

# 生态力学的创建经验对现代科学创新方法的启示

## ——生态力学及创建经验简介

焦六十二\*

甘肃省武山县果业发展中心, 甘肃 武山

收稿日期: 2022年5月27日; 录用日期: 2022年6月19日; 发布日期: 2022年6月29日

### 摘要

生态力学在原理层次上是生物学与物理学的交叉, 在具体内容及方法上是生态学与力学的交叉。根据生态力学的创建经验, 创造一门新科学是从实践活动中发现问题并寻求解释开始, 从发现的问题中整理出相关的主题, 筛选出具有科学价值的问题并转化为科学问题。根据科学问题创立基本概念, 通过分析基本概念选择基本原理和操作方法, 围绕基本概念和根据基本原理, 用演绎推理和数学推导建立基本框架, 用归纳推理收集数据和生成辅助模型, 推导出命题系统; 论证命题系统时, 在缺乏实证论证的情况下, 运用逻辑论证、寻求理论支持和应用支持。为了导出一个没有充分依据的命题体系, 科学哲学可以成为一个选择基本原则、提出假设和处理假设问题、建立理想模型和进行理论论证的重要工具; 提高研究者的科学哲学素养, 将科学思想和哲学思想整合到研究者个人头脑中, 对于促进现代科学创新, 特别是基础理论的创新, 具有重要的认识论和方法论意义。

### 关键词

科学哲学, 生态力学, 创建经验, 科学创新, 逻辑推理, 理论评价

# Enlightenment of the Creation Experience of Ecological Mechanics to Modern Scientific Innovation Method

## —Introduction to Ecological Mechanics and Its Founding Experience

Liushier Jiao\*

Fruit Tree Station of Wushan County, Wushan Gansu

Received: May 27<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jun. 19<sup>th</sup>, 2022; published: Jun. 29<sup>th</sup>, 2022

\*Email: 791614486@qq.com

## Abstract

At the principle level, ecological mechanics is the intersection of biology and physics. It is the intersection of ecology and mechanics in concrete content and method. According to the experience of the creation of ecological mechanics, the activity of the creation of a new science begins with discovering problems in practice and seeking explanations, to find the gaps in the coverage of these disciplines and between them, to screen out the problems of scientific value and transform them into scientific problems, to create basic concepts according to scientific problems, and to select basic principles and operational methods by analyzing basic concepts; logical reasoning around basic concepts, construction of basic framework with deductive reasoning and mathematical reasoning, collection of data and auxiliary models with inductive reasoning, derivation of a propositional system, establishment and demonstration of the propositional system; in the absence of empirical argument, play logical argument and seek theoretical and application support. To derive a propositional system without sufficient foundations, the philosophy of science becomes an important tool for selecting fundamental principles, making assumptions and dealing with hypothetical problems, setting up ideal models, and conducting theoretical demonstrations, It is of great epistemological and methodological significance to improve the philosophy of science of researchers and to integrate the scientific and philosophical thoughts in their individual minds, so as to promote the innovation of modern science, especially the innovation of basic theories. It has important epistemological and methodological significance.

## Keywords

Philosophy of Science, Ecological Mechanics, Creative Experience, Scientific Innovation, Logical Reasoning, Theoretical Evaluation

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

生态力学在原理层次上是生物学与物理学的交叉, 在具体内容及操作导出方法上是生态学与力学的交叉; 体现交叉学科及交叉特征的核心内容及决定性内容就是生态力的定量问题, 生态力是研究的对象, “力学”是研究的方法, 物理学是遵循的原理, 生物学自主性是约束及校正的工具。

要说明一门具体的自然科学的实际创建经验对现代科学创新方法有什么启示, 以科学创新的现实事例说明现代科学创新的思路及方法, 就得先清楚这门科学的具体内容。

## 2. 生态力学的学科简介

生态学中的“生物与环境之间的相互影响”或“生命系统与环境系统相互影响”, 因不同的生物、不同的生物组合、不同的生物-环境组合, 而有不同的影响能力大小, 将环境对生物的影响能力称作用力, 生物对环境的影响能力称反作用力, 将生态学中的作用力与反作用力总称为生态力, 生态力学是研究生态力及探讨定量方法的科学[1]。

### 2.1. 生态力学内容简介

生态力学概念是笔者 2014 年在《生态学中的作用力与反作用力》中提出, 具体内容是生态力学体系

的系统论述,全文导出(包括引入)146个模型(及公式),引用内容涉及到生态学、生物学、物理学、经济学(恩格尔系数)、人文科学(时代精神及定量)、科学计量学、科学哲学等内容。

按生态力学体系的组成内容及逻辑顺序和前后连贯关系,生态力学由概论部分、功能团生态学、生态力的定量、对应原理及生态力学与哲学等五部分组成。

### 2.1.1. 第一部分为概论部分

论述了生态力的概念和生态力学的基本内容、学科特征及研究方法,分析了生态力学与生态学、生物学、力学、物理学、生物力学、生物物理学等相关学科的关系和在相关学科中的位置和隶属关系。

### 2.1.2. 第二部分为功能团生态学

生态力产生的“物质”基础及结构单元是生态力学中的功能团,功能团生态学的内容,是功能团的物种组成、结构、性质、与生态学中相关结构及层次的关系等的讨论与说明,是生态力学中的生态学(或生物学)部分。

功能团生态学讨论了功能团这一生态力学特有的生态学组织层次的生态力学意义,包括与生态力的定量有关的结构特征(物理学结构、生物学结构、系统学结构、力学结构)、与生态学中原有类似概念(个体、种群、群落、生态系统等生态学组织层次及混合种群、类群、功能群、物种集团、小群落等亚结构层次)的关系,与种群和群落的属性关系(功能团属性值)及定量方法;生态力学中的功能团是在生态学组织层次的种群与群落之间插入功能团,一个或几个种群组成功能团,一个或几个功能团组成群落,功能团包含了个体、种群与群落,即生态力学的生态学组织层次只是“功能团”,用“功能团”一个组织层次把生态学中的个体、种群与群落统一起来;按客观存在性及生物学分类的思想、思路及方法,为了生态力的定量需要而对生物进行生态力学意义下的功能归类(或功能分类);在物种生态位的基础上导出生态力学意义上的功能团生态位、生态位宽度、生态位厚度、生态位容积、功能团竞争系数等内容,并在生态学中生态位的基础上赋予了生态位的生态力学意义,将现有生态位理论向前推进了一步。

### 2.1.3. 第三部分为生态力的定量问题

探讨生态力的定量方法、建立模型直致导出可以计算操作的公式,是生态力学的核心内容与讨论的中心问题,是生态力学中的物理学或力学部分。

生态力的定量从功能团产生的生态力开始,这就是基本生态力的定量,通常自然界中的生物是以群落形式存在,这就是几个基本生态力在组合后的定量,即群落力及其定量,还涉及到群落力在时空上积累即群落功的定量;推导讨论过程中应用了物理学及力学的思维、思路及方法,并探讨了生物学自主性处理和校正的方法。

探索生态力的定量方法是从分析生态力的产生和结构组成着手,对功能团生态力与群落力和群落功及人类群落力等的定量方法的探讨;讨论了双向作用和单向作用,提出了个体系数、代量、功能团大小、场空间及内空间和外空间、台体模型、群落特征数、群落系数,为了讨论人类的群落力而引入及讨论了恩格尔系数(经济学概念)的生物学实质和生态力学意义,讨论了各种生态学数据的“生态力学化”方法;这些内容既是力学内容也是生态学内容,却是力学及生态学所没有的,也是力学及生态学等独立学科自身无法开展的内容。

### 2.1.4. 第四部分为对应原理

生态学过程中的状态与动态之间、不同方法之间,存在某种对应关系,利用生态力学的思想、思路及方法对这一对应关系进行应用分析,导出对应方法,对应关系与对应方法总称对应原理,是生态力学的推论和应用问题的探索,也是生态力学在(目前)缺少实验支持时寻找的理论支持和应用支持的内容。

应用对应原理方法, 导出自然物种多样性、特征密度、特征生物、生态平衡(或失衡)程度、生态平衡指数、抵抗力、恢复力、生态位理论与分数维理论的对应关系、稳定性及保持力等新内容; 开展有关人及人类的一些问题的讨论, 从而导出化质为量公式、时代精神定量、人口环境容量公式等。这些概念是以往任何一门学科中未涉及的新内容, 也可以推测, 许多内容与结论还会进一步导出。

### 2.1.5. 第五部分为生态力学与哲学

“科学包括作为知识体系的科学与作为研究活动的科学” [2], 从科学哲学的角度和用科学哲学的方法分析了生态力学的创建历程, 创建过程中体会及总结出了科学创新(创建)还需要“大胆出题、小心假设、温和思想、极端方法” [1]等四个“思想与思路”方面的方法, 通过创建事实说明了科学哲学对一门具体科学创建的实际作用与意义, 充分体现了“靠严格的非实验的逻辑方法也是一种卓有成效的科学研究方法” [3], 并用科学创建的事实促进了科学思想和哲学思想二者的珠联璧合; 这四个方面既是生态力学创建的经验 and 过程, 又是生态力学创建的思想与思路, 因而, 它们既属的生态力学本体论内容(自然科学范畴), 又是生态力学的认识论和方法论内容(哲学社会科学范畴)。

再是在生态力学还处于缺乏经验论证的“前科学”阶段, 要借助思维及思想实验并从哲学的角度进行论证, 就利于对生态力学进行补充、校正及修正; 同时, 也就能避免草率的下结论, 避免从传统的单学科角度上、从物化的应用问题(如技术问题)上和从狭隘的实用主义立场上判定它的意义。

从科学哲学的角度对它的基础学科及作为类比的相似学科的进行比较分析, 总结出生态力学创建的思想、思维及思路活动和与之相关的心理活动, 总结出推理、推导的方法、顺序及心得体会, 从而对生态力学自身及其它学科的发展以及有价值的新问题、新思想的提出, 提供一种借鉴与启示意义。

## 2.2. 生态力学的意义

### 2.2.1. 生态力学的自然科学意义

生态力学是生态力的定量及定量方法的探索, 自然科学意义为: 一是生态力的定量及以此为基础引伸出来的其他内容的讨论, 二是将生态学上认为不能比较的内容(比如不同营养级的生物物种之间某一特定功能的比较)、对生态学中不能直接比较的某种“性质”, 通过生态力而转化为数量特征及可比较内容, 三是以力学的分析方法为思路, 以生态平衡的内容及由此产生出来的“平衡原理”为依据和起点, 对“各种生态平衡程度”的生态环境进行定量分析, 该方法也扩展、应用到可类比事物中在一些特定方面的分析; 四是将人类的社会学问题作为人的一个生物学特性以及由此产生出来的现代人类的许多可讨论的问题, 从而生态力学尽管是自然科学, 但也有一定的社会科学意义。

### 2.2.2. 生态力学的科学哲学意义

将生态学中的个别次要内容进行了概念化提升, 延伸和扩展了现有生态学的内容和增加了生态学的研究方法; 给相关学科提出了新的研究内容, 拓宽了物理学、力学及其交叉学科的研究视野, 促进物理学与生物学或力学与生态学的相互渗透; 将人的“社会学特性”进行自然科学研究, 从而促进了自然科学与社会科学在本体论层面上的交叉融合, 从本体论层面为交叉学科的交叉融合创造一种新的方法 [1]。

## 3. 生态力学创建的思想与思路历程

通过“科学认识的案例研究” [4]说清楚一门科学的创建经验对现代科学创新方法的启示, 就得从构成一门科学的每一个基本要素的创生经验来说明。

### 3.1. 科学问题的产生

科学发现的起点是多模式的 [4], 尽管科学探索活动在科学问题确立之前就已经开始, 但一个科学理

论体系的具体创建工作是从科学问题的确立开始的。

### 3.1.1. 科学问题产生的客观事实

科学问题最主要的来源是人的实践活动，包括心灵上、思想上的思维活动和物质化的实践活动，通常这两类活动是相互交织、相互促进、相互协调开展的，“生态学中的作用力与反作用力”这一科学问题就是从习以为常的农林业生产实践中产生的，比如在果园管理中对某时期某害虫是否需要采用特殊措施(如喷农药，人工释放天敌)，往往是需要事先调查害虫与相应天敌类群各自的某种能力大小问题，通常是结合以往经验进行田间估计并得出一个定性结论，这仅是生产经验和常规方式，如果只以此为目的就足够了，而要使它精确化并进一步得到定量结论，将精确化的结论、模型及研究方式运用到更多类似问题的讨论上，就必然要上升到普遍性问题的思考和普遍性方法的探讨。

事实上，自然界中的生物对环境都有影响，不同的生物种类、不同个体大小的生物、不同的生物类群或特定的生物类群，对环境的影响大小或影响能力不一样，这种定性结论既是事实也是常识，当对两个及两个以上特定生物个体或生物类群的这种“影响能力”进行相对大小的比较时，也可用某种特殊的技巧或方法，仍停留在特殊问题上，不具普遍性；而要对“生物与环境的相互影响能力”这一问题进行定量研究，要对自然界中各种各样的生物及生物类群的这种“影响能力”探索出一种普遍有效的定量方法，就上升到理论问题及普遍方法的探讨。

### 3.1.2. 科学问题产生的相关学科

“生物与环境的相互影响能力”这一问题由两方面构成，一是生物与环境相互影响的机制与机理问题，这是生物学及生态学内容，二是相互影响的能力大小，这是物理学及力学内容，因而，生物学、生态学、物理学、力学等基础科学及生物物理学、生物力学、生态物理学等交叉学科，都能够成为探讨这一问题的相关学科，都有可能是这一问题的学科归宿，这一“有讨论价值的问题”开始与具体的学科产生关联，到此，这一实践问题上升成“有科学价值的问题”。

### 3.1.3. 一个新设想的产生

首先，用“相关学科”对这一“有科学价值的问题”进行分析，先在现有学科中寻求解决方法，以理清是否已被前人探讨，并用已被实践证明了的、具有时代特征的科学思想及科学哲学思想进行“鉴定”，以辨别问题的假真，以滤除假问题、无知问题、伪问题、伪科学问题以及脱离当下科学背景的“妄想”问题，剩下的“有科学价值的问题”就成为科学问题的胚胎。其次，用这一“科学问题的胚胎”(下同)作为“工具”对相关学科(物理学、力学、生物物理学、生物力学、生态物理学、生物学、生态学及交叉学科)进一步剖析考证，目的是为了发现现有理论的缺陷，弄清相关学科的“缺陷或漏洞”及实质，延伸到对不同学科的思想、思路及研究方法的相互应用的梳理分析，分析这些学科中“可交叉而未交叉”的研究范围、“可应用而未应用”的研究方法、“可覆盖而未覆盖”的涉及内容和“可综合而未综合”的研究结果，发现这些学科对“生物与环境之间的相互影响作用的能力大小”这一问题都是间接关联，只是定性说明，缺乏具体的定量内容，是这些学科的共有漏洞，即一个新的“科学探索空间”就此敞开，一个新设想就此生。

### 3.1.4. 科学问题的确立

由于生物与环境相互影响的主体是生物[1]，这就要在相关学科中引入原本作为生态学实体的“生物个体集合”；在生物物理学及生物力学中引入“生物个体集合”，就会将研究对象从生理学层次(不大于个体)延伸到生态学层次(大于等于个体)，就会将“生物体内部的力学问题”扩展到“生物体外部”的生物与环境之间的力学问题；在物理学及力学中引入“生物个体集合”，就会将研究对象扩展到“生态学

层次的生命科学范畴”；在生态物理学中引入“生物与环境相互影响的能力大小”，就会将研究对象扩展到相互影响的能力及定量问题。在这些相关学科中对“这一问题”进行考证，分析这些学科中是否有处理这一问题的类比方法(包括思想、原理、相关模型)，发现没有类似问题的讨论，也由此发现成为需要探讨的问题，从而科学问题生成，即对生物与环境之间的相互影响作用能力探索出一种普遍有效的定量方法。

### 3.1.5. 小结

科研工作者应“善于提出科学问题，用学术批判和理性质疑的科学精神去审视科学问题，充分发挥创新性的想象力去提出新的科学问题”[3]，科学问题是它确立之前所有问题的具体化，是一门新科学得以产生的基础。

## 3.2. 基本概念的产生

科学问题一旦确立，一门科学创建的发生学起点就具备了，下一步就应该是具体操作的问题，这首先就得根据科学问题创造出基本概念。

### 3.2.1. 生态力及生态力学概念的产生

生态学中将非生物因子对有机体的影响称为作用，有机体对环境的影响称为反作用[5]，相应的将环境对生物的影响能力称作用力，生物对环境的影响能力称反作用力，二者总称生态力，生态力概念产生，生态力学就是探讨生态力及定量方法的科学[1]。

探讨生态力的普遍有效的定量方法，就得吸收其它学科的相关内容和研究方法，通过继续研究使自身进一步完善，并能处理或解决其它学科中的相关内容，能对其它学科中的相关结论从另一种角度(即生态力学角度，对一些社会科学的结论从自然科学的角度)进行比较，给其它学科提供参考思路直至研究方法；探讨过程中还必然吸收了其它学科的经验资料，作为自身的论证资料；这就从技术、技巧问题上升到普遍问题和理论问题，从一个具体概念问题上升到一门具体的学科，生态力学就此产生。

### 3.2.2. 功能团概念的产生

产生和承载生态力的主体是生物[1]，包括一个生物个体、一种生物群体及多种生物构成的群体，由于自然界中的生物种类繁多数量庞大，生活或分布在同一时空中的生物各种各样，千姿百态，同种及不同种生物的不同大小的个体，对环境产生的“影响能力”不一样，这就在定量(或探讨定量方法)时，要对同一时空中分布的生物进行归类成群，要求每一类群的生物个体(包括同种及异种)具备两个同共特征，一是不同生物个体(不分物种)的个体大小的统计学特征相近(即量拓扑性[1]，生态力学术语)，二是不同生物个体对环境影响的性质和方式相同(即营养拓扑性[1]，生态力学术语)，这样，就能够对每一个类群生物的不分物种种类(也没必要)进行统一调查统计及获取数据资料，这就是生物功能归类(功能团是归类的最少单元)及功能团的生态力学意义，即功能团是指分布在同一时空范围内的、对环境影响的性质相同(生态学意义)、大小相同(统计学意义)的生物个体集合(不分物种)，功能团概念应用而生。

### 3.2.3. 小结

科学的生命力就在于不断引进新概念来解释不曾解释的现象[6]，任何一门科学都有为数不多的少数几个基本概念，它们既是科学理论的载体和结构组成，是一门科学创建时实际推理操作的“工具”，又是一门科学的研究对象和中心问题，通过判断和推理使概念逐次具体化而解决、解释和处理实际问题。生态力学有两个基本概念和一个中心问题，两个基本概念是功能团和生态力，中心问题是生态力量，这就具备一门科学的基本概念的统一性[7]要求，生态力学就是围绕这一中心问题而对两个基本概念运

作；两个基本概念中生态力是核心概念，功能团是实际运作和具体操作的主要概念，是生态力产生的物质基础和结构单元，是认识和讨论生态力的前提，是定量生态力所需数据资料的实查对象与获取来源。

### 3.3. 生态力学的建构方法

#### 3.3.1. 基本原理的选择

科学问题的确立就已经排除了一些因素并提供了明确的方向[8]，基本概念就已经框定了它的学科背景和范围，指明了它与那些学科存在联系，引导研究者应在那些学科范畴内或学科背景上寻求(或创建)所要遵循的基本原理直至操作方法。

从现代科学自身角度讲，自然科学中不同学科之间存在科学概念和原理的统一性，科学思想和方法具有一致性，生物学及生命现象作为物理科学的建构基础之一参与物理科学的理论构建[6]，生物学家与物理学家等思考问题的方式和进行科学探究的过程是统一的；从自然科学的基本特点上讲，理论物理学是自然科学的理科学科，物理学中形形色色的理论向生命科学中广泛渗透，使一些新的交叉学科应运而生[9]，以至许多有效的研究工具(包括原理、逻辑等思想工具和物化的仪器类工具)能够共识、共用；不同学科分支描述是实在的不同层次，但最终都可建立在关于实在的最基本科学-物理科学上[10]。力学是研究物质相互作用的学科，它在自然科学乃至整个科学中发展最快最完善，并行成一套完善的概念结构体系及逻辑特点，力学既是物理学分支，又是平行于物理学的独立学科，它一方面的应用是作为包括物理学在内的其它自然科学的理论基础、研究方法与手段，但凡是有“物理学原理及思想”存在及应用的学科，都有可能出现力学问题和可以用力学的思想、思路和方法。

基本概念生态力本质包含两方面内容，一是生物学或生态学属性的机制机理内容，二是物理学或力学属性的影响能力大小，产生生态力的功能团本身就是生物群体，这决定了生态力学成为生态学与力学(或物理学与生物学)的交叉。

由当代自然科学特点和基本概念的实质两方面，就决定了讨论生态力的定量方法应遵循物理学原理和运用力学的思想、思路和方法；实际上，将生态力学置于物理学背景和思想的框架内讨论，这其实也属生态力学的“科学预设”[11]问题，因为物理学正在规范着生物学的每一细节[12]，每一门自然科学都是在它自己的“普遍性预设和具体科学预设”[3]的前提下展开讨论的。

#### 3.3.2. 生态力学的建构思路

在科学问题的确立、基本概念确定、基本原理选定的基础上，下一步就是着手构建学科体系。一门科学“一旦找到了作为逻辑前提的基本原理，那么通过逻辑演绎，推理就一个接着一个地涌现出来”[3]，由于生态力的本质包含两方面(见上文)，对于生态力的定量方法，就仍会面临两种选择：一是按生态力的生物学属性和在遵循物理学原理的前提下直接使用生物学或生态学中的常规方法，这就很自然的得出生态学内容，但不通过物理学或力学这一中间环节，就会将问题引向烦琐直至无法操作，二是在遵循物理学原理的前提下通过力学方法的道路，但必须通过生物学自主性进行回归，否则，就会使生态力脱离生物学实质，就会得出物理学上正确而生物学上荒谬的结论。

#### 3.3.3. 生态力学建构的方法

建构思路应该是遵循物理学原理使用力学方法并通过生物学自主性约束。从一个中心问题和两个基本概念开始，沿着基本原理设定的逻辑轨道上进行演绎推理推导，导出结论(包括生物归类、关联关系、定性关系、定量模型、公式及应用讨论，包括对自身及相关学科提出的问题等)，行成一个首尾连贯、自成一体的命题系统。

1) 具体操作方法：一是先分析清楚生态力的构成要素，再对每一构成要素进行分析，并弄清楚每一

个构成要素的资料来源及渠道；二是遵循“生态力等于生态力的构成要素的乘积”(力学方法)进行推理推导，并以生物学自主性为校正及回归方法，围绕生态力的定量展开，直至导出结论；三是定量模型的组建中及数据资料归取中所需的辅助模型用归纳法导出(包括从其它学科“引入”的模型与公式)。

2) **具体操作过程**：为“实践问题→科学问题→生态力 + 功能团→生态力的构成要素→生态学定性关系→定性规律→量的相关性(+辅助模型)→定量模型(力学方法)→定量公式”，学科“主干”[13]为自上而下的演绎逻辑链条，逻辑推导过程中充分应用数学推导，尽量导出可定量的模型直至公式，并随时进行生物学自主性的校正操作；通过归纳法和类比法导出(或组建)辅助模型。

### 3.3.4. 生态力学中的人及社会学特征的位置

人及人类社会是自然界的一部分，无论是个体还是群体，本质上是生物学特性和社会学特性的有机组合，生态力学将人的社会学特性作为人类物种的一个生物学特性，将这种以往只有社会科学研究的“社会学内容”纳入自然科学研究，并通过这种思想、思路和方法，将“人的社会学特征”置于普通生物的位置及作为普通生物讨论人的生态力问题，又由此可从自然科学角度讨论一些社会科学问题(如恩格尔系数、时代精神的定量、人口环境容量等)，所以，生态力学达到本体论层次上的自然科学与社会科学的统一。

### 3.3.5. 一门新学科的证明问题

一个新命题系统，往往只有科学问题、基本概念、基本原理与逻辑结论，要确认一个命题系统是科学，必须经过经验论证及实验检验，在经验论证及实验检验还缺乏时争取其它论证，如逻辑论证、理论论证、美学论证、其它学科中的间接论证及理论应用论证；生态力学由于才提出来，还缺少实验及实践证据和论证资料，科学发展过程中当一门新科学还缺乏实践论证时，理论认识评价及思考或可先行。生态力学中的对应原理就是在缺乏经验论证时进行的其它论证。进行的理论评价，有助于确立、纠错和补充完善[1]。对应原理部分是生态力学的推论，是应用问题的探讨，同时还包含逻辑论证、价值评价及“间接的经验论证”[14]。

### 3.3.6. 生态力学的继续探讨问题

自然科学始终都会面临一些需要解决与处理的问题，一门学科本身也是问题不断产生、不断解决的过程。

1) **一是生态力学自身需要探讨的问题**：是指与其它学科不相干、只是生态力学自己特有的问题及解决方式，如自然物种多样性的实质和外在整体的学科意义，“生物功能归类”中蕴含定量资源的挖掘，实查资料或生态学资料的“生态力学转换”，其它学科中相关资料及模型如何转化为生态力学资料及模型，定量模型的继续完善；还有水环境与水生生物生态力内容(目前仅是陆地环境及陆生生物生态力)的讨论；再是各种论证及确立问题。生态力学的应用问题，也生态力学自身需要探讨的问题。

2) **二是相关学科自身需要探讨的问题**：生态力学需要原本属于其它学科的一些资料(或内容)，这些资料原本在这些学科仅是次要内容而忽略或原本在这些学科还没有，这就需要这些学科按自身的属性与特点解决，解决过程中既不受生态力学的影响，却为生态力学提供资料，如生态力学所需的人类个体、群体的具有生物学特征的平均个体大小，这本是统计医学(或人类学)资料；生态力学在讨论“时代精神”、人口环境容量时，就需要科学学及科学计量学(不同时代不同区域的社会科学投资数据或其它相关数据与自然科学投资数据或其它相关数据)、经济学(恩格尔系数)等在内的许多相关学科，生态力学按自身所需从中直接索取，但对这些学科而言却新内容，是这些学科内容的延伸或给予原有内容新含义，也是这些学科以往没有、却能独立开展的内容。

**3) 三是生态力学与相关学科的配合才能解决的问题：**一门交叉科学，必然是吸收融合各自的优点，是既是这些学科内容和“方法”的交叉，又是“优点”的交叉，但在交叉融合中还不可避免的要处理一些各自的固有不足问题。

生态力学作为交叉学科，涉及到与其它学科的配合才能解决的问题，一些在原有学科中可能是次要内容，但在生态力学中却有实质意义，这些问题生态力学单独不能解决，却在其它学科中是普通问题，就需要生态力学按自身需要而与原有学科配合解决。如比较公式中“比较物种”的差别范围问题，需要生态力学与生物学共同解决；一些涉及到“生物的个体与群体的问题”及它们的物理学或力学特征的问题，如植物个体系数的分析，就需要生态力学与植物学、生态学、物理学以及力学、生理学、气候学、生物地理学等多学科协作、按生态力学需要与要求而探讨。

**4) 四是与生态力学相关的其它学科之间的配合才能解决的问题：**生态力学在定量操作过程中需要的一些资料，生态力学不能直接获得(或在其它学科中获取更简便更可靠)，就需要从其它学科中索取(或其它学科提供)，但就这些学科的现状而言，这些单一学科也不能解决，而是需要相关学科之间的配合才能解决，如自然物种多样性的定量公式中的年平均温度与年平均降水量的相等及计值起点问题，就需要气候学、生态学、生物多样性、环境科学及生物地理学共同解决；植物的具有生态力学特征的叶长、叶宽及叶宽测量位置的确定问题，就需要力学(涉及到不同叶形的抗风、遮阴等力学特征)及植物学、生态学配合解决；生态力学中将人类作为普通生物时，人类物种的固有特性(自然科学特性、社会科学特性、自然科学特性与社会科学特性的集合)的探讨，这就涉及到包括生物学、社会学之中的许多学科的相互配合才能解决。

### 3.3.7. 小结

在科学问题、基本概念及基本原理确定的基础上，用常规的科学创建方式，用基本概念原本所属的学科进行自主性校正，对命题系统进行论证，一门科学得以构建。

生态力学建构的许多基础资料需要认定，具体操作过程中的许多定量资料需从其它学科中获取，这就又产生了一些新问题，这些新问题有生态力学自身的、有给相关学科提出的，对这些学科而言，一部分是常规内容，一部分也是需要探讨与开拓的新内容，也有部分是给予原有内容赋予生态力学意义后成为新内容的内容，这就需生态力学自身探讨、需要相关学科探讨、需要相关学科配合探讨、需要生态力学与相关学科相配合探讨，是一门科学不断补充完善和发展的过程，也使这些学科内容及应用得以扩展。

## 4. 生态力学的创建经验对科学创新方法的启示

认清现有科学理论的缺陷是科学创造的前提[15]，一个“科学问题”的发现至使一门“新科学”的大门敞开，但必须确立它自己的研究对象、基本原理和研究方法，使新思想及新设想变成实际行动，才能开花结果。

### 4.1. 一门自然科学创建的历程、论证与相关问题

#### 一门自然科学创建的必要历程

在实践经验的启示和分析相关学科的基础上，提出科学问题并确立基本概念，依据基本概念选定基本原理和确定基本方法，将基本概念放置在基本原理和基本方法的轨道上进行逻辑推理导出命题系统，推理过程中运用基本概念的所属学科进行校正，再寻求论证，一门新学科得以形成。通过生态力学的创建经验可得出，创建一门科学要历经 6 个层次(层面)：

1(实践活动→发现问题)→2(学科考证→学科漏洞→新思想胚胎+设想)→3(新思想+学科分析→科学问题)→4(产生概念+确定原理+选用方法)→5(逻辑推理+学科校正=命题系统)→6(确

立论证 + 评价论证)→科学确立 + 继续探讨

1) **第一个层次是实践活动中发现问题**: 实践活动中总会发现各种各样的问题, 实践活动包括各种物化及非物化的实践活动, 是在成熟学科范式内的实践活动, 包括对足够大数据资料的模拟和数学推演寻找某种规律的科学活动; “提出一个问题往往比解决一个问题更重要, 因为解决一个问题许是一个数学上或实验上的技巧” [3], 从疑难问题中发现“有科学价值的问题”, 成为科学问题的重要来源。

2) **第二个层次是新思想新设想的产生**: 发现“有科学价值的问题”, 从科学发展的规律上讲是必然的, 但从研究者个体的角度讲却有偶然性, 不同的研究者个体会不同的视角, 并且“知识创新可能产生于一个偶然得到新想法” [16], 新思想、新设想的产生, 在很大程度上由发现者的科学素养和科学哲学素养等内在的心理素质、知识贮备和对某类问题的特定兴趣共同决定, 研究者就应该本着纯真的学术兴趣, 本着主动寻求问题的好奇心、科学态度和大胆出题[1]的学术思想, 这也正体现了“机遇钟情于有准备的头脑”。

3) **第三个层次是确立科学问题**: 不论近代及现代科学研究中, 也不论是越来越多的依赖于科学家团体及科研仪器的科学研究中, 科学问题在科学发现中的重要性无论怎么说都不过分, 科学问题仍然是科学发现最重要的逻辑起点[4], 一个科学问题本身就必然隐含着—个理论假说直至发展成—个理论体系, 科学问题的确立首先是“有科学价值的问题”与相关学科或关联学科的确立和具体内容(技术问题、理论问题、单一问题、一个命题或系列命题、系统性问题或命题系统)的确立; 不同学科的思想互相渗透、不同学科互相交叉融合、不同学科的研究方法互相鉴用、将—门科学的研究对象扩大、引入新的研究问题或另一门科学的研究方法, 将定性问题上到定量问题, 同样可以产生科学问题。

4) **第四个层次是理论本体的“原材料”配备**: 包括基本概念的确立, 基本原理的选定(从现有学科中选取、从现有的不同学科中选取组合提升、重新创造)和基本方法的选用(或重新创造)三方面, 小心假设[1]就是在科学创建的“原材料”配备这一环节中, 符合基本概念的统一性[7]、简单性[17]要求的假设, 有理有据、符合逻辑、符合事实的假设, 通过“尽量少设、小心细致地设”的进行假设, 在科学理论建构的起点的假设阶段, 达到尽可能的滤除不确定性和假问题, 在无法回避时, 尽量转换成中性假设[4]。第四个层次是科学活动中科学理论建构的开始, 并将经验语言向理论语言转换, 将日常语言、不确切性语言、通俗语言转换成专业术语及确切性语言。

来自客体的信息是构建科学概念的原材料, 通过科学抽象方法对信息进行筛选, 排掉偶然的、表面的、非本质的和研究目的无关的部分, 保留必然的、内在的、本质的和研究目的高度相关的方面, 分析信息间的内在联系, 运用逻辑思维和形象思维加工处理, 进行大胆创造[18]; 从科学问题到基本概念之间是包含关系或严格的逻辑关系, 剩下的只是如何用理论化语言(及符号)陈述及表达的问题; 基本方法的选用是以基本原理的选定为基础的, 二者间存在逻辑关系, “观点、理论、方法间并没有严格的界线, 许多观点、理论就具有强列的方法论意义” [16], 基本原理本身就携带着一个或多个操作的具体方法[8]。

而从科学问题到基本原理之间和从科学问题到基本原理的选择之间, 不是严格逻辑的关系, 仅是间接关系或包含关系, 还可能是科学基础上的信念关系; 这一层次的“难点”是基本原理的选定(或建立), 要确定(或将现有的几个公理性原理重新组合、或创造新的基本原理)—个具体的科学理论创建活动所要遵循的基本原理, “这里并没有可以学习的和可以系统地用来达到的方法, 科学家必须在庞杂的经验事实中间抓住某些可精密公式来表示的普遍特征, 由此探求自然界的普遍原理” [15], 最基本的是从自然界本身所遵循的普遍原理中、从与研究对象(客观实体, 如经验事实、科学问题、也包括基本概念)相关的现有学科即背景理论中进行分析选取及再组合, 具体是根据科学问题、基本概念与现有理论的关系、与普遍原理的关系, 从中确定研究对象在该领域知识系统中的地位和性质[19], 从基本概念的本质和关联关系着手选定(或重新建立、或从其它学科的定理或定律中提升)基本原理。

**5) 第五个层次是导出命题系统：**“一旦找到了作为逻辑推理前提的基本原理，那么通过逻辑演绎，推理就一个接着一个地涌现出来”[3]，导出整个体系的基本内容。实际上，任何一门科学都是通过演绎推理导出的演绎系统、通过归纳推理(及从其它学科中引入)得到的辅助模型和实际调查取得的资料三部分组成，其中演绎系统和辅助模型构成理论框架，作为论证及校正的实物资料渗透到理论框架的各个部分，它们之间既具有独立特征，又相互联系、互相依存、互为基础、互相配合，行成具有完整学科特征的命题系统。

推理过程中，通过概念的内涵和其本身的学科属性，用概念所属的学科进行自主性控制(如生态力的本质为生物学或生态学属性，即生态力量方法的推导就用生物学校正)，以使推理结果保持原有属性。

在推理推导的实际操作中，每一个观点必然对应着核心方法[1]，一方面可以“把思想推向‘极端’和‘临界态’可获得新的想法”[16]，另一方面充分发挥“相矛盾观点”中必然对应的“极端方法”[1]，就是把推理推导做到极致而获得最准确可靠的结论、把经验(实验)做到极致而获得的确定资料，如理性论与经验论及演绎法与归纳法。科学萌发于经验与理性的结合[20]，理性论中的演绎法以及充分运用具有严格逻辑关系的数学推导方法，抛开特殊事例(或实例)的干扰，而与之相对应的经验论及归纳推理中，必须依据实验结果及数据的方法，充分以事例为依据以及决定性因素；演绎法与归纳法相配合，避开不同观点甚至相矛盾的观点(如理性论和经验论)的互相干扰，这种“极端方法”的直接应用会导出确定的、具体的模型及可操作的公式等理想结果。

**6) 第六个层次是确立论证与评价问题：**逻辑正确的命题系统还不是科学，只是一个合理[4]的体系，它与科学的关系就如数学与科学、几何学与力学的关系；科学确立的最后门槛是经验论证，具体内容包括实验验证与事实验证。

## 4.2. 一个体系确立后的论证问题

通过逻辑关系导出命题系统，还要经历作为决定性因素的逻辑论证(理论论证)和经验论证才是一门科学；其它如理论评价、美学评价(论证)、价值论证(评价)等，是它的应用价值和结构严谨及完美的评价以及由此产生的探讨补充，但在尚且缺乏经验论证的情况下却上升为重要的确立论证方法。

### 4.2.1. 理论评价

“在科学确立中，当经验论证暂时无法进行或未进行，而理论认识作为先验评价进行时，对科学的确立作用特别显著”[4]；作为体系严谨及完备性评价的理论评价(指逻辑评价，基本方法是逻辑论证—编者按)、美学论证和价值论证[21]，在经验论证不足时对一门新科学的认定有重要意义。生态力学中的对应原理部分，是从理论的扩展外延的角度和逻辑推导的方法，导出一系列生态力学的推论，是生态力学中的应用价值探讨，也是价值论证(指科学确认之前的实用价值探讨)；探讨过程中又包含了美学价值评价，审美判断在决定接受或拒斥特定的理论模型时是决定的因素[22]，比如 Sz 公式[1]的对称、和谐、简单、化繁为简)为方法与结果的美学论证和理论认知价值(再如 Sz 公式的意义已远远超越了当初只是物种多样性讨论的内容，已上升到两个及多个事物相互作用的普遍性规律的讨论。

价值论证包括物化的实用价值(即指通常意义下的经验验证)探讨和理论价值的探讨。其中理论价值的探讨中包括新思路、新设想、新方法、对原有问题用新方法(如对人口环境容量的定量)和从新角度(如时代精神的定量)的探讨，还包括对原有资料的开发利用(如时代精神的定量中就需要用科学计量学的资料)。理论评价包括以逻辑论证为基本方法的理论论证和价值论证中的理论价值探讨(比如生态力学中的对应原理部分)内容和美学论证，三者共同组成了理论评价的基本方法及内容。

### 4.2.2. 逻辑论证

在科学确立论证中，只有经过逻辑论证的体系，才有资格进行经验论证，逻辑论证是经验论证的先

行, 逻辑论证包括内部一致性论证和外部相容性论证。

内部一致性是指一个命题系统本身内部的逻辑一致性问题; 从演绎前提出发所作的推理是一种技术细节[4]及许多细节内容, 作为具体操作(逻辑推导)所使用的基本方法的演绎法及数学方法是严密而有效的[23], 如生物科学中的昆虫数学生态学[24], 一个命题系统只要推理的逻辑前提正确和严格遵循逻辑法则推导, 不发生逻辑错误, 同时, 逻辑本身与其他科学理论都可以为知识确证提供理论支持[25], 那么演绎推理法及数学方法得出的结论就正确的。

在外部相容性是指一个命题系统同原有理论(学科)之间的逻辑相容关系, 包括与原有理论或学科有矛盾时的可解释性。通常一个命题系统的逻辑推理运用了成熟的科学原理和方法及数学方法, 用研究对象的本质所属的学科进行控制, 同时, 数学在所有科学中都发挥着关键性作用[26], 数学演绎的公化理论的建构过程本身也包含着数学论证的过程[4], 因而, 在现有“科学范式”之内的科学创新、特别是科学理论的创新中, 一个命题系统一旦导出, 则就已经经历了外部相容性的论证。

#### 4.2.3. 现代科学确立的逻辑证明地位上升

在现代科学的逻辑论证及论证确立中, 一方面“逻辑证明已经历过实践证明和起源于社会实践的事实”[14], 就已经通过了经验及实践的证明, 即逻辑证明也是以间接的形式实际应用了经验论证, 只要新的理论、发现同人类其他已充分确定的认识, 即原有的科学理论(认识)中的真理性内容不相矛盾, 就应当认为这种新的科学理论得到了间接的证明或检验[27]; 另一方面, 在逻辑推理过程中, 就已经应用了相关学科已取得成功的方法(与外部相容性相统一)和实证事例, 并把这些学科中的经验实证吸取过来, 从科学确立的本体论及认识论的角度讲, 与传统的科学确立观点相比较, 逻辑证明本身含有经验证明的成份, 逻辑论证本身已经历了经验论证; 在现代科学确立以及实际操作中, 逻辑证明地位上升。

#### 4.3. 科学确立后的继续探讨问题

科学确立后的继续探讨包括三方面, 即原有问题及新问题的探讨、向其它学科提出问题需要与其它学科配合探讨、应用问题探讨。

科学确立后的继续探讨问题本是一个永无止境的问题, 任何一门科学都是问题不断产生和不断解决的过程, 学科的发展与问题的产生是如影随形的, 当问题积累到一定程度、当一个科学在更加宽广的视野上发现问题或它的基础有问题或颠覆性问题产生, 就预示着新学科的产生直至新一轮科学革命到来。

不论是前科学、初生科学还是成熟学科, 原有问题需要探讨, 又必然会产生一系列新的问题, 对其中的一些不确定性问题, 就需要用温和思想[1]做宽容处理, 留作进一步分析, 以防有价值的信息与信息的损失, 并达到不断地补充、修正及完善。

#### 4.4. 交叉学科的学科归属问题

学科交叉导致新的研究内容、研究方法、新的科学问题科学前沿问题的产生, 使学术视野更加宽广、解决问题的能力更加有效。

##### 4.4.1. 生态力学的学科归属问题

学科交叉能消除各学科间的脱节现象, 填补各学科间的空白, 有利于解决人类面临的重大及复杂的科学问题、社会问题和全球性问题[28]; 将原本属于一个学科的认识对象引入到另一学科中、或引入另一学科的研究方法, 应用这种交叉思想及方法, 是现代科学发展的必然。

从本体论(具体内容)角度上讲, 生态力学的基本问题是探讨生态力的定量方法, 不是机理、机制等生物学问题的探讨, 否则, 就与生物学或生态学内容相重复; 而生态力的定量很难用现有的生物学(或生态

学)的方法, 否则, 就可直接作为生物学或生态学内容, 但生态力的本质属生物学范畴, 故在探讨过程中必须用生物学自主性控制, 否则, 就可直接作为物理学或力学内容; 具体的说, 生态力学在方法论上或在研究过程中必然涉及到物理学与生物学二者的“交集”部分, 在本体论上是生物学(或生态学)与物理学(或力学)的“交集”部分。

从认识论(研究对象)角度讲, 生态力学是生态学中的“横向问题”补充, 也是生物物理学及生物力学将研究对象(不大于生物个体)外延到生物个体集合、将研究范围外延到“生物与外界环境”后的扩展, 从而生态力学可作为生态学分支、或生物物理学分支、或生物力学分支或生态物理学分支。

作为研究对象的生态力本身为生物属性, 属生态学范畴, 即生态力的生物学属性是生态力自身的特征特性, 是生态力与其它力的区别, 不是学科特征。

#### 4.4.2. 生态力学属力学分支

从方法论上讲, 生态力学是物理学与生物学的交叉(原理层次)及力学与生态学的交叉(具体方法), 是物理学及力学中研究“生物学问题”的补充, 即生态力学方法论上讲应属物理学或力学分支。

生态力学的科学问题、研究对象、基本原理以及关联学科, 已经确立明了, 需要持续探讨、完善的仍是生态力定量的“具体方法”, 即从生态力学目前的状况及最需要探讨的问题的角度讲, 生态力学应属力学分支, 归属力学范畴最有利于学科发展。

生态力学从理论角度讲, 属物理学或力学分支; 从实践应用的角度讲, 属生物学或生态学分支。这种同一学科可以同时归入不同学科分支的特点, 是现代交叉学科本身的特征。

### 4.5. 社会科学与自然科学交叉的处理方式

以往是自然科学对人的研究及认识只涉及到人的生物学问题, 社会科学对人的研究及认识只涉及人的社会学问题; 由于人的生物学特性和社会学特性二者是内在联系的整体, 因而“人的社会学特性与问题”是自然科学的一个组成部分, 人的社会学特性成为自然科学的研究内容。

#### 4.5.1. 社会科学与自然科学交叉的处理方式

生态力学将人的社会学特征作为人的一个生物学特性而从普通生物的角度讨论, 这就必然有一些社会学内容被自然科学引入与使用, 相应的生态力学的一些思路、思想及方法就应该会进入到社会科学中, 原本属于社会科学的问题通过生态力学就可以在自然科学范畴内讨论; 对同一个问题通过两大科学分别讨论, 不但可以对讨论结果进行相互比较、相互砥砺、相互借鉴, 还可突破既定的方法和认识角度而变成一个新的角度和创造出新的研究方法; 生态力学中的人口环境容量的定量问题、人类生存物质及生活物质的自然生产物与科技生产物以及调查及定量问题, 时代精神(原为社会科学概念及定性概念, 生态力学在保留原含义的基础上化为自然科学概念及定量概念)等的定量以及所需的人文精神、科学精神的量化资料, 这就包括科学计量学、人文学科中的一些资料, 相对这些原本已成熟的学科, 也是新问题、新研究内容的提出与学科视野的拓展。

#### 4.5.2. 转换系数

生态力学讨论这一整体(人是生物学特性与社会学特性不可分割的有机整体)观点及方法, 就是将“人的社会学特性与社会科学的内容”仅作为人的生物学特性之一, 因而, 生态力学在讨论人生态力就必然涉及到社会科学, 在探讨中应用了经济学中的恩格尔系数建立模型及定量关系, 具体方法是先将社会科学属性的恩格尔系数(社会学概念)通过转换系数<sup>[1]</sup>转换为生态力学中的恩格尔系数(自然科学概念), 对恩格尔系数进行从社会科学属性到自然科学属性的转换, 再通过生态力模型讨论及定量人的生态力。

这里的转换概念(本质上是深入事物内部而必然需要的操作方法)及转换系数, 是联结不同然学科之间

的桥梁,这已成为现代科学理论创新、特别是交叉科学产生(或提出)的普遍方法,比如通过热功当量联结了热学与力学而产生了热力学,生态经济学和环境经济学的一个重要内容就是将生态系统(或生态环境)的价值及某一特定生态系统被人为破坏的程度,转换成货币量,这里的“转换”与生态力学中的转换系数的本质、思路及方法均相同,只是目的相反;社会科学与自然科学之间的转换系数是社会科学资料转换成自然科学资料的基本操作方法,使社会科学与自然科学在本体论上形成交叉,实际上一个社会科学与自然科学交叉(本体论及方法论意义上,不只是方法论意义上鉴用)的命题系统,都有一个类似于方法论功能的概念。

## 4.6. 科学理论创建的起始点问题

### 4.6.1. 科学创建活动的开始是疑难问题的发现

在各种活动中(包括科学活动、非科学活动、生产性活动)所遇到或发现的疑难问题,与研究者的科学思想及科学创新思想在研究者的心理或思想上相互碰撞、发生共鸣,并通过研究者的科学思想及探索兴趣的加工融合与激活,科学创建活动在事实上就已经开始了。

尽管科学理论创建的开始是科学问题的确立,但科学问题的形成必然有它的学科基础、学科背景以及因学科局限而具有的问题背景;背景理论的不完备性是科学创造的出发点,当新现象为现有理论不能解释、现有理论表现出的覆盖漏洞及缺陷,从而要求新的理论构造时,科学创造开始酝酿[15],科学创建活动通过“实践活动→常见问题→疑难问题→有科学价值的问题→科学问题”而进入正轨。用发现的问题考证背景理论,选出真问题、发现学科漏洞,新思想萌芽,进而在研究者思想中产生探讨问题的主观意向和动力。从科学研究角度及科研工作的角度讲是科学活动的真正开始,从科学理论建构的本体论角度讲,研究者只是开始思考研究什么问题、什么内容,还未进入具体的理论建构工作。

### 4.6.2. 科学理论创建的开始是科学问题的确立

科学理论创建的开始是科学创建活动到一定阶段才开始的,具体是从确立科学问题开始的。不论从事实到理论、从旧理论到新理论、从定性结论(或讨论)到定量结论(或讨论)、从一个学科的问题到另一个学科的问题(如几何问题到运动问题、影响的机理到影响的大小)、从常识问题到深层次的基础性问题、从是什么到为什么的问题等,不论是什么因素成为科学发现的起点(科学发现是多模式起点[4]的),也尽管“科学理论的发展没有固定的单一格式”[29],但都必须转化成具体的科学问题,这在科学理论的创新方法是统一的,是科学社会的共识。

在科学创建活动中,只要科学问题确立了,则基本概念、基本原理以及具体方法等系列性组成就由此起展开了;科学问题犹如蓄水池,科学构建的前提和基础、科学问题确立之前的所有经验和事实、所有已知问题和未知问题、以及研究者的兴趣和信念,都汇集到科学问题这一储水池中,而构建科学理论(或体系)的基本材料、基本思想、基本原理直至具体的方法,又会从中源源不断的供出。

## 4.7. 科学理论创建的关键点问题

### 4.7.1. 科学创建的第一个关键是科学问题的确立

引导科技工作者进行探索性活动的起点是科学问题[30],一个科学问题一旦提出,则一个新技术、新方法、新产品或一个新理论及至一门新学科的基础就奠定了。

1) **科学问题的确立分两步:**科学问题的横向结构(逻辑结构)包括问题的指项、问项和答域[8],科学问题的纵向结构(层次结构)包括作为科学问题源泉的一般问题、作为核心和实质的有科研价值的问题和它的具体化(包括内容的精确化、形式语言的理论化及专业术语化);从各种各样的实践问题中发现疑难问题并从中找出具有科学价值的问题,是科学创建活动的发生学起点,是科学创建活动的第一步,第二步就

是如何将有科学价值的问题提升到科学问题。对于第二步的工作，只要第一步的工作到位了，则它的指项、问项和答域就基本明晰了，再根据该问题(有科学价值的问题)的实质、学科属性和研究目的，科学问题就确立了，从有科学价值的问题到科学问题之间有逻辑可循。

**2) 从疑难问题中找出有科学价值的问题是科学创建的第一个关键：**对于第一步的工作，即在科学问题确立之前的所有疑难问题中找出有科学价值的问题，既十分重要又难以把握，实践问题或疑难问题本身多种多样，且因人(学科思想)因事(活动目的)因时机(不同的科学时代、不同的科学背景及不同的社会背景)不同而异，在庞大复杂且千变万化的各种疑难问题中准确地找出具有科学价值的问题，具体的方法是“双向筛选分析和逐一分析比较”，双向分析就是用已有学科对这些问题逐一考察和用这些问题对已有学科进行逐一审查，以选出(确定)真问题、滤除假问题，并确定它的学科属性及学科归属，进一步确定它的关联学科，这些工作既无逻辑可循又无捷径与技巧，从疑难问题中找出有科学价值的问题是科学问题确立的关键，也就是要抓住问题的实质，成为科学探讨活动能否成功的第一个关键。

#### 4.7.2. 科学创建的第二个关键是基本原理的选定

从科学问题到基本原理之间没有具体的逻辑通道(否则就包含在现有科学中)，针对不同类型的科学问题，要从各种不同的已经普遍通识的原理中，选择或创造出一种最恰当的原理，就只能用“问题”梳理相关学科和用相关学科寻求“问题”的学科归属，与解决同类及相似问题所使用的学科原理相类比，同时，为了建构科学理论还必须要有意识或无意识地做出或承诺某些为数不多的、形而上学色彩极强的根本假定，这就是科学预设(作为科学信念起作用)和科学传统是科学预设(作为研究纲领起作用) [31]，以此来确定所要遵循基本原理，这是科学探讨活动能否成功的第二个关键。

## 5. 结论

在科学理论构建的实际操作中，符合逻辑关系或逻辑关系越严格，具体操作越简单，实际上，科学理论构建总是先从普通的大众化的逻辑关系开始，并在操作过程中充分运用数学的思维和方法；而科学创建活动的“两个关键”之所以成为关键，恰是因为这“两个关键”只有自身的目的、思路、依据(相关学科、以往经验)，仅有参考的方法，而无逻辑可循，这就要用大量的精力对疑难问题与相关学科进行相互的逐一分析比较，进行双向比较筛选，还要用理性思维[4]寻求非理性方法的支持，使二者相配合，并用创新思维[32]解决思维定势、摆脱既定规则束缚和弥补逻辑链条中断，但无意识的直觉、不经意的顿悟、飘忽不定的灵感等，既难以把握，在科学创建活动中却又必然参与和必须要有，因而，提高研究者的科学哲学素养，将科学思想和哲学思想在研究者个人头脑中整合起来，用科学精神武装研究者的思想和灵魂，具有哲人科学家[33]的学科视野和多学科视野、科学素养和哲学素养、精神气质和思想洞见，又在某一学科方面具有深厚的造诣，并保持问题意识[8]、学术批判精神与无功利的兴趣，具有一颗乐意寻找问题的好奇心和善于发现问题、捕获问题的敏锐头脑，善于运用理性方法调度和运作非理性思维，能够在千变万化的复杂因素和众多的实践事实中找出最恰当的一种结果(或实质或问题)，对促进学术的繁荣进步，对促进科学的探索和创新、特别是基础理论的探索发现、并在面临科学危机和处在科学革命前夜时的新思想酝酿，具有十分重要的意义。

## 参考文献

- [1] 焦六十二, 焦双亮, 焦双芳, 杨改过. 生态学中的作用力与反作用力[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2014.
- [2] 邢鸿飞编译. 学科交叉: 如何促进跨学科合作[J]. 世界科学, 2015(11): 9-11.
- [3] 李醒民. 论爱因斯坦探索性的演绎法[M]//李醒民. 自然科学发现经验的探索. 福州: 福建科学技术出版社, 1988: 215-233.

- [4] 杨耀坤, 主编. 科学发现理性论[M]. 长沙: 湖南人民出版社, 2001.
- [5] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 第三版. 北京: 北京师范大学出版社, 2001.
- [6] 郭垒, 李建会. 生物学自主性与物理科学的理论构建[J]. 自然辩证法研究, 1995, 11(3): 30-34.
- [7] 李醒民. 论科学的统一[J]. 湖南社会科学, 2008, 22(1): 25-37.
- [8] 田秋丽. 论问题意识在科技创新中的作用[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京师范大学, 2009.
- [9] 程民治, 朱爱国, 王向贤. 物理学与生命科学的互相影响和促进[J]. 现代物理知识, 2009, 21(4): 12-17.
- [10] 刘劲杨. 两种形相及其思维本质[J]. 自然辩证法通讯, 2007, 29(6): 25-31.
- [11] 中国科学技术协会. 发明与发现上升到科学理论的条件和过程[M]. 北京, 中国科技出版社, 2008: 78-80.
- [12] 颜青山. 论物理学对生物学的规范作用[J]. 湖南师范大学社会科学报, 1998, 29(6): 100-106.
- [13] 王贻芳. 中国基础科学研究到底处于什么水平[J]. 科学大观园, 2019, 18(12): 22-27.
- [14] 傅长吉. 论逻辑证明的功能[J]. 辽宁师范大学学报社会科学版, 2006, 29(6): 11-13.
- [15] 杨耀坤. 论科学创造的发生结构[J]. 自然辩证法研究, 1997, 13(12): 16-20.
- [16] 陈忠. 现代系统科学学[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2005.
- [17] 李醒民. 论科学理论的简单性[J]. 北京行政学院学报, 2008, 10(4): 96-100.
- [18] 江宏春. 科学概念的生成机制与演化逻辑[J]. 科技进步与对策, 2007, 24(6): 132-135.
- [19] 巨乃岐, 刘冠军. 符合·发现·假说·创造——从形成过程看真理的多级本质[J]. 东岳论丛, 2006, 27(5): 147-152.
- [20] 夏从亚, 刘国红. 论科学问题的发现与提出[J]. 山东师范大学学报人文社会科学版, 2010, 55(2): 116-122.
- [21] 代金平. 自然科学理论的评价体系[J]. 聊城师院学报自然科学版, 2001, 14(2): 87-89.
- [22] 李醒民. 科学: 真善美三味一体的统一体[J]. 淮阴师范学院学报, 2010, 32(4): 449-463+499.
- [23] 李醒民. 论数学方法的一般理念[J]. 湖南社会科学, 2010, 23(1): 15-22.
- [24] 丁岩钦. 昆虫数学生态学[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [25] 张存建. 逻辑反例外主义关注的理论共性探析[J]. 自然辩证法研究, 2020, 36(11): 20-25.
- [26] 自然辩证法通讯编者按. 数学哲学的新进展(专题) [J]. 自然辩证法通讯, 2018, 40(7): 1.
- [27] 李建珊. 谈科学理论评价的标准[J]. 天津师范大学学报社会科学版, 1988, 15(3): 21-26.
- [28] 路甬祥. 学科交叉与交叉科学的意义[J]. 中国科学院院刊, 2005, 20(1): 58-60.
- [29] 任定成. 科学理论的发展[J]. 科学技术与哲学研究, 2011, 28(4): 9-17.
- [30] 张巨青主编. 科学研究的艺术-科学方法导论[M]. 武汉: 湖北人民出版社, 1988: 32.
- [31] 李醒民. 哲人科学家眼中的科学理论的认知结构[J]. 自然辩证法通讯, 2012, 35(2): 1-6.
- [32] 李晓红, 方也融. 逻辑与非逻辑思维在创新思维发生中的作用[J]. 学理论, 2015, 28(2): 98-102.
- [33] 李醒民, 主编. 哲人科学家丛书[M]. 福州: 福建教育出版社, 1994-1999.