

# 龙刘两库补水对黄河中下游的环境补偿影响分析

刘 涵<sup>1</sup>, 黄 强<sup>1</sup>, 佟春生<sup>1,2</sup>

(1. 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048; 2. 华北工学院分院, 山西 太原 030008)

**摘要:** 基于黄河干流水库群补偿调节的结果, 结合定性分析与定量分析, 客观论述了龙刘两库补水对黄河中下游环境产生的正面和负面影响。其中正面影响包括增加工农业供水量、提高防凌保证率以及减少利津断面断流次数等, 负面影响定性分析了补水后下游河道增淤以及对过洪能力的影响。结果表明龙刘两库补水后, 兰州和花园口断面防凌保证率明显提高, 大大降低了凌灾发生的可能; 降低了利津断面断流频率26%左右。本文旨在通过对黄河流域环境补偿的影响分析, 引起有关决策部门对环境补偿问题的重视, 起到抛砖引玉的目的。

**关键词:** 补偿调节; 环境补偿; 黄河; 防凌

**中图分类号:** TV211.1; X171.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2242(2005)01-0145-04

## Analysis on Environment Compensation of Yellow River Mid-Downstream by Longyangxia and Liujiaxia Reservoirs Regulation

LIU Han<sup>1</sup>, HUANG Qiang<sup>1</sup>, TONG Chun-sheng<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Water Resources & Hydroelectric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048;

2. College of North China Institute of Technology, Taiyuan 030008)

**Abstract:** Based on the results of reservoirs compensative regulation in main stream of the Yellow River, combined qualitative with quantitative analysis, active and negative functions to environment on mid-downstream of the Yellow River were impersonality discussed by Longyangxia and Liujiaxia reservoirs regulation. Active functions included increasing water supply, increasing ice prevention guarantee rate and decreasing water interception at Lijin profile; negative included increasing river channel sedimentation and affecting capacity of the river to carry larger volumes of water. The results indicated that ice prevention guarantee rates of Lanzhou and Huayuankou profiles were increased so as to reduce ice flood occurring probability, and water interception rate at Lijin profile was reduced 26%. Through analyzing on environment compensation effect of the Yellow River, notice should be focused on environment compensation.

**Key words:** compensative regulation; environment compensation; Yellow River; ice prevention

黄河流域目前仍面临着洪涝灾害、干旱缺水和水环境恶化3大问题, 水资源严重短缺、用水浪费、污染严重、用水效益不高以及生态环境用水被挤占等现象仍然存在。其上游龙羊峡、刘家峡两大调节性水库为了满足中下游的发电、灌溉、供水、生态等综合利用任务, 牺牲了自身的效益, 从黄河全流域来看, 整体效益增加非常可观, 但就黄河上游局部效益来说, 损失较大, 尤其是发电效益损失较大。由于黄河上游梯级水库是以发电为主的, 兼顾防洪、防凌、灌溉和供水等任务, 因而研究龙刘两库对上游径流式电站以及下游三小水库电力补偿的文献相对较多<sup>[1~2]</sup>, 而研究龙刘两库补水给下游河道断流、防凌、冲沙等环境问题造成影响的却很少。本文将基于黄河干流梯级水库的补偿调节结果<sup>[3]</sup>, 初步分析龙刘两库联调对中下游补水产生的环境补偿影响。

## 1 环境补偿分析

### 1.1 界定环境补偿问题

从宏观上将环境补偿问题界定为: 如何在环境受损者与受益者之间进行公平性调控, 亦即如何使受益者对受损者进行补偿的问题。从这个涵义的界定看: (1) 补偿中涉及到补偿者和被补偿者两个方面, 即谁向谁补偿; (2) 补偿中涉及到补偿的形式, 即补偿“什么”或用“什么”补偿; (3) 补偿中还涉及到补偿行为或补偿过程的控制者, 即谁来控制补偿行为的有效性。这里之所以在第一、二之后又特别强调第3点, 是因为在现行的条件下很少

出现主动的、自觉的补偿者<sup>[4]</sup>。

流域的环境补偿是指有人类活动的流域(如黄河流域)经过治理(或调节),其上、中、下游物质成分循环,能量流通和信息交流加强了,其上游治理效果可以惠及中下游。一般说来,惠及的程度大,我们就说补偿作用强;惠及的程度小,我们就说补偿作用弱。从整个流域生态系统来理解,流域的能量流动量大、信息的传递量大,我们就说其补偿作用大,否则就说补偿作用小。流域内如果有大中型水库工程且控制作用很大,惠及防洪灌溉和上游通航,则水库上下游补偿作用强。从水土保持的角度分析,主要看其上游治理是否会减少中下游泥沙的淤积,清洁中游的水质,有利于生物的繁衍和河道的航运,如果这几方面都是肯定的,可以说流域内水土保持是补偿作用强,否则就是补偿作用弱<sup>[5]</sup>。

就黄河流域来说,目前仅干流上就建有多座大中型水库工程,其中调节能力较强的就有上游的龙羊峡、刘家峡以及下游小浪底等水库。龙羊峡水库作为整个干流梯级的“龙头”水库,是黄河中下游的补偿者;刘家峡水库相对于龙羊峡水库来说为被补偿者,而相对于中下游各省份来说为补偿者;中下游沿黄各个省份以及下游三门峡、小浪底水库均为龙刘两库的被补偿者。为了体现龙刘两库联合调度对中下游的影响,将龙刘两库作为一个补偿系统,被补偿者主要包括:宁夏和内蒙灌区、兰州和花园口防凌控制断面以及下游利津断面等。

## 1.2 环境补偿的形式

关于环境补偿的形式,应当清楚它是多元化的,既可以是经济意义上的资本补偿,也可以是折算成经济意义的其它资本的补偿,如技术和政策等。其中,“政策资本”的补偿即优惠与倾斜,可能是第一位的补偿,是最大的国家补偿。黄河上游地处西部,在目前国家实施西部大开发、西电东送、可持续发展战略以及中国入世的有利条件下,黄河水资源开发面临良好的机遇,也属于西部开发的重要内容,理应享受国家的优惠政策。

在我国现行的制度下,真正实现3种补偿决非易事。补偿机制的形成与补偿行为的实现,亟待通过国家立法或区域立法等刚性约束来支撑。没有这样的刚性约束而仅有柔性约束,那么环境保护和建设特别是我国西部生态脆弱地区的环境保护和建设是难以实现的。本文对黄河中下游环境补偿影响进行分析,也旨在通过对典型流域环境效益的量化数据来引起有关决策部门对环境补偿的重视,起到抛砖引玉的目的。

## 2 黄河中下游环境补偿影响分析

黄河流域的最大特点就是水少沙多,水沙异源。为了保留一定可长期使用的库容,除兰州以上水库外,一般均要按照“蓄清排浑”原则运行,汛期降低水库水位运行,只拦蓄非汛期泥沙少的水量,供工农业用水高峰时使用,这就造成黄河中下游工农业用水矛盾突出,且断流现象时有发生。其上游龙羊峡、刘家峡两大水库得天独厚,库容较大,泥沙较少,汛期可以大量蓄水,特别是龙羊峡水库年沙量仅为三门峡沙量的1.6%<sup>[6]</sup>,总库容276亿 $m^3$ ,是黄河干流独一无二的多年调节水库。本着水资源优化配置、合理利用的原则,龙刘两库按照“蓄丰枯补”的原则运行,不仅可将汛期富余水量存蓄起来供枯水期用,而且还可将丰水年水量调剂到枯水年使用,这样既可大幅度增加发电效益,又能提高黄河水资源利用率,满足下游缺水区的生产、生活及社会需要,从而缓解水资源利用矛盾。从生态环境角度客观地分析,龙刘两库补水给中下游环境带来的既有正面影响,同时不可避免地也有负面影响。

### 2.1 补水对环境的正面影响<sup>[3,7~8]</sup>

2.1.1 满足中下游缺水地区工农业生产用水和生活用水的需要 龙刘两库补水缓解了下游省区的缺水形势,缓解了由于水资源短缺而造成的城市化发展的制约,促进了潜在生产力的发展以形成现实的经济增长。当天然径流满足不了用水要求时,由于刘库库容小,并且离下游供水区近,所以首先由刘库补水,加大下泄流量,使刘、盐、八、大、青电站在系统基荷运行,多发电量,而龙、李则担任调峰和备用任务,尽可能使龙库多蓄少补,避免刘库后期弃水。由于宁夏灌区是黄河干流中下游灌溉用水的主要省区,而每年的5月份又是灌溉用水的高峰期,因此重点分析5月份龙刘两库补水前后宁夏灌区的灌溉用水满足情况。主要水文站资料采用1919年7月至1998年6月的天然径流资料,具体结果见图1、图2<sup>[3]</sup>,图中虚直线表示宁夏灌区5月份需水量,实曲线表示龙刘两库补水前后可供水量。

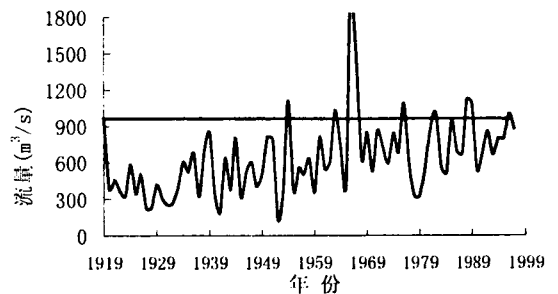


图1 龙刘两库补水前宁夏灌区5月份用水满足情况

量,实曲线表示龙刘两库补水前后可供水量。

从图中可以明显看出,龙刘两库补水后,宁蒙灌区79年长系列灌溉用水满足情况明显提高,统计年保证率提高了近55个百分点。由此可见,龙刘两库补水极大地满足了中下游缺水地区工农业生产用水的需要,而5月份正是宁蒙灌区春灌用水的高峰期,如果此时缺水将导致农作物颗粒无收,造成的农业生产损失将是难以估量的。

2.1.2 提高防凌断面的防凌保证率 在凌汛期,能对黄河产生较大威胁的凌汛主要发生在上游宁蒙河段和下游河段,因此黄河干流上下游的防凌控制断面分别选取兰州和花园口断面。由于受河势走向的影响,这两段河流都是由高

纬度地区流向低纬度地区。在冬季结冰期,河水首先由低纬度开始结冰,而在春季开河期,河流解冻首先由上段开始,从而形成黄河“自下而上流凌封冻”和“自上而下解冻开河”的特点。为了使封河段以“文开河”形式开河,消除凌汛威胁,需要利用干流龙刘两库进行凌期水量调节,为“文开河”创造动力条件。一般调节原则为:在封河前适当加大上游水库出库流量,增大河道径流量,尽可能使河道以高冰盖形式封河,以增加冰下过流能力;封河期要流量均匀,流量过大容易形成“水鼓冰开”,流量过小将出现冰盖坍塌,因此应避免流量波动过大;开河期为减小凌峰流量,应限制上游出库流量。具体兰州、花园口断面各防凌月份的防凌限制值见表1。龙刘两库联合运行时应遵循:在凌汛前期,刘家峡水库应先放,保持必要的防凌库容,以充分存蓄龙羊峡水库为满足发电要求泄放的水量;在凌汛期,由于刘库出库受到限制,为满足梯级出力要求,此时需由龙、李电站进行出力补偿。

龙刘两库参与调节给下游补水后,防凌控制断面兰州和花园口的防凌保证率明显提高,具体见表2<sup>[3]</sup>。其中兰州断面2月份防凌保证率从0提高到89.13%,1月份花园口断面防凌保证率在龙刘两库补水后达到100%。这说明龙刘两库补偿调节后,避免了封河段在开河时期大量冰块蜂拥而下,从而避免形成水流不畅、冰坝堵塞河道、河段壅水、槽蓄水量增加、水位上升等不利的局面,减小了对堤防安全的威胁,极大程度缓解了凌灾的发生,这部分效益也是非常巨大的。

2.1.3 减少利津断面的断流次数 由于黄河下游利津断面的频繁断流发生在非汛期,因此重点对下游利津断面非汛期的情况进行分析。下游非汛期供水既要保证工农业生产和人民生活用水,又要保证非汛期生态基流,故需要解决供水顺序的问题,即

有两种情况:一是生态环境优先的用水顺序,即首先保证生态和冲沙用水,这些水量必须提前预留,工农业和城市生活不得占用,剩余的水量按照先生活、再工业、后农业的顺序分配,此情况符合水资源管理和利用的要求,但在现实中往往难以实现;二是优先满足工农业和城市生活用水,如果有剩余则作为生态用水,这是当前的现实情况。至于如何选择合理的用水顺序问题,或者寻找其他更优的分水方法以满足生态环境和工农业用水的问题,还有待于进一步深入讨论。这里将两种用水顺序进行整合,也就是说考察下游的可供水量与总需求的对比情况,从而判断上游龙刘两库补水对利津断面非汛期水量的影响。从图3和图4中可以看出,在79年长系列中,龙刘两库补水前利津断面非汛期缺水的年份有39年,占一半左右,也就是说如果生态用水优先,则两年中就有一年出现缺水情况;如果是工农业和生活用水优先于生态用水,则黄河两年中就有一年出现断流;而在龙刘两库补水后缺水年份变为17年,只占1/5。可见龙刘两库补水对保证利津断面不发生断流效果非常显著,统计补水前后保证利津断面不发生断流的频率,从54%提高到80%左右,提高了26%。

2.1.4 有利于减轻下游的水污染 随着社会的进步和经济的发展,黄河沿河废污水排放大量增加,而天然来水量却日益减少,这样势必引起黄河水体环境容量和稀释自净能力的降低,这是黄河水污染日益严重的一个重要原因。通过龙刘两库给下游补水,缓解了下游缺水区的生态环境与用水之间的矛盾,增加了下游非汛期的地表径流量,增加了稀释污水的能力和净化空气的能力,使污径比增高,有利于改善水质,促进了生态环境的改善,缓解了下游水环境与用水之间的矛盾。

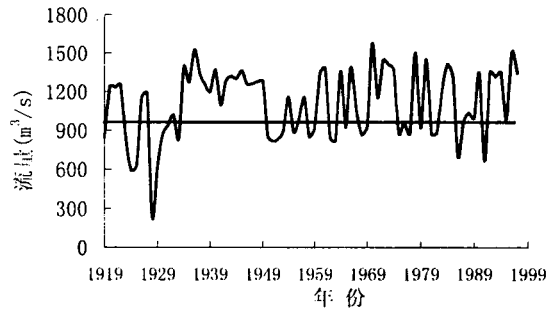


图2 龙刘两库补水后宁蒙灌区5月份用水满足情况

表1 防凌断面各月流量限制值

月份	12月	1月	2月	3月
兰州最小(m <sup>3</sup> /s)	500	400	500	450
兰州最大(m <sup>3</sup> /s)	700	700	700	600
花园口最小(m <sup>3</sup> /s)	—	400	300	—
花园口最大(m <sup>3</sup> /s)	—	500	600	—

注:资料来源于黄委会。

表2 兰州和花园口断面防凌保证率统计 %

	兰州				花园口	
	12月	1月	2月	3月	1月	2月
龙刘补水前	17.39	6.52	0.00	6.52	10.87	45.65
龙刘补水后	95.65	93.48	89.13	89.13	100.00	95.65

## 2.2 补水对环境的负面影响<sup>[3,9~11]</sup>

由于以往很少从保护河流自然功能的角度进行水资源开发方面的规划、调度和运行,因此,黄河河流的自然功能受到严重损害,尤其是泄洪排沙的输运功能受损害最大。

**2.2.1 下游河道增淤影响** 龙羊峡、刘家峡两库参与调节后,导致径流年内分配的均匀化。一般情况下,龙刘两库可以将40~50亿 m<sup>3</sup>水量从汛期调节至非汛期,使进入黄河中游的汛期水量大大减少。因此年内实际径流分配完全不同于天然径流的情况,汛期水量占年径流量的比例从天然情况的62%降至40%。上游龙刘水库“蓄清排浑”的运用方式会产生一定的减沙作用,但与中游的产沙量相比并不显著,加上对上游低含沙来水的过分控制,而对中游来沙控制较弱,造成水沙年内分配的不合理,而大大增加了汛期“小水带大沙”的机会。

**2.2.1 下游河道演变及过洪能力影响** 龙刘两库对径流的大幅度调节,改变了下游河道长期以来在天然情况下形成的冲淤特性,加剧了主槽的淤积,而主槽淤积是河道萎缩的一个重要特征。由于主槽淤积造成过洪能力的急剧下降,黄河下游沿程各站同流量下的水位均出现不同程度的抬升。1996年黄河发生大洪水,花园口站流量为7 680 m<sup>3</sup>/s,属中常洪水,但洪水位却比1958年流量为22 300 m<sup>3</sup>/s的洪水位94.42 m还要高0.91 m,造成多处抢险。

因此应改变传统的水库调度和水资源利用方式,对合理规划上中游干流工程以保证下游环境水量给予足够的重视,避免人为加速下游河道的萎缩,进一步损害其泄洪排沙功能。

## 3 结 语

本文基于黄河干流补偿调节的结果,将定性分析与定量分析相结合,客观分析了龙刘两库补水后,对黄河中下游环境产生的正面影响和负面影响。其中正面影响包括增加工农业供水量、提高防凌保证率以及缓解利津断面断流次数等,负面影响定性分析了补水后下游河道增淤以及对过洪能力的影响。从水土保持和环境补偿的角度来说,黄河干流龙刘两库联合调度对下游进行补偿调节,除了易量化的供水、发电效益外,就不易量化的防凌、利津断流等环境效益来说也是非常可观的。龙刘两库调节补水后,兰州和花园口断面各月防凌保证率明显提高,大大降低了凌灾发生的可能;同时降低了利津断面断流频率26%左右。

通过以上的定性与定量分析,阐明了龙刘两库补水对黄河中下游的环境存在一定的补偿效益。虽然最终结果并没有量化为货币形式,但是足以说明龙刘两库对中下游的环境补偿效益是很可观的。之所以没有量化成货币形式的一个重要原因,是由于其补偿形式的多元化,最终期望得到国家有关决策部门的重视,能够以国家补偿的形式对黄河上游的水资源开发给予一定的政策倾斜。

### 参考文献:

- [1] 畅建霞,黄强,田峰巍.黄河上游梯级电站补偿效益研究[J].水力发电学报,2002(4):11-17.
- [2] 刘涵,黄强,赵麦换,等.黄河干流供水发电补偿效益及其分配方案研究[J].水力发电学报,2003(2):24-30.
- [3] 刘涵.黄河干流供水发电补偿效益及其分配方案研究[D].西安理工大学,2003.
- [4] 潘玉君,张谦舵.区域生态环境建设补偿问题的初步探讨[J].经济地理,2003,23(4):520-523.
- [5] 王金龙,马为民.关于流域生态补偿问题的研讨[J].水土保持学报,2002,16(2):82-84.
- [6] 万景文.论龙刘两库补水对缓解黄河下游水量供需矛盾的巨大作用[J].水力发电学报,1996(2):22-29.
- [7] 罗吉,戈华清.论跨区域调水的环境补偿[J].环境保护,2002(11):34-36.
- [8] 万景文.黄河下游断流原因及其对策——兼论龙羊峡水库对缓解断流的重大贡献[J].西北水电,1997(4):22-26.
- [9] 石伟,王光谦.黄河下游输沙水量研究综述[J].水科学进展,2003,14(1):118-123.
- [10] 许炯心.人类活动影响下的黄河下游河道泥沙淤积宏观趋势研究[J].水利学报,2004(2):8-16.
- [11] 邵学军,王光谦.水资源开发对黄河下游河道环境生态功能的影响分析[J].中国人口·资源与环境,2002,12(6):29-32.

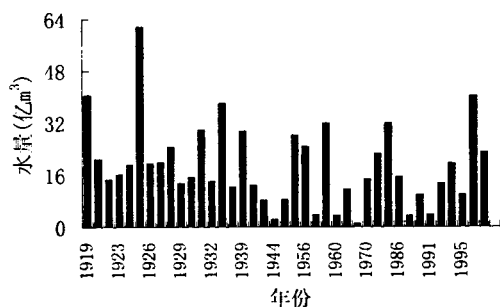


图3 龙刘两库补水前利津断面非汛期缺水

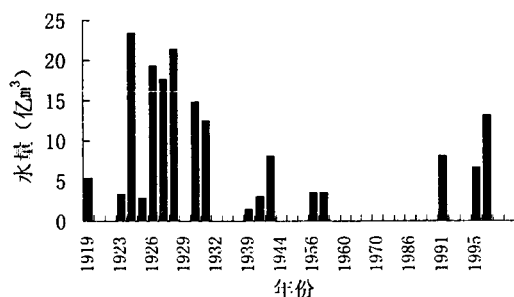


图4 龙刘两库补水后利津断面非汛期缺水