

应用生态水文学

Applied Ecohydrology

严登华 / 著



科学出版社

应用生态水文学

Applied Ecohydrology

严登华 / 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书对近十年来应用生态水文学相关研究进行系统总结。全书从提出应用生态水文学入手,全面、系统地监测手段、过程模拟、定量评估、综合调控和集成管理,最后结合应用生态学研究的战略地位,提出研究的前沿和热点问题,指出变化环境下应用生态水文学的发展方向。

本书可供从事生态水文学、水文水资源、环境科学等相关领域的学者、研究人员、技术人员及大中专师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

应用生态水文学 / 严登华著. — 北京: 科学出版社, 2014. 7

ISBN 978-7-03-039748-5

I. 应… II. 严… III. 生态学-水文学-应用-水利管理-研究
IV. TV6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 025423 号

责任编辑: 李 敏 吕彩霞 / 责任校对: 朱光兰

责任印制: 赵德静 / 封面设计: 李姗姗

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

*

2014 年 7 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2014 年 7 月第一次印刷 印张: 17 1/4 插页: 4

字数: 360 000

定价: 108.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

在气候变化和人类活动的共同驱动下，洪涝和干旱极端气候事件频发。同时，社会经济快速发展导致水资源需求越来越大，城市化进程中大量土地资源被挤占，生态环境遭受严重破坏，导致流域/区域的水安全、人居环境安全与生态安全问题日益突出。综合考虑水循环-生态环境-社会经济之间的关系已经受到生态学、地理科学、环境科学和水科学等相关领域科学工作者的高度重视。

社会经济发展下的生态过程和水文过程的耦合机制研究，为水资源可持续利用提供了新理论和新方法。严登华教授及其研究团队著的《应用生态水文学》基于机理识别—模型模拟—定量评估—联合调控—综合管理这条主线，开展相应的科学研究。该书首先从应用生态水文学产生的背景出发，介绍了该学科的研究任务、学科体系、研究现状及发展情况，详细介绍了生态水文过程的立体观测和模型模拟技术，从全面系统的角度分别开展了生态需水、生态用地和水服务功能评价；重点介绍了基于绿色发展模式的水土资源联合配置和梯级水库群的生态调度等调控措施；最后作者提出基于风险模式的生态水文集合管理模式，同时展望了新时期应用生态水文学的热点和前沿问题。该书不仅在理论框架、知识集成方面做了很多开创性的工作，而且吸收国内外先进技术方法，在推动应用生态水文学的关键支撑技术研究方面进行有益的探索，为当前我国生态文明建设提供了重要理论指导、技术支撑和应用范例。

应用生态水文学是一个正在发展中的新兴学科，系统的应用生态水文学研究还处于起步阶段。借此机会向本书的作者表示真诚的祝贺，并期待他们取得新的成绩，为推动我国生态水文学领域的深入研究做出更大的贡献。



2013年12月

前 言

1999年8月,我从中国科学院研究生院(现中国科学院大学)学完研究生基础课程后,回到中国科学院东北地理与农业生态研究所(原长春地理研究所)学习。正当为自己的研究方向和学位论文选题深感迷茫和焦虑的时候,我的师兄翟金良博士给了我一套IHP(国际水文计划)关于生态水文学研究方面的资料,并建议我围绕这个方向进行选题。由于我的本科专业是地理科学,加之个人对生态学也非常感兴趣;深入细致研读这套资料和相关的参考文献后,我决定以生态水文过程及调控作为自己的研究方向,并以《东辽河流域生态水文格局与水环境安全调控》为题完成了自己的博士学位论文。在论文中采用野外试验、数理统计和地理信息技术等方法与技术,重点提出水生态空间、坡面与河道生态需水的内涵及计算方法,分析了流域生态水文过程对水质的影响。

2003年,我来到中国水利水电科学研究院师从王浩院士从事博士后研究工作。王浩院士建议我在拓展水文水资源相关研究理论与技术的同时,进一步深化生态水文学的相关研究,并在他主持的国家“十五”攻关计划课题“黑河流域水资源调配管理信息系统研究”和国家重点基础研究发展规划(“973”)项目课题“黄河流域水资源演变规律与二元演化模型研究”中,安排我承担生态水文的相关研究;并以《黑河流域生态水文过程及其综合调控研究》完成了自己的博士后出站报告。该报告重点是以“自然—人工”二元水循环理论为指导,采用数值模拟技术和3S技术,在黑河流域水循环演变特征识别基础上,系统分析了黑河流域生态水文耦合作用机制,并对下游生态需水保障及黑河分水曲线的调整提出了具体方案和建议。

自2006年以来,我先后主持了国家“十一五”科技支撑计划重大项目课题“西线工程对调水区生态环境影响评估及综合调控”、国家“973”项目“海河流域水循环演变机理与水资源高效利用”的专题“水循环驱动下的生态系统演变模拟”、国家自然科学基金创新研究群体基金项目“流域水循环模拟与调控”专题“流域水分生态耦合模拟”、国家自然科学基金项目“嫩江流域水循环演变对生态演化的作用机制”和“嫩江流域水循环与湿地演变的耦合作用机制研究”等与生态水文相关的研究项目。在王浩院士等老一辈专家的指导下,以“自然—

人工”二元水循环及伴生过程（水化学过程、水生态过程和水沙过程）理论为指导，综合运用原型观测、物理试验、数值模拟和地理信息技术，围绕“监测—模拟—评价—配置—调度（调控）—管理”这条主线，从实践需求的应用支撑角度，初步构建了气候-水文-生态耦合模拟模型，提出了水生态服务功能评价、生态需水与生态用地联合评价/配置、水库群联合生态调度、变化环境下水文风险管理等相关理论与技术，整体构成了应用生态水文学的理论与技术框架；并在东北地区、黄淮海地区和长江上游的典型流域或区域进行实证研究。

纵观国内外生态水文学的相关研究成果，目前尚未有针对“应用生态水文学”的论著。2010年，在上述研究的基础上，我开始筹划和撰写该书，虽然几易其稿，仍感到诸多不满意。党的“十八大”和十八届三中全会全面部署了生态文明建设战略，水利部在全国开展水生态文明建设试点工作，对应用生态水文学的相关理论与技术的需求也更为迫切。鉴于上述迫切实践需求，希望本书能尽快出版，以期相关工作提供借鉴和技术支撑。2013年下半年，又集中力量对书稿进行修改，仍有两部分内容未能在本书内进行阐释。其一，生态-水文耦合作用机制，作为《应用生态水文学》的基础，在撰写本书的过程中，原将其作为本书一章，但因生态-水文耦合作用机制十分复杂，难以用一章的篇幅对其进行系统阐述，且很多机理目前仍不成熟，故在最后定稿过程中，删除了该章；其二，水生态修复工程理论与技术也应是《应用生态水文学》的关键内容，但考虑相关内容国内外已有大量论著出版，故在本书中暂不予阐释。

在本书的撰写过程中，王浩院士给予了精心指导，史婉丽、王青、冯婧、张鹏、秦天玲、张诚、郝彩莲、王刚、金鑫、翁白沙、袁喆博士参与了本书的整理工作。感谢本人所指导的研究生们这些年来完成的与本书相关课题的研究工作，丰富了本书的理论和案例基础。需要特别指出的是，本书编写历经4年，李传哲博士帮我做了大量的协调与推进工作。在此，我向王浩院士等老一辈专家和我团队的各位成员表示深深的感谢！

应用生态水文学是一门新兴学科，加之我们的认识局限，书中定存在不当乃至谬误之处，恳请读者批评指正，以便在再版中进行修正。



2013年12月31日于北京

目 录

1 绪论	(1)
1.1 应用生态水文学产生的背景	(1)
1.2 应用生态水文学研究对象和任务	(2)
1.3 应用生态水文学基本科学思维与技术方法	(4)
1.4 应用生态水文学学科基础与学科体系	(6)
1.5 应用生态水文学发展与研究现状	(8)
参考文献	(12)
2 生态水文立体监测与数据同化	(16)
2.1 生态水文监测目的和任务	(17)
2.2 生态水文立体监测范式	(18)
2.3 关键生态水文要素过程监测	(22)
2.4 生态水文数据同化	(29)
2.5 本章小结	(40)
参考文献	(40)
3 生态水文过程集成模拟	(42)
3.1 生态水文过程集成模拟的目的与任务	(42)
3.2 生态水文模型分类	(43)
3.3 生态水文模型的不确定性	(50)
3.4 生态水文集成模拟范式	(52)
3.5 生态水文关键要素过程模拟	(54)
3.6 案例分析	(72)
3.7 本章小结	(82)
参考文献	(83)

4 水的生态服务功能评价	(87)
4.1 水的生态服务功能内涵.....	(89)
4.2 水的生态服务功能构成及分类.....	(90)
4.3 水的生态服务功能评价体系.....	(93)
4.4 水的生态服务功能评价手段和方法.....	(97)
4.5 案例分析	(101)
4.6 本章小结和展望	(116)
参考文献.....	(117)
5 生态用地评价	(121)
5.1 生态用地内涵及分类	(121)
5.2 生态用地评价方法	(124)
5.3 案例分析	(128)
5.4 本章小结	(136)
参考文献.....	(137)
6 流域/区域生态需水评估整合研究	(139)
6.1 生态需水内涵及组成	(139)
6.2 生态需水评估方法	(145)
6.3 流域/区域地表生态需水整合方法.....	(155)
6.4 案例分析	(161)
6.5 本章小结	(175)
参考文献.....	(176)
7 基于绿色发展模式的水土资源联合配置	(178)
7.1 绿色发展模式内涵	(178)
7.2 绿色发展模式与水土资源联合配置联动关系	(179)
7.3 绿色发展模式对水土资源联合配置的要求	(181)
7.4 基于绿色发展模式的水土资源联合配置任务与总体思路	(182)
7.5 基于绿色发展模式的水土资源联合配置原则	(184)
7.6 基于绿色发展模式的水土资源联合配置方法与模型	(185)
7.7 本章小结	(191)
参考文献.....	(192)

8 水库（群）联合生态调度研究	(195)
8.1 生态调度内涵、目标及任务	(195)
8.2 生态调度原理及技术方法	(198)
8.3 水库群联合生态调度模型构建策略	(205)
8.4 案例分析	(208)
8.5 本章小结	(226)
参考文献	(227)
9 基于风险模式的生态水文集合管理	(230)
9.1 基于风险模式的生态水文集合管理内涵与任务	(230)
9.2 基于风险模式的生态水文集合管理体制建设	(239)
9.3 基于风险模式的生态水文集合管理运行机制	(241)
9.4 本章小结	(246)
参考文献	(246)
10 应用生态水文学研究的战略地位及前沿和热点问题	(251)
10.1 新时期应用生态水文学研究的战略地位	(251)
10.2 应用生态水文学研究面临的挑战及战略选择	(254)
10.3 应用生态水文学研究前沿和热点问题	(256)
10.4 本章小结	(262)
参考文献	(263)
附图	(266)

1

绪论

1.1 应用生态水文学产生的背景

随着气候变化和人类活动影响的深入，水资源短缺、水体污染、水生态退化及旱涝事件等水问题在世界范围内凸显，在我国尤为严重，水问题已经成为经济社会可持续发展与生态环境保护的关键性障碍。产生水问题的症结是水循环系统、生态环境系统和社会经济系统之间的不协调；核心是在竞争性用水和用地条件下，社会经济用水用地挤占生态环境用水用地，导致生态环境系统破坏与退化；反过来，退化了的生态环境系统影响水循环过程、水化学过程和水沙过程偏离其自然演变规律；与此同时，气候变化导致上述过程及其相互作用的不协调进一步加剧。

为有效缓解和规避水危机，并采用主动有序的方式应对气候变化，人类需要遵循水循环系统、生态环境系统的自然演变规律，革新经济社会发展模式，规范人类的水土资源开发活动，修复退化和破坏了的生态环境系统，促进人与自然、人与水的和谐，实现水土资源的可持续发展。而要满足上述实践需求，必须突破传统学科界限，寻求新的科技支撑。1992年在柏林召开的国际水与环境大会(ICWE)，正式将 Ecohydrology 提升为一门独立的学科，旨在气候变化和人类活动影响下，识别生态过程与水文过程的相互作用机制，探求破解水问题的系统理论与技术支撑 (Georg, 2000; Rodriguez, 2000; Hillbricht et al., 2000)。

生态水文学一经提出，就被认为是解决人类面临淡水水资源短缺问题、实现水资源可持续利用的重要理论和有效工具，受到政府部门和学术界的高度关注，IHP-V (第五阶段国际水文计划) 等国际重大科学计划先后将其作为关键研究主题予以部署。在生态水文学研究的早期，重点是针对河流、湖泊等水体研究；经

过 20 余年的发展,生态水文学研究紧密结合实践需求,进一步融合了相关学科理论与技术的新进展,逐渐形成了集机理识别、监测、实验、模拟、评价、预测/预估、调控与管理等于一体的学科体系,研究对象也从河流、湖泊拓展到流域、干旱区、山地、森林、草原、湿地、城市等多种地理单元或下垫面类型(章光新,2006;严登华等,2008;王金叶等,2008;陈亚宁等,2010;Wagner and Breil,2013)。

随着水问题的日趋严峻和复杂化,生态水文学在应用支撑层面也突破了早期以生态环境需水和水体生态修复为核心的研究范式,在探索和提出面向实践需求的系列理论和方法的同时,也推动了应用生态水文学这门分支学科的产生和发展,并于 2002 年在意大利威尼斯召开的 IHP-V (2.3/2.4) 会议上予以正式提出。

1.2 应用生态水文学研究对象和任务

1.2.1 研究对象

应用生态水文学的整体研究对象是水循环-生态环境-社会经济复合系统(图 1-1),研究关键是生态水文过程。水循环系统包括天然水循环系统和社会水循环系统,其中天然水循环系统包括大气水、地表水、土壤水和地下水四个基本子系统,社会水循环系统主要包括供水、用水、排水和回归四个基本子系统(王浩等,2004;2011)。生态环境系统主要包括生物、物理(主要指水沙系统)和化学(主要指水化学系统)三类要素子系统。在应用生态水文学研究中,重点关注水生生态系统、陆生生态系统及其水陆交错生态系统。社会经济系统是人类物质资料的生产和消费过程中,各种地区、部门、单位和环节等所构成的统一体,包括人类社会、经济活动、物质生产和非物质生产四个要素子系统。尽管上述三类系统的结构、功能、存在条件和发展规律不尽相同,但相互之间存在多向反馈作用。

广义的水循环-生态环境-社会经济复合系统涵盖了大气圈、水圈和生物圈。应用生态水文学重点研究植被冠层顶至岩石圈顶之间的生态水文过程。生态水文过程具有显著的时空演变特征与尺度效应;在应用生态水文学研究中,需围绕不同水问题及生态水文调控需求,综合采用生态学、水文水资源学的基本理论与技术,确定具体研究的时空尺度。对于基本空间尺度,在水文水资源学中,往往以

流域、坡面、河道、基本产汇流单元和水资源配置单元作为空间尺度划分的依据；而在生态学研究 中，景观尺度以上的研究才具有显著的空间尺度特征，往往采用景观单元嵌套基本产汇流单元作为基本空间单元，且在针对河流、湖库的相关研究中，研究空间还根据水生生物的分布特征进一步细化。对于基本时间尺度，需结合生物的生命史和生长规律以及水文情势的时间变化特征综合确定。例如，在面向植被生态需水的研究中，以物候特征作为时间尺度开展研究。

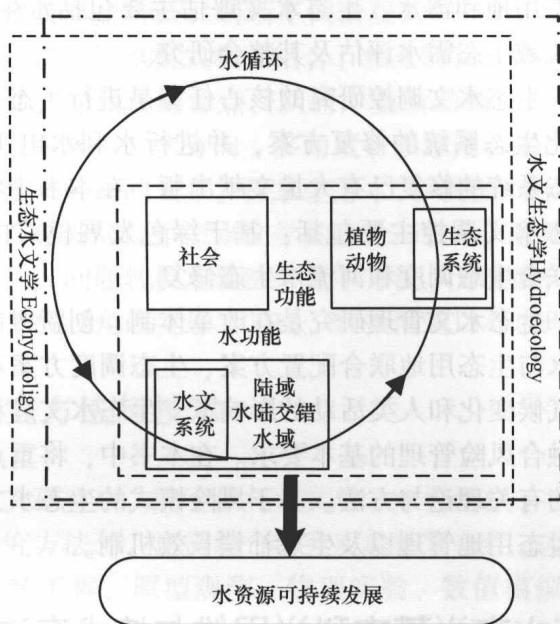


图 1-1 水循环-生态环境-社会经济复合系统

1.2.2 研究任务

应用生态水文学的总体研究任务是面向流域/区域水问题解决和水生态与水环境保护与修复的实践需求，结合生态水文耦合作用机制识别，在生态水文监测的基础上，进行生态水文评估，提出生态水文调控与管理方案。主要研究任务如下：

生态水文监测。为识别生态水文耦合作用机制，进行生态水文评价、预测/预估、调控和管理，需要对生态水文的要素过程进行监测。核心任务是确定生态水文监测指标，提出站网监测布局与方案，在整合现有监测资源的基础上，落实监测方案。同时，监测数据需要同化、整编。基于不同时空尺度的生态水文

监测，其研究技术方法可分为野外调查、室内实验分析以及长期观测和数据建模综合运用（包括数据同化技术）。生态水文监测内容主要包括能量过程监测、水文过程监测以及生态过程监测。

生态水文评估。生态水文评估研究的核心是识别研究区内主要的水问题与生态问题，摸清家底；并构建其评价指标体系和评价标准，充分利用监测资料，进行研究区现状评价，并预估生态水文发展的趋势，评估水生态服务功能，并进行生态定位，确定生态用地和需水。生态水文评估主要包括水生态服务功能评价、生态用地评价以及流域生态需水评估及其整合研究。

生态水文调控。生态水文调控研究的核心任务是进行生态用地与生态用水的联合配置，提出退化生态系统的修复方案，并进行水利水电工程（群）的生态调度。鉴于退化生态系统的修复已有大量文献出版，在本书中将不再对此任务进行分析和讨论。生态水文调控主要包括：基于绿色发展模式的水土资源联合配置、梯级水库群的联合生态调度和河流水生态修复。

生态水文管理。生态水文管理研究是在改革体制、创新机制和完善法制的基础上，落实生态需水与生态用地联合配置方案、生态调度方案和退化生态系统的修复方案。鉴于在气候变化和人类活动的影响下，生态水文过程的演变存在显著的不确定性，需要融合风险管理的基本要求。在本书中，将重点讨论变化环境下生态水文风险管理的有关理论与方法。基于风险模式的生态水文集合管理主要包括生态用水管理、生态用地管理以及生态补偿长效机制。

1.3 应用生态水文学基本科学思维与技术方法

1.3.1 基本科学思维

围绕解决具体水问题与生态环境问题的实践需求，需要综合运用发散思维与收敛思维、横向思维与纵向思维、正向思维与逆向思维、求同思维与求异思维等思维模式，形成应用生态水文学研究的创新思维模式。采用发散思维对同一生态水文问题从不同层次、不同角度、不同方向进行探索，寻求解决生态水文问题的新结构、新点子和新思路，并创新相关的技术与对策。综合运用生态学、水文学、水资源学、环境学、系统工程学等多学科的认知模式与经验，把解决问题的可能性逐步引导到条理化的逻辑序列中，以寻求生态水文问题合理化、科学化的解决方案。采用多情景比选、原型对比试验等横向思维模式，研究生态水文过程

的发展状况及其在特定发展阶段和不同区域的基本特征。采用纵向思维模式,对流域/区域生态水文过程历史演变规律、现状基本特征和未来发展趋势进行对比,剖析生态水文过程不同时期的特点和前后联系,从而把握生态水文过程演变的本质特性。采用正向思维模式,遵照生态水文历史演变特征,采用趋势外推及考虑驱动力和环境因子变化的分析预测模式,揭示生态水文学未来演变的本质特征和调控重点与任务。采用逆向思维模式,结合现状和未来可能存在的生态水文问题,分析其诱导因素及演变特征,明晰不同阶段的调控模式与对策。在实践中,需将正向思维模式与逆向思维模式相结合、相互转化。结合不同区域生态水文过程及问题的相似性,寻找其结合点,从而产生新的调控方法;对流域/区域的生态水文问题,进行多起点、多方向、多角度、多原则、多层次、多结局的分析和思考,透过生态水文问题的表象,探求生态水文问题的本质特征,突破思维定式,打破传统规则,创新应用生态水文学的理论与技术,通常可采用新视角求异法、要素变换求异法,问题转换求异法等基本方法。为突破传统生态学和水文学的局限,从泛化思维的视角改变思考方向,转换问题以寻求理论与技术的创新。

1.3.2 基本研究方法与技术

在应用生态水文研究中,除了依托水文学、水资源学、生态学、环境学、社会经济学的基础研究方法外,还需结合研究对象的复杂性、非线性特征,根据实际情况灵活运用系统工程、原型观测、物理实验、数值模拟和地理信息技术等方法。

(1) 系统工程

系统工程方法将水循环-生态环境-社会经济复合系统作为一个完整统一的动态系统,采用运筹学、概率论与数理统计学、控制论和信息论等学科的理论,分别从整体观念、综合观念、科学观念和创新观念来研究系统中的各个要素和整个复合系统,通过系统内的目标分析、要素分析、环境分析、资源分析和 管理分析,准确诊断系统存在的各种问题,深刻揭示问题的成因,提出系统问题解决的有效方案,并为管理者的科学决策提供支撑。

(2) 原型观测

原型观测是采用相关仪器设备,按照《陆地生态系统水环境观测规范》、《水域生态系统观测规范》等技术规程,对水循环-生态环境复合系统的各种要素、关键水文过程和生态响应过程及其变化规律和作用机制进行动态监测,主要包括内陆水域、河口原型观测、水环境、生态系统和修复工程原型观测、极端气

候条件下的原型观测以及水利工程运行后长期监测和控制等方法和技术。

(3) 物理实验

物理实验有室内实验和野外实验两种方式，包括实验设计、实验测量和实验分析。根据实验目的，利用相关仪器设备，研究物理规律，分析实验现象、过程及其特征，进而揭示生态水文过程之间的耦合关系和作用机制。这种方法具有半自然的性质，不仅反映真实的自然生态水文过程，还可以通过尺度“缩微”和系统结构简化，对实验单元进行独立、重复操作和有效控制。

(4) 数值模拟

数值模拟是系统分析和系统设计的强有力工具，依托于计算数学、概率与数理统计、运筹学和计算机科学。通过模拟不同流域/区域水循环和生态响应过程之间的相互关系和作用机制，建立数学模型，将应用生态水文学中的科学问题转换为数学物理问题，把试验结果作为原始问题的近似解和解析解，揭示事物间的客观规律，获取相关参数或者阈值，并对实验结果的可信度作出理性判断，必要时可通过物理实验来加以验证。

(5) 地理信息技术

地理信息技术包括地理信息系统（GIS）、遥感（RS）和全球定位系统（GPS），是空间技术、传感器技术、卫星定位与导航技术、计算机技术和通信技术相结合的，多学科高度集成的现代信息技术，可实现空间信息的采集、处理、管理、分析、表达、传播和应用。地理信息系统描述、分析流域/区域的生态水文过程和各个要素之间的空间关系；通过遥感技术可获得地面同步观测的面状数据，并进行全球尺度像素配对；全球定位系统为流域/区域提供实时、全天候的导航服务，已应用于情报收集、路径分析等问题。

1.4 应用生态水文学学科基础与学科体系

应用生态水文学以水文学、生态学的理论为基础，逐渐与土壤学、植物学、气象学、环境科学等学科交叉发展后形成。采用生态水文学的理论思维和系统科学方法，研究水循环-生态环境-社会经济复合系统中各个要素、过程之间的物质、能量和信息的流动，探求水-生态环境-社会系统之间的相互作用机制。应用生态水文学的研究方法和理论体系，致力于解决实践中存在的生态环境问题，其研究成果可为水环境保护、水生态保护和管理、水资源可持续发展与合理配置、生物多样性保护等提供科学依据。综合考虑应用生态水文学的发展历程、研究任务以及当前突出的水问题，应用生态水文学学科体系包括：①建立和发展生态水

文的实验观测和数据同化技术，包括不同尺度关键生态过程、水文过程的监测及数据处理和同化，建立生态水文立体监测系统；②集成模拟生态水文物理过程、生态水文化学过程和生态水文生物过程，构建基于过程模拟的生态水文模型模拟技术；③评价水的生态服务功能；④评价生态用地；⑤研究区（流）域的生态需水阈值；⑥基于生态用地和生态用水评价，合理配置水土资源，建立基于绿色发展模式的水土资源联合配置；⑦构建梯级水库群的生态调度优化模型；⑧建立生态补偿机制，修复和恢复水生态系统，修建人水和谐的生态水文修复工程；⑨建立基于风险模式的生态水文集合管理体制和措施（图 1-2）。这些学科体系的发展也促进了应用生态水文学的理论发展和技术创新。

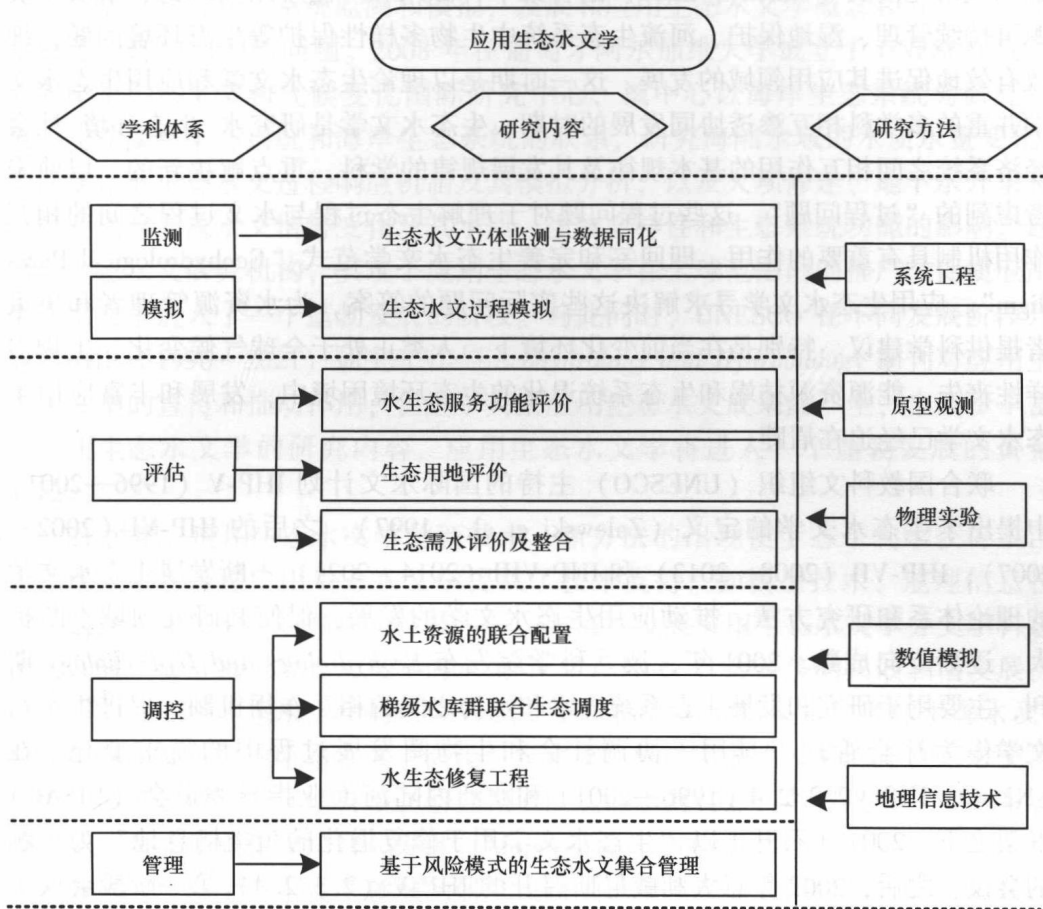


图 1-2 应用生态水文学学科体系

1.5 应用生态水文学发展与研究现状

1.5.1 发展历史

20世纪90年代中期以来,以水资源可持续发展和管理为目标的生态水文学理论体系逐渐发展成熟。然而,生态水文学是一门应用性很强的学科(Wassen and Grootjans, 1996),迫切需要在气候变化、水资源短缺、水环境污染、人口增加和城市化发展(Marsily, 2007)的背景下,深入和广泛应用其理论,解决水资源可持续管理、湿地保护、河流生态系统中生物多样性保护等生态环境问题,细致有效地促进其应用领域的发展。这一时期是以理论生态水文学和应用生态水文学并重的多学科相互渗透协同发展的时期。生态水文学是研究水-生态环境-社会经济系统之间相互作用的基本规律及其发展规律的学科,重点解决新的、以前未考虑到的“过程问题”,这些过程问题对于理解生态过程与水文过程之间的相互作用机制具有重要的作用,即回答和完善生态水文学范式“Ecohydrological Paradigm”。应用生态水文学寻求解决这些实际问题的答案,为水资源管理者和决策者提供科学建议。特别是在当前变化环境下,人类正处于全球气候变化、生物多样性丧失、能源资源枯竭和生态系统退化的生态环境困境中,发展和丰富应用生态水文学已经迫在眉睫。

联合国教科文组织(UNESCO)主持的国际水文计划IHP-V(1996—2001)中提出了生态水文学的定义(Zalewski et al., 1997),之后的IHP-VI(2002—2007)、IHP-VII(2008—2013)和IHP-VIII(2014—2021)不断发展生态水文学的理论体系和研究方法,推动应用生态水文学的发展,促使其研究领域不断扩大、逐渐走向成熟。2001年,波兰科学院发布*Ecohydrology and Hydrobiology*期刊,主要用于研究和发展生态系统内水和生物之间的相互作用机制,促进生态水文学作为综合管理工具用于协调社会和生物圈发展过程中的需求变化。在UNESCO/IHP-V2.3/2.4(1996—2001)和欧洲内陆河渔业指导委员会(EIFAC)框架之下,2001年召开了以“生态水文学用于修复退化的鱼类栖息地”为主题的会议;之后,2002年意大利威尼斯召开的IHP-V(2.3/2.4)第一阶段会议主题为“应用生态水文学到水资源开发和管理”。这些会议的召开奠定了应用生态水文学产生和发展的基础。2003年在波兰Wierzba召开的UNESCO MAB/IHP项目框架下的国际会议“从理论到应用的生态水文学”拉开了应用生态水文学产