

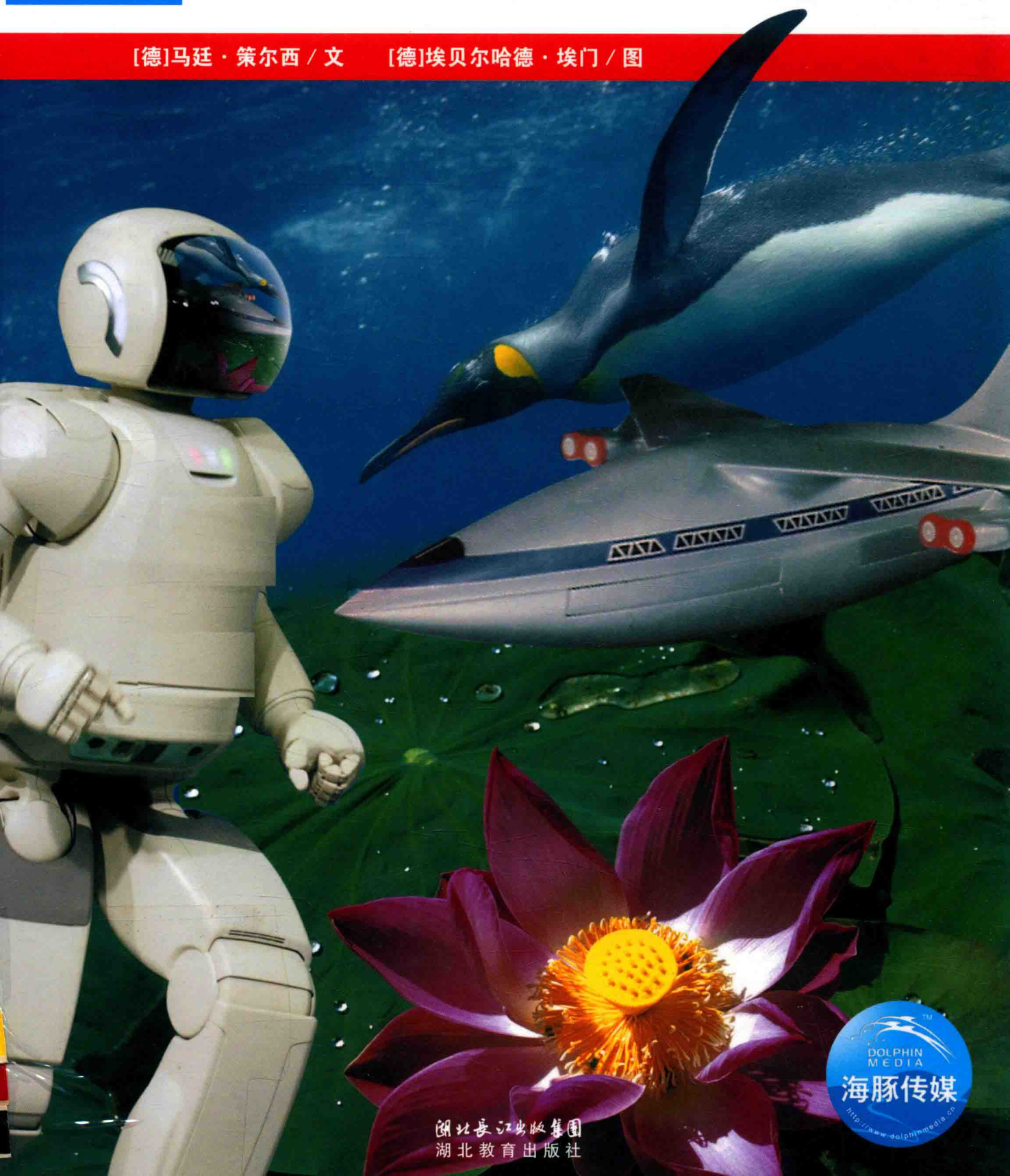
WAS
IS
WAS

德国少年儿童百科知识全书

神奇的仿生学

[德]马廷·策尔西 / 文

[德]埃贝尔哈德·埃门 / 图



湖北长江出版集团
湖北教育出版社





神奇的仿生学

[德]马廷·策尔西/文
[德]埃贝尔哈德·埃门/图
徐小清/译



大壁虎

湖北长江出版集团
湖北教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

神奇的仿生学 / [德]马廷·策尔西文; [德]埃贝尔哈德·埃门图; 徐小清译. —武汉: 湖北教育出版社, 2009.6
(是什么是什么)

ISBN 978-7-5351-5502-3

I. 神… II. ①马…②埃…③徐… III. 仿生学—青少年读物 IV. Q811-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第102351号

著作权合同登记号: 图字17-2008-120

神奇的仿生学

[德]马廷·策尔西 / 文 [德]埃贝尔哈德·埃门 / 图

徐小清 / 译 责任编辑 / 赵 晖 黄 刚

装帧设计 / 王 中 美术编辑 / 鲁 静

出版发行 / 湖北教育出版社 经销 / 全国新华书店

印刷 / 上海中华商务联合印刷有限公司

开本 / 889 × 1194 1/16 3印张

版次 / 2009年7月第1版第1次印刷

书号 / ISBN 978-7-5351-5502-3

定价 / 29.00元

Bionik

By Martin Zeuch

Illustrated by Eberhard Reimann

©2008, 2006 Tessloff Verlag, Nuremberg, Germany, www.tessloff.com

© WAS IST WAS by Tessloff Verlag, Nuremberg, Germany.

© 2009 Dolphin Media Ltd.

for this edition in the simplified Chinese language

本书中文简体字版权经德国Tessloff出版社授予海豚传媒股份有限公司，
由湖北教育出版社独家出版发行。

版权所有，侵权必究。

策划 / 海豚传媒股份有限公司 网址 / www.dolphinmedia.cn 邮箱 / dolphinmedia@vip.163.com

咨询热线 / 027-87398305 销售热线 / 027-87396822

海豚传媒常年法律顾问 / 湖北立丰律师事务所 王清博士 邮箱 / wangq007_65@sina.com

《是什么是什么》(WAS IST WAS) 中文版 高端专家顾问团 (按姓氏笔划为序)

朱英国 植物遗传育种专家，中国工程院院士，武汉大学教授，博士生导师。

江晓原 著名科学史学者，科普作家，上海交通大学科学史系主任、教授、博士生导师，中国科学技术史学会副理事长。

刘兴诗 著名科普作家，地质学教授，史前考古学研究专家，世界科幻小说协会会员。

刘 兵 著名科学史学者，清华大学人文社会科学学院教授，博士生导师，中国科学技术史学会常务理事。

吴 岩 著名科幻作家，科幻文学研究家，北京师范大学教育管理学院中小学管理研究所所长、教授。

张之路 著名科幻作家，电影编剧，儿童文学作家，中国作协儿童文学创作委员会副主任，中影集团策划部主任。

唐兆子 著名动物学家，有动物标本界“南唐”之称，湖北省野生动物保护协会副会长。

蔡美玲 Mailin Choy，德国青年汉学家，柏林自由大学汉学和新德国文学硕士，德国图书信息中心项目经理。

首席审译

张京生 著名翻译家，中国对外翻译出版公司翻译部主任。

审译团队

陈华实、王勋华、李立娅、李昕、刘钊、包琳琳、徐小清、张建伟、谭渊、焦豫、陈圣芳、于纯忠、翟欣

翻译支持

传神联合 (北京) 信息技术有限公司 **Transn 传神**

目 录

日常生活中的仿生学

大自然带来的启发

什么是仿生学?

从何时开始有了仿生学家?

什么是类比?

哪些生物适合作为仿生学的生物原型?

什么是“工程生物学”?

表面效应——大自然的小把戏

植物可以自我净化吗?

是否只有莲花具有自洁作用?

谁发现了自洁作用?

自洁作用是如何进行的?

什么是莲花效应®?

还有必要清洗和打扫吗?

表面张力

为什么有的动物能在屋顶上奔跑呢?

人类可以向壁虎学到什么呢?

像鸟儿一样飞翔

谁是第一个飞上天空的人?

谁是奥托·利林塔尔?

伯努利效应

如何才能飞行?

什么时候会产生上升力呢?

水下飞行

鸟类是怎样翱翔的?

为什么飞机不扇动
机翼呢?

边缘涡流和环片螺旋桨

飞机可以从鸟类身上
借鉴什么?

小实验

轻质结构——工程师可以从 树木和骨骼中学习到什么

树木是如何生长的?

4

6

6

6

7

8

9

10

10

10

11

12

13

14

14

15

16

17

17

18

18

19

20

20

21

21

21

22

23

23

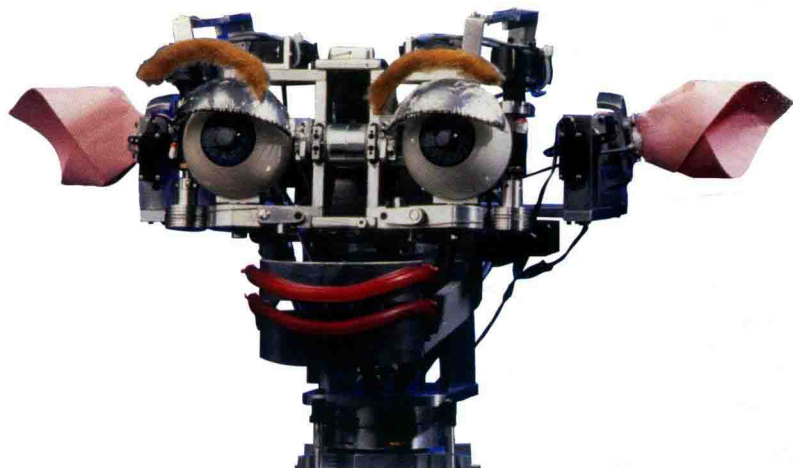
24

24

26

26

26



张 力

什么是“恒压定律”?

骨骼是怎样适应外力作用的呢?

机械部件是否也能自己生长?

什么是“软区域清除”?

人们在何处应用CAO和SKO程序?

鹦鹉螺的秘密是什么?

什么是复合材料?

自然界和技术领域中有哪些复合材料?

合成材料可以自我修复吗?

敏捷的“游泳健将”

——鲨鱼、海豚和企鹅的诀窍

为什么鲨鱼的皮肤很粗糙呢?

流体阻力

我们是否可以仿制鲨鱼的皮肤呢?

为什么海豚游泳的速度很快呢?

感觉器官

什么是感觉器官?

为什么动物眼中的世界与我们的不同呢?

人类可以仿制动物的感觉器官吗?

机器人是如何学会走路的

动物是如何行走的?

机器人是如何行走的?

为什么机器人的动作如此笨拙呢?

机器人是否会对人类构成威胁?

仿生机器人

卡尔斯鲁厄仿生手

名词索引

27

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

36

36

37

38

39

39

40

41

42

42

43

44

45

46

48

48





神奇的仿生学

[德]马廷·策尔西/文
[德]埃贝尔哈德·埃门/图
徐小清/译



大壁虎

湖北长江出版集团
湖北教育出版社

前言

经过数百万年的进化演变，自然界中的生物具有了无数超凡的能力和适应生存的身体结构，他们的本领往往让我们感到惊奇。

以自然界中的生物为原型，仿造它们的本领来发展新技术，这是一个令人激动的想法。仿生学，正是这样一门科学。仿生学一词是由拉丁文“bios”（生命形式的意思）和字尾“nics”（“具有的性质”的意思）构成的。在最近几年里，社会各界越来越多地关注着这门学科。和仿生学联系在一起的是希望和期待，因为随着近代工业技术的发展，自然环境所面临的威胁也越来越大。那么，能否根据自然

界中各种生物的自然特征和协调能力来发展“自然技术”呢？这正是人们所期待、所向往的。

仿造自然界中的生物开发出新的技术产品，这条道路仍然是漫长和艰难的。仿生学毕竟不能解决所有的技术问题，但它可以为此提供帮助。大自然为我们提供了取之不尽的宝藏，仿生学就是从自然中汲取灵感的“发明”。

这本《是什么是什么》将带你进入一个迷人的仿生学世界，开始一段神奇之旅。在这本书中，你将从猫爪式轮胎、达·芬奇的直升飞机初稿、奥托·利林塔尔的滑翔机到鲨鱼皮仿生涂料，全面了解仿生学的发展历程。

致 谢

在此，我要特别感谢 BitZ（达姆施塔特大学生物技术中心）的工作人员以及对我的工作提供了支持和帮助的下列人员：托斯滕·罗斯曼博士，卡梅隆·特罗朋教授，亨德里克·巴格尔博士，塔加纳·胡贝尔和西格里德·贝尔泽。另外，我还要感谢下列同事，他们在专业技术上为我提供了许多宝贵的建议：贝恩德·希尔教授，科尼利厄斯·希林博士，迪恩·海德博士，曼努埃尔·斯佩思，兹德内·塞尔曼，依维萨·特萨利博士，罗兰·卡普尔，克劳斯·马特哈克教授，依沃·波布兰，安托尼亚·凯瑟教授和多里斯·蔡恩。在此，我还要感谢多萝特·克雷默关于教学方面的宝贵经验，这使我受益匪浅。最后，我还要感谢 Tessloff 出版社对本书出版所提供的大力支持。

马廷·策尔西



图片来源明细

照片：Tessloff出版社(纽伦堡):4左,4中(电线),4中右(盐瓶),6左下,8左下,8/9上,9右下,24中,26左下,27左下;
普罗特·W·巴特格特(波恩尼斯学院):10左上,10右上,12/13下,13中,14右上;汉诺威大陆股份公司:5中下;
考比斯公司(杜塞尔多夫):4右上,5中右,22左上,24右上,26/27,28下(2),36上;戴姆勒-克莱斯勒(斯图加特):38右(4);
埃斯林根费斯托股份公司:44左下,47中;Focus(汉堡):3右上,5左中,15右中,16下,18右上,23上,32/33上,33右上,37右上,
36/37下,40左上(花朵),41左(3),42右中,47左上,47右中,47左下;FZI计算机科学研究中心(卡尔斯鲁厄):43左下;
FZK研究中心(卡尔斯鲁厄):47左下,48中,48右中;奥芬巴赫本田汽车欧洲有限公司:44左下;IAS EcoBot小组:45左上;
阿明·雅戈尔博士(波鸿):4左下(罂粟的果荚);罗伯特·科拉茨(达姆斯塔特大学):47右上;曼海姆州立技术劳动博物馆:37左上;
美国国家航空航天局:19左中;NHPA(英国苏塞克斯):21上;欧宝有限公司(洛塔尔·哈茨海姆)(吕塞尔斯海姆):30(3);
皮普斯图书馆(剑桥大学莫德琳学院):6中右;图片箱:29(背景);阿里安斯图片社(法兰克福):1,4/5下,6右上,11右上,12下中,
13左上,14左下,14左下,16左上,16右上,17右上,20左上,24下中,29左上,29中,31左上,31/32下,34/35,35右上,38左下,41右,
42下,45左下,48左上;未来概念股份公司(瑞士格拉特布鲁格):35左下;赫尔穆特·施密茨博士(波恩):39左下;
Speedo公司:37左下;Sto股份公司(斯图林根):10/11下,13右中;伊尔梅瑙大学(机械制造系):46右上;
萨尔布吕肯萨尔大学(阿尔弗雷德·维塞尔博士):8上(6);野生动物协会(汉堡):3左下,7左下,8中下,15左下,15右上,20左下,
32左上,38中上,40右上,43中,48下;www.members.aol.com/woinem1/index/zanonia.htm/Uli Wahl(魏因海姆):25右上;
www.ornithoptcr.ca/James Delaurier: 23左中;www.zar-x.de:46左下;马丁·措伊克(达姆斯塔特大学):22中,22;

封面照片：奥芬巴赫本田汽车欧洲有限公司(机器人);曼海姆州立技术劳动博物馆(飞行器);
考比斯公司(杜塞尔多夫)(企鹅);Focus(汉堡)(荷叶);

插图绘制：埃贝尔哈德·埃门

目 录

日常生活中的仿生学

大自然带来的启发

什么是仿生学?

从何时开始有了仿生学家?

什么是类比?

哪些生物适合作为仿生学的生物原型?

什么是“工程生物学”?

表面效应——大自然的小把戏

植物可以自我净化吗?

是否只有莲花具有自洁作用?

谁发现了自洁作用?

自洁作用是如何进行的?

什么是莲花效应®?

还有必要清洗和打扫吗?

表面张力

为什么有的动物能在屋顶上奔跑呢?

人类可以向壁虎学到什么呢?

像鸟儿一样飞翔

谁是第一个飞上天空的人?

谁是奥托·利林塔尔?

伯努利效应

如何才能飞行?

什么时候会产生上升力呢?

水下飞行

鸟类是怎样翱翔的?

为什么飞机不扇动
机翼呢?

边缘涡流和环片螺旋桨

飞机可以从鸟类身上
借鉴什么?

小实验

轻质结构——工程师可以从 树木和骨骼中学习到什么

树木是如何生长的?

4

6

6

6

7

8

9

10

10

10

11

12

13

14

14

15

16

17

17

18

18

19

20

20

21

21

21

22

22

23

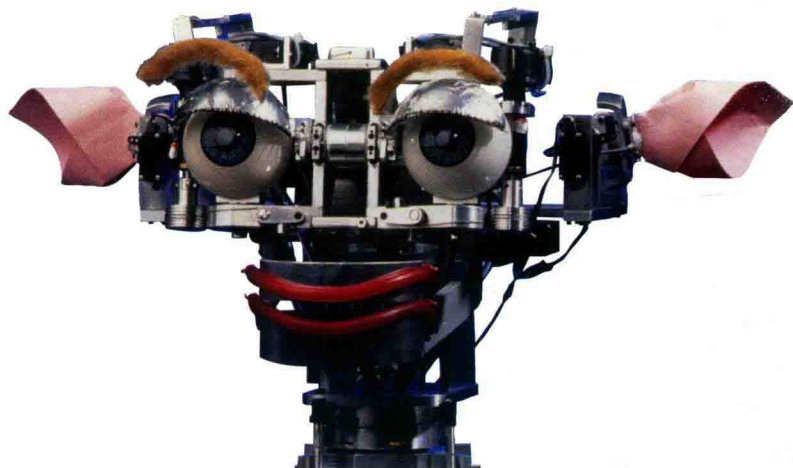
24

24

26

26

26



张 力

什么是“恒压定律”?

骨骼是怎样适应外力作用的呢?

机械部件是否也能自己生长?

什么是“软区域清除”?

人们在何处应用CAO和SKO程序?

鹦鹉螺的秘密是什么?

什么是复合材料?

自然界和技术领域中有哪些复合材料?

合成材料可以自我修复吗?

敏捷的“游泳健将”

——鲨鱼、海豚和企鹅的诀窍

为什么鲨鱼的皮肤很粗糙呢?

流体阻力

我们是否可以仿制鲨鱼的皮肤呢?

为什么海豚游泳的速度很快呢?

感觉器官

什么是感觉器官?

为什么动物眼中的世界与我们的不同呢?

人类可以仿制动物的感觉器官吗?

机器人是如何学会走路的

动物是如何行走的?

机器人是如何行走的?

为什么机器人的动作如此笨拙呢?

机器人是否会对人类构成威胁?

仿生机器人

卡尔斯鲁厄仿生手

名词索引

27

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

36

36

37

38

39

39

40

41

42

42

43

44

45

46

48

48



日常生活中的仿生学

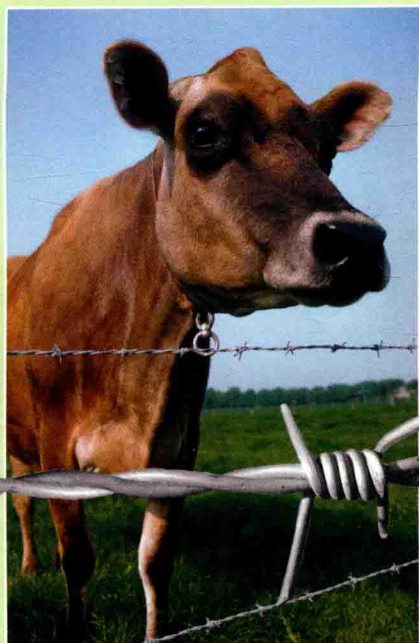
在日常生活中，存在着大量从自然界得到启发的发明，但大多数人却对此知之甚少。例如，人们对于铁丝网或是盐瓶已经非常熟悉了，但是您知道它们是怎么来的吗？它们与植物有什么关系呢？

1868 年，迈克尔·凯

铁丝网

利在美国得克萨斯

州申请了铁丝网专利。专利是用来保护发明人的文件，使发明人独自享有使用其发明的权利，这样就可以避免其他人仿造此项专利并从中获利。凯利发现，人们



在放牧的时候，通

常采用被称为荆棘的一种

铁丝网围栏通常用于畜牧业。

棘手灌木作为围栏圈养动物。对于继续向西部探索的拓荒者来说，这些可被运送的荆棘非常有用——于是他仿照荆棘制造的铁丝网就问世了。

盐瓶是德国第一个具有仿生发明专利

盐瓶

的物品。1919 年，植物学家拉乌尔·法兰茨想

将微生物均匀地分布在地面上，于是以罂粟的果荚作为参考。如果罂粟凋谢，成熟的种子就会存留在果荚内，而种子必须继续得到广泛的传播，这些种子如果只是简单地从母体落到地面上生根发芽的话，幼苗将相互争夺阳光，这将阻碍它们的成长。

因此，在果荚四周分布有许多小孔，当风吹动果荚时，种子将通过小孔均匀地向外撒播。盐瓶只是法兰茨根据在自然界中得到的启发而发明的物品之一。他将这种新的学科称为“生物技术”，并认为自己是创始人，今天我们称其为“仿生学”。



罂粟的果荚

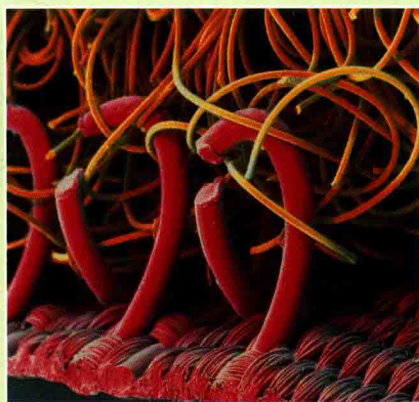
尼龙搭扣仿效了自然界中的哪

尼龙搭扣

种植物，这并不难猜到——当然是苍耳。瑞士工程师

乔治·德·梅斯特拉尔在狩猎旅行后，总要为他的爱犬清理粘在身上的带刺的苍耳，这引起了他的好奇心。他在显微镜下进一步观察苍耳后，发现了其中的奥秘：原来苍耳上长满了柔韧弯曲的倒钩，如果当它接触到动物的毛皮或是人的衣物时，就会钩上去粘在上面。这样果实就能经过漫长的旅程被运送到远处，并且在那里繁育出新的苍耳。苍耳的倒钩非常有韧性，从皮毛上摘下来也不会断裂。

1951年，瑞士专利局为尼龙搭扣授予了专利权。当时的搭扣两边都有倒钩和环状扣，而今天尼龙搭扣的钩子和环扣分别位于搭扣的两边。



尼龙搭扣的一边为有力的倒钩，另一边为柔软的环扣；下图：自然界中的苍耳。



粘附在爱犬身上的苍耳，启发乔治·德·梅斯特拉尔发明了尼龙搭扣。

汽车轮胎主要承担两个任务，而这两个任务又恰恰是相互矛盾的：在正常驾驶

时，轮胎要产生尽可能小的阻力，以便降低汽车的燃油消耗，但在刹车过程中，又必须与地面产生最大的摩擦力。为了解决这一矛盾，工程师以猫爪作为参考进行研究。猫爪上的软垫在跑动时为狭长形，而当猫跳起逃避或追捕时就变宽了。



据此原理，德国大陆轮胎公司研发了一款夏用轮胎——“猫爪式轮胎”（ContiPremiumContact®）：在刹车时，它会变得比一般的夏用轮胎更宽，由此可以产生更大的阻力促使汽车停止。通过这种方式，可以避免发生更多的事故。

猫在落地时，它的爪会变宽，这就是研发“猫爪式轮胎”的灵感来源。



大自然带来的启发

什么是仿生学？

仿生学是由“生物学”和“技术”这两个概念组成的。生物学是研究生命体的科学，因此仿生学是将生物学和工程技术相结合的交叉学科，也可以将仿生学描述为：从大自然中获得灵感，然后用它来发明新技术。

那些仔细观察过大自然的人，肯定会对各种不同形状和颜色的动植物非常熟悉，而且会清楚地知道哺乳动物、鸟类和昆虫身体构造的区别。各种动物具有不同的身体构造，这种现象绝非偶然。在漫长的过程中，大自然创造了不同种类的动物和植物，通常情况下，它们都可以很好地适应周围的生存环境。我们将这样的进程称为进化过程。

动植物与各种工程技术产品之间存在着一些共同点，即工程技



变色龙可以改变皮肤的颜色。

术产品也必须与其使用的环境相适应。例如，我们无法穿着精致的高跟凉鞋去登山。

这样，人们开始为日常生活中碰到的很多问题，寻找聪明的解决办法。对动植物的观察可以使人获得启发，从而找到解决问题的办法，并将其转化到技术中。仿生学就是这样产生的。

从何时开始有了仿生学家？

意大利人莱奥纳多·达·芬奇（1452—1519）不仅是一位优秀的画家和雕塑家，而且还是著名的发明家。他曾经绘制了飞行器的

鼹鼠可以熟练地用前脚刨洞。



“鱼头”

16世纪，英国和西班牙为了争夺海上霸主地位，进行了多次战争。1586年，英国人马修·贝克根据两种鱼的构造改良了英国的军舰：他仿照鳐鱼的头部以及鲭鱼的尾部制成了贝克号舰艇。



贝克号舰艇

这种军舰相比于西班牙人用重型武器武装的大型军舰，不仅速度快，而且更易于控制。1588年，英国军舰战胜了西班牙军舰，其中贝克号舰艇功不可没。

现在来看看莱奥纳多·达·芬奇是如何根据苜蓿的原型设计出直升飞机的。

类比研究

当仿生学家试图从自然界中寻找解决技术问题方法时，一开始肯定会感到无所适从，因为自然界中不可能存在可以直接仿效的技术方案。他首先必须进行观察，看看自然界中是否有自己需要的生物原型存在。如果的确存在，接着就要研究这种动物或植物是如何解决这一问题的。这种在自然界中寻找适当模型的做法被称为类比研究。



草图，这种飞行器与鸟类或者蝙蝠十分相似。在观察到苜蓿螺旋状的果实后，他受到启发，从而绘制出了直升飞机的草图。

莱奥纳多·达·芬奇可能是首位仿生学家，但是他本人和从事这方面研究的科学家，当时并不将自己称为仿生学家。“仿生学”这个概念是相当新的，它最早是由美国空军少校杰克·斯蒂尔（Jack Steele）在1960年提出的，他将仿生学描述为“从自然中学习进而应用在工程技术中的学科”。

直到20世纪50年代，德国科学家才开始进行仿生学的研究。20世纪末，这门学科才广为人知。20世纪很多工程师都对自然界中的动植物产生了兴趣。刚开始仿生学研究时，大部分仿生学发明

只是科学家意外发现的。但是今天，科学家们已经开始有意识地在自然界中寻找那些可以为技术发展提供借鉴的生物原型。

类比是指仿生学家在自然界

什么是类比？

中寻找生物原型来改良现有的技术。如果他想改良一个工具，例如钳

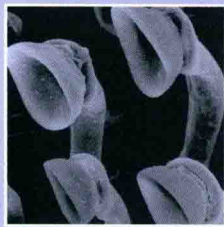
子，那么他必须寻找具有类似器官的动物，这可以是蟹钳或者是鸟喙。我们并不能简单地模仿这种生物原型，而必须将自然原理进行技术转化。

例如，有一些科学家对树木和骨骼的生长规律进行研究，他们将这一生长规律编成电脑程序，然

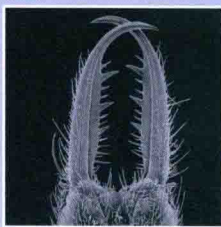
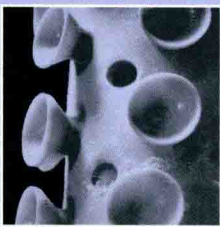
一只小鳄鱼从蛋壳中钻出来。至今，蛋壳依然是一种无法超越的包装模型。



类比：对比自然界中的生物模型和工程技术领域中的工具，可以发现它们之间惊人的相似之处。



甲虫的吸盘—浴室脚垫



蚁狮的上颌骨—尖嘴钳



蜜蜂的花粉梳—梳子



后用这一程序来设计稳固轻便的机械元件。在自然界和工程技术领域中，存在着相似形态的工具和原理，这种情况被我们称为类比（即相似）。

例如，我们使用的工具，可以在自然界中找到大量与之类似的生物原型。

如果我们想要在木头上打眼，一般会使用钻机或手摇钻。手摇钻与钻机的区别在于：使用手摇钻时，必须经常变换手的姿势和摆放位置。

拧螺丝也是同样的道理，原因是我们的肌肉和关节不能扭转过度。而有些生物能用各种办法钻进木头里，它们可以用下颚咬进木头里或者用类似钻头的器官锉入木头中，而不需要自己扭动它。仿生学家寻找的正是这些自然界中的特殊方法。

哪些生物适合作为仿生学的生物原型？

为了断定哪些生物具有合适解决问题的办法，仿生学家必须以技术人员的角度来观察生物。比如，当他在观察一只猫时，必须对自己提出这样一些问题：猫的身体构造是什么样的？它从高处摔下来的时候为什么会毫发无伤呢？仿生学家将这种生物现象看作是一种技术设计模型，并考虑是否可以将这种模型设计应用到工程技术领域。

各种动植物都会与自己的同类或者其他物种争夺食物、伴侣以及生存空间。对于新产品来说，能

外形结构

每种动植物的外形结构都不是偶然形成的，而是由这种动植物的生活方式决定的。如果有明显的翅膀就说明这种动物有飞行能力；有锋利的牙齿就说明这种动物是食肉动物；从动物的腿就能看出它是否善于奔跑。同时，一个器官的功能也基本上决定了它的构造，在工程技术领域也同样如此。所以，自然界中的各种结构形式也为解决工程技术问题提供了办法。



木蜂有一根整刺，它用这根刺将自己的卵放在木头中。木蜂并不像人用螺丝刀拧螺丝那样将刺旋转进木头里，而是直接锉入的。





每年，燕鸥都从北极迁徙到南极，然后再返回。在如此长的飞行距离中，如何最大限度地节省体能，是燕鸥生存的大问题。

样 板

即使科学家已经成功地将某种自然原理转化到了工程技术中，也并不意味着这种产品可以在商店出售，因为大部分的仿生学家都没有足够的资金将他们发明的产品批量生产。为此，他们需要一些商业公司的资助，但前提是这种产品必须对公众具有吸引力，同时可以为公司带来经济效益。因此，仿生学家首先需要制造出一个模板，这个试验性的模板称为样板。只有当生产出的样板具有足够的说服力，商业公司才愿意投资，这样它就能够批量生产并在市场上销售。

够以最少的能源和材料消耗来适应环境的要求是十分重要的。在能源储备短缺以及环境破坏日益严重的今天，对人类来说，节约能源和材料也是至关重要的。工程师也希望通过技术改造来达到节约能源和材料的目的。关节、树木或蛋壳的构造原理是材料节约方面的典范，以此为模板，我们可以制造出轻型汽车，同时还能降低燃料的消耗。人类还可以从动物界中学到如何更省力的飞行以及游泳等。

仿生学的另一个研究课题是各种特殊动植物的表面。用显微镜可以观察到，为什么有一些动物的表面总是很干净，或者苍蝇是如何在天花板上行走的。

还有一些动物的感官能力大大超越了人类，这可以帮助人类改良技术。另外，蚂蚁王国的组织结构，可以作为人类解决交通问题的模型。最后，大脑处理感觉印象的方式，也可以作为改良电脑工作方式的模型。

什么是“工程生物学”？

如果科学家想将生物学的原理转化到工程技术领域，那么他首先必须了解生物学的进程，这里的

了解是指可以用数学、物理或者化学公式和原理来描述这种生物学现象。因为在这个生物学进程背后，隐藏着自然法则，而这一自然法则可以通过实验被人类发现的。

为此，研究人员需要运用到物理学和工程学的方法。这种学科被人们称为“工程生物学”，也可以简单地描述为“通过工程技术了解自然的学科”。

所以，在仿生学研究领域，经常会出现来自不同专业领域的科学家通力合作的情况。通常，生物学家从事工程生物学的研究，而工程师负责将研究成果转化到工程技术领域。

椰子壳是非常理想的外包装：轻便、坚固并且可生物降解。





莲花

表面效应 ——大自然的小把戏

人们早就认识到莲花的自洁功能，因此，莲花在亚洲象征着纯洁，被赞誉为“出淤泥而不染”。但是若干年前，人们并不知道动植物的自洁作用是如何进行的。



甚至连胶水也不能在莲花叶片上停留。

植物可以自我净化吗？

亚洲莲花拥有一种令人惊叹的能力：当水落在叶片上时，会在叶片表面形成球状的水滴并滚落下来，而完全不会润湿叶片。另外，水珠还可以清除叶片上的污垢，所以大雨过后，叶片仍是洁净干爽的。水不仅能将叶片上的污垢冲走，甚至可以将胶水和颜料同样冲刷干净，并且不会留下任何痕迹。

虽然莲花生长在泥潭中，周围潮湿、泥泞，但它的叶片总能保持洁净干爽的状态，人们将这种能力称为自洁作用。

这种自洁作用对植物有什么好处呢？

莲花生长的泥潭对于真菌的滋生非常有利。真菌会侵蚀叶片，这对整个植株的生长是非常有害的。真菌通过真菌孢子繁殖，真菌孢子会在一个适合的地点，如潮湿的叶片上发芽生长。但是真菌孢子不能在莲花叶片上生长，因为雨水很快就会将它冲走。也就是说，莲花具有防侵害的功能。

事实上，我们身边的很

是否只有莲花具有自洁作用？

多植物都有与莲花相似的特点，例如我们熟悉圆白

菜、百合以及金莲花。另外，橡树叶片的背面也同样有类似的自洁作用。

在动物界中，特别是昆虫也有着类似的表面。一个非常典型的例子就是摩尔福蝶亚科的南美大闪蝶的翅膀。这种热带蝴蝶有着非常夺目的蓝色翅膀，而这种蓝色物质并非墨水或者纺织品的那种蓝色颜料。

大雨过后，荷叶表面洁净而干爽。

昆虫的滑梯

细颈瓶状的食虫草属于肉食性植物，它们会用花蜜吸引昆虫。昆虫如果停在它细颈瓶状的叶片上，就会顺着叶片滑到细颈瓶的底部，这里有可以用来消化昆虫的液体。昆虫一般情况下都可以停留在各种不同的表面上，所以你会发现这种食虫草捕捉昆虫的方式非常奇特。食虫草的表面非常特殊，因为只要昆虫停留在上面就会滑倒。科学家们已经将这个原理运用到了锡箔的制作过程中，这样就可以将蛋糕用锡箔包起来，而蛋糕却不会黏在上面。

这种南美大闪蝶和其他蝴蝶一样，它们的翅膀上都覆盖着一层薄薄的鳞片，可以折射光线，于是我们看到的翅膀就呈现出蓝色。同时，这种鳞片也有自洁功能。



生活在热带的南美大闪蝶，拥有闪闪发光的蓝色翅膀，它的翅膀也有自洁功能。

公英都是菊科植物）和蝶形花科（豌豆、三叶草和荆豆）等。

植物学家根据花和叶片的构造，将各种植物划分为不同的种类，我们熟悉的有菊科（向日葵和蒲

谁发现了自洁作用？

造，将各种植物划分为不同的种类，我们熟悉的有菊科（向日葵和蒲

20世纪80年代，德国波恩大学的植物学家威廉·巴特洛特采用了一种新的研究方法，通过这种方法，可以发现哪些植物与其他植物的亲族关系更近。他的研究目的是按照叶子的表面结构对植物进行分类。科学家可以通过扫描电子显微镜，观察到肉眼无法看到的叶子表面的精细结构。这种显微镜可以提供多倍放大的立体照片，通过照片不仅可以看到叶子表面的精细结构，还可以看到积聚在叶子表面的污垢分子。

另外，巴特洛特教授发现，有一些叶片上几乎没有任何污垢或灰尘，这些叶片的表面也与莲花叶片表面类似。因此，他估计这些叶片表面的特殊结构是它们能够保持洁净的原因。现在他只是需要证实自己的猜想，并研究出这种自洁作用是如何进行的。



细颈瓶状的食虫草

自洁作用是如何进行的？

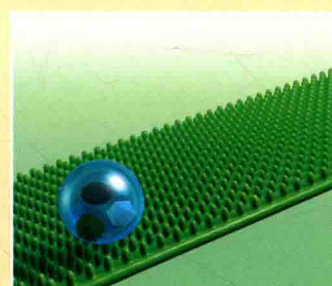
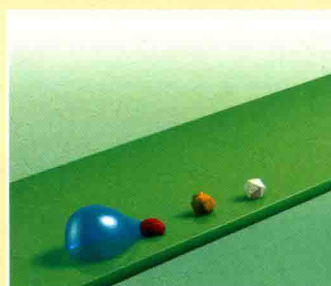
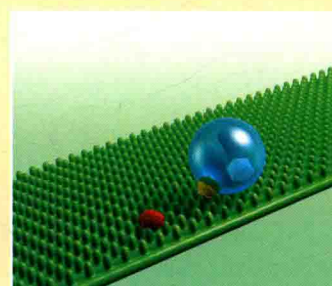
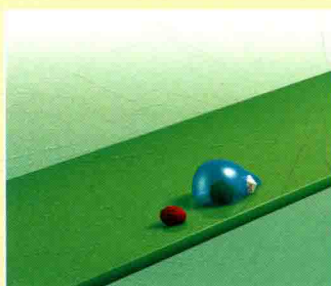
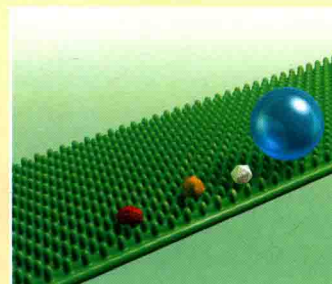
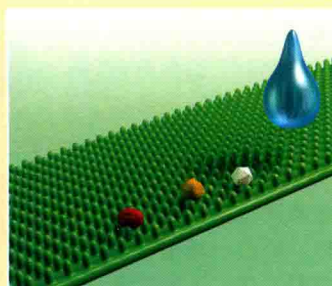
所有可以进行自洁作用的表面都有两个特性：第一，它们都是由不透水的材料组成的，这就意味着水很难停留在上面。这些植物的表面通常具有一层蜡膜，一些植物表面的蜡膜甚至可以用肉眼看到，例如圆白菜叶片上的蓝色蜡膜。

第二，它们的表面并不光滑。我们无法用肉眼看出或者用手触摸出这种不光滑的特性。在莲花长满绒毛的表面上，可以发现小管状的蜡晶体，这点是非常奇特的。人们原先猜测，灰尘无法停留的表面应该是特别光滑的，因此，

灰尘才能轻易地滑下来，但是情况却恰恰相反。当时，人们完全不熟悉自洁作用这种现象。

巴特洛特教授和他的助手克里斯朵夫·奈胡伊斯对这种现象进行了全面的研究，并最终揭示了自洁作用是如何进行的。当水滴在长满绒毛的表面时，水只能接触到绒毛的顶部，而不是整个表面。正是由于绒毛的作用，雨点在表面张力作用下（见第14页）形成球状结构。从图片中可以看出，水滴下面有一层空气层，而叶片表面上的灰尘分子就停在绒毛上。

荷叶表面的绒毛结构使得灰尘和荷叶的接触面积减少，因此也减少了灰尘和荷叶之间的吸附力。而



灰尘分子紧紧附着在光滑表面上（这里用彩色碎屑来表示灰尘分子）。水滴碰到这些碎屑上时，它们只稍稍挪动。

在粗糙不平并且有自洁作用的表面上，水滴可以形成一个小球，灰尘会附着在水滴上并被它带走。

水滴可以在脏的叶片表面上画出一条“洁净痕迹”，灰尘会附着在水滴上。

