

CAMBRIDGE

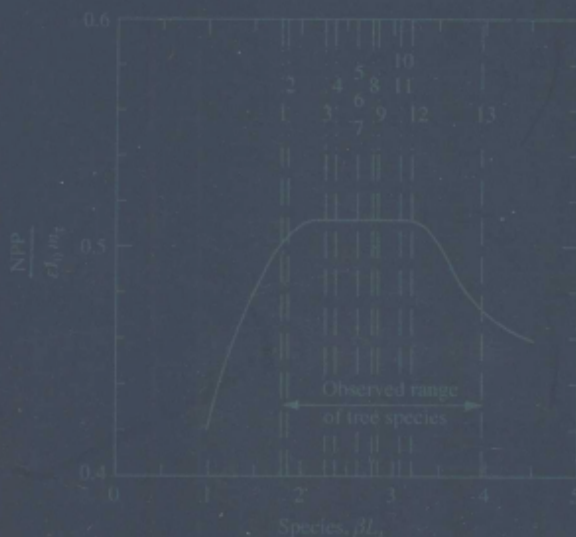
Ecohydrology:
Darwinian Expression of
Vegetation Form and Function

生态水文学

【美】 Peter S. Eagleson 著

杨大文 丛振涛 译

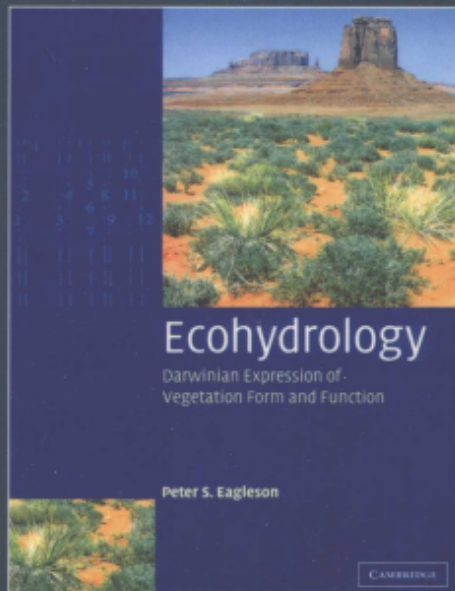
胡四一 王浩 审



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



责任编辑 邓群 宋晓



ISBN 978-7-5084-5058-2



9 787508 450582 >

定价: 98.00 元

Ecohydrology:
Darwinian Expression of
Vegetation Form and Function

生态水文学

[美] Peter S. Eagleson 著

杨大文 丛振涛 译

胡四一 王浩 审



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

北京 · 黄坛口

Ecohydrology: Darwinian Expression of Vegetation Form and Function first print (ISBN 0 521 77245) by Eagleson, Peter S. first published by Cambridge University Press 2002. 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 WaterPower Press 2008

本书由中国水利水电出版社和剑桥大学出版社合作出版。本书任何部分的文字及图片，未经出版者书面许可，不得用任何方式抄袭、节录或翻印。

北京市版权局著作权合同登记号：图字 01-2007-5025

图书在版编目 (CIP) 数据

生态水文学 / (美) 伊格尔森 (Eagleson, P. S.) 原著；
杨大文，丛振涛译。—北京：中国水利水电出版社，2007

书名原文：Ecohydrology: Darwinian Expression of
Vegetation Form and Function

ISBN 978-7-5084-5058-2

I. 生… II. ①伊…②杨…③丛… III. 生态学：水文学—
研究 IV. Q14 P33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 166975 号

| | |
|-------|---|
| 书 名 | 生态水文学 |
| 原 书 名 | Ecohydrology: Darwinian Expression of Vegetation Form and Function |
| 原 著 | [美] Peter S. Eagleson |
| 译 者 | 杨大文 丛振涛 |
| 审 定 | 胡四一 王 浩 |
| 出版 发行 | 中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心) |
| 经 售 | 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点 |
| 排 版 | 中国水利水电出版社微机排版中心 |
| 印 刷 | 北京市兴怀印刷厂 |
| 规 格 | 787mm×1092mm 16 开本 23 印张 545 千字 |
| 版 次 | 2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷 |
| 印 数 | 0001—2000 册 |
| 定 价 | 98.00 元 |

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

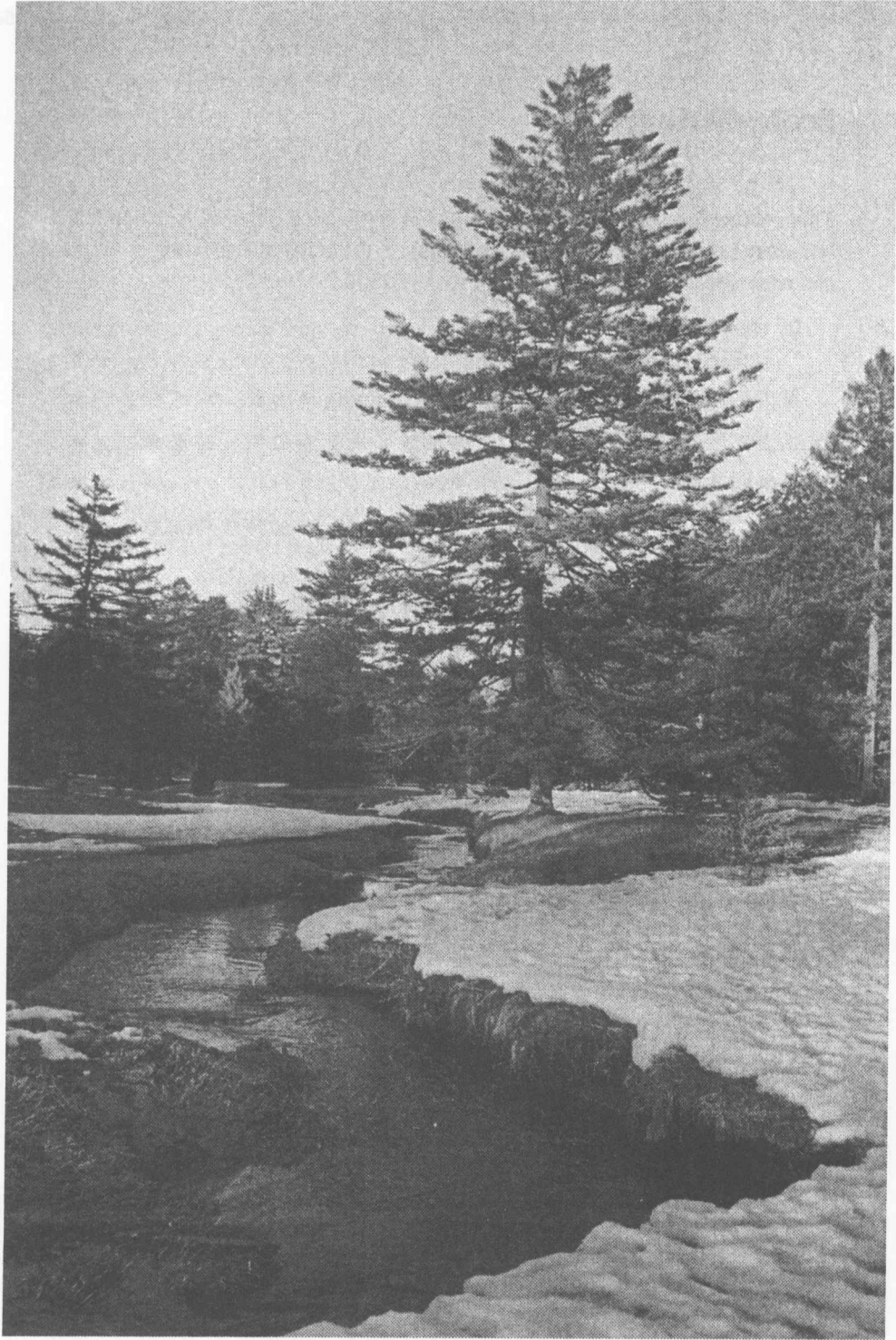
内 容 简 介

从生产力最大化驱动下植物特性的自然选择出发，本书致力于有植被覆盖地表的简化生物气候边界条件的推导和应用，并寻求下面两个问题的答案：

- 在动态平衡状态下，树木及其森林群落的物理特征与其生长的气候和土壤是什么关系？
- 在一个给定的气候和土壤条件下，某一物种的最大生物生产力有多大？

本书从森林生长的内在控制因素在小尺度上的物理机制，即冠层内的光、 CO_2 、水汽和显热的垂直通量入手，然后扩展到考虑外部控制因素的大尺度机理，即水量平衡与热量平衡。由此，导出了最大生产性冠层结构的两个状态变量，并提出了给定气候、土壤和物种的地表水文边界条件。最后，通过理想化气孔对光和水分的反应，并假设植物趋于无胁迫的平均状态，推导出满足最大植物生产力的物种、气候和土壤之间的必要关系。这些新的概念用于定义植物群落的“气候顶极”边界，以及估算冠层的净初级生产能力。

生态水文学将水文学和生态学结合在一起，并且从自然选择概念推导并提出了统一原理。它可应用于预测气候缓慢变化下植物的响应。本书可供从事生态水文学、水文气候学、森林生态学以及地表水文学研究的研究生和科学家参考。



月光冷杉 (摄于 the Arnold Arboretum. Boston by William
D. Rich; Copyright © 2001 William D. Rich.)

作者简介

Peter Eagleson 是美国麻省理工学院土木与环境工程系的名誉教授。1969~1975 年,任麻省理工学院土木工程系主任,1986~1988 年任美国地理联合会 (American Geographical Union) 主席,1987~1991 年任美国国家研究理事会“水文科学的机遇”委员会主席。Eagleson 教授在气候、土壤和植被相互作用的前沿理论研究领域已经工作了 20 多年。本书包含了他在此期间所开创的许多水文学新进展。由于他在这一领域的杰出贡献, Eagleson 教授获得了许多荣誉,包括最近美国地理联合会颁发的 William Bowie 奖章 (1994 年)、斯德哥尔摩水奖 (Stockholm Prize, 1997 年) 以及欧洲地理联合会颁发的 John Dalton 奖章 (1999 年)。他之前的著作有:《Dynamic Hydrology》(1970 年) 和《Land Surface Processes in Atmospheric General Circulation Models》(剑桥大学出版社, 1982 年)。

中文序

水资源面临着人类活动、气候变化、水污染等诸方面的威胁，水资源所支撑的自然生态系统也正以前所未有的速度退化。由于生态系统对水文系统的复杂作用，流域生态系统的退化改变了流域水循环，从而进一步加剧了水资源危机。因此，要解决水资源危机必须发展现代水文学，借助生态学的研究进展，生态水文学应运而生。

生态水文学是研究生态过程与水文过程相互作用机理的一门交叉学科。自诞生以来，由于问题本身的复杂性以及研究者的关注对象不同，其研究内容与研究方法千差万别，从河底微生物到森林群落，从河道生态恢复到流域生态需水，科学家们给出了对生态水文学的各自理解。Eagleson 教授的《Ecohydrology》专著，对建立流域陆地生态水文学的理论体系具有重要意义。该书从森林冠层结构的描述出发，通过分析冠层中的辐射通量、湍流通量与水热平衡，建立了反映气候条件（包括光照、温度、水分等）的最优冠层结构（主要以叶面积指数和叶倾角表达）和水文过程（水热循环与平衡）的数学物理表达，并得到了观测资料的验证，从理论上证明了达尔文生物进化论的主要观点。作者通过严密的数学物理推导，输以大胆合理的假设，最终得到简洁明了的具体结论，给生态水文学的研究提供了许多启示。全书系统完整、逻辑严密，代表了陆地生态水文学的前沿，其主要观点及其研究方法将对生态水文学研究产生重要的影响。正如 Ignacio 教授的评价，“Eagleson 教授的理论将成为生态水文学的奠基石”。

当前我国面临的水资源问题，以人类活动加剧引起的水资源短缺、水环境污染为主要特征，并进一步反映在生态环境的日益恶化。水资源短缺直接影响生活与工农业用水，影响国民经济的健康发展；生态环境恶化一定程度抵消了经济发展的成就，并危及未来的可持续发展。我国政府已经认识到了生态环境对社会经济发展的重要性，提出了科学发展观，强调人与自然和谐发展，并加大了在这些方面的投入力度。实现人与自然的和谐发展，首先需要理解自然界和谐状态的特征与形成机理，《Ecohydrology》一书给我们提供

了一个工具，对于我们认识自然界的最优性以及如何保持这种最优性有很大帮助。例如，生态需水量是目前水资源配置的难点之一，该书的许多研究成果有助于水资源管理者更科学更合理的认识这一问题。另一方面，为应对气候变化、土地利用变化等挑战，需要分析变化环境下自然生态系统的演变趋势，如降水变化、气温升高、CO₂ 浓度增加等对自然植被的影响，该书的结论与研究方法也可资借鉴。生态水文学的研究目标，乃是认识生态与水文相互作用的机理，实现水资源的合理利用与生态系统的健康发展，Eagleson 教授为我们的研究指出了—个充满希望的方向。

清华大学水利系水文水资源研究所在 20 世纪 80 年代初开始进行土壤水、土壤—植物—大气连续体 (SPAC) 水热运移、流域分布式水文模型、区域水循环与能量平衡等相关问题的研究，Eagleson 教授的《Ecohydrology》专著面世后引起了我们极大的兴趣。杨大文教授与丛振涛老师，敏锐地意识到 Eagleson 教授的著作对该领域研究的重要意义，并希望通过中译本把这本书介绍给国内的广大学者。翻译这样一本推理严密、理论性较强的著作是一件苦差事，在紧张的教学、科研之余，两位老师牺牲了许多休闲时光，和许多学生—道，历时三年多，这本译著终于问世。翻译—本好的著作，是—个学习、理解、思考的过程，相信对译者今后的研究工作不无裨益。

解决我国的水文水资源问题及生态保护与恢复工作任重道远，我国的生态水文研究方兴未艾。本译著定将使更多的国内学者了解 Eagleson 教授、了解生态水文学，并—步推动国内在生态水文学领域的研究，从而为我国实现人与自然的和谐相处的治水理念提供理论与技术支持。

院士

雷志栋

2008 年 1 月

译者前言

水具有生态服务和社会服务两种重要功能，由于水资源短缺而造成的生态恶化日益成为困扰经济社会可持续发展的突出问题。一个流域的水资源主要来自降水，水循环决定了流域水资源的状况，同时也决定了其陆生和水生生态系统的结构和功能。在流域生态系统中，水是重要的驱动力与制约因素；在流域水文系统中，生态不仅是重要的边界条件，植物蒸腾更是水文循环的关键环节。因此，水文学与生态学的交叉与融合成为必然趋势，生态水文学研究的核心问题是水循环过程与生态过程的相互作用机理。

近年来，我们开始关注生态水文学这一交叉学科并开展了相关的研究工作，与此同时，我们也密切关注着国内外有关研究进展。在生态水文学领域的众多研究成果中，Eagleson 教授的著作《Ecohydrology》引起了我们极大兴趣。

在这本书中，Eagleson 教授提出了生态水文最优性原理（假设），在自然的复杂性中探求其规律性，从而建立了生态水文学的数学物理表达。生态水文最优性假设认为，在自然选择的进化压力驱使下，自然植被达到一定气候条件下的最优生物状态，从而形成一定的植被形态和生态功能。一方面，植被通过改变覆盖度来适应区域的水分胁迫，使单棵植物供水充分；另一方面，通过植物冠层结构的最优化，使蒸腾达到最大以保证光合作用所需的二氧化碳及养分供给充分。

上述生态水文学理论体系建立在 Eagleson 教授的严密推理和创造性假设基础上。难以想象的是，描述如此错综复杂的自然现象，全书很少用到经验公式，复杂而严密的数学物理推演，经过作者的合理简化，最终成为简洁的表达式，并能够得到实测资料的验证，实在令人叹服。爱因斯坦曾说过，“从那些看来同直接可见的真理十分不同的各种复杂现象中认识到它们的统一性，那是一种壮丽的感觉”。Eagleson 教授建立的生态水文学理论使我们感受到了这种壮丽，同时也让我们深深地认识到，科学创新需要创造性的思维方法，只有知识与想像力的完美结合才能开创科学的新领域。译者翻译此书的主要目的之一，就是将本书中的科学研究方法介绍给我国更多的年轻学者和研究

生们，从而提高我国水文科学的原始创新能力，更好地为我国水资源管理服务。

在本书的翻译过程中，我们感受最深的是 Eagleson 教授的严谨学风，书中的每一个数据、每一个图表都有详细的出处。Eagleson 教授从开始涉足这一领域的研究到完成本书，历经了 30 年，从着手准备书稿到出版共花费了 9 年时间，其治学之严谨，可见一斑。

Eagleson 教授的《Ecohydrology》以其系统的理论和严密的表达，成为生态水文学领域的代表性著作，并将对这一学科的发展产生积极而深远的影响。为了使更多的国内学者了解 Eagleson 教授的研究成果，也为了更深入地学习这本著作，我们尝试将其译为中文。

翻译过程是艰苦的，我们自 2004 年下半年开始翻译，共六易其稿。一方面，由于涉及许多理论推导，英文的理解难度较大；另一方面，文中涉及许多我们不太熟悉的术语，仅是树木的名称就颇费了一番功夫。许多研究生参与了翻译工作和讨论，他们是雷慧闽、林炳怀、邵薇薇、杨红娟、杨汉波、王舒展、林文婧、田行健、徐翔宇、姚本智等。

为了能够准确理解本书的内容，我们在 2005 年用了近一年的时间（每周一次）对各章节进行了讨论。以这本书为主要内容，2006 年我们在清华大学水利系开设了《生态水文学》研究生课程。教学中还介绍了生态水文领域的最新研究成果，并鼓励学生在文献调研的基础上提出自己的见解，学生们也对译文提出许多很好的建议。今年该研究生课程的选课人数是去年的两倍，这使我们倍感欣慰并对生态水文学的未来发展充满信心。

由于译者对该学科的认识尚有限，翻译中难免有不当之处，还请读者见谅。

感谢雷志栋教授为本书作序！感谢清华大学双聘请教授胡四一副部长与王浩院士在百忙之中始终关注本书的翻译工作并抽出时间承担审定工作！感谢水利水电出版社对译文出版的大力支持！感谢邓群主任、宋晓女士等为译本的出版付出的辛勤工作！

本书翻译过程还得到国家自然科学基金委员会的资助（50721140161，50679029，50509011），在此一并表示感谢！

杨大文 丛振涛

2007 年国庆于清华园

序言

生态系统是一个复杂的、不断进化的组织，其特征与属性取决于气候、土壤和植被之间的内在联系。这些联系的动态变化与所研究现象的尺度紧密相关，同时也与植被的生理特性、土壤性质以及气候类型有关。生态系统的演变主要取决于植物对光和水分的的需求，它们作为外部输入驱动植物的生产机理。这些输入在时间和空间上变化很大，它们的同化取决于植物特性及生态系统的结构。因此，植被在土壤水分的时空动态变化中扮演着重要角色，它既是土壤水动态变化的原因，也受土壤水动态变化的影响。类似地，植物结构以及冠层的三维特征既决定于对辐射能量的利用和受辐射能量的影响，同时也是辐射能量利用和影响的控制因素。光和水分是叶片气孔机能的关键控制因子，从而控制着对二氧化碳的吸收和同化。日照和降雨在一天之中、季节之间都有所变化，降雨尤其如此，这些资源的间断性和不可预测性使得研究其对生态系统的影响成为一个富有挑战性的领域。

作为 21 世纪初期最前沿而且是最激动人心的科学问题之一，水文与生态机理是构成气候—土壤—植被之间动态作用的基础，同时也控制着最基本的生态形态和生态过程。这是水文学和生态学的核心问题，是充满挑战性的前沿和未知领域，包含与生物多样性和生态系统机能息息相关的各种问题。生态水文学研究对理解人类以及子孙后代的生存环境至关重要。

以上述前沿问题为中心，本书采用独特的方式全面分析和阐述了关于森林形态及其功能的许多关键问题。从分析森林生长的内在控制因素在小尺度上的物理机制入手，达到对控制森林生长的关键大尺度机理的理解。在过去 40 年中，Eagleson 教授在许多关键思路以及生态水文物理过程的定量描述和模拟等方面作出了重要贡献。本书不仅是对现有成果的出色综述，而且还将生态水文学提高到了一个新的水平。

本书的第一部分对冠层以及冠层和大气边界层之间的辐射和湍流量进行了全面和详尽地描述。接着对土壤、植被和大气的能量和水分平衡，以及对各个平衡关系之间的联系进行了研究。前 6 章所描述的深度和侧重点以及其新颖之处已经足以让本书成为理解生态系统的一部杰作。这仅初步展示作者

绝妙的想像力和出色的分析能力，并为下一步发展森林形态和机能的最优化原则奠定了基础。由此，读者可以探索土壤、气候和物种特征之间的联系，以及植物产量最大化的必要性。进一步推导出了最优冠层结构的准则，在最优冠层结构中水汽和二氧化碳的冠层导度达到最大。

在第7~11章中，作者第一次提出了一整套全新的理论。本书关键的基本假定是：自然选择的进化压力驱使森林达到生物气候的最优状态，即假定再生产成功的最大可能性对应最大的生物生产能力。这种生物气候最优化原则可分解为以下从属原则组成：

- (1) 光学最优性原则：植冠排列和气候日照导致碳素同化量达到最大。
- (2) 力学最优性原则：叶倾角使二氧化碳和水汽的冠层导度达到最大。
- (3) 热力学最优性原则：叶片温度等于光合作用的最适宜温度。
- (4) 水文最优性原则：在气孔张开时，土壤水分状态使植物处于初始胁迫且平均日照为最大。

Eagleson 教授将收集到的不同种类和不同气候条件下森林的历史数据，与根据上述原则导出的结果进行了深入细致的比较。这些历史数据涵盖了各种各样的环境条件和群落种类，为 Eagleson 教授的理论提供了有力的支持。我相信，Eagleson 教授的理论将成为生态水文学的奠基石。图 10.3 有力的揭示了生物气候最优性，其中观测到的绝大多数物种都处于全球最大生产力范围内的。

该书告诉我们杰出的科学是如何创立的：这就是知识和想像力的完美结合。该书开辟了通向生态水文学基础问题的新途径。其精深的独创性、对机理的深刻理解和精辟的分析必将对该领域产生巨大而深远的影响。同时，该书中重要观点以及著作中创造性思维所传递的活力，将激励更多水文学家、生态学家及环境学家沿着 Eagleson 教授开创的道路继续努力。

Ignacio Rodriguez-Iturbe

Theodora Shelton Pitney 环境科学系教授

土木与环境工程系教授

普林斯顿大学

前言

这是一本研究专著。在这本专著里，探索并评价了周边环境气候与关联植被的形态和功能之间的生物物理关系。希望这些结果将有助于预测在气候缓慢变化条件下植被覆盖可能发生的变化。

在水覆盖的70%地球表面，在理想状态下可以按照经典的热力学和流体力学容易地表达其大气边界条件。然而，对其余30%的地表而言，因为存在或多或少的植被，其边界条件部分受控于生物行为，这种生物行为不同程度地约束着地表水分和能量通量。在这种情形下，大气边界条件是“相互影响的”，因为植被的结构和类型通过地表与大气之间的热量和水分交换影响着气候；另一方面，气候通过提供水分、CO₂、光给地表，从而影响植被生态系统的结构和类型。

在必要的理想化条件下，本书致力于建立有植被覆盖地表的大气边界条件的理论。正如 John Monteith (1981, p. 753) 所说的“在这样一个问题里，只有在分析的每一个阶段把变量数目控制为最少，才能取得进展……”。本书中只考虑了单一物种的情况；忽略了昆虫和其他动物（包括人）的活动，忽略了疾病和火灾的影响；假定营养和 CO₂ 的供给不受限制，水和光成为限制性资源；气候—土壤—植被系统的分析基于它在长期平均状态——即中性稳定的大气条件以及没有与相邻地貌之间的水和能量对流。而且忽略了地表对大气的反馈，这样近似把植被看作对气候驱动力的被动响应者。

一方面，生态学家、微气象学家以及植物学家可能认为这一方法非常幼稚，甚至可能对忽略如此重要的自然复杂性感到愤怒；另一方面，工程师会非常熟悉也十分欢迎将这一个复杂的多学科交叉问题简化为有限的几组简单（即便是近似）的规则。无论是上述哪一种情形，希望读者在看到证据之前都不要急于作出判断。

生物就是自然最优化的表现，已在达尔文之后成为共识，本书中保留了自然选择的假定，自然选择形成了植被生态系统的形态和功能，由此去寻找解析表达式。然而，从如此复杂性中探求自然选择的表达模式，必然需要大量具有真知灼见地推测，正像 G. K. Chesterton 指出的那样，“空中楼阁的建筑是无规则可言的”。

在这些有机体中不存在利他性，因此，假定自然选择是由单株树木来表达的，而不是组成森林的树木群落。Rarkhurst 和 Loucks (1972, p. 505) 在他们的经典论文中推论出“自然选择能导致有机体在其生存环境中形成最有利于生长和繁殖的形态和功能”。因此，假定选择压力通过生物量（因而也就是种子）生产的最大化，使得植物繁殖结果达到最大；借用描述气候、土壤和所谓植被最优特征的物理变量，用数学表达式给出生产能力最大化的描述。

本书无意成为微气象学教科书、植物生态生理学教科书或者水文学教科书。本书努力从独立的水文学、微气象学、植物生态生理学等学科中提取出这些学科的共同行为特征，这将有助于理解自然选择；通过一种既足够简化但也不失科学真实性的方法将不同学科连接在一起，以有利于预测气候变化的影响。基于上述考虑，本书尝试选择一些足够简单的模型来描述物理和生物过程并将这些模型进行耦合，这样既不失目标也不会由于太复杂而让读者泄气。为此，本书尽力开发了一些“传统的”模型。在多学科的交叉过程中，不能将每个相关领域中的所有丰富科学细节带到交叉领域，以避免导致结果的复杂性抹杀了其有用性。

本书从逻辑上可以划分为以下两部分：

第一部分为生物物理学的内容。紧接概要（每章的最前面都有本章的概要）之后，第 1 章介绍了森林生长过程中内在控制因素的小尺度机理，包括冠层内光、 CO_2 、水汽、显热的垂直通量。第 2 章介绍了观测的植冠和冠层中叶片分布和方位角。第 3 章介绍了太阳高度角和群叶方位角对进入冠层太阳辐射的影响。第 4 章非常详细地讲述了各种各样几何形状的冠层内的水平动量的垂直紊流通量，通过类推法给出了显热和物质通量。通过建立串并联电阻模型，推导出控制这些垂直通量的冠层阻力，这些模型将气孔尺度与冠层尺度联系在一起。然后研究范围进一步扩展到控制森林生长的外部因素的大尺度机理，即热量平衡（第 5 章）和水量平衡（第 6 章）。第一部分的绝大多数是大家比较熟悉的材料，只提出了几个新的概念。

确切地讲，第二部分是“达尔文生态学”。利用现有的所有详细资料，在第 7 章中发展了冠层结构的最优化理论，提出了两个冠层状态变量，即冠层导度和冠层覆盖度，并给出了一定气候、土壤和植物种类条件下的水文地表边界条件。在第 8 章中，通过把对物种和温度敏感的叶片光合作用能力，以及对物种、土壤和气候敏感的叶片水分胁迫进行理想化，论证了假定在初始零胁迫平均状态下，为使植物生产力最大化，物种、气候和土壤之间的必要关系。这些关系用到第 9 章中，并定义了植物生活环境的“顶极”范围；以及在第 10 章中，用于估计冠层尺度范围内的净初级生产力。上述 4 章以全新的素材奉上了

本书的精髓。第 11 章是本书的总结，并为今后的研究提出了一些讨论和展望。

在研究过程中，尽可能地将最佳植物形状特征与源于文献的观测值进行了比较，这不仅指导了研究工作而且也为研究结果提供了评价。比较结果对其中一些最佳植物形状特征是支持的，但对另一些最佳植物形状特征而言并不太有利（甚至是不利）。虽然数据太少而不能进行有价值的统计评价，但是该结果对研究生态系统的巨大复杂性而言还是令人鼓舞的。

上述解释有以下两层意思：

(1) 当描述自然（和某些农业）植被冠层所观测到的物理特征，以及计算冠层中动量、物质、显热、光的垂直通量时，其中大部分是已有文献的收集整理。但是，一方面，提出了有效冠层阻力的新表达式，这有助于理解自然选择的可能过程；另一方面，提出了光学最优性的新发现，由此可以定量比较冠层 CO_2 的供给与需求。

(2) 对探讨以森林形态和功能来描述自然选择的机理而言，上述内容是尚未见诸于出版物的新素材。

本书既可以作为生态水文学这门发展中的交叉学科的研究生教材，也可以作为景观生态研究人员的参考书。本书更多是从前者的角度考虑，写作具有辅导性，并给出了完整的细节。

1975 年本人在做水量平衡研究时，对气候中植被的角色产生了兴趣，随后在很多人的启发、建议和帮助下，兴趣得到了发展。Ralph Slatyer 和 John Monteith 的开创性工作唤起了我对生物力学的兴趣；早期关于与气候联系的建议，我要感谢 Joseph Smagorinsky 和 Syukuro Manabe，还有后来的 Jule Charney 和 Yale Mintz。多年来我有幸得到睿智能干的助手们相助，他们不断向我指出正确的方向，使我避免了严重的错误，这里要特别感谢 P. C. D. Milly、Randal Koster、Pedro Restrepo-Posada、Tobin Tellers、Lelani Arris、Dara Entekhabi 和 Guido Salvucci。三位特殊朋友从我开始准备书稿以来的 9 年中不断给我支持。Dara Entekhabi 在科学建议和计算辅助方面作出了无私的贡献；Andrea Rinaldo 就像业余编辑一样，指导我走出现代书稿准备的迷宫；Ignacio Rodriguez-Iturbe 以他的科学实例不停地鼓励我“争取来个本垒打”，并与我保持着持久不变的友谊。感谢所有帮助过我的朋友们和所有为了此书默默付出的人们！

Peter S. Eagleson

剑桥，麻省

2002 年

致谢

本书的完成得益于许多人的指导和帮助，在书出版之际，我要特别提到：Dara Entekhabi 将附录 F 中的原始数据转换为可利用的格式；Andrea Rinaldo 亲自校订了第 4 章的初期草稿；Lelani Aris 提供了一个生态学早期文献的详尽书单，极大地方便了文献查找；David Benney 在数学上给予了有力的帮助，同时在精神上也给予了持续的支持；William D. Rich 提供了 Arnold 和 Holden 两个植物园中很多有趣树木的数码照片；Beverly G. Eagleson 和 Peter S. Eagleson 提供了另外一些照片；Robert H. Webb 提供了石炭酸灌木群落的图片，F. Eugene Hester 提供了奥克弗诺基沼泽的图片；此外 John MacFarlane 提供了素描画。作者谨向他们每位表示衷心的感谢。

另外，这里作者还要感谢麻省理工学院土木和环境工程系通过 Edmund K. Turner 的教授职务资源为本书的手稿准备提供了慷慨的资金资助；在这个漫长项目的早期关键时刻，洛克菲勒基金提供了 Bellagio 中心宿舍；同时 Parsons 实验室的同事给了作者无形的动力，使作者积极面对每一天。

作者注

本书中各种树木的图片大多是为了说明它们无穷的多样性以及其内在美，而不是为了在文中表达某种观点。需要注意的是，一些来自远方种植于植物园中的树种很可能表现出不同于天然栖息地条件下的适应性特征。