

细胞

C.P. 斯旺森 P.L. 韦伯斯特 著

内 容 简 介

《细胞》是一本较好的基础读物，内容主要从分子水平介绍了细胞结构与功能方面的基本知识和研究成果，阐述了细胞学说，以及有关细胞发育、遗传和进化等理论问题，并附有大量电镜照片和插图，便于初学者理解，可供生物学研究和教学工作者参考。

C. P. Swanson and P. L. Webster

THE CELL

Prentice-Hall 1977 4th Ed.

细 胞

C. P. 斯旺森 著
P. L. 韦伯斯特 著

陈泉光 等译

责任编辑 吴铁双

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

*

1985年4月第一版 开本：787×1092 1/32

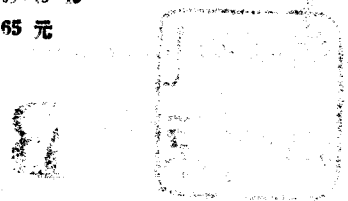
1985年4月第一次印刷 印张：11 3/8

印数：0001—8,700 字数：258,000

统一书号：13031·2877

本社书号：3965·13—10

定价：2.65元



译 者 的 话

《细胞》是一本很好的读物,我们在拿到原书的 1978 年就开始组稿,很想早日与读者见面,但由于译者分散,交稿时间参差不齐,译文几经校订(原文颇不易译),结果事与愿违,拖延了很长时间,谨在此向广大读者致歉。

译文除各章所列校者外,前言及第一、三、四、五 和 七至十一章曾经中国水稻研究所汪开治同志校阅,第二和六章由北京市肿瘤研究所陈泉光同志校阅,在此一并致谢。

由于译者水平有限,译文恐仍难免有错漏之处,欢迎广大读者批评指正。

序 言

《细胞》第四版与以前各版不同，作了许多修改。新版不是大幅度更换书中内容，而是作者更加强调了细胞在现代生物学中的地位。所以，改动虽多，但性质上是加深阐述，而不是提出新的不同方向。本书内容比以前各版明显增多，这体现在：更加强调生物能学及细胞支配物质与能量的机制；图表资料数量增加，质量提高；对细胞器及其在细胞生活中的作用作了较多修正，并介绍了这方面的最新知识；新增加“细胞进化”一章，而且写作增加一倍（不是繁赘而是增添内容），因而成功地给本书各方面带来富有生气的成分。

对于充实本书内容给予各种帮助，以及慷慨地允许采用他们的图表资料的作者，尤其是阿默斯特学院 H. T. 约斯特教授审阅原稿，给了我们极大帮助，借此机会表示谢忱。然而，书中难免会有错误，当由作者负责。

C. P. 斯旺森

P. L. 韦伯斯特

目 录

第一章 生命的细胞基础·····	i
细胞学说·····	4
细胞与能量·····	9
细胞概述·····	14
病毒·····	21
工具和技术·····	26
参考文献·····	39
第二章 细胞的信息·····	41
酶·····	42
细胞核·····	46
细胞核是调控中心 ·····	53
染色质化学·····	57
遗传密码·····	69
转录和转译的控制·····	83
参考文献·····	87
第三章 细胞边界·····	89
质膜·····	89
跨膜运动 ·····	95
质膜的饰变 ·····	99
细胞的膜外成分·····	105
植物细胞壁 ·····	106
动物细胞的细胞外物质 ·····	112
参考文献·····	117
第四章 叶绿体和线粒体——能量捕获与动用·····	118
光合作用·····	121

叶绿体·····	125
呼吸·····	133
线粒体·····	135
线粒体和叶绿体的自主性·····	138
参考文献·····	139
第五章 细胞质的组成·····	141
内质网·····	141
高尔基复合体·····	145
溶酶体·····	148
微体·····	164
液泡·····	150
膜系统之间的关系·····	152
微管和微丝·····	154
参考文献·····	159
第六章 比较细胞学·····	160
细胞的形状和大小·····	161
比较细胞学·····	174
运动的细胞·····	178
转运细胞·····	183
组装细胞·····	189
参考文献·····	191
第七章 细胞的繁殖·····	193
根尖细胞的有丝分裂和细胞分裂·····	194
动物细胞的有丝分裂和细胞分裂·····	202
秋水仙碱·····	204
有丝分裂纺锤体·····	206
分裂间期·····	207
细胞繁殖的意义·····	213
参考文献·····	216
第八章 减数分裂——信息的传递·····	218

减数分裂的各个时期.....	223
脊椎动物的减数分裂	243
有花植物的减数分裂	248
染色体遗传理论.....	250
孟德尔遗传定律	252
交换和交叉的形成.....	258
交换的机制	264
参考文献.....	266
第九章 细胞发育.....	268
分化的转录.....	280
基因转录的调节.....	286
异染色质	286
染色体蛋白质	287
核质的相互作用.....	287
分化的转译.....	291
基因扩增.....	292
激素.....	293
参考文献.....	294
第十章 细胞的死亡.....	296
细胞更换.....	298
细胞死亡作为一种发育过程.....	306
参考文献.....	315
第十一章 细胞的进化.....	316
前生命状态.....	316
原始细胞.....	323
密码的起源.....	326
真核细胞的起源.....	328
有丝分裂的起源.....	342
真核细胞的变化.....	344
参考文献.....	354

第一章 生命的细胞基础

每门学科都有一个或多个突破学科界限、飞跃发展的时期。推动这种变革的通常是一个新的发现或一个新发展的学说,这种发现或学说提出了一些新的问题,使人们对各种老问题有了完全不同的看法。自从 20 世纪 50 年代初期以来,生物学就已经发生了这样的变革;人们有理由认为,这是生物学知识的一次真正的爆破,而且在这次爆破中,科学的每一个领域都遭受影响。这场生物学的大变革不单纯是生物学知识的大量增长(虽然情况是这样),而且所产生的知识的性质也是不同的,从而改变了生物科学的结构。新仪器和新技术,更合适的实验用生物,尤其重要的是人们考虑和提出各种关键性的、有待验证的问题的新的思路,这一切全都对生物学知识的突破起着重要作用,并且影响着生物科学的方向、特征和发展前途。近代生物科学的研究活动主要集中在细胞生物学领域。

本世纪最近 25 年来人们取得的知识,无论在科学上或哲学上都有十分重要的意义。作为人类,我们有兴趣认识自己,认识我们生存的空间和时间,以及我们是怎样发展起来的,今后的处境又将如何。我们认识到个体——不仅是我们自己和我们的人类同伴,而且还包括我们周围的植物和动物的独特性。生物科学现在不仅可以用比较容易理解的形态学和行为的语言,而且在某些例子中还可以用明确而具体的分子语言,对个体的独特性作出合理的解释。本书的目的是阐明细胞,现在知道细胞是这种独特性的组织结构基础。

通过对自然界深入细致的研究,揭示出生命界的同一性、连续性及差异性。然而,认识事物的细节与理解事物的细节不同。后者要求解答可能提出的问题,设计周密的实验予以证明,或将含糊不确切的论点推翻,以及用可以检验的假说或理论,将各别的事实和现象归纳成为有意义的整体。通过观察、实验和推理,人们得以认识周围的生命界和非生命界,乃是受人们称为自然规律的某些法则支配的有序的系统。事实上,只有假定自然界是有序的,科学才有意义。因而,科学的职能就是揭示并尝试阐明这种有序性。

我们通过五官(触觉、味觉、听觉、嗅觉和视觉)接触周围世界。五官可以把握现实世界的表面,但要了解由物质与能量构成的世界时,就要观察、划分、描述,有时还要以特殊方法进行测定。用寻常五官或者说用不大精确的方法,一般不难将天空、陆地与水,气体、固体与液体,生物与非生物区分开来。在比较精确的水平上,我们可以区别粗糙度、强度和色度(只要不是色盲),也可以辨别酸味与咸味,甜味或苦味。但人类感官分辨能力有限。比如,众所周知,水、蒸汽和冰均由 H_2O 分子构成,它们各有不同的特性,但寻常感官除了识别它们的差别与温度有关之外,不能说出其所以然。我们只能听到某个范围的声波,只能看到光谱中可见光区部分(图 1.1)。超越这个限度,我们便不能直接把握这些事物的物理性质。由于人们感官所限,需要借助仪器、实验以及推理来深入认识物质世界。

人类五官对自己和周围世界的认识,与仪器和(或)实验获得的资料作比较时,感官往往缩减了世界的大小和差别。例如,夜空看来只是布满星星的苍穹,距离只凭臆测;光年、银河、黑洞及中子星将是没有意义的名词。感官不能看到细胞和微生物的构造,而所有其他生物(包括人类)的结构,也只是

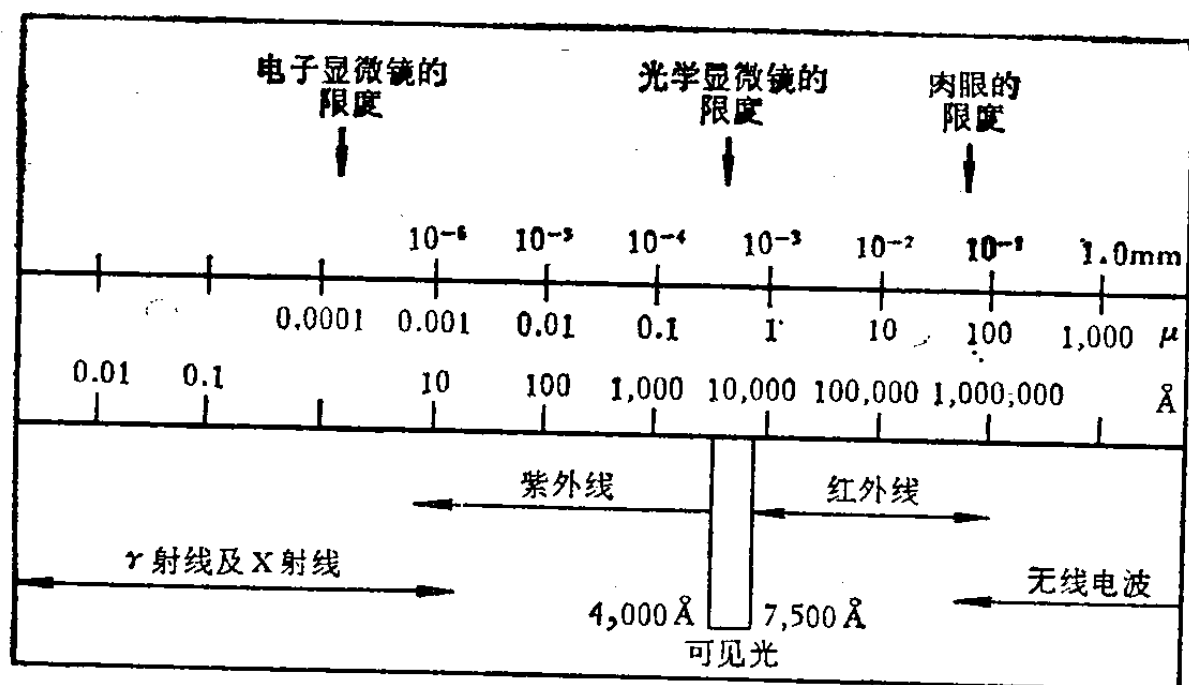


图 1.1 电磁波谱的对数标度,以毫米、微米及埃为计量单位:
 1 微米 = 0.001 毫米 = 10,000 埃。列出了肉眼、光学显微镜和电子显微镜分辨力下限的近似值。

了解较大易见的部分。然而,人类能够扩大感官的分辨能力。例如,晴朗的夜空,肉眼只能辨别数千个星星。但用高倍望远镜观察就可以发现,银河(我们太阳系是其中的一部分)包含了亿万个类似太阳的星星,而整个宇宙,又包含亿万个可比拟的银河系。与用望远镜观察遥远距离的星空不同,光学显微镜与电子显微镜则用于研究像病毒、细菌、细胞和大分子等等微观世界,因为它们全都很小,肉眼通常是看不见的。相仿,照相底板比人类眼睛对电磁波谱(图 1.1)的某些部分更加敏感,它突破感官“可见度”的限制,因而人们能够发现光谱一侧长的红外线和无线电波,以及发现光谱另一侧短的紫外线、X 射线和 γ 射线。

我们无论用何种方法阐述“事物”,都要以其组成单位进行分析。人们的认识愈是提高,采用的仪器和技术愈是具有高分辨率和愈有成效,对于这些单位的定义(界限,基本性质,

由小进大的方式)就愈要精确。的确,不懂语言基本符号单位的字母,组成十进制和米制的数字,或是不懂把它们组合在一起借以表达一种思想或一种定量的数值时,就不能阅读书中这几页的内容。因而科学(无论物理学、化学或生物学)的首要目标之一,就是确定其有关单位的独特性。因为,在特定的学科领域内,除非其单位已为众人所了解和接受,否则就很难进行有益的交流,该领域的科学知识也不会得到发展。

细 胞 学 说

生命的基本单位——细胞乃是一种物理性实体。比细胞小的物质单位不存在生命所具备的增殖、突变以及对刺激反应的能力。像物理学家破碎原子那样,我们可以将细胞打碎,用离心方法分离其中某些成分进行研究。我们发现这些细胞碎片可以暂时继续进行它们的许多活动,诸如消耗氧气,酵解糖分,甚至形成新的分子。但是,这些活动各别地不能组成生命。正如亚原子质粒的行为并不等同于完整原子的行为一样。打碎的细胞再也不能无限地延续生命活动。因而我们可以得出结论,细胞是维持生命活动的最基本单位,即使如我们将看到的,细胞具有极复杂的结构。另一方面,病毒比细胞小,也不那么复杂,但病毒不能独立生存,它需寄生在细胞中(第 21 页)。

与原子和分子比较,细胞是大得多和复杂得多的单位。它是有一定边界、内部进行着恒定化学活动和能量运转的小天地。在通常的温度下,没有化学活动的细胞是死细胞。因此,细胞学家(研究细胞的学者)力图认识现有各种各样的细胞,依其活动和功能来了解细胞的组成和结构。细胞学家不仅把细胞看作是完整的实体(例如单细胞细菌),而且也看作是构

成多细胞植物和动物的复杂的器官和系统的整合部分。

现今所熟知的细胞是生命的基本单位，这一概念就是细胞学说。细胞学说基本上是事实的描述，而不是没有肯定的、争论性的理论。它是在用显微镜观察了许许多多植物和动物的结构之后逐步发展的认识，最后提出，细胞是一切生物组织所共同具有的结构特征。1665年，英国学者罗伯特·虎克（Robert Hooke）用他自己发明的显微镜最早在一片软木塞上看到死亡细胞的残骸（图1.2）。当时他想像这种细小的结构

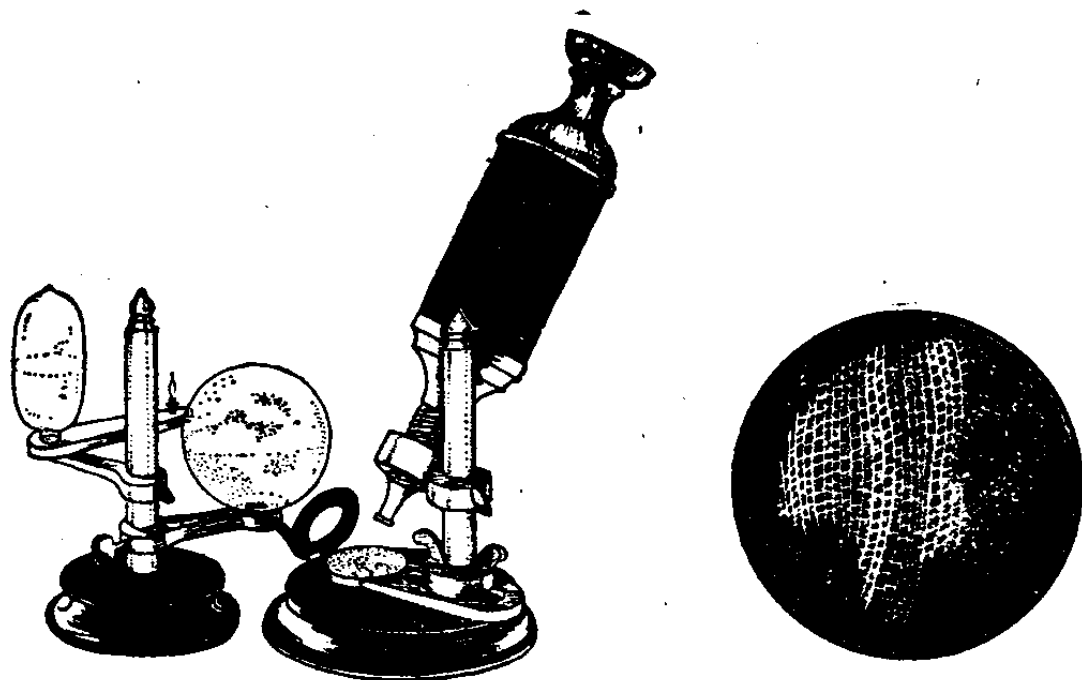


图1.2 罗伯特·虎克观察软木片并绘制其显微结构（圆圈内图）用的显微镜。下面是他当时观察的描述：“我拿一块十分清洁的软木塞，用像剃刀一样锋利的小刀将它削去一块，使其表面十分平滑，然后在显微镜下仔细观察，我认为我所看到的是一种具有一些小孔的结构，但我不能清楚分辨从而确认它们就是小孔……于是我用这把锋利的小刀从软木塞平滑面切下极薄的一片，放在黑色载物片上……用一深平凸透镜投光其上，这就十分清楚地看到它全是孔洞，甚似蜂巢，但形状不规则……这些小孔或小室（细胞）并不很深，它们是由长条的连续孔道被横隔分开而成的许许多多的小盒所构成的……这种结构并不是软木塞所特有的，因为我用这台显微镜观察发现，接骨木及几乎所有树木的木髓，其他一些植物（如茴香、胡萝卜、牛蒡和川续断等的中空藤茎的内髓，都具有我在软木塞看到的那种结构。”

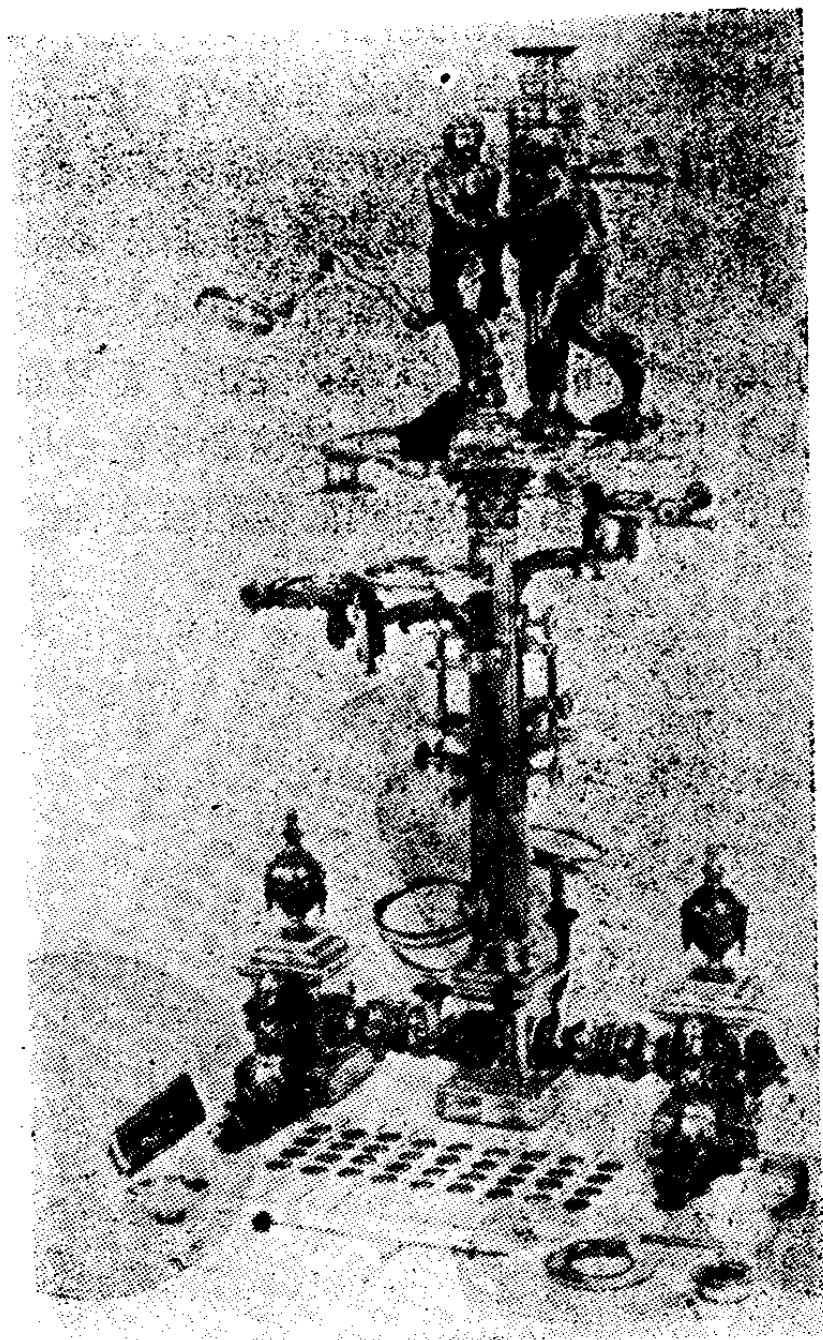


图 1.3 1770 年左右乔治·亚当斯(George Adams)制作的显微镜(以下说明从略)。

与僧侣住的简朴的小室相似，便称之为“细胞”(cell)。1800年前，在细胞的固定、染色技术发展的同时，性能良好的显微镜已被应用(图 1.3)。这时，有机体是由细胞组成的概念已为人们普遍接受，但对于细胞的定义、细胞内容物和细胞壁的意义、细胞来源的模式及其在组织中的作用等的认识还十分模糊。1838 年和 1839 年，两位德国的科学家即植物学家施莱

登 (M. J. Schleiden) 和动物学家施旺 (Theodor Schwann) 归纳了有关细胞的各种见解和观察,从而提出一种学说,指出细胞及其核乃是一切生物结构与功能的基础。这两位德国科学家关于细胞结构、功能及来源的许多见解,后来证明是错误的。但是,通过强调细胞的重要性,他们综合了当时的生物学思想,集中注意了细胞的结构,对于生物学发展超越单纯描述阶段来说,这是必要的。我们现在认识到,研究如此千差万别的生物诸如细菌、兰花和人类的细胞,有助于理解一切生物的结构和功能,而这在细胞学说的普遍性被人们接受之前是不可能做到的。在这之前,谁能想到人类和兰花会有什么共同之处呢?现在看来,细胞学说虽然在开始之时不甚确切,并且经过长时期的发展才逐渐形成,但是细胞学说的重要性,的确可以与达尔文的通过自然选择的进化论和基因学说相并列,成为现代生物学的基石之一。

施莱登与施旺的文章发表后约 20 年,一位伟大的德国医生鲁道夫·魏尔啸 (Rudolf Virchow) 作了另一个重要的概括:细胞只能来自原先存在的细胞。当生物学家进一步认识到精子和卵子也是细胞,它们在受精过程中彼此结合,这就逐渐弄清,生命一代一代往下传递,就是细胞的不断延续过程。因而,生长、发育、代谢的诸方面、遗传、进化、疾病、衰老和死亡,乃是细胞行为的不同表现,虽然其中每一现象,也可在不同水平的生物结构看到。

大多数学说在普遍有效上都有例外,细胞学说也是如此。我们在比较详细地考察细胞结构之前,暂不考虑这些例外。现在,让我们从当前的看法来说明细胞学说所包含的一些已经肯定的见解,主要有以下三点。

首先,如上所述,细胞学说指出,生命只能存在细胞之中。有机体是由细胞组成的,有机体的活动依赖细胞各别或协同

的活动。细胞是基本单位，物质和能量通过细胞而摄取、转化、储藏和利用，生物信息也在细胞内储存、处理和表达。其次，从第一点直接推理，细胞学说包含这样的见解，即生命的连续性是以细胞为基础的，而这实际上也就是魏尔啸学说论点的另一种提法。然而，现在我们可以更明确地了解到，从确切的意义上说，遗传连续性不仅包括细胞整体，而且包括细胞的一些较小的组分例如基因和染色体，以及细胞的遗传物质的逐代传递的遗传机理。以后叙述关于病毒的性质时，将更加强化完整细胞是遗传基本单位这一概念。病毒具有基因及染色体，但如果没有它所感染的细胞的帮助，病毒便不能增殖。第三是细胞结构与功能之间关系的概念，称为互补原则；简言之，即有序的行为与有序的结构是彼此密切相关的。细胞内进行的各种生化活动，的确是由一定方式组成的结构所决定的。在讨论细胞成分时，我们将再次叙述这一概念。

法国微生物学家安德烈·卢沃夫 (Andre Lwoff) 还从另一方面阐述了细胞学说¹⁾：

在细胞水平上研究生命世界时，人们发现其统一性。结构统一：每个细胞都具有核，细胞核位于原生质中。功能统一：每个细胞的代谢，基本上是相同的。组成统一：一切生物的主要大分子，均由相同的小分子组成。自然界仅用十分有限数量的建筑材料，便造就出千差万别的生命系统。结构和功能的多样化问题、遗传问题以及物种的分歧问题，均由于巧妙地运用少量建筑材料组成特异的大分子而获得解决……每个大分子都被赋予一种特异的功能。制造出机器是要它能精确完成要做的工作。我们赞赏它，但也应有确切估计。如

1) Andre Lwoff, *Biological Order* (Cambridge, Mass; M. I. T. Press, 1962), pp.11, 13.

果生命系统不能完成其工作使命,它将不复存在,我们必须了解生命系统是如何进行工作的。

细胞与能量

在上面的记述中,卢沃夫把细胞描述为做工的“机器”。很可能“机器”一词将会使人产生一种反映了技术和机械的时代,而不是我们知道的生命世界的想像。我们知道,打开电灯开关使室内灯光明亮,如果接着思索其全过程,那么,开关与外面电源相接,通过能量转换,灯丝电阻使电能转换为白炽热,最后我们看到的是辐射能。开动汽车也发生可相比较的事实:扳动开关,启动一连串的能量转换过程,汽油的化学能被转换为热能,通过气体膨胀又转换为机械能,从而驱动了机器的齿轮。开关、灯丝、发动机和齿轮,就是使能量流动或控制能量为既定目的服务的装置。

没有一种能够启动或关闭生命的开关,因为生命不是简单的或明显机械化的装置。我们不能想像,人类或任何其他生物,像电流通路或汽油驱动的发动机那样,其反应和行为是可以预测的或自动的。但生命系统可以像机器那样有控制地支配能量。再者,生命体像机器那样,也是以其结构和行为的高度有序性为其特征的。这种有序性使其可以有控制地支配能量,或者说前者是后者所必需的。而维持这种必需的有序性,本身又要求不断地输入能量。因此,生命现象基本上就是能量转换与能量消耗的过程,只有在提供各种所需能量的情况下,生命才能继续存在(图 1.4)。

热力学第一定律指出,能量(通常指做功的能力)既不能创造,也不被毁灭。但是,它可以自发地转变为不能做功的形式。热力学第二定律告诉我们,一切物理及化学过程均趋向

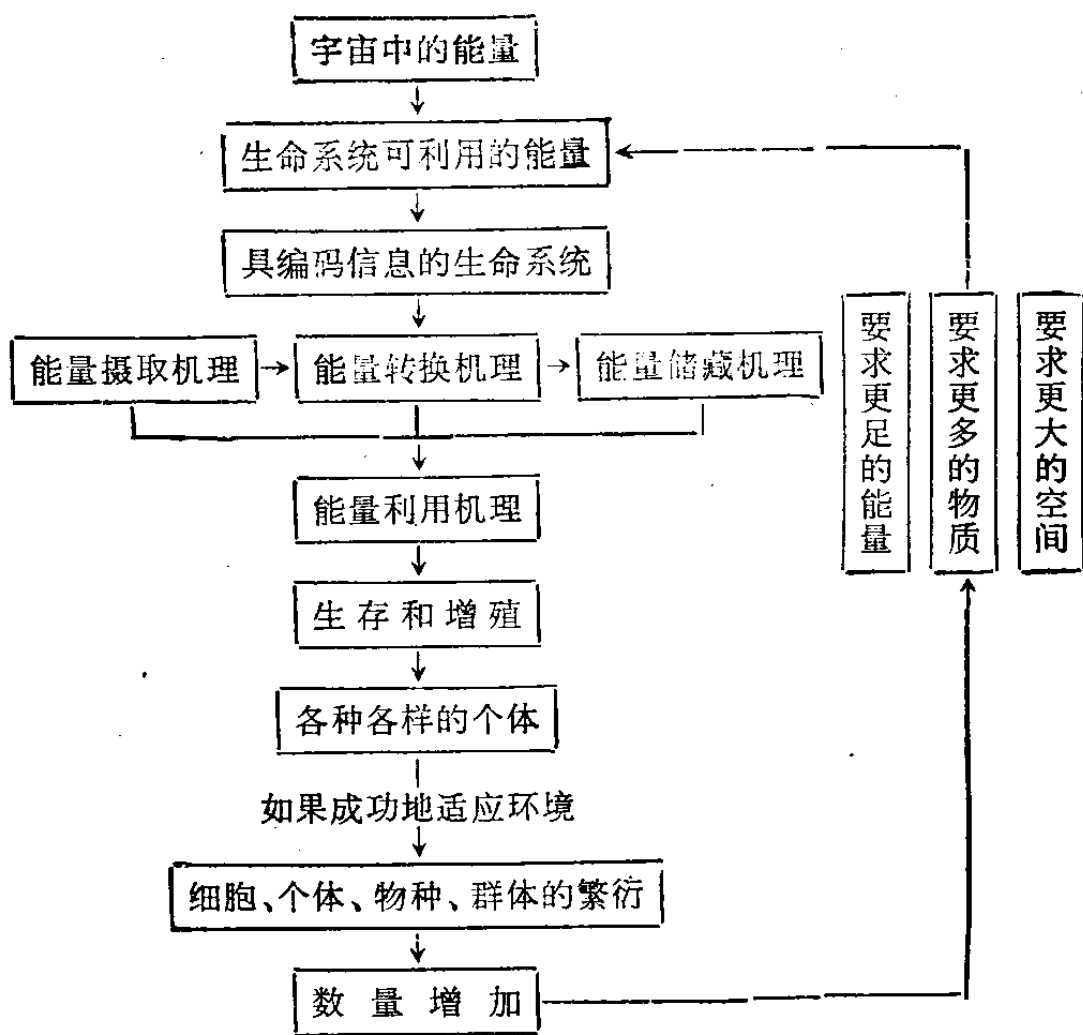


图 1.4 可以把生命系统的动力学看作能量问题，细胞内的编码信息通过有序的渠道控制着能量的运转和处理。应当了解，因为结构与行为是密切相关的，所以控制能量运转的机理与能量运转本身一样，都是细胞编码信息的反映。亦应说明，图表为对自然现象的阐述方便而设，力图对能量运转序贯作尽量确切的显示。（仿照 H. H. Hagerman）

平衡，即由有序状态变为无序状态。一个系统一旦达到平衡，它内部的能量呈最大的无序状态，这种无序的能量称之为熵（entropy），它不再用于作功。这样，在作功能量越来越小的意义上说，可以认为宇宙正在“衰减”。用于作功的总能量成分即有用能，称为自由能。从以上所述，我们可以了解到过程是趋向于最小自由能状态和最大熵状态的（图 1.5）。

按照自由能由最高到最低（或熵由最小到最大）次序，各种形式能量包括：引力、核反应、阳光（辐射能）、化学反应、废热及微波辐射。引力是产生所有其他各种能量的宇宙最初能