人竞赛发展如此迅速，且势头良好，是因为发展过程中始终坚持了一下几个原则：

- 我们会根据参赛学校的具体情况制定最佳介入方案，让你能够花最少的财力和精力很快进入角色；
- 我们强调技术交流，始终把推动技术发展放在首位；
- 我们都是比赛的主人，欢迎一起开发比赛平台，改进比赛项目；
- 我们会同时把其他层面的合作展开，比如共同发展教学和科研，让比赛平台的效益最大化。

目前，国内已有江苏省和江西省把水中机器人竞赛列入由省教育厅主办的省内机器人大赛之中，接近 50 多家高校参与到比赛中来。

此外，多个国家和地区的高校对水中机器人竞赛表示出浓厚兴趣，2013 年我们预计把比赛正式升级为国际赛事，吸引更多的国际学校参与！

我们正在积极运作，力争尽快把水中机器人竞赛发展为国际机器人标准比赛，使之成为首个由中国人自主创办的国际机器人赛事！

## 第二章 现状和机遇

“当你坐在办公室中喝咖啡时，就可以通过桌前的个人电脑监控家中的一切：让你的管家机器人帮你熨洗衣服，清扫地板，为小宠物喂食，巡视花园；你还可以通过 PC 机与你的管家机器人随时进行联系，指导他为你准备一顿丰盛的意大利晚餐；通过遥控专门负责陪护的机器人来照顾年迈的母亲，帮助她按时服药……”这就是比尔·盖茨在 2007 年 2 月出版的《环球科学》（《科学美国人》中文版）杂志上为我们描述的一幅未来场景。这位个人电脑革命的领军人物在创建微软公司 30 年后再次向世界预言：机器人时代正朝我们走来，不远的将来，家家都会拥有一个机器人。

### 2.1 机器人正经历“PC 式发展”之路

30 年前，比尔·盖茨毅然弃学，创立微软，成为个人电脑普及革命的领军人物；30 年后的今天，他预言，机器人即将重复个人电脑崛起的道路。点燃机器人普及的“导火索”，这场革命必将与个人电脑一样，彻底改变这个时代的生活方式。

我们现在正站在时代的节点上：一个崭新的产业即将崛起。若干开创性的新技术为这个产业的崛起奠定了基础；几家口碑颇佳的企业提供了极为专业的商品；一大批新公司迅速壮大，致力于制造新式玩具、为发烧友提供配件，还出售其他各种有趣的利基产品。然而，它也是一个高度分散、各自为政的行业，几乎没有统一的标准或平台。这个行业的开发项目复杂、进展缓慢，可投入实际应用成果寥若晨星。人们可以用上面这段话来描述 20 世纪 70 年代中期的计算机行业，那时我和保罗·艾伦才刚刚创建微软公司。那个年代的大型计算机体型臃肿、造价高昂，通常是在大型公司、政府部门和其他各种机构中用于后台操作，支持日常运转。

目前机器人行业的发展与 30 年前的电脑行业极为相似。今天在汽车装配线上忙碌的一线机器人，正是当年大型计算机的翻版。而机器人行业的利基产品也同样种类繁多，比如协助医生进行外科手术的机械臂、在伊拉克和阿富汗战场上负责排除路边炸弹的侦察机器人、以及负责清扫地板的家用机器人，还有不少参照人、狗、恐龙的样子制造机器人玩具。

机器人行业现今面临的挑战，也和 30 年前电脑行业遇到的问题如出一辙：机器人制造公司没有统一的操作系统软件，流行的应用程序很难在五花八门的装置上运行。机器人硬件的标准化工作也未开始，在一台机器人上使用的编程代码，

几乎不可能在另一台机器上发挥作用。如果想开发新的机器人，通常得从零开始。

虽然困难重重，但我跟涉足机器人技术的大学研究人员、实业家、发烧友，乃至高中生都谈到过这方面的话题，他们那种知难而进的激情和对未来的期许，令我不由回想起自己的经历。当年我和保罗·艾伦一边看着各种新技术相互融合，一边梦想着将来有一天，家家户户的书桌上都摆着电脑。现在，我看着多种技术发展的趋势开始汇为一股推动机器人技术前进的洪流，我完全能够想象，机器人将成为我们日常生活的一部分。

制造机器人的梦想已经延续了几千年，形形色色的机器人在科幻故事里大行其道，不过现在的机器人连门和敞开的窗都很难区分开。

“机器人”(Robot)这个术语是 1921 年捷克剧作家卡雷尔·恰佩克(Carel Capek, 1890 年-1938 年)首创的，很快就流行开来。不过，打造人形机器人的梦想，却已延续了数千年之久。早在古希腊古罗马的神话中，冶炼之神便开始用黄金打造机械仆人。公元 1 世纪，亚历山大的赫伦(Heron, 传说这位杰出的工程师发明了第一台蒸汽机)设计出一些令人叹服的自动机器，据说其中一台还能说话。另一位科技奇才达·芬奇 1495 年的草稿中夹着一张制作机械骑士的草图，这位机器人骑士能坐能站，手脚还能活动。人们认为这应该是第一份人形机器人的设计图。一个世纪以来，众多风靡一时的科幻作品——比如艾萨克·阿西莫夫的小说《我，机器人》(I, robot, 又名《机械公敌》)、电影《星球大战》以及电视剧《星际迷航》等陆续登场，使机器人成了大众文化中司空见惯的角色。机器人在科幻世界中如此大行其道，表明公众也认同，有朝一日机器人将会融入我们的日常生活，但想要达到科幻作品中的水平，还有很长的路要走。

要想让电脑和机器人感知周围的情况，并作出迅速准确的反应，难度之大远远超乎人们的预期，这成了科幻与现实之间存在巨大差异的原因之一。不过，研究人员已经逐渐摸索出解决办法。拥有超强处理能力的电脑日益普及，将为研究者排忧解难。

20 世纪 70 年代，一兆赫处理能力的成本超过 7,000 美元，今天却只值几美分；一兆比特的存储容量，也经历了类似的价格暴跌。有了如此廉价的计算和存储能力，科学家就能动用大量电脑资源，踢走那些阻碍机器人进入现实世界的绊脚石。

开发机器人的另一个障碍是硬件设备的成本过高，例如传感器、电机和伺服装置等都价值不菲，但目前这些器件的售价也在迅速下降。现在，机器人设计师无须花费太多，就能为机器人配备各种功能强大的传感器。在电脑处理能力和存储容量突飞猛进的基础上，这些新加入的传感器件将使机器人如虎添翼。今天的机器人已经可以承担某些具有相当难度的工作，例如打扫房间、协助排除路边炸

弹等，而在仅仅几年以前，市面上出售的机器人根本不可能完成这些任务。

机器人将成为由 PC 控制的外接设备。它们的样子也许会离我们的科幻故事越来越远，但样子并不重要，重要的是，它带给我们的改变丝毫不逊于 PC 过去 30 年来的影响。

机器人融入我们日常生活的步伐有多快？据国际机器人联盟调查，2004 年，全球个人机器人约有 200 万台，到 2008 年，还将有 700 万台机器人投入运行。按照韩国信息通信部的计划，到 2013 年，韩国每个家庭都能拥有一台机器人；而日本机器人协会预测，到 2025 年，全球机器人产业的“蛋糕”将达到每年 500 亿美元的规模(现在仅有 50 亿美元)。与 20 世纪 70 年代 PC 行业的情况相仿，我们不可能准确预测出究竟哪些用途将推动这个新兴行业进入临界状态。不过看起来，机器人很可能在护理和陪伴老年人的工作上大展宏图，或许还可以帮助残疾人四处走走，并增强士兵、建筑工人和医护人员的体力与耐力。

未来绝大多数机器人的外貌肯定将与 C-3PO(《星球大战》中那个多愁善感的人形机器人)迥然不同。实际上，随着移动式外设的日益普及，我们可能越来越说不清到底什么才是机器人。这些机器人的功能高度专业化，深入千家万户，但外貌却跟科幻作品中那些两足拟人机器大相径庭，说不定我们不会再把它们叫做机器人。不过，名字并不重要，重要的是，随着这些装置的价格逐渐降低，达到普通消费者能够承受的水平，它们极有可能使人类社会生活的方方面面——包括工作、交流、学习及娱乐等，影响之深远丝毫不逊于过去 30 年间个人电脑给我们带来的改变。

## 2.2 多机器人协作技术

**多机器人协作技术是当今机器人领域的一个热点问题。**在机器人技术领域，当单个机器人难以独立完成任务时，为了弥补个体能力的不足，人们通常采用多个机器人相互合作来共同完成某项复杂任务。多机器人展现出协调的行为可以极大地提高整个系统的效用。相对于单机器人系统，一个相互协调的多机器人系统具有诸多的优越性：先多机器人系统在空间、资源、功能上的分布性，使之具有更高的工作效率和更广阔的任务领域；其次，多机器人系统较高的冗余性使之具有更强的容错能力和更高的鲁棒性；另外相比起设计一个功能强大的独立机器人，建造和应用若干个结构功能简单的机器人更加经济、容易、灵活，并且可以大大地降低成本。正是由于多机器人系统的诸多优点，多机器人系统的协作控制问题也日益引起人们的重视，针对各种多机器人协作系统的研究也成为近几年来机器人研究领域的热点，各国的研究者都对多机器人协调控制中的协调和集中、

负载分配、运动规划等问题进行了大量的研究。

但是目前已取得的多机器人协作成果还主要集中在陆地及空天机器人领域，对于水中多机器人协作的研究，国内外成果寥寥。其中的主要原因在于，水中环境的复杂性和不确定性给系统带来大量的干扰，这些干扰很大程度上降低了控制的效率和准确度。另外，水中环境同时对单体机器人有着较高的要求，要求机器人本体具有较高的抗压、抗干扰能力和更加准确、鲁棒的感知系统。

实际上，随着人类对海洋资源的探索，水中操作任务越来越多，很多水中操作的任务本身就具有较高的复杂性，需要有多个机器人来协作完成。多水中机器人协作系统的研究已经成为一个迫切的任务。

## 2.3 竞赛与教学、科研的关系

机器人竞赛对相关学科的教学有重大促进作用。围绕机器人竞赛，可以展开多种层次的教学活动。首先，可以有科普性质的导论课程，其次，可以有针对某些专项的专业课程，比如人工智能，模式识别，智能控制等等，还可以有综合性的实验训练课程。

相关教学活动对竞赛有促进作用。通过课程的学习，可以解决部分竞赛中的问题，可以选拔优秀的学生参加比赛。

机器人作为一项具有强烈实际应用背景的科研项目，特别适合通过竞赛的方式促进技术的进步。这也正是为什么现在有很多类型的机器人竞赛。

机器人竞赛为展示科研实力提供了一个舞台，同时也促进了最新技术的碰撞与交流，可以极大的促进技术的改进和提高。同时，竞赛也为技术发展提出了问题和挑战，为科研提供了方向和动力。当前，国内外很多著名高校，都积极参与机器人竞赛，把在竞赛中获得成绩视为学校的荣耀。

处理适当，则竞赛、教学与科研三者可以相互促进，互利互惠。



### 第三章 全局视觉组比赛

全局视觉比赛是最早开始的水中机器人竞赛项目，模拟 Fira 和 RoboCup 小型组的陆地机器人足球比赛。

#### 3.1 全局视觉组比赛水池

比赛场地为长方形水池或圆角长方形可充气游泳池，包括两台比赛电脑、一个支架、一个摄像头，两套球门、两个无线通信模块。水深为 250-300mm。池底及池壁颜色均为湖蓝色。具体场地示意如图 3-1 所示。

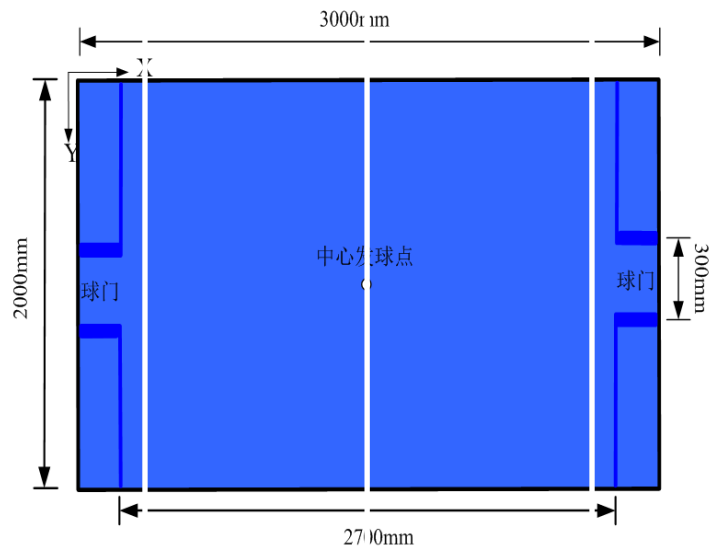


图 3-1 比赛场地示意图

#### 3.2 机器鱼

比赛使用的机器鱼为北京大学智能控制实验室研制的小型多模态仿生机器鱼，如图 3-2 所示。

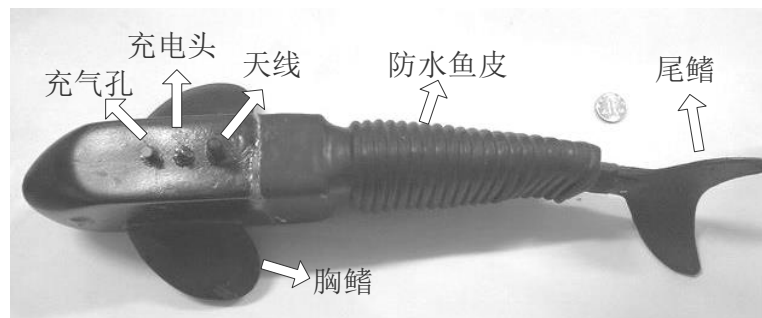


图 3-2 小型多模态仿生机器鱼

小型多模态仿生机器鱼主要用于实现多仿生机器鱼协作控制，其优点在于成本低、体积小化并具有良好的同构性、灵活性、稳定性和精确性。在实验室或比赛环境下，可以采用全局视觉来获取机器鱼的位姿信息，方便地控制多机器鱼的协作。

其性能以及参数（沿游动方向定义为长度，摆动方向为厚度，两者垂直方向定义为高度）满足：

头部长度：15-18cm，头部高度：6-9cm，头部厚度：3-5cm。

尾部长度（不包括尾鳍）：16-19cm，尾部高度厚度不得超过头部。

鳍长度：沿鱼长度方向 5-8cm，鱼高度方向 9-12cm。

胸鳍尾鳍材料：用较硬塑料制作，不得用金属材料，以免在比赛中将鱼刮坏。

尾部材料：尾部统一使用橡胶皮套。

### 3.3 协作控制系统

为了让机器鱼进行水球比赛，必须建立一个协作控制系统，使机器鱼能够通过协作而高效率高质量地完成指定的任务，按照一定的协作框架设定任务的协调协作策略。对于一个多仿生机器鱼的协作控制系统来说，它应该满足以下技术要求：

（1）通用性强。鉴于多仿生机器鱼协作系统的开发很大程度上是为多水中机器人协作领域的理论研究提供一个平台和基础，因此它必须适应各种算法和典型任务，而不应该专门针对某一种算法和协作任务而设计的。

（2）可扩展性好。基于该系统，用户能很方便扩展其中的协作任务和算法。

（3）友好的图形用户界面。友好的图形用户界面提供了可视化的编程及实验参数设置环境，使实验人员可以方便的构建不同的实验环境来检验协作算法的有效性。

（4）模块化的软件设计。模块化的软件设计方案使得系统开发人员更方便维护和改良，而把协作算法及环境信息存取模块化可以让用户在不清楚底层程序的情况下也能方便地扩充并检验自己的协作算法。

（5）实时图像处理实时控制。由于我们的目标不是建立一个仿真的协作系统，而是在真实的水环境中研究多机器鱼协作的系统，因此该系统必须满足实时图像处理实时控制的要求。这样就需要对图像识别算法进行极其深入的优化。

（6）具有良好的实验结果记录及回放功能。通过数据库记录重要的实验数据一方面可以用于离线的算法分析，另一方面，可以结合智能学习算法进行在线学习，进行实时参数优化和更新。此外，为了得到更直观的实验结果和发表科学论文方便，系统还应该具有对实验过程进行实时录像的功能。

目前比赛所采用的协作控制平台为北京大学智能控制实验室研发的一套示教性强，灵活实用的多机器人协作系统——多仿生机器鱼协作系统，其为研究多水中机器人的协作协调问题提供一个通用的平台，平台不仅仅能够满足水球比赛，而且还能够满足多机器人协作控制的科研要求。

机器鱼协作控制平台用户界面如图 3-3 所示。



图 3-3 多机器人协作控制平台界面  
系统软件体如图 3-4 所示：

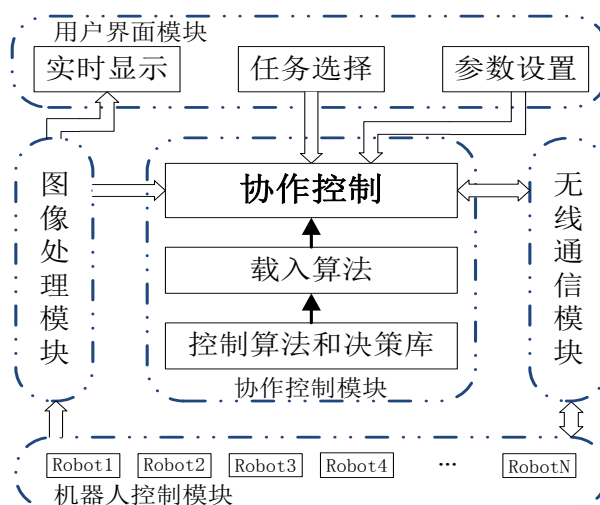


图 3-4 软件体系结构  
比赛学校可以很容易地在其基础上进行二次开发。

## 第四章 自主视觉组比赛

### 4.1 自主视觉组比赛水池

自主鱼比赛水池内部的矩形区域为最终的有效比赛场地，不包括水池壁及球门两侧区域，有效比赛场地尺寸为 2700mm × 2000mm × 300mm（长×宽×高），和全局视觉机器鱼所用尺寸一样，但需要一些颜色带作为标志物，如图 1-1 所示。左右禁区大小各为 1/4 有效比赛场地，球门宽度为 400mm。除了有效比赛场地和球门区域外，机器人禁止进入其它任何区域。比赛场地由组委会统一提供。

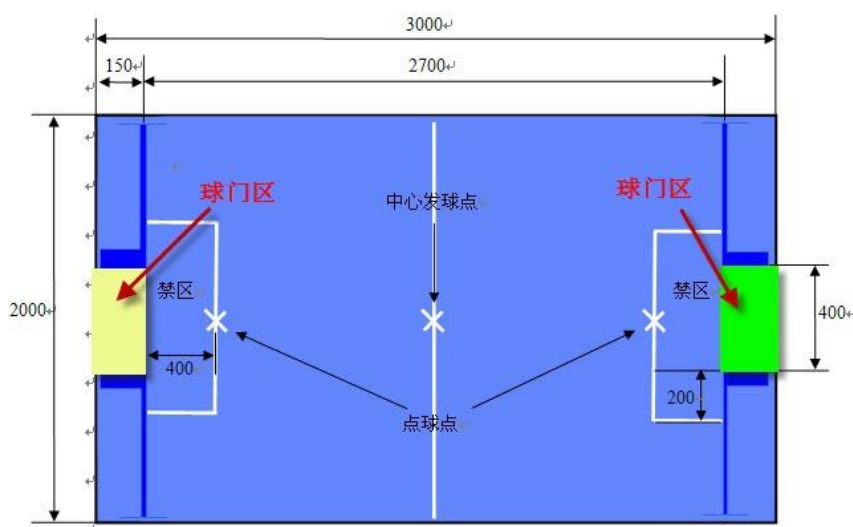


图 4-1 比赛场地示意图

### 4.2 自主鱼系统

自主机器人游动方向定义为长度，摆动方向定义为厚度，两者垂直方向定义为高。其性能及参数如下：

鱼体长度：210-250mm，鱼体高度：80-100mm，鱼体厚度：60-80mm，尾鳍长度：80-110mm，尾鳍高度：150-170mm。

胸鳍尾鳍材料：采用实木或较硬塑料材料，不得用金属材料，以免在比赛中刮坏鱼体顶部颜色分别为队伍颜色：红色或黄色，胸鳍尾鳍颜色为灰色。每条自主机器人重量不得超过 3kg；在不受挤压的情况下，自主机器人必须能够放进一个底面半径为 110mm，高为 450mm 的圆筒里面。

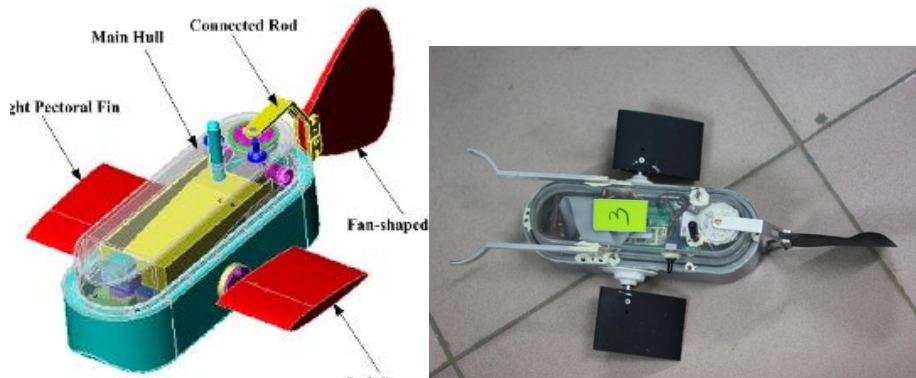


图 4-2 自主视觉机器鱼

### 4.3 自主规划、高度智能——未来发展趋势

自主视觉自主鱼（以下简称自主鱼）以水生动物中的盒子鱼（boxfish）作为仿生对象，我们从机器人学的角度出发，开展水下智能仿生机器人的推进机理、机构设计、运动控制及系统集成等研究。通过对鱼类这种生物推进系统中的控制和信息处理过程研究，设计制造出具有水下三维运动能力、运动灵活、推进效率较高并具有某些生物感知能力和行为特征的水下仿生机器人。

自主鱼机械上可分为主体模块、一对胸鳍和一个摆动水翼，可实现机器鱼的多种形态和游动模式。通过控制尾翼摆动的不同位置可使机器鱼完成前进、左右转弯等运动，并且可以通过控制鱼体两侧的胸鳍，来实现机器鱼的上升下潜、左右转弯甚至前进和倒退。自主鱼的研制不仅具有观赏性，还有很高的研究价值。

自主鱼主体采用密封舱体的形式；推进机构选择 BCF 和 MPF 相结合的方式，包括一个摆动尾鳍和一对左右胸鳍；采用扇形橡胶材质的尾鳍作为推进机构之一，相比月牙形的尾鳍，可大大提高推进的效率。依靠位于鱼头上方的可旋转式 CMOS 摄像头对环境数据进行采集。通过对胸鳍和尾鳍的协调控制，实现前后推进、转弯、上升下潜、刹车等功能。

这款自主鱼在功能设计上可以实现自主定位、自主导航、自主通讯、自主决策，并且易于功能扩展和二次开发的自主游动机器鱼。通过建立开放的 Linux 操作系统平台，便于后续功能模块的添加，满足更高层次的控制要求。自主鱼自身带有陀螺仪、加速度计和电子罗盘等传感器，可实时计算得知自己目前的三维朝向和位姿信息。智能传感器的加入，大大提高了机器鱼对周围环境的自主感知能力。自主鱼带有 linux 操作系统，非常便于任务管理、功能扩展及二次开发，并大大提高了系统的稳定性。另外，自主鱼系统才有通信稳定可靠的 WiFi 进行通信，可把自主鱼在水中拍摄到的景象通过 WiFi 实时的传送到远程监控平台，极大地拓展其应用场景，同时使得多条机器鱼之间的通信更加方便，有利于多鱼协作任务的完成。

在不远的将来，水下自主机器人将协助人类完成军事侦察、海底资源探测、打捞救助等艰巨的任务，成为未来机器鱼领域的发展趋势。

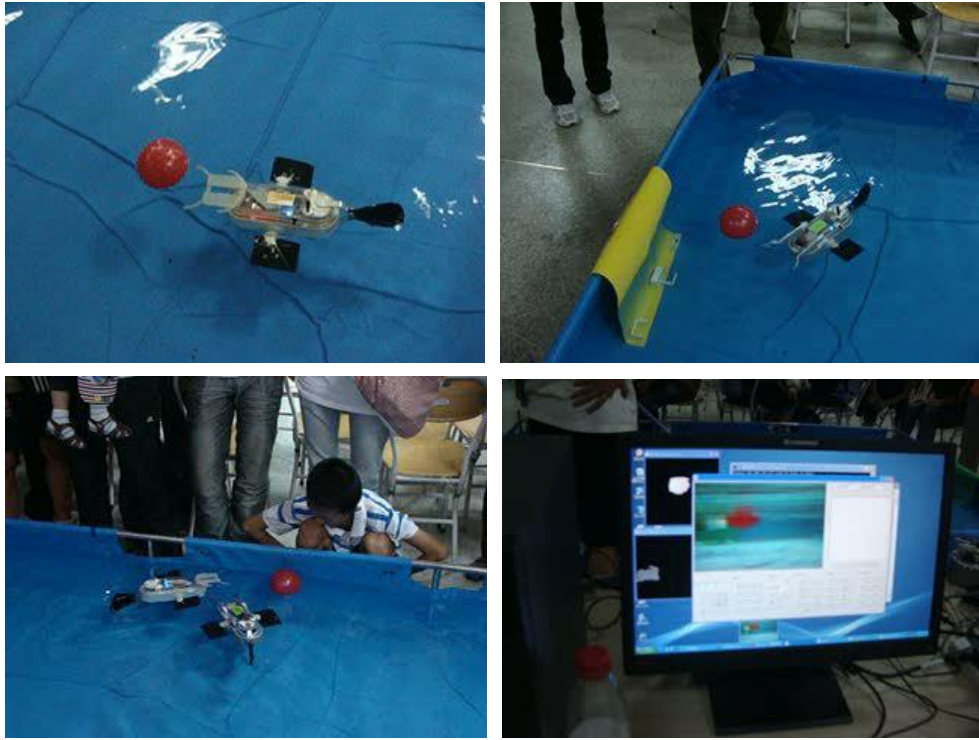


图 4-3 自主鱼机器鱼比赛

## 第五章 2D 仿真组比赛

### 5.1 平台简介

类似于陆地机器人的仿真比赛，我们开发了水中机器人水球比赛仿真器 2D 版（Underwater Robot Water Polo Game Simulator 2D Edition, URWPGSim2D）。仿真器包括服务端（URWPGSim2DServer）和客户端（URWPGSim2DClient）。服务端模拟水中比赛环境，控制和呈现比赛过程及结果，向客户端发送实时比赛环境和过程信息；半分布式客户端模拟比赛队伍，加载比赛策略，完成计算决策过程，向服务端发送决策结果。

### 5.2 硬件环境

比赛平台适合运行于 PC 机或工作站，其硬件配置要求如下表。

核心配件	最低配置	推荐配置
CPU	Intel P4 2.0GHz 或同档次 AMD CPU	Intel E7300 2.66GHz 或以上
内存	256MB	2GB 或以上
显卡	支持 DirectX 9.0, Pixel Shader 3.0, 显存 128M 或以上	
硬盘	10GB	80GB 或以上

### 5.3 软件环境

操作系统：Windows XP Professional SP3, Windows Vista 或 Windows 7。

.Net 框架：.Net Framework 3.5 with SP1。

MRDS：Microsoft Robotics Developer Studio 2008 R3。

附件：Microsoft XNA Framework Redistributable 3.1, Microsoft Excel 2003 Com Library。

### 5.4 标准比赛设置

#### 1) 仿真场地

仿真场地的 2D 模型定义, 结构和尺寸与实体水池基本一致。如图 5-1 所示, 未名湖水面图片区域为仿真场地, 左右半场各由两个球门块围成球门, 左右禁区内有左右点球点, 场地几何中心为开球点, 上下左右四个 1/4 场的几何中心为 4

个争球点，两条虚线为进攻（防守）线。

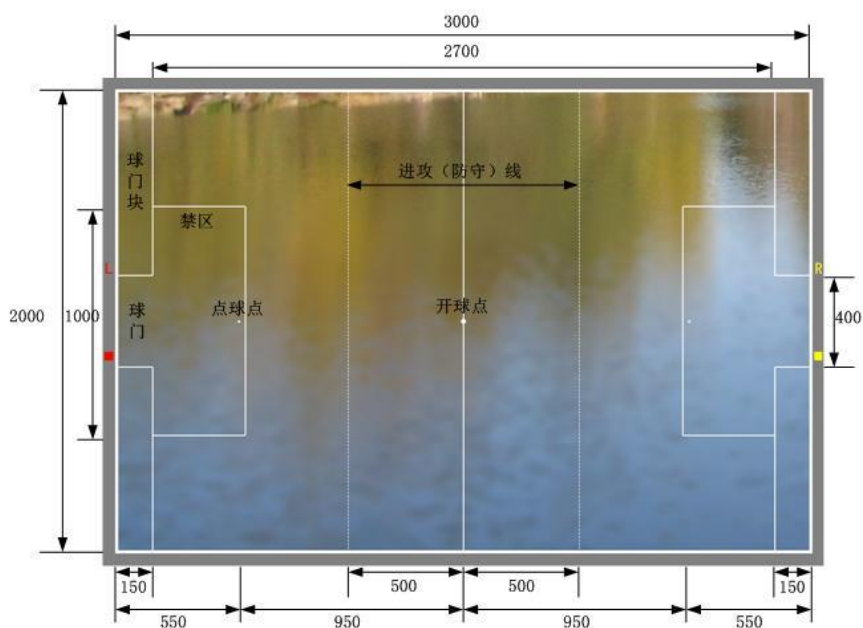


图 5-1 仿真场地示意图

## 2) 仿真机器鱼

仿真机器鱼的 2D 模型定义，结构和尺寸与实体机器鱼基本一致。

1. 结构：一个弧形鱼头；一个矩形鱼体；三个首尾相接底边长递减的等腰梯形鱼尾；一个月牙形尾鳍；两个扇形胸鳍。
2. 尺寸：鱼头弧形半径为 30mm；鱼体矩形长×宽为 150mm×44mm；鱼尾三个关节的直线长度分别为 70mm，54mm，54mm，三个关节的上边宽度为 18.59mm，12.49mm，6.246mm；尾鳍上边宽度为 4.858mm，下边宽度（尾部两极点的距离）为 105mm，尾鳍的长度（尾鳍起始边的中点到尾鳍两顶点连线的中点的距离）为 64.8mm；胸鳍的直线边的长度为 75mm，弧形的最大宽度约为 45mm，弧形的最大长度约为 50mm。
3. 颜色：鱼体颜色默认为红色，同一支队伍仿真机器鱼颜色相同；鱼身编号颜色默认为黑色；对抗项目中，另一方队伍鱼体颜色默认为黄色。



图 5-2 仿真机器鱼示意图

## 3) 仿真水球

仿真水球的 2D 模型为一个圆形，半径为 58mm。



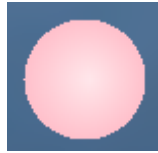


图 5-3 仿真水球示意图

#### 4) 仿真机器鱼队伍

每场比赛，参与的仿真机器鱼队伍数量和每支队伍的仿真机器鱼数量均在具体的比赛项目规则中定义。

#### 5) 仿真比赛计时

所有 2D 仿真比赛项目采用倒计时制，比赛项目总时间可选择 10 分钟、5 分钟和 3 分钟，由具体比赛项目规定。

#### 6) 仿真比赛计分

比赛平台服务端计分牌，显示参与当前比赛项目的各支队伍实时得分值，递增单位为 1 分。比赛结束时计分牌的显示作为各参赛队伍的得分值。

### 5.5 比赛项目简介

2D 仿真组比赛项目包括 2D 仿真水球 5VS5、2D 仿真抢球大作战、2D 仿真水球斯诺克、2D 仿真带球接力、2D 仿真协作过孔、2D 仿真花样游泳 6 个正式比赛项目。



图 5-4 仿真花样游泳比赛示意图



图 5-5 仿真水球 3VS3 比赛示意图



图 5-6 仿真抢球大作战比赛示意图

## 第六章 自由创意组比赛

### 6.1 项目规则：

参赛队伍可以以现有标准平台下的水中机器人为基础进行硬件上的开发和改进，以展示在机器人研发方面的创意，也可以展示自主研发的水中机器人。机器人可以下水，也可以不下水仅作展示，但是机器人的设计必须保证其具有下水的功能。参赛队伍需要填写报名表格来简要描述参赛作品的相关信息，以方便裁判进行评分。

表 6-1 自由创意组评分表

(作品名称)					
参赛单位		队伍名称			
作品简介					
科学性及其意义					
创新性及其意义					
先进性及其意义					
实用性及其意义					
作品其他独特之处（包括关键技术和主要技术指标）					
总得分 (此栏由评委填写)	科学性 (20分)	创新性 (20分)	先进性 (20分)	实用性 (20分)	其他独特点 (20分)
	意见及 建议				

### 6.2 评分细则：

1. 满分为 100 分，分五项进行评分，每项 20 分。
2. 由每支参赛队伍出一名裁判组成裁判团进行评分，在各位裁判给分的总得分中去掉一个最高分和一个最低分，剩下的给分取平均值作为最终得分。

## 第七章 水中机器人比赛意义以及前景展望

水中机器人比赛涉及非常广泛的领域，包括机械电子学、机器人学、传感器信息融合、智能控制、通讯、计算机视觉、计算机图形学、人工智能等等。更有意义的是，水中机器人比赛能够使得研究和教育相结合。比赛与学术研究的巧妙结合更能激发了青年学生的强烈兴趣，通过比赛培养了青年学生严谨的科学研究态度和良好的技能。

开展水中机器人比赛，能够将多机器人协作技术的最新研究成果与实践结合起来，借助水中机器人比赛，对机器人协作技术的前沿研究成果进行检验，探索多个机器人在不可预测的动态环境中如何密切配合、协同作战，以使机器人协作技术更加成熟，加速机器人协作技术的商品化、产业化进程。

通过比赛还可以反映一个国家信息技术和自动化技术的综合实力，同时，多水中机器人协作在众多工程领域有广泛的应用前景，例如：多水中仿生机器鱼协作控制的研究有着广泛的军事应用前景，可以在水中资源探测，海上侦查搜救、海上多传感器采样网络，及其它军事任务等发面发挥重要作用。

20 世纪人类发明了机器人，初步实现了对机器人的利用，21 世纪人类将与机器人并存，机器人竞赛是研究未来社会的理想模式。

水中机器人比赛既是高科技的竞争，又具有体育竞技的观赏性和娱乐性。因此，必将吸引大批的“球迷”，目前，已经越来越多的学校报名参加水中机器人比赛，我们有理由相信，在各个高校的努力下，水中机器人比赛能够在国内外推广而成为标准的机器人竞赛赛事。

## 第八章 合作联系方式

北京大学智能控制实验室拥有强大、先进的机器人硬件技术以及专业的多机器人协作控制平台，丰富的人力技术资源，是国内水中机器人研究领域的领先者。欢迎各个高校与我们真诚合作、共同发展，我们愿意为广大的高校提供包括机器鱼，摄相头，采集卡，水池，球门以及协作平台在内的全套设备和服务。

● 联系人：谢广明电话：010-62754083

手机：13693529865

E-mail: [xiegming@pku.edu.cn](mailto:xiegming@pku.edu.cn)

● 联系人：范瑞峰电话：010-62754083

手机：13520560357

E-mail: [frf.frf@163.com](mailto:frf.frf@163.com)