

基于洪量的淮河中游中小洪水调度方式探讨

李京兵¹, 杨 丹²

(1. 安徽省水文局, 安徽 合肥 230022; 2. 水利部水文局, 北京 100053)

摘 要: 淮河河道坡度上游大、中游缓, 上游洪水汇到中游后, 流速变缓, 洪水在中游聚集。洪量经常超过中游河道泄洪能力, 致使淮河中游两岸蓄滞洪区应用频繁。淮河中游行蓄洪区应用主要是滞蓄、分泄超出河道行洪能力的洪量。通过对淮河中游重要节点历史 1d、3d 洪量与最高水位相关分析, 提出了最大 1d、3d 洪量与最高水位相结合的调度思路。在实时调度中, 如预测 1d 洪量较大时, 根据相关关系调度时重点消减 1d 洪量; 如预测 3d 洪量较大时, 主要消减 3d 洪量。该方法利用 2003、2007 年淮河流域洪水进行了验证, 从 1d、3d 洪量对洪水进行调度, 有助于控制洪水量级, 减轻洪水危害。

关键词: 淮河中游; 洪水调度; 临界洪量; 水位

中图分类号: TV122

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2016)06-0076-05

1 淮河中游概况

淮河干流发源于河南桐柏山, 自西向东经河南、安徽, 入江苏境内洪泽湖。豫、皖交界处王家坝水文站以上为上游, 面积 $3.06 \times 10^4 \text{ km}^2$, 河长 364 km, 地面落差 178 m, 河道平均坡度 0.5‰; 王家坝至洪泽湖为中游, 河长 490 km, 地面落差 16 m, 河道平均坡度 0.03‰。

淮河中游主要位于安徽境内, 两岸分布众多支流。主要支流有沙颍河、涡河、史河、淝河。除涡河外, 其它主要支流在正阳关以上汇入淮河干流。王家坝至蚌埠段分布着众多行、蓄洪区, 使用几率约 4~10a。

1991 年后, 淮河中游进行了不同规模的整治, 部分行蓄洪区进行了退建、废弃。目前王家坝至蚌埠有蒙洼、南润段、城西湖等 11 个行蓄洪区。目前寿西湖、董峰湖、汤渔湖仍以爆破式口门行洪, 其它行、蓄洪区由节制闸控制行蓄洪过程。11 个行蓄洪区设计滞蓄库容约 $94.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

在行蓄洪区调度应用中, 行蓄洪区应用时间基本控制在 3d 左右。如蒙洼 2003 年第一次进洪 53.5h、2007 年进洪 45.4h; 2007 年姜唐湖开闸蓄洪历时 11.7h。从实际的过程及效果分析, 洪水分洪时间控制在 1~3d 基本满足淮河中游中小洪水调度控制目标。

2 最高水位与洪量关系

淮河发生超标洪水时, 各节点控制依托水位对洪水进行调度。如王家坝水位超 29.3m 时启用蒙洼蓄洪区, 润河集水位超 27.7m 或正阳关水位达 26.5m 时启用城西湖蓄洪区。根据水位高低启用行蓄洪区的调度方式对洪水 1d、3d 洪量大小考虑不多, 也对最佳分洪时机及分洪量多少缺乏控制。

根据实测资料分析, 淮河中游各控制节点洪峰水位与最大 1d、3d 洪量关系较好, 王家坝、润河集、鲁台子、吴家渡站历年最高洪峰水位与最大 1d、3d 洪量相关系数达 0.85 以上。淮河中游洪水需要进行洪水调度时, 可根据淮河中游各控制节点洪峰水位与 1d、3d 特征时段洪量关系对超出河道特征水位下过洪能力的多余洪量进行调度安排。因此, 洪水调度应先侧重考虑各河段承受总洪量, 再考虑承受极值(最大洪峰流量、最高洪水位)。从预测预报及调度角度分析, 1d、3d 洪量属于短期洪水预报, 具有一定的预报精度。将预测预报与河流承受总洪量相结合的调度方式具有一定前瞻性, 可预先对超出河道过洪能力的多余洪量进行合理调度规划。

2.1 王家坝站

王家坝站是淮河中游第一站, 水位的高低关联着

淮河的防汛形势。王家坝水位主要受淮河干流上游洪量大小影响,王家坝水位与淮河干流及钅岗合并流量过程的最大1d、3d天洪量高度相关,最高水位与最大1d洪量相关系数为0.87、与最大3d洪量相关系数为0.90。

反映在1d、3d洪量的组成方面,存在总洪量越大,水位越高。如2003、2005、2007年最高水位为29.42m、29.14m、29.59m,淮河1d最大洪量为 $5.6 \times 10^8 \text{m}^3$ 、 $5.1 \times 10^8 \text{m}^3$ 、 $6.0 \times 10^8 \text{m}^3$,3d洪量为 $15.1 \times 10^8 \text{m}^3$ 、 $14.0 \times 10^8 \text{m}^3$ 、 $16.0 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

根据王家坝站(淮干+钅岗)年最大1d过洪量与最高水位关系,王家坝站29.3m条件下,王家坝(淮干、钅岗)河道断面最大1d临界洪量 $4.6 \times 10^8 \text{m}^3$ (见图1(a));最大3d临界洪量 $12.5 \times 10^8 \text{m}^3$ (见图1(b))。在实际调度应用中,依托王家坝站干流、钅岗合并洪量与最高水位相关关系,当王家坝出现超临界洪量洪水时,根据控制目标水位,对1d、3d洪量进行蓄洪消减。如预测1d洪量较大,调度时重点蓄洪消减最大1d洪量;如果3d洪量相对较大,可根据相关关系消减最大3d洪量。

2.2 润河集站

润河集站附近有城西湖、南润段行蓄洪区。城西湖设计蓄洪库容 $29.5 \times 10^8 \text{m}^3$,城西湖启用对润河集水位影响较大。南润段行洪区控制闸与城西湖进洪闸隔河相望。近几年淮河流域治理,南润段行洪区退建,库容缩减了近70%。当水位27.9m时,蓄洪库容仅 $0.669 \times 10^8 \text{m}^3$ 。润河集站水位与洪量关系稳定,最高水位与最大1d洪量相关系数0.89、与3d洪量相关系数0.90,见图2。但高水情况下点据右偏,主要受行蓄洪影响。

由此分析,根据润河集最高水位与最大洪量相关关系,润河集保证水位27.1m下1d临界洪量 $5.0 \times 10^8 \text{m}^3$,3d临界洪量 $14.4 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

实际调度中,当上游洪水经行、蓄洪区调蓄后,润河集仍超临界洪量,可首先使用南润段行洪区行洪;再根据润河集最高水位与最大洪量关系及城西湖蓄洪条件,分泄超量洪水。

2.3 鲁台子

鲁台子站位于淮河、淝河、颍河三水交汇处,上游右岸18km处淝河汇入、左岸12km处颍河汇入。多河流汇合导致洪水组合复杂,往往是一峰未落另峰再起。鲁台子河段沿岸两侧分布着邱家湖、姜唐湖、寿西湖、董峰湖、城东湖等行蓄洪区。洪水期间各行蓄洪区不同的调度运用过程使鲁台子洪水过程及水位流量关系复杂多变,但鲁台子站水位与洪量关系相对稳定,最高水位与最大1d、3d洪量相关系数均为0.93,见图3。

从水位洪量关系图分析,1954年、1956年、1968年、1975年点据明显右偏,1991年以后发生的较大洪水点据明显聚合。在中等洪水年份,鲁台子站水位高低,主要受行蓄洪区运用及支流来水大小影响。

由于鲁台子站受上下游行蓄洪及连续洪水、支流来水较大等因素影响较大,取最高水位与最大1d、3d洪量点据上包线,鲁台子保证水位下1d临界洪量 $6.8 \times 10^8 \text{m}^3$,3d临界洪量 $19.5 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

实际调度运用中,当鲁台子站(正阳关)超临界洪量,如颍河洪水较大,可首先选择茨淮新河分洪,然后考虑启用正阳关以上行蓄洪区,如邱家湖、姜唐湖、城东湖等;若鲁台子仍超临界洪量,再考虑启用正阳关以下行蓄洪区,如董峰湖、寿西湖行洪。

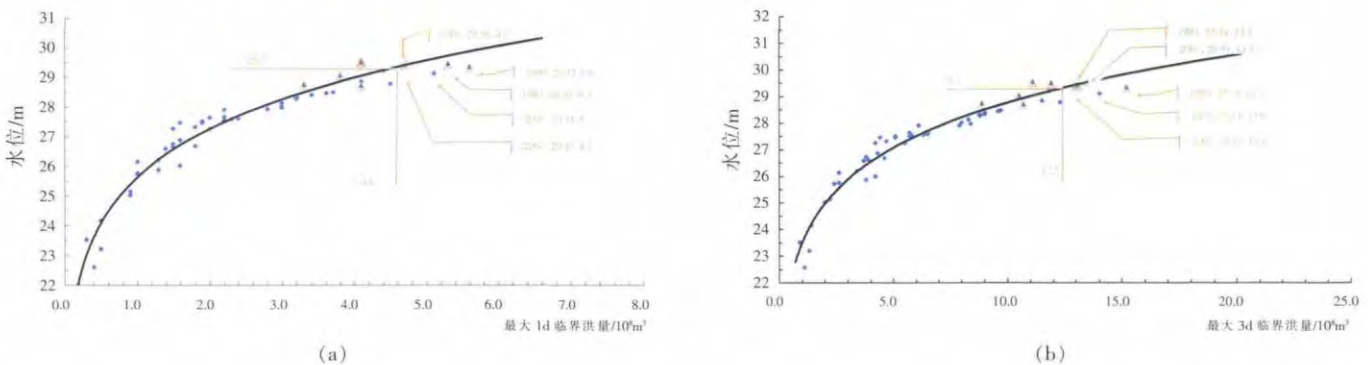


图1 淮河王家坝站(淮干+钅岗)最高水位与最大1d、3d洪量关系图

Fig.1 The relationship between the highest water level, maximum 1d and 3d flood volumes at the Wangjiaba station in the Huaihe River basin

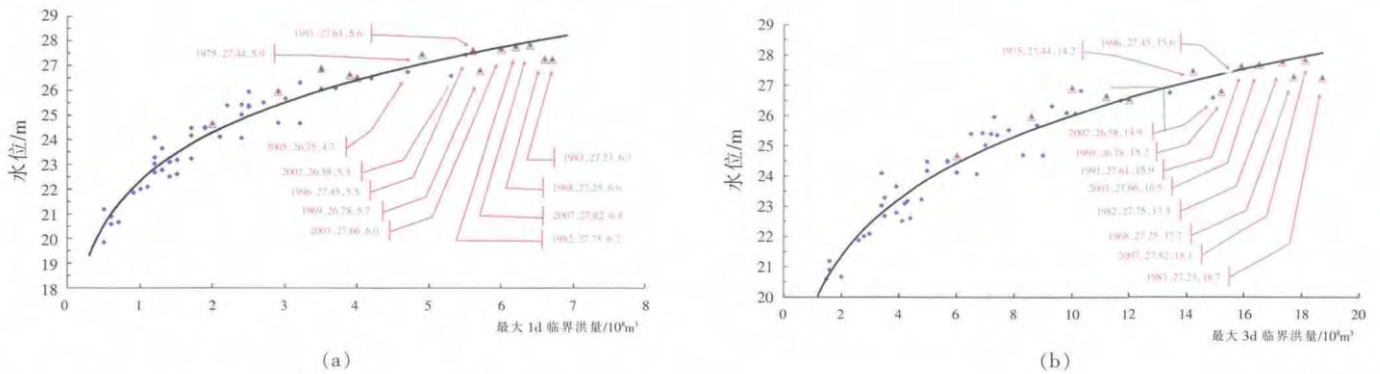


图2 淮河润河集站最高水位与最大1d、3d洪量关系图

Fig.2 The relationship between the highest water level, maximum 1d and 3d flood volumes at the Runheji station in the Huaihe River basin

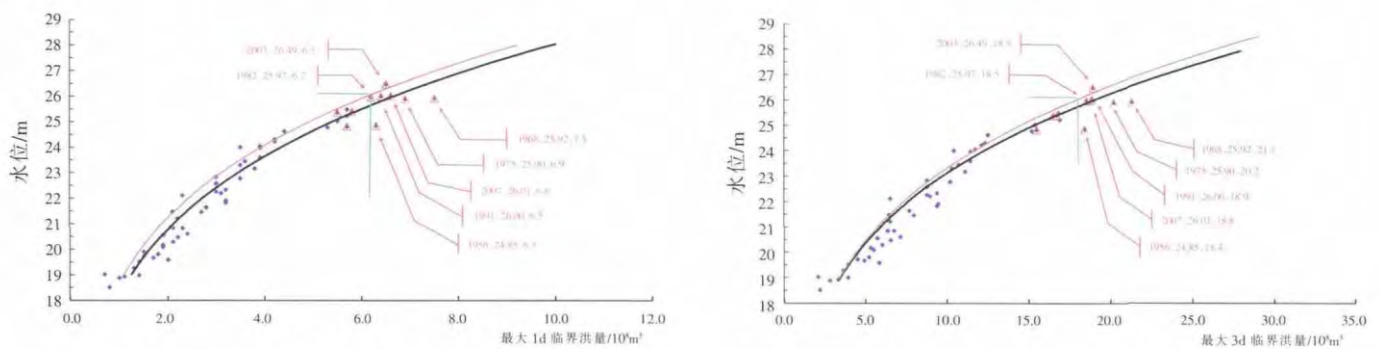


图3 淮河鲁台子站最高水位与最大1d、3d洪量关系图

Fig.3 The relationship between the highest water level, maximum 1d and 3d flood volumes at the Lutaizi station in the Huaihe River basin

3 典型年运用分析

3.1 2003年

2003年7月,淮河发生两次较大洪水过程。第一次洪水过程中王家坝闸7月3~5日开闸蓄洪,蓄洪量 $2.18 \times 10^8 \text{m}^3$ 。王家坝3日4时12分出现最高水位29.42m。河道(淮干+钜岗)最大1d洪量出现在7月2日,最大3d洪量出现在7月2~4日,最大3d洪量期间各天洪量为: 4.7×10^8 、 4.6×10^8 、 $3.7 \times 10^8 \text{m}^3$;按河道(淮干+钜岗)及王家坝闸过洪能力统计,最大1d洪量出现在7月3日,最大3d洪量出现在7月2~4日,最大3d洪量期间各天洪量为: 4.7×10^8 、 5.6×10^8 、 $4.8 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

若王家坝闸不开闸蓄洪,王家坝河道断面还原最大1d洪量为 $5.6 \times 10^8 \text{m}^3$,超保证水位下了临界洪量 $1.0 \times 10^8 \text{m}^3$;还原最大3d洪量为 $15.1 \times 10^8 \text{m}^3$,超保证水位下了临界洪量 $2.6 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

第一次洪水中,润河集至鲁台子区间使用唐垅湖行洪及茨淮新河分洪。鲁台子最大1d洪量7月5日

$6.47 \times 10^8 \text{m}^3$;最大3d洪量7月4~6日 $18.89 \times 10^8 \text{m}^3$ 。唐垅湖行洪时间处于鲁台子最大3d洪量时间的最后一天,其行洪对鲁台子站最大1d洪量无影响,对最大3d洪量影响大,根据《2003年淮河暴雨洪水》推算影响最大3d洪量 $1.22 \times 10^8 \text{m}^3$ 。茨河铺闸7月2~6日开闸分洪,分洪量 $2.11 \times 10^8 \text{m}^3$,推算减小鲁台子最大1d洪量 $0.62 \times 10^8 \text{m}^3$,减小鲁台子最大3d洪量 $1.89 \times 10^8 \text{m}^3$ 。茨河铺、唐垅湖分、行洪对鲁台子洪峰约降低10cm左右。若不行、分洪,还原鲁台子最大1d洪量将达 $7.09 \times 10^8 \text{m}^3$,超保证水位下的临界洪量 $0.29 \times 10^8 \text{m}^3$;还原鲁台子最大3d洪量将达 $22.0 \times 10^8 \text{m}^3$,超保证水位下的临界洪量 $2.5 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

鲁台子至蚌埠段,7月4~7日使用怀洪新河分洪,分洪量 $3.40 \times 10^8 \text{m}^3$ 。7月4日8时30分运用洛河洼、12时运用上下六坊堤,次日13时运用石姚段行洪,三处行洪区的应用扩大了淮河干流的行洪通道。怀洪新河分洪对吴家渡影响最大,吴家渡6日22时出现最高水位22.05m,7月6日出现最大1d

洪量 $7.23 \times 10^8 \text{m}^3$; 7月4~6日出现最大3d洪量 $21.05 \times 10^8 \text{m}^3$ 。何巷分洪对最大1d、3d影响洪量为 $1.31 \times 10^8 \text{m}^3$ 、 $2.50 \times 10^8 \text{m}^3$ 。影响吴家渡水位约0.45m。

润河集至鲁台子区间第二次洪水过程中运用了邱家湖、城东湖蓄洪。鲁台子12日18时出现最高水位26.49m。最大1d洪量7月12日 $6.42 \times 10^8 \text{m}^3$; 最大3d洪量7月11~13日 $18.93 \times 10^8 \text{m}^3$ 。城东湖蓄洪7月11~14日分洪,分洪量 $3.34 \times 10^8 \text{m}^3$ 。分洪时机与鲁台子最大3d洪量出现时间同步。城东湖蓄洪对鲁台子第二次洪水的最大1d、3d洪量影响较大。城东湖蓄洪鲁台子洪峰约减少0.10m左右。若不蓄、分洪,还原鲁台子最大1d洪量将达 $7.58 \times 10^8 \text{m}^3$,超保证水位下的临界洪量 $0.78 \times 10^8 \text{m}^3$; 还原鲁台子最大3d洪量将达 $21.49 \times 10^8 \text{m}^3$,超保证水位下的临界洪量 $1.99 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

荆山湖7月6日上口门漫溢行洪,次日11时26分下口门爆破行洪。怀洪新河7月9~18日二次分洪,分洪总量 $8.48 \times 10^8 \text{m}^3$ 。第二次洪水中吴家渡14日1时30分最高水位21.85m,受荆山湖、怀洪新河运用影响,最大1d、3d过洪量与最高水位出现时间错位,7月9日出现最大1d洪量 $6.71 \times 10^8 \text{m}^3$,7月9~11日出现最大3d洪量 $19.75 \times 10^8 \text{m}^3$ 。相对最大1d、3d洪量出现时间而言,荆山湖提前滞蓄了洪水,怀洪新河对1d、3d洪量影响最大,何巷分洪量与吴家渡洪量综合统计,最大1d洪量出现在7月13日 $8.00 \times 10^8 \text{m}^3$ 、最大3d洪量出现在7月12~14日 $23.58 \times 10^8 \text{m}^3$,何巷分洪对最大1d、3d影响洪量为 $1.37 \times 10^8 \text{m}^3$ 、 $3.84 \times 10^8 \text{m}^3$ 。降低吴家渡水位约0.70m。

3.2 2007年

蒙洼7月10~12日开闸蓄洪,历时45.4h,蓄洪 $2.44 \times 10^8 \text{m}^3$ 。7月11日3时42分王家坝出现最高水位29.59m。

从河道过洪情况分析,河道(淮干+钲岗)最大1d洪量7月10日,最大3d洪量7月10~12日;按河道(淮干+钲岗)及王家坝闸过洪能力统计,最大1d洪量7月11日,最大3d洪量出现在7月10~12日。淮干+钲岗+闸最大3d洪量出现时间与河道(淮干+钲岗)最大出现时间一致,最大1d洪量时间不一致,淮干+钲岗最大1d洪量在7月10日,淮干+钲岗+闸最大1d洪量在7月11日。若蒙洼不蓄洪,还原最大1d洪量 $6.0 \times 10^8 \text{m}^3$,超保证水位下临界洪量 $1.4 \times 10^8 \text{m}^3$;还原最大3d洪量 $16.0 \times 10^8 \text{m}^3$,超保证水位下临界洪量 $3.5 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

王家坝至润河集区间使用了南润段行洪。南润段

行洪区11日12时左右扒口行洪。根据《2007年淮河暴雨洪水》行洪流量约 $255 \text{m}^3/\text{s}$ 。润河集7月11日7时17分出现最高水位27.82m。河道7月11日最大1d洪量 $6.4 \times 10^8 \text{m}^3$,7月10~12日最大3d洪量 $18.1 \times 10^8 \text{m}^3$ 。影响润河集最大1d、3d洪量分别为 0.2×10^8 、 $0.4 \times 10^8 \text{m}^3$,减少洪峰水位约0.1m。若不行洪,润河集还原最大1d洪量 $6.6 \times 10^8 \text{m}^3$,超保证水位下的临界洪量 $1.6 \times 10^8 \text{m}^3$;还原最大3d洪量 $18.5 \times 10^8 \text{m}^3$,超保证水位下的临界洪量 $4.1 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

润河集至鲁台子区间使用了姜唐湖和邱家湖行洪区。7月11日15时5分首先开启姜唐湖退洪闸反向进洪,同日15时16分开启进洪闸进洪。7月12日18时退洪闸关闭,13日14时43分进洪闸关闭,累计进洪 $2.11 \times 10^8 \text{m}^3$ 。邱家湖11日16时10分扒口行洪,根据《2007年淮河暴雨洪水》行洪流量约 $1370 \text{m}^3/\text{s}$ 。受行、蓄洪影响,鲁台子7月11日16时出现最高水位26.01m。河道7月11日最大1d洪量 $6.6 \times 10^8 \text{m}^3$,7月11~13日最大3d洪量 $18.8 \times 10^8 \text{m}^3$ 。按洪水传播计算,邱家湖、姜唐湖行蓄洪影响鲁台子最大1d、3d洪量分别为 $1.6 \times 10^8 \text{m}^3$ 、 $4.0 \times 10^8 \text{m}^3$,减少洪峰水位约0.30~0.40m。若姜唐湖、邱家湖不行洪,鲁台子还原最大1d洪量 $8.1 \times 10^8 \text{m}^3$,超保证水位下的临界洪量 $1.3 \times 10^8 \text{m}^3$;还原最大3d洪量 $22.8 \times 10^8 \text{m}^3$,超保证水位下的临界洪量 $2.3 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

鲁台子至吴家渡之间启用上下六坊堤、石姚段、洛河洼、荆山湖。上下六坊堤7月11日12时启用,石姚段12日19时30分启用,15日16时洛河洼启用,19日20分荆山湖启用。行蓄洪区的相继启用,极大影响了吴家渡的水位流量关系,吴家渡出现双峰形态。20日9时42分出现最高洪峰 $7520 \text{m}^3/\text{s}$,最高水位21.38m。河道7月20日最大1d洪量 $6.3 \times 10^8 \text{m}^3$,7月18~20日最大3d洪量 $19.0 \times 10^8 \text{m}^3$ 。综合荆山湖的应用效果,不运用荆山湖吴家渡最大1d、3d洪量分别为 $7.2 \times 10^8 \text{m}^3$ (7月20日)、 $20.5 \times 10^8 \text{m}^3$ (7月19~21日)。降低吴家渡水位约0.4m。

4 结论

(1)防汛调度采用分段控制时,既要考虑极值(最高水位、最大流量),也需考虑洪水总量。基于历史实测资料分析建立了特征水位与特征时段洪量关系,提出极值(最高水位、最大流量)与总量并重的洪水调度思路。经对王家坝、润河集、鲁台子(正阳关)、蚌埠节

点特征时段与最高水位关系分析,最大 1d、3d 特征时段洪量与最高水位关系较好,可以满足极值与总量并重的洪水调度要求。

(2)在行、蓄、分三种措施中,只有分是彻底的办法,行、蓄解决当前高水位的同时也增加后续洪水调度风险。通过对典型年 2003、2007 年洪水调度及对关键节点的影响分析,蒙洼、城东湖、姜唐湖、荆山湖、茨淮新河、怀洪新河运用对相应节点的洪量、洪峰水位影响较大。以降低洪峰水位的角度,宜在最大 3d 洪量时段以内、最大 1d 洪量出现之前启用行、蓄洪或分洪手段,对关键节点的洪峰影响最大。现有分洪调度办法需要考虑极值与洪量并重,适度提前分洪。

参考文献:

[1] 江守钰,程绪干. 淮河流域暴雨洪水特性分析 [J]. 水文, 2007,(3): 89-92. (JIANG Shouyu, CHEN Xugan. Analysis of the

characteristics of rainstorms and floods in the Huaihe River basin [J]. Journal of China Hydrology, 2007,(3):89-92. (in Chinese))

[2] 水利部水文局,水利部淮河水利委员会. 2003 年淮河暴雨洪水[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005. (Bureau of Hydrology, MWR, Huaihe River Commission, MWR. Rainstorm and Flood in Huaihe River Basin, 2003 [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2005. (in Chinese))

[3] 水利部水文局,水利部淮河水利委员会. 2007 年淮河暴雨洪水[M]. 北京:中国水利水电出版社,2007. (Bureau of Hydrology, MWR, Huaihe River Commission, MWR. Rainstorm and Flood in Huaihe River Basin, 2007 [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2007. (in Chinese))

[4] 韩从尚. 淮中游暴雨洪水特性分析和防洪工程控制运用有关预报问题探讨[J]. 水文, 2008,(1):87-90. (HAN Congshang. Discussion on flood forecasting for flood control structure operation based on the characteristics of storm [J]. Journal of China Hydrology, 2008,(1):89-92. (in Chinese))

How to Dispatch Floods in Middle Reach of Huaihe River Based on Flood Volume

LI Jingbing¹, YANG Dan²

(1. Hydrology Bureau of Anhui Province, Hefei 230022, China; 2. Bureau of Hydrology, MWR, Beijing 100053, China)

Abstract: Because the slope in the middle reach of the Huaihe River is smaller than that in the upstream, the flow rate becomes slow and the flood is gathered in the middle reach. Therefore, the flood volume usually exceeds the discharge capacity in the middle reach, and the flood storage areas are frequently used. By analyzing the relationship between highest water level, 1-day and 3-day flood volume, this paper put forward the idea of scheduling floods according to the relationship. In real-time scheduling, when predicting 1-day flood volume is large, the volume should be cut down according to the correlation; and when predicting 3-day flood volume is large, the volume should be mainly cut down. This method was verified in floods occurred in the Huaihe River Basin in 2003 and 2007, and good results were achieved.

Key words: middle reach of Huaihe River; flood dispatching; critical flood volume; water level

(上接第 54 页)

Analysis of Hydro-geochemistry Characteristics of Different Rock and Soil in Yiyuan Area by Experiment of Leaching and Soaking

ZHANG Hongying¹, GAO Zongjun¹, SHI Mengjie¹, MOU Linkai¹, LI Wei²

(1. College of Earth Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China;

2. Center for Hydrogeology and Environmental Geology, China Geology Survey, Baoding 071051, China)

Abstract: In order to study the influence of aeration zone on the hydro-geochemistry changes in the process of precipitation recharge to groundwater, surface rock and soil samples of unsaturated zone in Yiyuan were collected and experimented by leaching and immersion. From the leaching test, these soluble anions, such as Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , etc, dissolved into the leaching solution firstly and metal ions K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe and so on in the solution began to increase subsequently. The initial pH value of leaching solution was alkaline, and then to neutral transition. The results of the soaking experiment show that after 5 minutes immerse, the chemical composition of different soak solution of rock and soil samples changed obviously. With the increase of soaking time, the content of ions like K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- and the salt content in soaking solution increased in different degrees, but the ions of Cl^- , SO_4^{2-} changed differently in different rock and soil. Presumably know, a large number of materials have been leaching out and chemical properties of precipitation happened to greatly change while the process of groundwater recharged through the aeration zone.

Key words: rock-soil, leaching, soaking, groundwater, hydro-geochemistry