

新战略与规划工程下的黄河流域未来 水资源配置格局研究

刘柏君, 彭少明, 崔长勇

(黄河勘测规划设计研究院有限公司, 河南 郑州 450003)

摘要: 黄河流域人口聚集,生态、能源、粮食、矿产资源丰富,在中国战略地位显著。然而,黄河天然来水量不足,导致流域水资源供需情势严峻,黄河发展新战略与水利工程规划由此而生。厘清新形势下黄河流域未来水资源配置格局,对大型流域水资源管理和水量精细化调度具有重要意义。基于黄河流域现状水资源配置格局分析成果,解析黄河流域生态保护和高质量发展、流域相关城市群发展战略,探讨其对黄河水资源可能的影响;其次,分析黄河流域未来供需情势,提出全新的水资源配置思路,研究新战略与规划工程条件下的黄河流域未来水资源配置格局。研究成果可为全球其他流域在战略和规划工程影响下的水资源管理提供参考。

关键词: 水资源; 水资源配置格局; 新战略; 规划工程; 黄河流域

中图分类号:TV212.4

文献标识码:A

文章编号:1672-643X(2020)02-0001-07

Future water resources allocation pattern for the Yellow River Basin driven by strategy and projects

LIU Bojun, PENG Shaoming, CUI Changyong

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

Abstract: The Yellow River Basin is a large populous area with abundant ecology, energy, food, and ore resources, which plays a prominent strategic role in China. However, the lack of natural water inflow of Yellow River has resulted in a severe water supply and demand dilemma; hence a new development strategy and the planning of water conservancy projects for the Yellow River were born. It is of great significance for the water resources management of large river basins and the precise water regulation to figure out the future water resources allocation pattern of the Yellow River Basin. Based on the analysis results of the current allocation pattern of the Yellow River Basin, we analyzed the ecological protection and high-quality development of the basin and the development strategies for the urban agglomerations in the basin, discussed possible impact of the new approach on the water resources status of the basin, then put forward a new scheme of water resources allocation. Furthermore, we studied the future water resources allocation pattern of the Yellow River Basin under the influence of new strategies and proposed projects. The research results can provide references for the water resources management of other river basins of the world under similar influence.

Key words: water resources; water resources allocation pattern; new strategy; proposed project; the Yellow River Basin

1 研究背景

黄河流域以我国2%的河川径流量承担着15%

耕地面积和12%人口的需水,同时肩负外流域调水需求。鲍振鑫等^[1]研究发现,1956-2016年间除黄河源区径流变化不明显外,黄河流域径流整体呈现

收稿日期:2020-04-05; 修回日期:2020-04-28

基金项目:“十三五”国家重点研发计划课题(2018YFC1508706);国家自然科学基金项目(51879240);中国博士后科学基金项目(2019M652551)

作者简介:刘柏君(1990-),男,河南郑州人,博士,工程师,主要从事水文水资源的研究。

通讯作者:彭少明(1971-),男,河南信阳人,博士,教授级高级工程师,主要从事水文水资源的研究。

显著的减少趋势,流域下游径流减少最为显著。吴晗等^[2]分析发现,源区气温呈现上升趋势,降水变化不明显;同时,丛培月等^[3]研究得出降水和气温是影响黄河径流一致性的主要因素;刘红珍等^[4]、马柱国等^[5]认为,黄河流域径流受到全球变暖和人类活动的直接影响。由此,气候变化与人类活动的影响使得黄河水资源供需形势越发紧张^[6-9],缺水成为黄河未来面临的巨大挑战之一^[10-11]。近些年,学者们对黄河开展了多方面研究。如周鸿文等^[12]通过建立黄河流域耗水系统评价模型,对影响流域耗水的因素进行了评价分析;Luo 等^[13]采用基于灰色信息环境的两阶段智能模型评估了黄河宁蒙河段冰灾害风险;韩艳利等^[14]分析了黄河重要水功能区水质特征与变化趋势;汪银龙等^[15]构建了黄河中游板涧河和毫清河流域等无资料地区 SWAT 模型,月径流模拟结果良好。可以看出,针对黄河的研究主要集中在径流模拟、水库调度、水沙关系、水资源承载力评价方面,而关于流域水资源配置格局的研究仍有缺失^[16-19]。

随着黄河流域生态保护和高质量发展与流域城市群发展战略的陆续提出^[20-21]以及南水北调西线工程、古贤和黑山峡水库工程的深入论证^[22],使黄

河流域水资源配置格局面临着全新的形势。解析面向黄河的新战略和水利工程规划,分析其给流域水资源带来的可能影响,从而基于黄河未来水资源供需形势,提出全新的水资源配置思路,探究黄河流域未来水资源配置格局,对流域水资源管理和水量精细化调度具有重要意义。

2 黄河流域概况及其水资源配置格局现状

2.1 黄河流域概况

黄河发源于青藏高原巴颜喀拉山北麓的约古宗列盆地,位于东经 $95^{\circ}53' \sim 119^{\circ}05'$,北纬 $32^{\circ}10' \sim 41^{\circ}50'$ 之间,流经青、川、甘、宁、蒙、陕、晋、豫、鲁等9省(区),干流河道全长 5 464 km,流域面积 $79.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ (包括内流区 $4.2 \times 10^4 \text{ km}^2$)。其中,河口镇(内蒙古托克托县)以上为黄河上游流域,面积 $42.8 \times 10^4 \text{ km}^2$,干流河长 3 472 km,是黄河径流的主要来源区;河口镇至桃花峪(河南郑州市)区域为黄河中游流域,面积 $34.4 \times 10^4 \text{ km}^2$,干流河长 1 206 km,是黄河洪水和泥沙的主要来源区;桃花峪以下区域为黄河下游流域,面积 $2.3 \times 10^4 \text{ km}^2$,干流河长 786 km。黄河流域概况与主要控制断面见图 1。

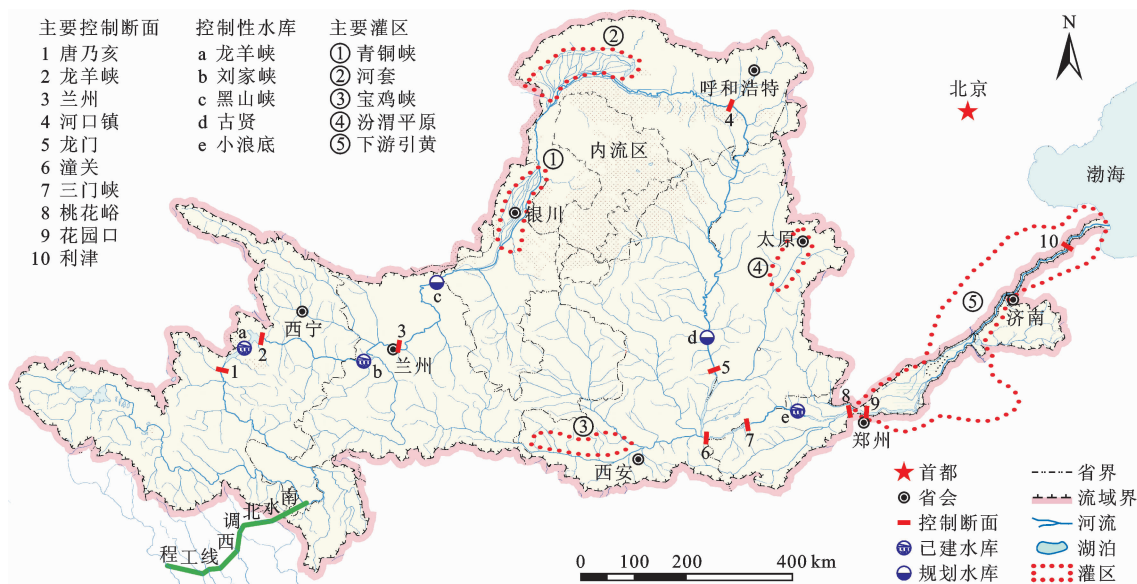


图1 黄河流域概况与主要控制断面

2.2 水资源配置格局现状

黄河流域现有水资源配置格局的基本依据为国务院 1987 年颁布的《黄河可供水量分配方案》(“八七”分水方案)^[23],其采用 1919-1975 年系列年径流量 $580 \times 10^8 \text{ m}^3$ 作为黄河天然径流量,分别以 1980 和 2000 年为现状年和水平年,按照优先保证人民生活用水和国家

重点建设的工业用水、保证黄河下游冲沙入海水量、适度发展引黄灌溉、黄河航运与渔业用水水量相机发展、黄河水资源开发利用上-中-下游兼顾、工农业取用地下水规模保持现状等原则制定出的沿黄各省用水分配方案可见表 1。“八七”分水方案分配河道外耗水量 $370 \times 10^8 \text{ m}^3$,河道内水量 $210 \times 10^8 \text{ m}^3$,分配比例为

64:36。在河道外耗水量 $370 \times 10^8 \text{ m}^3$ 中,上中下游分别配置 127.1×10^8 、 121.5×10^8 、 $121.4 \times 10^8 \text{ m}^3$,上、中、下游分配比例为 34:33:33;干支流分别配置 264.90×10^8 、 $105.1 \times 10^8 \text{ m}^3$,干支流分配比例为 72:28;流域内外分别配置 260.6×10^8 、 $109.4 \times 10^8 \text{ m}^3$,流域内外分配比例为 70:30^[23]。

表 1 沿黄各省用水分配方案(“八七”分水方案)

省(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
年水量分配/ 10^8 m^3	14.1	0.4	30.4	40.0	58.6	38.0	43.1	55.4	70.0	20.0	370.0

当前,黄河流域初步形成了多源丰枯互补、大中小微并举的供水工程体系,为流域及下游引黄地区 $800 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 农林牧灌溉、50 多座大中城市、420 个县(旗)、黄河中上游能源基地、中原和胜利油田提供了水源保障。分析发现,黄河流域 2001—2016 年天然径流量为 $461 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中河道外地表水耗水量为 $299 \times 10^8 \text{ m}^3$,入海水量为 $162 \times 10^8 \text{ m}^3$,比例达 65:35。河道外上中下游耗水量分别为 127×10^8 、 67×10^8 、 $105 \times 10^8 \text{ m}^3$,比例为 43:22:35;流域内与流域外耗水量分别为 202×10^8 、 $97 \times 10^8 \text{ m}^3$,比例为 68:32。由此可知,现状黄河流域水资源配置基本维持黄河“八七”分水方案的分配比例关系。

3 黄河流域新战略与规划工程研究

3.1 新战略解析

(1)2019 年 9 月,中国针对黄河流域提出了“黄河流域生态保护和高质量发展”新战略,将水资源

作为最大刚性约束是其最为核心的内容^[20-21],因此,最大刚性约束可做如下解释:流域经济社会需要以水资源量为刚性约束条件进行发展,即要防止和纠正过度开发水资源,倒逼发展规模、结构、布局的优化,换言之,在明确流域各地可用水量基础上,通过充分节水,厘清不同行业用水的控制性指标,即根据可用水量和水定额定额,提出不同区域生活、工业、农业控制性用水量,以此为约束,最终实现水资源、社会、经济、生态、环境的多维均衡。与西部大开发、一带一路战略相比,黄河流域生态保护和高质量发展战略更具有约束性、均衡性、保护性,不再单纯地提倡快速发展,而是凸显了在水资源刚性约束下进行社会—经济—生态—环境的一体化可持续发展。(2)兰州—西宁、宁夏沿黄经济区、关中平原、呼和浩特—包头—鄂尔多斯—榆林、太原平原、中原经济区等城市群发展战略^[24-25]。面向黄河流域的城市群发展新战略解析如图 2 所示。

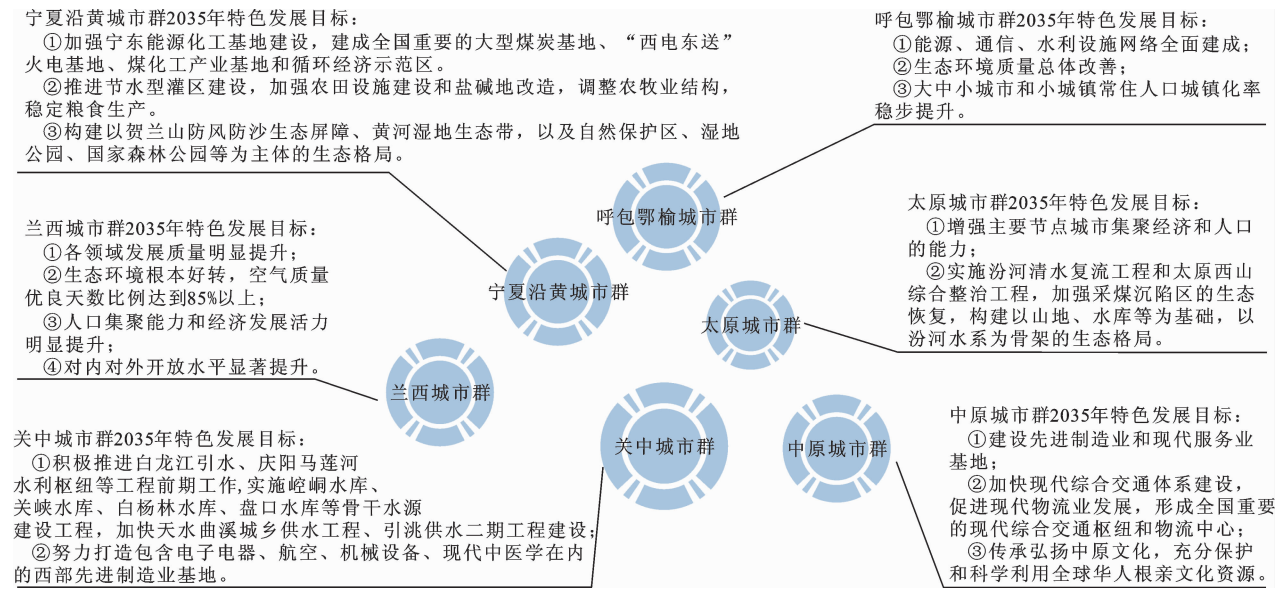


图 2 黄河流域城市群发展新战略解析

综上可知,节约集约利用水量,加强生态环境保护,加强城市一体化发展,以水资源量优化国土资源规划,基于水资源可利用量确定城镇发展规模、农业

灌溉面积、工业发展速度、能源发展规模等指标,提高区域水资源配置能力,深入研究外流域调水可行性等是影响黄河流域未来水资源配置格局的主要因

素。通过战略的逐步实施,黄河流域可用水量会有所增加,流域生态环境能得到有效改善,流域人口与城镇分布会更为合理,不同产业发展规模、速率会得到优化。但由于黄河流域天然来水量不足,推动黄河干流控制性水库与南水北调西线工程建设对战略实施效果具有重要保障作用。

3.2 规划工程分析

黄河流域规划的主要工程有南水北调西线,古贤、黑山峡等大型调蓄水库(见图1)。南水北调西线是国家“四横三纵”水资源配置格局的重要组成部分,可将长江水资源调至黄河流域,工程拟从金沙江、雅砻江、大渡河3条河流调水,拟定多年平均年调水总量为 $80 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

规划的古贤水利枢纽工程地处黄河大北干流磧口至禹门口河段,坝址位于壶口瀑布上游约10 km处,左岸为山西省吉县,右岸为陕西省宜川县,是一座以防洪减淤为主,兼顾发电、供水和灌溉等综合利用的大型水利枢纽工程。古贤水利枢纽工程总库容 $134.6 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中防洪库容 $12 \times 10^8 \text{ m}^3$,调水调沙库容 $20 \times 10^8 \text{ m}^3$,拦沙库容 $93.6 \times 10^8 \text{ m}^3$,水库正常蓄水位627 m,死水位588 m。

黄河黑山峡河段地处甘肃、宁夏交界处,全长71 km,规划的黑山峡水库地处黑山峡出口向上2 km处,以反调节、防凌、防洪为主,兼顾供水、生态灌溉、发电等作用^[26]。水库正常蓄水位1380 m,总库容 $114.8 \times 10^8 \text{ m}^3$,主要向宁夏中部和贺兰山东麓、陕西北部、内蒙古鄂尔多斯和阿拉善、甘肃民勤等区域供水,近期与远期分别规划生态灌区 $40 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $125 \times 10^4 \text{ hm}^2$,同时为黑山峡区域生活及能源工业供水^[26]。

通过分析,1919–1975年系列黄河多年平均径流量 $580 \times 10^8 \text{ m}^3$;1956–2000年和1956–2010年系列径流量相比1919–1975年系列分别减少 $45 \times 10^8 \text{ m}^3$ (减幅7.8%)和 $97.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ (减幅16.8%)。未来由于气候变化和黄土高原水土保持等影响,黄河河川径流量可能继续减少,南水北调西线工程是为弥补黄河天然来水较少的缺陷、进一步增加流域可用水量而规划。

同时,黄河流域径流时空分布不均,汛期7–10月径流量占全年的57.9%,而用水主要集中在非汛期,占全年的65%。兰州以下径流量占全河的33.5%,用水占全河的93%,来水与用水在地区和时间上不相适应。当前,黄河干流仅有龙羊峡一座多年调节水库,龙羊峡水库以下2877.5 km的上中

游河段有刘家峡、小浪底两座不完全年调节水库,调节库容为 $86 \times 10^8 \text{ m}^3$,丰水年和丰水期拦蓄水量能力有限。古贤、黑山峡等水库就是为了提升流域水资源时空调配能力,进一步加强流域水资源精细化调度。

4 未来黄河流域水资源配置格局研究

4.1 黄河流域社会经济变化特征分析

黄河流域1953年人口约4100万人,至1980年增至8177万人,人口平均年增长率为2.59%。1980年以后,人口增长速度有所减缓,至2016年人口平均年增长率为1.06%。2016年黄河流域总人口为11957万人,占全国总人口的8.6%,全流域人口密度为150人/ km^2 ,高于全国平均值144人/ km^2 ;其中城镇人口为6421万人,城镇化率为53.7%。流域人口从1980年的8177万人增加到2016年的11957万人,36年来增加了3780万人。1980–2016年黄河流域人口变化特征见表2。

表2 1980–2016年黄河流域人口变化特征

年份	人口/ 10^4		人口年均 增长率/%	城镇化 率/%
	合计	城镇人口		
1980	8177	1452		17.8
1985	8771	1835	1.4	20.9
1990	9574	2215	1.8	23.1
1995	10186	2635	1.2	25.9
2000	10920	3112	1.4	28.5
2012	11664	5527	3.4	47.4
2016	11957	6421	0.6	53.7

注:表中人口年均增长率均以相邻上一计算年份为基准。

此外,2016年黄河流域GDP为 41275×10^8 元,为1980年(“八七”分水方案基准年)的45倍,年均增幅11.2%,其中30年来工业增加值增加了50倍。黄河流域各省(区)GDP变化特征雷达图分析结果见图3。图3显示,2016年流域内甘肃、山西、青海等省区GDP较1980年略微减少,流域内河南、陕西、山东、宁夏、内蒙古等省区GDP较1980年略微增加。

另外,黄河流域农田有效灌溉面积从1980年的 $4.33 \times 10^6 \text{ hm}^2$,增加到2016年的 $5.58 \times 10^6 \text{ hm}^2$,增长率达28.9%。1980–2016年黄河流域农业、工业和生活用水结构分布见图4。图4表明,流域1980年农业用水、工业用水、生活用水比例分别为87.0%、7.9%、5.1%,其2016年相应用水比例分别

为 71.7%、16.8%、11.5%。

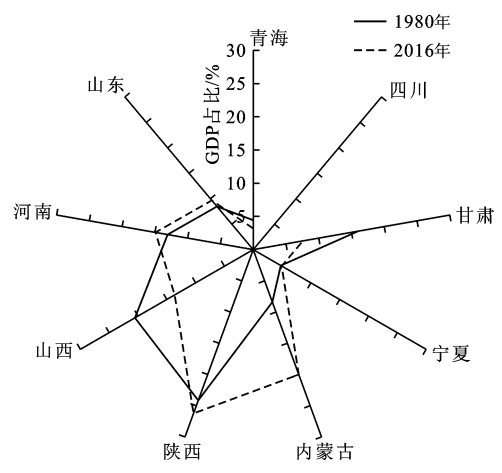


图 3 2016 与 1980 年相比黄河流域各省(区) GDP 变化特征

4.2 未来水资源供需分析

基于已有研究成果^[27-28],预计农田灌溉水利用系数提高到 0.61,工业用水重复利用率达到 95.6%,公共供水管网漏损率控制在 9%,由此计算黄河流域毛节水(用水节水)潜力为 $32.9 \times 10^8 \text{ m}^3$,

其中农业为 $28.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,工业和城镇生活为 $4.4 \times 10^8 \text{ m}^3$;按耗水量核算,黄河流域净节水潜力为 $24.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中农业为 $21.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,工业和生活为 $3.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。同时,预计 2016-2035 年黄河流域 GDP 将以 4.8% 的年均增长率稳步发展;2035 年总人口达 13 249 万人,城镇化率达到 70.9%,规划发展农田灌溉面积 $0.49 \times 10^6 \text{ hm}^2$,农田灌溉面积达到约 $6.07 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。考虑到 2016 年黄河流域河道外总需水量为 $492.87 \times 10^8 \text{ m}^3$,采取强化节水措施,预测黄河流域 2035 年河道外总需水量为 $548.22 \times 10^8 \text{ m}^3$ (见表 3),年增长率为 0.56%。

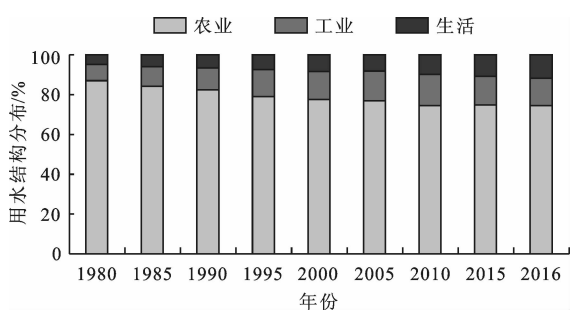


图 4 1980-2016 年黄河流域农业、工业和生活用水结构分布

表 3 黄河流域 2016 年河道外需水量及其 2035 年预测结果

流域水资源分区	年份	生活用水量/ 10^8 m^3	生产用水量/ 10^8 m^3			生态环境需水量/ 10^8 m^3	合计/ 10^8 m^3
			工业	农林畜牧	小计		
龙羊峡以上	2016	0.25	0.09	1.67	1.76	0.07	2.08
	2035	0.50	0.17	1.60	1.77	0.17	2.44
龙羊峡至兰州	2016	3.57	4.53	18.87	23.40	0.58	27.55
	2035	7.25	7.12	24.27	31.39	1.63	40.26
兰州至河口镇	2016	8.45	12.99	178.86	191.85	4.43	204.73
	2035	14.50	16.69	164.09	180.78	8.95	204.23
河口镇至龙门	2016	3.69	4.42	12.64	17.06	0.94	21.69
	2035	6.10	6.51	12.96	19.47	1.53	27.10
龙门至三门峡	2016	20.88	17.03	95.73	112.76	4.29	137.93
	2035	34.33	24.57	96.57	121.14	7.43	162.90
三门峡至花园口	2016	5.78	10.74	15.88	26.62	2.86	35.26
	2035	9.27	11.82	18.62	30.44	4.02	43.73
花园口以下	2016	4.23	4.60	47.87	52.47	1.31	58.01
	2035	8.96	5.94	45.00	50.94	2.34	62.24
内流区	2016	0.19	0.34	5.02	5.36	0.07	5.62
	2035	0.38	0.49	4.29	4.78	0.14	5.30
黄河流域	2016	47.04	54.74	376.54	431.28	14.55	492.87
	2035	81.30	73.31	367.40	440.71	26.21	548.22

在充分考虑黄河流域节水潜力的前提下,预测 2035 年黄河流域内多年平均需水量为 $548.22 \times 10^8 \text{ m}^3$,流域内国民经济缺水量为 $133.09 \times 10^8 \text{ m}^3$,缺水主要集中在龙羊峡至兰州区间、兰州至河口镇区间、

龙门至三门峡区间、花园口以下,缺水率分别为 19.4%、32.2%、19.0%、27.7% (如表 4 所示)。缺水行业主要集中在生活和工业,生活和工业缺水量为 $84.00 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

表 4 黄河流域 2035 年供需平衡预测分析

水资源分区	流域内需水量/ 10^8 m^3	流域内供水量/ 10^8 m^3				流域内 缺水量/ 10^8 m^3	流域内 缺水率/%
		地表水	地下水	其他	合计		
龙羊峡以上	2.44	1.97	0.12	0.03	2.12	0.32	13.3
龙羊峡至兰州	40.27	26.07	4.64	1.75	32.46	7.81	19.4
兰州至河口镇	204.23	105.51	27.91	5.04	138.46	65.77	32.2
河口镇至龙门	27.10	13.71	8.99	1.63	24.33	2.77	10.2
龙门至三门峡	162.90	79.97	44.41	7.54	131.92	30.98	19.0
三门峡至花园口	43.73	19.62	13.57	2.57	35.76	7.97	18.2
花园口以下	62.24	25.79	16.92	2.29	45.00	17.24	27.7
内流区	5.31	1.67	3.29	0.12	5.08	0.23	4.2
黄河流域	548.22	274.31	119.85	20.97	415.13	133.09	24.3

4.3 未来黄河流域水资源配置格局探究

未来黄河流域水资源配置思路变为:以可用水量合理规划城市群人口、城市和产业发展规模,控制用水过快增长;严格控制青铜峡、河套、宝鸡峡、汾渭平原、下游引黄等灌区(灌区分布见图 1)灌溉规模,调整种植结构,推进适水种植;对甘肃、宁夏、内蒙古及山东等超指标用水省(区),暂停新增取水许可,推行用水总量控制方案。因此,以规划工程生效前后探究未来黄河流域水资源配置格局。

(1)规划工程生效前。甘肃、宁夏、内蒙古及山东等省(区)存在超年度分水指标现象,水量统一调度以来年均超年度指标 $32.2 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中山东省年均超年度指标 $14.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。因此,规划工程生效前,黄河流域水资源配置应把水资源量作为最主要的刚性约束,合理分配水量、管住用水,确保河道不断流、水质不超标,保障黄河年均入海水量不低于 $150 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

(2)规划工程生效后。南水北调西线工程以及黑山峡和古贤水库生效后,构建“三线梯级、联调联供、节水充分、补短强管”的黄河流域水资源配置格局。“三线梯级”指构建以南水北调西线、中线、东线和黄河干流龙羊峡、刘家峡、黑山峡、古贤、三门峡、小浪底等 6 座控制性梯级调蓄水库组成的流域水资源配置工程体系;“联调联供”指通过“三线梯级”工程体系,强化黄河干流水资源精细化调度,优化河道水量时空分布,实现兰州、头道拐、潼关、花园

口、利津等主要断面过流需求,保障年均入海水量不低于 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$;“节水充分”指强化农业节水,加强灌区、企业节水改造,加大再生水、集蓄雨水、微咸水等非常规水源利用水平;“补短强管”指搭建大气-陆地一体化水文水质监测网络,严格监督考核,完善黄河干支流水量统一调度体系,细化分水,科学用水。

5 结 论

本文通过解析面向黄河流域的新战略和规划水利工程,分析其给流域水资源带来的可能影响,从而基于黄河未来水资源供需形势,探讨了黄河流域未来水资源配置格局,主要结论如下:

(1)2035 年,在黄河流域充分挖掘节水潜力情况下,流域内国民经济缺水量为 $133.09 \times 10^8 \text{ m}^3$,黄河水资源供需情势仍不容乐观。

(2)规划中的水利工程生效前,黄河流域水资源配置应把水资源量作为最主要的刚性约束,合理分配水量、管住用水,重点保证黄河年均入海水量不低于 $150 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

(3)在水资源刚性约束下,结合流域城市群发展要求,规划的水利工程生效后,黄河可通过构建“三线梯级、联调联供、节水充分、补短强管”的流域水资源配置格局,重点保证兰州、头道拐、潼关、花园口、利津等主要断面过流量需求,保障年均入海水量不低于 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

(4)构建大气-陆地一体化水文水质监测体系、加强节约集约用水、水量精细化调度、均衡配置水资源是未来黄河流域实现“强监管补短板”的重要手段。

参考文献:

- [1] 鲍振鑫,严小林,王国庆,等. 1956-2016年黄河流域河川径流演变规律[J]. 水资源与水工程学报,2019,30(5):52-57.
- [2] 吴晗,董增川,蒋飞卿,等. 黄河源区气候变化特性分析[J]. 水资源与水工程学报,2018,29(6):1-7.
- [3] 丛培月,牟献友,冀鸿兰,等. 基于Budyko假设的黄河下游非一致性径流模拟[J]. 水资源与水工程学报,2019,30(4):92-97+112.
- [4] 刘红珍,李保国,张学成,等. 黄河流域水文设计成果修订研究[J]. 水文,2019,39(2):81-85+96.
- [5] 马柱国,符淙斌,周天军,等. 黄河流域气候与水文变化的现状及思考[J]. 中国科学院院刊,2020,35(1):52-60.
- [6] 潘启民,宋瑞鹏,马志瑾. 黄河花园口断面近60年来水量变化分析[J]. 水资源与水工程学报,2017,28(6):79-82.
- [7] 董军,胡进宝,魏国孝. 大通河流域径流变化及特征分析[J]. 水资源与水工程学报,2018,29(6):75-80+87.
- [8] 王国庆,管晓祥,王乐扬,等. 气候变化和人类活动对黄河重点区间径流的影响[J]. 人民黄河,2019,41(10):26-30+39.
- [9] 杨思雨,姜仁贵,解建仓,等. 渭河上游径流变化特征及归因研究[J]. 水资源与水工程学报,2019,30(2):37-42.
- [10] 管晓祥,金君良,黄爱明,等. 黄河流域典型流域水文气象变化与径流过程模拟[J]. 水利水运工程学报,2019(5):36-43.
- [11] 刘昌明,田巍,刘小莽,等. 黄河近百年径流量变化分析与认识[J]. 人民黄河,2019,41(10):11-15.
- [12] 周鸿文,袁华,吕文星,等. 黄河流域耗水系数评价指标体系研究[J]. 人民黄河,2015,37(12):46-49+53.
- [13] LUO Dang, MAO Wenxin, SUN Huifang. Risk assessment and analysis of ice disaster in Ning-Meng reach of Yellow River based on a two-phased intelligent model under grey information environment[J]. Natural Hazards, 2017, 88(1):591-610.
- [14] 韩艳利,靳会蛟,高天立,等. 黄河流域重要水功能区水质达标及趋势分析[J]. 人民黄河,2018,40(3):68-71.
- [15] 汪银龙,冯民权,张杰. 基于相似流域法的SWAT模型模拟黄河中游无资料地区径流[J]. 水资源与水工程学报,2018,29(6):81-87.
- [16] 王梦园,解宏伟,赵杰,等. 基于SWAT模型的黄河源区径流模拟[J]. 青海大学学报,2019,37(1):39-46.
- [17] 武连洲,白涛,李强,等. 黄河上游梯级水库群调水调沙潜力初步研究[J]. 水资源与水工程学报,2016,27(6):130-133.
- [18] 陈康,苏佳林,王延贵,等. 黄河干流水沙关系变化及其成因分析[J]. 泥沙研究,2019,44(6):19-26.
- [19] 张丽洁,康艳,栗晓玲. 基于正态云模型的黄河流域水资源承载力评价[J]. 节水灌溉,2019(1):76-83.
- [20] 张金良. 黄河流域生态保护和高质量发展水战略思考[J]. 人民黄河,2020,42(4):1-6.
- [21] 张红武. 黄河流域保护和发展存在的问题与对策[J]. 人民黄河,2020,42(3):1-10+16.
- [22] 梁书民, RICHARD G. 南水北调西线工程线路设计优化方案探讨[J]. 水资源与水工程学报,2018,29(5):133-141.
- [23] 王煜,彭少明,武见,等. 黄河“八七”分水方案实施30a回顾与展望[J]. 人民黄河,2019,41(9):6-13+19.
- [24] 范磊,赵振宏,王旭升,等. 宁东能源化工基地水资源优化配置研究[J]. 水资源与水工程学报,2018,29(4):41-46.
- [25] 王慧亮,陈开放,李云飞,等. 中原城市群水资源综合调控方案与效果评价[J]. 人民黄河,2019,41(6):58-61.
- [26] 王旭强,周涛,袁汝华,等. 黄河黑山峡大柳树水利枢纽工程功能分析[J]. 水利经济,2018,36(2):59-61+85.
- [27] 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.
- [28] 彭少明,王煜,蒋桂芹. 黄河流域主要灌区灌溉需水与干旱的关系研究[J]. 人民黄河,2017,39(11):5-10.