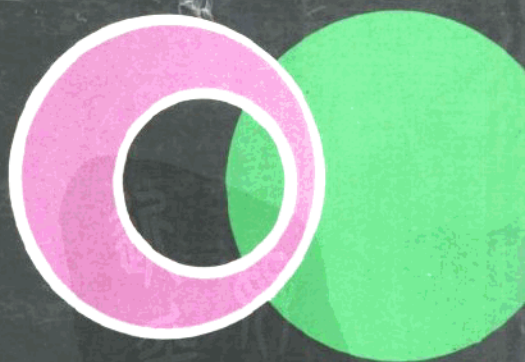


黑龙江省社会科学“八五”规划课题
物宝天华国际基金会资助出版

生物圈科学引论

○刘国城 孙天经 著
○傅兰鹤 李玉峰



东北林业大学出版社

内 容 提 要

本书分为生物圈基础和人与生物圈的关系两大部分。生物圈基础是主体部分,给出一个生物圈科学的体系,介绍生物圈的概念、界限、规模,分析生物圈的能量流动、物质循环,论证生物圈的自动调节机制。人与生物圈的关系则把生物圈与人类的活动联系起来,揭示人类适应和改造生物圈的矛盾运动过程,探讨人类实现与生物圈协调共存战略选择。

本书适合生物、环保工作者阅读,亦可成为生物专业大中专学生的参考书。

目 录

第一章 绪论	(1)
一、生物圈科学形成和发展的历史条件	(1)
二、生物圈科学的社会意义和思想启示	(6)
第二章 生物圈的概念及生物圈科学的研究方法	(11)
一、生物圈的概念	(11)
二、生物圈的界限、规模及其在自然界中的地位	(14)
三、研究生物圈的方法及当前的研究方向	(17)
第三章 生物圈的形成和演化	(24)
一、从化学演化到生命的产生	(24)
二、生物物种复杂化、多样化的进程	(28)
三、生物圈在生物与环境的相互作用中发生的变迁	(33)
四、地壳变迁、气候波动对生物圈演变的影响	(37)
五、生物圈演化的优化方向	(47)
第四章 生物圈的结构	(50)
一、生物圈的组成要素	(50)
二、生物圈各要素的结构关系	(51)
三、生物圈中生物群落的地理镶嵌结构	(59)
第五章 生物圈的能量流	(71)
一、能流与生物圈结构有序性的关系	(71)
二、生物圈的能源	(73)

三、太阳能在地球表面的分布	(76)
四、生物圈食物链的能流和营养级金字塔	(78)
五、生物圈的第一性生产力	(81)
六、生物圈中自由能的积累	(84)
第六章 生物圈的物质循环	(87)
一、生物圈物质流动的循环性、封闭性	(87)
二、水的循环	(90)
三、气体的循环	(96)
四、矿物质的循环	(101)
第七章 生物圈的自我调节功能	(108)
一、生物圈稳态反应的表现	(108)
二、稳态反应的阈限	(112)
三、生物圈稳定性与复杂性的关系	(114)
四、生物圈中的信息流与控制问题	(121)
五、生物圈的生态平衡	(128)
第八章 人与生物圈的关系	(130)
一、适应生物圈基本条件是人类生存的基础	(130)
二、人对生物圈的改造	(138)
三、人类社会的生物圈中的地位	(143)
第九章 现代生物圈生命维持系统的危机状态	(149)
一、食物生产对生物圈的压力	(149)
二、大气圈物质流动平衡的破坏	(154)
三、社会生产对生物圈的污染	(155)
四、自然生态系统急剧缩减、生物物种加速灭绝	(166)
第十章 生物圈资源的合理利用和保护	(171)
一、新的资源观	(171)

二、开发利用生物圈资源的正确方向	(175)
三、土地资源的合理利用和保护	(178)
四、水资源和水生生态系统的合理利用	(190)
五、森林生态系统的合理利用和保护	(209)
六、草原资源的合理利用	(216)
七、物种种质资源的重要意义及其保护	(222)
第十一章 人类与生物圈协调共存战略选择	(227)
一、建立适于人类文明需要并保持生物圈功能健 全的合理景观分室结构	(228)
二、吸取生物圈“智慧”，实现社会生产技术方 式的生态学化	(230)
三、转变价值观念，树立生态意识	(236)
主要参考文献	(254)
后记	(258)

第一章 绪 论

生物圈科学是经过长期酝酿、积累，而在最近几十年来突飞猛进发展起来的新的综合性学科。它代表了人类对自己的家园、对地球上这个最为复杂的系统的崭新认识。

一、生物圈科学形成和发展的历史条件

生物圈科学为什么在 20 世纪中期以后快速发展、趋于完善呢？这与科学历史和社会实践创造的条件有关。

首先，由于生物圈范围广阔，关系复杂，囊括地学、生物学、生态学众多研究领域，只有在这些相关学科有了高度发展，提供丰富资料，并互相渗透之后，生物圈科学才能在此基础上加以综合，形成新的独立学科。

生物圈这个自然客体存在于地球表面的一些圈层之内，并由天文的地质的条件决定其空间结构、演化基础、能量来源和物质分布。因此有关的地球科学知识的进步是认识生物圈的必要前提。16、17 世纪哥白尼、布鲁诺、伽利略、牛顿这些伟大学者为科学地认识地球、认识太阳系开辟了道路。到 19 世纪前半期，经过赫顿、赖伊尔等人的努力，人们对地球的演化和地球圈层结构已有初步的了解。近几十年，人们对地壳、海洋、大气圈有了更深入的认识，揭示了生物地球化学循环的过程，描述了地球表面电磁场结构、热力学结构和能量分布，使人们对作为生物宏观生境的物理化学条件了解得更加清楚，也逐步认识了生物过程对地球物理化学条

件的深刻影响。这就从地学这个角度接近了生物与环境统一的思想。因此，一些地学家提出了不少有关生物圈的卓越见解。

生物圈是以生物为主体的。生物圈的结构和功能都与生物活动、生物分布、生物关系密不可分。所以没有生物学的一定程度的发展，生物圈科学也是建立不起来的。19世纪已经有些学者逐渐从对生物物种的描述和分类研究发展到对生物演化和生物与环境关系的研究，注意到生物有机体与地理、地质因素的相互作用，布丰就是这样一位科学家。19世纪初，拉马克研究生物的进化，特别重视生物与环境的关系，提出了生物影响地球表层以及环境作用于生物性状的思想。1859年达尔文的《物种起源》一书则系统地论述了物种演化与自然环境的关系，认识了经过自然选择所形成的物种分布、动植物区系实际是生物与环境的统一体。这已经逼近了对生物圈的概括认识。

但是对生物圈科学作出直接准备的则是生态学的发展。早在1866年，法国生物学家海卡尔(E. Haeckel)在《有机体普通形态学》一书中第一次提出生态学(ecology)这个术语。他把生态学规定为研究生物与其生存环境之关系的学科。此后，渐次发展出研究物种个体与环境关系的个体生态学，研究种群结构、动态及其与生境关系的种群生态学，研究生物群落物种构成、演替规律及其与环境关系的群落生态学。生态学向深、广两个方向发展。到1935年，英国生态学家坦斯雷(A. G. Tansley)把30年代刚刚诞生的一般系统论的概念运用于生态学领域，提出了生态系统的概念，用以表述生物群落与其物理化学环境组成的整体。他指出这个整体系统在其演变和运动中可以达到动态平衡。这是一个

具有重大意义的理论贡献，它明确了生物与环境是一个有机整体的思想，为生态学研究开辟了广阔的前景。难怪后人在坦斯雷的墓碑上赫然刻上“生态系统”这个词。从此，研究生态系统的生态学分支发展起来。到本世纪中期，一些学者对典型生态系统的能量流动、物质流动进行实验测试，逐步揭示了生态系统食物链中的能量流动和物质流动的规律，认识了其结构和功能。生态系统的整体观得到普遍承认。

与此同时，生态研究的领域也日益扩大。除了森林、草原、水体这些自然生态系统之外，人们也开始研究人工生态系统，为资源合理利用提供科学依据。人也是生物，人的生存离不开物理化学生物学环境条件，于是有了人的生态学或人类生态学。人的群体、人的生活生产活动，时刻处在与环境的相互作用之中，不断进行能量耗散和物质的输入输出，这这也是一个整体系统，于是有了城市生态学、工业生态学、生态经济学。把整个人类社会与生态环境作为整体系统加以研究的社会生态学也开始躁动于襁褓之中。

生态学几十年来令人眼花缭乱的发展态势，都必然指向一个更加广阔的研究领域，那就是由地球表面全部生物与地球一些圈层的全部物理化学条件形成的最大的生态系统。这个最大的生态系统就是生物圈。它是人类生存环境的整体。它的结构、功能是人类生活和社会生产活动依存的自然条件。生态学的发展也为生物圈研究提供了科学思想、科学方法和科学资料，使生物圈科学很快成长为一门庞大的新学科。

其次，促进生物圈科学形成和发展的第二个原因是近几十年来现代科学观测技术和计算机技术的发展。计算机技术为研究生物圈这样广阔复杂的系统提供了强大的技术手段，

使获取必要的信息，处理浩繁的信息资料成为可能。

空间技术、遥感技术、信息处理技术，对于获取生物圈各圈层和生物群落动态信息具有重大意义。人造地球卫星对地球大气圈、水圈、地貌、地壳表层、植被进行红外摄影，或利用高频无线电波的反射，可以迅速掌握大气污染、大气温度梯度、云量、海水温度分布、海洋污染、冰层分布、地貌变迁、作物状况、森林资源消长、植被变化、鱼群运动、耕地动态等各种资料。“坐地日行八万里，巡天遥看一千河”已经成为现实。生物圈这个客体作为科学研究的对象，十分复杂，牵涉全球范围的物理过程、化学过程和生物过程的相互作用，它所要求掌握的科学信息极为繁多。只有具备了必要的信息，才能完成从定性描述向定量研究的过渡，揭示出这个领域的客观规律，发展成综合性的科学学科。

在这些先进测试技术的基础上，一些国家的研究机构及许多国际组织，相继建立了区域性的和全球性的监测系统。可以及时观测出由天文的、地质的环境条件变化和人类活动引起的生物圈各种基本参数的波动，也能及时掌握不同生物群落、物种种群对人类干预活动有什么反应。

现在人们已经拥有生物圈能量流的基本数据，也正在逐步揭示生物圈物质循环的复杂机制。如对人类有重要意义的大气圈 CO_2 、 O_2 循环，大气中 CO_2 浓度的变化，是一个非常复杂的生物地球化学循环过程。它既由绿色植物的光合作用和生物呼吸分解作用来调节，又受海洋 CO_2 溶解量动态、浅层海水和深层海水 CO_2 浓度梯度的递变、海底碳酸盐岩沉积速度等多种过程的控制。现在有了大气圈和海洋物质成分测试数据，人们已经能够构建起模拟这一过程的模型，并作出近似的预测。

依靠这些新的技术手段，人们已经能够及时掌握生物圈资源动态，揭示当前资源利用方式、利用强度方面存在的问题，为合理利用和保护生物圈资源创造条件。

人类科学技术发展史有这样一个现象，就是在各种技术和知识中最先得到发展的正是那些攫取自然资源、干预自然过程的技术和知识。人类掌握的掠夺自然、改造自然的手段越来越强大，甚至已经强大到这样一种程度：假如人们滥用它，就足以毁灭整个生物圈。而另一方面，人们对生物圈忍受人类干预的弹性限度有多大，生物圈对人类的干预会做出什么样的反应，对生物圈过程如何加以调节方面的知识却很贫乏，技术手段也长期落后。这当然隐含着巨大危险。值得庆幸的是，现在这种反差正在缩小。现代科学技术正在为了解生物圈、调节生物圈提供崭新的手段。

第三，促进生物圈科学迅速发展的另一个更具有深远意义的原因是紧迫的社会需要。现代工业社会的物质生产过程以及世界人口的膨胀，不断对生物圈施加强大的压力。特别是本世纪中期以来，生产力高速发展，对资源的加速开发，对环境的急剧破坏，都已趋近甚至超出生物圈资源恢复再生和环境自净能力的弹性限度。它给人类带来的现实危害和潜藏着的深远威胁已经引起人们的警觉。本世纪60年代末成立的罗马俱乐部大声疾呼，致力于揭示人类面临的生态危机，唤醒全社会的环境意识。1972年以来联合国主持召开多次关于人类生存环境问题的国际会议，呼吁人类爱护自己的唯一家园——地球，组织实施“人与生物圈”研究计划，协调全球环境保护活动。与此同时，在发达国家，以绿色和平组织、绿党为代表的生态政治运动和保护环境的群众运动风起云涌。它表明人民群众的生态意识日益高涨。各国政府

相继建立环境保护机构，建立新的自然保护区，加强对自然生物群落和物种的保护，广泛开展环境治理工作。这种社会实践迫切要求加深对作为环境系统整体的生物圈的了解。于是科学工作者的注意力纷纷转向生物圈，科研经费也向这个领域倾斜。这就为生物圈科学研究注入了强大的活力。

具备上述三方面的客观条件，生物圈科学迅速发展，给出大量科研成果，提出许多令人耳目一新的科学思想就不足为怪了。

二、生物圈科学的社会意义和思想启示

生物圈科学已经揭示出，生物圈是地球表面最复杂的自组织系统。它具有经过长期演化和系统选择而形成的组织结构，它的繁多的物种和物理化学环境因子相结合，构成立体交叉的能流物流网络。它以生物量占绝对优势的绿色植物保证太阳能源源不断地进入生态系统，保证自由能的积累，实现自养演替。它以绿色植物、动物、微生物三极结构保证物质的循环利用，使各个营养层次的生物新陈代谢所需的物质资源生生不息，永无匮乏之虞，也不遗留下污染环境的物质异常积累。它发育出各个层次的自我调节、自我控制机制，以及自我保护功能，从而作到了良性循环、优化发展。

人类的生存所依赖的稳定的环境条件，人类生产活动所利用的自然资源，无不依赖生物圈的这些整体系统功能。这可以说是从生物圈科学引申出来的人类生态环境系统观。它告诉我们，人类所依存的资源，不是物质的偶然堆积，环境不是可以任意排放废物的垃圾场，自然界也不是可以任人宰割的消极客体。自然是一个活的有机体，如果损害了它的基

本结构和功能，人也就无法生存下去了。人应该与这个自组织系统友好相处，互惠共生。

有了生物圈科学知识，再反过来评价一下人类几百年来习以为常的那种自认为是大自然的主宰，可以任意征服大自然、宰割大自然的思想观点，就不难发现其中的狂妄和偏狭。

这是生物圈科学促进人类思想境界提高，使人们的视野和胸襟更加开阔的第一个启示。

开发利用生物圈资源是社会生产和人类生存的 必要条件。传统的生产技术方式以及传统的思想都习惯于无限制地掠夺自然资源，认为资源是无限的。按照包尔丁(K. E. Boulding) 1966 年提出的见解，这种传统的生产模式和资源利用方式可以叫做“牧童式经济”，即逐水草放牧，耗尽一块草场再迁移至另一块草场，而不考虑草资源能否恢复，草场有无尽头。社会生产对待各种资源，包括生物资源、物质资源、环境资源，几乎全是采取这种态度。它不能实现资源的永续利用和社会的持续发展。实际上，生物资源、土地资源、水资源、环境资源都是生物圈的组成部分，或者是它的子系统，人们对这些资源的利用无不依赖于生物圈的稳态反应能力，无不涉及生物圈的整体功能。而生物圈的稳态反应能力是有一定限度的。这些资源不管从总量上看，还是从其循环恢复能力上看都是有限的，超出限度必然导致资源衰竭，并危及生物圈整体结构和功能。即使深藏于地壳中的矿物，如燃料矿物和金属矿物，一经采掘利用，就将并入生物圈的能量流动，影响生物圈热力学结构；并入生物圈物质流动，影响生物圈物质循环机制。超出生物圈同化能力，也将会引起恶果。至于这些矿物的存量必然有一个限度，那就更

不待言了，这种传统的资源利用方式导致的结果就是资源危机和环境危机。

当我们把资源开发与生物圈整体功能联系起来，把自然资源放在不同层次生态系统中加以考察，就可以看出“牧童式经济”的思想和实践的局限性。于是新的资源观、新的资源利用方式就应运而生。

这种新的资源观和新的资源利用方式要求人们重视资源恢复再生的弹性限度，把获取经济效益与保护生物圈整体功能结合起来，追求资源的永续利用和社会经济的持续发展。

这是生物圈科学影响社会思想，开拓人们视野的第二个方面，也是当前最具有实践意义的一个方面。

生物圈科学还促使人们把生物圈的自我维持功能、优化发展方向与人类社会生产技术方式遇到的困境加以对比，从中吸取经验教训。为什么生物圈运转了几十亿年没有发生资源衰竭、环境恶化，而人类社会却在几千年甚至几百年的短暂时间中就造成资源衰减和环境破坏呢？毛病到底出在哪里呢？这归根到底是由于整个社会生产体系结构、整个生产技术方式存在问题。

现代社会的工业生产、农业生产，无不严格遵循机械规律、物理规律、化学规律、生物学规律。任何生产过程违反了科学规律，都会失败。现代化的生产过程，都是科学的产物。既然如此，那么人类为什么还屡遭大自然的惩罚呢？为什么还会酿成恶果呢？生物圈科学告诉我们，问题就出在社会生产的能流物流体系结构与生物圈整体结构、功能相悖，社会生产过程与生物圈体系统规律相抵触。传统社会生产的能流模式建立在消耗生物圈自由能的异养演替基础之上；物流模式是开放性的，不能实现物质的循环利用；社会生产技术

链网没有形成物流互补的自我调节功能。这才是问题的根源。

近代自然科学创立以来，科学家首先要分门别类地研究各种物质运动形式的规律，分析方法得到最广泛的应用。相应地把大自然的整体分割为不同部分加以孤立研究，分别加以利用，已经成为一种思想方法，指导着人们的行动。只要从某一个单独的生产过程来看是符合科学原理，能提供经济效益，人们就认为它是合理的，不去关心当各个生产过程联结成一个整体，特别是与生物圈结成一个整体时，它是否符合生物圈的整体规律。

现在系统科学、生物圈科学使人们突破了这种狭隘的眼界，开始用综合的观点把社会生产中能量流动、物质流动体系与生物圈能流物流模式联系起来，进行系统考察，就发现违反生物圈系统规律是大自然惩罚人类的根本原因。人们认识到，生物圈将实现对人类社会生产技术方式的选择。

于是出现了“仿圈学”，即在整個生物圈层次上的仿生。其内容就是吸取生物圈几十亿年来自组织过程创造出来的“智慧”，模仿它自养演替、优化发展的机制，学习它物质循环利用和物种互补，实现自我调节的机制，以改造人类社会生产技术和能流、物流模式，使之走上持续发展的道路，而这个过程就是人类社会与生物圈的协同进化。

这是生物圈科学影响社会思想，开阔社会视野的第三个重要方面，也是我们应该从中获得的最重要启示。

生物圈是一个自然客体，但它与其他自然科学的对象有一个重大区别，即在生物圈之内也包含着人类社会，而且人类的活动，特别是当代拥有强大技术手段和社会生产力的人类活动，已经成为干扰整个生物圈过程，影响生物圈演化方向

的具有决定性意义的因素，现在脱离人类的活动已无法真正认识生物圈的运动。这一点使我们想起研究微观物质世界运动规律的量子力学。1927年维纳·海森堡作了一个关于观察仪器与微观现象之间相互作用的理想实验，提出了在微观现象中的“测不准原理”。他认为在原子世界里，由于粒子具有的质量、能量太小了，无论人们用什么手段来观测它们，都会对被观测的现象产生实质性的干扰。即使你向它投射一个光子，也会干扰它的动态。这样被观测到的现象实际上就是微观粒子与观测活动相互作用的结果，而不是观测对象的本来状态。也就是说在对客体状态的描述中，主客体是不可分的。现在我们在生物圈这样广阔的领域，居然也面对着类似的历史现实。这倒不是由于人类的观测活动对生物圈运动状态有多么大的实质性干扰，而是由于人类之所以有现实的需要去研究生物圈，观测生物圈，只能是在人类活动已经对生物圈产生重大干扰之后。我们现在要描述的生物圈系统状态已经是主客体相互作用的结果。这是历史造成的“测不准关系”。离开对人类活动的研究，也不可能作出对生物圈未来演化的预测，这里也要有一个“互补原理”，当然这不是讲微观世界波粒二象性的互补原理，而是讲生物圈运动与人类活动的互补描述。正是基于这个理由，在生物圈科学中就必然包含着人与生物圈关系这个重要内容，并引申出人类社会与生物圈整体协调、协同进化的结论。在这个领域，自然科学与社会科学已经不可避免地相互渗透，走向统一。这样，在本书最后一部分探讨协调人与生物圈关系，讨论社会生产技术方式的生态学化及建立生态意识问题，也就顺理成章了。

第二章 生物圈的概念及生物圈科学的研究方法

生物圈作为一个自然客体，范围广阔，而且没有很明确的界面，它内部的复杂联系又比较隐蔽，不易揭示。因此对生物圈作出明确的界说是比较困难的。对它的研究也要采取多种方法，沿着几个途径分别进行。这是生物圈科学不同于单纯研究某种物质运动形式或以简单问题为研究对象的其他学科之处，因此需要首先弄清楚生物圈的概念，指出它的界限、规模，介绍一下当前生物圈科学研究的方法。

一、生物圈的概念

生物圈这个词最早出现在 P. 拉鲁斯大词典中，用来表示似乎可以构成一切有机体的生命基础的假定的球状体。这是一种思辨的假设，脱离地球现实的圈层，没有实际意义，所以它没有在科学界引起重视，也没有得到发展。

真正首先在科学上引用这个术语的是奥地利的大地质学家 E. 修斯 (E. Suess)。

1875年修斯在关于阿尔卑斯山起源的小册子中引用了生物圈这个词，并作出概念性的解释。他认为生物圈就是由地球上所有生物形成的特殊的圈层，是生物的总和。他把这个生物层、生物圈与地球外壳的其他圈层——大气圈、水圈、岩石圈相对比，看到它的特殊性以及与各个圈层的关系。

1909年他在三卷本巨著《地球的外貌》最后一章中指出，生物圈概念的产生是拉马克和达尔文关于生物有机界统一体思想的必然结果。修斯的生物圈概念的重大贡献在于他明确提出生物圈是一个整体，但是他的生物圈概念中没有明确包含作为生物生存环境的地球的其他圈层。因此这是狭义的生物圈概念。现在仍然有一些学者，特别是一些地理学家沿用着，这是对生物圈的狭义理解。

20世纪20年代以后，В. И. 维尔纳茨基 (В. И. Вернадский) 进一步发展了生物圈概念。维尔纳茨基是结晶学家、生物地球化学领域的著名学者，除了在原苏联从事研究以外，还曾在巴黎进行学术活动。他在《生物地球化学概论》、《地球生物圈的化学结构及其环境》、《生物圈》等著作中多次阐述生物圈的概念。他已明确指出，生物圈是地球上所有生命分布的地带，包括一切有机体及其生存的环境。但他作为研究生物地球化学循环的大学者，深刻了解生物在地质现象中曾经发生的影响，看到生物与非生物环境的相互作用历史在大气圈上层、水圈全部和地壳某些沉积岩层中都留下了遗迹，因此他有时也把生物圈定义为生物与非生物的历史作用的表现和结果。这样就把生物圈看成是包裹在地球外围，囊括部分岩石圈、大气圈、全部水圈，有生命分布，发生全部生物地球化学循环的自然客体。维尔纳茨基本人定义生物圈概念存在的这种细微差别，曾经引起他的追随者长期的争论。到现在我们仍然可以看到不同作者在不同意义上使用这个概念。

维尔纳茨基还多次强调，生物圈是宇宙能量转化的特殊区域，是宇宙性的行星现象，是生物功能与地球各圈层热力学、物理、化学结构的统一体。