



全国优秀校本课程出版工程
江苏省校本课程精品系列
编委会主任：丁晓昌 杨九俊

★ 名校名师强烈推荐 ★
— 中学生科普拓展系列 —

玩转机器人

巡线竞速机器人的 原理与制作



主 编：刘 波

..... 大开眼界，玩转科技创新

- 深度解析，图文并茂，带你走进巡线竞速机器人的世界
- 挑战超级机器谜，探知新一代乐高机器人的核心机密
- 培养创新思维能力，培养独立解决问题的能力，培养灵活运用知识的能力

当前，机器人已经越来越多地融入我们的生活。作为未来的建设者，青少年应该学习并掌握机器人的相关知识，提高自身的专业技能和科学素养。本书详细介绍了新一代教育机器人——LEGO Mindstorms NXT的硬件系统、软件系统、常见传感器及其应用，并且辅以详细生动的案例，是青少年学习科学知识、动手制作的必备工具书，也是巡线竞速机器人爱好者不可不读的佳作。



江苏凤凰教育出版社
Jiangsu Education Publishing Co., Ltd.

玩转 机器人

巡线竞速机器人的 原理与制作

主 编：刘 波



图书在版编目(CIP)数据

玩转机器人：巡线竞速机器人的原理与制作/刘波主编.

—南京：江苏凤凰教育出版社，2014.7

ISBN 978-7-5499-4090-5

I. ①玩… II. ①刘… III. ①机器人—青少年读物

IV. ①TP242-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第110371号

书 名 玩转机器人——巡线竞速机器人的原理与制作

主 编 刘 波

责任编辑 午新生 雷利军 孙 建

出版发行 凤凰出版传媒股份有限公司

江苏凤凰教育出版社（南京市湖南路1号A楼 邮编210009）

苏教网址 <http://www.1088.com.cn>

照 排 红十月图文设计有限公司

印 刷 三河市九洲财鑫印刷有限公司

厂 址 河北省三河市灵山大口

开 本 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 7.5

字 数 113千字

版 次 2014年7月第1版 2014年7月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5499-4090-5

定 价 22.00元

网店地址 <http://jsfhjycbs.tmall.com>

邮购电话 025-85406265, 85400774 短信 02585420909

E-mail jsep@vip.163.com

盗版举报 025-83658579

苏教版图书若有印装错误可向承印厂调换

提供盗版线索者给予重奖

江苏省校本课程精品系列

编委会名单

编委会主任 丁晓昌 杨九俊

编委会 马斌 鞠文灿 董洪亮 严必友 龚雷雨
朱志平 何振国 祁建新 陈杰 周中森
魏惠 金正平 辜伟杰 朱春晓 石志群
于明 万伟 顾华明 王瑞书 朱永贞
金玲 郭德军



玩转

机器人

——巡线竞速机器人的原理与制作

前

言

机器人已经越来越多地融入到人类的生产和生活中。作为21世纪的青少年，更应该学习和掌握机器人及机器人技术的知识，提高自身的专业技能和科学素养，为社会主义现代化建设做出应有的贡献。

LEGO Mindstorms NXT是新一代教育机器人，鼓励学生通过玩中学去探索科学、技术、工程和数学知识。使用LEGO NXT搭建技术平台，学生可以进行设计、搭建、编程、测试机器人，通过挑战开放式工程项目，提高学生的创造力和解决问题的能力。帮助学生以后走上社会更好地与人沟通、与人合作。

新一代LEGO机器人采用先进的32位处理器，交互式伺服电机、声音传感器、超声波传感器和其他传感器，具有蓝牙通讯功能。图形化编程软件NXT-G是在许多工程和研究领域里面广泛使用的NI LabVIEW虚拟仪器软件基础上开发的。

本书详细介绍了新一代LEGO机器人硬件和软件系统、常见传感器及其应用等，而且把NXT-G各个功能模块的使用说明恰当地融入到机器人制作的5个案例中，这样，可以让学生在解决问题完成任务的实践过程中，更好地掌握和巩固所学的理论知识。

因为时间仓促，本书在编写的过程中难免存在不足之处，希望广大老师和学生给我们提出宝贵的意见，完善本书的内容，更好地为老师和学生服务。

编者

2014年4月



目 录

第一单元 走进机器人世界 / 1

一、机器人与人 / 2

二、机器人的定义和组成 / 3

三、机器人的发展史 / 6

四、机器人的分类 / 12

五、机器人的应用 / 15



第二单元 认识乐高教育机器人 / 23

一、NXT控制器 / 24

二、外围电子器件 / 26

三、乐高编程软件 / 28

四、搭建常用积木 / 29

五、常用连接方式 / 32

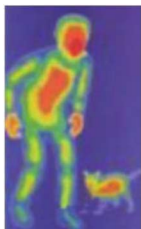
六、机械传动方式 / 34

七、利用乐高教育机器人套件，搭建一个简易小车 / 39





第三单元 了解常见传感器及其应用 / 45



一、认识传感器 / 46

二、传感器的发展 / 48

三、传感器的类型 / 49

第四单元 直线竞速小车 / 61

一、任务说明 / 62

二、任务分析 / 63

三、任务解决 / 63

四、系统优化 / 71

五、拓展创新 / 72



第五单元 巡线竞速小车 / 73

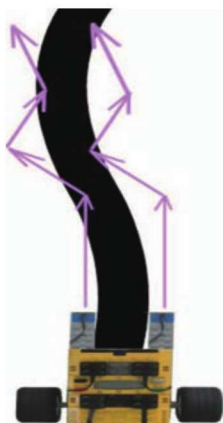
一、任务说明 / 74

二、任务分析 / 75

三、任务解决 / 76

四、系统优化 / 85

五、拓展创新 / 86





第六单元 巡线投篮小车 / 87

- 一、任务说明 / 88
- 二、任务分析 / 89
- 三、任务解决 / 89
- 四、系统优化 / 95
- 五、拓展创新 / 96



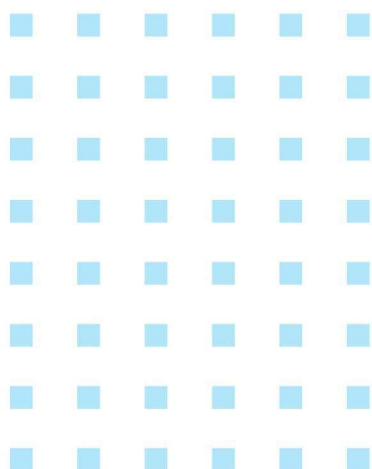
第七单元 巡线搬运小车 / 97

- 一、任务说明 / 98
- 二、任务分析 / 99
- 三、任务解决 / 99
- 四、系统优化 / 105
- 五、拓展创新 / 106



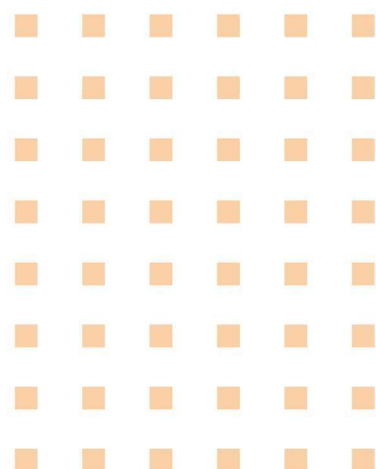
第八单元 巡线接力小车 / 107

- 一、任务说明 / 108
- 二、任务分析 / 109
- 三、任务解决 / 109
- 四、系统优化 / 111
- 五、拓展创新 / 112



第一单元

走进机器人世界





一、机器人与人

1. 机器人是人类的助手和朋友

机器人作为20世纪人类最伟大的发明之一，自问世以来，经历多年的发展已取得长足的进步。作为机器人家族中最早的工业机器人现在已经成为制造业中不可少的核心装备，它们正与工人们并肩战斗在各条战线上。作为机器人家族中后起之秀的特种机器人，其用途十分广泛。仿人形机器人、农业机器人、服务机器人、水下机器人、医疗机器人、军用机器人、娱乐机器人等各种用途的特种机器人纷纷面世，而且正在向实用化迈进。

人类为什么要发展机器人呢？其实，机器人的出现与快速发展是社会和经济发展的必然结果，是为了提高社会的生产水平和人类的生活质量，让机器人替代人类干那些人类干不了、干不好的工作。在现实生活中有些工作会对人体造成伤害，譬如喷漆、重物搬运等；有些工作要求质量很高，人类难以长时间胜任，譬如汽车焊接、精密装配等；有些工作人类无法身临其境，譬如火山探险、深海探秘、空间探索等；有些工作不适合人类去干，譬如一些恶劣的环境、一些枯燥单调的重复性劳作等；这些都是机器人大显身手的地方。

机器人已经实际应用在许多领域：现代化的汽车装配厂里可以采用机器人（手臂）生产汽车；机器人（手）可以用在特殊场合实施救援，如处理炸弹等危险物品；“四足”机器人，能够帮助士兵携带重型设备攀爬雪原和山坡；机器人教师可以替代教师讲课，而且，它们比真教师更有耐心，不容易生气等优点；“类人型”机器人可以替代真的病人，提供给实习医生做实习之用，使实习医生可以直接改善治疗技能；“步行机器人女佣”可以替代家庭主妇，清洁家庭，用洗衣机洗衣服，甚至用微波炉加热食物等；此外，机器人还可以模仿人类的



表情，譬如，机器人HRP-4C，就具有生气和惊奇等表情，机器人还可以娱乐人们，譬如，足球机器人进行足球比赛以供人们欣赏等。

虽然，机器人已经广泛地应用于现实生活中，但是在现代社会里，人们对于机器人，还不是很了解，甚至在某些方面还存在一些认识误区。譬如，在有些人的眼里，机器人就是神通广大的“万能机器”，可以上天入地，无所不能；但当他们看到现实中的机器人时，又会大失所望，认为机器人太普通，不能称为机器人。还有一些人则认为机器人的形状必须像人，不像人怎么能叫作机器人呢，然而，现实中的大多数机器人的样子不像人。

2. 机器人学

“机器人学”(robotics)一词第一次被使用在艾萨克·阿西莫夫的短篇科幻小说Liar，初次出版在1941年5月的《超级科学故事》(Analog Science Fiction and Fact)杂志上。

“机器人学”作为一门多学科交叉形成的综合性学科，集成了运动学与动力学、机械设计与制造、计算机硬件与软件、控制与传感器、模式识别与人工智能等学科领域的先进理论与技术。

作为21世纪的青少年，必须学习和掌握机器人与机器人技术的知识，提高自身技能和科学素养，为我国社会主义现代化建设贡献力量。

二、机器人的定义和组成

在世界各国不同的语言中，Robot是机器人的代名词。

各国科学家从不同的角度出发，给出的机器人定义也有所不同。综合各种定



义，可将机器人理解为：机器人是一种在计算机控制下的可编程的自动机器，根据所处的环境和作业需要，它具有至少一项或多项拟人功能，另外还可能不同程度地具有某些环境感知能力（如视觉、力觉、触觉、接近觉等），以及语言功能乃至逻辑思维、判断决策功能等，从而使它能在要求的环境中代替人进行作业。

我国科学家对机器人的定义：机器人是一种自动化的机器，所不同的是这种机器具备一些与人或生物相似的智能能力，如感知能力、规划能力、动作能力和协同能力，是一种具有高度灵活性的自动化机器。

机器人是由控制器、动力源、传动机械和传感器等组成的有机整体。通过传感器对外部环境的感知功能，采集信息输入控制器，后者对输入信息进行计算、判断和决策，然后输出指挥行动的命令到传动机械。控制器中的控制程序是机器人控制的核心，它告诉机器人要做什么事情，通过编制不同的控制程序，机器人可以执行不同的任务。例如：我们在设计灭火机器人时，必须有眼睛（传感器），能看到哪里着火了；必须有脚（传动机械），能快速到达火源所在地；还必须要有手（传动机械），能拿着灭火器具来灭火；而眼、手、脚之间的协调是靠机器人控制器（如单片机）来完成的。当然，机器人还要有能量来源（动力源），如电池、太阳能等。

具体来说，机器人一般由以下五个部分组成。

1. 机械本体——手和脚

机器人的机械本体基本上分为两大类：一类是操作本体机构，它类似人的手臂和手腕，配上各种手爪与末端操作器后可进行各种抓取动作和操作作业，工业机器人主要采用这种结构。另一类为移动型本体结构，主要目的是实现移动功能，主要有轮式、履带式、足腿式结构以及蛇行、蠕动、变形运动等机构。壁面爬行、水下推动等机构也可归于这一类。



2. 驱动伺服单元——动力输出

机器人本体机械结构的动作是依靠机器人的关节驱动，而大多数机器人是基于闭环控制原理进行的。伺服控制单元的作用是使驱动单元驱动关节，并带动负载朝减少偏差的方向动作。已被广泛应用的驱动方式有液压伺服驱动和电机伺服驱动。

3. 计算机控制系统——机器人的大脑

各关节伺服驱动的指令值由主计算机计算后，在各采样周期给出。主计算机根据示教点参考坐标的空间位置、方位及速度，通过运动学逆运算把数据转变为关节的指令值。

通常的机器人采用主计算机与关节驱动伺服计算机两级计算机控制，有时为了实现智能控制，还需对包括视觉等各种传感器信号进行采集、处理并进行模式识别、问题求解、任务规划、判断决策等，这时空间的示教点将由另一台计算机的上级计算机根据传感信号产生，形成三级计算机系统。

4. 传感系统——机器人的眼睛

为了使机器人正常工作，必须与周围环境保持密切联系，除了关节伺服驱动系统的位置传感器（内部传感器）外，还要配备视觉、力觉、触觉、接近觉等多种类型的传感器（外部传感器）以及传感信号的采集处理系统。

5. 输入/输出系统接口

为了与周边系统及相应操作进行联系与应答，机器人还需要有各种通讯接口和人机通信装置。如工业机器人一般提供一个内部PLC，它可以与外部设备相联，完成与外部设备间的逻辑与实时控制。一般还有一个以上的串行通信接口，以完成磁盘数据存储、远程控制及离线编程、双机器人协调等工作。一些新型机



器人还包括语音合成和识别技术以及多媒体系统，实现人机对话。

三、机器人的发展史

早在三千多年前的西周时代，我国就出现了能歌善舞的木偶，称为“倡者”，这可能是世界上最早的“机器人”。

在近代，随着第一次、第二次工业革命，各种机械装置的发明与应用，世界各地出现了许多“机器人”玩具和工艺品。这些装置大多由时钟机构驱动，用凸轮和杠杆传递运动。

1920年，捷克作家卡雷尔·卡佩克（Karel Capek）在一部科幻剧本中首次提出了“ROBOT”（汉语前译为“劳伯”）这个词，现在已被人们作为机器人的专用名词。此后，美国科幻作家Isaac Asimov（1920—1992）提出了“机器人学”这一概念，并提出了所谓的“机器人三原则”，即：

- （1）机器人不可伤人；
- （2）机器人必须服从人给予、但不和（1）矛盾的指令；
- （3）在与（1）、（2）原则不相矛盾的前提下，机器人可维护自身不受伤害。

20世纪50—60年代，随着机构理论和伺服理论的发展，机器人进入了实用阶段。1954年，美国的G.C.Devol发表了“通用机器人”专利。1960年，美国AMF公司生产了柱坐标型Versatran机器人，可作点位和轨迹控制，这是世界上第一种用于工业生产上的机器人。

20世纪70年代，随着计算机技术、现代控制技术、传感技术、人工智能技术的发展，机器人得到了迅速发展。1974年，Cincinnati Milacron公司成功开发了多关节机器人。1979年，Unimation公司又推出了PUMA机器人，它是一种多关节、全电动驱动、多CPU二级控制；采用VAL专用语言；可配视觉、触觉、力



觉传感器的工业机器人，现在的工业机器人结构大体上是以此为基础的。这一时期的机器人属于“示教再现”（Teach-in/Playback）型机器人，只具有记忆、存储能力。按相应程序重复作业，但对周围环境基本没有感知与反馈控制能力，这种机器人被称作“第一代”机器人。

进入20世纪80年代，随着传感技术，包括视觉传感器、非视觉传感器（力觉、触觉、接近觉等）以及信息处理技术的发展，出现了“第二代”机器人——有感觉的机器人，它能够获得作业环境和作业对象的部分信息，进行一定的实时处理，引导机器人进行作业，“第二代”机器人已进入了实用化，在工业生产中得到了广泛应用。

“第三代”机器人是目前正在研究的“智能机器人”。它不仅具有比第二代机器人更加完善的环境感知能力，而且还具有逻辑思维、判断和决策能力，可根据作业要求与环境信息自主地进行工作。下面，介绍智能机器人研究过程中的三个重要知识点。

1. 机器人足球世界杯 (RoboCup)

机器人足球世界杯(RoboCup)是一个为促进足球机器人的发展而创立的国际性的研究和教育组织，它通过提供一个标准问题来促进人工智能和智能机器人的研究。这个领域可以集成并检验很大范围内的技术，同时也可以作为面向教育的集成性项目。RoboCup的活动包括学术会议、机器人世界杯比赛、RoboCup挑战计划、RoboCup教育计划等。

RoboCup是为了推动科学进步，其意图是通过提供引人瞩目但又非常困难的挑战，将RoboCup作为促进人工智能和机器人学研究的工具。促进研究的有效途径是制定一个长期目标，而不拘泥于某一特定应用。当这个目标完成时，将产生巨大的社会影响，这就可以称之为重大挑战计划。建造一个会踢足球的机器人本身并不能产生巨大的社会和经济影响，但是这种成功的确会被认为是这个领域的重大成果。我们把这种计划称为“划时代的计划”。RoboCup既是一个标



准问题，也是一个划时代的计划。RoboCup的最终目标是：到21世纪中叶，一支完全自治的人形机器人足球队应该能在遵循国际足联正式规则的比赛中，战胜人类世界杯冠军队。

划时代的三大计划

	1. 阿波罗计划	2. 计算机国际象棋	3. RoboCup
目标	送一个宇航员登陆月球并安全返回地球	开发出能战胜人类国际象棋世界冠军的计算机	开发出能像人类那样踢球的足球机器人
技术	系统工程，航空学，各种电子学等	搜索技术，并行算法和并行计算机等	实时系统，分布式协作智能体等
应用	遍布各处	各种软件系统、大规模并行计算机	下一代人工智能，现实世界中的机器人和人工智能系统
现状	已完成	已完成	正在进行中

2. 计算机国际象棋（人机大战）

1996年2月10－17日，在美国费城举行了一项别开生面的国际象棋比赛：世界棋王卡斯帕罗夫对垒“深蓝”计算机。在这场人机对弈的6局比赛中，卡氏以4：2战胜电脑，获得40万美元奖金。“深蓝”计算机是一台由国际商用机器公司（IBM）技术人员历经6年时间研制成功的带有31个处理器并行的超级计算机，其具有高速计算的优势，3分钟内可以检索500亿步棋，而其弱点是不能总结经验。这次人机比赛是为了纪念首部电脑诞生50周年而举办的。比赛时（下面的左



图)，面对棋王而坐的是“深蓝”研制小组代表许峰雄。



卡斯帕罗夫对垒“深蓝”



卡斯帕罗夫对垒“更年少者”

“人机大战”项目目前已经宣告完成。主要有以下一些重要事件：

1958年，名为“思考”的IBM704成为第一台同人下棋的计算机，思考速度每秒200步；

1977年，国际象棋软件4.0被开发出来，这是未来下棋程序的基础；

1979年，国际象棋软件4.9达到专家级水平；

1983年，BELLEAT&T开发了国际象棋硬件，达到了大师水平；

1987年，“深思”以每秒75万步的思考速度露面，水平相当于拥有国际等级分2450的棋手；

1988年，“深思”击败丹麦特级大师拉尔森；

1989年，“深思”已经有6台信息处理器，每秒思考速度达200万步，但在与世界棋王卡斯帕罗夫进行的“人机大战”对阵中以0比2败北；

1990年，“深思Ⅱ”产生，使用IBM的硬件，吸引了前世界棋王卡尔波夫与之对抗；

1993年，“深思Ⅱ”击败了丹麦国家队，在与前女子世界冠军小波尔加的对抗中获胜；

1996年，“深蓝”诞生，其棋力（性能）高于“深思”数百倍，但在与卡斯帕罗夫的挑战赛中，“深蓝”以2比4失利；

1997年，“更深的蓝”开发出了更加高级的“大脑”，4名国际大师参与IBM的