

专著 西北工业大学

区域产业用水 系统研究

QUYU CHANYE YONGSHUI
XITONG YANJIU

雷社平 解建仑 陈林涛 阮本清 编著

本书从水文水资源学、资源经济学、微观经济学、宏观经济学、协同学等不同角度,对区域产业结构与需用水变化规律的关系进行了系统的研究和探讨。全书基本划分为理论篇和实践篇,理论部分概述了水与人类文明的历史关系,系统介绍了本书的研究方法和理论基础,重点探讨了基于人工神经网络的预测方法和模型,对Hopfield神经网络的稳定性进行了深入研究。实践部分以北京为代表,系统阐述了供需平衡分析、相关分析、灰色分析和协调度分析,特别是基于协调度的产业用水系统演化模型的探讨是本书的重点。本书属于实证性研究,注重数据和历史,研究方法独特多样,适用于水文水资源学、经济学等学科领域的研究人员和高校师生参考。

西北工业大学出版社

区域产业用水系统研究

雷社平 解建仑 陈林涛 阮本清 编著

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书从水文水资源学、资源经济学、微观经济学、宏观经济学、协同学等不同角度,对区域产业结构与需用水变化规律的关系进行了系统的研究和探讨。全书基本划分为理论篇和实践篇,理论部分概述了水与人类文明的历史关系,系统介绍了本书的研究方法和理论基础,重点探讨了基于人工神经网络的预测方法和模型,对Hopfield神经网络的稳定性进行了深入研究。实践部分以北京为代表,系统阐述了供需平衡分析、相关分析、灰色分析和协调度分析,特别是基于协调度的产业用水系统演化模型的探讨是本书的重点。本书属于实证性研究,注重数据和历史,研究方法独特多样,适用于水文水资源学、经济学等学科领域的研究人员和高校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

区域产业用水系统研究/雷社平等编著. —西安:西北工业大学出版社,2007.5

ISBN 978-7-5612-2220-1

I. 区… II. 雷… III. 水资源管理—研究—中国 IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 067444 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西丰源印务有限公司

开 本:850 mm×1 168 mm 1/32

印 张:9.375

字 数:226 千字

版 次:2007 年 5 月第 1 版 2007 年 5 月第 1 次印刷

定 价:20.00 元

目 录

第 1 章 历史的导言	1
1.1 水是生命之源	1
1.2 水是人类文明的摇篮	2
1.3 水是人类文明进化的动力	4
1.4 工业文明的衰落	7
1.5 水在工业文明中的双重变奏	9
1.6 生态文明的崛起	10
1.7 水是生态文明建设的主题	12
第 2 章 产业结构及水资源	15
2.1 研究背景	15
2.2 基本概念和理论	17
2.2.1 水资源的基本内涵	17
2.2.2 产业及其分类	18
2.2.3 资源和产业的发展关系	21
2.2.4 产业结构的演变规律	23
2.2.5 水资源在产业结构中的作用	27
2.3 水资源与产业结构关系研究综述	29
2.3.1 研究现状简介	29
2.3.2 水文水资源理论研究方法的进展	32
2.4 研究的对象和内容	36

2.4.1 研究对象及范围	36
2.4.2 研究对象的谱系结构	37
2.4.3 研究内容和方法	38
2.5 小结	41
第3章 北京市经济发展和水资源评价	42
3.1 自然条件概况	42
3.2 社会经济发展	43
3.2.1 历史沿革	43
3.2.2 产业结构的演变	50
3.3 水资源综合评价	52
3.3.1 地表水及出入境水量	52
3.3.2 地下水资源量	55
3.3.3 水资源总量	56
3.3.4 水质评价	57
3.4 水资源的开发利用	59
3.4.1 水利建设	59
3.4.2 供需概况	60
3.5 产业部门的用水及分类	62
3.6 水资源面临的主要问题	64
3.7 小结	66
第4章 相关对象预测及其分析	67
4.1 趋势分析方法	68
4.2 时间序列分析方法	70
4.2.1 时间序列的一般概念	70

4.2.2 趋势移动平均法	71
4.2.3 指数平滑方法	72
4.3 灰色系统预测方法	73
4.4 基于人工神经网络的预测方法	76
4.4.1 神经网络简介	76
4.4.2 Hopfield 神经网络稳定性及其证明	77
4.4.3 BP 神经网络的基本原理与学习算法	83
4.5 北京市经济发展预测及其结果分析	87
4.5.1 人口发展预测	87
4.5.2 神经网络模型预测结果	88
4.5.3 各产业发展趋势和预测	91
4.6 小结	99
第 5 章 北京市历年产值与用水量关系分析	101
5.1 引言	101
5.2 农业及各部门行业用水结构分析	102
5.2.1 灌溉面积及其历年变化	103
5.2.2 农业总产值与总用水量	108
5.2.3 农业各部门历年变化分析	111
5.2.4 农业用水综合分析	119
5.3 工业各部门行业用水结构分析	121
5.3.1 产值变化分析	121
5.3.2 新水补给量的变化分析	129
5.3.3 用水复用率的变化分析	136
5.3.4 万元产值耗水量的变化分析	143
5.3.5 用水量与产值的相关分析	151

5.3.6 工业用水影响因素综合分析	163
5.4 第三产业 GDP 及用水量分析	166
5.4.1 GDP 变化分析	167
5.4.2 总用水量的计算	168
5.4.3 相关分析	172
5.5 小结	173
第 6 章 产业用水系统供需平衡分析	175
6.1 水资源供需平衡思路	175
6.1.1 规划水平年	175
6.1.2 计算分区	175
6.1.3 水资源供需平衡的方法	176
6.2 获取最大年可供水量的优化调配数学模型	176
6.2.1 目标函数	177
6.2.2 约束条件	178
6.2.3 需水量约束的处理	180
6.2.4 水资源系统供需分析的步骤	180
6.3 产业系统 2010 年需水预测	183
6.3.1 基本口径	183
6.3.2 预测结果汇总	184
6.4 现状年产业用水系统供需分析	188
6.4.1 典型年的选取	188
6.4.2 现状年需水量	188
6.4.3 现状年供水量	189
6.4.4 现状年供需分析	189
6.5 小结	190

第 7 章 产业结构与用水结构的关联度分析	191
7.1 相关分析理论	191
7.2 灰色理论及其分析方法	194
7.2.1 原始数据均值化	195
7.2.2 关联系数的计算方法	195
7.2.3 关联度的计算方法	195
7.3 北京市产业结构与用水量的相关分析	196
7.4 北京市产业结构与用水量的灰关联度分析	199
7.5 北京市产业结构与用水结构的关联度分析	200
7.5.1 第一产业用水结构的相关度分析	201
7.5.2 第二产业用水结构的相关度分析	202
7.5.3 第三产业用水结构的相关度分析	204
7.5.4 产业用水结构与 GDP 的灰关联度分析	205
7.6 小结	209
第 8 章 产业用水系统演化和协调控制理论	210
8.1 引言	210
8.2 产业用水系统协调的基本理论	211
8.2.1 协调发展概念的界定	211
8.2.2 产业结构的协调性	211
8.2.3 产业用水系统的协调性	212
8.3 产业用水系统协调度描述	215
8.3.1 复合系统协调的协同学特征分析	215
8.3.2 产业用水系统协调度的定性描述	216
8.3.3 产业用水系统协调度的定量描述	216

8.4 产业用水系统演化机制和优化控制	219
8.4.1 产业系统演化之探究	219
8.4.2 协同学与哈肯模型	220
8.4.3 产业用水系统演化模型的建立	221
8.5 北京市产业用水复合系统的实证研究	222
8.5.1 协调度计算	222
8.5.2 结果分析	228
8.6 小结	228
第9章 区域产业结构节水理论与方法	230
9.1 产业节水的概念	230
9.2 产业节水的微观经济学分析	231
9.3 产业节水的宏观经济学分析	234
9.4 产业结构调整的贡献率	239
9.4.1 对节水的贡献率	239
9.4.2 对经济增长的贡献率	240
9.5 北京市产业节水现状评价	241
9.5.1 用水效率与节水水平	241
9.5.2 调整水价的节水空间	243
9.5.3 节水贡献率	245
9.5.4 节水目标及措施	249
9.5.5 节水存在的问题	250
9.6 小结	251
第10章 典型区域间的比较分析	253
10.1 区域产业结构变化比较分析	253

10.1.1 北京市产业结构变化	253
10.1.2 厦门市产业结构变化	253
10.1.3 深圳市产业结构变化	254
10.1.4 上海市产业结构变化	255
10.1.5 比较分析	256
10.2 区域产业结构的同构性	257
10.3 区域产业结构变异程度	259
10.4 区域产业用水结构及节水比较	260
10.5 区域行业用水定额变化分析	263
10.6 小结	267
后 记	268
附 录 国民经济行业分类标准	273
参考文献	276
致 谢	287

第1章 历史的导言

水是生命之源。从自然的演化到生命的诞生，从原始人类的进化到人类文明社会的产生，都与水有着不解之缘，整个自然进化史和人类社会发

1.1 水是生命之源

太阳系是由原始星云在自引力的作用下逐渐转化而来的，地球是随着太阳系的形成而产生的。地球诞生以来约有 46 亿年的历史，它经历了“天文时期”和“地质时期”。在“天文时期”，由于高温的作用，地球内部的物质产生一些气体散发到地壳外面，形成了地球最早的大气圈，原始大气圈中逐步形成了水蒸气，由于温度的下降，便有一部分水蒸气凝成液态水降落到地面成为原始的水圈；在“地质时期”，地球在内部物质运动的作用下，引起了地壳的垂直和水平运动，造成地球表面高低不平，形成了山脉和洼地，再加之原始水圈的存在，便形成了江、河、湖、海。

水是生命之源，是一切生命生存和发展的物质基础，是物质循环与能量交换的介质。水无处不在，大到海洋、江河、湖泊，小到土壤、血液、细胞。水既存在于宏观世界，也存在于微观世界，正是水的存在，构成了色彩斑斓的大千世界。

在地球圈层的形成过程中，出现了大气圈、水圈和岩石圈，随着生命的产生，这些圈层进一步分化，与生命体一起形成了繁荣的生物圈（见图 1-1）。所有生命体都生活在这个生物圈中，依靠它而生存发展。生物圈内的生命系统与非生命环境之间，在水的作用下

进行着有规律的循环,水为所有生命体提供了生息繁衍的条件。

水不仅为生命的诞生提供了条件,也为生命的发展提供了舞台。生命进化史告诉我们,从原始单细胞生物到原生动物的进化,再到两侧对称动物、侧口动物、原始有头类动物直到鱼类的产生,生命的演化才真正进入了丰富多彩的史前时期,从海洋走出来的两栖类动物,最终演化成为我们人类。所以说,海洋是生命的真正故乡,海洋是生命的摇篮,无论是无机物向有机生命物质的转化,还是原始生命向人类的进化,水都是这些转化过程中不可缺少的因素。作为社会的人不仅依赖于自然资源的存在,而且依赖于生产方式,同时必须考虑到正在同时进行的某些过程的关系即社会关系,这是人类高于其他生命的本质所在。

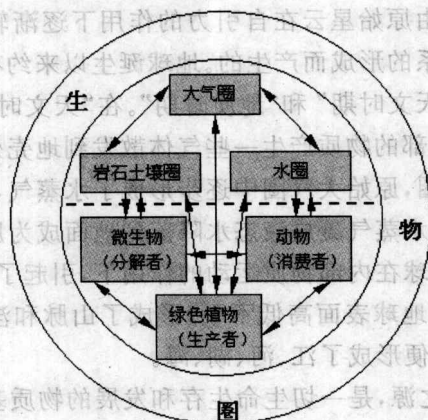


图 1-1 地球圈结构图

1.2 水是人类文明的摇篮

大约 360 万年前,人科动物出现了第一个新属——南方古

猿。它以不同物种的形式向南非蔓延,大约在 250 万年前,从这些物种之一中诞生了人属,他们的后代直立人不仅生存了下来,而且走出了非洲,向冰川时期的欧洲、中国以及印度等地蔓延,并成为我们人类共同的祖先。人类文明进化史表明,人类在进入农业文明社会以前的 1 500 万年的时间都是以同样的生产方式采集和狩猎。在森林、草原、河流、湖泊中等地域生存。^[1] 作为生物圈中基本组成因素的水,与人类的生存和发展有着密不可分的联系。从考古发掘结果来看,无论是东非的肯尼亚人、奥杜瓦伊峡谷的坦桑尼亚人,还是中国的元谋人、蓝田猿人、山顶洞人,他们都生活在临近草原的低山河谷地带,因为这里有充足的食物(植物和动物),有洞穴可居,更有水可饮。因此,早期人类的生存和活动范围大都选择在河流纵横、山峦起伏的区域。四大文明古国的形成就是依赖于河流,缔造了人类最早的文明“大河文明”。^[2] 大约在公元前 6000 年左右,由于人口数量的增长,食物来源的短缺,采集和狩猎已经不能满足人类的生活需求。新石器时代的原始人类在生活方式上作出了最重要的选择,就是以定居为主的农业生产方式。^[3] 原始耕种土地的方式是刀耕火种,这种粗野的生产方式消耗了大量资源,并很快消耗掉土壤的肥力,也使土地日益贫瘠。史前时期,部落或种族经常迁移,以寻求合适的生存环境。农业生产方式既需要充足的水源,还需要肥沃的土地,正是这两个因素促成了四大文明古国的建立。大约在公元前 4000—2000 年,在尼罗河流域的埃及、两河流域(幼发拉底河与底格里斯河)的巴比伦、印度河流域的印度和黄河流域的华夏民族,先后出现了最早的农业文明。在这些流域,河水的天然泛滥带来一层层肥沃的新淤泥,改良了土壤,使得农业文明得以生存发展。可以毫不夸张地说,水孕育了人类的文明。

1.3 水是人类文明进化的动力

从旧石器时代,人们主要的生产方式是采集野生植物和狩猎野兽,对原始人来说,用做狩猎的水坑常是部落生存的命脉,进入新石器时代,早期人类已经有意识地栽培某些可吃的植物,并把野兽驯养成家畜,这就形成了农业和畜牧业的早期雏形。人类历史上的第一次生产方式变革是从采集和狩猎向农业过渡,而农业文明的产生,是依赖于河流,依赖于充足的水源,才成为可能。农业的产生使人类的食物有了更好的保障,它的进一步发展使人们有可能生产出满足生产者本身所需要之外的剩余食物,这最终会影响到社会形态的改变,所以农业的产生和发展在人类文明史上具有划时代的意义。^[3]

农业文明绵延数千年的历史,就是一部与自然搏斗的历史,是人与水抗争的历史。水是农业的命脉,这是人人知道的常识。但是水既能给人类带来福利,也能给人类带来无尽的灾难。在原始社会晚期,我们的先民就已经开始治理水害,开发水利。传说中,尧的时候洪水为患,尧用鲧治水,鲧治水九年,用堵塞的方法防治水患,结果洪水冲垮堤坝,舜殛死鲧,又用鲧的儿子禹治水,禹改用疏导的办法,治理十年,取得成功。据记载,中国从公元前 206 年到公元 1949 年的 2 155 年间,平均每两年就遭受一次洪水的蹂躏。^[4] 古埃及尼罗河的周期性的泛滥,印度恒河的滚滚洪流,两河的洪水猛兽给早期人类带来了巨大的灾难,以至于人们用河神、水神来表达对大江、大河所产生的敬畏,如战国时期西门豹治邺中所提及的用美女敬献水神的记载,印度圣水祭物传统等均是人类为祈求风调雨顺、免受洪水灾害、崇拜水域的佐证。大禹率众治水的胜利,打破了狭隘的宗族势力范围,带来统一和广泛的社会大分工,建立了中国第一个古代王国——夏王朝。^[5] 从秦皇汉武、唐宗明祖,到康乾盛

世,无一不效法大禹,治水安邦,都江堰、安丰塘、郑国渠、大运河等一系列的水利工程,展示了华夏古国灿烂的文明。

正是在与洪水的抗争中,激发了人类的智慧。尼罗河每年周期性的泛滥,使得人们不得不经常测量土地,观察天象;巴比伦人对洪水的恐惧和崇拜使得他们相信占星术;所有这些活动的结果,促成了科学的诞生,形成最早的几何学和天文学,古埃及的几何学后来成为欧氏几何的鼻祖。这些早期科学随着古希腊、古罗马的兴起而被继承下来,形成了人类历史上璀璨的科学文明。^[3]

在观念上,古希腊第一个自然哲学家泰勒斯认为万物都是在水中产生的,而且设想大地是一个浮在水上的圆筒或者圆盘,天上也弥漫着水;巴比伦人和埃及人都曾经把水看成是世界的主要组成元素^[3];中国古代的五行学说将水放在五行之首,以水与火、木、金、土结合,生成万物。李约瑟博士深刻地指出:“这里不容忽略的一点是这个序列的水开始这一事实的意义……在全部中国思想史中,正如其中所说的那样(附有引证),始终都对水是初始物质有着某种强调。”^[6]因此,农业文明的根源就在于水,水是整个古代文明的主线和精髓。

农业文明持续了数千年。工业文明至今只不过300年,其中经历了两次技术革命,一次是以蒸气机的发明为代表的机械动力革命,一次是以发电机、电动机的发明为代表的电力革命。透过科学技术历史的长河,我们同样可以发现这两次的技术革命,包括以工业化为代表的近代文明的产生,都与水有着这样或那样的联系,具有非常明显的“水利色彩”。18世纪60年代在英国开始的产业革命是伴随着第一次技术革命的产生而开始的,它开始于纺织工业的机械化,以蒸气机的广泛使用为主要标志。这是因为纺织业当时是英国最主要的产业部门,也是最需要新技术的行业。从1733年凯伊发明的飞梭到1764年哈格利夫斯发明的珍妮机,再到1785年卡特赖特发明的用水力推动的纺织机,一系列的技术发明和改进

以后,人们发现水力受自然条件的限制,工厂必须建在水力资源丰富的河边,这些地方一般都远离城市和交通大道,而且干旱和洪水经常会导致工厂停产,这种动力不能常年均衡地供应,这就迫切需要新的动力。^[7]有新的要求就有新的探索。瓦特蒸气机的诞生,完成了动力上的革命,把第一次技术革命推向高潮,正如马克思所说:“瓦特的伟大天才表现在 1784 年 4 月他所取得的专利的说明书中,他没有把自己的蒸气机说成是一种用于特殊目的的发明,而把它说成是大工业普遍应用的发动机。”^[8]蒸气机迅速在化工业、采掘业、机械加工业、冶金和交通运输行业得到了应用,形成了一系列新型的产业部门,导致了世界性的工业革命。恩格斯深刻地指出:“蒸气和新的工具机把工厂手工业变成了现代的大工业,从而把资产阶级社会的整个基础革命化了,工厂手工业时代的延缓的发展程度变成了生产中的真正的狂飙时期。”^[9]

第二次技术革命是继蒸气机之后以电力的应用为标志的,恩格斯在谈到这次革命时指出:“这实际上是一次巨大的革命。蒸气机教我们把热变成机械运动,而电的利用将为我们开辟一条道路,使一切形式的能——热、机械运动、电、磁、光——互相转化,并在工业中加以利用。”^[10]电力的传输实现了动力上的远距离传送,“这一发现使工业几乎彻底摆脱了地方条件所规定的一切界限,并且使极遥远的水力的利用成为可能”。^[10]因此,水利发电和火力发电的大规模出现,既是工业文明的开端,也是水资源开发利用进入工业文明的里程碑。水电的应用,不仅为工业提供了方便价廉的新动力,而且有力地推动了一系列新兴工业的诞生,可以说,从蒸气机的发明到水电的广泛应用,人类社会完成了具有划时代意义的产业革命,形成了延续至今的工业文明。

因此,水是人类文明发生、发展和变革的重要机制。反过来,可悲的是,水也是某种文明消失的决定性机制。随着人口的增加而过度砍伐森林,导致严重的水土流失,使得曾经在中美洲雨林带辉煌

了1700年的玛雅文明因缺水而衰亡了。^[11]许多历史学家把古文明衰亡的原因归咎于战争和统治者的荒淫,而很少注意到支撑文明的生态环境。生态文明观认为,战争不可能把一个辉煌的文明全部毁灭,真正使一个辉煌的古文明彻底消亡的原因,是支撑这个文明的自然资源的彻底破坏。古巴比伦文明、地中海的米诺斯文明、腓尼基文明、玛雅文明、撒哈拉文明等,一个个随着人类早期农业对水和土地的不合理利用而最终消亡了。^[12]

伴随着产业革命而来的是人口的激增和经济的高速发展所造成的需水量的剧增,世界上很多地方因各种原因出现了“水荒”,人类终于抛弃了自古以来的传统,水并非“取之不尽,用之不竭”,从而开始了水资源有效利用的新纪元。

1.4 工业文明的衰落

现代文明是以工业文明为标志的人类发展的一个阶段。现代文明当然不仅仅是工业文明,它还包括社会的政治、经济、文化和思维等方面,涉及一系列生产方式、生活方式和行为方式的现代内涵和现代性要求,但现代文明的基础和动力是工业文明,现代文明的丰富内涵是在工业化的过程中发展起来的,所以人们大多将“工业文明”指代“现代文明”,用“工业化”指称“现代化”。工业文明概括起来有如下几个基本特征,首先它是一种全新的社会组织形式,原来的农业文明家庭式的产业职能转化了,成为现代企业和公司组织;所有工业社会都依赖于信息领域、技术领域和社会领域三者的结合,这三者形成了工业社会的基本结构。其次,工业文明的基础是廉价的自然资源(不可再生的,如石油、煤等;可再生的,如水资源、森林等)。再次,科学技术的突飞猛进,不仅大大促进和提高了劳动生产率,极大地加速了生产的自动化,而且有力地推动和加快了生产方式的变革,为人类改造、开发自然提供了强大的工具。