

# 河流修复与生物多样性

英国和爱尔兰基于自然的河流修复方案

## River Restoration and Biodiversity

Nature-Based Solutions for Restoring the Rivers of the UK and Republic of Ireland

著 [英] 斯蒂芬·艾迪 [英] 苏珊·库克斯利 [英] 尼基·多德  
[英] 克里·韦伦 [英] 珍妮·斯托克恩 [丹] 安雅·比格  
[英] 柯斯蒂·霍尔斯特德

译 水利部国际经济技术合作交流中心

清华大学出版社  
北京

River Restoration and Biodiversity: Nature-Based Solutions for Restoring the Rivers of the UK and Republic of Ireland

ISBN: 978-0-902701-16-8

Copyright©CREW,IUCN NCUK.All rights reserved.

版权所有，侵权必究。举报：010-62782989，beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

### 图书在版编目（CIP）数据

河流修复与生物多样性：英国和爱尔兰基于自然的河流修复方案 / (英) 斯蒂芬·艾迪 (Stephen Addy) 等著；水利部国际经济技术合作交流中心译. —北京：清华大学出版社，2022.8

书名原文: River Restoration and Biodiversity: Nature-Based Solutions for Restoring the Rivers of the UK and Republic of Ireland

ISBN 978-7-302-61582-8

I. ①河… II. ①斯… ②水… III. ①河流—生态恢复—研究—英国 ②河流—生态恢复—研究—爱尔兰 IV. ①X522.06

中国版本图书馆CIP数据核字（2022）第141816号

责任编辑：王向珍 王 华

封面设计：陈国熙

责任校对：赵丽敏

责任印制：朱雨萌

出版发行：清华大学出版社

网 址：http://www.tup.com.cn, http://www.wqbook.com

地 址：北京清华大学学研大厦A座

邮 编：100084

社 总 机：010-83470000

邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈：010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：小森印刷（北京）有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：170mm×240mm

印 张：7

字 数：117千字

版 次：2022年10月第1版

印 次：2022年10月第1次印刷

定 价：88.00元

产品编号：097961-01

# 中译本说明

河流生态系统退化是当今世界面临的一个重要挑战，随着全球范围内工业化和城市化进程的加快，河流栖息地受到侵蚀，生物多样性遭到破坏。为应对这一挑战，自 20 世纪 80 年代以来，英国和爱尔兰一直遵循基于自然过程的修复理念，在河流生态修复领域开展大量实践活动。

基于数十年来河流修复与生物多样性恢复工作成果，世界自然保护联盟英国国家委员会（International Union for the Conservation of Nature National Committee UK, IUCN NCUK）和苏格兰水技术中心（Scotland's Centre of Expertise for Waters, CREW）于 2016 年联合出版了《河流修复与生物多样性：英国和爱尔兰基于自然的河流修复方案》。该书结合河流动力学、生态工程学和生物多样性保护等多方面的专业知识和修复实践，系统阐述了河流对生物多样性的重要作用，分析总结了人类活动对河流栖息地和生物多样性的影响，归纳了河流修复产生的效益、常用的修复方法与技术，并就进一步改进河流修复提出具体建议。

在 2022 年全国水利工作会议上，李国英部长指出要“提升江河湖泊生态保护治理能力，维护河湖健康生命，实现人水和谐共生”。书中介绍的有关理念和经验方法，对于我国水利行业复苏河湖生态环境、维护河湖健康生命相关工作具有较好的参考价值。

水利部国际经济技术合作交流中心组织了原著的中文翻译工作，参加本书翻译工作的有夏志然、郑晓刚、姜凯元、赵晨、张林若、刘博、孙岩、李卉、鞠志杰、武哲如等。翻译校核由唐克旺、胡文俊、张慊完成，金海、朱绛审定全书。

在组织开展本书的翻译出版过程中，得到了 CREW 的鲍勃·弗里尔（Bob Ferrier）教授的大力支持和帮助，同时也得到了 IUCN 中国代表处张琰主任等的支持，在此表示衷心的感谢。

本书的翻译出版得到了水利部国际经济技术合作交流中心（INTCE）与联合国粮食及农业组织（Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO）



合作实施的全球环境基金（Global Environment Facility, GEF）赠款“生物多样性保护中国水利行动”项目的资助。

水利部国际经济技术合作交流中心

2022 年 4 月

清华大学出版社

# 英文原版序言

本专著由世界自然保护联盟英国国家委员会( IUCN NCUK )委托编写, 是“ IUCN NCUK 河流修复与生物多样性项目” 的成果之一。

专著由苏格兰水技术中心( CREW )提供资金支持。

专著由 IUCN NCUK 和 CREW 联合出版。

IUCN 作为一个全球性组织, 致力于为全球的自然保护发出具有影响力的、权威的声音。IUCN NCUK 代表英国及其海外领地和王室属地的 30 多个 IUCN 会员单位, 其工作重点是实施以四年为一个周期的世界自然保护联盟计划。

CREW 将研究和政策相联系, 提供客观、有深度的研究和专家观点, 以支持苏格兰水政策的制定和实施。CREW 是詹姆斯·赫顿研究所( James Hutton Institute )和苏格兰高等教育学院( 由苏格兰海洋科技联盟 /MASTS 支持 )之间的合作伙伴平台, 由苏格兰政府资助。

**专著编写人员:** 斯蒂芬·艾迪( Stephen Addy )、苏珊·库克斯利( Susan Cooksley )、尼基·多德( Nikki Dodd )、克里·韦伦( Kerry Waylen )、珍妮·斯托克恩( Jenni Stockan )、安雅·比格( Anja Byg )、柯斯蒂·霍尔斯特德( Kirsty Holstead )

苏格兰水技术中心( CREW )

詹姆斯·赫顿研究所( James Hutton Institute )

Cragiebuckler

阿伯丁

苏格兰, 英国

AB15 8QH

**专著索引:** Stephen Addy, Susan Cooksley, Nikki Dodd, Kerry Waylen, Jenni Stockan, Anja Byg and Kirsty Holstead ( 2016 ) River Restoration and Biodiversity: Nature-based solutions for restoring rivers in the UK and Republic of Ireland。



CREW reference : CRW2014/10。

ISBN:978-0-902701-16-8

版权所有。未经 CREW 管理层的书面授权，不得将本专著的任何部分复制、修改或录入检索系统。我们尽力确保本书稿提供信息的准确性，但对于所出现的错误、疏忽和容易引起误解的陈述，我们不承担任何法律责任。本专著所表述的声明、观点和意见均来自为 CREW 的活动做出贡献的作者们，并不代表主办机构和赞助方的观点。

致谢：

| 著作指导小组                      | 其他贡献者                    |
|-----------------------------|--------------------------|
| Phil Boon (苏格兰自然遗产署)        | Erica Dewell (邓迪大学)      |
| Catherine Duigan (威尔士自然资源署) | Anna Doeser (斯特林大学)      |
| Judy England (英国环境署)        | Hugh Chalmers (特威德论坛)    |
| Jake Gibson (北爱尔兰环境署)       | Luke Comins (特威德论坛)      |
| Chris Mahon (IUCN NCUK)     | Nick Elbourne (皇家豪斯康宁公司) |
| Chris Mainstone (英格兰自然署)    | Nathy Gilligan (公共设施办公室) |
| Roberto Martinez (苏格兰环境保护署) | Peter Gough (威尔士自然资源署)   |
| Wendy McKinley (北爱尔兰环境署)    | James King (爱尔兰内陆渔业署)    |
| Martin Janes (河流修复中心)       | Amanda Mooney (爱尔兰内陆渔业署) |
| Angus Tree (苏格兰自然遗产署)       | Ann Skinner (英国环境署)      |
|                             | Chris Spray (邓迪大学)       |
|                             | Hans Visser (芬格尔郡议会)     |
|                             | Jenny Wheeldon (英格兰自然署)  |

感谢艾米莉·海斯汀斯 (Emily Hastings, CREW) 审核了本专著。

设计和排版: 格林·多尔 (Green Door)

插图: 科尼西斯·克里蒂夫 (Kinesis Creative)

封面图片: 英格兰坎布里亚郡利思 (Leith) 河。利思河在彭里斯附近的河段于 2014 年修复至其自然弯曲的状态，以维护动植物与人类的共同利益 (©Linda Pitkin/2020VISION)。

# 目 录

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 前言                  | VII |
| 摘要                  | IX  |
| 第 1 章 背景介绍          | 1   |
| 第 2 章 河流对生物多样性的重要作用 | 10  |
| 第 3 章 人类对河流栖息地的改变   | 25  |
| 第 4 章 河流修复的效益       | 36  |
| 第 5 章 如何修复河流        | 51  |
| 第 6 章 关于河流修复的建议     | 66  |
| 第 7 章 河流修复的未来       | 71  |
| 术语表                 | 73  |
| 参考文献                | 77  |
| 参考网址                | 94  |

清华大学出版社

# 前言

过去的环保运动对河流关注相对较少。保护区内有各种各样的湿地，但对河流本身却很难以这种方式进行保护，主要是因为河流往往是人类活动的重要场所。然而，河流在生物多样性以及生态系统服务方面都发挥着巨大的作用。河流也是美丽的、令人愉悦的享受之地。初夏时节，沿着清澈见底、充满生机的鳟鱼溪流漫步，是一种美妙而富有诗意的体验。

数个世纪以来，英国和爱尔兰共和国的河流一直受到多重威胁。河堰、水坝和其他各种障碍已经隔断了许多曾经常见的物种的迁徙路线，并降低了大部分河流沿线的连通性。流域森林的消失增大了季节性洪水的风险，各种形式的干预措施（如河道裁弯取直和防止横向摆动）扰乱了自然洪水规律，并破坏了洪泛区生态系统的内部连通性。此外，杀虫剂、除草剂、化肥、工业和生活垃圾等各种类型的污染物把一些河流变成了下水道，这些河流里的生物基本消失。同时，河流也特别容易受到破坏性入侵物种的威胁，如美国小龙虾和美洲水鼯。许多河岸上生长的喜马拉雅凤仙花看起来可能很漂亮，但在许多地方，这种凤仙花已成为单一植物，阻碍了植物的多样性发展。

尽管存在这些威胁，但近年来还是有一些好消息。在英国和爱尔兰，对产生水污染的各种人类活动采取的严格管控已经显著促进了许多河流的修复。近几十年来，欧亚水獭在许多地区的恢复是更大范围生态系统恢复的标志。通过采取措施恢复河流纵向连通性，可能会重新开启包括西鲱、葡萄牙鲱鱼、河七鳃鳗、海七鳃鳗和胡瓜鱼等鱼类的洄游路线，这些鱼类目前正处于大幅减少的状态。

然而，我们还有更多的工作有待开展。正是出于这一原因，我们高兴地看到《河流修复与生物多样性：英国和爱尔兰基于自然的河流修复方案》专著的出版，这是在世界自然保护联盟（IUCN）英国国家委员会赞助下英国和爱尔兰专家合作的成果。专著提供了后续行动的蓝图，主要有以下几点：

- 健康的河流对人类和自然都很重要，但过去河流遭到了破坏，造成了严重的问题，现在迫切需要加以解决。



- 河流修复对实现生物多样性保护和可持续发展非常重要。
- 人类通过与大自然和谐共处能够实现原本相互冲突的目标。
- 通过自然的过程以及自然洪水管理来进行河流修复，能够高效、低成本地应对气候变化。

我们对本专著的编写组表示祝贺，希望英国和爱尔兰政府认真对待书中提出的建议，制定有雄心的河流修复议程，并成为他国学习的范例。为此，我们希望有朝一日，大西洋鲑鱼再次迁徙到英国和爱尔兰的河流中产卵，淡水鳕再次活跃在英格兰东部的河流之中。

西蒙·斯图亚特（Simon Stuart）

IUCN 物种生存委员会主席

皮特·威特（Piet Wit）

IUCN 生态系统管理委员会主席

# 摘要

河流及其洪泛区是英国和爱尔兰共和国最重要的环境类型之一，尽管它们所占面积不大，但却支撑着高度多样化的野生动物及其栖息地。自然功能良好的河流在文化、宜居环境、供水、防洪等方面都有显著的社会价值。

人类对河流的开发使得河流自然特性普遍退化，导致特有栖息地、生物多样性以及河流功能的丧失，这些功能至关重要。鉴于此，我们有必要修复河流，同时采取措施保护河流，以防止发生更多的破坏。

河流修复的目标应该是恢复特有栖息地和生物多样性。河流修复可以定义为：**重建河流系统的自然物理过程（如水流变化和泥沙运动）、特征（如泥沙粒径和河流形态）以及物理栖息地（包括淹没区、河岸区和洪泛区）。**

恢复水质和清除入侵物种对于河流栖息地以及生物多样性的恢复同样重要，但这些问题不是本书的重点。英国和爱尔兰共和国从 20 世纪 80 年代末开始进行河流修复，修复已成为河流管理的重要部分；目前两国已开展了 2000 多个项目。大多数项目的修复没有基于整个流域，而是集中在河段、低洼地，主要关注局部的问题。

欧盟的相关法规（如《水框架指令》《栖息地指令》《洪水指令》等）是英国和爱尔兰共和国开展河流修复的主要驱动力。在英国，《自然洪水管理手册》（2016）<sup>[1]</sup>、《皮特审查报告》（2008）<sup>[2]</sup> 和《给水留出空间》（2004）<sup>[3]</sup> 都支持通过河流修复来减少洪水风险。

精心规划的河流修复可以在短期内改善自然栖息地和生物多样性，但要充分发挥其效益，尤其是大规模（覆盖整个流域）的修复，需要更长的时间。

我们推荐的修复技术尊重自然过程，让河流自行恢复，主要基于以下几方面：

（1）使用这些技术所产生的结果更加适合河流本身的状态以及原生动植物赖以生存的栖息地。

（2）与工程手段建造的渠道或栖息地相比，这些技术可以形成动态的、更有韧性的及可持续性的栖息环境，在应对气候变化方面更能体现其优越性。



(3) 通过自然过程修复并维护河道，施工和维护成本更低。

(4) 这些技术不仅仅局限于单个栖息地元素或物种的恢复，还能够实现整个河流 – 洪泛区生态系统的恢复。

(5) 这些技术还有助于恢复生态系统的洪水调蓄功能。

修复技术应重点恢复对自然河流栖息地和生物多样性至关重要的四个方面：

(1) 河道因侵蚀和泥沙沉积而形成的自由横向摆动。

(2) 河流和洪泛区之间水、泥沙、有机物质和生物群的自由连通。

(3) 上下游之间水、泥沙、有机物质和生物群的自由连通。

(4) 天然河岸植被群落及其与相邻河流之间的生态连通。

本书中，我们为决策者和从业人员提出 20 项建议以促进和改善河流修复工作：

### 制定支持河流修复的政策

(1) 保证政府提供长期投资（5 年以上），以促进河流修复项目的规划、实施和评估。

(2) 简化监管和审批流程，协助实施小规模、低风险的修复项目。

(3) 考虑采用创新方式（如通过土地收购、土地置换、土地保护契约和地役权或为土地用途改变付费等）补偿土地所有者。

### 为修复提供资金

(4) 展示河流修复的长期效益——如降低维护成本和减少洪水风险，从而鼓励更多的自发行动（自筹资金或以实物形式的支持）。

(5) 利用已有计划多渠道资金的长期支持，包括农业环境计划和基金资助。

(6) 考虑其他资金渠道来支持修复规划和行动，包括生态系统服务付费、开发商出资计划以及引导食品生产商投资修复项目。

### 制定有效的修复规划

(7) 在流域尺度上评估河流退化的过程和原因，以便在适当的地方、以适当的规模采取合适的修复措施，解决自然栖息地退化的根本问题。

(8) 利用现有框架为大规模规划提供决策支持, 比如 REFORM (河流修复 – 推进有效的流域管理) 规程<sup>[4]</sup> 以及英格兰河流修复战略<sup>[5]</sup> 等。

(9) 鼓励对河流修复规划和实施进行长期努力。

(10) 平衡“自上而下”的战略和“自下而上”的行动, 调动人们对河流修复的关注和热情。

(11) 根据不同情况评估项目活动的风险水平, 确保风险与每个项目的成本匹配<sup>[4]</sup>。

(12) 尽早让所有利益相关方 (土地所有者、河流信托基金、非政府组织、志愿团体和社区) 参与其中, 包括那些可能尚未参与修复工作的利益方, 以便获得支持并最大限度地了解当地情况。

(13) 制定清晰和可考核的项目目标, 充分考虑社会和经济方面的制约因素。

### 收集数据并评估项目

(14) 通过在选定地点进行长期监测 (5 年以上), 增强河流修复证据的有效性。监测活动应覆盖一个大的地理范围, 并使用稳健的科学方法对基于过程的项目实施进行评估。监测应在实施修复前后进行, 时间应足够长, 以便监测到短期和长期的变化。

(15) 推广应用可适用于所有地点的简单易行、经济有效的监测方法 (如定点摄影)。这些监测方法的一致性对于保证项目间的可比性至关重要。

(16) 通过公众科学 (注: 指科学研究中的公众参与与合作) 提供有用信息, 使人们很好地了解和爱护所处的河流环境。

(17) 利用监测数据客观地评价项目, 并为未来其他项目的设计和实施提供借鉴。

(18) 了解不同的项目是如何进行的, 从而发现机遇和困难, 完善未来的工作。

### 宣传项目成效

(19) 宣传河流修复遵循的原则和产生的效益, 增强其影响, 克服阻碍, 为未来的项目提供经验支持。尤其要根据受众来制定宣传内容, 使人们了解长期的、流域



尺度的河流修复能带来的效益，并分享知识。

（20）促进河流修复活动与其他保护行动、景观恢复和政策驱动相结合，以增强其附加价值。

河流修复可使河流恢复自然功能，改善生物多样性，同时让人类社会与河流重新和谐共处，并从中受益。

# 第 1 章

## 背景介绍

河流及其洪泛区是英国和爱尔兰最重要的自然环境类型之一。与其他生态系统相比，河流滋养着更多的动植物<sup>[6]</sup>。生物多样性（专栏 1.1）及其保护与恢复对维持河流的自然特性至关重要。

### 专栏 1.1 生物多样性的概念

生物多样性是指：“所有来源的形形色色生物体，这些来源除其他外，包括陆地、海洋和其他水生生态系统及其所构成的生态综合体；这包括物种内部、物种之间和生态系统的多样性。”（《生物多样性公约》，1992 年）<sup>[a]</sup>

生物多样性的定义意味着生物、生物群落以及栖息地之间的联系得到重视。

由于人类活动的影响，生物多样性在世界范围内广受威胁，河流环境也不例外。195 个国家和欧盟都是《生物多样性公约》（Convention on Biological Diversity, CBD）的缔约国，我们认识到需要通过生态保护来阻止全球生物多样性继续丧失。2011 年的名古屋《生物多样性公约》大会制定了 20 个目标作为缓解生物多样性丧失战略的一部分，并宣布 2011—2020 年为联合国生物多样性十年。

生物多样性保护的一个关键理念是识别和保护典型的生物多样性。这意味着应该促进生物群落和相关栖息地的完整性，这些栖息地应该是不受人类干扰而自然形成的生境。在制定河流保护和修复的规划时，这个理念对于河流生物多样性的评估至关重要。例如，在一条已经物理退化的河流中，整个生物群落的多样性可能会有改变，也可能与未改变时的多样性相似<sup>[7]</sup>，但构成其多样性的物种却不是在那个特定环境下应该有的典型物种。这样的系统值得进行物理修复，以使生物多样性恢复到其特有的状态。



图 1.1 英国和爱尔兰共和国河流环境的多样性

(A) 爱尔兰共和国，卡文郡，厄恩河 (© Peregrine, Dreamstime); (B) 北爱尔兰，安特里姆郡，丹河 (© Robert Thompson, NaturePL); (C) 英格兰，汉普郡，伊琴河 (© Linda Pitkin/2020VISION); (D) 威尔士，登比郡，迪河 (© David Noton Photography, NaturePL); (E) 苏格兰，莫里郡，埃文河 (© Steve McAleer, 环境中心)

河流的生物多样性反映了它们流经环境的多样性（图 1.1）。由于河流的动力学特性，包括水生和陆生区域在内的河流栖息地通常会在较小的空间和时间尺度上发生变化。这些特征意味着河流具有较高的保护价值，因此很多国家和国际组织都致力于河流生态环境的保护。

我们重视河流是因为它们给人类提供了众多的生活必需品和服务，但工业革命以来为满足社会需求而对河流的高度开发利用导致河流自然特征普遍退化：特有生物栖息地和生物多样性丧失以及生态系统服务功能退化。河流栖息地已经成为欧洲受威胁最严重的生境类型之一<sup>[6]</sup>。

河流承受着多方面的压力，包括点源和面源污染、人类取水活动、物种入侵以及物理改变。20 世纪初，各国开始共同努力解决与工业有关的水污染问题，并在改善水质方面取得了相当大的成效。近年来，人们认识到河流流量的改变、河流渠道化、防洪堤的建设、疏浚和堰坝蓄水都会对河流造成物理破坏，于是开始进行河流修复，以扭转几十年来对河流的物理改变。修复行动旨在恢复河流的生物多样性和人类所依赖的关键生态系统服务，如清洁饮用水的提供和对洪水风险的自然管理。

河流修复有多种描述，本书使用的是基于流域、溪流和河流的广义定义，具体如下：

**河流修复是重建河流系统的自然物理过程（如水流变化和泥沙运动）、特征（如泥沙粒径和河流形态）以及物理栖息地（包括淹没区、河岸区和洪泛区）。**

河流修复并不是把河流恢复到工业革命前的状态，这是不可能的，因为河流会随着时间而改变，另外还有社会环境的限制<sup>[8]</sup>。我们提倡的是用自然过程来创造有特色的、可持续的、动态的河流物理栖息地，从而促进生物复苏以及人类生存所需的生态功能的恢复<sup>[9]</sup>。

尽管恢复水质和流量以及清除入侵物种对于促进生态恢复同样重要，但这些问题并不是本书的重点（图 1.2）。本书的重点是恢复河流形态和动态过程，从而改善河流物理栖息地，即水流和河流形态相互作用的环境，这是动植物赖以生存并不断改变的环境。



图 1.2 河流栖息地完整性组成部分

本书侧重于物理栖息地以及通过改善河流形态进行修复。(改编自 Mainstone and Holmes, 2010<sup>[5]</sup>)

在欧洲，为了保护生物多样性，防止生物多样性进一步丧失，欧盟及其成员国都对河流修复颁布法令。1992 年欧洲理事会（European Council, EC）颁布的《栖息地指令》明确了需要保护的重要河流栖息地类型和物种，要求在整个流域范围内达到“良好的状态”。《栖息地指令》和《鸟类指令》为欧盟范围内建立“自然 2000”自然保护区网络提供了法律依据，该网络旨在保护欧洲珍稀濒危物种和受威胁的自然栖息地（图 1.3）。“自然 2000”自然保护区网络包含了最典型的栖息地和物种代表，由特别保育区（Special Areas of Conservation, SACs）和特别保护区（Special Protection Areas, SPAs）组成。英国的生物多样性行动计划和具有特殊科学价值的地点 / 区域网络（Sites/Areas of Special Scientific Interest, SSSIs/ASSIs）和爱尔兰共和国自然遗产区域进一步加强对生物多样性的保护。在英国生物多样性行动计划和世界自然保护联盟（IUCN）红色名录中被称为优先保护的许多物种都

与河流有关。英国有 346 种 IUCN 红色名录中的物种以河流为栖息地，爱尔兰共和国则有 262 种<sup>[c]</sup>。2000 年颁布的欧盟《水框架指令》旨在维护或改善河流本身的自然属性，2007 年颁布的欧盟《洪水指令》支持恢复和维护河流的自然形态，以降低洪水风险，这为河流修复提供了进一步的推动力。立法、政府机构的扶持、资金的到位以及河流修复中心（River Restoration Centre, RRC）等机构提供的指导，意味着河流修复已成为河流管理的一个重要部分。

英国的河流修复可以追溯到 20 世纪 80 年代，到目前为止已经开展了 2000 多个项目，近年来项目数量迅速增加（RRC 数据库，2014）。与此同时，科学界对河流修复的关注越来越多，科学家把生态学、水文学和地貌学综合起来用以规划和评估修复工作<sup>[11]</sup>。图 1.4 反映了自 20 世纪 90 年代以来不断出现的重要科学研究、政策和非政府组织的支持行动。

本书根据公开文献信息和利物浦研讨会（专栏 1.2）对河流修复工作进行回顾和概述，在此基础上提出了推广和改进河流修复方法的建议。鉴于未来气候变化的影响（如干旱和洪水频发）、人口的增长以及随之而来的对水资源需求的增加，保护和修复河流生态系统比以往任何时候都重要<sup>[12]</sup>。

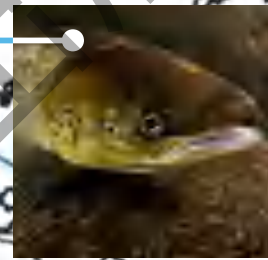
这是生活在苏格兰气候影响范围边缘的北方二月红石蝇 *Brachytera putata*，目前只在英国发现。它的幼虫生长在水质优良、冬季能照到阳光、中低等坡降溪流的松散鹅卵石中。该物种是英国生物多样性行动计划中优先保护的物种，在英国被列为国家珍稀物种。

(© Gus Jones, BSCG)



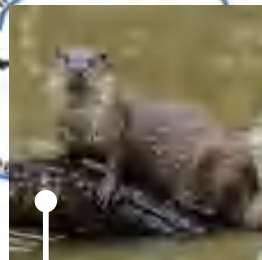
福伊尔河特别保护区拥有北爱尔兰最大的大西洋鲑鱼种群 *Salmo salar*，约占该地区鱼类总量的15%。大部分洄游的鲑鱼是小型鲑（在海上过一冬），也有少量但很重要的春季鲑（在海上过数冬）。个别子流域也有基因组成不同的鲑鱼种群。

(© Linda Pitkin/2020VISION)



在北威尔士的爱枫林溪（Afon Gwyrfaï a Llyn Cwellyn）特别保护区营养贫乏的水域中，生长着溪水毛茛 *Ranunculus penicillatus* ssp. *penicillatus*，中级水马齿 *Callitriche hamulata*，水生苔藓 *Fontinalis* spp. 和球根草 *Juncus bulbosus*。临近河流良好的走廊栖息地增强了该区域的保护价值。

(© 英国环境署，2022)



香农流域的马尔基尔河养育着水獭种群 *Lutra lutra*。它是爱尔兰共和国境内的一个重要种群，这个区域也是专为该物种指定的44个特别保护区之一。保护工作重点是恢复河岸栖息地和连通性，包括植树、建立灌木覆盖的生存环境、清除入侵植物以及改善河道栖息地，以增加鱼类种群数量。

(© Dave Webb, 英国野生水獭信托基金会)





斯佩河的因什沼泽是英国最大、受干扰最少的漫滩沼泽之一，是鱼鹰 *Pandion haliaetus*、斑点鹬 *porzana porzana*、木鹬 *Tringa glareola*、母鹬 *Circus cyaneus* 和大天鹅 *Cygnus cygnus* 的特别保护区。其他稀有鸟类包括过去栖息于洪泛区的秧鸡 *Crex crex*。该地区牧场的减少使开阔的洪泛区栖息地退化，疯长的柳树丛和茂密的草地越来越多，轻微的修剪草地和减少灌木丛有助于栖息地恢复。

(© Wikimedia Commons, NASA)

溪七鳃鳗 *Lampetra planeri* 生长在德文特河特别保护区，这是一种形似鳗鱼的原始无颌的鱼。它生长在溪水和河流中。成鱼不会向大海迁徙，也没有寄生期（不进食），并且会在它们以前生活过的松软泥沙附近的砾石中产卵。德文特河的栖息地为其所有生命阶段提供了必要的条件：用于产卵的、大量干净的砾石滩，以及用于幼鱼穴居的细小泥沙。

(© Jack Perks/Minden)

流经白垩地区的文苏姆河是白爪小龙虾种群 *Austropotamobius pallipes* 的东部栖息地。这种小龙虾与英格兰南部和东部大部分其他小龙虾种群同样都受到外来物种的严重入侵。这条河流特别保护区可为此类脆弱种群提供尽可能多的保护。

(© 英格兰自然署)

图 1.3 英国和爱尔兰共和国境内受政策保护的河流栖息地及物种

这些政策通过指定特别区域并将某些栖息地和物种列为重点对象，对濒危物种进行保护。

(底图：© Esri, 德洛姆出版公司)



图 1.4 在过去 30 年中支持和加强河流修复的重要行动时间表 (改自 Griffin et al.<sup>[10]</sup>)

## 专栏 1.2 IUCN 利物浦河流修复研讨会

2014 年 11 月在利物浦举行的一个研讨会对河流修复工作的进展进行了回顾，并对今后的工作提出了建议。该研讨会得到世界自然保护联盟英国国家委员会的支持。研讨会有 44 位专业工作者、科学家和环境司法部门及自然保护团体的代表参加。下列 15 项重要意见得到了与会者的大力支持<sup>[13]</sup>。

- 有证据表明英国和爱尔兰的河流普遍被破坏，因此对河流修复采取战略性措施十分必要。
- 需要将生态系统服务方法作为河流修复中生物多样性保护的补充，但不应取代它。
- 河流修复需要更完善的法规和激励措施。
- “标志性”物种可以作为有利的抓手来推广河流修复的理念，推动项目的开展。
- 河流修复项目需要长期的资金支持。
- 应该鼓励企业探索低成本且能促进自然过程的河流修复方案。
- 加强河流修复技术交流，探讨如何用不同的技术有效地达到不同的目标。
- 从河流修复的失败中吸取教训并分享经验。
- 我们需要证明河流修复是有益的，并且告知政策制定者、土地所有者和公众，从而改变他们的看法。
- 应在全流域的背景下讨论河流修复，因为这种方式能带来多重益处。
- 有必要对河流修复项目前后进行准确、简单、有针对性的监测。
- 在河流修复中，应更明确地考虑包括洪泛区和河岸带在内的横向连通性。
- 河流修复应综合考虑物理过程和生物过程。
- 修复不但应被视为一种恢复受损环境的手段，而且应被视为一种保护重要资源免受未来变化影响的手段。
- 不同部门之间需要加强协作，以最大限度地确保河流修复的成功。

## 第 2 章

# 河流对生物多样性的重要作用

### 2.1 引言

尽管包括河流在内的淡水水域占地球表面积不到 1%、占地表水总量不到 0.01%，但对全球的野生生物具有重要意义<sup>[14]</sup>。与河流相关的动植物群落之所以丰富多样，是由于河流栖息地提供了各种各样的庇护所、繁殖地和觅食机会<sup>[15]</sup>（图 2.1）。

河流栖息地是由下垫面地质条件及气候特征所决定的。这两个因素决定了河流的固有特征，例如，河流的比降和湍急程度；河流输运和沉积的泥沙成分；河水的酸碱性。在这些特性决定下，河流成为高度变化的环境，在物理、化学和生物过程的作用下（图 2.2），组成了形形色色、相互关联的栖息地，称为“栖息地马赛克”<sup>[16]</sup>（图 2.3）。

许多不同类型的栖息地都与河流和溪水相关（图 2.4）。这些栖息地包括按水流类型（如瀑布、急流和深潭）、形态特征（如砾石滩、河岸）或优势植物物种（如河岸林地或水生植物床）定义的各种区域。与河流紧密相连的栖息地包括：相关的湿地、沼泽、泥潭、洪泛区草甸和潮湿的林地。

栖息地有不同的规模，小到一粒沙子，大到洪泛区草甸。通常，栖息地是按中等规模定义的（几平方米至几十平方米），这些栖息地单元构成了栖息地马赛克的“拼块”（图 2.3）。在更大的规模上，河段是支持这些栖息地单元独特组合的河流长度。这些河段嵌套在更大的河流区段中，进一步构成河流网<sup>[17]</sup>（图 2.5）。

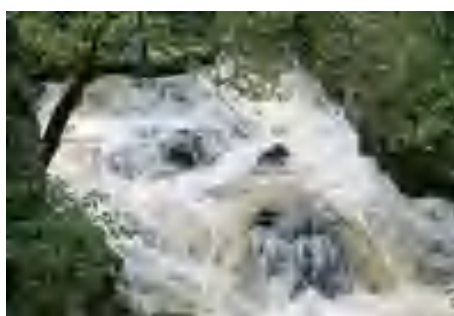


图 2.1 河流的自然动态过程为野生生物创造了各种栖息地  
(内森河，拉纳克郡，© 詹姆斯·赫顿研究所)



河的水流和泥沙运动特性决定了河床栖息地的分布，例如鲑鱼产卵的砾石。河流中有一些流速剧烈波动的区域，但也有一些区域提供了躲避高流速或低流速水流的场所。像卵石滩和边缘带等区域就是间歇性干区域，尤其是在夏季。

(© Graham Eaton/NaturePL)



扰动（例如，由洪水引起）在构建河流群落和维持丰富的生物多样性方面发挥着重要作用。扰动可以使生态系统从一种持续的状态转变为另一种状态，例如，对既有植被群落的重构。健康的生态系统通常能够抵御扰动事件的冲击，这是因为系统中有避难所。

(© David Woodfall/NaturePL)



植被演替是植物群落发展的过程，从最初的先锋物种定殖发展到复杂的“顶极”群落。河岸植物群落的演替通常会发展成灌木丛和林地，它们对于连接水生栖息地和陆生栖息地以及提供水流中的木质障碍物而言至关重要。

(© 詹姆斯·赫顿研究所)



营养物循环是指河流系统中所必需的营养物的再利用、转化和运动。磷、氮和碳的循环尤其重要，因为这是生物体功能运作的基础。由于营养物的重要性、在淡水中的相对稀缺性及其对藻类生长速度的影响，营养物循环是最重要的生态系统过程之一。

(© Martin Janes, RRC)



植物和动物可以在河流中“设计建造”栖息地。例如，植物可以固定根部周围的细颗粒泥沙；摇蚊可以通过挖洞在泥沙中开辟通道，从而增加氧合作用。除了局部影响外，可能还有更广泛的影响。例如，按照品种和个体大小，一条鲑鱼挖巢可以扰动多达  $17\text{m}^2$  的河床面积<sup>[18]</sup>，并将沉积在下面的泥沙和营养物释放出来。

(© Michel Roggo/NaturePL)

图 2.2 在物理、化学和生物过程共同作用下，形成不同类型的河流栖息地

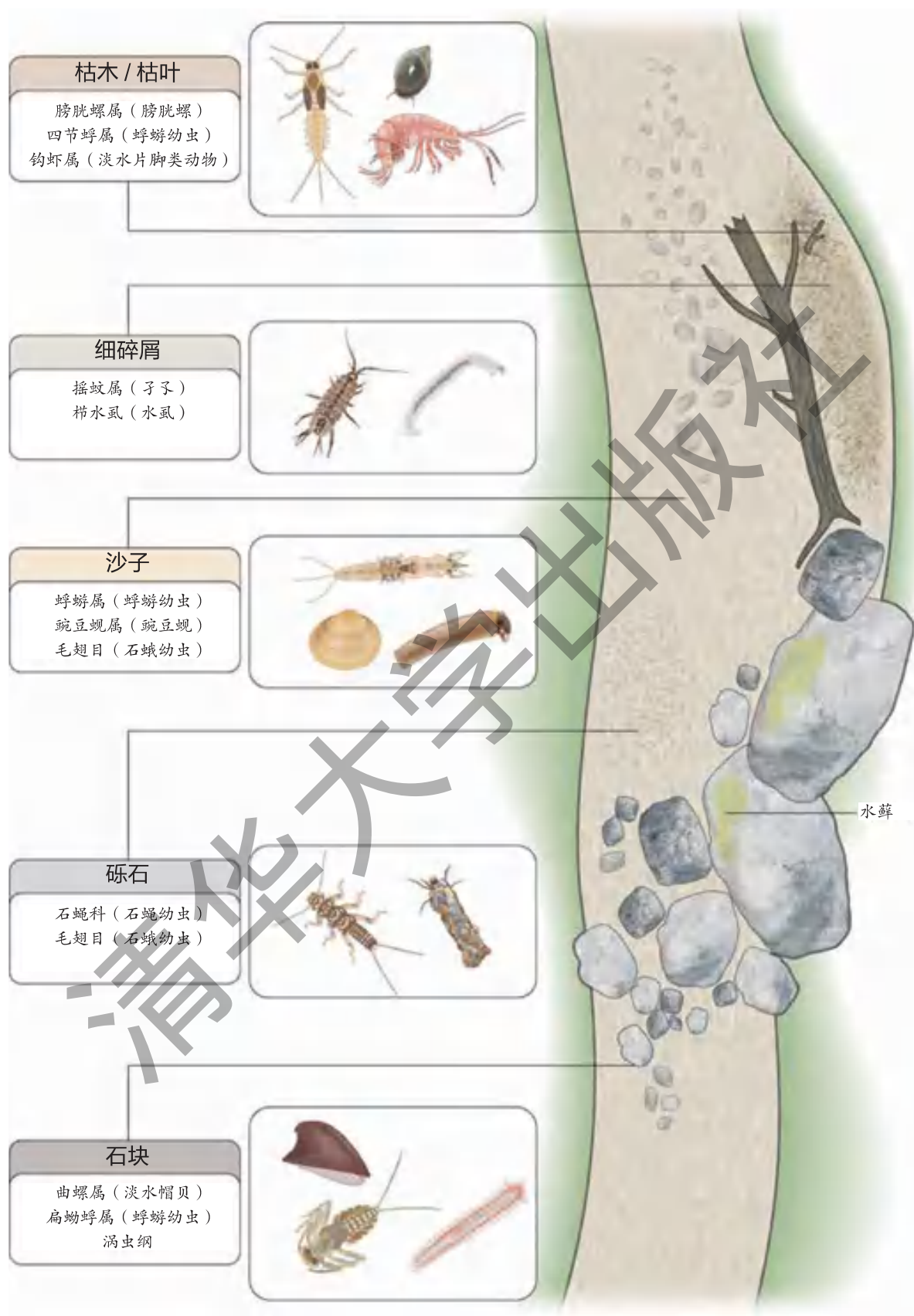


图 2.3 河流的物理、化学和生物过程形成了由中等规模栖息地单元组成的栖息地马赛克  
不同的栖息地必须连接良好，使生物能够利用各种觅食和庇护机会，适应河流内不断变化的状况，并完成生命的循环（改编自 Bostelmann<sup>[d]</sup>）



瀑布是由基岩、漂石或卵石河床上的垂直水流形成的。飞溅的浪花能创造湿地栖息地，这是需要凉爽、潮湿环境的生物钟爱的栖息地。例如，苔藓和地衣，以及甲虫、石蝇和石蚕等特有物种。

(© Peter Cairns/ 2020VISION)



急流和跌水流经比较陡峭的山坡，高速水流创造了湍流的形态。大颗漂石为无脊椎动物和鱼类提供了躲避高速水流的庇护所。黑蝇幼虫（蚋科）喜欢斜槽流，也就是跌水中被水围绕的岩石和漂石表面的区域。

(© 詹姆斯·赫顿研究所)



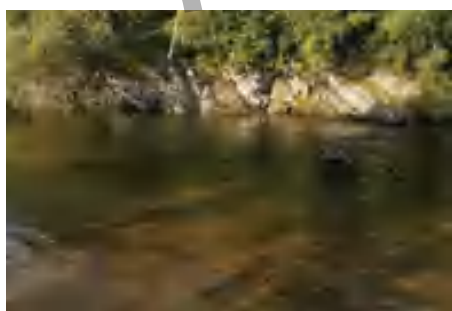
浅滩是当高速水流流过浅水区的砾石或鹅卵石时，形成的碎波水面。浅滩是那些黏附性很强的动物的家园，也是鱼类喜欢的觅食区域，这是因为碎波水面可以帮助它们躲避捕食者，由于水中氧气充足，鲑鱼、七鳃鳗或鳟鱼把浅滩当作它们的产卵地（河床产卵区）。

(© 詹姆斯·赫顿研究所)



缓流（滑流）是指水面平静、流速适中的深水区域，通常有砾石河床或砂质河床。相比浅滩区，这些区域的物种丰富度和多样性往往较低，并经常被水生植物占据。

(© 詹姆斯·赫顿研究所)



深潭是水很深、流速较低的区域。它们为物种提供了深水保护和食物，这些食物来自深潭的河床上积累的有机物。

(© 詹姆斯·赫顿研究所)

图 2.4 河流栖息地及相关生物群落



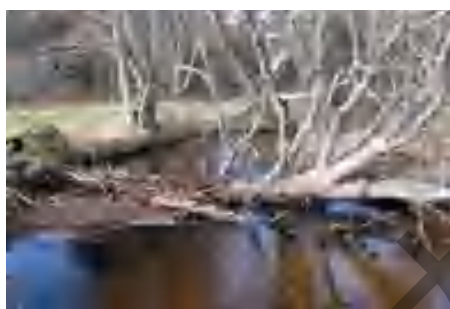
回流（滞水）是与主河道相连的湿润区域，但在日常天气状况下几乎没有水流。它们是成鱼的庇护所、蜻蜓的主要繁殖栖息地和七鳃鳗的重要哺育场。

（© 詹姆斯·赫顿研究所）



大型水生植物床通过物理结构影响水流流动模式、沉积泥沙、提高营养水平和含氧量，从而形成复杂的栖息地。大型水生植物栖息地为各种无脊椎动物、鱼类和两栖动物提供食物、庇护所和产卵场。

（© Martin Janes, RRC）



树根和溪流中的木质障碍物可改善水质，稳固泥沙，并改善河流内物理栖息地类型的多样性。积聚的木质障碍物减缓了水流，形成了深潭和漩涡，鱼类可以在这里休息、躲避捕食者、避开直射的阳光。这些树木也为藻类、真菌、细菌、植物和昆虫提供了栖息地。

（© 詹姆斯·赫顿研究所）



裸露沉积物（泥沙）对植物和无脊椎动物（尤其是步甲、蜘蛛和大蚊）来说非常重要。这种栖息地对物种保护非常重要，因为它哺育了种类繁多的物种，其中包括一些特有物种和许多稀有、濒危的物种。

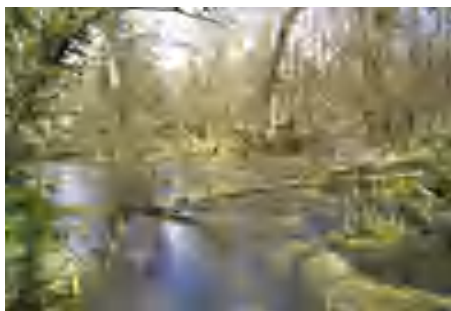
（© 詹姆斯·赫顿研究所）



河岸提供了在更广泛的景观中尤为稀缺的特有栖息地。水獭在陡峭的河岸上筑巢，且水鼠也在那里挖洞安家。灰沙燕群会在被侵蚀的河岸上筑巢。

（© Toby Roxburgh/NaturePL）

图 2.4 （续）



河岸（水边）植被群落的范围由成熟的林地到物种丰富的草地等。它们为水生物种提供重要的食物来源和庇护所，也哺育了包括蝙蝠和多种鸟类在内的许多陆地生物。

（© Martin Janes, RRC）



洪泛区水景提供了多种多样的栖息地，深受水禽、两栖动物和蜻蜓的喜爱，同时也为蝙蝠和爬行动物提供了重要的食物来源。洪泛区水景包括牛軋湖、永久湿地、水潭、沼泽、潮湿林地和芦苇床。

（© 詹姆斯·赫顿研究所）



洪泛区草甸由干草牧场演变而来，干草牧场是河谷以前常见的特征。由于农业集约化、建筑物开发和缺乏管理，它们在过去 50 年有所减少。少数现存的草甸都是重要的蓄洪区；由于草甸上生长着各种各样的开花植物，它们具有很高的自然保护价值，能为各种昆虫提供花蜜，也是环境变化的重要早期指标。

（© Martin Janes, RRC）

图 2.4 （续）