

HUANGHE LIUYU SHUIZIYUAN LIYONG YU BAOHU

黄河流域 水资源利用与保护

薛松贵 张会言 张新海 王 煜 杨立彬 等著



黄河水利出版社

黄河流域水资源利用与保护

薛松贵 张会言 张新海 王 煜 杨立彬 等著

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

“黄河流域水资源利用与保护”是根据黄河流域水沙关系不协调的特性和黄河流域水资源供需矛盾突出的特点,针对黄河流域水资源利用与保护中一系列关键问题而开展的一项研究课题。主要内容包括:在对黄河流域水资源数量和质量进行系统评价与一致性处理的基础上,科学评价了黄河流域地表水资源、地下水资源及水资源总量,并对未来水资源变化趋势进行了预测;分水源、按部门进行了详细的供用水统计;分析了黄河流域节水潜力和各规划水平年的节水量;预测了各行业不同水平年需水量、黄河汛期输沙水量和非汛期生态需水量;构建了符合黄河流域实际的黄河水资源配置模型系统,从水资源、生态与经济社会协调发展的要求出发,分析了不同情景下黄河流域水资源供需形势,进而提出了黄河流域水资源配置方案、黄河纳污能力和入河污染物总量控制方案等,为黄河水资源的利用与保护提供了技术依据。

本书系上述研究成果经过深化和认真提炼后的著述,可供从事水资源开发、利用、节约、保护、管理工作的科技工作者,以及从事或关心黄河治理、开发、研究工作的人士参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄河流域水资源利用与保护/薛松贵等著. —郑州:
黄河水利出版社, 2013. 2

ISBN 978 - 7 - 5509 - 0429 - 3

I. ①黄… II. ①薛… III. ①黄河流域 - 水资源
利用 - 研究 ②黄河流域 - 水资源 - 资源保护 - 研究
IV. ①TV213. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 030838 号

组稿编辑:王路平 电话:0371 - 66022212 E-mail:hhsllwp@126.com

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:15.25

字数:350 千字

印数:1—1 100

版次:2013 年 2 月第 1 版

印次:2013 年 2 月第 1 次印刷

定价:60.00 元



前 言

水是生命之源、生产之要、生态之基。随着经济发展和社会进步,水已逐步从农业的命脉发展成为整个国民经济建设与生态建设的命脉,深刻影响着经济社会生活的各个方面,直接关系到国家经济安全、粮食安全、生态安全、社会稳定和可持续发展。

黄河水少沙多,水沙关系不协调,黄河流域及其下游流域外引黄地区经济社会的迅速发展和生态环境的良性维持均对水资源提出了较高要求,黄河流域水资源供需矛盾日益突出,用水竞争日益激烈。一方面,严峻的缺水形势导致部分地区大量工业项目由于缺水而无法立项,并导致流域内近1 000万亩(1亩=1/15 hm²,后同)农田无法灌溉,严重制约经济社会的可持续发展;另一方面,很多地区又不顾水资源的禀赋条件,竭泽而渔,过度利用水资源,大量挤占生态环境水量,导致河流生态环境和水沙关系不断恶化;同时,多种矛盾错综复杂,使黄河水资源管理与调度的任务十分艰巨。因此,亟须针对黄河流域水资源利用与保护中存在的诸多问题进行深入研究,针对黄河水资源特点,提出合理的配置和保护管理方案。

“黄河流域水资源利用与保护”研究,科学评价了黄河流域地表水资源、地下水资源及水资源总量,针对黄河流域下垫面变化对径流的影响情况,对径流系列进行一致性处理,使径流系列具有较好的一致性和代表性;并对未来水资源变化趋势进行了预测,基本查清了黄河水资源的家底,为黄河水资源的利用及配置奠定了基础。对黄河流域现状水资源利用情况进行了深入调查,按照新的用水分类口径,详细调查了蓄、引、提、调等地表水工程,机电井、自备井等地下水工程,以及中水回用、雨水利用、微咸水利用等其他水源工程的供水量,并对各类水源工程供水的水质进行了调查分析,提出了不同类别水质的供水量。按照生活、生产、生态三大门类进行了详细的用水统计,用多种方法分析了用水消耗量。在对比分析黄河流域水资源利用水平的基础上,提出了黄河流域节水潜力,根据黄河流域未来发展状况,拟定了合理节水方案及措施,提出了各规划水平年的节水量。在此基础上,根据流域未来经济社会发展格局,按照可行的节水措施和各行业用水定额,分别分析了黄河流域生活、生产、生态各行业需水量;并根据黄河输沙和生态保护的要求,分析提出了黄河输沙水量和非汛期生态需水量。构建了符合黄河流域实际的黄河水资源配置模型系统,为黄河流域水资源配置决策提供了重要技术支持。从资源、生态与经济社会协调发展的要求出发,进行了流域水资源供需分析,分析了不同情景下黄河流域水资源供需形势。在水资源供需分析的基础上,充分考虑黄河水资源条件变化及现有可供水量分配方案,提出了黄河流域新的水资源配置方案。分析提出了黄河纳污能力和入河污染物总量控制方案,并根据黄河流域实际提出了黄河水资源保护的对策措施,同时根据黄河流域水资源利用与保护的要求,提出了相应的制度建设的建议,对指导黄河流域水资源的开发、利用、节约、配置、保护和管理提供了重要技术依据。

本课题是对黄河水资源利用与保护这一重大命题研究的继承和发展,特别是针对黄



河水情、沙情、工情、流域下垫面等变化,针对流域经济社会发展和生态保护等对水资源配置、利用与保护提出的新要求进行了深入研究。

(1)提出径流系列一致性处理的成因分析方法,重新评价了黄河流域水资源量,并采用多种方法分析了河川径流未来变化趋势。

(2)进行了全流域面源污染调查分析,提出了黄河流域面污染源主要污染物的产生量和入河量;进行了黄河流域水量与水质统一评价,提出了黄河纳污能力和可利用纳污能力以及污染物入河控制量,为水资源保护、配置和供水安全奠定了重要基础。

(3)将节水和需水相统一,分析比较了多种节水模式下的需水量预测成果,经多次供需平衡分析和综合比较,推荐提出了强化节水模式下不同水平年需水量,为水资源配置和工程布局提供了前提条件。根据黄河水沙条件变化情况,采用多种方法综合分析提出了黄河汛期输沙水量和非汛期生态环境需水量,为维持黄河健康生命提供了技术支撑。

(4)采用模拟算法(QSIM)、分解推理(SRSIM)方法、最小费用最大流网络方法、基于实码加速遗传算法的投影寻踪分类(RAGA-PPC)等方法,构建了黄河流域水资源调配决策支持系统,提出了新的黄河水量配置方案,为新时期黄河水资源的开发、利用、保护和管理提供了重要依据。

在本课题研究过程中,黄河水利委员会规划计划局、黄河勘测规划设计有限公司、黄河水利委员会水文局、黄河流域水资源保护局等单位的领导、专家和项目组成员都为课题研究付出了辛勤劳动,作出了重要贡献。黄河水利科学研究院、南京水利科学研究院等单位也配合完成了部分工作。同时,研究成果还参考了青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东等省(区)水资源综合规划的部分成果数据,黄河水利委员会陈效国、邓盛明、白焰西、常炳炎、席家治、洪尚池、王玲、吴燮中、邱宝冲、高传德、王益能、张成林等多位老专家进行了全过程指导。正是通过所有参与人员的刻苦攻关、并肩奋战,才实现了预期目标,取得了诸多创新和丰硕的成果。对以上单位和相关工作人员,以及给予本课题研究大力指导和支持的单位、专家、学者及工作人员致以深深的谢意!

面对黄河水资源利用与保护这样一个问题极其复杂的研究课题,尽管本书进行了系统的概括和总结,但仍有许多问题有待进一步研究,加之作者水平有限,书中谬误难免,敬请广大读者给予批评指正。

作 者

2012 年 10 月



目 录

前 言	
第 1 章 概 述	(1)
1.1 黄河流域水资源危机与挑战	(1)
1.2 黄河流域水资源利用与保护研究的目标和技术路线	(4)
1.3 主要研究成果	(6)
第 2 章 水资源调查评价	(11)
2.1 调查评价的主要内容	(11)
2.2 黄河河川天然径流量系列一致性处理	(12)
2.3 水资源情势分析方法	(24)
2.4 水资源评价主要成果	(28)
2.5 水资源可利用量	(39)
2.6 本章小结	(40)
第 3 章 水资源开发利用现状调查评价	(42)
3.1 黄河流域供用水特性分析	(42)
3.2 水资源利用效率及开发利用程度分析	(46)
3.3 水环境现状及水污染原因分析	(49)
3.4 与水相关的生态环境状况分析	(58)
3.5 本章小结	(61)
第 4 章 节水潜力和节水量研究	(62)
4.1 黄河流域用水特点和节水标准研究	(62)
4.2 节水计算方法研究	(64)
4.3 节水潜力分析	(66)
4.4 节水量分析	(67)
4.5 本章小结	(74)
第 5 章 经济社会发展和河流生态系统维护对水资源需求预测	(75)
5.1 黄河流域在国家经济发展中的地位与作用	(75)
5.2 国民经济发展指标预测	(77)
5.3 河道外需水量预测	(90)
5.4 河道内生态环境需水量预测	(108)
5.5 本章小结	(123)
第 6 章 流域水资源配置模型系统构建	(124)
6.1 模型研制的基础	(124)



6.2	系统总体设计	(125)
6.3	水资源调控模型的建立及其求解	(133)
6.4	水资源配置方案评价模型	(145)
6.5	基于数据驱动模型输入	(157)
6.6	基于方案分析的模型输出	(169)
6.7	本章小结	(172)
第7章	基于资源、环境与社会经济协调发展的水资源供需分析	(173)
7.1	供需分析的边界条件及方案设置	(173)
7.2	全流域多年平均供需分析	(173)
7.3	重点河段分析	(179)
7.4	主要支流分析	(181)
7.5	枯水年和枯水段供需分析	(184)
7.6	断面出流和水库调蓄分析	(186)
7.7	本章小结	(189)
第8章	黄河水资源配置策略及方案	(190)
8.1	黄河流域水资源配置历程和存在问题	(190)
8.2	水资源配置的原则	(191)
8.3	黄河水资源配置方案及分析	(192)
8.4	特殊情况下水资源调配对策	(197)
8.5	本章小结	(198)
第9章	黄河流域水资源承载能力及保护对策研究	(199)
9.1	研究目标	(199)
9.2	研究思路	(199)
9.3	水功能区及其特点	(200)
9.4	水功能区现状纳污能力及承载水平研究	(203)
9.5	污染源预测研究	(209)
9.6	规划水平年纳污能力及污染物入河总量控制方案研究	(217)
9.7	水资源保护对策措施	(227)
9.8	本章小结	(229)
第10章	水资源可持续利用制度建设	(231)
10.1	建立健全流域与区域相结合的水资源管理体制	(231)
10.2	完善取水许可和水资源费制度	(231)
10.3	建立科学合理的水价形成机制	(232)
10.4	建立和完善黄河流域水权转换制度	(232)
10.5	完善水功能区管理制度	(232)
10.6	建立水资源循环利用体系的有关制度	(233)



10.7 建立黄河水资源应急调度制度和黄河重大水污染事件应急调查 处理制度	(233)
10.8 建立水资源战略储备制度	(233)
参考文献	(235)



第1章 概述

1.1 黄河流域水资源危机与挑战

(1) 水资源总量不足,难以支撑经济社会的可持续发展。

黄河流域多年平均河川天然径流量 534.8 亿 m^3 (1956 ~ 2000 年系列),仅占全国河川径流量的 2%,人均年径流量 473 m^3 ,仅为全国人均年径流量的 23%,却承担着全国 15% 的耕地和 12% 的人口的供水任务,同时还要向流域外供水 100 亿 m^3 左右。黄河又是世界上泥沙最多的河流,有限的水资源还必须承担一般清水河流所没有的输沙任务,多年平均情况下黄河下游输沙水量约为 220 亿 m^3 。若扣除输沙水量和流域外供水,则可用于流域内经济社会发展的水量仅为 214.8 亿 m^3 ,不足全国河川径流量的 0.8%,人均年径流量不足全国平均的 10%。

随着经济社会的发展,黄河流域及相关地区耗用水量持续增加,水资源对经济社会的制约作用已经凸现。不断扩大的供水范围和持续增长的供水要求,使水少沙多的黄河难以承受。黄河流域供水量由 1980 年的 446 亿 m^3 增加到 2006 年的 512 亿 m^3 ;20 世纪 90 年代,黄河年平均天然径流量为 437 亿 m^3 ,利津断面实测水量仅 119 亿 m^3 ,实际消耗径流量已达 318 亿 m^3 ,占天然径流量的 73%,已远远超过其承载能力。地下水开采量由 1980 年的 93 亿 m^3 增加到 2006 年的 140 亿 m^3 左右,部分地区已超过地下水可开采量,造成大面积地下水降落漏斗。此外,现状供水量中还有不合格水质水量 125 亿 m^3 ,进一步加剧了水资源供需矛盾。由于水资源短缺的制约,流域内有约 1 000 万亩灌溉面积得不到灌溉,部分灌区的灌溉保证率和灌溉定额明显偏低;西北宁夏、内蒙古、青海、甘肃等省区的大量能源项目由于缺乏水源保障而无法立项建设,部分地区的工业园区和工业项目由于水资源供给不足而迟迟不能发挥效益。水资源短缺一直是黄河流域面临的最大的挑战之一。

(2) 水沙关系日益恶化,严重威胁河流健康。

受天然径流量衰减,河道外工农业用水增加,大型水库调节对径流过程的改变等影响,20 世纪 80 年代以来,黄河来水来沙年内分配条件发生了较大变化,汛期水量减少,使本来已经不协调的水沙关系进一步恶化。

黄河中下游中常洪水发生的机遇减少。由于上游水库部分拦蓄汛期水量以及来水来沙的变化等原因,1986 年以来黄河中下游的汛期洪水特征发生了很大的变化。3 000 m^3/s 以上和 6 000 m^3/s 以上洪水年均发生的场次,黄河中游潼关站 1986 年以前分别是 5.5 场和 1.3 场,1986 年以后分别减少为 2.1 场和 0.2 场;花园口站 1986 年以前分别为 5 场和 1.4 场,1986 年以后分别减少为 2.2 场和 0.3 场。同时洪峰流量、洪水持续时间和洪量均有大幅度减小。黄河下游 1950 ~ 1968 年汛期(7 ~ 10 月)流量大于 3 000 m^3/s 的年均天



数和相应水量分别为44.6 d和174.59亿 m^3 ,1986~2006年分别为4.3 d和14.70亿 m^3 。

黄河中下游汛期1 000 m^3/s 以上流量的含沙量总体呈上升态势。1986年以后,潼关、花园口、利津站1 000~3 000 m^3/s 流量的含沙量分别从以前的38.8 kg/m^3 、32.0 kg/m^3 、30.4 kg/m^3 增加到47.1 kg/m^3 、40.0 kg/m^3 、37.3 kg/m^3 ;3 000 m^3/s 以上较大流量级的含沙量分别从以前的60.4 kg/m^3 、42.7 kg/m^3 、39.29 kg/m^3 增加到90.4 kg/m^3 、87.9 kg/m^3 、63.8 kg/m^3 ,含沙量增加幅度较大。

来沙系数(指含沙量与流量比值,下同)增大。由于实测水量尤其是洪水流量大幅减少,尽管来沙量也在减少,但同等含沙量的流量减少较大,来沙系数增大。河口镇至龙门区间是黄河的主要来沙区,1956~1979年平均来沙系数为0.76 $\text{kg} \cdot \text{s}/\text{m}^6$,1980~2000年来沙系数达到0.89 $\text{kg} \cdot \text{s}/\text{m}^6$;渭河华县站来沙系数从1956~1979年的0.21 $\text{kg} \cdot \text{s}/\text{m}^6$ 增加到1980~2000年的0.24 $\text{kg} \cdot \text{s}/\text{m}^6$ 。从场次洪水分析,来沙系数也呈增加趋势,以潼关站为例,1960年以前,来沙系数一般在0.05 $\text{kg} \cdot \text{s}/\text{m}^6$ 以下,1992年以来,大部分在0.1 $\text{kg} \cdot \text{s}/\text{m}^6$ 以上,个别年份达到0.3 $\text{kg} \cdot \text{s}/\text{m}^6$ 。

黄河水沙关系恶化,造成河道淤积严重,过流主槽萎缩,平滩过流能力降低,防洪、防凌负担加重,严重威胁河流健康。黄河下游河道平滩流量由20世纪80年代的6 000 m^3/s 左右下降到2002年汛前的2 000~3 000 m^3/s ,局部河段只有1 800 m^3/s 。宁蒙河段历史上属于微淤河道,1986年以后龙羊峡、刘家峡水库汛期大量蓄水造成的长期小流量下泄降低了水流的输沙能力,使河道主槽严重淤积萎缩,河道形态严重恶化,主槽过流能力下降(一般为2 000 m^3/s 左右,部分河段仅1 000 m^3/s 左右),部分河段成为“地上悬河”,严重威胁防洪、防凌安全,1990年以来已发生7次凌汛决口。黄河小北干流河段1986年以来河道主槽淤积萎缩,平滩流量由6 000 m^3/s 减小到目前的2 000 m^3/s 左右,河道游荡摆动加剧,滩岸坍塌严重。

(3) 生态用水被大量挤占,生态环境日趋恶化。

20世纪70年代以来,随着经济社会发展和用水量增加,加上降水偏少等因素,河流生态环境水量被大量挤占,黄河入海水量大幅度减少。据1991~2000年的统计,黄河年平均天然径流量437.00亿 m^3 ,利津断面下泄水量119.17亿 m^3 。根据黄河干流生态环境需水分析,利津断面多年平均下泄水量为220亿 m^3 ,按照丰增枯减的原则,1991~2000年利津断面下泄水量平均应为179.77亿 m^3 ,则生态环境水量被挤占60.60亿 m^3 。

河道内生态环境用水被大量挤占导致黄河断流频繁。1972~1999年的28年间,黄河下游22年出现断流。最下游的利津水文站累计断流82次、1 070 d。尤其是进入90年代后,几乎年年断流,断流最严重的1997年,断流时间长达226 d,断流河长达到开封。同时,河道内生态水量不足,也导致河道淤积、二级悬河加剧、水环境恶化等一系列问题。1999年开始黄河水量统一调度以来,虽然黄河下游没有出现断流,但这是在严格控制上中游用水的情况下取得的,且不少时段黄河下游最小流量也只有十几立方米每秒,远没有达到功能性不断流的要求。

另外,地下水的持续大量开采,一方面造成部分地区地下水位持续下降,形成大范围地下水降落漏斗,产生一系列地质环境灾害;另一方面也在一定程度上袭夺地表水,对河川径流产生很大影响。现状黄河流域存在主要地下水漏斗区65处,甘肃、宁夏、内蒙古、



陕西、山西、河南、山东等省(区)均有分布,其中陕西、山西两省超采最为严重,分别存在漏斗区 34 处和 18 处。

(4)用水效率偏低,与严峻的缺水形势不相适应。

2006 年黄河流域人均用水量 374 m^3 ,与 1980 年人均用水量相当。按 2000 年不变价分析,万元 GDP(国内生产总值)用水量从 1980 年的 $3\,742 \text{ m}^3$ 下降至 2006 年的 308 m^3 ,减少了 92%;万元工业增加值取水量由 1980 年的 876 m^3 下降至 104 m^3 ,下降了 88%;农田实灌定额由 1980 年的 $542 \text{ m}^3/\text{亩}$ 减少至 $420 \text{ m}^3/\text{亩}$,减少了 $122 \text{ m}^3/\text{亩}$ 。可见,黄河流域近 26 年用水水平和用水效率有了较大提高,但与全国先进地区 and 世界发达国家相比,水资源利用方式还很粗放,用水效率较低,浪费仍较严重。节水管理与节水技术还比较落后,主要用水效率指标与全国平均水平和发达国家相比尚有较大差距。

部分灌区渠系老化失修、工程配套较差、灌水田块偏大、沟长畦宽、土地不平整、灌水技术落后及用水管理粗放等,造成了灌区大水漫灌、用水浪费严重的现象。工业增加值取水量的用水重复利用率只有 61%,与国内外先进城市相比差距较大。水价严重背离成本也是造成浪费水现象的重要原因,流域内大部分自流灌区水价不足成本的 40%。由于水价严重偏低,丧失了节约用水的内在经济动力,阻碍了节水工程的建设 and 节水技术的推广使用。水资源利用方式粗放,用水效率较低,浪费仍较严重,与流域水资源总量缺乏、供需矛盾突出的形势形成强烈反差。

(5)纳污量超出水环境承载能力,水污染形势严峻。

黄河流域匮乏的水资源条件决定了极为有限的水体纳污能力,水环境易被人为污染。随着流域经济社会和城市化的快速发展,黄河流域废污水排放量由 20 世纪 80 年代初的 21.7 亿 t 增加到 2006 年的 42.5 亿 t,废污水排放量翻了一番,大量未经有效处理的工业废水和城市污水直接排入河道,造成流域内 23% 的河长劣于 V 类水质,将近一半的河长达不到水功能要求。现状水平年黄河流域 COD 和氨氮纳污能力可利用量分别为 73.9 万 t、3.41 万 t,而现状年流域水功能区污染物 COD 和氨氮实际入河量分别为 103.40 万 t、9.80 万 t,污染物实际入河量远远超出了流域水功能区的可承载能力。据统计,现状年超过纳污能力控制要求而接纳排污量的水功能区,其水域纳污能力 COD 和氨氮总量分别为 25.45 万 t 和 1.03 万 t,实际接纳 COD 和氨氮量却分别高达 75.24 万 t 和 7.58 万 t,受纳量分别是纳污能力的 2.96 倍、7.36 倍。超载的水功能区均位于流域人口稠密、工业集中分布的大中城市河段,如黄河干流,湟水、汾河、渭河、伊洛河、大汶河、沁蟒河等支流及其沿岸经济相对较发达的二级支流,以及宁蒙灌区范围内。这些区域集中接纳了流域 70% 以上的排污量,远远超过水域的纳污能力。

流域内工业产业结构不合理,高耗水、重污染和清洁生产水平低下的工业企业在流域广为分布,工业废水超标排放严重;城市生活污水处理率低于全国平均水平;污染物排放集中,局部水域入河污染物严重超过纳污能力;饮用水安全受到威胁;农业面源污染基本没有得到控制。水环境的低承载能力和流域高污染负荷,以及低水平的污染治理手段与控制技术,造成了黄河流域日趋严重的水污染问题,省际间的水污染矛盾日益突出,流域水污染形势十分严峻。

(6)水资源管理尚不能满足现代流域管理的需要。



多年来,黄河流域水资源管理取得了一定成就,实施了黄河可供水量的分配。1987年国务院以国办发〔1987〕61号文批准了南水北调工程生效前的《黄河可供水量分配方案》(以下简称“87”分水方案),规定了各省(区)的分配水量;编制完成的《黄河可供水量年度分配及干流水量调度方案》,于1998年经国务院批准,由国家计委和水利部联合颁布实施,为黄河水资源的管理和调度奠定了基础,1999年开始了全河干流的水量统一调度。2006年国务院颁布了《黄河水量调度条例》,进一步确立了黄河水量调度的法律依据。同时,取水许可、建设项目水资源论证、水权转换试点等多项工作都卓有成效。

但与黄河水资源短缺的形势和水资源调度管理的复杂性相比,目前的水资源管理方法和手段尚不能满足现代流域管理的需要。总量控制及定额管理相结合的水量管理技术体系尚不完善;以水功能区为单元的地表水水质管理制度还未建立,地下水功能区划分工作尚未完成,技术体系还不完备;以河流生态环境用水为约束的水资源开发行为规范还没有建立,部分地区水资源无序开发和过度开发还没有得到有效遏制;以定额管理为基础的节约用水行为规范还没有全部实行,缺水和用水效率低下并存;干旱监测和降雨预报不能满足精细调度的要求,水资源监测网络特别是取、退水监测方面还很不完善;维持黄河健康生命的关键控制断面的调度控制参数指标体系还未科学建立。随着经济社会的迅速发展,流域水资源管理将面临更加复杂的形势,诸多方面急需进一步提高和完善。

1.2 黄河流域水资源利用与保护研究的目标和技术路线

“黄河流域水资源利用与保护”针对黄河流域水资源利用与保护中存在的 key 问题,重点解决黄河流域水资源评价及一致性处理方法研究,各行业用水需求预测方法及合理节水模式确定,水资源供需及配置方案拟定、比选及推荐,模型系统构建及调试,水资源保护现状调查及对策措施确定,水资源管理及制度建设等方面的关键技术问题,为黄河流域水资源利用、保护与管理提供技术支撑,以更好地协调黄河流域水资源、生态系统与经济社会发展之间的关系,为实现黄河流域水资源的可持续利用和经济社会可持续发展服务。

1.2.1 总体目标

本研究的总体目标是为黄河流域水资源可持续利用和管理提供技术支撑,在进一步查清黄河流域水资源量及其开发利用现状、分析和评价水资源承载能力的基础上,根据经济社会可持续发展和生态环境保护对水资源的要求,提出水资源合理开发、优化配置、高效利用、有效保护和综合治理的具体方案,促进黄河流域人口、资源、环境和经济的协调发展,以水资源的可持续利用支持经济社会的可持续发展。

1.2.2 技术路线

根据国家国民经济和社会发展的总体部署,按照自然和经济规律,确定水资源可持续利用的目标和方向、任务和重点、模式和步骤、对策和措施,统筹水资源的开发、利用、治理、配置、节约和保护,规范水事行为,促进水资源的可持续利用和生态环境的保护。



通过水资源及其开发利用情况调查评价,摸清水资源及其开发利用现状并预测未来的可能变化趋势,为制定水资源配置方案及水资源管理措施奠定基础。在节约、保护的前提下,分析水资源的承载能力。在此基础上,研究水资源宏观调配的指标,制定水资源合理配置方案,统筹协调生活、生产、生态环境用水。根据水资源合理配置方案,为经济社会发展和生产力布局、经济结构调整以及水资源开发利用和管理等提出政策性建议。研究的各个环节及各部分工作是一个有机结合的整体,相互之间动态反馈、综合协调。研究技术路线见图 1.2-1。

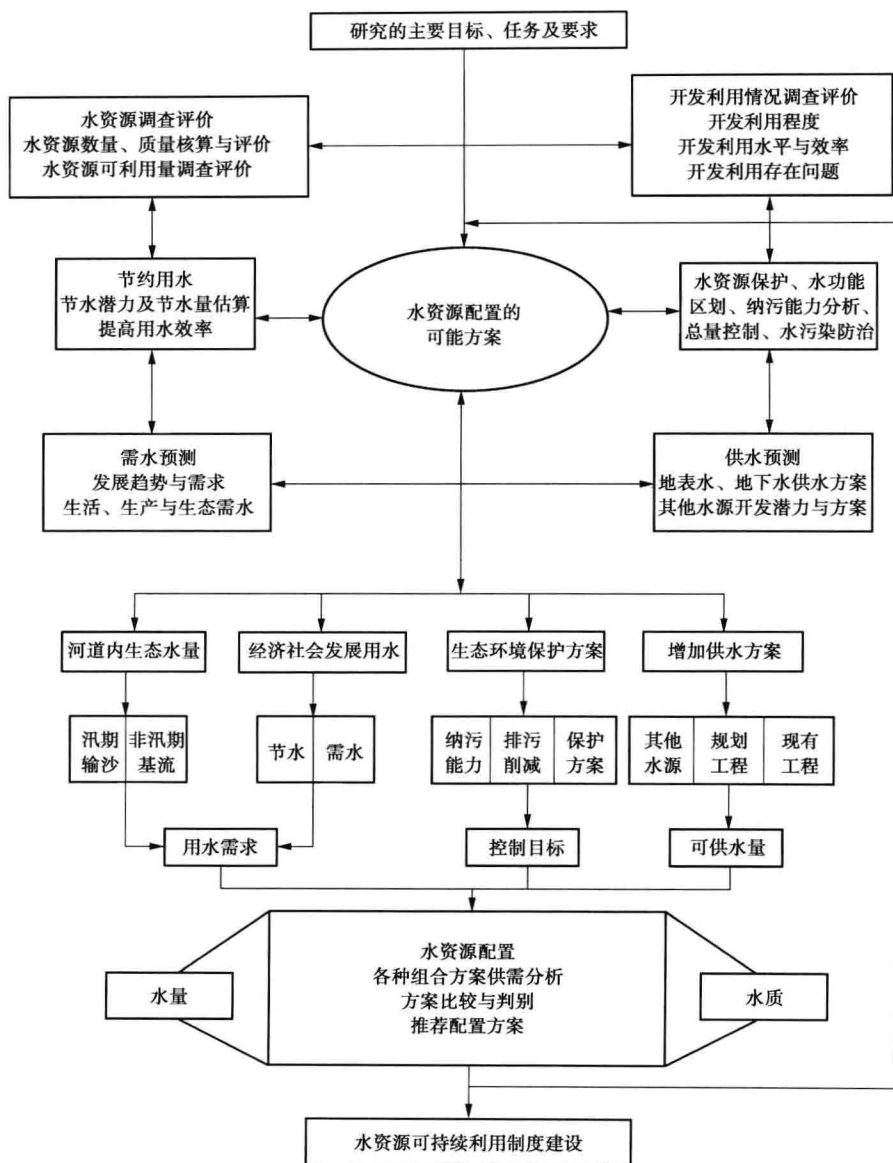


图 1.2-1 研究技术路线图



(1) 水资源及其开发利用情况调查评价, 主要评价流域水资源数量、质量和可利用量, 提出现状用水方式、水平、程度、效率等方面的评价成果, 对现状水资源问题进行定性定量识别; 为需水预测、节约用水、水资源保护、供水预测、水资源配置等部分的工作提供基础。

(2) 节约用水和水资源保护, 要在上述两部分工作基础上, 提出节约用水与水资源保护的有关技术经济 and 环境影响分析结果, 为需水预测、供水预测和水资源配置提供可行的比选方案。同时, 在吸纳水资源配置部分工作成果反馈的基础上, 提出推荐的节水及水资源保护方案。

(3) 需水预测和供水预测要以上述四部分工作为基础, 为水资源配置提供需水、供水、排水、污染物排放等方面的预测成果, 以及合理抑制需求、有效增加供水、积极保护生态环境措施的可能组合方案及其相应的技术经济指标, 为水资源配置提供优化选择的条件; 预测工作与以上各部分工作相协调, 结合水资源配置工作经过往复与迭代, 形成水资源规划的动态过程, 以寻求经济、社会、环境效益相协调的合理配置方案。

(4) 水资源配置是本研究的重点内容之一, 应在进行供需分析多方案比较的基础上, 通过经济、技术和生态环境分析论证与比选, 确定配置方案。水资源配置以流域水量和水质统筹考虑的供需分析为基础, 将流域水循环和水资源利用的供、用、耗、排水过程紧密联系, 按照公平、高效和可持续利用的原则进行。水资源配置在接收上述各部分工作成果输入的同时, 也为上述各部分工作提供中间和最终成果的反馈, 以便相互迭代, 取得优化的水资源合理配置格局。

1.3 主要研究成果

1.3.1 主要研究成果

1.3.1.1 黄河流域水资源量的重新评价

1. 水资源量评价

采用 1 204 个雨量站、337 个水面蒸发站、266 个水文站的 1956 ~ 2000 年逐日系列资料, 以及大量地下水监测数据, 评价了全流域 79.5 万 km^2 的降水、蒸发、径流、地下水、水资源总量。根据 1980 年以来流域下垫面变化对产汇流关系的影响, 采取多种方法对比分析, 对 1980 年以前的径流系列进行了一致性处理, 使成果更加科学合理。

2. 水资源可利用量估算

在统筹考虑生活、生产和生态环境用水, 协调河道内与河道外用水的基础上, 分析估算地表水可利用量、地下水可利用量和水资源可利用总量。

3. 水资源演变趋势分析

在分析未来 30 年内黄土高原水土保持工程建设、地下水开发利用、水利工程建设引起的水面蒸发量增加等因素的基础上, 分析了未来天然径流量的减少趋势, 提出了不同水平年的水资源量。



4. 水资源质量调查

调查分析了现状点污染源排放量和入河量、面污染源产生量及排放量,评价了地表水和地下水天然水化学特征,以及现状条件下不同水功能区的水质状况。

1.3.1.2 黄河流域水资源利用现状调查评价及存在问题分析

1. 供用耗水量

调查分析了1980年、1985年、1990年、2000年、2006年5个典型年的供水量、用水量和耗水量,基本掌握了黄河流域20世纪80年代以来的供用水变化情况。

2. 水资源开发利用程度

在水资源量、供水量与消耗量、地下水开采量等分析成果的基础上,进一步分析了地表水开发率、地表水消耗率和地下水开采率等,基本掌握了黄河流域的水资源开发利用程度。

3. 存在的主要问题

在基本摸清黄河流域水资源开发利用现状的基础上,分析了水资源缺乏、用水效率偏低、水污染严重、生态环境用水被大量挤占、生态环境恶化等与水资源密切相关的问题。

1.3.1.3 黄河流域节水潜力及节水量分析

1. 节水潜力

针对黄河流域现状经济指标、用水效率与水平,考虑在可预知的技术水平条件下黄河流域可能达到的节水标准与节水指标,分析提出了黄河流域农业灌溉、工业和城镇生活用水的节水标准以及相应的节水潜力。

2. 节水量及节水措施

结合黄河流域节水现状,按照不同行业分别分析各地区适宜的节水措施,确定各个水平年的节水目标,分析相应的节水量。

1.3.1.4 基于资源、环境与经济社会协调发展的水资源供需形势分析

1. 经济社会发展指标预测

根据黄河流域资源赋存条件、经济社会现状、国家经济发展战略布局等因素,并结合近30年来经济社会发展情况,分别预测了人口、城镇化水平、国内生产总值(GDP)、一般工业、火电工业、建筑业、第三产业、农田灌溉、林牧灌溉、鱼塘补水、牲畜、城镇生态环境(城镇绿化、河湖补水和环境卫生)和农村生态环境(人工湖泊和湿地补水、人工生态林草建设、人工地下水回补)等不同水平年的发展指标。

2. 需水预测

按照河道内和河道外两大类分别进行需水预测。

河道外需水预测,按照现状用水模式、一般节水模式、强化节水模式、超常节水模式四种模式进行了需水预测的比选,选定强化节水模式作为推荐方案进行了河道外各部门的需水量预测。

河道内需水预测,主要考虑了河道输沙和维持中水河槽水量、非汛期生态基流等需水量。根据黄河来水来沙特点和用水情况,分别选择干流和主要支流控制断面作为典型断面,分析断面来水来沙过程和河道淤积情况,确定不同断面的河道内需水边界条件,诸如河道淤积水平、中水河槽流量大小、适宜的生态流量等,预测各水平年的需水量。



3. 供水预测

在黄河流域现有供水工程的基础上,考虑规划的供水水源工程和跨流域调水工程,预测不同水平年地表水可供水量。

根据逐步退还深层地下水和平原区浅层地下水超采量,在尚有地下水开采潜力的宁夏地区适当增加地下水开采,山丘区地下水开采量基本维持现状开采量不变的原则,确定地下水规划开采量。

另外,根据国家有关规定和黄河流域实际,预测了污水处理再利用、集雨工程、微咸水利用等其他可能的供水水源的可供水量。

4. 水资源供需分析

根据黄河流域需水量和供水量预测成果,将全流域划分为 240 个单元,拟定多个方案,进行 1956~2000 年 45 年长系列调节计算,分析了各规划水平年不同情景下的缺水量、缺水性质和缺水分布等,为水资源配置和水资源管理提供了基础。

在全流域分析的基础上,对流域用水矛盾突出的重要河段进行了重点分析,并对主要支流的水资源供需形势进行了深入分析。

在多年平均分析的基础上,分析了中等枯水年、特枯水年和连续枯水年情景下流域的缺水形势,为制定枯水年应急对策提供支持。

在供需分析的基础上,分析了不同水平年干、支流主要控制断面的下泄水量,为统筹全流域上中下游、河道内外的水量配置奠定了基础。

1.3.1.5 水资源配置模型系统研制与构建

研制开发的水资源配置模型以水资源高效利用、区域和部门公平、流域可持续发展为目标,对区域发展趋势、生态环境保护目标、水资源需求与供给进行协调和控制,对不同配置方案按社会公平、经济高效、环境友好的目标进行效果比较和方案判别,为水资源配置方案决策提供模型支持。

(1) 水资源需求与供给协调子系统:主要针对水资源需求与水资源短缺之间的矛盾,抑制需求与合理增加供给相结合,对各区域进行水资源平衡,提出水资源配置方案。

(2) 水资源配置效果评价子系统:分析水资源配置方案下社会、经济、生态效益,运用水资源高效利用、区域和部门公平、流域可持续发展评判指标,评价水资源配置的效果。

(3) 水资源配置反馈与控制子系统:针对设定的水资源配置条件,通过水资源需求与供给协调和效果评价,对比方案结果与设定目标,若水资源配置方案不能达到设定限制目标,则反馈并改变或者调整相应水资源配置方案,再比较多方案水资源配置效果,进行方案比选,最终提供推荐方案。

1.3.1.6 黄河流域不同水资源条件下的水资源配置方案

以黄河流域水资源供需分析和国务院批复的黄河可供水量分配方案为基础,结合天然径流量衰减和各地区供用水变化情况,并考虑规划的跨流域调水工程生效时机,确定黄河流域水资源配置方案。

在确定水资源配置方案时,坚持以促进经济社会可持续发展和维持黄河健康生命为出发点,充分协调生活、生产、生态用水的关系,上、中、下游统筹兼顾,地表水、地下水统一配置,并保证干支流主要断面维持一定的下泄量,使黄河水资源配置方案更加符合科学发



景观的要求,更加符合黄河流域实际。

1.3.1.7 黄河流域纳污能力与水资源保护对策

根据各水域功能要求,按给定的水功能区水质目标、排污口位置及排污方式,分析了各水功能区的纳污能力;参考现状年点污染源排放量调查成果,以规划年工业和生活需水预测成果为基础,预测各水平年的污染物排放量和入河量;对比入河量与纳污能力,确定各类污染物入河控制量;结合黄河流域水资源保护工作的实际,提出了水资源保护的措施。

从满足河流基本生态环境需水,维持河流生态系统健康,限制地下水过量开采,维持合理的地下水位,避免环境地质灾害,以及满足湖泊湿地补水和林草植被生态建设等用水要求,提高其水源涵养功能等多个方面,提出了水生态保护的要求与措施,以便形成具有良性循环的水生态系统,实现水资源的可持续利用、水生态环境保护与经济社会发展相协调。

1.3.1.8 水资源可持续利用的制度建设建议

根据黄河流域水资源利用与保护的实际情况,提出了水资源可持续利用的制度建设建议。内容包括建立健全流域与区域相结合的水资源管理体制,完善取水许可和水资源费制度,建立科学合理的水价形成机制,建立和完善黄河流域水权转换制度,完善水功能区管理制度,建立水资源循环利用体系的有关制度,建立黄河水资源应急调度制度和黄河重大水污染事件应急调查处理制度,建立水资源战略储备制度。

1.3.2 成果创新性

(1)针对黄河流域实际情况,提出径流系列一致性处理的成因分析方法,其成因包括:水土保持减水、地下水开采对地表水的影响、水利工程蒸发渗漏对地表水的影响;解决了下垫面条件变化剧烈地区水资源评价中的复杂技术难题,评价方法和手段具有较强的推广价值。

(2)重新评价了黄河流域水资源量,并采用小波分析等方法分析了河川径流未来变化趋势。在现状下垫面条件下,黄河河川径流量为 534.8 亿 m^3 ,预测到 2030 年黄河河川径流量在目前的基础上再减少 20 亿 m^3 。该成果对黄河流域水资源开发、利用、配置和重大工程的论证具有十分重大的意义。

(3)进行了全流域面源污染调查分析。分析了黄河流域面污染源的主要种类,研究提出了各类面源污染估算的方法和参数,提出了黄河流域面污染源主要污染物 COD、氨氮、总氮、总磷的产生量和入河量。

(4)进行了黄河流域水量与水质统一评价。提出了不同水质类别的水资源量和不同供水部门、不同水质类别的供水量,为水资源保护、配置和供水安全提供了重要基础条件。

(5)将节水和需水相统一,分析比较了多种节水模式下的需水量预测成果,经多次供需平衡分析和综合比较,推荐提出了强化节水模式下不同水平年需水量,预测 2030 年黄河流域需水量为 547 亿 m^3 ,为水资源配置和工程布局提供了前提条件。

(6)根据黄河水沙条件变化情况,采用多种方法综合分析提出了黄河下游汛期输沙水量和非汛期生态环境需水量。在分析来沙条件和下游合理淤积水平的情况下,提出下