

“十三五”国家重点图书出版规划项目

丛书主编/董锁成 孙九林

中国北方及其毗邻地区 综合科学考察



东北亚

南北综合样带的构建与梯度分析

江 洪 王卷乐 金佳鑫 等 著



科学出版社

“十三五”国家重点图书出版规划项目

中国北方及其毗邻地区综合科学考察

董锁成 孙九林 主编

东北亚南北综合样带的 构建与梯度分析

江 洪 王卷乐 金佳鑫 等 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书基于中国北方及其毗邻地区自然环境与人类活动综合科学考察、专题考察成果,以全球陆地样带方法、思想,对东北亚南北样带中气候、土地利用/覆被、水资源和水环境、生态地理区域、植被和土壤、生物多样性及其自然保护、大气环境、人口密度/城市化和社会经济的梯度及其变化等进行研究与分析。

本书既为教学、科普及宣传等提供广泛翔实的科学素材,也为国内外全球变化科研从业者提供真实可靠的基础数据。

图书在版编目(CIP)数据

东北亚南北综合样带的构建与梯度分析 / 江洪等著. —北京:科学出版社, 2016. 5

(中国北方及其毗邻地区综合科学考察)

“十三五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-03-038960-2

I. ①东… II. ①江… III. ①生态环境—研究—东亚 IV. ①X21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 251246 号

责任编辑:李 敏 周 杰 / 责任校对:彭 涛

责任印制:肖 兴 / 封面设计:黄华斌 陈 敬

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016 年 5 月第一次印刷 印张:18 3/4

字数:400 000

定价:128.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

中国北方及其毗邻地区综合科学考察 丛书编委会

项目顾问委员会

主 任

- 孙鸿烈 中国科学院原常务副院长、中国青藏高原研究会名誉理事长、中国科学院院士、研究员
- 陈宜瑜 国家自然科学基金委员会原主任、中国科学院院士、研究员

委 员

- 方 磊 中国生态经济学会原副理事长、原国家计划委员会国土地区司司长、教授
- 李文华 中国生态学学会顾问、中国工程院院士、研究员
- 田裕钊 原中国科学院-国家计委自然资源综合考察委员会副主任、研究员
- 刘兴土 中国科学院东北地理与农业生态研究所，中国工程院院士、研究员
- 周晓沛 外交部原欧亚司司长、中华人民共和国驻哈萨克斯坦共和国大使馆原大使
- 李静杰 中国社会科学院原苏联东欧所所长、学部委员、研究员
- 陈 才 吉林大学东北亚研究院名誉院长、东北师范大学终身荣誉教授
- 刘纪远 中国自然资源学会名誉理事长、资源与环境信息系统国家重点实验室原主任、中国科学院地理科学与资源研究所研究员

中国北方及其毗邻地区综合科学考察 丛书编委会

项目专家组

组 长

刘 恕 中国科学技术协会原副主席、荣誉委员，中国俄罗斯友好协会常务副会长、研究员

副组长

孙九林 中国工程院院士、中国科学院地理科学与资源研究所研究员

专 家

石玉林 中国工程院院士、中国自然资源学会名誉理事长、研究员

尹伟伦 中国工程院院士、北京林业大学原校长、教授

黄鼎成 中国科学院资源环境科学与技术局原副局级学术秘书、研究员

葛全胜 中国科学院地理科学与资源研究所所长、研究员

江 洪 南京大学国际地球系统科学研究所副所长、教授

陈全功 兰州大学草地农业科技学院教授

董锁成 中国科学院地理科学与资源研究所研究员

中国北方及其毗邻地区综合科学考察 丛书编委会

编辑委员会

主 编 董锁成 孙九林

编 委 (中方专家按姓氏笔画排序)

王卷乐 叶舜赞 朱华忠 庄大方 刘曙光
江 洪 孙九林 李 宇 李旭祥 杨雅萍
何德奎 张树文 张 路 陈 才 陈全功
陈毅锋 欧阳华 胡维平 顾兆林 徐兴良
徐新良 董锁成

Tulokhonov Arnold (俄)	Peter Ya. Baklanov (俄)
Mikhail I. Kuzmin (俄)	Boris A. Voronov (俄)
Viktor M. Plyusnin (俄)	Endon Zh. Garmayev (俄)
Desyatkin Roman (俄)	Dechingungaa Dorjgotov (蒙)

编委会办公室 李 宇 王卷乐 李泽红

《东北亚南北综合样带的构建与梯度分析》

撰写委员会

主 笔 江 洪

副 主 笔 王卷乐 金佳鑫

执笔人员	朱立君	张秀英	宋 佳	王 颖
	程苗苗	韩 英	王 可	施成艳
	徐晓华	孔 艳	徐 伟	张林静
	王祎鑫	高孟绪	刘 鹏	

序 一

科技部科技基础性工作专项重点项目“中国北方及其毗邻地区综合科学考察”经过中、俄、蒙三国 30 多家科研机构 170 余位科学家 5 年多的辛勤劳动，终于圆满完成既定的科学考察任务，形成系列科学考察报告，共 10 册。

中国北方及其毗邻的俄罗斯西伯利亚、远东地区及蒙古国是东北亚地区的重要组成部分。除了 20 世纪 50 年代对中苏合作的黑龙江流域综合考察外，长期以来，中国很少对该地区进行综合考察，尤其缺乏对俄蒙两国高纬度地区的考察研究。因此，该项考察成果的出版将为填补中国在该地区数据资料的空白做出重要贡献，且将为全球变化研究提供基础数据支持，对东北亚生态安全和可持续发展、“丝绸之路经济带”和“中俄蒙经济走廊”的建设具有重要的战略意义。

这次考察面积近 2000 万 km^2 ，考察内容包括地理环境、土壤、植被、生物多样性、河流湖泊、人居环境、经济社会、气候变化、东北亚南北生态样带、综合科学考察技术规范等，是一项科学价值大、综合性强的跨国科学考察工作。系列科学考察报告是一套资料翔实，内容丰富，图文并茂的重要成果。

我相信，《中国北方及其毗邻地区综合科学考察》丛书的出版是一个良好的开端，这一地区还有待进一步深入全面考察研究。衷心希望项目组再接再厉，为中国的综合科学考察事业做出更大的贡献。



2014 年 12 月

序 二

2001年,科技部启动科技基础性工作专项,明确了科技基础性工作是指对基本科学数据、资料和相关信息进行系统的考察、采集、鉴定,并进行评价和综合分析,以加强我国基础数据资料薄弱环节,探求基本规律,推动科学基础资料信息流动与利用的工作。近年来,科技基础性工作不断加强,综合科学考察进一步规范。“中国北方及其毗邻地区综合科学考察”正是科技部科技基础性工作专项资助的重点项目。

中国北方及其毗邻的俄罗斯西伯利亚、远东地区和蒙古国在地理环境上是一个整体,是东北亚地区的重要组成部分。随着全球化和多极化趋势的加强,东北亚地区的地缘战略地位不断提升,越来越成为大国竞争的热点和焦点。东北亚地区生态环境格局复杂多样,自然过程和人类活动相互作用,对中国资源、环境与社会经济发展具有深刻的影响。长期以来,中国缺少对该地区的科学研究和数据积累,尤其缺乏对俄蒙两国高纬度地区的考察研究。因此,该项综合科学考察成果的出版将填补我国在该地区长期缺乏数据资料的空白。该项综合科学考察工作必将极大地支持中国在全球变化领域中对该地区的创新研究,支持东北亚国际生态安全、资源安全等重大战略决策的制定,对中国社会经济可持续发展特别是丝绸之路经济带和中俄蒙经济走廊的建设都具有重要的战略意义。

《中国北方及其毗邻地区综合科学考察》丛书是中俄蒙三国170余位科学家通过5年多艰苦科学考察后,用两年多时间分析样本、整理数据、编撰完成的研究成果。该项科学考察体现了以下特点:

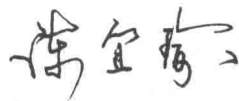
一是国际性。该项工作联合俄罗斯科学院、蒙古国科学院及中国30多家科研机构,开展跨国联合科学考察,吸收俄蒙资深科学家和中青年专家参与,使中断数十年的中苏联合科学考察工作在新时期得以延续。项目考察过程中,科考队员深入俄罗斯勒拿河流域、北冰洋沿岸、贝加尔湖流域、远东及太平洋沿岸等地区,采集到大量国外动物、植物、土壤、水样等标本。该项考察工作还探索出利用国外生态观测台站和实验室观测、实验获取第一手数据资料,合作共赢的国际合作模式。如此大规模的跨国科学考察,必将有力地推进中国综合科学考察工作的国际化。

二是综合性。从考察内容看,涉及地理环境、土壤植被、生物多样性、河流湖泊、人居环境、社会经济、气候变化、东北亚南北生态样带以及国际综合科学考察技术规范等内容,是一项内容丰富、综合性强的科学考察工作。

三是创新性。该项考察范围涉及近2000万 km^2 。项目组探索出点、线、面结合,遥感监测与实地调查相结合,利用样带开展大面积综合科学考察的创新模式,建立E-Science信息化数据交流和共享平台,自主研制便携式野外数据采集仪。上述创新模式和技术保障了各项考察任务的圆满完成。

考察报告资料翔实,数据丰富,观点明确,在科学分析的基础上还提出中俄蒙跨国

合作的建议，有许多创新之处。当然，由于考察区广袤，环境复杂，条件艰苦，对俄罗斯和蒙古全境自然资源、地理环境、生态系统与人类活动等专题性系统深入的综合科学考察还有待下一步全面展开。我相信，《中国北方及其毗邻地区综合科学考察》丛书的面世将对中国国际科学考察事业产生里程碑式的推动作用。衷心希望项目组全体专家再接再厉，为中国的综合科学考察事业做出更大的贡献。



2014 年 12 月

序 三

进入 21 世纪以来,我国启动实施科技基础性工作专项,支持通过科学考察、调查等过程,对基础科学数据资料进行系统收集和综合分析,以探求基本的科学规律。科技基础性工作长期采集和积累的科学与数据资料,为我国科技创新、政府决策、经济社会发展和保障国家安全发挥了巨大的支撑作用。这是我国科技发展的重要基础,是科技进步与创新的必要条件,也是整体科技水平提高和经济社会可持续发展的基石。

2008 年,科技部正式启动科技基础性工作专项重点项目“中国北方及其毗邻地区综合科学考察”,标志着我国跨国综合科学考察工作迈出了坚实的一步。这是我国首次开展对俄罗斯和蒙古国中高纬度地区的大型综合科学考察,在我国科技基础性工作史上具有划时代的意义。在该项目的推动下,以董锁成研究员为首席科学家的项目全体成员,联合国内外 170 余位科学家,利用 5 年多的时间连续对俄罗斯远东地区、西伯利亚地区、蒙古国,中国北方地区展开综合科学考察,该项目接续了中断数十年的中苏科学考察。科考队员足迹遍布俄罗斯北冰洋沿岸、东亚太平洋沿岸、贝加尔湖沿岸、勒拿河沿岸、阿穆尔河沿岸、西伯利亚铁路沿线、蒙古沙漠戈壁、中国北方等人迹罕至之处,历尽千辛万苦,成功获取考察区范围内成系列的原始森林、土壤、水、鱼类、藻类等珍贵样品和标本 3000 多个(号),地图和数据文献资料 400 多套(册),填补了我国近几十年在该地区的资料空白。同时,项目专家组在国际上首次尝试构建东北亚南北生态样带,揭示了东北亚生态、环境和经济社会样带的梯度变化规律;在国内首次制定 16 项综合科学考察标准规范,并自主研制了野外考察信息采集系统和分析软件;与俄蒙科研机构签署 12 项合作协议,创建了中俄蒙长期野外定位观测平台和 E-Science 数据共享与交流网络平台。项目取得的重大成果为我国今后系统研究俄蒙地区资源开发利用和区域可持续发展奠定了坚实的基础。我相信,在此项工作基础上完成的《中国北方及其毗邻地区综合科学考察》丛书,将是极富科学价值的。

中国北方及其毗邻地区在地理环境上是一个整体,它占据了全球最大的大陆——欧亚大陆东部及其腹地,其自然景观和生态格局复杂多样,自然环境和经济社会相互影响,在全球格局中,该地区具有十分重要的地缘政治、地缘经济和地缘生态环境战略地位。中俄蒙三国之间有着悠久的历史渊源、紧密联系的自然环境与社会经济活动,区内生态建设、环境保护与经济发展具有强烈的互补性和潜在的合作需求。在全球变化的背景下,该地区在自然环境和经济社会等诸多方面正发生重大变化,有许多重大科学问题亟待各国科学家共同探索,共同寻求该区域可持续发展路径。当务之急是摸清现状。例如,在当前应对气候变化的国际谈判、履约和节能减排重大决策中,迫切需要长期采集和积累的基础性、权威性全球气候环境变化基础数据资料作为支撑。在能源资源越来越短缺的今天,我国要获取和利用国内外的能源资源,首先必须有相关国家的资源环境基础资料。俄蒙等周边国家在我国全球资源战略中占有极其重要的地位。

中国科学家十分重视与俄、蒙等国科学家的学术联系，并与国外相关科研院所保持着长期良好的合作关系。1998年、2004年，全国人大常委会副委员长、中国科学院院长路甬祥两次访问俄罗斯，并代表中国科学院与俄罗斯科学院签署两院院际合作协议。2005年、2006年，中国科学院地理科学与资源研究所等单位与俄罗斯科学院、蒙古科学院中亚等国科学院相关研究所成功组织了一系列综合科学考察与合作研究。近年来，各国科学家合作交流更加频繁，合作领域更加广泛，合作研究更加深入。《中国北方及其毗邻地区综合科学考察》丛书正是基于多年跨国综合科学考察与合作研究的成果结晶。该项成果包括：《中国北方及其毗邻地区科学考察综合报告》、《中国北方及其毗邻地区土地利用/土地覆被科学考察报告》、《中国北方及其毗邻地区地理环境背景科学考察报告》、《中国北方及其毗邻地区生物多样性科学考察报告》、《中国北方及其毗邻地区大河流域及典型湖泊科学考察报告》、《中国北方及其毗邻地区经济社会科学考察报告》、《中国北方及其毗邻地区人居环境科学考察报告》、《东北亚南北综合样带的构建与梯度分析》、《中国北方及其毗邻地区综合科学考察数据集》、*Proceedings of the International Forum on Regional Sustainable Development of Northeast and Central Asia*。

2013年9月，习近平主席访问哈萨克斯坦时提出“共建丝绸之路经济带”的战略构想，得到各国领导人的响应。中国与俄蒙正在建立全面战略协作伙伴关系，俄罗斯科技界和政府部门正在着手建设欧亚北部跨大陆板块的交通经济带。2014年9月，习近平主席提出建设中俄蒙经济走廊的战略构想，从我国北方经西伯利亚大铁路往西到欧洲，有望成为丝绸之路经济带建设的一条重要通道。在上海合作组织的框架下，巩固中俄蒙以及中国与中亚各国之间的战略合作伙伴关系是丝绸之路经济带建设的基石。资源、环境及科技合作是中俄蒙合作的优先领域和重要切入点，迫切需要通过科技基础工作加强对俄蒙的重点考察、调查与研究。在这个重大的历史时刻，中国北方及其毗邻地区综合科学考察丛书的出版，对广大科技工作者、政府决策部门和国际同行都是一项非常及时的、极富学术价值的重大成果。



2014年12月

前 言

近 30 年来,气候变化与人类足迹对陆地生态系统影响的研究不仅成为科学研究的热点,而且成为全社会共同关心的问题。国际科学联合会于 1986 年启动国际地圈-生物圈计划,目的是为了增强对未来全球变化影响进行预测,以制定国家及全球资源管理与环境应对战略。IGBP 中所包含的全球变化与陆地生态系统计划主要研究大气成分、气候、人类活动和其他环境变化对于陆地生态系统结构和功能的影响,预测未来全球变化对于森林、农田等生态系统的影响。陆地样带研究是全球变化与陆地生态系统计划的一个重要内容,因为样带是沿着某个主要全球变化驱动因素(温度、降水、土地利用强度等)梯度的一系列研究站点所构成的带状考察区,被认为是研究全球变化与陆地生态系统关系的最有效途径之一。样带是分散站点观测研究与一定空间区域综合分析之间的桥梁以及不同尺度时空模型之间耦合和转换的媒介,尤其对于全球变化驱动因素的梯度分析,样带研究更是最为有效的途径。

在中国北方及其毗邻地区,IGBP 设有 4 条国际标准样带:中国东北样带、中国东部南北样带、俄罗斯远东样带、西西伯利亚样带。过去 10 年中,中俄科学家各自在这 4 条样带开展大量工作。然而,囿于各种条件,上述同属于中国北方及其毗邻地区的样带在地域上并没有很好地连接起来,也没有组织对这一地区的生态环境、社会经济、自然地理背景及水资源进行系统、科学、统一的综合考察。随着近年来中俄双边科技合作的加强、全球变化研究的日益升温,以及前期两条样带数据积累与研究的逐渐完善,建立一条纵贯中国北方及其毗邻地区的国际样带,具有较强的可行性。本书基于中国北方及其毗邻地区自然环境与人类活动综合科学考察、专题考察成果,以全球陆地样带方法、思想,对东北亚南北样带中气候、土地利用/土地覆被、水资源和水环境、生态地理区域/植被和土壤、生物多样性及其自然保护、大气环境、人口密度/城市化和社会经济的梯度及其变化等进行分析。

作 者

2014 年 9 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 样带研究的科学意义	1
1.2 全球样带研究进展	4
1.3 样带研究的科学方法	6
1.4 东北亚地区在样带研究中的地位	9
第2章 东北亚南北样带设计	11
2.1 东北亚南北样带范围	11
2.2 东北亚南北样带指标体系	12
第3章 东北亚南北样带的数据信息框架构建	18
3.1 东北亚资源环境综合科学考察数据集成体系框架设计	18
3.2 东北亚资源环境综合科学考察数据标准规范体系	19
3.3 东北亚资源环境综合科学考察数据分类与编码	22
3.4 东北亚资源环境综合科学考察数据平台	25
第4章 东北亚南北样带气候要素的梯度及其变化	33
4.1 气候变化概述	33
4.2 东北亚南北样带气候要素数据的获取	34
4.3 东北亚南北样带气候要素的梯度	35
4.4 东北亚南北样带气候要素的变化分析	37
第5章 东北亚南北样带土地利用/土地覆被的梯度分布及其变化	41
5.1 土地利用/土地覆被及其变化概述	41
5.2 东北亚南北样带土地利用/土地覆被数据的获取	44
5.3 东北亚南北样带土地利用/土地覆被的梯度	49
5.4 东北亚南北样带土地利用/土地覆被的变化分析	49
第6章 东北亚南北样带水资源与水环境的梯度分布及其变化	56
6.1 水资源与水环境概述	56
6.2 东北亚南北样带水资源与水环境数据的获取	57
6.3 东北亚南北样带水资源与水环境的梯度	58
6.4 东北亚南北样带水资源与水环境的变化分析	58
第7章 东北亚南北样带生态地理区域、植被和土壤的梯度及其变化	60
7.1 生物地理概述	60
7.2 东北亚南北样带生态地理区域、植被和土壤数据的获取	62
7.3 东北亚南北样带生态地理区域、植被和土壤的梯度	65
7.4 东北亚南北样带生态地理区域、植被和土壤的变化分析	74

第 8 章 东北亚南北样带生物多样性及其自然保护的梯度和变化	83
8.1 生物多样性及其自然保护概述	83
8.2 东北亚南北样带生物多样性及其自然保护数据的获取	84
8.3 东北亚南北样带生物多样性及其自然保护的梯度	85
8.4 东北亚南北样带生物多样性及其自然保护的变化分析	86
8.5 俄罗斯贝加尔湖周边地区自然保护区	86
第 9 章 东北亚南北样带人口密度、城市化和社会经济的梯度及其变化	88
9.1 人口密度、城市化和社会经济概述	88
9.2 东北亚南北样带人口与社会经济梯度数据处理	89
9.3 东北亚南北样带人口变化梯度分析	90
9.4 东北亚南北样带社会经济梯度分析	97
第 10 章 东北亚南北样带大气环境的梯度及其变化	108
10.1 大气环境概述	108
10.2 东北亚南北样带大气环境数据的获取	109
10.3 东北亚南北样带大气环境的梯度	116
10.4 东北亚南北样带大气环境的变化分析	123
第 11 章 东北亚南北样带自然火干扰的梯度及其变化	263
11.1 自然火干扰概述	263
11.2 东北亚南北样带自然火干扰数据的获取	266
11.3 东北亚南北样带自然火干扰的梯度	266
11.4 东北亚南北样带自然火干扰的变化分析	267
主要参考文献	268

样带考察与调查及考察成果综合集成（2007FY110300-8）是国家科技基础性工作专项重点项目“中国北方及其毗邻地区综合科学考察”第 8 课题的主要任务。本研究所建立的东北亚南北样带（图 1-1）的空间范围是 32°N ~ 78°N，105°E ~ 118°E。本研究通过样带综合科学考察和专题考察成果集成对比，制订东北亚南北样带（North- South Transect of Northeast Asia, NSTNEA）自然环境与人类活动梯度，分别对气候要素、土地利用/土地覆被、水资源和水环境、生态地理区域/植被和土壤、生物多样性及其自然保护、大气环境、人口密度/城市化和社会经济的梯度及其变化等方面进行重点研究与分析。

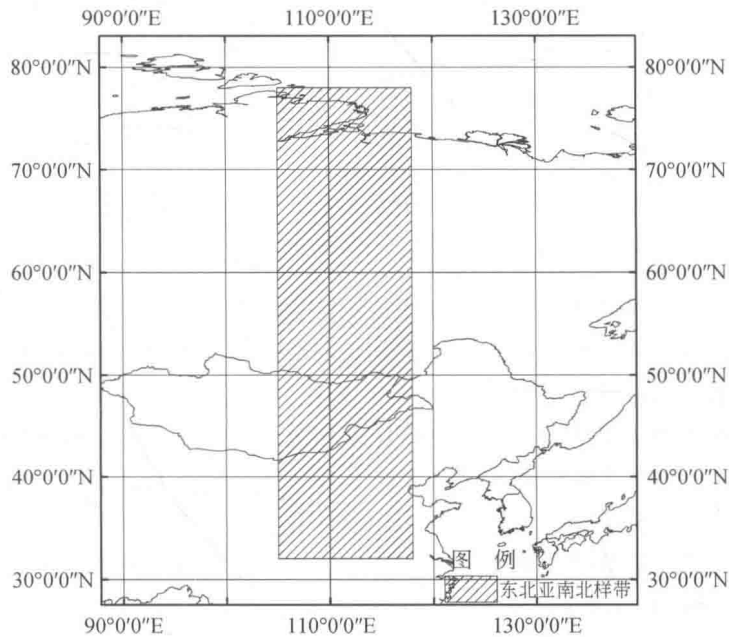


图 1-1 东北亚南北样带

1.1 样带研究的科学意义

1.1.1 IGBP 样带定义

国际地圈-生物圈计划（International Geosphere- Biosphere Programme, IGBP）样带（Transect）用于反映主要环境因子变化对陆地生态系统的结构/功能/组成、生物圈-大气圈痕量气体交换和水分循环等的影响（图 1-2）。每条样带都由分布在一个较大地理

范围（量级为 1000km 或更大）内的一系列研究站点组成。样带包含生态系统结构和功能的基本控制因子梯度，例如，气候、土壤或土地利用梯度，从潮湿热带森林到干旱稀树草原的降水梯度。实际上，所有的 IGBP 样带控制因子都具有一定的复杂性，都不是简单的空间线性变异，多种多样的因子对整个生态系统的结构和功能都会有所影响，并相互联系以决定其动态。然而，一个强烈基本梯度的存在可反映沿样带的生态系统与该因子及其他环境因子的相互关系，因此可帮助我们理解这些系统的功能，以及它们大概是如何变化的。

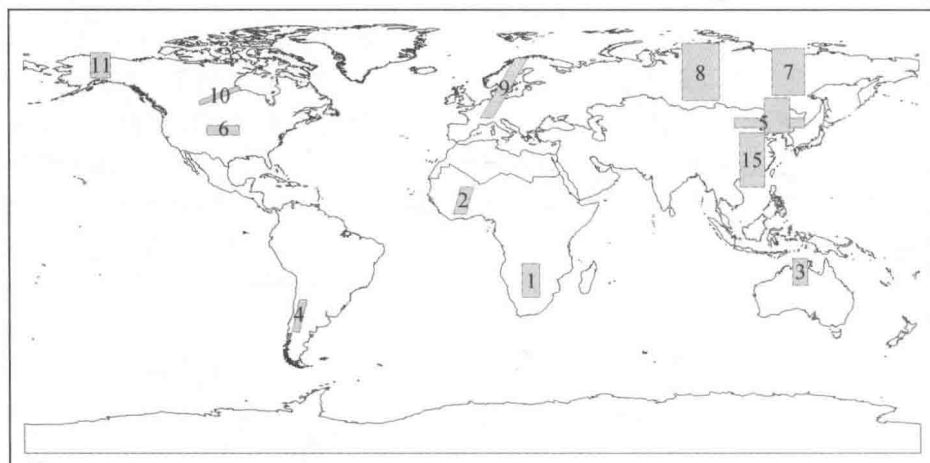


图 1-2 全球 IGBP 陆地样带及东北亚南北样带位置
数字为样带编号

在某些情况下，环境梯度足以向自然空间提供一个大概的线性梯度，但这对样带研究并不是一个必备条件。对某些问题，尤其是那些包含尺度转换和依赖于相互联系的过程，自然地理连续的梯度是很重要的。通常，样带的长度大约 1000km 量级，以确保覆盖气候和大气模式的空间范围，且与决策尺度相关，但原则上它们没有固定宽度。

图 1-3 表明一般样带研究设计会结合若干野外研究站点和大量的样点。尽管没在图上注明，但样带有次要梯度。也就是说，一系列沿着主要梯度聚合在一个研究台站附近的样点，可以为另外的全球变化变量取样，如土地利用强度（例如，在半干旱热带样带的放牧强度）。沿一对主要和次要梯度进行研究对于确定多变量的相对重要性及它们的相互联系具有重要意义。

除了在空间上单一环境因子连续变化且梯度相对明确的样带外，IGBP 还建立了一组以土地利用强度为基本梯度的样带。这些梯度在空间上比拟线性样带更为复杂。因为在不同强度土地利用条件下的生态系统很少以这样一种方式分布，即沿一个区域性样带的距离位置直接对应于土地利用强度。然而，沿不同土地利用强度梯度来设置样带是可行的，如从未经经营的森林到择伐林地，到皆伐林地，随之为森林演替而转成牧场，到转成永久性的高产出农业。因此，在一个区域内的样点就能根据它们沿着这样一种梯度的位置来定位和评估，从而形成一种类似于单调空间湿度或温度梯度的状况。