

# 水库修建对黄河水沙问题的负面影响

潘鸿雷, 王倩

(南京大学 城市与资源学系, 江苏 南京 210093)

**摘 要:** 修建水库是我国乃至世界各国治理水患、满足生产生活用水和用电需求重要途径之一。水利工程固然可以产生可观的经济效益,然而巨大的环境代价不容忽视。尤其近几十年在“水沙异源、水少沙多、时空分布不均匀”的黄河上修堤筑坝、修建水库,改变了黄河的水沙条件,严重影响了水沙运行环境。主要从水库尤其是龙羊峡、刘家峡和三门峡水库的修建与运作对黄河中下游水沙问题与流域造成的环境影响着手,通过近几十年来黄河径流、流域来水来沙情况及河道形态等在时间和空间序列上的数据分析,指出水库建设对黄河水沙状况带来的负面影响,降低了黄河中高流量频次,使得黄河径流出现显著均匀化、可控化的特征;影响黄河天然的来水来沙状况,造成河道淤积增强;加剧黄河断流;从而更加恶化黄河洪水和泥沙问题。从可持续发展的角度提出了黄河水沙问题的相关解决对策。

**关键词:** 水库; 水沙问题; 黄河

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2003)02-0073-04

**中图分类号:** P333.4

## Negative Impacts of Reservoirs on Water and Sands Problem of Yellow River

PAN Hong-lei, WANG Qian

(Department of Urban and Resources, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**Abstract:** Building reservoir is one of the important methods that many countries control the floods and resolve other water problems. Although it can produce much economic interests, it also causes considerable environmental damage, especially on such highly sandy river as the Yellow river. It is because the constantly construction of reservoirs in decades that changed the water and sands conditions of the Yellow river violently. Firstly, the fundamental influence mechanism of water and sands problems of the Yellow river from natural and artificial factors is presented. From the analysis on sediment and water volume of temporal and spatial data of runoff elaborately, the negative effect of the reservoirs (especially Longyangxia reservoir, Liujiaxia reservoir and Sanmenxia reservoir) on water and sands problem of the Yellow river can be recognized, which is that frequency of middle and high water volume was reduced, the sediment accumulation was increased, the current was artificially controlled highly, and the broken current was more severe. Finally the relevant strategy is suggested from the view of sustainable development.

**Keywords:** reservoir; problems of water and sands; the Yellow river

洪水和泥沙一直是黄河流域最主要的环境灾害,也是黄河流域开发建设中急需攻克的难点。黄河中下游的“善徙”“善淤”“善决”问题,千百年来一直困扰着治黄者。建国来,国家对黄河治理投入了大量人力、物力、财力,成效显著,然而水沙问题仍未得到根本解决。影响水沙问题的因素有自然因素,也有人为因素。

## 1 黄河水沙问题主要影响机制

### 1.1 自然因素

黄河流域绝大部分属于干旱,半干旱大陆性气候,降水量和径流量较少,流域内年平均降水量约为 200~600 mm,多年平均天然径流总量为  $5.80 \times 10^{10}$

$\text{m}^3$ <sup>[1]</sup>。黄河流域面积为长江的 42%,而径流量只占长江的 6%。流域内人均、地均水量仅为全国平均水量的 25%和 17%。而黄河多年平均年输沙量约  $1.60 \times 10^9 \text{ t}$ ,多年平均含沙量高达  $37.60 \text{ kg/m}^3$ ,均居世界大河首位<sup>[2]</sup>。而受黄土高原地质土壤等因素影响,泥沙的空间分布显著不均。数据来源<sup>[2]</sup>:由图 1、图 2 可看出,黄河的泥沙来源地区比较集中,有明显的水沙异源特点。河口镇以上的来水量占 53%,是黄河水量的主要来源区;而来沙量仅占全河 9%,河口镇至潼关的黄河中游地区,来水量占 37%,来沙量占 90%以上。其中,河口镇至龙门区间流域面积为  $1.12 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,占全河流域面积的 14.90%,水量占 12.50%,但

收稿日期:2002-08-14

作者简介:潘鸿雷(1973—),女(汉族),南京大学城市与资源学系研究生,自然地理专业。E-mail:phlin@163.com。

沙量却占全河沙量的 56%。全流域水土流失最严重的地区约有  $1.00 \times 10^5 \text{ km}^2$ , 主要分布在该区间。

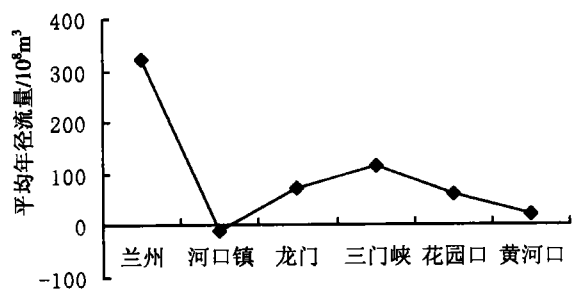


图1 黄河天然年径流地区分布

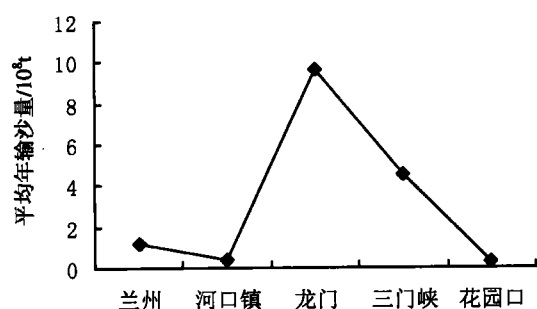


图2 黄河流域各段来沙情况

## 1.2 人为因素

随着经济发展人口增多,沿黄地带工农业用水以及人民生活耗水逐渐增多。在 20 世纪 50 年代至 90 年代,黄河供水地区年均耗水量由  $1.22 \times 10^{10} \text{ m}^3$  增加到  $3.00 \times 10^{10} \text{ m}^3$  [3]。

为了满足日常用水及工农业生产发展用水,黄河干支流修建的引水工程有 9 800 处,提水工程 2.36  $\times 10^4$  处,机井 3.78  $\times 10^5$  眼,此外还有引黄涵闸、虹吸、提水站等 122 座 [4],尤其是大小水库,为沿黄地区生产发展做出重大贡献,然而其所造成的负面影响不可低估,从而加剧沿黄地区水沙问题。

由图 3 可知,人为因素和自然因素并不是相互独立的,而是相互影响、相互制约的。不适当的围垦、开荒都会引起黄河流域自然环境恶化,从而进一步加剧黄河水沙问题,反过来更加制约人类的生存与发展。而且随着经济发展,人为因素的影响越来越显著。水库修建在黄河水沙问题上有重要影响。近 50 a 来,黄河流域各省(区)为发展经济,提高人民生活水平,都十分重视当地水电资源的开发。截至 1997 年,黄河干支流建成大、中、小型水库 3 183 座,总库容达  $5.83 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。其中龙羊峡、刘家峡和三门峡 3 水库库容高达  $4.00 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ,其蓄水量占黄河多年平均天然径流量的 70% 左右 [1],因此这 3 座水库建设对黄河河川径流及泥沙影响特别大。

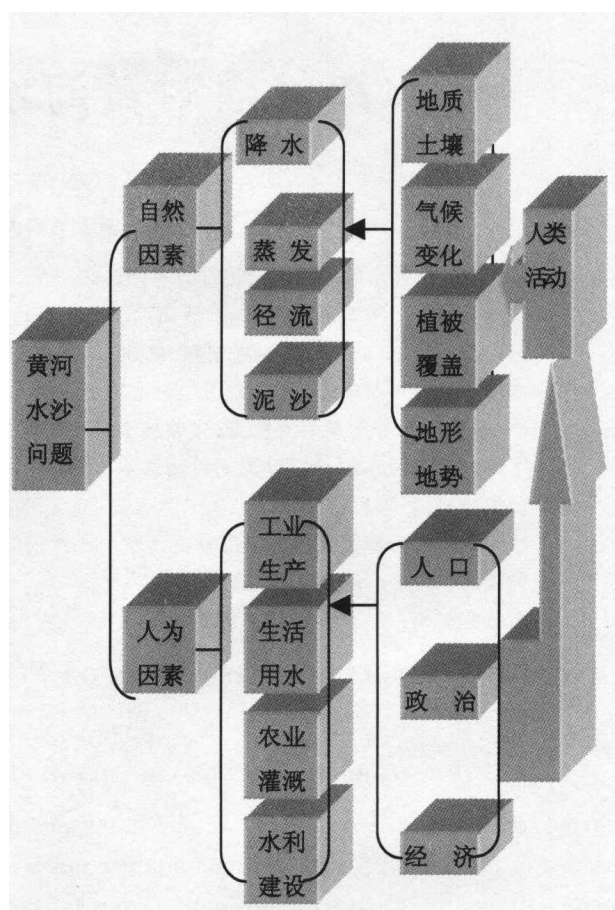


图3 黄河水沙问题影响机制

## 2 水库的修建对黄河来水来沙的影响

### 2.1 使中高流量出现日数减少,径流趋于均匀化

至 1997 年黄河干支流水库总库容已达  $5.83 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ,成为国内水资源利用率较高的河流之一,其水资源开发利用量与天然径流量之比高达 82% [2]。

黄河的径流被干支流的众多水库所控制。上游的龙羊峡和刘家峡 2 库联合利用和李家峡、盐锅峡、八盘峡、大峡、青铜峡、三盛公水电站的梯级开发,已经实现了径流的多年调节,黄河上游径流已经得到了全面控制;中游万家寨、天桥、三门峡和小浪底水库,以及支流的陆浑、故县水库和下游堤防,使黄河中下游洪水已基本得到控制。如果加上各支流上千座中小水库与主要支流  $5.00 \times 10^{10} \text{ m}^3$  待建库容 [5],人工水库对整个黄河径流影响非常显著。由于黄河流域的大规模、全方位的治理与开发,尤其刘家峡(1968 年开闸蓄水)和龙羊峡(1986 年开闸蓄水)2 库的联合运用对黄河的河川径流量发生显著变化,使得中高流量频次降低,小流量出现日数增长。

1986 年后流量在  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  以下历时显著增多:河口镇、龙门、潼关 3 站较 1968 年前分别增加 1.7,

3.2, 4.7 倍, 平均占 7—10 月总天数的 77%, 65%, 40%。秋汛期  $< 500 \text{ m}^3/\text{s}$  的流量较 1968 年增加了 32, 24.8 和 7 d;  $1500 \sim 3000 \text{ m}^3/\text{s}$  的中大流量出现日数显著减少, 由 1968 年前的 50 d 多降至 30 d 以下, 在河口镇仅为 9 次。流量  $\geq 3000 \text{ m}^3/\text{s}$  的高效输沙流量则减少更多。尤其是河口镇 1986 年以后  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$  以上的流量均出现在 1989 年, 这主要因为 1989 年龙羊峡水库尚在施工, 没有大量蓄水, 上游来水较丰。

表1 不同时期汛期各流量级出现日数

站名	时期	流量级/ $(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$			
		$< 1000$	$1000 \sim 1500$	$1500 \sim 3000$	$\geq 3000$
河口镇	1952—1967	35.0	31.0	53.0	4.0
	1986—1995	95.0	18.9	9.0	0.1
龙门	1950—1967	19.2	28.0	63.0	12.8
	1986—1995	80.3	23.3	18.0	1.4
潼关	1952—1967	10.0	19.0	55.0	39.0
	1986—1995	57.0	30.0	30.0	6.0

注: 据[6]有关数据计算。

据统计资料, 1950—1985 年, 黄河花园口断面洪峰流量大于  $8000 \text{ m}^3/\text{s}$  的洪水平均每年出现 1 次, 大

于  $4000 \text{ m}^3/\text{s}$  的洪水平均每年出现 3.70 次; 而自 1986 年以来, 流量大于  $8000 \text{ m}^3/\text{s}$  的洪水没有出现, 大于  $4000 \text{ m}^3/\text{s}$  的洪水平均每年出现 1.30 次<sup>[7]</sup>。

此外, 兰州断面在刘家峡、龙羊峡 2 库修建前, 非汛期流量仅为汛期流量的 67%, 而龙羊峡建成之后的 20 世纪 90 年代, 非汛期流量比汛期多 53%。种种迹象均表明由于水库的修建, 黄河径流已经出现了显著均匀化的特征<sup>[2,8]</sup>。

## 2.2 造成库下河道淤积增强

一般在水库投入运用的初期, 由于水库的拦沙作用, 使进入下游河道的沙量降低, 出库基本上为清水, 由此对近坝河段产生强烈冲刷, 对较远距离的河段影响不大, 这主要是因为来沙量有坝下河段冲刷补给, 河床还没有发生明显的变化。但是, 随着水库运用年限的增长, 库区淤积量的增加, 拦沙作用的减弱, 同时, 由于出库水量较小, 携沙能力降低, 造成河槽的淤积<sup>[9]</sup>。从 1958 年修建三门峡水库开始, 黄河干支流兴建了一系列的治河兴利工程, 修堤筑坝。然而也就是在这短短的几十年里, 下游河道就由能防御大洪水的高滩低槽演化为高出地面的“悬河”。

表2 铁谢—利津河道淤积变化

时期	总量	主槽淤积			滩地淤积		
		淤积量	宽河道	窄河道	淤积量	宽河道	窄河道
195007—196006	25.786	5.990	5.920	0.070	19.796	16.674	3.122
196010—199111	23.827	21.816	17.173	4.679	2.011	0.264	1.765

注: 据[9—11]有关数据整理。

由表 2 可见, 铁谢—利津河段在 1960 年以前, 虽然年淤积量很大, 可是河道淤积的分布以滩地为主, 主槽淤积量占 23.23%, 而其中宽河道淤积量就占 98.79%; 滩地淤积量占 76.77%, 其宽河道淤积量占滩地淤积量的 84.23%。而建库之后, 由于水库的拦沙作用, 年输沙量明显减少, 30 a 的淤积量比建库前 10 a 的淤积量还要少, 然而河道的淤积分布却发生明显的变化: 主槽的淤积量占到总淤积量的 91.56%, 主槽淤积中宽河道的淤积量占 78.55%; 而滩地的淤积量只占到 8.44%, 其中宽河道只占到 13.13%, 河道的淤积高度集中于主槽中<sup>[4,10]</sup>。河道淤积的这种变化使主槽淤浅, 水流变缓, 造成“小水量, 高水位, 大灾害”的不正常现象。

此外三门峡水库建成后的不同运作时期, 均对下游河道的淤积产生重要影响。1960 年 7 月—1964 年 10 月, 三门峡水库蓄水及滞洪排沙运用, 下排清水, 近库河段强烈冲刷, 冲刷强度沿程递减, 但是河口河段没有冲刷, 利津河段还抬升 0.40 m。1964 年, 三门峡库内严重淤积, 淤积泥沙量达到  $5.40 \times 10^9 \text{ m}^3$ , 需

要改建<sup>[7]</sup>。1973 年完成第 2 次大改建, 采取“蓄清排浑”的运作方式, 使水库泄流能力不足而发生滞洪淤积, 出库浑水常发生“大水带小沙, 小水带大沙”的局面, 结果造成下游河道的严重淤积, 加剧了“地上悬河”的现象。黄河上游内蒙古河段也面临着同样的问题。在上游干流枢纽工程投入运用前, 内蒙古河道处于微淤状态, 但是, 上游刘家峡和龙羊峡水库投入运用以来, 对下游河床的形态变化发生深刻影响。使河槽淤积, 槽滩差不断减小, 河流摆动加剧, 有可能发展成为黄河上的第 2 条“地上河”<sup>[9]</sup>。

## 2.3 加剧黄河断流

由图 3 可看出: 黄河径流量与当地的降水相关性较低, 而各段间的径流量相关程度非常高。这表明上游修建水库对下游水量的减少和水沙状况起到关键性的影响作用。在 1986 年前, 7 月份实测水沙量较天然降水的减少比较稳定, 减幅在 30%~50%之间, 而 1986 年后减幅达到 60%~70%。从汛期来看, 刘家峡、龙羊峡 2 库蓄水使水量平均减少 21.9%<sup>[2,6]</sup>。而黄河径流量的减少加剧了黄河的断流。建国来, 黄河

断流问题始于 1960 年,主要是花园口枢纽大坝建成、三门峡水库关闸蓄水以及下游引黄灌溉致使花园口站断流 25 d,夹河滩站断流 16 d,高村站断流 7 d,利津站 3 月 4 日—7 月 22 日连续断流 141 d。此后 1961—1971 年连续 11 a 未曾断流。20 世纪 70 年代有 6 a 发生断流,80 年代有 7 a 断流,进入 90 年代则年年断流;而且断流始日不断提前,终日不断后延,断流河长不断延长,有愈演愈烈之势。1997 年断流 226 d,断流河长 704 km,1998 年则开创跨年断流记录<sup>[14]</sup>。黄河的断流与近几年流域干旱有一定联系,可是上游水库蓄水使下游径流减少这一原因不可忽视。仅龙羊峡水库从 1986 年 10 月至 1989 年底蓄水运用,扣除因水库渗漏的水量损失后,仍净增蓄水量  $1.60 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ,80 年代平均年净增蓄水量  $1.60 \times 10^9 \text{ m}^3$ <sup>[12]</sup>。

### 3 结论及主要对策

从以上分析可以看出,水库的修建,降低了黄河中高流量频次,使得黄河径流受到控制,出现显著均匀化的特征;影响黄河天然的来水来沙状况,使河道形态发生改变;加剧黄河断流。这些改变都在一定程度上恶化了黄河洪水和泥沙问题。因此,在影响黄河流域来水来沙情况以及水沙问题的因素中,水库的修建这一因子有着不容忽视的作用。针对这一因子于黄河水沙问题的重要影响以及黄河流域的自然环境,提出相关对策如下。

#### 3.1 科学确定水库运用方式

水库的淤积不可避免,但不同的运用方式所造成的利害得失程度有很大差异。如三门峡的 3 次改建,蓄水拦沙、滞洪排沙和蓄清排浑不同运用方式的不断改进,就是为了提高对黄河水沙问题的缓解效果。因而,因地制宜、因时制宜地选取水库利用的方式、利用程度对促进黄河水沙问题的缓解与解决非常重要。

#### 3.2 节约用水是避免黄河水库滥用的首选之策

黄河水沙问题的出现,一方面反映出黄河水资源利用程度已达到较高水平,另一方面充分说明黄河水资源已成为制约沿黄地区社会经济持续发展的“瓶颈”。迫切需要合理的利益机制,进行水价政策改革以及水资源管理体制的改革,合理安排使用水资源,确定科学合理的蓄水库容量,以避免对水库过度利用。

#### 3.3 发展多种清洁能源,减轻对水电的依赖

当今不可忽视多种清洁能源的开发,尽量多使用太阳能、风能,农村多发展沼气,以免过度依赖水电,影响下游地区水源和生态以及经济发展。

#### 3.4 分河段治理与全流域统筹结合

由于黄河的水沙异源特点,不同河段水库应承担不同功能。如上游水库来沙量少,主要功能在于调节水量;而中游水库则主要承担减轻下游防洪和泥沙淤积,合理分配中下游工农业用水的功能;下游水库则主要担负防洪、放淤的功能。但全流域是一个有机整体,尤其是考虑到黄河各河段相关性很强的特性,因而分段治理必须在整体统筹的基础之上。

#### 3.5 多种途径解决水沙问题

修建水库目的之一是为了蓄水拦沙,减轻下游的洪水灾害和泥沙淤积,但在运用过程中不可避免地会产生一些负面影响,破坏黄河径流天然输沙功能,还有可能加剧下游洪水与泥沙问题。因而必须将水库拦沙功能与适时适地进行下游放淤等其它措施有机结合,针对影响黄河水沙问题的多种机制,根据各河段和各地区具体的情况采取相应措施减灾。

#### [参 考 文 献]

- [1] 席家治主编.黄河水资源[M].黄河水利出版社,1995.
- [2] 王颖,等.人类活动与黄河断流及海岸环境影响[J].南京大学学报,1998,34(3):257—271.
- [3] 杨振怀.世纪之交中国水利与环境问题和建设[J].科技导报,1999(5):40—42.
- [4] 王玲,等.黄河下游断流成因分析[J].人民黄河,1997(10):13—17.
- [5] 崔树彬.渠化黄河河道与黄淮海平原可持续发展探讨[J].科技导报,2000(2):22—25.
- [6] 李勇,等.黄河中游干流汛期水沙变化[J].人民黄河,1999,21(8):9—10.
- [7] 赵衍庚.1996 年黄河洪水异常原因分析及治河探讨[J].科技导报,1997(5):44—46.
- [8] 张启舜.黄河断流的现象和实质[J].科技导报,1999(2):12—14.
- [9] 王彦成,等.黄河上游干流水库对内蒙古河段的影响[J].人民黄河,1996(1):5—10.
- [10] 黎汝静,等.当代黄河治理大业中的观念变革问题[J].科技导报,1997(1):21—23.
- [11] 任美鄂.黄河下游断流引起的环境问题及其防治措施[J].科技导报,1999(2):3—6.
- [12] 柯礼丹.黄河下游断流原因分析及对策研究[J].人民黄河,1997(10):42—44.
- [13] 李安中.大型水利枢纽蓄水后不同时期对下游河床变化的影响[J].水利学报,1999(3):38—43.
- [14] 刘昌明,等.黄河干流下游断流的径流序列分析[J].地理学报,2000,55(3):257—265.