

中国可持续发展 功能分区研究

Zoning China Targeted to Sustainable
Development

谢高地等◎著

城市、郊区、乡村都具有各自独特的空间功能，城市化、郊区化、乡村化都不是漫无目标的无限扩大。无论怎样发展与繁荣，基于可持续性考虑，我们必须知道我们自己以及子孙后代的食物在哪里、水在哪里、栖息地在哪里、产业在哪里



科学出版社

中国可持续发展功能分区研究

Zoning China Targeted to Sustainable Development

谢高地 等 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书刻画了我国地形、地貌、植被、土地利用、森林、草地、湿地、自然保护区、能源等自然环境和自然资源空间格局以及社会经济发展空间格局,从居住容载、就业支持、经济发展、资源保障和生态维衡五个方面评价了不同区域可持续发展功能,建立了中国可持续发展功能分区的三级分区方案,提出了不同分区的可持续发展主导功能。

本书可作为资源与环境科学、区域发展相关领域管理人员、科研工作者、研究生和本科生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

中国可持续发展功能分区研究 / 谢高地等著. —北京: 科学出版社, 2012

ISBN 978-7-03-035105-0

I. 中… II. 谢… III. 区域经济发展-可持续性发展-环境功能区划-研究-中国 IV. F127

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 155872 号

责任编辑: 张 震 / 责任校对: 宋玲玲

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 无极书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 8 月第 一 版 开本: 889×1194 1/16

2012 年 8 月第一次印刷 印张: 36 3/4 插页: 2

字数: 1 000 000

定价: 138.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

确定可持续发展的功能分区，明确不同功能区在促进国家可持续发展中的地位与作用，是我国构建和谐社会、实施可持续发展战略的重大需求。以行政区划为基础的传统区划发展模式往往会忽视地理单元、自然资源分布、区位空间结构特点以及社会经济发展的内在区域差异性和相互依赖性，导致我国在社会经济发展与生态环境建设中不同行政区域的主导功能和发展方向同构化、区域合作中的行政壁垒、自然资源过度消耗和生态环境退化。

因此，需要结合区域实地综合调研，借鉴国际经验，通过技术集成和系统模拟的方式，系统地分析我国区域可持续发展的资源、环境和社会经济状况及其与空间的联系，提出可持续发展功能分区的指标体系，确定可持续发展的功能分区，明确不同区域在促进国家可持续发展中的功能定位。在此基础上，构建功能明确、分工合理、优势互补的区域发展格局，促进我国社会经济空间结构向良性方向演进，提高生产要素的空间配置效率，缓解我国战略资源的压力，加速我国的可持续发展进程，为构建和谐社会、应对全球化的挑战奠定坚实的可持续发展基础。

自然资源与环境是开展可持续发展功能分区的物质基础和出发点。本书首先展示了我国自然环境和自然资源空间格局，包括地形、地貌、植被、土地利用、森林、草地、湿地、自然保护区、土地荒漠化、能源（煤炭、石油、水能、太阳能、风能和生物质能）等，以及社会经济发展的空间格局，包括人口、城镇化以及新经济区。然后，从生产、生活和生态三个方面评价了可持续发展要素对可持续发展战略的支撑作用，在评价结果基础上，提出了未来实现可持续发展战略的可持续发展要素功能分区方案。涉及的可持续发展要素包括人居功能、粮食生产功能、水生态功能以及综合生态功能。之后，综合可持续发展要素研究成果，开展了中国可持续发展综合功能评价，从居住容载、就业支持、经济发展、资源保障和生态维衡五个方面评价了中国可持续发展现状。最后，在中国可持续发展综合功能评价结果基础上，建立了中国可持续发展功能分区的三级分区方案，提出了不同分区的可持续发展主导功能。

国家正在落实科学发展观，加强政府对地域空间的管理和调控，正在不断对国土资源开发、保护和区域发展的战略性问题做出科学的安排。2000年以来，国家发展和改革委员会先后组织开展了京津冀都市圈区域规划、长江三角洲地区区域规划、珠江三角洲规划等跨区域规划；2009年以来，黄河三角洲高效生态经济区、海峡西岸经济区、海南旅游规划区、关中-天水经济区等新的区域不断形成；近来中共中央关于制定“十二五”规划的建议明确提出实施主体功能区战略，要求：“按照全国经济合理布局的要求，规范开发秩序，控制开发强度，形成高效、协调、可持续的国土空间开发格局。对人口密集、开发强度偏高、资源环境负荷过重的部分城市化地区要优化开发。对资源环境承载能力较强、集聚人口和经济条件较好的城市化地区要重点开发。对影响全局生态安全的重点生态功能区要限制大规模、高强度的工业化城镇化开发。对依法设立的各级各类自然文化资源保护区和其他需要特殊保护的区域要禁止开发。基本形成适应主体功能区要求的法律法规、政策和规划体系，完善绩效考核办法和利益补偿机制，引导

各地区严格按照主体功能定位推进发展。”

本书可用以查阅我国不同区域自然资源和环境状况，了解不同区域的各项可持续发展要素对可持续发展战略的支撑作用，获知不同区域所处的人居功能分区、粮食生产功能分区、水生态功能分区、综合生态功能分区以及可持续发展功能分区，为实施主体功能区战略、制定区域可持续发展战略提供重要依据。

本书内容是国家科技支撑课题“可持续发展功能分区技术开发”部分成果，该课题是中国 21 世纪议程管理中心负责的国家科技支撑项目“提高区域协调度的多尺度计算机仿真技术研发”的课题之一。在课题进行过程中，中国 21 世纪议程管理中心郭日生主任、周元副主任、周海林处长、孙新章博士、刘荣霞博士对整个研究工作进行了长期的指导、管理和讨论，可以说没有他们的支持，本书是无法完成的，在此表示衷心的感谢。

可持续发展功能分区技术开发课题组

2012 年 3 月

目 录

前言

1 绪论：区划的进展	1
1.1 区划的产生与类型	1
1.2 国外区划研究进展	3
1.3 国内区划研究进展	11
1.4 可持续发展功能分区	25
参考文献	26
2 区域功能分区的原理与基础	29
2.1 空间关系分析的相关理论	29
2.2 地理空间差异与人口生态适宜性分布格局	33
2.3 区域发展战略演变及其空间效应	37
2.4 区域经济发展的空间特征	42
2.5 区域生态与环境的空间特征	46
2.6 区域城镇化发展的空间特性	47
2.7 区域格局形成的驱动力	50
参考文献	53
3 区域功能的演变分析	54
3.1 土地资源开发及其区域功能	54
3.2 水资源开发及其区域功能	62
3.3 能源资源开发及其区域功能	67
3.4 人口空间分布和区域功能	72
3.5 农业发展及区域功能演变	74
3.6 工业及第三产业发展的区域功能演变	77
3.7 中国区域发展的战略功能定位	81
参考文献	85
4 新区域的形成与分析	86
4.1 新区域的出现与认定	86
4.2 辽宁沿海经济带	98
4.3 黄河三角洲高效生态经济区	102
4.4 江苏沿海经济区	106
4.5 海峡西岸经济区	108
4.6 广西北部湾区域	113
4.7 横琴岛开发区	116

4.8	海南旅游规划区	119
4.9	图们江区域-长吉图开发开放先导区	122
4.10	鄱阳湖生态经济区	125
4.11	皖江城市带承接产业转移示范区	129
4.12	中部崛起	131
4.13	关中-天水经济区	134
4.14	甘肃省循环经济区	138
4.15	两江新区	142
4.16	成渝经济区	145
4.17	大小兴安岭林区生态保护和经济转型规划区	149
	参考文献	152
5	粮食安全功能分区	154
5.1	引言	154
5.2	要素评价与基础分区	161
5.3	功能分区与政策建议	190
	参考文献	204
6	水生态功能分区	206
6.1	水资源及水环境概况	206
6.2	水区划研究概述	213
6.3	水生态功能区划	217
	参考文献	226
7	人居功能分区	228
7.1	引言	228
7.2	基础数据库的建立	230
7.3	中国人居环境自然适宜性分类	231
7.4	中国人口空间集聚程度分级	242
7.5	人居功能分区	248
	参考文献	262
8	能源功能分区	263
8.1	问题提出与现状分析	264
8.2	能源资源本底分析与区际流动	269
8.3	分区原则与方法	296
8.4	分区结果	310
8.5	各区的特征与功能定位	312
	参考文献	315
9	生态功能分区	317
9.1	研究进展综述	317
9.2	区划原则、方法及数据源	319

9.3 全国生态功能区划结果	321
参考文献	338
10 可持续发展功能分区的方法体系	340
10.1 可持续发展功能分区的现实需求	340
10.2 区域可持续发展功能分区的内涵	343
10.3 可持续发展功能分区的技术方法	345
参考文献	354
11 可持续发展功能分区基础评价	356
11.1 可持续发展功能评价模型	356
11.2 区域发展功能与地形依赖	362
11.3 可持续发展功能评估结果	364
11.4 区域功能方向判断准则	372
参考文献	373
12 中国可持续发展功能分区方案	374
12.1 分区系统概览	374
12.2 可持续发展功能片区分区	378
12.3 一级可持续发展功能区分区	385
参考文献	403
13 东北区	404
13.1 功能区内部总体特征	404
13.2 大兴安岭生态屏障区 (I 1)	408
13.3 辽河平原生态农业区 (I 2)	411
13.4 东北城镇带综合经济区 (I 3)	414
13.5 松花江流域生态农业区 (I 4)	417
13.6 东北三江生态屏障区 (I 5)	418
参考文献	420
14 黄淮海区	421
14.1 功能区内部总体特征	421
14.2 京津冀都市圈综合经济区 (II 1)	425
14.3 冀北京津风沙屏障区 (II 2)	428
14.4 黄淮平原中部生态农业区 (II 3)	429
14.5 黄淮平原南部生态农业区 (II 4)	432
14.6 渤海湾近海综合经济区 (II 5)	435
参考文献	437
15 东南临海区	438
15.1 功能区内部总体特征	438
15.2 珠江流域近海生态经济区 (III 1)	442

15.3	珠江流域临海都市带综合经济区 (Ⅲ2)	444
15.4	沪苏浙都市圈综合经济区 (Ⅲ3)	447
15.5	海南岛生态经济区 (Ⅲ4)	450
16	中南近海区	453
16.1	功能区内部总体特征	453
16.2	江汉平原生态农业区 (Ⅳ1)	457
16.3	长江下游综合经济区 (Ⅳ2)	460
16.4	长江中游综合经济区 (Ⅳ3)	462
16.5	大北部湾综合经济区 (Ⅳ4)	465
17	四川盆地	467
17.1	功能区内部总体特征	467
17.2	川渝城镇圈综合经济区 (Ⅴ1)	471
17.3	川渝沿江生态屏障区 (Ⅴ2)	474
17.4	川渝北部生态屏障区 (Ⅴ3)	476
18	云贵高原区	478
18.1	功能区内部总体特征	478
18.2	双江一河生态经济区 (Ⅵ1)	482
18.3	横断山脉生态屏障区 (Ⅵ2)	484
18.4	云贵城镇带综合经济区 (Ⅵ3)	486
18.5	贵南双江新兴经济区 (Ⅵ4)	488
19	青藏高原区	490
19.1	功能区内部总体特征	490
19.2	三江并流生态屏障区 (Ⅶ1)	494
19.3	三江源生态经济区 (Ⅶ2)	495
19.4	羌塘高原生物多样性保育区 (Ⅶ3)	497
19.5	藏南雅鲁藏布江生态经济区 (Ⅶ4)	497
20	西北区	499
20.1	功能区内部总体特征	499
20.2	柴达木盆地能源生态经济区 (Ⅷ1)	503
20.3	塔里木盆地能源生态经济区 (Ⅷ2)	505
20.4	青甘蒙大河西水资源保育经济区 (Ⅷ3)	505
20.5	准噶尔盆地综合能源经济区 (Ⅷ4)	508
20.6	西北区发展的注意事项	509
21	中北高原区	511
21.1	功能区内部总体特征	511
21.2	黄河口水矿资源经济区 (Ⅸ1)	515
21.3	锡林郭勒草原生态经济区 (Ⅸ2)	517

22 黄土高原区	519
22.1 功能区内部总体特征	519
22.2 甘北宁西沿黄生态经济区 (X1)	523
22.3 陕北高原生态经济区 (X2)	525
22.4 关中平原综合经济区 (X3)	527
22.5 晋陕矿产资源经济区 (X4)	530
23 中国可持续发展功能分区可视化系统	534
23.1 中国可持续发展功能分区可视化系统设计	534
23.2 中国可持续发展功能分区可视化系统 (光盘版) 使用手册	541
23.3 中国可持续发展功能分区可视化系统 (网络共享版) 使用手册	556
23.4 评价与展望	564
附录	566
彩图	

绪论：区划的进展

谢高地 曹淑艳 肖 玉

分区或区划就是区域的划分，行政区划、自然区划、生态区划、经济区划、功能区划是分区家族谱系的五大主体类型。美欧发达国家在自然区划、生态区划和经济区划方面都开展了长期研究，尤其是在将陆地与海洋、生态与经济相结合考虑形成的生态经济区划方面，将经济区划落实在空间规划中，以规范人类经济活动的开发秩序和方式，采用“空间鼓励”、“空间准入”、“空间限制”等措施促进区域公平发展的做法，对中国具有重要启迪意义。中国经过近百年的努力，在综合自然区划、生态区划和经济区划方面不断取得进展，近年来，在生态功能区划、环境功能区划和主体功能区划方面取得了新的突破，上述这些区划的成果对区域的发展都是必需的且都发挥着重要的指导作用。但是区域空间是具有多功能性的，区域内部多功能之间的失衡与不同区域多功能之间的失衡都会危及中国的可持续发展。如何在生态区划、经济区划、自然区划等已有区划的基础上，综合考虑人与自然的关系，根据区域所处的发展状态，面临的人地矛盾冲突与资源约束，将区域划分成不同可持续发展功能区，并阐明不同区域的可持续发展方向、模式与途径，为决策部门实施可持续发展的空间规划与管理决策提供导向性知识，是一个迫切需要完成的区划任务。

1.1 区划的产生与类型

分区又称为区划，就是区域的划分。地理学区域学派赫特纳（A. Hettner）指出，区域就其概念而言是整体的一种分割，一种地理区划就是不断地分解它的部分（赫特纳，1983）。分区的概念外延比较广泛，可谓是对各种区域划分的高度概括。

1.1.1 分区的产生与简要发展

分区工作是人们对自然界这一客观存在实体在空间分布的相似性与差异性规律的认识积累到一定程度的结果。19 世纪初，近代地理学的创始人、德国地理学家洪堡（A. V. Humboldt）首创了世界等温线图，指出气候不仅受到纬度的影响，而且与海拔、距海远近以及风向等因素有关，并把气候与植被的分布有机地结合起来。俄国地理学家道库恰耶夫（Dokuchaev）提出了成土因素学说并按气候来划分土壤带。与此同时，霍迈尔（H. G. Hommever）提出了地表自然区划和区划主要单元内部逐级分区的概念，即大区（land）—区域（landschaft）—地区（gegend）—小区（ort），从而开创了现代自然区域划分的先河（燕乃玲，2007；郑度等，2005）。Merriam（1898）对美国的生命带和农作物带进行了详细的划分，这是人们首次以生物作为自然分区的依据。道库恰耶夫（1899）根据土壤地带发展了自然地带学说，同时也由自然地带的概念发展了生态区（ecoregion）的概念，指出“气候、植被和动物在地球表面的分布，皆按一定严密的顺序，由北向南有规律地排列着，因而可将地球表层分成若干个带”。1905 年，英国生态学

家 Herbertson 对全球主要自然区域单元进行了介绍和分类,首次完成了世界自然区的方案。1913 年,苏联贝尔格 (Berg) 详细地描述了景观地带 (landscape zone) 的概念,并完成了苏联的景观地带图。1928 年, Fenneman 提出了美国地文区划,主要依据地貌将美国划分为区 (division)、省 (province) 和地段 (section) 三个等级。然而由于认识的局限性和调查研究的不充分,早期的自然地域划分主要停留在对自然界表面的认识上,缺乏对自然界内在规律的了解和揭示,区域划分的指标主要是基于气候、地貌等单一要素,属于单要素自然区划 (郑度, 2008)。这种情况一直持续到 20 世纪 40 年代。20 世纪 40 年代以后,应政府和农业部门要求,俄罗斯学者开展了综合自然区划研究,对综合自然区划的理论和实践做了较系统的研究和总结。

生态区划的产生几乎与自然区划同步,其标志为 1899 年生态区概念的提出。此后,一系列以气候为主导因素的植被类型区划陆续出现。其中, Koppen (1931) 的生物气候分类法、Holdridge (1947) 的生态地带、Hornthwaite (1948) 的水平平衡法、Penman 的蒸散公式及 Kira (1945 和 1976) 的热量指数和干湿度指数法,在植被类型区分方面发挥了重要的作用。更准确地说,这些研究所采用的植被-气候分类系统,起到自然气候分区与生物分区的双重作用。期间 Dice (1943) 提出的生物省 (biotic province) 的概念成为生态区划的重要分级类型之一。1967 年, Crowley 在进行加拿大生态分类区划时,建议将植物、动物、土壤、气候与地形的研究整合,从而将生态区划由以往的生物层面提升到生态系统层面。但是直到 1976 年,世界上第一个生态区划方案和地图才真正诞生 (Bailey, 1976)。自此,分区不仅仅是地理学的热点,也逐渐成为生态学的热点,在自然资源与生态保护方面发挥了重要作用。生态经济区划、生态功能区划也随之逐步产生并发生起来 (Sombroek et al., 2000; Udvardy, 1975)。

20 世纪初,一些学者开始从经济地理的角度探讨区划问题,推动经济区划的产生与逐步发展。例如,20 世纪 20 年代,美国威斯康星州引入区划手段,解决森林皆伐土地税收滞纳恶性循环问题。但最早的区划,可以追溯到 19 世纪初。1826 年,杜能发表的名著《孤立国》,从产业发展的角度集中阐述了农业土地利用最优区位的布局思想。

伴随分区从认识性区划向认识性区划与应用性区划并重的转变,功能区划就开始萌芽。服务于生物保护目的的生态区划、旨在促进农业发展的农业经济区划,以及最近发展起来的生态功能区划与主体功能区划,在某种程度上,都属于功能区划的范畴。

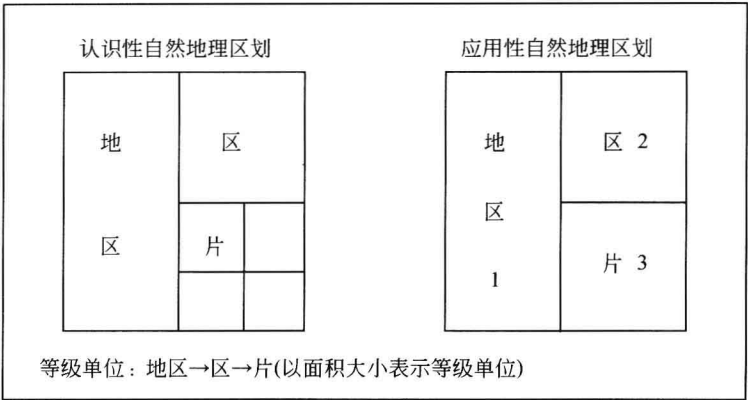
行政区划是历史上行之最早的一种区划,它与国家同时诞生。当人类社会发展到阶级社会时,统治阶级为了便于自身行使“统治”的权利,把所辖领地分解成不同等级的行政单元。在过去的社会里,通常以面积的大小、人口的多寡和赋税的多少作为行政区划的标准。

1.1.2 分区的家族谱系

行政区划、自然区划、生态区划、经济区划和功能区划是分区家族谱系的五大主体类型。除了行政区划外,每类区划又包括众多子类型。由于这四类区划并无截然的分界,有时一些区划子类型可能同属于不同的区划大类。例如,植被区划既属于自然区划,也属于生态区划。再如,自然保护区区划与农业区划,既属于生态区划,也属于功能区划。

自然区划:按区划对象的复合程度,自然区划包括部门自然区划和综合自然区划两部分 (蒙吉军, 2005)。部门自然区划是对某一自然地理成分的区划,如地貌区划、气候区划、水文区划、土壤区划、植被区划、动物区划等,是按照它们自然特征的相似性和差异性逐级进行区域划分,并根据各区划单位自然特征的相似程度和差异程度排列成一定的区域等级系统。综合自然区划 (integrated physio-geographical regionalization) 着眼于自然地理环境的整体结构,对自然综合体进行区域划分。这种自然区划以空间地理规律为指导,根据区域发展的统一性、区域空间的完整性和区域综合自然特征的一致性,逐级划分或合并自然地域单位,并按这些地域单位的从属关系建立一定形式的地域等级系统。按区划的内容角度,自然区划包括一般科学性的 (或称认识性的) 区划和专业性的 (或称应用性的) 区划 (李万, 1990)。前

者不与解决任何具体实际任务相联系，主要目的是科学地反映地表综合体；后者则是为了解决具体任务，满足生产的要求。一般来说，认识性区划是应用性区划的基础，应用性区划则是以人类某项需求为中心，对一般科学性区划的调整与升华，二者可分为三种基本类型（图 1.1）。



生态区划：按区划的对象及其复合程度，生态区划可被划分为：①单要素生物区划，如植被区划、动物区划、鸟类区划（张荣祖，1987；吴征镒，1979）；②单要素生态系统区划，如草地生态系统区划、森林生态系统区划、水域生态系统区划（Olson et al.，2001；Abell et al.，2008；Apalding et al.，2007）；③多要素生态系统区划，如土地利用区划；④生态系统综合区划，如生态系统生产力区划、生态资产区划（徐继填等，2001；陈百明等，2003）；⑤服务于特定目的的生态系统管理区划，如风沙源防治区划、水土流失防治区划、生物多样性保护区划（段淑怀等，2003）。生态区划也可从区划的内容角度出发，被分解为认识性生态区划与应用性生态区划两大子类。

经济区划：一般被分为综合经济区划、部门经济区划与局部经济区划三个亚类。综合经济区划以国民经济的所有生产部门为对象，将研究区域的所有领土划分为若干经济区，目的在于服务地区合理配置生产力。部门经济区划则以国民经济的某一个生产部门为对象来划分研究区域，如种植业生产部门区划、林业生产部门区划、矿业区划等。人口是重要的经济生产要素之一，因而，在某种意义上，人口区划也属于经济区划的一类部门类型。在很多情况下，各部门经济区划还可以再分，如种植业生产部门可以根据作物品种，再细分为小麦生产区划、水稻生产区划、经济作物生产区划等；再如，矿业区划可以按资源类型，细分为煤业区划、水电区划等。局部经济区划是为了解决某一特殊问题、达成特殊目的、完成特殊任务而进行的区划，例如农业机械化区划、土壤改良利用区划等（沈梓培，1957）。从区划内容的角度看，经济区划理论上也分为认识性区划与应用性区划两个亚类，但在实际应用中，更多的是采用应用性经济区划。

功能区划：按区划指向的系统类型，功能区划可被划分为生态功能区划、经济功能区划、环境要素（水环境、大气环境、生物环境、土壤环境、声环境）功能区划三个子类。与自然区划类型类似，按区划内容的角度，功能区划可被分解为认识性功能区划与应用性功能功能区划，前者以刻画、反映区域对象的规律、特征为主要目的，如生态系统生产力区划、区域生态经济区划；后者以完成特定应用目的为主要目的，如生态系统恢复区划、各类环境要素功能区划、林业经济区划等。

1.2 国外区划研究进展

美欧发达国家在自然区划、生态区划和经济区划方面都开展了长期研究。在生态经济区划方面采用的“空间鼓励”、“空间准入”和“空间限制”等措施在规范人类经济活动开发秩序、促进区域公平发展

方面发挥了重要作用，对中国的区划发展具有重要的启迪作用。

1.2.1 生态系统区划

生态区划的前身是“生态土地分类”，是在社会强烈需求下，综合自然区划的功能由认识性向应用性转变的结果。“生态土地类型”这一术语最初来自欧洲，被定义为识别、刻画与绘制生态系统的工作。

20 世纪 30 年代欧洲对土地利用规划评价的强烈需求，推动了生态土地分类的形成与发展。当时，生态分类主要被作为大尺度规划（如农业土地和森林保护）的工具。与欧洲不同，生态区划在美国的发展最初是源于人们对自然灾害与资源开采过程进行资源保护管理的需求。到了 20 世纪七八十年代，随着美国人民与政府对环境影响的认识逐渐增强，人们开始重新关注结构化生态数据评价工作，这使得可以表达生态系统结构复杂性与相互联系的多因子分类系统逐步形成，并用以解决生态系统多重利用与生物多样性保护问题。1976 年美国生态学家 Bailey 将生态区定义为“代表了一组地理区域或一组功能相似的生态系统的地理地带”，并绘出了第一张生态区划地图。在 Bailey 的划分方法中，以气候和植被作为主要选择性因子，并辅以地表结构或地形因素，将生态系统划分为生态域（domain）、生态区（division）、生态省（province）与生态地段（section）四个等级，建立了生态区划等级体系。生态域是具有相似气候的大陆亚区，以降水量与温度作为主要分界指标。全球生态区域分类系统中，共有四个生态域，即极地生态域、湿润温带生态域、干旱生态域与湿润热带生态域。生态区是生态域的细分，以区域气候、降水、温度以及代表性区域植被作为主要分界指标。生态省是生态区的细分，以温度、湿度的气候亚区以及主要地形特征作为分界指标。但是，作为不同生态区的山区，要结合海拔来划分生态省。生态地段，是生态省的次级分区单位，主要是根据地形特征（基岩特征、土壤形成过程、沉积物类型、植被群落分布来划分。图 1.2 是 Bailey 采用的大尺度生态区划层级系统的层次结构、辨识系统与地图单位的相对大小。

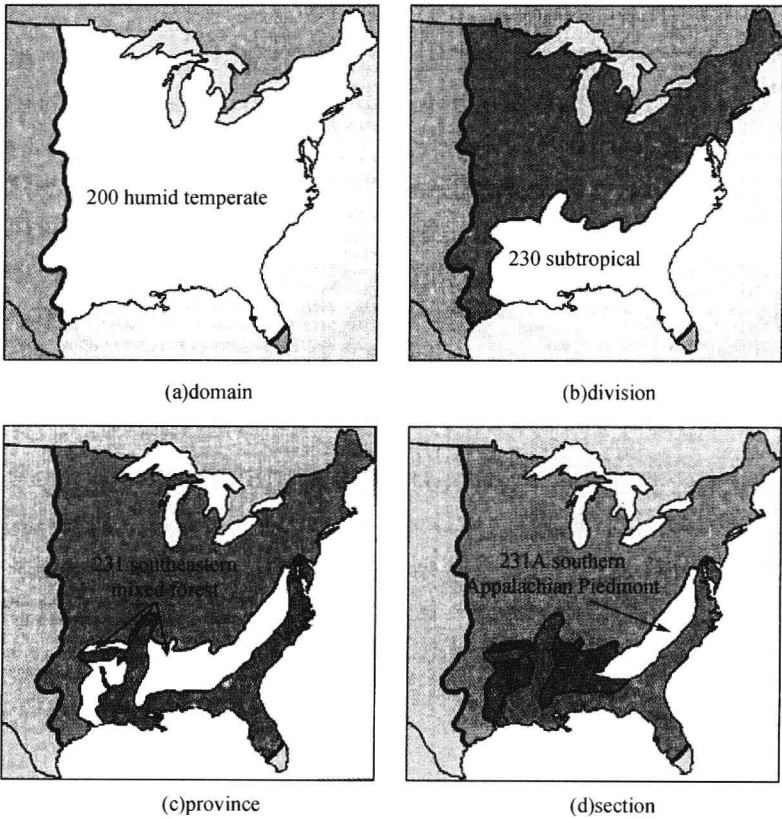


图 1.2 生态系统单位的层次结构

资料来源：Bailey, 1996

Omernik 等（1997）发现，Bailey 的生态区划图不适用于水质监测与评价，于是提出了更为整体性的生态区划框架，即整体分析法（holistic analysis）。这一方法认识到了生物与非生物特征对于解释生态系统区域性的重要性，该方法还较以往更为深刻地认识到不同尺度水平的生态系统，并不总是由某一特定因子所主导。加拿大科学家 Wicken（1996）也强调生态区划的整体性方法，他认为：生态土地分类是一种描述与分类生态上具有明显区别的地球表面区域的过程，每一区域可被视为一个由可能发生的地质、地形、土壤、植被、气候、野生动物、水和人类等众多因子相互协调（mesh）与相互作用形成的独立系统；其中的任何一个或多个因子的主导作用随着生态土地单元的变化而变化；土地分类整体性方法可在不同尺度水平上应用，从很小的立地生态系统到很广泛的生态系统。Wicken（1996）提出了包括生态地带（ecozone）、生态省（ecoprovince）、生态区（ecoregion 或 ecolandscape region）和生态地区（ecodistrict）四个等级的生态区划层次系统。1991 年，加拿大生态区划工作组（Ecological Stratification Working Group）联合多个联邦机构和各省区政府，共同修订已有研究成果，建立一个共同的国家生态框架。该小组特别强调整体性方法，致力于从生态系统的角度思考、规划与行动。这需要加拿大提供一个相互融合的国家空间构造（consistent national spatial context），使得在该构造之内，总体的任何水平的生态系统均可以被描述、监测与报告，换言之，这需要加拿大建立一个报告环境状态与生态系统可持续性的共同基础。1996 年，他们出版了工作成果“加拿大国家生态框架”，在报告中描述了构建生态框架绘图的方法、生态框架的层次等级（hierarchical levels of generalization）概念模型，也描述了各类生态地带和生态区。随之，一些新的生态框架研究资料陆续发表，为生态框架研究提供了更为广泛与深入的资料，研究范围涵盖省、国家以及北美洲等不同视角。这些研究与资料包括：1996 年不列颠哥伦比亚省生态区（第四次修订），1998 年萨斯喀彻温省生态区，1998 年马尼托巴生态地带、生态区和生态地区——马尼托巴自然景观生态分类，1999 年新斯科舍生态区与生态地区等，它们形成了加拿大国家统一的陆地生态系统分类层级框架系统（Marshall, Schut, 1999）（表 1.1）。

表 1.1 加拿大国家生态框架等级

生态区划等级	特征或特点描述
生态地带 (ecozone)	生态区划等级体系的最高一级，是在次大陆的尺度上定义的加拿大生态镶嵌体。他们代表了地球表面巨大的、具有高度概括性的生态单元，以生物因子与非生物因子相互作用与不断调节为主要特征。加拿大被划分为 15 个生态地带
生态省 (ecoprovince)	生态地带的进一步划分，由结构或表面形态、动物区界和植被的组合以及水文、土壤和微气候的组合决定其主要特征。例如，纽芬兰岛生态省是 Boreal Shield 生态地带的六个生态省之一
生态区 (ecoregion)	生态省的进一步划分，由具有显著差异的区域生态因子（包括气候、地貌、植被、土壤、水和动物区系）决定其主要特征。例如，海洋荒漠生态区是纽芬兰生态省的九个生态区之一
生态地区 (ecodistrict)	生态区的进一步划分，由具有显著区别的微地貌、地形、地质、土壤、植被、水体和植物组合体为主要特色。例如 Jeddore 湖生态地区是海洋荒漠生态区的五个生态地区之一

资料来源：Marshall, Schut, 1999

1992 年，美国森林服务机构（USDA Forest Service）采用森林生态系统管理，并组建了生态分类与制图任务小组（Ecological Classification and Mapping Task Team, ECOMAP），目的是开发一种在多地理尺度上应用的连续性生态系统分类与绘图方法。美国森林服务机构主席认为，生态系统分类与制图是使用基础工具与科学知识为规划与实施生态系统管理提供实地单位的第一关键步骤。ECOMAP 在承袭 Bailey 生态系统分类的基础上，进一步细分了生态地段，最终发展了一套更为详细的生态分类系统（表 1.2）。

表 1.2 美国森林服务机构开发的生态区划单位层级系统

规划与分析尺度		生态单位	目的、目标与一般用途	一般区域尺度范围
生态区域 (ecoregion)	全球	生态域 (domain)	广泛适用于生态建模、 取样、战略规划与分析 及国际生态规划	从百万至数万平方英里
	大陆	生态区 (division)		
	区域	生态省 (province)		
亚区 (subregion)		生态区 (section) 生态亚区 (subsection)	广泛范围的森林规划、 流域分析	从数千至数千英亩
景观 (landscape)		土地类型组合 (landtype association)	广泛区域的森林规划、 流域分析	从上千至数百英亩
土地单位 (land unit)		土地类型组合 (landtype association) 土地类型相 (landtype phase)	项目与管理地区规划与 分析	从数百到不足十英亩

1995 年, 由加拿大、墨西哥与美国共同组成了环境合作委员会 (Commission for Environmental Cooperation, CEC), 旨在加强合作与公众参与, 以为了当代及未来几代人的利益, 促进生态环境的维持、保护与提高 (conservation, protection and enhancement)。CEC 认为生态分类是以科学为基础的, 但是在某种程度上, 也是一种艺术, 因为生态循环、生态特征与相互作用并非直观的, 需要借助土壤、植被和地形特征以及其他因子来解释。因此, 生态制图的区域必须被视为是现实生态系统的部分抽象。地图表述的主要生态因子相互作用形成的主要生态区域, 并不能直观地反映生态系统更为动态的特征。而更抽象的特征如气候变化格局、物种动态和土壤化学循环过程, 对于理解生态系统是非常重要的。在生态区划中, 最初的生态参数筛选依赖于研究者进行科学分析的背景, 也依赖于人们在以往工作中对最能阐述生态系统特征的指标的认识与发现, 如果植被类型能实现这一功能, 就选择植被类型; 最终, 通过解释说明过程, 再考虑广泛的生态特征 (包括气候、土壤、地文、水体)。CEC 还特别将土地利用和其他人类活动作为生态区划的参数, 这与以往研究是非常不同的。在生态系统分类等级上, CEC 采用 I ~ IV 四个等级组成的层次系统, 其中, I 级生态区突出主要生态空间, 提供大陆生态镶嵌体在全球或大洲间的宏观背景。北美洲被划分为 15 个 I 级区; II 级生态区的划分能提供位于 I 级区的大范围生态区的更详细描述, 一般是在国家或区域视角下开展 II 级区的划分; III 级生态区是描述位于 II 级区的更小生态区域的特征, 一般是在区域的尺度上进行; IV 级生态区是 III 级生态区的细分, 主要是在当地 (local) 尺度上开展, 目前, CEC 的 III、IV 级生态区划还在进行中。CEC 生态区划的一个显著贡献是在研究中指出, 生态系统视角是实现可持续发展的合理且实际的路径, 但是生态区划很少将之作为工作原则, 并计划建立广泛的基础数据库, 他们还表示未来将努力从生态系统角度进行生态区划。1996 年美国生态学会大会上所展示的包括大、中、小不同尺度的生态区划研究成果, 显示了区划研究的新进展 (Bailey, 1996)。

在陆地生态系统区划发展的同时, 水域生态系统区划也陆续进行。表 1.3 与表 1.4 分别是比较具有代表性的淡水生态系统区划研究与海洋生态系统区划研究。其中, Abell 等 (Abell et al., 2008) 的水域生态系统区划是在已有区域性的研究基础上的全球尺度的区划。在淡水生态系统区划中, Abell 等 (2008) 选择鱼类作为分类指标, 利用最佳区域可得信息, 描述淡水生态分区。这个区划可谓是众多已有区划的拼盘。其最大特点是, 由于数据缺乏和生物地理驱动力的区域差异, 没有采用统一的标准进行区划, 即使在同一区域内, 区划的标准也可能有所不同, 生态区划的方法也是如此。对非洲, 生态区划分采用专家知识与主要的河流流域相结合的由上到下的定性评价法。在流域分界并会阻隔物种分布或流域内含有内部物种分散障碍的地方, 生态区就跨越流域或对流域进行细分。对前苏联, 生态区划方法是: 首先对不同层次的水文单元, 编制水生生物的种/属/科的出现 (缺失) 矩阵, 然后采用聚类分析与排序技术评价水文单元的生物相似性, 识别出主要动物区系分界。对东南亚和南欧区划采用的是, 基于公开发表与未公开发表的野外数据, 由下而上方法与专家评价相结合的方法。对东亚、北欧与东欧, 采用以流域为主要分类起点的由上而下方法, 在合适地区, 还辅以广为公认的地理格局。对加拿大, 以每个一

级流域的二级流域内的鱼类出现频度，采用不同的聚类方法进行区划。对大洋洲，根据特色鱼类群系（如地方种或亲缘地方种）进行区划。对墨西哥，生态区的划分是应用国家政府部门的标准水文管理区（standard administrative hydrographical region），基于相似性或差异性的定性评价进行的，在鱼类群系分布显著不同的地方，主要流域的亚单元被划分成一个独立的生态区。对中美洲，生态区根据流域子单元中鱼类出现（缺失）数据的相似性指数来划分。对南非洲，Abell 等考虑到在大洲内由于一些地区的动物群系是不同的，没有采用统一的分类标准：在一些地区，生态区以科为标准划分，而在一些地方，生态区根据一些科以下的低级分类单元的转换率划分。Abell 等（2008）的区划覆盖了地球上几乎所有的非海洋水域，共有 426 个单元，各生态区的大小相差很大，大的生态区达上百万平方公里，小的生态区仅 20 多平方公里。

表 1.3 主要淡水生态系统区划研究

研究区域	代表性研究
非洲	Roberts (1975), Skelton (1994), Lévêque (1997), Thieme et al. (2005)
欧洲	Kottelat, Freyhof (2007)
澳大拉西亚*	McDowall (1990), Allen (1991), Unmack (2001), Allen et al. (2002)
大洋洲	Keith et al. (2002)
加拿大	Scott & Crossman (1998)
美国	Maxwell et al. (1995), Abell et al. (2000)
墨西哥	Balderas (2000), Miller et al. (2005)
中美洲	Bussing (1976), Reis et al. (2003)
加勒比海	Rauchenberger (1988), Burgess, Franz (1989)
南美洲	Reis et al. (2003), Menni (2003)
全球	Abell et al. (2008a)

* 澳大拉西亚：一个不明确的地理名词，一般指澳大利亚、新西兰及附近南太平洋诸岛，有时也泛指大洋洲和太平洋岛屿。

资料来源：Abell et al., 2008

表 1.4 主要海水生态系统区划研究

研究区域	区划的主要依据或特征	代表性研究
海岸带与大陆架	物种地方特有度 (>10%)	Briggs (1974, 1995); Adey, Steneck (2001)
远洋	采用基于生物群系、生物地化省为核心的双层分类系统，依据海洋因子进行区划，并结合全球叶绿素数据库对区划结果进行验证或改进	Watson et al. (2003); Alan (2004)
巨大海洋生态系统 (large marine ecosystems, LMEs)	LMEs 是巨大海洋区域，面积不低于 200 000 平方公里。这是区划没有严格的、可重复的关键分类依据，是一种专家区划系统，主要依据测海学、水文地理学、生产力与相关食物种群进行区划	Hempel, Sherman (2003); Sherman et al. (2005)
全球性区划	研究对象主要是海岸带与大陆架水域，同时考虑深海与大陆架浮游生物群区。这里是海洋生物多样性最集中的部分 区划采用层次区划系统，主要依据分类结构，并考虑进化历史、分布格局和地理隔离	Apalding et al. (2007)

Apalding 等（2007）划分的世界海洋生态区（Marine Ecoregions of the World, MEOW）系统是在 230 个已有研究的基础上完成的。他们的工作流程是：①对于每个已有区划，分别查看其基础数据、生态区确定过程以及生物地理单元的界定，并考虑区划的目标；②为了便于比较，Apalding 等将许多已有生物地