

钱塘江河口治理回顾

潘存鸿 符宁平

(浙江省河口海岸研究所 杭州 310016)

摘要 以涌潮闻名的钱塘江河口,动力强劲,破坏力极大。回顾钱塘江河口历代治理情况,重点记述 1949 年以来治理工作的进展,论述 60 年代提出的钱塘江河口治理规划的指导思想,即缩窄江道,减少进潮量,增大山潮水比值的整治原则。总结整治规划实施过程中治江围涂经验,特别是“以围代坝”和丁坝坝头保护等工程措施,分析钱塘江河口大规模治江围涂后对钱塘江河口潮汐、洪水位、河床以及杭州湾北岸深槽的影响。

关键词 河口整治;钱塘江;治理规划;涌潮;治江围涂

1 自然特征

钱塘江是浙江省最大的河流,流域面积约 5 万 km^2 ,河口是典型的强潮河口,杭州湾湾顶澈浦站的最大潮差达 8.93 m^[1]。由于杭州湾的平面收缩(湾口南汇嘴至镇海断面宽 100 km,向内约 110 km 至尖山,低水河宽收缩为 10 km),以及从乍浦以上的河床急剧抬升,潮波剧烈变形,在尖山稍下形成涌潮。经常出现的高流速达 5~7 m/s,实测到的压力为 68.6 kPa,对两岸堤塘及其它各类建筑物破坏力极大。

钱塘江河口段动力强劲,河床质为极易冲动的疏松粉沙($d_{50} = 0.02 \text{ mm}$)。由于涨潮与落潮流路不一致,河床平面摆动频繁,江道主流极不稳定,大片滩涂不能开发利用,而且河口段河床极度宽浅,10 余 km 宽的河道在低潮位时水深仅 1~2 m,通航条件很差,加之深泓及顶冲点变化不定,给防汛抢险带来很大的困难。

概括起来讲,强劲的涌潮、宽浅的江道、主流的频繁摆动,是钱塘江河口主要的自然特征^[2]。

2 河口治理规划

2.1 早期治理思想

钱塘江河口主槽游荡多变,岸崩、塘毁史不绝书。历史上的河口治理主要是修筑海塘以御洪潮,但也有从单纯的防御开始,采用局部、有限的进攻性质的防御措施。如在 11 世纪的宋代,在南岸西兴筑石矾挑溜。

清康熙、雍正年间,曾 3 次开挖中小门引河,并

在尖山、塔山之间造石坝挑溜,欲使江流、海潮由中小门出入,以利海塘防守。这是一项较大规模调整流路的尝试。

民国时期,认识到钱塘江河床宽浅是河口洪潮为害的主要根源,不能单纯靠筑塘治标,还需治本,将江面缩窄,束水归槽,刷深江道。1930 年,曾制订将杭州附近高水位河槽以丁、顺坝缩窄为 1600 m 宽的整治计划。1946 年,在国内外专家考察研讨的基础上,又归纳成在海宁陈汶港建坝挡潮,在中小门遗址处新开河道,束窄口门以削减潮势及兴建丁、顺坝缩窄江道等设想。这些设想已不限于修筑海塘、治理江道,而涉及河口治理的多种途径。1947 年,张书农教授拟订了一个闻家堰至尖山河段初步治理河道的计划,这个规划根据实测地形设计中、低水位的治理河宽、断面和放宽率,并与下游端河道衔接;用长短相间、长度不等的丁坝控制水流,改缓急弯,淤涨滩地。

2.2 1949 年以后的治理规划

1949 年以后,各级政府非常重视河口治理工作,成立了专门的管理和研究机构。针对钱塘江河口特性,开展大规模的资料积累,并进行治理开发的系统研究工作。

1952 年,浙江省水电设计院前总工程师马席庆提出在满足泄洪条件下,尽量缩小江道断面,以减少进潮量;在不影响将来航运原则下,尽量任其弯曲。1960 年,科技人员也曾建议在尖山建挡潮潜坝和在七堡建拦江枢纽,由于闸、坝下游泥沙淤积等问题,先后被否定。

通过系统的分析研究,60年代初,以钱宁为首的一批专家认识到钱塘江河口由于山、潮水(造床流量)比值小,外海来沙丰富,潮汐动力太强,从理论上论证了缩窄江道,减少进潮量,增大山、潮水比值的整治原则,这一原则成为以后治理规划的指导思想。

60年代中期以后,又经过几次研究和修改江道治理规划。主要规划原则有:规划河宽应满足泄洪排涝要求;治导线的制订应尽量利用沿江山体及北岸已建成的比较坚固的海塘,以免需要增加大量投资另外修建一条坚固的海塘;江道治理规划中暂时对改善通航不作为主要的要求,着重考虑逐步缩窄,结合围垦滩涂,约束主槽摆动幅度。

60年代规划时,参照高滩出现几率等值线制订河线,杭州闸口堤距1 km,盐官4 km,尖山7 km,澉浦12 km。沿程河宽的变化,大致按指数形式放宽率 $B_x = B_0 e^{\alpha x}$ 计算。

在1968年底至1971年底连续四次围垦五大片滩涂基础上,结合堤外高滩稳定性和河相关系分析,70年代中期又提出进一步缩窄江面的规划方案。根据历次江道地形图,按接近平均高潮位的南岸滩地等高线,绘出外包络线,选定仓前江宽1.5 km,盐官2.5 km,尖山7 km,澉浦12 km。北岸闸口—七格和老盐仓—尖山已有海塘线,尖山—澉浦长山利用山体为据点,南岸利用9号坝、仓前(山头)为据点,联成顺适的治导线。

80年代,根据过去治江围涂的实践经验和积累了更多的河床演变资料,加深了对河性的认识,除用河相关系进行分析外,还运用已建立的一系列潮汐水流、泥沙输移、河床变形、盐水入侵等数学模型,又一次研究和修订治江规划线。这次研究的重点是尖山河段,伴随18 km和12 km两种澉浦堤距和北、中、南三种江道中心线路的论证对比,最后提出了澉浦堤距16.5~18 km、江道走中的规划方案。

3 治江围涂工程的实施

在涌潮汹涌、潮流湍急、江道摆动频繁的钱塘江河口实施整治规划,存在着实施程序和工程措施两个方面的问题。

如何安排实施程序,50至60年代就有过自上而下或自下而上的争议。自下而上的设想,就是在口门澉浦附近修建长丁坝大幅度束窄口门,或建一条潜坝,企图大量减弱口门以上的进潮量和涌潮,创造一个动力比较弱的环境,使治江工程较少破坏,较易建造。模型试验表明不能达到设想的效果。自上而下就是指从上游到下游逐步修建丁、顺坝控制落潮水流,适时筑堤围涂,缩窄江道。几十年来的实践经验

证明,这是一条值得着重考虑的原则,但也不能死守这个原则,必须因地、因时制宜,灵活运用。

在杭州闸口至七格河段采用了坝组缩窄江道;在赭山湾凹岸兴建长丁坝群,以控导河势和促淤,然后筑堤围涂。以后,在总结赭山湾治理及赭山湾对岸(凸岸)自然淤滩上筑堤围涂的经验基础上,提出乘淤涨成高滩的有利时机,先行筑堤围涂,藉以缩窄江道。1968年开始,南岸萧山在凸岸开展大片乘淤围涂,结合治江,形成“以围代坝”的工程措施,加快了治江进程。

河口段各片围垦年代见图1。从图1可看出围涂的程序,总体上是自上而下,也有上下交错进行的。截至1994年止,澉浦以上已围涂6万 hm^2 ,连同澉浦以下杭州湾南岸的约2万 hm^2 ,共计围涂约8万 hm^2 。

通过长期的治江围涂实践和试验研究以及近几年的标准海塘建设,逐渐探索出一些行之有效的工程措施。

3.1 高滩筑堤,“以围代坝”

60年代以前,钱塘江河口整治,多用块石抛筑丁坝或顺坝,将水流集中于规划江道内,待坝田间淤成高滩后,再筑堤围涂,以达到缩窄江宽,稳定江槽,增加土地的目的。但在赭山湾整治过程中,人们认识到,在涌潮强、江道摆动幅度大的河段采用这种工程措施,投资大,工期长,效果不理想。在分析了以往治江围涂工程实践经验后,1961年提出了利用江道摆动特性,乘淤围涂,促进治江的新思路。这一思路于60年代末期,首先在萧山县治江围涂中实施。事实证明,这是适用于槽滩冲淤变化大、涌潮强的河段的多快好省的整治工程措施,萧山围垦部门形象地称之为“以围代坝”。该措施在河口两岸全面推广,大大加速了治江围涂步伐。

3.2 粉沙土堤灌水密实防漏

河口两岸围堤系由粒径均匀、缺乏粘性的粉沙土筑成。由于长达数千米或十余千米,高5~6 m,土方量达数十万立方米或百万立方米的土堤,需在小潮汛期间潮水不上滩的7~10天内抢筑完成,不能采用一般分层碾压筑堤的办法。60年代以围代坝的围堤,多沿用当地常用的戽水密实法解决围堤的防渗漏问题。由于缺乏科学的操作规程,7413号台风期间,大量围堤发生集中渗漏,造成严重溃堤。后经现场试验,作出开沟灌水密实土堤的施工操作和质量检验的具体规定,并在钱塘江两岸治江围涂工程中全面推广,保证了土堤质量,取得良好效果。

3.3 丁坝头保护

丁坝是钱塘江河口保滩促淤及保护海塘堤脚的

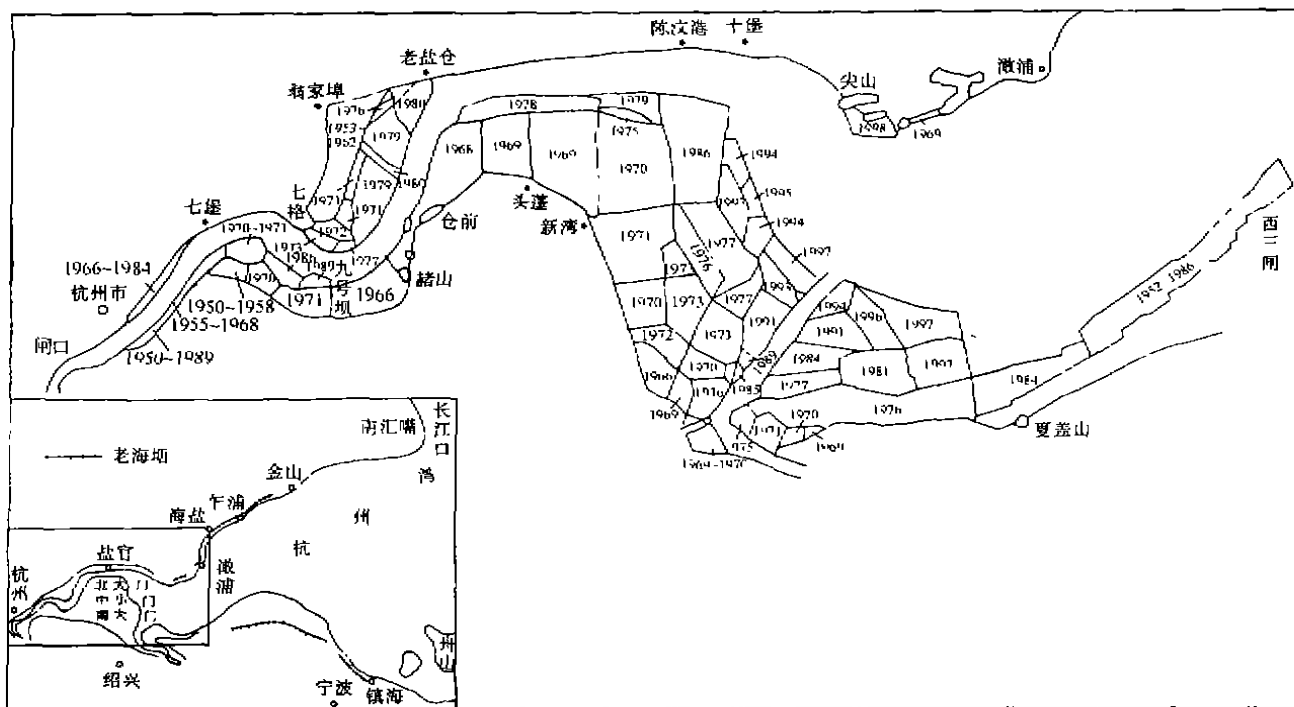


图1 钱塘江河口形势及围涂进展

有效工程措施。但在涌潮冲击下,坝头块石冲失严重,必须经常及时补抛块石。为解决这一问题,曾试用过多种保护措施,防护效果较好且现实可行者有沉井、沉箱、钢筋笼等。

1968年试建外形呈椭圆筒状、长轴10m、短轴6m、高3~4m的钢筋混凝土沉箱,箱体自重70t,沉箱经预制、浮运、定位、充水下沉到坝头的抛石基面上,在箱内装石后,总重约400t,抛石基面高程如能控制整平在低潮位下3m以下,效果较好,但因基面高程难以控制,沉箱周围基面块石走失后,沉箱会出现倾斜、位移及损坏现象。

1969年首次在赭山湾应用沉井保护丁坝坝头,经实际观测和理论分析探明,在低潮位以下3~5m深度范围内,坝头块石易被涌潮冲走。遂据此确定沉井底部放置高程和相应的沉井高度。沉井高度多为10~14m。井壁多采用浆砌块石或混凝土浇筑,内填块石,总重达一二千吨。在高滩坍失前就地制作和沉放,待滩地冲失后,沉井就起到保护坝头作用。实践证明,该措施效果很好,是一项技术突破,应大力推广^[3]。

70年代初期开始试用装石钢筋笼保护坝头,效果良好。由于该方法具有施工方便快捷,尤其是可以放到水下较深处等优点,普遍作为半永久性的建筑物,多用于抢险作业。钢筋笼尺寸多为2m×4m×6m,用直径为16mm钢筋为骨架、直径14mm钢筋为网格焊接而成,可装石40m³左右,一般一个丁坝需用两三只装石钢筋笼。

1977年,开始“挂桩”保护坝头的现场试验,所

谓“挂桩”,实际上是在坝头堆石体上浇筑钢筋混凝土环梁,环梁前沿设挂桩孔,内插钢筋混凝土桩柱,在坝头前构成栏栅,防止栅内块石走失。在栅下块石冲失后,桩柱会自动下降,继续发挥栏栅内块石作用。使用效果良好,但结构上有待改进。

3.4 挑流坎防丁坝上游坡脚冲刷

潮水漫过丁坝时,坝顶两侧落差达1~3m,沿丁坝上游坡脚形成一条与坝身平行的冲刷坑,危及坝身安全。1974年根据水槽模型试验成果,提出了在坝身上游边坡上浇筑宽2m的平台,并在台上设置带三排交叉排列扁方形消力墩的挑流坎,后经试用,效果良好。

3.5 海塘堤脚保护

明清时期修建的直立式老海塘和1949年后结合围涂而新建的斜坡式海塘,基础普遍偏高,防冲结构单薄,因此常因地基遭冲刷后危及塘身安全而频频出现险情。这是近年来标准塘建设中最为棘手的问题之一。海塘堤脚保护方式一般可分为直接保护和间接保护两大类。间接保护方法多采用丁坝,直接保护又可分为垂直保护和水平保护两种。在近年的标准塘建设中,下列两种垂直保护措施值得一提:

a. 直立式海塘护坦前打桩。经多次试验,并特制适用于涌潮河段的打桩机架,在海塘前沿护坦(俗名坦水)老排桩边缘施打板桩,突破了穿过乱石层打桩的困难。桩长10~12m,平面尺寸(0.3~0.5)m×(0.3~0.5)m。应用后效果较好,解决了塘前防冲设施不能深筑的老大难问题。

b. 斜坡堤(塘)护塘防冲沉井,在海塘前沿放密排沉井,沉井高 4.5 m 左右,平面尺寸 $(1.0 \sim 1.2) \text{ m} \times (1.0 \sim 1.2) \text{ m}$,目前已广泛应用。

4 环境变化影响

60 年代以来钱塘江河口的大规模治江围涂束窄工程,截止 1994 年止,杭州闸口至海宁八堡长 64 km 河段堤距已缩窄至 1~4 km,达到规划堤线,钱塘江河口和杭州湾共围涂 8 万 hm^2 ,对河口水文和河床有下列影响:

a. 河床变化. 治江围涂后,河口段河槽容积是淤积的,闸口至澉浦的 6 m 高程(绝大部分围涂地面高程在 6 m 以上)以下河槽容积由治江围涂前的 66 亿 m^3 减少到治江围涂后的 45 亿 m^3 ,共淤积 21 亿 m^3 ,其中约 13 亿 m^3 淤在围涂区内,8 亿 m^3 淤在现有河道内,而 85% 淤在盐官以下河段. 低潮位下平均河床高程,闸口至仓前河段冲刷下降 1 m 左右,仓前至盐官河段微淤 0.2 m 左右,盐官至澉浦淤高 1 m 左右。

江道缩窄后,河床平面摆动幅度大为减小,河势相对稳定,通航水深增大,改善了通航条件,且有利于海塘防护和两岸排涝。

b. 潮汐变化. 治江围涂后,闸口到乍浦各站高潮位抬高 0.2~0.44 m 不等,且大潮高潮位抬高值大于平均潮;低潮位,乍浦、澉浦无变化,盐官至闸口各站升高 0.67~0.30 m 不等;潮差,除盐官、仓前分别减少 0.45 m 和 0.24 m 外,其余各站增大 0.08~0.32 m 不等. 涨潮历时沿程缩短,其中尤以盐官站缩短最多,达 1 h 左右。

c. 洪水位变化. 钱塘江河口沿程各处洪水位的成因各异,杭州闸口以上以洪水为主,七堡洪水、暴潮各占一半,七堡以下由暴潮形成. 闸口洪水位主要

决定于洪峰流量、河床高程和澉浦高潮位诸因素,其中河床高程对洪水位影响十分敏感. 应用多元相关法、动床数学模型和比尺模型等多种手段研究,结果表明:治江围涂对闸口百年一遇洪水位的影响表现在三个方面:①减小了滩地行洪能力,使洪水位抬高 0.20 m;②仓前以下江道主槽淤积抬高,减小主槽行洪能力,使洪水位抬高约 0.40 m;③两岸堤塘增强了对水流的控导作用,免除了治江围涂前有时出现极端弯曲的不利河势,使洪水位降低 0.35 m. 综合治江围涂对洪水位上述三方面影响,闸口洪水位抬高 0.25 m。

d. 杭州湾北岸深槽的冲淤变化. 杭州湾澉浦至金山段的北段深槽是航道、码头、大型核电、火电厂取水口的主要水域,人们非常关心钱塘江河口大规模治江围涂对它的影响. 30 年来的实测地形资料统计分析表明:北岸深槽上段澉浦至场前(乍浦上游),平均水深减小 1.2~2.5 m,最深点淤高 0.80~1.9 m. 但该段年际间平均水深变幅为 1.0~6.0 m,这主要是由于径流和河势等自然变化引起的,其冲淤变幅远大于前者。

北岸深槽下段乍浦至金山是港口航道开发重点水域,呈累计冲刷,其幅度与上游段的累计淤积幅度接近。

参考文献

- 1 钱塘江志编纂委员会. 钱塘江志. 北京: 方志出版社, 1998
- 2 戴泽衡, 李光炳. 钱塘江河口河床演变及其治理. 见: 第一届河流泥沙国际学术讨论会论文集, 北京: 光华出版社, 1980. C7-1~10
- 3 周胜. 钱塘江水下防护工程的研究与实践. 水利学报, 1992(1): 20~30

(收稿日期: 1999-03-15 编辑: 张志琴)

(上接第 42 页)筑坝等工程,取得较好的经济效益. 例如在杭州段新建直立标准海塘用长丝有纺土工布铺底,因其加筋和隔离作用提高了地基承载能力和整体抗滑性能;采用插设排水板解决了软粘土地基的加速排水固结沉降过程. 在海宁和杭州段,使用土工布模袋混凝土可以水下施工和在混凝土尚无强度的条件下即能承受涌潮水流冲刷的特点,采用锦纶模袋泵灌混凝土修建了防冲护坦. 在上虞段结合河道裁弯建标准塘堵口和抛筑丁坝工程中,利用土工布袋装土替代部分抛石体取得了成功,从而大大

降低了工程造价. 此外,利用土工布管带吹填土筑堤、筑围堰,利用无纺土工布作反滤层等应用已相当广泛. 新型的耐特龙聚乙烯土工网也开始应用于防冲保护工程。

随着标准塘工程的进展,新材料、新工艺、新技术的应用将会持续发展,并将促进标准海塘早日建成。

本文得到浙江省河口海岸研究所戴泽衡教授级高级工程师的指导,特此致谢。

(收稿日期: 1998-10-20 编辑: 张志琴)