



生态环境

质量评估与数据共享研究

朱 坚 翁燕波 高占国 等著



科学出版社

www.sciencep.com



宁波市公共科技专业创新平台项目(2006A310006)

生态环境质量评估与 数据共享研究

朱 坚 翁燕波 高占国 等著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是宁波市科技局项目“宁波市生态环境监测服务平台”成果的全面总结和升华,系统地介绍了平台建设思路和总体构架,与生态环境质量评估指标体系相适应的宁波市生态环境监测体系的建设,生态环境质量评估方法、评估指标的选取原则、选取依据以及指标权重的确定,数据共享系统和评估系统的目标、结构设计、模块设计、数据库设计以及系统的实现,共享平台的部署和应用,以及对平台下一步发展的展望。

本书可供从事生态环境监测、生态环境质量评估和数据共享领域的科技工作者,特别是与生态环境监测及质量评估密切相关的科技、管理工作者和大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

生态环境质量评估与数据共享研究/朱坚等著. —北京:
科学出版社, 2009

ISBN 978-7-03-025789-5

I. 生… II. 朱… III. ①生态环境—环境质量—评估—
研究②生态环境—环境质量—数据管理—研究 IV. X171.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 184329 号

责任编辑:许 健 谭宏宇 / 责任校对:刘珊珊
责任印制:刘 学 / 封面设计:殷 靓

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>

南京展望文化发展有限公司排版

常熟市华通印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 11 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009 年 11 月第一次印刷 印张:13 3/4

印数:1—1 200 字数:302 000

定价:45.00 元

《生态环境质量评估与数据共享研究》作者名单

主 编：朱 坚 翁燕波 高占国

作 者（按姓氏笔画排序）：

王希华(华东师范大学资源与环境学院)

朱 坚(宁波市环境监测中心)

杜宇峰(宁波市环境监测中心)

张 彪(中科院地理科学与资源研究所)

赵洋甬(宁波市环境监测中心)

翁燕波(宁波市环境监测中心)

高占国(宁波市环境监测中心)

诸云强(中科院地理科学与资源研究所)

潘双叶(宁波市环境监测中心)

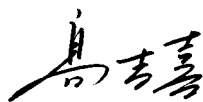
宁波市人口稠密,经济发达,生态环境受到巨大压力。因此,及时掌握当地的生态环境状况对生态保护、产业结构调整和政策制定具有重要的指导意义。宁波市环境监测中心联合中国科学院地理科学与资源研究所,站在科技发展的前沿,着眼于区域生态环境管理和科研发展的迫切需求,开展生态环境质量评估与数据共享的整合,构建了宁波市生态环境监测服务平台,共享生态环境监测与科学研究数据,并基于共享数据对宁波市的生态环境质量进行了科学评估,为政府制定环境保护决策提供了重要技术支持。此举不仅对宁波市践行科学发展观、推动生态市建设具有重要意义,而且对全国其他城市生态环境数据共享与应用起到了典范作用。

进入 21 世纪,国家启动了包含科学数据共享工程在内的科技基础条件平台建设,科学数据共享工程是其中的核心组成部分。“十七大”提出要建设生态文明,生态环境监测数据的共享应用对一个地区乃至国家层面生态环境管理和生态文明建设都将起到巨大的推动作用。其共享不仅能够带动相关政府部门、科研机构、科学家个人研究数据的整合,为不同层次的用户提供数据共享服务,促进数据资源的流动,充分发挥国有数据资源的价值和利用效益,并且通过共享,能进一步促进从不同角度进行生态环境领域的研究,同时也为有关行业部门开展区域生态环境质量评估与情景预测分析,实时为生态环境管理与应急响应提供数据资源保障,为政府制定科学合理的产业政策,促进区域产业结构调整,推进经济转型升级,推动国家或地区生态文明建设,保障社会经济又好又快向前发展提供强有力的支撑。

本书系统介绍了生态环境质量评估平台建设的思路和总体构架,并实际应用于宁波市生态环境质量评估。应用实践表明,本书提出的生态

环境监测评价指标体系及其生态环境监测公共服务平台,能够较好地满足宁波市生态环境监测、评价和管理的需要,从而从理论和实践两方面印证了该方法的可行性。

本书出版之际,我非常乐意将此项成果推荐给大家。相信本书的出版对于我国生态环境质量的评估和数据共享工作具有重要借鉴意义。经过多年的建设,我国建立起了比较完善的生态环境监测站网,如果这些数据资源能够利用该成果得到盘活共享,必将会对推动我国生态环境评价起到积极作用。

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters, likely the author's name, Gao Qiang.

生态环境的变化是动态连续的过程,为了掌握变化趋势,需要多年的连续监测,少则几个生态变化周期,多则几十个、几百个生态变化周期,或者说少则几年,多则十几年或更长一段时间。因此长期积累的监测数据对于研究者来说是一笔宝贵的财富。

区域生态系统由于所处环境不同,其所包含的生态系统类型也不同。如果要评估一个区域的生态系统,需要对众多的生态环境要素进行监测,这对于研究者个人或者一个研究机构部门独立监测获取到完整的数据都是一个艰难的任务,而通过共享整合多部门或个人的多年积累数据,循环重复利用而凸显数据在多领域、多部门应用的价值,还能促进先进生态环境质量监测预警体系的建设与发展。

宁波市生态环境监测服务平台(以下简称平台)包含一个遍布宁波地区的水、气、噪声、生态等监测要素的生态环境监测网,生态环境综合数据库和生态环境数据共享数据库,含有 56 项评价指标因子的宁波市生态环境质量评估系统,基于 GIS 的生态环境数据共享系统,通过共享获取的数据形成生态环境综合数据库支持完成生态环境质量评估预测,并通过共享系统展示公示评估成果,实现平台价值的最优化。

本书共有九章:第一章为绪论;第二章介绍宁波市主要自然环境和社会经济的概况;第三章介绍平台的总体目标,建设思路和总体构架及组成部分;第四章从监测基础设施能力、监测点网、人才培养方面介绍了宁波市的生态环境监测体系;第五章研究确立包括评估目标、方法、指标和标准的宁波市生态环境质量评估指标体系;第六、七章分别介绍了数据共享系统和评估系统的目标、结构设计、模块设计、数据库设计以及系统的实现;第八章介绍了生态环境数据共享平台的部署,共享系统的主要功能和应用流程,从具体实例介绍评估与预警系统的分析应用;第九章对平

台研究做出总结并展望未来发展。

本书的第一章由朱坚、翁燕波完成,第二章由翁燕波、杜宇峰完成,第三章由翁燕波、朱坚、高占国完成,第四章由翁燕波、朱坚完成,第五章由朱坚、张彪、潘双叶、王希华、赵洋甬完成,第六、七章由诸云强、高占国完成,第八章由高占国、诸云强完成,第九章由朱坚完成,附录 A 和附录 B 由诸云强、高占国完成。全书由翁燕波、高占国统稿,朱坚定稿。

从本项目立项开始到本书的撰写完成,曾经得到国内许多前辈、同行的指导和帮助,而且他们的一些研究成果也被借鉴在本研究之中,辅助完成项目。在生态环境质量评价方法和指标体系确定过程中,曾经得到中国科学院地理科学与资源环境研究所李文华院士、谢高地研究员以及中国环境科学研究院生态研究所前所长、环境保护部科技标准司现副司长高吉喜研究员指导。在海岸带生态指标体系建设过程中,得到了浙江省舟山海洋生态环境监测站刘志刚站长的支持;宁波市环境监测中心前中心主任胡杰在项目的申请和执行过程中投入很多精力,宁波市环境监测中心的罗益华、朱红文、励珍以及其他同事在数据整理过程中也付出大量劳动。在此一并表示感谢。

本书的出版得到了宁波市科技局公共科技专业创新平台项目(2006A310006)的资助。在项目的申请过程中,宁波市环保局给予大力支持。科学出版社为本书的出版提供了优质的合作和帮助。在此谨表谢意。

本研究只是针对区域生态环境质量的评估和预警以及地方生态环境监测数据共享方面做了初步的探索,作者还缺乏足够的经验,错误和不足之处在所难免,恳请专家学者和读者们批评指正。

作 者

2009 年 5 月

序

前言

第 1 章 绪论	001
1.1 研究背景	001
1.1.1 理论研究背景	001
1.1.2 实际应用背景	002
1.2 理论基础	002
1.2.1 生态学理论	002
1.2.2 生态环境监测理论	005
1.2.3 生态环境评价理论	006
1.2.4 生态系统健康理论	008
1.3 国内外研究进展	010
1.3.1 生态环境监测研究进展	010
1.3.2 环境质量评价研究进展	011
1.3.3 生态环境监测数据共享研究概况	012
1.4 宁波市生态环境监测现状与问题	012
1.4.1 宁波市生态环境监测现状分析	012
1.4.2 宁波市生态环境监测信息化现状分析	013
1.4.3 生态环境数据现状分析	014
1.5 目标、内容、意义	016
1.5.1 研究目标	016
1.5.2 研究内容与意义	017
参考文献	019

第 2 章 宁波市概况 020

2.1 自然环境概况 020

2.1.1 区域位置..... 020

2.1.2 气候特点..... 021

2.1.3 土壤与植被..... 021

2.1.4 水文状况..... 022

2.1.5 海岸与港湾..... 022

2.2 经济环境概况 023

2.2.1 行政区划..... 023

2.2.2 人口分布..... 024

2.2.3 经济状况..... 024

第 3 章 宁波市生态环境监测服务平台总体框架 025

3.1 平台总体目标 025

3.2 平台建设原则与思路 025

3.3 平台的总体架构与组成 026

3.4 平台的应用模式 028

第 4 章 宁波市生态环境监测体系建设 031

4.1 监测能力建设 031

4.1.1 仪器设备配置..... 031

4.1.2 自动监控系统..... 032

4.1.3 应急监测系统..... 032

4.1.4 生物生态监测..... 033

4.2 监测网络建设 033

4.2.1 环境质量常规监测网络..... 033

4.2.2 污染源在线监控网络..... 040

4.2.3 应急监测网络..... 040

4.3 人才队伍建设 040

4.3.1 不拘一格多途径引进人才..... 040

4.3.2 建立和完善人才培养机制..... 040

4.3.3 建立竞争激励机制.....	041
---------------------	-----

第5章 宁波市生态环境质量评估指标体系研究	042
-----------------------	-----

5.1 指标体系研究目标	042
5.2 生态环境质量评估方法	042
5.2.1 宁波市(域)生态环境质量指数(CI)	042
5.2.2 县(市、区)生态环境质量指数(RI)	043
5.2.3 生态系统质量指数(EI)	043
5.2.4 三级指标计算方法.....	043
5.3 宁波市生态系统类型划分	045
5.3.1 城市生态系统.....	045
5.3.2 森林生态系统.....	046
5.3.3 农田生态系统.....	047
5.3.4 河流生态系统.....	047
5.3.5 海岸带生态系统.....	047
5.3.6 湖库生态系统.....	048
5.4 评价指标选取	048
5.4.1 指标选取的原则.....	048
5.4.2 指标选取依据.....	049
5.4.3 指标体系与解释.....	051
5.5 指标权重的确定	060
5.5.1 确定权重方法.....	060
5.5.2 判断矩阵建立.....	064
5.5.3 计算结果及验证.....	071
5.6 单项评价指标与质量指数分级	072
5.6.1 单项评价指标分级.....	072
5.6.2 质量指数分级.....	089
参考文献	090

第6章 宁波市生态环境数据共享系统研制	093
---------------------	-----

6.1 数据共享系统目标	093
6.2 系统总体结构设计	093

6.2.1	科学数据共享支撑体系分析.....	093
6.2.2	系统总体构架.....	094
6.3	系统功能模块设计	095
6.3.1	前台共享服务子系统功能模块.....	096
6.3.2	后台管理子系统功能模块.....	100
6.4	数据库设计	102
6.4.1	逻辑数据库设计.....	102
6.4.2	物理数据库设计.....	102
6.5	生态环境元数据标准研制	103
6.5.1	系统开发环境.....	107
6.5.2	关键技术研究.....	107
6.5.3	元数据标准范围.....	111
6.5.4	元数据标准包含的术语和定义.....	111
6.5.5	符号与约定.....	112
6.5.6	生态环境元数据内容.....	115
	参考文献.....	123

第 7 章
宁波市生态环境质量评估系统研制
124

7.1	生态环境质量评估系统目标	124
7.2	系统总体结构设计	124
7.2.1	系统总体构架.....	124
7.2.2	基于 GIS 的生态环境评价分析思路	125
7.3	系统功能模块设计	126
7.3.1	参数设置模块.....	127
7.3.2	监测统计数据管理模块.....	127
7.3.3	空间数据管理模块.....	128
7.3.4	生态环境评价模块.....	129
7.3.5	分析与预警模块.....	130
7.4	数据库设计	130
7.4.1	数据库设计原则.....	130
7.4.2	逻辑数据库设计.....	131
7.4.3	物理数据库设计.....	132
7.4.4	数据库安全设计与优化策略.....	132

7.5 系统实现	137
7.5.1 系统开发环境	137
7.5.2 关键技术研究	138
参考文献	143

第 8 章 宁波市生态环境监测公共服务平台的部署应用	144
-----------------------------------	------------

8.1 系统部署与建设	144
8.2 宁波市生态环境数据共享	146
8.2.1 系统实现的主要功能	146
8.2.2 系统应用流程	153
8.3 宁波市生态环境评估分析	156
8.3.1 系统实现的主要功能	156
8.3.2 系统应用流程	166
8.3.3 生态环境评价分析实践	167

第 9 章 结论与展望	175
--------------------	------------

附录 A 生态环境元数据字典	177
-----------------------	------------

附录 B 生态环境元数据扩展原则与方法	202
----------------------------	------------

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景

1.1.1 理论研究背景

20 世纪是人类历史发展变化最剧烈的世纪。科学技术的突飞猛进,给人类带来了前所未有的高速发展和物质文明,同时传统经济发展模式又给人类自身的生存和发展带来了巨大的威胁,加剧了人与自然的矛盾,制约着人类的发展。传统经济发展模式把经济增长即人均国民生产总值的增长作为经济发展的首要甚至是唯一的目标(延军平等,1999),它几乎不考虑经济增长对环境和生态系统的破坏性影响,忽视环境、资源、生态等自然系统方面的承载力,把大自然看作是“取之不尽,用之不竭”的原料库,同时又把自然环境视为填不满的垃圾场,没有考虑经济增长所付出的资源环境成本,而是把注意力集中在可以量度的诸如国民生产总值、人均年收入等经济指标上的同时,忽视了环境保护、全球协调等重大问题。因此,以传统经济发展模式为指导的经济活动的“投入产出比”较小,而且对人类生存环境造成了巨大破坏,同时,也使人类社会最终认识到人与自然和谐发展的重要意义。

生态环境是以人类为中心的各种自然要素和社会要素的综合体,人类社会可持续发展的核心和基础,生态环境质量标志着经济、社会可持续发展的能力以及社会生产和人居环境稳定可协调的程度。人类环境问题的实质是人类不适当地干预周围环境引起生态系统的失调。生态系统效应体现了各种环境效应的积累,是各种环境因子变化所造成影响的综合效果。充分认识和理解生态环境的状况,加强生态环境监测与评价工作,科学地评价人类活动对生态系统的影响,对于增强生态环境保护和管理工作的主动性,正确评价生态环境的现状质量,是生态环境预测或预警研究的基础,是制定和规划国民经济发展计划的重要依据。

近年来,生态学、生态经济学、景观生态学、生物多样性保护理论的发展和完善,已为人类认识宏观环境提供了先进的理论和思想,为开展大尺度的区域生态区划与生态环境质量评价提供了可度量的技术与方法。随着计算机、遥感(remote sensing, RS)、地理信息系统(geography information system, GIS)、全球定位系统(global position system, GPS)(简称 3S)以及信息网络技术的发展,为我们认识和管理生态环境提供了手段和方法。

生态系统评估是指预先制订计划和用可比的方法,在一定区域范围内对各生态系统变化情况以及每个生态系统内一个或多个环境要素或指标进行连续观测,并及时根据评价标准进行生态系统质量状况的分析、预报与预警,从而可以为生态环境保护、自然资源的合理利用和可持续发展战略的实施提供科学依据。

1.1.2 实际应用背景

随着人类活动、生态环境变化以及人类生存与发展之间的联系日益密切,对生态环境的监测与评价已经从依赖物理化学指标以及对生物个体和种群的跟踪监测的环境评价扩展为整个生态系统的评估上。

目前生态系统监测在国际上已经有了覆盖全球的大型网络,不同国家分布有多个站点,美国、英国、澳大利亚以及前苏联都相继建成国家生态网络监测系统。

在我国,环境保护工作也已从单一的点源治理向流域、区域环境综合整治的污染防治战略发展。2000 年,江泽民总书记在中央人口资源环境工作座谈会上指出:要抓紧做好生态环境保护规划工作,建立健全全国生态环境监测体系。近年来,我国也开展了一系列的资源、生态和环境的调查与研究,各相关部门和单位等也都相继建立了一批生态研究和环境监测站点,并开展了卓有成效的工作,主要内容如下。

国家环保系统生态监测网:在典型的生态环境区域设置了生态监测站,包括内蒙古草原、新疆荒漠、内陆湿地、海洋、森林、流域、农业、自然陆地等 9 个生态监测站。

农业部门农业生态监测网:包括农业生态监测站、渔业生态监测站和草场生态网。

林业部门林业生态监测网:包括林业生态监测站(11 个林业生态定位研究站)和自然保护区生态监测。

国家海洋局海洋生态监测网:包括海洋生态监测站和海洋生物监测站。

国家气象局农业-生态监测网:农业-生态监测站共设有 70 个局部气候因素与作物生长关系的生态监测站。

水利部门淡水生态监测网:生态研究中心在主要流域设有 7 个淡水资源研究中心。

中国科学院生态定位研究网:在全国主要生态区设有 52 个生态定位研究站,长期进行生态、气候变化的研究。其中 29 个站组成中国生态研究网(CERN),进行长期各类生态与环境的研究。

1.2 理论基础

1.2.1 生态学理论

1. 生态系统概念

生态系统是指一定时间和空间范围内,由生物群落(动物、植物、微生物)与其环境组

成的系统,该系统具有一定的大小和结构,各成员借助能量流动、物质循环和信息传递相互联系、相互影响、相互依存,并形成具有组织和自我调节功能的复合体。

2. 生态系统类型

根据不同的划分依据,生态系统类型有多种划分方法(蔡晓明等,2002),与宁波市相关的生态系统类型具体介绍如下内容。

(1) 城市生态系统

城市生态系统是指城市空间范围内的居民与自然环境系统和人工环境系统相互作用而形成的统一体。它是以人为主体的人工化环境的、人类自我驯化的、开放性的复合人工生态系统,具有以下特征。

1) 城市生态系统是由人类与自然环境和人工环境构成,生产者是从事生产的人类,消费者是以人类为主体进行的消费活动,还原功能主要是由城市所依靠的区域自然生态系统中的还原者以及人工造就的各类设施来完成。

2) 城市生态系统具有社会属性,包括带有明显人工色彩的各种自然网络和更为重要的社会关系、经济关系网络。

3) 城市生态系统除了提供自然生态位外,更主要的是提供社会生态位和经济生态位。

4) 城市生态系统中生态流的运转需要依靠区域自然生态系统的支持,高强度的运转伴随着极大的浪费,整个系统的生态效率极低。

5) 城市生态系统的人工选择以正反馈为主。

6) 城市生态系统的演替不会达到特定的稳定状态,城市生态演替的特点是人能改造环境,扩大城市容量,把系统从成熟期重新拉回到发展期。

(2) 森林生态系统

森林生态系统是指在一定地域内生存的森林群落与环境相互作用的、具有能量转换和信息传递功能的统一体(李景文,1994)。森林生态系统是生物圈内分布最广、结构最复杂、类型最丰富的陆地生态系统,具有以下特点。

1) 森林占据空间大,林木寿命时间长。森林占据巨大的水平空间和垂直空间。在水平空间上,有的森林大到数千数万顷,有的只是林网或单独的树木分布;在垂直空间上,森林群落的高度高于其他植物群落。生长稳定的森林,群落高度一般在30 m左右,有些单株树木,高度可达100 m。

2) 森林中物种丰富,生产产量高。森林环境中,有众多的森林植物种类和动物种类,以及极为丰富的微生物种类,森林还有很高的生产力,加上多年的积累,其生物量比其他任何生态系统都高。

3) 森林繁殖能力强。森林中老龄林可以通过自然繁殖进行天然更新,或者通过人工造林进行人工更新,只要在不受人或自然灾害的破坏前提下,就能够在林下和林缘不断生长幼龄林木,形成新林,并且能够世代延续演替下去。

(3) 农田生态系统

农田生态系统是指在一定时间和地区内,人类从事农田生产,利用农田生物与非生物

环境之间以及生物种群之间的关系,在人工调节和控制下,建立起来的各种形式和不同发展水平的农田生产体系,具有以下特点。

1) 种群比较单一 农田生态系统中的许多优势种是经过长期选育,按照人们的意愿种植的,根据生产需要,农田中除农作物外,对其他动物一般都需要加以抑制甚至清除。

2) 比较脆弱 由于农田生态系统中动植物种类较少,结构单一,以致相互制约、自动调节的内在反馈能力明显削弱,系统稳定性降低。

3) 物质流动量大 农田生态系统是一个物质大量输入和输出的系统,大量的农产品作为商品输出,使得营养元素离开该系统,剩下的参与再循环的物质大量减少,因此,必须通过多种途径向该系统内部输入物质,以维持生态系统的养分平衡。

4) 抗逆能力差 由于作物种群单一,整个系统调控能力降低,对水、旱、风和作物病虫害等的抵抗力减弱,常常因气候条件的变化而引起产量的剧增或骤减。

(4) 河流生态系统

河流生态系统是指河流水体的生态系统,是陆地和海洋联系的纽带,在生物圈的物质循环中起着主要的作用,具有以下特点。

1) 河流形态多样性:河流形态多样性是生物群落多样性的基础,这是因为河流的蜿蜒性形成了急流与缓流相间,形成了主流、支流、河湾、沼泽、急流和浅滩等丰富多样的生境,从而形成了丰富的河滨植被与河流植物;而上中下游生境的异质性,造就了丰富的流域生境多样化条件。

2) 河流结构整体性:在一个淡水域中,各种生物互相依存,互相制约,互相作用,形成了复杂的食物链结构。

3) 自我调控、净化与修复能力:在长期的进化过程中,形成了同种生物种群间、异种生物种群间在数量上的调控,保持着一种协调关系。在外界干扰条件下,通过自我修复,保持水体的洁净,从而使淡水系统具有相对的稳定性。

(5) 海岸带生态系统

海岸带生态系统是指受海陆气候交互作用影响的过渡地带内,由独特的景观生态条件、强烈的边缘效应、多种营养物质汇聚的一个复杂、开放的人口资源环境经济系统。它不但为大量的生物种群的生存、繁衍提供了必需的物质和能力,也为人类的栖息创造了最佳境地。

1) 海岸带空间范围划分的难度性。有关海岸带范围,目前尚无统一的认识,不同的国家有不同的规定。我国科学家认为,海岸带范围的外界应是海水波浪和潮流对海底有明显影响,以及人类的生产活动最频繁出入的区域以外,其内界应包括特大潮讯涉及的区域,河口海岸则为海水入侵的上界。后来把海岸带的外界规定为向海洋延伸 $-15\sim-10\text{ m}$ 等深线,其内界规定为向陆地延伸 10 km 左右。

2) 景观结构的多样性。海岸带组成成分复杂,经常由多种生态类型组成,且在不同的海岸带有不同的表现。从景观上讲,海岸带没有单一的基质,而是由两种基质构成,其一是海洋,而其他景观因地制宜,表现出不同的形式。

3) 景观功能的多样性。海岸带景观功能表现为多样性,主要表现在三个方面,即景观生态系统能维持高的产量;各生态系统的生物种群迅速繁殖,能量得到充分利用,废物