

# 黄河

## 第二次调水调沙试验

水利部黄河水利委员会 编



黄河水利出版社



# 黄河

## 第二次调水调沙试验

水利部黄河水利委员会 编

江苏工业学院图书馆  
藏书章

黄河水利出版社

## 内 容 提 要

本书共分为8章,对黄河第二次调水调沙试验的全过程进行了系统总结和分析研究。主要内容包括2003年黄河调水调沙调度预案,水沙过程,水沙调控及其技术,小浪底水库测验及冲淤,小浪底水库异重流,黄河下游河道冲淤、河势、工情、险情、灾情分析和减灾效益分析等。对重要的技术问题如空间尺度的水沙对接、小浪底水库异重流和浑水水库的排沙等进行了认真分析和研究,在此基础上,提出了黄河第二次调水调沙试验的主要结论与认识。本书可供从事水利工作的管理、规划设计、科研等人员,以及广大关心黄河治理与开发的社会各界人士阅读参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

黄河第二次调水调沙试验/水利部黄河水利委员会编.  
郑州:黄河水利出版社,2008.1

ISBN 978-7-80621-963-8

I.黄… II.水… III.黄河-水利建设-试验报告-2003 IV.TV882.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第099735号

---

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路11号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:9.75

彩插:4

字数:230千字

印数:1—1 500

版次:2008年1月第1版

印次:2008年1月第1次印刷

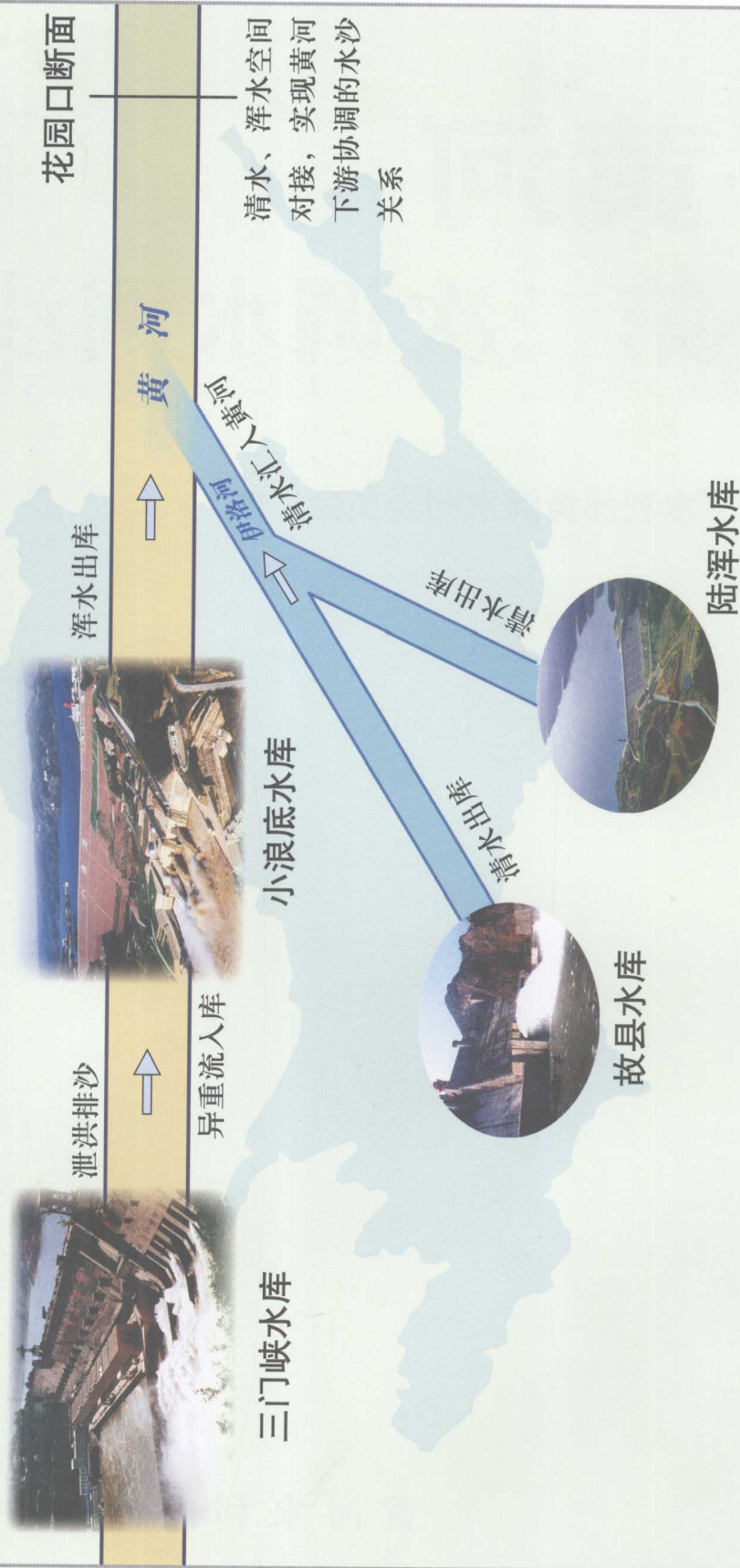
---

书号:ISBN 978-7-80621-963-8/TV·418

定价:38.00元

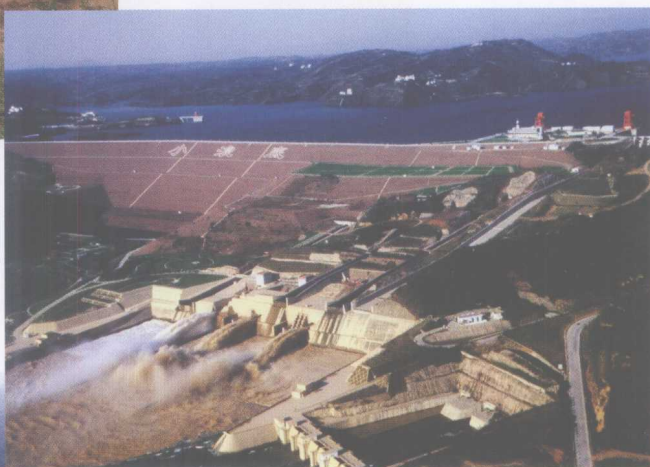


黄河第二次调水调沙试验示意图





三门峡水库泄洪排沙 (黄委防办供稿)



小浪底水库调水调沙 (黄委防办供稿)



陆浑水库放水 (殷鹤仙 摄)



故县水库放水 (唐恒恩 摄)





黄河水利委员会李国英主任在小浪底水库检查指导水文测验工作（黄委防办供稿）



黄河水利委员会廖义伟副主任现场检查应急通信系统（王彤琪 摄）



调水调沙演练会商 (黄委防办供稿)

水情预报会商 (龙虎 摄)







ADCP 测流 (龙虎 摄)



测船测流 (龙虎 摄)



三条船协同测流 (龙虎 摄)



提取沙样 (龙虎 摄)



河滩测流 (龙虎 摄)



河道地形测量 (龙虎 摄)

水质分析 (龙虎 摄)



利用激光粒度仪进行  
泥沙分析 (龙虎 摄)



泥沙分析 (龙虎 摄)



## 《黄河第二次调水调沙试验》编辑委员会

主任委员 李国英

副主任委员 廖义伟

委员 徐 乘 苏茂林 郭国顺 李春安 薛松贵  
朱庆平 李文家 翟家瑞 吴宾格 张金良  
王震宇 毕东升

## 《黄河第二次调水调沙试验》编写人员

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 李国英 | 廖义伟 | 张金良 | 刘继祥 | 张俊华 |
| 张红月 | 薛松贵 | 赵咸榕 | 张 永 | 翟家瑞 |
| 江恩慧 | 牛玉国 | 李文学 | 魏向阳 | 王震宇 |
| 朱庆平 | 胡跃斌 | 万占伟 | 苏运启 | 李世明 |
| 李文家 | 赵卫民 | 李胜阳 | 张厚军 | 曲少军 |
| 李 勇 | 孙振谦 | 任 伟 | 徐长锁 | 李跃伦 |
| 陈银太 | 张建中 | 侯起秀 | 尚红霞 | 毕东升 |
| 胡一三 | 李世滢 | 李良年 | 钱意颖 | 潘贤娣 |
| 洪尚池 | 陈怡勇 | 温晓军 | 张素平 | 祝 杰 |
| 李书霞 | 王育杰 | 安催花 | 韩巧兰 | 魏 军 |
| 张法中 | 王 英 | 李旭东 | 周景芍 | 王庆斋 |
| 袁东良 | 马 骏 | 任汝信 | 戴明谦 | 耿明全 |
| 罗怀新 | 陈书奎 | 董年虎 | 孙赞盈 | 茹玉英 |
| 余 欣 | 陶 新 | 高德松 | 马怀宝 | 梁国亭 |
| 林秀芝 | 付 健 | 滕 翔 |     |     |

## 前 言

2003年8月下旬至10月中旬,黄河流域泾、渭、洛河和三门峡至花园口区间(简称三花间,下同)出现了历史上少有的50余天的持续性降雨,干、支流相继出现10多次洪水,其中渭河接连发生了6次洪水过程,为历史上罕见的秋汛洪水。水利部黄河水利委员会(简称黄委,下同)根据汛前制订的预案,抓住有利时机,于2003年9月6~18日进行了黄河第二次调水调沙试验。试验期间,小浪底水库入库水量24.25亿 $\text{m}^3$ ,出库水量18.25亿 $\text{m}^3$ ,小浪底水库净蓄水6亿 $\text{m}^3$ ;入库沙量3.602亿t(8月25日~9月18日),出库沙量0.74亿t。小黑武水量(小浪底、黑石关、武陟三站水量之和,下同)25.91亿 $\text{m}^3$ ,沙量0.751亿t;花园口站水量27.49亿 $\text{m}^3$ ,沙量0.856亿t;利津站水量27.19亿 $\text{m}^3$ ,沙量1.207亿t;小浪底至利津河段冲刷量为0.456亿t。

第二次试验是在黄河下游河道萎缩、“二级悬河”形势严峻的情况下,按照黄委提出的“维持河流健康生命”的治水新理念开展的一次试验。本次调水调沙试验进行的是多库水沙联合调度,并有效利用了小浪底至花园口区间的清水,进行了空间尺度的水沙对接,小浪底水库产生了异重流和浑水水库的排沙等,是一次全新的调水调沙试验。

本书分为预案、水沙过程、水沙调控及其技术、水库测验与冲淤分析、异重流、下游河道冲淤分析、效果分析、结论与认识等8章,详细分析记录了试验全过程,希望能对今后的试验工作起到较大的借鉴和参考作用。

编 者

2007年9月



# 目 录

## 前 言

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| 第一章 2003 年黄河调水调沙调度预案 .....     | (1)   |
| 第一节 调水调沙调度方案的编制 .....          | (1)   |
| 第二节 出库含沙量预估 .....              | (7)   |
| 第三节 黄河下游险情及漫滩预估 .....          | (8)   |
| 第四节 方案计算 .....                 | (9)   |
| 第五节 实体模型试验结果分析 .....           | (17)  |
| 第二章 水沙过程 .....                 | (21)  |
| 第一节 前期水沙过程 .....               | (21)  |
| 第二节 试验期间三门峡、小浪底水库水沙过程 .....    | (46)  |
| 第三节 黄河下游水沙过程 .....             | (52)  |
| 第四节 泥沙颗粒级配 .....               | (58)  |
| 第五节 小 结 .....                  | (64)  |
| 第三章 水沙调控及其技术 .....             | (65)  |
| 第一节 试验背景 .....                 | (65)  |
| 第二节 试验的指导思想、目标和指标 .....        | (65)  |
| 第三节 调控技术及指标分析 .....            | (66)  |
| 第四节 试验过程及实施方案分析 .....          | (71)  |
| 第五节 小 结 .....                  | (81)  |
| 第四章 小浪底水库测验及冲淤分析 .....         | (83)  |
| 第一节 水文泥沙站网布设 .....             | (83)  |
| 第二节 试验期间小浪底水库水沙因子测验 .....      | (87)  |
| 第三节 库区冲淤分析 .....               | (89)  |
| 第四节 小 结 .....                  | (103) |
| 第五章 小浪底水库异重流 .....             | (106) |
| 第一节 小浪底水库运用情况 .....            | (106) |
| 第二节 异重流特性分析 .....              | (106) |
| 第三节 坝前区异重流的变化规律及成因分析 .....     | (112) |
| 第四节 异重流在库区支流( 沅西河) 河口的表现 ..... | (118) |
| 第五节 小 结 .....                  | (120) |
| 第六章 黄河下游河道冲淤分析 .....           | (121) |
| 第一节 试验期间下游河道冲淤效果 .....         | (121) |
| 第二节 下游河道过流能力变化 .....           | (127) |

---

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 第三节 小 结.....                 | (136) |
| 第七章 河势、工情、险情、灾情和减灾效益分析 ..... | (138) |
| 第一节 河势、工情、险情、灾情分析 .....      | (138) |
| 第二节 减灾效益分析.....              | (140) |
| 第三节 认识与建议.....               | (142) |
| 第八章 结论与认识.....               | (145) |
| 第一节 主要结论.....                | (145) |
| 第二节 认识与启示.....               | (146) |
| 参考文献.....                    | (148) |

---



# 第一章 2003 年黄河调水调沙调度预案

## 第一节 调水调沙调度方案的编制

### 一、洪水量级划分及依据

为便于制订调水调沙调度预案,按花园口站不同洪峰流量将洪水划分为  $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$  以下、 $4\,000\sim 8\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $8\,000\text{ m}^3/\text{s}$  以上三级。其划分依据如下:

(1)  $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$  流量的确定。花园口站现有编号洪峰流量的起始标准为  $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 。

(2)  $8\,000\text{ m}^3/\text{s}$  流量的确定。①小浪底水库汛限水位为  $225\text{ m}$ ,相应的泄流能力为  $7\,480\text{ m}^3/\text{s}$ ;②小浪底水利枢纽初步设计中,水库对中常洪水的控制流量为  $8\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 。

### 二、调度原则

(1)在确保黄河下游大堤安全的条件下,尽快恢复下游主槽过流能力,尽量减少小浪底库区淤积,兼顾洪水资源化。

(2)  $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$  以下,以主槽排洪为主,根据来水来沙情况,相机进行调水调沙。

(3)  $4\,000\sim 8\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ,根据洪水来源、洪峰、洪量和含沙量情况,相机进行调水调沙运用或转入防洪运用。

(4)  $8\,000\text{ m}^3/\text{s}$  以上,按防洪调度。

(5)避免下游河槽条件进一步恶化和出现“冲河南、淤山东”的情况。

(6)调度中考虑水资源利用,调水调沙结束时保持库水位不低于  $220\text{ m}$ 。

(7)满足下列条件之一,即转入防洪:①预报小浪底至花园口区间(简称小花间,下同)来水流量大于  $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ;②预报河道流量(指小浪底水库以上来水与小花间来水之和,下同)大于  $8\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ;③按调水调沙方式运行,小浪底水库可能超汛限水位  $3\text{ m}$  以上;④小浪底水库出现异重流或浑水水库,按调水调沙方式运用难以控制花园口站平均含沙量在  $80\text{ kg}/\text{m}^3$  以内。

### 三、调控指标确定

#### (一)调水调沙指标拟定依据

(1)2000 年水利部审查通过的调水调沙方案,小浪底水库调水调沙起始运行水位  $210\text{ m}$ ,调控上限流量  $2\,600\text{ m}^3/\text{s}$ 。

(2)论证建议的 2003 年调控流量和含沙量指标及补充论证说明。

(3)黄河首次调水调沙试验经验和黄河下游主槽的现状过洪能力等。

(4)2003 年调水调沙设计预案中小浪底—苏泗庄河道实体模型预报试验成果。

## (二) 调水调沙指标的确定

根据前述调度原则,现状下游河道最迫切的任务是恢复主槽过流能力。依据过洪能力分析,其中最关键的是夹河滩—艾山河段的过洪能力。据此,在确定调控指标时,应着重考虑达到两个基本目标:①调水调沙结束后,花园口—艾山河段主槽应发生冲刷,至少不发生淤积;②调水调沙结束后,艾山—利津河段主槽不淤积或略有冲刷。

从历史同量级洪水下游河道冲淤情况、2002 年首次调水调沙试验验证情况来看,控制花园口站流量  $2\,600\text{ m}^3/\text{s}$  历时不少于 10 天,平均含沙量小于  $20\text{ kg}/\text{m}^3$  或略大于  $20\text{ kg}/\text{m}^3$  是可以基本达到上述两个目标的。但数学模型计算表明,控制花园口站流量  $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$  历时不少于 10 天,平均含沙量  $20\sim 40\text{ kg}/\text{m}^3$  是可行的;当含沙量达到  $60\text{ kg}/\text{m}^3$  以后,花园口—高村河段主槽发生淤积。

从不同悬沙级配下游河道冲淤情况来看,进入下游河道泥沙的颗粒越细,冲刷效果越好。这充分说明在发生异重流、出库泥沙较细的情况下,出库含沙量可适当加大。根据上述分析,确定以下控制指标:

(1)花园口站流量  $2\,600\text{ m}^3/\text{s}$ , 历时不少于 10 天,不发生异重流或浑水水库,平均含沙量小于(或等于) $20\text{ kg}/\text{m}^3$ ;发生异重流或浑水水库,平均含沙量最高不超过  $30\text{ kg}/\text{m}^3$ 。

(2)花园口站流量  $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ , 历时不少于 10 天,不发生异重流或浑水水库,平均含沙量  $20\sim 40\text{ kg}/\text{m}^3$ ;发生异重流或浑水水库,平均含沙量  $40\sim 80\text{ kg}/\text{m}^3$ 。2003 年调水调沙运用过程中,在总水量一定的条件下,可以考虑小浪底出库以矩形峰的形式控泄花园口相对大流量,并持续一定时间。

## 四、方案拟订

### (一) 水库运用水位

小浪底水库汛限水位  $225\text{ m}$ ,起始运行水位  $210\text{ m}$ ,调水调沙结束时水位回到  $220\text{ m}$ 。

### (二) 方案拟订

调水调沙调控总水量(即水库可调水量与预报 2 天加预估后 4 天河道水量之和,简称调控总水量,下同)小于  $22\text{ 亿 m}^3$ , 不具备调水调沙条件。

调控总水量大于或等于  $22\text{ 亿 m}^3$ , 小于  $24\text{ 亿 m}^3$ , 若水库没有形成异重流或浑水水库,控制花园口站流量  $2\,600\text{ m}^3/\text{s}$ , 历时不少于 10 天,平均含沙量小于或等于  $20\text{ kg}/\text{m}^3$ ;若水库形成异重流或浑水水库,尽量排细沙,控制花园口站平均含沙量  $30\text{ kg}/\text{m}^3$ 。

调控总水量等于  $24\text{ 亿 m}^3$ , 若水库没有形成异重流或浑水水库,控制花园口站流量  $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ , 历时不少于 10 天,控制平均含沙量  $20\sim 40\text{ kg}/\text{m}^3$ ;若水库形成异重流或浑水水库,尽量排细沙,控制花园口站流量  $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ , 平均含沙量  $40\sim 80\text{ kg}/\text{m}^3$ 。

调控总水量大于  $24\text{ 亿 m}^3$ , 水库水位超汛限水位  $3\text{ m}$  以上,转入防洪。

## 五、 $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以下调度方案

下面以控制花园口站流量  $2\,600\text{ m}^3/\text{s}$  不少于 10 天为例,来说明其具体调度方案。

### (一) 基本思路

以主槽排洪为主,根据来水来沙情况,相机进行调水调沙。

1. 小花间流量小于  $2\,600\text{ m}^3/\text{s}$ 

满足调水调沙条件,进行调水调沙。否则,保证下游河道不断流,尽量减小出库流量。

2. 小花间流量  $2\,600\sim 3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 

控制小浪底出库流量,使花园口站流量尽量接近  $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ,水库出流原则上不增加花园口站洪峰流量,小浪底水库利用排沙洞补沙。

**(二)具体调度方案**

库水位  $220\sim 225\text{ m}$ :

(1)当预报河道流量小于  $800\text{ m}^3/\text{s}$  时,控制花园口站流量不超过  $800\text{ m}^3/\text{s}$ 。

(2)当预报河道流量为  $800\sim 2\,600\text{ m}^3/\text{s}$  时,若库水位  $220\text{ m}$  以上调控总水量不小于  $22\text{ 亿 m}^3$ ,控制花园口站流量  $2\,600\text{ m}^3/\text{s}$  历时不少于 10 天。否则,保证下游河道不断流,尽量减小出库流量,在库水位接近  $225\text{ m}$  时,流量进出库平衡运用。

(3)如预报河道流量为  $2\,600\sim 4\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ,当预报小花间流量小于  $2\,600\text{ m}^3/\text{s}$  时,若库水位  $220\text{ m}$  以上调控总水量不小于  $22\text{ 亿 m}^3$ ,控制花园口站流量  $2\,600\text{ m}^3/\text{s}$  历时不少于 10 天(可能短期超汛限水位)。否则,保证下游河道不断流,尽量减小出库流量,在库水位接近  $225\text{ m}$  时,流量进出库平衡运用。当预报小花间流量  $2\,600\sim 3\,000\text{ m}^3/\text{s}$  时,若库水位  $220\text{ m}$  以上调控总水量满足控制花园口站流量  $2\,600\sim 3\,000\text{ m}^3/\text{s}$  历时不少于 10 天的要求,控制花园口流量  $2\,600\sim 3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ (尽量接近  $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ,可能短期超汛限水位)历时不少于 10 天,控制出库流量,原则上不增加花园口站洪峰流量。否则,尽量减小出库流量,在库水位接近  $225\text{ m}$  时,流量进出库平衡运用。

$4\,000\text{ m}^3/\text{s}$  以下调水调沙调度方案见图 1-1。

**六、 $4\,000\sim 8\,000\text{ m}^3/\text{s}$  调度方案****(一)基本思路**

根据洪水来源、洪峰、洪量和平均含沙量情况,相机进行调水调沙或防洪运用。

1. 小花间流量小于  $2\,600\text{ m}^3/\text{s}$ 

满足调水调沙条件,进行调水调沙。否则,按防洪调度运用。

2. 小花间流量  $2\,600\sim 3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 

控制小浪底出库流量,使花园口站流量尽量接近  $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ,水库出流原则上不增加花园口站洪峰流量,小浪底水库利用排沙洞补沙。

**(二)具体调度方案**

库水位  $220\sim 225\text{ m}$ :

(1)当预报小花间流量小于  $2\,600\text{ m}^3/\text{s}$  时,若库水位  $220\text{ m}$  以上调控总水量不小于  $22\text{ 亿 m}^3$ ,控制花园口站流量  $2\,600\text{ m}^3/\text{s}$  历时不少于 10 天(可能短期超汛限水位)。否则,保证下游河道不断流,尽量减小出库流量,在库水位接近  $225\text{ m}$  时,转入防洪,如入库含沙量很低,控制花园口站流量不超过  $2\,600\text{ m}^3/\text{s}$ (短期超汛限水位),如入库含沙量较高,流量进出库平衡运用。

(2)当预报小花间流量  $2\,600\sim 3\,000\text{ m}^3/\text{s}$  时,若库水位  $220\text{ m}$  以上调控总水量满足控制花园口站流量  $2\,600\sim 3\,000\text{ m}^3/\text{s}$  历时不少于 10 天的要求,控制花园口站流量