

Change and Dynamic Evolution of Underground Water Resources In The Yellow River Basin In Recent 60 Years

Zhijin Ma¹ Bo Zhang²

1. Yellow River Hydrological and Water Resources Science Research Institute, Zhengzhou, Henan, 450004, China

2. Yellow River Water Conservancy Commission Yellow River Water Conservancy Science Research Institute, Zhengzhou, Henan, 450003, China

Abstract

From 1956 to 2016, the underground water resources in the Yellow River basin experienced significant changes. Based on the *National Water Resources Survey and Evaluation* and the *Water Resources Bulletin of the Yellow River*, this paper analyzed the changes in the Yellow River basin for more than 60 years. The results indicate that the groundwater resources in the Yellow River Basin have shown a significant downward trend; In plain areas, the recharge structure of groundwater has changed, with an increase in the proportion of precipitation infiltration recharge and a corresponding decrease in the proportion of surface water recharge; In hilly areas, the proportion of artificial discharge in groundwater discharge is increasing day by day; The changes in regional precipitation and the impact of human activities are the main reasons for the changes in the groundwater resources, supply, and discharge structure of the Yellow River.

Keywords

Yellow River basin; groundwater resources; dynamic evolution

近 60 年黄河流域地下水资源量变化及动态演变

马志瑾¹ 章博²

1. 黄河水文水资源科学研究院, 中国·河南 郑州 450004

2. 黄河水利委员会黄河水利科学研究院, 中国·河南 郑州 450003

摘要

1956—2016年黄河流域的地下水资源量经历了显著的变动, 论文依托《全国水资源调查评价》和《黄河水资源公报》等资料, 对黄河流域60余年的地下水资源量变化及其影响因素进行了分析。结果表明: 黄河流域地下水资源量呈现出明显的下降趋势; 在平原区, 地下水的补给结构发生了变化, 降水入渗补给量的比例有所增加, 地表水体的补给量比例则相应减少; 在山丘区, 地下水排泄量中人工排泄的比例日益增长; 区域性降水量的变化以及人类活动的影响是导致黄河地下水资源量及其补给与排泄结构变化的主要原因。

关键词

黄河流域; 地下水资源; 动态演变

1 引言

地下水是水循环中不可或缺的一环, 气候变化的影响和人类活动不断加剧, 导致了水循环、生态水文过程和水资源状况的显著变动^[1,2], 这些变化对地下水资源的量和质量造成了深远的影响, 给供水安全和生态安全带来了严峻的挑战^[3,4]。

本研究的目的是利用自 20 世纪 80 年代起水利部门所开展的三次全国性水资源评估, 以及历年发布的《黄河水资源公报》等数据资料, 对比分析 1956—1979 年、1980—

2000 年、2001—2016 年黄河流域地下水资源的储量、补给量以及排泄量, 并以不同时间段为序列进行深入探讨。通过这一比较, 探讨在气候变化和人类活动影响下黄河流域地下水资源量的演变规律, 揭示流域内地下水资源的新情况和新变化。

2 研究区概况与数据来源

2.1 研究区概况

黄河的发源地位于青藏高原巴颜喀拉山北麓海拔 4500m 的约古宗列盆地, 是中国第二大河, 流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南和山东九省(自治区), 在山东垦利县注入渤海, 流域总面积 79.58 万 km² (含内流区 4.23 万 km²)。

【作者简介】马志瑾(1983—), 女, 中国青海西宁人, 硕士, 高级工程师, 从事水文水资源研究。

黄河流域横跨四个地貌单元,分别为青藏高原、内蒙古高原、黄土高原和华北平原。流域地势西高东低,大体分为三个阶梯,每个阶梯独特的气候与自然景观,对该区域水资源形成演化都起着决定性的作用。

流域内平原区地下水以降水入渗、地表水体转化、山前侧向等方式补给,多以人工开采、潜水蒸发、河道排泄等方式排泄,有时也以侧向流出的方式补给其他区域的地表或地下水。

山丘区基岩裂隙水补给方式单一,以大气降水为主,多以河川基流、山前侧向补给或泉水形式排泄;山丘区岩溶水以大气降水和地表水渗漏为重要补给源,沿岩溶裂隙通道循环较深,多以大泉形式排泄,有时也以侧向径流形式补给地表水或其他含水层^[5]。

2.2 数据来源

文中所指的地下水资源量,是与当地降水和地表水体有直接水力联系、参与水循环且可以逐年更新的动态水量,且矿化度不大于 2g/L 的浅层地下水资源量。

分区地下水资源量由平原区和山丘区地下水资源量之和扣除其重复量求得。平原区地下水资源量采用补给法求得(主要包括降水入渗补给量、地表水体补给量、侧向补给量、井灌回归补给等);山丘区地下水资源量采用排泄法(主要包括降水入渗补给量、实际开采量、潜水蒸发、山前侧向流出、山前泉水溢出等)^[6]。

基础数据采用黄河流域 1956—2016 年系列的地下水资源量成果,其中 1956—1979 年数据采用第一次全国水资源调查评价中黄河流域成果,1980—2000 年数据采用第二次全国水资源调查评价中黄河流域成果,2001—2016 年数据采用第三次全国水资源调查评价中黄河流域成果^[6]。

在分析地下水资源量变化时,为与全国水资源评价系列一致,探究近年来地下水资源量、循环通量、补给排泄构成变化情况,将 1956—1979 年平均值作为基准期,将 1980—2000 年平均值和 2001—2016 年平均值作为对比期,分析流域内各个水资源二级区较基准期的变化^[6]。

3 地下水资源量变化

3.1 地下水资源量变化

1956 年以来,黄河流域地下水资源量时空分布发生了变化,总体呈明显减少态势。2001—2016 年平均地下水资源量为 405.76 亿 m³,比 1956—1979 年平均地下水资源量减少 41.31 亿 m³,比 1980—2000 年平均地下水资源量减少 11.44 亿 m³。

3.2 平原区地下水补给量变化

2001—2016 年平均平原区地下水总补给量为 166.97 亿 m³,较 1956—1979 年平均地下水资源量增加了 22.58 亿 m³,较 1980—2000 年平均地下水资源量增加了 5.03 亿 m³。

从各补给量动态变化分析,1956—1979 年平均值、

1980—2000 年平均值和 2001—2016 年平均值对比发现,降水入渗补给量呈增加趋势,增加 16.58 亿 m³,增幅 26%;山前侧向补给量先增加 9.89 亿 m³,后减少 0.89 亿 m³,总体增幅 107%;地表水体转化补给量呈减少趋势,减少 6.37 亿 m³,减幅 10%;井灌回归补给量呈增加趋势,增加量分别为 2.74 亿 m³ 和 1.23 亿 m³,增幅分别为 47% 和 17%。

3.3 山丘区地下水排泄量变化

2001—2016 年平均山丘区地下水总排泄量为 245.22 亿 m³,较 1956—1979 年平均山丘区地下水总排泄量减少了 72.65 亿 m³,较 1980—2000 年平均山丘区地下水总排泄量减少了 19.57 亿 m³。

从各排泄项动态变化分析,1956—1979 年平均值、1980—2000 年平均值和 2001—2016 年平均值对比发现,天然河川基流量呈减少趋势,减少 72.65 亿 m³,减幅 27%;开采净消耗量呈增加趋势,增加 20.74 亿 m³,增幅 1329%;潜水蒸发量减少,减少 0.04 亿 m³,减幅 17%;山前侧向流出量先增加 9.62 亿 m³,后减少 1.34 亿 m³,总增幅 60%;山前泉水溢出量显著减少,减少 3.72 亿 m³,减幅 92%。

3.4 地下水补给量、排泄量构成变化

平原区地下水补给量构成发生了变化,1956—1979 年平均值、1980—2000 年平均值和 2001—2016 年平均值对比发现,降水入渗补给量占总补给量的比重增大,从 1956—1979 系列的 44%,先增加到 47%,后增加到 48%;地表水体补给量占总补给量的比例减小,从 1956—1979 系列的 46%,先减少到 38%,后减少到 36%;山前侧渗量占总补给量的比例,从 1956—1979 系列的 6%,先增大到 11%,后减小到 10%。

山丘区地下水排泄构成发生了变化,1956—1979 年平均值、1980—2000 年平均值和 2001—2016 年平均值对比发现,天然河川基流量占总排泄量的比重,从 1956—1979 系列的 93%,先减小到 79%,后增加到 82%,总体减小;开采净消耗量占总排泄量的比例明显增大,从 1956—1979 系列的 1%,先增大到 7%,后增大到 9%;山前侧向流出量占总排泄量的比例也明显增大,从 1956—1979 系列的 5%,先增大到 8%,后增大到 9%^[7]。

4 影响因素分析

4.1 降水变化

黄河流域 1956—2016 年系列年均降水量 452mm,总体趋势平稳,但是在区域分布上有些许变化(见表 1),与 1956—1979 年系列年均降水量相比,黄河源区地区的降水量明显增加,宁蒙河段与黄河中下游区域降水量明显减少;与 1980—2000 年系列年均降水量相比,降水量增多,山陕区间上部与黄河内流区间增多尤为显著。

黄河流域局部区域雨量与雨强的改变,导致降水入渗补给量改变,从而影响地下水资源数量^[8,9]。

表1 黄河流域年均降水量变化情况

水资源二级区	不同评价期年均降水量/mm			变化分析			
	1956—1979年	1980—2000年	2001—2016年	变化量(亿m ³ /a)	变化率(%)	变化量(亿m ³ /a)	变化率(%)
	①	②	③	③-①	(③-①)/①	③-②	(③-②)/②
龙羊峡以上	478	494	506	28	6	12	2
龙羊峡至兰州	507	495	510	3	1	15	3
兰州至河口镇	271	251	258	-13	-5	7	3
河口镇至龙门	460	412	472	12	3	60	15
龙门至三门峡	559	524	536	-23	-4	12	2
三门峡至花园口	668	633	647	-21	-3	14	2
花园口以下	669	610	643	-26	-4	33	5
内流区	292	261	280	-12	-4	19	7
黄河流域	461	438	457	-4	-1	19	4

4.2 人类活动

4.2.1 人类活动对地下水补给量的影响

第一,对于地表水体补给量的影响,不同于陈飞等提出的由于灌溉面积迅速发展,灌溉用水量明显增长,地下水灌溉渗漏补给量随之增大^[6]。黄河流域地表水体补给量呈减少趋势,减少的原因主要集中两方面:一是宁蒙河段灌溉用水量减少,自1998年发布《黄河水资源公报》以来,宁夏农田灌溉用水从1998年的81.73亿m³到2020年的56.18亿,减少25.55亿,减幅达31%,地表灌溉用水量的减少,从而渠系渗漏补、渠灌田间入渗补给量大幅减少,再加上大规模推广田间节水灌溉技术,从而导致了地表水体补给量^[10];二是下游河段河道下切(据2022年新华社消息,自2002年以来,通过持续开展黄河调水调沙,黄河下游河道主河槽不断萎缩的状况得到初步遏制,下游河道主河槽逐步下降,河道的主河槽平均下切了2.6m,河道下切改变河道渗漏条件),导致黄河下游河段河道渗漏量明显减少。

第二,由于煤炭开采、疏干排水等人类活动干扰,部分地区地下水水位大幅下降^[6]。当地下水位降低时,雨水渗透到地下的过程会变得更加缓慢,导致降水入渗的补给效率降低,在相同的降雨条件下,由于入渗补给系数的减少,降水入渗所能补给到地下水的量也会显著减少。由黄河流域的降水入渗补给量—降水量关系可以得出,2001—2016年相比于1956—1979年和1980—2000年,在相同降水条件下降水入渗补给量明显减少^[11,12]。

4.2.2 人类活动对地下水排泄量的影响

地下水开采量的快速增大,导致河川天然径流量减少并改变了山丘区地下水排泄量构成。

5 结论

①与1956—1979年、1980—2000年系列相比,2001—2016年黄河流域地下水资源数量减少。其中,平原区地下水资源量基本稳定,山丘区地下水资源量减少趋势显著。

②平原区地下水补给构成发生了变化,降水入渗补给量占比增大,地表水体补给量占比减小。

③山丘区地下水排泄构成发生了变化,天然河川基流量占比减小,开采净消耗量与山前侧向流出量占比明显增大。

④降水量区域性改变、人类活动是黄河流域地下水资源量变动及其补排结构变化的关键驱动力。

参考文献

- [1] 李原园,曹建廷,沈福新,等.1956—2010年中国可更新水资源量的变化[J].中国科学:地球科学,2014,44(9):2030-2038.
- [2] 张建云,王国庆,金君良,等.1956—2018年中国江河径流演变及其变化特征[J].水科学进展,2020,31(2):153-161.
- [3] 王国庆,张建云,管晓祥,等.中国主要江河径流变化成因定量分析[J].水科学进展,2020,31(3):313-323.
- [4] 张建云,贺瑞敏,齐晶,等.关于中国北方水资源问题的再认识[J].水科学进展,2013,24(3):303-310.
- [5] 石建省,张发旺,秦毅苏,等.黄河流域地下水资源、主要环境地质问题及对策建议[J].地球学报,2000(2):114-120.
- [6] 陈飞,徐翔宇,羊艳,等.中国地下水资源演变趋势及影响因素分析[J].水科学进展,2020,31(6):811-819.
- [7] 钱家忠,吴剑锋,朱学愚,等.地下水资源评价与管理数学模型的研究进展[J].科学通报,2001(2):99-104.
- [8] 潘启民,曾令仪,何丽.黄河流域浅层地下水资源量及可开采量分析[J].人民黄河,2007(1):47-49+80.
- [9] 潘启民,张如胜,李中有.黄河流域分区水资源量及其分布特征分析[J].人民黄河,2008(8):54-55.
- [10] 吴彬,杜明亮,穆振侠,等.1956—2016年新疆平原区地下水资源量变化及其影响因素分析[J].水科学进展,2021,32(5):659-669.
- [11] 贾建伟,王栋,何康浩,等.长江流域地下水资源量分布特征及开采潜力分析[J].人民长江,2021,52(9):107-112.
- [12] 韩双宝,李甫成,王赛,等.黄河流域地下水资源状况及其生态环境问题[J].中国地质,2021,48(4):1001-1019.