



WATER

陆地生态系统水环境 观测规范

Protocols for Standard Water
Environmental Observation and
Measurement in Terrestrial Ecosystems

中国生态系统研究网络科学委员会

中国环境科学出版社

WATER

陆地生态系统水环境 观测规范

中国生态系统研究网络科学委员会

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

陆地生态系统水环境观测规范 / 中国生态系统研究网络科学委员会. —北京: 中国环境科学出版社, 2007.6

(中国生态系统研究网络(CERN)长期观测规范丛书)

ISBN 978-7-80209-368-3

I. 陆… II. 中… III. 陆地-生态系统-水环境-观测-规范 IV. X143-65

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第073084号

责任编辑 李力 张维平 马琦杰

责任校对 尹芳

封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街16号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京中科印刷有限公司

经 销 各地新华书店

版 次 2007年6月第一版

印 次 2007年6月第一次印刷

开 本 787×960 1/16

印 张 13

字 数 225千字

定 价 240.00 (全套五册)

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载，侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

《中国生态系统研究网络 (CERN) 长期观测规范》丛书指导委员会

孙鸿烈 陈宜瑜 傅伯杰 陈洋勤 赵士洞 欧阳华 彭少麟

《中国生态系统研究网络 (CERN) 长期观测规范》丛书编委会

主 编 欧阳竹 孙 波 刘 健

编 委 (以姓氏笔画为序)

于贵瑞 牛 栋 刘广仁 吴冬秀 杨林章 施建平

袁国富 黄铁青 蔡庆华

陆地生态系统水环境观测规范编委会

主 编 袁国富

主 审 唐登银 孙晓敏

编写人员 (以姓氏笔画为序)

王立军 王新平 宋献方 李新荣 李海涛 袁国富

阎百兴 谢贤群

序 一

近几十年来，人口、资源、环境和经济社会的协调发展成为全球关注的热点问题。伴随全球化进程，人类活动对地球生态系统的影响在时间和空间尺度上均急剧扩展。人们在认识生态系统变化特征和过程时必须依靠大尺度—长期的联网试验、观测与过程研究，以求在不同时间和空间尺度上揭示陆地和水域生态系统的演变规律、全球变化对生态系统的影响与反馈，并在此基础上制定科学的生态系统管理策略与措施。为此，20世纪80年代以来，世界上开始建立国家和全球尺度的生态系统研究和观测网络，以加强区域和全球生态系统变化的观测和综合研究。

为了全面、深入认识我国生态系统的动态变化规律，研究生态系统建设与保护的重大科学问题，中国科学院于1988年开始筹建中国生态系统研究网络（Chinese Ecological Research Network, CERN）。以代表我国重要生态系统类型的野外试验站为基地，开展生态系统长期试验观测和联网综合研究，建立生态系统优化管理的示范模式，为国家生态环境建设决策提供科学咨询。为了实现这一目标，其基础工作是要长期获取规范的、可比较的观测数据。因此，必须制定统一的观测指标体系和观测规范。1996年CERN制定了《中国生态系统研究网络观测与分析标准方法》，为CERN的建设和研究提供了科学指导。2002年起又进一步修订了新的观测指标体系和观测规范。

《中国生态系统研究网络（CERN）长期观测规范》丛书（以下简

称《丛书》)是在《中国生态系统研究网络观测与分析标准方法》的基础上修订完成的,包括陆地生态系统和水域生态系统的观测指标及其规范。陆地生态系统主要包括农田、森林、草地、荒漠、沼泽等生态系统类型,以水、土、气、生等关键要素的观测规范为主要内容,包括:长期观测的意义和目标;不同生态系统的观测指标体系;观测场地的定义和设置方法;样品采集、处理和保存方法;野外观测方法和室内分析方法;数据管理和质量控制。水域生态系统观测规范包括:观测的基本原则和采样方法;水域自然地理与周边社会经济调查;湖泊和海湾生态系统基本要素的监测方法;数据管理和质量控制。

《丛书》所收编各项规范的修订以保证长期观测的连续性和观测数据的可靠性、可比性为目标,以 ISO 和国家、部门标准,以及相关学科通用的常规方法为主要依据,同时考虑了目前生态系统研究中关注的科学问题。本次修订加强了长期观测样地的设置方法和规范、野外采样方法和规范以及观测数据管理、质量控制方法和规范等方面的内容。《丛书》的编写和出版是 CERN 联网观测经验的总结和集体研究的成果,相信它不仅是 CERN 长期观测的指导性文件,同时将为我国生态与环境领域长期观测和联网研究提供重要的参考依据。

中国科学院院士

孙鸿烈

2007年5月

序 二

中国生态系统研究网络 (CERN) 从 1988 年开始到现在已经进行了 20 年的建设和发展, 经过几代人的努力, 应该说已经建设成为能够承担国家生态系统监测、科研和示范任务的一个重要网络。CERN 的定位是: 在不同生态类型、不同区域生态系统基础上开展结构、功能的比较研究, 开展生态系统的优化管理研究, 发展生态系统管理学。CERN 的建设从一开始就非常注重顶层设计, 强调在野外站开展长期观测和联网研究的重要性, 希望通过联网对生态系统的结构、功能开展比较研究, 形成一批新的学术思想和概念, 同时达到优化生态系统管理, 提高生态系统功能, 服务国家和地方经济建设的目的。

我们国家人口众多, 资源相对匮乏。到目前为止, 尽管某些局部的环境得到改善, 但整体上还在恶化, 加强生态环境建设是我国社会和经济发展的一个重要任务之一。要解决国家在生态环境建设方面的问题, 必须在长期持续研究的基础上, 深刻揭示问题的本质, 提出明确的科学指导思想, 提供有力的科学和技术支撑。同时, 中国的生态系统具有非常强的区域特色, 围绕国家战略需求开展生态过程、结构、功能和生态系统优化管理的联网研究, 也完全可以做出世界水平的工作, 取得大量原始性的创新成果。

CERN 要成为具有特色的生态系统研究网络, 最重要的是坚持以站为基本单元, 监测、研究、示范并重; 以网为纲, 加强相互的比较研究、综合与集成。长期数据采集和数据共享是实现比较研究以及综合与集成

的最重要环节，但是没有一个标准化的监测体系，是无法进行长期的监测和研究的，也无从进行动态变化的比较，更不可能在不同区域开展比较研究。CERN 从 1991 年开始就着手研究制定第一、二、三套监测指标体系。这是 CERN 早期最重要的工作，凝聚了一批一线科学家的心血，也凝聚了一批原来设计 CERN 的高层次科学家的思想。监测指标的建立为 CERN 的科学观测、数据积累和研究发挥了重要的作用。随着科学技术的发展和国家生态建设需要的变化，长时间序列的数据积累不可能完全按照一种模式进行长期观测。为此，在原来研究制定的监测指标和观测规范的基础上，组织了相关科学家对一些监测指标体系、规范进行了必要的修订，目的是保证监测数据的长期性、稳定性和服务于国家和科学研究不断发展的需要。修订后的规范注意到了修订前后观测数据的连续性，充分考虑了哪些数据是最根本的，哪些数据是必须连续长期观测的，同时也考虑了现代化的自动观测方法、手段和人工观测手段相结合。在本次修订中特别研究和制定了农田、森林、草地、荒漠、水域等不同生态系统 50 年以上长期监测样地的标准和采样规范。这是一个很大的进步，是保证长期稳定监测的基础。

修订后的规范是我国长期生态研究的重要成果，不仅适用于 CERN 野外试验站的长期监测和研究，相信对于国家生态系统研究网络的建设也会发挥重要作用，对其他研究部门和单位的生态试验站建设，以及从事生态学试验研究和教育的学者、学生也是一部较好的参考书。

国家自然科学基金委员会主任

中国科学院院士

陈宜瑜

2007 年 5 月

前 言

水、土、气、生是组成陆地生态系统的四大部分，对陆地生态系统水环境要素的监测是陆地生态系统野外长期定位观测的主要内容之一。中国生态系统研究网络（CERN）自从1998年正式开展生态系统的野外长期定位观测以来，对陆地生态系统水环境的长期观测积累了大量的经验和知识。在此基础上，我们完成了这本书，用来总结中国生态系统研究网络陆地生态系统水环境监测工作的成就，作为以后进一步工作的参考，也作为目前正在兴起的长期生态学研究和国家野外台站建设的参考。

陆地生态系统的水环境，是一个从生态系统的角度来理解的概念。生态系统是由生物与外在环境组成的一个系统，生物以外的因子都是环境因子，水就是外在环境因子中的一个重要组成部分。陆地生态系统的水环境可以宽泛地理解为包含陆地生态系统的水分状况和水分运动过程两部分，水分状况表达了陆地生态系统中水的多少（水量）和水的化学性状（水质），而水分运动则是通过在大气、植被、土壤之间的水分交换，水在垂直和水平方向上的运动，构成陆地生态系统水文循环过程。长期以来，我国的野外“水环境”监测，主要集中在水利部门和环保部门，他们在全国范围内建立了不同的监测网络，水利部门主要从水文的角重点监测大江、大河及重点湖泊和水库的水情，而环保部门则监测我国主要水域的水质，评价水污染状况。与水利部门和环保部门的监测不同，陆地生态系统水环境的监测主要是以生态水文过程的监测为目标，重视生态系统内的水文循环过程，以及水分状况对植物和生态系统的影响。正因如此，陆地生态系统水环境的长期监测是一项全新的课题，与水利部门和环保部门的野外联网监测有着本质的不同，陆地生态系统水环境的野外长期观测规范必须根据自身观测的特点而建立，这正是本书成稿的目的之所在。本书希望能够通过总结中国生态系统研究网络多年的观测经验，探讨针对陆地生态系统生态水文过程及相关的水文循环和水质演变的长期和联网监测的规范化，为生态系统野外长期观测和生态水文过程野外长期观测提供经验和指导。

本书共包括四部分，第一部分概述地说明了陆地生态系统水环境长期观测规

范所要关注的内容,包括长期观测目标、观测指标体系的选择和长期观测场地的特征和分类等,对有关的概念和术语给出了定义。第二部分详细说明了不同陆地生态类型水环境长期观测的指标体系和场地设置方案,这是实施长期观测的核心部分。第三部分说明野外长期观测的具体方法,包括水文物理要素观测方法和水化学分析采样方法,这一部分的内容在许多相关文献中都有一定的介绍,本书在归纳总结时,主要侧重于对观测原理的详细讲解和新观测方法的说明,尽量避免与其他相关书籍内容的重合。第四部分说明长期观测的质量保证和数据管理方法,介绍和归纳了中国生态系统研究网络水环境监测进行质量控制和数据管理的主要内容,并对有关问题作了一定探讨,作为未来进一步完善的参考。

本书名为规范,但更多地体现为一部研究成果,是对中国生态系统研究网络多年水分监测的总结和归纳,在未来的工作中,需要进一步在不同领域的专家和野外台站的合作下,完善规范中的有关内容,形成标准的野外观测规范指南。

本书是在中国科学院创新项目“中国生态系统研究网络环境数据开发与共享关键技术”(编号KZCX3-SW-420)的支持下完成。

参加本书编写的人员分别有,谢贤群负责农田生态系统观测的编写,李海涛负责森林生态系统观测的编写,李新荣、王新平负责荒漠生态系统观测的编写,阎百兴负责沼泽生态系统观测的编写,王立军、宋献方负责水化学采样和分析方法的编写,其余内容由袁国富编写,本书由袁国富统稿。唐登银先生、孙晓敏研究员对书稿进行了审核并提出了宝贵的修改意见。在成书过程中,中国生态系统研究网络学术委员会、综合中心、各专业分中心的专家以及许多的中国生态系统研究网络野外台站专家提出了许多宝贵意见。

由于本书编写时间紧迫,编者水平有限,加之陆地生态系统水环境长期观测的相关规范还在不断发展之中,还有不少问题需要进一步研究和探讨,因此错误和疏漏之处在所难免,敬请各位读者不吝指正。

编著者

2007年5月于北京

目 录

第 1 篇 概述

1 陆地生态系统水环境长期观测的目标和意义	3
1.1 陆地生态系统的水环境	3
1.1.1 陆地生态系统水环境的含义	3
1.1.2 陆地生态系统水环境的特点	3
1.2 陆地生态系统水环境的长期观测	5
1.2.1 陆地生态系统水环境的野外观测与长期观测基本内涵	5
1.2.2 长期观测的意义	6
1.2.3 长期观测的规范化	7
1.3 陆地生态系统水环境长期观测的科学目标	8
2 陆地生态系统水环境长期观测指标体系	10
2.1 水环境长期观测指标设置的基本原则	10
2.2 水环境长期观测指标体系	11
2.2.1 陆地生态系统长期观测指标体系	11
2.2.2 水环境长期观测指标分类	11
3 陆地生态系统水环境野外长期定位观测场地	14
3.1 长期观测场地的分类	14
3.1.1 长期观测场地的空间分级	15
3.1.2 长期观测场地的属性分类	16
3.2 长期观测场地设置的基本原则	17

第 2 篇 指标体系和场地设置

4 农田生态系统水环境的长期观测	21
4.1 农田生态系统水环境长期观测的目标	21
4.2 农田生态系统水环境长期观测指标和频度	22

4.2.1	水文指标	22
4.2.2	与水文过程相关的其他指标	23
4.2.3	水化学指标	24
4.3	农田生态系统水环境长期观测场地的设置	26
4.3.1	平原区农田	26
4.3.2	丘陵山区农田	33
5	森林生态系统水环境的长期观测	37
5.1	森林生态系统水环境长期观测的目标	37
5.2	森林生态系统水环境长期观测指标和频度	38
5.2.1	水文指标	38
5.2.2	与森林水文过程相关的其他指标	39
5.2.3	水化学指标	40
5.3	森林生态系统水环境长期观测场地的设置	42
5.3.1	长期观测场地的总体布局	42
5.3.2	小流域	43
5.3.3	天然坡面径流场	44
5.3.4	人工径流小区	45
5.3.5	其他长期观测场地	46
6	草地生态系统水环境的长期观测	48
6.1	草地生态系统水环境长期观测的目标	48
6.2	草地生态系统水环境长期观测指标和频度	49
6.2.1	水文指标	49
6.2.2	与草地生态水文过程相关的其他指标	50
6.2.3	水化学指标	51
6.3	草地生态系统水环境长期观测场地的设置	52
6.3.1	长期观测场地的总体布局	52
6.3.2	长期观测场	53
6.3.3	主观测样地	54
6.3.4	辅助观测样地	55
7	荒漠生态系统水环境的长期观测	59
7.1	荒漠生态系统水环境长期观测的目标	59
7.2	荒漠生态系统水环境长期观测指标和频度	60
7.2.1	水文指标	60
7.2.2	与荒漠生态水文过程相关的其他指标	60

7.2.3 水化学指标.....	62
7.3 荒漠生态系统水环境长期观测场地的设置.....	63
7.3.1 长期观测场地的总体布局.....	63
7.3.2 长期观测场.....	64
7.3.3 主观测样地.....	65
7.3.4 辅助观测样地.....	66
8 沼泽生态系统水环境的长期观测.....	68
8.1 沼泽生态系统水环境长期观测的目标.....	68
8.2 沼泽生态系统水环境长期观测指标和频度.....	69
8.2.1 水文指标.....	69
8.2.2 与沼泽湿地水文过程相关的其他指标.....	69
8.2.3 水化学指标.....	71
8.3 沼泽生态系统水环境长期观测场地的设置.....	72
8.3.1 长期观测场地的总体布局.....	72
8.3.2 常年积水湿地观测场.....	72
8.3.3 季节性积水湿地观测场.....	74
8.3.4 农田/草地观测场.....	74
8.3.5 其他长期辅助观测场.....	75

第3篇 观测方法

9 水文物理要素观测方法.....	79
9.1 土壤水分含量.....	79
9.1.1 定义.....	79
9.1.2 烘干法.....	81
9.1.3 中子仪法.....	83
9.1.4 TDR法.....	86
9.2 土壤水分特征参数.....	88
9.2.1 容重.....	88
9.2.2 孔隙度.....	90
9.2.3 田间持水量.....	91
9.2.4 萎蔫系数.....	94
9.2.5 饱和含水量.....	96
9.2.6 水分特征曲线.....	96
9.3 地下水位.....	100

9.3.1 观测原理	100
9.3.2 手动观测	101
9.3.3 自动观测	102
9.4 地表径流量	102
9.4.1 坡面径流观测	102
9.4.2 沟道径流观测	104
9.4.3 河道径流观测	106
9.5 水面蒸发量	106
9.5.1 人工观测	107
9.5.2 自动观测	110
9.6 地表蒸发量	111
9.6.1 水量平衡法	112
9.6.2 大型蒸渗仪法	115
9.6.3 波文比—能量平衡法	119
9.6.4 涡度相关法	123
9.7 穿透降水量	129
9.7.1 观测原理与雨量计布设	129
9.7.2 雨量观测方法	130
9.7.3 结果计算	133
9.8 树干径流量	133
9.8.1 观测原理与观测点的设置	133
9.8.2 观测方法	133
9.8.3 结果计算	134
9.9 枯枝落叶层含水量	134
9.9.1 定义与观测原理	134
9.9.2 实际含水量的观测	135
9.9.3 最大持水量的观测	136
9.10 湿地积水水深	136
9.10.1 定义	136
9.10.2 观测点和基准面的确定	136
9.10.3 水尺的安装	137
9.10.4 观测方法	137
10 水化学要素观测方法	138
10.1 水采样方法	138

10.1.1 引言	138
10.1.2 布点前的调查研究和资料收集	138
10.1.3 长期采样点的设置	139
10.1.4 采样方法	144
10.1.5 采样容器与样品保存	148
10.1.6 样品的登录、管理与运输	151
10.2 水化学分析方法	152

第 4 篇 质量保证与数据管理

11 监测质量保证与质量控制	157
11.1 监测质量保证概述	157
11.1.1 质量保证的重要作用	157
11.1.2 质量保证的工作内容	157
11.1.3 质量保证的实施	158
11.2 野外长期观测与采样质量保证	161
11.2.1 观测场地设置质量保证	161
11.2.2 野外观测过程质量保证	162
11.2.3 野外采样过程质量保证	162
11.3 实验室分析测试质量保证	165
11.3.1 实验室质量保证	165
11.3.2 实验室内质量控制	166
11.3.3 实验室间质量控制	169
11.3.4 实验室质量审核	170
12 数据管理	171
12.1 元数据	171
12.1.1 水环境监测元数据的组成	172
12.1.2 观测场地信息	172
12.1.3 观测和分析方法信息	173
12.2 观测数据的整理、分析与报送	174
12.2.1 观测数据的整理和分析	174
12.2.2 观测数据的报送	177
12.3 数据库建设	180
12.4 数据质量综合评价	180

附录 A 中国生态系统研究网络水分数据报表	182
附录 B 引用标准	189
参考文献	190

第1篇

概述