

黄河断流及水资源变化特点

陈先德 李雪梅 吕光圻

(黄河水利委员会水文局 郑州 450004)

TV 213.4

TV 121.5

摘要 依据黄河多年的水文资料,分析黄河断流的状况、原因及其影响,认为黄河断流的成因主要是水资源供需失衡和对水量的调控能力不足,不能充分发挥水利工程的以丰补枯作用,造成黄河径流变化的原因:一是近期水量偏少,使黄河处于枯水期;二是人类用水的需求及对流域产汇流的影响,从可持续利用黄河水资源角度出发,提出加强黄河水量实时调控,加强水资源的统一管理和调度,坚持“开源节流,节流为主”的综合治理开发原则。

关键词 水资源管理;水资源供需平衡;水文资料;年径流;缺水;节约用水;黄河断流

随着国民经济的发展和人们生活水平的提高,黄河水资源供需矛盾日趋紧张,进入 90 年代,黄河下游连年发生的断流现象便是这一问题的突出表现,黄河断流造成的影响已引起社会各界人士的广泛关注,分析黄河断流形成的原因,研究黄河水资源的变化特点,从可持续利用角度出发,制定出更加合理的水资源开发利用方略,对维持沿黄地区经济的可持续发展具有至关重要的作用。

1 黄河断流状况及特点

1.1 黄河断流状况

黄河下游除了 1960 年因三门峡水库关闸蓄水造成断流现象外,经常性断流始于 1972 年,且主要发生在涿口以下河段(表 1)。从历年(1972~1997 年)断流时间、次数及断流河长来看,90 年代(截止 1997 年,下同)断流较 70、80 年代更为严重,具有断流历时长、出现时间早、恢复过流时间晚、断流河段长等特点。以利津站为例,70、80 年代利津站断流天数最多为 36 d,并且主要出现在 5、6 月份,最早出现时间为 4 月份,终止时间一般在 7、8 月份,个别年份(1987 年)10 月份也曾发生断流。进入 90 年代,利津站断流天数及年内断流出现机会明显增多,2~12 月均出现断流现象,1995 年,1996 年,1997 年连续三年断流天数都超过 100 d,1997 年断流最为严重,利津站全年断流 13 次,共计 226 d,其中主汛期(7~9 月)断流时间长达 76 d。

1.2 断流成因分析

黄河断流形成原因主要有两方面,一方面是由

于水资源供需失衡造成的,另一方面是由于对水量的调控能力有限,不能充分发挥水利工程的以丰补枯作用。

表 1 1972~1997 年黄河断流情况统计

年份	出现断流的水文站	利津站断流情况				断流长度/km
		起止时间	断流次数	断流天数/d	断流月份	
1972	涿口、利津	04-23~06-29	3	19	4、6	310
1974	涿口、利津	05-14~07-11	2	20	5、6、7	316
1975	涿口、利津	05-31~06-27	2	13	5、6	278
1976	利津	05-18~05-25	1	8	5	166
1978	利津	06-03~06-27	4	5	6	104
1979	涿口、利津	05-27~07-09	2	21	5、6、7	278
1980	利津	05-14~08-24	3	8	5、6、8	104
1981	夹河滩、高村、孙口、艾山、涿口、利津	05-17~06-29	5	36	5、6	662
1982	涿口、利津	06-08~06-17	1	10	6	278
1983	利津	06-26~06-30	1	5	6	104
1987	利津	10-01~10-17	2	17	10	216
1988	利津	06-27~07-01	2	5	6、7	150
1989	利津	04-04~07-14	3	24	4、6、7	277
1991	利津	05-15~06-01	2	16	5、6	131
1992	涿口、利津	03-16~08-01	5	83	3~8	303
1993	涿口、利津	02-13~10-12	5	60	2~6、10	278
1994	涿口、利津	04-03~10-16	4	74	4~7、10	308
1995	夹河滩、高村、孙口、艾山、涿口、利津	03-04~07-23	3	122	3~7	683
1996	高村、孙口、艾山、涿口、利津	02-14~12-18	7	136	2~7、12	579
1997	夹河滩、高村、孙口、艾山、涿口、利津	02-07~12-31	13	226	2~12	700

1.2.1 水资源供需失衡

黄河流域大部分位于干旱半干旱地区,受地形、气候等客观条件限制,河川径流时空分布极不均匀,水少沙多,水沙异源,综合考虑各种因素,排除冲沙

入海需用水量,黄河多年平均最大可供水量约 370 亿 m^3 . 因此,黄河水资源的供水能力是有限的. 近年来,在黄河水资源处于相对较枯的时期,用水要求却在逐年增长. 黄河流域年均耗水量 50、60 年代为 150 亿 m^3 左右,70 年代增至 250 亿 m^3 ,80、90 年代约为 300 亿 m^3 ,其中 1989 年耗水量高达 421 亿 m^3 (含 81 亿 m^3 的水库蓄水量),远远超过黄河的可供水量,该年下游耗水量 154 亿 m^3 ,早已超过国务院分水方案的分水指标(125 亿 m^3). 水资源供需严重失衡,断流已成必然.

1.2.2 黄河水资源调控能力有限

黄河水资源调控能力有限,一方面表现在中游水库不能充分发挥其以丰补枯的调水作用. 黄河是一条多沙河流,年沙量的 80% 以上集中在汛期,且主要来自中游地区,为了防止库区淤积,延长水库使用寿命,干流水库一般在汛期采取滞洪运用方式,不能充分蓄水,从而发挥不出水库以丰补枯的水量调配作用. 三门峡水库一般年份在 2~3 月份结合防凌最大需蓄水量仅约 14 亿 m^3 ,补充下游春灌用水最多只能灌溉 40 万 hm^2 (600 万亩)左右,远远满足不了下游引黄灌溉 223 万 hm^2 (3 500 万亩)的用水要求. 黄河水资源调控能力有限另一方面表现在水资源管理方面. 1987 年国务院办公厅批准黄河可供水量分配方案,对宏观控制黄河水资源量起到了一定的积极作用,但该方案是根据多年平均情况制定的,对不同来水情况下尤其是枯水年份的分水指标及控制意见没有说明,因此,在特枯年份,容易出现上、中、下游抢水的混乱局面. 上、下游和左右岸河段的无节制引水也容易造成下游河段无水可供的断流局面.

1.3 断流影响

1.3.1 断流对工农业生产的影响

黄河断流给下游地区的工农业生产带来了严重的经济损失,据有关部门初步调查分析,黄河下游 1972~1996 年因断流和供水不足造成工农业(含油田)累计经济损失约 268 亿元,年均损失近 14 亿元(1995 年价),其中 90 年代年均损失达 36 亿元.

1.3.2 断流对河道淤积及防洪的影响

水流与河床的相互作用引起河床冲淤及河势流路的变化,随着沿程水量的减少,挟沙力逐渐降低,断流时,断流河段以上河道完全处于淤积状态. 通过对利津站断面历次断流前及复流后平均河床高程的变化分析,河床高程在断流前到复流后有所抬升,过水面积减少,特别是在宽度较窄的深槽部分淤积比较严重. 主槽严重淤积对于河道防洪是极为不利的.

1.3.3 断流对生态环境的影响

河道断流对环境生态的影响是多方面、多层次的,

而且具有潜在性、滞后性和不可逆转性. 近年来,在黄河水量日趋减少甚至断流的情况下,黄河本身的自净能力降低,大量入黄废污水得不到净化,水质环境恶化,下游河道鱼类种群等生物资源数量急剧减少,甚至到了濒临灭绝的边缘. 黄河口及三角洲地区,由于断流,断绝了这一地区的淡水资源和与其相伴的土壤(泥沙)资源及各类营养物质的补给源,在海水入侵,土壤盐化、沙化的作用下,该区生态系统、生物种群和遗传基因的多样性有可能遗失.

2 黄河水资源特点

2.1 黄河水资源变化

2.1.1 年际变化

通过对黄河历年实测径流资料分析(表 2),各站 90 年代年均径流与 50 年代相比,兰州站减少了 18.3%,头道拐站减少了 33.4%,龙门站减少了 36.2%,潼关站减少了 43.2%,花园口站减少了 44.6%,利津站减少了 67.9%. 从上到下,干流径流减少程度呈递增趋势,利津站减少最为明显. 支流各站径流减少也比较显著,华县站减少了 42.9%,河津站减少了 64.9%,黑石关站减少了 63.9%,武陟站减少了 74.6%.

表 2 黄河干支流主要控制站径流情况统计 亿 m^3

站 名	1950 ~ 1959 年	1960 ~ 1969 年	1970 ~ 1979 年	1980 ~ 1989 年	1990 ~ 1997 年	1950 ~ 1997 年
唐乃亥	161.6	216.5	203.9	241.1	167.1	204.7
兰 州	321.9	340.5	314.6	333.7	263.1	316.9
石嘴山	293.7	329.0	288.6	300.7	236.0	293.0
头道拐	243.7	266.8	230.5	238.7	162.3	231.2
龙 门	321.1	336.6	284.6	275.8	205.0	287.9
潼 关	454.6	453.6	357.4	369.0	258.0	378.3
花园口	483.9	505.9	380.7	413.0	267.9	416.2
高 村	472.4	497.2	360.3	373.9	252.2	400.1
利 津	480.5	501.2	311.2	285.9	154.1	354.6
华 县	85.53	96.18	59.4	79.16	48.83	75.42
渭 头	7.44	10.12	8.35	8.98	7.80	8.59
河 津	17.57	17.86	10.36	6.62	6.17	12.07
黑石关	40.67	35.48	20.47	30.15	14.70	29.12
武 陟	15.80	14.04	6.15	5.47	4.01	9.38

根据 5 年滑动平均趋势分析,各站径流量自 1986 年起开始有明显的减小趋势. 黄河干流历史上曾出现两次长时期的连续枯水年,即 1922~1932 年(11 年)和 1969~1974 年(6 年). 根据表 3 的统计结果,唐乃亥及兰州站 1986~1997 年实测平均径流与 1969~1974 年相当,头道拐以下各站则小于历史枯水段的径流,其中利津站 1986~1997 年实测平均径流比 1969~1974 年偏少量达 43.0%. 由此看出,干流近期径流减少很明显,目前面临的缺水形势十分严峻.

表3 黄河干流近期水量与枯水段水量比较

站名	时段	年值 /亿 m ³	站名	时段	年值 /亿 m ³
唐乃亥	1969~1974年	175.3	潼关	1969~1974年	300.7
唐乃亥	1986~1997年	183.7	潼关	1986~1997年	271.3
兰州	1922~1932年	240.8	花园口	1922~1932年	351.2
兰州	1969~1974年	269.4	花园口	1969~1974年	326.2
兰州	1986~1997年	270.6	花园口	1986~1997年	287.1
头道拐	1922~1932年	191.7	利津	1969~1974年	282.6
头道拐	1969~1974年	177.6	利津	1986~1997年	161.2
头道拐	1986~1997年	171.0			

2.1.2 年内分配变化

由于黄河径流主要补给源为降雨,其年内分配与降雨集中程度有关,一般集中在7~10月,7~10月的径流总量占全年径流总量的比重一般都在60%左右。由黄河干支流各主要控制站不同年代的径流分配过程看出,汛期径流(7~10月)90年代比50年代减少了45.5%~73.8%,上游河段非汛期径流增加了6%~20%,且主要是1~4月和12月径流增加较多。

上游非汛期径流增加与水库的调节作用有关。自60年代以来,黄河上游由于龙羊峡、刘家峡水库的水量调节作用,使径流年内分配发生很大变化。以贵德站为例,自龙羊峡水库1986年10月开始蓄水投入运用以来,汛期径流占年径流的比重由1986年前(含1986年)的61.2%减少到1987年以来的40.2%。再以兰州站为例,随着刘家峡(1968年10月开始蓄水运用)、龙羊峡水库相继投入运用,其径流年内分配发生很大变化。1950~1968年,兰州站平均年径流量为337.3亿m³,汛期径流量占年径流量的60.0%;1969~1985年,刘家峡水库单独运用时期,兰州的平均年径流量为326.5亿m³,汛期径流量占年径流量的49.8%;1986~1997年,龙羊峡、刘家峡水库联合运用,兰州汛期径流量占年径流量的41.2%。由此可见,龙羊峡、刘家峡水库对于上游的水量调节作用是很明显的,但随着距离的增长,其对径流年内分配的影响作用逐渐减弱,到潼关站已显现不出来。

2.2 径流变化原因分析

2.2.1 近期降水量偏少,使黄河处于枯水时期

根据各区间降水情况统计(表4),1986~1996年的降水与历史枯水段1969~1974年比较接近。花园口以上1990~1996年全年平均降水比1950~1989年减小11.5%,汛期平均降水减少15.4%,非汛期平均降水减少2.3%。

由于降雨偏少,黄河近期正处于枯水期。唐乃亥站位于黄河上游,因受人类活动影响较少,其实测径流可视为天然径流。根据对唐乃亥站的径流变化分

析(图1),自1986年以来,径流有明显的减小趋势。因此可以认为,黄河自1986年以来进入了枯水时段,受天气条件影响,径流减少是必然的。

表4 黄河流域降水情况统计

分区	项目	50年代	60年代	70年代	80年代	90年代	1969~1974年	1986~1996年	多年平均
兰州以上	年	415.9	420.1	432.5	429.5	352.5	411.3	385.1	413.8
	汛期	308.4	295.9	317.7	309.8	258.6	290.8	278.1	300.6
	非汛期	107.5	124.3	114.9	119.8	93.9	120.5	107.0	113.2
兰州至河口镇	年	312.6	304.1	293.0	264.1	248.6	259.0	252.1	286.8
	汛期	233.6	215.7	220.0	190.8	191.2	187.9	189.4	211.5
	非汛期	79.0	88.4	73.0	73.3	57.5	71.1	62.7	75.3
河口镇至龙门	年	453.1	494.1	450.0	431.5	443.5	433.2	435.2	455.1
	汛期	320.4	350.8	338.8	318.9	321.7	318.0	320.0	330.7
	非汛期	132.7	143.3	111.2	112.6	121.7	115.2	115.2	124.5
龙门至三门峡	年	567.0	561.0	518.9	530.3	482.8	497.3	486.1	535.2
	汛期	368.0	362.8	350.4	362.8	319.6	321.7	322.3	354.8
	非汛期	199.0	198.2	168.5	167.6	163.2	175.6	163.8	180.3
三门峡至花园口	年	698.5	686.2	627.8	671.0	592.0	633.1	592.1	658.3
	汛期	462.7	433.8	408.8	451.0	372.8	404.1	375.6	428.5
	非汛期	235.9	252.4	219.0	220.0	219.2	229.0	216.5	229.8
花园口以上	年	449.8	457.5	437.5	433.3	393.5	415.5	405.4	438.8
	汛期	315.2	311.7	312.8	306.4	263.6	286.5	276.5	306.2
	非汛期	134.5	145.8	124.7	126.8	129.9	129.0	128.9	132.6
花园口以下	年	684.3	695.8	658.4	564.8	635.1	734.1	574.0	648.0
	汛期	501.7	500.6	496.4	401.8	346.2	556.7	411.1	457.4
	非汛期	182.6	195.2	162.0	162.9	288.9	177.4	163.0	190.6

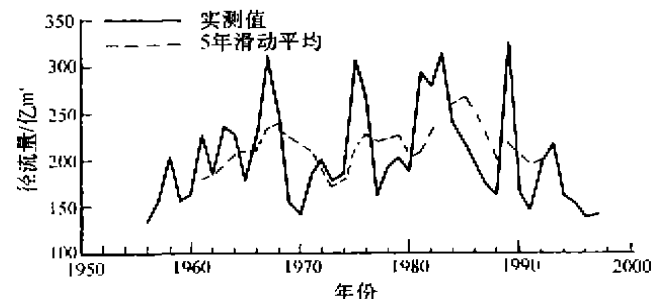


图1 唐乃亥站历年径流变化过程

2.2.2 人类活动的影响

人类活动对径流的影响包括人类对用水的需求及对流域产汇流的影响两方面。

a、黄河是西北、华北地区的主要引用水源,随着工农业生产的发展和人民生活水平的提高,引黄水量逐年增长。表5统计了黄河流域不同年代的耗水量。由表5看出,全流域耗水量90年代为299.6亿m³,是50年代的2.5倍。耗水量的增加,使水资源供需矛盾更为突出,特别是在黄河下游。

b、黄河中游是水土流失严重区,也是黄河泥沙的主要来源区。自1946年以来,为了控制水土流失,减少入黄泥沙,在该地区进行了大规模的水土保持工作。据国家“八五”攻关项目有关研究成果,70、80年代以来,在降水条件较为缓和的条件下,由于水利水保措施的蓄水拦沙效益,每年使黄河中游径流量

减少了 30 亿 m^3 。再者,随着“雨养型农业”的推广和发展,水不下沟,流域的产流量就会更少。因此,水利水保措施对径流量的减少尤其在枯水年份是比较显著的。

表 5 黄河流域不同年代耗水情况统计 亿 m^3

年 代	上 游	中 游	下 游	全 河
50	73.4	30.0	18.9	122.3
60	95.2	49.4	33.1	177.7
70	102.9	63.4	83.5	249.8
80	121.1	62.1	112.9	296.1
90	131.7	60.2	107.8	299.6

2.3 近期径流变化对河道淤积及防洪的影响

由于人类活动影响和近期降雨偏少,下游发生大洪水的几率减少,如花园口站洪峰流量大于 $7000 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上的发生次数,50 年代 23 次,60 年代 7 次,70 年代 5 次,80 年代 7 次,1990~1997 年只有 1 次。虽然近期入黄沙量有所减少,但由于汛期基流减小,含沙量增高,呈现出小水带大沙的局面,加剧了下游的泥沙淤积。据统计,1986~1995 年,下游泥沙 85% 淤积在主槽内,主槽平均每年升高 $0.10 \sim 0.17 \text{ m}$ 。长期枯水造成的泥沙持续性淤积使河道主槽严重萎缩,断面形态恶化,河床抬升,过水面积减少,以致 1996 年 8 月黄河花园口站洪峰流量为 $7600 \text{ m}^3/\text{s}$ 的中常洪水时,出现历史最高洪水位,形成了与“58·7”($Q_{\max} = 22300 \text{ m}^3/\text{s}$)、“82·8”($Q_{\max} = 15300 \text{ m}^3/\text{s}$)历史大洪水同等程度的洪水灾害损失。

3 几点认识

3.1 水资源供需矛盾突出,断流不可避免

根据《黄河治理开发规划纲要》(1997 年修订),2010 年水平黄河流域总需水量为 655 亿 m^3 (其中城镇生活及工业需水量 156 亿 m^3 ,农村人畜需水量 24 亿 m^3 ,农田灌溉需水量 370 亿 m^3 ,流域外调水 105 亿 m^3),总供水量为 614 亿 m^3 (其中地下水为 147 亿 m^3 ,包括回归水可重复利用量在内的河川径流为 467 亿 m^3),缺水 41 亿 m^3 。因此,随着流域经济的发展,有限的黄河水资源与不断增长的需水要求之间的矛盾会日益突出,如不采取应急措施,黄河断流尤其是下游河段的断流机会将会有增无减,断流在一定时期内将会继续存在。

3.2 加强水量的实时调度,缓解断流现象的发生

花园口来水量与断流关系的研究结果表明,一般情况下,当花园口站流量在关键用水月份的月平均流量小于 $900 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,下游断流机会会明显增加。在有些年份,月平均流量虽然较高,还会出现断流现象,如 1983 年 6 月,花园口站月平均流量虽高达

$1490 \text{ m}^3/\text{s}$,而利津站在该月的 26~30 日仍出现断流,类似情况同样发生在 1989 年 7 月。由此看出,仅进行宏观的水量调控是不够的,应加强水量的实时调控,进一步缓解断流现象的发生。

3.3 加强水资源的统一管理和调度

从水资源可持续利用角度出发,最大限度地发挥黄河水资源整体效益,有必要加强全河的统一管理和调度。目前黄河流域在水量调度上还存在各自为政,目标不一致的情况,不同管理部门按照各自的运行方式进行水量调度,造成枯水季节上、中、下游争水的混乱局面,在水资源浪费的同时人为地增加了下游断流的几率。加强黄河水资源的统一管理和调度,建立和完善黄河水资源管理法规,制定不同来水情况下的水量调度方案,有利于保证黄河水资源的可持续利用。

3.4 实行“开源节流,节流为主”的综合治理开发原则

在黄河下游断流频繁发生,水资源供水严重不足的同时,黄河流域还存在严重的水浪费现象,这一现象在灌区表现尤为突出。目前黄河流域灌区普遍存在老化失修、水资源有效利用率低的问题,有些灌区的灌溉定额超过 $15000 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,而在节水型灌区仅用 $3000 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 左右,可见灌区的节水潜力是很大的。因此,黄河水资源的开发利用,应首先从内部挖潜开始,开展节水型农业,实行节约用水。在此基础上,考虑工程措施,首先开发黄河中游干流,增加水库调节能力,缓解水资源供需矛盾。从长远讲,由流域外调水以满足黄河流域不断增长的用水需求。“开源节流、节流为主”是目前黄河水资源开发利用所要坚持的原则。(收稿日期:1998-09-10 编辑:马敏峰)

· 简讯 ·

河海大学图书馆积极开展远程服务

为了充分发挥河海大学图书馆原版外文期刊的作用,促进和推动水利水电系统文献信息工作的发展,近几年来外文期刊室积极开展远程服务,利用馆内独特的原版外刊作为母本,向有需求的兄弟单位及时提供复制品。

目前河海大学图书馆的远程服务范围已由江苏扩大到安徽、山东、浙江、上海、福建、广东、四川、湖北、陕西、甘肃、辽宁、天津等省市的 18 家科研机构、高等院校和文献信息部门,复制品种达到 40 余种,涉及英、俄、日等语种。为此,图书馆还编制了《全国水利水电系统外国及台、港、澳原版期刊预订联合目录》,对于兄弟单位协调收藏、节省经费、逐步实现文献资源共享起到了较大的作用。欢迎有需求的单位来函索取《1999 年度外文期刊预订目录》(地址:210098 南京市西康路 1 号)。

(陈荣兴供稿)