

第一章 海塘的概况与环境

钱塘江河口两岸古海塘，分别位于太湖平原的南缘和宁绍平原的北侧，塘线总长 317 千米，除去山体，海塘实长 280 千米。北岸海塘西起杭州市西湖区转塘镇狮子口，经上城、江干、余杭三区和海宁、海盐两市境，东至平湖市金丝娘桥与江南海塘上海市金山区段相接，塘线全长 160 千米，除去山体，海塘实长 137 千米。南岸有曹娥江汇入钱塘江河口，江左为萧绍海塘，起自杭州市萧山区临浦镇麻溪山，穿越滨江区和绍兴县境，止于上虞市蒿坝口头山，塘线全长 117 千米，除去山体，海塘实长 103 千米。江右称百沥海塘，自上虞市百官镇龙头山到夏盖山西麓，塘长 40 千米。山之东为浙东海塘（图 1-1）。

北岸海塘江干区乌龙庙至章家庵、翁家埠一段，原由乌龙庙北折，经庆春门外八仙石，再迤邐而东，经乔司附近而至章家庵、翁家埠。清乾隆四十五年（1780）起，陆续加固乌龙庙经二堡、七堡、九堡至章家庵的范公塘（又称扶基圩）后，范公塘即成为主塘，原有八仙石、乔司一线海塘退为备塘（图 1-2）。

海塘名称，历朝不同。明代江槽通过龛山与赭山间的南大门出入。北岸海塘在赭山以上的钱塘（今杭州市西湖区、上城区）、仁和（今杭州市上城区、江干区、余杭区）县段，曾称捍江塘；赭山至尖山间的海宁县段称障海塘。清代自江流改走北大门后，则以仁和县乌龙庙为界，以上称江塘，以下称海塘。南岸萧绍海塘，明代萧山县（今杭州市萧山区和滨江区）境内的海塘曾有西江塘、龙王塘、北海塘、横塘、瓜沥塘等不同的分段名称^[1]；清代统一以萧山县西兴、瓜沥和山阴县（今绍兴县）宋家溇为界，自西而东分称西江塘、北海塘、后海塘、东江塘。在蒿坝一段称蒿坝塘。百沥海塘以张家埠为界，分称前江塘和分属于会稽（曹娥江右岸原会稽县地，今改归上虞市）、上虞两县的后海塘。

海塘因所处河段位置不同，各有其独特的动力和边界条件：北岸杭州市西湖区东江嘴和南岸萧山区闻堰以上为江流作用为主的近口段（又称河流段）；在此以下至海盐澉浦一段，则为江流、海潮共同作用的河口段（又称过渡段）；澉浦以下则属河口湾（习称杭州湾，为潮流段）。

钱塘江海塘所卫护的南、北两大平原，唐、宋以来，一直是我国经济最发达的地区之一，生产和财赋岁入对国计民生有较大影响，历代当政者和人民都对海塘的巩固有较高要求。

第一节 自然 环境

钱塘江海塘所卫护的平原，因其沉积形成的时期和部位不同，有明显差异。北岸太湖平原的杭嘉湖地区和南岸宁绍平原的上虞百官及余姚地区形成早，受滨海高潮位控制，地面高程较低；上虞、余姚、慈溪的北部合称三北地区，形成较迟，已受到河口湾喇叭口抬

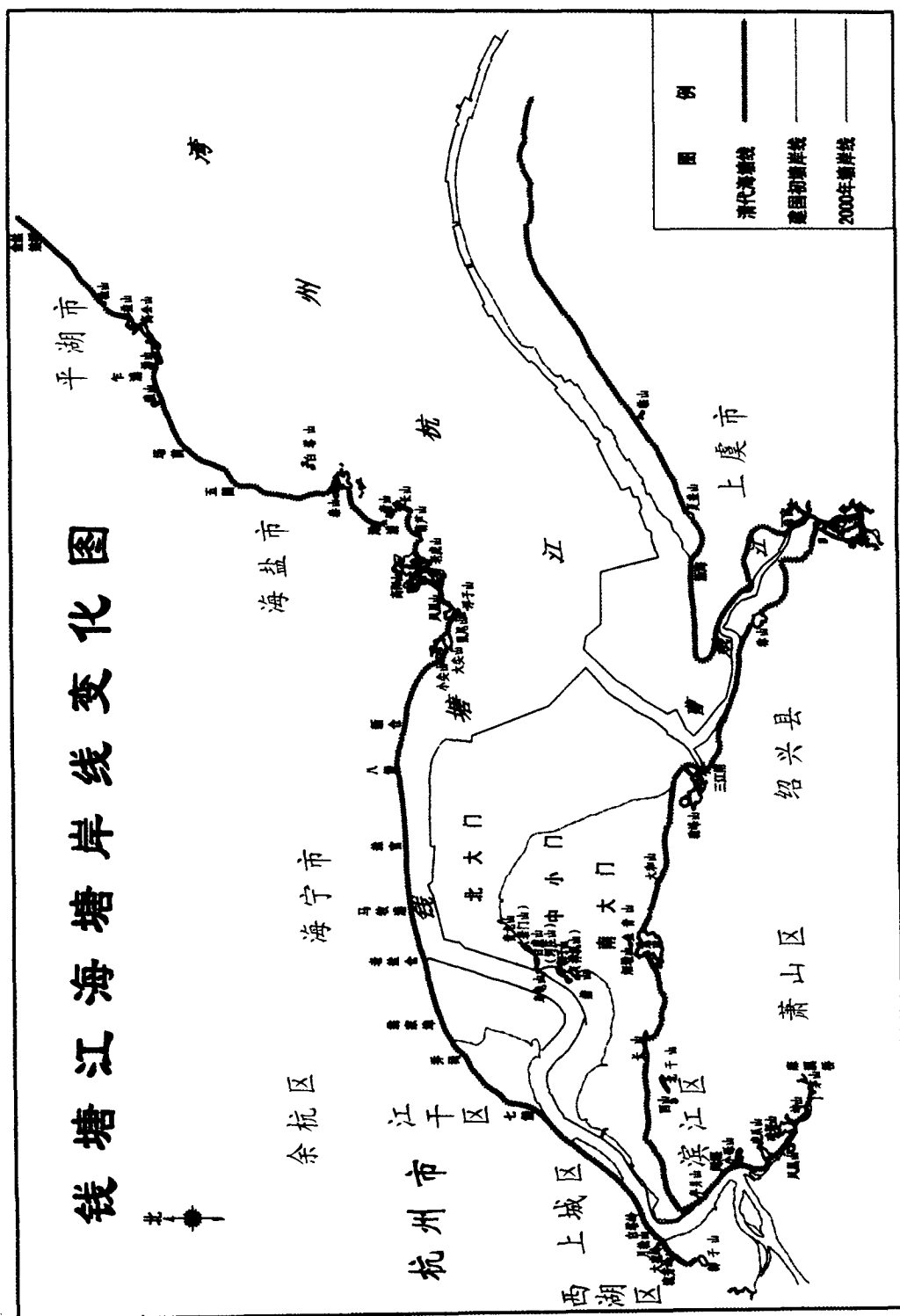


图 1-1 钱塘江海塘岸线变化图

升高潮位的影响，比上虞百官、余姚地区高 1~2 米；萧绍地区的形成则受到河口湾喇叭口 and 河口沙坎的双重影响，比三北地区高约 1 米；萧山市的南沙地区和杭州市东部、余杭市的北沙地区形成最晚，是沙坎充分发育之后的堆积，比萧绍地区又高出 1 米上下。平原地势大体是江边高、内陆低；西部高、东部低，一般的地面高程低于洪、潮高水位 3~5 米。海塘若有疏失，洪、潮内灌，势如建瓴。且潮水所经之处，河道淤塞，地成斥鹵，“非四五年雨水荡涤，不能土活插秧”^[2]，灾害所及，远伸内陆平原洼地。明末清初的史学家谈迁曾在《北游录》中称：江苏吴江县城南方塔塔顶与海宁长安坝坝面等高^[3]。故旧有“坍掉长安坝，没掉吴江塔”一说^[4]。清咸丰末至同治初（1861~1864），北岸海宁段海塘发生溃缺，海潮窜入，不但导致湖州、嘉善一带“河水皆咸，田禾多死”；^[5]松江府也向江苏巡抚李鸿章稟称：“上海向系淡水，现在水味忽咸，查系海宁塘工坍卸，潮水灌入所致。”^[6]南岸萧绍海塘塘身溃缺，会稽（今绍兴县及上虞东关一带）、山阴也受其害^[7]。百沥海塘上虞后郭塘身坍决，余姚亦因而遭灾据光绪《余姚县志》载：清“嘉庆二十五年（1820）七月二十三日大风雨，新、嵎蛟发，上虞梁湖、后郭堤决，水及邑境，晚禾尽没。”^[8]风潮灾情，史不绝书。钱塘江海塘承受动力的强劲，滩岸变化的迅猛，非一般的河口可与比拟，这给海塘的修筑与维护带来巨大的困难。

一、强劲复杂的动力

海塘所处河口，面向东海，且位于亚热带季风气候区，夏秋之际经常受热带风暴侵扰。还由于河口平面形态和下水沙坎的影响，河口不特上承山洪，下纳强潮，更有“力拔山兮气盖世”般的涌潮和来自东海的狂风恶浪。每当热带风暴侵袭河口附近地区，除带来大风、暴雨外，还产生洪水、暴潮增水和巨浪。洪、潮、浪三者如若交遇，其势更猛，其害更烈。三种动力作用于海塘的主次和组合，随河口的上、下游位置而不同。

钱塘江从河源到入海口门，全长 688 千米，流域面积 55558 平方千米，汇聚浙江、安徽、江西、福建、上海 5 省、市 52 县（市、区）范围内干支流的径流，注入东海。多年平均径流量 442.5 亿立方米，历史上有记载的洪峰流量，河口上界芦茨埠站为 29000 立方米/秒（1955 年 6 月 22 日）。干流在杭州市七堡以上、支流曹娥江口在上虞市肖金以上河段，山洪最高水位多出现于山洪暴发的梅汛期或秋季台风暴雨期，均在大潮的顶托下形成。对海塘的影响，除高水位对塘身产生渗压之外，洪流并有搜刷塘基的危害。

钱塘江河口在长江口南沙嘴发育、姚北平原成陆过程中，平面上形成外宽内窄的喇叭状，再兼河口段的山、潮水造床流量比值小，潮流强，海域来沙丰富，在萧山闻堰至平湖乍浦间的河床上，堆积成纵向隆起的庞大沙坎〔古代称沙渚（dàn）〕。潮流进入喇叭状的河口后，由于平面外形急剧收缩和河床迅速抬高，导致潮波在传播过程中产生强烈变形，在北岸的大尖山、南岸的夏盖山附近开始形成涌潮，并在向上游推进中逐渐加强，以致“天排云阵千雷震，地卷银山万马奔”，具有挟海吞山之势，实测最大压力为 70 千帕，最大潮流速 12 米/秒。海宁市盐官一带，朔、望大汛，经常出现 5~7 米/秒的涌潮水流。中华人民共和国成立后，涌潮曾将海宁市陈汶港丁坝坝根重约 30 吨的混凝土砌石块体掀起，靠立在海塘塘边（图 1-3）；在受中沙影响出现两潮交遇，或遇丁坝、盘头与涌潮方向形成小夹角时（俗称兜潮），瞬时壅高可达 8~10 米；1953 年，疾窜上塘的异常潮曾将清代安放于塘



(a)



(b)

图 1-3

(a) 涌潮弄丸双千钧——涌潮从丁坝近根部；

(b) 揭起重约 30 吨的混凝土块竖靠在离原地 7~8 米远的海塘边

顶、重约 1.5 吨的镇海铁牛推移 10 余米。

海宁尖山以下海盐、平湖一带，地处河口湾，毗邻东海，水域宽广，风强浪大，滩岸、海塘所受主要动力是风浪。中华人民共和国成立以来遇风暴潮时，乍浦实测潮位增水值最大为 3.26 米，最大波高有 6 米。

二、坍淤无常的滩岸与河槽

由于海域来沙丰富，经过潮汐水流的往返搬运，河口滩、床主要由分选良好的粉沙组成，中径一般为 0.02~0.04 毫米，缺乏粘性颗粒，抗冲能力低。随着山、潮水流相对势力的季节和年际变化，河床有剧烈的平面摆动和纵向冲淤变化。

江槽的平面变化以 17 世纪中叶至 18 世纪 50 年代的三门（南大门、中小门和北大门）变迁最为突出。明末清初（1643~1645），主槽由龛、赭两山间的南大门改迁到禅机山和河庄山之间的中小门^[9]，清康熙四十二年（1703）水势又北趋^[10]，到五十九年，江流、海潮尽归河庄山之北的北大门^[11]；乾隆十二年（1747），人工引溜改道中小门后，仅安流 12 年，二十四年复归北大门。南北摆移范围竟达 20 千米（图 1-4）。当时的浙江巡抚庄有恭曾在奏疏中称：“江海坍涨，倏忽靡常，安流十余年之中小门，可以数月而全淤，平陆千百丈之北大门，可以数月而遽开。”^[12]江槽在三门上、下游的迁徙摆动，则更频繁。清人陈訏在认真观察海宁一带塘外滩岸的淤坍后称：“海塘以外之沙从来此坍彼涨，其所涨之沙，又皆潮头去远，急水已过，而长（涨）水停蓄，日渐淤积，性浮体轻，冲刷甚易，故当平常沙涨之时，塘外不下三四十里之远，及至沙坍，三数月即可到塘，盖其积之也，由于潮过之长（涨）水性平气缓，浮沙沉积，故长之沙低于海塘者，不过三四尺；其坍之也，由于潮头与急水之横刷，潮当初至之时，水尚未长（涨），恒低旧沙丈许有余，灌漱冲激，皆在沙底搜进，故不但沙岸陡峻，而沙面反凌空盖出其外，俄顷之间，缝如毛发，转瞬而坼裂，倾颓如山之崩，荡为浊流，杳无踪影矣，渐至塘脚，日搜日进，虽使鞭石为塘，岂能凭空稳立”^[13]（图 1-5）。这段文字细致生动地记述和分析了钱塘江淤沙和坍岸的现象与机理。

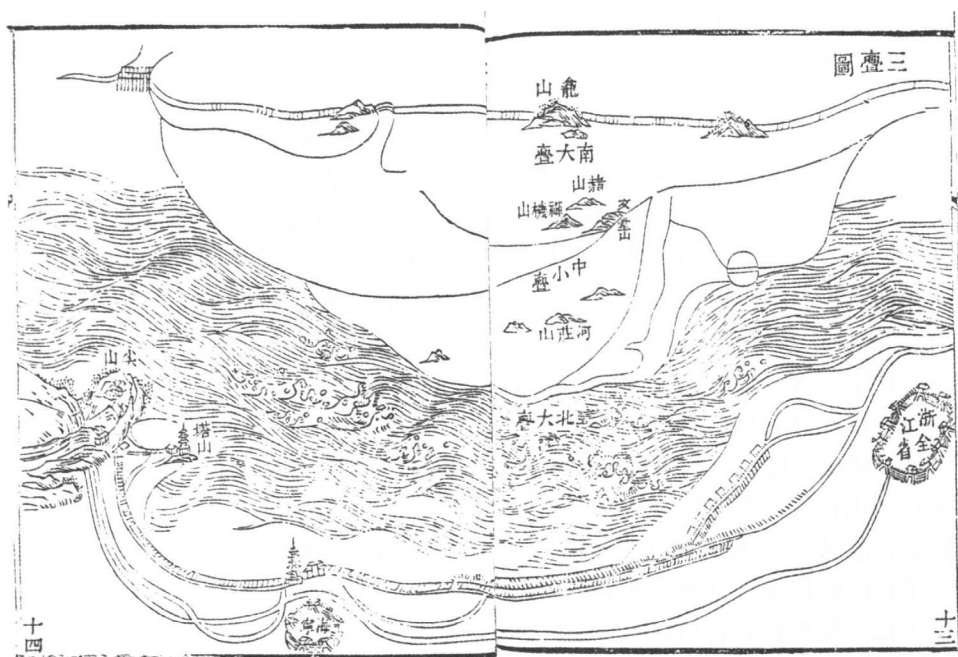


图 1-4 三门示意图 (引自 《海塘揽要卷I》)

江槽的平面变形，有受山水控制，也有受潮水控制，随季节及所处上、下游位置而异。表现形式有：剥蚀滩地，裁弯取直；拓宽主槽，汊流淤废；旁蚀滩岸，河弯位移等。其中以旁蚀滩岸的变形居多。在山洪下注或大潮汛时期，变化速度惊人，对岸、塘的威胁也最大。1953年春，江流、海潮冲蚀海宁老盐仓至翁家埠一带塘外滩地，曾有一昼夜间，滩岸竟被蚀退 245 米的记录，致使北岸海塘翁家埠退、迹字号塘身坍塌 43.3 米。滩岸的坍塌速度，世所罕见。



图 1-5 沙岸崩塌

海盐，平湖一带岸线的变化，则自 4 世纪以后，随着长江南沙嘴的发育、钱塘江河口喇叭状的形成，北岸受来自东南方向的涨潮流顶冲，侵蚀后退，南岸加积，这一态势到元末明初仍未改变。

由于流域来水含沙少，潮流挟带的泥沙多，海宁尖山以上江槽在纵向上随着造床水流的季节变化，在不同河段有不同的冲淤变化。余杭七格以上河段，梅汛期山水作用为主时，江槽冲深扩大；秋季大潮时，又迅速回淤。1954 年 5~6 月份，杭州闸口附近江槽由于山洪下泄，曾冲深到吴淞基面 -15 米高程，但到 12 月份，又回淤到 -2 米高程，冲淤变幅达 13 米。变化速度之快，幅度之大，亦远非一般河流可比。早在宋代，苏轼就称：“砂碛转移，

状如鬼神，往往于渊潭中涌出陵阜十数里；旦夕之间，又复失去。”^[14]余杭七格至海宁尖山河段，大洪水时也有冲刷，大潮季节则有冲有淤。海宁尖山以下，洪水作用已弱，主要由潮水控制。

江流、海潮动力与滩岸河床变化亦互为因果。清代康熙朝陈说已指出：“是潮之变迁，皆沙为之，而不知沙之变迁，实潮为之也。”^[15]当江槽出现心滩（中沙）时，涌潮一分为二，有南、北两股潮，并随着心滩和主槽、汉槽的发育、萎缩变化，两股潮头有时并进，有时有先后。从而有时北股先到，南股后到，两股潮头在江心相遇；有时南股先到，北股后到，两潮相遇，折而由西趋东。陈说曾在海宁念（二十）里亭（今十堡大缺口西），就看到南潮先行，至城东数里，忽又分一潮头，奔腾至北，竟反而趋东，而北潮头方自东来，至二十里亭，两潮相搏，势若奔雷，桩木漂流。”^[16]道光十四年（1834）六月初三日，刑部右侍郎赵盛奎、前东河河道总督严烺奉清廷命来浙查勘海塘，与浙江巡抚富呢扬阿站在海宁华岳庙（今七里庙与陈汶港间）塘上土戕顶察看潮势，“潮头东入海门，分为二股，一由东普漫而来，一由南岸折趋北岸，适会于华岳庙前，两潮互相撞击，高过塘顶四五丈，浪花掀泼，势如倾盆骤雨”，他们“猝不及防，衣履无不湿透，瞥见塘工条石随潮掣卸”。^[6]潮势之强弱，对海塘的修筑、巩固有很大影响；而潮势之强弱又与河床的变化密切相关。清道光朝大学士觉罗长龄曾云：“塘工之夷险，全视海潮为转移，海潮之击撞，又视沙水为迁徙。”^[16]当江流、海潮归槽，江道顺直时，江床刷深，低水位降低，潮差增大，涌潮及破坏力亦随之增强；反之，河床淤高，低水位抬高，潮差减小，涌潮及破坏力因之减弱，但洪水位亦由此抬高。由于江道变幻无常，导致杭州、海宁一带低水位变化幅度较大，据海宁盐官 1953~1974 年的低潮位记录，最低的低潮位为吴淞基面 -0.5 米，最高的低潮位为 5.27 米，变化幅度有 5.77 米。阴历十月至次年三月的弱潮季节，低潮位的变化幅度亦有 5.31 米。低潮位高时，河床必已淤高，潮势必弱，海塘易于稳固，但塘基不能深筑。一旦河床刷深，低潮位下降，潮势加大时，塘基暴露，易于倾毁，但此时便于将塘基深筑。因此，海塘之修筑与维护，尚需掌握河床冲淤与低潮位升降之规律，相机行事。

第二节 社 会 环 境

五六千年前，我们的祖先就在钱塘江河口两岸凭藉临江滨海的水土之利，开创了越文化；春秋战国时期，吴、越两国更在此兴修水利，积极开发水土资源。但当时的政治、经济地位远不及黄河流域。及至西晋永嘉（307~313）年间，中原乱起，大批人员为避战祸南迁，由于太湖平原和宁绍平原的水土资源丰富，遂定居于此，为平原开发添增劳力，耕地面积随之不断扩大，同时带来了相对先进的生产技术。经东晋、南朝 260 余年的开发、经营，不但农业有长足进步，还带动了冶铁、纺织、造纸、造船和交通运输以及商业的兴起、发展。再经隋代拓浚江南运河，更加快了太湖、宁绍平原的开发进程。及至唐代，虽定都长安，但“关中号称沃野，然其土地狭，所出不足以给京师、备水旱，故常转漕东南之粟。”^[17]韩愈因称：“当今赋出于天下，江南居十九。”^[18]可以说唐代的繁荣富强，在很大程度上仰赖于富饶的江南财赋。安史之乱以后，黄河流域农村经济已停滞不前，渐趋衰落，全国经济

重心逐步南移，太湖、宁绍平原得到更快的开发^[19]，故有“中原释耒，犂越而衣，漕吴而食”^[20]（意指中原犁闲田荒，衣食仰给于吴越）和“天下大计，仰于东南”之说^[21]。及至五代吴越、南宋，又先后成为割据政权和偏安皇室的京畿之地，“四方之民，云集二浙，百倍常时。”^[22]北宋范仲淹曾指出：“苏、常、湖、秀（嘉兴府），膏腴千里，国之仓庾也。”^[23]南宋卫泾也说：“承平之时（指宋室南迁前），京师漕粟多出东南，而江浙居其大半。中兴以来，浙西遂为畿甸，尤所仰给。”^[24]当时“苏湖熟，天下足”这一俗谚广为流传于民间，先后载于《吴郡志》等，说明太湖平原在宋代已确立为国家最重要余粮产区的地位^[25]。元灭宋后，基本保存了江南原有的经济基础，使农业生产继续缓缓发展，太湖、宁绍平原所在的江浙行省仍是朝廷获得岁入的主要地区。明代洪武中，浙江（主要是杭、嘉、湖、宁、绍五府）及苏、松、常三府每年的夏税秋粮总计有 730 余万石，占全国 2940 余万石的 1/4^[26]，是以明弘治（1488~1505）年间任文渊阁大学士的丘浚有言：“韩愈谓赋出天下，而江南居十九。以今观之，浙东、西又居江南十九，而苏、松、常、嘉、湖五府又居两浙十九也。”^[27]万历（1573~1620）时，许重熙也在《三吴水利便览·序》中称：“国家幅员万里，征税尽出三吴；文武千群，禄食咸资五郡。”清初，礼科给事中张维赤在题请修筑海盐海塘疏中亦称：“窃惟国家财赋，半取足於江浙，而江、浙二省，尤以杭、嘉、湖、苏、松、常、镇七郡为重。”^[28]清代为供皇室食用、王公官员俸米及八旗兵丁口粮所需，额定每年向鲁、豫、苏、浙、皖、赣、鄂、湘八省征漕粮 400 万石（漕运北京通州的正漕），其中，江、浙两省的苏、松、常、镇、杭、嘉、湖七府额定为 183.2 万石，占总数的 45.8%^[29]。我国资本主义的新经济形态也首先在太湖平原萌芽，并成为较发达的地区之一。于此可见，钱塘江河口地区在明、清时期的经济发展程度和在全国的重要地位。

钱塘江河口南、北两大平原经过历代的开发经营，到明、清时期已是沟渠纵横遍布，稻田阡陌成片，物产丰盛，人文荟萃。为使这两大平原不受洪、潮侵害，端赖钱塘江海塘为之卫护。处在上述自然环境和社会环境之下，海塘修筑之艰巨，巩固之重要，自不待言。诚如民国时期所纂《重修浙江通志稿》称：钱塘江海塘“关系綦钜”，“非寻常事关一隅，工属一时者所可比拟。”^[4]

注释

- [1] 嘉靖《萧山县志》卷 2、萧山县境之图。
- [2] 《海塘新案》第 1 册。
- [3] 《北游录·纪程》
- [4] 《重修浙江通志稿》第 96 册。
- [5] 《清史稿》卷 40、光绪《嘉善县志》卷 34。
- [6] 《左宗棠全集·奏稿》第 1 册。
- [7] 康熙《会稽县志》卷 8、乾隆《绍兴府志》卷 80。
- [8] 光绪《余姚县志》卷 7。
- [9] 陶存焕：《钱塘江三门变迁考辨》，文载《水利史研究会第二次会员代表大会学术讨论会论文集》，水利电力出版社，1990
- [10] 《两浙海塘通志》卷 20
- [11] 雍正《浙江通志》卷 64。

- [12] 故宫水利档案乾隆二十四年闰六月。
- [13] 《两浙海塘通志》卷 19。
- [14] 《苏东坡全集·奏议集》卷 9, 中国书店, 1991。
- [15] 《续海塘新志》卷 3 上。
- [16] 《东西两防海塘图及有关资料》第 6 册
- [17] 《新唐书》卷 53
- [18] 《韩昌黎全集》卷 19。
- [19] 李文治、江大新:《清代漕运》第一章, 中华书局, 1995
- [20] 吕温:《故太子少保赠尚书左仆射京兆韦府君神道碑》, 文载《全唐文》卷 630。
- [21] 《新唐书》卷 165
- [22] 《建炎以来系年要录》卷 158。
- [23] 《范文正公集》卷 9
- [24] 《后乐集》卷 13
- [25] 周生春:《论宋代浙西、江东水利田的异同及利弊》, 文载《文史》第四十三辑, 中华书局, 1992
- [26] 《日知录集释》卷 10。
- [27] 《大学衍义补》卷 24
- [28] 康熙《嘉兴府志》卷 8。
- [29] 李文治、江大新:《清代漕运》前言、第二章, 中华书局, 1995。

第二章 明代以前的海塘修建概况

钱塘江河口强劲、复杂的动力，变化无常的河势，使岸滩经常发生淤伸、坍退的变化。傍岸而筑、依托于岸滩的钱塘江海塘，亦随之忽险忽夷，时有崩塌溃决。

明代以前，对河口的滩岸沦毁，一直认为“无力可施”^[1]，如岸坍不已，则节节退守内塘，或另筑新塘以御咸潮泛滥。从五代梁开平（907~911）间开始，为固塘护岸，不断探索、改进塘型结构，直到元末，也仅有南岸部分地段在桩基上以长方形石料间层纵横叠砌为塘。滩岸依然变化不已，塘线难以稳固。

第一节 江槽海岸变迁

钱塘江海塘所处的河口段和河口湾——杭州湾，江槽海岸的变迁，情况各异。前者，江槽忽南忽北，迁徙无常，江岸进退不定；后者，自4世纪以后，潮流不断北蚀，北岸坍塌无已，南岸大片淤涨现分段概述于后。

一、河口段

自唐至元，河口段的江流、海潮虽一直经由赭山与龛山间的南大门下泄、上溯^[2]，而南大门上、下的江槽则不断在南、北间摆动。现存史料缺乏当时江道迁徙的具体记载，只能从塘岸坍退发生严重灾祸的记述中窥见其梗概。至于江槽小范围、短时间的摆动，为数甚多，诚如宋宝祐三年（1255）监察御史兼崇政殿说书李衢所称：“浙江东接海门，胥涛澎湃，稍越故道则冲啮堤岸，荡析民居，前后不知其几。”^[3]

南大门以上河段，唐代中叶至五代，江槽大幅度北摆，北岸发生严重坍退的，史载有三次，其中唐长庆四年（824），杭州西侧江岸受强潮冲蚀，发生岸崩塘坍。从刺史白居易的《祭江文》可以看出：当时田地成“沧海”，海溢人溺的情况十分严重，人力无法抗御，无奈之下，祭江禱神，以求江复故道^[4]。五代梁开平四年（910），江溜海潮又昼夜冲击杭州江岸，吴越王钱鏐在填土筑塘难以固守塘岸后，除亲禱胥山祠外，并命强弩五百射潮，据称“既而潮头遂趋西陵（今西兴）。”^[5]事实上决无以弩射潮能使潮头改向的，也不可能如宋苏轼所说：“三千强弩射潮低。”^[6]而是大溜自然改向南趋，北岸乃转危为安。宋代，江流改道北趋的大变迁有五次。其中大中祥符五年（1012），杭州附近江岸复受江流、海潮冲蚀而坍退，严重到逼近杭州州城。这一形势持续到九年，始水复故道^[7]。政和二年至六年（1112~1116）仁和岩门（今萧山区青龙山附近，当年在北岸）白石一带，又因“水势稍改”，“坏民田及盐亭、监地，东西三十余里，南北二十余里。”^[8]随后，绍兴初（1131），白石以下江岸又连年受江潮冲击，“百里生聚，荡为洪波，堤捍百端，随即沦毁，至癸丑岁（三年）方定。”^[9]嘉熙二年（1238）秋，临安府（今杭州）的民庐、僧舍在江流的“日陵月削”之下，

“坍四十里”，至四年方“水复其故”^[8]。江槽的南迁，曾导致萧山新林捍海塘于咸淳六年（1270）“尽圯于海”^[8]。

南大门以下海宁一段江道，唐代虽无江岸坍塌变化的直接记述，但从《新唐书·地理志》所称：开元元年（713）重筑盐官捍海塘堤 124 里^[9]，可见原有海塘业已坍毁，以致需要重筑。从《元和郡县图志》载：盐官县“海水，在县南七里”^[10]。以之与《宋史·河渠志》称：“盐官去海三十余里”和“大海原与县治（盐官城）相去四十余里”等对照，可见海宁一带（当时称盐官县）江岸在唐代亦有较大幅度的变化。宋、元时期，也有多次发生“海失故道的”的史料。大幅度侵蚀北岸的，宋代有三次，元代有四次。其中宋嘉定十一年至十七年（1218~1224）曾“致县南四十余里尽沦为海”^[11]，“盐场皆圯，蜀山沦入海中，聚落田畴失其半，坏四郡田。”^[11]县南附近，原有捍海古塘的东、西两段亦已沦毁，江岸侵入县两旁各三四里^[11]。元泰定元年致和元年（1324~1328）间，盐官一线江岸的崩坏范围，曾至“广三十余里，袤二十里，”^[12]坏堤堑，侵城郭^[13]，势不可遏。除以石囤木柜退守固塘外，别无他法，前后延续五年，直到水势自然南趋而止。

南岸曹娥江江口至夏盖山岸段，据现存史料载：元大德年（1297~1307）间起，塘岸时有坍溃，其中以至元六年（1340）啮入莲花池等处江岸 6 里许，横亘 2000 余丈为最严重^[14]。至正二十二年（1362）秋，夏盖山西至会稽延德乡一线塘岸，又遭江流海潮啮蚀而坍退，到二十三年始转危为安^[15]。

元末以前，河口段海塘就是在江槽不定期的往复摆动，固守无效的情况下，随岸滩的坍失而退守，淤涨而重筑，循环不已。

二、河口湾（杭州湾）

4 世纪时，河口湾北岸岸线尚在今柘林、王盘山至澉浦一线，王盘山是吴郡的一个重要港口，钱塘江的重要门户^[16]。东晋王朝曾在此屯兵守卫。宋绍定《澉水志》载：海盐一带“日传沿海有三十六条沙岸、九涂十八滩。”^[17]宋末鲁应龙《闲窗括异志》称：海盐旧有“捍海塘凡十八条，自县去海九十五里。”^[18]4 世纪以后，随着长江南岸沙嘴的发育东伸，河口湾喇叭形的形成，潮流动力条件发生改变，北岸受涨潮流顶冲，侵蚀作用急剧加强，今澉浦以东，海盐至平湖一带岸线开始往后退缩。此后，海盐县东南 50 里之贮水陂，唐开元五年（717）所置去县 15 里的望海镇，都先后坍沦入海^[19]。唐天宝十年（751）在县东所置宁海镇，也因波涛冲蚀，于宋淳化二年（991）移置近县 1 里，元代又陷于海^[20]。绍兴初，知县陈深于海上五里建望月亭，20 年后“亭基宛在水中”；^[20]但到宋末，亭基已不可复见。至元二十五年（1288），海盐县南距海仅两里，至元《嘉禾志》载：“海濒旧有镇海楼、海月亭、龙王庙，有冈十八条为海潮之限，因潮汐飘荡日久，今皆为鱼龙之宫，无复存矣，冈仅存一，在县学南五十步。”^[21]志中所称仅存的一条冈岸——海塘，即至元二十一年（1284）县尹顾泳重修的太平塘^[22]。复旦大学张修桂教授认为：“东晋以前，海岸在王盘山至澉浦一线上，海盐距海当有三十余里。因此，从东晋至唐初，杭州湾北岸之西南段当内塌近二十里。”^[16]据此，唐初至元代，海岸又内塌近十里。由此可知，自 4 世纪至 14 世纪中叶，河口湾澉浦以东海盐、平湖一线海岸一直持续坍退不止，海塘也就在不断崩沦入海过程中逐步退筑。

第二节 固塘护岸措施的发展

钱塘江海塘现存筑塘史料，以南朝宋刘道真《钱塘记》所述汉代华信筑钱唐防海大塘为最早。据载当时是以土为主的土石混合料筑成^[23]。此后到唐末，未曾有过以其他材料筑塘的记载。可见唐末以前的钱塘江海塘均为土塘或土石混合料塘。但在钱塘江河口，土塘难以防浪，一旦临溜，更不可能抗遏涌潮急流的冲刷和潮浪的袭击，或则塘身垮塌，或则塘基淘空，整体崩散。五代梁开平（907~910）年间，吴越王钱镠开始改进塘型，并创筑消浪护塘设施，揭开了探索提高钱塘江海塘抗御洪潮能力的序幕。到元末为止，其演变历程如下。

一、塘型结构

五代梁开平四年（910），江涛冲激吴越都城杭州的江岸，江挟海潮为患，钱镠聚夫屡筑土塘不成，改“以大竹破之为笼，长数十丈，中实巨石，取罗山大木长数丈植之，横为塘”^[24]，从而塘成。钱氏用竹笼集装块石，签订木桩固定并联为一气，使涌潮难以撼动，保护笼后塘土挡水，取得成效，是历史上改进钱塘江海塘型式结构和用石筑塘的开端。宋人所著《枫窗小牋》亦称：“浙江石塘^[25]，创于钱氏。”^[26]但当时是在潮头南趋，岸滩逐步稳定，“沙土渐积”的河势下，塘身得以屹峙不动。

宋大中祥符五年（1012），杭州又因潮激江岸，渐逼州城，居民震恐之下，初用钱氏旧法以竹笼石为塘，但易坏^[27]。在知州戚纶、两浙转运使陈尧佐的共同策划下，请汴京调遣濠寨埽匠来杭州，“藉梢楫以护其冲”^[28]，即用柴埽筑塘护岸，是钱塘江海塘创用柴塘之始。但也难以达到预期的效果。到九年，江槽南迁，岸稳塘成时，其间又改用过钱氏的“立木积石之制”，^[29]尔后又复用埽料，一再反复探索^[30]。

景祐（1034~1038）年间，两浙转运使张夏、杭州知州俞献卿改用石料叠筑杭州海塘。庆历四年（1044）修旧筑新时，沿用其型制。据丁宝臣《石堤记》记载：是利用天然地基，以石料叠砌为13级，上狭下宽，内培厚土的直立式石塘，高5仞，广4丈^[31]。这是钱塘江海塘建筑技术上的又一次关键性改进，是后来兴建各类直立式石塘的先导。

嘉熙三年（1239）在临安府（今杭州）抢筑海塘固岸时，“贴立石仓，夹植桩、笆、版、木”^[32]，即用木桩、竹笆、木板等组成框栏，中填块石，用以护土为塘，称为石仓（图2-1、图2-2）。^①

元泰定元年至致和元年（1324~1328），盐官（海宁）州海岸崩坍。抢护时，初议筑板塘，以水涌难施工^[33]，乃作“竹篷蓆（用竹编成的粗席），内实以石，鳞次垒叠以御潮势，”

① 两图均录自《文物》1985年第4期（总第347期，1985年4月）浙江省文物考古研究所：《五代钱氏捍海塘发掘简报》。该简报对杭州南星桥凤山铁路道口附近的江城路立体交叉桥施工时，发掘出钱塘江古海塘遗迹，绘制断面结构如图，认定是五代钱氏（镠）捍海塘遗迹。但笔者曾到现场察看，认为钱镠竹笼石塘的具体结构，据史料所载，仅云：“以大竹破之为笼，长数十丈，中实巨石，取罗山大木长数丈植之，横为塘。”^[24]而1985年发掘出海塘遗迹的主体结构是框式仓形，因此应是宋代的“石仓”型制。

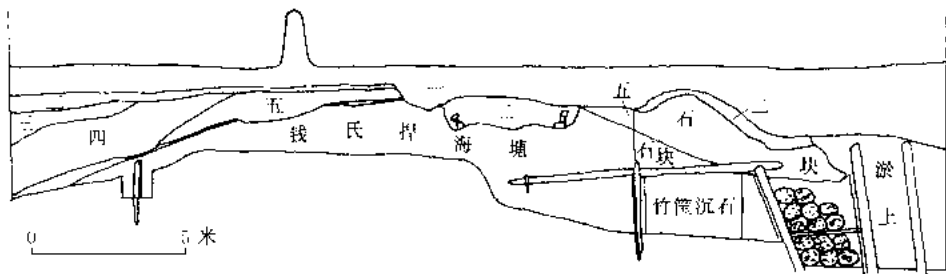


图 2-1 杭州南星桥凤山铁路道口古海塘探沟北壁剖面图

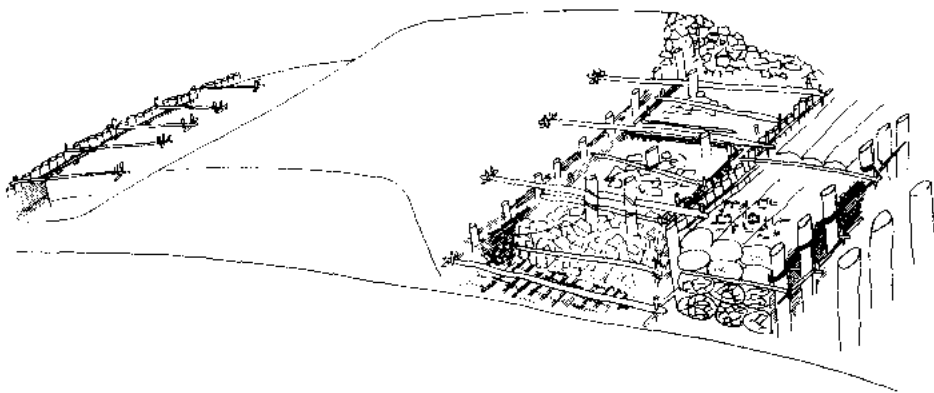


图 2-2 杭州南星桥凤山铁路道口古海塘结构示意图

旋即“沦陷入海。”^[31]终以石囤木柜护塘岸取得成效^[31]。

南岸在元大德（1297~1305）间，上虞前海塘遭风潮侵蚀，曾“植榦畚土”捍御^[15]。至正七年（1347）大潮溃堤后，王永改砌以石，“塘一丈用松木径一尺、长八尺者三十二，列为四行，参差排定，深植土内，然后以石长五尺、阔半之者四，平置木上，后以四石纵横错置于平石上者五重，犬牙相衔，使不动摇，外沙洼陷者叠至八重，其高逾丈，上复以侧石钤之，内则填以碎石，厚过一尺，拥土为塘附之。趾广二丈，上杀四之一，高视石塘复加三尺。”^[32]

五代吴越时期及宋、元两代，钱塘江海塘结构形式的改进、发展，由于修筑背景和条件的不同，实质上可分为时间紧迫、临时抢护性质和永久成塘性质两类。竹笼石塘、梢榦、石仓、竹篷簾、石囤木柜等都是在程度不同的危险形势下兴办的抢护工程。特点是材料采办面广，易于筹办；施工便于全线展开，成工快；块石集装成笼、成柜、成仓，整体体积大，抗御怒潮风浪能力增强。笼、柜、仓集装块石虽亦有消能护土作用，但不及梢榦（柴塘），且梢榦能适应各类地基。上述各类结构的耐久程度，竹笼最差，经夏季烈日曝晒，易发脆断折，使用寿命多则两年，少的仅半年、一年。柴塘经久程度虽也只二三年，需适时加镶、拆筑，一般两年以后，最多仅需拆修一半，或只加镶三分^[33]。木柜、石仓虽较耐久，但在时干时湿环境下，木料也易腐朽。这一类海塘结构，在大溜临塘不断搜刷岸塘基土之下，除石囤木柜可随岸势变化顺势下沉护基外，其余均需有能露干的滩地，方可钉桩固定，且需有护脚、护基措施配合，以防塘基遭搜刷。宋大中祥符五年至九年（1012~1016）间，一再反复改用装石竹笼和梢榦（柴塘）的原因似在于此。

前述宋景祐、庆历年间在杭州，元至正年间在上虞所筑石塘，从当时的修筑背景看，是属于永久成塘性的建筑。前者在史料中虽未说明石料种类，但从《宋史·俞献卿传》所称：“大发卒凿西山石，作堤数十里”和前引丁宝臣《石堤记》关于叠砌石料的记述分析，应是一种干砌块石的直立式塘，以天然岸滩为塘基。这一结构形式的海塘，一旦临溜，既不能保护塘基免受淘刷，也无法抗御强潮扑击，塘身整体亦难稳定。后者系在桩基上用长方形石料隔层纵横错置的叠砌塘，石料采集、工程施工均较前者费时，而塘身结构已较前者有改进，为明代在海塘成功地创筑五纵五横鱼鳞石塘作了关键性的启示。

二、护塘及纵深防御设施

五代吴越王钱镠在杭州创筑竹笼石塘的同时，又在塘前“以木立于水际，去岸二九尺，立九木，作六重，象《易》既、未济卦”^[24]。《易》的“既济”“未济”两卦卦形如图 2-3。据此，一种理解为：长划代表三根柱木，短划代表一根柱木，即在塘前 2 丈 9 尺范围内，用木桩分行相间钉立 6 根、3 根，树立于滩面上，因之混

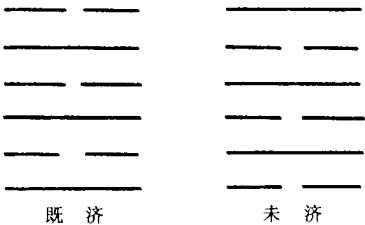


图 2-3 既济未济卦形图

柱的排钉形式如图 2-4 (a) 另一种理解为长、短划各代表一根柱木，成梅花桩形，每行各参差钉立三根，其排列布置如图 2-4 (b)。以此削减潮浪对塘身的冲击力量，称为混柱。据称：“由是潮不能攻，沙土渐积，塘岸益固。”^[24]以“混柱”减弱潮势，不能说毫无作用，但当时、当地的“沙土渐积”，是江流改道，潮头南趋所致。且在粉沙土沉积的滩地，当大溜临塘时，塘前滩地迅速坍卸，混柱无法钉立，已钉的也会随滩坍失。即使滩地稳定，混桩在时干时湿环境下，亦易朽烂，难以经久。清代已认识到：“混柱之制，植木于水，潮激易朽，故后世不复用之。”^[24]然而能在当时历史条件下，设法在塘前树立木柱，以期削减怒潮、狂浪的势能，不论其效果大小，还是一项很有启发意义的措施。

海塘受大溜顶冲的地段，宋庆历四年（1044）提出塘线要“圆折其岸势”，并在塘脚布设装石竹篓，“以分杀水怒”^[3]元祐六年（1091），南岸萧山西兴已建有石矶。说明宋代已认识到挑溜的效果，并多方探索挑溜的工程措施。

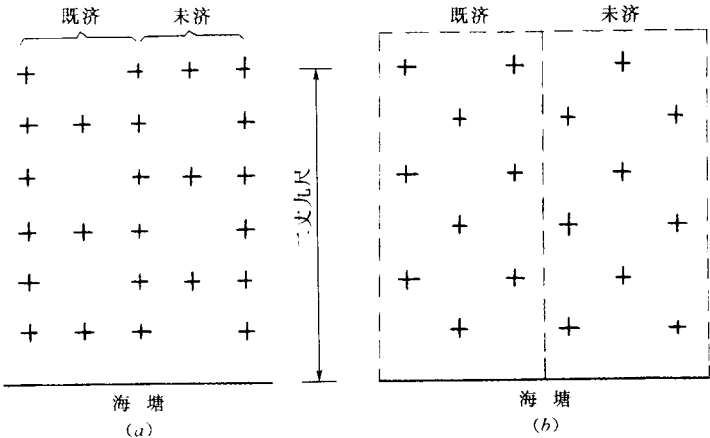


图 2-4 混柱的布置

纵深防御方面，已有史料记载，宋代已经开始修筑备塘，以避免一线海塘溃决后造成大范围的灾害，但还没有到达明、清时期配套成龙的程度。

注释

- [1] 《宋史》卷 97。
- [2] 陶存焕，《钱塘江三门变迁考辨》，文载《水利史研究会第二次会员代表大会暨学术讨论会论文集》，水利电力出版社，1990。
- [3] 《咸淳临安志》卷 31。
- [4] 《吴越备史》卷 1。
- [5] 《苏东坡全集·前集》卷 6，中国书店，1991。
- [6] 《宋史》卷 96。
- [7] 《淳祐临安志》卷 10。
- [8] 嘉靖《萧山县志》卷 2。
- [9] 《新唐书》卷 41。
- [10] 《元和郡县图志》卷 25。
- [11] 《宋史》卷 61。
- [12] 《元史》卷 50。
- [13] 《元史》卷 29。
- [14] 《重刻五乡水利本末》卷上、光绪《上虞县志》卷 25。
- [15] 《重刻五乡水利本末》卷上。
- [16] 张修桂，《金山卫及其附近一带海岸线的变迁》，文载《历史地理》第 3 辑，上海人民出版社，1983。
- [17] 《澈水志》卷上。
- [18] 《闲窗括异志》，《盐邑志林》第 14 帙，第 11 册。
- [19] 天后《海盐县图经》卷 3、卷 8。
- [20] 天后《海盐县图经》卷 3。
- [21] 至元《嘉禾志》卷 4。
- [22] 天后《海盐县图经》卷 8。
- [23] 《水经注》卷 40。
- [24] 《吴越备史·杂考》。
- [25] 指钱塘江海塘，非泛指浙江境内的堤塘。盖唐万岁登封元年（696）富阳县令已用石筑富阳江塘春江堤。
- [26] 《枫窗小牍》卷上。
- [27] 《宋史》卷 97、《咸淳临安志》卷 89。
- [28] 《宋史》卷 97、《淳祐临安志》卷 10。
- [29] 《咸淳临安志》卷 31、卷 89。
- [30] 《咸淳临安志》卷 89。
- [31] 《元史》卷 65。
- [32] 光绪《上虞县志》卷 25。
- [33] 《续海塘新志》卷 3 下。
- [34] 《海塘新志》卷 4。

第三章 明清时期的河势和防守方略

钱塘江河口的河势，通过宋、元时期持续不断的渐变和往复摆动，河口湾、河口段先后在明、清两代发生关键性的变化。海塘结构、防守方略等方面，在认识提高、经验积累的基础上，有创造性地发展、改进，同时还作了一系列治理江道的尝试，从而奠定了较为完善的海塘结构和防御体系，将规模宏伟的海塘留存至今。

第一节 江槽岸滩变化

明初，河口的江槽变化，仍承宋、元时期的态势。嗣后，河口湾潮流北蚀趋势转缓，并在筑塘固守之下，塘岸渐趋稳定。河口段江槽在多次南北往复摆动后，明末发生突变，主槽从南大门改迁到中小门，清康熙朝（1662~1722）中叶后，水势继续北趋，进而移到北大门，摆幅达 20 千米。

一、河口湾（杭州湾）

明初，河口湾北岸海盐、平湖一线仍在潮流侵蚀下坍塌不止，海盐的故邑城即于洪武十四年至建文四年（1381~1402）间坍沦入海^[1]。嘉靖（1522~1566）后，随北岸沙嘴东伸，拦入河口湾的涨潮流势力增强，导致北岸侵蚀后退。大、小金山离岸，孤悬海中后，坍势渐缓，重筑金山海塘，岸线得以稳定。金山以西，更因乍浦诸山和秦驻等山的阻溜、挑溜作用，再加筑塘固守，塘岸也逐步稳定。当时的海岸，据明天启二年（1622）所纂《海盐县图经》称“镌蚀一线之岸以及城根仅半里许”^[2]，保持至今不变。

二、河口段

明末之前，南大门仍是江流、海潮出入的通道。南大门以上的江槽，在洪武至永乐（1368~1424）年间，先后发生大幅度北摆六次。其中永乐元年（1403）曾溺民居及田 47 顷^[3]；据乾隆四十年《杭州府志》卷 5 称：永乐十一年（1413）夏，海潮冲陷仁和十九、二十两都，汤村沦没入江。永乐以后，史料无考。南大门以下海宁河段，自明初至明末，主槽亦有十次大幅度北摆，其中特别严重的有四次。有曾坍失田地 1900 余顷，历经 13 年，江槽始复故道；有滩岸坍塌逼近海宁县城，岸、城相距不及半里者^[4]。崇祯元年（1628）七月二十三日，河口两岸发生风暴潮灾，陈祖训在三年所撰《重修海塘记》称：“邑（指海宁）西南龛、赭夹峙，南阙仅三里，北阙十有八里，潮从东方来，北阙直上，折入钱塘江。近年沙涨，以千顷之涛，束而内（纳）之三里之口，扼咽不达，转而喷薄。”^[5]说明当时南大门下游出现中沙，江槽分为南、北两汉，北汉成为潮流上溯的主槽，为江槽由南大门改迁到中