

生物课创新教学实验设计与探索



生物工程理论与教学

王拥军编著



目录

生物工程时代	1
细胞概述	13
生物的遗传和变异	21
生物工程的诞生	34
基因工程	49
细胞工程	79
发酵工程	109
酶工程	127
生物技术	137
生物探索式教学法探索	146
引导学习教学法探索	153
质疑、练习” 四步教学法	157
生物“ 目标、探索、引导、反馈” 课堂教学结构	159
生物“ 疑探释审” 教学法探索	163
生物“ 读讲做” 教学程序设计	165
生物“ 引导——探索——归纳” 教学法	168
目标教学与生物学素质教育	171

生物工程时代

在我们周围的世界里，可以看到各种各样的生物，有生机蓬勃的绿色植物，活蹦乱跳的动物，还有用眼睛看不见的无数微生物。地球上的各种生物，包括我们人类本身在内，都是大自然的“宠儿”。

据考证，今天生存在地球上的生物仅仅是地球形成后的几十亿年中形成的一小部分，大部分生物都在地球的变迁中灭绝了。例如，在1亿年前称霸全球的恐龙，在白垩纪的后期退出地球这个大舞台，与此同时，海洋中大量的浮游生物也相继灭绝。在生物进化史上，我们常常发现一些生物消灭了，另一些更有竞争力的生物出现了。它们演出许许多多蔚为大观的场面。最富有活力的演员要算是我们人类。人类在出现之后，很快就主宰世界。一般认为，人类的历史不会超过1千万年。然而，就是这位最年轻的成员却进化成万物之灵，统治着整个生物界。只有人，不仅仅学会认识生物，利用生物，而且正在改造生物，创造生物。不是吗，在远古时代，人们只能以采摘野果、捕获动物为生，后来学会种植粮食和饲养动物。人从跟动物为伍到征服凶猛的动物，这中间要经过几百万年，甚至更长的时间。在跟大自然的搏击中，跟生物的竞争中，人类终于获得才能和智慧，由必然王国进入自由王国。这就迎来了生物工程时代的曙光。让地球上的一切生物都为人类服务，让我们来谱写驾驭动物、植物和微生物的光辉篇章吧？

一、生物是怎样出现的

生命是怎样出现在我们这个可爱的地球上的，这就是人们通常所说的生命起源问题。生命出现之后，又是怎样产生这么多的生物物种呢？伟大的英国生物学家达尔文为此花了一生的精力，并写了一本举世瞩目的《物种起源》，这就是进化论。

生命起源和生物进化是一个非常复杂的问题，想用几句话就回答得很清楚很满意，是相当困难的。长期来，围绕这个命题争论不休。不同世界观的人对此有迥然不同的回答。关于生命起源的论述有许多，这里仅选择较有代表性的观点作简明介绍。

创世说基督教在圣经上说，天体天地以及各种各样的生物，包括人类在内，都是由上帝在六天之内分别创造出来的。起初，上帝创造了天和地。地是空虚混沌的，渊而黑暗，到处是水，只有上帝的灵运行在水面上。上帝说，大地太黑暗了，要有光，于是就有光。光把大地照得通明。这是上帝第一天的作为。第二天，上帝造了空气，空气在水之上，以云和雨的形态留在天上。第三天，上帝把天下的水汇集在一起，于是露出陆地。汇集水的地方变成海。第四天，上帝创造出太阳和月亮。白天由太阳发光，晚上由月亮发光。圣经中的亚当和夏娃有了太阳和月亮便可以定节气。这一天，上帝又造了许许多多的星星。第五天，上帝创造水里的鱼，在天空会飞的鸟，并赋予它们繁殖的本领，使鱼和鸟类越来越多。到了第六天，上帝造了各类牲畜、野兽和昆虫等等，又按照自己的模样，用土造了人，这就是亚当和夏娃。一直到第七天，上帝便休息了。现在相信创世说的人越来越少，因为生物科学的进步和发展，证明生物不是由上帝创造出来的。大量的化石材料说明，生物是不断进化

发展来的。

自然发生论在远古时代，科学不发达，不可能研究生命的起源这样一个重大问题。人们只能根据表面现象来推猜，认为地球上的一切生命(包括人在内)最早都是从非生命物质中突然产生出来的。在一些文明古国的文献中，这种观点屡见不鲜。例如，在我国古代就有“天地合气万物有生”，“腐草为萤”和“蝉固朽木所化也”等说法。在欧洲的古代有这样的论述：“地球为孕育生物之慈母”，“由于太阳传说中羊从树上长出的温暖，首先在最初的泥土里发出泡状的东西，接着从中形成鱼一类动物。其中有的爬上陆地……形成陆生动物，人类也发生了。自然发生论主张生物是从非生物物质来的，这不是真正的科学，而是一种不符合实际情况的臆测。为什么没有生命的物质会变成有生命的物质呢？自然发生论的代表人物亚里士多德的解说是，因为有一种叫“隐得来希”的作用。至于“隐得来希”是什么，为什么它有那么大的活力，亚里士多德无法解释。最后他不得不认为这是神赐给的。自然发生论在欧洲产生很广泛的影响，直到十七世纪英国出版的大百科全书中，仍然有关于“羊树”的记载。说小羊可以从一种“羊树”上生长出来。更荒唐的是，在1667年有一位医生和科学家还开出一张制造小鼠的处方，当时居然还有人会相信。

生源论生源论由法国生物学家巴斯德所创立。他认为，生命只能来自生命。他用实验的方法证明：跟现存的各种生物一样，渺小的微生物也是不能自然发生的。微生物巴斯德像物只能由散在空气、土壤、水流和各种东西上的微生物孢子产生。巴斯德的实验是这样的：把肉汁注入到一个曲颈玻璃瓶中，用火把肉汁煮沸，杀死其

中的微生物和微生物孢子。经过这样处理后，瓶里的肉汁就不会腐败了。也就是说，曲颈瓶里不可能产生微生物了。这是因为外面的空气流经曲颈时，混杂在空气中的微生物或微生物孢子被清除了，它们沉淀在曲颈的底部，不能跟肉汁接触。如果截断曲颈，让肉汁跟空气接触，不要多久，肉汁又会发臭，产生许多微生物。

巴斯德实验这个实验现在看来十分一般，也很简单。但它首次证明微生物不是自然发生的。巴斯德据此否认地球上最初的生物是从非生命物质发展来的可能性，并断言生物只能由同类生物产生。然而，巴斯德不清楚地球上最初的生物又是从哪里来的呢？

宇宙生命论地球上的生命来自其他天体，这一论点是德国科学家李比希等人提出来的。他们认为，“天体的大气和旋转着的星云的大气是生命形态的永恒的神殿，是生命胚种的永恒的繁育场。”至今，不少人仍然主张地球上最初的生命是来自宇宙空间。尤其在宇宙空间发现甲烷、乙醇、氨基酸等有机物质以后，这个论点又特别活跃起来。但是，要作出地球上的生命来自宇宙中其他天体的结论，至少到目前为止，科学根据尚不足。

生命地球起源说对于生命起源的问题，世界上绝大多数的科学家认为，生命是在地球上起源的，而且一经产生出来就沿着生物进化的道路向前发展。对此，恩格斯作出了科学的预见，他言简意赅地指出：“生命是整个自然界原始地球的生命起源的结果。”“生命的起源必然是通过化学的途径实现的”。恩格斯这一论断是扎根在坚实而可靠的科学基础上的。细胞生物进化史图学说的诞生，特别是达尔文的进化论告诉我们，地球上形形色色的生物，包括人类在内，都是由单细胞生物逐渐演化发

展而来的。在十九世纪用化学合成的办法得到尿素以后，无机界和有机界之间的鸿沟可以说是被填平了。跟恩格斯同时代的不少科学家也对生命起源作出各种解释，如海克尔、凯库勒、卡尔·肖莱马等人。海克尔认为地球发展到一定阶段，有机体必然由无生命物质产生。凯库勒提出了活体造形元素的巨大分子概念。肖莱马论述了由有机物合成蛋白质并进而向生命领域的飞跃过程，并明确指出生命之谜只有靠蛋白质化合物的合成才能解开。

到 1924 年，苏联著名的生物化学家奥巴林首先提出比较系统的生命起源假说，即团聚体学说。这一学说描述生命起源的三个阶段，就是从无机物到形成简单有机物，从简单有机物到形成复杂有机物以及从复杂有机物到形成多分子体系——团聚体，从团聚体到具有新陈代谢能力的蛋白质体。由于原始地球上存在以上三个发展阶段的条件，现代模拟实验的成功，有机物的产生，为生命起源奠定了物质基础，并且推动生命的进化。蛋白质和核酸等有机物构成一切生命的物质基础，因此在地球形成之后的几亿年中，地球上必然存在一个为生命产生提供条件的化学演化过程，这就是有机物形成并不断发展的过程。当化学演化过程发展到高级阶段，就出现飞跃，开始一个新的发展过程，即生命进化过程——从简单到复杂，从低等到高等，从水生到陆生的进化过程。这样，经过将近四十亿年的漫长岁月，才出现如此丰富的生物界。化石是我们今天认识生物进化的最好的标志。太古代是离开现在最远的一个地质年代，在它的初期，地球上只有频繁的火山活动和地震，还没有任何生命活动。到太古代的晚期，即 38 亿年前，就出现原始的生物。

到元古代后期，海底里已经繁殖大量的低等藻类。在古生代初期(寒武纪)，生物的种类和数量大大发展，海水中出现了几千种动物。在古生代的中期(泥盆纪)，水里已经有鱼类大量繁殖，在陆地上出现第一批植物，即陆生孢子植物，地球开始披上绿装。在中生代，爬行动物称霸于世，这就是恐龙统治地球的时代。新生代距今大约只有七千万年，哺乳动物、鸟类和被子植物大发展，地球开始进入最繁盛的时代。直到新生代的最后一个阶段，即第四纪才出现人类。所以，人类是地球上出现最晚的最高级最进化的生物种群。

所有这些都充分说明，生物的产生遵循一条客观规律，逐渐进化而发展起来的。在一个相当长的时间内，人类同样受这条自然规律的支配。那时候，人们要想直接干预生物进化是根本不可能的。

人，是大自然的宠儿。人在认识和利用生物的基础上，终于在最近的一、二十年中，掌握了生物工程及其一整套先进的生物技术，可以在几天之内培育出崭新的生物新品种，甚至有可能从试管中复制出在地球上已经灭绝的生物来。

二、干预生物进化

生物在地球上出现以来，经过将近四十亿年的进化，才有今天如此丰富多采的局面。生物生生不息，延绵不断，形成了种类繁多的生物界。据不完全统计，在我们生活的地球上，大约有动物 150 多万种，植物 40 多万种，微生物至少也有 10 万种。如果把那些绝灭的生物种计算在内，数字还要大得多，约有 2 亿个种。在地球这个生命表演的大舞台上，随着岁月流逝，条件变迁，多数生物种成了历史上的“过客”，留下的这些生物，是激烈竞

争中保存下来的佼佼者。

40 亿年，差不多跟地球的年龄接近(一般认为地球是在 45 亿年前形成的)，也就是说，在地球形成后几亿年中，化学演化已经开始，接着就发生质的飞跃，产生生命。生命起源之后，沿着进化的道路向前发展。生命有机体尽管千差万别、多种多样，但它们都有一个共同的特点，那就是生命。它们都有生、老、死，都能在成熟后采取一定方式繁殖后代。地球上的各种生物都是从一些最原始、最简单的生命类型逐渐演变发展而来的，它们都是“远亲近戚”。

生物中越是高等的类型，在地球上出现得越迟。在自然界中，要形成一个生物种是缓慢的。伟大的生物学家达尔文指出，生物进化的主导力量是自然选择。他认为生物经常发生的细微的不定变异，通过累代的选择作用，比较适合于当时外界环境条件的个体得以生存，并逐渐累积有利的变异，发展成新种。很显然，达尔文在这里描述的新种的出现，必须通过“累代”的选择作用，因此，自然界中新种产生是十分缓慢的。

达尔文像现在生物技术的发展，终于产生能直接干预生物进化的方法，这就是生物工程。基因工程和细胞工程是生物工程中最有影响的创造生物的新技术。在实验室中，基因工程师只要重组一下基因，就有可能获得新种。创造生物成为生物学家手中的常事。把两个不同种类的细胞融合在一起，能获得一个杂种细胞，它具有双亲细胞的遗传特性，经过培育有可能得到一个崭新的品种。把这些技术应用于改造生物，创造生物，不需要很长时间，可能在几天、几小时内就能改造一种生物，或者创造出一种生物。

由于利用基因重组和细胞融合技术，在理论上，人们完全可以得到比原先的生物种更能适应环境，更能符合人类需要的新生物。抗寒基因在自然界中不知要经过多少代的积累和选择，才能在一个生物种上得到表现。然而，用基因工程的方法，在几小时内就能把抗寒基因导入生物细胞内，顺利的话，在几周内就可以培育出一种抗寒的新生物。生物技术的产生，为大规模干预生物进化提供强有力的武器，大大加速生物的进化。这就是基因控制所产生的潜在威力。

生命系统是一个非常复杂的分层结构系统。它具有自适应、自学习、自组织和自繁殖这样一个相互矛盾而又相互协调的控制过程。当人类掌握基因控制理论和方法之后，不仅有助于探索生命过程和思维过程的本质，也为实际应用，特别是按照人类的需要来改变生物的未来指明了方向。例如，一直被认为是不治之症的癌，不久就可能得到根治，使人类进化得更加完善。人所以患癌，是因为正常体细胞中的 DNA(脱氧核糖核酸)受到外界环境中致癌因子的影响，使细胞离开正常的增殖轨道而恶变。如果用基因工程的办法调换掉那些致癌基因，那将从根本上解决人类攻克癌症这一难题。实现人类无癌的愿望，将是人类进化史上的一个壮举。再如，生物育种家都希望改良品种，培育出能抗旱、抗寒、抗病而且蛋白质含量高，能高产的动物、植物的新品种。今天，我们种植的粮食作物都是从野生禾谷类植物驯化而来的。我们的祖先在 7 千多年前就会种植水稻了，当初的品种单一，而现在仅水稻的品种就不下几千个。全世界每年都有新品种问世。这就足以说明，人类的力量已经在生物进化中发挥作用。随着生物工程的应用，人们期

待着生物的进化能大大加快。

三、三头怪兽和基因设计

比起地球上其他生物，人类是值得骄傲的。人类确实不愧是凌驾在其他生物之上的万物之灵。因为人类的大脑最发达，最完善，在宇宙之中没有任何东西可以跟它相比。人脑不大，却能贮存 $10^{12} \sim 10^{14}$ 的信息量，对信息进行加工和输出；它不重，却能衡量出宇宙之大和粒子之微；它不雅，却能学习和思维，想出许许多多好主意，构思出无数的设计图案，创作出剧本、诗歌，设计成千上万的新产品。看看我们周围世界，衣食住行哪一样不是人类创造出来的！从住的房子到各种交通工具，从家用电器设备到工厂里的各种机器，无不是人类设计出来的。但是，人类在过去相当长的时间内，却不能在实验室里合成出一个简单的生物，不用说是一只鸡蛋，就连一个最简单的噬菌体（世界上最简单的生命形式）也造不出来。

那么，人类就不能设计出新生物了吗？不，人类完全可以设计出新生物。这里所说的新生物，并不是说人类从合成蛋白质和核酸开始合成一个新生物，而是在现有的生物基础上，利用生物技术的办法，对生物进行人工干预，尤其是通过对基因重新组合，创造出不同于现有生物的新种。因此，我们可以把从事生物基因重新组合的科技人员叫做“基因工程的工程师”。

1973年，美国斯坦福大学的科恩，加州大学旧金山分校的博耶，把异体基因引入细菌体内，产生一个新的、独特的生命形态。这是人类有史以来第一次把两种互不相干的基因物质在实验室里重新组合起来。所得到的新菌种是神话中的三头怪兽 DNA(脱氧核糖核酸)重组体。

在古代的神话中，曾出现过有长着狮子、蛇和山羊脑袋的三头怪兽。自从可以进行“基因设计”之后，神话将成为现实。许多化学结构非常复杂，有特殊功能的生命物质，如干扰素、胰岛素和生长激素等，已经能够在一些像酿造啤酒的发酵罐里用基因重组的大肠杆菌大量地繁殖而生产出来。

一切生物的基因，都是 DNA 双螺旋体上的一个特殊部位。每一种基因都担负指令细胞去完成一个特殊的使命。不同的生物，它们的基因组合也不同。大家都喜爱看电影，电影的全部画面都在电影胶卷上，我们任意从胶片上剪下一段，都可以清楚地看到上面的图案。许许多多的胶片连接起来，就可以看到生动活泼、有色有声的内容。有时候我们在看电影时会发现，上下内容突然变化，这很可能是剪接错了，或者是少了一段。生物基因就好比是电影胶片的一个单元。DNA 是一个相当长的基因载体，具有巨大的运输遗传信息的能力。在人的一个单细胞中，DNA 能包容相当于 60 万页纸(每页纸 500 个词)的信息量。一旦我们能建立基因文库，就可以根据基因进行重新设计组合，以期得到新的基因蓝图，就像利用七巧板拼成不同图案一样。

基因重组为什么常常都在大肠杆菌中进行?这是因为大肠杆菌的基因数量比较少，科学家对它研究得十分透彻，因此大肠杆菌就成了基因设计的主要对象。

越是高等的生物，基因的数量越多，越复杂，重组起来就越困难。在高等生物体内的基因重组至今尚未成功，就是这个原因。

这里还得介绍一下人工基因研制的情况。美籍印度血统学者科纳拉，在 1970 年用化学合成的方法合成 77

个碱基对的酵母丙氨酸的结构基因，当时因缺乏其他部件，它的遗传特性表现不出来。1973年，他又合成126个碱基对的大肠杆菌酪氨酸 tRNA(称作转运 RNA)的结构基因。直到1976年，科纳拉宣布他成功地合成在细菌中有表达能力的人工基因——大肠杆菌酪氨酸 tRNA 的结构基因，这项研究成果对研究生命分子的结构和功能有重要意义，而且为基因设计提供了原材料。有了人工基因，创造新生物就方便得多。按某种需要来改变一种生物的遗传特性，人类几千年来梦寐以求的希望，今天终于实现了。

四、“基因谷”和“基因路”

你大概不难发现，无论是巨大功率的动力机械，还是电脑所控制的自动精密装置，跟生命体相比，都是望尘莫及的。生物以最少的能量消耗进行物质的分解和合成，进而形成跟周围环境相适应的自生产系统。

从生命诞生以来，在体内积累的自然智慧——基因信息所具备的巨大能力，是人类几百万年来所获得的“微薄智慧”所无法比拟的。现在，人类正在从自然的“智慧囊”中汲取必要的信息。正如探索物质奥秘的物理学家发现原子能那样，分子生物学的惊人发展，在揭示生命之谜中产生了生物工程。

生物工程的出现，将使我们地球上的面貌大为改观。人类所面临的三大难题：能源、粮食和医疗，即怎样控制癌症，防止衰老，使不毛之地的沙漠变成果实累累的绿洲，供给取之不尽、用之不竭的绿色能源等等，都可望由生物工程来解决。因此，在世界上许多国家，尤其是美国、日本、联邦德国和苏联等国，早就着手研究生物工程，有的甚至把它作为战略性技术优先研究。

也许你在新技术革命的许多报道中知道，为了开发微电子技术，在美国建立了“硅谷”和“硅原”基地，在日本建立了“硅岛”基地，但是你还不知道在美国还有“基因谷”和“基因路”吧！这是美国为了发展生物工程而建立的生物技术开发和研究中心。

从七十年代末开始，在美国西海岸旧金山湾附近，跟微电子尖端产业基地“硅谷”相毗邻的“基因谷”诞生了。从旧金山市出发，驱车一小时便抵达以帕洛阿尔托为中心的“基因谷”。这里，基因工程研究机关和围绕着斯坦福大学的基因公司比比皆是，大有斗奇争艳之势。为什么会出现“基因谷”呢？这是因为在斯坦福大学等科研单位中聚集着一大批从事生物工程，尤其是基因工程的研究专家，在需要大量开发这一技术的情况下，他们周围又聚集许多企业家，创办了基因工程公司。正如“硅谷”的形成一样，形成了“基因谷”。

在美国东海岸波士顿的第128号环状高速公路，就叫做“基因路”。这是因为基因工程的创业性企业在这里如雨后春笋般地出现。跟日本绿十字公司联合生产干扰素的一家美国公司就设在这里。

可以毫不夸张地说，不少国家的政府都在建立自己国家的“基因谷”。生物产业经过本世纪的努力，在下一个世纪将成为最有前途的产业之一，它带来的潜在经济效益是相当可观的。对“操纵生命”的议论，从惶恐不安到赞助鼓励，看来也是正常的。

不论是“基因路”，还是“基因谷”，我们都可以把它们看成是改造生物和创造生物的研究中心，也是用生物的某种功能或生物的组成部分生产生物制品的产业中心。1983年初，美国科技发展局向国会提出应用生物工

程发展的十个方面，即制药、植物、医学、农艺、化学、代用食品、化工产品、能源、环境保护和生物电子。这正是“基因谷”的企业竞相大显身手的几个领域。近十年来，美国已有近 300 家生物工程公司在“基因谷”奠定了基础。它们分别选定自己的突破口，全力以赴地研究，争取作出惊人的发明，以便引来各方面的资金，获取巨额利润。例如 1981 年秋季建立的生物应用系统，九个月后即开始出售第一批产品——蛋白质组分顺序分析仪和 DNA 合成仪。该生物应用系统已分别控制了世界市场上这两种产品销售额的 95%和 75%。

“基因谷”的生物技术发展速度，已超过被誉为生物科学摇篮的华盛顿和波士顿地区，成为美国生物技术产业的新中心。

细胞概述

在大千世界中，各种生物真是千姿百态，绚丽多姿。从低等的微生物到高等的动植物，差不多把我们赖以生存的地球表面都占领了。不论是从浩瀚的大海到广阔的陆地，还是从寒冷的两极到炎热的赤道，或者是从幽暗的深谷到喜马拉雅山之颠，处处都可以找到生命的踪迹。所有的生命有机体，都以自己特有的形态，巧妙的生存本领，来适应千变万化的生活环境。现在已经发现，在零下几十摄氏度的南极大陆，300 多摄氏度的高压高温海底喷泉中，照样生活着生物，简直令人难以相信。有谁能想到生命能如此顽强地表现自己呢！

尽管生物千千万万，但都是细胞或者是由细胞构成

的。简单的低等生物就是一个细胞，我们把它们叫做单细胞生物。有的生物是由许多细胞构成的，叫做多细胞生物。因此，细胞是一切生物体的形态结构和生命活动的基本单位。正如恩格斯指出的，“人们在整个有机界里所看到最简单的类型是细胞；它确实是最高级的组织的基础。”我们想要知道生命活动的规律，开发和应用生物工程，就必须从细胞入手。改造生物、创造生物是脱离不了细胞的。例如，近年来随着植物细胞培养实验体系的建立，在植物细胞学中，一个新的研究领域，即细胞融合技术的诞生，为我们提供了崭新的技术和方法。从而，人们可以按照预先的设计来改造细胞的遗传性，培育出新的动植物品种。在动物细胞生物学中，揭示细胞病理和癌细胞本质是目前世界上最热门的课题之一。如能阐明正常细胞基因的生长调节控制机理，就一定能加速揭露癌细胞的本质，有利于控制癌细胞的恶性生长，并提供根本性的防治措施。无疑，随着细胞内部奥秘的逐步搞清，一定能为解决许多实际问题作出贡献。

一、细胞的发现

人们最早认识和研究生物，大都是采用形态描述的方法，因为当时很难观察生物有机体的内部结构。在1665年，英国人罗伯特·虎克用自己制造的显微镜观察软木，发现软木中有许多小孔，状如蜂窝，这就是细胞（细胞的英文名 Cell，原意是小室）。细胞里还有什么？罗伯特·虎克没有进一步说明，只是十分简单地说其中还有空气或液汁。现在知道，虎克在软木组织中看到的仅仅是死细胞的细胞壁。以后，许多学者在不同的生物体中都重复看到细胞。植物有细胞，动物也有细胞。但这些学者同样没有注意到细胞内含物是些什么东西。直到

1831年，罗伯特·布朗从兰科植物的叶片表皮细胞中发现细胞核。1835年，有人在低等动物根足虫和多孔虫的细胞中发现细胞的内含物，当时把它叫做肉浆，后来证明就是细胞质。这样，细胞核和细胞质全部被发现了。

在十九世纪以前，许多学者的工作都着眼于研究细胞的显微结构，对细胞作形态描述，而对各种有机体都是由细胞构成的生物学意义，都未能在理论上进行概括。细胞学说的建立是十九世纪三十年代的事。这要归功于德国植物学家施莱登和动物学家施旺。施莱登首先指出，所有植物体都是由细胞构成的。他的这个观点被施旺在动物中证实，所有动物也是由细胞构成的。施旺指出：“细胞是有机体，整个动物和植物体乃是细胞的集合体。它们依照一定的规律排列在动植物体内。”在此基础上形成大家所接受的细胞学说。细胞学说的创立，说明植物、动物、微生物有机界是统一的。细胞学说是生物学发展的基础。

恩格斯对细胞学说的诞生作了很高的评价。他把细胞学说、能量守恒和转换定律、达尔文进化论一道誉之为十九世纪的三大发现。他说：“是施旺和施莱登发现有机细胞，发现它是这样一种单位：一切机体，除最低级的外，都是从它的繁殖和分化中产生和成长起来的。有了这个发现，有机的、有生命的自然产物的研究——比较解剖学、生理学和胚胎学——才获得了巩固的基础。”由于细胞的发现，我们不仅知道一切高等有机体都是按照一个共同规律发育和生长的，而且通过细胞的变异，能改变自己，并向更高的发育道路迈进。由此可见，只有在细胞学说建立之后，才能明确指出，细胞是生物有机体结构和生命活动的基本单位，又是生物个体发育跟