

太湖溇闸优化设计与优化调度的探讨

丁建强

湖州南太湖水利水电勘测设计院有限公司 浙江 湖州 313000

摘要：溇港系指东西苕溪洪水和杭嘉湖平原涝水北排太湖和旱季引水的主要通道，为抗御太湖风浪及泥沙淤积，便于洪泄旱引，必须在口门设闸。本文即根据太湖溇港的工况特点，对口门节制闸设计作了初步的探讨与分析。

关键词：太湖溇港；口门；节制闸；优化设计；优化调度

引言

太湖溇港是东西苕溪洪水和杭嘉湖平原7500km²（浙江省内占6481km²，湖州市约1442km²）涝水北排太湖的主要通道。东自江苏省吴江市交界的胡溇起，西至长兜港，原有溇港34条，入湖口门总宽186m，为防止太湖洪水倒灌和秋冬季西北风搅动滨湖底泥回淤，各口门均需建闸节制。旱季则可引太湖水入济东部平原河网。由于原有河道规模小，淤积又严重，故不能满足规划的泄洪、排涝和引水的要求，为充分发挥溇港的引排水功能，使杭嘉湖平原免受洪涝、旱情的威胁，根据太湖流域综合治理规划和湖州市城市总体规划，1991年开始着手实施环湖大堤及溇港口门控制工程，在保留大钱港、罗溇港、幻溇港、濮溇港、汤溇港等五条主要骨干溇港的前提下，适当兼并了一些小溇港，即将原有的34条调整为19条，口门总净宽则增至189m。溇港口门节制闸（以下简称溇闸）的建成，对西起东苕溪流导流港—长兜港，北以太湖—太浦河为界，东至黄浦江支流斜塘、张泾港，南抵钱塘江海塘的杭嘉湖平原。即包括湖州市东部平原、嘉兴市全部、杭州市上塘河地区以及江苏、上海少部分地区的防洪、排涝、引灌、航运，以及减少溇港的淤积均发挥了显著作用。

各溇闸除孔数和孔径略有差异外，其主要功能、受力情况和运行条件均基本相同。本文在总结以往经验教训的基础上，拟对溇闸主要功能、控运和调度原则，以及设计方面一些带有普遍性的问题进行初步的探讨。

1 溇闸设计：

1.1 工程等别与溇闸级别

入湖溇港除大钱港等骨干河道为Ⅲ等工程外，一般溇港均为Ⅳ等，其水闸、桥梁、堤防按规定亦为3~4级，但因其均列入湖州新一轮城市规划范围，故其水闸、堤防亦应相应提高1级，并且由于其均位于环湖大堤沿线，其等别应与环湖大堤一致为Ⅱ等2级建筑物，设计时还应根据交通、城建、旅游等有关部门意见，对溇闸的设计与布置进行优化。

1.2 设计水位

为充分发挥太湖的调蓄作用，近几年，随着“治太”骨干工程的逐步实施，太湖运行水位也将逐步抬高。据太湖小梅口水位统计，近50年以来，水位超过2.66m（1985国家基准高程）的就有6年，其中上世纪九十年代，发生过3次。太湖历史最高洪水位发生在1999年7月，水位达3.15m，1991年次之，达3.07m。1956年2.68m（1956年8月2日，台风过境，风力9级，当天水位由1.8m升高到2.68m）；大钱站最高水位为2.96m（1954年8月2日）；1963年十二号台风时水位为1.88m（1963年9月20日）。其中1954、1991、1999年为梅雨雨型，1956、1963年为台风雨型。如遭遇台风雨型时，溇港向太湖排水，只有遭遇梅雨雨型时才有可能关闸挡水。太湖溇闸设计洪水标准一般应采用1954、1963年、1999年的实况雨型作为设计雨型。太湖洪水位的逐年抬高将是今后导致湖州东部平原洪涝灾害加剧的一个重要因素。现以小梅口站为设计代表站，其年最高水位频率分析成果可参见表1：

表1 年最高水位频率分析成果

站名	统计参数			适线值（m）			资料系列
	Xc	Cv	Cs/Cv	P = 1%	P = 2%	P = 5%	
小梅口	2.10	0.11	4.0	3.24	3.09	2.86	1950~2023年

因此选定太湖溇闸的设计洪水位为3.24m（P = 1%）。

1.3 闸址选择

由于太湖南岸冬春季的主导风向为西北风，为防止

因风浪搅动的滨湖底泥沙随风浪进入溇港，故需在溇港口门设置溇闸，其朝向均以东北向为宜，此外还应考虑以下因素：

1.3.1 闸址应尽量靠近湖口，主要原因是口门段极易淤积，由于回淤量大，常年疏浚费用十分可观。因此应尽量缩短闸外淤港的长度，一般以距湖岸线300~500m为宜；

1.3.2 根据钻探资料表明，淤港地基的1~2层一般为淤泥及淤泥质软土，力学性能差，故闸址应尽量选择在土质均匀密实、压缩性小和承载力较大的硬塑土或老粘土上，对于浅部无天然地基可资利用时，则应采取桩基处理（具体可参见1.6地基与基础处理）；

1.3.3 闸址一般应选择在淤港的直线段上，力求进出闸水流平顺，以防止冲刷或淤积；

1.3.4 闸址附近应有宽广的施工场地和便捷的交通条件，以利淤港的施工、日常管理运行和防汛抢险。

1.4 景观设计

由于淤港濒临太湖，根据湖州市委市府提出的建设“滨湖型生态大城市”和将环湖大堤建设成为生态景观大道的要求，滨湖淤港还必须十分重视景观设计，在满足其御洪、安全、经济、实用的情况下，尽量做到型式多样和风格一致，并使其真正地融入南太湖的生态景观，切忌单调、刻板。

1.5 工程布置

淤港按淤港规模大小和排水流量可分为单孔和多孔，按其挡水方向将太湖定为上游，内港定为下游，淤港主要由进口、闸室、出口三部分组成。进口段的作用是将上游水流平顺均匀地引入闸室；出口段除使过闸水流平顺地通过外，还应设置消能防冲措施；闸室段则是连接二者之间和运行控制的主体。根据淤港工况要求，其工程布置尚应考虑下列因素：

1.5.1 为兼顾过闸水流进出平顺，并减少水头损失，闸墩及翼墙上下游均应设计成圆弧或扭曲面；

1.5.2 为保护水闸进口至湖口段河岸不受太湖风浪冲刷，自上游翼墙至湖口两岸，均应加做块石或其他材料的护坡；

1.5.3 汛期关闸挡水时，太湖水位高于闸内水位，但不得向下游淤港泄流；平水或枯水期开闸时，淤港向太湖排水，这时由于内外水位差不大，故无需设置特殊消能措施，但考虑到束水冲淤的要求，闸室上下游均应采用块石护底、护坡，其长度以大于15m为宜，同时在护底、护坡末端加做砣或浆砌块石齿坎，护坡浆砌块石下还应加做垫层；

1.5.4 闸门可采用钢板或钢筋砼平面闸门，由于水位

作者简介：丁建强（1972.05—），男，汉族，浙江湖州（籍贯），本科（学历），高级工程师，研究方向：交通土建工程。

差小，启门力不大，可适当放大孔径；如为多孔闸，其孔径以6~8m为宜。如采用上提式闸门，启闭机室可布置在闸室上部，并以排架支承。设计中还应充分考虑管理人员上下便利；为减少占地和节省投资，其交通桥设置一般应与淤港一并考虑。但其工作桥与交通桥应分开布置，闸上交通不应影响水闸管理操作；

1.5.5 由于淤港有挡淤作用，为防门前淤积过深，并保证启闭灵活，还应根据风情雨情每月适时启闭几次，适当增大启门力；如为钢闸门，则其主梁上的透水孔应适当加大；钢筋混凝土闸门，则应将其横梁设计成斜面，以减少淤泥附着，同时设置冲淤装置，定期冲洗附着在闸门上的淤泥。

1.6 地基与基础处理

太湖淤港位于杭嘉湖平原中部湖沼堆积平原上，区域内地势平坦，河网密布，由于覆盖的第四纪松散堆积物，成因复杂，岩相多变。根据钻探的地质资料，其闸基土层大致可分为三层：表层为陆相沉积的黄褐色粉质粘土，饱和，可塑，含有一定数量的植物根茎和有机质，含水量 $W = 30.0 \sim 40\%$ ，层厚1~6m；第二层为海相沉积的灰色淤泥质粉质粘土或淤泥，饱和，流塑，压缩性高，强度低，含水量 W 高达40.0~60%，孔隙比 $e = 1.25 \sim 1.5$ ；第三层为陆相沉积的灰黄、黄褐色粉质粘土和层状粘性土，大多位于闸底板设计高程附近，土质为可塑~硬塑，含水量 $W = 25.0 \sim 35\%$ ，抗剪强度较高，压缩性中等，故可作为持力层^[1]。

地基与基础处理：

1.6.1 由于表层土均位于闸底板高程以上，故施工中需全部挖除；

1.6.2 第二层土在-2.0~1.5m之间，位于闸底板高程上下，由于其力学性能很差，不宜做建筑物基础，如土层较浅则应全部挖除；当土层较厚而又无法避让时，则需进行地基处理。其基础处理方案一般应优先考虑打沙桩，同时辅以深层井点排水，底板浇筑后加重预压，以利加速固结，该方案一般比木桩、砣桩基础要经济；

1.6.3 第三层土承载力相对较好。由于淤港是轻型结构，大多在无水压工况下启闭，根据实测与计算，其完建期的最大地基应力一般不超过80KN/m²，由于该层土有较好的承载能力和较小的压缩性，故可直接在该层土上建闸，而无须进行地基加固处理。如在这种基础上建造的大钱闸为五孔连续反拱底板、幻淤港为五孔连续平底板，濮淤港为三孔6米连续平底板，竣工运行后其闸身建筑物均稳定可靠。

1.7 闸门启闭机选择

考虑太湖溇闸在各种工况条件下一般均为无压启闭。故在计算启门力时,应考虑闸门自重和门前50cm水压力及泥沙淤厚30cm。根据计算,跨径6米的平面钢闸门其启闭力约在100KN左右;跨径8米的平面钢闸门,启闭力亦不超过150KN。对于跨径4~5米的闸门,则可采用钢筋混凝土平面闸门和手摇、电动两用螺杆启闭机,其启门力配置为100KN,启门最大高度为8米。这种启闭机造价低廉,如维修保养得当,其性能稳定可靠,在溇闸中比较适用。

跨径6~8米的单孔闸或多孔闸,多采用钢板平面闸门和QPQ-2×80KN双吊点电动卷扬式启闭机,启门力配置为160KN,启门高度亦为8米,这种启闭机型式比较先进,且可采用电脑控制,如运行保养得当,其性能稳定可靠,在6米以上溇闸中比较适用^[2]。

液压启闭机启闭灵活,但其造价和维修保养技术要求高,如发生故障,必须送厂修理,故在太湖溇闸中未得到广泛使用。

2 溇闸的主要功能与优化调度:

杭嘉湖平原涝水由于排水出路不足,渲泄不畅,为有效降低涝区水位,除应积极疏通被堵河道,确保涝水东泄黄浦江外,尚需考虑部分涝水南排入杭州湾,北排至太浦河,同时在太湖水位较低时利用溇港抢排入太湖。故太湖溇闸必须根据东西苕溪洪水北排入湖和杭嘉湖平原防洪、排涝和引水的需要及时启闭。当汛期太湖水位高于平原水位时,沿湖各溇闸应即时关闭,以防湖水倒灌;旱季时应及时开闸引水,补充水源。鉴于溇港的输水能力常受湖沙回淤的制约,为保持溇港输水能力,除需适时疏浚外,还应根据风浪情况适时启闭,才能有效阻挡泥沙倒灌,减少溇港淤积^[3]。

根据太湖溇闸担负的节制湖水、阻挡泥沙、排涝引水和兼有航运等综合功能。故水闸的优化调度和控制运

行应遵循以下原则:

2.1 当平原水位高于太湖水位时,溇闸应及时开启,以利排水,冲淤;

2.2 当太湖水位高于平原水位时,应及时关闸,以防太湖洪水入侵平原;

2.3 由于湖州市地处太湖南岸,冬季多西北风,为防太湖风浪将泥沙带入溇港,历史上素有“重阳关闸,清明开闸”之规定;

2.4 常水位时,因风力作用,太湖水位会急剧升降,故溇闸启闭比较频繁,为改善溇闸的防淤效果,应及时掌握风情、雨情、水情的变化,力求做到顺流(向太湖排水)开闸,倒流关闸。由于“引江济太”工程的实施,大旱时节太湖水位要高于杭嘉湖平原的水位,这时即应适时开启,引湖济旱,以满足平原用水需要。

太湖溇闸的作用能否充分发挥,关键在于优化调度,适时启闭。

3 结语

本文扼要介绍了湖州太湖溇闸优化设计应注意的几个要点:即工程等别与溇闸级别,溇闸的作用与控制运行,设计水位,闸址选择,景观设计,工程布置,地基与基础处理,闸门启闭机选择等。

同时对溇闸的优化调度和管理,本文也提出了一些看法。

参考文献

[1]张世儒,夏维城.水闸(第二版)[M].北京:中国水利水电出版社,1993:11-24.

[2]顾美娟,张平易,刘元勋,等.水闸设计规范:SL265-2016[S].北京:中国水利水电出版社,2016:42-49.

[3]徐真剑,许公民.软土地基孔隙水压力负面效应及其相应对策的初探[J].地方水利技术的应用与实践,2017,(27):18-22.