



中国科学院研究生教学丛书



现代自然地理

黄秉维 郑 度 赵名茶 等著

科学出版社

中国科学院研究生教学丛书

现代自然地理

黄秉维 郑 度 赵名茶 等著

科学出版社

1999

内 容 简 介

本书系反映自然地理最新研究成果的研究生教材。在基础理论方面,着重阐述了学科前沿和国际热点,如陆地地球系统科学、全球环境变化等,介绍了综合自然地理及部门自然地理的若干基本理论问题;在实践应用方面,则结合中国的自然区域特点,分别阐明其环境演化、地域分异、资源合理利用以及区域发展等问题。具有较高的理论水平和应用价值。

本书可作为地理学专业研究生教材,也可供有关研究人员和教师阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代自然地理/黄秉维等著. —北京:科学出版社,1999.2

ISBN 7-03-006896-3

I. 现… II. 黄… III. 自然地理学 N. P90

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 20501 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1999 年 2 月 第 一 版 开本:787×1092 1/16

1999 年 2 月 第一次印刷 印张:23 3/4

印数:1—2 600 字数:540 000

定价:40.00 元

(如有缺页倒装,本社负责掉换。〈科印〉)

《中国科学院研究生教学丛书》序

在 21 世纪曙光初露,中国科技、教育面临重大改革和蓬勃发展之际,《中国科学院研究生教学丛书》——这套凝聚了中国科学院新老科学家、研究生导师们多年心血的研究生教材面世了。相信这套丛书的出版,会在一定程度上缓解研究生教材不足的困难,对提高研究生教育质量起着积极的推动作用。

21 世纪将是科学技术日新月异,迅猛发展的新世纪,科学技术将成为经济发展的最重要的资源和不竭的动力,成为经济和社会发展的首要推动力量。世界各国之间综合国力的竞争,实质上是科技实力的竞争。而一个国家科技实力的决定因素是它所拥有的科技人才的数量和质量。我国要想在 21 世纪顺利地实施“科教兴国”和“可持续发展”战略,实现小平同志规划的三步战略目标——把我国建设成中等发达国家,关键在于培养造就一支数量宏大、素质优良、结构合理、有能力参与国际竞争与合作的科技大军。这是摆在我国高等教育面前的一项十分繁重而光荣的战略任务。

中国科学院作为我国自然科学与高新技术的综合研究与发展中心,在建院之初就明确了出成果出人才并举的办院宗旨,长期坚持走科研与教育相结合的道路,发挥了高级科技专家多、科研条件好、研究水平高的优势,结合科研工作,积极培养研究生;在出成果的同时,为国家培养了数以万计的研究生。当前,中国科学院正在按照江泽民同志关于中国科学院要努力建设好“三个基地”的指示,在建设具有国际先进水平的科学研究基地和促进高新技术产业发展基地的同时,加强研究生教育,努力建设好高级人才培养基地,在肩负起发展我国科学技术及促进高新技术产业发展重任的同时,为国家源源不断地培养输送大批高级科技人才。

质量是研究生教育的生命,全面提高研究生培养质量是当前我国研究生教育的首要任务。研究生教材建设是提高研究生培养质量的一项重要基础性工作。由于各种原因,目前我国研究生教材的建设滞后于研究生教育的发展。为了改变这种情况,中国科学院组织了一批在科学前沿工作,同时又具有相当教学经验的科学家撰写研究生教材,并以专项资金资助优秀的研究生教

材的出版。希望通过数年努力,出版一套面向 21 世纪科技发展,体现中国科学院特色的高水平的研究生教学丛书。本丛书内容力求具有科学性、系统性和基础性,同时也兼顾前沿性,使阅读者不仅能获得相关学科比较系统的科学基础知识,而且也能被引导进入当代科学研究的前沿。这套研究生教学丛书,不仅适合于在校研究生学习使用,也可以作为高校教师和专业研究人员工作和学习的参考书。

“桃李不言,下自成蹊。”我相信,通过中国科学院一批科学家的辛勤耕耘,《中国科学院研究生教学丛书》将成为我国研究生教育园地的一丛鲜花,也将似润物春雨,滋养莘莘学子的心田,把他们引向科学的殿堂,不仅为科学院,也为全国研究生教育的发展作出重要贡献。

饶阳祥

前言

地理科学面对的是一个由各种自然现象和社会现象组合在一起的、复杂的地球表层巨系统,是综合性很强的学科。现代地理科学继承和发展了近代地理学综合性、区域性的传统和观念,已成为一个分支众多的科学体系。它具有跨越自然科学和社会科学的性质,起着桥梁、交汇和贯通的作用,这在传统的学科中是别具一格、独树一帜的。

自然地理学是和人文地理学并列为地理学的两大分支之一,是地理学的重要基石。自然地理学以地球表层,即自然地理环境为研究对象。地球表层是具有一定厚度的圈层,即为岩石圈、水圈、大气圈、生物圈相互作用、相互渗透区间内的一个特殊圈层。人类出现后,它又成为人类居住和从事生产活动的环境,可称为人类自然环境,包括只受到人类间接或轻微影响而原有自然面貌未发生明显变化的天然环境和长期受到人类直接影响而使原有自然面貌发生重大改变的环境。

自然地理学是把组成自然环境的各种要素相互联系起来进行综合研究,以阐明自然环境的整体,各组成要素及其相互间的结构、功能、物质迁移、能量转换、动态演变以及地域分异规律。按研究对象可分为综合自然地理学、部门自然地理学和专门自然地理学。自然地理的综合研究符合学科发展的潮流和趋势,是地球表层整体研究的需要。如自然地理过程的研究包括历史过程和现代过程,现代过程中物理、化学和生物过程的综合研究从热量水分平衡,发展为土壤—植物—大气连续系统(SPAC)和自然生产潜力的研究,80年代以来又成为全球环境变化研究的基础;自然地域系统包括地域分异和自然区划,是自然地理的重要研究领域,区域、类型和过程的综合研究则是区域可持续发展和全球环境变化研究的基础。专门自然地理学,如极地和高山的研究通常与资源、环境领域联系密切,是重要的环境信息载体,也是全球环境变化的关键区域。中国科学院院士黄秉维先生以陆地地球系统科学与区域可持续发展作为地理科学的发展方向和战略目标则是高屋建瓴、纲举目张。

当今世界面临着人口、资源、环境和发展的一系列重大问题。在我国的建设实践中,也有众多问题需要我们去解决,如自然资源开发利用,农业生产潜力的提高,环境质量评价、预测与保护,产业布局与区域规划,乡村发展与城镇化,自然灾害及其减缓对策,退化土地整治与区域发展等。这些都需要自然地理学基础理论的指导,也是对地理学家提出的新要求,并促使和推动着地理学的发展。中国地理学家在了解评价自然条件(环境与资源)、协调人地关系、促进区域发展和改善生态环境等方面都将做出了积极的贡献。与此同时,在地理科学的基础研究领域还存在着创新与突破的前景。判断一门学科发展的形势,既要看到其基础理论的进展和研究手段的提高,也要看它对社会发展和进步所做的贡献。两者相辅相成。有较完善的理论体系和较先进的研究方法手段,就能为社会发展服务;

十世纪自然地理

只有不断结合实践,解决经济建设与社会发展中的问题,才能促进学科自身的发展。在当前我国由计划经济向市场经济过渡的条件下,地理学界更应当积极投身于国家和地方的建设实践,服务于社会发展的需求,才能促进学科本身的发展。

1988年出版的《现代自然地理》比较全面、系统地阐明了自然地理学综合研究的传统领域,介绍和讨论了若干新兴的研究领域,对于年青一代地学工作者的培养和成长起到了积极的作用。此后,我们在中国科学院研究生院《现代自然地理》课程的教学组织中组织聘请中国科学院地理研究所长期从事研究工作,实践经验丰富,并有较高学术造诣的研究员系统讲授各自研究领域的理论与实践,选修课程日众,教学效果较好。鉴于大学教材中综合自然地理学的内容已有很大的改进,此次新编著的《现代自然地理》,在基础理论方面着重阐述学科前沿和国际热点,如陆地地球系统科学、全球环境变化等,介绍综合自然地理以及部门自然地理的若干基本理论问题;在实践应用方面,则结合中国的自然区域特点,分别阐明其环境演化、地域分异、资源合理利用以及区域发展等问题。

本书经多次集体讨论,并由黄秉维主编审订框架大纲,分别执笔撰写,反复修改,由郑度、顾钟熊负责全书整编统稿及撰写前言、后记。各章的执笔人如下:

第一章 地球系统科学与可持续发展研究	黄秉维
第二章 面向 21 世纪的地理学	郑 度
第三章 自然地域系统	郑 度、杨勤业
第四章 自然生产潜力研究	赵名茶
第五章 水量转化	刘昌明
第六章 河流系统与环境变化	尤联元
第七章 地表元素迁移集散与环境保护	唐以剑
第八章 生命元素平衡与健康与医学地理	谭见安、朱文郁、李日邦
第九章 实验地理学与地理工程学	唐登银
第十章 全球变化研究	张丕远
第十一章 土地利用与土地覆被变化	赵名茶、李秀彬
第十二章 极地 with 全球变化	张青松、李栓科
第十三章 青藏高原自然环境的演化与分异	郑 度、李炳元
第十四章 中国水资源及其利用	汤奇成
第十五章 黄土高原与黄河泥沙	景 可
第十六章 黄淮海平原农业可持续发展	黄荣金
第十七章 坡地过程及坡地改良利用	靳长兴
第十八章 地理学研究的数学方法	李钊章
第十九章 地理信息系统与自然地理研究	李秀彬

书中插图由徐静芳女士清绘。本书不足之处,欢迎读者批评指正。

编 者
1997 年 12 月

目 录

《中国科学院研究生教学丛书》序	i
前 言	iii
第一章 地球系统科学与可持续发展研究	1
第一节 地球系统科学	1
第二节 理论与方法的探讨	3
第三节 若干领域的研究内容	7
参考文献	12
第二章 面向 21 世纪的地理学	13
第一节 国际地理学发展的历程	13
第二节 现代地理学的发展趋势	17
第三节 地理学发展的契机	20
第四节 地理学的优势领域	22
第五节 中国地理学近期发展战略	24
参考文献	27
第三章 自然地域系统	29
第一节 概述	29
第二节 自然地域分异规律	32
第三节 自然地域的演化与排序	37
第四节 自然地域的划分与界线	43
参考文献	54
第四章 自然生产潜力研究	56
第一节 概述	56
第二节 自然生产潜力原理与研究方法	57
第三节 中国农业生产潜力	65
参考文献	68
第五章 水量转化	70
第一节 水循环与水量平衡	70
第二节 水量转化	78
第三节 水文界面过程的分析	82
第四节 水量调控	84
第五节 全球尺度的研究——国际前沿	90
参考文献	93

第六章 河流系统与环境变化	94
第一节 河流系统的几个基本问题	95
第二节 环境变化对河流演变的影响	104
第三节 大型水利枢纽工程对环境的反馈	113
参考文献	116
第七章 地表元素迁移集散与环境保护	118
第一节 地表元素迁移及其控制因素	118
第二节 地表元素迁移的主要过程与地域分异规律	121
第三节 地表元素迁移与环境保护	128
参考文献	132
第八章 生命元素平衡与健康和医学地理	133
第一节 化学地理环境	133
第二节 生命元素区域分异、平衡与健康	145
第三节 生命元素与医学地理	153
第四节 环境生命系统生命元素研究的展望	160
参考文献	162
第九章 实验地理学与地理工程学	163
第一节 传统地理学的革新	163
第二节 实验地理学概要	164
第三节 地理工程学概要	167
第四节 经验与展望	170
参考文献	173
第十章 全球变化研究	174
第一节 全球变化研究概要	174
第二节 历史时期气候方法与结论	183
参考文献	193
第十一章 土地利用和土地覆被变化	195
第一节 通论	195
第二节 中国的土地覆被与土地利用	203
参考文献	209
第十二章 极地与全球变化	211
第一节 极地概述	211
第二节 南极研究	215
第三节 北极研究	225
参考文献	233
第十三章 青藏高原自然环境的演化与分异	234
第一节 山地高原地理研究概述	234
第二节 青藏高原古地理环境变迁	236
第三节 垂直自然带的结构类型与分布模式	243

第四节	独特的地生态现象与空间格局	249
第五节	青藏高原的自然地域系统	252
参考文献		256
第十四章	中国水资源及其利用	258
第一节	中国水资源的时空分布规律	258
第二节	中国水资源的质量及污染	267
第三节	中国水资源利用	269
第四节	中国干旱区水资源利用	272
参考文献		277
第十五章	黄土高原与黄河泥沙	278
第一节	现代侵蚀环境	279
第二节	黄河中游的侵蚀产沙	282
第三节	黄河泥沙的输移特征	285
第四节	黄河侵蚀泥沙堆积与环境	288
第五节	下游河道泥沙淤积趋势预估	292
第六节	侵蚀泥沙调控对策	294
参考文献		298
第十六章	黄淮海平原农业可持续发展	299
第一节	农业可持续发展思潮	299
第二节	黄淮海平原自然条件与农业可持续发展	302
第三节	黄淮海平原农业状况与问题	306
第四节	黄淮海平原农业可持续发展	310
参考文献		318
第十七章	坡地过程与坡地改良利用	319
第一节	坡地过程及影响因素	319
第二节	坡地改良利用	329
参考文献		336
第十八章	地理学研究的数学方法	338
第一节	数学方法与定量化	338
第二节	数学方法与地理学研究	341
第三节	数学模型的建立	345
第四节	应用实例	350
参考文献		356
第十九章	地理信息系统与自然地理研究	358
第一节	GIS 技术应用的若干基本问题	358
第二节	GIS 技术在资源管理和环境整治上的应用	361
第三节	GIS 技术在自然地理过程模拟模型上的应用	363
参考文献		365
后 记		366

第一章 地球系统科学与可持续发展研究

地球系统科学是可持续发展战略的科学基础。它脱胎于气候系统研究,跨越一系列自然与社会科学,将全球变化与区域变化熔为一炉。所涵盖的时间自数十年至一二百年,在此时间尺度内,所涵盖的对象基本上是大 气、海洋与陆地以及介于其间的物质能量交换过程。陆地最重要、最复杂,受人类活动的影响亦最大,目前未知数亦最多。宜先在跨学科的综合工作上多下功夫,积极推动陆地系统研究。

第一节 地球系统科学

地球系统科学是一个比较新的名词。1987 年在 *Earth Quest* 第 1 卷第 2 期有 F. P. Bretherton 关于地球系统科学的简略说明。1986 年以前还未有人使用过这一名词,在中国知道的人更少。却有两本书可供参考:一是 1994 年宋健主编的《现代科学技术基础知识》,105~108 页,在“作为一个大系统的地球”一目中,简单地说明这门科学的涯要。这是干部选读的书,很可能将在计划人员及一部分决策人中有比较广泛的影响;二是 1992 年出版陈泮勤等翻译的《地球系统科学》,比较详细地论述这门科学的意义、内容和方法。原文是美国国家航空与宇航管理局顾问理事会于 1983 年任命的地球系统科学委员会 (Earth System Sciences Committee) 在 1987 年出版的报告。“地球系统科学”一词在委员会名称中是复数,在报告名称中则是单数。委员会的任务是综合审议该局的地球科学工作计划,提出建议。地球系统科学由复数转变为单数是强调将地球的大气圈、水圈、岩石圈、生物圈作为一个互相联系的系统,研究作用于该系统内的物理的、化学的和生物的过程,着重探讨十年至几百年的变化及其与人类生活和活动的相互关系,提出制约、改变和适应这些变化的措施。这些见解得到国际上有关科学界的赞同。1992 年出版了长达 1 800 多页,由 W. A. Nierenberg 主编的《地球系统科学百科全书》;1994 年 *AMBIO* 第 1 期是《综合的地球系统科学》专号,许多观测、试验、研究计划得到有力的资助和人力的支持,美国还组织了 22 所大学发展地球系统科学教育。

地球系统科学发轫于 80 年代,迅速向前发展,这不是偶然的,而是在当前时代条件下理势之所必至。将地球几个圈层联系起来是在上世纪后期就已萌生的思想。在 1956 年科学规划中,我们亦列入了“根据物质不灭、能量守恒的原理,开展物理的、化学的和生物的过程研究加以综合”的内容,随即准备人力物力,于 1960 年开始工作。这比西方约早 20 多年。但举步之初,即深受三年困难时期的困扰和破坏,元气未复,又在 10 年动乱中经历更大的创伤。没有能造时势的英雄,便只能等待适宜的时势。地球系统科学在 80 年代基本上脱胎于气候系统研究。大气中 CO_2 浓度增加可能引起气温升高,在 30 年代就已为一些科学家所注意。到 1957 年,在夏威夷海拔近 4 000m 处开始长期观测以后,大气中 CO_2 持

续增多更成为确切无疑的事实。但在 70 年代中期以前,气温呈下降趋势,许多学者如研究气候变化的名家 H. H. Lamb 所深心关切的是冰期即将来临,不认为温室气体能起多大作用。因此只有少数人抱着经典的气候概念,研究 CO₂ 的温室作用,所取得的成就是很有限的。70 年代中期以后,经典的气候概念逐渐为气候系统所取代,研究方法 with 测试手段不断改进。CO₂ 及其他温室气体在大气中的含量、变化、作用及来龙去脉数据日益增多,又在研究超音速飞机废气的可能影响中,发现人造温室气体在破坏平流层臭氧以致进入对流层紫外辐射增强,全球气温下降趋势亦转变为以上升为主。至 80 年代前期,温室气体浓度持续增加已引起公众的关注,也没有任何事实足以否定其增温的作用。增温的直接作用未必可怕,但如南极冰原破裂,海面大幅度上升,紫外辐射增强到足以产生皮肤癌、视觉病害及生物界无法估量变异的程度,某些湿润、亚湿润、半干旱地区降水量显著减少,其后果都是人类所无法承受的祸害。研究工作因此受到了应有的支持。

王绍武认为从研究气候到研究气候系统转移的标志,是 1979 年全球大气研究计划为世界气候计划所取代(王绍武,1994)。1978 年在美国有关于生物地球化学循环和来自火山和地面人类活动的大气灰尘对气候的影响以及地气间水分能量交换等方面的工作报道。零金碎玉,多加思索,气候系统已在指顾之间。1983 年秋,在一次会议上,据说某能源基地规划的主持人竟认为最难解决的问题是不能就近找到足够的土地植树种草来吸收所将产生的 CO₂。一个行业的长才,对另一行业的问题却成了自寻烦恼的庸人。《关于大气中 CO₂ 含量问题》(黄秉维,1984)一文指出,基地放出 CO₂ 不至直接影响人类健康,为吸收 CO₂ 种树植草也不一定要在基地附近。此外,该文还就当时所见到的文献,评述国际上 CO₂ 增温研究中的一些偏向。由于国内还没有人研究这一问题,文中亦呼吁予以应有的重视。国际科联与许多国际和国家有关组织在 80 年代前半期已拟订或完成了一系列相当周到的全球研究计划,地球系统科学亦在孕育之中。这些计划都已先后开始实施,地球系统科学脱胎而出亦已达 10 年之久,中国地理学界知道的还不多,亟待补上这一课,似宜先读《地球系统科学》的中译本。这是比较容易得到的书,原文也是唯一的“正宗产品”。

一门科学的产生和发展决定于客观的需要和成熟的条件。现在更重要的是将地球系统科学定位为可持续发展战略的科学基础,以此为指针,批判吸收旧识与新知,可以收到较多的心得。“英雄莫论出处”。发现自然地带性与非地带性的是土壤学家。第一本自然地带专著的作者是动物学家。在环境研究上有划时代意义的 *Man and Nature; or Physical Geography as Modified by Man*(1864)的作者是法学家、外交官。在本世纪初期,美国地理学界探索环境对人类活动的影响,盛极一时。20 年代以后,反对者很多,亦都持之有故,言之成理。如不考虑具体时代条件与要求,就很难说孰是孰非。20 年代有人主张地理学就是人类生态学,但地理学家自己不必从事地貌、气候的基础研究。这是否合理,也是有条件性的。希望地理学家参与地球系统科学的发展,但不宜将地球系统科学与地理学混为一谈,而应当致力于巩固可持续发展战略的科学基础。钱学森所倡议的地球表层学与地球系统科学相似而略有出入,目的则基本相同。在这里的耕耘很可能就是在那里的锄杂。

地球系统科学脱胎于全球气候系统研究,主要着眼于全球,着眼于有全球意义的对象。在国际科联 1995 年的报告中还用了“全球环境科学(单数)”一词,但研究工作仍得顾及到区域差异。地球表层学显然兼顾到由一地到较小区域、较大区域、全国以至全球的不

同层次;不是全球性的现象,如城市热岛、城市污染、农田污染等,也包括在内。在可持续发展战略中,不但全球环境与区域环境应该结合起来,环境也应该与发展结合起来。否则就会失去其作为行动依据的作用。

《地球系统科学》一书很少涉及社会经济、政治因素,但书中说明这是由于此等问题的讨论超出地球系统科学委员会的权限和知识范围(中译本,10页)。言外之意这门科学不纯是自然科学。IPCC 第三工作组的任务就是研究有关的社会科学问题。国际科联 1995 年出版的一本报告在“地球系统研究”这一标题下并列“世界气候研究”、“国际地圈生物圈”、“全球环境变化人文领域”、“生物多样性”4 项计划。美国 22 所大学地球系统科学教育初级课程全属自然科学,高级课程则包括社会科学。可持续发展战略是不可能不考虑社会科学问题的。钱学森的地球表层学明确地要将自然与社会熔为一炉,与地理学界的意见是一致的。在上文提及的 1994 年 *AMBIO*《综合的地球系统科学》专号中,载有 R. B. Miller 的“全球变化中自然科学与社会科学间相互作用与协作”一文。文中提到在讨论全球环境变化的大型会议上,自然与社会科学之间的协作受到愈来愈多的重视,却很少有成功的经验可资借鉴。有些科学如地理学与心理学虽然包括自然与社会两方面的内容,但没有可以说是跨学科的工作,国际地圈生物圈计划也只能算是多学科的而不是跨学科的。参与地球系统科学工作的地理学家应当承认这一缺点。自我鞭策,总有一天会水滴石穿,豁然贯通的。

《地球系统科学》侧重说明与可持续发展关系密切的几十年至几百年的变化,将全部现象区分为物理气候系统和生物地球化学循环两方面。前一方面是世界气候计划及其属下一系列工作计划的内容,后一方面的内容也是与国际地圈生物圈计划有关的项目。书中还进一步指出两方面的关系以及人类活动与这两方面的关系。从另一角度来看,在相同时间尺度内的变化涉及大气、海洋和陆地三部分,三者之间有三个方面。地球系统科学研究三部分及其介面的互相联系的物理的、化学的、生物的过程。从可持续发展战略来衡量,陆地最重要、最复杂,受到人类活动的影响亦最大,研究却最落后,相对于它的复杂性来说尤其如此。当务之急似应先跨学科的综合工作上下点功夫,这不容易做好。但掌握了一点全局性,就可以在综合指导之下分析,再在分析的基础之上综合。地球系统科学工作的基本条件之一是观测试验,迅速取得必要的信息。这要花许多钱,现在没有钱,将来有了钱,也得花在最有效的地方。必须组织小集体,以陆地为重点,以综合为鹄的,以间接经验为主,直接经验为辅,作周到而必要的侦察。这种侦察全国不能靠一家,一家不能包全国。有几家同时并进,互补短长。

第二节 理论与方法的探讨

地球系统科学与可持续发展的工作近 10 年才以燎原之势迅速展开。理论与方法层出不穷,有一些关键问题尚在摸索之中,很可能还有一些尚未受到注意。其他问题或众说纷纭,各行其是,或见解相左,争论不休。如“可持续性”具体指什么,便有许多说法,结合中国的情况和要求,就得经过一番研究,才能作出比较适当的抉择。现在在国际上明明有许多不同见解,而且在地球系统科学这一概念出现以前,在可持续发展这一概念出现以前,更有不少有关的工作,往往由于某种原因,不先在这上面多下一些功夫,便开始工作,工作中又急于求成,似乎成功了,实际上有些是失败的。一孔之见,一得之功,是不能成为行动指

南的。在国际上,IPCC 的工作是比较健全的,部分成果都尽早地在期刊上发表,征求意见。总结报告兼容并蓄,比较全面,但仍有不全不尽之处,而自然科学与社会科学的跨学科研究更只有一部分处于萌发时期。不断跟踪国内外新出现的成就可能更重要,更应该着意吸收。理论与方法包括很多内容,以下是几个现在看来需要较早解决好的难题。

1. 自然方面的综合

自然界是一个整体,各部分互相关联。人类活动对自然界施加作用,引起某些自然界的自然变化,人及其活动所引致的自然变化反过来又影响社会经济。人类如何利用或对付自然变化又需要对自然有必要的认识。目前认识自然最主要的难题是将有关因素和过程综合起来。这一方向的探索有很长的历史,但未解决或似乎解决了而实际尚未解决的疑点仍然很多。例如,从上世纪后期起,科学家就陆续发现许多自然现象都带有地带性,其共同原因是温度条件与水分条件的地域差异。原苏联科学家在 50 年代就以温度的差异为纬,水分的差异为经,仿照化学元素周期律,提出自然地带周期律。这在科学认识上前进了一步。所用以表达水分条件的指标是按多年年平均地表辐射净值与降水量的比值(辐射干燥指数),以为可以同一比值贯穿用于不同的温度带作为每一温度带以内由量变到质变的阈值。这与好些地区实际不符,由于在实际上起作用的是各年辐射净值与降水量比值的季节变化。以后虽有不少修正尝试,都未能解决问题。解决这一问题需要多年试验研究。不得已而沿用多年平均年值,就必须了解并说明其局限性。近来国外还有不少科学家应用这一指标,未说明,很可能也未考虑它内在的缺点。各种温室气体的全球增温潜在能力,以每放出 1kg CO_2 以后 20 年、100 年、500 年增温作用为单位,编制成表,这对决策当然有重要参考价值。IPCC 为此费了不少力量,于 1990 年《气候变化》报告发表了一个表。1992 年补充报告中,又发表了经过修订的表,都以较多篇幅阐述还存在的问题。由于有关情况非常复杂,按此计算所得的结果,可能会与实际有很大出入。 CO_2 虽然在大气中与其他气体不发生化学作用,其去路却很复杂。以它在大气中的寿命作为计算的依据,可信度自然很小。另一重要温室气体甲烷(CH_4),在 70 年代后半期,在大气中年增加率高达 1.2%,1992 年却只增加 0.3%。阿拉斯加 1987~1990 年的一些观测表明,输入大气中的甲烷的变化可以达到几个数量级。看来要解决这一问题还需要做很多工作。IPCC 于 1995 年再次修订。将大气圈、水圈、岩石圈、生物圈看作相互作用的巨系统综合研究其中的物理、化学、生物过程,说起来容易,做起来决不能一蹴而就。中国科学院地理研究所为了探讨农田潜在生产力,打破气候、土壤等学科界限,按有关自然因素人为改变的难易程度、可能性大小,加以区分,又分别按 C3 与 C4 作物产量形成的原理,参考限制因素原理进行综合,却只点出而没有提出如何考虑风折风倒、病虫害的影响,假定而未检验可见光的季节变化是各年之间差别不大的因素,更未注意所在地区的丰产品种。此类自然方面的综合工作茫无际涯,必须先列出为解决问题所必需的项目,分别主次。

2. 社会经济方面的综合

与陆地地球系统科学及区域可持续发展有关的社会经济问题很多,《中国 21 世纪议程》中所提及的已经不可胜数,仍可能有未提及或不便提及的。问题有如汪洋大海,看似简单的未必简单。如照明节能技术早已取得显著进展,更新设备所费也不多,似乎可以坐言

立行,但在一些先进国家却在推广中遇到过不少障碍。在许多用户看来,这是小事,嫌在旧设备尚未失效的时候更换太麻烦,供产销渠道不畅通,也会影响推广。这类问题似乎就不应列在工作计划之内。建设基金可按人均国民收入估计积累与消费的比例,外资取决于国内外许多因素,我们研究一般不可能作出有用的贡献。长期人口变化只能根据权威机关的预测,但当着眼于某一区域时,没有现成数据也许要作出定量或定性的假设。如三峡水库淹没区农业人口一部分将在附近开发大农业来安置。这些地域及毗邻地域,将来可能有许多壮劳动力外出工作,人口老化的程度当比一般地域更高,宜安排一些养蜂、种桑养蚕等劳动强度较小的产业。关于此类情况,有现成的估计当然最好,否则就只好作较粗的约测。应当以《中国 21 世纪议程》为依据,选出必须研究的社会经济问题,必要时再作一些补充。特别值得一提的是建设的财务评价与国民经济评价。国家计委对此已有长期的经验,十多年来还进行了很多研究。由国家投资的重大建设项目不需要也不可能由我们越俎代庖。但有些建设项目如梯田修筑,每一项规模很小加起来却规模不小,并且可能发挥重大的作用。在由计划经济向市场经济过渡中,价格结构必将有较大变化,较确切地进行费用/利益分析(cost/benefit analysis)或费用/效用分析(cost/effective analysis)都要根据影子价格(shadow price)。如国家计委不统一订定影子价格,而由研究人员自定,便可能造成混乱。如果不进行国民经济评价,那就是画龙而不点睛。与此相联系的是将来的市场需求量。一年生作物供不应求或销不出去,近年以来已屡见不鲜;多年生作物由于货源过剩而售价一落千丈,事例也不少。在工作初期,应当较深入地地了解一些国家或地区的农业问题。日本、韩国和台湾地区在经济迅速发展过程中,农业和农村经历了值得参考的变化,现在各自仍维持高于国际市场六倍、四倍、三倍的稻米价格。欧洲和美国的农业补贴也是一个重要的问题。丹麦、荷兰、以色列的农产品市场却很稳定。这些地区虽与中国情况出入很大,但他们的经验教训却颇有参考价值。

3. 自然科学与社会科学的综合

地球系统科学是跨越自然科学与社会科学的研究。钱学森院士认为地球表层学的对象是一个巨系统,与地学同为十大科学之一,不是地学中的一门。R. B. Miller 的文章论述自然科学与社会科学跨学科研究问题。她原任美国科学基金会社会与经济科学主任,曾竭力促成 HDP 的组成,现任国际社会科学理事会副理事长、国际地学信息研究网合作组织理事会理事长,见多识广。文中力陈跨学科与多学科研究不同,认为过去有不少多学科工作,却提不出一项成功的跨学科工作事例。而以为尚待批准的 HDP 土地利用/土地覆被变化计划可以算是跨学科工作。地理学向称是包括自然科学与社会科学的学问。Miller 却明确地指出它不是跨自然科学与社会科学的学问,这是有道理的。近代地理学原有沟通两大研究领域方向,而在实际上工作不多。二战以后,地理环境决定论受到严厉的批评,人文地理脱离了自然地理。自然地理又分崩离析,综合工作日渐衰落,各分支之中,地貌学一枝独秀,更增加综合的困难。区域地理著作原来就比较容易流于浮泛,战后遭蒙地理界的抨击,能保持战前的规模就很不容易。其他科学家提出地球系统科学、地球表层学、地理科学等名称,实际上乃由于地理学工作存在着弱点。中国的自然地理著作中,常提出一些建议,而不考虑从社会经济来看是否可行,还有一些一看就能确知是得不偿失的。有不少农业地理论著竟互相仿效,列举全年日照时数。这表明作者不知道日照时数是什么,也

不懂得自然与农业的关系。如此跨学科,不但无益反而有害。Miller 论文提出了跨学科工作的问题与解决问题的途径。如能集中少数能综合自然及能综合社会经济的人员,参考此文及有关论著,针对主攻方向,协同作战,困难是可以解决的。

4. 系统科学、地理信息系统、卫星定位系统、遥感应用

钱学森院士认为地球表层是一个巨系统。陆地地球系统至少是一个大系统。处理如此复杂的系统,又要迅速取得信息、处理信息、更新信息,不能不依靠系统科学,借助于信息科学和遥感应用。其中主要是地理信息系统(geographical information system)、全球定位系统(global positioning system)和遥感地学分析,国际上统称为地球信息科学(geo-informatics)。地球系统科学的提出,正是由于对地观测技术系统等科学技术的进步,进入到一个新的历史阶段,深一层了解地球科学的机理、过程,提高预测预报的能力和服务于规划、设计与决策的水平,既有可能,也有必要。半个世纪以来应用卫星与卫星应用的发展,为地球系统科学研究创造了空前有利的条件。例如静止气象卫星不间断地提供陆地景观的细节,空间分辨率已达到米级,光谱分辨率接近纳米级,遥感卫星地面接收站遍布各大洲,站数由 1~2 个乃至 4~5 个不等,亚洲东部地区超过 9 个。欧洲、日本和中国在 2000 年前后计划发射的卫星总数都将超过 30 个,而美国更多。其中相当数量属于对地观测卫星、全球定位卫星和科学实验卫星。它们将对地球表层,特别是对陆地的观测,提供高分辨率、多时相、高精度定位以及近地空间环境的数据和图像。不仅信息极大丰富,而且使人类对全球的同步观测,与对圈层之间相互作用的动态监测,成为现实。从而使地球系统科学研究一开始就可以立足于现代科学较高的起点。

地理信息系统的发展方兴未艾。开始摆脱以纸张作为信息载体的传统地图生产模式,逐步与数字通信网络和多媒体显示接轨,直接为社会经济发展提供信息服务,为地球系统科学研究提供了一种有力的技术支撑手段。它具备大量存储多源信息的功能,不仅能将卫星遥感对地观测的面源信息和地面台站的点源信息,而且能把自然资源与陆地勘测和社会经济统计数据历史的与现实的资料,综合在一起。通过矢量与栅格的转换,从定位到定性、定量的集成,通过模拟分析与智能推理,促进数据、资料的归一化与共享,显著地提高地球系统科学研究综合分析能力与效率。使我们对片段过程的模拟仿真,有可能引进模糊数学和分形分维方法,从而赢得对自然灾害预警与社会经济发展预测预报的时间。美国政府 1993 年以巨额经费投入地质调查所(USGS),统一了各州土地资源数据库的格式与编码,作为促进全国信息共享、迎接信息高速公路的准备。加拿大和澳大利亚均已建成国家土地资源信息系统。我国原有 55 个部委建立了各自的专业数据库。全国人口、农业、工业等普查均已分别建库并出版地图集。如果建立三北防护林区、黄土高原和黄淮海平原、黄河三角洲,以及洞庭湖区、鄱阳湖区、三北平原、太湖平原等区域数据库,组织地球系统科学的试点研究,是有一定基础的。地理信息系统无疑将对保障地球系统科学研究的系统性和综合性,发挥重要的作用。

5. 为计划与决策人员提供依据

我们的工作及研究成果最终都是为计划和决策人员提供所需要的依据,必须尽可能多地了解他们,设身处地急他们之所急。有许多问题各部门、各个科学家或科学家集体可

能有不同意见,都应在报告中一一列出来分析,提出哪些是确定无疑的,哪些是比较可信的,哪些是可能性较大的,哪些是难以判断的。不能作判断的,不应勉强判断,指出疑难所在。解决问题有许多不同方法,有时声东击西、围魏救赵、釜底抽薪或坐待时机,有时要前进而后退、为走直路而走弯路,有时用一种措施解决若干问题,有时用几种措施解决一个问题。文字要简洁,详细内容可作为附件报送。我们自己的研究结果宜及早发表,征求评议。

第三节 若干领域的研究内容

我们的目的是沿循地球系统科学的方法,①使陆地系统研究赶上气候系统和海洋系统的研究,与之相偕并进,②为《中国 21 世纪议程》及其各个组成部分(特别是牵涉到两个部门以上)的综合作一些必要的加工,③提出在某一专业或部门看来不重要而实际上从其他学科或部门和全局看来有重要意义的国内外新进展。

1. 中国区域可持续发展

中国人口超过 12 亿,每年人口增加 1 000 多万,经济底子薄弱,生活水平偏低,人均自然资源在世界人均值 1/2 以下,可持续发展有许多棘手问题。中国国情分析等正在进行,如再以全国范围进行综合性的工作,必然大部分是重复浪费,意义很小。分区域进行可持续发展的研究可以供拟定省级可持续发展战略参考,汇总以后,也可以有助于全国计划的编制。工作内容略如下述:

(1) 关于可持续发展理论与方法的补充探讨。可持续发展一般指综合考虑人口、社会、经济、资源、环境,公平地考虑到这一两代与后代的福利发展。联合国《21 世纪议程》论述了 117 个方案领域,《中国 21 世纪议程》又针对中国情况就 78 个方案领域加以说明。为了做好工作,首先要充分理解这些内容。在此基础上,拟订我们的工作大纲。有些问题需要明确。如有些必不可少不能更新的资源,国内已知蕴藏不能满足可持续发展的需要,可以厉行节约,取自外国,加强探勘,寻求代用品,增加库存,甚至保留一部分天然储量以备进口受阻时扩大开采。所有此类问题是否都应当一一考虑,权衡得失? 人均国民收入是比较重要的指标。由于有不同计算方法,各种方法又都有不足之处,应用此类指标时须对此有明确的了解。为便于比较、联系和综合,需要拟订一个目标时间及时间尺度表、一个区域划分方案和一个计值方法。中国在向社会主义市场经济转变之中,价格结构一定会有较大变化,显然不能用不变价格来说明问题。从 1987 年开始,中国大中型建设项目的国民经济评价多采用影子价格,这当然是比较好的工作方法,计算根据国家计委印发的《建设项目经济评价参数》。但由此引出两个问题。一是参数有一定时效,在实践上只能作阶段性调整。1987 年的参数到 1990 年已有部分需要调整或重新测算。可持续发展至少得看到一两代,用此方法当然需要克服很不容易克服的难关。二是影子价格迄今只用于大中型建设项目的国民经济评价,而许多经济指标如国民收入、国内生产总值等等都不是按影子价格计算,如何对比也是不易克服的难关。诸如此类的问题很多,以上只是一些例子。我们所最关切的是如何综合研究与可持续发展有关的开放的复杂巨系统。没有自然科学、社会科学、系统科学较长期的通力协作,要从多学科研究转轨到跨学科研究几乎是不可能的。在