

CAMBRIDGE

SCIENTIFIC
METHOD
FOR
ECOLOGICAL
RESEARCH

生态学研究
的科学方法

〔英〕大卫·福特 著
肖显静 林祥磊 译

中国环境科学出版社

生态学研究的方法

Scientific Method for Ecological Research

〔英〕大卫·福特 著
肖显静 林祥磊 译

中国环境科学出版社·北京

著作权合同登记：图字 01-2011-2850 号

图书在版编目（CIP）数据

生态研究的科学方法/〔英〕福特（Ford, E. D.）著；
肖显静，林祥磊译。—北京：中国环境科学出版社，2012.7
ISBN 978-7-5111-0752-7

I. ①生… II. ①福… ②肖… ③林… III. ①生态
学—科学方法论 IV. ①Q14-03

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 214230 号

Scientific Method for Ecological Research, 1st Edition (ISBN 0-521-66973-1) by E. David Ford first published by Cambridge University Press 2000

All rights reserved.

This simplified Chinese edition for the People's Republic of China is published by arrangement with the Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom.

© Cambridge University Press & China Environmental Science Press 2012

This book is in copyright. No reproduction of any part may take place without the written permission of Cambridge University Press and China Environmental Science Press

This edition is for sale in the People's Republic of China (excluding Hong Kong SAR, Macau SAR and Taiwan Province) only.

此版本仅限在中华人民共和国境内（不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区）销售。

责任编辑 郭媛媛 孔 锦

助理编辑 李雅思

责任校对 唐丽虹

封面设计 玄石至上

出版发行 中国环境科学出版社

（100062 北京东城区广渠门内大街 16 号）

网 址：<http://www.cesp.com.cn>

联系电话：010-67112765（编辑管理部）

010-67187041（学术著作图书出版中心）

发行热线：010-67125803，010-67113405（传真）

印 刷 北京中科印刷有限公司

经 销 各地新华书店

版 次 2012 年 7 月第 1 版

印 次 2012 年 7 月第 1 次印刷

开 本 787×960 1/16

印 张 32

字 数 550 千字

定 价 58.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载，侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

前 言

我写这本书的动机，是为生态学研究新手提供一本教科书，给出一个理解方法论问题的框架，帮助他们确定和规划研究。20 世纪 80 年代末，我开始在华盛顿大学开设研究方法的研究生课程。我们系的同事对学生们在拟订研究计划上遇到的困难忧心忡忡。同时，统计学顾问则在统计报告（advice）能够给出之前，花费大量时间让学生们澄清他们的研究目标和逻辑。与其他大学的同事讨论后，大家都认为这些情况是司空见惯的。

成熟的研究者也会遇到生态学及其方法存在的问题，并且已经有了很多对该学科及其研究方法的批评。有人对生态学缺乏进展表示担忧，因为生态学中没有出现普遍性的理论，而且生态学概念并不充分，生态学家们也未能检验他们的理论（第 16 章）。虽然有些批评可能是合理的，但是学生的需求要求我把眼光放得长远些，并寻求建设性的方法。这要求对这本书的写作方法做出两个十分重要的区分。

第一个区分是推理方法之间的区分，例如如何使用逻辑、构建假说、形成理论和考察手段，如实验、观察，或构造一个仿真模型。本书大部分是关于生态学研究的推理方法，以及如何通过特定的研究手段最好地使用它们。推理方法的分析能够得到“怎样在生态学中作出科学推理？”这一问题的答案。生态学家一直倾向于通过他们在研究中实际所做的而不是使用推理过程来界定和回答该问题。

第二个区分是对生态学中使用的不同类型概念之间的区分。对于一些概

念，我们进行测量或观察，但其他的概念就只有通过理论构建过程中的抽象推理来界定了。甚至，在大多数应用性的问题中也会出现关于后一类型的概念的难题。例如，我教过很多研究恢复生态学的学生，有时候会将恢复这个词用到湿地（概念）上。这些概念都没有简单、普遍并能很容易始终如一地应用于所有特定情况的定义。需要实施生态恢复的政府部门，可能会资助那些表明了如何能够完成（恢复）的研究，但这些研究可能无法准确地界定什么是必需的，或者界定的可能只是某些特定的方面。研究者为这项工作撰写拨款或合同申请，必须使用这些部门自己的术语与其进行沟通，并且应该设定实用的目标，同时提出在其他情况下也被认为是有用的方法。在新的特殊情况下，准确地界定一种湿地生态恢复的基本构成时，其中的难题只有在拟订详细的研究计划时才会显现。

由于我们在定义上以及在一般生态学理论与特定情况之间的关系上的困难，对于使用推理方法，以及如何进行科学推理来说，我们必须准确。有些生态学家通过强调特定考察手段的价值来避开这些难题，例如，实验对于成功的研究是至关重要的，因为它们能够被用来检验假说，或者用来评判数据，比方说，显著性 P 值可以用来解答一些必需的问题。对某一特定研究手段或方法的强调和反复应用，对于在一个既定的研究计划下工作的个别科学家来说，可能是一种解决办法（见第 11 章）。但他们暗示，只有某些类型的问题可以这样解决。面对一个班的研究生，他们都从事研究，但兴趣不尽相同，对此我发现，一种更为广泛的方法是很必要的。

本书将首先讨论这些问题，因为它们是新手最经常碰到的，然后将进一步讨论生态研究中更普遍存在的问题，以及社会制度对研究过程的影响。第 I 部分将介绍用于概念和命题分析的手段，这种分析可用于界定某个研究问题，提出界定所做研究的陈述，并详细说明它们如何解决这个问题。其次界定测量

具有的不同性质，并描述生态学实验的范围及其适用的问题类型。再次界定科学家使用的逻辑类型，尤其当证伪可能时，因果论据的重要性是什么，以及为什么对比如此重要。阐述探索性工作对确定一个有效的统计假说检验十分需要，并对统计推理和科学推理做出了区分。

研究计划从分析开始，它也包括如何对所要完成的工作做出综合评估。由此进入了第Ⅱ部分，并定义了科学推理，特别是为我们在生态学中使用的那类概念定义了科学推理。所采取的进路使用了科学哲学的相关研究成果，它们对科学说明（scientific explanation）做出了界定，并通过发展说明的融贯性对科学说明进行了评价。还介绍了科学推理是如何形成的，如何被在研究纲领（research program）中工作的一群科学家所完善。

本书通过推理的方法及应用原则为生态学研究定义了一种方法论。最基本的原则是要不断应用公正和有效的批判。依靠批判的结果是，必须对研究中的社会过程进行明确的说明。这些在第Ⅲ部分中进行了讨论。对研究过程的社会研究取得了显著的进步，但有时候，如果研究表明实际发生的事情并不符合他们的理想，科学家们会无法忍受对他们的学科做社会分析，乃至被惹怒。但是，这些研究的结论以及他们所描述的细节，说明了实现公正和有效的批判有多么困难。因为我们在生态学中依赖于抽象的推理，而且不能假设可以通过测量以一种简单的方法来解决科学问题，所以我们必须明确批判的使用。这部分的结论是对批判过程的四个阶段进行界定。

一些有经验的研究者没有耐心对研究过程进行规范化描述，强烈认为学生以学徒的角色，遵循着他们的步骤和方法进行研究，是传授研究方法最好的方式。经过长期实践，经验丰富的研究者可能会发现，下一步合乎逻辑地做什么是很明显的，而且他们也发现对所有论点保持谨慎和推敲的态度，似乎都是浪费时间、迂腐的、甚至是危险的。但是，当你刚开始研究工作，对有些著名

研究者所做的假设并不清楚时，这里所描述的过程会有所帮助。本书绝不认为导师和学生之间的密切关系可以被取代。这种关系是至关重要的。但是，重要的是要明确那些在生态学研究中都会遇到的困难。

本书除了可以作为研究新手的教科书，我还希望它也能为生态学中术语的定义以及关于方法的争论提供参考。随着学科发展和新型问题的出现，其方法也必然逐渐演变。一些生态学批评家通过他们的评论，建议要么限定该学科的目的，要么限定其应该使用的研究手段。第 15 章确定的渐进式综合的方法论对这些方法都不是限制性的。但是，它要求研究者明确如何界定科学推理，并仔细分析他们获得了什么研究想法，以及那些想法如何影响了研究。

中文版序

感谢肖显静教授、林祥磊博士对本书的翻译，以及中国环境科学出版社的出版工作。这对我来说是莫大的荣幸。很高兴这本书能够走近中国的科学家。

生态学是一门迷人的学科，但却有一些非常重大的困难。环境问题及自然保护问题的解决十分需要生态学知识。然而，我们的知识却经常不完备，对于如何使用我们所拥有的知识，也并不总是显而易见。本书的前四章旨在帮助研究生分析他们首次遇到的生态学研究问题，帮助他们来确定对于一个生态学问题了解了些什么，还需要了解什么，以及如何评价新的知识。

许多国家已经在其研究生课程中使用了本书的前九章，我很高兴地告诉大家，许多科学家在研究的进展中不断使用了这种分析方法。

对于生态学家来说，一个重要问题是如何定义、发展和使用与学科相关的理论主体。在许多实用型学科中，理论已经被发展起来，并与特定任务联系在一起。例如，工程学的各个方面都已经有了完善建立并组织起来的理论。对于需要构建的学科，这些理论可能并不总是能够胜任，理论的不完备部分通常很容易就能识别出来。

在生态学中，我们的与生态和环境问题相关的知识并没有得到很好的定义，研究生新生在其工作之初就会感受这一点。生态学问题的特征是，它们可能需要考虑来自各种组成学科的信息，例如：微气象学，种群生物学，植物科学，土壤科学。这些学科中的每一门都有自己的理论，却并未表明它如何能够

或者应该被用来解决特定的生态问题。做出必需的综合的责任就落在了生态学家的肩上。本书的第二部分讨论了这一做出综合的过程。在对如何构建生态学理论的说明中，本书使用了科学哲学家对理论发展的一些描述。

我希望本书对中国的科学家是有用的。当然，它是从西方的视角来写的，但是，生态学作为一门理论和实用学科的重要特征则是普遍的。如果本书在某些方面有助于中国科学家对该学科的发展，我将会感到非常高兴。

大卫·福特

华盛顿大学环境学院

2012年4月26日

目 录

第 1 章 生态研究的步骤.....	1
摘要.....	1
1.1 关于科学研究步骤的问题.....	2
1.2 科学方法论.....	4
1.3 科学研究中进展与过程的区别.....	4
1.4 第 I 部分：制定一个分析框架	6
1.5 第 II 部分：对科学推理进行综合	8
1.6 第 III 部分：在研究共同体中工作.....	8
1.7 第 IV 部分：为生态学研究确定一种方法论.....	9
1.8 生态学研究新手面临的方法问题一览.....	10
1.9 如何利用本书提升你的研究技能.....	10
1.10 进一步阅读.....	11
第 I 部分介绍：制定一个分析框架.....	13
第 2 章 研究计划的 5 个步骤.....	17
摘要.....	17
2.1 引言.....	18
2.2 步骤 1：确定一个研究问题.....	18
2.3 步骤 2：运用创造力产生研究新思路.....	25
2.4 步骤 3：确保提议的研究与早先的科学知识紧密相联	26
2.5 步骤 4：确保提议的研究技术上可行，并能利用可用的资源完成	28
2.6 步骤 5：确定怎样得出结论.....	29
2.7 进一步阅读.....	35

第 3 章 确定研究问题的概念和命题分析.....36

 摘要.....36

 3.1 引言.....37

 3.2 理论的构成和性质.....38

 3.3 概念和命题分析.....49

 3.4 将理论描述为网络.....58

 3.5 从概念和命题分析中能够得到什么？.....60

 3.6 结论.....62

 3.7 进一步阅读.....63

第 4 章 制订研究计划.....64

 摘要.....64

 4.1 引言.....64

 4.2 步骤 1：确定一个研究问题.....65

 4.3 步骤 4：确保提议的研究技术上可行，并能利用可用的资源完成.....74

 4.4 步骤 3：确保提议的研究与早先的科学知识紧密相联.....83

 4.5 步骤 2：运用创造力产生研究新思路.....84

 4.6 步骤 5：确定怎样得出结论.....84

 4.7 斯蒂尔完成硕士论文后对之前计划过程的评论.....89

 4.8 进一步阅读.....91

第 5 章 怎样发展和使用理论.....92

 摘要.....92

 5.1 引言.....92

 5.2 从简单的假说中构思理论：阿拉斯加中部第四纪晚期植物的变化.....97

 5.3 理论的实际应用：鱼类种群的杂交.....108

 5.4 生态学理论的发展、性质和运用.....114

 5.5 进一步阅读.....116

第 6 章 测量和实验的技巧.....117

 摘要.....117

 6.1 引言.....117

 6.2 新概念的测量原则.....119

6.3	生态学系统的实验分析.....	121
6.4	设计分析实验：以控制北美乔松光合速率为例.....	126
6.5	整体系统分析实验.....	147
6.6	讨论.....	148
6.7	进一步阅读.....	150
第 7 章	研究中的推理方法.....	152
	摘要.....	152
7.1	引言.....	153
7.2	命题逻辑的原则.....	154
7.3	生态学研究命题逻辑的运用.....	161
7.4	科学推理中的假说—演绎方法以及证伪的运用.....	164
7.5	练习在预期为真和预期为假的假设间做出选择.....	168
7.6	如何决定尝试证实还是证伪.....	169
7.7	对比的运用.....	174
7.8	因果关系.....	175
7.9	运用多重暂定的假设构建理论的策略.....	179
7.10	讨论.....	180
7.11	进一步阅读.....	181
第 8 章	假设的评价.....	182
	摘要.....	182
8.1	引言.....	183
8.2	运用探索性分析完善假设.....	185
8.3	制定科学程序和一系列测量.....	188
8.4	满足统计推理的逻辑要求.....	195
8.5	讨论.....	206
8.6	进一步阅读.....	208
第 9 章	特定的哲学及其方法.....	209
	摘要.....	209
9.1	引言.....	209
9.2	初始假定.....	213

9.3	方法论的初次形式化.....	223
9.4	方法客观性的不确定性.....	235
9.5	讨论.....	238
9.6	进一步阅读.....	239
第 II 部分介绍 对科学推理进行综合		240
第 10 章 生态学概念的属性和域		249
	摘要.....	249
10.1	引言.....	250
10.2	生态学概念的定义和目的	251
10.3	功能和综合概念的域.....	257
10.4	运用及发展生态学概念及其域的例子	259
10.5	讨论.....	272
10.6	进一步阅读.....	273
第 11 章 生态学中的科学研究策略		275
	摘要.....	275
11.1	引言.....	276
11.2	生态科学是通过反复革命而进步的吗?	276
11.3	科学研究纲领方法论.....	291
11.4	域的研究.....	307
11.5	讨论.....	310
11.6	进一步阅读.....	311
第 12 章 在生态学中运用数学模型构建说明		312
	摘要.....	312
12.1	引言.....	312
12.2	动态系统模型.....	314
12.3	因变量的统计模型.....	327
12.4	系统模拟模型.....	336
12.5	讨论.....	346
12.6	进一步阅读.....	348

第 III 部分介绍 在研究共同体中工作.....	349
第 13 章 作为社会过程的科学研究.....	351
摘要.....	351
13.1 引言.....	351
13.2 社会影响和社会结构.....	353
13.3 科学文献的创造和运用.....	366
13.4 形成和运用明确的批判标准以构建客观知识.....	377
13.5 讨论.....	379
13.6 进一步阅读.....	381
第 14 章 价值和立场及其对研究的影响.....	382
摘要.....	382
14.1 引言.....	382
14.2 科学、管理和政策中的立场.....	384
14.3 科学研究的评议和资助.....	392
14.4 科学、科学家和社会.....	402
14.5 讨论.....	409
14.6 进一步阅读.....	409
第 IV 部分介绍 为生态学研究确定一种方法论.....	411
第 15 章 渐进式综合的方法论.....	412
摘要.....	412
15.1 引言.....	413
15.2 渐进式综合的立场.....	413
15.3 渐进式综合的原则.....	418
15.4 渐进式综合方法的构成要素.....	424
15.5 讨论.....	433
15.6 进一步阅读.....	435
第 16 章 对生态学中科学方法的批判和改进.....	436
摘要.....	436

16.1	引言.....	436
16.2	生态研究的批判.....	438
16.3	为改进生态研究提出建议.....	445
16.4	渐进式综合的目标和策略.....	452
16.5	进一步阅读.....	456
附录 对教师的建议.....		457
参考文献.....		460
致 谢.....		492
译后记.....		494

第 1 章 生态研究的步骤

摘要

首次开展生态学研究的人对科学方法会有很多的疑问。本章对这些问题给出了例子，并将它们分为 3 组：与研究的分析过程有关的问题；与生态学有关的问题，特别是与我们如何整合知识来构建生态学理论有关的问题；与研究的社会方面有关的问题。本章将介绍这些问题是如何在后续章节中解答的。

第 I 部分：制定一个分析框架

研究需要逻辑框架。必须将预设 (assumption) 明确表述为原理 (axioms)，必须将问题形成为假设 (postulates)，即能够被调查研究，被分为真或假的，或者被指定一个概率的陈述。这一框架是进行研究和做出科学推理的基础。

第 II 部分：对科学推理进行综合

生态和环境研究提出了有关科学方法论的特殊问题。生态学系统对多种影响开放并以多种方式变化。这限制了所用的调查类型以及所做科学推理的普遍性，要通过理论来定义某些重要的概念。

第 III 部分：在研究共同体中工作

社会的相互作用影响了科学方法。科学在某种程度上是一种社会活动，能够影响如何研究问题以及研究什么问题。

第 IV 部分：渐进式综合

渐进式综合被定义为一种方法论。它被用来形成生态学理论，并检验它们作为说明是否是融贯的。

必须区分科学家在研究中做什么（他们所取得的进展）和应该如何进行研究（即应该使用的步骤）。进展来自于我们关于世界的理论与我们所做的测量之间的不断磨合，该测量能引发新的综合或理论的改进。为了加强这种磨合，我们使用了四个步骤：创新、定义、评估以及最重要的批判分析。批判分析是创造性的基础，因为它揭示出定义中哪些可能是错误或不足的，哪些是必须要

修正的。

1.1 关于科学研究步骤的问题

科学发现给人一种特别的满足感。通过研究创造的东西增强或改变了其他科学家所形成的知识，实现这一点提升了发现的喜悦——“这里有些新东西！”。此外，一项新发现使得解决一个实际问题变得可能。这些组成部分是一项与其他知识有关的并可能具有实用价值的发现，使得科学成为令人兴奋和有益的创造性活动。

刚刚开展研究的许多生态学者有很多疑问，如对科学方法及其应用，科学方法对生态学是否真的有用，以及科学共同体在科学发现中是如何共同起作用的（表 1-1）。提出表 1-1 中问题的那些人，正在从事基础生态学、自然资源保护与管理以及环境科学的研究。尽管研究课题的性质不同，这些问题却显示出对研究过程 3 个组成部分的反复关注：

（1）如何为发现和评价制定一个概念和逻辑的框架（见表 1-1 中的问题 1～21）。许多学生都有他们希望得到解答的实际问题，或者他们希望研究的课题。但是，为了确定应该如何进行某项研究，应该测量什么，应该如何推进调查研究，应该使用什么步骤进行科学推理，可能需要进行大量的分析。

（2）怎样解决与生态学和环境研究相关的特殊难题（见表 1-1 中的问题 22～25）。生态学系统为从事科学研究的人带来了特殊的困难。其变化性会使得难以对它们进行取样，但这种变化性并不仅仅是一件麻烦事，它还是生态系统的一项基本特征！例如，在生物和种群层面，发育中遗传的多变性和可塑性是固有的特征。在群落或生态系统层面，局部环境或历史演变上的差别会使生态学系统在某些重要的方面显得独特。在对研究本身进行反思的过程中必须考虑到这一点。由于这种可变性，生态研究包括两个阶段的活动：（a）发现一种现象或过程，并构思出一个理论来说明它；（b）理解现象或过程在不同的情形下有多么重要。

（3）如何在科学和自然资源管理的团队中工作（见表 1-1 中的问题 26～34）。导师、专业教授以及相关的职员和同事通过其不同的研究视角，影响了学生的研究，学生必须对这些进行鉴别和衡量。地方、州或国家部门经常资助生态学和环境研究，社会因素影响了接受拨款或签署合同的研究者。此外，通过提供解决方案的目标，许多生态学研究调查了环境管理的实际问题。提出的任何解决方案几乎不可避免地会对某些人产生经济或社会影响，或可能与他（她）的理念背道而驰，甚至这种发生的可能性也会影响到提出什么研究以及该如何进行研究。