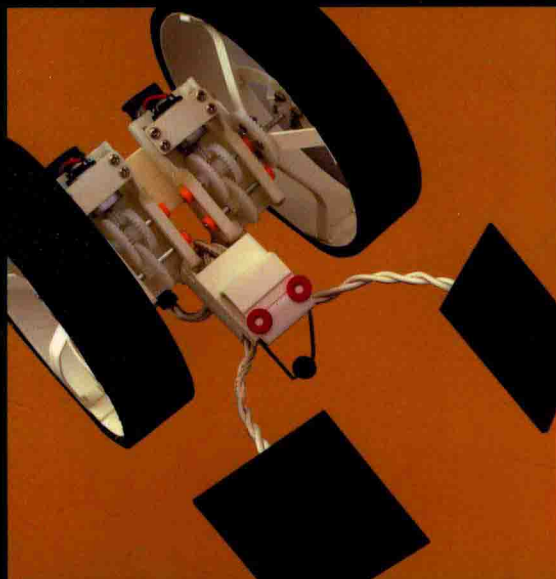


提高：给机器人增加简单的控制功能！

PVCBOT

机器人控制技术入门

■ 梁玮 伍杰 李衡延 李震 编著



- 运用零件可插拔的设计思路，在不改变原有机器人外观的基础上，通过附加简单的小装置给机器人增加各种控制功能。
- 全新引入独轮、双轮等多种机器小车项目，大家一起来造平衡车！
- 为机器人添加有线控制功能。
- 搭建具有循光、自平衡等智能控制功能的机器人。



3



中国工信出版集团

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS完全
图解

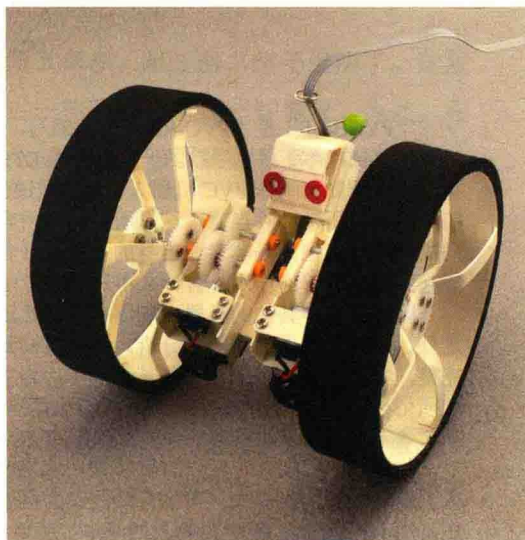
爱上机器人

提高：给机器人增加简单的控制功能！

Robot:
making on your time

PVCB

机器人控制技术入门 3



■ 梁玮 伍杰 李衡延 李震 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

PVCBOT机器人控制技术入门：提高：给机器人增加简单的控制功能 / 梁玮等编著. — 北京：人民邮电出版社, 2019. 8

(爱上机器人)

ISBN 978-7-115-51059-4

I. ①P… II. ①梁… III. ①机器人控制 IV. ①TP24

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第065818号

内 容 提 要

“PVCBOT”是“PVC-Robot”的缩写，既是指以PVC为主要材料来制作的机器人，也是指定位在“低成本、易实现”的一项机器人DIY活动。当前的“PVCBOT”系列机器人教程，将从零开始介绍如何制作PVC机器人，希望通过分享我们的一些心得体会，对那些想要入门或者刚入门的朋友有所帮助。当然，这里所分享的内容都是基于作者作为机器人业余爱好者的经历，所面向的对象可能也只是非专业出身的业余爱好者，有很多内容可能因为知识所限，仅点到为止，只能起到抛砖引玉的作用，有什么不足的地方还请大家多提意见和建议。

区别于很多其他的机器人制作书籍的泛泛而谈，本系列的机器人教程除了着重介绍制作过程之外，还强调原理解释、分析，不仅是知其然，还要知其所以然；并且为使细节过程更翔实、完整，本教程主要以图文并茂甚至是图片为主的“看图说话”的方式进行展现，力求更清晰明了和通俗易懂。也正因为如此，项目教程的篇幅比较大，且整体教程进度推进得有点慢。正所谓“鱼和熊掌不可兼得”，希望大家能够理解和支持。

作为“PVCBOT”系列的第3册，本书将以模块化、可插拔为基本的设计原则，从无控机器人到有线控制的机器人，再到自动控制的机器人，通过连续多个不同类型但又互相关联的项目实例，深刻诠释PVCBOT机器人的基本控制原理。

◆ 编 著 梁 玮 伍 杰 李 衡 延 李 震

责任编辑 韩 蕊

责任印制 彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

雅迪云印(天津)科技有限公司印刷

◆ 开本: 720×960 1/16

印张: 16

2019年8月第1版

字数: 495千字

2019年8月天津第1次印刷

定价: 89.00元

读者服务热线: (010)81055493 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147号

机器人系列图书

由浅入深，全方位引领你步入机器人制作的殿堂



爱上机器人Plus 1: 机械狂潮
(积木版)
ISBN 978-7-115-49760-4
139元



爱上机器人Plus 2: 工程大师
(内含243块积木)
ISBN 978-7-115-50977-2
199元



PVCBOT零基础机器人制作
(第3版)
ISBN 978-7-115-42764-9
45元



PVCBOT超简单机器人设计与制作
(第2版)
ISBN 978-7-115-42913-1
69元



小型智能机器人制作全攻略
(第4版)
ISBN 978-7-115-31469-7
129元



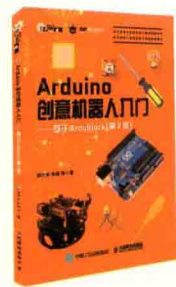
机器人制作入门 (第4版)
ISBN 978-7-115-46044-8
59元



机器人制作从入门到精通
(第3版)
ISBN 978-7-115-44626-8
59元



玩转智能机器人程小奔
ISBN 978-7-115-48699-8
59元



Arduino创意机器人入门
——基于ArduBlock (第2版)
ISBN 978-7-115-44846-0
45元



Arduino创意机器人入门
——基于Mixly
ISBN 978-7-115-45241-2
39元



智能机器人制作完全手册
(第2版)
ISBN 978-7-115-46072-1
69元



智能小车机器人制作大全
(第2版)
ISBN 978-7-115-46071-4
59元

购买方式
全国各大书店
网上商城
均有销售

网店推荐

互动出版: <http://www.china-pub.com>

卓越亚马逊: <http://www.amazon.cn>

当当: <http://book.dangdang.com>

京东: <http://book.jd.com>

写在前面的话



在 PVCBOT 系列的第 2 册书出版之后，时隔 3 年多，第 3 册书终于出版了。这期间发生了不少事情，针对 PVCBOT，市场上有过一些疑问，有过一些异议。为此，在本书内容正式开始之前，我想要做一下解释，希望大家能够理解并且有耐心听我啰唆几句。

1. 手工 DIY 过时了？

这两年恰逢“大众创业，万众创新”的创客新时代，看着大量新技术、新理念、新创意井喷式地冒出来，各种开源硬件、软件框架、编程平台层出不穷，尤其是激光切割、激光雕刻、3D 打印等数字自动化制造技术蓬勃发展，我不禁问自己，我们现在做的这些低技术含量的 DIY 活动是否已经过时了呢？手工 DIY 是否还有存在的价值和意义呢？以前是因为物资匮乏，所以要自己动手丰衣足食，而在物资极为丰富的今天，手工自制相对粗糙，甚至成本还更高，还不如直接买现成的产品方便。在这样的情况下，为什么还要 DIY 呢？

其实每个人既是生产者，又是消费者，无论技术如何发展，自动化程度如何提高，人天生就有创造的欲望，这是作为高等生物的人类基因决定的。人的基本需求是物质，在物质得到满足之后，人就会更注重精神追求。DIY 不仅能满足人的物质所需，更能满足人的精神所需。正如数码相机的拍照效果已经那么完美了，但人们还是有手工绘画的渴望。毕竟亲手完成的作品，哪怕粗糙一些，在自己眼里也是那么的赏心悦目，这其中的成就是依赖机器自动化制造或者是买个现成产品所换不来的。所以，我觉得手工 DIY 的内容可能会随着时代的变迁而变化，但 DIY 活动本身永远不会过时。不说远的，就说自己烧菜做饭吧，难道不正是一项历史久远、范围广泛的 DIY 活动吗？

2. 使用工具不安全？

有人说，制作 PVCBOT 需要使用工具，对于小孩子来说太不安全了。我们都知道，人类与其他动物的根本区别就是人类会使用工具，而对于工具的安全问题，我始终认为不应该一味回避，反倒应该积极面对，只有主动教会孩子们安全使用工具，才能真正避免伤害。

实际上，孩子们在成长的过程中必然会面临各种风险，单靠防堵是无法解决问题的，正确的引导才是关键。我们对安全的界定越严苛，就越会切断让孩子们与外在世界相处的宝贵机会。尽管我们的本意是好的，但他们终究要学会如何应对各种环境下的所谓危险的事。要让孩子有创造力、有活力、有自信、对周遭环境有控制能力，就要放手让孩子做一些大人认为“危险”的事情，毕竟温室里的小花总是经不起风雨的^[1]。

此外，或许对于孩子来说，机器人 DIY 活动可能只是一时的兴趣，但是工具的使用技能则可能会伴其一生。

3. 没有编程太低端？

有人说，PVCBOT 太低端了，机器人应该是带智能的，要单片机控制，还要软件编程。作为一个被机械和电子耽误的资深软件工程师，我对于编程和所谓智能有着自己的理解。实际上，我们一般谈论的 DIY 机器人，可以说都是伪智能的，和真正的人工智能比起来都是很简单甚至低级的。比如，同样要让机器小车实现一个基础的避障功能，用单片机编程来实现，和用简单的机械加电子来实现，差别其实都不大。你可以说编程相对高级一些，我也可以说机械加电子更直接、有效，甚至可以说编程其实是把简单问题复杂化。这并不是狡辩，也并不是否认客观上的技术高低差异，我只是认为各自的侧重点不一样，实际上，目前阶段的 PVCBOT 项目的重点是结构和机械，还有简单的电子，主要锻炼的是手工制造的能力；而未来发展的方向肯定还是要将硬件及软件编程结合，到时候提升的则是逻辑思维的水平。

PVCBOT 的内容之所以这样规划，主要还是依据人们认知水平的发展规律，年纪比较小或者是完全没有制作基础的初学者，当还不具备编程所需要的思维能力和知识水平

[1] 引自 TED to China，“东敲西打探索训练营”创始人、计算机科学家吉佛·图利在 TED 大会上题为《让孩子做点危险的事情》的演讲。

时，就应该从可以简单练手而不需要过多动脑的手工制作开始，然后则是稍微复杂一些的电子制作，最后才是更烧脑的软硬件编程。

实际上，以上这些都是我个人的亲身体会，我的动手能力的锻炼和电子知识的积累，基本是在小学和中学初期完成的；到了中学后期以及大学，再到参加工作以后，我就完全转向了软件编程，之后几乎就没有碰过手工制作和电子电路的东西。一直到前些年，我开始 DIY 机器人，创建了 PVCBOT 网站，才把过去的积累重新用起来。

我知道，现在很多孩子在小学甚至幼儿园就开始学习编程了，对此我持保留意见，毕竟学习和认知是需要过程的，是需要循序渐进的。我觉得让孩子过早地接触与自己年龄和认知水平不相称的东西，实在是有些揠苗助长了。另外，随之而来的一个问题，就是现在的孩子动手能力严重不足，作为数码时代的“原住民”，很多孩子的注意力都过早地集中在手掌上的方寸之间，沉迷于虚拟世界中，别说动手能力，就连现实的基本生活能力都缺乏。所以，在 DIY 机器人活动中，孩子能够多接触机械和电子相关的内容，能够有更多的机会锻炼基本的动手能力，我觉得是非常有必要的。

4. 纯手工制作没有积木方便？

有人说，PVCBOT 什么都要自己制作，难度太大，不如其他模块化的积木拼装产品用着方便。如果把最终的成品当成消费品来看，这话确实没有错，但我们实际做的不是一个直接用来消费的产品，而是一个基于过程学习的产品。最简单来说，积木拼装的产品就像是宜家（IKEA）那样的现代家具，买一套椅子的组件，按照说明书就可以自己组装起来，最终得到一把既美观又实用的椅子；而我们的 PVCBOT 则像是教你如何做木工，从切割一块木料开始，学会使用各种工具，中间经过各种加工环节，最终制作出一张凳子，或许这张凳子不够漂亮，也不是特别好用，但毕竟是你自己靠双手从零开始制作出来的，而且你也从中学到了很多技能。对比来说，前者虽然带有一定的 DIY 元素，但最终目的是得到一个实用的消费品，所以其过程要尽量简单；而后者则是一个学习的经历，最终的作品不是目的，中间的学习体会才是最重要的，所以其过程会还原最基本、最真实的东西。

通常来说，DIY 的产品有两类：第一类是按照产品的特定规则进行组装，学习只限于该产品本身的知识，离开这个产品之后，学到的知识就用不上了，当然你可以说培养了逻辑思维、提高了动手能力，但这属于比较笼统和抽象的了，这种 DIY 产品应该属于玩具；第二类是使用产品组装通用的东西，学习通用的知识，离开这个产品之后，学到

的知识依然可以用在别的地方，当然也可以培养逻辑思维和提高动手能力，这种产品应该属于教具或者学具。可以说，PVCBOT 的产品应该更接近于后者。

当然也有人说，使用模块化的积木产品，可以提高 DIY 的效率，不要把时间过多浪费在无意义的结构搭建和机械制作上，而要将更多精力放在后面的软硬件编程上。说实话，听到这些我觉得很悲哀，作为基础中的基础，什么时候结构和机械变成无意义的了？为什么很多孩子动手能力差？很大程度就是这种错误的思想观念造成的。我记得有位资深教师曾说过：“孩子玩积木不要玩太久，到了一定程度就应该学会使用工具自己去 DIY，否则孩子的思维会固化，只会用积木去解决问题，而现实生活中根本没有那么多的现成材料，很多都需要自己搞定。”对此，我深以为然。

以上是针对 PVCBOT 的各种疑问和异议的解释与解答，仅代表我的个人观点。虽然有着不少的误解，可能也没有得到主流观念的认同，但依然有很多小伙伴理解和支持我们。正因为如此，尽管这些年来，有各种 duino、各种 Pi、各种 block、各种 bits 轮番轰炸，不断冲击和刷新大家的认知，但因为有着众多朋友和读者的理解和支持，所以我们依然坚持着纯手工制作，依然坚持着最原汁原味的东西，虽然慢一点，但我们一直在前行。

感谢大家！

梁玮 (Jason)

2019 年 3 月 20 日

前言



“DIY”为“Do It Yourself”的英文缩写，直译就是“自己动手制作”，而“BOT”则为机器人英文“Robot”的简写，所以这里的“DIY-BOT”也就是“自己动手制作机器人”的意思。

DIY 机器人是一项非常有意义的活动，国内外都有着众多的爱好者。但是 DIY 机器人对个人能力的要求是比较综合的，这其中涉及机械、电子、计算机软硬件等多个不同的学科领域，要想同时掌握那么多的知识，往往精力有限；而且 DIY 机器人需要投入高昂的资金，又要求一定的机械加工能力，还需要有专业的工具、设备，多数人不具备这样的条件。这些原因导致了国内 DIY 机器人活动“看热闹的人多，真正参与的人少”。

“独乐乐不如众乐乐”，与其自己一个人玩，我们更希望有更多的朋友一起加入 DIY 机器人这项活动。基于这个原因，我们策划了 DIY-BOT.NET 这个 DIY 机器人网络交流社区，让更多的机器人爱好者能够加入进来，大家一起交流心得与体会、分享资源与经验，互相学习，共同进步。

在此，为了方便广大机器人爱好者，我们将从 DIY-BOT.NET 网络社区中精选出不同系列的 DIY 机器人教程，编辑、整理成为自己动手制作机器人系列教程。

当前的“PVCBOT 系列机器人”介绍的是一种以 PVC 线槽作为基本结构材料的机器人 DIY 活动，其重点在于以项目式教学的方式，对各种机器人 DIY 项目实例从设计原理、器材准备、制作过程、调试完善等多个方面进行完整而翔实的介绍。同时，为了与时俱进、不断发展，该系列将以多期连载的方式不定期推出新书，每册书有不同的主题，而各册之间则遵循由浅入深的原则最终构成一个连续的教程体系。

欢迎访问 PVCBOT 专题网站：<http://www.diy-bot.net/pvcbot>



请关注我们的微博和微信：





目 录

1. 基础篇 1

※ 寻根究底：机器人控制技术的基础知识

1.1 PVCBOT 的控制技术概要	2
1.1.1 PVCBOT 的控制定义	2
1.1.2 PVCBOT 的控制方式	2
1.1.3 PVCBOT 的控制概念	4
1.2 PVCBOT 的动力控制原理	5
1.2.1 发动机的主要分类	5
1.2.2 启动和停止发动机	6
1.2.3 改变发动机的转向	8
1.2.4 调整发动机的转速	13
1.2.5 发动机的制动功能	26

2. 无控篇 27

※ 自由自在：无控机器人演绎的无意识随机运动

2.1 项目：机器蚂蚁——小型振动机器人	28
2.1.1 基本原理	28
2.1.2 器材准备	29
2.1.3 制作过程	30
2.1.4 调试完善	35
2.1.5 成品展示	36
2.1.6 项目总结	36
2.2 项目：机器飞虫——小型振动机器人	37
2.2.1 基本原理	37
2.2.2 器材准备	38
2.2.3 制作过程	38
2.2.4 调试完善	40
2.2.5 成品展示	40
2.2.6 项目总结	40

3. 改装篇 41

※ 脱胎换骨：制作新装备升级你的机器人

3.1 工具 DIY：干电池外接转换器	42
3.1.1 基本原理	42
3.1.2 器材准备	43
3.1.3 制作过程	44
3.1.4 调试完善	51
3.1.5 成品展示	54
3.1.6 项目总结	54
3.2 部件：单路单通线控器	55
3.2.1 基本原理	55
3.2.2 器材准备	58
3.2.3 制作过程	59
3.2.4 调试完善	72
3.2.5 成品展示	73
3.2.6 项目总结	73
3.3 把无控机器人升级成为有控机器人	74
3.3.1 启动控制	74
3.3.2 方向控制	75
3.3.3 自动控制	76

4. 模块篇 77

※ 事半功倍：模块化能够提高机器人设计制作的效率

4.1 部件：C 型减速电机	78
4.1.1 基本原理	78
4.1.2 器材准备	86
4.1.3 制作过程	87
4.1.4 调试完善	106
4.1.5 成品展示	107
4.1.6 项目总结	107

5. 平衡篇 108

※ 晃晃悠悠：机器人保持平衡的奥秘

5.1 项目：冒险者——独轮机器小车	109
5.1.1 基本原理	109
5.1.2 器材准备	114

5.1.3	制作过程	116
5.1.4	调试完善	125
5.1.5	外形扩展	126
5.1.6	成品展示	129
5.1.7	项目总结	129
5.2	项目：无倦者——单引擎双轮大脚车	130
5.2.1	基本原理	130
5.2.2	器材准备	133
5.2.3	制作过程	135
5.2.4	调试完善	139
5.2.5	升级扩展	140
5.2.6	成品展示	143
5.2.7	项目总结	143
6. 控制篇		144
※ 俯首听命：绝对听从指挥的机器人		
6.1	项目：双轮行者——双引擎双轮大脚车	145
6.1.1	基本原理	145
6.1.2	器材准备	147
6.1.3	制作过程	149
6.1.4	调试完善	154
6.1.5	升级扩展	156
6.1.6	成品展示	157
6.1.7	项目总结	157
6.2	项目：线控双轮行者——有线控制双轮大脚车	158
6.2.1	基本原理	158
6.2.2	器材准备	161
6.2.3	制作过程	164
6.2.4	调试完善	171
6.2.5	成品展示	173
6.2.6	项目总结	173
7. 智能篇		174
※ 心智初开：给机器人增加简单智能		
7.1	项目：光轮行者——初级循光大脚车	175
7.1.1	基本原理	175

7.1.2	器材准备	181
7.1.3	制作过程	184
7.1.4	调试完善	188
7.1.5	成品展示	191
7.1.6	项目总结	191
7.2	项目：忐忑者——简易自平衡双轮小车	192
7.2.1	基本原理	192
7.2.2	器材准备	197
7.2.3	制作过程	200
7.2.4	调试完善	215
7.2.5	升级扩展	218
7.2.6	成品展示	220
7.2.7	项目总结	220
8. 背景故事		221
✧ 奇异世界：PVCBOT 背后的那些故事		
8.1	废墟探秘	222
8.2	机体介绍	224
9. 制作图纸		230
✧ 精益求精：参照平面图纸制作可以保证尺寸精确		
9.1	PVCBOT【0号D型】机器蚂蚁（小型振动机器人）.....	231
9.2	PVCBOT【0号E型】机器飞虫（小型振动机器人）.....	231
9.3	PVCBOT【38号A型】冒险者（独轮机器小车）.....	233
9.4	PVCBOT【39号A型】无倦者（单引擎双轮大脚车）.....	235
9.5	PVCBOT【40号A型】双轮行者（双引擎双轮大脚车）.....	237
9.6	PVCBOT【40号B型】线控双轮行者（有线控制双轮大脚车）.....	239
9.7	PVCBOT【40号C型】光轮行者（初级循光大脚车）.....	241
9.8	PVCBOT【9号D型】忐忑者（简易自平衡双轮小车）.....	243



全书项目视频集锦

1

基础篇

对机器人进行控制，也就是操控机器人的运动状态。为了设计制作出能够听从指挥或是自主运动的机器人，首先要了解机器人控制的基本原理知识。

1.1 PVCBOT 的控制技术概要

1.2 PVCBOT 的动力控制原理



1.1 PVCBOT 的控制技术概要

1.1.1 PVCBOT 的控制定义

对 PVCBOT 机器人进行控制,是指利用控制器对机器人的运动状态进行控制,或操纵机器人在不同的运动状态之间进行切换。

(1) 这里所说的控制器,可以是位于机器人外部的远程控制器(有线或无线遥控),即遥控控制器;也可以是位于机器人内部的自动(智能)控制器,即自控控制器。

(2) 机器人的运动状态包括机器人的活动状态(运动、静止)、运动方向(前、后、左、右)以及运动方式(轮行、爬行)。

提示: 关于遥控和自控的概念,在本书下一章会详细介绍。接下来我们针对行进类的PVCBOT机器人讨论机器人的控制原理,诸如机械臂之类的特殊机器人暂不讨论。

PVCBOT 机器人控制原理的决定因素:

(1) 动力布局:动力布局指机器人是单发动机、双发动机还是多发动机的,这些发动机又分别安装在什么位置。

(2) 操控方式:操控方式指机器人是如何改变运动状态的,比如机器人是如何转向的,是通过转向轮还是利用差速控制。

(3) 控制器类型:不管是采用远程控制器的机器人,还是采用自动控制器的机器人,它们的基本控制原理都是一样的,控制的效果也是类似的,唯一的区别就是发出指令的位置,也就是指令的来源不同。

(4) 驱动形式:对于不同驱动形式(振动、轮式、履带、关节)的机器人,它们的控制原理都是类似的。一般来说在动力布局和操控方式确定之后,不管是振动驱动的机器人,还是轮式以及履带驱动的机器人,又或是关节驱动的机器人,都可以采用类似的控制方案。

提示: 以上的结论只适用于在二维平面(陆地或水面)运动的机器人,而更复杂的在三维空间运动的机器人(飞行或潜水机器人)暂不讨论。

1.1.2 PVCBOT 的控制方式

从控制方式划分,PVCBOT 机器人可以分为无控机器人、有控机器人两种,而有控机器人又可以细分为遥控机器人和自控机器人两种,所以总体来说,PVCBOT 机器人的控制方式就可以分为无控、遥控、自控这3种。

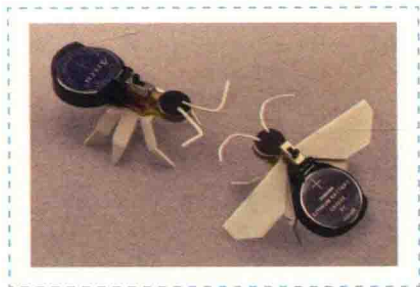
1. 无控

无控(Non-Control),即机器人的活动状态不受任何控制,完全是“无意识”地随机进行运动。

无控机器人是我们制造的第一阶段的PVCBOT机器人,即完成了“躯体”但是还没有被赋予“大脑”,它们仅能无意识地随机运动或以预先设置的特定方式运动。

我们曾介绍过的多数简易机器人都是如此,无控机器人基本不涉及指令控制,设计重点在机器人的结构及运动方式上。

此前的两册书介绍的项目大多属于无控机器人,比如“0号A型——暴走臭虫”“0号L型——晒太阳的甲虫”“0号S5型——法拉蜘蛛”等。



本书也将介绍两个无控机器人项目，即“0号D型——机器蚂蚁”（上页图左）和“0号E型——机器飞虫”（上页图右）。

2. 遥控

遥控（Remote Control），可以理解为在机器人外部进行远距离控制。一般是人工发出指令，机器人根据接收到的指令进行运动。遥控机器人就有点像被他人操纵的傀儡一样，没有独立的自主意识。

遥控机器人是我们第二阶段制作的PVCBOT机器人，它们除了拥有躯体之外，还被赋予了听从人工指令的能力，按照指令进行运动。

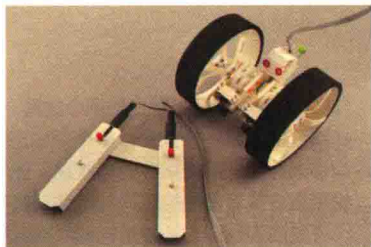
遥控通常指无线遥控，即无线远程控制，但严格来说，有线远程控制也属于遥控的范畴。

（1）有线控制（Cable Control）

有线控制，又称线控，指通过电缆、导线传输控制指令的远程操纵控制方式，也称为“有线遥控”，在PVCBOT系列中英文简称为“CControl”。

由于受到电缆长度的限制，有线控制一般支持的距离比较短，而且容易受到障碍物的影响。不过由于电缆连接具有较强的抗干扰能力，所以有线控制往往用在对稳定性要求比较高的场合。

有线控制的电路相对简单，比较适合初学者学习和制作。本书中我们将介绍两个DIY工具及部件项目：“TPE——干电池外接转换器”和“CC11——单路单通线控器”，把普通的PVCBOT无控机器人升级为线控机器人。另外，本书还将专门介绍一个独立的线控机器人项目——“40号B型——线控双轮行者”（见右上图）。



（2）无线控制（Wireless Control）

无线控制，即不依赖电缆导线连接的远程操纵控制方式，也称为“无线遥控”，我们通常所说的遥控就是指无线控制。

由于通信传播媒介的不同，常见的无线控制又可以分为传统无线电（波）遥控（Radio Control）、红外遥控（Infrared Control）、蓝牙遥控（Bluetooth Control）等，在PVCBOT系列中对应的英文简称分别为RControl、IControl、BControl。

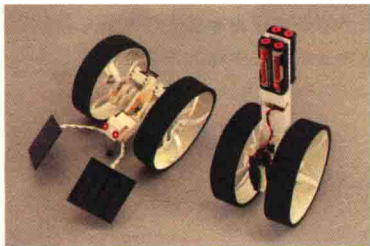
相对于有线控制，无线控制的控制距离更远一些。由于传播媒介的差异，不同的无线控制方式的控制距离有所不同，其中传统无线电（波）的控制距离最远，其次是蓝牙遥控（也属无线电的一种），最短的是红外遥控。由于无线方式不受电缆限制，所以对环境的适应能力更强；但由于无线方式容易受到干扰，所以无线控制相对有线控制来说没有那么稳定。

无线控制所涉及的电子电路相对比较复杂，这类机器人我们将在后续进阶内容中再介绍。

3. 自控

自控（Automatic Control），即自动、自主的控制，在PVCBOT系列中英文简称“AControl”，此类机器人一般不需要外界干预，拥有一定的自主意识，可以根据周围的环境情况自动调整运动状态。

自控机器人，又称为自律型机器人，是我们制作的高级PVCBOT机器人，它们拥有机械躯体的同时还拥有智能的电子大脑，并且可以探知周围的环境，自主进行调整与控制，以完成特定的活动。



对于自动控制的机器人，在此前的第2册书中我们已经介绍了两个比较简单的项目，即：具有悬崖巡边功能的“34号——守卫者”和具有避障功能的“1号——疯狂的小强”；而在本书中，我们将会介绍一个能够沿着光照方向运动的简易循光机器人“40号C型——光轮行者”（上页图左）以及能够自主保持平衡的自平衡双轮车“9号D型——忐忑者”（上页图右）。随着我们教程的推进，后续会发布更多高级的自动控制机器人。

另外值得一提的是，遥控和自控是可以同时存在的，高级机器人既可以自主进行一定的控制，也可以响应外部人为发出的操纵指令。

由于无控的含义就是没有控制，因此接下来我们讨论控制原理的时候，主要针对“遥控”和“自控”两种类型。

1.1.3 PVCBOT 的控制概念

1. 路

“路”表示能够同时发送的指令数量，几路代表同时能够发送几个指令。

一次只能发送一个指令，多个指令是按顺序进行发送的叫单路；能够同时发送多个指令的统称为多路，其中能够同时发送两个指令的叫双路，能够同时发送几个指令就叫几路。

根据指令或者被操控机构的特性，控制可分为两种类型：开关型控制和连续型控制。

- ①开关型控制：对被控机构的状态进行单一通断切换的控制，比如控制电机的转、停。
- ②连续型控制：对被控机构的状态进行连续调整，比如控制电机的转速。

相对而言，连续型控制比开关型控制更为复杂，成本也更高，本书中的线控机器人主要采用开关型控制。

2. 通道

互相独立的指令数量，用“通道”来衡量，几个通道代表总共能够发送几种指令，每种指令对应执行一个动作。

只能发送一种指令，叫单通道；能够发送多种指令则统称多通道，两种指令叫双通道，几种指令就叫几通道。

例如，只控制机器人小车前进或停止，那么就只需要单通道；要控制机器人小车前、后、左、右移动，就需要四通道，再控制移动速度就需要五通道。

特别说明，控制机器人小车所需要的通道数，与小车的动力布局、操控方式等因素有关，具体见本书后续章节中关于PVCBOT控制原理的相关内容。