

黄河源头断流现象成因分析

李万寿¹, 吴国祥²

(1. 青海省乐都县水利局, 青海 乐都 810700; 2. 黄委会黄河上游水文水资源勘测局, 甘肃 兰州 730030)

摘要: 分析了黄河源头断流的成因, 认为黄河源区以湖泊、沼泽为主的地貌特征, 稀少的降水, 年径流的丰、枯悬殊, 贫乏的水资源, 湖面的蒸发和冬季寒冷的气候及年径流的周期性变化都是造成断流的原因。造成断流的主要根源是源区水资源的贫乏和湖面的蒸发。黄河源头断流有一定的周期性, 是以自然因素为主影响的结果, 不应把黄河源头的断流现象看成是黄河源区生态环境恶化的象征。

关键词: 黄河源头 断流 生态环境

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(2000)01-0005-05 中图分类号: TV882.1, P333.1

Analysis on Cause of Flow-Stopping in Source Area of the Yellow River

LI Wan-shou¹, WU Guo-xiang²

(1. Bureau of Water Resources of Ledu County, Ledu County 810700, Qinghai Province, PRC; 2. Bureau of Hydrology and Water Resources Survey in the Upper Reaches of the Yellow River, Lanzhou 730030, PRC)

Abstract The causes of the Yellow river flow-stopping can be attributed to the characteristics of lake and marsh as main landforms, rare precipitation, disparity in annual runoff amount between dry and moist year, water resources shortage, lake surface evaporation, the cold climate in winter, and the periodic variation of annual runoff amount in the source area. Among which, shortages of water resource and lake surface evaporation are the major reasons. The flow-stopping showed periodicity analysing from the hydro-data. It was the results of natural factors, so the flow-stopping now should not be considered as emblem of eco-environment worsening.

Keywords the Yellow river source area; flow-stopping; eco-environment

黄河是我国第二大河流, 是我国西北华北地区的重要水资源。随着黄河流域经济和社会的发展, 工农业生产用水量的不断增加, 水资源供需矛盾日益突出。黄河下游从 1972 年开始出现了频繁断流, 特别是 1997 年, 黄河下游断流的时间长达 226 d。在黄河下游频繁断流的同时, 黄河源头 1998 年出现的断流也引起了全社会的关注, 目前一些研究者和社会各界有关人士认为, 黄河源头生态环境恶化, 水源锐减, 源头断流主要是人类不合理的生产活动引起的, 是黄河源区生态失调、草原退化、土地沙化和水土流失的结果^[1-5]。这些观点认为: (1) 黄河源头由于人类经济活动的影响, 植被遭受破坏, 并加剧草原退化和水土流失, 水源涵养能力下降, 加上持续干旱, 降水减少, 致使生态环境恶化, 径流量锐减和断流。1990-1997 年青海境内黄河干流年径流量比多年平均减少 20% 左右, 黄河源头黄河沿站年径流量比多年平均减少了 35% 左右。1998 年黄河沿水文站河段上出现了史无前例的断流现象。(2) 黄河源头鼠虫害严重, 草场

退化, 致使很多地方形成“黑土滩”。(3) 黄河源头人工淘金活动频繁, 落后的作业方式和掠夺性开发, 使草场植被破坏严重。(4) 黄河源头地区草场超载放牧, 加速了草场退化。目前源区草场退化面积和水土流失面积占可利用草场面积的 30% 左右。

笔者认为黄河源头局部地区存在草场退化, 生态失调的问题, 主要是由持续干旱造成的。由于源头地区海拔在 4 000 m 以上, 地势高亢, 空气稀薄, 含氧量低, 不利于人类生存, 相应人口密度很低, 人类活动强度小, 因而人类活动不是导致源区生态失调的主要因素。通过对黄河沿站 1956-1997 年水沙量资料分析, 黄河源区多年平均侵蚀模数只有 4.0 t/(km²·a), 平均含沙量只有 0.11 kg/m³。进入 20 世纪 90 年代含沙量随着径流量的减少而减少, 相对于产流产沙并没有增强, 水土流失没有向加重的趋势发展, 黄河源头的径流量和输沙量的变化主要受年径流丰、平、枯周期性变化的影响, 水沙量变化是同步的。90 年代源头年径流变化进入了枯水期, 认为黄河源头水沙量的同时

减少和出现断流是正常的。

本文根据黄河源区控制站黄河沿水文站和玛多气象站资料,对源头的断流历史、成因进行了分析,初步揭示了引起源头断流的根源,认为黄河源头的断流不同于黄河下游的断流,下游断流是以人类经济活动为主导因素影响的结果,而源头的断流是以自然因素为主导因素影响结果,不应把黄河源头断流看成是生态环境恶化的象征。

1 黄河源区自然地理概况

黄河发源于青海省巴颜喀拉山北麓的约古宗列曲。黄河上游第一县——玛多县(即黄河沿)以上为河源区^[6]。它地处青藏高原腹地,西靠卡日扎穷山,南依巴颜喀拉山,北邻布青山,东与阿尼玛卿山接壤。黄河沿以上干流长 270 km,流域面积 20 930 km²。河源区行政区划为玛多、曲麻莱、称多 3 县部分地区。大部分地区海拔在 4 100~4 500 m 之间,属高原湖泊、沼泽地貌,湖泊沼泽众多,湖周围为丘陵地带,相对高差 100~200 m,地形变化平缓,山头浑圆,为高原宽谷盆地。植被稀疏低矮,为高山草甸,天然牧场广阔,均为牧业。气候属高寒半干旱区。水面蒸发量在 600~900 mm 之间,年日照时数 2 400~2 800 h,太阳总辐射量达 6 500 MJ/m²^[7]。境内无绝对无霜期,无四季之分,仅有冷暖两季之别,冷季达 8 个月,多大风和沙暴,暖季短促,雨雪较多,年降水量 250~420 mm。河流补给降水和融冰雪为主,降水与径流关系不密切,径流年内分配受湖泊调节,分配较均匀。主要土壤有高山寒漠土、高山草甸土、沼泽和连片连片的盐渍土。区内无森林,只有禾本科、豆科占优势的植被类型和少量的灌丛,适宜牧业生产。这里环境恶劣,气压很低,人烟稀少,人口密度不足 1 人/km²。

黄河源区河谷开阔,冰川广布,水系发育,支流众多。黄河自源头至黄河沿陆续接纳的主要支流有加核曲、扎曲、卡日曲、多曲、勒那曲等。有一级支流 54 条,集水面积大于 1 000 km² 的 4 条,500~1 000 km² 的 3 条,300~500 km² 的 1 条。黄河源区卡日曲入河口以下干流称玛曲,入扎陵湖后,从湖的南部流出,东行 26 km 进入鄂陵湖,出鄂陵湖后转向东南流约 65 km 为黄河沿,黄河沿以下干流称黄河。

黄河源区湖泊众多,有大小湖泊 4 077 个,面积大于 0.50 km² 湖泊 48 个,水面面积 1 664.6 km²。扎陵湖和鄂陵湖是全国海拔最高的淡水湖。鄂陵湖是黄河源区最大的湖泊,面积 610.7 km²,储水量约 1.08×10¹⁰ m³,平均水深 17.6 m,最大水深 30.7 m。扎陵湖是

黄河源区第二大湖,面积 526.1 km²,储水量约 4.67×10⁹ m³,平均水深 8.9 m,最大水深 13.1 m^[8-10]。黄河源区水文、气象观测资料很少,在源区 20 930 km² 的范围内,只有黄河沿水文站和玛多气象站,流域内部有零星的巡测资料和调查资料,基础资料缺乏。

2 黄河源头断流成因分析

黄河源头最早的水文资料始于 1956 年。黄河源区黄河沿站自从有实测资料以来,共出现断流 3 次,第 1 次断流时间是 1960 年 12 月 10 日—1961 年 3 月;第 2 次断流时间是 1979 年 12 月 20 日—1980 年 3 月;第 3 次断流时间是 1998 年 1—2 月。源区断流一般发生在最寒冷 12 月至翌年 1—2 月,河道水流量小,由于连底冻形成断流。由于断流因连底冻引起,不同于黄河下游断流,有时很难确定断流具体时间和恢复过流的时间。黄河源头断流并非近几年的事,已有 40 a 历史,只是过去一直没有引起重视罢了。黄河源头断流的周期约为 18 a。

2.1 年径流丰、枯悬殊,水资源贫乏

经对黄河沿站 1956—1997 年年径流量频率分析计算,多年平均径流量 7.35×10⁸ m³,丰水年($p=25%$),平水年($p=50%$),枯水年($p=75%$),特枯年($p=95%$)的年径流量分别为 1.02×10⁹ m³,5.90×10⁸ m³,3.10×10⁸ m³,9.0×10⁷ m³。黄河沿站年径流年际变化很大,丰、枯悬殊,历年最大年径流量 2.47×10⁹ m³(1983 年),历年最小年径流量 7.00×10⁷ m³(1960 年),二者相差 35.3 倍,年径流变差系数 C_v 值高达 0.80。由于上游湖泊滞蓄,径流年内分配相对比较均匀,7—10 月份径流量占全年的 53.7%。

黄河沿以上黄河源区不是青海境内黄河水量主要来源区和产流区。青海境内黄河干流控制站循化站多年平均径流量 2.38×10¹⁰ m³,占黄河流域年径流量 5.92×10¹⁰ m³ 的 39.7%^[11-12],而循化站控制面积只占黄河流域面积的 19.3%,在仅占黄河流域 19.3% 的面积上产生了 39.7% 的径流量,是黄河水量主要来源区和产流区之一。黄河沿以上河源区面积占循化站控制面积的 14.4%,径流量仅占循化站年径流量的 3.13%,多年平均输沙量 8.38×10⁴ t,占循化站多年平均输沙量的 0.21%。黄河源区来水来沙量很小,径流模数只有 3.5×10⁴ m³/km²,只占青海境内黄河干流径流模数 1.62×10⁵ m³/km² 的 1/5,也低于黄河流域的平均径流模数。年径流深 35.1 mm,只有青海东部黄土高原区年径深的 1/4,属水资源十分贫乏的地区。黄河源区地处高寒半干旱区,水资源贫乏,水资源特

征及时空变化在我国大江大河源区中独具特色,这是导致黄河源头断流的根源之一。

2.2 干旱少雨,水面蒸发量大

2.2.1 湖面蒸发,水量损耗大于年径流量 对黄河沿站 1956—1997 年降水、蒸发资料统计结果,多年平均降水量 312 mm,最大年降水量 485.6 mm(1989 年),最小 184 mm(1962 年)。多年平均蒸发量 760.4 mm,源区湖泊面积按 1500 km² 计算,每年蒸发损耗水量约 1.14 × 10⁹ m³,为黄河沿站年径流量 7.35 × 10⁸ m³ 的 1.60 倍,地表径流 60.8% 被蒸发,如果还原这些水量,黄河沿站年径流量约为 1.80 × 10⁹ m³ 左右,模数 8.6 × 10⁴ m³/km²,年径流深 86 mm

2.2.2 水面蒸发量与年径流量关系分析 经分析,黄河沿年径流量与降雨量不相关。经点绘黄河沿站年径流量和水面蒸发量的变化过程(见图 1),可以看出年径流量随着水面蒸发量的增大而减小

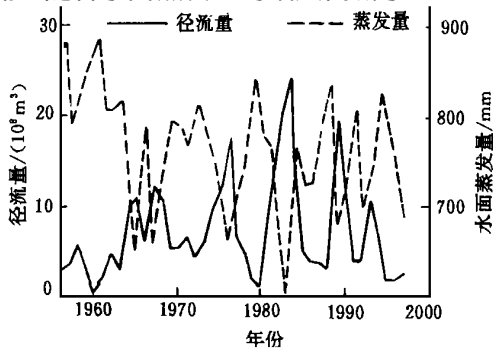


图 1 黄河沿站径流量与水面蒸发量的变化

对黄河沿站 1956—1997 年年径流量与水面蒸发量进行相关分析,相关系数 $r = -0.69$,相关关系显著,二者之间关系可用以下线性公式表示:

$$E_w = 820.6 - 7.95W$$

式中: W ——年径流量; E_w ——年水面蒸发量

从以上分析出结果可以看出,黄河源头湖区水面蒸发对黄河沿站年径流变化有着直接的影响。源头湖面蒸发也是造成黄河沿站年径流年际变化大和断流的原因之一。对黄河沿站年径流起直接调节作用的主要湖泊扎陵湖和鄂陵湖(吞吐湖),在枯水年份水面蒸发量明显加大,湖水位下降,由于湖口出水处高程是一定的,上游来水补充由蒸发引起的亏水,只有超过净储量,才会下泄,这样使得黄河沿径流量更小,甚至断流。枯水年湖面强烈蒸发是导致年径流量年际变化大和断流的根源之一。

除 1998 年的断流受其它因素影响,与蒸发量关系不明显外,其它 2 次断流均与蒸发量直接有关。1960 年 12 月发生断流的当年水面蒸发量为 888.9 mm,为实测最大值,1979 年 12 月发生断流的当年水

面蒸发量 845.6 mm,为实测系列从大到小排位的第 4 位。经对黄河沿 1956—1997 年的逐年水面蒸发量从大到小排位分析,在蒸发量最大的 15 a 中,对应的年径流有 10 a 是枯水年,占 66.7%,一般情况下,蒸发量大的年份就是枯水年。

2.3 断流发生在最寒冷的季节

黄河源头 3 次断流发生在 12 月、1 月和 2 月,是黄河源头最寒冷的季节。据玛多气象站资料,多年平均气温 -4.1℃,1 月平均气温 -16.8℃,极端最低气温 -51℃。由于是枯水年,来水量小,加之比降平缓(0.64‰),流速小,在气温较低时,黄河沿站出现河流连底冻,发生断流。

2.4 与年径流丰、平、枯周期性变化有关

用黄河沿站 1956—1997 年年径流量资料,绘制模比系数差积曲线,发现黄河沿站年径流模比系数差积曲线近似 W 字型,上升段和下降段很短,而且不是有规律地交替出现,中间夹杂着一些波动段,波动段在整个系列中占优势,说明年径流的丰、枯变化较频繁,基本上交替出现,没有明显的周期规律。

利用黄河沿站年径流频率曲线和丰、平、枯水年的划分标准^[1],对黄河沿站逐年的年径流进行丰水年、枯水年和平水年挑选

$$\text{丰水年: } W_i > (W + 0.33W), \quad p < 37.5\%$$

$$\text{枯水年: } W_i < (W - 0.33W), \quad p > 62.5\%$$

$$\text{平水年: } (W - 0.33W) < W_i < (W + 0.33W),$$

$$37.5\% < p < 62.5\%$$

式中: W ——多年平均径流量; W_i ——逐年年径流量; W ——均方差。

根据以上标准和黄河沿站年径流频率曲线,该沿站年径流量 $W_i < 4.20 \times 10^8 \text{ m}^3$ 为枯水年, $W_i > 7.60 \times 10^8 \text{ m}^3$ 为丰水年,其余为平水年。黄河沿 42 a 的年径流系列中,枯水年 15 a,丰水年 14 a,平水年 13 a。源头的断流都发生在枯水年。如果断流发生在 12 月份,当年就是枯水年,如果 1—2 月份发生断流,上年就是枯水年。1960 年 12 月第 1 次断流,当年就是枯水年,年径流量 $7.00 \times 10^7 \text{ m}^3$,为实测系列最小,仅占多年平均径流量的 9.52%; 1979 年 12 月第 2 次断流,当年也是枯水年,年径流量 $1.89 \times 10^8 \text{ m}^3$,为实测系列从小到大排位的第 4 位,只占多年平均径流量的 25.7%; 1998 年 1—2 月是第 3 次断流,上年 1997 年是枯水年,年径流量 $2.45 \times 10^8 \text{ m}^3$,为实测系列从小到大排位的第 7 位,占多年平均径流量的 33.3%。

3 黄河源区水沙变化分析

为了分析黄河源区水沙变化,统计列出了黄河沿

站各年代时段径流量和输沙量(表 1),若以 1956—1997 年 42 a 系列平均作为多年平均值为对比基准,黄河沿站 20 世纪 50 年代后期至 60 年代和 70 年代的水沙量都小于多年平均,70 年代减少幅度不大,径流量比多年平均只减少 2.51%,沙量减少 14.4%;80 年代的来水来沙大于多年平均,径流量比多年平均大 60.5%,沙量大 74.2%,增加幅度较大;90 年代水沙量分别小于多年平均 37.3% 和 38.9%。

表 1 黄河沿站不同时段水沙变化

时 段	年数 / a	平均年 径流量 / 10^8 m^3	平均年 输沙量 / 10^4 t	径流变 化率 %	泥沙变 化率 %
1956—1997	42	7.35	8.38		
1956—1970	15	5.81	6.58	-20.9	-21.5
1971—1980	10	7.17	7.17	-2.51	-14.4
1981—1990	10	11.8	14.6	60.5	74.2
1991—1997	7	4.61	5.12	-37.3	-38.9

(1) 黄河沿站水沙时段变化主要受年径流丰、平、枯周期性变化的影响,20 世纪 50 年代后期至 60 年代年径流为枯水期,70 年代为平水期,80 年代为丰水期,90 年代进入了枯水期

(2) 黄河沿站时段水沙变化是同步的,不受其它因素的影响,水沙关系密切,这是黄河源区不同于多沙河流的一个水文特性。对黄河沿站 1956—1997 年的年径流量与输沙量进行相关分析,两变量相关关系显著,相关系数 $r=0.89$,二者之间可用以下线性关系表示: $W_s=1.38W-1.63$,式中: W_s ——年输沙量 (10^4 t); W ——年径流量 (10^8 m^3)。

(3) 由于黄河沿站年径流丰、平、枯变化频繁,将 1956—1997 年的年径流和输沙量分为前后 2 个相等的时段与多年平均比较,分析径流量和输沙量的变化,发现这 2 个时段中基本上包括了丰、平、枯水年。1956—1976 年时段平均径流量 $6.86 \times 10^8 \text{ m}^3$,输沙量 $7.56 \times 10^4 \text{ t}$; 1977—1997 年时段平均径流量 $7.85 \times 10^8 \text{ m}^3$,输沙量 $9.20 \times 10^4 \text{ t}$,后一个时段比前一时段年径流量增加了 13.5%,输沙量增加 19.6%,认为黄河源区水沙量是基本稳定的。

进入 20 世纪 90 年代以来,随着黄河源区生态环境保护问题的提出,一些研究者和社会各界的有关人士及新闻报道,依据源头 90 年代以来水量比多年平均减少 30% 左右和断流这一事实,认为源头来水量在减少,生态环境在恶化。笔者认为这种观点没有分析黄河沿站年径流丰、平、枯周期性变化,没有分析所选择的时段在整个年径流系列中的代表性,用枯水段年径流量来比较,认为径流量在减少,科学依据是不充

分的。假如用 20 世纪 80 年代年径流量与多年平均比较,黄河源头水量在大幅度增加吗? 90 年代黄河源区径流量在减少 37.3% 的同时,输沙量减少了 38.9% 左右,主要是 90 年代黄河源区年径流进入了偏枯期,不能代表和反映整个源头年径流变化趋势。

根据黄河沿以上的巡测资料,1992—1997 年鄂陵湖出口的 6a 平均径流量 $4.67 \times 10^8 \text{ m}^3$,同期黄河沿站径流量 $4.73 \times 10^8 \text{ m}^3$,可见黄河沿站 95% 以上径流量由扎、鄂两湖补给。认为对黄河沿站年径流量起直接作用和主要补给的扎、鄂两湖的水位是稳定的,假如整个黄河源头地区生态环境大面积恶化,两湖水位在静储量水位以下会大幅度下降,黄河沿至鄂陵湖段及扎、鄂两湖之间河段会出现长时间的断流,因为扎、鄂两湖水位在静储量水位以下下降 1m,减少水量约 $1.0 \times 10^9 \text{ m}^3$ 左右,相当于黄河沿站多年平均径流量 $7.35 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的 1.36 倍。黄河源头断流是以自然因素影响为主的结果。根据年径流的变化趋势,下世纪初,黄河源头年径流将进入丰水期或平水期。

本文在写作过程中承陈爱萍、谢彭和、芦寿德、李晓东、权雄章等同志热忱帮助,谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] 魏振铎. 黄河源区沙漠化现状及防治意见 [J]. 青海环境, 1998, 8(2): 64—67.
- [2] 王维岳. 黄河源区生态建设与保护 [J]. 青海环境, 1998, 8(2): 89—91.
- [3] 严鹏, 范楚林. 试论江河源区水土流失原因及防治对策 [J]. 青海环境, 1998, 8(3): 134—137.
- [4] 姚桂基. 浅议江河源区生态环境现状及保护意见 [J]. 青海环境, 1998, 8(3): 138—140.
- [5] 任建华, 韦中兴. 守住母亲河的源头 [N]. 黄河报, 1999-10-30.
- [6] 青海省水利志办公室. 青海河流 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 1995: 1—7.
- [7] 邵玉红. 长江黄河源地的气候特征 [J]. 青海环境, 1998, 8(2): 68—72.
- [8] 祁明荣. 黄河源头考察文集 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 1982.
- [9] 王维第, 梁宗南. 黄河上游扎陵湖、鄂陵湖水文及水资源特征 [J]. 水文, 1981(5): 48—52.
- [10] 高志学, 宋昭升. 黄河上游地区的水文地理概况 [J]. 水文, 1984(3): 55—58.
- [11] 水利部水文局. 中国水资源评价 [M]. 北京: 水利出版社, 1987: 51—88.
- [12] 李万寿, 吴国祥. 青海省境内黄河上游区水沙来源及组成分析. 水土保持通报, 1999, 19(6): 6—10.