

DOI:10.16198/j.cnki.1009-640X.2016.05.001

吴浩云, 王银堂, 胡庆芳, 等. 太湖流域洪水识别与洪水资源利用约束分析[J]. 水利水运工程学报, 2016(5): 1-8. (WU Hao-yun, WANG Yin-tang, HU Qing-fang, et al. Flood identification and constraints analysis for flood resources utilization in Taihu Lake basin[J]. Hydro-Science and Engineering, 2016(5): 1-8.)

太湖流域洪水识别与洪水资源利用约束分析

吴浩云¹, 王银堂², 胡庆芳², 刘 勇², 崔婷婷²

(1. 水利部太湖流域管理局, 上海 200434; 2. 南京水利科学研究院 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029)

摘要: 随着人口增长和经济的迅速发展,太湖流域出现了洪涝灾害、水资源短缺与水环境恶化三者并存的局面,水资源问题已成为制约区域经济社会可持续发展的主要因素。依托防洪工程体系和河湖水系,完善洪水调控方式,促进洪水与水量、水质调度相结合,对于强化太湖流域水资源综合管理具有重要意义。在分析太湖流域洪水特性的基础上,结合降水和水位等要素,划分了太湖流域“洪水期”,从水量平衡角度识别和解析了太湖流域洪水过程,阐明了太湖流域洪水资源利用的实质,提出了流域洪水资源利用的防洪安全、供水安全及水环境安全约束条件,初步总结了太湖流域洪水资源利用识别体系,为开展太湖流域洪水资源利用评价和改善流域洪水调控模式奠定了基础。

关 键 词: 洪水资源利用; 洪水期; 洪水识别; 约束条件; 太湖流域

中图分类号: TV213

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2016)05-0001-08

受季风气候影响,我国东部河川径流的60%~80%表现为洪水形态,这也决定了洪水资源利用在我国水资源利用中占据极为重要的地位。依赖于流域河湖水系和水利工程,主动将洪水转化为可利用的水资源量,是我国最主要的水资源开发利用方式之一。近20年来,受水资源利用情势等因素的影响与驱动,国内对洪水资源利用问题进行了再认识,提出了由洪水控制向洪水管理转变的思路^[1],许多学者开展了一系列洪水资源利用关键技术的创新研究,其主要成果包括两个方面:一是对洪水资源利用的基本概念进行了重新梳理,从宏观层面开展了流域洪水资源利用现状以及利用潜力的评估^[2-3];二是在具体技术层面对各种洪水调控与利用方式的研究,包括洪水预警预报方法、水库洪水调控以及流域洪水联合调控的新方法等^[4-6]。

太湖流域地跨苏、浙、沪、皖三省一市,位于长江三角洲核心区域,流域面积36 895 km²,是我国经济发达地区之一。太湖流域北滨长江,东临东海,南濒杭州湾,地势低洼,受梅雨和台风雨的影响,历来洪涝灾害比较频繁^[7-8]。近年来随着流域经济社会的飞速发展和城镇化进程迅猛推进,太湖流域又面临着本地水资源不足、水污染比较严重的局面,水资源供需矛盾比较突出。因此,迫切需要在统筹考虑防洪除涝、水资源供给和水环境改善的基础上对流域洪水资源进行科学调控,以保障流域水安全。

本文分析了太湖流域洪水特性及洪水识别方法,剖析了太湖流域洪水资源利用的约束条件,阐明了流域洪水资源利用的基本对象和前提条件,为太湖流域洪水资源利用评价和洪水调控模式优化提供了理论依据。

收稿日期: 2015-12-11

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAC21B00);中国工程院重大咨询研究项目(2015-ZD-07);水利部公益性行业科研专项经费资助项目(201501014;201301075);国家自然科学基金资助项目(51479118;51509157);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(Y513002,Y515010)

作者简介: 吴浩云(1963—),男,江苏丹阳人,教授级高级工程师,博士,主要从事流域水文、水资源管理与调度的研究。

E-mail: hywu@tba.gov.cn

1 流域洪水特性分析

太湖流域地处我国东部亚热带季风气候区,流域洪水特性受降雨时空特征的影响,同时太湖流域平原地势低洼,河道水面比降小,且洪涝外排受潮汐顶托,因此,该流域洪水特性与我国东部季风气候区的其他流域相比具有一定特殊性。主要表现为:

(1) 流域性洪水过程持续时间一般较长。梅雨是太湖流域最主要的致洪雨型,通常 6—7 月为梅雨期,据统计,流域梅雨期多年平均约 23 d,最长可达 60 d。梅雨期长、降雨总量大的年份多形成流域性大洪水甚至特大洪水,如 1954 年、1991 年和 1999 年。太湖流域梅雨洪水造峰历时一般为 30 d,1954 年历时为 62 d,1991 年和 1999 年历时分别达 55 和 44 d,如图 1 所示。同时,受梅雨与其他天气系统(台风、锋面雨等)的共同影响,汛期可能出现两次甚至多次洪水过程(表 1),如 1993 年洪水由梅雨期过后的锋面雨造成,1987 年洪水是梅雨型洪水与两次台风雨洪水的叠加所致(图 2)。

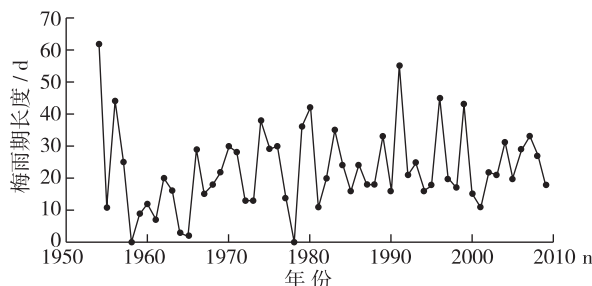


图 1 1954—2009 年太湖流域梅雨期长度

Fig. 1 Days of Meiyu rainy seasons from 1954 to 2009 in Taihu Lake basin

表 1 太湖流域典型洪水水情特征

Tab. 1 Water regime for some representative flood events in Taihu Lake basin

年份	梅雨日期	太湖涨水期	起涨水位/m	太湖最高水位/m	汛期太湖超警天数/d	雨型
1954	06-01—08-01	06-01—08-01	3.93	4.65	156	梅雨
1956	06-05—07-19	09-16—09-29	3.50	3.93	99	梅雨+台风雨
1957	06-14—07-09	06-24—07-11	3.08	4.20	68	梅雨
1975	06-17—07-16	06-21—07-15	2.94	3.99	52	梅雨
1980	06-09—07-21	06-9—09-02	2.69	4.25	64	梅雨+静止锋
1983	06-19—07-24	06-19—07-24	3.19	4.43	59	梅雨
1987	06-21—07-09	06-30—08-01	3.10	4.15	85	梅雨+台风雨
1991	05-19—07-13	05-19—07-13	3.29	4.79	102	梅雨
1993	06-14—07-09	06-14—07-09	3.16	4.51	88	梅雨+台风雨+静止锋
1995	06-20—07-07	06-20—07-07	3.22	4.32	40	梅雨
1996	06-02—07-16	06-02—07-16	2.85	4.39	65	梅雨
1999	06-07—07-20	06-07—07-20	3.08	4.97	113	梅雨
2009	06-20—07-08	06-19—08-15	3.14	4.21	117	台风雨

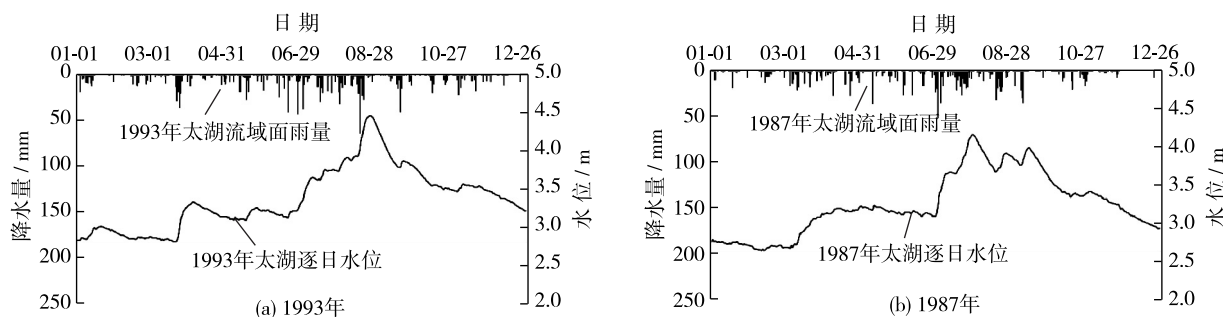


图 2 1993 和 1987 年太湖水位与流域面雨量对照

Fig. 2 Comparison between water levels and areal rainfall of Taihu Lake basin in 1993 and 1987

(2)洪水过程受水利工程调控影响明显。太湖流域已初步形成流域、区域与城市相结合的防洪格局,经过数轮治太工程,流域防洪工程体系不断完善。工程调控直接影响河湖初始水位、洪水涨退过程及洪水地区组成,也影响太湖最高水位及其出现时间,导致太湖流域洪水过程更加复杂。水利工程调控对于中小洪水过程(如2001年、2008年洪水,见图3)的影响尤其明显。

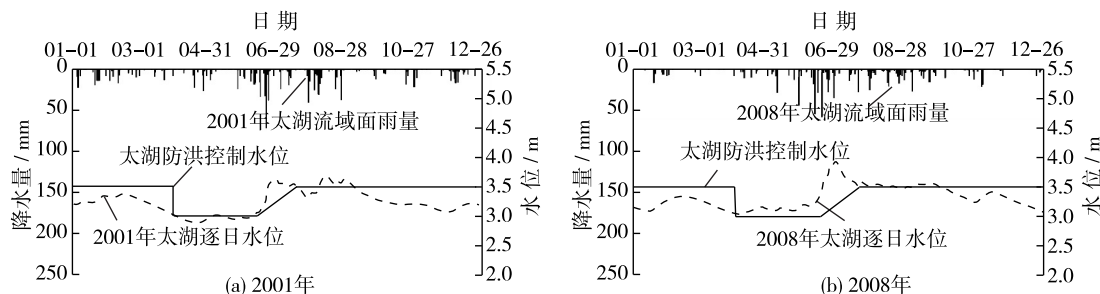


图3 2001和2008年太湖水位与流域面雨量对照

Fig. 3 Comparison between water levels and areal rainfall of Taihu Lake basin in 2001 and 2008

(3)太湖水位是流域洪水情势的主要指标因子。太湖流域水系是以太湖为中心的网状水系,太湖高水位及其持续时间,直接表征了流域洪水规模及灾害影响。尽管太湖与区域河网洪水过程具有非同步性,但太湖高水位对浙西区和湖西区洪水下泄具有直接影响,同时由于湖区水位较高时太浦河和望虞河等行洪通道的外排,又会影响到武澄澄虞区、阳澄淀泖区和杭嘉湖地区的排涝,太湖水位对流域洪涝情势具有重要影响。从太湖流域历史洪涝灾情统计资料来看,一般当太湖水位4.20 m时,流域至少会发生局部性的洪涝灾害^[9]。

2 太湖流域洪水识别与过程解析

2.1 洪水过程识别

目前,关于“洪水”并没有定量的划分标准,但若干权威文献^[10-11]均指出“洪水”是一种大流量、高水位水流形态。根据这一论述,“洪水期”并不等同于汛期,但以往洪水资源利用研究中一般将汛期等同于洪水期,因为汛期主要是指统计学意义上洪水在年内出现概率较高的时段,是人为划分的固定时段(如太湖流域汛期是指每年的5—9月),而并非整个汛期地表径流均处于大流量、高水位状态,且并非在所有年份均发生了洪水过程。鉴于此,本文认为“洪水期”应指现实中洪水的涨落时间,在不同年份“洪水期”是不同的,甚至在某些年份并未发生明显的洪水过程。故不能简单将“洪水期”等同于汛期,也不能将洪水资源量等同于汛期地表径流量,开展太湖流域洪水资源利用研究,首先应当合理划分洪水期,对流域洪水进行判别,以明确洪水资源利用的基本对象,这正是太湖流域洪水资源利用研究不同于以往研究的特殊之处。

对太湖流域洪水进行识别,一是要确定在什么情况下发生了洪水过程,二是要确定洪水过程持续时间,换言之就是要确定洪水期始末时间。因太湖水位对于全流域洪涝情势具有较强的指示作用,因此,将太湖最高水位(h_m)作为判别流域是否发生明显洪水过程的基本指标。太湖洪水过程中水位应具有明显的涨落过程,并且在此过程中 h_m 应至少高于防洪控制水位 h_c ,才能认为发生了明显的洪水过程。另一方面,降雨是形成太湖流域洪水的主要因素,洪水期主要降雨过程的开始时间和太湖水位显著上涨时间基本同步,因此,可以将前期降雨过程的开始时间作为洪水期开始时间;而洪水期结束时间是指太湖水位已经稳定并回落到防洪控制水位的时间。

根据上述判别方法,识别了太湖流域1956—2009年洪水过程,统计了洪水期及对应的降雨和水位指标,结果如表2所示。可见,太湖流域1956—2009年共有24个年份中发生了洪水,其中有21年发生一次洪水过程,有3年发生了两次明显洪水过程(1960年、1977年、1983年)。洪水期持续时间介于48~187 d。洪水期与汛期时间具有明显差别,洪水期可能跨越汛期与非汛期,如1956年和1983年等。

太湖流域长历时、高强度降雨对洪水过程具有决定性作用。太湖最高水位与前期降雨过程结束时间相距较近。对于次降雨过程雨量相近的不同年份,降雨强度越大,则太湖水位越高,如 1991 年和 1993 年,次降雨总量较接近,太湖起涨水位较接近,但 1991 年降雨强度高于 1993 年,最高水位也更高。在有些年份,虽然降雨总量较小,但由于主要次降雨过程中降雨强度较大,同样也形成了流域性洪水过程,如 1969 年和 1995 年。

表 2 1956—2009 年太湖流域洪水基本特征

Tab. 2 Statistics for some representative flood events during 1956—2009 in Taihu Lake basin

年份	洪水期开始日期	洪水期结束日期	次降雨结束日期	最高水位日期	d_t/d	d_a/d	P_1/mm	P_2/mm	h_s/m	h_m/m	h_e/m
1956	05-06	11-08	09-24	10-02	187	150	1 024	995	2.70	3.94	3.51
1957	04-17	09-08	07-08	07-13	145	88	890	676	2.82	4.20	3.49
1960	03-01	07013	06-21	06-29	135	121	634	599	2.79	3.65	3.41
	07-24	10-16	09-13	09-17	85	56	423	397	3.26	3.76	3.50
1961	08-25	11-30	10-5	10-13	98	50	487	375	2.91	3.87	3.50
1962	08-06	12-05	09-12	09-24	122	50	632	469	3.25	4.24	3.50
1969	06-28	08-01	07-17	07-23	35	26	249	235	2.75	3.65	3.50
1970	06-18	08-07	07-17	07-21	51	34	347	307	2.99	3.80	3.51
1973	05-06	07-21	06-28	07-01	77	57	406	364	3.23	3.89	3.48
1975	06-16	08-17	07-15	07-16	63	31	477	346	2.94	3.99	3.52
1977	08-08	10-27	09-26	10-01	81	55	443	415	3.20	4.00	3.50
	04-23	07-26	05-13	05-16	95	24	556	251	2.92	3.78	3.49
1980	06-09	10-28	08-30	09-02	142	86	881	714	2.69	4.25	3.51
1983	04-06	08-13	07-17	07-18	130	104	736	718	2.66	4.41	3.51
	09-01	11-26	10-22	10-25	87	55	483	468	3.20	4.14	3.5
1984	05-30	07-31	06-14	06-23	63	25	418	221	3.03	3.96	3.47
1987	07-02	10-01	07-28	08-01	92	31	656	352	3.11	4.16	3.62
1989	07-01	10-25	09-16	09-13	117	75	616	579	3.27	4.11	3.50
1990	08-04	10-11	09-15	09-15	69	43	400	378	2.90	3.81	3.50
1991	05-19	09-01	07-14	07-16	106	59	803	653	3.29	4.79	3.53
1993	06-12	10-01	08-21	08-26	112	76	786	655	3.18	4.51	3.50
1995	06-18	08-04	07-06	07-10	48	23	357	324	3.21	4.32	3.49
1996	06-15	09-04	07-18	07-20	82	36	581	448	2.99	4.38	3.51
1999	06-07	10-01	06-30	07-09	117	33	1 070	619	3.08	5.07	3.50
2007	08-28	11-07	10-08	10-14	72	48	325	311	3.33	3.93	3.51
2008	05-27	07-28	06-27	06-28	63	33	419	332	3.13	3.96	3.53
2009	06-20	09-13	08-11	08-16	86	58	579	523	3.14	4.23	3.51

备注: d_t 为洪水期天数; d_a 为涨水期天数; P_1 为洪水期降雨总量; P_2 为次降雨总量; h_s 为太湖起涨水位; h_e 为太湖消退水位。

2.2 洪水过程解析

在识别太湖流域洪水过程的基础上,可进一步根据洪水期流域水量输入、输出、消耗和调蓄等环节,从水量平衡角度解析流域洪水调控利用过程,得出对流域洪水资源利用具有重要表征作用的水量和水位指标,进而为分析洪水资源利用约束条件奠定基础。以 $S(t_s)$ 表示洪水期开始时刻流域初始蓄水量,则洪水期任意时刻 t 与 t_0 之间的水量平衡关系可表述如下:

$$\Delta S(t) = S(t) - S(t_0) = P(t) - E(t) + R_1(t) - R_0(t) \quad (1)$$

式中: $P(t)$ 、 $E(t)$ 分别为 t_0 至 t 时刻的流域降水量和消耗量, $R_1(t)$ 、 $R_0(t)$ 分别表示从 t_0 至 t 时刻流域入境和出境水量。洪水期耗水量 $E(t)$ 可分为两部分:一部分是地表蒸散发,用 $E_1(t)$ 表示;另一部分是工业和生活

用水消耗量,用 $E_2(t)$ 表示。

$E_1(t)$ 不能直接观测,但 $P(t) - E_1(t)$ 实际上近似等于产流量,可利用降雨径流关系进行计算,而 $E_2(t)$ 可根据流域水资源利用调查数据估计。因此,式(1)所表示的水量平衡关系可简化为:

$$\Delta S(t) = R(t) + R_1(t) - R_0(t) - E_2(t) \quad (2)$$

式中: $R(t)$ 为本地产水量, $R(t) = P(t) - E_1(t)$ 。从水资源量评价来看,式(2)右端前两项之和即为流域洪水径流量,这是表征太湖流域洪水资源数量的基本构成要素; $\Delta S(t)$ 表示流域洪水蓄变量,反映了流域洪水资源调控规模。

在洪水期涨水时段,流域蓄水量不断增加,太湖及地区河网水位不断上升,直至在 t_m 时刻 $S(t), h(t)$ 分别达到次洪过程的最大值 $S(t_m), h(t_m)$,这是流域洪水规模的直接表征因子。而在洪水期退水阶段,随着本地产水量和入境水量小于出境水量和消耗量,流域蓄水量和河湖水位逐渐消退至防洪控制水位 $h_c(t_e)$,即 $S(t_m)$ 和 $h(t_m)$ 下降到 $S[h_c(t_e)]$ 和 $h_c(t_e)$ 。 $S[h_c(t_e)]$ 和 $h_c(t_e)$ 反映了洪水期过后太湖流域水资源利用的初始条件。 t_e 时刻的流域洪水蓄变量 $\Delta S(t_e)$ 表征了洪水期末流域对洪水资源的调控量,是反映太湖流域洪水资源利用规模的重要指标。

3 洪水资源利用约束条件分析

根据太湖流域河湖水系和水利工程格局状况,太湖流域的洪水资源利用主要依靠调整山区水库、太湖和平原河网闸坝的洪水调控方式来实现,以实现流域防洪除涝、供水和水环境改善 3 个目标,另一方面,这 3 个目标也对流域洪水调控提出了约束。

3.1 防洪安全约束

洪水期太湖最高水位是流域调蓄水量和洪涝灾害损失的关键指示因子。太湖流域洪水资源合理利用的防洪安全约束条件之一,是在涨水阶段太湖最高水位 $h(t_m)$ 或流域最大调蓄量 $S(t_m)$ 不超过“安全阈值”,即 $h(t_m) \leq h_s$ 或 $S(t_m) \leq S_s$ (h_s 可称为太湖安全水位, S_s 可称为流域安全蓄水量)。在 2009 年,太湖最高水位达到了 4.23 m,太湖流域并未发生流域性的洪涝灾害。鉴于太湖流域设计水位值为 4.65 m,太湖安全水位应介于 4.23~4.65 m。偏于安全考虑,本研究取太湖安全水位 $h_s = 4.50$ m。

根据相关研究^[12],洪水期太湖最高水位与太湖、流域蓄水量之间具有如下近似关系:

$$\begin{aligned} S_{\text{流域}}(h) &= 38.492(h - 3.29) + 114.33 \\ S_{\text{太湖}}(h) &= 24.996(h - 3.29) + 51.42 \end{aligned} \quad (3)$$

根据式(3),可以估计太湖安全水位对应的流域安全蓄水量 $S_s = 159.90$ 亿 m^3 ,相应的太湖安全蓄水量 $S_s = 81.67$ 亿 m^3 。根据水量平衡关系,防洪安全对洪水期涨水阶段太湖水位的约束条件可表达为:

$$S(t_0) + R(t_m) + R_1(t_m) - S_s \leq R_0(t_m) + E_2(t_m) \quad (4)$$

除洪水期太湖及地区河网最高水位需低于安全水位外,还有一个必须考虑的防洪安全约束条件是洪水期末太湖防洪控制水位 $h_c(t_e)$ 必须适当,以有效防御后续洪水。在退水阶段,必须在一定时间内将太湖及各区域代表水位及时降低到防洪控制水位,超过后期防洪控制水位的流域蓄水量应当外排或消耗。根据洪水期退水阶段水量平衡关系,这一约束条件可表达为:

$$S(t_m) + R(t_m \rightarrow t_e) + R_1(t_m \rightarrow t_e) - S(h_c(t_e)) \leq R_0(t_m \rightarrow t_e) - E_2(t_m \rightarrow t_e) \quad (5)$$

对于太湖流域洪水资源利用,以上两个防洪安全保障约束条件缺一不可。在流域洪水资源利用过程中,只有同时满足涨水阶段太湖最高水位低于安全阈值,在退水阶段太湖水位及时消退到后期防洪控制水位,才能充分保障流域防洪安全。

3.2 供水安全约束

根据太湖流域水资源评价结果, $P = 20\%$ 水平年(1956—2000 年系列)的流域水资源总量为 202.9 亿 m^3 ,而相应降雨频率下 2020 年、2030 年太湖流域需水量分别为 325.0 亿 m^3 和 334.8 亿 m^3 ^[11]。因此,在一般情

况下,太湖流域需水量超过了流域本地水资源量。在加大引江调水的同时,也有必要通过强化洪水资源调控提高本地供水能力。

若在洪水期结束阶段,适度调节出境水量,使流域及太湖蓄水量保持一个适当范围,对于解决洪水期过后的枯水期缺水问题比较有利。而洪水期末流域蓄水量主要取决于太湖防洪控制水位 $h_c(t_e)$ 。因此 $h_c(t_e)$ 不仅是防洪安全保障约束条件的表征因子,也是供水安全保障约束条件的表征因子。适当调高太湖防洪控制水位是强化流域洪水资源利用的可能途径之一。环湖地区水资源开发利用实践表明,在汛后期太湖水位控制在 3.80 m 左右为宜。

合理的洪水期初始水位 $h(t_s)$ 对于洪水资源利用也很重要。理论上讲, $h(t_s)$ 越低,对流域洪水的调蓄能力越强,但 $h(t_s)$ 过低也会影响流域供水。从供水安全角度而言,洪水期开始阶段太湖水位 $h(t_s) \geq 3.10$ m 比较适宜。

3.3 水环境安全约束

水环境问题是太湖流域面临的重大问题。如何通过洪水资源利用方式的调整来改善太湖和地区河网水质状况,实现“以动治静、以清释污、以丰补枯、改善水质”的治水目标,是流域洪水资源利用关注的焦点之一。

已有研究表明,太湖高锰酸盐指数、氨氮、总磷、总氮等主要污染浓度的变化与同期流域降雨量及太湖水位具有一定相关性。一般在汛期太湖水位较高时段,污染物浓度相对较低,而在枯水时段,特别是 1—4 月,太湖水质相对较差。洪水期开始阶段由于污水入湖,太湖往往会出现污染物浓度上升,随着蓄水量上升和外排水量逐渐加大,自净能力增强、环境容量增大,水质状况逐渐好转。因此,为尽量发挥洪水调度对于太湖水环境的改善作用,应充分注意到在不同时段洪水调度对水质的影响。

在洪水期末太湖水位 $h(t_e)$ 应维持在一个适当范围,满足流域具有较大的水环境容量,但又不影响防洪安全。在洪水期开始阶段的太湖水位 $h(t_s)$ 也需要维持在适当范围,使流域具有足够的水环境容量以供枯水期水质调度的需要, $h(t_s)$ 可适当抬高。对于 $h(t_e)$ 和 $h(t_s)$ 的具体范围,同样需要进行定量模拟和论证。

3.4 洪水资源利用识别体系

根据上述分析,提出了太湖流域洪水资源利用识别体系(见表 3),其中包括流域洪水资源利用的对象、基本方式、约束条件等 3 个方面的内容,每一项内容可以分解为若干项控制要素,每一个控制要素具有相应的定量或定性要求。太湖流域洪水资源利用识别体系阐明了流域洪水资源利用的基本要素和条件。同时,将太湖控制性水位指标与洪水资源利用的基本对象和约束条件联系起来,可为流域洪水资源利用评价奠定基础,同时也为流域洪水资源调控方式研究奠定了基础。表 3 中关于各指标或要素的定量或定性要求,一方面反映了太湖流域洪水资源利用方式改进调整的根本目的在于更好地统筹考虑防洪排涝、水资源供给和水环境改善,以保障流域水安全,强化流域水资源综合管理,同时也反映了强化太湖流域洪水资源调控能力的重要途径就是对太湖水位这一反映流域水文情势的基本要素进行更加合理的调控。

表 3 太湖流域洪水识别方式及洪水资源利用约束条件概要

Tab. 3 Essentials for flood identification ways and flood utilization constraints in Taihu Lake basin

内容	指标或要素	定量或定性要求
洪水识别	洪水期水位	具有明显涨落过程,且洪水期最高水位 $h(t_m)$ 明显高于所处时段防洪控制水位 $h_c(t_m)$
	洪水期初始时刻 t_s	太湖水位明显上涨时刻,与次降雨过程开始时刻基本对应
	洪水期结束时刻 t_e	太湖水位稳定消落至面临时段防洪控制水位 $h_c(t_e)$ 的时刻
洪水资源利用 约束条件	洪水期太湖最高水位	洪水期太湖最高水位 $h(t_m)$ 低于安全阈值 h_s
	防洪安全	洪水期太湖初始水位
		洪水期太湖初始水位 $h(t_s)$ 不高于防洪控制水位 $h_c(t_s)$
		洪水期末太湖水位
		洪水期末水位及时消退至所处阶段防洪控制水位 $h_c(t_e)$
	供水安全	洪水期太湖初始水位
水环境安全		洪水期太湖初始水位 $h(t_s) \geq 3.1$ m
		洪水期末太湖水位
		洪水期末太湖水位在 3.8 m 左右,尽可能增加流域蓄水量
	洪水期太湖初始水位	洪水期初始水位 $h(t_s) \geq 2.8$ m
	洪水期末太湖水位	尽可能增加洪水期末流域水环境容量

4 结 语

依托防洪工程体系和河湖水系,完善洪水调控方式,实现洪水与水量、水质调度相结合,对于太湖流域水资源综合管理具有重要意义。在分析太湖流域洪水特性的基础上,结合降水和水位等要素,划分了太湖流域“洪水期”,对流域洪水过程进行了识别,从水量平衡角度解析了洪水涨落过程,针对防洪安全、供水安全及水环境安全3个方面对流域洪水资源利用的约束条件进行了阐述,初步构建了太湖流域洪水资源利用识别体系。根据这一识别体系,以太湖和地区河网为重点,对洪水期河湖径流进行适度调蓄和及时排泄,可在保障流域防洪安全前提下,使太湖水位和流域蓄水量保持在安全合理范围内,将洪水转化为可供后期利用的水资源量,可实现提高流域水资源利用水平、改善水环境的目标。

参 考 文 献:

- [1] 鄂竞平. 论控制洪水向洪水管理转变[J]. 中国水利, 2004(8): 15-21. (E Jing-ping. Discussion on change from flood control to flood management[J]. China Water Resources, 2004(8): 15-21. (in Chinese))
- [2] 胡庆芳, 王银堂. 海河流域洪水资源利用评价研究[J]. 水文, 2009, 29(5): 6-12. (HU Qing-fang, WANG Yin-tang. Assessment of flood resources utilization in the Haihe River basin [J]. Journal of China Hydrology, 2009, 29(5): 6-12. (in Chinese))
- [3] 胡庆芳, 王银堂, 杨大文. 流域洪水资源可利用量和利用潜力的评估方法及实例研究[J]. 水力发电学报, 2010, 29(4): 20-27. (HU Qing-fang, WANG Yin-tang, YANG Da-wen. Assessment approach for flood resources availability and utilization potentiality and its application[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2010, 29(4): 20-27. (in Chinese))
- [4] 周惠成, 王本德, 王国利, 等. 水库动态汛限水位控制方法研究[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2006. (ZHOU Hui-cheng, WANG Ben-de, WANG Guo-li, et al. Regulation method of reservoir dynamic flood control level[M]. Dalian: Dalian University of Technology Science Press, 2006. (in Chinese))
- [5] 辽宁省水利厅. 防洪调度新方法及应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007. (Bureau of Water Resources of Liaoning Province. New methods of flood regulation and application[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2007. (in Chinese))
- [6] 南京水利科学研究院. 雨洪资源化利用技术研究及应用[R]. 南京: 南京水利科学研究院 2011. (Nanjing Hydraulic Research Institute. Technical report on rain and flood resources utilization technology[R]. Nanjing: Nanjing Hydraulic Research Institute, 2011. (in Chinese))
- [7] 王同生. 太湖流域防洪与水资源管理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006. (WANG Tong-sheng. Flood control and water resources management in the Taihu basin[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2006. (in Chinese))
- [8] 欧炎伦, 吴浩云. 1999年太湖流域洪水[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001. (OU Yan-lun, WU Hao-yun. The 1999 flood in the Taihu basin[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2001. (in Chinese))
- [9] 中国水利水电科学研究院防洪减灾研究所. 太湖流域洪灾直接经济损失应急快速评估模型研究报告[R]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2007. (Department of Flood Defense and Disaster Alleviation, China Institute of Water Resources and Hydropower Research. Technique report of quick assessment model for direct economy loss caused by flood in the Taihu basin [R]. Beijing: China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2007. (in Chinese))
- [10] 富曾慈. 中国水利百科全书: 防洪分册[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004. (FU Zeng-ci. China water resources encyclopedia: the fascicule of flood control[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2004. (in Chinese))
- [11] 国家防汛抗旱总指挥部办公室, 水利部南京水文水资源研究所. 中国水旱灾害[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997. (Office of State Flood Control and Drought Relief Headquarters, Nanjing Hydrology Research Institute, Water Resources Ministry, China. Flood and drought disaster in China[M]. Beijing: China Water & Power Press, 1997. (in Chinese))
- [12] 南京水利科学研究院. 太湖流域水资源评价[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2005. (Nanjing Hydraulic Research Institute. Water resources assessment in the Taihu basin[R]. Nanjing: Nanjing Hydraulic Research Institute, 2005. (in Chinese))

Flood identification and constraints analysis for flood resources utilization in Taihu Lake basin

WU Hao-yun¹, WANG Yin-tang², HU Qing-fang², LIU Yong², CUI Ting-ting²

(1. *Taihu Basin Authority of Ministry of Water Resources, Shanghai 200434, China*; 2. *State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China*)

Abstract: With rapid urbanization, population growth and rapid economic development, the Taihu Lake basin is confronted with the coexistence of flood disaster, water shortage and water environment deterioration. Water resources have become a main factor constraining the sustainable development of regional socio-economic environment conditions. Based on the flood control engineering system and river network, the flood operation ways should be improved and the flood, water supply and water environment regulation should be integrated, which is vital for enhancing the comprehensive management of water resources. Based on the analysis of the flood characteristics, the authors of this paper identified the annual flood period using both the basin areal precipitation and water level of the Taihu Lake. Also, the flood rising and falling processes were analyzed from the aspect of the water balance in the basin, then the essence of the flood resources utilization in the Taihu Lake basin was illustrated. Finally, the constraining conditions for the flood resources utilization considering the flood control, water supply and water environment safety were stated. These analyses have provided a theoretical basis for the flood resources utilization assessment and flood regulation modification in the Taihu Lake basin in the future.

Key words: flood resources utilization; flood season; flood identification; constraining conditions; Taihu Lake basin