

郭纯青 张志强 梁爽 杨文
田西昭 苏亚南 何微 单强 等编著

BIANHUANJING TIAOJIANXIA DE
SHUIZIYUAN BAOHU YU KECHIXU LIYONG YANJIU

变环境条件下的 水资源保护 ⑤ 可持续利用研究



地质出版社

桂林理工大学专著及论文出版基金

桂林理工大学环境科学与工程博士学位点建设基金 联合资助

河北省环境地质勘查院

变环境条件下的水资源 保护与可持续利用研究

郭纯青	张志强	梁爽	杨文	田西昭
苏亚南	何微	单强	赵亮	王新友
李立伟	胡君春	朱颖洁	龙西亭	邓坤
侯伟	唐芳芳	唐自威	王小刚	温家鸣

编著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

水是人类生存和经济发展不可取代的重要资源。水资源问题已经成为制约和影响世界许多国家经济社会可持续发展的战略性问题。近年来,高强度的人类活动与全球气候变化致使水资源与水环境面临前所未有的挑战。本书针对变环境条件下水资源保护和可持续利用的课题,以 11 个典型地区为实例,分别从地表水资源和地下水资源对变环境的响应机制研究为切入点,探索新形势下水资源保护和可持续利用的新理论、新方法。

本书分为绪论和上、下两篇,共 13 章。上篇为地表水资源的相关内容,分为 5 章,主要介绍水资源优化配置、水文频率计算方法、气候变化对径流及洪水的影响以及对河流输碳量变化的研究;下篇为地下水资源的相关内容,分为 7 章,主要介绍地下水资源可持续利用、地下水库建设、地下水开采引发的地面沉降、地下水后备水源地以及由于人类活动引起的地下水重金属和有机物的调查评价和修复治理等方面的内容。

本书既可供水利类、地质类、环境类及相关专业的高等院校教师、学生使用,也可供有关专业科研人员、工程技术人员和管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

变环境条件下的水资源保护与可持续利用研究 / 郭纯青
等编著. —北京:地质出版社,2015.4

ISBN 978-7-116-09248-8

I. ①变… II. ①郭… III. ①水资源-资源保护-研究
②水资源利用-研究 IV. ①TV213

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 090102 号

责任编辑:赵俊磊 蔡卫东

责任校对:韦海军

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

咨询电话:(010)66554528(邮购部);(010)66554628(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

传 真:(010) 66554686

印 刷:北京地大天成印务有限公司

开 本:787mm×1092mm^{1/16}

印 张:38.5

字 数:900 千字

印 数:1—500 册

版 次:2015 年 4 月北京第 1 版

印 次:2015 年 4 月北京第 1 次印刷

审图号:GS(2015)1932 号

定 价:80.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-09248-8

(如对本书有意见或建议,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

水是人类生存和经济发展不可取代的重要资源。水资源问题已经成为制约和影响世界许多国家经济社会可持续发展的战略性问题。目前全世界有 11 亿人未能喝上安全的饮用水, 24 亿人缺乏充足的用水卫生设施。联合国预计, 到 2025 年, 全世界淡水需求量将增加 40%。届时世界将有近一半人口生活在缺水地区, 现在缺水或水资源紧张的地区正不断扩大。水危机成为未来 10 年人类面临的最严重的挑战之一。

近年来, 受高强度的人类活动与全球气候变化的影响, 中国许多地区呈现出了新的水资源问题。随着人口的增长和经济社会的发展, 人类对水资源的需求急剧增加, 水资源的不足已经成为全球经济和社会发展的主要制约因素。中国是个水资源相对短缺的国家, 人均水资源占有量只有世界人均水平的 1/4, 且水资源在时间和空间上分布极不均匀, 加上用水粗放浪费和水环境恶化, 使中国水资源短缺的矛盾十分突出。干旱缺水、洪涝灾害、水环境恶化和水土流失是当前中国水资源面临的主要问题。目前, 我国每年缺水总量为 300 亿~400 亿 m^3 , 1999 年以来北方地区持续干旱, 缺水范围扩大, 程度加剧, 对人民生活 and 国民经济发展造成了严重影响, 供需缺口主要靠超采地下水或者过度开发地表水弥补, 以牺牲生态环境的方式来维持经济发展, 已经导致地面沉降、海水入侵等一系列环境问题; 水环境恶化更进一步加剧了水资源短缺的矛盾, 大量未经处理的废污水直接排入江河湖库, 水体污染的趋势不容乐观。

面对日益严重的水资源问题, 中国政府和有关部门一方面制定了一系列的法规和政策, 实现从传统水利向现代水利、可持续发展水利转变, 建立面向可持续发展的水资源管理体系; 另一方面启动了许多涉及水文循环、水资源问题的基础科学研究项目, 努力解决水资源开发利用中所面临的重大科学基础问题, 为紧迫的水资源管理问题, 提供有重要价值的科学基础。通过一系列国家科研项目的实施, 在水循环和水资源问题研究中取得了一些突破性

的进展,但仍有许多科学问题尚未得到解决,其中最为关键的科学问题包括:气候变化对水文及水资源的影响效应、自然环境变化和人类活动影响叠加情况下的水资源生成与演化规律、地下水资源的过度开发引发的环境地质问题、日益严峻的地下水环境污染问题,等等。

本书从整体视角出发,以解决实际问题、服务地方社会经济发展为落脚点,突出变环境条件下水资源的响应机制,从水资源的生成演化、开发利用、防灾治灾等综合角度全面考虑,突出水资源的保护和可持续利用,积极探索新的治水思路 and 解决水资源问题的途径,力图构建新形势下水资源管理的新理论、新方法。提出坚持人与自然和谐共处,水利、环境与生态同步建设;以供定需,水利与经济社会紧密联系、相互协调;在水资源开发、利用、治理的同时,更加注重配置、节约、保护;洪涝灾害、水资源短缺和水污染问题统筹兼顾,综合治理等一系列新的思路。

全书分为绪论和上、下两篇,共13章。上篇为地表水资源的相关内容,分为5章,主要介绍水资源优化配置、水文频率计算方法、气候变化对径流及洪水的影响以及对河流输碳量变化的研究;下篇为地下水资源的相关内容,分为7章,主要介绍地下水资源可持续利用、地下水库建设、地下水开采引发的地面沉降、地下水后备水源地以及由于人类活动引起的地下水重金属和有机物的调查评价和修复治理等方面的内容。

本书是在作者长期从事水文水资源科学研究与教学工作的基础上,汲取地球系统科学、环境科学、气候学等新理论、新方法,对变环境与水资源的相互关系的理论与实践的肤浅总结。

本书由桂林理工大学郭纯青,河北省环境地质勘查院张志强、梁爽、田西昭、单强、赵亮、王新友,河北省地矿局第五地质大队杨文,河北省环境科学研究院苏亚南,河北省地矿局第二地质大队何微等编著。全书各章撰写分工如下:

第一章:郭纯青、张志强、梁爽、杨文、田西昭、苏亚南;第二章:邓坤、郭纯青;第三章:唐自威、郭纯青;第四章:朱颖洁、郭纯青;第五章:龙西亭、郭纯青;第六章:唐芳芳、郭纯青;第七章:胡君春、杨文、苏亚南、郭纯青;第八章:李立伟、苏亚南、何微、单强、赵亮;第九章:侯伟、

杨文、赵亮、郭纯青；第十章：张志强、梁爽、田西昭、王新友、温家鸣、单强；第十一章：梁爽、张志强、田西昭、赵亮、王新友、王小刚、单强；第十二章：田西昭、杨文、赵亮、何微、单强；第十三章：郭纯青、张志强、梁爽、杨文、王新友。

全书统稿由郭纯青、张志强、梁爽、杨文、田西昭、苏亚南、何微完成，田西昭、何微、单强负责全书图表的编制与校对工作。全书从组织、撰写到出版过程中，得到了河北省环境地质勘查院、河北省地矿局第五地质大队、河北省地矿局水文工程地质勘察院、吉林省地质环境监测总站、山西省水资源研究所、淮河水利委员会水文局、黄河水利委员会水文局、中国科学院地理科学与资源研究所、广西壮族自治区水文水资源局、天津华北地质勘查局地质研究所等单位的支持，在此表示诚挚的谢意。

本书撰写经历近四年历程，限于自身水平及条件，不足及瑕疵之处在所难免，敬请各位读者、同仁不吝赐教。

作 者

2015年2月

目 录

前 言

1 绪 论	(1)
1.1 研究意义	(1)
1.2 研究内容	(3)
1.2.1 南四湖流域水资源优化配置初步研究	(3)
1.2.2 基于遗传算法的水文频率计算与研究	(3)
1.2.3 西江梧州站洪水对极端气候变化的响应研究	(3)
1.2.4 长江中上游干流碳输运量变化规律研究	(4)
1.2.5 气候变化对黄土高原典型流域径流量的影响研究	(4)
1.2.6 基于南水北调工程背景下滹沱河地下水库的可行性研究	(5)
1.2.7 宁河县地下水开采与地面沉降关系研究	(5)
1.2.8 吉林市城区地下水资源评价及可持续性利用研究	(5)
1.2.9 唐山市丰润区后备水源地地下水量与水质研究	(6)
1.2.10 抽水处理技术治理地下水中六价铬污染研究	(6)
1.2.11 典型石油污染场地地下水污染调查评价及修复治理	(6)

上篇 地表水

2 南四湖流域水资源优化配置初步研究	(9)
2.1 南四湖流域基本概况	(9)
2.1.1 流域概况	(9)
2.1.2 水资源计算分区	(11)
2.2 南四湖流域水资源供需预测及平衡分析	(12)
2.2.1 流域水资源需求分析	(12)
2.2.2 流域可供水量预测	(19)
2.2.3 流域水资源供需平衡分析	(21)
2.3 南四湖流域水资源合理配置	(21)
2.3.1 南四湖流域优化配置模型构建	(21)
2.3.2 模型的求解	(31)
2.3.3 优化配置结果及其分析	(32)
2.4 本章小结	(39)

2.5	参考文献	(39)
3	基于遗传算法的水文频率计算与研究	(42)
3.1	研究区域概况及几种频率计算方法结果	(42)
3.1.1	大任河流域及坝区概况	(42)
3.1.2	频率计算与参数估计	(43)
3.1.3	设计降雨量频率曲线图	(44)
3.2	GA	(44)
3.2.1	GA 原理	(45)
3.2.2	基于 GA 的水文频率计算	(47)
3.3	GA 与传统方法的精度评定和误差分析	(56)
3.3.1	降雨量相对误差分析	(56)
3.3.2	各方法计算的降雨量与实测降雨量的比较	(60)
3.3.3	洪水过程线	(62)
3.4	本章小结	(63)
3.5	参考文献	(64)
4	西江梧州站洪水对极端气候变化的响应研究	(69)
4.1	流域概况	(69)
4.1.1	地理与地貌	(69)
4.1.2	土壤、植被	(70)
4.1.3	气象与水文	(70)
4.1.4	暴雨洪水特性与洪水灾害	(73)
4.2	广西西江流域年极端气温的时空分布	(75)
4.2.1	资料与方法	(75)
4.2.2	年极端气温事件的空间分布	(77)
4.2.3	年极端气温的时间演变特征	(82)
4.3	广西西江流域年极端降雨的时空分布	(83)
4.3.1	资料	(83)
4.3.2	年极端降雨事件的空间分布	(84)
4.3.3	年极端降雨事件的时间演变特征	(91)
4.4	未来极端气候预测研究	(95)
4.4.1	分析方法	(95)
4.4.2	极端气候因素与梧州水文站洪水的相关分析	(96)
4.4.3	极端气候预测	(98)
4.5	梧州水文站洪水对极端气候变化的响应	(100)
4.5.1	极端气温、降雨-洪水模型 (BP 神经网络) 的建立	(100)
4.5.2	洪水对极端气候变化的响应	(112)
4.6	本章小结	(118)
4.7	参考文献	(119)

5 长江中上游干流碳输运量变化规律研究	(122)
5.1 流域概况及样品的采集分析	(122)
5.1.1 流域概况	(122)
5.1.2 样品的采集及分析	(124)
5.1.3 论文的其他数据及来源	(125)
5.2 长江中上游干流 DOC 浓度的变化规律	(125)
5.2.1 DOC 浓度的时间变化特征	(125)
5.2.2 DOC 浓度的空间变化特征	(131)
5.3 长江中上游干流 DIC 时空变化规律	(133)
5.3.1 DIC 时间变化规律	(133)
5.3.2 DIC 浓度的空间变化规律研究	(136)
5.4 长江中上游干流碳通量时空分布特征	(139)
5.4.1 河流碳通量的估算	(139)
5.4.2 碳通量时间变化规律研究	(140)
5.4.3 碳通量空间变化规律研究	(144)
5.5 环境背景变化对碳通量影响程度的定量分析	(144)
5.5.1 神经网络在河流碳通量中的应用	(144)
5.5.2 系统概化	(145)
5.5.3 长江流域中上游干流碳通量 BP 神经网络模型研究	(145)
5.6 本章小结	(152)
5.7 参考文献	(153)
6 气候变化对黄土高原典型流域径流量的影响研究	(159)
6.1 窟野河流域水文变化特性	(159)
6.1.1 研究区概况	(159)
6.1.2 窟野河流域下垫面因素及气候条件对产流影响	(164)
6.1.3 窟野河流域水文情势变化分析	(166)
6.2 流域水文模型在窟野河流域的应用	(173)
6.2.1 模型的选取	(173)
6.2.2 水量平衡模型	(174)
6.2.3 VIC 模型	(180)
6.2.4 两种水文模型在窟野河的应用与比较	(185)
6.3 水文要素对气候变化的响应	(193)
6.3.1 气温变化对蒸发能力的影响	(193)
6.3.2 气候变化对径流的影响	(195)
6.3.3 未来趋势预测	(199)
6.4 本章小结	(205)
6.5 参考文献	(206)

下篇 地下水

7 基于南水北调工程背景下滹沱河地下水库的可行性研究	(213)
7.1 地下水库概念及分类	(213)
7.2 研究背景	(215)
7.2.1 自然地理	(215)
7.2.2 社会经济概况	(217)
7.2.3 区域地质基础	(218)
7.3 滹沱河地下水库选址及建库条件	(227)
7.3.1 地下水脆弱性评价	(227)
7.3.2 滹沱河地下水库库区地下水脆弱性评价	(228)
7.3.3 滹沱河地下水库建库条件	(230)
7.4 滹沱河地下水库的数值模拟与优化调蓄	(234)
7.4.1 水文地质概念模型	(234)
7.4.2 数学模型的建立及求解	(236)
7.4.3 地下水量均衡分析	(240)
7.4.4 优化调蓄	(241)
7.4.5 滹沱河地下水库运行后库区地下水脆弱性评价	(242)
7.5 滹沱河地下水库系统工程	(244)
7.5.1 滹沱地下水库库区水文循环系统	(244)
7.5.2 滹沱河地下水库系统工程	(245)
7.6 本章小结	(248)
7.7 参考文献	(249)
8 宁河县地下水开采与地面沉降关系研究	(252)
8.1 研究区概况	(252)
8.1.1 自然地理	(252)
8.1.2 社会经济	(253)
8.1.3 区域地质环境	(254)
8.1.4 水文地质条件	(254)
8.2 地面沉降影响因素分析	(259)
8.2.1 地下水开采层位与地面沉降的相关关系	(259)
8.2.2 地下水水位与地面沉降相关关系	(261)
8.2.3 地层岩性对地面沉降的影响	(263)
8.3 宁河地面沉降数值模拟研究	(263)
8.3.1 水文地质概念模型	(263)
8.3.2 数学模型的建立与求解	(266)

8.3.3	模型各源汇项处理	(267)
8.3.4	模型的识别与验证	(271)
8.3.5	现状开采条件下地面沉降预测	(274)
8.4	宁河地面沉降 BP 神经网络模拟	(278)
8.4.1	BP 神经网络在地面沉降预测中的应用	(278)
8.4.2	BP 神经网络与 Modflow 的预测结果对比	(285)
8.5	本章小结	(286)
8.6	参考文献	(287)
9	吉林市城区地下水资源评价及可持续性利用研究	(290)
9.1	研究区概况	(290)
9.1.1	自然地理概况	(290)
9.1.2	区域地质条件	(293)
9.1.3	区域水文地质概况	(296)
9.1.4	地下水资源开采利用规划背景	(302)
9.2	地下水质量评价	(304)
9.2.1	内梅罗指数法	(304)
9.2.2	模糊综合评价法	(306)
9.2.3	评价结果对比与分析	(307)
9.3	地下水数量评价	(309)
9.3.1	地下水资源的评价原则和方法	(309)
9.3.2	水文地质参数的计算、选取与分区	(311)
9.3.3	地下水资源计算	(318)
9.3.4	地下水系统数值模拟	(328)
9.3.5	地下水可采资源计算	(341)
9.3.6	地下水数值模拟预报	(345)
9.4	地下水资源可持续开发利用	(345)
9.4.1	地下水资源可持续利用评价的经济和社会意义	(345)
9.4.2	地下水资源可持续利用评价	(347)
9.5	本章小结	(357)
9.6	参考文献	(357)
10	唐山市丰润区后备水源地地下水量与水质研究	(361)
10.1	研究区概况	(361)
10.1.1	自然地理和社会经济概况	(361)
10.1.2	区域地质条件	(363)
10.1.3	区域水文地质条件	(367)
10.1.4	本节小结	(374)
10.2	研究区地下水资源评价及开采预测	(374)
10.2.1	研究区地下水资源评价	(374)

10.2.2	地下水水量演化预测	(383)
10.2.3	本节小结	(391)
10.3	地下水水质评价	(391)
10.3.1	地下水水质现状评价	(391)
10.3.2	地下水污染影响指标分析	(404)
10.3.3	研究区地下水质量分布规律	(406)
10.3.4	本节小结	(406)
10.4	后备水源地可行性分析	(406)
10.4.1	后备水源地位置确定	(406)
10.4.2	地下水水量水质可行性分析	(407)
10.4.3	地下水开采的技术条件分析	(408)
10.4.4	地下水开采的经济条件分析	(408)
10.4.5	地下水系统人工回灌可行性分析	(408)
10.4.6	本节小结	(409)
10.5	结论与建议	(409)
10.5.1	主要成果	(409)
10.5.2	主要结论	(409)
10.5.3	建议	(410)
10.6	参考文献	(410)
11	抽水处理技术治理地下水中六价铬污染研究	(413)
11.1	研究区概况	(413)
11.1.1	气象、水文	(413)
11.1.2	社会经济	(414)
11.1.3	区域地质环境	(414)
11.1.4	研究区第四系地下水系统结构与功能	(416)
11.1.5	研究区第四系地下水系统特征	(418)
11.2	研究区地下水六价铬污染特征分析	(424)
11.2.1	研究区土壤六价铬污染特征	(424)
11.2.2	研究区第四系地下水系统中六价铬污染特征分析	(429)
11.2.3	研究区第四系地下水六价铬总含量	(432)
11.3	研究区抽水处理技术地下水流程数值模拟研究	(434)
11.3.1	抽水处理技术的系统介绍	(434)
11.3.2	研究区第四系地下水系统流场数值模拟	(436)
11.3.3	研究区地下水流场神经网络模拟	(451)
11.3.4	地下水六价铬污染程度趋势分析	(462)
11.4	研究区抽水处理技术治理地下水中六价铬可行性研究	(465)
11.4.1	抽水治理井的选取和抽水量	(465)
11.4.2	抽水处理周期	(468)

11.4.3	抽水处理技术可行性研究	(468)
11.5	结论及建议	(472)
11.5.1	主要结论	(472)
11.5.2	不足及建议	(473)
11.6	参考文献	(474)
12	典型石油污染场地地下水污染调查评价及修复治理	(478)
12.1	典型石油污染场地概况	(478)
12.1.1	污染场地及相关研究概述	(478)
12.1.2	典型加油站污染简介	(480)
12.2	区域污染源调查	(484)
12.2.1	规划及污染源调查	(484)
12.2.2	自然地理	(485)
12.2.3	基础地质	(485)
12.3	区域水文地质概况	(486)
12.3.1	调查区含水层组分析	(486)
12.3.2	地下水的补给、径流和排泄	(490)
12.3.3	包气带防护能力	(496)
12.3.4	地下水开发利用现状调查	(498)
12.4	加油站地下水环境调查评价	(500)
12.4.1	采样计划	(500)
12.4.2	采样分析结果	(505)
12.4.3	分析化验结果评价	(508)
12.4.4	场地水文地质勘查及土工试验	(538)
12.4.5	地下水污染问题和成因分析	(543)
12.5	加油站环境预测评价	(544)
12.5.1	概念模型的建立	(544)
12.5.2	数学模型的建立	(545)
12.5.3	模拟期及初始条件设置	(546)
12.5.4	模拟软件选择及模拟区剖分	(546)
12.5.5	水文地质参数	(548)
12.5.6	地下水污染预测	(549)
12.6	加油站周围地下水土环境影响的风险评价	(550)
12.6.1	污染场地健康风险评价及其方法	(550)
12.6.2	地下水污染健康风险评价	(551)
12.6.3	场地土壤污染风险评估	(557)
12.6.4	修复目标和修复范围确定	(563)
12.7	治理方案及建议	(566)
12.7.1	加油站污染场地治理方法简介	(566)

12.7.2	场地污染治理方法的筛选	(568)
12.7.3	场地污染治理方案初步设计	(580)
12.7.4	场地污染治理工程的实施	(586)
12.8	本章小结	(588)
12.9	参考文献	(589)
13	结 语	(592)
13.1	南四湖流域水资源优化配置初步研究	(592)
13.2	基于遗传算法的水文频率计算与研究	(593)
13.3	西江梧州站洪水对极端气候变化的响应研究	(593)
13.4	长江中上游干流碳输运量变化规律研究	(594)
13.5	气候变化对黄土高原典型流域径流量的影响研究	(595)
13.6	基于南水北调工程背景下滹沱河地下水库的可行性研究	(597)
13.7	宁河县地下水开采与地面沉降关系研究	(598)
13.8	吉林市城区地下水资源评价及可持续性利用研究	(599)
13.9	唐山市丰润区后备水源地地下水量与水质研究	(599)
13.10	抽水处理技术治理地下水中六价铬污染研究	(600)
13.11	典型石油污染场地地下水污染调查评价及修复治理	(601)

1 绪 论

1.1 研究意义

21 世纪人类面临人口膨胀、资源短缺、环境恶化三大挑战,其中水危机被世界各国认为是三大挑战的核心,淡水资源短缺已成为仅次于石油资源短缺的全球性问题。然而,人类目前正以前所未有的规模和速度消耗着陆地上有限的水资源。中国北方拥有全国约 $2/3$ 的耕地面积,而只占有 $1/5$ 的水资源,使北方地区的亩均占有水量极少,只有中国南方的 $1/8$,水土资源耦合极不平衡(拜存有等,2003)。在干旱、半干旱地区和水资源较匮乏、生态环境相对脆弱的地区,农业生产条件差,降水量较少,降水时空分布不均,经常发生春旱和秋旱。高强度的人类活动与全球气候变化致使水资源与水环境面临前所未有的挑战。例如,水安全、水环境、水污染、水生态、水管理、水权、水配置和水行政等问题急需解决。如何通过水资源的合理调配与开发利用解决资源性缺水、工程性缺水、水质缺水、管理性缺水和水环境恶化等问题就显得十分突出。

水文分析计算是水利建设的基础。工程水文分析计算成果是各类水利工程建设不可缺少的依据之一,是江河治理开发、保护和水利工程规划、设计、施工及运行管理的基本依据。随着中国社会主义现代化建设的不断深入和发展,对水文分析计算的要求也不断提高。

洪水问题是水文学中最重要的问题之一,对洪水问题的研究在国内外都引起相当的重视。处理洪水问题是水利工作者的首要任务,处理是否恰当,直接关系到人民生命财产安全和社会的安定。水库防洪在中国有非常重要的地位,许多大江大河年年受到洪水的严重威胁,水库作为人类兴水“利”除水“害”的重要手段之一,其职责可归纳为确保自身安全和最大限度地发挥防洪与兴利效益两个方面。随着水文观测资料的延续和水库运行经验的积累,定期对水库设计洪水进行分析研究,是保证水库实现上述两大职责的基础。

全球气候变暖、洪涝灾害及其对人类社会发展的影响已成为当前世界各国政府和科学界十分关注的重大问题。在全球气候变暖背景下,极端天气、气候事件和重大自然灾害频繁发生,给经济社会带来了巨大的损失。IPCC 第四次评估报告指出全球陆地强降水事件发生的次数明显增多。很多研究成果表明中国近 50 年年总降水量虽无显著极端变化倾向,但由于雨日明显减少,降雨过程强度有增加趋势。尤其,20 世纪 90 年代以来,大江大河流域强降雨事件趋于集中,大范围严重旱涝事件出现频率显著增强,强降雨事件时空集中程度的变化可能是水旱灾害加重的重要原因之一。鉴于极端气候事件与气候变化的密切关系及其对人类社会和自然环境的重要影响,极端事件变化的研究已成为当今气候变化的前沿问题之一(Easterling et al., 2000)。

20 世纪 90 年代是近千年以来最温暖的 10 年,而 20 世纪 90 年代洪水,水文极端事件增加,又是中国洪水灾害高发的 10 年。洪水灾害是中国的重大气候灾害之一。洪水灾

害通常是指由于大气降雨偏强，致使江河洪水泛滥，淹没田地和城乡，或因长期降雨等产生积水或河流淹没低洼土地，造成农业或其他财产损失和人员伤亡的一种灾害。1990～2000 年中国因自然灾害造成的直接损失累计超过 1 万亿元，而其中 70% 是洪水灾害损失。近几十年来，包括中国在内的世界许多国家发生的洪水与干旱已对农业、工业，乃至整个国民经济的发展造成重大损失。

气候变化是全球环境变化研究的核心问题和重要内容（陶诗言等，1999）。关于气候变化的研究过去主要集中在平均气温和降雨量的变化。气候变化不仅仅对径流的均值产生影响，洪水、干旱灾害出现的频率和极值的概率分布都将发生变化。单纯估计气候变化对均值的影响只能提供有限的信息，极端事件与可能发生的灾害密切相关，也与国民经济密切相关，为了获取全面的气候变化对社会的影响，估计洪水等极端事件频率分布的变化是十分重要的。

随着工业的发展，大气中温室气体浓度逐渐增加，随之引起的全球环境变化，严重威胁着人类的生存与社会的可持续发展。其中， CO_2 和 CH_4 对温室效应的贡献率高达 80% 以上，研究全球碳循环是全球碳收支定量评价和气候变化国际谈判的科学基础。目前，对全球碳收支的估算中关于“碳失汇”的地区分布不均问题尚未解决。因此，研究全球碳循环调控机制已经成为世界气候研究计划（WCRP）、国际地圈生物圈计划（IGBP）、全球环境变化国际人文因素计划（IHDP）等共同关注的重大科学问题，也是各国完善、履行《全球气候变化框架公约》的迫切需求。

陆地生态系统是碳汇这一观点已被许多科学家所认同，河流作为连接陆地-海洋两大碳库之间的重要桥梁，是两大碳库碳交换、输运的重要通道。虽然河流碳通量在数量上较之全球碳循环其他环节的通量很小，但河流碳通量与海洋一大气间的净碳通量、森林火灾的碳通量、化石燃料排放的碳通量等处于同一个数量级上。河流碳通量的研究对于准确评估陆地生态系统碳汇、海洋生态系统的净碳输入通量至关重要。

水是基础自然资源，是生态环境的控制性要素；同时又是战略性经济资源，为综合国力的有机组成部分。水资源是人们赖以生存的不可缺少的宝贵资源，作为水资源重要组成部分的地下水，具有水质良好、分布广泛、变化稳定以及便于利用的特点，是北方缺水地区理想的供水水源（王大纯等，1995）。在中国北方大部分地区，地下水是主要的供水水源，有时甚至是唯一的生活以及工农业生产供水水源。

地下水库工程是人为改变水资源时空分布的一种途径，是有目的、主动储备、调蓄中国水资源时空分布不均，南多北少。长期处于“干渴”的北方缺水、需水。从构想、调研、前期论证、可行性研究、勘察、设计到施工，经过几代人艰苦卓绝的努力，万众瞩目跨省市、跨流域的南水北调工程正在紧张施工，至 2014 年南水北调中线工程全线将建成通水。

鉴于投资成本、蓄水效益、环境风险等方面原因，一些发达国家将调蓄水资源的重点由地表水库逐渐转移到地下水库的建设和运用。即将水资源蓄存在地表下岩土空隙之中，调节地表水、地下水、大气降水与外境水的时空分布，涵养地下水，对长期开采地下水的地区还能改善地下水环境，缓解地下水位下降出现的环境地质问题。例如，通过人工补给，使含水层地下水位抬升，可以消减因地下水超采形成的降落漏斗，缓解地面沉降，减少不均匀沉降导致的地裂缝，阻止海水入侵，恢复湿地面积，缓解土地荒漠化、沙漠化

等。在人类剧烈活动与自然环境演变的双重作用下,用新的水资源开发模式,缓解水危机与修复脆弱生态环境,彰显水资源的资源与环境效益,为解决水资源、水安全、水管理、水系统、水生态、水环境和水和谐等问题开拓思路。因此,在典型地区条件适宜地段修建地下水库示范工程具有重要的意义,是遏止地下水环境恶化和缓解水危机的新途径,具有重要的理论价值和现实意义。

近 20 年来,随着中国经济社会的发展,水资源的供需矛盾也日益显著,地下水资源开发利用程度不断地提高。一些地下水集中开采区已经出现了地下水位持续下降、抽空掉泵、地面沉降、地面塌陷、海(咸)水入侵、土地荒漠化等一系列的生态环境问题,严重影响到国计民生,已经引起各级政府高度重视。

水资源可持续利用已经成为人们广泛关注的问题。为了保证水资源的可持续利用,其根本是计算出可靠的开采资源,探求地下水可开采资源的研究方法,充分考虑地下水对生态环境的影响,合理开发利用与管理地下水资源。

1.2 研究内容

1.2.1 南四湖流域水资源优化配置初步研究

1) 在基础资料(水文系列资料、水利工程资料、流域发展规划资料)整理的基础上,分析预测南四湖流域规划水平年(2015 年)的本地水资源量和外调水量,从而完成规划水平年(2015 年)不同保证率下水资源可供水量的计算,并进行供需平衡分析,以此作为水资源优化配置的基础数据。

2) 探讨了考虑调引长江水和黄河水的南四湖流域水资源系统的构成要素,并对水资源系统进行了概化。根据水资源优化配置的目标与原则,构建多水源联合供水条件下的流域水资源优化配置多目标规划模型,分析确定了模型各参数,调用 MATLAB 优化函数编程求解,并对水资源优化配置结果进行分析。

3) 根据流域水资源优化配置结果,针对该流域水资源开发利用和配置问题,提出了相关措施和建议。

1.2.2 基于遗传算法的水文频率计算与研究

1) 根据大任水库的实际情况,对各种参数估计方法进行比较,以矩法、概率权重矩法、单权函数法和双权函数法的参数估计成果为依据,然后,根据实际情况分析,适当调整后作为 GA(遗传算法)决策变量的取值范围;评价个体适应度应把目标函数求极小值转换为求极大值。

2) 采用 12 组 GA 运行参数组分别进行计算,然后分析 GA 运行输出的成果图,确定 GA 运行参数较合理的取值。

3) 采用 30 次连续计算的方案,对 GA 进行操作,然后分别计算这 30 次 GA 计算所得的降雨量值与实测降雨量值之间的相对误差,选出相对误差较小的一组所对应的水文特征值,计算理论降雨量,与实测降雨量一起绘于图上,分析拟合情况,并与传统的矩法、概率权重矩法、单权函数法和双权函数法计算成果相比较,分析计算成果的合理性。最后,计算设计洪水,绘制洪水过程线。

1.2.3 西江梧州站洪水对极端气候变化的响应研究

1) 研究广西西江流域年极端气温和年极端降雨的空间分布、时间演变;计算年极端