



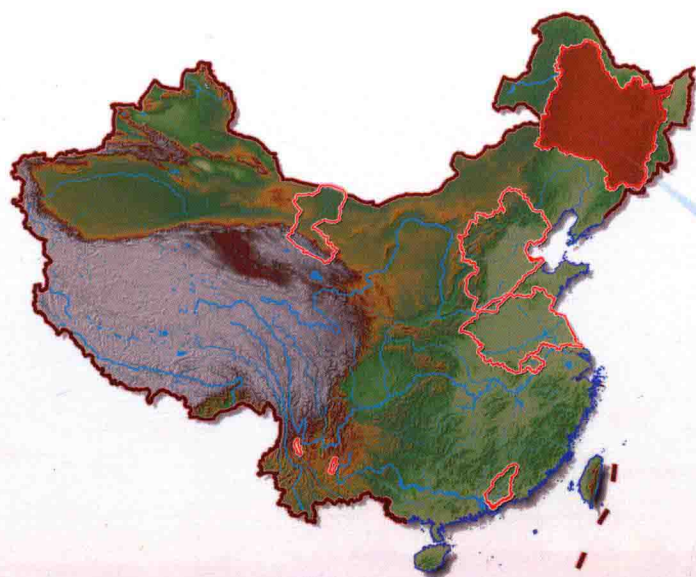
国家水体污染控制与治理科技重大专项课题
重点流域水生态功能三级四级分区研究 (2012ZX07501002)

重点流域景观生态区域差异与水生态功能分区

松花江流域 水生态功能分区研究

于宏兵 周启星 郑力燕 ● 主编

[瑞典] Linus Zhang ● 副主编



科学出版社

松花江流域水生态功能分区研究

于宏兵 周启星 郑力燕 主 编
〔瑞典〕 Linus Zhang 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本专著是在国家水体污染控制与治理科技重大专项“松花江流域水生态功能一级二级分区研究”课题(2008ZX07526-002-01)和“松花江流域水生态功能三级四级功能分区研究”课题(2012ZX07501002-01)研究基础上归纳提炼相关研究成果,引用了相关研究资料历时十年完成的。

《松花江流域水生态功能分区研究》系统介绍了松花江流域的水生态功能分区,全书共分为十章。把松花江流域作为一个完整的生态系统,以松花江流域水生态健康和水生态保护恢复为目标,在介绍水生态功能分区概念与内涵的基础上,对自然力主导下和人为因素复合作用下的演变过程进行分析,从多角度、多层次揭示流域系统演变机理和驱动力,研究了流域生态系统过程之间相互影响和作用形成的生态环境以及空间分异格局和特点。重点论述了松花江流域自然环境、社会、经济特征的空间异质性以及陆地生态与水生态关系,系统研究了水资源、水环境、大型底栖动物、水生植物、鱼类和藻类等水生态系统的时空演化规律,并对松花江流域水生态功能的主要驱动因子进行了辨识,最后构建了松花江流域水生态功能分区的指标体系,完成了流域四级水生态系统功能分区并作了功能验证和安全性评估。

本书可供环境保护、生态、水利、农业、林业、规划、国土资源及相关部门的环境管理与科技工作者参考使用,也可供高等学校生物学、生态学、系统学、环境科学、环境工程、水文与水资源和流域规划与管理等专业的教学、科研、管理工作的读者借鉴和参考。同时,对松花江流域内政府环境主管部门进行流域管理、制定政策和水生态目标保护提供重要依据。

图书在版编目(CIP)数据

松花江流域水生态功能分区研究 / 于宏兵, 周启星, 郑力燕主编. —北京: 科学出版社, 2016. 11

ISBN 978-7-03-050402-9

I. ①松… II. ①于…②周…③郑… III. ①松花江-流域-水环境-生态环境-环境功能区划-研究 IV. ①X321.230.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 262890 号

责任编辑: 刘 超 / 责任校对: 邹慧卿

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 李姗姗

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>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 11 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2016 年 11 月第一次印刷 印张: 19 3/4

字数: 443 000

定价: 168.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

编 著 人 员

主 编 于宏兵 周启星 郑力燕

副主编 Linus Zhang

编 委 王世岩 李凤祥 于增知 于 晗

康春丽 于 力 王 霞 李 勇

门 幸 齐兆宇 王胜强 陈明辉

李景新 田子夫 孙大光 袁 杰

赵 峰 王得蓉 孙小银 赵文阁

张 辉 赵宴斌

Summary

This monograph is based on the results of the national water pollution control and management technology major special projects “Research on Primary and Secondary Zoning of Songhua River Basin Aqua-Ecological Functions” (Project No: 2008ZX07526-002-01) and “Research on Third and Fourth Zoning of Songhua River Basin Aqua-Ecological Functions” (Project No: 2012ZX07501002-01). The outcomes of this research include data and field material for more than ten years.

The book *Aqua-ecologic Functional Zoning of Songhua River Basin* introduces aqua-ecologic functional zoning in Songhua River Basin in a systematic way in ten Chapters. It treats the Songhua River Basin as a complete ecosystem and aims at overall aqua-ecological health and aqua-ecology conservation and recovery. Based on introduction of concept and in-depth contents of aqua-ecologic zoning, the book provides a deep analysis on ecologic evolution process, mechanism and driven force by combined natural forces and human factors from a multi-angle, multi-level perspective. It also studies on the interactions between ecosystems and ecological processes and their spatial variation and distribution patterns and characteristics. The main focuses are on the natural environment, spatial heterogeneity of social and economic characteristics and relationships between terrestrial ecosystem with aquatic ecosystem; the spatial and temporal evolution mechanisms of water resources, aqua-environment, macrobenthos, aquatic plants, fish and algae, etc, and their respective driving factors. Finally, an indexing system of aqua-ecologic zoning is established with a four-class procedure which involves the ability of function authentication.

This book can be used by environmental managers and scientists in environmental protection, ecology, water conservancy, agriculture, forestry, land resources and planning and other relevant sectors. It can also be used at institutions or universities in subjects such as biology, ecology, systematics, environmental science, environment engineering, hydrology and water resources and watershed planning and management as reference. Meanwhile, the book provides important basis for decision-making at the Songhua River Basin governmental agencies such as environment, watershed management, policy and regulation making and the targeted ecological protection.

前言

松花江流域位于我国的东北部，是我国七大流域之一，松花江是我国第三大河流。松花江全长为 2309km，流域面积约为 55.68 万 km^2 ，占东北地区总面积的 44.8%，占全国总面积的 5.8%，径流总量 817.7 亿 m^3 ，超过了黄河的径流总量。松花江流经黑龙江、内蒙古、吉林、辽宁四省（自治区）。松花江流域是我国的重工业基地和商品粮基地，在我国国民经济建设中占有重要地位。

第四纪新构造运动主导了松花江流域的形成，几经沧海桑田之变，全新世时松花江流域基本形成了现在的地形、地貌、水系等大尺度空间格局。之后流域经历 1 万余年在自然因素主导下的演变过程，逐渐形成了流域内不同特征的五大生态区域，即两大山地、两大平原以及其间的过渡带——漫川漫岗区，基本形成了现在的生态景观格局。

在近 150 年的人类生产活动影响下，流域各自然因素如地貌、地质、土壤、气候、生物以及环境条件均发生了变化，尤其是“日伪”时期的松花江两个源头长白山和大小兴安岭两个山区的原始深林生态遭到前所未有的掠夺破坏。从此松花江流域进入了人为因素影响的过程，流域生态环境发生了巨大变化。

近 100 年的人类生产活动完全破坏和打乱了流域自然变化的规律，替代了自然驱动力，改变了流域 1 万年以来自然发展演变的方向和节奏，人类影响大大缩短了流域生态景观状态的改变时间步长。

松花江流域是一个完整的生态系统，在自然和人为影响下长期演变形成的相对稳定的自然状态，状态因子时空异质性及其状态表征可作为流域生态分区的主要依据。流域演变的动态和状态是流域时空演变的基本特征。

本书是在国家“十一五”重大水专项“松花江流域水生态功能一级二级功能分区研究”课题（2008ZX07526-002-01）和“十二五”“松花江流域水生态功能三级四级功能分区研究”课题（2012ZX07501002-01）课题的成果基础上，也是作者在出版《松花江流域生态演变与鱼类生态》后，撰写的第二部有关松花江流域水生态系统环境健康安全管理的学术著作。

研究团队对松花江流域水资源、水环境、大型底栖动物、水生植物、鱼类和藻类等水生态系统的时空演化规律，以及松花江流域水生态功能的主要驱动因子进行了辨识，最后构建了松花江流域水生态功能分区的指标体系，完成了每个分区的野外验证、功能验证和水生态系统安全性评估等。深入研究了松花江流域鱼类资源状况、区系组成、空间分布及约束因子、物种多样性等。这是有史以来第一次对松花江全流域水生态进行系统调查的研究成果。这对流域生态环境、社会经济可持续发展具有重要的学术理论和应用价值。

全书共分十章，第 1 章水生态功能分区的理论与内涵由于宏兵、郑力燕、周启星、赵文阁、赵宴斌、孙大光、张辉撰写；第 2 章松花江流域基本概况由于宏兵、Linus Zhang、

陈明辉、李景新、田子夫、王胜强撰写；第3章松花江流域自然环境因子空间异质性分析由于宏兵、袁杰、于力、王霞、于晗、康春丽、赵峰、Linus Zhang 撰写；第4章松花江流域水生态因子空间异质性分析由郑力燕、王得蓉、于宏兵、李勇、门幸、齐兆宇撰写。第5章流域现有分区方案及其与水生态功能分区的关系由郑力燕、王得蓉、于宏兵撰写。第6章流域水生态功能分区体系由郑力燕、于宏兵、于增知撰写；第7章松花江流域水生态功能一级、二级分区由于宏兵、孙小银、周启星、李凤祥、郑力燕撰写；第8章松花江流域水生态功能三级分区由郑力燕、于增知、于宏兵、王世岩、于晗撰写；第9章松花江流域水生态功能四级分区由郑力燕、于增知、于宏兵、于晗、Linus Zhang 撰写；第10章流域水生态功能分区总结与展望由郑力燕、于宏兵、于增知撰写。

本书在编著的过程中得到了张远研究员、江源教授、陈敏建教授等专家学者的悉心指导和热情支持，作者表示衷心的感谢。

于宏兵

2016年1月

Foreword

Songhua River Basin is located in northeastern part of China. As one of China's seven major river basins, The Songhua River is China's third largest river with a total length of 2328 km and a basin area of about 561 200, corresponding to 44.9% of the total area of the Northeast China and 5.8% of the total area of China. It carries an annual runoff of 75.9 billion cubic meters, exceeding that of the Yellow River.

Songhua River system flows through four provinces of Heilongjiang, Inner Mongolia, Jilin, Liaoning. The catchment area serves as the country's heavy industry base and agriculture base, thus playing an very important role in national and macro economy development.

Quaternary tectonic movement led the formation of the Songhua River, followed by passage of the change up to Holocene, which governed the formation of the large scale topography, geomorphology and drainage network. During the following about 10 000 years of natural evolution and change processes, today's Songhua River Basin can be classified into five regions of different ecological characteristics, namely the two mountains, the two plains and the intervening transition zone- floodplain and hilly areas representing the basic form of basin's ecology and landscape.

The human activity impact during the recent 150 years has been affecting basins topography, geology, soils, climate, biology, and environmental status. Especially in the source area, Changbai Mountain and two mountainous districts of Daxiao Xing An Mountains, the ecology was destructively plundered during the Japanese occupation during WWII. Since then the area has been facing huge impacts from human activity factors, which led to dramatic ecological and environmental changes.

The human activities during the recent 100 years are so tremendous that it has become dominant driving force in accelerating evolution process and shortened the steps for this process.

Songhua River Basin is a complete ecosystem with a relatively stable state under the long-term natural and human influences affecting its evolution and formation to be heterogeneous in its temporal and spatial behavior patterns. These behavior patterns represent the basic evolution attributes in spatial and temporal scales for the basin.

This book is the outcome of the national "Eleventh Five-Year Plan" major water projects, "Primary and Secondary Classification for Songhua River Basin Aqua-ecologic Functional Zoning" (No. 2008ZX07526-002-01) and "Twelfth Five-Year Plan": "Third and Fourth Classification for Songhua River Basin Aqua-ecologic Functional Zoning" (No. 2012ZX07501002-01). It is also the second book following the first one with a title of "Ecological Evolution and

Ecology of fish in Songhua River Basin” published by the same team on aqua-ecosystems and safeguard the environmental health.

During the study the research team focused on temporal and spatial evolution pattern of water resources, aqua-environment, macrobenthos, aquatic plants, fish and algae in Songhua River Basin as well as the identification of corresponding major driving factors in the Songhua River Basin for comparison. Finally, an index system for ecologic functional zoning in Songhua River Basin has been established. Furthermore, An in-situ field verification, functional verification and aquatic ecosystems safety assessment system has been implemented together with in-depth study of the state of fish stocks, floristic composition, spatial distribution and constraint factor and species diversity. The achieved results are the first time ever systematic investigation and research for the Songhua River Basin. This has important academic and practical values on the ecological environment and socio-economic sustainable development for the future.

The book is divided into ten chapters, Chapter I : The theory and connotation of aqua-ecologic functional zoning is written by Yu Hongbing, Zheng Liyan, Zhou Qixing, Zhao Wenge, Zhao Binyan, Sun Daguang and Zhang Hui. Chapter II : Basic status of the Songhua River Basin is written by Yu Hongbing, Linus Zhang, Chen Minghui, Li Jingxin, Tian Fuzi and Wang Shengqiang. Chapter III : Spatial heterogeneity of natural environmental factors, is written by Yu Hongbing, Yuan Jie, Yu Li, Wang Xia, Yu Han, Kang Chunli, Zhao Feng and Linus Zhang. Chapter IV : Spatial heterogeneity of aqua-ecologic factors in spatial domain is written by Zheng Liyan, Wang Derong, Yu Hongbing, Li Yong, Meng Xing and Qi Zhaoyu. Chapter V : Existing zoning scheme and its relationship with aqua-ecologic functional zoning is written by Zheng Liyan, Wang Derong and Yu Hongbing. Chapter VI : Aqua-ecologic functional zoning system of river basin is written by Zheng Liyan, Yu Hongbing and Yu Zengzhi. Chapter VII : Primary and secondary classification aqua-ecologic functional zoning is written by Yu Hongbing, Sun Xiaoying, Zhou Qixing, Li Fengxiang and Zheng Liyan . Chapter VIII : Third classification aqua ecologic functional zoning is written by Zheng Liyan, Yu Zengzhi, Yu Hongbing, Wang Shuyan and Yu Han. Chapter IX : Fourth classification aqua-ecologic functional zoning written by Zheng Liyan, Yu Zengzhi, Yu Hongbing, Yu Han and Linus Zhang. Chapter X : Findings and future prospective is written by Zheng Liyan, Yu Hongbing and Yu Zengzhi.

During the work of this book, Professor Jiang Yuan, Zhang Yuan and Chen Minjian have provided enthusiastic support and guidance, which is greatly appreciated and acknowledged.

Yu Hongbing

January 2016

目 录

前言

第1章 水生态功能分区的理论与内涵	1
1.1 生态功能区划的发展历程	1
1.2 水生态功能区划的发展历程	11
1.3 水生态功能分区目的和分区方法	17
1.4 水生态功能分区案例	20
第2章 松花江流域基本概况	30
2.1 松花江流域概况	30
2.2 自然环境特征	32
2.3 社会经济现状	46
2.4 土地利用特征	51
2.5 水资源及其利用	59
2.6 污染源及污染排放特征	67
第3章 松花江流域自然环境因子空间异质性分析	69
3.1 水生态功能的自然环境影响因子	69
3.2 地貌因子空间异质性	70
3.3 气候因子空间异质性	76
3.4 水文因子空间异质性	86
3.5 土壤因子空间异质性	90
3.6 植被因子空间异质性	93
3.7 土地利用因子空间异质性	95
3.8 水质因子空间异质性	96
第4章 松花江流域水生态因子空间异质性分析	100
4.1 流域水生态现状调查	100
4.2 水生态因子与水生态功能的关系	107
4.3 水质因子空间异质性	109
4.4 浮游及着生藻类空间异质性	113
4.5 底栖动物空间异质性分析	119
4.6 鱼类空间异质性分析	126
4.7 水生高等植物空间异质性	131
4.8 河流生境空间异质性	147
4.9 底泥空间异质性	150

第5章 流域现有分区方案及其与水生态功能分区的关系	154
5.1 水环境功能区划	154
5.2 水功能区划	158
5.3 生态功能区划	162
5.4 水资源分区	166
5.5 生态水文区划	167
5.6 水文区划	168
5.7 主体功能区划	169
5.8 松花江流域水生态功能分区要求	171
第6章 流域水生态功能分区体系	173
6.1 流域水生态功能分区内涵	173
6.2 流域水生态功能分区体系	175
第7章 松花江流域水生态功能一级、二级分区	180
7.1 一级、二级分区理论基础	180
7.2 松花江流域水生态功能一级、二级分区指标体系	182
7.3 松花江流域水生态功能一级、二级分区过程	193
7.4 松花江流域水生态功能一级、二级分区方案	201
第8章 松花江流域水生态功能三级分区	205
8.1 三级分区理论基础	205
8.2 三级分区技术方法	206
8.3 松花江流域水生态功能三级分区指标体系	212
8.4 松花江流域水生态功能三级分区过程	219
8.5 松花江流域水生态功能三级分区方案	245
第9章 松花江流域水生态功能四级分区	248
9.1 四级分区理论基础	248
9.2 四级分区技术方法	250
9.3 松花江流域水生态功能四级分区的指标体系	255
9.4 松花江流域水生态功能四级分区过程	263
9.5 松花江流域水生态功能四级分区方案	277
第10章 流域水生态功能分区总结与展望	287
10.1 分区总结	287
10.2 研究展望	288
10.3 实施保障	289
参考文献	290

Contents

Foreword

1 The theory and connotation of aqua-ecologic functional zoning	1
1.1 Development of ecological function zoning	1
1.2 Development of aqua-ecologic function zoning	11
1.3 Purpose and partition method of aqua-ecologic function zoning	17
1.4 Case of aqua-ecologic function zoning	20
2 Basic status of the Songhua River Basin	30
2.1 Status of the Songhua River Basin	30
2.2 Natural environment characteristics	32
2.3 Social and economic status	46
2.4 Features of land utilization	51
2.5 Water resources with its utilization	59
2.6 Pollution source and pollution emission characteristics	67
3 Spatial heterogeneity of natural environmental factors	69
3.1 Natural environmental factors of aqua-ecologic function	69
3.2 Heterogeneity of geomorphology factors	70
3.3 Heterogeneity of climate factors	76
3.4 Heterogeneity of hydrological factors	86
3.5 Heterogeneity of soil factors	90
3.6 Heterogeneity of vegetation factors	93
3.7 Heterogeneity of land use factors	95
3.8 Heterogeneity of water quality factors	96
4 Spatial heterogeneity of aqua-ecologic factors in spatial domain	100
4.1 Aqua-ecologic status investigation of the river basin	100
4.2 Relationship between aqua-ecologic factors and aqua-ecologic function	107
4.3 Heterogeneity of water quality factors	109
4.4 Heterogeneity of plankton and algae	113
4.5 Heterogeneity of benthic animals	119
4.6 Heterogeneity of fish	126
4.7 Heterogeneity of aquatic higher plants	131
4.8 Heterogeneity of river habitat	147
4.9 Heterogeneity of sediment	150

5 Existing zoning scheme and its relationship with aqua-ecologic functional zoning	154
5.1 Water environment function zoning	154
5.2 Water function zoning	158
5.3 Ecological function zoning	162
5.4 Water resources zoning	166
5.5 Ecological hydrology scheme	167
5.6 Hydrology zoning	168
5.7 Major function zoning scheme	169
5.8 Requirements of aqua-ecologic function zoning	171
6 Aqua-ecologic functional zoning system of river basin	173
6.1 Connotation of aqua-ecologic functional zoning of river basin	173
6.2 Aqua-ecologic functional zoning system of river basin	175
7 Primary and secondary classification of aqua-ecologic functional zoning	180
7.1 Theoretical basis of primary and secondary classification zoning	180
7.2 Indicator system of primary and secondary classification zoning	182
7.3 Zoning process of primary and secondary classification zoning	193
7.4 Zoning precept of primary and secondary classification zoning	201
8 Third classification of aqua-ecologic functional zoning	205
8.1 Theoretical basis of third classification zoning	205
8.2 Methods of third classification zoning	206
8.3 Indicator system of third classification zoning	212
8.4 Zoning process of third classification zoning	219
8.5 Zoning precept of third classification zoning	245
9 Fourth classification of aqua-ecologic functional zoning	248
9.1 Theoretical basis of fourth classification zoning	248
9.2 Methods of fourth classification zoning	250
9.3 Indicator system of fourth classification zoning	255
9.4 Zoning process of fourth classification zoning	263
9.5 Zoning precept of fourth classification zoning	277
10 Findings and future prospective	287
10.1 Research findings	287
10.2 Research and prospects	288
10.3 Strategy implementation and safeguarding	289
References	290

第 1 章 水生态功能分区的理论与内涵

随着世界人口数量的不断激增、社会经济和城市化水平的迅猛发展,人类对水资源的需求与日俱增。与此同时,持续而剧烈的人类活动已经对水生态系统的健康和安全造成了严重的影响。联合国环境规划署 (United Nations Environment Programme, 2002, 2007) 研究表明,全球 500 条重要河流中已有超过 1/2 的河流正在逐渐干涸,而全世界的总用水量在 20 世纪却增长了 6 倍。流域水资源的短缺,使流域生态系统的脆弱性日益加剧。近 20 年来,全球各流域水生态系统的生物多样性都处于快速减少之中,且其恶化速度比土地生态系统快。更糟糕的是世界上有 20% 的人口不能获得安全的饮用水,40% 的人口缺少基本的卫生条件 (Asian Development Bank, 2006)。由于水资源利用和污染物排放强度的增大,水生态环境污染已经成为我国最主要的环境问题之一。调查表明,我国 57% 的河流水体污染严重,从而导致全国性流域水生态系统功能的显著退化。

如果要长期持续地解决流域水环境和水质量问题,建立稳定、健全的水生态系统,提高河道自身的净化能力是最为主要的选择。由于不同的水生态系统存在不同生态环境问题,这就要求必须针对不同的水生态系统问题,提出不同的对策与解决方案。作为水资源管理的重要组成部分,合理的流域水生态功能分区,已成为世界各国走向可持续发展所面临的挑战之一。20 世纪 80 年代以来,以水生态分区为基础实施流域水环境管理的理念在国际上获得了广泛的认可。

在全球气候变化的背景下,充分结合我国水资源管理的特点和发展趋势,通过重点分析流域水生态功能分区的概念、内涵、特征以及区划方法的系统发展,能够有效地协调经济社会与水资源管理和水生态保护之间的关系,为建立和完善我国流域水生态功能分区提供战略层次的基础保障。

1.1 生态功能区划的发展历程

1.1.1 自然区划的产生与发展

为了科学的开发利用和管理自然资源,进行生产的合理布局,人们通常根据自然规律和经济规律等对环境和资源进行分区,称为区划。区划起源于地理学,是从区域角度观察和研究区域的差异性和相似性。每一次区划,每一种区划,都是既反映当时社会实践的需要,也反映人类认识自然的过程。区划的发展是与地理学、生态科学的发展密不可分的。

(1) 区划的产生

自然界是一个客观存在的实体,人们对自然的认识经历了一个漫长的发展过程。19

世纪初,现代自然地理学的奠基人、德国地理学家洪堡(A. V. Humboldt)首创了世界等温线图,指出气候不仅受纬度影响,而且与海拔、据海远近及风向等因素有关,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也夫(Dokuchaev)也提出了土壤形成过程和按气候划分自然土壤带的概念,并建立了土壤地带学说。与此同时,霍迈尔(H. G. Hommever)也发展了地表自然区划的观念以及在主要单元内部逐级分区的概念,并设想出4级地理单元,即小区(Ort)、地区(Gegend)、区划(Landschaft)和大区域(Land),从而开创了现代自然区划研究的开端。早期的区划由于对自然调查不够充分以及认识的局限性和实验、观测等数据的短缺,虽然也提出了一些理论,但缺少实践的验证和必要数据的支持,主要还停留在对自然界表现的认识上,缺乏对自然界内在规律的认识和了解,同时,区域划分的指标也往往采用单一的因素(如气候、地貌等),区划的界限过于粗糙。

随着人们对自然界各环境因素的研究逐步深入,自然区划也在深入发展。1898年,Merriam对美国的生命带和农作物带进行了详细的划分(Merriam, 1898),这是人们首次以生物作为自然分区的依据,可以说是生态区划的雏形。1899年,道库恰也夫由自然地带(或称为景观地带)的概念发展了生态区(ecoregion)的概念,其指出:“气候、植物和动物在地球表面上的分布,皆按一定的严密的顺序,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。”(Dokuchaev, 1951) 1905年,英国生态学家Herbertson指出进行全球生态区域划分的必要性,并首次对全球各主要自然区域单元进行了区划和介绍(Herbertson, 1905),他在确定其区划方案中“主要自然区域”时不仅采用了复合特征的分布这一不常用的方法,而且也认识到人类发展分布的重要性。1929年,Passarge进一步对该方案进行了修订(Passarge, 1929)。

随之,很多生态学家和地学家也日益认识到生态区划的重要性,并投入到生态区划的研究中。例如,在美国,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)(Fenneman, 1928)。1930年Veatch在对密歇根州的土地研究中提出了自然地理分区和自然土地类型的概念来划分土地单元(Veatch, 1930)。在英国,1920年Roxby提出自然区概念(Roxby, 1920),1931年Bourne在全英农林业资源调查的基础上提出了“site”和“site regions”的概念(Bourne, 1931),1933年Unstead和Taylor提出了区域地理单元系统的概念(Unstead and Taylor, 1933)。在苏联,1913年Berg详细描述了景观地带(landscape zones)的概念,并完成了苏联的景观地带图(Berg, 1947)。虽然各国地理学家的各种学说极大地丰富了当时自然区划的理论,但由于受当时客观条件(如观测数据等)的限制以及人们对生态系统和生态过程的认识和局限性,所有方案都并不是很完整,尤其是对于区划的原则和指标还没有比较统一的认识。

(2) 区划的发展

从20世纪二三十年代开始,随着自然科学家在世界各地进行各种野外试验与监测,各类数据日益增多,对自然界各种规律的认识也不断地深入。在此基础上的区划方案主要是:以气候(主要是水热因子)为影响生态系统(植被)分布的主导因子,对气候与生态系统(植被)分布间的关系进行了大量的研究,并确立了一系列划分自然生态系统(植被)的气候植被体系。

1931年, Köppen 提出了生物气候分类方法 (Köppen, 1931), 主要是以温度、降水的年平均值及其年变化为依据来划分气候区。首先是按最冷月温度、最热月温度和年降水量将全球划分为5个气候带, 然后根据季节降水量及干季的程度进行第二级划分, 最后根据最冷月均温、最热月均温、温度年较差和湿度进行第三级划分。Holdridge 提出了生命地带图式 (Holdridge, 1947, 1967), 是由生物温度、降水和可能蒸散率三者的组成来确定植被类型及其区域划分, 该方法因其计算简单且精细而受到较高的评价和普遍的应用。此外, Thornthwaite 水分平衡 (Thornthwaite, 1948; Thornthwaite and Hare, 1955), Penman 蒸散公式 (Penman, 1956), Kira 温暖指数、寒冷指数和干湿度指数 (Kira, 1945, 1976) 在对植被类型区域界限的确定中也发挥着一定的作用。在这些分类系统中, Köppen 的生物气候分类方法和 Holdridge 的生命地带图式应用最为广泛。虽然这些植被-气候分类系统各有其利弊, 但是, 它们改变了以前那种纯感性的认识, 开始用定量的气候指标来界定不同的区域, 从而为区域的划分提供了理论依据。

与此同时, 1935年, 英国生态学家坦斯勒 (Tansley) 提出了生态系统 (ecosystem) 的概念, 并指出生态系统是各个环节因子综合作用的表现 (Tansley, 1935)。从此各国生态学家对生态系统开展了大量的研究工作, 使人们对生态系统的形成、演化、结构和功能以及影响生态系统的各环境因子有了较为全面的认识。在此基础上, 以植被 (生态系统) 为主体的自然区划方面的研究工作在地球、国家和区域的尺度上得到了全面的开展 (Daubenmire, 1943; Dice, 1943; Hare, 1950; Grigor'yev, 1961; Fosberg et al., 1961; Loucks, 1962; Hodgkins, 1965; Krajina, 1965; Kuchler, 1964, 1973; Rowe, 1972; UNESCO, 1973; Walter and Box, 1976)。而且这些自然区划与前期的工作相比有了较大的进步, 但是, 其所采用的指标往往较为单一, 缺乏整体或综合的观点。

(3) 我国近代自然区划

我国是一个历史悠久的文明古国, 古代劳动人民在长期的生产活动过程中就已经对自然界有了比较好的认识, 并著有大量的论著。《山海经》是最为古老的有关地理认识和划分的著作, 虽然其中怪诞离奇的描述不够真实, 但也说明了早期人类对大自然混沌初开的一种模糊认识。公元前5世纪出现的《禹贡》对自然界有了更加全面和真实的认识, 书中将我国划分为“九州”, 并分别阐述其山川、河流、湖泽、土壤和物产等。大约同一时期出现的《周礼》一书, 对全国的土地进行了划分。而战国时期编写的《管子·地员篇》则对全国的土地进行了更为详尽的划分和评价, 先按地分为三大类, 即平原、丘陵和山地, 再按土质和地面组成物质细分为25类, 这可能是世界上最早的土地类型划分系统 (赵松乔等, 1979)。随后在各个时期又有大量有关地理的著作出版, 如汉代的《汉书·地理志》、唐代的《元和郡县志》和《大唐西域志》、明代的《徐霞客游记》、清代的《大清一统志》以及历代正史中的地理志和各地方的地方志等, 可谓汗牛充栋, 不一而足。然而, 由于受客观条件以及人们对事物理性认识的局限, 这些论著始终停留在对客观表象的认知上, 而没能进一步上升到理论的高度。因此, 虽然我国对自然地理的认知远早于欧美地区, 但是我国有关自然地域的区划理论却远远落后于欧美地区。

我国近代自然区划工作起步较晚, 这主要是受当时我国科研条件的限制, 随着国外各种综合地理知识和区划理论的传入以及国外一些学者对中国的考察, 有关我国自然区划方

面的工作于20世纪20年代开始有陆续的报道。

1931年竺可桢发表的《中国气候区域论》标志着我国近代自然区划的开始(竺可桢, 1931)。该方案根据当时所能获得的资料, 评述了各种气候分类方法的优缺点, 并依据气候与农业的关系, 提出了适用于中国的分区标准, 在我国东部主要考虑各季温度, 西北则参照降水的多寡, 第一次将全国划分为华南、华中、华北、东北、云南高原、草原、西藏和新疆八大区。该方案为我国的气候区划提供了良好的开端, 也为后来所进行的其他自然区划提供了一些划分方法和依据。

随后, 陶诗言(1949)将Thornthwaite的水分平衡方法引入中国的气候分区, 该方案以热量和水分状况作为一、二级区域划分的原则, 对全国气候区域进行划分(陶诗言, 1949)。这一思想也成为我国后来气候区划的基础和原则(朱炳海, 1962; 张家诚和林之光, 1985)。

黄秉维于20世纪40年代初发表的《中国之植物区域》(黄秉维, 1940, 1941)则是首次对我国的植被进行了区划, 将全国植被划分为26个区, 一些区又进一步划分为亚区, 并对各区的自然环境特点及其对植物的影响以及区内植物的演替等进行了较为详细的描述。虽然黄秉维没有涉及区域划分的原则和依据, 而且也有将区域划分和类型划分混杂的现象, 但是在当时的情形下, 限于观测数据和调查资料等方面的限制, 已是较为完全的。

在20世纪五六十年代, 为了弄清我国自然资源的底子, 我国自然科学家分几个大行政区(如华东、东北、华北、华南、西南等)在全国范围内对自然资源进行了大规模的科学考察, 并在各地设立观测站点进行长期观测, 在此基础上开展了各单项区划和综合自然区划工作, 并根据各区划的对象和目的以及区划者本人对客观自然认识的程度和主观思想等提出了一系列区划原则和指标体系。

1954年, 林超等拟定了全国的综合地理区划, 首先根据地形构造将全国划分为4个部分, 然后根据气候状况划分为10个大地区, 再按地形划分为31个地区和105个亚地区, 该区划基本反映了全国的自然地理面貌(林超, 1954)。

1956年, 罗开富主编的《中国自然地理区划草案》指出景观划分的标志是植被和土壤, 并考虑地形和气候对景观的影响。该方案首先按季风的影响将全国划分为东(森林、森林草原)、西(草原与荒漠)两大半壁, 然后按温度递变及其在植被和土壤上的反映, 将东半壁分成东北、华北、华中和华南4个基本区, 并将垂直分异较为明显的康滇单独设立为一个基本区; 在西半壁, 则依据地势及其产生的温度差异划分为蒙新和青藏两个基本区。7个基本区以下则主要依据地形的差异划分为23个副区(罗开富, 1956)。

1959年, 中国科学院自然区划工作委员会历时3年正式出版了《中国综合自然区划(初稿)》。该区划的内容不仅涵盖了地貌、气候、水文、潜水、土壤、植被、动物和昆虫八个部门, 并首先明确了区划的目的是为农业、林业、牧业、水利等事业服务, 拟订了适合中国特色又便于与国外相比的区划原则和方法(中国科学院自然区划工作委员会, 1959)。总体来说, 该方案比较系统和全面, 创新之处甚多, 区划的原则和方法以及一些区域的基本框架至今还一直沿用, 对我国的自然区划工作影响深远。

1961年, 任美锷和杨绉章依据自然情况差异的主要矛盾以及利用改造自然的不同方向, 将全国分为8个自然区(东北、华北、华中、华南、西南、内蒙古、西北和青藏)、