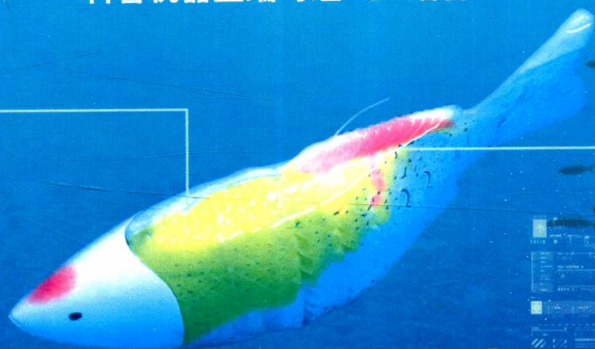


仿生 机器鱼

设计与编程

科普机器鱼编写组 © 编著



青少年科普系列丛书

仿生机器鱼设计与编程

科普机器鱼编写组 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

青少年是祖国的未来,加强对他们的科普教育,可以提高他们的创新精神和实践能力。《仿生机器鱼设计与编程》作为一本面向中小学生的科普教材,它优化了传统教材仅通过图文方式向读者传授知识的方式。本教材拥有配套仿生机器鱼,读者可以在组装和操作机器鱼的过程中学习机器鱼的机械结构、硬件控制和软件操作等知识;在学习理论知识的同时,结合机器鱼实例,将有助于理解相关知识。

本书介绍了仿生学及仿生机器鱼,机器鱼的机械结构、装配过程、硬件控制、软件编写等内容,适合青少年、鱼类仿生和机器人等领域的爱好者阅读和参考,也适合研究人员阅读与借鉴。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

仿生机器鱼设计与编程/科普机器鱼编写组编著.

—北京:电子工业出版社,2017.8(青少年科普系列丛书)

ISBN 978-7-121-32276-1

I. ①仿… II. ①科… III. ①仿生机器人—海洋机器人—程序设计—青少年读物 IV. ①TP242-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 173536 号

责任编辑:李树林

印 刷:三河市双峰印刷装订有限公司

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:880×1 230 1/32 印张:5.125 字数:107 千字

版 次:2017 年 8 月第 1 版

印 次:2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价:29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010) 88254463; lisl@phei.com.cn。

科普机器鱼编写组

主 编：王 宇

顾 问：王 硕

编 者：段小广 刘 巍 刘青峰 芦虎武 魏金辉

支持单位：中科步思德（洛阳）智控科技有限公司

» 前 言

科学技术是第一生产力，是经济发展的重要推动力量，是衡量一个国家、一个民族生产力水平高低的重要标志。在科学技术飞速发展的今天，谁不重视科学技术，谁就会落后；近代中国的屈辱史，时刻警醒我们落后就要挨打。当今世界，各国之间激烈的经济竞争、科技竞争，归根结底是人才的竞争。人是科技的创造者、发明者、传播者和使用者，是科技的载体，谁拥有高素质的人才，谁就拥有竞争力。青少年作为祖国的未来，他们对科学技术掌握的程度往往决定了一个国家未来的竞争力。因此，加强对青少年的科普教育，提高他们的创新精神和实践能力就显得尤为重要。

鱼类作为地球上最古老的生物之一，经过了亿万年的演化，拥有高效率、高机动性、高敏感性等非凡本领，可适应不同的水域环境。作为仿生学重要的分支之一的仿生机器鱼，就是通过对鱼类的仿生来实现这些非凡的本领，从而弥补现有航行器的不足。仿生机器鱼是一个涉及仿生学、材料学、机械学、控制理论、通信工程、传感器等多学科领域的智能机器。本书在国内学者研究成果的基础上，对仿生机器鱼做了简单的介绍，并以中科步思德（洛阳）智控科技有限公司研制的蓝牙版仿生机器鱼为例，对机器鱼的机械机构、硬件设计、软件设计分别进行了详细介绍。该机器鱼是在作者所在研究组的研究成果的基础上进行改进设计而成的，并申请了实用新型专利——“一种水下高仿真机器鱼机构与系统”。该机器鱼拥有漂亮的外观，

并能在水中逼真地游动，在全国各地的科技展中吸引了广大中小学生的围观，因而抢足了风头。

本书作为一本科普教材，与市面上同类教材相比，其最大的特色是拥有配套科普产品，让青少年在理论学习的同时能够通过动手操作来加深对仿生机器鱼的理解。

全书分为6章。第1章主要介绍仿生学及仿生机器鱼；第2章、第3章为机械设计及机器鱼装配过程，先介绍机器鱼机械构造及各部分的设计，然后通过生动的图文详细讲解机器鱼的装配过程，注重理论学习与实际操作相结合，以帮助读者深入理解机器鱼的结构设计；第4章、第5章为机器鱼的硬件控制系统设计，介绍机器鱼游动、灯光颜色等是如何实现的；第6章在简单介绍编程语言的基础上，通过实例讲解App的编写过程。

本书第1~3章由机械设计工程师段小广编写，第4章、第5章由硬件开发工程师魏金辉编写，第6章由软件开发工程师刘巍编写。全书由中国科学院自动化研究所王宇助理研究员主编并统稿，中国科学院自动化研究所王硕研究员担任顾问。

本书参考了大量的资料，在此对相关作者表示感谢。由于编者水平有限，疏漏之处敬请谅解。同时，如果内容和引文的标注方面有所遗漏，请广大读者谅解并予以指正。

科普机器鱼编写组

2017年3月28日于北京

第 1 章 仿生学及仿生机器鱼 / 1

1.1 仿生学简介 / 2

1.1.1 仿生学的由来 / 2

1.1.2 仿生学的研究范围 / 3

1.1.3 仿生学的研究方法 / 5

1.1.4 仿生学的经典实例 / 6

1.2 仿生机器鱼 / 13

1.2.1 概述 / 13

1.2.2 仿生机器鱼能做什么 / 15

1.2.3 仿生机器鱼的研究目的和意义 / 17

1.2.4 国内外仿生机器鱼的研究现状 / 20

第 2 章 仿生机器鱼机械结构 / 27

2.1 仿生机器鱼外形与机构的设计 / 27

2.2 仿生机器鱼的机械结构 / 29

2.3 仿生机器鱼机械结构设计详解 / 32

2.3.1 鱼头设计 / 33

2.3.2 鱼体设计 / 33

2.3.3 鱼尾设计 / 35

2.3.4 鱼皮设计 / 35

第3章 仿生机器鱼装配图文详解 / 37

3.1 清点零件, 核对数量 / 37

3.2 减速机构和曲柄摇杆机构的装配 / 42

3.3 电机、电池、电路板的装配 / 48

3.4 鱼头、鱼骨的装配 / 51

3.5 鱼皮、鱼头壳的装配 / 54

第4章 仿生机器鱼控制系统 / 56

4.1 供电系统 / 57

4.2 电机控制 / 58

4.3 LED 灯控制 / 60

4.4 鱼尾位置的检测 / 61

4.5 蓝牙通信 / 63

第5章 基于 51 单片机的机器鱼控制工程 / 65

5.1 STC15W40x 系列单片机 / 66

5.2 STC15W408AS 原理图讲解 / 66

5.3 灯光控制电路 / 67

5.4 电机控制电路 / 69

5.5 51 单片机与蓝牙通信 / 70

第 6 章 编程介绍及 Android 实例 / 74

6.1 编程语言、Android 及蓝牙 4.0 / 75

6.1.1 编程语言简介 / 75

6.1.2 Android 简介 / 76

6.1.3 蓝牙 4.0 / 78

6.2 Android 实例——编写自己 App / 79

6.2.1 软件功能介绍 / 79

6.2.2 开发环境部署 / 81

6.2.3 第一个程序 / 82

6.2.4 程序说明 / 92

6.2.5 程序运行流程 / 98

6.2.6 用户交互 / 99

6.2.7 搜索蓝牙设备 / 103

6.2.8 连接蓝牙设备 / 117

6.2.9 发送数据 / 127

6.2.10 控制仿生机器鱼连续游动 / 140

附录 编程语言发展史 / 144

参考文献 / 151

仿生学及仿生机器鱼

仿生学是一门既古老又年轻的学科——人们研究生物体结构与功能的原理，并根据这些原理发明新的设备和工具，创造出适用于生产、学习和生活的先进技术。相传早在大禹时期，我们的祖先通过观察鱼，借鉴并利用鱼尾在水中游动的原理，在船尾装上木桨来使船能够在水面上灵活航行。经过反复的改进和实践，木桨逐渐演化成了橹和舵，增加了船的动力，人们也逐渐掌握了使船转弯的方法；公元前 400 多年的春秋战国时期，鲁国人鲁班看到鸟儿展翅可在空中自由飞翔，就通过仿制鸟儿的翅膀，设计和制造了一架木鸟，从而使自己也能在空中飞翔。《墨子》中有这样的记载：“公输子削竹木以为鹊，成而飞之，三日不下。”也就是说，鲁班制作的木鸟，能飞上高空，三天不降落。这些故事充分反映了在很早的时候，人类就懂得了模仿自然界中不同生物的特殊本领，通过创造性的劳动增加自己的本领，从而使人类的生产、生活更加便捷。

作为仿生学的重要分支之一，仿生机器鱼在进入 20

世纪后得到了长足的发展。随着人工智能技术的发展和人类对海洋资源的开发，人类逐渐将眼光投向了具有高效率、高机动性、低噪声、高敏感性的鱼类身上。假如我们的舰船、潜艇和水下机器人等设备具有像鱼类一样的高效率、高机动性等，将对我们的生产、生活和国防军工产生深远的影响。本章主要介绍仿生学的由来、研究范围、研究方法和经典实例，以及仿生机器鱼的优点、应用和在国内外研究进展。通过这些内容，让大家对仿生学和仿生机器鱼有初步的认识。

1.1 仿生学简介

1.1.1 仿生学的由来

1960年9月，在俄亥俄州的空军基地戴通美国空军航空局召开的第一次仿生学会议上，仿生学一词被正式提出来了。在这次会议上，美国J. E. 斯蒂尔根据拉丁文“bios（生命方式的意思）”和字尾“nic（‘具有……的性质’的意思）”组成Bionics（仿生学）。他认为：“仿生学是研究以模仿生物系统的方式，或者具有生物系统特征的方式，或者类似于生物系统方式工作的系统科学。”尽管人类在文明进化中不断从生物界受到新的启示，但是仿生学的诞生，一般以1960年全美第一届仿生学讨论会的召开为标志。

1.1.2 仿生学的研究范围

仿生学是一门建立在多学科边缘上的综合性学科，包括生物学、机械学、数学、材料学、电子学、信息学、控制学等学科。它主要研究生物系统中对人类有益的特殊结构、特殊功能，通过分析它们的工作原理，将它们应用到技术系统，以创造、改善现有技术和工程设备，从而造福人类。绚丽多姿的生物界，生物的种类十分丰富，为了能够在“物竞天择，适者生存”的自然法则下存活下来，它们都演化出了属于自己的一套“特殊技能”；而这些人类无法做到的特殊技能，就是仿生学家研究的对象。所以，仿生学的研究范围很广，根据其研究内容，可以概括为以下几个方面。

(1) 力学仿生

力学仿生是研究和模仿生物体结构的静力学性质，以及生物体各组成部分在体内相对运动和生物体环境中运动的动力学性质。例如：建筑上悉尼歌剧院采用大跨度薄壳建筑是模仿贝壳修建的；军事上为了减少航行湍流，提高航速，把人工海豚皮包敷在舰船外壳上，因为海豚皮肤的沟槽结构能够减少航行湍流。

(2) 分子仿生

分子仿生是研究和模拟生物体中酶的催化作用、生物

膜的选择性、通透性、生物大分子或其类似物的分析和合成等。例如，在掌握了森林害虫舞毒蛾的性引诱激素的化学结构后，就可以合成一种类似的有机化合物，在田间捕虫笼中用 10^{-7} 微克这种物质，便可诱杀雄虫。

（3）能量仿生

能量仿生是研究和模仿生物电器官发光、肌肉直接把化学能转换成机械能等生物体中的能量转换过程。例如，科学家通过研究萤火虫的发光原理，发明了荧光灯——日光灯，使人类的照明光源发生了很大变化。

（4）信息与控制仿生

信息与控制仿生是研究和模拟感觉器官、神经元与神经网络，以及高级中枢的智能活动等方面生物体中的信息处理过程。例如，苍蝇没有鼻子，但是它能嗅到几千米外的气味，这种特殊功能得益于苍蝇头部那一对触角的特殊构造。这对触角内含上百个嗅觉神经细胞，可以灵敏地感受到几千米之外的气味。当这些神经细胞感受到气味之后，神经细胞向大脑发出电脉冲，大脑根据收到的不同神经电脉冲来判断不同的气味物质。仿生学家根据苍蝇触角的特殊构造，仿制出一种气体分析仪，这种分析仪可以用在矿井里检测有害气体，也可以用在宇宙飞船的座舱里检测舱内气体的成分。

(5) 模仿人类学习过程

模仿人类学习过程，制造出一种称为“感知机”的机器。它可以通过训练、改变元件之间联系的权重来进行学习，从而实现模式识别。此外，它还可以研究、模拟体内稳态、运动控制、动物的定向与导航等生物系统的控制机制，以及人-机系统的仿生学。

1.1.3 仿生学的研究方法

仿生学的任务就是研究某些生物的“特异功能”及产生原理，并根据这种原理去设计新的设备来提高工程技术的综合目标和性能。人们根据苍蝇复眼的结构原理设计出蝇眼透镜，将它应用于电路板印刷等领域，大大地提高了人工效率和质量；人们根据蝙蝠捕食的原理制造出雷达，将它应用于飞机及航空等领域，使飞机具有了“千里眼”。这样的例子还有很多，我们会在下一节详细讲解。

仿生学的研究方法就是对生物构造及产生原理进行分析，并根据其构造和原理进行模仿，设计出符合所需性能的设备，其研究过程大致可以分为以下三个阶段。

首先，对生物结构和产生原理进行分析。根据实际研究需求，去除与需求无关的因素，得到一个简化的生物模型。

其次，建立数学模型。通过对生物模型机构及原理进行数学分析，用数学的语言将生物模型的原理结构表达出来，也就是建立一定意义的数学模型。

最后，根据数学模型，制造出符合目标性能的实物模型。

1.1.4 仿生学的经典实例

仿生学在很多领域有着广泛的应用，比如军事、工业、考古、勘探、娱乐和服务等方面。下面列举几个经典的仿生学实例。

(1) 蝙蝠与雷达

在漆黑的夜里，啥也看不见，那么飞行员是通过什么来实现飞机安全飞行的呢？其实飞行员不是通过眼睛来判断前方是否有障碍物的，而是通过雷达来判断：雷达通过发出无线电波和接收反射波来判断几千千米之外的障碍物。雷达其实是通过模仿蝙蝠捕食的原理制造出来的，如图 1-1 所示。为了保证飞机能够在夜里安全飞行，科学家将目光投向了蝙蝠；因为蝙蝠不在光线好的白天捕食，却在漆黑的夜里捕食。为了弄清蝙蝠的这个捕食原理，科学家做了一个实验，在一间屋子里横七竖八地拉了很多绳子，绳子上栓有铃铛。他们将蝙蝠的眼睛蒙上，让蝙蝠在屋子里飞，结果蝙蝠飞了几个小时，却没有碰到一根绳子。

后来科学家又做了一次实验，他们将蝙蝠的嘴巴和耳朵分别堵上，蝙蝠像无头的苍蝇似的到处乱撞，挂在绳子上的铃铛响个不停。通过这个实验，科学家发现蝙蝠在夜里捕食，不是通过眼睛来辨别的，而是通过嘴和耳朵配合实现的。科学家通过反复研究发现，蝙蝠在飞行的时候嘴里发出一种叫超声波的声音，这种超声波遇到障碍物就会反射回来，传到蝙蝠的耳朵里面，它就知道了前方障碍物的存在。这就是蝙蝠能够在漆夜里捕食的原因及原理。科学家根据这个原理，发明了雷达。雷达通过天线发出无线电波，无线电波遇到障碍物就反射回来，显示在荧光屏上。飞行员通过雷达的荧光屏，就能够看清楚前方有没有障碍物，所以飞机在夜里飞行也十分安全。

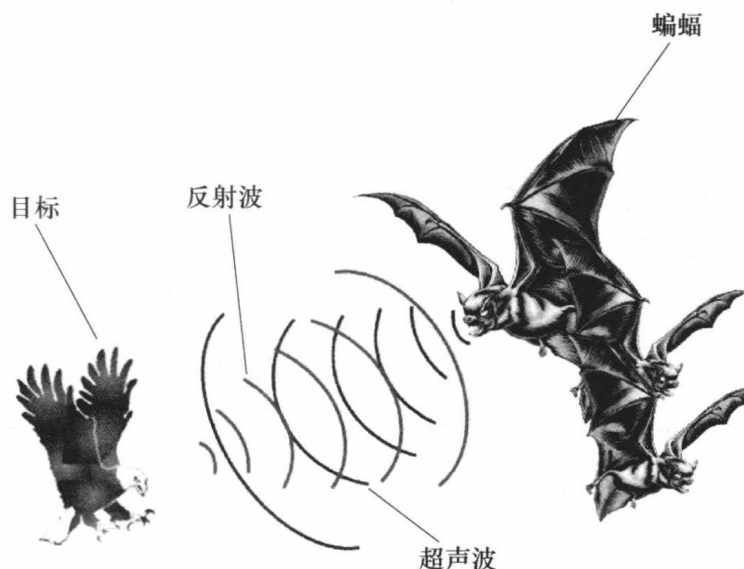


图 1-1 蝙蝠通过超声波捕食原理

（2）电鱼与伏特电池

自然界中有许多生物都能够产生电，其中仅鱼类就有 500 多种，人们将这些能够放电的鱼类统称为“电鱼”。相关资料显示，非洲电鳐能产生高达 500 V 的电压，南美洲有一种电鳗能产生高达 880 V 的电压。科学家通过对电鱼的解剖研究，发现在电鱼体内有一种奇特的发电器官。这些发电器官是由许多半透明的盘状细胞构成的，人们将这些盘状细胞称为电板。不同种类的电鱼，电板数量都不一样。例如，电鳐的发电器官中有 200 万块电板，电鳐的发电器官有大约 500 万块电板。单个电板产生的电压很微弱，但这么多的电板串联起来产生的电压就不容小觑。科学家通过这些电鱼的解剖研究发现，不同种类的电鱼，发电器官的形状、位置、电板数量都不一样，但是它们的发电原理都大致类似。19 世纪，意大利物理学家伏特，根据电鱼的发电原理，设计出世界上最早的伏特电池。

（3）蜻蜓与平衡重锤

飞机在高速飞行时，常常会引起剧烈的振动，甚至有时候会折断机翼而引起飞机失事。科学家在研究蜻蜓飞行时，发现蜻蜓翅膀上较重的褐色厚片对蜻蜓的平稳飞行至关重要，如图 1-2 所示。如果去掉蜻蜓翅膀上的褐色厚片，那蜻蜓飞起来的时候会荡来荡去，不能够保持平稳飞行。也就是说，蜻蜓的平稳飞行是依靠褐色加重的翅膀来保证的。于是科学家仿效蜻蜓，在飞机的两翼加上了平衡重锤，