

自然的启示

王书荣◎著



中国科普大奖图书典藏书系

囊括新中国成立以来，著名科普、科幻作家经典获奖作品，
展现科学之真、善、美，传播知识、激发兴趣、启迪智慧！

中国科普作家协会选编推荐



中国科普大奖图书典藏书系

自然的启示

王书荣◎著



图书在版编目(CIP)数据

自然的启示 / 王书荣著. —武汉: 湖北科学技术出版社, 2014.7
(中国科普大奖图书典藏书系 / 叶永烈 刘嘉麒主编)
ISBN 978-7-5352-6268-4

I. ①自… II. ①王… III. ①仿生—普及读物
IV. ①Q811-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 245270 号

责任编辑: 刘虹

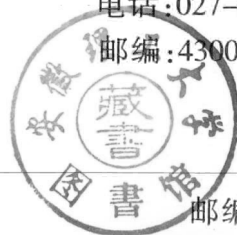
封面设计: 戴旻

出版发行: 湖北科学技术出版社
地 址: 武汉市雄楚大街 268 号
(湖北出版文化城 B 座 13-14 层)
网 址: <http://www.hbstp.com.cn>

电话: 027-87679468

邮编: 430070

印 刷: 荆州市翔羚印刷有限公司



邮编: 434000

700 × 1000	1/16	15.75 印张	2 插页	208 千字
2014 年 7 月第 1 版			2014 年 7 月第 1 次印刷	
定价: 26.00 元				

本书如有印装质量问题 可找本社市场部更换

1990 年的恢复与发展阶段;1990—1999 年的繁荣与进步阶段;2000 年至今的创新发展阶段。60 多年过去了,我国的科技水平已达到“可上九天揽月,可下五洋捉鳖”的地步,而伴随着我国社会主义事业日新月异的发展,我国的科普工作也早已是一派蒸蒸日上、欣欣向荣的景象,结出了累累硕果。同时,展望明天,科普工作如同科技工作,任务更加伟大、艰巨,前景更加辉煌、喜人。

“中国科普大奖图书典藏书系”正是在这 60 多年间,我国高水平原创科普作品的一次集中展示,书系中一部部不同时期、不同作者、不同题材、不同风格的优秀科普作品生动地反映出新中国成立以来中国科普创作走过的光辉历程。为了保证书系的高品位和高质量,编委会制定了严格的选编标准和原则:一、获得图书大奖的科普作品、科学文艺作品(包括科幻小说、科学小品、科学童话、科学诗歌、科学传记等);二、曾经产生很大影响、入选中小学教材的科普作家的作品;三、弘扬科学精神、普及科学知识、传播科学方法,时代精神与人文精神俱佳的优秀科普作品;四、每个作家只选编一部代表作。

在长长的书名和作者名单中,我看到了许多耳熟能详的名字,备感亲切。作者中有许多我国科技界、文化界、教育界的老前辈,其中有些已经过世;也有许多一直为科普事业辛勤耕耘的我的同事或同行;更有许多近年来在科普作品创作中取得突出成绩的后起之秀。在此,向他们致以崇高的敬意!

科普事业需要传承,需要发展,更需要开拓、创新!当今世界的科学技术在飞速发展、日新月异,人们的生活习惯和工作节奏也随着科学技术的进步在迅速变化。新的形势要求科普创作跟上时代的脚步,不断更新、创新。这就需要有更多的有志之士加入到科普创作的队伍中来,只有新的科普创作者不断涌现,新的优秀科普作品层出不穷,我国的科普事业才能继往开来,不断焕发出新的生命力,不断为推动科技发展、为提高国民素质做出更好、更多、更新的贡献。

“中国科普大奖图书典藏书系”承载着新中国成立 60 多年来科普创作的历史——历史是辉煌的，今天是美好的！未来是更加辉煌、更加美好的。我深信，我国社会各界有志之士一定会共同努力，把我国的科普事业推向新的高度，为全面建成小康社会和实现中华民族的伟大复兴做出我们应有的贡献！“会当凌绝顶，一览众山小”！

中国科学院院士
华中科技大学教授

杨叔子^{二〇一二年九月廿八}

总 序

ZONGXU

我热烈祝贺“中国科普大奖图书典藏书系”的出版!“空谈误国,实干兴邦。”习近平同志在参观《复兴之路》展览时讲得多么深刻!本书系的出版,正是科普工作实干的具体体现。

科普工作是一项功在当代、利在千秋的重要事业。1953年,毛泽东同志视察中国科学院紫金山天文台时说:“我们要多向群众介绍科学知识。”1988年,邓小平同志提出“科学技术是第一生产力”,而科学研究和科学技术普及是科学技术发展的双翼。1995年,江泽民同志提出在全国实施科教兴国的战略,而科普工作是科教兴国战略的一个重要组成部分。2003年,胡锦涛同志提出的科学发展观则既是科普工作的指导方针,又是科普工作的重要宣传内容;不是科学的发展,实质上就谈不上真正的可持续发展。

科普创作肩负着传播知识、激发兴趣、启迪智慧的重要责任。“科学求真,人文求善”,同时求美,优秀的科普作品不仅能带给人们真、善、美的阅读体验,还能引人深思,激发人们的求知欲、好奇心与创造力,从而提高个人乃至全民的科学文化素质。国民素质是第一国力。教育的宗旨,科普的目的,就是为了提高国民素质。只有全民的综合素质提高了,中国才有可能屹立于世界民族之林,才有可能实现习近平同志最近提出的中华民族的伟大复兴这个中国梦!

新中国成立以来,我国的科普事业经历了1949—1965年的创立与发展阶段;1966—1976年的中断与恢复阶段;1977—

目 录

第一章 生物的时钟和罗盘	1
生物钟	1
生物钟和人	7
天文罗盘	9
偏光罗盘	14
地磁罗盘	18
苍蝇的振动陀螺仪	24
蜜蜂的偏光导航仪	25
第二章 模仿眼睛的仪器	31
人造眼	31
蛙的千里眼	36
鹰眼电视机	41
鸽眼雷达	46
电光鹰眼	50
虫眼速度计	53
鱼的瞄准仪	56
蛇的热定位器	59
第三章 检测气味的电子鼻	64
气味“语言”	64
嗅觉之谜	69

电子鼻·····	73
苍蝇和航天·····	76
电子警犬·····	78
第四章 生物定位和通信 ·····	81
活雷达——蝙蝠·····	81
夜蛾的反雷达战术·····	87
海豚的声呐·····	91
水母的顺风耳·····	97
生物地震预报仪·····	98
蚊式测向仪·····	101
生物通信·····	103
水下电波·····	108
表面水波·····	111
第五章 生物化工 ·····	114
蜘蛛和人造丝·····	114
特种黏合剂·····	117
鳄鱼淡化器·····	118
细胞化工厂·····	121
模拟酶·····	125
两个酶模型·····	128
生物膜技术·····	131
遗传工程·····	135
第六章 自然设计师 ·····	141
鲸形船·····	141
海豚雷·····	147
鱼式振荡泵·····	150
无轮汽车·····	153

新奇的坦克·····	155
恐龙钻头·····	156
生物和飞机·····	158
生物和建筑·····	165
植物的数学·····	175
第七章 新的能源 ·····	179
模仿肌肉的机器·····	179
生物光源·····	185
绿色的工厂·····	189
微型动力站·····	193
电鱼和伏打电池·····	196
生物电池·····	198
人体热电视机·····	201
第八章 神经和计算机 ·····	203
神经元和神经系统·····	203
人造神经元和神经网络·····	206
大脑和计算机·····	210
识别机·····	214
第九章 人和机器 ·····	217
“机器人”·····	217
听话的机器·····	223
生物电控制·····	226
人工视觉·····	231
生物—电子系统·····	236

第一章 生物的时钟和罗盘

生物钟

鸡叫三遍天亮,牵牛花破晓开放,青蛙冬眠春晓,大雁南来北往(图1)。这些与昼夜交替和四季变更有关的生物现象,是大家都知道的。但还有许多依赖于时间的生物学过程,却并不是每个人都了解的。例如,人的体温、血糖含量、基础代谢率等都发生昼夜性变化,人的痛觉、视觉和嗅觉,人对疾病、噪音和药物的敏感性以及人的出生和死亡都有周期性节律,海洋生物在春季望月由深海浮向水面,每当涨潮的时候,海边沙滩上的牡蛎都张开自己

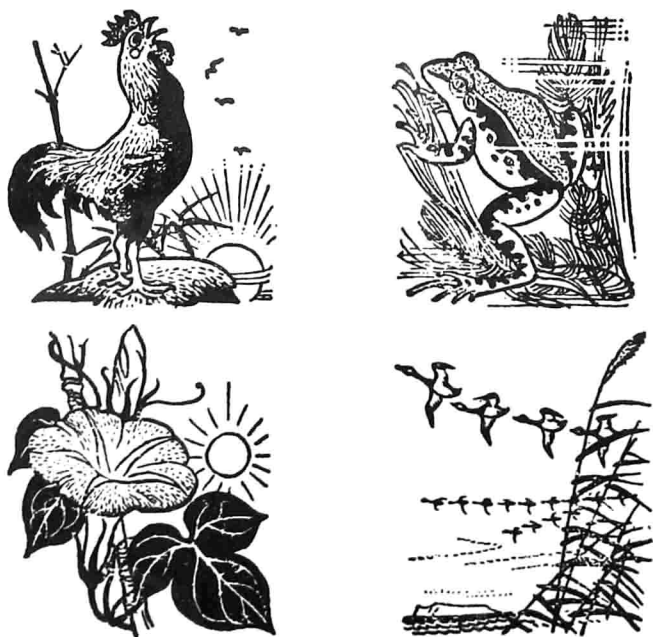


图1 生物的时钟

的贝壳。

动物按时间进行活动的惊人例子,可以用一种鸟来说明。这种鸟叫做雀鲷鹭,生活在离海边 50 千米的地方。它们每天飞到海边来的时间,总比前一天推迟 50 分钟。这样,每当退潮后,它们总是海滩上的第一批食客——要知道,潮汐时间每天恰好向后推迟 50 分钟!在我国海滩上有一种小蟹,雄的有一只大螯,渔民们称之为“招潮蟹”,说明这种小蟹与潮汐有关。这种小蟹落潮时活动,涨潮时栖息,在昼夜的不同时间里,它身体的颜色暗淡不一。正像涨潮和落潮时间每天向后推迟 50 分钟一样,招潮蟹体色最暗的时间也每天向后推迟 50 分钟!

在海滨的浅滩上,生活着一种人们肉眼看不见的微小藻类——黄棕色硅藻(图 2),它的运动方式十分奇特:通过细胞壁上的孔排出一种黏液,像喷气式飞机似的用喷射式推进法,在砂粒空隙间上下移动。大潮退去,它移动到沙滩表面,沐浴在金灿灿的阳光里,其 X 形叶绿体进行着光合作用,涨潮了,汹涌的潮水奔腾而来,就在潮水淹没沙滩之前,这种黄棕色硅藻便悄悄地钻入了沙滩下层,避免了被潮水冲刷而去的厄运。由此可见,生物测

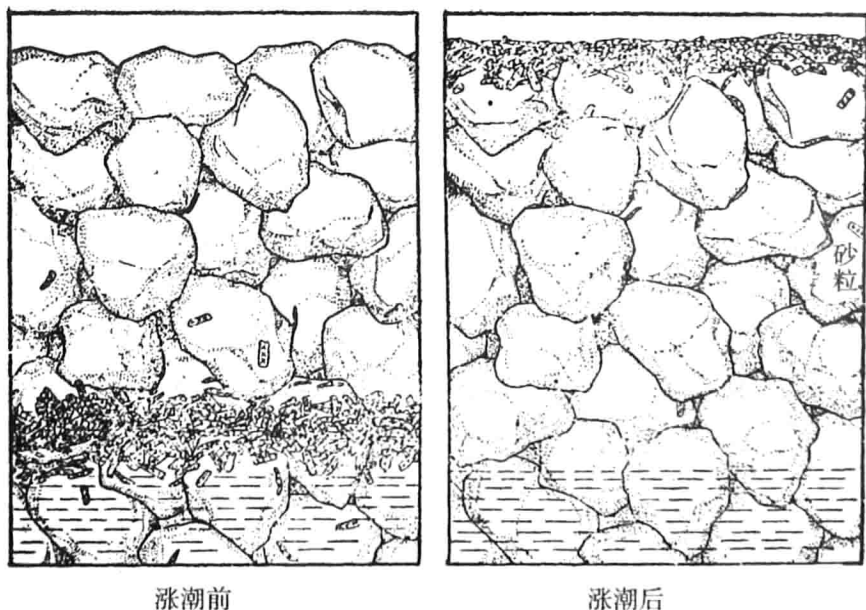


图 2 海滨浅滩上的黄棕色硅藻

量时间的精确度是很高的。生物这种测量时间的本领,通常称作“生物钟”。有人巧妙地利用了这种生物钟,将一些野生植物按其开花先后顺序,栽种在钟面模样的土地上,以不同植物的开花情况来确定昼夜的时间,这就是著名的“花钟”。研究表明,正是这些生物钟,使生物在时间上与外界的周期性过程(昼夜交替、四季变更、潮汐涨落等)相呼应,以保证生物对环境的适应。

但是,怎样区分是生物钟的作用,还是生物对自然界某些因素周期性变化的简单反应呢?为了回答这个问题,我们可以把生物从自然环境中取出来,将它放在实验室里,把假定它敏感的那些因素维持在恒定的水平上。如果生物在恒定条件下依然故我,则说明生物体具有某种保持这种节律的体内机构。

例如,有人把黄棕色硅藻从大海之滨,迁移到没有昼夜交替和潮汐更迭的环境之中。结果,令人惊奇的是硅藻仍然和生活在海滩上一样,周期性地上升和下潜,其时间之准确简直可以代替潮汐时间表!砂蚤是栖居于海滨的另一种生物,每当涨潮高峰时,它们从沙滩里钻出来,在波涛翻滚的大海中游泳觅食,落潮时就钻入沙滩,静候着下次高潮的到来。如果将它们养在海水罐中,并维持在恒定的条件下,人们发现在涨潮的高峰时间,它们依然在水中游泳,而其余时间则安静地在罐底休息。

又如,在自然条件下,许多植物都有“睡眠”和“觉醒”的周期交替现象。如豆、豌豆和三叶草的叶子夜间垂下,白天竖起。如果把这些植株置于黑暗之中,人们并没发现它们的行为有丝毫改变,叶子依然周期性地垂下和竖起,好像植物继续在受昼夜交替的影响。

生活在恒定条件下的生物,它们的活动也会发生变化。有一种哺乳动物叫鼯鼠,白天躲在树洞里休息,而于黄昏时分钻出洞穴,通宵达旦地沿树干奔来跑去,由这棵树跳到那棵树以觅食(图3)。鼯鼠的活动大约开始于日落后半小时,或精确些说,当光照度降低到一定程度,它便开始活动。这种循环每24小时周而复始。现在我们把几只鼯鼠放在旋转铁丝笼中,只

要动物一开始活动,笼子就旋转起来,这样将便于我们观察,然后把它们置于完全黑暗中。根据观察,受试动物的活动周期逐渐发生变化,变成23小时至稍大于24小时之间。这种偏离24小时周期的节律,叫做近似昼夜节律。持最短周期(23小时)的动物,每天比前一天提前1小时开始奔跑。这样,大约经过3个星期,生活在恒定条件下的鼯鼠的活动,就比自由生活在森林中的鼯鼠推迟一昼夜。有趣的是,重获自由的鼯鼠很快又恢复正常的24小时循环。“外因通

过内因而起作用”。在自然条件下,在外界因素(例如光照度)变化的影响下,近似昼夜节律与严格的24小时循环是同步的。对于鼯鼠,这种同步因素是黄昏,即从光亮到黑暗的过渡时期。

显然,如果改变同步因素的作用时间,便可调快或调慢生物钟。我们可以做一个实验。蟑螂的活动周期与黑暗的到来是一致的,但它最活跃的时间是傍晚。假使在实验条件下,人为地颠倒白天和黑夜的顺序,便可轻而易举地调拨蟑螂的生物钟。现在,我们把盛放蟑螂的笼子放入暗室,用“电子眼”来记录它的活动。夜间用电灯照亮暗室,每天早晨9点钟熄灯。这样,对暗室中的蟑螂来说,白天变黑夜,黑夜变白天(图4)。大约经过一个星期,昆虫便改变了原来的活动顺序——在人造黑夜时呈现活动,尽管实际上这时实验室外面仍是白天。这时,蟑螂的生物钟被调拨了。

目前,人们已从充塞雨滴的微生物到高等植物和人类这些形形色色的生物中,找到了这种无声无息的生物钟。现已发现,许多生物学现象,不用生物钟这个概念,就不能得到合理的解释。可以说,生物钟已成为有机体的一个特征。



图3 鼯鼠

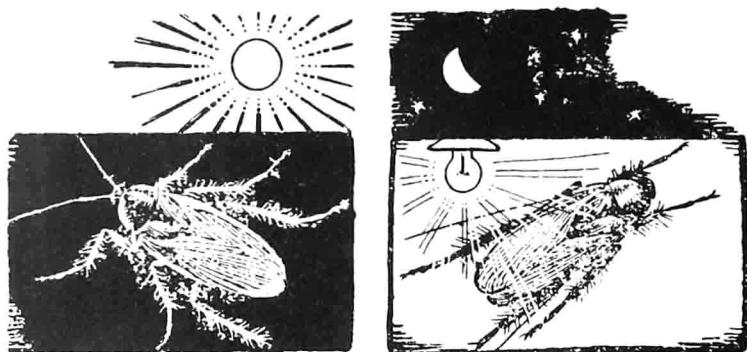


图4 蟑螂的生物钟被调拨了

生物钟在生物体的什么地方？它的本质是什么？现在有许多人在研究这些问题。

我们知道，人的激素对生长、消化、生殖等过程有着十分重要的意义。激素分泌的量不足或过剩，都会引起我们身体的病变。例如，我们头部的一个内分泌腺——脑垂体活性亢进时，小孩就会发育成巨人，而其活性过低时，小孩就会长成侏儒。在其他动物的生命活动中，激素也起着非常大的作用。那么，生物钟是否可以通过某种激素的影响来解释呢？

我们把两只蟑螂的背上都打一个小洞，通过洞把它们的血液循环系统连起来。用蜡把它们固定在一起，并把上面那只蟑螂的所有腿全部切除以限制其运动（图5）。手术前，上面那只蟑螂生活在正常情况下，并表现出典型的的活动循环。下面那只蟑螂的正常活动循环，在经过长时间连续光照后暂时终止了。当把它们移到连续光照条件下，下面那只蟑螂立即表现出明显的活动规律：它在相应于上面那只蟑螂原先活动的那个时间开始奔跑。因此，上面那只蟑螂血液中的某种激素，是下面那只蟑螂活动的启动者。

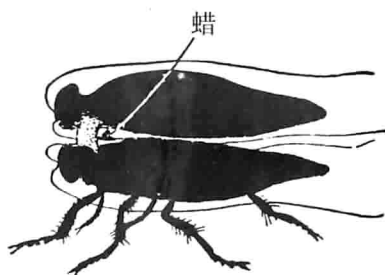


图5 具有同一血液循环系统的两只蟑螂

后来，在蟑螂的咽下神经节找到了它们的生物钟。这是一群神经分泌

细胞,位于神经节的侧面和腹面(图6)。把这团神经组织移植到另一只蟑螂身上,钟便“继续行走”,在体内有规律地生成控制蟑螂活动的激素。这样,就证明了这种神经细胞团起着计时机构的作用。

别的地方还有没有这种生物钟呢?如果用局部冰冻法使钟停走一段时间,正常的活动规律不被破坏,当钟重新发动起来时(即解除冰冻),激素分泌继续按原先

的时刻表进行。看来,在蟑螂的这个生物钟暂时停走的那段期间,在有机体某个未被冰冻的部分还有更重要的生物钟在行走,在计量时间。这种生物钟,有人称为母钟。这些母钟就是神经突触(神经纤维轴突末端与其他神经元的连接处)分泌激素的有规律的活动,它们控制着神经分泌细胞中激素的产生。可以设想,一般的生物钟(即子钟)调节蟑螂的日常活动,母钟仅在这些日常钟的指示稍微发生偏差的情况下才发挥作用。例如,随着季节的变更,光照度在逐渐变化,母钟的“指针”发生移动,它将首先拨动日常钟,好像对它说:“要改变一下自己的步伐,白昼正在变长!”

有一种叫海兔的海洋软体动物,貌似花园里的蛞蝓。它全身有几个神经节,其中一个与吃食等活动有关,有人把动物放在海水箱里,使之经受12小时光照和12小时黑暗的“训练”,几天过后,便把这个神经节摘除,其内部含有一个大的神经细胞。将微电极插入这个神经细胞,开始人们每分钟只记录到几个脉冲,但一到实验箱电灯打开的时间——“黎明”,脉冲就陡然上升到每分钟40次,然后下降,重新开始慢速率。24小时一过,该是翌日的“黎明”了,脉冲速率再次迅速上升。这说明即使单个神经细胞,也能

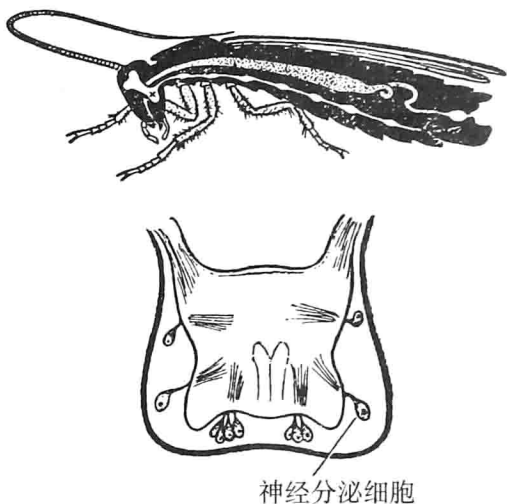
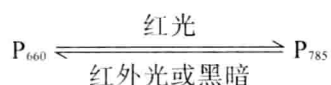


图6 蟑螂体内神经分泌细胞所在的咽下神经节(×记号处)
下为咽下神经节的横切面

“学习”并“记住”时间节律。

各种生物的生物钟是不相同的，特别是植物和动物的生物钟各不相同。关于植物的生物钟，就让我们看一下一种重要的植物色素——光敏素。这种色素可以两种形式存在：一种吸收红光，称作红光吸收色素，或简称为 P_{660} ；另一种吸收红外光，称作红外光吸收色素，或简称为 P_{785} 。通过吸收光线，两者可以互变：



它们的互变可以形成振荡系统，由它控制植物的开花时间。

生物钟和人

人们在研究各种病例时，发现了许多有趣的事实：

有位足球队教练，他的膝盖有规律地每 9 天发生 1 次肿胀，甚至不得不按照这个情况来制订踢球计划。

一位被震颤麻痹症（帕金森氏病）困在床上的 28 岁妇女，既不能行走，也不能独立活动，因为她的手和腿全都强烈地震颤。但每天晚上 9 点钟左右，她的一切病症会暂时自行消失，行动自如，完全像个健康的人。

还有一个 14 岁的男孩，从 12 岁起患了周期性麻痹症，每星期发病 3 次，病发作时，他的手臂、腿部和颈部全都动弹不得。

在医学文献中，这种周期性疾病患者不乏其例。有人认为，这类疾病的复发可能与生物钟的工作状态有关。此外，还发现生物钟和衰老有关系。由于各人的生物钟的某些特性不同，有些人就比其他人的衰老得快。

为了研究人的生物钟，有位科学工作者一个人在地洞中生活了 205 天。这个地洞深达 40 米，洞内没有自然的昼夜之分，也没有任何确定时间的仪器。但是，这位科学工作者的活动仍能基本上保持 24 小时的周期。这表

明,人体的生物钟可能与昼夜交替无直接关系。

我们知道,无论在航天飞船里,还是在核潜艇中,人们都得在密闭舱里呆很长时间。在这里,没有人们习以为常的昼夜交替。在潜水艇里,“黑夜”与“白昼”将由电灯开关来控制;而飞船飞离地球后,四周是几十亿颗亮闪闪的星星,地球上的昼夜交替、大气压变化、温度起伏和其他因素都被远远抛在后面。如果飞船上的睡眠时间与航天飞行员习惯的地方时间不一致,他们就会睡眠不好,感到精疲力尽。短期飞行中,人可以维持任何节律;长期飞行中,必须使航天飞船上的仪表和控制台的工作制度符合24小时的地球循环。为了维持这个节律,不仅要求严格遵守制度,而且要求感觉刺激流(通信等)有节奏地作用于航天飞行员。

生物钟的研究,使医务工作者开始注意到,同样的医疗措施得出不同的医疗效果,往往与治疗的时间有一定关系;临床分析得出的结果,也常常与时间因素有关联。例如,心脏病人对药物洋地黄的敏感性,上午4时大于平时40倍。糖尿病人也在上午4时对胰岛素最敏感。人得传染病最可能死亡的时间与对细菌毒素最敏感的时间是一致的,在早晨5时半左右。由于医学和农业发展的需要,人们建立了生物钟毒理学和药理学,以研究毒素和药物对生物和人作用的时间规律。如果将生物钟方面的知识用于对病虫害的控制,则有助于节约药物、时间,减小环境污染,而又达到最大杀虫效果。人们发现,用除虫菊灭蝇,下午3时使用特别有效,而用以杀蟑螂,则于下午5时半最有效。栽培学、畜牧学、养蜂学、生理学、生物化学和生物物理学工作者们,也从生物钟的研究中得到启示,在研究某种因素(条件)对生物的影响时,需要十分严肃地对待对照和试验生物的“其余条件相同”这一前提。表面上相同的“其余条件”,实际上可能由于时间不同而变成完全不相同。

生物钟研究将有很大的实际意义。例如,我们将在后面看到,有些动物在长途迁徙中,用星象或太阳确定方位时,需要用生物钟来进行时间校正。如果我们弄清了生物钟的本质、时间感受器的特性和记忆时间的原