

近期黄河入海水量减少成因分析

茹玉英, 王开荣, 高际平, 连慧君

(黄河水利科学研究院, 河南 郑州 450003)

摘要: 利用黄河入海控制站利津的实测水文资料及黄河流域的降水和人类活动影响的相关资料等, 分析了近期黄河入海水量变化的特征及变化的原因。结果表明, 1986 年以来黄河入海水量大幅减少, 断流现象突出等, 与其以前相比, 入海水量减少 64%; 在减少的水量中, “准自然因素影响”约占 55%, 引黄用水约占 31.5%, 其它人类活动影响约占 13.5%。

关键词: 黄河; 入海水量; 人类活动; 准自然因素影响

中图分类号: P737.14 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2006)03-0030-05

1 近期黄河入海水量变化特征

1.1 入海水量持续减小, 年际变幅减小

1986 年以后, 黄河入海水量明显减小, 并呈逐年减少的趋势(图 1)。1956~1985 年为 401.0 亿 m^3 , 而 1986~2000 年减少到 143.8 亿 m^3 , 减水量 257.2 亿 m^3 , 减幅达 64%。按照丰、平、枯水年的划分标准^[1], 1986 年以前, 丰(水量 $W>362$ 亿 m^3), 平(235 亿 $m^3<W<362$ 亿 m^3), 偏枯水年(124 亿 $m^3<W<235$ 亿 m^3)交替出现, 无特枯水年($W<124$ 亿 m^3)出现, 1986 年以后, 仅 1989 年为平水年, 其余年份均属于偏枯及特枯水年, 尤其是 1997~2002 年属于连续特枯水年, 1997 年水量只有 18.6 亿 m^3 , 为 1950 年以来最枯的一年, 1999~2002 年年水量均小于 65 亿 m^3 。

1986 年以前, 最大年径流量为 973 亿 m^3 (1964 年), 最小 91.3 亿 m^3 (1960 年), 相差 881.7 亿 m^3 ; 而 1986 年以来, 最大和最小年径流量分别为 264.4 亿 m^3 (1990 年) 和 18.6 亿 m^3 (1997 年), 相差 245.7 亿 m^3 , 年际绝对变幅减小。

1.2 断流现象突出

黄河口断流现象历史上也曾屡次发生, 20 世纪 70 年代发生断流的年份较多, 但是每年断流时间均较短, 断流天数最长的达 20 d 多, 1986 年以后, 断流现象突出, 1987~1998 年连年发生断流现象, 且断流时间增长, 1997 年度断流达 226 d, 断流地点上延至夹河滩, 断流长度达 700 km, 占下游河长 786 km

的 90%。河口段已成为汛期洪水期过水, 非汛期断流的间歇性河道。1999 年以后, 由于人为干预, 防断流措施实施, 断流现象没有再发生。

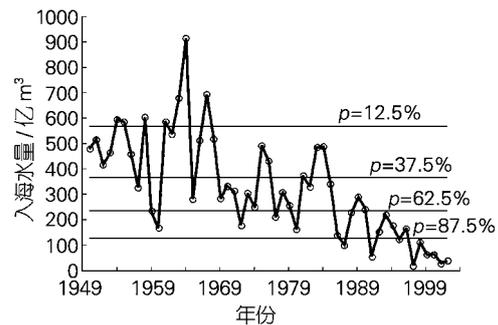


图 1 实测入海水量逐年变化过程

Fig.1 Yearly change in measured flow volume to the Yellow River estuary

1.3 小流量出现几率增大

500 m^3/s 以下流量出现的几率增大, 由长系列

收稿日期: 2005-07-15; 修回日期: 2005-09-13

基金项目: 国家自然科学基金委员会、水利部黄河水利委员会黄河研究联合基金项目(50339050)

作者简介: 茹玉英(1960-), 女, 河南浉池人, 高级工程师, 主要从事水文泥沙研究, 电话: 0371-66024448, E-mail: ruyymm@yahoo.com.cn

(1950~1985年)的年均108.6 d增加到1986年以后的265.65 d,即全年有72.8%的时间出现该流量级。其它各级流量出现几率均减小,较明显的为2000~3000 m³/s、大于3000 m³/s及大于5000 m³/s 3个流量级,长系列年均出现的天数分别为38.61、40.36及10.31 d,而1986年以后分别缩短到9.1、9.4及0.18 d。

黄河入海水量的变化特征,受制于自然因素和人类活动影响的变化。自然因素的影响主要是黄河流域1986年以后降雨减少以及下垫面变化引起的降雨径流关系发生一定变化,导致天然径流量减小,进而引起了入海水量的减少;人类活动的影响主要是工农业用水的增加、大力开展水土保持措施及兴修水利工程

等也导致入海水量减少,各因素对减少水量所起的作用分析如下。

2 自然因素对黄河入海水量减少的影响

黄河流域各年代降水量见表1^[2]。通过对比可以看出,20世纪50,60年代偏丰,70,80年代平水,90年代偏枯。1986年以来,降水量偏少的幅度有所增大,1986~2000年与其以前(1956~1985年)相比,全流域降水量减少了8.3%,其中河口镇~花园口间降水量减少幅度最大,达到11.2%~12%。

表1 黄河流域二级区不同时段年降水量

Tab.1 Annual mean rainfalls in various regions of the Yellow River basin

年份	降水量 (mm)								
	龙羊峡 以上	龙羊峡 ~兰州	兰州 ~河口镇	河口镇 ~龙门	龙门 ~三门峡	三门峡 ~花园口	花园口 以下	内流区	黄河流域
1956~1959	461.3	477.3	285.5	512.6	583.9	740.5	702.7	287.9	475.9
1960~1969	494.9	491.0	273.8	462.3	576.8	687.6	684.1	305.1	469.5
1970~1979	482.7	487.1	265.9	429.4	530.8	641.9	649.5	274.2	444.7
1980~1989	507.9	479.3	239.4	414.8	551.6	667.0	568.3	252.0	443.3
1990~2000	469.5	461.0	258.7	399.3	490.4	608.5	665.5	251.9	421.6
1956~1985	491.1	484.6	267.4	450.2	563.0	684.0	662.3	281.7	459.7
1986~2000	475.3	467.7	250.3	400.1	495.5	606.6	618.7	252.3	421.6
1986~2000年 较1956~1985 年偏少(%)	3.2	3.5	6.4	11.2	12.0	11.3	6.6	10.5	8.3

1986年以来,由于降水量减小及降水径流关系发生一定变化,导致天然径流量减小。由图2看出,20世纪90年代以来进入河口的天然径流量(还原计算量)明显减小,1956~1985年系列为616.0亿m³,1986~2000年为473.7亿m³,比前者减小了约142.3亿m³,占实测减水量(257.2亿m³)的55%,占长系列(1956~1985年)的23%,此天然径流量减少量中主要是降水量减少及降水径流关系变化的影响,还包含还原计算中没有考虑部分的变化等,故称其为“准自然因素影响”。看出,降水量减少幅度仅8.3%,而天然径流量减幅达23%,其机理尚不十分清楚,有待于进一步研究。

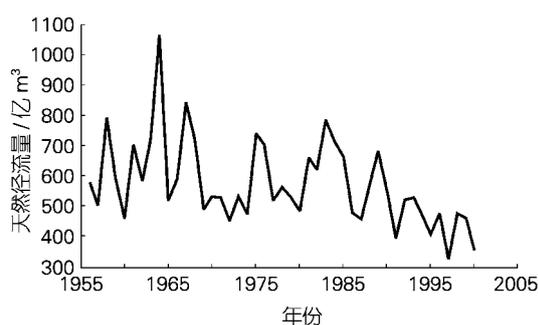


图2 利津站天然径流量逐年变化过程

Fig.2 Yearly change in natural runoff at Lijin hydrometric station

天然径流量减少主要集中在兰州以上及龙门~三门峡区间。兰州以上天然来水量一般占黄河流域58%左右,黄河中游龙门~三门峡区间水量一般占黄河流域的20%左右。1986~2000年与1956~1985年相比,天然径流量兰州以上减少52.8亿m³,龙门~三门峡区间减少45.6亿m³,两者共计占利津以上天然水量减少值的69%。

3 人类活动对黄河入海水量变化的影响

人类活动对入海水量的影响逐年增加,1956~1985年利津天然水量与实测水量相差215.0亿m³,1986~2000年两者相差329.8亿m³,增加了114.8亿m³,即1986~2000年,人类活动增加造成1986年以

后多减水114.8亿m³,主要由以下几方面因素造成。

3.1 水资源开发利用

黄河流域地表水用水(包括工、农业及生活用水)还原总水量见表2^[2]。地表用水量从20世纪70年代开始呈上升趋势,由50,60年代的170多亿m³,到20世纪90年代增加到近300亿m³。1956~1985年平均221.1亿m³,1986~2000年为302.1亿m³,增加了81亿m³,约占总减水量(257.2亿m³)的31.5%。占人类活动增加减水量(114.8亿m³)的70%。从二级区看,流域用水量增加幅度较大的区域为花园口以下、河口镇~龙门及龙羊峡~兰州,增加幅度为70%左右。

表2 黄河流域地表用水量二级区不同年代对比

Tab.2 Volumes of water diversion in various regions of the Yellow River basin

年份	用水量(亿m ³)									
	龙羊峡以上	龙羊峡~兰州	兰州~河口镇	河口镇~龙门	龙门~三门峡	三门峡~花园口	花园口以下	内流区	黄河流域	其中流域外调水
1956~1985	098	1298	8576	216	2673	2727	6522	000	221.1	56.57
1986~2000	105	2187	10406	369	3487	2424	11226	000	302.1	93.55
1986~2000年较1956~1985年增加(%)	7.5	68.4	21.3	70.7	30.5	-11.1	72.1	0.0	36.6	65.4

3.2 水利工程影响

水利工程的修建增大了水面面积,一方面增大水面蒸发,一方面调节了径流年际年内分配,并使流量过程发生变化。

3.2.1 增加水面蒸发量

文献[3]分析认为,在自然条件下,黄河上中游干流河道多年水面蒸发量为6.23亿m³,由于水库等水利工程的修建,目前黄河上中游干流河道水面蒸发量达到了10.46亿m³,较自然条件下增加了4.23亿m³。

3.2.2 改变径流的年际年内分配

1986年以后,龙羊峡及小浪底两座大型水库投入运用,必对其下游水沙产生影响。使径流年内分配及水流过程发生变化。

龙羊峡、刘家峡、三门峡三大水库的有效库容分别为193.5亿、41.5亿和17.5亿m³。龙、刘两库汛期可拦蓄约56亿m³水量,供非汛期发电和灌溉之用。

三门峡水库非汛期可拦蓄17.5亿m³,供下游春灌之用。这种调节方式对其下游的水量年内分配产生影响。以河口镇断面为例,汛期7~10月的径流量,在天然情况下,占全年径流量的61%,非汛期8个月的径流量只占全年径流量的39%,但在龙、刘两大水库的调节下,汛期4个月的径流量下降为全年的42.5%,而非汛期8个月的径流量上升到全年的57.7%。汛期与非汛期径流量之比,由过去的六、四开,变为调节后的接近四、六开,是一个很大的变化^[4]。

小浪底水库1999年9月投入运用以来,由于天然来水偏枯,为了防凌、供水、防断流及下游减淤等目的,汛期和非汛期水库运用没有固定的规律,但平均来看,其对下游来水量的影响是汛期大于非汛期。汛期蓄水年份较多,减小汛期进入下游水量,非汛期泄水为主,增大进入下游的水量,改变年内分配,见表3。1999年7月1日~2004年10月31日平均汛期

蓄水 19.9 亿 m³, 非汛期泄水 12.4 亿 m³, 年均减少进入下游水量 7.5 亿 m³。这也是造成 1999 年以后入海水量减少的原因之一。

表 3 小浪底水库蓄泄水量情况

Tab.3 Volumes of flow impounded in and released from the Xiaolangdi reservoir

时段 (年-月-日)	蓄泄水量 (亿 m ³)		
	汛期	非汛期	1 年内
1999-11-01 ~ 2000-07-01		5.5	11.8
2000-07-01 ~ 2001-07-01	35.9	-33.4	2.5
2001-07-01 ~ 2002-07-01	17.9	11.8	29.7
2002-07-01 ~ 2003-07-01	-30.5	8	-22.5
2003-07-01 ~ 2004-07-01	70.9	-53.9	17
2004-07-01 ~ 2004-10-31	5.4		
平均	19.9	-12.4	7.5

3.2.3 将水流过程调节均匀

由于各个大型水库多兼顾防洪任务, 在汛期将起到滞洪、削峰的作用, 使得水流过程相对均匀化。从龙羊峡水库汛期流量级特征的变化来看^[5], 龙羊峡水库主要是将水流过程调节均匀, 见表 4。

表 4 龙羊峡水库运用以来 (1987~2002 年) 汛期对水流的调节

Tab.4 Regulation of the Longyangxia Reservoir on the flow in the flood seasons from 1987 to 2002

流量 (m ³ /s)	入库天 数 (d)	出库天 数 (d)	入库水量 (亿 m ³)	出库水量 (亿 m ³)
<500	14	41	4.6	12.4
<1 000	86	117	49.4	58.6
>1 000	37	6	47.0	8.1

龙羊峡水库 1986 年运用以来对汛期水流调节的主要特点是减少了中大流量的历时和水量, 增加了小流量出现的几率和相应水量, 因此年内过程调平。1987~2002 年汛期平均 1 000 m³/s 以上的水流历时由进库的 37 d 减小到出库的 6 d, 水量减小了 38.9 亿 m³; 而 1 000 m³/s 以下的水流历时由进库的 86 d 增加到出库的 117 d, 水量增加了 9.2 亿 m³; 500 m³/s 以下小流量历时由进库的 14 d 增加到出库的 41 d, 年均增加 27 d, 水量增加 7.8 亿 m³。因此经龙羊峡水库

调节后, 汛期 95% 时间内出库流量在 1 000 m³/s 以下, 三分之一时间流量在 500 m³/s 以下, 分别输送了 88% 和 19% 的水量。1995~2002 年 (缺 1999 和 2000 年), 汛期出库流量 100% 小于 1 000 m³/s。

3.3 水保工程影响

二期水沙基金以 1950~1969 年天然水量作为基准, 分析计算了上中游龙门、河津、状头、张家山和咸阳五站水保措施对减水量的影响^[4], 认为 1990~1996 年水保措施引起的年均减水量 (11.71 亿 m³) 占人类活动总减水量 (164.42 亿 m³) 的比例约为 7.1%; 而 1950~1989 年平均, 水保措施减水量为 7.01 亿 m³, 占人类活动总减水量 141.77 亿 m³ 的 4.9%。可见 20 世纪 90 年代水保措施减水比例有所增大, 年均增加减水量 4.7 亿 m³。水保措施减水量占利津 1986~2000 年总减水量 (257.2 亿 m³) 的 1.8%, 占人类活动增加减水量 (114.8 亿 m³) 的 4.0%。1986~2000 年与 1956~1985 年相比, 水保措施对水量的影响值要大于上述两个时期的对比值。

4 结语

综上所述, 1986~2000 年与以前 (1956~1985 年) 相比, 入海水量发生了变异: 枯水枯沙年连续出现时间长, 年际变幅减小, 断流现象突出, 500 m³/s 以下流量出现的几率增大, 由长系列 (1950~1985 年) 的年均 108.6 d 增加到 1986 年以后的 265.65 d, 即全年有 72.8% 的时间出现该流量级。其它各级流量出现几率均减小。

1986~2000 年与以前 (1956~1985 年) 相比, 实测黄河入海水量减少 257.2 亿 m³, 其中“准自然因素影响”约占 55%, 流域用水量约占 31.5%, 两者合占 86.5%, 其余为水保措施、水面蒸发及水利工程调蓄等引起的水量减少。看出, 1986 年以后, 水量减少的主要原因是自然因素和引水增加引起, 其次是水保措施的影响, 水利工程主要改变水量年内分配及使流量过程调匀。今后小浪底水库的调节将对入海水流过程产生决定性的作用。

参考文献:

- [1] 茹玉英, 刘杰, 朱岐武, 等. 黄河口水沙变异特征研究[J]. 人民黄河, 2005, 1: 28-30.
- [2] 水利部黄河水利委员会. 黄河水沙变化初步分析报告

- [R]. 郑州：水利部黄河水利委员会，2004 . 出版社，2002 . 9 .
- [3] 刘昌明，张学成. 黄河干流实际来水量不断减少的成因分析[J]. 地理学报，2004，5：323-330 . [5] 黄河水利科学研究院. 2002 年黄河流域水沙变化特性报告 [R]. 郑州：黄河水利科学研究院，2003 .
- [4] 汪岗，范昭. 黄河水沙变化研究[M]. 郑州：黄河水利出

Low regime of flow coming to the Yellow River estuary in the recent years and its causes of formation

RU Yu-ying , WANG Kai-rong, LIAN Hui-Jun

(Yellow River Institute of Hydraulic Research, Zhengzhou 450003, China)

Received: Jul.,15, 2005

Key words: Yellow River; amount of flow coming to the sea; human activity; quasi-natural factor

Abstract: Based on the data of flow passing by Lijin Hydrometric Station, rainfall in the Yellow River basin , and human activities, the paper shows the feature of the flow regime change and the causes of formation. The research results show that the annual mean amount of flow coming to the sea since 1986 has decreased by 64%, which results in, among others, continuous flow cutoff in the lower Yellow River. Causing the decrease in flow regime, quasi-natural factors contribute about 55%, water division about 31.5%, and the other human activities about 13.5%.

(本文编辑：刘珊珊)