〔美〕威廉 H. 诺尔特 主编

科学年鉴

SCIENCE YEAR

1988

科学出版社

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com

C.1

科 学 年 鉴

（1981）

〔美〕威廉 H. 诺尔特 主编

钢铁研究院图书馆藏书之章

科学出版社

1983

210529

China

Editorial Director: William H. Nault

SCIENCE YEAR

The World Book Science Annual

World Book Childcraft International, Inc.
1981

科 学 年 鉴

(1981)

〔美〕威廉 H. 诺尔特 主编
责任编辑 鲍建成

科学出版社出版
北京朝阳门内大街 137 号
中国科学院印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
*
1983 年 9 月第 一 版 开本：787×1092 1/16
1983 年 9 月第一次印刷 印张： 16 3/4
印数：0001—11,400 字数：391,000
统一书号：13031·2355
本社书号：3227·13—18
定价： 2.10 元

China

目　　录

专 题 论 述

大自然的化学师…… J. 艾斯纳（1）
四季咸宜的运动…… J. E. 康西尔曼（7）
到木星去旅行…… B. A. 史密斯（16）
细胞战争…… R. 斯奈德曼（25）
地球能从石油污染中恢复过来吗？…… E. D. 施奈德（31）
跟踪旋风…… R. C. 考恩（39）
科学破案…… B. 帕特鲁斯基（45）
动物的导航器…… J. L. 古尔德，C. G. 古尔德（52）
修复被破坏的精神…… S. H. 斯奈德（59）
自然博物馆的一天…… M. P. 珀尔伯格（67）
恒星之间的物质…… E. B. 詹金斯（74）
五颜六色的原子世界…… R. H. 马奇（81）
挖掘黑色黄金…… T. H. 莫氏第二（87）
重新解释生命的蓝图…… D. L. 哈特尔（93）
傅里叶的惊人公式…… R. N. 布雷斯韦尔（100）

学 科 进 展

天文学…… (107)
物理学…… (117)
化学…… (129)
能源…… (133)
交通运输…… (136)
电子学…… (137)
通信…… (140)
空间探索…… (143)
地学…… (146)
气象学…… (158)
海洋学…… (161)
动物学…… (164)
植物学…… (167)
微生物学…… (170)
生态学…… (172)
神经科学…… (175)
生物化学…… (177)
遗传学…… (180)
心理学…… (183)
农业…… (186)
营养学…… (190)
医学…… (191)
免疫学…… (199)
公共卫生…… (201)
药物学…… (203)
考古学…… (207)
人类学…… (211)
环境问题…… (214)
科技新书…… (217)

China

日常科学知识

别亏待你的皮肤 …… (221)
选择合适的照相机和胶片 …… (222)
如何选择高保真度立体声装置 …… (224)
乳腺癌：多种治疗方法 …… (227)

补充读物

牙齿 …… (229)
甲壳类动物 …… (235)
神经系统 …… (237)

科学界人士

当代业余天文学家 …… (242)
罗纳德 L. 格雷厄姆 …… (249)
科学奖金和奖励 …… (256)
一年来逝世的著名科学家 …… (262)

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com

专　题　论　述

大自然的化学师

艾斯纳（Thomas Eisner）*

许多种昆虫制造和利用复杂的化学物质防身御敌，这里介绍其中的一种——喷雾甲虫。

如果你热爱自然，又不避嫌昆虫之类的小动物，你不妨来到池塘或小河边消度一个上午，翻转挪动一些石块或朽木做一番观察。你会发现蚂蚁、千足虫、蜘蛛、蜈蚣和甲虫。碰巧的话，你还会看见一些异常特殊的甲虫，橙色的，闪烁着蓝色虹彩的，一般在1厘米左右，艳丽无匹，引人瞩目。它们名唤喷雾甲虫（bombardier beetle），所以叫这个名字，是大有来历的。原来，只要碰它们一下，它们就会立即从尾部喷出可见的雾状液体，同时发出清晰可闻的爆破响声。液体奇臭难闻，刺鼻催泪。

喷雾甲虫是昆虫世界的臭鼬。它们凭借喷雾进行自卫，击退来犯的捕食者——小自蚂蚁、蜘蛛，大至蛙、鸟、鼠类。

博物学家很早就知道这些臭鼬昆虫的存在。十九世纪时，英国博物学家达尔文在无意中发现其中的一个品种时曾有过一段辛酸的经历。当时他正在采集各种甲虫，待到两手盈握，再不能多拿的时候，他便将其中的一只扔到了嘴里。甲虫立即开火，结果就象达尔文事后所写，“灼痛了我的舌头，使我不得不把它吐了出来。”

几乎每一大类昆虫都有能够制造防御性化学物质的品种。昆虫的某些亲族，如千足虫和蛛形纲动物也有制造这种化学物质的本领。它们体内的分泌液里含有的化学物质，其品类之庞杂，使得科学家们认为这些动物都是才艺超凡的化学大师。

然而唯有喷雾甲虫更有它独特的禀赋。近年来，一些科学家小组所作的研究证明，喷雾甲虫是通过化学爆发排出喷液的。它们喷出的液体，温度很高，跟沸腾水一样热。

世界的大部分地区都能发现喷雾甲虫，有数十种之多，大多数体长小于2.5厘米。它们多栖息于近水处，因为它们的幼虫需要寄生在水甲虫的体内。

喷雾甲虫的分泌液是在一对腺体——甲虫腹内并列的一对大液囊——里形成的。分泌腺位于肠和生殖器官之间，在腹部末端开孔伸出，象炮台上的一对炮筒。甲虫可将腹部末端旋转到任何方向，把喷液对准身体上受到侵犯的任何部位。

我早就想拍下喷雾甲虫在喷射时的照片。20多年前就开始拍，但没有成功。我先用蜡滴把一根金属棒粘在甲虫的背上把它固定住，然后用镊子去夹甲虫的腿引它喷射，同时

---

* 艾斯纳是康奈尔大学生物系 J. G. 舒尔曼讲座教授，《科学年鉴》编辑顾问委员会委员。

掀按照相机的快门。甲虫的喷射速度太快——根据录音测定只有 0.03 秒或更短——无法把它拍下来。

我同多年的朋友和同事艾尼香斯利 (Daniel Aneshansley) 工程师讨论了这个问题，终于想出了一个解决办法。我们不用手操作相机而是在甲虫的上方放置一个传声器，用导线同一个电子闪光装置联起来。这样一来，甲虫喷射时发出的爆破响声就会打开闪光装置，拍下照片。我们用这个办法拍下了几十张照片。张张照片都显示，甲虫真是个神炮手。不管我们的镊子"咬"到它的哪个部位，它总是百发百中。

我们也观察了捕食动物对喷液的反应，我们把喷雾甲虫送给笼中的青蛙。青蛙象惯常袭击昆虫时一样，弹射出沾满粘液的长舌捕吞甲虫。但是一当甲虫喷射，青蛙顿时就把它吐了出来，有时候还忙不迭用前爪把粘在舌头上的甲虫扒掉。

喷雾甲虫的另一个主要敌人——蚂蚁——无论是单只或是成群地进攻，也都被喷雾击退了。1978 和 1979 年，艾尼香斯利和我测量了甲虫被咬时喷射以及蚂蚁被喷后松口的反应速度各有多快。为了测得前一种速度，我们用一支金属钩来扮演蚂蚁。钩子在夹住甲虫腿的时候会发出一种撄咬的摹拟声响来引发甲虫喷射液体。我们另用传声器和磁带录音设备来记录时间。结果发现，"咬"声和喷爆声的间隔平均只有 0.2 秒左右。

我们用红蚁和甲虫做的实验表明，全过程——从蚂蚁上口到甲虫喷射再到蚂蚁松口——大约是 0.3 秒。我们也注意到，在这样短的一瞬间，蚂蚁不可能给甲虫造成伤害。

为了对付许多捕食者，这种甲虫能够生产并储存大量的喷液。通常，一只甲虫能够喷射 20 次或更多。如果需要的话，可以快速连续喷射。喷液的分泌总量超过体重的十分之一。即使遭遇到一群蚂蚁的围攻，喷雾甲虫也能溃围生还。每次放射后残留在甲虫躯体上的液体要经过几分钟才挥发干净。这种喷剩的液体也有却敌使之不敢问津的功效。

当然，泉源终究会枯竭。我们连续用镊子刺激甲虫，一直到它们的喷射腺全部排空为止。有几只排放了 30 多次。这时再把它们放到蚁群里去，蚂蚁就蜂拥而上，很快把它们置于死地。但这是一个异常的情况，是一出在实验室里上演的戏。在大自然里，甲虫十之八九是能够无恙脱险的。

"弹药"耗尽后大约 24 个小时，甲虫就已经部分地补充了库存，又能喷射几次了。显然，它的体内机制是优先安排自卫化学武器的生产的。

五十年代，一些西德科学家研究了甲虫分泌液的化学组成和性质。他们在有机化学家希尔德克内克特 (Hermann Schildknecht) 的领导下鉴定出喷液的主要成分是一组名为"醌"的有刺激臭味和有毒的化合物。六十年代在海德堡大学，希尔德克内克特和他的小组提出了初步材料，说明喷液发挥作用的过程。他们发现喷雾甲虫并不是把醌贮存在它们的体腺内，而是在喷射时利用另一种叫做氢醌的毒性较小的化学物质临时制造醌。甲虫的每一条腺由两间舱室组成。里面较大的一间贮存氢醌和过氧化氢，外面较小的一间叫做反应间，其中含有多种酶的混合物。甲虫的肌肉于收缩时将氢醌和过氧化氢从大舱压入反应间，接着反应间里就发生一系列各种各样的剧烈反应：一组酶从过氧化氢中释放出氧，另一组酶则利用大部分释放的氧将氢醌转化为醌。剩余的呈气体状态的氧将混合物迫出腺外，同时发出爆破的声响。

就德国科学家提出的关于反应间内爆炸的说明，艾尼香斯利和我作了进一步的思考

China

并决定查明爆炸是否产生高温。关于高温喷液的证据，英国昆虫学家威斯特伍德（John O. Westwood）的著作中早有记载。1839 年，威斯特伍德在报告中说，南美有几种大喷雾甲虫在被捕获的时候"会立即……发射它们的火炮，灼痛皮肤以致……很少能徒手抓获。"有一次，出于好奇心，我把几只喷雾甲虫扔进嘴里，它们喷出的液体确实令人有灼痛的感觉。

六十年代后期，我和艾尼香斯利同康奈尔大学的化学家 J. 维德姆（Joanne Widom）和 B. 维德姆（Benjamin Widom）夫妇讨论了高温的问题。他们认为，形成喷液时的化学反应是应该释放热能的。他们特别指出，甲虫喷液的温度应该接近水的沸点100°C。

为了证实这一点，我们设计了多种仪器，使用了小到足以测定喷液温度的电子热感应装置。例如，我们使用了微型热敏电阻珠，这是一种能够通过测量金属中由于热而产生的电导率的变化从而记录温度的电子装置。我们把一个热敏电阻放在甲虫喷雾经过的空间。热敏电阻与另一电子仪器——示波管——相联接。示波管的电视屏通过曲线图显示喷射时发生的电导率的变化。热敏电阻的测量结果证实了维德姆夫妇的推测：喷液的温度始终异常接近 100°C。

目前，科学家们尚未十分了解昆虫是怎样做到生产有毒的自卫化学物质而不伤及自身。我们知道，喷雾甲虫腺内的舱室——同其它昆虫的自卫腺里的类似的舱室一样——有一层坚韧的、与构成昆虫骨胳相同的物质的衬膜。但是我们不知道，制造毒液并把毒液分泌入舱室的细胞是怎样得到保护的。

一个可能是，这些细胞对毒素不太敏感。也可能是这些细胞制造的毒物浓度低，或只是一种无害的预制品。这些化学物质只是在离开细胞以后注入舱室时才变得具有充分的毒性。还有一个难解之谜：昆虫喷出的化学物质为什么对自身的各个部位不会造成危害。喷雾甲虫喷射时，喷雾总要溅洒在自己的腿和触角上，为什么它们自己能安然无恙而来犯之敌却不堪一击？

几年前，我们发现，喷雾甲虫的喷液不是连续不断地、而是脉动地喷射出来——就象牙科医生的"水凿"（water pick）喷出的脉动水流一样。这种脉冲喷射方式可能是出自大自然保护甲虫免受喷液之害的匠心。脉冲搏动的速度很高，间隔只有 0.001 到 0.002 秒。我们在分析喷雾甲虫喷射的录音之后证实了这一点。我们用一种再现声音的图示仪器——声谱仪——发现响声不是连续的，而是象快速连射的机关枪声。1977 年，我们在坎布里奇马萨诸塞理工学院快速摄影专家埃杰顿（Harold E. Edgerton）电气工程师的协助下用每秒接近 2700 张画面的高速拍摄了甲虫的喷射。影片终于证明，喷雾是一连串短促的脉冲喷射，而不是一个连续的水流。

我们还没弄明白，喷射为什么是脉动的。可能，氢醌和过氧化氢是脉动地进入反应舱的，为了使反应间不致过热。虽然舱内壁是一层坚韧的衬膜，那里的酶会由于过热而受到损害——简直会被煮熟。

喷雾甲虫为取得生产自卫化学物质的能力是付出了代价的。生物化学家还不曾测定昆虫的代谢"预算"——一个动物所具备的总能量——以及这个能量在各种功能之间的分配情况。但是任何生物生产化学物质时必须消耗能量，因此，这种能量就不能再用来执行其它功能。

China

生物学家认为，喷雾甲虫用来制造毒剂的氢醌来自他们摄取的食物中的某些氨基酸。氨基酸也是制造每个动物都赖以成活的蛋白质的原材料。雌性动物生产卵细胞时特别需要蛋白质。我们有理由设想，对一个雌性喷雾甲虫来说，存在着真正的"能源危机"。如果氨基酸短缺的话，她是利用这些化学物质主要生产自卫用的喷液呢还是生产繁殖后代用的卵细胞呢？我们不知道雌性喷雾甲虫是怎样解决这个难题的。

用青蛙和蚂蚁所作的实验曾使我们相信，喷雾甲虫可以安全地免遭所有敌人的攻击。但是现在我们知道，事情并非如此。有几种编织球网的蜘蛛，包括花园中常见的黄金蛛属的品种能够制胜喷雾甲虫。当一只甲虫飞进蛛网被缠住不得脱身时，蜘蛛在攻击和咬死它以前先在甲虫身上紧紧地裹上一个丝套。它用一对脚滚转甲虫，同时用另一对脚从分泌腺抽出丝来缠绕在甲虫身上。

缠裹的动作异常轻缓，对甲虫不会造成威胁感，因此甲虫也不喷雾。然而一经缠裹停当，蜘蛛就立刻转入攻击。此时进行还击的甲虫由于尾端已被丝套裹紧，不能把喷出的液体对准遭受攻击的部位。蜘蛛继续啃啮，最终把甲虫吃掉。

象白蚁这样的社会性昆虫也有令人赞叹的自卫化学系统。讨人嫌的白蚁却是许多捕食者(包括蚂蚁在内)的美味佳肴。白蚁群居，一个群落有时有几千只，甚至数百万只。一个群落里往往有好几种不同职能的白蚁。一部分是工蚁，它们筑巢、觅食。另一部分是兵蚁，执行保护任务。1974 年在澳大利亚时，我研究了一个有非常特殊的兵蚁的蚁种。这些兵蚁有一只尖长嘴，可以喷出头部腺体分泌出的粘液。它们和工蚁共同活动。当一只蚂蚁攻击兵蚁时，兵蚁转动头部将喷液射向受到攻击的部位并击中蚂蚁。液体中的化学物质使捕食者周身发痒。它在搔痒过程中把粘液抹遍全身，在不知不觉间给自身带来危害。地上的砂砾埃尘等微小颗粒会粘在蚂蚁身上使它不胜负荷而行动迁缓下来。液体也可能堵塞蚂蚁的呼吸孔道，甚至把蚂蚁粘在地上使它动弹不得。

液体喷射又是一个发给同类的信号，其他的白蚁兵士会随之把蚂蚁包围起来。在这里，造物者遵循节能的原则——其他的围军兵士控箭在弦，引而不发，只是在蚂蚁没有丧失战斗力或生命时才开始喷射。

蚂蚁是另一群拥有强大的自卫化学武器的社会性昆虫。许多种蚂蚁喷射一种刺激性强烈、含有甲酸的液体。有几种蚂蚁，其喷液竟含有浓度高达 20% 的甲酸。其他多种昆虫也能制造甲酸或其他种类的酸。其中首屈一指的不是昆虫，而是一种叫做 vinegaroon 的蛛形纲动物。vinegaroon 制造乙酸。它的喷液中，乙酸的浓度高达 84%。这或许是大自然中迄今曾被发现的浓度最高的酸源之一。

昆虫生产的防御性化学物质，其种类之多不可胜数。某种蟑螂喷射一种催泪性毒气——乙基丙烯醛。许多种蛾、甲虫幼虫和千足虫制造一种猛烈的毒素——氰化氢。另有一些昆虫喷射乙醛、酮、酚或类似的有刺激性的物质进行自卫。

某些昆虫的防御物质并不在体内生产，而是从体外觅取。不必消耗自身的能量来制造化学剂是它们的一大优点。例如，某些依松树为生的叶蜂的幼虫以松香作为自卫武器。叶蜂是膜翅目昆虫(包括蜜蜂、黄蜂和蚂蚁)的一员。

松香是一种粘性强、有臭味的液体。大多数昆虫都憎恶松香，而叶蜂幼虫从吃的松叶里收集松香。当啃啮松叶时，它们把松叶的各个部分(松香除外)全都吃掉，只把松香放到

China

食管旁的两个储存袋里去。当幼虫遭到攻击时，便从口中吐出松香涂抹在来犯者的身上挫败它的进攻。

依桉树为生的澳大利亚叶蜂幼虫用桉树油作为防身武器。它们的贮存机构同利用松香的叶蜂基本相同。桉油存放在食管上的一个口袋里，自卫时再吐出来。

更有一些昆虫通过吃掉其它昆虫取得防御物质。我是通过一段奇特的经历发现这样一个实例的。1975 年，我的妻子和我去纽约州北部地区度假，并带我们心爱的画眉鸟伏戈同行。这只画眉每天早上同我们共进早餐。这意味着，我们在进餐前必须为伏戈先抓来二、三十只活的昆虫。

四个多星期，我们喂伏戈吃了上百种的昆虫共 500 多只，同时详细地记录下它对每一种昆虫的反应。伏戈表现为一个有鉴尝能力的美食品尝家，苛于择食；对那些有化学护身物质的昆虫，它或是弃之不顾，或是经过多方剥啄，迟疑再三才吞食下去。伏戈很快就学会了辨认忌食的昆虫。它只投之以一瞥就再也不去理会它们。萤火虫是它最忌恨的昆虫之一。伏戈在萤火虫身上所尝到的苦果显然是一种烈性的防御药物，值得我们花费力气去探个究竟。

在纽约州伊萨卡(那里有我们康奈尔大学的实验站)附近最常见的萤火虫多为 *Photinus* 属的品种(顺便提一句，萤火虫是甲虫，不是蝇类)。为了搞到足够的这类甲虫来做化学分析，我们在 1977 和 1978 年夏天在当地报纸上刊登了征赎广告。结果我们收集到几千只，每只付 5 美分，采集者多达 200 余人，不少是孩子。征赎来的萤火虫多得使我们感到惊讶，为之付出的款项给我们的研究预算带来一笔超出预料的开销。但是还不够，我们的工作还需要更多的萤火虫，因为我们要探寻的化学物质在每一只昆虫体内的含量太微乎其微了。结果我们又从从事其他研究的人员那里得到许多，他们只需要腹部的尾端进行发光器官的生化研究，所以乐于把萤火虫躯体的其他部分让给我们。

我们把在实验室里从萤火虫体内抽出的化学物质用来对画眉鸟做实验。我们先收集一些画眉常吃的昆虫，把化学物质抹在它们身上再拿给鸟吃。这些鸟始终不吃身上涂有某种特殊的化学物质的昆虫。我的化学家朋友迈因沃尔德 (Jerrold Meinwald) 和他的同事们从这种特殊的化学物质中分离出一组有趣的我们名之为 lucibufagins 的新的化合物。lucibufagins 属于一个叫做类固醇的庞大、种类繁多的化合物族类，但是除了几种蟾酥 (toad poisons) 以外，它们又不同于任何已知的类固醇。

鸟类以外的捕食者也不吃萤火虫。例如，跳跃蜘蛛 (jumping spiders) 就从不吃我们在实验室里喂给它们的 *Photinus*，蚂蚁也不吃。*Photinus* 血液里所含 lucibufagins 的浓度极高。遭到攻击时，*Photinus* 从它们翼缘的毛孔排出血滴。当血滴渗到攻击者蚂蚁的身上时，蚂蚁会立即停止攻击。

尽管有了这些发现，我们知道，*Photinus* 萤火虫还是有它的天敌的，例如 *Photuris* 属的某些萤火虫的雌虫。我们发现，*Photuris* 本身不能制造 lucibufagins，但是它们通过吃掉 *Photinus* 来获得为自卫所需的化学武器。

曾经在我们实验室学习、目前在盖恩斯维尔佛罗里达大学工作的昆虫学家劳埃德 (James E. Lloyd) 研究了 *Photuris* 的雌虫以及它们捕捉 *Photinus* 时所施展的伎

China

俩。萤火虫在求偶时使用发光器官。不同种的雄虫闪烁不同的光型，雌虫则报之以同种的雌性光型。劳埃德发现，*Photuris* 雌虫能够闪耀 *Photinus* 雌虫的光型来引诱 *Photinus* 雄虫。待到俘获雄虫后就将它吃掉。

我们把吃过 *Photinus* 雄虫的 *Photuris* 雌虫喂给跳跃蜘蛛，它们拒绝吃。但是很快就吃掉没有吃过 *Photinus* 的 *Photuris*。这说明，lucibufagins 是 *Photuris* 的有力的防御武器。

我们在研究昆虫自卫化学物质的化学组成和性能的同时可能收到某些意想不到的收获。例如，某些类似 lucibufagins 的类固醇已经被采用入药。它们能增强哺乳动物(包括人)的心脏。迈因沃尔德和我认为，lucibufagins 可能有类似的用途。药物实验室的初步报告表明，lucibufagins 确实有增进人类心脏机能的功效。然而，我们还不知道，lucibufagins 是否对人类有不良副作用，是否会使人类中毒。

虽然每当我们的发现收到意想不到的实用（如在医学方面）的效果时我们感到鼓舞，但我们并不是为了猎取实用效果而从事研究。我们爱昆虫，欲罢之而不能。促使我们前进不懈的动力纯然是我们对这些大自然的化学师以及它们利用自制的化学武器谋求生存的奇特方式的好奇心。

（长　弓译）

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com

四季咸宜的运动

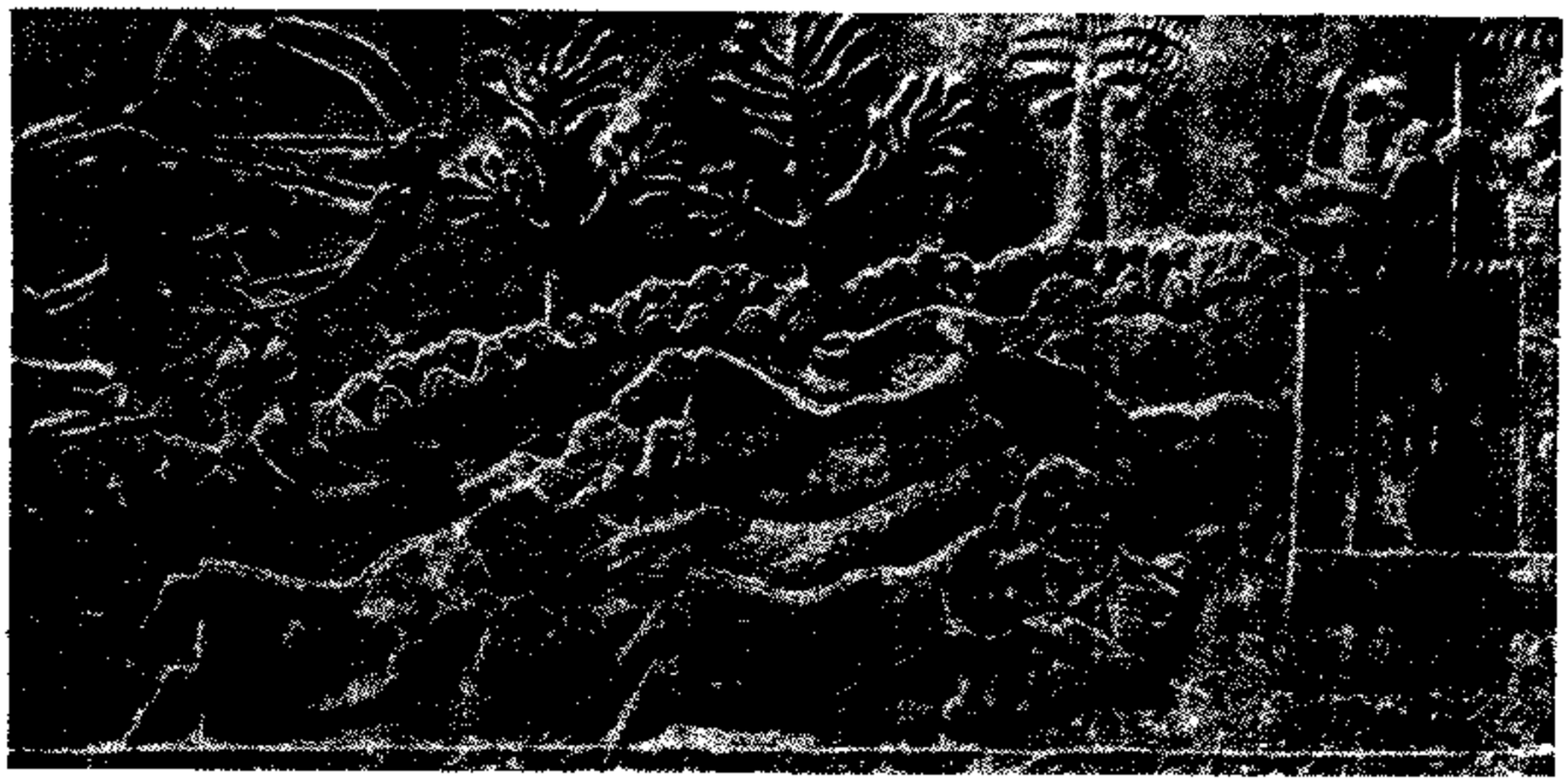
康西尔曼 (Jaines E. Counsilman)*

奥林匹克冠军总是会产生的，但我们其余的人通过学习他们的游泳技术就足以把游泳当作一项一生的乐事。

乔希（Josh）勉强接受他的五年级同班同学詹尼弗（Jennifer）提出的竞渡游泳池的挑战。他知道，游泳并非他最拿手的运动，但他还是兴致勃勃地扑打着水向前游去。而当詹尼弗毫不费力地飞快游向终点时，他却很快落在后面了。尽管这两个孩子的身高、体重和体格强壮程度大致相同，但詹尼弗似乎是一个“天生的游泳运动员”，而乔希只能在水中挣扎着向前游去。

为什么詹尼弗是一名比她的朋友乔希强得多的游泳者呢？这是几个世纪以来教练员、运动员和体育爱好者一直关切的问题。是第一流的运动员具有特别天赋呢？还是任何人只要通过下决心和下苦功就能成为冠军？

近二十年来，科学家们已接近于解答这个问题。我们早就知道，人们可以通过遗传而获得不同的体格特征和能力。詹尼弗通过遗传而继承了成为一名优秀游泳运动员的能力，而乔希却不是这样。自从1957 年以来，作为布卢明顿印第安纳大学首席游泳教练员，我一直在观察和培训游泳选手以及一般游泳运动员。我本人的研究工作和其他科学



一块亚述浅浮雕是一个证明：早在公元前九世纪，人们就为生存而游泳，如果不是为了运动。尽管有一位逃命的士兵似乎已掌握了当出泳，但其余的人则是靠充气兽皮而安全游过去的

---

* 康西尔曼是布卢明顿城印第安纳大学首席游泳教练员，他培训出若干名奥林匹克奖章获得者。1979 年，他成为游过英吉利海峡的最年长者。

China

家的研究工作帮助我了解到为什么詹尼弗比乔希游得好。游泳教师可以利用这种研究工作的有关资料来帮助乔希成为一名够格的游泳运动员，即使不大可能成为一名冠军。

人们想要成为优秀游泳者的愿望就象游泳本身一样古老。有这样的证据：人类在数千年前就曾下水游泳。伦敦不列颠博物馆保存着公元前880年的亚述浅浮雕，这个浅浮雕示出三名武士在横渡一条河，其中二人身穿充气兽皮，第三人则采用划游，很象今天的自由泳(爬泳)。英国探险家库克（James Cook）在描述他1778年到夏威夷岛去旅行的见闻时写道：当地的人"象鱼一样游动和潜水"。

然而，到十九世纪，大多数欧洲人不愿意下水。他们对待游泳的态度在帕尔（Bartholomew Parr）所著《伦敦医学词典》中得到了总结。"游泳是一种费力的运动，不应该连续不断地游泳而耗尽体力。人不象四足动物那样天生地会游泳，因为四足动物在游泳时的四肢运动象在走路时的运动一样。"

可是，动物真的象帕尔所说的那样天生地会游泳吗？在二十世纪六十年代中期，我决定找出答案来。我让一只新孵出的鸭和一个美洲鳄不接触深到足以游的水，直到二者皆长到六个月。我还要求几只新生小狗的主人们不让他们的狗接触水，直到它们长到六个月。

我把这些动物放在一个游泳池里，通过一个水下摄影窗孔来给它们拍照。美洲鳄和鸭游起来好象它们从来就是生活在水中那样。而那些狗却表现得大不相同。起先，尽管它们拼命地使它们的头保持在水面以上并奋力向前游去，但它们只能用全部四条腿胡乱地拍打着水。好象它们要从水上走过去。但是，在水中游过几次以后，差不多所有这些狗都开始游得比较自如了。通过反复实践，自学习，自适应，它们学会了拳曲起两条后腿，而只用两条前腿。

各个品种的狗学习的程度有所不同。加拿大拉不拉多猎犬经过两三次训练以后就能运用"前腿爬泳"，而德国种的小猎狗在训练十次之后仍然游得很笨拙，还是用四条腿拍打着水。

象许多动物一样，人也要通过反复自适应才能学会游泳。当詹尼弗在水中滑游时，她的感觉器官从她的体外和体内接收信息。她能感觉到她的头上和肩上的水的压力，能看到水线上的浮标从身旁闪过去，并能听见从她身上冲过去的水的声音。詹尼弗还能感觉到她的肌肉收缩得多紧，她的呼吸有多深沉以及她的心脏跳动得多快。

她的脑子评价着她在收集的全部信息，于是她逐渐调整她的游泳技术。她无意识地做了这些调整。当她游得较快时，她会看到浮标更快地闪过去。并听到更快地冲过去的水的声音。当她游得较有节律时，她的心脏搏动和呼吸变得更有规律。

为什么乔希不能利用同样的信息来提高他的技术？也许詹尼弗的感觉器官比他的敏锐一些。也许她的脑子能更好地评价她从她的各个感觉器官接收到的信息，而且她的身体能更好地处理这种信息。

这种反复自适应是一个复杂的过程，但由于我们基本上意识不到这种过程，因此并不觉得费力。科学家们相信，人类就是以这种方式学会大多数技能的——走路是最初的几种技能之一。动物生下来时就具备着它们生存所需的大多数技能，而人却不象动物，生下来时只具有学习和尝试的愿望。

China

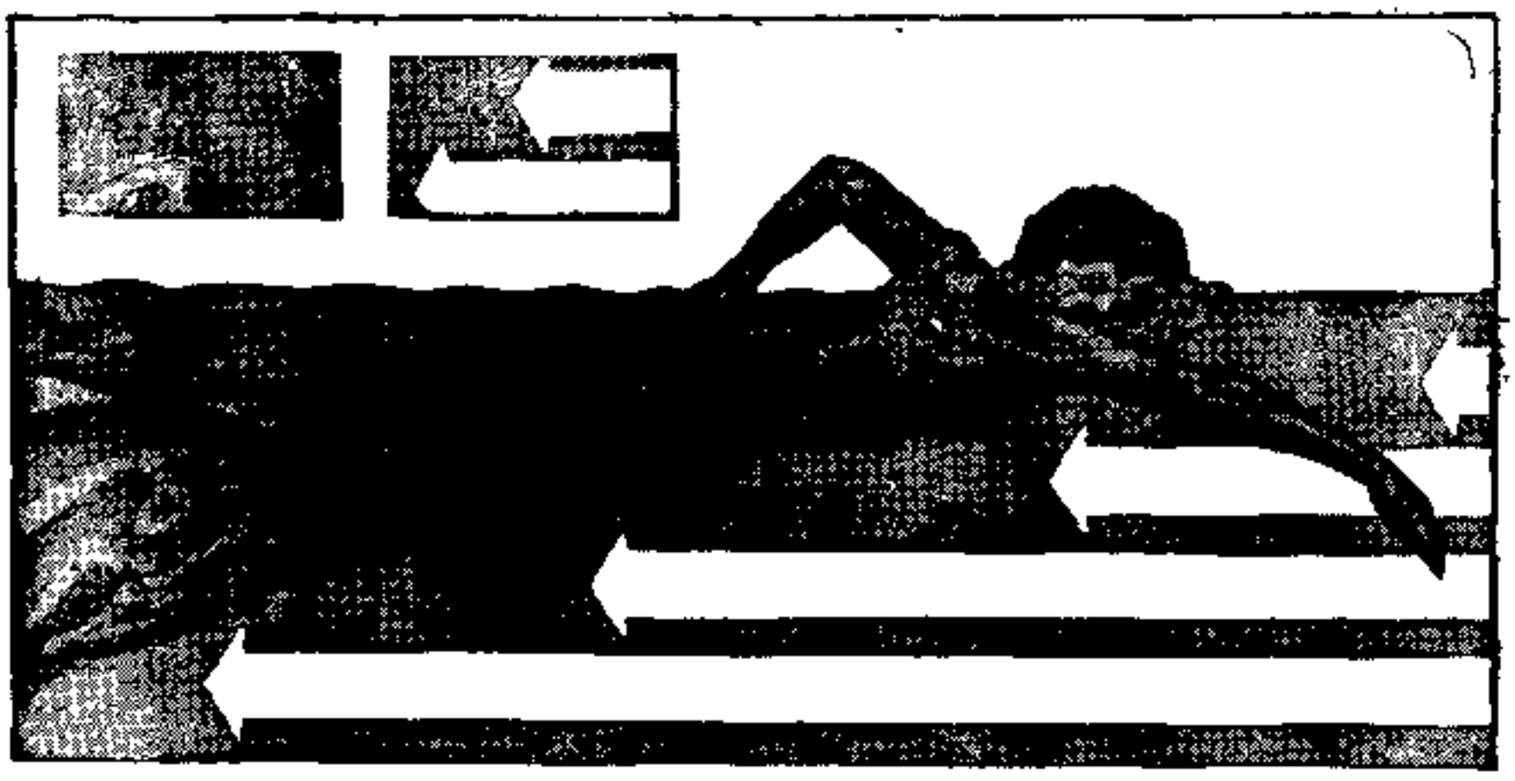
在二十世纪四十年代中期，我不仅开始有兴趣了解优秀游泳运动员通过反复自适应能掌握哪些技术，而且进一步了解为什么这些技术如此有效。那时我是衣阿华城衣阿华大学专攻人类特性生理学的研究生，并想成为一名游泳教练。我决定选修流体力学方面的一些课程——研究人体在空中和水中运动时的表现。我曾经指望获得我能够立即应用于游泳的资料。但大部分研究工作和问题涉及的是船用螺旋桨的设计或通过管道抽吸流体。这些研究项目使我厌烦而感到失望，我几乎中断了这些课程的学习。后来我认识到，教授们是在教我掌握这门技艺的工具——流体力学的原理。我有责任把这些原理应用于我作为教练时将会遇到的专门问题。

流体力学的确帮助我懂得了游泳中的两种主要的而又相抵触的力。一种是推进力，它把在水中的游泳运动员向前推。另一种是阻力，它把他向后拉。

推进力是通过手臂的运动而获得的，腿在一定程度上也起作用，也就是通过克服人体的阻力和惯性而获得推进力。惯性是物体保持其运动状态不变的倾向。但游泳运动员并非在一种稳定速度下运动。在每一个划水周期中，他身体的移动速度都是不稳定的。 每当加快速度，他必须克服惯性。正如驾驶车时停停开开要耗用较多的汽油那样，在游泳时连续的变速也要耗用较多的能量。

游泳运动员会遇到三种阻力。其一是水推撞游泳运动员头部和肩部而造成的迎面阻力，即正面阻力。水流经游泳运动员侧面而造成的皮肤摩擦阻力是另一种形式的阻力。其三是湍流，它是由于游泳运动员从水中通过后，水又冲回来进入游泳运动员身后的空隙而造成的。此外，游泳运动员还把水的一部分沿身旁划向身后形成环状，即涡流。

顶水而进



当这位游泳运动员在水中向前游时，她必须克服两种主要的力——从前面的水来的阻力和她自己造成的湍流，这湍流迫使她把一部分水沿身旁划向身后

一个物体越呈流线型，它遇到的阻力就越小。当我把优秀游泳运动员与低水平游泳运动员的水下电影进行比较时，我发现优秀的游泳运动员在水中比普通的游泳运动员保持着好得多的流线型位置，并发现他们造成的正面阻力和涡流极小。

多年来，游泳教师和教练员不知道推进和阻力原理。他们所教的技术现在看来是不正

China

确的。几乎二十世纪四十年代出版的每一本关于游泳的书都告诉自由泳运动员在体侧直臂向下划水，注意不要使肘弯曲。

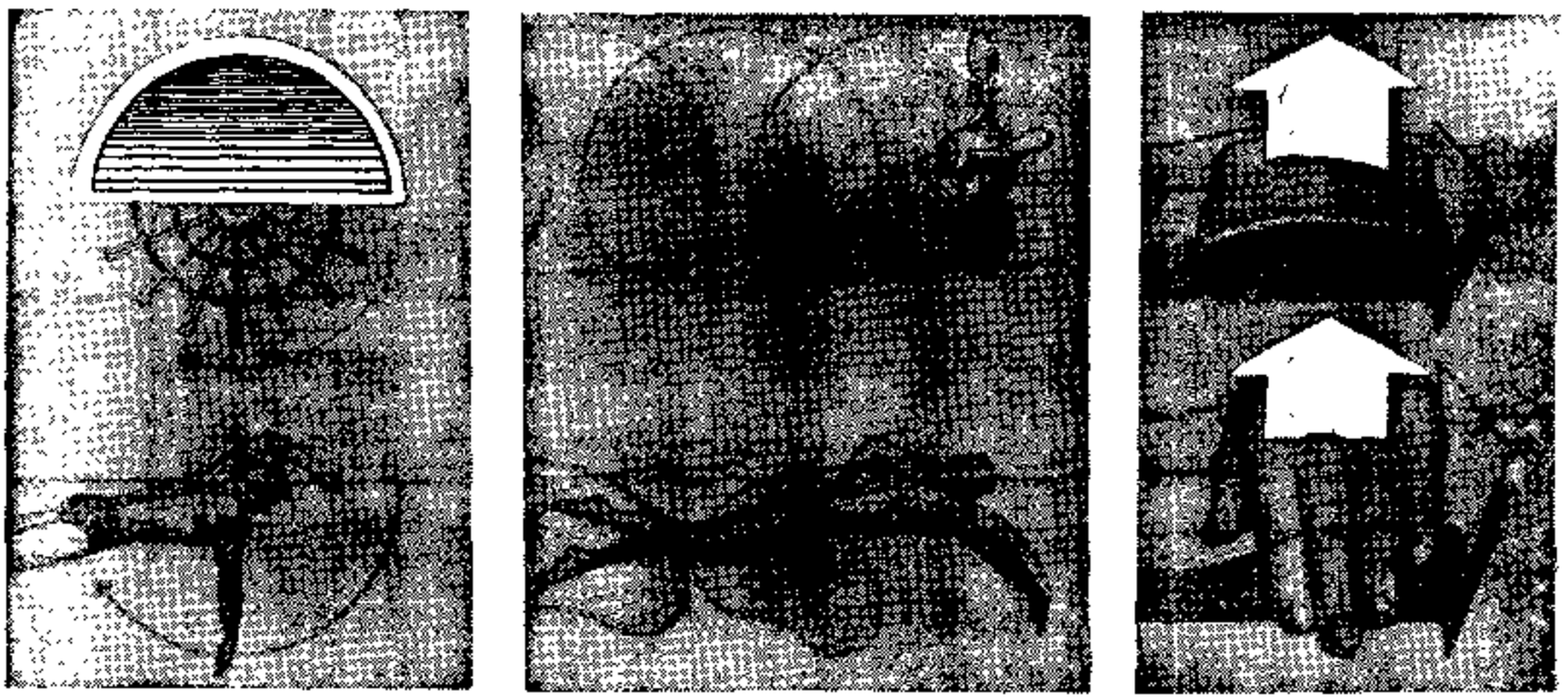
在第二次世界大战前后，当我在哥伦布城俄亥俄州立大学参加游泳比赛时，就试着这样做过。但不能肯定我到底是怎样在水中划动手臂的，因为我从来没有看到我的划水动作的水下电影。当我于1948年在衣阿华担任助理教练时，开始培训里斯（Wally Ris），他是一位天生的游泳健将。我自然是试着教他直臂划水技术。

我戴上防护面具跳到游泳池里看着里斯向我游来。对于分析他手臂的划水动作，我特别感到兴趣。我发现里斯以一种Z字形在水中划动他的手臂，并弯肘。无论我怎样努力地指导他，他还是不能按照我的办法去做。美国奥林匹克游泳队很幸运，因为里斯的确没有学我的办法。他那"错误的"划水技术——这种由他那优良神经与肌肉系统和反复自适应过程所下意识地确定的划水技术——使他在1948年奥林匹克运动会上获得金质奖章。由于有了这一经验，我采纳了"康西尔曼原则"："一个差劲的教练员比没有教练员还要糟糕。"

那时，我便开始对传统的公认的游泳教学法表示怀疑。我不得不纠正我从前的训练偏向，并探究这位奥林匹克冠军的划游方法和道理。为了测定里斯是怎样进行自由泳的，我把他的划手动作拍成水下电影，并仔细研究这些画面。这些影片证实，里斯除了运用一种Z形泳式外，还在部分划游中将他的肘弯至90度。我开始拍摄其他游泳选手的照片，看看他们是否也在运用同样的划游力学。我甚至看过韦斯马勒（Johnny Weissmuller）和克雷布（Buster Crabbe）等前游泳大师们昔时的水下电影。我发现，所有这些游泳大师都运用曲肘和Z形划水路线。

令人惊奇的是，当我会见游泳冠军们的时候，他们却不能准确地告诉我，他们是怎

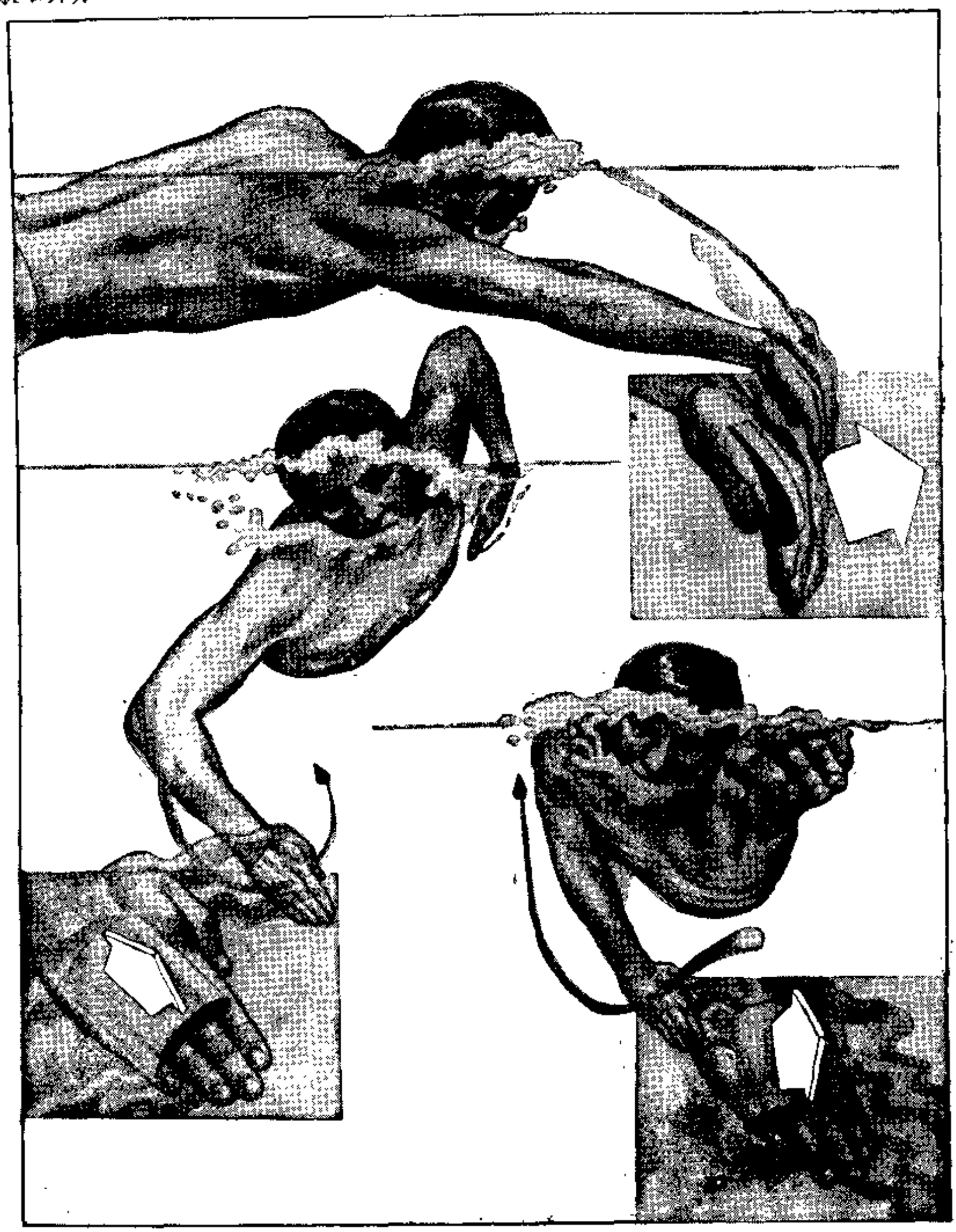
流体力学在游泳中的应用



理想的划水动作运用流体力学的两项原理。一项原理是：最大推进力来自在一短距离内排除大量的水。直臂划手动作，象一个在运动的桨轮（左图），并没有运用这一原理。手的（桨叶的）直的轨迹迫使手排除已经在运动的水。相反，Z形划手动作，象一螺旋桨的螺旋形轨迹（中图），确实是运用了这一原理。由于手的方向不断地改变，它就不断地遇上静水。Z形划手动作也使游泳者能够更好地利用第二项原理。第二项原理是：运动着的流体的速度越高，其压力就越低。因为手，象金箔一样（右图），在上部表面曲度较高，所以水能够较快地流过上部表面，比在手掌上施加的压力要小些。这可以在手背上产生一种提升力，或向前的拉力

China

获取升力



手的斜度和方向结合起来在划手动作的三点上提供最大升力——当手进入水中时（上图）；当手从胸部下方划过时（中图）以及当手在身体侧面时（下图）

样进行划水的。当他们作出解释时，他们往往会说错。 他们根本不知道他们是怎样逐步掌握了这一技术的，也不知道他们为什么会成为这样优秀的游泳运动员。我逐渐认识到，

China

他们是下意识地通过反复自适应学会了游泳。在过去30年中，我会见过并指导过许多其他的世界纪录保持者，包括施皮茨（Mark Spitz）和巴巴肖夫（Shirley Babashoff），而他们大多数人同样不知道他们究竟是怎样在水中划动手臂的。

于是我用游泳冠军们所用的技术教那些不是很有游泳天赋的运动员。当我看到我的学生们几乎立即就提高了游泳速度和效率，我感到很高兴。到1950年，我便很清楚地知道了一位游泳运动员应当怎样游，但我仍然不知道他为什么应该那样游。

由于我分析过游泳大师们的划水技术，因此我开始凭借学过的流体力学，来分析这些划水技术为什么会起作用。基本的竞赛泳式——自由泳、仰泳、蝶泳以及蛙泳——都具有几种共同的力学因素。 在我观看印第安纳大学的游泳运动员，1976年奥林匹克冠军蒙哥马利（Jim Montgomery）的水下电影时，看到他运用了其中的一个因素——Z形划水路线。他的手臂伸直，经过头的上部进入水中，使手臂在他的下巴下面弯曲，从胸部划过。然后他使手臂返回，越过他的腹部划向侧面出水。

有两点理由可以说明这是一种有效的划水路线。其中一点在流体力学的一项原理中可以找到，即最大推进力来自把大量的水推出一段短距离，而不是把少量的水推出一段长距离。当蒙哥马利的手开始把水向后推时，手就必须改变方向来不断接触静止的水。如果他是使用直臂划水方法，他的手就一定在推已经运动着的水。

蒙哥马利的Z形划水之所以可取， 还有一个重要的理由。 他侧向运动他的手和臂（或者说运动到侧面），手是斜向地向下划，这样他的手就能以一个角度把水向后推。当手处在这样的位置的时候，另一种流体力学效应——升力，或伯努利原理，开始起作用。这项原理是瑞士数学家伯努利（Daniel Bernoulli）在十八世纪发现的，他说：流体的速度越高，它的压力越低。

我在本世纪六十年代中期开始懂得，为什么升力是游泳中的一个因素。因为水在游泳运动员的手背上能更快地流过去，所以施加在手掌上的压力大于施加在手背上的压力，于是产生了升力。手在划动时所取的方向在不断地改变，因此手的斜度也必定不断地改变，使这种升力达到最大限度。

1970年，我在比利时布鲁塞尔召开的一次关于游泳研究的科学家会议上提出了一篇论文。我当时认为我的论文“伯努利原理在人的水中推进力上的应用”，是我写的论文中最好的论文，并指望它会彻底革新游泳。我在论文中为我关于升力是世界第一流水平游泳运动员的推进力主要来源的理论提供有力的论据。但使我非常失望的是，这篇论文被忽视了。然而当这些科学家于1978年在加拿大阿尔伯塔的艾得蒙顿再次聚会时，有三分之一的论文涉及这一原理。升力现在看来已被公认是游泳中一种重要的推进力。

如果蒙哥马利一直使肘腕伸直，那么他就不可能很好地利用Z形划水。 同样，从影片中，我能够看到，尽管他每一次划水开始时是伸直手臂，但是当他的手在水中划动时，他的肘就开始弯曲。随着手向后划，肘继续弯曲。当划到一半到肩垂线时，他的肘就弯曲成直角，然后随着他的手向后面和侧面推而逐渐伸直。他向后做最后推水，以增大动量，并使他的手臂出水，继而做下一次划水动作。

蒙哥马利在其手臂向后划的前半段，高抬起他的肘。他使手和前臂处在适当位置，这样手和前臂就使划水力方向正好朝后方。蒙哥马利的手所处的角度也很重要。当他的手

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com