

【专题研究】

# 黄河“八七”分水方案实施 30 a 回顾与展望

王 煜, 彭少明, 武 见, 明广辉, 蒋桂芹, 方洪斌, 陈翠霞

(黄河勘测规划设计研究院有限公司, 河南 郑州 450003)

**摘 要:**回顾了黄河“八七”分水方案出台的历史背景、研究历程以及在实践中不断细化和完善的过程, 分析了 1999 年统一调度之前和之后两个时段的运用情况和效果, 提出了变化环境下流域水资源面临的新形势并进行了展望。“八七”分水方案是我国大江大河第一个流域分水方案, 对于国家推进水资源科学分配和高效利用具有重大突破和示范意义, 在运用中先后开展了“八七”分水方案细化、新径流条件下分水方案完善、用水总量控制红线制定等一系列工作, 分水方案得到持续细化、深化、发展和完善, 有力支撑了黄河流域水资源管理, 成为流域管理重要的技术文件。运用 30 a 来, “八七”分水方案以及黄河水资源管理实践有效控制了流域用水需求增长, 协调了各省(区)用水关系, 支撑了流域经济社会可持续发展与生态环境维持, 实现了黄河干流 20 a 不断流。未来黄河流域面临的水资源需求仍将呈现一定的刚性增长, 流域水资源管理的关键问题是如何缓解水资源对流域经济社会发展的制约, 支撑生态环境良性维持。

**关键词:**“八七”分水方案; 运用情况; 变化环境; 黄河

**中图分类号:**TV213.4; TV882.1      **文献标志码:**A      **doi:**10.3969/j.issn.1000-1379.2019.09.002

## Review of the Implementation of the Yellow River Water Allocation Scheme for Thirty Years

WANG Yu, PENG Shaoming, WU Jian, MING Guanghui, JIANG Guiqin, FANG Hongbin, CHEN Cuixia

(Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd., Zhengzhou 450003, China)

**Abstract:** The paper reviewed the historical background, research process and continuous development of the Yellow River water allocation scheme in 1987 (Scheme 1987 in short), and analyzed the implement processes and effects of the two periods before and after the integrated water regulation in 1999. The new challenges and solutions of the water resources under changing environment in the basin were proposed. Scheme 1987 is the first basin-scale water allocation scheme for large rivers in China. It has great breakthroughs and demonstration significance for China to promote the scientific allocation and efficient use of water resources. Scheme 1987 has been continuously refined, deepened, developed and improved by series of work such as refinement among tributaries and regions, improvement of the water allocation scheme under the new runoff conditions and the formulation of the red line for water consumption control, which strongly supports the water resources management of the Yellow River basin and constitutes an important watershed management technical documentation. In the past 30 years, Scheme 1987 and the Yellow River water resources management practice have effectively restrained the water demand growth of the basin, coordinated the water use relations of the 11 provinces and regions along the river, supported the sustainable socioeconomic development of the basin and the maintenance of the ecological environment, and realized the mainstream continuous flowing for 20 consecutive years. In the future, the demand for water resources in the Yellow River basin will continue to show a certain rigid growth. The key issue of water resources management in the basin is how to alleviate the constraints of water resources on socioeconomic development of the basin, and support the benign maintenance of the ecological environment.

**Key words:** water allocation scheme in 1987; implement process; changing environment; Yellow River

河流分水方案是流域水资源管理的依据,也是建立国家水权制度,发挥资源市场配置作用的基础<sup>[1-4]</sup>。干旱半干旱地区水资源短缺一直是人类长期面临的重大挑战<sup>[5]</sup>,为了协调上下游、左右岸、各区域、各部门之间的争水问题,需要制定分水方案来引导流域有序用水,协调各区域利益关系,保障河流合理开发利用和经济社会可持续发展<sup>[6-9]</sup>。

黄河是我国西北、华北地区的重要水源,作为孕育了华夏文明的母亲河,黄河以仅占全国 2% 的河川径流量承担着全国 15% 的耕地和 12% 人口的供水任务,

同时还承担着向流域外部分地区远距离调水的任务。黄河流域人均河川径流量 473 m<sup>3</sup>,不足全国平均水平的 1/4,是我国水资源极其短缺的地区之一。黄河流域是国家重要能源基地和粮食主产区,自 20 世纪 70

收稿日期:2019-08-26  
基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFC0404404)  
作者简介:王煜(1968—),男,河南开封人,教授级高级工程师,博士,主要从事水文水资源研究工作  
通信作者:彭少明(1973—),男,河南信阳人,教授级高级工程师,博士,从事水文水资源研究工作  
E-mail:pengshming@163.com

年代以来,用水刚性需求持续增长,水资源供需矛盾不断加剧,下游频繁断流。1987 年国务院颁布的我国大江大河首个分水方案——《黄河可供水量分配方案》(“八七”分水方案),是流域水资源管理和调度的依据,极大地推动了黄河水资源合理利用及节约用水,对全国江河水量分配起到示范作用。

水资源具有流动性、循环再生性和公共性等自然社会特征,其产权问题比普通经济资产的产权问题复杂。人类治水活动需要同时兼顾协调人与水关系的自然治理和人与人关系的社会治理<sup>[10]</sup>。黄河 30 多 a 的分水实践,为我国水权制度建设提供了制度框架<sup>[11]</sup>,水量统一调度是水权实施及管理的有效手段<sup>[2]</sup>。“八七”分水方案制定的各省(区)分水指标一直沿用至今。为了适应流域水文情势变化和管理要求,分水方案执行过程中经历了行政、法律、工程、科技、经济等手段补充和完善,尤其是 1999 年实施的全河水量统一调度对保障分水方案实施、抑制用水过快增长、实现黄河干流不断流等方面起到了关键作用。本文以 1999 年为界对分水方案产生和发展脉络、技术要点和执行效果进行回顾,分析变化环境下黄河流域水资源面临的新形势并提出优化策略。

## 1 分水方案出台的历史背景和研究历程

### 1.1 历史背景

分水方案的出台是各个方面综合因素作用的结果,有研究表明,水资源和社会经济需水时空分布不匹配是分水方案产生的根本原因<sup>[12]</sup>，“八七”分水方案出台的直接原因是 1970 年以来的黄河严重断流等问题<sup>[13]</sup>。

20 世纪 70 年代黄河流域经济社会快速发展,地

表水用水量由新中国成立初期的 60 亿~80 亿 m<sup>3</sup>/a 急剧增加至 20 世纪 80 年代初的 250 亿~280 亿 m<sup>3</sup>/a,加上缺乏有效的规划和管理,上游省(区)无序引水,致使黄河下游自 1972 年开始频繁断流<sup>[14]</sup>。1972—1986 年,有 10 a 发生断流,累计断流 145 d,年均断流长度 260 km。频繁断流一方面造成下游各省生活、工业和农业用水困难,阻碍经济社会稳定发展;另一方面造成河道淤积、水环境污染、威胁防洪安全且严重破坏下游生态环境。为缓解黄河断流严峻形势和水资源开发利用中无序引水问题,在原国家计委和水利电力部的安排组织下,黄河水利委员会(简称黄委)协同沿黄各省(区),开展了黄河水资源利用规划和可供水量分配方案研究。

### 1.2 研究历程

“八七”分水方案研究和出台从 1982 年到 1987 年历经 5 a 时间。

1982 年 11 月,根据原国家计委计土〔1982〕1021 号文的要求,流域各省(区)编制了利用黄河水资源的规划,以 1980 年为现状年,考虑地区建设发展情况,预测 2000 年需要黄河供水量 696 亿 m<sup>3</sup>,比 1919—1975 年黄河年均天然径流量 580 亿 m<sup>3</sup>多 116 亿 m<sup>3</sup>,黄河水资源供需矛盾凸显。

1983 年初,按照原国家计委和水利电力部要求,黄委编制完成了《黄河流域 2000 年水平河川水资源量的预测》,遵照“首先保证人民生活用水和国家重点建设的工业用水,同时,要保持下游河道最少 200 亿 m<sup>3</sup>的排沙水量;其次,在搞好现有灌区挖潜配套、节约用水、提高经济效益的基础上,适当扩大高产地区和缺粮地区的灌溉面积”的原则,提出流域可供水量 374 亿 m<sup>3</sup>。见表 1。

表 1 1983 年黄委提出的分配水量与各省(区)需水量比较

省(区、市)	青海	四川	甘肃	宁夏	内蒙古	陕西	山西	河南	山东	河北、天津	合计
黄委分配水量	14	0	30	40	62	43	52	58	75	0	374
各省需求水量	36	0	74	61	149	115	61	112	84	6	696

1983 年 6 月,原水利电力部主持召开黄河水资源评价与综合利用审议会,由于各省(区)提出的总需水量超过黄河多年(1919—1975 年)平均天然径流量,远大于黄委分配的水量,因此会议要求进一步研究黄河流域水资源分配方案。

1984 年黄委在调查研究的基础上,通过与沿黄各省(区)协调,充分考虑沿黄各省(区)未来用水需求以及黄河最大可能的供水量等因素<sup>[15]</sup>,依据“保障基本用水”和“以供定需”原则,制定了《黄河可供水量分配方案》。该方案采用 1919—1975 年黄河年均天然径流

量 580 亿 m<sup>3</sup>,考虑保留河道输沙等生态用水 210 亿 m<sup>3</sup>,将南水北调工程生效之前的总可供水量 370 亿 m<sup>3</sup>分配给流域 9 省(区)及相邻缺水的河北省、天津市。分配方案以 1980 年实际用水量为基础,充分考虑了有关省(区、市)的灌溉发展规模、工业和城市用水增长以及大中型水利工程兴建的情况。

1987 年 9 月,国务院下发了国办发〔1987〕61 号文件,批准了《黄河可供水量分配方案》,要求沿黄各省(区)贯彻执行,我国大江大河首个分水方案就此产生(见表 2)。

表 2 南水北调工程生效前黄河可供水量分配方案

省(区、市)	青海	四川	甘肃	宁夏	内蒙古	陕西	山西	河南	山东	河北、天津	合计
年耗水量	14.1	0.4	30.4	40.0	58.6	38.0	43.1	55.4	70.0	20.0	370.0

1.3 分水方案的重大意义

黄河“八七”分水方案是我国大江大河第一个流域性分水方案,对河道内生态环境用水和河道外经济社会用水进行了平衡与分配,对河道外用水进行了各个行政区域的平衡与分配。该分水方案是黄河流域水资源开发、利用、节约、保护的基本依据,是黄河水量调度与水资源管理的基本依据,是流域治理开发的重要支撑。分水方案对于流域各省(区)国民经济发展规划、水利发展规划、工程建设安排具有重要的指导作用,对于流域经济社会可持续发展、生态环境良性维持具有重要的支撑作用。分水方案以及之后的调度与管理实践为其他流域水量分配提供了可供借鉴的成功经验。

国际上很多缺水地区为了协调上下游、左右岸、各区域、各部门之间的利益冲突,围绕河流分水方案开展了大量关于分水机制、分水理论的研究,并进行了积极的实践探索,如墨累-达令河、科罗拉多河以及尼罗河等都开展了流域水量分配<sup>[6-7,9]</sup>。与这些河流分水相比,黄河“八七”分水方案具有显著的特点:一是体现了流域整体利益原则,分水方案由流域机构组织研究提出、有关行政区域参与协调、国家最终决策,是水资源作为国家基本自然资源和国有资源的合理配置,是国家层面对流域水资源利用的整体性安排,体现了流域整体利益的最大化;二是体现了以供定需和总量控制原则,黄河流域水资源供需不平衡,分水方案根据水资源与水环境承载能力首先确定正常年份可供水量,把可供水量作为供水量的约束条件来合理安排用水,合理控制各省(区)用水总量,保证人民生活生产和生态用水要求;三是体现了发展的原则,分水方案既尊重了现状实际用水,又研究预测了各省(区)未来灌溉发展、工业和城市增长以及大中型水利工程兴建的可能性,统筹兼顾并合理安排了上下游、各地区、各部门之间的用水要求;四是体现了保护生态环境的原则,在流域水资源供需矛盾十分尖锐的情况下,分配 210 亿 m<sup>3</sup> 水量作为河道内生态环境用水,对维持河道健康生命

以及国家生态文明建设具有很强的前瞻性。

2 1988—1998 年运用情况与效果分析

2.1 分水方案执行

1988—1998 年各省(区)的分配水量参照“八七”分水方案的指标,扣除四川省的 0.4 亿 m<sup>3</sup>和河北省、天津市的 20 亿 m<sup>3</sup>,其他沿黄 8 省(区)的分配水量为 349.6 亿 m<sup>3</sup>。黄委从 1988 年开始编制《黄河用水公报》,统计黄河流域用耗水情况,并与“八七”分水方案分水指标进行对比分析。

1997 年黄河来水遭遇特枯年份,下游断流问题愈来愈严重,国家提出要根据黄河实际来水量重新修订和完善黄河水资源分配方案和年度分配调度方案。为此,黄委 1997 年 11 月 20 日向水利部报送了《关于黄河枯水年份可供水量分配方案及调度实施意见的报告》(黄水政[1997]23 号文),提出枯水年份黄河可供水量的确定采用同比例折减的办法,折减系数为年度花园口水文站天然径流量与正常来水年份的比值,据此确定 1997 年流域分配水量为 308 亿 m<sup>3</sup>,除四川省和河北省、天津市外,其他沿黄 8 省(区)合计分配水量 291 亿 m<sup>3</sup>,由此开启了“八七”分水方案指标根据年度来水情况进行动态调整的探索。

2.2 执行效果分析

(1)流域耗水总量得到控制,部分省(区)超指标引水突出。1988—1998 年流域年耗水量为 255.3 亿~333.8 亿 m<sup>3</sup>,平均为 290.8 亿 m<sup>3</sup>(见表 3)。除了 1997 年特枯年流域耗水量超过按照同比例折减方法计算的应分配水量之外,其他年份的耗水总量均低于分水指标。内蒙古、山东等省(区)超耗水指标问题突出:内蒙古 1988—1998 年期间年年超指标耗水,多年平均超指标耗水量为 6.9 亿 m<sup>3</sup>,1991 年耗水量最大,为 71.6 亿 m<sup>3</sup>,超过用水指标 13.0 亿 m<sup>3</sup>;山东省亦年年超指标耗水,多年平均超指标耗水量为 18.7 亿 m<sup>3</sup>,1989 年耗水量最大,为 134.8 亿 m<sup>3</sup>,超过用水指标 64.8 亿 m<sup>3</sup>。

表 3 1988—1998 年黄河流域地表耗水量

表 3 1988—1998 年黄河流域地表耗水量											亿 m <sup>3</sup>
年份	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1997	1998	平均
流域耗水量	325.3	333.8	278.4	301.3	297.5	279.8	255.3	258.5	301.1	277.0	290.8

注:1988—1997 年数据来源于《黄河用水公报》,其中 1996 年数据缺失,1998 年数据来源于《黄河水资源公报》

(2)河道断流情势加剧。1987—1998 年黄河下游断流频发,累计断流 61 次,累计断流天数 905 d,平均断流长度 377 km,与 1972—1986 年相比,呈现年内首次断流时间提前、断流次数增加、断流时间延长、平均断流长度增加等特点。1987—1998 年,黄河流域耗水

总量虽未超指标,但下游断流更为严重,出现这种情况的原因主要有两个方面:一是利津断面天然径流量由 1972—1986 年的 556.3 亿 m<sup>3</sup>减少至 1987—1998 年的 476.3 亿 m<sup>3</sup>;二是内蒙古、山东两省(区)超指标用水严重,多为灌区引水,集中在 4—6 月农业用水高峰,年内用水过程影响入海水量。分析超指标用水和河流断



流情势加剧的情况,既有流域机构没有被授权进行流域统一管理和开展水量调度等管理方面的原因,也有缺乏小浪底水库等大型骨干工程水量调节等工程条件方面的原因。中科院地学部报告<sup>[16]</sup>指出:由于没有建立起全流域水资源统一管理的机制与体制,无法对实际引水量实行有效监督与控制和对个别超额用水地区及部门进行制裁,因此分水方案并未得到有效落实,一遇枯水年份或用水高峰季节,沿黄引水工程都大量引水,造成分水失控。已建工程的引水能力远大于河道流量,一遇干旱同时引水,造成引水失控,下游河道断流。

3 1999 年之后运用情况与效果分析

“八七”分水方案实施 10 余 a 后,黄河断流问题

依然没有得到解决,国家和社会各界对黄河断流情势非常关注<sup>[15-17]</sup>。为缓解黄河流域水资源供需矛盾和黄河下游断流形势,经国务院批准,1998 年 12 月原国家计委、水利部联合颁布实施了《黄河可供水量年度分配及干流水量调度方案》和《黄河水量调度管理办法》,授权黄委统一管理和调度黄河水资源,之后开展了 20 a 的黄河水量调度实践,依据“八七”分水方案,制定调度年份黄河水量分配方案、制定月旬水量调度方案、进行实时水量调度及监督管理等。同时,随着国家不断加强水资源管理,还进行了“八七”分水方案细化,为分水方案落实提供了强力保障。分水方案细化成果与“八七”分水方案的关系见图 1。

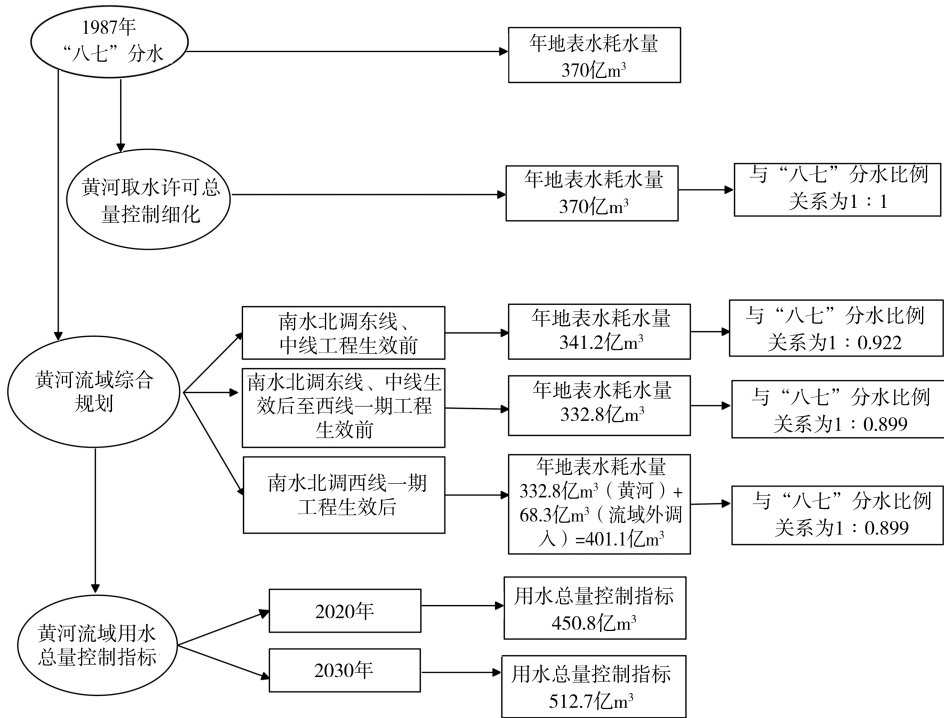


图 1 “八七”分水方案细化与发展

3.1 分水方案细化

(1)不同来水情况下年度分水方案制定。在黄河年度水量调度中,按照“同比例丰增枯减、多年调节水库蓄丰补枯”的原则,制定年度各省(区)可供耗水量分配方案(年度分水方案)。年度分水方案的制定分3步:首先根据当年汛期来水、各省(区)用水和非汛期长期径流预报分析,确定本年度花园口站天然径流量;然后依据“八七”分水方案和相关规划,考虑长期径流预报、骨干水库蓄水情况、沿黄省(区)用水计划建议,确定本年度黄河可供耗水总量;最后根据“八七”分水方案中各省(区)及各月份分配比例,结合该年度黄河可供耗水总量,确定各省(区)和各月份黄河可供耗水

量分配计划。

(2)黄河取水许可总量控制。由于国务院批准的流域分水方案仅明确到省级行政区,对于省(区)内部的分水指标没有明确,地(市)、县级行政区域总量控制意识淡薄,影响到总量控制管理的有效实施和黄河水资源的依法精细管理、精细调度。按照“总量控制、可持续利用”等要求,2008 年黄委发布了《关于加强黄河取水许可总量控制细化工作的通知》(黄水调[2008]8 号),将省(区)分水指标细分到地级行政区和干支流,形成“流域—省(区)—地(市)”3 级分水指标(见表 4)。各省(区)结合自身实际情况进行适当调整并实施,控制了引黄用水的快速增长,为流域水资

源统一管理 and 调度奠定了基础。

表 4 沿黄省(区)分水细化方案年均耗水量 亿 m<sup>3</sup>

省(区)	干流	支流	合计
青海	4.74	9.36	14.10
四川		0.40	0.40
甘肃	14.09	16.31	30.40
宁夏	37.00	3.00	40.00
内蒙古	55.58	3.02	58.60
陕西	9.88	28.12	38.00
山西	22.60	20.50	43.10
河南	35.67	19.73	55.40
山东	65.03	4.97	70.00
河北、天津	20.00		20.00
合计	264.59	105.41	370.00

(3)新径流条件下分水方案制定。2013 年 3 月 2 日,国务院批复《黄河流域综合规划(2012—2030 年)》,依据黄河水资源量的变化和跨流域调水工程的实施情况,在“八七”分水方案基础上,分南水北调东线、中线工程生效前,南水北调东线、中线工程生效后至西线一期工程生效前,南水北调西线一期工程生效后 3 个阶段拟定黄河流域水资源配置方案。根据 1956—2000 年 45 a 的径流系列资料,黄河多年平均地表径流量为 534.79 亿 m<sup>3</sup>。考虑到黄河水资源量的减少,统筹兼顾河道内外用水需求,在“八七”分水方案的基础上配置河道内外水量,2000 年水平年配置河道外的水量为 341.16 亿 m<sup>3</sup>(耗水量),入海水量为 193.63 亿 m<sup>3</sup>,2020 年、2030 年配置河道外水量分别为 332.79 亿、401.05 亿 m<sup>3</sup>。从 2017 年 7 月开始,年度分水方案编制采用《黄河流域综合规划(2012—2030 年)》南水北调东线、中线生效至西线一期工程生效前配置河道外水量 332.79 亿 m<sup>3</sup>为基础<sup>[18]</sup>。

(4)用水总量控制红线。2012 年 10 月,按照水利部《关于开展流域 2020 年和 2030 年水资源管理控制指标分解工作的通知》(办资源〔2011〕416 号)文件要求,黄委开展了黄河流域用水总量控制指标制定,在《黄河流域水资源综合规划》成果的基础上,各水平年、各省(区)用水总量控制指标采用全国用水总量控制指标与全国水资源综合规划提出的配置水量的比例进行同比例折算得出,2020 年、2030 年黄河流域用水控制总量分别为 450.8 亿、512.7 亿 m<sup>3</sup>,实现了用水总量控制与“八七”分水方案提出的耗水量双向控制,为实行最严格水资源管理制度提供了依据。

3.2 执行效果分析

(1)有效抑制了流域用水过快增长。在黄河水量统一调度的基础上,强化节水与取水许可管理,并开展了水权转让试点,有效抑制了流域用水快速增长,缓解了用水矛盾<sup>[11]</sup>。从逐年计划分配耗水量与实际耗水量对比分析(见表 5),1999—2017 年 19 a 中有 13 a 流

域实际总耗水量小于计划分配耗水量,有效抑制了各省(区)经济社会用水快速增长,推动流域强化节水和产业结构优化升级。1999—2013 年“八七”分水方案得到了较好实施,除部分特枯年份外,实际耗水量均低于计划分配耗水量,甘肃、宁夏、内蒙古及山东等省(区)存在超指标用水,但超耗水量逐渐减小且趋于稳定;随着经济社会用水增长,2014—2017 年上述省(区)超耗水量开始增加,水资源不适应性特征开始显现<sup>[19]</sup>。

表 5 1999—2018 年“八七”分水方案执行情况 亿 m<sup>3</sup>

年份	计划分配耗水量	实际耗水量	超耗水量	全年入海水量	非汛期入海水量
1999	310	299	-11	62	17
2000	293	272	-21	42	31
2001	258	265	8	41	33
2002	237	286	49	35	12
2003	271	244	-27	190	69
2004	308	249	-59	196	90
2005	328	268	-60	204	93
2006	343	305	-38	187	115
2007	324	289	-35	200	78
2008	340	296	-44	142	87
2009	335	307	-29	128	70
2010	320	309	-11	188	61
2011	348	334	-14	179	88
2012	366	323	-43	277	128
2013	347	332	-15	232	106
2014	321	339	18	109	71
2015	314	340	26	127	84
2016	296	322	26	81	37
2017	312	329	17	90	61
2018	353			334	131
平均	314	300	-14	156	73

注:“超耗水量”一列中正值为实际耗水量高于计划分配耗水量,负值为实际耗水量低于计划分配耗水量。因 2018 年《黄河水资源公报》尚未发布,故未计算该年度超耗水量

(2)促进提高水资源利用效率。“八七”分水方案促进了沿黄各省(区)不断加大节水力度,提高了水资源利用效率(见表 6)。2000—2016 年,流域人均用水量由 382 m<sup>3</sup>减少到 343 m<sup>3</sup>,农田实际灌溉定额由 6 735 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>减少到 5 520 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,万元 GDP 用水量由 638 m<sup>3</sup>减少到 100 m<sup>3</sup>,万元工业增加值用水量(2000 年可比价)由 233 m<sup>3</sup>减少到 34 m<sup>3</sup>。2016 年黄河流域人均用水量、万元工业增加值用水量、农田灌溉定额均低于全国同年水平。在分水方案提出的总量控制原则下,特别是 1999 年以来黄河水资源实行了统一调度管理,倒逼沿黄各省(区)节约用水,提高了用水效率。另外,2003 年开始的水权转让通过加大农业节水力度,将节约的水量用于工业生产,也对灌区灌溉效率提升起到重要作用。

表 6 黄河流域水资源利用效率

年份	人均用水量/ m <sup>3</sup>	万元 GDP 用水量/ m <sup>3</sup>	城镇居民 用水量/(L· 人 <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> )	万元工业 增加值用 水量/m <sup>3</sup>	农田灌溉 定额/(m <sup>3</sup> · hm <sup>-2</sup> )
2000	382	638	101	233	6 735
2005	357	294	103	88	6 105
2010	357	175	114	56	5 910
2016	343	100	101	34	5 520
全国水平	438	129	136	84	5 700

注:万元工业增加值均折算为 2000 年可比价

(3)保障流域供水安全。“八七”分水方案保障了枯水年份用水秩序,保障了流域供水安全。为应对 2002—2003 年特枯来水年份,制定了《黄河水量调度突发事件应急处置规定》,黄河水资源统一管理的应急制度得以确立,使整体上的超计划用水现象得到有效遏制,并在抗旱工作中发挥了巨大作用。2008 年 6 月实施的《黄河流域抗旱预案(试行)》,提出了黄河流域抗旱预案响应措施。黄河水量统一调度以来,出现了 8 个枯水年份,来水量均低于统一调度前断流比较严重的 1995 年和 1997 年,通过加强调度管理,协调各省(区)用水,保障了流域及供水区生活、生产和生态环境用水安全。

(4)实现了黄河干流 20 a 不断流。通过严格执行主要控制断面预警流量和入黄断面最小流量指标,结束了 20 世纪 70—90 年代频繁断流的局面,实现了 1999 年 8 月 11 日以来黄河干流连续 20 a 不断流。同时,在黄河水资源有所减少的径流条件下,维持了一定的河道基流和入海水量,改善了河流生态系统功能和水环境质量。利津断面下泄水量为 35 亿~334 亿 m<sup>3</sup>,一些年份仍低于规划提出的河道内生态环境用水控制指标,离功能性不断流以及维持河道适宜性生态环境的要求还有一定的差距。

4 变化环境下流域水资源面临的形势

黄河“八七”分水方案实施 30 多 a,对缓解黄河水资源供需矛盾、保障流域供水安全、维持河流基本生态流量等发挥了重要作用,成为黄河流域管理的关键技术支撑。30 a 间,流域经济社会情况以及河流状况发生了诸多新的变化,流域水资源面临新的形势<sup>[20]</sup>。

4.1 30 a 来流域用水呈现总量增加和结构性变化

流域经济持续快速发展,经济空间分布发生了较大变化。黄河流域 GDP 从“八七”分水方案研究基准年(1980 年)的 916 亿元(2000 年可比价)增大至 2016 年的 41 275 亿元(2000 年可比价),年均增幅 11.2%。各省(区)GDP 占流域 GDP 的百分比发生了变化,与 1980 年相比,2016 年甘肃、山西、青海等省(区)GDP 的流域占比有所减小,内蒙古、河南、陕西、山东、宁夏

等省(区)的流域占比有所增大,见图 2。

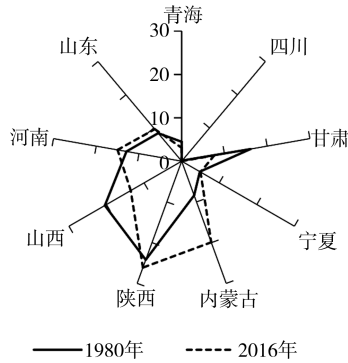


图 2 各省(区)GDP 占黄河流域 GDP 百分比

流域用水总量呈现一定增长,从 1980 年的 343 亿 m<sup>3</sup>增大至 2016 年的 411 亿 m<sup>3</sup>,年均增幅 0.5%。从 1980 年至 2016 年,各省(区)的用水结构发生了变化,宁夏、山东、河南和青海等省(区)用水量占流域总用水量的比例分别减小了 5.0%、1.8%、0.5%和 0.4%,内蒙古、山西、甘肃、陕西等省(区)用水量占流域总用水量的比例分别增大了 3.9%、2.1%、1.6%和 0.1%,见图 3。

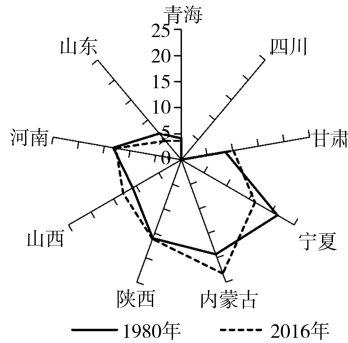


图 3 各省(区)用水量占黄河流域用水总量百分比

流域的行业用水结构发生了显著变化,农业用水比例从 1980 年的 87.0%减小至 2016 年的 71.7%,工业用水比例从 1980 年的 7.9%增大至 2016 年的 13.3%,生活用水比例从 1980 年的 5.1%增大至 2016 年的 11.5%,见图 4。

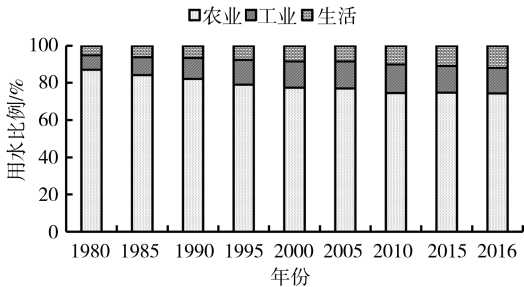


图 4 1980—2016 年流域用水结构变化

从 1980 年至 2016 年,各省(区)的行业用水结构也发生了相应变化,农业用水比例均有较大幅度减小,山东减小幅度最大(33.1%);工业用水比例除青海省、



甘肃省基本稳定之外,其他省(区)均呈现增大趋势,河南工业用水比例增幅最大(17.9%);生活用水比例基本呈增大趋势,山东用水比例增幅最大(20.7%),见图5。

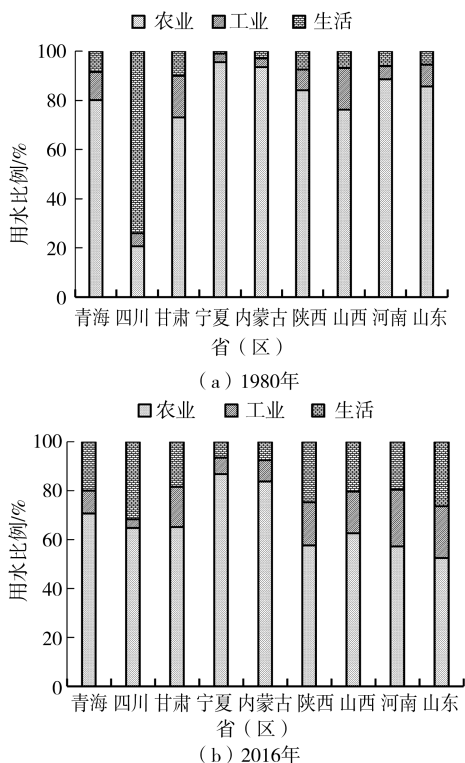


图5 1980年和2016年各省(区)用水结构对比

#### 4.2 未来流域用水总量仍将有一定的刚性增长

近期国家出台了《全国主体功能区规划》《国家新型城镇化规划》,提出了京津冀协同发展、“一带一路”建设等,对我国能源安全、粮食安全、城镇化建设、生态文明建设、区域协调发展等进行了一系列战略布局。这些规划落地,都直接驱动黄河流域以及引黄供水区经济社会和生态环境需水继续增长。另一方面,国家连续出台了严格水资源管理的有关政策,持续加强对需水侧管理,科学控制需水量增长。

根据《黄河流域综合规划》及其他有关研究成果,未来黄河流域经济社会发展和生态环境改善的需水总量仍将有一定的刚性增长。黄河流域能源与资源富集,在国家经济布局中,能源、化工、冶金、制造等优势工业将继续呈现发展态势,在资源节约开发、强化节水、绿色发展、构建循环经济的发展理念下,工业用水量仍将有一定程度的增加,预测2030年黄河流域工业需水量将达到110亿 $\text{m}^3$ 左右。高标准新型城镇化及丝绸之路经济带沿线中心城市发展,对水资源的需求持续增长,预测2030年黄河流域生活需水量将达到60亿 $\text{m}^3$ 左右。在全国7大农产品主产区中,黄河流域涉及3个,国家粮食安全对灌溉用水保障提出了新要求,持续推进农业强化节水措施,预测2030年黄河流

域农业需水量达到340亿 $\text{m}^3$ 左右。水生态文明建设对维护健康河湖功能和人水和谐提出了更高要求,在全国25个重要生态功能区中,黄河流域涉及5个,预测2030年黄河河道外生态需水量为30亿 $\text{m}^3$ 左右。随着国家对生态文明建设的日益重视和持续推进,特别是黄河生态经济带列入国家战略,河道内与河道外的生态环境需水量都将有一定程度的增长。

#### 4.3 水沙情势与水沙调控能力发生了较大变化

(1)黄河来水量显著减少。黄河“八七”分水方案是基于多年平均径流量580亿 $\text{m}^3$ (1919—1975年系列)制定的,而近30a黄河天然径流量显著减少,根据有关规划成果,1956—2000年、1956—2010年、1956—2016年系列多年平均河川天然径流量分别减少至535亿、482亿、499亿 $\text{m}^3$ ,减幅分别为8%、17%、14%。

(2)黄河主要断面来沙量明显减少。黄河干流潼关站1919—1975年系列实测年均来沙量为15.27亿t。近30a潼关站实测年均来沙量由1987—1999年(水文年,下同)的8.07亿t减少至2000—2017年的2.36亿t,利津站实测年均来沙量由1987—1999年的4.15亿t减少至2000—2017年的1.15亿t,减幅分别为71%和72%。潼关站和利津站1987—2017年来沙量见图6。

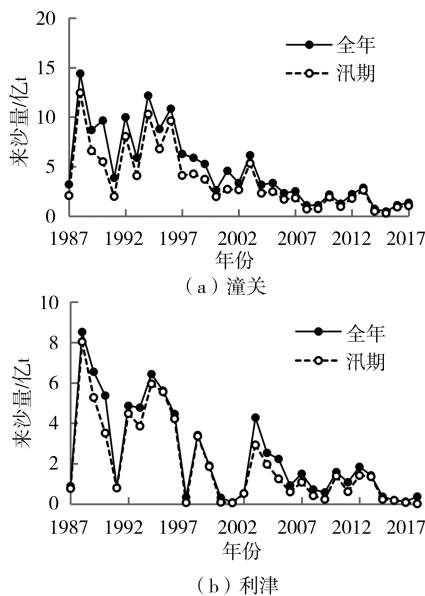


图6 黄河潼关站和利津站1987—2017年来沙量

(3)黄河水沙调控能力显著提高。黄河干流水库总库容为900亿 $\text{m}^3$ ,有效库容为450亿 $\text{m}^3$ ,继三门峡、刘家峡、龙羊峡水库之后,黄河水沙调控体系骨干工程中的小浪底水库于1999年投入运用,在防洪、防凌、减淤和水量调度等方面发挥了巨大作用。至2019年4月小浪底水库拦沙量为34.5亿 $\text{m}^3$ ,自2002年以来共开展了19次调水调沙调度,水库拦沙和调水调沙实现了下游河道减淤,下游共冲刷泥沙30.17亿t。

(4)黄河下游河道主槽行洪输沙能力明显提高。平滩流量是反映主槽过流能力的重要参数,也是维持河槽排洪输沙功能的关键技术指标。平滩流量越小,主槽过流能力以及对河势的约束能力越低,防洪难度越大。通过小浪底水库拦沙和调水调沙,下游河道实现全线冲刷,河道最小平滩流量已由2002年汛前的 $1\,800\text{ m}^3/\text{s}$ 增大至 $4\,300\text{ m}^3/\text{s}$ 。黄河下游主要控制站2002年和2019年汛前平滩流量对比见表7。

表7 黄河下游主要控制站河道平滩流量  $\text{m}^3/\text{s}$

年份	花园口	夹河滩	高村	孙口	艾山	涑口	利津	最小值
2002	3 600	2 900	1 800	2 070	2 530	2 900	3 000	1 800
2019	7 200	6 800	6 500	4 350	4 300	4 600	4 650	4 300
增大	3 600	3 900	4 700	2 280	1 770	1 700	1 650	2 500

(5)未来一定时期进入下游河道的沙量将得到一定的控制,并维持下游河道 $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 左右的中水河槽。目前对未来黄河年均输沙量的预测有不同的研究成果,范围一般在3亿~8亿t,若未来黄河中游年均来沙3亿t(与小浪底水库运用以来2000—2016年水平基本相当),则小浪底水库剩余的41亿 $\text{m}^3$ 拦沙库容将在未来40a左右淤满,河道在未来50a还可维持 $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上的中水河槽;若未来黄河中游年均来沙6亿t,则小浪底水库20a左右即可淤满,河道在未来30a还可维持 $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上的中水河槽;若未来黄河中游年均来沙8亿t,则小浪底水库13a左右即可淤满,河道在未来15a还可维持 $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上的中水河槽。考虑古贤水库于2030年左右建成生效、东庄水库2025年建成生效,若未来黄河中游年均来沙3亿t,则小浪底水库还可继续拦沙70a,进入下游河道的沙量将进一步减少至1亿t左右;若未来黄河中游年均来沙6亿~8亿t,则通过骨干水库群拦沙,未来50a进入下游的沙量将维持在2.5亿~5.0亿t,下游河道将在较长时期内维持 $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上的中水河槽。

4.4 对黄河流域水资源调控的思考

黄河流域是典型的资源缺水流域,现状水资源对经济社会发展的制约十分突出,生态环境用水量尚未达到适宜性目标要求,流域性缺水问题严重,未来考虑环境变化和用水需求的刚性增长,缺水问题将更加严峻。在实施严格节水措施的前提下,从根本上解决黄河缺水问题只能靠南水北调西线工程。当前,黄河流域水资源管理的关键问题是如何缓解供需矛盾,特别是在南水北调西线工程生效之前,缓解水资源对流域经济社会发展的瓶颈制约,支撑生态环境良性维持。为此,应开展“八七”分水方案运用的综合性评估,研究分水方案对流域经济社会发展和环境变化的适应性;考虑水沙调控能力提高以及未来来沙情况,研究输沙水量由年度来水量和来沙量动态确定的可行性;考虑流域经济社会发展和生态保护需求,在“八七”分水

方案总体框架下,开展基于动态输沙水量的流域水资源动态均衡配置等研究。

5 结 语

(1)“八七”分水方案是我国大江大河的第一个流域分水方案,对于国家推进水资源科学分配和高效利用具有重大突破和示范意义。分水方案的制定合理预测了沿黄省(区)经济社会发展和需水要求,按照“以供定需”原则,平衡河道外与河道内用水要求,确定各省(区)可供水量分配方案。特别是在水资源供需矛盾十分尖锐的情况下,分配210亿 $\text{m}^3$ 水量为河道内生态环境用水,对维持黄河健康生命以及国家生态文明建设具有很强的科学意义和前瞻性。

(2)“八七”分水方案在运用过程中,根据国家发展要求、治黄新形势以及流域水资源管理情况,陆续开展了方案细化、新径流条件下方案完善、用水总量控制红线制定等一系列工作,使其成为黄河流域管理重要的技术文件,有力支撑了流域水资源管理。运用30a来,“八七”分水方案以及黄河水资源管理实践有效控制了流域用水需求增长,协调了各省(区)用水关系,支撑了流域经济社会可持续发展与生态环境维持,实现了黄河干流20a不断流。“八七”分水方案30a运用实践,验证了其合理性和有效性。

(3)近30a来,流域经济社会形势、水沙条件与调控能力发生了诸多变化,未来黄河流域面临的水资源需求仍将呈现一定的刚性增长,特别是国家战略落地以及生态文明建设等会驱动新的用水需求。当前黄河流域水资源管理的关键问题是如何缓解供需矛盾,特别是在南水北调西线工程生效之前,缓解水资源对流域经济社会发展的瓶颈制约,支撑生态环境良性维持。

参考文献:

[1] 王学风.干旱区水资源分配理论及流域演化模型研究[D].北京:清华大学,2006:1-16.  
[2] 郑航.初始水权分配及其调度实现[D].北京:清华大学,2009:1-14.  
[3] 王宗志,胡四一,王银堂.基于水量与水质的流域初始二维水权分配模型[J].水利学报,2010,41(5):524-530.  
[4] 汪恕诚.水权和水市场:谈实现水资源优化配置的经济手段[J].水电能源科学,2001,19(1):1-5.  
[5] GLEICK P H. Roadmap for Sustainable Water Resources in Southwestern North America[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2010, 107(50):21300-21305.  
[6] 周婷,郑航.科罗拉多河水权分配历程及其启示[J].水科学进展,2015,26(6):893-901.  
[7] 胡文俊,杨建基,黄河清.尼罗河流域水资源开发利用与流域管理合作研究[J].资源科学,2011,33(10):1830-1838.



- [8] 王浩,党连文,谢新民,等.流域初始水权分配理论与实践[M].北京:中国水利水电出版社,2008:1-40.
- [9] 王煜,彭少明,王慧杰,等.变化环境下黄河与墨累-达令河流域水资源管理策略比较研究[M].北京:科学出版社,2018:52-88.
- [10] 王亚华.流域水资源分配如何制度化:以黄河为例[R].北京:清华大学国情研究中心,2012:207-221.
- [11] 王亚华.关于我国水价、水权和水市场改革的评论[J].中国人口·资源与环境,2007,17(5):153-158.
- [12] 王劲峰,刘昌明,王智勇,等.水资源空间配置的边际效益均衡模型[J].中国科学(D辑:地球科学),2001,31(5):421-427.
- [13] 胡智丹,郑航,王忠静.黄河干流水量分配的演变及多数数据流分析[J].水力发电学报,2015,34(8):35-43.
- [14] 胡鞍钢,王亚华.转型期水资源配置的公共政策:准市场和政治民主协商[J].中国软科学,2000(5):5-11.
- [15] 胡继连,葛颜祥.黄河水资源的分配模式与协调机制:兼论黄河水权市场的建设与管理[J].管理世界,2004(8):43-52.
- [16] 中国科学院地学部.关于缓解黄河断流的对策与建议[J].地球科学进展,1999,14(1):1-3.
- [17] 王振浩.黄河水资源统一管理政策的变迁:基于政策过程理论研究[D].北京:清华大学,2019:25-38.
- [18] 水利部黄河水利委员会.黄河流域综合规划(2012—2030年)[M].郑州:黄河水利出版社,2013:160-186.
- [19] 王煜,彭少明,郑小康,等.黄河“八七”分水方案的适应性评价与提升策略[EB/OL].(2019-07-29)[2019-08-05]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1309.P.20190726.1740.033.html>.
- [20] 王煜,彭少明,郑小康.黄河流域水量分配方案优化及综合调度的关键科学问题[J].水科学进展,2018,29(5):614-624.

【责任编辑 张华兴】