

文章编号: 1007-6301 (2002) 06-0517-10

# 华北地区水循环与水资源安全: 问题与挑战

夏 军

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 华北缺水及其日趋严重的生态环境变化是中国首要解决的问题之一。目前, 由于山区与平原径流明显减少和过量开发水资源, 造成了地下水漏斗加深、平原区河道干涸、湖泊湿地萎缩、地表和地下水污染等生态环境恶化问题, 严重影响到华北地区水资源安全, 已引起党和国家的高度重视。本文以海河流域为重点对象, 通过国内外学科前沿进展综述, 指出华北地区缺水及其导致的生态环境恶化问题背后的自然和人文因素作用与发展演化的背景, 强调高强度人类活动作用下的水循环基础研究的重要性, 提出华北地区水资源安全的水循环基础与应用问题研究的若干建议与思考。研究自然和人类活动双重作用下的华北地区水循环过程, 水体运动与污染物质输移及其与生态环境演变耦合机制, 阐明华北地区“河道断流, 水体污染, 湿地消失, 地下水枯竭”的成因规律, 特别是人类活动的驱动分量, 提出生态环境修复的理论基础, 不仅对变化环境下流域水环境演变的地学基础科学前沿研究有重大的学术价值, 而且对中国可持续发展和社会进步具有重要的战略意义。

**关 键 词:** 水循环; 水资源; 水安全; 生态环境变化; 华北地区

**中图分类号:** F323.213 **文献标识码:** A

## 1 华北地区严重的水问题

华北地区是我国政治、经济和文化的中心。华北平原 2000 年人口 4.37 亿, 占全国 34.8%; GDP3.13 万亿元, 占全国 32.3%; 农业灌溉面积 3.46 亿亩, 占全国 42%。但是, 它也是我国水资源供需矛盾十分突出的地区<sup>[1~4]</sup>。海河流域多年平均水资源总量约为  $419 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 人均水资源占有量仅为  $335 \text{ m}^3$ , 不足全国 1/6, 世界的 1/24。

从自然背景看, 华北地区十年九旱, 尤其 1972、1999、2000 年华北大旱, 出现了严峻的缺水局面, 不得不采取“弃农、压工、保生活”的供水措施。从人文背景看, 华北地区尤其是海河流域, 人类活动强度之大、水资源开发利用程度之高为举世瞩目。20 世纪 60 年

**收稿日期:** 2002-08; **修订日期:** 2002-10

**基金项目:** 中国科学院知识创新工程项目 (KZCX2-SW-317/CX10G-E01-08) 和国家自然科学基金项目 (49971017) 资助

**作者简介:** 夏军 (1954-), 男, 研究员, 博士生导师, 国家有突出贡献中青年专家, 国际水文科协 (IAHS) 水资源系统委员会副主席, 国际水资源协会 (IWR) 常务理事, 2000 年入选中国科学院“百人计划”。

代,大力开展水利工程建设,开发利用地表水资源;70年代后尤其1972年大旱,流域地表水不足,开始争夺地下水。90年代,随着社会经济发展人口的增加,水资源严重不足导致超采地下水、争夺雨水。按照国际标准,合理的水资源开发利用程度一般为40%左右。然而,目前海河流域的水资源开发利用程度已经超过了90%。高强度的水资源开发利用导致该地区水资源供需严重失衡。目前,海河流域河川径流衰减十分严重。地下水亏空接近 $900 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。现状年缺水80多亿 $\text{m}^3$ ,主要靠超采地下水和利用不合标准的废污水来解决。

水资源的短缺不仅影响国民经济发展,而且还导致华北地区尤其是海河流域严重的生态环境问题<sup>[3]</sup>。突出表现如下。

### 1.1 山区来水大量减少,水资源量衰减严重

以首都北京市供水水源地的密云、官厅水库为例,官厅水库1955~1984年期间平均来水量 $11.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,但到1985~1995年期间平均来水量已衰减到 $2.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,仅为前者1/4。两个时期的流域平均降水量却相当(407.5 mm)。密云水库来水减少的趋势也十分严重,相比1960~1979年段,1980~1997年的平均来水量已减少了 $4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。山区水源来水量的大量减少,给城市和中下游地区的生态环境和社会经济发展带来极大的危害。

### 1.2 地下水过量开采,部分地区已经枯竭

到目前,华北城市化地区地下水超采严重,范围已近 $9 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,占平原面积的70%。已分别形成了以北京、石家庄、保定、邢台、邯郸、唐山为中心,总面积达 $4.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的浅层地下水漏斗区,其中 $1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 范围的含水层已疏干;形成了以天津、衡水、沧州、廊坊等多个城市为中心、面积达 $5.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 整体连片的深层地下水漏斗区。地下水枯竭直接威胁华北城市平原地区的安全用水储备,同时引起严重的地面沉降、海水入侵,情况十分危急。

### 1.3 河道断流,功能丧失

目前华北地区多数中下游河道枯竭断流,失去了地下水补给、输沙、排盐等作用。土地退化、湿地萎缩等生态问题十分严重。据统计,总长 $1 \times 10^4 \text{ km}$ 的河长中,有4000 km河道干涸。海河流域内194个万亩以上天然湖泊、洼淀现在大多已经干涸。入海水量由20世纪50年代的年均240亿 $\text{m}^3$ 锐减为2001年的10多亿 $\text{m}^3$ 。海河流域的生态系统已由开放型向封闭型和内陆型方向转化,造成河口泥沙淤积和盐分积累,河口自然生态遭到破坏,河口海洋生物大量灭绝。

### 1.4 水污染严重

目前,水污染已由20年前的局部河段发展到现在的全流域,由下游蔓延到中上游,由城市扩散到农村,由地表侵入地下。据统计,近年来海河流域的废污水排放量每年高达60亿吨。官厅水库因水质恶化,被迫于1997年开始退出生活供水。流域内每年还引用20多亿 $\text{m}^3$ 污水进行灌溉,对浅层地下水、土壤和农作物造成污染。

产生华北地区水生态环境变化有多方面原因,但核心问题是“水”,即在自然和人类活动作用下的华北地区水循环系统发生了“不健全”的问题。例如,华北地区持续干旱引起降水(广义水资源量)的减少;土地利用/覆被变化正在改变“陆-气水循环”的响应关系;

城市化过程加速了深层地下水的消耗和水污染问题; 流域中众多的水库、排洪工程建设改变了河流自然系统水循环的流路, 减少了中下游地下水的补水与蓄水功能; 社会经济活动的各种用水行为加剧了人工侧支水循环中的“耗水”强度<sup>[17]</sup>, 人类活动大量超采地下水大大降低了区域水资源的可再生性。

为了缓解华北缺水问题, 人们通过各种资源转化技术和管理措施节水、通过跨流域调水增加本地的来水。与自然水循环系统相比较, 现代水文水资源学科面对的高强度人类活动作用下的“人工”侧支水循环作用也愈来愈突出。因此, 开展变化环境中的华北地区水循环机理研究, 认识“不健全”的水循环过程导致华北地区缺水、水生态环境退化的成因, 提出可持续发展理念下解决华北水资源安全、改善生态环境的科学对策, 是 21 世纪国家资源环境领域急待解决的国家重大需求中的水科学基础问题<sup>[4~6]</sup>。

## 2 水科学研究的发展前沿

水文循环是联系地球系统地圈、生物圈、大气圈的纽带, 是全球变化碳循环、水循环和食物纤维中的核心问题之一, 它与自然变化和人类活动有关, 决定地球水资源形成和环境的演变规律<sup>[5~9]</sup>。水资源安全是国际水资源研究的热点问题, 它不仅与水循环有直接的联系, 而且关系到人类及其生存环境对水资源的基本需求、生态环境需水要求、国家粮食安全、水的价值以及水的科学管理问题<sup>[10,11]</sup>。因此, 人类活动开发和影响剧烈地区的水循环与水资源安全研究, 是 21 世纪国际国内资源环境学科领域一个十分重要的方向性问题。

在国际上, 特别是 90 年代以后国际有关组织实施了一系列国际水科学计划, 如国际水文计划 (IHP)、世界气候研究计划 (WCRP)、国际地圈生物圈计划 (IGBP) 等。目的是从全球、区域和流域不同尺度和交叉学科途径, 探讨环境变化下的水循环及其联系的资源与环境问题<sup>[5~7]</sup>。

国际地圈生物圈计划 (IGBP) 代表国际地球科学发展前沿, 水文循环的生物圈方面 (Biosphere Aspects of Hydrological Cycle, 简称 BAHC) 是 IGBP 的核心之一。进入 90 年代末, 变化环境 (即气候变化与人类活动影响) 中的水文循环与水资源的脆弱性研究成为热点。前沿问题突出反映在: 水文循环的生物圈方面, 人类活动影响下的水资源演变规律, 水与土地利用/覆被变化、社会经济发展之间的相互作用影响, 水资源可持续利用与水安全等。变化环境下的水文循环及其生态环境演化过程、人-地关系的影响研究, 是国际地球科学积极鼓励的创新前沿领域。

国际知名的英国水文研究所在 80 年代末开始了生态水文学方面的科学研究。A.J.Baird 等针对水循环与生态环境退化问题, 出版了“生态水文学: 陆生环境、水生环境与水分的关系”专著<sup>[13]</sup>。90 年代末, 英国水文研究所正式改名为“生态水文学研究中心”。

20 世纪末, 不满足可持续水资源利用的模式和环境问题导致严重的水资源安全问题, 业已引起国际各国政府的高度重视。90 年代后, 日本十分重视称之为“健全的水循环系统”研究, 即“以流域为整体, 以自然变化加健全方式的人类调控的水循环方式, 将用水、防洪、治污目标统一协调, 使得水能够达到最佳利用的水循环系统”。例如, 日本东京等都市化变化过程中所谓“健全的水循环系统”被定义为: 需要统一考虑“洪水发生时”、“平时水需求利用”、“自然环境保护的生态用水”、“发生地震火灾紧急用水”和“水道的旅游利

用”的水循环最佳的途径,包括修建必要水工程措施对水循环的调控。

2000年3月,在荷兰海牙(Hague)召开了“第二届世界水论坛及部长级会议”。会议主题是:水的安全:从洞察到行动。全世界140多个国家首脑或部长和3000名科学家出席会议。21世纪水安全面临7个主要挑战:满足基本需求(meeting basic needs),保护生态(protecting ecosystems),食品安全(securing the food supply),水资源共享(sharing water resources),处理灾害(dealing with hazards),水的价值(valuing water),科学管水(governing water wisely)。因此,水资源安全已经成为水资源研究的国家前沿热点,受到世界范围的注目。

2001年7月在荷兰举办了两个大型国际会议<sup>[5]</sup>。一个是由IGBP、WCRP和国际人文计划(IHDP)联合举办的“全球变化科学大会”。两大主专题是:(1)一个不断变化的地球的挑战:对全球变化的科学理解;(2)展望未来:地球系统科学与全球可持续性。另一个是第6届国际水文科学大会。主题是:一个干旱地球新的水文学。热点问题有:(1)环境变化与水文循环问题。例如,环境变化作用下的水循环规律是什么?如何认识气圈-水圈-生物圈的相互作用关系?生态环境退化的主要驱动力是什么?(2)人类活动对水循环水资源演变的影响。它需要研究:人类经济活动产生的各种“用(耗)水”和“调水”行为是如何作用和影响水循环的自然规律?它们的作用对水资源产生那些主要影响?有什么地区、区域特征规律?如何量化人类活动对水文水资源变化的影响?

2002年7月11~18日,在瑞典的斯德哥尔莫召开了每年一度的世界水周(World Water Week)。主题是:平衡竞争的水资源使用。它是可持续发展基本的需求。大会举办了涉及流域中水竞争的优先原则、工业水污染、水价、水与能源的综合管理、都市动力学、可居住城市与水的7个研讨会。

我国对华北缺水的水资源问题十分重视。在“六五”期间设立了“华北地区水资源评价”项目;在“七五”期间,设立了“华北地区及山西能源基地水资源研究”项目;在“八五”期间,设立了“黄河治理与水资源研究”项目<sup>[14]</sup>。在“九五”期间,设立了“西北地区水资源合理开发利用与生态环境保护研究”和“黄河中下游水资源开发利用及河道清淤关键技术研究”项目,进一步将水资源开发利用与区域经济发展和生态环境保护结合起来。国家重大基础科学研究计划也设立了“黄河流域水资源演化与可再生性维持机理”项目。

在中国科学院系统,自60年代以来,不断加强以禹城综合农业实验站、栾城农业生态实验站等为代表的华北水资源农业生态实验基地建设<sup>[15]</sup>。在“九五”期间开展了中国科学院重大项目“中国华北水资源变化与调配”。2001年,在中国科学院知识创新方向性项目中,支持了“华北水循环与水资源安全”研究。

国家“十五”计划《建议》中强调了水的问题和水利在国民经济发展的地位和作用。为了缓解北方缺水的严重问题,在“水利建设”方面,指出要加紧南水北调工程的前期工作,适时建设跨流域调水工程,采取多种方式缓解北方地区缺水矛盾。同时,强调了“重视水资源可持续利用”和“加强生态建设”以及“保护和治理环境”的问题。国务院总理朱镕基强调,必须正确认识和处理实施南水北调工程同节水、治理水污染和保护生态环境的关系,务必做到“先节水后调水、先治污后通水、先环保后用水”的“三先三后”的基本原则。

2001年初,水利部、国家海洋局、国家气象局和国家环保局等四个部委联合在国家科

技部立项, 开展了“中国水资源安全保障系统的关键技术研究”, 其关键技术指: 海水利用技术, 污水利用途径, 洪水利用途径(通过水库调度行为等)以及人工降雨利用技术。现在国家科技部已经批准立项。

总之, 从发展趋势看, 变化环境的水循环规律是当今国际水科学前沿问题, 是人类社会经济发展活动对水资源需求所面临的新的基础科学问题, 而水资源供需平衡破坏带来的用水基本需求得不到满足、生态用水被挤占、工农业城市发展水的需求矛盾, 使得水资源安全成为资源与环境科学领域国内外突出的研究课题<sup>[16]</sup>。

### 3 华北水资源研究的几点反思

尽管华北水资源已经有了相当的工作, 但是目前华北缺水问题还没有真正解决, 水生态环境问题愈来愈严重。究其原因, 除了华北地区社会经济增长、人口压力大和环境发生了新的变化之外, 有许多水循环与生态环境交叉的关键性基础科学问题研究不够。国家在解决华北缺水和遏制严重的生态环境退化措施及对策方面, 迫切需要深层次基础研究的科学依据。这些问题不得不引起人们的反思。

目前, 华北水资源研究亟待解决的关键问题<sup>[16~30]</sup>有以下几个方面:

#### 3.1 华北山区来水减少的成因问题

近 30 年华北山区来水及水资源量严重衰减, 其变化究竟是气候影响还是人类活动所为? 华北山区人类活动(耗)水情况如何? 山区土地利用/覆被变化与流域水循环有什么影响关系? 山区业已修建大量的水利工程和水保工程, 它们究竟在山区来水大量减少的变化过程中起到什么样的角色? 如何认识它们的作用和水源地保护的关系? 这些问题过去研究较少, 其中内在的原因和机制尚需探究。

#### 3.2 华北城市化地区水循环与地下水大漏斗问题

以人类活动为主要特征的华北城市化水循环机理研究十分薄弱, 严重滞后城市化经济发展、人口流动面临的集中供水、水污染、地下水大漏斗等带来的城市生态环境问题。华北地区的地下水大漏斗主要集中在城市, 这无不与城市持续性超采的用水特性有关。但是, 浅层地下水与深层地下水的再生能力有很大的不同。如何认识城市地区浅层与深层地下水的变化机制? 如何认识城市集中供水、补水和浅层与深层地下水的量水质变化以及它们之间的相互作用关系? 如何合理修复城市化地区深层地下水漏斗、防止地下水污染? 一系列相关问题急需进一步深入研究。

#### 3.3 平原农业区大埋深条件下“土壤水-地下水”作用机理

相比 80 年代, 目前华北平原农业区处在与过去不同的大埋深地下水条件, 土壤层水资源的作用更加突出。但是, 大埋深条件下的“土壤水-地下水”作用机理以及地下水参数的变化问题研究还比较欠缺, 直接影响农业节水和水资源评价的基础问题。

#### 3.4 对华北地区水生态环境演变过程认识不足

人类活动包括 60 年代在海河流域建设的大型水利工程对华北持续干旱面临的水生态环境退化过程究竟起到什么样的作用? 如何看待防洪、缺水和生态环境保护的矛盾与统一的对策措施问题, 存在相当大的争议。

### 3.5 缺乏社会经济转型过程中的“生活-生产-生态用水”规律研究,尤其生态需水研究比较薄弱

关键问题是:华北地区现状条件相适宜的节水型“生活-生产-生态用水”应该是什么样的结构与布局?在社会经济转型过程中华北地区的“生活-生产-生态”的用(耗)水将会发生什么的变化?如何估算华北地区“生活-生产-生态”的用(耗)水,尤其是华北地区生态需水问题?

### 3.6 华北地区生态环境变化的多维调控阈值与修复目标是个新的问题

华北缺水及其相关的生态环境恶化已是现实。如何从可持续发展的高度和与水相关的生态景观过程与格局,确定有利于地下水补给、控制地面沉降、防止海水入侵的地下水位、河道生态需水等多维调控阈值?如何确定适当的生态修复目标?是过去没有研究的问题。

### 3.7 缺乏定量描述人类活动高强度作用下的流域水循环模型及综合集成系统

在考虑人类活动影响的流域水循环方面,陈家琦最先提出“人工侧支水循环”问题(陈家琦,1986),后来王浩提出“自然-人工”水循环二元模式的概念。但是,到目前为止,描述人类活动高强度作用下流域分布式模型研制,仍然是一个空白。在解决区域缺水与修复生态环境的决策支持问题方面,也缺乏将水循环变化和水生态环境演化耦合的综合集成仿真系统。

### 3.8 针对南水北调工程实施后如何合理调配“地表水-地下水-外调水”的问题,其科学基础研究有待进一步加强

由于供水系统是由当地的地表水、地下水和外调水以及处理的回用污水等多水源组成,在地表水调节水库不足情况下,如何合理调配各种资源,充分发挥多种水源的综合效益,是迫切需要研究的难题。其科学问题的难点是:解决华北缺水以及生态环境修复决策中合理调配的科学依据和准则是什么?如何将自然科学问题与社会科学问题统一到区域可持续发展层面,提出华北地区经济结构调整等重大决策的支持?

## 4 问题与挑战

从华北地区水资源安全的水循环基础科学问题看,最为突出的挑战有下列几个方面:

### 4.1 流域水循环及生态环境变化中的人为影响因素的确定与量化方法

华北地区人口密度大,社会经济发达。1980年以来华北地区的流域产流和地下水补给条件发生了明显变化,导致了华北山区径流明显减少、城市化地区地下水大漏斗问题严重、区域水资源评价还原估算等困难。这些变化的原因是什么?如何识别流域水循环中人工侧支水循环的贡献,科学估算水资源量?如何量化华北地区水生态环境变化中的人类活动的贡献,剖析近五十年海河流域生态环境的演变过程?是揭示海河流域生态环境恶化根本原因的关键。

### 4.2 华北地区社会经济转型中的用水规律

由于华北地区特殊的地位和水资源限制矛盾,其用水结构正在不断发生变化。在经济全球化进程中华北地区经济结构将面临重组与优势产业发展模式新的格局挑战。因此,社会经济转型过程中华北地区的“生活-生产-生态”的用水变化规律尤其是生态需水量估算,成为关键的科学问题。这需要借鉴国外发达国家和发展中国家经验,开展经济学、地

理学、生态学与水资源的交叉研究。

#### 4.3 流域水循环与生态环境变化的耦合机理

华北地区缺水问题与目前生态环境恶化有直接的关系,涉及到地理、水文、社会经济多个方面。如何将高强度人类活动影响的流域水循环变化过程与所制约的水生态环境变化过程实质地联系?它们的耦合机制是什么?如何建立高强度人类活动影响下的流域水文-生态模型,定量复演变化环境中的流域水循环过程以及水文-生态变化过程?是拟解决的主要问题。

#### 4.4 可持续发展与地区经济结构调整的“节水-调水-用水”效益配置

南水北调工程实施后,如何合理调配各种资源,充分发挥多种水源的综合效益,是问题的关键。目前,在多水源如何配置的效益评价问题上仍存在很大争议。焦点是:如何确定华北地区未来的经济系统在生态系统中的地位?如何协调华北地区缺水背景下,社会经济发展和修复生态环境之间的用水矛盾问题?如何通过华北地区用水大户的农业经济结构的调整提高农业用水效益?因此,从可持续发展基本准则出发,在前面四个关键问题(流域水循环、生态演化、社会经济用水以及它们综合集成的系统规律)基础上,进一步研究华北地区未来经济结构调整中“节水-调水-用水”配置的综合效益,是解决国家水资源需求问题的关键。

### 5 展望

长期以来,尤其是最近 50 年更为明显,华北地区高强度的人类活动和社会经济发展与生态环境之间一直存在不可避免的冲突和矛盾。是否能找到二者共享的协调途径呢?从宏观的战略方面,可持续发展的理念为解决这对矛盾提供了准则。生态经济学的价值观为构建有利于华北地区自身环境的经济发展,提供了实现可持续发展模式的可能。为真正解决华北缺水问题,提出有效的环境修复对策,除了要有新的思路之外,重视日趋严重的水问题的科学基础研究和针对国家重大需求的应用研究十分重要。

在未来的十年内,华北水资源以及与水相关的生态环境修复研究,可望在水循环基础研究、水生态环境演变及社会经济用水研究三个方面和综合集成模拟、调控与修复对策研究三个层面上有所进展,系统关系如图 1 所示意。

在水循环基础层面上,将会注重于:

- (1) 华北地区干旱及生态演变的气候背景研究;
- (2) 华北典型山区径流变化及环境影响的水循环机理研究;
- (3) 华北典型城市地区水环境变化与地下水可再生性研究;
- (4) 华北典型平原农业区环境变化及水循环机理研究;
- (5) 变化环境中的流域水循环及分布式模型研究。

在水生态环境演变及社会经济用水层面上,将会注重于:

- (1) 华北地区现代生态环境系统的形成过程与演变机理研究;
- (2) 华北地区社会经济转型下用水规律研究和华北地区生态变化的安全阈值与修复目标研究。

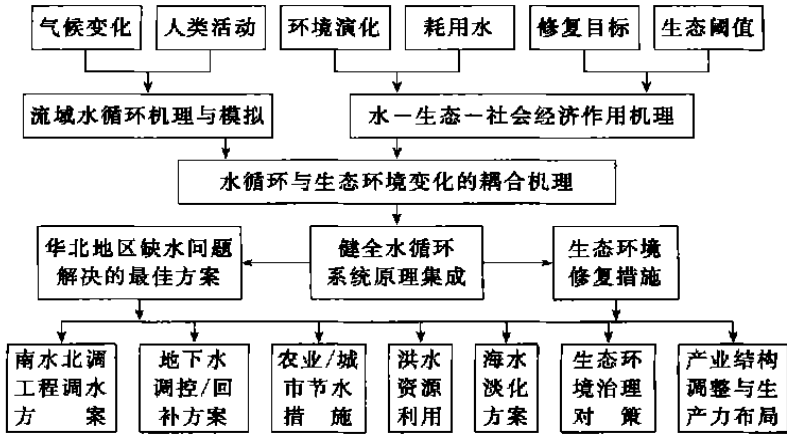


图 1 华北地区水安全的水循环基础与应用研究系统示意

Fig. 1 Research framework of water cycle and related water security

在水资源安全和生态环境修复对策层面上，将会针对南水北调重大工程和北方节水问题，注重于：

- (1) 水-生态-社会经济复合系统综合集成研究；
- (2) 解决华北地区缺水及生态修复的调控对策研究。

为此，以北京为首的城市地区供水以及水资源可持续利用问题、华北水资源耗用大户的农业节水潜力和日趋急迫的华北地区产业结构调整问题将会放到十分突出的地位。以面向生态环境的水资源安全基础研究和应用研究可望有新的突破和进展。

参考文献:

[1] 施雅风, 华北地区水资源合理开发利用[M]. 北京: 水利电力出版社, 1990

[2] 何凡能, 王国. 海河流域河流季节化对地下水及生态环境的影响[J]. 地理科学进展, 2001, 20(3).

[3] 王志民, 任宪韶, 郭宏宇. 面向 21 世纪的海河水利[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2000

[4] 吴凯, 唐登银, 谢贤群. 淮海平原典型区域的水问题和水管理[J]. 地理科学进展, 2000, 19(2).

[5] 夏军, 谈戈. 全球变化与水文科学新的进展与挑战[J]. 资源科学, 2002, 24(3).

[6] IUGG, Volume A and B. XXII General Assembly of International Union of Geodesy and Geophysics[M]. Birmingham U K, 1999. 18-30

[7] 高彦春, 王长耀. 水文循环的生物圈方面(BAHC 计划)研究进展[J]. 地理科学进展, 2000, 19(2).

[8] Rodda J. Whither World Water? [J] Water Resources Bulletin, 1995, 31(2).

[9] 夏军. 水文学科发展与思考[J]. 中国科学基金, 2000, 14(5).

[10] 夏军, 朱一中. 水资源安全度量: 水资源承载力的研究与挑战[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3).

[11] 陈家琦, 王浩. 水资源学概论[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1996. 1-6

[12] 李秀彬. 土地利用变化的解释[J]. 地理科学进展, 2002, 21(3).

[13] Baird A J, Wilby R L. ECO-HYDROLOGY: Plants and water in terrestrial and aquatic environments, 1999. [赵文智, 王根绪译. 生态水文学: 陆生环境、水生环境与水分的关系[M]. 北京: 海洋出版社, 2002.]

[14] 许新宜, 王浩, 甘弘. 华北地区宏观经济水资源规划理论与方法[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1997.

[15] 刘昌明, 魏忠义. 华北平原农业水文及水资源. 北京: 科学出版社, 1986

[16] 钱正英, 张光斗. 中国可持续发展水资源战略研究(综合报告及各专题报告)[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.



- [17] 陈志恺 管好、用好、保护好有限的水资源[J]. 水问题论坛, 1996, 2
- [18] 刘昌明 等 土壤- 作物- 大气界面水分过程与节水调控[M]. 北京: 科学出版社, 1999
- [19] 吴险峰, 刘昌明 流域水文模型研究的若干进展[J]. 地理科学进展, 2002, 21(4).
- [20] 陈家琦 现代水文学发展的新阶段——水资源水文学[J]. 自然资源学报, 1986, 1(2): 46-53
- [21] Chen J Q, Xia J. Facing the challenge: barriers to sustainable water resources development in China[J]. *Hydrological Science Journal*, 1999, 44(4): 507-516
- [22] Xia Jun, Takeuchi K. Barriers to sustainable management of water quantity and quality[J]. *Guest editors for Special Issue, Hydrological Science Journal*, 1999, 44(4): 503-505
- [23] 朱一中, 夏军, 谈戈 关于水资源承载力理论与方法的研究[J]. 地理科学进展, 2002, 21(2).
- [24] 沈振荣 等 水资源科学试验与研究——大气水、地表水、土壤水、地下水相互转化关系[M]. 中国科学技术出版社, 1992
- [25] Huang G H, Xia J. Barriers to sustainable water quality management[J]. *J. of Environmental Management*, 2001, 61(1).
- [26] 张国良 主编 21 世纪中国水供求[M]. 北京: 中国水利水电出版社
- [27] 杨晓光, 陈阜, 宋冬梅 等 华北平原农业节水实用措施试验研究[J]. 地理科学进展, 2000, 19(2).
- [28] 傅国斌 引黄灌区节水灌溉分区与节水途径初探[J]. 地理科学进展, 2000, 19(2).
- [29] 金凤君 华北平原城市用水问题研究[J]. 地理科学进展, 2000, 19(1).
- [30] 贾绍凤 工业用水零增长的条件分析——发达国家的经验[J]. 地理科学进展, 2001, 20(1).

## A Perspective on Hydrological Base of Water Security Problem and Its Application Study in North China

XIA Jun

(Institute of Geographical Science and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101 China)

**Abstract:** The issue of water shortage and related eco-environmental degradation in the North China is one of the major emergency problems in China. As runoff generated from mountain area is significantly decreased and water resources are over developed, serious water and eco-environmental problems have arisen, such as drying-up of river system, ground water decline, lake & wetland degradation, and water pollution in plain area, etc. It has been shown, that in the case of Haihe River Basin, among the total rivers of 10000 km, the rivers of 4000 km have been turned to be seasonal rivers. Comparing with the situation in the beginning of 1950s, the wetland area within the Basin has decreased from 10000 km<sup>2</sup> to 1000 km<sup>2</sup> at present. The area with over-extraction of groundwater covers nearly 90000 km<sup>2</sup>, or 70% of the plain areas. Comparing with that of the end of 1950s, the accumulated over-extracted groundwater is 90 billion m<sup>3</sup>. Water and soil loss area in mountainous region is 110000 km<sup>2</sup>, or two thirds of the mountainous region. The sandstorms induced by desertification are endangering Beijing and other cities. Thus, the problems of water shortage and related eco-environmental issues in North China have become the most significant issues to impact sustainable development in this very important region.

that is political, cultural and economic center of China. This paper addresses these emergent issues by the case study of Haihe River Basin in North China. The new advantage in international study on water and background causing these problems from natural change and particular human activity are analyzed. Key points are addressed in four aspects: (a) the study of the water cycle process impacted by high intensity human activity, a process which is quite different from that in natural water cycle, (b) water utilization related to new economic pattern change, such as saving water model, (c) study on eco-hydrology, and interaction of water and ecology impacted by climate change and human activity, and (d) reasonable water allocation that includes Water Diversion from South to North and saving water issue in local areas. Several suggestions of both study on the water cycle, which is a very important base of water security in North China, and study on application of water resources and eco-environmental rehabilitation are proposed. These key issues will benefit to both advantage of water science and sustainable developing in China.

**Key words:** water cycle; water resources; water security; ecological change; North China