

流域综合管理发展的历程、经验启示与展望*

杨桂山¹ 于兴修² 李恒鹏¹ 朱季文¹

(1:中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008; 2:临沂师范学院地理与旅游学院, 临沂 276005)

提 要 探索流域管理的理论与实践, 不仅有助于理解流域演变的客观规律、提高管理效能, 而且能为流域综合管理科学的逐步形成与完善以及流域综合管理实践提供有益参考. 文章在总结回顾流域管理发展历程的基础上, 着重分析流域管理发展的现状与问题, 认为流域资源、环境与经济发展的综合协调与管理, 建立行之有效的新型流域综合管理体制和管理机制, 流域问题的跨学科综合研究与先进技术的应用等四个方面将是流域综合管理未来研究的主要趋势.

关键词 流域综合管理 历程 现状 趋势

分类号

自古以来, 人择水而居, 人类文明大多起源于江湖流域. 流域作为以水为媒介, 由水、土、气、生等自然要素和人口、社会、经济等人文要素相互关联、相互作用而共同构成的自然 - 社会 - 经济复合系统, 系统内部自然与人文各要素以及上、中、下游, 左、右岸各区段之间各种事件的发生、变化存在着共生和因果联系, 形成不可分割的有机整体, 其中任一要素的变化或某一区段的局部性调整均将不可避免地对整个流域产生重要影响.

长期以来, 由于缺少综合管理, 目前世界大江大河(湖)流域均不同程度地出现了严重的资源破坏与生态环境恶化问题, 而且解决这些问题, 并不是某个部门、某一地区或某种单一方法就能奏效的, 需要不同部门与地区之间的合作, 需要上中下游、左右岸的协调和所有利益相关方的共同参与. 因此, 只有通过政府和流域内的企业与公众等各利益相关方共同合作, 以流域为整体单元进行资源开发、环境整治和社会经济发展的统一规划和综合管理, 才能达到人与自然和谐的可持续发展目标. 传统的以行政区为单元、人为割裂流域各要素和各区段之间自然联系的做法, 已越来越难适应学科发展和生产实践的需求.

以不同尺度的流域为对象, 探索流域管理的理论与实践, 不仅有助于理解流域演变的客观规律, 而且还有助于大幅提高管理效能, 在避免上中下游不同区段之间、部门之间以及区段与部门之间的矛盾和冲突的同时, 保证流域资源可持续利用和生态环境的持续改善, 最大限度谋求公共福利最大化. 本文在总结回顾流域管理发展历程的基础上, 着重分析流域管理发展的现状与问题, 展望未来发展趋势, 为流域综合管理科学的逐步形成与完善以及流域综合管理实践提供有益参考.

* 中国科学院知识创新重要方向性项目 (KZCX3-SW-331) 资助.

2003-08-20 收稿; 2004-09-12 收修改稿. 杨桂山, 男, 1963 年生, 博士, 研究员.

1 流域综合管理发展历程

早在 19 世纪末至 20 世纪初,欧美国家就开始重视流域一体化的水资源利用管理,但早期的流域管理仅限于防洪、供水、航运等单一目标.20 世纪 50 年代以来,随着流域经济快速发展和人口剧增,人类对流域资源利用和环境破坏的强度不断加大,流域水污染控制与治理逐步成为流域管理的重要内容.进入 20 世纪 90 年代,以流域可持续发展为目标的流域综合管理得到越来越多管理者和科学家的重视,强调全流域自然与人文各要素的综合协调管理是实现流域可持续发展目标的前提和条件.

1.1 以协调流域水资源利用为主要目的单一目标管理阶段

自古以来,人们一直依赖流域各种资源进行着各种各样的生产与生活活动,但早期的流域管理活动主要局限在防止和抵御洪涝、滑坡、泥石流等灾害方面.进入 18 世纪以后,特别是 18 世纪后半叶工业革命的发生,西方国家人口快速增长,工业飞速发展,对水资源的需求激增,导致水资源短缺现象日益突出,协调流域水资源供需关系逐渐成为流域管理的重要内容^[1].由于当时只注重工农业生产的发展,对流域资源出现了过度开发利用的现象,水土流失、土地退化、洪涝灾害加剧等问题并没有引起人们足够的注意,这种现象一直持续到 20 世纪 30 年代.

1.2 以流域水土资源综合利用为主要目的的多目标管理阶段

随着科技进步和认识水平的提高,人们发现过度开垦、滥砍滥伐等不合理人类活动是引起水土流失、土地退化和洪涝灾害加剧的重要原因.因而,自 20 世纪 30 年代起,逐步开始了以水土保持、洪水灾害治理、水资源调配、航运、发电和旅游等为目的的多目标统一规划与管理^[1],在这一阶段,世界各主要国家相继建立不同形式的流域管理机构,以求趋利避害、最大限度地开发利用水资源.美国田纳西河流域管理局的建立及发展大致代表了国际上流域管理这一阶段的发展历程.

20 世纪 30 年代,田纳西流域是全美最贫困落后地区之一,生产水平低下的农业是国民经济的支柱产业,因过度耕种和森林滥伐,水灾频频发生,水土流失十分严重.在当时美国总统罗斯福的倡导下,1933 年 5 月,美国国会通过了 TVA (Tennessee Valley Authority) 法案,具有政府职能但运行灵活、兼具私人企业组织优点的田纳西流域管理局 (TVA) 据此成立,开始全权处理流域水土资源综合开发利用问题,如控制洪水、改善航运条件、水能发电、恢复植被和控制水土流失等.至 20 世纪 40 年代中期,田纳西流域已开发了 1050km 的航运水道,同时成为美国水电生产能力最大的流域,同时,流域内的经济得到了空前发展,农业生产更为合理,森林植被明显恢复.

在这一阶段,流域管理模型研究得到了快速发展.其中,在对美国东部地区 30 个州 10000 多个径流小区近 30 年的观测资料进行系统分析的基础上建立起来的 USLE 模型,影响较大,许多国家用其进行土壤侵蚀量研究.另外一些模型如以自然过程为基础的非点源污染模拟模型 CREAMS 等也得到了一定的发展.

1.3 以环境治理与保护为主要目的的流域一体化管理阶段

20 世纪中叶后,人口数量激增、经济快速发展,导致人们过度开发自然资源引起的水质下降、土

地退化、生物多样性减少问题更加突出。许多国家、地方政府以及一些国际合作组织为发展经济而进行的一些流域开发工程项目，在一定程度上又加剧了上述问题的严重性^[2]。1972年，具有里程碑意义的人类环境会议在瑞典的斯德哥尔摩召开，与会各国代表共同发表了《人类环境宣言》，强调在保持经济发展的同时，必须高度重视生态环境保护。

生态环境问题的日益加剧，促使流域管理由单纯的资源开发利用管理向流域资源开发与环境保护管理并重的方向发展，各国的流域管理大都增加了水污染控制和生态环境保护的内容，纷纷重视开展污染物产出对流域资源开发的响应及水陆输移过程模拟与控制研究，并颁布污染控制与环境保护相关法律。法国在1964年颁布了《法国水法》，并对流域管理体制进行改革，在从法律上强化全社会重视水污染治理的同时，建立了以流域为基础的解决水问题的机制，将全国按水系划分为六大流域，在各流域建立流域委员会和流域水资源管理局（又称水管局），在保护环境的前提下，实现流域水资源的高效开发利用。英国于1963年颁布了《水资源法》，在英格兰和威尔士共建有29个河流管理局，至20世纪70年代，为集中管理水资源，将上述河流管理局合并为10个。各管理局实行其管辖范围内地表水和地下水、供水和排水、水质和水量的统一管理。1965年美国颁布《水资源规划法》，要求以环境质量、区域发展、社会福利为目标进行水土资源综合规划与管理。20世纪70年代起，荷兰的流域管理机构被授予地区与地方的水质管理权，省级部门水管理和环境管理部门分设的局面逐步被水资源与水环境合二为一管理体制所取代。1972年美国国会颁布《清洁水法》后，作为最早成立的田纳西流域管理局（TVA）又致力于全流域水污染治理、生态保护、休闲娱乐及经济活动的环境影响评价等管理，使流域管理向更综合的方向发展。

1.4 以人与自然和谐为主要目标的流域综合管理新阶段

1992年6月，联合国环境与发展大会在巴西里约热内卢隆重召开。会议讨论并通过了《里约环境与发展宣言》与《21世纪议程》等纲领性文件，明确提出了“可持续发展”的新战略和新理念：人类应与自然和谐一致、可持续地发展并为后代提供良好的生存发展空间。至此，人们普遍认识到解决日益严重的人口、资源、环境与发展问题的有效途径是以流域为单元对自然资源、生态环境及经济社会发展进行系统综合管理。1993年英国Gardiner正式提出以流域可持续发展为目标的流域综合管理理念，使得以流域资源可持续利用、生态环境建设和社会经济可持续发展为目标的流域综合管理在澳大利亚、美国、英国等发达国家广泛兴起。

近年围绕流域综合管理的研究已经成为区域可持续发展研究的热点。研究内容呈现出微观更加深化和宏观更加综合的方向发展，如由原来单纯水文过程研究转为流域内包括水、沙、营养元素、重金属污染的物质输移过程研究；水土保持研究中不仅仅研究土壤侵蚀、土地退化，而且包括土壤侵蚀产生的非点源污染物导致的环境问题研究；人类活动及生态景观学、流域生态健康、流域生态安全、流域生态承载力成为研究的重要内容。同时，流域水文、流域生态、流域经济和数字流域等分支领域迅速发展，中小尺度流域过程的定量化模拟和“3S”技术的应用，使得流域综合管理向着科学化、规范化的方向进一步发展。

2 流域综合管理发展现状经验与启示

自 20 世纪 30 年代美国成立世界上第一个流域综合管理机构——田纳西河流域管理局以来,大多数西方发达国家都已经建立起适合本国具体情况的较为完善的流域管理体制,在流域管理应该管什么、谁来管、如何管,即流域管理的目标、体制、方法等三个重要方面进行有益的探索,并积累了不少成功的经验.表 1 简单总结了国际上几个典型流域流域管理模式及其成功的经验与启示(表 1).

表 1 国际典型流域管理模式及其经验与启示

Tab. 1 The pattern and experience of international typical watershed management

管理机构设置与模式		经验与启示	
欧洲莱茵河流域	较早实现国际协调管理的河流,百余年来沿岸各国签订了众多的公约、协定和法规,建立了种类繁多的跨国管理机构,发挥组织协调、依法管理作用.1950 年建立的“莱茵河国际保护委员会”(ICPR),开创了国际合作联合治理污染的新模式,ICPR 下设监督机构与各种专业组,各国成立相应机构,成效显著.	1.	预防为主、源头治理优先,制定严格、明细的规定,规范流域开发行为.
		2.	注重流域管理措施落实的实时监控与效果评估,及时调整.
		3.	注重增加城市、农业区的蓄水能力,减少雨水流失.严禁在洪泛平原进行开发和占用河床空间.
		4.	提出河流生态系统管理新概念,重视河流健康功能,兼顾社会经济因素,利用现代科技的支持.
美国密西西比河流域	多层次多部门的各种机构组织相互配合的流域综合管理,机构众多,包括军队及联邦政府,州政府相关部门代表组成的机构组织,还有非政府组织.各单位分工明确,形成互补关系,避免因工作重复造成矛盾.若干不同层次的协调组织,协调各方的利益.	1.	加强法制建设,制定一系列流域管理相关法规,约束流域各利益方的行为.
		2.	以子流域为单元的全流域综合管理,通过各个机构信息共享及密切合作来实现.
		3.	重视非工程措施,而不是单纯依靠工程技术.
澳大利亚墨累—达令河流域	建立了有效的组织机构系统,由三个层次组成,第一层为国家一级的部级理事会,为最高决策机构,第二层为部级理事会的执行机构,包括流域委员会及其办公室.第三层为社区咨询委员会,负责理事会和社区之间的双向沟通,强调公众参与流域管理.	1.	流域管理的权威应建立在协商机制上,方案制定阶段的充分参与是落实协议的关键.有效的组织机构系统是落实协议的保证.
		2.	在水分配中,引入新的理论与方法,通过水政策改革土地权与水权分离,提供可贸易的水,形成水市场.
		3.	流域管理过程的科学化、民主化、透明性与公平性.
中国鄱阳湖流域	以省有关部门、地市主要领导参加的“山江湖开发治理委员会”作为流域决策指挥、统筹规划与综合协调机构,定期议事,对重大工程项目进行研究、决策,并协调各行业、地区的行动.各地市、县建立分支机构,形成多层次指挥、协调网络体系.	1.	打破条块分割,采用统一指挥、统筹规划与综合协调办法,以流域为单元进行开发治理.
		2.	治山、治水与治穷、治愚的互动与合力.保证总体规划的实施,引进参与式发展与小额信贷机制,提高流域管理水平.
		3.	建立政府调控与市场机制相结合的资源管理机制,加强监督、执法.

2.1 明确流域管理的主要目标

流域管理涉及面十分广泛,然而由于种种原因限制,流域管理机构的设置往往难以从一开始就做到真正意义上的综合管理,必须在积累经验的基础上逐步走向综合,因而确定适合各自流域实际的流域管理目标就显得特别重要.在流域系统中,水是最敏感的因素,洪水问题、有限水资源分配问题、

水环境污染问题往往是为数众多的流域管理机构设置的最初动力。例如，国际上最早开展流域管理的美国密西西比河流域、我国自 20 世纪 50 年代以来陆续设立的七大江湖（长江、黄河、淮河、珠江、海河、松辽河、太湖）流域管理机构的首要任务，就是通过统一规划、协调各种工程与非工程性措施以减轻流域洪水；而开展流域管理较早的澳大利亚则明确流域管理的重点以水资源利用协调与管理为主；欧洲的莱茵河流域则首先从关注流域水环境恶化问题入手，逐步过渡到流域综合协调与管理。

2.2 重视立法

加强立法是实施流域综合管理的有效手段，世界各国都非常重视与流域综合管理有关的立法工作，许多国家把有关流域开发、利用、管理、保护及防治水害等问题，或集中规定在一部法律内，或针对各种问题分别制定若干单行法律。奥地利于 1884 年制定了世界上第一部《荒溪流域治理法》，开展了以恢复森林为中心的山区流域管理。迄今为止，美国已有 20 多个配套法规对流域管理和水土保持的有关问题作了进一步的规范。

美国田纳西流域管理是流域综合管理史上的范例^[3, 4]，其成功的关键是专门为其制定的法律——“TVA”法案起了决定性的作用，这一法案的部分内容被许多国家所借鉴。“TVA”法案是隶属于美国宪法直接针对全面开发田纳西流域而制定的法律，其宗旨是成立一个机构来统筹开发和管理田纳西流域。经过多年的努力，田纳西河流域的开发和治理都取得了显著成效。在这个过程中，《田纳西流域管理法》为流域的统一管理提供了法律保证，对田纳西流域管理局的职责做了明确规定，是整个流域管理的基础和保障。

莱茵河流域管理成功的经验也在于依法治理。如德国有一系列保护水源的法律，其中最主要的是用水规划法，确定了政府管理水源的重要原则和措施，就水源保护和利用、废水处理、防洪等方面作出明确规定。此外，对废水收费、肥料、农药、洗涤剂使用、降低洗涤剂中的含磷量、清洗或掩埋受污染的泥沙、垃圾堆放、地下水监测等都做出了法律规定。荷兰于 1970 年开始实施《地表水法》，这项法令使荷兰在水质保护方面逐步形成了一个系统的综合管理体系。

此外，日本、澳大利亚、新西兰、瑞士等许多国家也制定了比较完善的与流域管理相关的法律法规。主要内容都是集中规定了流域管理与水土保持管理机构及职能，各级政府及有关部门的责任，自然灾害防治的措施、经费来源、行政监督及优惠政策等。依法治水、依法管水，已成为各国水管理体制改革的重要方向。

2.3 重视全流域的整体协调与管理

流域上下游之间、流域各组成要素之间的相互影响和联系构成了流域的整体性。流域管理要解决的一个关键问题是流域单元与行政单元的协调问题。流域作为一个整体，对从上游治理而获得好处的下游居民来说，有义务从经济上对上游的流域综合管理措施给予补偿，如果没有这样一个全流域协作的整体观，上游治理就会失去积极性，而上游治理不好将直接影响下游的经济发展和居民生活。英国政府于 1963、1973 和 1989 年几次调整流域管理机构，最后把英格兰和威尔士划分为 10 个区域性管

理局, 综合管理辖区的水资源、排水、供水、污染控制、渔业、水土恢复与保持等, 改变了水资源管理和水污染控制上的相互交叉和推诿的混乱局面, 取得显著成效。

此外, 重视流域的整体规划也是众多流域管理机构取得成效的重要因素, 规划的目的是确保人们对流域环境、社会和经济等各方面需求的平衡, 有助于树立流域内不同参与者的流域整体观。规划内容一般包括流域管理的目标、所要解决的主要问题、采取的主要措施及时间安排等。由于流域只是区域或更大流域的一部分, 规划中往往还包括对其它地区可能的影响及其对策。

2.4 重视公众参与与民主协商决策

国际上流域综合管理取得成效的国家都十分注重社会各阶层的参与, 并将其作为流域综合管理的关键因素。流域综合管理参加者除包含流域内的政府代表、专家外, 还包含拥有土地的集体和居民及其他用户代表。如法国的流域委员会内政府和专家代表、选民代表和用户代表各占 1/3。

公众参与流域管理的形式多种多样, 并在实践中形成了许多新模式(表 2)。这些新模式肯定了公众的主导作用, 强调他们自身的习俗和文化是流域综合管理的基础。

表 2 公众参与流域综合管理新旧模式对照^[5]

Tab. 2 The comparison of former and newly pattern of watershed management by participated in public

旧模式	新模式
流域管理等于水土保持	是减缓贫困, 流域持续发展的自然资源管理
流域管理被划分成众多的组成部分(子系统)	流域管理被认为是统一的综合管理
土地质量决定土地用途	土地利用应根据土地适宜性、群众的利益和爱好
农民是破坏流域的肇事者, 不能参加流域管理	流域管理方案的确定须尊重农民的意见
政策、法律和管理机构的问题未受到重视	政策、法律和管理机构提到重要位置
由专人制定流域管理方案, 科研人员审查各种意见, 推广人员向人们传授新技术, 而农民则消极等待科学家解决问题	农民一开始就以平等身份参与流域管理, 与科研人员一道补充、融合新旧科技知识, 解决实际问题
政府与非政府组织是启动或代理领导以及敦促实现流域管理目标的机构	农民自主自控地领导群众参与, 成为流域管理的主导, 政府或非政府组织固然重要, 但仅仅是助手
强调某一专门的技术、目标	强调社会经济、环境诸方面
按来自领导层的信息传授推广技术	由农民代理进行技术推广
依靠灌输的思想、技术, 由科普人员领着走, 忽视内在的技术、知识	基于自身的技术、知识和人们的习惯发挥农民的领导作用
技术革新来自于想像	科学研究面向农民群众遇到的实际问题
从上到下的规划、监督和从上到下的评估思想与方法	从根本上建立群众参与规划、监督、评估的思想方法
由某一方面、部门或学科控制, 部门分离严重	多部门、多学科紧密联系
官方和代理机构掌权	农民及其他土地使用者掌权
依靠富有的农民, 忽视妇女及广大贫困者	注重边远区贫困农民, 尤其强调性别、阶级的平等
注重长期效益	以产生直接效应为主, 注重长期社会经济效应和生态效应
利用经济手段刺激群众参与	根据农民的建议进行投资
不提倡群众创造	主张农民创新
偏重工程方法	注重生物方法, 突出环境问题
以大流域为基础	以小流域为基础
不重视可持续发展	把可持续发展放在首位

2.5 重视建立有效的实时监测、评估体系与监督机制

监测、评估和监督是流域综合管理工作中一个十分重要的组成部分，越来越受到各国的重视。没有可靠、及时的监测数据，流域管理缺乏支撑，建立在可靠数据基础上的流域状况评估，美国、日本、澳大利亚等国都实行谁破坏谁恢复治理的原则，规定凡在流域内新建工程、修路、采石、森林采伐、开垦荒地等都要求在建设项目的同时，采取环境、生态保持措施，否则不予立项^[6]。

3 流域综合管理发展趋向

3.1 强调流域资源、环境与经济发展的综合协调与管理，而不仅仅是河流水的管理

“水”是流域内部不同区段、不同要素相互联系的纽带，成为传统流域管理的核心。水具有流动性，一方面，流域内水循环的任何变化不仅会影响水资源、水环境，而且会影响到流域土地利用、生态环境演变，因此流域管理就不能不考虑水的开发与整治改变的流域水循环对流域其它资源利用与生态环境的影响。另一方面，流域内的人类活动对水循环有直接的影响，特别是在发达的现代社会，人类对于流域水循环的干扰和影响能力非常强大，目前流域内出现的一系列资源、环境问题几乎都与不合理的人类活动有关。流域管理如果不对流域内的人类活动进行协调和管理，而只管理水域、只对其后果进行治理，只能是治标不治本，这种管理体制也肯定是落后的。

现代流域综合管理必须以可持续发展理念为指导，这已为大多数管理者和学者接受，并成为流域管理发展的方向和衡量现代流域管理成效的重要指标。而以可持续发展理念为指导的流域综合管理首先强调综合，即必须把流域传统的水管理纳入到流域人口、资源、环境与经济协调发展的框架内，在保证流域环境、生态系统不仅不会持续恶化、而且会得到逐步改善的前提下，确定可用于流域社会经济发展与居民生活的资源数量、尤其是水资源数量，据此制定流域社会、经济发展规划，达到可持续发展的目标。美国和英国在此方面已经有一些非常成功的做法。美国最早成立的田纳西河流域管理局，赋予流域管理局代表联邦政府管理流域内全部自然资源，协调解决流域开发中遇到的各种问题，从而达到最大限度地治理水灾、改善航运、提供电力、保护环境，促进区域经济发展，提高人民的生活水平的目的，取得巨大成就，成为国际流域综合管理实践成功的典范。

3.2 探索建立行之有效的新型流域综合管理体制和管理机制

为适应未来流域综合管理的需要，探索建立新型的既具有政府职能、又具有法人地位的流域管理体制成为未来流域综合管理迫切需要解决的课题。未来新型的流域综合管理机构必须具有协调与管理流域内各利益相关方行为的权威性^[1]。

流域有效的综合管理体制包括国家、地区和地方等不同层次，并应吸收公众广泛参与，以确保管理的权威性和科学性。现代流域综合管理机制应由“集群决策型”向“调整协作型”转变，由对水的“行政管理”转变为对水的“功能管理”，即对于水的资源、环境、生态等多种功能进行管理，保护和恢复流域水体的各种功能^[7]。

3.3 更加强调流域问题的跨学科综合研究

由于水的存在,流域不仅各种自然与人文要素之间以及上中下游不同区段之间存在着“牵一发而动全身”的复杂相互作用关系,而且大多又是人口集聚、经济发达和经济增长最具活力的区域。因此,流域所面临的人口、资源、环境与发展(PRED)问题非常复杂,尤其是在人类活动对自然的影响力大大超过自然影响力本身的现代社会,其所面临的问题也比以往任何时期都更加严峻。对这样一个复杂系统,离开跨学科综合研究成果的指导、离开先进技术与管理手段的支撑,要取得真正意义上的综合管理成效是十分困难的。因此,加强流域问题的跨学科综合研究,发展流域管理科学,不仅是学科发展的需要,而且也是流域综合管理实践的迫切需求。许多国家在制定流域开发规划和确定工程项目时,已经开始重视“智囊团”的作用,以使工程建立在科学基础上。如美国在开发密西西比河过程中,陆军工程兵团就十分注意同有关高等院校、科研机构和企业集团的科研力量进行合作,并联合建立科学实验机构。跨学科研究的重点至少应包括以下几个方面:

(1) 流域复杂地表过程与人文影响机制。通过定位观测、试验、实验分析与过程模拟等手段,研究流域水-土-气-生相互作用机制与地表过程响应,流域洪水过程及其人类活动影响程度区分,流域系统物质迁移过程及其环境行为,流域经济空间格局的形成与演变机制等,揭示流域各表生环境要素(水、土、气、生)及其相互作用的过程机理、复合效应及不同类型和不同强度人类活动的影响与反馈机制,可为流域系统综合管理提供基础理论支持。

(2) 流域资源开发与生态环境效应。研究流域资源的动态变化过程与动力学机制,流域资源的生态功能与资源开发的生态环境效应,流域资源承载力与开发限度,资源可持续利用评价与管理方法等。其目标是在满足资源可持续利用的前提下,最大限度发挥资源潜力,以达到流域资源开发与保护的良性协调。

(3) 流域环境与灾害演变。研究流域重大环境与灾害演变过程及对人类活动的响应,流域生态与环境过程模拟,流域灾害风险评估与管理,流域生态、环境建设保护与减灾规划,流域生态、环境整治与减灾方案优选与后效评估等。目的是在满足人类生存与发展现实需求的同时,保持一个健康的流域。

(4) 流域可持续发展机理与调控。研究流域可持续发展影响因素及相互作用机制,流域城镇、产业合理布局;流域经济运行态势动态模拟与预测;流域不同经济增长方式与速度的资源环境需求模拟;流域经济与资源、环境协调发展机理与调控模型等。为流域社会经济可持续发展目标的实现提供科学指导。

(5) 数字流域与流域综合管理决策支持系统。流域管理是一项庞大而复杂的系统工程,离不开先进的管理手段和方法支撑。研究流域健康评价与预警模型,构建“数字流域”,发展流域虚拟现实技术,研发流域综合管理决策支持系统等,均是流域综合管理实践的迫切需要。

3.4 更加重视先进技术的应用

遥感、地理信息系统和全球定位系统等先进技术在流域综合管理的应用,可以大大提高流域综合管理的精度和工作效率。地理信息系统(GIS)是一种能及时、可靠地对地物的位置、数量、质量、空

间分布进行精确地输入、存贮、控制、分析、显示，以做出科学决策的先进工具。目前美国已将 GIS 应用到流域综合管理的各个领域，如规划设计、资源监测、生态效益的分析、洪涝灾害的评估等，取得显著成效。遥感 (RS) 能够对流域内的生态环境要素及流域综合管理效果进行动态监测，及时地更新 GIS 数据库，便于管理者根据流域变化的现时状态作出科学决策。为准确界定流域组成要素动态变化的区域界限，全球定位系统 (GPS) 的应用也越来越广泛。

模型模拟是流域综合管理量化的有效手段，因而流域综合管理模型的开发越来越受到管理者的重视。早期的流域模型多为集总式水文模型，如 USLE、HEC-1、USGS 模型等，近年来，一些空间精度高、可以较好地模拟流域水文过程的分布式模型，如 AGNPS^[8]、ANSWERS^[9]、SWAT^[10]等得到开发应用，而且通过耦合流域环境物质输移等模型，实现对流域环境、生态等过程的模拟。在此基础上，包含社会经济因子的流域综合模拟模型也开始尝试建立和应用。此外，开发研制易于尺度转换的高精度模型也是模型研究的一个重要趋向。

在向高精度流域模拟化发展的同时，部分学者^[11]开始尝试建立流域综合管理决策系统，并应用到流域综合管理实践。该系统的核心是以流域高精度基础数据库为基础，设定一定的工作环境，能够容纳大量相互联系的模型并保证其正常运行，并可以实时更新数据库，以随时取得现时的模拟结果。另外，为了非专业管理者的需要，还提供不同管理方式可能结果的情景模拟，并实现可视化。解决目前系统中普遍存在的自然数据与社会经济数据统一、子模型相互衔接与匹配等问题，提高系统模拟的精度、可信度与实用性成为努力的重要方向。

4 结语

自 20 世纪 50 年代以来，我国在国家水行政主管部门内陆续建立了长江水利委员会等七大流域管理机构，在流域水系管理方面取得了巨大的成绩，也积累了不少管理的成功经验。但由于流域问题本身的复杂性和管理体制与机制不顺等多方面的原因，流域资源退化、灾害频发、生态环境恶化、产业结构雷同、经济发展不平衡等问题依然严峻，主要表现在：①水资源管理和水环境管理分离的双重管理体制割裂了水资源的生态和经济属性，不可避免造成管理职能的交叉；②缺少自主管理权限和履行职能的权威性；③“多龙治水”，以分权和制衡牺牲了管理的效率与效能；④缺少正式的公众参与机制和信息沟通渠道。

面对 21 世纪可持续发展对流域开发保护和我国经济社会持续、快速发展的需要，我国流域管理面临如何有效地实施流域综合管理，以解决当前已非常紧迫的流域资源退化与生态环境恶化等诸多危机。借鉴国际流域综合管理成功经验，结合我国流域实际，未来我国新型流域管理机构组建可采取流域管理委员会加流域管理局的双层体制。流域管理委员会负责统一协调和决策流域范围内各项管理事务，其委员应有广泛的代表性，包含中央有关部门、流域内各地方政府代表，受益户的代表以及专家代表等，职责是制订政策，作出各项决议和决定，流域管理的一切重大事项和政策都应由流域管理委员会通过民主表决的办法来决定。其次，在流域管理委员会下设流域管理局或类似机构，作为管理执行机构，这个执行机构的职能是执行流域管理委员会所制定的一切政策和所有决议。

致谢：本章内容在写作过程中除特别标注的参考文献外，还参阅了中国水利科技信息网

(<http://www.hwcc.com.cn>) 上登载的大量相关文献, 文中未能全部标注, 特此致谢.

参 考 文 献

- 1 Hooper B. Strengthening Catchment Management in Australia: Using an Integrated Catchment (Watershed) Management Approach. IRMR Pty Ltd, 2000
- 2 Brooks K N, Gregersen H M, Follitt P F, *et al.* Watershed management: a key to sustainability. In: Sharma P N. ed. *Managing the World's Forests*. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Pub, 2000: 455-487
- 3 罗承平, 阎连河. 为流域管理机构立法. 人民珠江, 1996,(1):8-11
- 4 唐政生, 孙荣博, 潘安. 美国田纳西流域管理. 东北水利水电, 2000, 18(4):44-49
- 5 Sharma Prem N. 亚洲群众参与流域管理的政策问题. 水土保持科技情报, 2000,(2):48-51
- 6 肖斌, 高甲荣, 刘国强等. 国外流域管理机构与法规述评. 西北林学院学报, 2000, 15(3):112-117
- 7 刘树坤. 刘树坤访日报告(八): 关于流域管理的思考. <http://www.hwcc.com.cn>, 2001
- 8 Young R A, Onstad C A, Bosch D D, *et al.* Agricultural nonpoint source pollution model: a watershed analysis tool, Agriculture Research Service. U.S. Department of Agriculture. Morris, MN. 1986
- 9 Donigian A S Jr, Huber W C. Modeling of nonpoint source water quality in urban and non-urban areas. Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development. USEPA, Athens, GA. 1991
- 10 Aronld J G, Williams J R, Srinivasan R, *et al.* SWAT-Soil and Water Assessment Tool. GSWRL Report 02-02. Texas. 2002
- 11 Letcher R A, Cuddy S M, Reed M. An integrated catchment management system: a socio-economic approach to water allocation in the Namoi. In: *Proceedings of Hydro 2000, Institution of Engineers, Australia, Hydrology and Water Resources Symposium, November, 2000*

The Course, Experience and Prospect of Integrated Watersheds Management

YANG Guishan¹, YU Xingxiu², LI Hengpeng¹ & ZHU Jiwen¹

(1: *Nanjing Institute of Geography and Linnology, CAS, Nanjing 210008, P.R.China;*

2: *Geography and tourism college, Linyi Normal University, Linyi 276005, P.R.China*)

Abstract

The search for theories and practice of watershed management not only helps to understand the impersonal rule of watershed evolvement, helps to improve the manage efficiency, the search can also provides useful references for working up and perfecting the science and practice of integrated watershed management. The paper reviews the development history of watershed management firstly, then analysis the situation and main problems of the management. On the base of summarizing and analysis, the trends of the management in the future are introduced, i.e. bring the resources, environment and economic development of watershed in line; founding an effective new system and mechanism of integrated watershed management; synthetical and multidisciplinary studing of the problems in the watershed; and applying the advanced technique.

Keywords: Integrated watershed management; course; situation; trends