

生物圈与人类社会

刘国城 晁连成 张忠伦 叶平 著

前 言

由于全球性生态危机的威胁,人与自然关系这个古老课题,又重新成为世界哲学界、思想界关注的热点。但是,当代对这个问题的研究,已经具有崭新的性质。恩格斯曾经说过,自然科学的每一重大发现,都会使唯物主义采取新的形式。在人与自然关系领域,我们正在看到这种演变。几十年来,生态学、生物圈科学、社会生态学以及系统科学,提供了对自然系统的崭新知识,促进了人们对自然观念的更新,并把人与自然关系问题变成哲学与自然科学、社会科学实证研究相结合的研究领域。人们重视运用生物圈科学的资料 and 系统科学的新概念、新方法,研究人类社会与生物圈的相互作用机制,探讨社会生态系统的功能,寻求协调人与自然关系的途径。这种研究,提供了丰富成果,而且具有重要的理论意义和现实意义。

我们这本书就是从哲学与实证科学相结合的角度研究人类社会与生物圈相互关系的一种尝试。书中首先根据当代生态学和生物圈科学的成就,阐述作为人类生存环境的生物圈整体系统的结构和功能。生物圈就是与人类关系最切近的自然界,是自然界中的一个庞大的自组织系统,而不是消极的可以任人宰割的对象。人对这个自组织系统的适应和改造,是人类社会存在和发展的条件,而这就是人与自然关系的逻辑起点。我们进而研究由此产生的社会生态矛盾的历史,描述社会生态系统的历史演变,从中归纳出人类社会以生产活动为中介与生态环境相互作用的特点和机

DD90/66

制。社会生态矛盾的尖锐化就导致生态危机，而当代全球性生态危机已经成为对生物圈健全的严重威胁。生物圈功能的破坏，超出人类适应的限度，将危及人类的生存。因此，书中用较大篇幅探讨产生生态危机的根源，分析当代生产技术方式违反生物圈整体系统规律的各种表现，并在经济、价值观、哲学等各个方面进行反思。为了摆脱生态危机，就必须协调人类社会与生物圈的关系。而对于全球社会生态系统来说，这种协调只能通过整体系统中的调节控制过程来实现。现在这种调节控制任务已历史地落到人类的肩上。人类能否承担起这个历史使命？怎样完成这个使命？书中试图作出一些回答。我们认为，人类只要实现生产技术方式的生态学化，建立起了消灭人与人的对抗从而为消灭人与自然的对抗创造条件的社会制度，树立起科学的生态意识，前景就是乐观的，人类将能够找到与生物圈协调发展，共同繁荣的道路。

我们对于这样复杂的研究领域，还仅仅是初步涉足，知识准备还不够充分，论述之中难免有肤浅、疏漏和错误之处，因此欢迎读者和学者给以批评指正。

在本书写作中引证和参阅了国内外的许多文献，吸取了国内外不少作者思想和资料。就一些疑难问题曾与东北林业大学生态学教授祝宁同志讨论，并得到他的帮助。对此，我们都深为感谢。

这个研究课题得到国家社会科学研究基金的资助，在这里我们表示衷心的感谢。

本书第一、三、四、五、六、八、九、十各章，由刘国城撰写；第二章由张忠伦撰写；第七章由叶平撰写；第十一章由晁连成撰写，叶平参与了该章第三节的写作。全书由刘国城统一修改定稿。

刘国城

1990年11月于哈尔滨

目 录

第一章 生物圈的整体系统特点	1
一、高度复杂的有序结构	2
二、源源不断的能量流动网络体系	5
三、封闭循环的物质流动机制	8
四、多层次的自我调节功能	12
五、自组织过程的优化发展方向	17
第二章 人对生物圈的适应和改造	19
一、适应生物圈是人类生存的根本条件	19
二、改造生物圈是人类文明发展的物质基础	24
三、人化自然、人工自然是人类改造生物圈的产物	26
四、自然生态系统对人类的意义	30
第三章 社会与生态环境的系统关系及其历史演变	37
一、社会生态矛盾与社会生态系统	37
二、社会生态系统的结构	43
三、社会生态系统的演化	46
第四章 生态环境对社会发展的影响	63
一、社会与生态环境相互作用的特点	63
二、生态环境对生产发展、社会发展的限制和促进作用	70
三、生态环境对社会生产技术和资源利用方式的选择作用	79
四、生态环境对社会矛盾和上层建筑的间接影响	83
第五章 人口动态与环境容量的关系	93
一、人口增长型	93

二、环境容量的变化	97
三、人口与环境容量的相关变化	99
四、人口和环境容量能否无限增长?	101
五、地球生物圈的人口负载能力和最适人口量问题	103
第六章 当代全球社会生态系统	107
一、生物圈与人类社会相互作用的新特点	107
二、当代人类食物链的能流和物流	111
三、当代社会生产技术链的能量流、物质流和信息流	120
四、生态圈、智慧圈的概念	140
第七章 生态危机及其产生原因	148
一、生态危机及其对人类生存的潜在威胁	148
二、面对生态危机的不同态度和观点	166
三、导致当代全球生态危机的原因	180
第八章 协调人类社会与生物圈的关系	193
一、何谓协调?	193
二、建立社会生态系统的调节控制机制是实现协调的条件	196
三、人类能够控制生物圈过程吗?	201
四、控制生物圈过程的相对性	206
五、社会生态系统的调控目标	209
六、增强调控功能实现协调的途径	212
第九章 社会生产技术方式的进化方向——	
生产生态学化与生态生产	218
一、生产生态学化的根本要求	219
二、在工业中发展无废料少废料封闭循环生产的技术工艺	221
三、发展生态农业、生态林业,实现生物资源的永续利用	229
四、建立生产生态学化的能源基础	242
五、发展生态生产	249
第十章 创造协调人与生物圈关系的经济政治条件	258
一、资本主义与生态问题	259

二、社会主义、共产主义与社会的生态发展	270
三、生态问题与国际合作	278
第十一章 建立现代的科学的生态意识	280
一、生态意识与生态活动	280
二、生态哲学及其内容和意义	285
三、生态伦理学及其内容和意义	289
主要参考文献	297

第 一 章

生物圈的整体系统特点

我们生活于其中的生物圈,结构复杂,范围广阔,成份众多,内部联系隐蔽。所以人们认识它也比较晚。自然科学首先对天文的、地质的、物理的、化学的、生物的各种特殊运动形式作分门别类的研究,积累了大量科学资料,才为认识生物圈打下了基础。1875年奥地利地质学家E·修斯(E. Suess)在一本关于阿尔卑斯山起源的小册子中使用了生物圈这个术语。他认为生物圈是生物的总和,是地球表面的一个圈层。本世纪20年代苏联学者B·И·维尔纳茨基(B·И·Ворнадский)进行生物地球化学循环的研究,阐明生命物质与无机环境之间的密切联系,特别强调生命活动对形成地球表层特殊状态的意义,深刻揭示了生物圈的整体性,进一步丰富了生物圈概念。最近几十年生态学发展很快。首先是研究物种、种群、动物、植物与生存环境之间的关系,这就是物种个体生态学、种群生态学、动物生态学、植物生态学等学科。1935年A·坦斯雷第一次提出生态系统的概念,用以概括由生物群落与群落环境所构成的自然整体,这个整体经过演替可以实现动态平衡。从此,研究生态系统成为生态学最引人注目的一个分支。随着人类社会生产活动对全球环境的影响越来越严重,人与生物圈的关系日趋紧张,生态学也日益把它的注意力转向整个生物圈。一个以多学科现代成果为基础,以各种最新技术为手段,研究生物圈结构、能量

流动、物质循环、生物生产力和自我调节功能的生物圈科学正在形成。这是当今科学综合化趋势的一个具体表现。生物圈科学提供了对我们周围自然界的崭新知识，拓展了人们的视野。现在人们认识到，生物圈是囊括地球表面岩石圈风化壳、全部水圈、大气圈平流层，所有有生命存在的区域，由生物与非生物的物理化学环境组成的高度复杂的有序系统，是地球上最大的生态系统。

什么是人类赖以生存的自然环境呢？过去人们习惯于认为，环境不过是一个消极的可以任人宰割的物质堆积，是可以恣意索取压榨的物质库，是可以无偿使用的废物排放场。近代生产技术和生产过程大体上就是以这样一种指导思想为前提的。这样看待自然环境当然是错误的。生态危机的事实已经证明了这一点。

现在人们重视自然环境的重要意义，但是如果把自然环境仅仅理解为土地、植被、气候等地理条件那也是不全面不深刻的。这种理解没有揭示自然环境的整体系统特点，无助于正确认识人与自然相互作用的机制。

生物圈科学证明，人类生活和社会生产所依存的自然条件原来是生物圈整体系统的功能，这整个生物圈才是与人类息息相关的自然环境。

为了正确认识人与生物圈的相互作用，就必须科学地如实地揭示生物圈的整体系统特点，了解生物圈的结构和功能。

一、高度复杂的有序结构

生物圈是地球上最复杂的系统，但它却拥有严密的组织秩序。这种有序结构是生物圈整体功能的基础。

认识任何系统的结构，都要分析组成这个系统的要素，以及这些要素之间的关系。对于生物圈也是如此。那么，生物圈有哪些

构成要素，这些要素又是怎样联系起来成为一个有机整体呢？

组成生物圈的要素是非常复杂的，大致可以区分为如下几大类：

1. 由天文的、地质的过程所形成的物理环境因子，其中包括能量来源（太阳辐射），气候类型，温度湿度状况，背景辐射值等等。

2. 参加物质循环的无机物质，其中包括地球上与生命活动关系密切的几十种元素和无机化合物。

3. 联结非生物和生物的有机化合物，这包括参与生物化学过程的一切有机分子，如蛋白质、核酸、糖类、脂类、腐殖质等。

4. 生产者生物，主要指绿色植物。这是生态系统中能够直接利用太阳能，从无机物合成有机物的自养者。

5. 消费者生物，主要指动物。这是以其他生物为食而实现有机物转化并具有分解部分有机物功能的生物类群，属于异养生物。

6. 分解还原者生物，主要是细菌和真菌。它们专门分解生物排泄物和遗骸中的有机物，从分解这些有机物获得能量，并将有机物分解为元素或简单分子归还给环境。

上述六类组成要素，分别归属于非生物环境因子和生物因子这样两大类。二者以一定的关系结合成生态系统，每个生态系统都构成生物圈的一个功能单元。

生物圈的要素并非无规律地聚集在一起，而是以一定的本质联系建立起相对稳定的组织秩序，从而成为一个有机的整体。

这些本质的联系表现在如下几个方面：

第一是生物圈中生物因子与环境因子相适应和双向作用的关系。各种生物物种各有特定的新陈代谢类型和生理功能，只有在一定的物理化学环境因子波动幅度之内才能生存。所以各种生物都有其特定的生态位。环境条件对物种变异发生选择作用，制约生物的演化，造成生物因子与非生物因子的同步关系和发生学上

的联系,生物通过变异和自然选择追随环境的变迁。生物要素的组合、分布与生物圈的气候带、地貌类型的组合分布相对应。同时生物活动也对环境因子进行改造,影响大气圈、水圈、土壤层的演变过程。现在地球表面各个圈层都有生物作用的印迹,表现为生物活动的后果。生物圈中的生物量只占生物圈物质总量的 $(0.7-1.0) \times 10^{-4}\%$,即最多为 0.00001% ^①,但在生物圈的历史中,经过生物合成分解的物质总量却超过地壳无机物总量的一倍。生物过程是地球物质化学循环的积极环节,改造了大气、水体的物质动态平衡,促进了土壤的形成,并影响沉积岩层形成和分布的地质过程。因此,生物与环境构成了密不可分的、同步演化的整体。

第二是生物与环境之间以及绿色植物、动物、微生物之间能量流动和物质循环的关系。生物圈千百万物种都是这种能量流和物质流线路上的环节,构成包裹在地球外层的立体交叉网络。各种生物之间存在共生、竞争、偏利、偏害、互惠等各种关系,但就其在生物圈整体物质循环中的作用来说,每个物种都以各自的生物化学活动参与整体功能的维持,又都依赖这种整体功能而生存。从这个意义上来说,生物圈的物种是整体和谐互补的。

第三是生物圈的系统层次结构关系。生物系统从低到高由下列层次构成:基因系统、细胞系统、有机体系统、种群系统、生态系统。每一个层次都有其特定的结构和功能,并由较低层次经过特定关系组成较高层次的系统。生态系统是由生物群落与地理环境因子构成的,因此生态系统的分布受自然地理带和地貌的制约。众多小区域的生态系统作为子系统组成更大地理单元的生态系统。不同自然地理带的森林生态系统、草原生态系统、湖泊生态系统、荒漠生态系统等等又作为子系统构成陆地生态系统。陆地生

① Ф.Я. 西普诺夫,《生物圈的组织性》,莫斯科,《科学》,1980。

态系统与众多海域的海洋生态系统则共同构成生物圈。这些受地理条件制约而区分的生态系统在空间上表现为镶嵌结构，并由大气圈、风化壳、水圈的物质运动和整个生物圈基因库的发生学关系联系成一个整体。

这些有序结构就是生物圈各种功能的基础。如果把具有这样复杂结构、严密组织秩序的生物圈，看成无组织的物质的偶然积聚，那不能不犯历史的错误。

二、源源不断的能量流动网络体系

生物圈经过自组织过程，形成了复杂的有序结构。生物圈依靠什么来维持和增进这种有序性呢？

热力学第二定律告诉我们，一个与外界不存在能量交换的孤立系统，一定逐步走向热的均匀状态。从统计物理学的角度看，那就是分子运动的无序状态。熵就是表征这种无序程度的状态函数。在孤立系统中熵总是单方向地增加。推广热力学第二定律，或用类比方法加以引申，可以看出，不仅热力学系统如此，其他物质系统同样存在这个趋势。任何有序系统，一旦断绝能量的输入，那就必然发生有序程度的降低，直至系统瓦解，丧失原有的功能。一个系统要维持有序结构，抵抗走向无序的趋势，就必须不断作排除无序的功，也就是从外界吸取能量，并不断耗散这种能量用于保持新陈代谢，补偿结构缺损，或创建新的结构。

生物圈的组织秩序，从物理化学背景的一定振幅和自然节律的保持，到生物食物网的稳定，都有赖于能量的源源供应。可以说生物圈就是地球上最庞大的无所不包的能量流动体系。

能量的主要来源是太阳辐射。其中被地球表面接受吸收的能量绝大部分用于驱动大气流动、水份循环和地表物质迁移，从而维

持一定的气候模式、水系分布,并改造地表景观。只有一小部分能量转化为有机物的化学能,随着有机物沿食物网流经整个生物系统,并不断转化为废热,消散于空间。所以生物圈就是巨大的太阳能转换器,是能流的网络体系。

生物圈用什么办法保证太阳能源源流入生物系统呢?这就是靠绿色植物的光合作用。在生物圈演化的早期,原始生命是异养的,靠缓慢的光化学过程合成的有机物来维持生活,这种有机物来源一旦枯竭,原始生命系统就会瓦解。自从有了绿色植物,系统就转入自养,可以保证能量的不断供应,并在这个基础上,构造出复杂的生态系统,为动物、微生物创造了生存条件。生物圈的生物量中绿色植物占绝对优势,这是一切生命的基础。绿色植物固定太阳能这是生物圈能流的起点,是一切生物系统赖以维持有序结构吸取负熵的能源,当然也是人得以生存的根本条件。

生物圈经过自组织形成了自我维持功能。拥有占优势的绿色植物以保证能源,实现自养,就是它自我维持功能的一个重要方面。

植物在进行光合作用生产有机物,固定太阳能的同时,还吸收 CO_2 ,释放游离态氧,保持当今大气圈物质流动的平衡,这也是动物和人类生存的必要条件。

植物光合作用生产有机物,叫作生物圈的初级生产。这种初级生产的量是足以表征生物圈维持生物生存能力的最重要数据。

据E·P·奥都姆估算^①,

生物圈总初级生产为 100×10^{16} 千卡/年。

其中,陆地总初级生产为 57.4×10^{16} 千卡/年,海洋总初级生产为 43.6×10^{16} 千卡/年。

① E·P·奥都姆《生态学基础》,人民教育出版社1981年版,第50页。

陆地中以森林的生产力为最大，约达 38.3×10^{16} 千卡/年。

另外一些人给出不同的数据。据里斯(H·Lieth, 1975)计算，陆地总初级生产为 42.61×10^{16} 千卡/年，其中森林为 27.7×10^{16} 千卡/年。^①

这些能量有一部分经过食物链逐级利用。而每一个营养级的生物利用前一个营养级的有机物，只有比较小的一部分转化为新的生物量，实现有机物的转化；大部分则作为维持生命活动的能量被消耗，转化为废热。其他有机物最后经微生物分解，释放废热弥散于空间。这个过程表明食物链能流是逐级减少的，是单向流动的。

人们把生态系统的这种能流结构形象地称为营养级金字塔。

绿色植物生产的有机物所包含的能量，除了被异养生物逐级利用之外，如果有剩余，就会以各种形式的自由能在生物圈贮存起来。这些形式包括：生存的生物有机体生物量，分散于水圈、风化壳中未经氧化的有机碳，生物圈中的游离态氧，沉积岩层中的有机碳(如煤、石油、天然气等)以及在环境中转化为潜热的能量。这些自由能类似经济系统中的资本积累。有了这些资本，生物圈才能进一步繁荣，为后续生物的生存发展创造更好的条件。

可以说，大气圈、水圈、风化壳除了是物资的贮库外，同时也是自由能的贮库。这些自由能的贮量，除了沉积岩层中的燃料矿物外，都是靠现在生物圈的生产和消耗的动态平衡来维持的。假如减少绿色植物的光合作用，而继续加速消耗自由能，生物圈中的生命就必然趋于贫乏，乃至走向灭亡。

所以保证生物圈绿色植物数量的优势，保证能量的固定大于消耗，保持生物量生产超过消费，是生物圈健全的重要条件。

① H·里斯等《生物圈的第一性生产力》，科学出版社 1985 年版，第 193 页。

在生物圈进化中,分解、消耗落后于生产,异养生物的生物量要少于自养生物生物量几个数量级,这是一条不可忽视的客观规律。

今天,人类除了在生理上摄取有机物食品和呼吸氧气之外,还用生物圈贮存在沉积岩层中的有机碳,大规模消耗氧气用于燃烧,同时急剧缩小绿色植被光合作用面积。这是一种加速耗竭自由能的异养演替,明显地使分解超过合成,消费超过生产,从长远历史来看,这潜藏着极大的危险。

三、封闭循环的物质流动机制

生物圈也是一个庞大的物质流动体系。生物圈在能量方面是一个开放系统,必须有能量的源源流入和耗散。这种能量的流入,在生物系统中又以参与生化过程的物质作为载体,伴随食物链的物流逐级转化。因此能流与物流是密切相关的,研究物流也有助于了解生物圈的整体系统特点。

生物圈的物质流动有一个根本特点就是它的封闭循环性质。从具体的生物系统来说,比如,任何生物个体、物种种群都与环境发生物质交换,靠物质的不断输入和输出维持其生存。生态系统能够实现一部分生命必需物质的循环利用,这是它自我维持功能的重要机制,但它仍然经过大气圈、水圈这些联系渠道与其他系统发生物质交换,很难实现完全的封闭。但就整个生物圈来说,情况却有所不同,它在物质流动方面基本实现了封闭的循环。它的正常功能不要求系统外的物质输入,也不要求外界接受它的物质输出。

从地球以外的宇宙环境进入生物圈的物质,如宇宙粒子流、陨石等等,从生物圈散逸出去的物质,如大气上层轻元素的不断散失

等等,在相对于天文地质历史来说比较短的时间内,其数量微不足道,而且不是生物圈功能所必需的。因此这些都不影响生物圈物质流动封闭性的特点。

对于这样一个在物质流动方面基本上是封闭的系统,生命活动所需要的物质为什么不发生枯竭?生物排出的物质为什么不积累起来污染环境?生物圈运转了 30 多亿年,却没有发生人类社会生产活动短暂历史中就出现的资源衰竭和环境污染问题。其奥妙就在于生物圈实现了物质的循环利用,完善了物质封闭循环的机制。这是生物圈自我维持功能的又一个表现。

生物圈实现物质循环利用主要有两个途径。

一个途径是通过生物食物链实现的快循环。生物圈依靠它繁多的物种,形成绿色植物、动物、微生物的三极结构,组成覆盖地球绝大部分区域的各种生态系统,这就是环境与生物三极之间物质循环流动的渠道之网。它把无机物合成有机物,经有机物的逐级转化,再把有机物分解成无机物归还给环境,重新并入生物利用过程。它接通了这种循环的回路。在这个过程中,大气圈、水圈、风化壳表现为物质的储库,它们物质成份的稳定,土壤肥力的再生,就是这种物质循环保持动态平衡的结果。生物则是物质的流动库,是物质流动的渠道和载体,并依靠这种流动来保持生命。

生物的生物量相对于生物圈的无机物质来说只占有很少的比重,但生物积极生命活动却在驱动生物圈物质循环方面发挥极为重要的作用。比如二氧化碳和氧气的循环就是生命活动的重要功能。据一些科学工作者测试估算,生物圈中每年有 41×10^{15} 克—— 116×10^{15} 克碳参加光合——呼吸循环。生物圈的全部二氧化碳几百年就会循环一次。所有植物每年释放氧气达 210×10^{15} 克。整个生物圈的游离态氧(包括溶解氧)大约是 911140×10^{15} 克。^①

① 中·Я·西普诺夫,《生物圈的组织性》,莫斯科 1980 年版,第 176 页。

因此,全球游离态氧,数千年就会循环一遍。现存大气圈的含氧水平依靠生物过程保持稳定,这是当前生物圈结构稳定的重要条件,所有生物对氧的消耗都经绿色植物光合作用得到补充。

生物在水循环中也有重要作用。生物有机物合成分解过程有水的参与,生物整个生命活动驱动水的运动。据测试,一棵白桦树每天蒸腾水分约 75 公斤,一棵山毛榉每天蒸发量约为 100 公斤。一公顷白桦林叶子重量仅有 4940 公斤,每天蒸腾的水可达 47000 公斤^①。整个生物圈的水经过生物体循环一次大约需要 200 万年。考虑到生物圈的悠久历史,可以断言,地球上的水已经通过生物机体循环了千百次。

磷、硫、钾、铁、钙、镁等等矿物质从风化壳溶解出来进入生物体,在生物群落的食物链中循环利用,随着群落的演替,这种循环趋于束紧,从而有利于群落立地的肥力再生。但总有一部分矿物质随流水侵蚀流失,不可能完全实现封闭。而在生物圈整体范围内,更大更长远的物质重新分布过程则弥补了这种区域物质输出输入的不均衡,这就是物质循环的第二个途径。

这第二个途径是物质循环的慢过程。这个过程包括:由太阳能驱动的水份在海洋、大气圈和陆地之间的循环;矿物质以飘尘的扬起和沉降方式在地表的重新分布;地表物质经流水侵蚀搬运沉积,形成沉积岩,及地壳地幔物质经火山喷发重新回到地表的地质过程。

在这个过程中,生物所起的作用不大,或者仅仅参与其间的某个环节(如生物沉积岩的形成等),但生物圈环境因子却受这个慢过程的制约,对生命活动有重要意义。

比如,陆地水的来源就是海洋本身蒸发量超过海洋本身降水

① P·迪维诺,《生态学概论》,科学出版社 1987 年版,第 58 页。

量的差额,陆地接受这部分差额,转化为地表和地下径流,再重新流入海洋。一切生物依存的淡水就靠这个循环过程保证。

“大气圈对流层飘尘 $\rightleftharpoons$ 地面疏松沉积物 $\rightleftharpoons$ 岩层紧密沉积物”,这是陆地与大气圈之间一种永不停息的双向物质流动过程。

“大气圈对流层飘尘 $\rightleftharpoons$ 大气圈水溶解及悬浮物质 $\rightleftharpoons$ 地面水圈溶解及悬浮物质”,这是海洋与大气圈之间永不停息的双向物质交流过程。这两个过程并行,并交叉渗透,实现地球表面物质的重新分布。

据估算,在生物圈存在的 30 多亿年的历史中,这种物质的重新分布所运转的物质质量相当于 8×10^{24} 克,超过地表风化壳的重量 (1.6×10^{24} 克) 数倍。^① 这种物质循环显然能够弥补生物群落内部物质循环封闭性的不足。生态系统定位观测所测得的由降水而输入群落的矿物质就来源于这个过程。

至于物质沉积成岩和火山喷发把岩层下的物质重新输入地表,这个地质过程当然更缓慢得多,对生态系统的现实物质循环没有明显的影响,但从生物圈长期的物质循环平衡来说也有其不可低估的作用。

上述两个途径结合起来,就实现了生物圈物质的封闭循环。也就是任何输出都能得到输入的补偿。在这个总过程中,生物圈的任何物种都完成物质转运、转化的一部分任务,他们在总体上是互补的。

人类社会生产活动在这方面却略逊一筹。人们片面强调向大自然索取,却没有考虑用什么来交换,用什么来补偿。人类创造出繁多的化学合成物质,却不考虑谁来分解它们,能否重新进入自然循环,而不损害其他生物。社会生产门类众多,却没有形成互补

^① 参见Ф·Я·西普诺夫,《生物圈的组织性》,莫斯科 1980 年版。