

# 论太湖平原洪涝灾害 与水利工程问题和发展趋势

陈西庆 陈吉余

(华东师范大学河口海岸研究所, 上海 200062)

**提要** 在分析研究太湖流域洪涝灾害成因及以围圩、筑堤、建闸为特点的圩区经济基础上, 论述了近几十年来流域下垫面变化对流域水情的影响。总结了近40年来流域水利工程规划设计的经验与不足之处; 展望了未来几十年流域水情变化发展趋势, 特别是全球海平面上升对流域洪水蓄、泄方面的重大影响。指出在流域十大骨干水利工程的基础上, 今后流域中新建骨干工程的关键目标是提高长江南岸、杭州湾北岸闭闸时段的排洪能力及建设吴淞挡潮闸, 从而大幅度提高各潮周期内黄浦江净泄洪量; 同时运用非工程措施, 确保与充分利用区内洪水调蓄能力。

**关键词** 太湖流域 洪涝灾害 水利工程 海平面上升影响

## 1 前 言

流域是研究陆地水文及其相关的环境、资源等问题的最基本单元。在长江流域中, 黄浦江是长江最下游的支流, 以黄浦江为主干河流的太湖流域是长江流域中的子流域。与长江其它众多的子流域相比较, 太湖流域有其下述自然与社会方面的特点:

(1) 流域变化巨大。太湖流域是长江流域中最年轻的子流域。中全新世海平面上升与相对稳定是形成今日之太湖流域的初始与必要条件。但太湖流域作为从属于长江的一个子流域, 只有一、二千年的历史。其后, 伴随着长江河口三角洲的自然演变与人类活动, 太湖流域, 尤其是太湖低地平原与湖泊经历了强烈与复杂的变化过程。

(2) 受潮汐、潮流及海平面变化影响。流域主干道黄浦江汇入长江口, 因而沿海潮汐动力直接与流域内陆地水文动力相互作用, 主要表现为潮流的进退、水位的波动及盐水的入侵。围圩、筑堤与建闸是区内水利工程的三大特色。感潮河网广布, 沿黄浦江直达米市渡以上, 几乎波及整个太湖东部平原。对海平面变化极为敏感。

(3) 太湖低地平原人口密度大、经济发达。整个流域面积占全国的0.38%, 但多年来工农业总产值却占全国的1/7左右, 在我国国民经济占有举足轻重的地位。

(4) 都市化程度高。近几十年来人类活动对低地平原的改造极为强烈, 进而影响地表水下渗、汇流过程, 同时抽取地下水引起大面积地面沉降。所以, 研究自然与社会的相互作用对流域环境与洪涝灾害的影响显得尤为重要。

收稿日期: 1993年11月14日, 接受日期: 1994年3月27日。

## 2 太湖平原洪涝灾害成因概略

太湖低地平原的发育始于 7—6ka B. P. 左右,这时冰后期海平面上升趋于结束并基本稳定,太湖流域是一个独立于长江流域之外的小流域,其下边界向海开敞。太湖流域成为长江的子流域是全新世中期,尤其是近 2000 年来长江河口、三角洲发育的结果。在距今 1500—2000 年以前,长江入海的泥沙较少,上游来沙中约有 10%—20% 用于冰后期长江中下游河床纵剖面的均衡调整,其余基本上用于水下三角洲<sup>[1]</sup>。当时洪水宣泄顺畅,上游来水北可泄长江口,东可入东海,南可排入杭州湾。近 2000 年以来,随着长江入海泥沙的增多,长江口束窄前伸,南岸三角洲迅速增长,加之杭州湾北岸的侵蚀堆积作用,使太湖低地平原成为一个相对封闭的碟形洼地。同时,河口及三角洲的前伸与增长,导致流域下游水位比降骤减,大小河口堵塞或淤浅。如吴淞江下游及浏河(娄江)的束窄与淤浅退化等等。所以,自宋代以后,洪水灾害开始不断困扰太湖平原地区。上述过程是太湖流域洪涝灾害的主要自然成因。在研究未来太湖平原洪涝灾害的长期发展趋势时,长江河口三角洲发育的影响也是值得考虑的重要问题。

围堤筑圩建闸问题值得专门论述,因为它是太湖平原水利工程的主要特征,是我国劳动人民在低地感潮平原水网地区生存中与洪水长期斗争总结出来的有效措施。但它也有反作用,近几十年来太湖平原的盲目围堤筑圩、围湖造田已成为这一地区洪涝灾害不断升级的主要社会因素。早在晚唐时期,已有“赋出天下,江南居什九”之说。太湖流域农业生产的如此成就,是和当时创造的塘浦圩田制分不开的。近几十年来,随着排灌机械化与电气化的实现,以围堤筑圩建闸为中心的农田水利建设取得更加突出的效益。以松江县为例(表 1),虽然 1949 年后黄浦江米市渡高潮位(吴淞基面,下同)连创记录,但农田受灾面积却越来越小。其中 1991 年灾情较大,该年为承泄太湖洪水需要,炸开红旗塘和太浦河上钱盛塘 8 座坝,汛期潮位超过 1954 年高潮位 3.80m 的有 4 次<sup>①</sup>。

表 1 典型洪水年米市渡高潮位与松江县农田受灾面积<sup>①、②</sup>

Tab. 1 High tide gauge at Mishidu St. and stricken areas in Songjiang County under different typical flood years

年 份	1949	1953	1954	1981	1991	1992	1993
米市渡高潮位(m)	<3.50	3.29	3.80	3.70	3.85	3.92	3.96
受灾面积( $\times 10^4 \text{hm}^2$ )	3.6	0.8	2.33	轻微	0.803	轻微	0.014

建国 40 多年来,围堤筑圩建闸更以前所未有的速度和规模发展。其中 50 年代以筑堤疏河或联圩建闸、提高抗洪排涝能力为特点;60 年代低洼地区开始跨越小行政区界,按自然条件建设小包围圩区;70 年代以来在机电排灌基础上,圩区建设开始跨越大行政区界,建立不同等级的包围。表 2 反映从 1949 至 1985 年围圩数的骤减与单个圩头面积的扩大。其中最

① 松江县防汛指挥部简报,1992,1993 年。

为突出的是“青松大控制”工程,总面积达  $7.33 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,地跨青浦、松江两县,包括黄浦江以北、吴淞江以南、淀山湖—拦路港—斜塘以东、向阳河—茜浦泾以西之间的大片低洼田。

表 2 1949—1985 年围圩数变化<sup>①[2-3]</sup>

Tab. 2 Numbers of reclaimed land from East Taihu Lake area during 1949—1985

年 份	青 浦 县	松 江 县	吴 江 县
1949	2195	>2000	>3000
1985	136	101	119

显而易见,太湖平原的农业就是圩区农业,没有以围堤筑圩建闸为中心的圩区水利工程建设,就没有今日太湖平原之农业,甚至乡镇,就不能抵御建国 40 多年来一次又一次的洪水。反过来,正是因为近 40 年来围堤筑圩及围湖造田等人类活动,大大地改变了流域下垫面,恶化了洪水蓄泄的大环境,使黄浦江米市渡水位连年打破历史记录(表 1)。

### 3 下垫面变化对流域水情影响

流域中洪涝灾害是上边界(降水过程)与下垫面相互作用的产物。气象记录表明,近百年来,流域中气候并没有趋势性变化。历年来流域中降水量及其时空分布是不同尺度的准周期性及随机性相结合的产物。而流域下垫面变化很大,是流域水情变化的根本原因。

在太湖流域上游丘陵山地,主要是浙西、宜溧山地的林地面积与库容的变化值得讨论。森林的作用在于影响产流量与产流过程,山地水库的作用是影响下游平原区的汇流过程。建国 40 多年来流域内一方面是天然林地的减少,一方面是人工经济林的大幅度增长。如江苏 1987 年前的统计表明全省森林面积已从 1949 年的  $8.41 \times 10^4 \text{hm}^2$  增至  $40 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。目前流域内有大、中、小型水库 411 座,总库容  $15.31 \times 10^8 \text{m}^3$ ,基本上都是建国后建造。仅浙西山区的对河口、赋石、兴利、老石坎 4 座大型水库及西苕溪 7 座中型水库的总库容就达  $6.9 \times 10^8 \text{m}^3$ ,其中防洪库容  $3.0 \times 10^8 \text{m}^3$  左右。40 多年来上游山地森林面积与库容变化的综合效果,从总体上来说,是有利于减轻下游平原地区的洪涝灾害的。

太湖平原近几十年来水情恶化的原因主要在于太湖平原、湖泊区产流、蓄洪、泄洪条件的变化。主要体现在以下几方面:

(1) 湖泊面积显著减小。太湖流域共有大、小湖泊 571 个,总面积  $3355.73 \text{km}^2$ ,其中大于  $40 \text{km}^2$  的有 6 个,总面积  $2886.96 \text{km}^2$ ,占 86.93%。1949—1984 年,这 6 个湖泊面积减少  $299.18 \text{km}^2$ ,其中太湖减少  $160 \text{km}^2$ <sup>[4]</sup>。若东、西太湖被围垦土地平均高程以 3.0m 计(太湖多年平均水位 2.99m),则对应于警戒水位 3.50m 及湖东青松地区危急水位 4.20m,太湖蓄水量分别减少  $0.8 \times 10^8$  和  $1.92 \times 10^8 \text{m}^3$ 。其余 5 个大湖被围垦土地面积与蓄水量若按同一比例变化,则相应这两个特征水位,6 个大湖的蓄水量将分别减少  $1.50 \times 10^8$  和  $3.59 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

(2) 圩外水面减少。圩区兴建的本质是人为控制圩内农田区的水位,从全流域系统的观

① 吴江年鉴,1989。

点来看,结果是造成水量在空间上的再分配。这一问题应从两个方面来认识:一是在圩区产生径流,俗称“涝水”,就从圩区中的内港、内湖迅速排入圩外相互连通的湖泊与河流。因而流域集水面积并无增加。但圩外河、湖的水量增加,导致洪水上涨幅度和频率增加。据统计,目前太湖下游片 7 个区圩外水面积达  $4232.87\text{km}^2$ ,1964—1984 年这 20 年间圩外水面积减少  $633\text{km}^2$ <sup>[4]</sup>。如考虑建国 40 年多年来圩外水面积的减少量(相当于目前圩外水面积的 1/4),则圩内水域水位每降低 1.0m,圩外就相应增加相当于 25cm 水位增幅的水量,即增加  $10.6 \times 10^8 \text{m}^3$  的来水量;二是对于上游来水,俗称“洪水”,圩区兴建使蓄水面积减少,增加了对流域出口泄洪能力的要求。对于一定的泄洪量,则需要较高的水位时才能完成。

(3) 湖泊沉积导致湖泊容积减少。研究表明,与其它因素相比,太湖底部的沉积作用对湖泊容积的削减影响较小。如根据西苕溪流域资料,多年平均输沙模数为  $48.1\text{t}/\text{km}^2$ ,最大值在上游赋石水库站,为  $146\text{t}/\text{km}^2$ 。太湖上游片约  $8000\text{km}^2$ ,假设上游片多年平均输沙为  $100\text{t}/\text{km}^2$ ,且这些泥沙全部沉积在太湖湖底,40 年来总淤积量也只有  $3.2 \times 10^7\text{t}$ ,折合体积(包括孔隙水)约  $6.0 \times 10^7\text{m}^3$ 。且太湖属浅平的季节性吞吐湖泊,湖底基本上都在风浪掀沙范围内,每年有大量泥沙被带出湖外。根据沉积通量分片计算结果,太湖全年泥沙沉积量为  $63 \times 10^4 - 65 \times 10^4\text{t}$ <sup>[4]</sup>,相当于上游平均输沙模数  $3\text{t}/\text{km}^2$ ,这一数值与本文估算接近。

(4) 都市化对水情的影响。近年来,这一问题已受到国内学者的关注<sup>[5]</sup>。其影响在于地面渗透率减少,不透水层扩大,径流率增大,汇流时间缩短,原来的低洼区和蓄水河、塘被建筑物取代。据各地统计资料,建国后 35 年中,都市占用土地面积一般都占土地总面积的 10%左右。如上海青浦县土地总面积  $6.753 \times 10^4\text{hm}^2$ ,1949—1985 年筑路、基建、造房占地约  $0.93 \times 10^4\text{hm}^2$ ;浙江嘉兴市用地  $4.55 \times 10^4\text{hm}^2$ ,占总土地面积 11.56%;江苏土地总面积  $1026 \times 10^4\text{hm}^2$ ,1949—1985 年耕地减少  $91.32 \times 10^4\text{hm}^2$ 。除湖泊水网,太湖流域土地面积约  $3 \times 10^4\text{km}^2$ ,若按 10%计算,建国 40 多年来筑路、基建、造房等用地高达  $3000\text{km}^2$ ,这对于流域内水文过程的影响无疑是十分重大和深远的。

上述流域下垫面变化在水文参数上的综合反映是河湖洪水上涨幅度和频率增大,水位居高不降,米市渡高潮位连年突破历史纪录。

## 4 40 年来的水利问题

这一问题可分为两个阶段,一是 80 年代之前,二是 80 年代以来。80 年代以前太湖流域水利工程基本上是在缺乏流域整体规划研究背景下展开的,除了上述盲目围湖造田外,还在地方利益支配下不合理地改变过水断面。如 40 年代末以来,太湖可出水的溇港有 208 条,现仅存 103 条,且出水亦不如过去通畅<sup>[6]</sup>,3m 水位时过水断面从原来  $1846\text{m}^2$  减至  $469\text{m}^2$ <sup>[5]</sup>。在江、浙、沪所属市、县之间,有关过水断面的认识差异较大,各据理一方。从浙江嘉兴方面立场出发,认为北、东方向历来是杭嘉湖洪涝水的排泄路径。今江苏在太浦河北岸建闸筑坝,堵塞原过水断面的 82%,且苏加运河段以西麻溪南岸,原北泄河上全部建闸筑坝,阻率 79%,致使北泄能力丧失殆尽,大量洪水溢入嘉北涝区,要求恢复与开足太湖流域规划的西部排水走廊  $1080\text{m}^2$  过水断面;另一方面,上海青松大控制的建立,减少了东泄河道过水断面的

48%。从江苏吴江方面立场,认为浙江应采取措施,减少客水对本区的威胁,打开平望以南苏嘉运河东侧史家路、市泾港等5个主要口门泄洪;打开太湖流域治理规划后围垦的嘉兴梅家荡以利分洪,恢复过水断面 $135\text{m}^2$ 。可见,在蓄洪泄洪问题上各地区间矛盾错综复杂,若处理不当,或流域水利统一领导管理不力,就易激化历史矛盾,产生新的矛盾。从客观的立场出发,这些问题主要来自四个方面:(1)上、下游之间的相互影响。上游的变化加强了洪水对下游的压力,而下游的变化给上游造成过水断面的困难;(2)非上、下游关系的两个地区,各地按自己的利益重新分配洪水出路;(3)历史上的既成事实与目前太湖流域综合治理之间的矛盾,当然这就涉及到流域整体规划出台前不同地区投资能力差异造成的工程发展不平衡问题;(4)投资与受益的问题。太湖流域水利工程的资金一般是由中央、地方、集体分担,但有些工程位于本地区,受益主要不是、或不仅是本地区,导致资金不易到位。

80年代以前各地盲目围湖造田,大大削减了蓄水面积,目前可行的对策是“保”字,即保护现存的湖泊面积。因为退田还湖必然涉及到占地问题。目前太湖平原人口密度大,压力大,土地资源紧缺,经济密度大,建国以来城镇乡村建设占地一般都占总土地面积的10%。每一微小动作,就牵涉地方利益所在。况且少量水面的恢复也无济于流域蓄水要求之大局。另一方面,对于上述各地区间的过水断面虽能作出局部调整,如1991年6月18日开启淀浦河西闸,7月5日炸开红旗塘闸,7月8日炸开太浦河上钱盛塘8座坝,但在流域整体洪水外泄没有改善之前,地区间的过水断面的争论与调整只是导致洪水在地域上的重新分布变化。如1993年8月25日—28日在太浦闸关闭情况下,平望水位高达 $4.21-3.93\text{m}$ ,比太浦闸下高 $19-15\text{cm}$ ,比南潯水位仅低 $0-6\text{cm}$ ,同时下游米市渡水位居高不下。据最近获得的信息,由于地面沉降使平望水位比实际真值偏高20余厘米,但地面沉降在太湖平原城镇是普遍的现象,其它地区也可能有沉降。目前的实际情况是有关地区间的水位比降与泄洪要求相距甚远,使太浦河在洪水期只能关闭或不畅泄。所以,从流域系统出发,目前最根本的问题不是地区间的过水断面问题,而是流域出口的泄洪能力严重不足。“蓄泄相济、以泄为主”历来是太湖流域治水的八字方针。考虑到区内增加洪水调蓄量的困难与未来流域下边界海平面上升的影响,今后几十年更应在“泄”字上多做文章。

80年代以来制定并逐步实施的太湖流域综合治理规划是太湖流域水利史上最具有意义的里程碑。其最重要的贡献是结束了长期以来缺乏流域整体规划研究的历史,基本上结束了在地方利益支配下盲目围湖造田、围堤筑圩堵塞过水断面等恶化流域大环境的历史。并全面启动实施流域十大骨干水利工程。从流域宏观角度来说,其中望虞河工程、湖西引排、武澄锡引排和杭嘉湖南排四项工程与直接改善流域洪水出口通道及断面有关;东西苕溪防洪、红旗塘、扩大拦路港泖河和斜塘是改善流域洪水通道与过水断面,其洪水径流的外泄最终还决定于下游出口通道的泄洪能力;太浦河的性质介于上述两类工程之间;环太湖大堤旨在增加太湖洪水的调蓄量。毫无疑问,这十大骨干工程的全面实施将使太湖抵御洪涝灾害的能力迈上一个新台阶。但是,近年来太湖流域洪涝灾情表明,即使在流域十大骨干水利工程全面实施后,太湖低地平原对大的洪涝灾害的抵御能力仍不能高估,特别是在未来几十年相对海平面显著上升<sup>[6]</sup>这一前提下,区内洪水蓄泄能力又将产生新的缺口。

#### 4.1 降水过程与起调水位

1991年全流域最大90天降水 $851.8\text{mm}$ ,虽不及1954年 $915.3\text{mm}$ ,但最大30天、60天

降水为 506.6mm 和 696.8mm,均高于 1954 年。特别是湖西地区与北部苏锡常地区 30 天降水超过百年一遇<sup>[6]</sup>,致使太湖平均水位突破 1954 年 4.65m,达 4.79m,反映了时间分布上集中的降水过程更应加以提防。由于流域内洪水调蓄能力取决于灾害性降水过程来临时湖泊基础水位以上的容积,即起调水位,且流域内湖泊都属宽浅型,水量主要决定于水深。1954 年洪水来势较缓,且 5 月初起调水位仅 3.05m,而 1991 年 6 月 11 日第一次暴雨过程开始太湖起调水位高达 3.46m<sup>[6]</sup>。太湖水位每变化 1.0m,湖水体积就相应变化  $24 \times 10^8 \text{m}^3$ 。所以设计太湖的调蓄能力,必须充分考虑到起调水位的可能变化幅度。在目前还必须重视海平面上升对太湖起调水位的影响。

#### 4.2 太浦河泄洪能力

太浦河工程从防洪目的来说,是为太湖洪水与部分杭嘉湖地区涝水提供顺畅通道。近年来洪水水情表明,太浦河的实际功能要达到工程设计目标<sup>①</sup>,还受到其它因素的制约。如按 1954 年型洪水:

(1) 太浦河 5—7 月应承泄太湖洪水  $22.5 \times 10^8 \text{m}^3$ 。最大旬平均流量  $721 \text{m}^3/\text{s}$ ,同时承泄杭嘉湖北排涝水  $11.6 \times 10^8 \text{m}^3$ ,共  $34.1 \times 10^8 \text{m}^3$ 。1991 年的实际情况是 6 月 11 日—7 月 15 日 35 天内黄浦江外泄总量仅  $29.3 \times 10^8 \text{m}^3$ <sup>[6]</sup>,其中还包括湖西青松地区、吴江地区和杭嘉湖东排涝水。据估算,1991 年太浦河承泄太湖水仅  $6.41 \times 10^8 \text{m}^3$ <sup>[5]</sup>。再看 1993 年情况,a) 在太浦闸关闭的情况下,平望水位 8 月 28 日以前仅比南潯水位低 0—6cm,使杭嘉湖涝水不能北排;b) 8 月 28 日太浦闸开启 10 孔、高度为 1.5m 左右,流量  $100—200 \text{m}^3/\text{s}$  时,平望水位已高于南潯水位 4—6cm,若 29 孔水闸全部开启,大量太湖洪水必然倒灌杭嘉湖地区;c) 8 月 25 日平望水位 4.21m,反高于太浦闸下水位 19cm,与太湖闸上水位之差在 30cm 以内,若在这一时期开闸放水,一方面泄洪量较小,对降低太湖水位无明显作用,另一方面将对湖西区及杭嘉湖地区造成灾难性影响。如 8 月 25 日颠塘河水与两岸顶点只差 10—20cm。

(2) 按设计要求,在上海市遇台风高潮时,太浦闸短时间关闭。但 1993 年 8 月 4 日至 28 日闸门关闭期间,特别是从 8 月 21 日太湖水位突破 4.20m,达 4.29m,经 8 月 26 日跃居最高水位 4.51m,至 8 月 28 日(闸上水位仍高居 4.50m)太湖闸开始少量泄水,太浦闸紧闭达 8 天,这一时期黄浦公园高潮位 4.70m,属正常天文大潮位,并非台风高潮。1981 年黄浦公园台风高潮位曾达 5.22m。

#### 4.3 承泄太湖洪水能力与水面比降

1991 年 6 月 11 日—7 月 15 日位于浦西、嘉东以上的 7 个区(总面积  $30693 \text{km}^2$ )内洪水径流量  $133 \times 10^8 \text{m}^3$ ,经长江各闸外排长江  $45.3 \times 10^8 \text{m}^3$ ,其中太湖出流  $4.49 \times 10^8 \text{m}^3$ <sup>[6]</sup>。因经黄浦江下泄洪水受制于出口潮位变化,目前尚无工程措施可人为加大泄洪量。所以若欲使太湖洪水位控制在危急水位附近,出西太湖泄洪能力从 6 月 19 日—7 月 19 日需增加  $12.3 \times 10^8 \text{m}^3$ 。若 4.20m 左右以下过水断面流量相当于 6 月 11 日—7 月 15 日 3.46—4.79m 时过水断面的流量平均值,则西太湖外泄洪水需增加 3 倍左右。若遇 1993 年型黄浦江水情,对上述泄洪能力的增加要求就更高。当然,上述估计还应进一步细算,但其中揭示的问题是太湖泄洪能力仍有缺口,今后应在充分考虑长江、黄浦江下边界变化的基础上,研究太湖流域各出

① 水电部太湖流域管理局,太湖流域综合治理总体规划方案,1987。

口的泄洪能力,特别是在湖西引排及武澄锡引排(均为地区性引排工程)和望虞河过水断面开足后,太湖洪水下泄能力比 1991 年可增加多少。

在低地感潮水网地区,水面比降是限制洪水径流外泄的关键因素。与过水断面比较,它有两个特点:a) 不能通过工程措施改变;b) 年际变化大,主要看洪季是小潮、大潮还是风暴潮。水面坡降的基础是区内各水文站的水位资料,考证表明<sup>①</sup>,太湖地区水文资料多反常现象,如 1980 年资料,太浦河芦墟—金泽相距 6km,水位突然跌落近 30cm,而平望—芦墟相距达 19.1km,水位差仅 1.0cm。又如娄江从苏州胥口—浏河口入江,当年 7—10 月排涝  $11 \times 10^6 \text{m}^3$ ,但水位从胥口→昆山下降→浏河口又上升。所以,对太湖平原各水文站的水尺的垂向运动要作系统历史研究,在今后要经常性地长距离水位测量,特别是引测象余山这种基准点,及时发现和校正地面沉降造成的水位数据异常,同时加强研究近几十年地面沉降对洪涝灾害强度、频率变化的影响。

## 5 海平面上升与洪涝灾害发展趋势

太湖低地平原在大地貌上表现为四周高、中间低的碟形洼地,绝大部分地面位于平均高潮位与低潮位之间,尤其是低洼农田位于平均潮位与平均湖面附近(图 1)。洪季上游面临高湖面的压力,下游遭受高海面的入侵与顶托,是世界上对海平面上升最敏感的地区之一。研究表明,近 70 年来长江口海平面与全球海平面变化一致,呈上升趋势,其速率为  $1.0 \text{mm/a}$ ,平均高潮位上升更明显,达  $2.5 \text{mm/a}$ <sup>[7]</sup>。未来 50 年上海的相对海平面上升的保守估计值在 27—55cm 之间<sup>[8]</sup>。海平面上升及其对太湖低地平原的影响与区内社会与经济的长期发展战略关系密切,已成为国内学术界及有关部门共同关心的重大问题。

“蓄泄相济,以泄为主”历来是太湖流域的治水方针,而海平面的上升对区内洪水的蓄泄都将施加极为严重的影响。目前,在沿长江南岸与杭州湾北岸的洪水外泄主要受制于各潮周期内开闸时间的长短与水位比降;在黄浦江,洪水径流的下泄受控于各潮周期内涨、落潮流之差。所以,研究海平面上升的影响,要密切联系区内水利工程和水文形势特色。据初步研究,海平面上升对区内低地平原洪涝灾害的主要影响有如下几方面:

### 5.1 提高黄浦江米市渡潮位

黄浦江是太湖流域各出口水道中唯一尚未建闸的干流,也是本区最主要的洪水外泄通道。而米市渡潮位是直接决定黄浦江洪水径流外泄的主要水文参数。1993 年洪季米市渡的高潮位使太浦闸长期关闭的情况下,杭嘉湖及太湖下游平原区水位居高不下。实测数据表明,米市渡高潮位与吴淞高潮位之间有显著线性对应关系(图 2),只是丰水年(1983 年)及枯水年(1978 年)在不同水平上对应。一般说来,吴淞高潮位每上升 1m 与 0.5m,米市渡高潮位相应上升 0.5m 与 0.25m 左右,米市渡高潮位上升的直接后果是提高其上游平原水网及湖泊的最高水位。

与高潮位不同,米市渡低潮位与吴淞低潮位的关系一方面受吴淞低潮位的控制,另一方

① 朱国贤. 长江口基面考证,上海航道局设计研究所,1985.

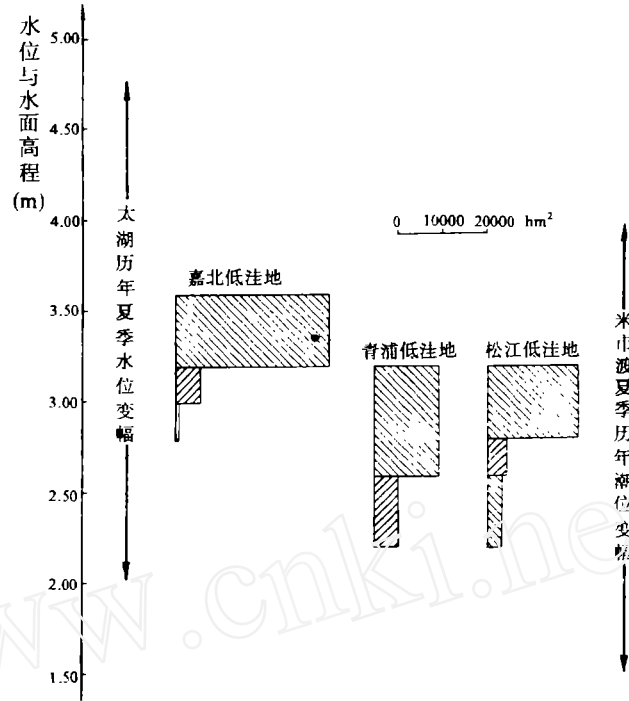


图 1 太湖平原典型洼地的田面高程、面积及其与上、下游水位的对比

Fig. 1 The area and altitude of several typical low-lying regions in the Taihu Lake Plain, and the comparison with the key water levels

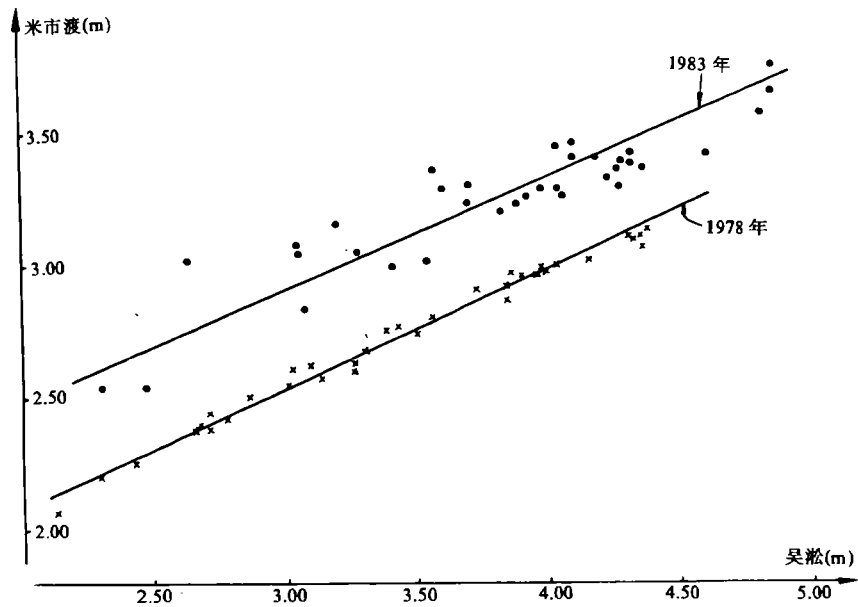


图 2 米市渡与吴淞 1978、1983 年各潮最高潮位之间的对应(9 月 10 日—9 月 27 日)

Fig. 2 The linear relationship between the high water levels at Mishidu St. and Wusong St. from 10 to 27 September, 1978 and 1983, respectively



面受上游来水与水位的显著影响。如不考虑单个潮周期内潮位与上游来水遭遇的随机情况,则海平面上升势必导致米市渡低潮位整体上的提高,其幅度与高潮位的提高大致相当。低潮位上升对太湖低地平原的直接影响在于:

(1) 显著提高低洼区农田的地下水位。现太湖平原低洼区地下水位在非洪水季节也仅在田面以下几十厘米,洪季则需人工排水降低地面积水;

(2) 增大低洼田的土地面积。如青松地区目前低洼农田的高程为 3.20m 以下。一般丰水季(如 1983 年 9 月 10 日—9 月 27 日)米市渡各潮最低潮位在 2.0—2.9m 之间。太湖平原高程在 3.20—3.50m 之间的低地面积比例很大,如松江县就有 9268hm<sup>2</sup>,占总耕地的 23.16%;

(3) 缩短圩堤内洪季自流泄水的时间,并降低其水位比降,增加洪季排水及降低非洪季地下水位的机电耗资。

### 5.2 对沿江建闸泄洪通道的影响

除黄浦江外,太湖流域在长江南岸及杭州湾北岸的重要出口均已建设挡潮闸。图 3 是 1983 年枯季与洪季两种不同潮型下望虞闸的启、闭过程。图中闸下水位以浙浦闸下的潮位代替,略低于望虞闸下的实际潮位。在操作上,洪季一般在落潮时闸下水位略低于闸上水位时即开始启闸,涨潮时在闸上、闸下水位逆转前闭闸。天文大潮及风暴潮这类短时间尺度的海平面上升对于挡潮闸的影响通常是单向的,即导致开闸时间缩短,开闸时水位比降减小,从而减少泄洪流量。但对于全球性海平面上升这种永久性基面抬升,则还要考虑流域中水文形势的响应状况,因为决定开闸时间长短的是闸上、闸下的水位顺差的历时。如 1983 年 7 月 5 日由于闸上水位高,闸下最高潮位低,一个潮周期内开闸历时长达 10h(图 3b);而 5 月 15 日闸上水位低,闸下最高潮位高,开闸时间仅 4h(图 3a)。如海平面上升 0.5m,同时闸上水位不变,则 7 月 5 日一潮中开闸时间将从 10h 缩至 6h 左右。事实上,作为对全球性海平面上升的响应,太湖平原内的河、湖水位也必然相应提高。为了降低圩内水位,大量水向圩外水网汇集,从而增高闸上水位,在更高水位的基础上维持闸上、闸下水位差与开闸历时。但这一过程在湖堤、河堤、圩堤工程上与机电排水的耗资巨大。并且这一响应过程能否与海平面上升同步,决定于海平面上升的速度与工程投资能力。

### 5.3 提高洪季太湖流域起调水位

海平面上升对太湖流域蓄水能力的影响在于提高区内河、湖的平均水位,从而洪季来临时起调水位显著提高。就太湖而论,起调水位每增加 0.5m,蓄洪量相应减少  $12 \times 10^8 \text{m}^3$ 。若考虑整个流域,蓄洪量将减少  $20 \times 10^8 \text{m}^3$  多。这对太湖流域蓄洪能力的影响是极为严重的。1991 年 6 月 11 日—7 月 15 日 35 天洪季流域内水库、湖泊、河网调蓄水量  $53.6 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

## 6 结 语

综上所述,太湖流域的调蓄能力经历了近 40 年衰退过程,并正面临着 21 世纪海平面上升的严重影响。所以必须在目前十大工程的基础上,根据太湖低地平原水情的发展趋势,制定新的工程对策。作者认为:今后几十年新的骨干水利工程应以提高流域出口处的泄洪能力

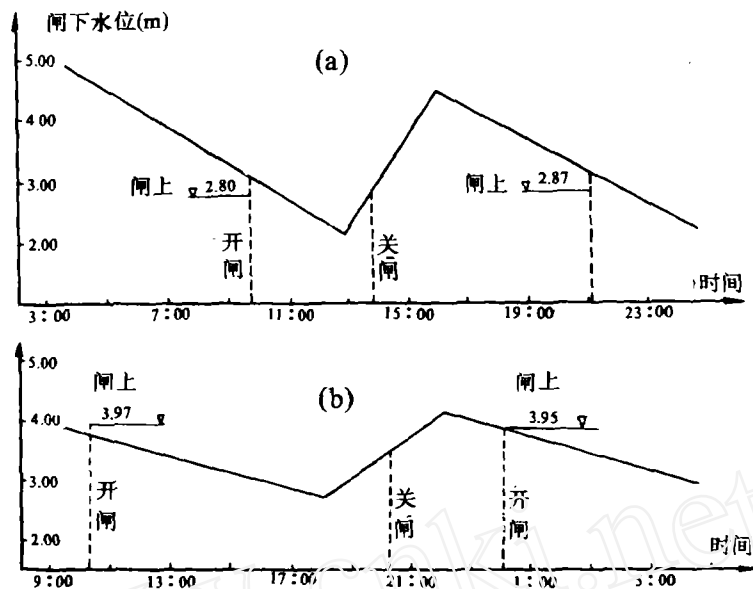


图3 望虞闸1983年5月15日(a)与7月5日(b)闸门启闭过程及与闸上、闸下水位的关系

Fig. 3 The operation processes of the Wangyu Sluice on May 15, July 5, 1983 and their relations with the water level both up and down the sluice

为中心,主要应考虑如下三个方面:

(1) 增加长江南岸、杭州湾北岸出口的机排能力,使闭闸时洪水外排能力提高。

(2) 建立吴淞挡潮闸,提高黄浦江的净泄洪能力。黄浦江的净泄量目前决定于落潮量与涨潮量之差。测量数据表明,黄浦江米市渡涨潮量与潮差呈线性关系,一般变化范围在  $1000 \times 10^4 - 4000 \times 10^6 \text{m}^3$ 。长江口为不规则半日潮,如在吴淞建闸,则每天能增加数千万立方米的泄洪量,这将从根本上改变流域洪水径流下泄困难的局面,同时将大大改变上海都市内涝及沿江两岸的防汛压力。当然这一工程耗资较大,涉及到资金问题及其建成后对长江航道、港口影响问题等等。

(3) 确保与充分利用区内调蓄能力。鉴于大面积恢复蓄水面积的困难性,今后在这方面的主要用非工程措施,继续加强太湖流域综合治理行政方面的权威性,以科学与流域大局为准则,保护与改善区内蓄水面积与过水断面;同时加强太湖流域长期天气预报研究,从而更科学地控制洪季前区内水库、湖泊的起调水位,最大限度地提高区内洪水调蓄能力。

**致谢** 沿海低地平原的环境变化与水利工程多年来一直是作者感兴趣的问题。由国家教委科技司资助的“华东洪涝灾害现场调查”课题(课题负责人陈吉余)使作者对这一问题的研究成为可能。本课题旨为国家“九五”攻关项目作一些预研究。文中观点若有不当之处,敬请国内同仁批评指正。在1993年洪水期赴江、浙、沪野外调查期间,曾受到嘉兴、湖洲、吴江、青浦、松江地方水利局及太湖局太浦闸有关同志的热情接待与协助,并就共同感兴趣的洪涝灾害与水利工程问题进行了极为有益的讨论,作者在此一并表示谢意。

## 参 考 文 献

- 1 Chen Xiqing. An integrated study of sediment discharge from the Changjiang River, China, and the delta development since the mid-Holocene. *Journal of Coastal Research*, 1994, 10(3).
- 2 松江县志. 上海人民出版社, 1991.
- 3 青浦县志. 上海人民出版社, 1990.
- 4 中国科学院南京地理与湖泊研究所编. 太湖流域水土资源及农业发展远景研究. 北京: 科学出版社, 1988.
- 5 孙顺才、赵 锐、毛 锐等. 1991 年太湖地区洪涝灾害评估与人类活动的影响. *湖泊科学*, 1993, 5(2): 108—117.
- 6 王同生. 太湖流域 1991 年洪涝及今后治理措施. *水科学进展*, 1993, 4(2): 127—134.
- 7 陈西庆. 近 70 年长江口海面变化研究及其意义. *地理学报*, 1990, 45(4): 387—394.
- 8 陈西庆. 未来 50 年长江口相对海面上升幅度探讨. 见: 施雅风等主编, 中国气候与海面变化研究进展. 北京: 海洋出版社, 1992: 81—82.

## ON THE FLOOD DISASTERS AND THE WATER CONSERVANCY WORKS IN THE TAIHU LAKE PLAIN, AND THEIR FUTURE DEVELOPMENT

Chen Xiqing                  Chen Jiyu

*(Institute of Estuarine & Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062)*

### Abstract

This paper analyses the origin of flood disaster in the Taihu Lake Plain and historical development of the water conservancy works, examines the natural and anthropogenic changes of Taihu Lake drainage basin and its hydrological consequences over the past 40 years. Comments are made on the planning and design of the water conservancy works since the 1980s. The hydrological changes and the associated floods in the coming decades are discussed, with a special concern about the major impacts of global sea-level rise on the storage and release capacity of floodwater. It is pointed out that, on the basis of "The Ten Major Water Conservancy Works", the principal target of future hydro-engineering works should be focused on the great improvement of floodwater pumping capacity during the period of high-water and of the net floodwater release out of the Huangpu River within each tidal cycle by building the Wusong Sluice. Meanwhile, non-engineering measures should be taken to protect and fully exploit the storage capacity of floodwater in the drainage basin.

**Key Words** Taihu Lake Basin, floods, water conservancy works, impacts of sea-level rise