

气候变化对黄河治理影响研究成果的 简要回顾与评述

高治定

(离退休管理部)

〔摘要〕 近10多年来结合黄河流域治理问题,开展了一些有关气候回暖变化影响等方面的研究。主要内容包含两个方面:一是气候回暖变化对流域治理的影响与应对;二是结合工程水文分析计算问题,开展了一些有关气候变化与黄河干流径流、洪水(包括凌汛)等水文情势关系研究。本文在概要归纳气候变化与黄河流域治理几项研究成果基础上,就成果特点、存在问题和需要加强研究的问题,进行了简要评述。

〔关键词〕 气候变化 气温 降水 径流 洪水 极值事件

气候回暖变化影响是世界性的一个热门话题,其对自然环境、特别是对人类生活环境带来重大影响,对社会经济各方面也将带来不同程度影响,其影响是利、有弊。近些年来,国家先后颁布3次有关气候变化评估报告,在黄河治理中已引起有关部门领导的重视。目前,在流域规划与水利工程规划、设计、施工与管理中,有关气候变化对水文情势影响和相应应对措施,应是在这些方面的工作中,需要予以关注的问题。

近10多年来在这方面已开展的几项研究,主要有:一是探讨气候变化对流域治理中主要影响方面,并提出一些需要加强研究的问题;二是利用黄河历史径流、洪水信息资料研究成果基础上,研究不同时间尺度气候阶段气候特点与黄河上中游地区一些径流、洪水极值事件关系;三是初步研究近300 a来气候变化与相应径流、洪水关系,并初步预测21世纪初20~30 a水文情势变化;四是在黄河上游地区,较全面研究气候回暖变化与影响内蒙古河段凌汛的各类因子关系,提出一些应对措施,来用于生产实践。但总体看,认知还比较浮浅,本文在概要归纳各项研究成果基础上,从思路、方法、内容上加以初步总结,找出问题,探索需要继续加强研究的问题,以期进一步推动这方面的研究。

1 成果内容简要回顾

1.1 气候变化对黄河流域规划治理影响研究

在文章中^{〔1-2〕},利用中国科学家在气候变化评估报告等研究成果基础上,初浅探讨了近100 a来黄河水文情势变化一些特点与我国同期气候变化过程关系:一是20世纪20~40年代及80年代后期气温回暖期,黄河流域径流主要表现为持续偏少特征,且后段更为典型,径流持续减少与气候变化是否有密切联系;二是关于区域性或局地暴雨洪水的“极值事件”频繁出现情况是否具有什么样的气候变化背景关系;三是20世纪80年代后期至今,气温持续回升,特别是冬季气温回升幅度较大,但从20世纪90年代以来,内蒙古河段封河期冰塞出现频繁、形成的灾害比较严重,是否与目前气候回暖变化有一定联系。以上现象均是今后值得研究的问题。

由此,建议加强以下三个方面11个问题的研究:

第一个方面:加强黄河流域水文情势的长期基本演变与气候变化规律关系研究。①近100 a黄河流域水文情势(径流、洪水、泥沙、冰情等)变化的基本特点与极值出现情况与气候变化关系。②近300 a黄河水文情势(径流、洪水、泥沙、冰情等)的基

作者简介:高治定(1939),男,江苏省南京市人,教授级高工,从事水文分析计算工作。

本特点与极值出现情况与气候变化关系;

第二个方面:加强黄河流域气候变化对流域水文情势变化监测与分析研究。①加强黄河上游多年冻土变化、地下水位、地表植被变化的监测与分析,20世纪80年代以来兰州以上各分区、不同典型年份下垫面卫星图片解译对比资料分析。②50 a来气候变化对黄河各分区径流、洪水、泥沙等水文情势变化(平均、极值)影响的监测分析。③50 a来气候变化对黄河主要支流径流、洪水水文情势变化(平均、极值)影响的监测分析;④过去50 a间,不同年代冬天气候变化,对河道冰凌洪水的影响监测分析;

第三方面:加强未来气候变化对黄河水文情势可能影响及相应应对措施研究。①未来黄河上游河源区的气候变暖,对河源区径流、洪水的影响及对上游干流梯级开发的影响。②未来气候变化对黄河中游各类型、各等级暴雨规律性影响,及对黄河中游中常洪水的影响,由此对防洪应对措施的可能影响。③未来冬季气温在较大幅度升高时,对黄河各河段冰情的影响,以及对有关工程设计与运用中有关防凌措施及其运用方式的影响。④气候变化导致海平面上升,对黄河河口水文情势变化及河口治理的影响。⑤南水北调西线工程年调水量200亿 m^3 ,对黄河上游地区气候环境可能带来的影响,及相应应对措施问题。

近些年来,已陆续开展了一些专题研究。

1.2 黄河流域近300 a来水文情势及其变化规律研究

涉及两个成果^[3-4]:①利用谱分析方法分析了黄河上游兰州274 a径流量系列^[3]。结果表明,满足显著性检验标准($\alpha=0.05$)的周期有135 a、22.5 a、9 a、4.5 a、3.6 a、3.1 a周期。根据这个分析认为,从20世纪90年代初开始至今的黄河上游径流总体持续偏少情况,是黄河上游径流周期变化的结果;②利用建立的1770—1989年河一三间年区域性暴雨等级指标系列^[4]。将等级指标的原始系列进行五点三次平滑,进行谱分析。由此分析确定,显著周期有107.5 a、53.7 a、13.4 a、10.2 a、16.5 a和11.3 a等6个周期。由此推论,近两个世纪中期都是区域性暴雨偏多时期,而目前情况正处于一个偏少时期(指20世纪90年代初期)。按这一趋势外

延,则未来20~30 a间,河一三间区域性暴雨仍然偏少。经过近20 a来实践,在一定程度上验证了当时的分析预测结果是正确的。

1.3 气候变化与黄河上中游水文极值事件影响关系研究

这方面研究分两个气候时段层次来分析并相应黄河上中游水文极值事件关系^[5-6]。

其一,黄河干流特大洪水、径流极值事件与从中晚全新世以来以千年、百年、几十年气温变化背景特征条件进行对比分析,主要认识有以下几点^[5]。

1)中、晚全新世以来不同历史时段,黄河上中游洪水、年径流极值事件,与出现在不同时间尺度的范围内的气候背景条件具有一定共性:一是在气候偏冷、冷暖变化比较大的时期,均出现较多不同水平的旱涝与洪水的极值事件;二是在气温明显偏高期间,且气温波动比较平缓时期,类似的极值事件明显偏少、程度偏小;三是在气温明显偏高期,当出现较大气温波动时,出现特大洪水的几率增加,极值程度也有所提高。

2)黄河上游兰州与中游三门峡站及三一花间不同时期径流、洪水极值事件水平与频率出现的气候背景情况仍有一定差别。如三门峡站在中全新世高温期出现急剧气温波动期间,出现数次1000年一遇以上水平的特大洪水,在小冰期中的第三冷期旱、涝与洪水极值事件水平高、频率多,比较突出。兰州站出现时间与冷暖关系比较分散。三一花间洪水极值事件易出现在冷暖转换期或偏暖期。

3)近100 a来,人类活动造成的气候回暖效应背景下,黄河上中游持续干旱、特大暴雨洪水事件频率与强度有所增加情况,也有所反映。主要表现在兰州站与三门峡站年径流量持续偏枯时间达11 a情况,且三门峡站20世纪90年代后期又出现持续9 a偏枯水年。另外,三一花间近60 a来,连续出现3次以上径向型较大暴雨洪水极值事件。这些均为过去几百年少见。

4)根据有关研究,认为黄河流域在大暖期,年降水比现代多300 mm以上。这样,在持续高温气候背景下,黄河流域年径流量可能明显比现代偏多,但汉唐时期高温背景下,可能并未出现这类情况。

其二,近65 a来(1951—2015年)中国气候变

化对黄河干流水文极值事件影响关系研究^[6]。

1) 气候变化主要特点:近65 a来中国平均气温比近千年来历史气温高;1951—1985年期间,全国年平均气温缓慢波动回升,1986—2015年段迅速回升;后年段与前年段相比,极大、极小值均有所提升,但两个年段最大与最小年平均气温差值相当;近65 a来全国年平均降水总量略呈下降趋势,1986—2015年气候回暖情况下,降水总体略有减少;近65 a来黄河流域气候变化特点与全国气候变化趋势基本一致,但气候回暖变化中的不确定性在黄河中上游表现更为敏感。

2) 近65 a来气候变化与黄河上中游径流、洪水极值事件关系分析要点。

(1) 不同时间尺度气温变化与大气环流的变化紧密相联系。概况看全球气候持续回暖背景下,是大气环流发生调整的结果。对中国而言,暖期与寒冷期相比,冷空气南下势力有所减弱,有利于西南暖湿气流北上。这对黄河中上游而言,有利于夏季降水增加。但在回暖背景条件下,大气环流形势变化还存在相当的不确定性。因此,在一个固定区域降水时空变化还存在相当不确定性。

(2) 利用100 a、30 a、10 a和年的不同时间尺度气温变化情况,与黄河径流、洪水不同时间尺度极值事件具有一定对应关系,在一定程度上,回答了不同时间尺度气候变化的可能影响,为今后变化预测可提供一定参考。

(3) 降水是构成径流、洪水的基本因子,但气温条件对其的间接与直接影响也是存在的。分析表明,1991—2010年黄河上中游各区间天然年径流量比前35 a平均减少在15%以上,其中以龙—三区间该年段平均年径流量较相应前年段均值减少最多,达34.9%。相应各区间第二年段平均年雨量较第一年段平均年雨量减少在5%左右。可见,降水减少仅是径流减少的重要原因之一,但气候变化影响产流条件的变化,致使降雨径流关系恶化,也是一个重要因素。

(4) 检查1952—1985年与1986—2006年黄河中游河—龙区间、龙—三区间和三—花区间三个大区间区域性暴雨特征指标。三区间各等级大面积日暴雨出现频数来看,第二年段少于第一年段,尤以

河—龙区间最为明显。各区间日暴雨50mm最大面积,两个年段相差不大,但三—花区间最大日暴雨中心量级及最大日暴雨面积均以第一年段较第二年段大。这两个区域暴雨强度与暴雨区范围与频次减少,影响到洪水峰与短历时洪量极值水平减小,但干流年径流量减少,对汇集干流洪水坦化也应有影响。

(5) 气温升高,对各区间年径流的影响是一个新问题。对此问题,在研究西线南水北调中,由中科院寒旱所对长江上游源区气候回暖对降雨径流关系恶化原因进行了专题研究,指出20世纪90年代以来高原气候回暖,水面蒸发还有所减小的情况下,主要是青藏高原冻土退化及草原干旱化,导致下渗损失增加,是导致降雨径流关系恶化的直接原因。这可用来解释黄河上游降雨径流恶化的原因。

(6) 气候回暖对黄河中游各区间降雨径流关系影响问题尚缺乏深入研究。除增加水利水保措施作用外,降水变化尚不大的情况下,气温增高应有利于植被生长。近些年来黄土高原植被生长情况已有明显好转,这可加强拦蓄,使下渗作用增强,则有利于缓解超渗产汇流作用,这样降雨径流关系和暴雨洪水关系均产生影响。对此问题还需要进行进一步研究。

1.4 气候变化和人类活动与宁蒙河段凌汛关系研究

文献中^[7-9],在概括近60 a来黄河上游气候变化基本特点基础上,从不同侧重面将降水、气温和上游大型水库运用、灌溉用水和宁蒙河道冲淤变化等各项因子综合在气候变化基本背景情况下来进行研究,现概要综合其中气候变化与宁蒙河段凌汛关系研究方面的成果如下。

其一,气候变化与影响凌汛的因子关系研究。

1) 气候变化对黄河兰州以上各区间年及凌汛期来水影响。经统计分析,近20 a来唐乃亥以上年雨量比1956—1990年均值减小1.2%,但天然年径流量减少幅度达16.6%,兰—唐区间同期年雨量比1956—1990年均值减小3.3%,相应年径流量减少12.7%。近20 a来,唐乃亥以上和兰州以上降雨径流关系均有所恶化。

2) 综合分析影响凌汛的热力因子,包括气温与

水温两个方面。经分析,水库下泄水温增高,对宁夏河段凌汛虽产生比较明显影响,但还主要受宁蒙河段冬季严寒气候条件控制。随气候变化,特别是近20 a来凌汛期气温增高趋势的影响,以及在凌汛期不同阶段出现了一些异常冷暖变化过程,均对宁蒙河段凌情造成直接影响。

3)龙、刘水库年内、年际调节,导致宁—蒙河段河道冲刷的天然来水条件由2年一遇,提高到相当4~5年一遇年径流量水平,加大了河道淤积的可能性。

其二,近20 a来气候变化对宁—蒙河段凌汛的影响。

1)总体看水量明显偏少的1991—2010年凌汛期兰州水量平均达76.2亿 m^3 ,12月—次年3月上旬为45.3亿 m^3 ,仅比1968—1986年段分别减少2.1亿 m^3 、2.3亿 m^3 。这为流凌封河期冰塞壅水形成、稳封期槽蓄水增量加大、开河期防凌负担增加,形成较不利的水量条件。

2)在1956—1990年的天然情况下,有8 a汛期可形成较大洪水过程,冲刷宁—蒙河段,但因气候回暖变化、水库调节等人类活动影响,1987—2010年仅有一年出现主槽冲刷情况,致使河道主槽淤积不断加重,冰下过流能力明显削减,最大槽蓄水增量增加、壅水上滩,封、开河期水位偏高,凌情形势仍处于严峻状况。

3)冬季气温回暖趋势明显,但封、开河期出现一些异常升降温极值事件,为综合防凌提供了难以克服的困难。

4)近20 a来气候变化与水库调度及用水增加等综合影响,对宁—蒙河段凌汛形势最为不利的影响,就是主槽平滩过流能力大幅削减。

其三,未来气候变化对宁—蒙河段防凌影响及应对措施。

1)气候变化对宁—蒙河段防凌影响。根据2011年国家气候变化第二次评估报告指出,未来10~20 a间,现状回暖形势还将持续,气温会继续升高,故降雨径流关系恶化的形势还将继续维持,且有进一步恶化的可能性。未来降水量变化,“北方降水会有所增加,但可靠性低”。另外,现从2005—2012年黄河上游降雨呈波动缓慢递增形势外推,从

降雨变化规律看,未来再继续5~10 a降雨可能将有所减少,如从近2~3 a天然年径流量增加的情况看,再继续维持增高的几率较小。另外,河道在现状气候回暖情况下,近6 a来年雨量偏多4.7%,平均年径流量335.7亿 m^3 ,但水库调节与灌溉用水增加,明显削减大流量量级与相应日数,无河道冲刷的洪水过程。如回复到20世纪70—80年代降雨偏多水平,天然年径流量仍有相当削减,加上水库调节和耗水增加,造成汛期水量大幅减少,凌汛期水量增加的情景格局下,宁蒙河段凌汛形势依然严峻情况仍将持续下去。

2)应对措施。一是针对气候回暖对降雨径流关系恶化影响,以及灌溉用水增加,需要通过从长江源区调水补充。二是在不影响现状上游干流梯级水库应用方式的情况下,在其下游河段增加大型水库,进行水量反调节,在一定程度上恢复宁—蒙河段河道冲刷的大洪水过程。具体讲,凌汛期可根据宁—蒙河段主槽冲刷情况及河道平滩过流能力变化,采用较安全的防凌调控运用方式。为此,可利用黄河宁夏河段上游的黑山峡河段有利地形条件,再建一座大型水库,对黄河上游水量进行再调节。三是非凌汛期适时进行调水调沙,下泄大流量过程冲刷主河槽。在较大恢复平滩过流能力条件下,如有必要,还可在凌汛期适当加大下泄流量,进一步满足发电需求。

2 成果综合评述

2.1 主要成果

1)根据国家气候变化影响评估报告及有关研究部门相关成果,首先针对治理黄河问题,在较宽范围内,初次探讨有关气候变化对黄河治理的可能影响方面和需要加强研究的问题。

2)结合参与流域规划与工程水文分析计算的任务要求与以往有关水文信息资料收集与整理条件,从较长期径流、洪水演变规律研究着手,将气候变化对水文情势影响问题联系起来,获得一些初步认识。

3)将历史与实测气温变化基本规律做背景,初步分析了千年、百年至几十年时间尺度气温变化与不同时期极值水平的洪水、年径流量极值事件的关

系,为今后气温进一步升高,对黄河干流径流、洪水极值事件影响预测提供了有益参考。

4)在黄河上游地区将近60多年来气温与降水按30 a、10 a与年际尺度变化,及其它人类活动影响联合起来研究,分别探讨了黄河上游径流、洪水变化及对当今内蒙河段凌汛影响,初步尝试将气候回暖变化与黄河治理具体问题综合联系起来进行研究。通过对黄河上游产流规律影响基础上,与其它水库调度等常规分析结合起来进行防凌综合研究,在研究思路是一种新的尝试。

2.2 存在问题

1)对气候变化原因与规律还缺乏较深入了解。如利用插补的历史年径流系列和区域性暴雨等级指标系列,仅通过统计分析计算,外推未来几十年变化,这是一种传统水文统计分析,对现今因人类活动带来气候回暖变化影响未能考虑,加上其它人类活动对产汇流的影响,故今后仅用现有水文系列统计分析外推结果的不确定性较大。

2)在研究不同气候背景尺度下,黄河上中游控制站与区域年径流、洪水极值事件与气温冷、暖变化关系认知限于较粗浅定性认识,还需要与气温量化关系上,加强研究。

3)在气候变化与宁一蒙河段凌汛关系与应对研究中,是一次将降水、气温两主要气候变化因子联系起来,并与水利工程规划、设计、管理与运用综合研究,取得一定效果,但在气温变化对黄河上游下垫面产流规律影响,主要依据一些研究部门分析成果,还缺乏较系统、多项观测分析资料支撑,特别是缺少风速、蒸发、地温等方面系统分析资料支撑。另外,在今后气温继续不同程度回暖的情况下,黄河上游降雨径流关系是否稳定,还需要今后不断验证。

2.3 需要加强研究的问题

1)限于认识水平和客观条件限制,在将不同时间尺度气温变化与黄河水文情势变化联系起来研究思路与方法上,还处于摸索阶段。这方面需要加强与有关部门合作,加强对气候变化成因规律认识,进一步探讨气候变化对黄河水文情势影响研究。

2)加强影响黄河上、中游地区产流、汇流规律的自然环境变化的资料收集与整理,包含气候变化(降水、气温、风、湿度、蒸发、地温等)、下垫面变化(冻土变化、地下水位、地表植被变化,以及农田和

水利工程)等。

3)随气温继续回暖变化,未来数十年间,中国年平均气温可能达到或甚至超过汉唐时期高温气候背景条件,同时还可能出现年际间气温的急剧较大波动变化,可能带来对黄河水文情势较重大影响,对现有洪水与年径流计算系列的代表性、稳定性的可能影响及对已采用的设计洪水、设计年径流量成果可能的影响均需要予以关注和加强研究的问题。为此,需要继续在黄河中上游多年来气温升高背景条件下,以及期间水沙规律变化影响的基础上,借助中全新世大暖期和晚全新世汉唐时期高温气候的背景条件及黄河水沙变化特点,进一步加强对今后气候回暖情况下水沙变化规律影响的研究。

4)加强对气候回暖过程中,对大气环流可能影响,从成因分析基础上,来分析可能出现的年际气温急剧波动及对可能出现的水文极值事件影响关系研究。

参考文献

- [1] 高治定,苗鸣,王莉,马迎平. 21世纪气候变化预测及流域规划治理中应对影响研究初探[J]. 黄河规划设计, 2009, (2), 1-4.
- [2] Gao Zhiding Lei Ming Wang Li Ma Yingping. Forecasting of Climate Changes in the 21st Century and Its Influences on River Basin Planning 第四届黄河国际论坛, 2009, 11.
- [3] 李伟琛, 闫观清, 李保国, 高治定. 黄河流域近300年来水文情势及其变化[J]. 人民黄河, 2009.
- [4] 高治定, 李文家, 李海荣. 黄河流域暴雨洪水与环境变化影响研究. 黄河水利出版社, 2002. 12, P249-253.
- [5] 高治定. 气候变化对黄河上中游水文极值事件影响关系初探[J]. 黄河规划设计, 2016, (4), P5-8.
- [6] 高治定, 常凤兰. 浅议近65年来中国气候变化对黄河干流水文极值事件影响[J]. 黄河规划设计, 2017, (2).
- [7] 高治定, 宋伟华. 宁蒙河段冬季气温状况与水库防凌调度关系研究[J]. 黄河规划设计 2013, (1), P6-8.
- [8] 高治定, 苗鸣. 气候变化与宁蒙河段凌汛关系研究[J]. 黄河规划设计, 2014, (3), P1-4.
- [9] 高治定, 鲁俊. 气候条件与人类活动对黄河宁蒙河段冲淤变化影响[J]. 黄河规划设计, 2014, (1), P6-9.