

中国水科学研究进展报告

Report on advances in water science research in China

2011—2012

左其亭 主编



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

中国水科学研究进展报告

Report on advances in water science research in China

2011—2012

左其亭 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



内 容 提 要

本书在全面收集最近两年有关水科学研究成果的基础上，系统展示水科学的最新研究进展，为水科学研究提供基础性参考资料。全书共分 11 章。第 1 章首先阐述水科学的范畴及学科体系，介绍本书的总体框架；其次重点对 2011—2012 年水科学研究进展总体情况进行介绍，是研究进展综合报告；最后简要介绍水科学发展趋势与展望。第 2 章至第 9 章对 2011—2012 年水科学 8 个分类的研究进展进行专题介绍，分别包括有关水文学、水资源、水环境、水安全、水经济、水法律、水文化、水信息共 8 个方面的研究进展，是研究进展专题报告。第 10 章、第 11 章分别介绍了 2011—2012 年水科学方面的学术交流、学术专著情况。

本书是一本汇聚有关水科学研究最新进展的工具书，可供高等院校和科研院所的科研人员开展相关研究时参考。

图书在版编目（C I P）数据

中国水科学研究进展报告. 2011~2012 / 左其亭主
编. — 北京：中国水利水电出版社，2013.6
ISBN 978-7-5170-0960-3

I. ①中… II. ①左… III. ①水—科学研究—研究报
告—中国—2011~2012 IV. ①P33

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第125501号

书 作 者	中国水科学研究进展报告 2011—2012 左其亭 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版 刷 格 次 数 定 价	中国水利水电出版社微机排版中心 三河市鑫金马印装有限公司 184mm×260mm 16 开本 28 印张 664 千字 2013 年 6 月第 1 版 2013 年 6 月第 1 次印刷 001—800 册 92.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

《中国水科学研究进展报告 2011—2012》

编 委 会

主 编：左其亭

参 编：（排名不分先后）

窦 明	韩宇平	胡德胜	王瑞平	王富强
宋 轩	平建华	徐洪斌	马军霞	梁士奎
李冬锋	张修宇	凌敏华	赵 衡	陈 豪
贾兵强	徐华芳	许胜晴		

前 言

水，是生命之源，是人类赖以生存和发展不可缺少的一种宝贵资源，是经济社会发展的重要物质基础，也是生态系统的重要组成部分。确保水资源可持续利用，是实现经济社会可持续发展的重要前提条件。然而，随着经济社会的发展和人口的不断增长，人类对水的需求不断增加，加剧了水危机。在自然和人类的双重压力下，出现水问题的地区越来越多，水问题也越来越复杂、越来越严重。在许多地区，水已经成为制约经济社会发展的“瓶颈”。我国水资源总量丰富，但人均占有量少，被联合国列为贫水国之一，水资源供需矛盾突出，水资源状况令人担忧。

人们早已注意到日益严重的水问题（包括水短缺、水污染、洪水灾害），学术界也在关注水问题，但由于水问题的复杂性，涉及自然科学、社会科学的多个学科，目前还存在很多难以解决的问题，急需加强这方面更深层次的多学科交叉研究。比如，如何科学、合理地利用有限的水资源？如何使多余的洪水资源不仅不会带来灾害，而且变害为利？如何使人类最大程度地享用“干净”的水资源，保护生存的环境？如何使水资源可持续利用，以促进经济社会可持续发展？等等。这些问题的解决显得十分重要，但又十分复杂。实际上，水系统是一个十分复杂的巨系统，在研究水问题时，不可能仅仅针对某一个具体问题“就事论事”，需要集中水利、环境、法律、经济、历史、地理、卫生、信息等多方面的人力，开展联合研究。

因此，对“水”的开发、利用、规划、管理、保护、研究，涉及多个行业、多个区域、多个部门、多个学科、多个观念、多个理论、多个方法、多个政策、多个法规，是一个庞大的系统科学。不妨把研究与水有关的学科统称为水科学（water science）。具体来说，水科学是一个研究水的物理、化学、生物等特征，分布、运动、循环等规律，开发、利用、规划、管理与保护等方法的知识体系。本人曾在 2007 年年初把水科学表达为水文学、水资源、水环境、水安全、水工程、水经济、水法律、水文化、水信息、水教育等 10 个方面的集合；并在随后的多年时间内，举办多次相关研讨会，与国内多位著名学者探讨水科学交叉研究前沿问题；也多次思考水科学研究的内涵和范畴，特别是水科学交叉研究的前沿问题和学科展望；越来越感觉到非常有必要对

水科学的最新研究进展进行实时总结,为进一步凝练学科发展方向和制定发展战略、指导水管理等生产实践奠定基础。正是基于这一考虑,自2011年起组织编撰本书,计划每两年发布一本水科学研究进展报告,为水科学发展贡献一点微薄之力。

由于收集资料的工作量特别大,再加上学科方向较多,特别邀请了多位不同研究方向的学者参与,各位参与者做了大量仔细的撰写工作。可以说,本书是多位学者集体智慧的结晶。本书包括11章,每章挑选相关作者撰写,在各章中注明其撰写人员及贡献,并拥有该章的著作权,文责也由该章作者自负。其中,第1章由左其亭撰写,第2章由平建华、凌敏华、梁士奎撰写,第3章由左其亭、马军霞、张修宇撰写,第4章由窦明、徐洪斌、陈豪、米庆彬撰写,第5章由王富强、赵衡撰写,第6章由韩宇平、梁士奎撰写,第7章由胡德胜、许胜晴撰写,第8章由王瑞平、贾兵强、徐华芳撰写,第9章由宋轩、李冬锋撰写,第10章由左其亭撰写,第11章由左其亭、魏钰洁撰写。全书由左其亭统稿。

第1章首先阐述水科学的范畴及学科体系,介绍本书的总体框架;其次重点对2011—2012年水科学研究进展总体情况进行介绍,是研究进展综合报告;最后简要介绍水科学发展趋势与展望。第2章至第9章对2011—2012年水科学8个分类的研究进展进行专题介绍,分别包括有关水文学、水资源、水环境、水安全、水经济、水法律、水文化、水信息共8个方面的研究进展,是研究进展专题报告。第10章、第11章分别介绍了2011—2012年水科学方面的学术交流、学术专著情况。

本书的每章内容都凝聚着作者的智慧和心血。在本书即将出版之际,衷心感谢各位作者对本书的支持和付出的努力。本书出版得到国家自然科学基金(51279183和51079132)、国家社会科学基金重大项目(12&ZD215)、“十二五”水利高等教育研究重点课题(SLGJY125-ZD01)、河南省高校科技创新团队支持计划的经费支持。向支持和关心作者研究工作的所有单位和个人表示衷心的感谢。感谢中国水利水电出版社为本书出版付出的辛勤劳动。

由于本书追求的目标是全面介绍水科学的最新研究进展,非常不容易,加上时间仓促,书中错误和缺点在所难免,欢迎广大读者不吝赐教。

左其亭

2013年3月1日

目 录

前言

第1章 水科学学科体系及2011—2012年研究进展综合报告	1
1.1 概述	1
1.2 水科学的范畴及学科体系	2
1.3 本书采用的水科学体系及分章情况	8
1.4 水科学2011—2012年研究进展综述	8
1.5 水科学发展趋势与展望	17
本章撰写人员及分工	20
参考文献	21
第2章 水文学研究进展报告	22
2.1 概述	22
2.2 以研究对象分类的水文学研究进展	24
2.3 以应用范围分类的水文学研究进展	40
2.4 以工作方式分类的水文学研究进展	46
2.5 以研究方法分类的水文学研究进展	48
本章撰写人员及分工	65
参考文献	66
第3章 水资源研究进展报告	95
3.1 概述	95
3.2 水资源与水系统模型研究进展	97
3.3 水资源分析计算与评价研究进展	99
3.4 水资源规划与管理研究进展	104
3.5 人水关系与和谐论理论方法研究进展	109
3.6 水资源承载能力研究进展	111
3.7 水资源配置研究进展	115
3.8 气候变化与水资源研究进展	121
3.9 水战略与水管理研究进展	127
本章撰写人员及分工	129
参考文献	130

第4章 水环境研究进展报告	144
4.1 概述	144
4.2 水环境调查、监测与分析研究进展	146
4.3 水质模型与水环境预测研究进展	153
4.4 水环境评价研究进展	158
4.5 污染物总量控制及其分配研究进展	161
4.6 水环境风险管理研究进展	164
4.7 生态环境需水理论研究进展	167
4.8 生态水文学研究进展	172
4.9 水污染治理技术研究进展	176
4.10 水生态保护与修复技术研究进展	186
本章撰写人员及分工	189
参考文献	189
第5章 水安全研究进展报告	214
5.1 概述	214
5.2 水安全表征与评价	218
5.3 洪水及洪水资源化研究进展	219
5.4 干旱研究进展	234
5.5 水环境安全研究进展	247
5.6 水安全其他方面研究进展	252
本章撰写人员及分工	261
参考文献	262
第6章 水经济研究进展报告	279
6.1 概述	279
6.2 水资源—社会—经济—生态环境整体分析研究进展	281
6.3 水资源价值研究进展	284
6.4 水权水市场研究进展	286
6.5 水利工程经济研究进展	291
6.6 水利投融资及产权制度改革研究进展	293
6.7 虚拟水与社会水循环研究进展	295
本章撰写人员及分工	300
参考文献	300
第7章 水法律研究进展报告	306
7.1 概述	306
7.2 流域管理法律制度研究进展	307
7.3 水权制度研究进展	309
7.4 水环境保护法律制度研究进展	311

7.5	生态环境用水法律政策研究进展	313
7.6	涉水生态补偿机制研究进展	314
7.7	水事纠纷处理机制研究进展	316
7.8	外国水法研究进展	317
7.9	国际水法研究进展	318
7.10	其他方面研究进展	320
	本章撰写人员及分工	322
	参考文献	322
第8章	水文化研究进展报告	326
8.1	概述	326
8.2	水文化物质遗产研究进展	329
8.3	水文化非物质遗产研究进展	331
8.4	水文化教育研究进展	334
8.5	水文化传播研究进展	337
8.6	水文化学术动态	339
	本章撰写人员及分工	341
	参考文献	341
第9章	水信息研究进展报告	345
9.1	概述	345
9.2	基于遥感的水信息采集与监测研究进展	346
9.3	基于无线传感器网络的水信息采集与监测研究进展	350
9.4	基于GIS的水信息挖掘研究进展	350
9.5	基于GIS的水信息系统开发研究进展	357
9.6	数字水利研究进展	359
	本章撰写人员及分工	361
	参考文献	362
第10章	关于水科学方面的学术交流介绍	369
10.1	概述	369
10.2	中国水论坛	369
10.3	中国水利学会水资源专业委员会年会	372
10.4	中国自然资源学会年会	377
10.5	水科学发展论坛	379
10.6	水科学QQ群及相关学术交流介绍	386
	本章撰写人员及分工	392
第11章	关于水科学方面的学术专著介绍	393
11.1	概述	393
11.2	科学出版社	393

11.3 中国水利水电出版社..... 400

11.4 黄河水利出版社..... 418

11.5 中国环境科学出版社..... 423

11.6 其他出版社..... 427

本章撰写人员及分工..... 438

第 1 章 水科学学科体系及 2011—2012 年 研究进展综合报告

1.1 概述

1.1.1 背景及意义

水是人类生存和发展不可缺少的一种宝贵资源,也是所有生物生存不可缺少的物质基础。人类自一开始出现就与水打交道,不断积累对水的认识和用水经验。可以说,关于水知识的积累并形成相关学科的历史非常悠久,也无法准确说出其起源时间。至目前,关于水的学科、行业、理论方法及生产实践可以说是“五花八门”,这也符合人类不同阶段、不同层次、不同行业、不同观念、不同信仰对水的认识的多元化^[1]。“水科学”(water science)是最近 20 年来出现频率很高的一个词,已经渗透到社会、经济、生态、环境、资源利用等许多方面,也派生出许多新的学科或研究方向,成为学术研究和科技应用的热点。每年涌现出大量的理论研究和实践应用成果,也急需要对最新研究成果进行系统总结。

此外,水科学的发展关系到国民经济发展、国计民生、水资源可持续利用、人体健康、生活水准甚至国家和地区安全,是一门应用性很强的学科。政府部门和广大科技人员对水的利用和管理也不断提出新的思路 and 观点,对水问题的治理和水资源管理也不断出现新的经验和成果。为了把先进理论、技术、方法和经验推广与应用,也急需要对最新研究成果和应用经验进行归纳总结。

再者,由于信息收集的限制,特别是工作量较大,在很多期刊论文、学位论文、研究报告、学术专著等撰写中,往往对最近几年的文献阐述不多,对最新成果关注不够,有时候会带来重复性工作,影响研究成果的创新性。因此,从这方面来讲,也急需要对最新研究成果进行及时的总结。

从以上论述可以看出,非常有必要对近期水科学研究进展进行全面总结,为进一步凝练学科发展方向和制定发展战略、指导水管理等生产实践奠定基础。正是基于这一考虑,自 2011 年起组织编撰本书,计划每两年发布一本水科学研究进展报告,为水科学发展贡献一点微薄之力。

1.1.2 资料收集与分析过程

(1) 对 2010 年以前有关水科学方面的书籍、期刊、报道等文献资料进行简单的梳理,总结水科学研究的主要内容框架和发展过程,为架构 2011—2012 年水科学研究进展报告内容体系奠定基础。

(2) 对 2011 年、2012 年资料进行分年度收集,资料主要来源:网络、期刊、专著、文献数据库(中国知识资源总库、万方数据库、中国科学引文数据库等)以及其他途径获得的公开信息。

(3) 对收集到的各种资料进行分类整理, 归纳总结。去掉重复发表、层次较低、内容没有新意的文献资料, 再进行分类归纳。

(4) 按照水科学分类体系, 分组进行总结提炼, 撰写各分类的研究进展专项报告。然后, 再汇总。

1.1.3 撰写思路及分工

(1) 本书是一个全面反映水科学发展现状的文集, 涉及的内容丰富, 文献很多, 编撰工作量比较大, 特别是研究方向较多, 一个人不可能对每个方向都很熟悉。基于这一状况, 本书采用分方向、分内容撰写, 再汇总的思路。因此, 可以说, 本书是编写团队的集体成果。

(2) 大致的分工安排: 本书由左其亭任主编, 负责全书的框架制定、协调和全书统稿工作; 各章安排1~2名负责人, 负责对本章内容的安排、协调和统稿工作; 在各章中又有进一步的分工与合作。每章的最后列出本章的撰写人员及分工。

1.1.4 本章主要内容介绍

本章是研究进展综合报告, 也是对本书的主干内容的一个概括介绍, 可以算作本书的绪论。主要内容包括以下几部分。

(1) 对本书的背景及意义、编撰过程、编撰思路和分工情况以及撰写内容进行简单概述, 以帮助读者了解本书的主要背景和过程。

(2) 在文献分析的基础上, 阐述水科学的范畴, 介绍水科学学科体系, 为本书对水科学的分方向撰写奠定基础。

(3) 简单介绍本书采用的水科学方向及分章情况。

(4) 分别对水科学2011—2012年研究进展进行综述。

(5) 根据作者了解情况, 阐述水科学发展趋势。

1.1.5 其他说明

本章关于“水科学的范畴及学科体系”、“水科学研究框架”内容主要引自文献[1], 在文献[1]的基础上修改完善而成; 关于“发展趋势与展望”内容是在文献[2]和本书后续章节提炼的基础上修改完善而成; 关于“水科学2011—2012年研究进展综述”内容是对本书后续章节内容的概括和总结。

1.2 水科学的范畴及学科体系

1.2.1 历史回顾

截至2010年9月2日, 在中国学术文献网络出版总库中以“水科学”为词搜索, 共搜索到33848条文献(个别文献有误), 明确提出“水科学”一词的文献最早出现在1980年《工程勘察》第5期上, 是在一则新闻报道(《国际水资源协会名誉主席周文德教授应邀来华讲学》)中明确提到“水科学”; 1988年张盛在《地球科学信息》第2期介绍了“1988年国际水科学会议”; 1990年赵珂经在《水文》第3期《介绍国际水文计划第四阶段(IHP-IV)》一文中提到水科学问题。这些文献都提到“水科学”一词, 但没有详细

的论述。一直到 1990 年,《水科学进展》正式创刊,在其发刊词中,明确阐述了“水科学”的内容:“水科学是关于水的知识体系。它研究水圈中各种现象及其发生发展的规律,研究水圈同地球其他圈层之间的关系和水与社会发展的关系,为不断改善人类生存环境和社会发展条件服务。”^[3]《水科学进展》是第一个以“水科学”为主题的中文学术性期刊,“内容涉及与水有关的所有学科,包括大气科学、水文科学、海洋科学、地理科学、环境科学、水利科学、水力学、生态学以及经济学、法学等社会科学中与水有关的学科”^[3]。以“水科学”为关键词搜索,共搜索到 188 条文献,其中,第一篇全面阐述水科学产生过程和概念内涵的是陈家琦先生 1992 年发表的一篇文章^[4],其后文献主要是介绍水科学具体研究方法及应用的相关内容,很少专门界定“水科学”的概念和范畴。

目前,国内应用“水科学”一词非常多见。作者 2010 年 9 月 2 日在百度搜索引擎中以“水科学”为搜索词,共搜索到 91.5 万条,分类说明如下。

(1) 以“水科学”为名成立的研究机构或单位。其中,第一个是北京师范大学水科学研究所(现改为研究院),最早由刘昌明院士于 2005 年成立。到目前国内已成立多个有关机构,例如,南京大学水科学系、清华大学水科学与工程研究所、郑州大学水科学研究中心、兰州大学水科学研究中心等。

(2) 以“水科学”为名的研究生教育学位点。例如,大连理工大学“水科学与技术”硕士点。

(3) 开展的水科学研究学术会议、网站、QQ 群等。例如,由郑州大学水科学研究中心发起并每年举办一届的“水科学发展论坛”,开办的“水科学网”(http://www.waterscience.cn/),“水科学”QQ 群,广泛开展水科学交叉研究和交流。

(4) 其他运用。例如,在新疆建立的首家水主题展览馆——克拉玛依水科学展览馆。

在国际上,据陈家琦^[4]先生的研究,“水科学”(water science)一词曾见于早期文献,但其正式使用则是第二次世界大战后,联合国教科文组织中成立了水科学司(Division of Water Science),其业务内容包括水文学问题和水资源问题。此后也出现一些研究机构或高等院校院系以水科学命名,其中多数都是涉及水文学和水资源问题。

由以上介绍可以看出,“水科学”一词应用非常广泛,已经成为一个很普通的词汇,甚至有时显得比较混乱。从学科发展的角度,有必要进一步界定“水科学”的范畴和学科体系。左其亭在文献[1]中,通过大量文献分析,在对水科学理解进行评述的基础上,定义水科学的概念及其研究范畴,总结水科学的学科体系。本节内容就是主要引自文献[1],在文献[1]的基础上修改完善而成。

1.2.2 代表性观点评述

不同学者对“水科学”有不同的理解。这里,作者以具有代表性的几个文献,来介绍他们对“水科学”的理解。

(1) 陈家琦先生于 1992 年在文献[4]中论述:水科学是以自然界的水为对象,研究其静态的分布和动态的变化过程,包括其物理学的、化学的和生物学的变化过程及其从宏观到微观的运动形式和变化规律等。因此,它是以地球上水圈为对象的科学,也包括水圈与气圈、水圈与岩石圈、水圈与生物圈的相互关系和相互作用,以及水在环境中与其他要素间的相互作用与影响、水与人类社会的关系等。陈家琦先生对水科学的定义为:一切研

究有关自然界水的科学（尽管到目前有关的科学或学科大多都已发展成为独立系统），或者说，对地球水圈的认识所形成的知识体系就是水科学，也包括水圈与地球上其他几个圈层的相互关系与相互作用的知识体系。

(2) 高宗军、张兆香在《水科学概论》一书中，阐述水科学内容包括水在自然界中的分布及存在形式、水的基本性质、水的运动变化规律、水与生命的关系以及水文学的基本内容^[5]。该书从教学体系上系统阐述了水科学学科应该包括的知识体系和主要内容。

(3) 《水科学进展》对水科学的界定和解读。按照《水科学进展》征稿启事上的说明，该期刊主要反映国内外在暴雨、洪水、干旱、水资源、水环境等领域中科学技术的最新成果、重要进展，当代水平和发展趋势，报道关于水圈研究的新事实、新概念、新理论和新方法，交流新的科研成果、技术经验和科技动态；涉及与水有关的所有学科，包括水文学、大气科学、海洋科学、地质科学、地理科学、环境科学、水利科学和水力学、冰川学、生态学、水生生态学以及法学、经济学和管理科学中与水有关的内容。可见，水科学的界定范围非常广泛。

(4) 《汉英水科学词汇》所收集的词汇涉及气圈、水圈、地圈和生物圈以及与水相关的现代科学技术各领域。其中，包括大气科学，水资源规划、管理及利用，水利工程，水文学，河流、湖泊治理与开发，湿地保护，海洋学，地球物理学，地质学，测量学，农业灌溉，林业，渔业，航运，市政给排水工程，水资源保护，水质监测，水质管理，水质评价，水质分析，废、污水处理技术，生态与环境保护^[6]。可见，水科学涉及的学科和领域非常多。

(5) 在国外，对 water science 的定义或阐述非常少，在很多词典和权威网站（包括大英百科全书、维基百科、ScienceDirect、SpringerLink 等）都没有找到明确的定义。但国外一些网站、单位、期刊引用 water science 的地方非常多，与国内情况基本一致，包含的内容十分广泛。例如，国际水资源协会（IWA）在其期刊《Water Science and Technology》（水科学与技术）征稿启事上说明，水科学包括与水污染控制、水质管理有关的所有科学方面，具体包括：各种水污染处理方法，污染对河流、湖泊、地下水、海水的影响，中水利用，水政策、管理、战略等。

1.2.3 “水科学”的概念及范畴

从以上分析可以看出，对水科学的理解多种多样，涉及的研究范畴也很难界定清楚，涉及的学科也很多。有时候可以笼统地应用“水科学”这一词汇，但作为一门学科，还是要进一步界定其概念、内涵和研究范围。

从研究内容来看，可以把水科学描述为，对“水”的开发、利用、规划、管理、保护、研究，涉及多个行业、多个区域、多个部门、多个学科、多个观念、多个理论、多个方法、多个政策、多个法规，是一个庞大的系统科学。不妨把研究与水有关的学科统称为水科学。具体来说，水科学是一个研究水的物理、化学、生物等特征，分布、运动、循环等规律，开发、利用、规划、管理与保护等方法的知识体系^[1]。左其亭曾在2007年年初把水科学表达为水文学、水资源、水环境、水安全、水工程、水经济、水法律、水文化、水信息、水教育等10个方面相互交叉的集合（水科学网，<http://www.waterscience.cn/>）。

1.2.4 水科学学科体系

在我国教育部划分的学科体系中，最高级别是学科门类，共有12个：理学、工学、

农学、医学、哲学、经济学、法学、教育学、文学、历史学、军事学、管理学。比学科门类低一级的学科称为学科类（又称一级学科），学科类（不含军事学）共有 71 个。比学科类再低一级的学科称为专业（又称二级学科）。

从以上学科体系结构对比分析来看，水科学应该是一个跨多个学科门类的学科。例如：①研究水的物理化学特征、数学物理方程、数值分析、水文地理特征等内容，应该是理学范畴。②研究水资源开发、利用、保护，水资源配置与调度、水资源工程规划等内容属于水利工程学科，是工学范畴。③研究水土资源开发、利用、节水灌溉等内容，属于农学范畴。④研究水环境与人体健康关系与调控等健康医学研究，属于医学范畴。⑤研究水价值、水价、水市场与水交易、水利经济等内容，属于经济学范畴。⑥研究水法规、水政策宣传、水知识普及等内容，属于法学和教育学范畴。⑦研究水利发展史、河流生态环境历史演变、水文化考究等内容，属于历史学范畴。⑧研究水系统的优化分配、可持续管理等内容，属于管理学范畴。

由上述分析可见，水科学所研究的内容不可能完全隶属于某一个学科，应该根据不同方向隶属多个学科，同时需要多个学科交叉研究，才能解决水科学问题。例如，研究水资源可持续利用问题，不仅仅需要水利工程学科的知识，还需要经济学、管理学、理学、法学等知识，需全社会共同努力。

如图 1.1 所示，作者把水科学描述成涉及 9 个学科门类（理学、工学、农学、医学、经济学、法学、教育学、历史学、管理学），包括相互交叉的 10 个方面，即水文学、水资源、水环境、水安全、水工程、水经济、水法律、水文化、水信息、水教育。

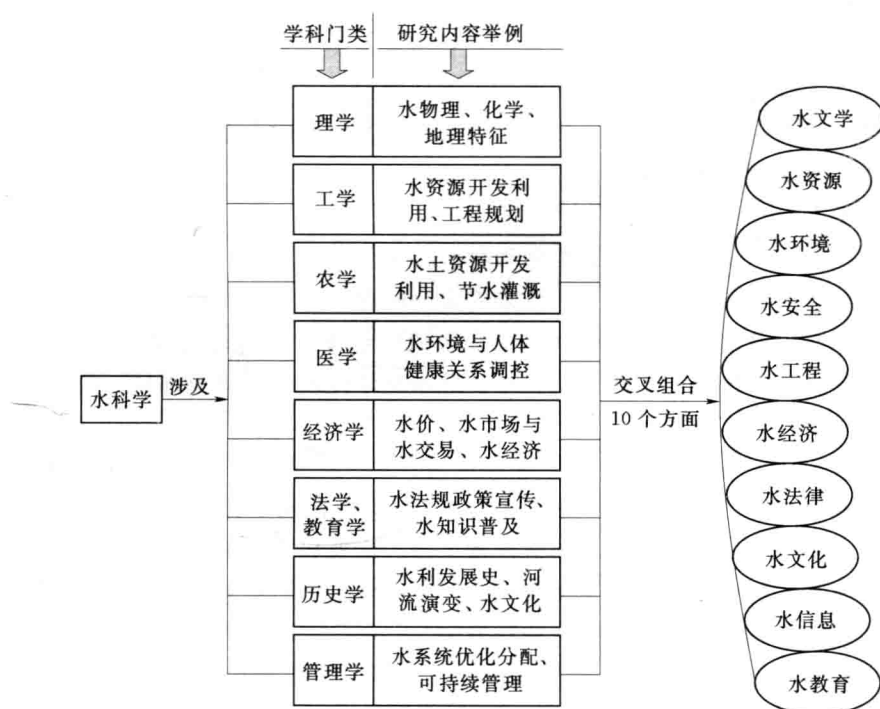


图 1.1 水科学学科体系示意图

当然, 10 个方面的内容也有不同的侧重, 也是相互交叉的。左其亨曾在 2007 年对这些内容作过简单介绍, 在此基础上, 本书详细说明如下。

1. “水文学”研究领域

水文学是地球科学的一个重要分支, 它是一门研究地球上水的起源、存在、分布、循环和运动等变化规律, 并运用这些规律为人类服务的知识体系。讨论的主要内容有: 地球上水的起源、存在、循环、分布, 水的物理、化学性质; 水循环机理与模型; 全球气候变化和人类活动影响下的水文效应与水文现象等。讨论的主要学科分支有: 河流水文学、湖泊水文学、沼泽水文学、冰川水文学、海洋水文学、地下水文学、土壤水文学、大气水文学; 水文测验学、水文调查、水文实验; 水文学原理、水文预报、水文分析与计算、水文地理学、河流动力学; 工程水文学、农业水文学、森林水文学、城市水文学; 随机水文学、模糊水文学、灰色系统水文学、遥感水文学、同位素水文学; 现代水文学。

2. “水资源”研究领域

水资源学是在认识水资源特性、研究和解决日益突出的水资源问题的基础上, 逐步形成的一门研究水资源形成、转化、运动规律及水资源合理开发利用基础理论并指导水资源业务(如水资源开发、利用、保护、规划、管理)的知识体系。主要讨论的内容有: 水资源形成、转化、循环运动规律; 水资源承载能力理论、水资源优化配置理论、水资源可持续利用理论; 水资源开发、利用、评价、分析、配置、规划、管理、保护以及对水资源的规划、水价政策制定和行政管理等。

3. “水环境”研究领域

这里讨论的水环境内容比较广泛, 涵盖所有与水有关的环境学问题, 但不包括环境治理工程的设计施工等内容, 主要内容偏重于: 水环境调查、监测与分析; 水功能区划; 水质模型与水环境预测; 水环境评价; 污染物总量控制及其分配; 水资源保护规划; 生态环境需水量, 生态水文学; 水污染防治和生态环境保护。

4. “水安全”研究领域

水安全包括洪水、干旱、污染对生命和财产带来的安全威胁, 讨论危害机理及安全调控。水安全不仅包括常指的洪水、干旱带来的安全问题, 还包括由于污染问题带来的水环境变化, 对人们身体健康带来的影响(包括环境流行病学、环境毒理学), 具体来说, 研究环境有害因素对人体健康的影响, 研究生物地球化学性疾病, 研究环境污染所导致的流行病及人群干预措施。

5. “水工程”研究领域

这里所说的水工程, 不等同于“水利工程”, 不包括水利工程设计、施工内容, 主要内容偏重于: 水资源开发工程方案、河流治理工程方案选择; 大型、跨流域或跨界(如省界、市界、县界等)河流的水利工程规划与论证; 水利工程建设顺序; 水利工程布置方案、可行性研究; 水利工程调度、运行管理方案。

6. “水经济”研究领域

运用经济学理论研究和解决水系统中的经济学问题, 例如, 研究水系统以最小的投入取得尽可能大的经济—社会—环境效益的分析和评价理论、模型、方法和应用; 水利产业

经济、科技和社会协调发展分析和判断模型、技术进步分析模型和水工程的财务型投入产出预测和规划模型；水电站（群）厂内经济运行方式和模式；水价及水市场理论，水利工程技术经济。

7. “水法律”研究领域

解决水问题需要有法律法规作保障，特别现在是法制社会，应该坚持以法制水。这里主要偏重于研究：水政策和法律基本理论；自然资源法；环境的水权利（即生态环境作为法律主体的用水权利）；水权利体系及用水权制度；国际河流及其他跨界河流水理论及法律基础。

8. “水文化”研究领域

人们在研究水科学时，目光仅盯在现在和未来是不够的，需要把水系统变化纳入到历史的长河中，从历史发展的眼光来分析水利工程的作用和效果。主要研究内容包括：中国水利史，黄河文化及科技文明；历史水工程考究；水文化和水工程科学考察；生态环境变迁探索及治理途径，生态型河流水系建设；历史上水文化对后世的影响；人水关系的历史考究和启迪；从历史学的角度，看待水文化建设、水利工程规划、水土资源开发利用以及水管理政策和体制。

9. “水信息”研究领域

现在是信息时代，水系统是一个复杂的巨系统，人们时刻在监测和了解水系统的各种信息，让更多的信息为人类服务。这是非常重要的工作基础，主要研究内容包括：利用地理信息系统、遥感、全球卫星定位系统（即3S技术）、计算机技术、水资源数据采集与传输技术、预测预报技术、数值模拟技术、数据库技术、科学计算可视化以及相关的流域数学模型，建立水管理信息系统，进行洪水预报、洪灾监测与评估、水利规划与管理，大型水利水电工程及跨流域调水工程对生态环境影响的监测与综合评价。

10. “水教育”研究领域

水资源管理措施的实施，关系到每一个人。公众是水资源管理执行人群中的一个重要部分，尽管每个人的作用没有水资源管理决策者那么大，但是，公众人群的数量很大，其综合作用是水资源管理的主流，只有绝大部分人群理解并参与水资源管理，才能保证水资源管理政策的实施，才能保证水资源可持续利用。“水教育”就是要加大与水有关的各种宣传教育，具体包括：水法规、水政策宣传；世界水日、中国水周宣传；水知识普及与公众科普宣传；中小学水教育、教师培训、国际交流；水利高等教育等。

需要说明的是，这里所说的“水科学”与“水利工程”有所不同，它们不是包含和被包含的关系。水利工程学科中研究水的特征、规律、开发利用等“软”的部分，是水科学的一部分。具体来讲，水利工程中关于工程设计、施工部分内容不包括在“水科学”中，因为这些内容不仅仅适用于水利工程，在其他行业也可以适用，如岩土工程、工程结构、道路桥梁。当然，水科学中关于水的物理、化学、生物等基础研究内容以及关于水的管理（包括水法律、水文化、水信息、水教育）又不包括在水利工程学科中。在国家自然科学基金申请指南中（如2006年），把水利学科分为水科学与水管理、水利工程与海洋工程两大领域。可见，“水科学”与“水利工程”是有区别的。