

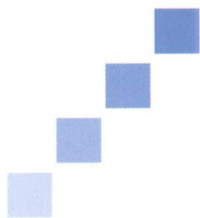


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

QIHOU ZIYUANXUE

# 气候资源学

孙卫国 编著



气象出版社

China Meteorological Press

## 内容提要

本书全面地介绍了气候资源学的主要内容,系统地阐述了气候资源的基本概念、分布规律、变化特征和研究方法。共分八章:第一章绪论,包括资源科学体系、自然资源概述和气候资源总论;第二至第六章分别介绍太阳辐射、热量、水分、风能和空气资源及其综合利用,包括气候资源数量的确定、质量的分析和开发利用途径等;第七、第八章分别介绍气候资源的推算方法和综合分析方法,包括光照、气温和降水量的推算以及区域气候资源的综合评价、利用区划、开发利用决策等。

本书既可以作为大气科学、应用气象学、自然地理学、资源环境与城乡规划等专业本科生的课程教材使用,也可以作为气象、地理、水文、资源管理与规划等相关业务部门科研人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

气候资源学/孙卫国编著. —北京:气象出版社,2008.2

ISBN 978-7-5029-4457-5

I. 气… II. 孙… III. 气候资源 IV. P46

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 009898 号

出版者:气象出版社

网 址: <http://cmp.cma.gov.cn>

E-mail: [qxcbs@263.net](mailto:qxcbs@263.net)

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮 编:100081

电 话:总编室:010-68407112

发行部:010-68409198

责任编辑:李太宇 隋珂珂 章澄昌

终 审:黄润恒

封面设计:张建永

责任校对:程铁柱

印刷者:北京昌平环球印刷厂

发行者:气象出版社

开 本:750mm×960mm 1/16 印 张:29 字 数:589 千字

版 次:2008 年 1 月第一版 2008 年 1 月第一次印刷

印 数:1~5000

定 价:55.00 元

---

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换。

## 前 言

气候资源和气候环境是人类赖以生存的地球家园的重要组成部分,气候变化直接影响人类社会的可持续发展和子孙后代的生存。气候资源是生产力。因此,合理开发、利用、保护和管理气候资源,加强对气候资源变化的研究和气候资源的综合利用,关系到人类的长远福祉;这已经成为全世界大气科学以及相关领域的焦点问题,成为当今全球共同面临的重大课题,受到各国政府和人民的普遍关注。

气候资源学是介于“气候学”和“自然资源学”之间的一门边缘学科。气候学研究构成气候的大气现象的长期统计特性,包括气候要素的平均值、变化范围、出现频率以及随季节、地理纬度、海拔高度等的变化规律。自然资源学是研究自然界中可以转化为生产、生活资料的物质、能量以及自然资源与人类的相互关系的科学。而气候资源学就是以光、热、水、风、大气成分等气候资源要素及其组合为研究对象,分析研究其数量、质量、发展变化、空间分布规律及其综合开发、利用、保护和管理的一门科学。气候资源学内容丰富,方法性强,在工业、农业、建筑业、能源开发、水利工程、生产布局、城镇规划等方面都有广泛的应用。

气候资源学作为南京信息工程大学(原南京气象学院)应用气象学专业本科生的专业主干课程,已经开设了将近 10 年。本书就是作者在该课程讲义的基础上,结合多年教学和科研实践中的积累,参考大量相关文献和本学科的最新研究成果,经过不断补充和反复修改编写而成的。作为教材,本书侧重于基本概念、基本规律和研究方法的介绍,力求既要反映该学科领域的最新研究进展,又要符合循序渐进的教学规律,使之具有科学性、先进性、实用性和可读性。全书共分 8 章,建议计划学时 51~68 课时;有些内容可引导学生自学或以课堂讨论的形式掌握,有些章节可适当安排计算方法和分析方法的练习,以加深理解并掌握技

能。

在编写本书过程中,参考并引用了许多学者撰写的论著和科研论文;得到了南京信息工程大学及应用气象学院领导的鼓励和同事们的大力支持,特别是应用气象学系的同事们集体讨论了本书的章节安排和大纲内容,提出了许多有益的建议;缪启龙教授审阅了书稿并提出了宝贵的修改意见;本书的出版得到了气象出版社的大力协助和支持,在此一并表示感谢。

鉴于大气科学的迅速发展和气候资源学研究的不断深入,作者学识水平有限,书中难免会有错漏和疏忽之处,敬请读者批评指正。

孙卫团

2008年1月

# 目 录

## 前言

## 第一章 绪论..... (1)

### 1.1 资源科学体系 ..... (1)

#### 1.1.1 资源定义的拓展 ..... (1)

#### 1.1.2 资源科学的学科体系 ..... (4)

#### 1.1.3 资源科学的研究方法 ..... (5)

#### 1.1.4 资源科学的发展趋势 ..... (6)

### 1.2 自然资源概述 ..... (7)

#### 1.2.1 自然资源的定义 ..... (7)

#### 1.2.2 自然资源的分类 ..... (8)

#### 1.2.3 自然资源的特点 ..... (11)

#### 1.2.4 自然资源的开发战略 ..... (12)

### 1.3 气候资源总论 ..... (13)

#### 1.3.1 气候资源的概念 ..... (14)

#### 1.3.2 气候资源的形成 ..... (16)

#### 1.3.3 气候资源的特性 ..... (21)

#### 1.3.4 气候资源的利用原则 ..... (25)

#### 1.3.5 气候资源学的研究内容 ..... (26)

### 参考文献 ..... (27)

## 第二章 太阳辐射资源及其综合利用 ..... (28)

### 2.1 太阳辐射与天文气候 ..... (28)

#### 2.1.1 太阳辐射类型 ..... (28)

#### 2.1.2 辐射场的表征 ..... (30)

#### 2.1.3 地球上的天文气候 ..... (32)

#### 2.1.4 地表辐射平衡 ..... (38)

### 2.2 地面太阳辐射的气候学计算 ..... (39)

#### 2.2.1 地面总辐射计算公式 ..... (40)

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| 2.2.2 地区总辐射计算方法     | (44)        |
| 2.2.3 直接辐射和散射辐射的计算  | (46)        |
| 2.3 太阳辐射资源的分布与变化    | (48)        |
| 2.3.1 地面总辐射         | (49)        |
| 2.3.2 太阳直接辐射        | (55)        |
| 2.3.3 散射辐射          | (57)        |
| 2.3.4 日照与日长         | (58)        |
| 2.4 太阳能与作物生产        | (61)        |
| 2.4.1 光合有效辐射        | (61)        |
| 2.4.2 光照强度与光合作用强度   | (66)        |
| 2.4.3 光能利用率         | (68)        |
| 2.4.4 光合生产潜力        | (70)        |
| 2.5 太阳能的综合利用        | (74)        |
| 2.5.1 太阳能利用区划       | (74)        |
| 2.5.2 光热转换及其应用      | (77)        |
| 2.5.3 光电转换及其应用      | (80)        |
| 2.5.4 光化转换及其利用      | (82)        |
| 参考文献                | (83)        |
| <b>第三章 热量资源及其利用</b> | <b>(85)</b> |
| 3.1 地表面的热量平衡        | (85)        |
| 3.1.1 热量通量的计算方法     | (86)        |
| 3.1.2 热量通量的变化特征     | (89)        |
| 3.1.3 地面上的热源和冷源     | (94)        |
| 3.2 热量资源的表示和确定方法    | (97)        |
| 3.2.1 无霜期和生长季       | (97)        |
| 3.2.2 农业界限温度        | (98)        |
| 3.2.3 温度强度指标        | (102)       |
| 3.2.4 温度累积指标        | (103)       |
| 3.3 热量资源的分布特征       | (109)       |
| 3.3.1 无霜期的分布        | (109)       |
| 3.3.2 界限温度的分布       | (110)       |
| 3.3.3 平均气温的分布       | (113)       |
| 3.3.4 积温的分布         | (118)       |
| 3.4 热量资源与农业生产       | (120)       |

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| 3.4.1 温度对作物生产的影响 .....        | (121)        |
| 3.4.2 光温生产潜力 .....            | (122)        |
| 3.4.3 种植制度生产潜力 .....          | (127)        |
| 3.4.4 热量资源的农业利用 .....         | (128)        |
| 3.5 热量资源分析方法 .....            | (132)        |
| 3.5.1 热量资源的统计量及其统计方法 .....    | (132)        |
| 3.5.2 热量资源时变图和等值线图的绘制 .....   | (136)        |
| 3.5.3 热量资源保证率曲线图的绘制及其应用 ..... | (138)        |
| 3.5.4 热量资源列线图的绘制及其应用 .....    | (140)        |
| 3.5.5 热量资源周期图的应用 .....        | (145)        |
| 参考文献 .....                    | (148)        |
| <b>第四章 水分资源及其利用</b> .....     | <b>(150)</b> |
| 4.1 地表面的水分平衡 .....            | (150)        |
| 4.1.1 地球上的水分含量 .....          | (150)        |
| 4.1.2 地球上的水分输送 .....          | (153)        |
| 4.1.3 地球上的水分循环 .....          | (154)        |
| 4.1.4 地球上的水分平衡 .....          | (155)        |
| 4.2 水分资源的确定方法 .....           | (158)        |
| 4.2.1 降水量的统计 .....            | (158)        |
| 4.2.2 蒸发力的确定 .....            | (161)        |
| 4.2.3 蒸发量的计算 .....            | (166)        |
| 4.2.4 径流量的计算 .....            | (170)        |
| 4.3 水分资源的分布规律 .....           | (171)        |
| 4.3.1 降水量的分布 .....            | (171)        |
| 4.3.2 蒸发量的分布 .....            | (177)        |
| 4.3.3 径流量的分布 .....            | (182)        |
| 4.4 农田水分条件分析 .....            | (186)        |
| 4.4.1 土壤水分分析 .....            | (187)        |
| 4.4.2 植物需水量分析 .....           | (189)        |
| 4.4.3 植物耗水量分析 .....           | (194)        |
| 4.4.4 农田水分供需平衡分析 .....        | (198)        |
| 4.5 水分资源理论的应用 .....           | (201)        |
| 4.5.1 作物生产力模型 .....           | (202)        |
| 4.5.2 种植制度及结构优化模式 .....       | (209)        |

|            |                       |              |
|------------|-----------------------|--------------|
| 14.5.3     | 作物水分供需规律和最佳灌溉方案 ..... | (211)        |
| 14.5.4     | 旱涝分析和干湿指标的研究 .....    | (212)        |
| 14.5.5     | 土地荒漠化研究 .....         | (214)        |
|            | 参考文献 .....            | (217)        |
| <b>第五章</b> | <b>风能资源及其利用 .....</b> | <b>(222)</b> |
| 5.1        | 风能的计算方法 .....         | (222)        |
| 5.1.1      | 风能和风能密度 .....         | (222)        |
| 5.1.2      | 风速的概率分布 .....         | (225)        |
| 5.1.3      | 风能的计算方法 .....         | (231)        |
| 5.2        | 风能资源的时空分布 .....       | (235)        |
| 5.2.1      | 风能的地理分布 .....         | (235)        |
| 5.2.2      | 风能的时间变化 .....         | (242)        |
| 5.2.3      | 风能的垂直变化 .....         | (248)        |
| 5.3        | 风能资源的区划方法 .....       | (250)        |
| 5.3.1      | 我国的风能分区 .....         | (250)        |
| 5.3.2      | 风能区划指标 .....          | (251)        |
| 5.3.3      | 各区及其类型区的主要特征 .....    | (253)        |
| 5.4        | 风能资源的开发利用 .....       | (258)        |
| 5.4.1      | 风能利用系统 .....          | (258)        |
| 5.4.2      | 风能资源评估系统 .....        | (259)        |
| 5.4.3      | 风电场选址的气象问题 .....      | (261)        |
| 5.4.4      | 风能资源的利用现状及开发策略 .....  | (268)        |
| 5.5        | 风向风压及其应用 .....        | (272)        |
| 5.5.1      | 盛行风向 .....            | (272)        |
| 5.5.2      | 风向类型 .....            | (273)        |
| 5.5.3      | 地方性风 .....            | (278)        |
| 5.5.4      | 风压计算及应用 .....         | (280)        |
|            | 参考文献 .....            | (288)        |
| <b>第六章</b> | <b>空气资源及其利用 .....</b> | <b>(291)</b> |
| 6.1        | 空气资源的概念 .....         | (291)        |
| 6.1.1      | 空气资源的属性 .....         | (291)        |
| 6.1.2      | 空气资源质量评价 .....        | (294)        |
| 6.1.3      | 空气资源的价值 .....         | (296)        |
| 6.1.4      | 空气资源的保护和管理 .....      | (297)        |

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| 6.2 空气资源的组成 .....          | (299)        |
| 6.2.1 空气成分 .....           | (299)        |
| 6.2.2 空气中的氧气 .....         | (302)        |
| 6.2.3 二氧化碳 .....           | (306)        |
| 6.2.4 其他气体 .....           | (314)        |
| 6.3 空气资源的综合利用 .....        | (323)        |
| 6.3.1 空气资源的直接利用 .....      | (323)        |
| 6.3.2 空气资源的间接利用 .....      | (331)        |
| 参考文献 .....                 | (340)        |
| <b>第七章 气候资源的推算方法</b> ..... | <b>(344)</b> |
| 7.1 太阳能资源的推算 .....         | (344)        |
| 7.1.1 太阳总辐射的推算 .....       | (345)        |
| 7.1.2 光合有效辐射的推算 .....      | (351)        |
| 7.1.3 日照时数的推算 .....        | (353)        |
| 7.2 热量资源的推算 .....          | (359)        |
| 7.2.1 气温资料的序列订正 .....      | (360)        |
| 7.2.2 月平均气温的推算方法 .....     | (363)        |
| 7.2.3 界限温度初终日期的推算 .....    | (367)        |
| 7.2.4 热量资源保证率的推算 .....     | (371)        |
| 7.3 水分资源的推算 .....          | (372)        |
| 7.3.1 降水资料的序列订正 .....      | (372)        |
| 7.3.2 年平均降水量的推算 .....      | (373)        |
| 7.3.3 月平均降水量的推算 .....      | (380)        |
| 7.3.4 降水保证率及重现期的推算 .....   | (381)        |
| 7.4 风能资源的推算 .....          | (382)        |
| 7.4.1 短期风向考察资料的订正 .....    | (383)        |
| 7.4.2 短期风速考察资料的订正 .....    | (384)        |
| 7.4.3 风向和界限风速出现频率的推算 ..... | (386)        |
| 7.4.4 复杂地形上风场的数值模拟方法 ..... | (388)        |
| 参考文献 .....                 | (391)        |
| <b>第八章 气候资源的综合分析</b> ..... | <b>(395)</b> |
| 8.1 气候资源的模糊综合评判 .....      | (395)        |
| 8.1.1 基本原理 .....           | (395)        |
| 8.1.2 评价方法与步骤 .....        | (398)        |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 8.1.3 模糊综合评价方法的应用 .....   | (402) |
| 8.2 气候资源的聚类分析 .....       | (405) |
| 8.2.1 基本原理 .....          | (405) |
| 8.2.2 分析方法与步骤 .....       | (407) |
| 8.2.3 聚类分析方法的应用 .....     | (415) |
| 8.3 气候资源的层次分析 .....       | (416) |
| 8.3.1 基本原理 .....          | (417) |
| 8.3.2 分析方法与步骤 .....       | (417) |
| 8.3.3 层次分析方法的应用 .....     | (423) |
| 8.4 气候资源综合利用区划 .....      | (426) |
| 8.4.1 基本原理 .....          | (426) |
| 8.4.2 区划方法与步骤 .....       | (428) |
| 8.4.3 气候资源综合利用区划 .....    | (433) |
| 8.5 气候资源开发利用决策 .....      | (440) |
| 8.5.1 基本概念 .....          | (441) |
| 8.5.2 决策方法与步骤 .....       | (442) |
| 8.5.3 未来气候变化的农业最优决策 ..... | (447) |
| 参考文献 .....                | (452) |

## 第一章 绪论

资源是泛指提供人类物质和能量的总体,自然资源是其主要内容,而气候资源又是自然资源的重要组成部分。资源是同物质财富生产有关的原材料和能源。气候资源就是可以在生产物质财富的过程中作为原材料或能源利用的那些气候要素或现象的总体。

气候既是一项有益于人类的自然资源,又可能导致自然灾害。严格地说,气候资源是指对人类的生产和生活活动有利的气候条件,其不利的气候条件实际上是一种负资源。显然,气候资源和气候灾害是矛盾的两个方面,它们既相互制约又相互转化。因此,为了正确理解气候资源的含义,有必要首先了解现代资源科学的体系结构及自然资源的有关概念。

### 1.1 资源科学体系

《辞海》(1979)中对“资源”的解释是“资财之源,一般指天然的财源”。所谓“资源”,即资产的来源,首先是指自然资源。我们的祖先曾从哲学高度概括出五类资源,即:“金、木、水、火、土。”金者,矿产资源;木者,植物资源引申到生物资源;水者,水资源,主要是指淡水资源;火者,引申为能源资源,特别值得关注的是石油资源;土者,即土地资源。以上五种资源也是现代人公认的最具战略性意义的资源。

人类社会不断发展,新知识不断出现,资源定义也不断地扩充着内涵,资源科学正在逐步形成一个巨系统、密网络的大科学,它将伴随着人类社会的发展而发展。在农业社会,资源科学主要研究的是自然资源;在工业社会,则侧重于研究自然资源与社会资源的综合;而在知识社会,它将致力于自然资源、社会资源和知识资源相结合、进行高效配置的整体研究。

现代资源科学是研究各种资源和资源整体(主要是自然资源)的数量、质量、地域组合特征、空间结构与分布规律、时间演化规律、形成环境以及合理开发、规划、利用、改造、更新、保护与管理的一门科学。

#### 1.1.1 资源定义的拓展

在过去相当长的一段时间内,人们对资源的认识与研究往往只局限在自然资源的范畴之内,甚至仅限于“可更新资源”的狭小范围内。李文华等<sup>[1]</sup>(1985)曾对自然资源科学的基本特点及其发展过程进行了回顾与展望,从建立自然资源学科

体系和自然资源的合理利用与保护的目出发,对自然资源定义进行了综合性阐述,并建立了自然资源分类系统。

随着社会的不断发展和资源研究的逐渐深入,人们在自然资源分类系统的基础上,又提出了资源体系分类,将社会资源与自然资源并列为资源的两大分支;并且提出社会资源包含无形资源、人力资源和有形资产三大类别,包括人力资源、资本资源、科技资源和教育资源等。显然,资源的定义被扩展为自然资源和社会资源。郭文卿等<sup>[2]</sup>(1997)认为,从中国的资源体系来看,山区的自然资源体系比较健全,资源丰富,社会资源体系不健全,相对比较贫乏,形成鲜明对照。中国山区经济的发展,必须首先认清这种基本态势,发挥自然资源丰富的优势,补充社会资源相对贫乏的劣势,开发自然资源与开发社会资源并举,把开发社会资源作为头等大事来抓,才能把山区经济搞上去。这一观点突出了社会资源在经济发展中的主导作用,强调了资源的层次和功能。

近年来,资源的定义被进一步拓展和完善。霍明远等<sup>[3]</sup>(2001)认为,资源可分为自然资源、社会资源和知识资源。所谓知识资源,是指自有人类历史以来以语言文字、数字公式、几何图形、信号图像等形式表现的资源,如信息资源、文化资源等。由此,如果将资源按层次划分,则基础是自然资源,主体是社会资源,其上层则是知识资源。如果把自然资源和社会资源都看作是一个独立的有形资源系统,那么知识资源就是这两个有形资源系统之间的联系网络,即无形资源。系统表现功能,网络表示联系,系统通过网络才能实现扩张,而网络只有通过系统才能发挥其特定功能。资源定义的拓展,如图 1.1 所示。

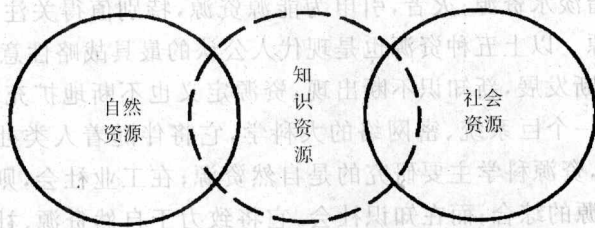
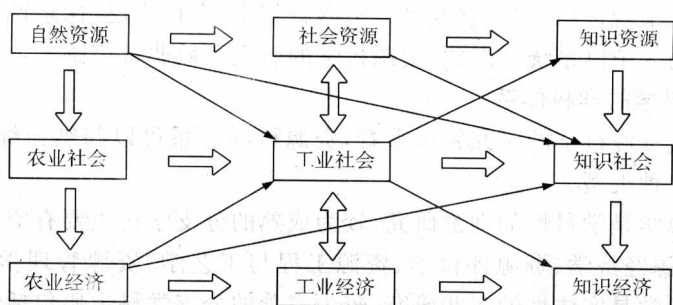
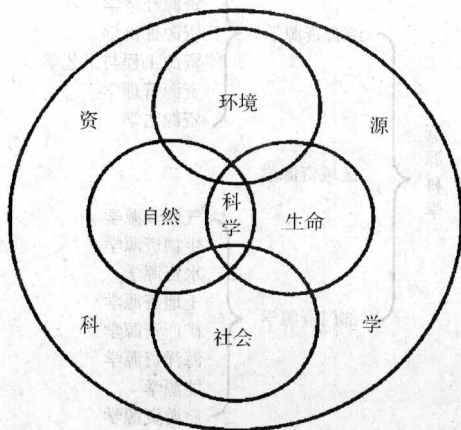


图 1.1 资源定义的拓展<sup>[3]</sup>

资源定义的拓展实质上是人类社会不断发展的必然结果。人类在农业社会强调的是自然资源的单项开发,农业经济主要依赖自然资源;工业社会注重的是自然资源与社会资源的综合开发,研究两者之间的联系、作用和发展;知识社会追求的则是对自然资源、社会资源及以两者为基础的知识资源的共同开发,强调知识资源的公益性、平等性和主导作用,而且获得的经济效益也将愈来愈大。图 1.2 为资源、经济和社会三者之间关系及其重心偏移的示意图。

图 1.2 资源、经济和社会之间的关系及重心的偏移<sup>[3]</sup>

资源科学是一门研究人与自然界中可转化为生产、生存资源来源和物质与能量相互关系的科学。它以单项和整体的自然资源为对象,是研究其数量、质量、时空变化以及合理开发利用、保护和管理的一个科学领域。资源科学是从自然资源的研究开始的,随着自然资源研究的深入,人们逐渐认识到自然资源的社会属性价值,而随着科学技术的不断发展又诞生了知识资源科学。

图 1.3 资源科学与其他科学的关系<sup>[3]</sup>

资源定义的延展,必然导致资源科学内涵的扩大。也就是说,资源科学所包含的内容已经不仅仅只是自然资源,而且还包括社会资源和知识资源。现代资源科学不仅研究自然资源、社会资源、知识资源三者自身的规律性,而且更侧重于研究三者之间相互联系、相互作用、相互发展的规律性。自然科学、社会科学、生命科学、环境科学和资源科学的相互关系,如图 1.3 所示。资源科学并不是与其他科学相并列或交叉的科学,而是包容了前四者的大学,因素众多且关系复杂。如果从

这一学术高度来看资源科学,它就是一个内容丰富、学科广泛,探索性、实用性和创新性都很大的复杂巨系统。因此,资源科学的研究领域非常广阔。

### 1.1.2 资源科学的学科体系

1. 从现代资源科学的研究领域来看,资源科学体系可以归纳为综合资源学和部门资源学 2 种类型。

综合资源学是学科性的理论研究,较为成熟的分支学科主要有资源地理学、资源生态学、资源经济学、资源评价学、资源工程与工艺学、资源管理学和资源法学等。部门资源学是实体性的实践研究,较为完善的分支学科主要包括气候资源学、生物资源学、水资源学、土地资源学、矿产资源学、海洋资源学、旅游资源学和能源学等。每个分支学科仍可作进一步的细分,诸如资源地理学可分为自然资源地理学、社会资源地理学、经济资源地理学、信息资源地理学等,资源经济学包括土地资源经济学、生物资源经济学、能源经济学等,能源学包括生物能源学、矿物能源学、水力资源学、新能源学等,由此构成了资源科学的学科体系。如图 1.4 所示。

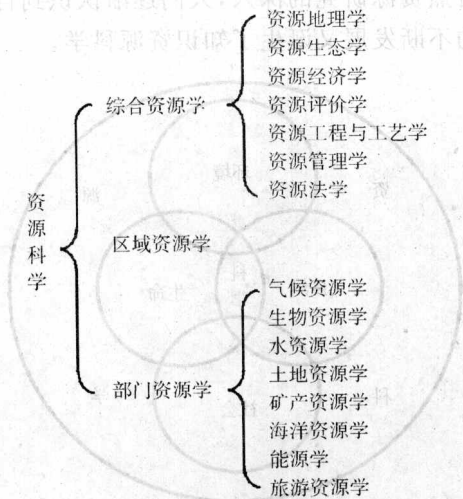


图 1.4 资源科学的学科体系<sup>[4]</sup>

区域资源学是综合资源学与部门资源学在具体的时间和空间上的结合。因为资源科学的研究总是在具体的区域中进行的,根据空间层次性,区域研究可以大到全国、洲际乃至全球范围,小到县、乡镇、小流域等具体的地理单元。

2. 从资源系统的属性来说,资源科学体系可以划分为 3 级组织水平。

①自然资源的层次性分析,这是资源科学的基础研究领域。该级组织水平从自然资源的基本特点入手,对资源的有效性和稀缺程度进行说明,重点是进行自然资源的层次性分析。层次分析以地域分异规律和自然节律性规律为理论基础,把

野外考察、历史比较、分类与区划等作为基本方法,逐渐向综合化、生态化、定量化和经济化方向发展,其结果一般是自然资源的质、量特征和时空规律性的输出,为资源科学高组织水平的研究准备基本资料。

②资源生态系统的整体研究,这是资源科学应用的基础研究领域。该级组织水平以一定地域中资源的质、量特征和时空规律性为前提,以各类资源系统为对象,从整体性及资源的有效性和稀缺程度出发,重点进行资源生态系统的结构与功能分析。资源生态系统的整体研究以整体观和系统论方法为基础,把生态学规律作为基础理论,以生态学方法为基本方法,试图寻求系统中不同层次的组织原理,以求结构与功能协调,人为控制资源系统向有利于人类生存的方向平衡发展。这对资源系统的开发和人工系统的调控都有重要的指导意义。

③资源、生态、社会经济复合系统的总体研究,这是资源科学的应用研究领域。该级组织水平从社会、经济角度出发,充分考虑资源的可塑性,把“生态经济平衡”的基本理论作为支点,开展社会需求下的多宜性功能评判和抉择,通过综合分析,最终对资源开发利用和治理保护方案进行优化决策。显然,这是资源科学研究的最高层次上的综合。

3. 从资源问题的解决途径来看,资源科学体系可划分为4个基本层次。

①调查层。这是资源科学最基本的工作层次,主要由各类专业人员完成。目的是对各类资源进行野外勘察,确定其数量、质量及其分布,认识其发生、演化及时空分布规律和资源要素与环境要素的关系。主要成果包括资源种类和量的发现,资源数据和资源类型及分布图等。

②评价层。在调查的基础上进行技术和经济评价,包括资源数量、质量、适宜性、开发条件等综合评价,其目的是确定合理的资源利用方式、利用顺序等。主要成果包括资源评价报告、图表及说明书、资源开发利用区划图等。

③规划层。根据评价结果和资源开发利用单位的要求,进行资源开发利用的可行性研究及编制实施规划。资源工作者的主要任务是在遵循资源内在规律的基础上,综合政府部门和社会科学专家研究的意见,形成可行的规划方案。为了能够实现规划,如果需要还可进行试点研究。主要成果包括资源开发利用的可行性报告、规划方案、试点研究报告及图表文件等。

④跟踪层。规划方案进入实施阶段,自然资源进入生产和消费领域,主要依靠管理者和生产者的作用。此时,资源工作者的任务转变为跟踪研究,包括指导方案实施、诊断实施问题、研究开发效益、总结管理经验等。目的是通过后果及效益的反馈,改进规划方案。

### 1.1.3 资源科学的研究方法

现代资源科学的研究方法很多,概括起来主要有以下几种:

1. 传统研究方法。主要包括地理比较法(类型与区划研究)、经济比较法(生产、消费和流通研究)、数学方法(数理统计、线性规划等)、野外考察、实验研究等。

2. 资源遥感调查法。遥感技术集中反映了物理学、计算机、生物学、地球科学等学科的最新成就。遥感技术在资源调查中具有独特的优点,因而得到了广泛的应用,是一种获取资源资料的先进手段。

3. 资源数据库。资源数据库利用计算机储存不同时间和空间范围内有关资源的质、量以及社会经济背景资料,是一种科学严密的资源数据管理方式。目前国际上已经普遍使用,我国也进行了这方面的研究和推广工作。

4. 资源信息系统。资源信息系统是把资源数据库同系统工程原理、系统分析方法、资源信息采集、自动制图等综合在一起的新兴的技术系统,也是目前最先进的资源数据管理、分析和决策的方法。

5. 投入产出分析法。在资源—生态—经济系统中,也可以采用投入产出分析方法对不同资源和不同利用需要的产业部门之间存在的生产消费关系进行综合定量分析,为资源保护及其在产业部门内的合理流通提供科学依据。

6. 系统分析方法。资源科学是一个极其复杂的物质体系,要合理地利用资源,必须将其作为一个整体,从系统论的角度出发,全面、客观地分析资源的特点,寻求最佳利用方案。系统分析法无疑是一种较好的方法。

#### 1.1.4 资源科学的发展趋势

目前,全球性环境问题日趋严重,诸如大气臭氧层的衰减、温室气体不断增加、植被破坏与生物多样性迅速减少、水土流失、土地退化与沙漠化、资源短缺、环境污染等,地球环境不断恶化,人类的发展正在受到威胁。因此,建立全球性生态、经济新秩序的呼声日益高涨,资源与资源利用问题再度成为全球的热点。在这种形势下,现代资源科学面临着更加艰巨的任务。为了解决日益紧迫的全球性问题,资源科学研究将更加注重整体性和综合性,必须将视野扩大到全球范围,强调资源利用与社会经济的持续、协调发展,强调资源的有限性、稀缺性及资源的有效管理等。

1. 全球整体化研究。人类已步入全球资源与环境的时代,也就是说,资源与环境问题已不再是局部地区、少数国家的问题,已经成为全球性问题。因此,现代资源科学注重国际合作的全球整体化研究,强调人类只有一个地球,而地球上的各种资源总体上说都是有限的,人类要共享这些资源。

2. 资源—生态—社会经济复合系统综合研究。综合性是资源科学研究的固有特点,资源、生态、社会经济密不可分,资源的有效管理与持续利用是核心。资源承载力、资源配置、资源产业化、区域资源开发战略和经济发展模式等研究将成为资源科学的重要研究领域。

3. 资源价值论研究。地球上的各种资源是有限的,随着世界各国社会经济的

迅猛发展,资源的稀缺性将越来越突出;因此,人们的价值观和消费观都要经历深刻的变革,珍惜人类共有的资源。相应地资源价值论、资源核算论等研究领域将日趋活跃。

4. 资源管理研究的科学化。对资源实行有效管理是资源科学的最终目的;当前,以合理化为内容的资源管理研究正逐步成为资源科学的热点。资源管理是多层次和多手段的;资源管理的基础层是自然保护,包括建立保护区、进行自然区划等;中间层是资源经济管理,基于生态经济原则,考虑资源开发利用过程对社会经济系统及各部门的影响;资源管理的最高层是社会需求管理,即对人类消费进行设计和导向,这是资源科学研究最高历史使命。

5. 资源科学研究的数量化与现代化。数量化是各门学科的发展对自身的要求,只有把资源系统定量化、模型化,才能比较准确地了解各因素之间相互联系和相互制约的机制,既可进行定性分析,又可进行定量化研究。近几十年来,规划论、排队论、图论、对策论、耗散结构理论、自组织系统、协同学和突变论、多元动态分析以及遥感技术、计算机应用技术等不断被引入资源科学研究,建立了资源数据库、资源信息系统,促使资源科学研究日益模式化和定量化,开拓了资源科学研究的深度和广度,促进了资源科学研究方法和手段的日益现代化。

## 1.2 自然资源概述

人类是自然的产物,自然资源是人类赖以生存和发展的物质基础。回溯人类的发展历史就会发现,人类的历史就是不断向自然界索取,不断开发利用自然资源的历史。离开自然资源,人类就无法繁衍和发展;因此,逐步认识和掌握各种自然资源的相互关系、形成机制和演变规律,便成为人们不倦探索的主题之一。

### 1.2.1 自然资源的定义

自然资源是一个动态的概念,其含义随着生产水平和技术进步而不断扩大和深化。因此,迄今并没有一个统一的定义。通常认为,自然资源包括有机和无机界以及人类社会的整个物质世界中生产资料和生活资料(即生产和生活所必需的东西)的天然来源,如阳光、森林、矿物、水等。自然资源是指具有社会有效性和相对稀缺性的自然物质或自然环境的总称。

《辞海》(1979)中把“天然存在的自然物,不包括人类加工制造的原材料,如土地资源、水利资源、生物资源、海洋资源等”,称为自然资源。

联合国环境规划署对自然资源的定义<sup>[4]</sup>为:“所谓自然资源,是指在一定时间、地点的条件下能够产生经济价值,以提高人类当前和将来福利的自然环境因素和条件的总称。”这一定义将自然资源与自然环境条件联系在一起,视自然资源为自然环境的组成部分,认为自然环境中能为人类利用的部分就是自然资源。“人在其