

黄河流域水资源供需新态势与对策

彭少明^{1,3}, 郑小康^{1,2}, 严登明^{1,2}, 尚文绣^{1,2}

(1.黄河勘测规划设计研究院有限公司, 450003, 郑州; 2.水利部黄河流域水治理与水安全重点实验室(筹), 450003, 郑州; 3.郑州大学水利与环境学院, 450001, 郑州)

摘要:黄河流域属资源型缺水地区, 水资源时空分布不均衡、与经济发展布局不匹配的矛盾长期存在。针对这一突出问题, 分析了近 30 年黄河径流演变及流域供水变化特征, 预测未来一个时期黄河天然径流量将进一步衰减到 460 亿 m^3 , 2035 年流域总需水量增长到 628.2 亿 m^3 , 流域缺水量将达 153.2 亿 m^3 。水资源短缺长期制约流域经济社会高质量发展。解决黄河水资源短缺问题, 近期可通过实施深度节水、优化配置格局、强化流域管理等措施来缓解, 从长远来看, 根本途径在于按照“补纲、张目、固结”的思路加快构建黄河水网, 推进水资源集约安全利用。

关键词:水资源; 开发利用; 中长期供需态势; 黄河流域

New situation and countermeasures of water resources supply and demand in the Yellow River Basin//Peng Shaoming, Zheng Xiaokang, Yan Dengming, Shang Wenxiu

Abstract: The Yellow River Basin is a resource-based water-deficient area, and the distribution of water resources is unbalanced in time and space. Aiming the prominent problem, the characteristics of the evolution of the Yellow River runoff and the changes in water supply in the basin were analyzed in the past 30 years, and it is predicted that the natural runoff of the Yellow River will be further attenuated to 46 billion m^3 in the future, and the total water demand of the Yellow River will be increased to 62.82 billion m^3 , the water shortage in the basin will reach 15.32 billion m^3 in 2035. The shortage of water resources has long constrained the high-quality economic and social development of the river basin. To solve the problem of water shortage in the Yellow River, measures such as implementing measures such as deep water saving, optimizing the allocation pattern, and strengthening river basin management can be implemented in the near future. The fundamental way is to speed up the construction of the Yellow River water network and promote the intensive and safe use of water resources.

Keywords: water resources; development and utilization; mid-to-long term supply-demand situation; Yellow River Basin

中图分类号: TV213

文献标识码: B

文章编号: 1000-1123(2021)18-0018-03

2019 年 9 月 18 日习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上强调, 黄河流域生态保护和高质量发展是重大国家战略, 保护黄河是事关中华民族伟大复兴和永续发展的千秋大计, 发出“让黄河成为造福人民的幸福河”伟大号召。黄河流域在我国战略格局中地位突出, 推动生态保护和高质量发展事关我国能源安全、生态安全、国家安全大局, 对实现“两个一百年”奋斗目标、实现中华民族伟大复兴具有重要意义。

黄河水资源总量不到长江的 7%, 人均占有量仅为全国平均水平的 27%, 属资源性缺水地区。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, 使可用于经济社会发展的水量进一步减少。近年, 受全球气候、下垫面变化等的影响, 黄河流域水资源量持续减少, 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, 开发利用长期超过其承载能力。随着国家西部大开发、黄

河流域生态保护和高质量发展等国家战略的实施, 水资源需求还将进一步增长, 保障供水安全面临新的严峻考验, 科学研判未来黄河流域水资源供需态势, 制订科学合理的水资源调配和管理措施, 对支撑新阶段流域生态保护和高质量发展具有重大意义。

一、水资源开发利用现状

1. 流域供用水量变化

自 20 世纪 50 年代以来, 随着国民经济发展, 黄河供水量不断增加。

收稿日期: 2021-09-16

作者简介: 彭少明, 正高级工程师, 主要研究方向为水文水资源。

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0404406); 国家自然科学基金资助项目(51879240)。

1950年黄河流域供水量约120亿 m^3 ,主要为农业用水;1980年黄河流域用水达到446亿 m^3 。近30年来黄河年均供水总量500.47亿 m^3 ,其中地表水供水量375.54亿 m^3 ,占总供水量的75%,地下水供水量124.93亿 m^3 ,占总供水量的25%。由于受黄河水资源可供水量“天花板”制约,近20年来黄河流域用水量基本没有增加。

近30年黄河流域农业平均用水量38546亿 m^3 ,占总用水量的77.1%,工业和生活多年平均用水量为64.88亿 m^3 和50.13亿 m^3 ,分别占总用水量的13.0%和9.9%。从近30年用水结构演变来看,农业用水占比呈现明显下降趋势,从1989年的84.3%下降至2019年的70.4%左右;工业用水占比呈微增加趋势,从1989年的10.4%增加至2003年的最高值15.5%,之后稍有减少;生活用水占比则呈现稳步增加趋势,从1988年的5.4%稳步增加至2019年的18.7%。

2. 水资源开发利用持续上升

随着黄河流域的经济发展和用水量增加,加上降水偏少等原因引起的资源量减少,黄河入海水量大幅度减少,河流生态环境用水被挤占。据统计,近20年来流域地表水资源开发利用呈持续上升趋势,2001—2019年黄河流域多年平均地表水供水量376.30亿 m^3 ,年均入海水量159.82亿 m^3 ,流域地表水资源开发利用率达80%,远超一般河流40%的生态警戒线。2001—2019年平均地下水供水量127.89亿 m^3 ,其中平原区浅层地下水开采量约100亿 m^3 ,占平原区地下水可开采量的92%,但地区分布不平衡;甘肃、宁夏、陕西共有25个浅层地下水超采区,均为中、小型超采区。

3. 水资源利用存在的问题

(1) 水资源总量不足且时空分布不均

黄河流域大部分地区处于干旱、半干旱地区,多年平均降水量446mm,仅为长江流域的40%,流域水资源总量647亿 m^3 ,人均水资源量473 m^3 ,

仅为全国平均水平的23%;属极度缺水地区,还承担着向流域外供水的任务。同时黄河水资源具有年际变化大、年内分配集中、连续枯水段长的特征,干流及主要支流汛期7—10月径流量占全年的60%以上,且汛期径流量主要以洪水形式出现,中下游汛期径流含沙量较大,利用难度大。

(2) 水资源供需矛盾突出

黄河水资源无法满足河道外用水需求,缺水问题严峻,有1000多万亩(1亩=1/15 hm^2 ,下同)有效灌溉面积得不到灌溉,4000多万亩农田得不到充分灌溉,由于灌溉水源不足,黄河流域粮食产量年均减少约300万t,约占流域总产量的6.3%。上中游地区大量能源化工项目由于缺水而难以落地,直接影响国家能源安全。

(3) 水资源开发利用超过承载能力

黄河干流生态流量偏低,汾河、沁河、大黑河、大汶河等支流断流严重、生态功能受损,浅层地下水年均超采达9.4亿 m^3 。

二、黄河天然径流量演变趋势

1. 黄河天然径流量衰减严重

由于气候变化和人类活动对下垫面的影响,黄河天然径流量在近50年呈现持续减少趋势。第一次水资源调查评价1919—1975年黄河天然径流量580.0亿 m^3 (“八七”分水方案采用的径流系列),第二次水资源调查评价1956—2000年黄河天然径流量减少为534.8亿 m^3 ,第三次水资源调查评价1956—2016年黄河天然径流量进一步减少为490.0亿 m^3 ,与1919—1975年系列相比减幅达16%。在空间分布上,黄河中游减少最为显著。黄河上游天然径流量衰减8.9亿 m^3 ,占全河衰减量的9.9%;中游天然径流量衰减68.2亿 m^3 ,占全河衰减量的75.8%,其中河口镇—龙门区间是天然径流量衰减最严重的区域,减少了39.0亿 m^3 。黄河下游天然径流量衰

减12.9亿 m^3 ,占全河衰减量的14.3%。

2. 下垫面变化是径流量减少的主因

第一次、第二次和第三次水资源调查评价黄河流域降水量分别为465.7mm、445.8mm和451.9mm,三次调查评价面积基本一致,降水量变化不大,黄河天然径流量减少主要是下垫面变化所致。20世纪80年代以来,黄河中游地区由于农业生产发展、水土保持生态环境建设、雨水集蓄利用以及地下水开发利用等活动,改变了下垫面条件,使得降水径流关系发生明显改变,在同等降水条件下,河川径流量比以前有所减少。

3. 未来径流量仍将进一步减少

未来30~50年,黄土高原水土保持工程的建设、地下水的开发利用、能源开发、雨水利用等将进一步改变流域下垫面条件,导致产汇流关系向产流不利的方向变化,即使在降水量不变的情况下,黄河天然径流量仍将进一步减少。根据相关专家研究成果,未来黄河天然径流量将进一步减少到460亿 m^3 左右甚至更少,黄河可供水量不足的问题更加突出,并成为制约黄河流域生态保护和高质量发展重大国家战略的关键瓶颈。

三、新发展战略下流域水资源供需态势

新发展战略下,保障河湖健康生态水量的要求进一步提升,流域国民经济发展对水资源需求持续增长,流域水资源供需形势面临巨大挑战。

1. 生态优先理念下黄河可供水量

黄河流域横跨我国东中西部,是连接青藏高原、黄土高原、华北平原的生态廊道。当前由于河流生态水量不足、保证程度不高,造成湿地萎缩、水生境破坏,黄河生态系统质量和稳定性不高。持续改善水生态环境状况是当前推进黄河流域水利高质量发展的基本前提。按照统筹“生态优先、留足生态水量”要求,考虑河道输沙、

塑槽以及维持河流生态流量等,黄河头道拐断面和利津断面多年平均生态需水量分别为 197 亿 m^3 和 220 亿 m^3 ,扣除河道内生态环境需水量则为可供水量。黄河头道拐断面多年平均地表水可利用量(耗水量)为 110 亿 m^3 ,利津断面多年平均地表水可利用量为 270 亿 m^3 。按照近 10 年平均耗水系数折算,地表水可供水量为 330 亿 m^3 ,考虑退减地下水超采量与适度加大非常规水源利用力度,2035 年黄河流域可供水总量为 475 亿 m^3 。

2.尚有一定节水潜力但总量不大

现状年流域灌溉水利用系数 0.56 与全国均值持平,亩均灌溉用水量 344 m^3 低于全国均值,如果考虑有效降雨加上灌溉用水量等因素,黄河流域的亩均用水量仅比北京、天津和河北高,用水水平较为先进。万元工业增加值用水量 19.9 m^3 仅为全国均值的 1/2、长江流域的 1/5,煤电和煤化工项目用水指标处于国际先进水平。按照 2035 年黄河流域各行业用水效率均达到国内领先水平设定节水目标,同时考虑生态安全,维持灌区地下水水位不低于 2.5 m,以 2019 年为现状年,分析黄河流域毛节水潜力约为 25.36 亿 m^3 ,其中农业灌溉毛节水潜力为 21.25 亿 m^3 ,占 83.8%。

3.高质量发展对流域水资源的需求将持续增长

黄河流域是我国重要经济地带,目前黄河流域人均经济指标低于全国平均水平,新阶段经济社会发展将呈现快速发展态势:一是流域内兰州—西宁地区、宁夏沿黄经济区、关中—天水地区、呼包鄂榆地区、太原城市群、中原经济区、环渤海地区具备较强的经济基础和发展潜力;二是矿产、能源资源丰富,在全国占有重要地位,开发潜力巨大;三是黄河流域土地资源丰富,黄河上中游地区还有宜农荒地约 3 000 万亩,是我国重要的后备耕地,开发潜力很大。预测 2035 年水平,按 GDP 增速 2016—

2035 年 4.8%、人口年均增长速率 5.0‰、工业增加值年均增长速率 4.9%测算,在充分挖掘流域节水潜力的前提下,黄河流域内多年平均需水量 548.2 亿 m^3 。考虑南水北调东中线通水后,置换黄河供水量 20 亿 m^3 ,流域外用水需求减少为 80 亿 m^3 ,黄河流域总需水量 628.2 亿 m^3 。

4.未来水资源供需矛盾加剧

随着工业化和城镇化进程加快,尤其是黄河流域能源化工基地发展,即使采用强化节水措施,2035 年水平流域河道外国民经济缺水 153.2 亿 m^3 ,枯水年份缺水超过 200 亿 m^3 。充分考虑“兰—西”城市群、“几”字弯都市圈人口聚集及产业高质量发展,预测未来上中游省区缺水量将达 109 亿 m^3 ,占流域总缺水量的 80%以上。

四、对策建议

把水资源作为最大刚性约束,坚持节水优先,全面实施深度节水控水行动。以维持河湖健康生态水量、保障经济社会高质量发展的刚性合理用水需求为导向,构建总量控制、集约高效、配置科学、管控有力的水资源安全保障体系,加快黄河水网构建,强化干支流水量统一调度,全面提高流域水资源集约安全利用水平。

1.强化水资源作为最大刚性约束的水资源管理

全面落实以水而定、量水而行,合理规划人口、城市和产业发展,优化土地利用和产业发展布局,促进经济社会发展与水资源承载力相协调。深入落实最严格水资源管理制度,强化黄河水资源统一监测、监控、监管,尽快健全完善全覆盖、全天候、全过程的流域水资源监测体系,实现流域机构对黄河干支流重要控制断面、规模以上地表水取退水口和地下水取水点在线监测全覆盖。

2.推进全流域深度节水控水,提升水资源节约集约利用能力

以国家节水行动方案为统领,把

节水贯穿于生产生活的全领域、全过程、全方位,充分发挥用水定额的刚性约束和导向作用,围绕农业、工业和城镇等重点领域,全面实施农业节水增效、工业节水减排、城镇节水降损,挖掘水资源利用的全过程节水潜力,加大非常规水利用力度,推进水资源高效利用。完善节水制度建设,推动将节水作为约束性指标和目标,完善用水价格形成机制,推进水权市场化交易和水资源税改革。

3.优化水资源配置格局,缓解流域水资源空间不均衡问题

按照“生态优先、大稳定、小调整”和应分尽分原则,优化调整“八七”分水方案,细化干支流水量分配,合理分配河道外生活、生产和生态用水,把可用水量逐级分解到不同行政区域,明晰各区域用水权益。全面落实以水而定、量水而行,合理规划人口、城市和产业布局,促进经济社会发展与水资源承载力相协调,解决上中下游发展不平衡问题,实现流域高质量发展。

4.加快构建黄河水网,提高供水安全保障能力

加快推进南水北调西线工程前期工作,加快构建黄河水网主骨架,做好“补纲”文章,跨流域调水自源头进入黄河,从根本上缓解黄河流域水资源短缺问题。加快区域水资源配置工程建设,做好“张目”文章,提高流域水资源配置水平,解决守着黄河喝不上黄河水的问题。推进古贤、黑山峡、碛口等骨干水库建设,做好“固结”文章,提升流域径流调蓄能力。

5.强化干支流水量统一调度,保障河流生态流量

统筹经济社会发展、河道内生态用水需求,实施黄河干支流水资源统一管理,加强监测预警,建立流域和区域水量统一调度的协调机制。科学确定月、旬水量调度方案和年度黄河干、支流用水量控制指标。依据河情、水情,“一河一策”(下转第 26 页)

高勒 1 000 m³/s 以下流量过程,相应干流河道年均淤积量为 0.351 亿 t,与 1968 年以前相比淤积量明显增大。可见,支流来沙时和来沙后,不遭遇干流水导致泥沙淤积量增大,支流入汇口淤积导致干流河道形态恶化,进一步影响干流泥沙输移。

三、治理对策

根据宁蒙河段淤积原因剖析,结合治黄实践经验,本研究提出宁蒙河段新悬河综合治理措施与“增水、减沙、调水调沙”的治理思路。

①实施灌区节水和跨流域调水,增加河道内输沙水量。有关研究表明,宁蒙河段若要维持较低淤积水平,需要河段出口头道拐断面年均水量保持在 120 亿 m³ 左右。1986 年以后,宁蒙河段进口下河沿断面的汛期水量为 147 亿 m³,出口头道拐断面汛期水量为 69 亿 m³,汛期输沙水量严重不足。需加强宁蒙灌区节水力度,减少区间耗水。此外,由于黄河为资源性缺水,可通过南水北调西线调水增加河道内外水量,解决黄河上中游地区缺水问题,实现还水于河。

②建设黑山峡水库,恢复进入宁蒙河段的中常洪水过程,协调干流水沙关系,稀释支流高含沙洪水。兰州以上的黄河干流来水占宁蒙河段来水量的 95%,黑山峡水库位于甘肃与宁夏交界河段,与宁蒙河段距离近,地理位置优越。通过建设高坝大

库反调节上游流量过程,在汛期特别是 7—8 月支流高含沙洪水期放大流量过程,以协调干流水沙关系,对遏制宁蒙河段淤积、保障防凌防洪安全具有重要作用。

③加大上游支流特别是内蒙古十大孔兑和上游沙漠区的综合治理力度,减少进入内蒙古河段泥沙量。宁蒙河段泥沙来源包括干流、区间支流和入黄风积沙,其中区间汇入的清水河、十大孔兑等支流来沙量以及两岸沙漠地区的入黄风积沙量较大,约占 50%,且区间支流来沙粒径较粗,对河道淤积危害较大。对黄河上游的支流特别是十大孔兑进行水土流失综合治理,减少入黄泥沙特别是入黄粗泥沙,对于减少内蒙古河道淤积具有十分重要的作用。

④通过高标准堤防建设、河道治理和挖河疏浚等措施,增加河道排洪、防洪能力。宁蒙河段近期加强了堤防工程建设,防洪标准基本达到 20 年一遇~50 年一遇,但目前堤防工程还存在一些薄弱环节,如河道整治工程不足、河势未能得到有效控制等,威胁两岸防洪安全。应进一步建设高标准堤防,完善河道整治工程建设,实施支流入汇口等局部河段挖河疏浚工程,尽可能提高河道排洪、防洪能力。

四、结论

宁蒙河段淤积主要集中在内蒙古河段,是宁蒙河段淤积的主体。20

世纪 80 年代以后宁蒙河段淤积量大,干流汛期水量和大流量过程减少,水流输沙动力减弱。通过加强干流大流量过程、增强支流泥沙输送效果,按照“增水、减沙、调水调沙”的治理思路采取综合性措施进行治理,可有效实现宁蒙河段新悬河治理,保障两岸地区安全稳定发展。 ■

参考文献:

- [1] 安催花,等.黄河宁蒙河段冲淤时空分布特征与淤积原因[J].水利学报,2018(2).
- [2] 李超群,等.黄河内蒙古河段凌情特征及变化研究[J].人民黄河,2015,37(3).
- [3] 师长兴.近五百多年来黄河宁蒙河段泥沙沉积量的变化分析[J].泥沙研究,2010(5).
- [4] 马睿,等.黄河流域典型沙质河段冲淤量预估方法及应用[J].水利学报,2016(10).
- [5] 周丽艳,等.黄河宁蒙河段沙量平衡法冲淤量的计算及修正[J].人民黄河,2008(7).
- [6] 李秋艳,等.黄河宁蒙河段河道演变过程及影响因素研究[J].干旱区资源与环境,2012(2).
- [7] 韩其为.第一造床流量及输沙能力的理论分析:“黄河调水调沙的根据、效益与巨大潜力”之三[J].人民黄河,2009,31(1).
- [8] 黄河流域综合规划(2012—2030 年)[M].郑州:黄河水利出版社,2013.

见习编辑 李卢祎

(上接第 20 页)实行差别化管理,推进渭河、汾河、湟水、洮河、伊洛河、沁河、大汶河等主要黄河支流水量调度,保障河道基本生态流量,维持河流基本功能。 ■

参考文献:

- [1] 习近平在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话[J].求是,2019(20).
- [2] 王浩,等.新时期治黄方略初探[J].

水利学报,2018(11).

- [3] 汪安南.深入推进黄河流域生态保护和高质量发展战略 努力谱写水利高质量发展的黄河篇章[J].人民黄河,2021(9).
- [4] 刘昌明,等.黄河流域生态保护和高质量发展亟待解决缺水问题[J].人民黄河,2020(9).
- [5] 胡春宏.黄河水沙变化与治理方略

研究[J].水力发电学报,2016(10).

- [6] 刘晓燕.黄河近年水沙锐减成因分析[M].北京:科学出版社,2016.
- [7] 黄河水资源公报[R].1988—2019.
- [8] 张学成,等.黄河流域水资源调查评价[M].郑州:黄河水利出版社,2007.
- [9] 水利部黄河水利委员会.黄河水资源综合规划[R].2009.

责任编辑 张金慧