

现代水资源丛书

黄淮海流域 水资源合理配置

王 浩 秦大庸 王建华 罗 琳 裴源生 著



科学出版社

www.sciencep.com

现代水资源丛书

黄淮海流域水资源合理配置

王 浩 秦大庸 王建华 罗 琳 裴源生 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是关于流域水资源合理配置理论与实践方面的专著。书中以实现区域水资源可持续利用必须处理好的十大关系为开篇,奠定了黄淮海流域缺水问题和水资源合理开发利用的理性基础;通过对黄淮海流域面临的严峻缺水形势的客观分析,系统地提出了流域水资源合理配置理论与方法;以最小生态需水和非充分灌溉等为约束,定量计算了黄淮海流域现状缺水量,在此基础上进行了基于现状供水能力、当地水资源承载力的一、二次供需平衡;以供水目标和供水范围作为确定需调水量和调水规模的二元向量形成调水方案集,通过比选提出了调水的推荐方案;在考虑退水和水量调配的基础上,进行基于外调水的三次供需平衡,以此综合评价了南水北调对缓解流域水资源矛盾的功效。为进一步描述南水北调的综合功能,还对特枯年、农业、生态环境等相关情景展开了分析,并深入探讨了工程风险与投资,最后就相应生产关系的调整提出了合理化建议。

本书具有较强的科学性、知识性、方法性和资料性,可供水利、水资源、水文、地理、环境、经济和自然资源等专业的生产、科研、教学、管理及决策者使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄淮海流域水资源合理配置/王浩,秦大庸,王建华等著. —北京:科学出版社,2003

(现代水资源丛书/王浩主编)

ISBN 7-03-011576-7

I. 黄… II. ①王… ②秦… ③王… III. ①黄河-水资源管理②淮河-水资源管理③海河-水资源管理 IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 049305 号

责任编辑:吴三保等/责任校对:钟 洋

责任印制:钱玉芬 /封面设计:王 浩

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>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003 年 10 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2003 年 10 月 第一次印刷 印张: 15 1/2 插页: 8

印数: 1—2 500 字数: 351 000

定价: 40.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

黄淮海流域位于长江以北,山海关以南,地处中国腹部,总面积 144 万 km^2 ,2000 年全区总人口 4.38 亿人,GDP 约 3.13 万亿元,在全国宏观生产力布局和经济发展中占有突出的地位。黄淮海流域属温带半湿润、半干旱大陆性气候,多年平均条件下人均水资源量为 465m^3 ,仅为全国的 21%、属资源型缺水地区。目前水资源短缺已经成为制约区域社会经济发展和生态环境保护的瓶颈因子。为缓解黄淮海流域日趋尖锐的水资源矛盾,实现地区社会经济持续稳定发展和生态环境系统稳定,党中央十五届五中全会提出了“要采取多种方式缓解北方地区缺水矛盾,加紧‘南水北调’工程的前期工作,尽早开工建设”的指示,国务院也制定了“先节水后调水,先治污后通水,先环保后用水”的“三先三后”“南水北调”工程规划实施具体原则。

为了做好“南水北调”工程总体规划工作,水利部组织了跨部门、跨地区、跨学科的联合攻关,重点加强对北方地区水资源合理配置的规划与研究工作。“黄淮海流域水资源合理配置研究”作为总体规划的重要组成部分,力图从黄淮海流域系统高度出发,在充分考虑流域内节水、治污挖潜和生态保护的基础上,以“四横三纵”的整体格局为空间配置骨架,以解决供水区城市用水需求为最低配置目标,实现跨流域和跨省市的水资源合理配置。

黄淮海流域水资源合理配置涉及到国家和地方等多个决策层次,流域、部门和地区等多个决策主体,近期、中期和远期等多个决策时段,社会、经济和生态等多个决策目标,是一个典型的多层次、多目标和多主体的群决策问题,要想真正实现黄淮海流域水资源合理配置,必须对黄淮海流域缺水量、需水量和南水北调工程调水等多方面问题有一个深刻的认识和正确解答后才可能实现。为此该项研究集中对实现流域水资源可持续利用必须处理好生产关系、现状缺水量、有无投资下的缺水前景、受水区需调水量、南水北调工程合理调水规模、调水后区域自然和社会状态的演变情景和南水北调工程风险等问题展开全面研究,在理论、方法和实践上进行了大量的有益的探索和创新,为“南水北调”工程总体规划提供了重要的参考依据。

该项研究的数据支撑主要包括两大部分:一是包括流域和行政区在内的两套口径水资源数据,主要依赖于《中国水资源公报》的相关基础数据和流域规划报告;二是社会经济数据,均采用国家统计局正式出版公布的社会经济统计数据。另外,相关水文数据则以国家水文局发行的《水文统计年鉴》为主要依据。

研究的理论基础和方法手段方面,以国家“六五”、“七五”、“八五”和“九五”期间在水资源领域开展的相关攻关研究项目为基础;在水资源评价方法、“四水”转化规律、基于宏观经济的水资源优化配置的理论与方法、以及面向生态的水资源合理配置理论与方法等方面均有较为成熟的技术和经验,为跨流域水资源合理配置奠定了坚实的理论和实践基础,有效地保障了研究成果在理论、方法上的先进性和生产实践中的可操作性。

本书是“黄淮海流域水资源合理配置研究”的主要研究成果,共分为九章,第一章主要介绍黄淮海流域面临的水资源形势和实现水资源可持续利用所面临的选择;第二章在对水资源配置综述基础上,提出了本次黄淮海流域水资源合理配置的理论与方法;第三章主要介绍流域水资源系统分析方法和黄淮海流域水资源配置模型的构建;第四章阐述了研究区水资源开发现状和存在问题;第五章进行了以黄淮海流域现状供水能力为基础的水资源一次供需平衡分析;第六章为黄淮海流域立足于区域内水资源承载力的二次供需平衡分析;第七章为南水北调工程合理调水规模的确定和基于外调水的三次供需平衡分析;第八章是南水北调对黄淮海流域的保障与促进作用及相关情景分析;第九章为相关结论和建议。

受时间和水平的局限,书中不免有挂一漏万和错误背谬之处,敬请批评指正。

作者

2003年9月2日

目 录

前言

第一章 面临的严峻缺水形势和基本选择	1
第一节 黄淮海流域在国家发展进程中的战略地位	1
一、在全国经济发展中具有不可替代的地位	1
二、是国家粮食安全与农牧业可持续发展的保障	1
三、对能源和工业基础资源生产具有决定性作用	2
四、在城市化方面具有较大发展空间	2
第二节 水资源基础条件和主要特点	3
一、水资源基础条件	3
二、水资源的主要特点	3
三、水资源量变化态势	5
四、区域水资源条件的国内外比较	7
第三节 面临的严峻水资源形势	9
一、缺水形势严峻复杂	9
二、缺水导致生态环境日益恶化	10
三、水污染日益加剧	10
四、水资源衰减加剧了水资源供需的失衡	11
五、水资源危机的潜在威胁	12
第四节 实现区域水资源可持续利用面临的十个关系	12
一、国民经济用水、生活用水和生态用水的关系	13
二、黄淮海各流域间的水量调配关系	13
三、当地水与外调水利用的关系	14
四、地表水利用和地下水利用的关系	15
五、常规水源和非常规水源的关系	16
六、城市用水和农村用水的关系	16
七、平水年供水和特枯水年供水的关系	17
八、生产力布局调整和节约用水的关系	18
九、水资源开发利用和水资源保护的关系	19
十、管理措施和工程措施的关系	19
第二章 水资源配置研究进展与理论模式	21
第一节 水资源合理配置及其研究进展	21
一、水资源合理配置	21
二、流域水资源合理配置研究综述	22

三、水资源合理配置今后研究发展方向	24
第二节 本次配置的指导思想与基本原则	25
一、指导思想	25
二、配置原则	26
第三节 基本依据与目标	27
一、配置依据	27
二、配置目标	27
三、分区与规划水平年	29
第四节 配置的理论与方法	29
一、基于强烈人类活动的用水竞争模式	30
二、生态环境层面和国民经济层面的水分均衡分析	30
三、水资源供需的三次平衡分析	31
四、四横三纵的水资源总体配置格局	32
五、水资源合理配置的五类基本手段	34
六、水资源使用权调整的六项准则	35
第三章 水资源合理配置模型	38
第一节 水资源系统分析方法简述	38
一、系统分析	38
二、水资源系统分析方法	38
第二节 水资源系统概化	39
一、水资源系统	39
二、水资源系统的概化	40
三、多水源复杂水资源系统	41
第三节 黄淮海流域水资源合理配置模型	41
一、模型设计思路	42
二、数学模型	42
三、模型功能和特点	55
四、求解计算	57
第四章 水资源开发利用现状分析	58
第一节 2000 年水资源开发利用状况	58
一、社会经济发展现状	58
二、产水量与资源存量变化	59
三、供水量与供水结构	59
四、用水量与用水结构	60
五、水资源开发利用程度	60
六、用水定额分析	61
七、水资源质量	62
第二节 1980 年以来供用水变化趋势	63
一、供水工程发展现状	63

二、供水变化趋势	63
三、用水变化趋势	65
四、城乡用水变化	67
第三节 现状水平年缺水分析	68
一、国民经济缺水分析	68
二、生态缺水分析	72
三、缺水地区分布	75
第四节 水资源开发利用中存在的主要问题	77
一、水资源开发利用程度很高,很难进一步挖潜	77
二、供水不足制约了黄淮海流域的可持续发展	77
三、用水效率仍有待提高,需要不懈地狠抓节水	78
四、水污染现象极其严重,水资源保护力度亟待加强	78
五、区域水资源配置格局不尽合理	78
六、城乡水务一体化管理体制不顺,水权关系有待明晰	78
第五章 以现状供水能力为基础的一次供需平衡分析	79
第一节 一次供需平衡	79
一、一次供需平衡的思路	79
二、一次供需平衡的目的与意义	80
第二节 社会经济发展态势预测	81
一、人口与城镇化发展水平	81
二、产业结构调整	82
三、经济社会发展指标预测	83
四、粮食生产与灌溉面积发展预测	85
第三节 以现状供水能力为基础的一次供需平衡分析	86
一、需水量预测	86
二、可供水量分析	90
三、以现状供水能力为基础的一次供需平衡分析	93
第四节 一次供需平衡的合理性分析	95
一、需水总量合理性分析	95
二、人均需水指标的合理性分析	96
第六章 基于当地水资源承载力的二次供需平衡分析	99
第一节 二次供需平衡的基本分析思路	99
第二节 节水对降低需水量的作用分析	100
一、用水效率的比较分析	100
二、生活节水预测	104
三、工业节水预测	105
四、农业节水预测	105
五、区域需水量预测	107
第三节 通过治污挖潜等措施增加当地可供水量	109

一、污水处理与回用	109
二、当地工程挖潜改造	111
三、其他挖潜措施	112
四、区域可供水量预测	112
第四节 黄淮海流域二次供需平衡分析	113
一、黄淮海流域整体供需平衡分析	113
二、各流域供需平衡分析	118
三、城市需调与农村需补水量分析	122
第七章 南水北调总体布局与基于外调水的三次供需平衡分析	125
第一节 南水北调工程	125
一、“四横三纵”总体格局	125
二、东线工程	126
三、中线工程	128
四、西线工程	130
五、南水北调工程供水区	132
第二节 扩大外调水合理配置范围的基本途径	136
一、调水与退水	136
二、水量调配	137
第三节 南水北调东、中线供水方案集及推荐方案	141
一、供水方案集的生成	141
二、推荐需调水量和调水规模	144
第四节 南水北调与黄河上中游水资源合理配置	148
一、配置对象	148
二、水资源合理配置现状基础分析	148
三、水量合理配置的操作性准则	150
四、水量合理配置依据分析	150
第五节 三次供需平衡与南水北调工程作用分析	153
一、三次供需平衡分析的思路	153
二、三次供需平衡	153
三、南水北调功效与调水后区域评价	157
第八章 南水北调对黄淮海流域的保障与促进作用及相关情景分析	160
第一节 特枯年份南水北调对黄淮海流域的基本保障功能	160
一、枯水年和特枯年发生频率分析	160
二、区域特枯年或连续枯年来水衰减分析	162
三、现状枯水年或连续枯水年区域供用水状况分析	163
四、特枯年份或连续枯水年区域供水能力及供需缺口分析	165
五、特枯年份南水北调对黄淮海流域的基本保障作用	169
六、特枯年和连续枯水年应急对策	170
第二节 南水北调对黄淮海流域农业生产的促进	173

一、黄淮海流域在全国农业生产中的战略地位	173
二、现状水资源形势下对农业生产的胁迫及并发的生态环境问题	177
三、无外调水条件下的区域农业发展态势	179
四、南水北调对黄淮海流域农业生产的巨大促进作用	182
第三节 南水北调对海河流域水生态环境影响分析	184
一、海河流域水生态环境现状	184
二、海河流域水循环与水生态环境关联分析	185
三、不同情景下海河流域水生态环境预测	189
四、结论	193
第四节 黄淮海流域径流衰减的相关灵敏度分析	194
一、灵敏度分析的基本输入	194
二、径流衰减情景下的流域供水预测	195
三、可供水量与来水衰减的灵敏度分析	196
第五节 南水北调工程的风险分析	197
一、风险分析	197
二、南水北调工程风险管理	205
第六节 黄淮海流域主要配置措施的投资对比与分析	207
一、节水投资分析	207
二、南水北调工程投资分析	208
三、治污投资分析	213
四、综合对比分析	214
第九章 结论与建议	216
第一节 结论	216
一、黄淮海流域面临的严峻缺水形势	216
二、人口增加和城镇发展将带来新的缺水压力	216
三、节水作用很大,但不能解决根本问题	217
四、治污挖潜对改善环境和增加有效供水作用显著	218
五、南水北调工程势在必行	218
六、南水北调工程的供水目标与合理供水范围	219
七、黄淮海流域对南水北调工程的水量需求	220
八、南水北调工程合理调水规模	221
九、黄淮海流域水资源合理配置方案	222
十、南水北调对黄淮海流域特枯年份的基本保障和对农业、生态的促进作用	223
第二节 建议	224
一、要把水资源合理配置和调水工程建设与改革水管理体制相结合	224
二、实现有偿使用的水资源使用权的初始分配	227
三、建立合理水价形成机制和水价体系	229
四、实行对农业节水灌溉的补贴制度	230
五、建立有效的节水管理和运行机制	231

六、制定有效保护水资源的法规	234
参考文献	235
后记	237

第一章 面临的严峻缺水形势和基本选择

黄淮海流域作为 21 世纪前 10 年我国新的经济快速增长地区,在国家粮食安全、能源、原材料工业和城市化发展等方面拥有无可替代的作用。1990~1997 年间的粮食增产量占全国粮食总产增量的 79%。耕地和 GDP 占全国的 1/3 左右,而水资源量仅占 7.2%,现状人均水资源量 465 m^3 ,远低于国际公认的人均水资源危机线。随着人口增加和经济发展,水资源需求不断上升,而资源型缺水的自然条件,又导致供水量增长停滞不前,从而出现长时间、大范围、深程度的缺水,并加剧了城市与农村、工业与农业、经济与生态之间的用水竞争。突出的区位优势 and 相对薄弱的水资源条件,形成了黄淮海流域可持续发展的主要矛盾,区域水资源的衰减进一步加剧了供需失衡矛盾和形成水资源危机的潜在威胁。本章在上述基本认识基础上,进一步探讨了实现区域水资源可持续发展必须处理的十个关系。

第一节 黄淮海流域在国家发展进程中的战略地位

一、在全国经济发展中具有不可替代的地位

黄淮海流域国土面积 144 万 km^2 ,优越的地理位置、丰富的矿产资源和较为雄厚的经济基础,使其在全国宏观生产力布局 and 经济发展中的地位越来越突出。该区横跨我国的东中西部,覆盖了全国七大经济区中的环渤海地区 and 部分西北地区,同时陇海—兰新铁路 and 黄河上中游地带又是《全国国土规划纲要》中 Π 字型点轴开发战略中的一条一级发展轴。改革开放以来,首先是 20 世纪 80 年代珠江流域 and 东南诸河片的经济起飞,随后是 90 年代长江流域片的迅速发展,黄淮海流域则将成为 21 世纪前 10 年我国新的经济快速增长地区。与此同时,随着西部大开发的逐步实施,东中西部地区的经济联系也在加强,而黄淮海流域地域辽阔,人口众多,地区间经济差异显著,具有联东促西、优势互补、功能协调、协同发展的有利条件,既是西部大开发战略实施的“桥头堡”,又是西部大开发的可靠后方。

二、是国家粮食安全与农牧业可持续发展的保障

黄淮海流域土地面积广大,耕地资源丰富,光热条件适宜,具有发展大农业得天独厚的条件,长期以来一直是我国重要的农业经济区、粮食与棉花的主要产区 and 重要的商品粮基地。该区 1997 灌溉面积 3.3 亿亩 ($1\text{ 亩} = 666.67\text{ m}^2$,下同),占全国的 42%;粮食产量约 1.9 亿 t,占全国粮食总产量的 39% 左右。1990~1997 年间全国粮食总产增量的 79% 来自

于黄淮海流域(见表 1-1)。表 1-1 中数据说明,该区域粮食量的增产量是全国粮食量的增长量的主体,因此该区域对于国家的粮食安全至关重要。黄淮海流域拥有大量的宜农荒地和大量有待改造的中低产田,为全国灌溉面积的增加提供了可靠的土地资源保障。预计到 21 世纪中叶,黄淮海流域新发展的灌溉面积将占到全国新发展灌溉面积的 35% 左右,其中区域水资源保障条件,将成为区域农业可持续发展的关键制约因素。

表 1-1 黄淮海流域粮食产量增长情况

流 域	粮食总产量(万 t)				人均生产粮食(kg/人)		
	1990	1997	增加	增长率(%)	1990	1997	增减
黄淮海	15 710.9	19 072.0	3361.1	21.4	410.0	462.4	52.4
海河	4187.4	5433.8	1246.4	29.8	387.0	475.0	88.0
淮河	8232.6	9975.6	1743.0	21.2	455.0	515.0	60.0
黄河	3290.9	3662.6	371.7	11.3	350.0	351.0	1.0
全国	45 184.1	49 418.0	4233.9	9.4	400.0	410.0	10.0
占全国比例(%)	34.8	38.6	79.4		102.5	112.8	

资料来源:《北方地区农业生产结构与布局现状分析报告》,中国农业科学院区划研究所,2000 年 6 月。

三、对能源和工业基础资源生产具有决定性作用

2000 年黄淮海流域实现工业总产值 4.48 万亿元,占全国的 31%。该区是我国能源和矿产资源最密集的地区,以资源开发和加工为导向的工业结构,决定了这一地区能源、原材料工业所占比例大,形成了一大批在全国都具有重要战略地位的能源、工业基础资源生产加工基地。如山西、陕西的煤炭工业基地,内蒙古白云鄂博有色金属工业基地,甘肃中部、山东东营、天津大港的石油天然气生产基地,以及包头钢铁工业基地等。大量能源、原材料产品的输出,一方面为我国其他地区的工业发展注入了强大动力,在加快我国工业化进程中发挥着重要作用;另一方面,资源开发和基础加工工业的万元产值耗水量较大,加重了区域的供水压力。

四、在城市化方面具有较大发展空间

城镇化率的提高,人口集中居住,有利于生产力的发展、土地资源利用效率的提高和农业生态资源的保护。城市群的形成将发挥以点带面的辐射作用,中心城市强大的经济和科技实力有效推动了周边地区的经济发展。目前已初具规模的首都经济圈、山东半岛沿海城市群等都是很好的例证。2000 年黄淮海流域人口城镇化率为 23.8%,低于全国平均水平 4.6 个百分点。由于黄淮海流域的经济发展潜力和土地潜力,在城市化方面仍具有较大的发展空间。同时,城市化也将在集中供水强度和供水保障率方面对区域水资源承载能力提出新的挑战。

第二节 水资源基础条件和主要特点

一、水资源基础条件

黄淮海流域人口占全国的 35%, GDP 占全国的 32%, 灌溉面积占全国的 42%, 而水资源量仅占全国的 7.2%, 水土资源匹配严重失衡, 人均、亩均用水指标远低于全国平均水平(见表 1-2), 是我国水资源与经济社会最不适应、供需矛盾最为突出的地区。2000 年黄淮海流域人口密度、人均 GDP、人均水资源占有量、人均用水量和亩均用水量分布图见附图 1~附图 5。

表 1-2 黄淮海流域 2000 年社会经济和水资源指标一览

流 域	人口密度 (人/km ²)	人均 GDP (元/人)	人均用水 (m ³ /人)	亩均用水 (m ³ /亩)	多年平均人均 水资源(m ³ /人)
黄淮海	303	7155	307	445	465
海河	401	8955	312	391	292
淮河	614	7042	274	416	483
黄河	137	5258	359	583	633
全国	131	7718	438	683	2222
占全国比例(%)	231	93	70	65	21

注:人均占有水资源量系用 2000 年的人口和表 1-3 中的多年平均水资源总量计算。

各流域的水资源情况见表 1-3。由表 1-3 可知,该地区土地面积为全国的 15.1%,而多年平均径流深仅为全国平均数的 36.5%,单位面积水资源量仅为全国的 47.9%。

表 1-3 黄淮海流域多年平均水资源量

流 域	土地面积 (万 km ²)	径流深 (mm)	径流量 (亿 m ³)	地下水资源量 (亿 m ³)	水资源总量 (亿 m ³)	单位面积水资源 量(万 m ³ /km ²)
黄淮海	145.0	103.6	1501.9	1051.9	2033.4	14.02
海河	31.8	90.0	220.0	249.0	372.0	11.70
淮河	33.2	211.7	701.9	397.1	971.4	29.26
黄河	80.0	83.0	580.0	405.8	690.0	8.63
全国	960.0	284.0	27 115.0	8288.0	28 124.0	29.30
占全国比例(%)	15.1	36.5	5.5	12.7	7.2	47.9

注:海河流域为 1956~1998 年系列、淮河流域为 1956~1998 年系列、黄河流域为 1919~1975 年系列(黄河重大问题采用系列)。

二、水资源的主要特点

(一) 降水量年际变化大

海河流域各大水系的最大年降水量一般达到最小年降水量的 5 倍左右。1949 年以来,出现了 1951~1952 年、1980~1981 年和 1992~1993 年,以及 1997~2001 年 4 个连续枯

水年段。局部地区出现连续枯水年的机率更多,其中永定河曾出现连续 8 年的枯水期(1929~1937 年)。北京市连续出现枯水的频率也较高,最长连枯 9 年。天津市 20 世纪 60 年代以后已出现 5 次连续枯水年,河北省东部地区也发生过连续 9 年的枯水期(1919~1927 年)。

淮河流域由于雨量相对丰沛,1956~1979 年系列平均降水量最低为山东半岛,也达到 731mm;最高为淮河下游地区,达到 1015mm。在降水基数较大的情况下,淮河流域各水系的最大年降水量一般也达到最小年降水量的 4 倍左右。

黄河流域最大年降水量达到最小年降水量的 6 倍;最丰年径流量是最枯年径流量的 13 倍;历史上黄河流域曾出现连续 11 年的枯水期(1922~1932 年)。

上述水文特性,要求供水系统要具有跨年度的调节和保障能力。

(二) 降水年内分布集中

海河流域降水在年内分布的集中程度最高,其滦河水系、海河北系、海河南系、徒骇马颊水系的年内最大 4 个月降水量占到其全年降水量的 79%~84%,最大月降水量均占到年降水量的 30%左右。

淮河流域年降水的年内集中程度相对较低,各代表站最大 4 个月的降水量占到全年降水量的 66%~77%,流域最大月降水一般占到年降水量的 27%左右,山东半岛的降水量集中程度相对更高,可达到 31%左右。

黄河流域降水在年内分布的集中程度次之,沿程各站最大 4 个月的降水量占到全年降水量的 74%~78%,最大月降水量一般占到年降水量的 28%左右。

上述特性导致降水时产生洪水,而洪水过后发生干旱,需要供水系统具有较大的调蓄能力。

(三) 蒸发能力大而单位面积产水量少

黄淮海流域多年平均降水量为 566mm,区域陆面蒸发能力达到 800~1200mm。降水总量中,约 74%消耗于蒸、散发,只有 26%转化为地表和地下水资源量。而全国多年平均降水量 648 mm,降水总量中有 45%转化为地表和地下水资源量。按产水模数计算,黄淮海流域多年平均单位面积产水量仅为 14 万 m^3/km^2 ,是全国平均数的 48%。由于降水产水率低而蒸发能力大,因此其径流性水资源极为宝贵。

(四) 生态用水刚性强且在径流中所占的比例大

从水盐平衡和水沙平衡的角度看,海河流域的最小入海水量应达到 45 亿 m^3 ,占到其 220 亿 m^3 多年平均径流量的 20%,而前几年(除 1998 年外),入海水量均在 20 亿 m^3 以下,1999 年和 2000 年两年的总入海水量还不到 8 亿 m^3 。黄河是世界著名的多泥沙河流。黄土高原地区水土流失十分严重,平均每平方千米水土流失面积上的土壤侵蚀量高达 3700t。黄河的高含沙量造成水库与河道淤积严重,加大了防洪和水资源开发利用的难度。为保证黄河的长治久安,在有限的黄河河川径流中还必须留出占径流量 20%以上的输沙水量。1998~2000 年的年均入海水量仅 68.6 亿 m^3 ,占多年平均径流量 580 亿 m^3 的 12%。这三年整个黄淮海流域的年均入海水量 616.7 亿 m^3 (其中淮河占 85.5%),占多年平

均径流量的 30%。由此可见,黄淮海流域特别是海河和黄河的河道内用水被严重挤占。

由于黄淮海流域生态脆弱,对水分条件的变化较为敏感;另外由于干旱半干旱地带性降水水资源的不足,植被主要依靠径流性水资源来滋养,因此生态需水在地表径流总量中所占比例较高。

三、水资源量变化态势

(一) 流域水资源演变的原因与趋势

最近 50 年来黄淮海流域的水资源量(流域产水量)变化较为明显。引起水资源量变化的原因,一是气候变化;二是人类活动影响。气候变化分为两个方面:一是进入长干旱周期,1956~1979 年段(简称前段)的平均降水较 1980~2000 年段(简称后段)的平均降水量为高,因而其产流量也相对较高;二是后段的平均气温较前段升高,导致同等降水条件下后段的地表蒸发量加大和产流量减少。人类活动影响也分为两个方面:一是土地利用格局改变,如山区封山育林、建造石坝梯田、进行水土保持、兴建水库及塘坝、农田面积扩大、城市建成区面积扩大等,这都改变了流域下垫面的产汇流特性;二是大规模水资源开发利用活动在流域“四水”转化的大格局内形成了由供—用—耗—排等环节构成的人工用水侧支循环,改变了水资源的天然时空分布。人类活动对水资源形成转化关系的总的影

表 1-4 黄淮海流域不同时期降水、径流变化对比

流 域	项 目	1956~1979	1980~1999	80 年代	90 年代	1956~1998
海河	降水量(mm)	560.0	488.3	471.0	505.6	539.0
	径流量(亿 m ³)	288.0	173.3	151.0	195.5	220.0
	径流系数	0.1617	0.1115	0.1008	0.1215	0.1283
黄河	降水量(mm)	464.0	427.0	447.0	407.1	450.0
	径流量(亿 m ³)	661.0	533.6	608.0	459.2	578.0
	径流系数	0.179	0.156	0.171	0.141	0.161
黄河+海河	径流量(亿 m ³)	949.0	706.8	759.0	654.7	798.0
	与 1956~1979 系列比较	径流量(亿 m ³)	-242.2	-190.0	-294.3	-151.0
	百分比(%)		-25.5	-20.0	-31.0	-15.9
淮河	降水量(mm)	817.8				840.6
	径流量(亿 m ³)	868.0				701.9
	径流系数	0.3201				0.2518
黄淮海	径流量(亿 m ³)	1817.0				1499.9
	与 1956~1979 系列比较	径流量(亿 m ³)				-317.1
	百分比(%)					-17.5

注:海河为 1956~1998 年数据、黄河为 1950~1997 年系列数、淮河为 1956~1997 年系列数。

从表 1-4 可以看出,20 世纪 80 年代以来至今,海河流域 1956~1998 年多年平均降水量为 539mm,比 1956~1979 年年均降水量减少 3.8%;1980~1999 年年均降水量比 1956~

1979 年年均降水量减少 12.8%；1980 ~ 1999 年平均地表水天然径流量为 173 亿 m^3 ，较 1956 ~ 1979 年平均值减少 40%，比降水量减小的幅度更大。即使在同等降水条件下，流域产水量在总体上也呈减少趋势。黄河流域 1956 ~ 1979 年 24 系列年平均径流量为 661 亿 m^3 ，若采用 1919 ~ 1975 年 56 年系列，其多年平均径流量为 580 亿 m^3 ，系列延长后比 24 年平均径流量减少了 12%。淮河流域 1956 ~ 1998 年多年平均降水量与 1956 ~ 1979 年均值差别不大，而多年平均径流量还是比 1956 ~ 1979 年系列减少了 19%。

(二) 1956 ~ 1979 年的水资源量

1980 年根据 1956 ~ 1979 年 24 年同步系列资料，对全国各流域的水资源进行了第一次评价。当时估算黄淮海三流域的水资源总量为 2226 亿 m^3 ，约占同期全国水资源总量的 7.9%，见表 1-5。

表 1-5 黄淮海流域多年平均水资源量(1956 ~ 1979 年)

流 域	年降水量(mm)	径流总量(亿 m^3)	地下水量(亿 m^3)	水资源总量(亿 m^3)
黄淮海	566.0	1817.2	1112.0	2225.6
海河	560.0	287.8	265.1	421.1
淮河	817.8	868.0	441.1	1060.9
黄河	464.0	661.4	405.8	743.6
全国	648.0	27 115.0	8288.0	28 124.0
占全国比例(%)	87.3	6.7	13.4	7.9

(三) 1980 ~ 2000 年的水资源量

从 80 年代开始，华北地区气候持续偏旱，京津冀地区和山东半岛，1980 ~ 1989 年 10 年平均降水量比多年平均偏少 10% ~ 15%，气温偏高 0.1 ~ 0.36℃。由于降水偏少，气温偏高，地面蒸发损失加大；同时又受到人类活动的影响，地表径流形成量明显减少。根据海河水利委员会初步分析，1980 ~ 1989 年海滦河全流域产生的地表径流量仅 151 亿 m^3 ，比 1956 ~ 1979 年多年平均径流量 288 亿 m^3 减少了 47.5%。

进入 90 年代，干旱从华北平原向黄河上中游地区(陕甘宁)、汉江流域、淮河上游、四川盆地扩展，1990 ~ 1998 年该地区 9 年平均降水量偏少 5% ~ 10%，气温偏高 0.3 ~ 0.8℃。根据黄河水利委员会初步分析，黄河利津以上同期年平均产水量仅 450 亿 m^3 ，比 1956 ~ 1979 年平均年径流量 661 亿 m^3 减少了 31.9%，约少 211 亿 m^3 。1997 年气候特旱，黄河河口以上地区产流量减少到 304 亿 m^3 ，扣除中上游用水消耗，利津实测径流量为 18.6 亿 m^3 ，仅有 15.4 亿 m^3 水量入海。90 年代海滦河旱情有所缓和，降雨量有所增加，但比 1956 ~ 1979 年平均降水量少 54mm，由于降水偏少，前期土壤比较干旱，气温持续偏高，土壤蒸发消耗量大，地表径流量增加不多，仍比 1956 ~ 1979 年的多年平均值减少 32%。

20 世纪 80、90 年代，海河、黄河来水衰减状况见表 1-4。从表 1-4 中可以看出，80 年代黄河来水较多，而海河来水偏少，两河合计来水量减少了 20% 左右；90 年代黄河和海河来水均偏少，两河合计来水偏少约 30% 左右。因此，在持续干旱的影响下，80 ~ 90 年代黄淮海流域水资源短缺的形势十分严重。