海失故道：清至民国海宁海塘修建中的环境与技术

申志锋[1]

【摘 要】：清至民国时期的海宁海塘修建与“海失故道”有很大关系，当钱塘江主溜在“北大亹”之时，海宁海塘的修建压力随之变大；反之变小。该区域海塘修建大致经过了两个阶段，前期主要由气候环境决定；后期主要是受“鱼鳞石塘”与“混凝土塘”两种筑塘技术主导，过程中也存在着士绅与国家，士绅与留洋知识分子之间的角逐。同时，海宁海塘修建过程，也伴随着海宁区块政区地位在“县—州”之间发生着转变，每当海宁区块潮灾减弱之时，政区地位上升；潮灾增强之时，政区地位便有所下降。海宁作为海潮首冲之地，其处境的好坏直接影响着杭、嘉、湖、苏、松、常六府的生产安全，而后者恰是国家所看重的。

【关键词】：海宁 海塘 环境史 技术史

一、问题的提出

“海宁”名字的由来与“海宁城”所受潮灾之窘境，从清初顺治《海宁县志略》中可见一斑：

海塘外有沙场二十余里，沙场内有陆地、草荡、桑柘园一百六十七顷有奇，俗名枣林河者是也。一坏于宋嘉定中，潮汐冲平野二十余里，史谓“海失故道”。再坏于元延祐己未、庚申间，海汛失度，陷地三十余里，史谓四年海水大溢，复侵盐官地十九里；迨乎天历，水势方息，此“海宁”之所由名也。三坏于永乐九年，海决没赭山巡司，漂庐舍，坏城垣、长安等坝，沦于海者千五百余丈，赭山岩门故道皆淤塞，民流移者六千七百余户，田沦没者一千九百余顷；十三年，其患始息。四坏于成化十三年，冲圮堤塘，通荡城邑，转眄曳趾顷，一决数仞，祠庙、庐舍、器物，沦陷略尽，郛不及者半里。[(1)]

可见海宁处于反复的潮灾之中。“天历”即元天历二年（1329），该年海宁区块“以海患宁息，始改盐官州为海宁州”[(1)]，但在明洪武初，又被“降为县（海宁县）”[(2)]。另据元代碑刻《捕盗司记》：“元贞初，例以户五万以上升为州（海宁州），后天历元年（1328）潮为害，改今名（海宁县）”[(3)]。所以潮灾与海宁区块政区地位的变化是息息相关的。其实，在南朝陈武帝永定二年（558）时，“海宁”名称就已出现，时“割吴郡盐官、海盐、前京三县置海宁郡，属扬州”[(4)]，只是后来该地政区设置又频繁更为它名，“海失故道”的存在对海宁的影响可谓久远反复。而所谓“海失故道”，其实就是钱塘江主溜在“三亹”[(5)]之间的不断移动，即钱塘江主溜于不同时期流经不同的“亹”，而后注入海洋。

钱塘江两岸“潮随沙转，冲突靡常。南北两岸之利害，往往随潮为迁移。南岸尚有萧、会诸山，联络捍卫，及受潮冲刷，其利害尤小；北岸则一带平衍，均属田庐，全恃一线危塘，与潮争胜。稍有疏失，害即不可胜言”[(6)]。同时，海宁地区“海水一决，注彼如建瓴然。故嘉、湖、苏、松之民，其不胥为鱼鳖者几希矣，然则障海宁者，所以障列郡塘之修废，其关于东南利害，甚切也”[(7)]。更需看到的是，由于“海宁于吴为陲，于越为首。地形最高，故境内麻泾、洛塘、长水塘，诸水齐从北流，一从东北由淞泖趋沪渎江入海，一从正北过吴江趋白茅港入江，俗因指吴江塔巅与长安坝址相并，则知海宁之地高于他郡邑”[(8)]。因此，海宁“南高北低”的地势也加重着海宁区块的防潮压力，海宁海塘的修建与稳固与否，也决定着江北杭、嘉、湖、苏、松、常

[1]**基金项目**:浙江大学 2018 年争创优秀博士学位论文项目(批准号 201821B),杭州市哲学社科规划 2015 年专项课题“环境史视野:清至民国钱塘江古海塘与区域经济社会变迁探究”(批准号 2015QTHT03)。

等府生产生活的安全与否。由于“北亹”离海宁最近，所以当钱塘江主溜在“三亹”之“北亹”时，海宁区块受到的威胁应是最大的。

海宁区块一方面长期被潮水所侵害，在清之前经历了从“盐官州”到“海宁州”再到“海宁县”的政区地位变化；一方面由于其自身的地理位置，还要在区域经济发展中承担重任。故本文探讨“海失故道”与清至民国时期海宁海塘修筑之间的关系，以期理顺海宁海塘变迁中的自然环境与人类技术之间的互动问题，并观察清代海宁区块的政区地位情况。诚然，关于海塘修建的研究已经颇丰[9]，但将该区域海塘的修建与整体气候，或者局域环境结合起来，从环境史的角度讨论海宁海塘环境与技术变化的，目前尚且不足，特别是将研究时间涉及到变革巨大的民国时期，更是稀少。乔尔·塔尔（JoelA.Tarr）是注重“技术”与“环境”关系的城市环境史的开拓者，他认为“如果不关注技术，就很难书写出环境史。相反，在不涉及一些环境因素的情况下书写技术史也是很困难的一件事”[10]。海塘作为人和自然互动的产物，不断受到自然环境和人类技术的影响，自然气候的变迁不断刺激着人类技术的变化，而技术恰也是“人类和自然互动的关键点”[11]，是人类适应并改造自然非常重要的手段。故兹试从环境与技术两方面展开论述。

二、冰期与潮汐：顺、康、雍朝海宁海塘的被动局面

竺可桢先生据明以来出现的大量记载反映气候变化资料的方志，将公元 1400-1900 年称为“方志时期”，并提出该时段“温暖冬季是在 1550-1600 和 1720-1830 年间。寒冷冬季是在 1470-1520,1620-1720 和 1830-1890 年间。以世纪来分，则以十七世纪为最冷，共有十四个严寒冬天，十九世纪次之，共有十个严寒冬天”[1]。据此与图 1，可看出共有四个时间段大致处于清至民国时期，即 1620-1720,1720-1830,1830-1890,1890-1949 年间，冷暖变化则为：冷—暖—冷—暖。其实，“在 15 世纪至 17 世纪的二百余年内，全球强震发生频繁，其他自然灾害也很集中，如瘟疫流行、低温冻害严重，被称为小冰期时期”[2]。而且查尔斯·季林（CharlesD.Keeling）和蒂莫西·沃夫（TimothyP.Whorf）还提出，“强潮汐把海洋深处的冷水带到海面，使全球气候变冷，形成的全球气候波动周期大约为 1800a。在 15 世纪小冰期时期，潮汐强度为最大值”[3]，意即寒冷期阶段，潮汐强度更大。

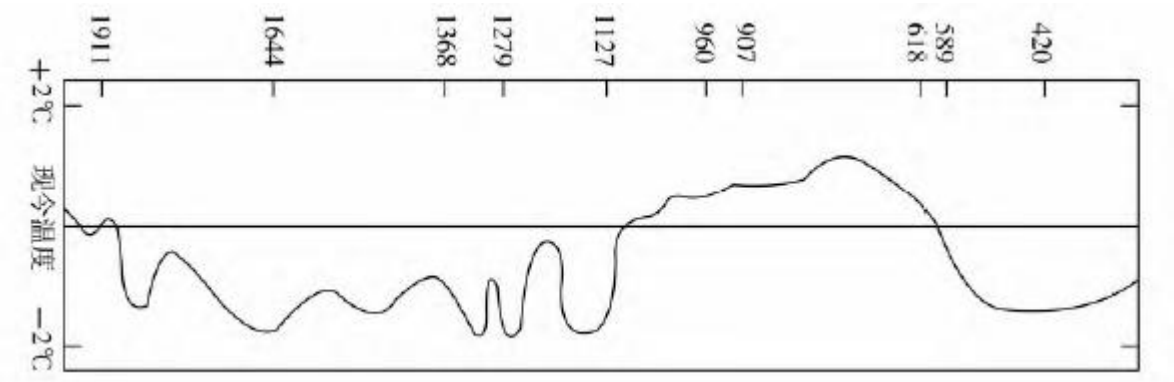

图 1 一千七百年来中国温度波动趋势图

注：上图采自竺可桢：《中国近五千年来气候变迁的初步研究》，《考古学报》1972 年第 1 期，第 37 页。

但另据浙江海域风暴潮的影响研究表明，“平均气温变化与风暴潮强度（沿海登陆台风个数、平均海平面高度、较大风暴增水出现频率、超警戒风暴潮频率和年极值高潮位）具有明显的正相关”[4]，意即平均气温越低，年度风暴潮的次数就越少。如此，可以得知寒冷期内，年度风暴潮总数较少，而单次潮汐强度则较大。在此基础上，应进一步思考寒冷期的顺、康、雍时代，海宁海塘的修建与气候环境之间究竟又存在着怎样的关联。表 1 是从清代《海塘录》中统计出来的从康熙到雍正时期影响较大

的风灾与潮灾，从康熙三年（1663）开始至雍正十三年（1735）结束，可明显看出虽该阶段大潮灾绝对次数较少，却有着强大的破坏力；且从时间分布上看，这些潮灾主要发生在八月左右，恰为潮汐力量最大的时候。

海宁海塘的最南端并不是直接靠海而建，海宁县最南之捍海塘与海之间的空地为沙场，并被建成了枣园，这从引言所引文献可以看出。该枣园自宋代以来，经过了四次[5]大的被海潮破坏。第四次被破坏之后，明政府“分巡佥事钱山分命官属，采石临平、安吉诸山，用汉楗絙法不就，乃断木为大柜，编竹为长络，引而下之，泛滥稍定，作副堤十里，卫灌河，以防泄卤之害，适沙涂壅障，其外增高倍厚，而海复故道矣。其后如嘉靖戊子、万历乙亥年、崇祯戊辰，海或溢或决塘随圮，虽劳费，不至如永乐之甚”[6]，具体如《海塘录》中关于明代修护海塘情况的记载：明代洪武十一年（1378）、二十五年（1392）共 2 次，永乐元年（1403）、五年（1407）、六年（1408）、九年（1411）、十一年（1413）、十六年（1418）、十八年（1420）共 7 次，宣德五年（1430)1 次，成化七年（1471）、十年（1474）、十二年（1476）、十三年（1477）共 4 次，嘉靖十二年（1533)1 次，隆庆六年（1572)1 次，万历五年（1577）、三十三年（1605）共 2 次，崇祯三年（1630)1 次。[1]但这些海塘修护并没有从根本上解决海宁受灾威胁，清初的大潮很容易就至城门之下，出现如顺治十二年（1655）四月“翔潮溢沙，崩逼城下”[2]之境况，清初海潮对海宁城的威胁可以说是十分严峻的。

表 1 清代钱塘江海塘损害及修补情况

朝别	年份	公元年	灾害	地区	海塘损害情况（单位:丈）		修建海塘情况（单位:丈）	
康熙	三年八月三日	1664	大风海啸	海宁	2380 余	7.9km	5000 余	16.7km
	五十四年春夏之交	1714	风潮	海宁	-	-	3397	11.3km
	五十五年七月	1715	连雨	钱塘	-	-	681	2.3km
雍正	六年正月一三月	1728	春汛、大汛连朝	海宁	680 余	2.3km	-	-
	六年八月	1728	秋潮	海宁、钱塘	-	-	-	-
	七年八九月	1729	秋潮	海宁	-	-	1900 余	6.3km
	十年三一七月	1732	春、夏二汛	海宁	1274	4.2km	-	-
	十三年六月二日	1735	飓风	仁和、海宁	9731	32.4km	-	-
	雍正十三年十一月	1735	增筑鱼鳞石塘	海宁	-	-	500	1.7km

注：上表据翟均廉编纂:《海塘录》卷四《建筑二》（第 93-101 页）统计而成。

从康熙三年（1664）开始，康雍年间的潮灾，给海塘带来了巨大破坏，动辄几千丈。同时，对比表 1 中康雍两个时期，可看出雍正时期的海塘损害与修补情况要比康熙时期密集的多。《海塘节略总序》载，“康熙三十六年（1697）以前，水出中小亹，杭绍相安无事”[3]。但康熙四十二年（1703），“水势北趋，宁城迤南之桑田，渐成沧海”；康熙五十四年（1715），“潮汐直逼塘根，宁邑南门之外，最为受险”[4]；康熙五十九年（1720），“赭山以北，河庄山以南，乃江海故道。近因淤塞，以致潮水尽归北岸。土石塘工终难稳固，应请雇民上紧挑浚”[5]。结合表 1，康熙朝五十三年间相较雍正朝八年间而言，后者受到大潮灾的次数更为密集，钱塘江主溜在康熙朝的 1703 年移至“北大亹”为清代第一次“海失故道”的情况。因此，从康熙五十年（1711）开始，清政府更为重视修建石塘，并改筑草塘（柴塘）为石塘，如康熙六十一年（1722）春二月开始，共筑石塘“五百丈”，“草塘一千五十五丈”[6]。不过，石塘与草塘的共存，也说明江水岸边因“土浮不能钉桩、砌石处，请改筑草塘”[7]的自然环境而始终影响着海塘的稳固性。

在雍正朝期间，虽然较大的海塘损坏情况逐渐有所缓解，主要在继续修建、改建海塘。但雍正十年（1732）十二月，总督程元章奏称：“宁邑东西两塘潮势危险，有倍往昔。石塘办石艰难，土塘苦无旷土，草塘止堪堵御一时”[1]，海塘修建中出现的资源短缺的问题，亦说明海塘损坏情况依旧不容乐观。此外，雍正十一年（1733）出现了“浙省塘工人员不敷调派，请将本地废员及绅矜子弟愿效力者，酌量派委”[2]的情况，清政府也希冀通过各种力量的调配来进行海宁海塘的修建。

其实，海塘的修建虽然事关国计民生，但“钱塘江整治工程，向无专管机关，设遇水患，由疆吏请命于朝，责成地方守令办理。元泰定中，塘工差倩，徵及附近州县，致和间兴筑，役及僧道；明永乐十年（1412）筑海岸，仁和县役军民十万，诸郡骚动，嘉靖间始置常备塘夫，未久渐废。及至清雍正八年（1730），乃设置武员塘兵，归杭嘉湖海防同知管辖，分泛防守”[3]，这也说明国家层面在海塘管理方面的制度缺失，海塘损坏得不到及时的维护、上报，也影响了海塘的抗灾能力。但不管怎样，至雍正朝，海塘的修建是一种国家工程，该时期地方力量则较少介入。

可以说，海宁海塘至雍正朝已经危及四伏，终在雍正十三年（1735）的一次大潮灾暴露了其巨大缺陷。该年“六月初二日夜，飓风大作，仁和、海宁二县共坍草塘三千九百五十一丈，东西石塘五千六百五十六丈零”[4]，成为有清以来塘损最严重的一次，面对“杭、嘉各府，所恃以御水患者，惟一线残塘”[5]，因此清政府也十分重视，准备大力修建鱼鳞石塘。对于海宁县来讲，更为特殊，该县“南门外塘工五百余丈，贴近城垣，当首险之地，工程残缺，难资保障，宜及时建筑。令于贴近旧塘，须先筑鱼鳞石塘五百余丈，遴委干员，分段承办，预为指示，庶可保固城池也”[6]。遇到大潮灾之时，海宁每次首当其冲，压力更是巨大。

综上，有清以来的 1644 年至 1735 年最大的一次损坏海塘情况的出现，该阶段基本处于 1620-1720 年寒冷期内，尽管大潮灾绝对数量相对较少，却有着较强的破坏力。这种破坏力还来自于该阶段的造塘技术比较落后，再加上杭州湾天然喇叭口的地理环境特征，使得海塘损坏严重。该阶段内，环境起着决定作用，而人类的作用显得非常弱势，海宁海塘处在一种受环境主导的“被动局面”。恰如唐纳德·休斯（Donald Hughes）所言“人类是自然的一部分，他们依赖于生态系统，并且不能完全操纵自己的命运”[7]，可以说顺康雍时期的海塘修建正处在“环境严峻，技术滞后”期内，受此影响下的海宁区块亦是县级政区。

三、鱼鳞与坦水：乾隆至清季海宁海塘的技术变革

“当人类试图从自然界中获取能量以维持生存并进行再生产时，技术是人类赖以与环境互动和改变环境的工具”[8]，而为了抵御自然灾害以维护自身安全，技术亦发挥着举足轻重的作用。乾隆朝伊始，首先是对 1735 年的潮灾进行整治，并且整个乾隆时期始终在寻求“一劳永逸之计”[9]。下列乾嘉两帝时期时人对钱塘江口潮况的概念，分别为方观承在《两浙海塘通志》的记载与杨鐆在《海塘揽要》中的记载，阐释了他们对杭州府钱塘江潮水的总体认识。

杭郡之海，非大洋海之支流也。仁和以西称江，仁和以东至海宁称海，江面开阔，不过十余里。即海宁海面亦不过数十里，但亮潮所自起潮来之时，遏江流使不得下，以致上激塘身，下搜塘底，而泛滥冲激，其危险较滨临大洋者加甚焉。省城多山，迤东四十里为仁邑之翁家埠，向以水流沙活，止筑草塘抵御。自翁家埠起五十里，至宁城；又五十里，至尖山，旧皆垒土镶石，一线危堤，绵亘一万数千余丈。受朝夕两潮冲掣，此唐宋以来，修葺频仍，所不免也。[1]

杭郡枕江负海，龛、赭二山夹峙江海之交，潮水由广衍入溢口，亘数十里间，奔腾冲击，万马骤驰。综两浙大势论之，宁、绍、温、台，及海盐、平湖，在在有堤堰，而其最要隘处则在钱塘、仁和、海宁之地。钱塘逼江，仁和濒海，海宁与海密迩，往往飓风陡作，洪涛迅激，电掣霆砰，冲堤为害。三境修防稍后，将杭、嘉、湖、绍、苏、松、常七郡田庐，几成巨浸。惟密审潮汐之性，勤施捍御之能者，乃溥半壁利赖于无穷也。[2]

海宁在维护江南多府之安危方面的地位至关重要，而海宁两岸受潮灾影响的大小与钱塘江“主溜”在“三亹”之间的南北移动的关系为：南移则海宁受影响变小，反之受影响较大。所以时人也希望通过人力改变钱塘江的主溜变化，雍正十三年（1735）

十二月，据大学士嵇曾筠雍上奏，“宁邑塘工之患，虽在北岸，而致患实由南岸。长有沙滩绵亘百余里，又有沙嘴挑溜，遂至江海水势全向北趋。请用借水攻沙之法，在南岸沙洲用铁器具梳挖陡岸，俾沙岸根脚空虚，乘冬季西北风多，海潮往来，使之为冲刷，随势坍卸”[3]，并着手实施“南岸攻沙法”，利用“环境本身”来因势利导，是该时期对海宁潮灾治理问题的一次尝试，更反映出人类对环境的反作用改造。

不过，这在雍正十一年（1733）时人已有所认识，即钱塘江主溜“水道由中小亹出入，则两岸无虞。但中小亹地面逼窄，且山根余气似若绵联，潮过沙淤，偶通旋塞，所以不徙于南，即徙于北。然徙南则南岸尚有龛常等山捍卫，徙北则仅有一线塘堤，最易溃溢。今南大亹已淤为平陆，数十年前尚有中小亹出入，嗣后逐渐徙北。北大亹之桑田庐舍已成沧海。若欲遏抑江海之狂澜，使其仍归中道，恐非人力所能为者。”[4]而嵇曾筠也知道，钱塘江两岸“此坍彼涨，江海之情形无定，惟有将海宁新旧塘工次第修筑，一律高坚，借资捍御，并于沿江沿海严饬各员加谨修防，疏通港汊，分泄水势”[5]，在海宁修筑海塘才是防潮灾之必要手段。但他同时主张辅以在“海宁对面南岸沙洲，竭力挑切，因势利导”[6]，诚然他懂得只有“北大亹”潮势较弱之时才是修筑石塘的最佳时机，说明他也在利用“南岸攻沙法”引导钱塘江主溜南移，进而为海宁修筑石塘争取时间。

至乾隆四年（1738），钱塘江“水势日南（海宁沿岸），涨沙绵亘数十里，刮卤煎盐，已成原野”[7]，故该时期停止修建海宁草塘，且“塘根之外，皆成平陆，则无溜可挑，草盘头已属无用。而每年于旱地上镶填柴草，殊属无谓”[8]。至“十二年（1746）十一月朔后，江流直趋大溜（中小亹），南北两岸水远沙长，塘堤巩固，实可庆幸”[9]，终在“乾隆十二年（1747）十一月以后，中小亹冲开引河大溜，经由故道，其附近村庄民田猝被冲坍”[10]。之后的多年则是“海溜直趋中亹，飓风不作”[11]，使得海宁海塘得以安全数年。但乾隆二十四年（1759）夏四月，由于“中小亹之下，因雷、蜀二山涨沙连接水势，仍致北趋。海宁为全塘紧要之区，抢修防护，在在需人”[12]。可见，“南岸攻沙法”面对钱塘江主溜所经“亹”之变化时，亦是权宜之计。

而究其根本如下，钱塘江未流经大平原、黄土或传统农耕地区，故其河流中上游来沙量相对较少，因而也未形成河口三角洲。但由于其特殊的地理环境，处“在流域来沙量不大，而滨海地带有丰富物质来源的漏斗状的河口，其拦门沙的滩顶位置在口门之内”[1]。故对钱塘江来讲，漏斗状的河口随着潮汐的运动而使得长江入海口的泥沙涌入钱塘江口，促使钱塘江口区域“拦门沙”的形成，也使得钱塘江水位抬高，潮汐力量增强，再加上绍兴北部的淤积、凸起过程，就出现了《两浙海塘通志》中的记载，“海宁之险要，实缘上游绍兴地方皆有宽阔沙滩，是以海潮奔注海宁地方，遂成顶冲”[2]，这也使得海宁地区的凹岸地形因受到潮汐更大的冲击力而逐渐变得更加突出，而凸岸区域（绍兴地区）的淤积情况则逐渐加剧，进而加速着“中小亹”的淤积，最终使得钱塘江主溜北移。

“南岸攻沙法”是人类在解决环境问题时，努力与自然互动的产物，的确是一种权宜之计。不过，“南岸攻沙法”带来的短期钱塘江主溜流经“中小亹”，给“北大亹”带来的相对稳定潮势环境，却给乾隆年间海宁区块鱼鳞石塘的大规模修建提供了最佳时机。

表 2 乾隆以来钱塘江海宁海塘修补情况

年份	公元年	主要工程	修建海塘、坦水情况（单位:丈）		阶段
元年	1736	建筑鱼鳞石塘	505	1.7km	石塘
五年	1740	修旧塘为鱼鳞石塘	69 余	0.23km	为主
八年	1743	鱼鳞石塘建成	6097 余	20.3km	阶段
二十四年	1759	增筑层石坦水	-	-	
二十六年	1761	修建鱼鳞石塘、坦水	84	0.3km	
二十六年	1761	修马牧港塘工坦水	151 余	0.5km	
二十六年	1761	筑秧田庙坦水	420	1.4km	

二十七年	1762	修建坦水	1660 余	5.5km	
二十七年	1762	四里桥鱼鳞石塘、华岳庙盘头坦水	208	0.7km	坦水
二十八年	1763	念里亭坦水	16	0.05km	为主
二十八年	1763	鱼鳞石塘	154	0.5km	阶段
二十九年	1764	坦水七段	432	1.4km	
三十年	1765	多处	515	1.7km	
三十三年	1768	曹殿东首塘	44	0.1km	
三十七年	1772	多处	385	1.9km	
四十八年	1783	改建石塘	241	0.8km	
五十五年	1790	修筑念里亭汛诸字号坦水	49	0.2km	

注：上表据翟均廉编纂：《海塘录》卷五《建筑三》、卷六《建筑四》（第 102-118 页）与民国《海宁州志稿》卷五《建置志六·塘工》（第 638-666 页）统计而成。

雍正末年（1735）出现的较大海塘损毁情况，清政府对海宁海塘的重要性愈加重视，使得乾隆时期开始不断寻找更为牢固的海潮防御技术，而关键性的改变便是鱼鳞大石塘的在海宁的修筑。其实，鱼鳞石塘继承明代的修建技术，实施较大规模的工程地点是在海宁，但之前鱼鳞大石塘的小规模探索实际上从康熙五十九年（1720）就已开始，该年“巡抚朱轼建海宁老盐仓鱼鳞大石塘五百丈”[(1)]。至乾隆元年（1736）秋八月，第一次开始议论海宁应该大规模修建鱼鳞石塘的议程。本年“海宁东西两塘，水势条顺，所议鱼鳞大石塘应即于旧塘基址……仁、宁二邑，暨海宁南门外绕城险工，共应建鱼鳞大石塘有六千余丈”[(2)]，之后于乾隆二年（1737）开始修建，经过断断续续的讨论与修建，至乾隆八年（1743）告竣，“共建筑大石塘计长六千九十七丈六尺八寸”[(3)]，鱼鳞石塘的结构（图 2）更大程度上适应了钱塘江的潮水环境，也确实使得江水安稳数年。故 1736-1743 年期间，可被视为乾隆朝对海塘修防的第一阶段。需注意的是，此时段的钱塘江海塘的贯通是“鱼鳞大石塘”与“柴塘”混杂在一起的，且前者是主要在海宁。

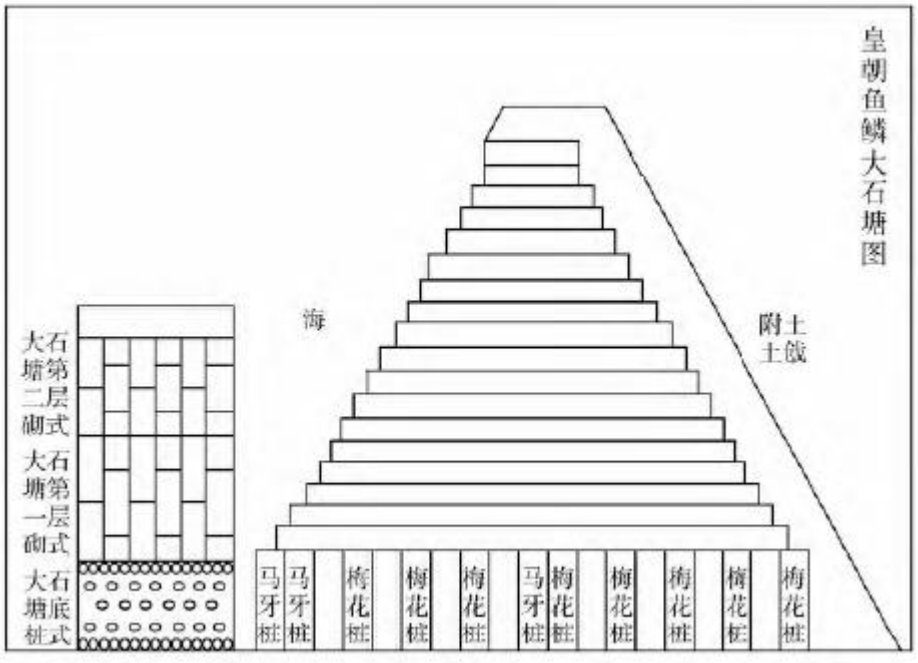

图 2 清代鱼鳞大石塘结构图

注：据翟均廉编纂：《海塘录》卷一《图说》（第 46-49 页）改绘。

待海宁鱼鳞大石塘修建完工之后，接下来则主要以“坦水”工程为主。“海宁东自尖山一束江水，又从上顺下，潮与江斗，激而使高，遂起潮头，斜搜横啮，势莫可当。又潮退之时，江水顺势汕刷，苟非根脚坚厚，难保无虞。是以海宁塘工，历来修筑，欲保塘身，宜固塘脚坦水”[4]，意即用石头加以固定原有塘的塘脚。而于乾隆八年（1743）修建完工的鱼鳞大石塘，恰好也是钱塘江主溜在“中小亹”之际，抵御潮灾压力较小。不过，前文已述 1759 年钱塘江主溜即又北趋至“北大亹”，结合表 2，可知 1759-1780 年期间，可被视为乾隆朝对海塘修防的第二阶段，即以修建“坦水”为主。

直至乾隆四十五年（1780）这一情况再次发生改变，该年“高宗巡阅塘工，临幸海宁。三月初三日，奉上谕海宁州石塘工程所以保卫沿海城郭、田庐，民生攸系。从前四次亲临指授机宜筑塘保护，连年潮汛安澜……今朕巡幸浙江，入疆伊始，即亲往阅视石塘工程，尚多完好，惟绕海宁城之鱼鳞石塘内有工二十余丈，外系条石作墙，内填块石，历年久远，为潮汐冲刷，底桩微朽，兼有裂缝矬之处……此塘为全城保障，塘下坦水所以捍护，塘工皆不可不预……又石塘迤上，前经筑有柴塘四千二百余丈，现尚完整。究不如石塘之巩固。虽老盐仓有不可下桩为石塘之处，经朕亲见，然不可下桩处，未必四千余丈”[1]，经过该次视察，乾隆皇帝还是认为鱼鳞石塘乃是保护海宁及海宁以北区域城市的长久之计，且石塘本身也存在不牢固之问题。至乾隆四十七年（1782）十一月，乾隆皇帝根据自己两年前的实地考察下旨，“浙省海塘一律改建石塘”，“以为一劳永逸之计”[2]，这标志着乾隆时期海宁海塘的修建正式进入“巩固石塘”与“改建柴塘”阶段，并辅以坦水修建。而 1782 之后至乾隆末期，则可被视为乾隆朝对海塘修防的第三阶段。而乾隆朝海宁海塘修建的三个阶段，也足见海塘修建是一个不断累加的工程，乾隆朝所追求的“一劳永逸之计”更是不可能实现的。

至此，以上分析为了文献前后记载海宁海塘的一致性与专门性，故表 1、2 主要参考了《海塘录》的记载来分析，但由于详细记载清代海塘与风暴潮有关的《海塘录》的时间结点是乾隆四十九年（1784），故之后讨论钱塘江环境则运用生活于清末的海宁人管庭芬（1797-1880）留下的日记手稿，该手稿记载了大量的气候变化、潮灾等信息，同时结合民国《海宁州志稿》中的记载，来共同分析 1784 年之后的海宁海塘情况。

至道光年间，有清一代已经进入了第三个寒冷期，较强的潮灾亦持续不断。道光十年（1830）七二十一日，“风雨狂猛，竟日夜不止，天气陡凉，大似重阳天气。是夜沿海俱有潮患，海盐最烈，吾邑（海宁）廿里亭石塘损百余丈，淹庐舍数十间，新塘内数里秋收一空，幸丁口无恙”[3]。道光十二年（1832）八月十六日至二十一日，“风潮猝冲坍东西两塘鳞石柴掃各工”[4]，其中，十八日“南门外护城海塘忽低陷数尺，潮至则岌岌摇动，危哉”[5]。道光十五年（1835）六月十四日，“晨晴，午后升恒来。夜东北风甚大，滴沥抵明”，十五日，“风转西北复晴”，本次台风使得“黄湾等处海溢，沿塘禾苗损其半，告荒纷纷”[6]。咸丰七年（1857）七月二十日，“阴雨，西北风极大，……闻九里桥等处海塘俱损，盐水侵入内河”[7]。此一时期，尽管有飓风带来的潮灾，但鱼鳞石塘的效果发挥了很大的作用，如光绪三十一年（1905）、三十二年（1906）都是风潮来临或满溢塘堤，但只是抢修就可以避过此灾害的情况[8]。此外，有时候即使有飓风，也不一定就会带来潮灾，如光绪二年（1876），“六月十三夜，飓风坏民居”，“九年（1883）飓风拔木坏民居”[9]，等都仅是大风带来的灾害，并没有引起潮灾。同时，通过对比民国《海宁州志稿》记载乾隆、嘉庆朝与其它朝代海宁潮灾的情况来看，乾隆、嘉庆朝是没有较大的潮溢现象发生的，这应是海宁鱼鳞大石塘修建带来的效果；此外，道光、咸丰至同治、光绪年间的海塘工程，主要在石塘的继续改建、坦水的修建等等。[10]

19 世纪中叶以来，清政府面临着严峻的内忧外患，加上 1830-1890 年间“小寒冷期”带来的潮灾再次加强，已形成的较好的海塘基础还是会一定程度上遭到破坏，连雨即可使海塘潮溢，以管庭芬日记的连续记载即可佐证，咸丰十一年（1861）八月初的潮患，使得“凡沿备塘之河荡皆为积沙所淤，石桥皆冲塌无存，民居半付波臣，今皆未能修葺云”[11]，至“初九——凝阴不释，有小雨即止；初十——阴雨无定；十一——雨竟日不止；十二——阴雨；十三——薄晴；十四——阴雨；十五——中秋节，阴雨。潮水灌入内河，味复咸；十六——阴雨，中宵见淡月”[12]。短短半个月，发生两次潮溢现象，海塘至此已是满目疮

痍。

自 1735 年以来，清代的海塘修建技术取得了长足发展，鱼鳞大石塘也得到较大范围的普及，使得潮灾影响大大减小。有清一代，“州”的行政建制要比“县”高出一个级别，州又分为直隶州（相当于府）与散州（相当于县），至清代中期，隶属于府的散州已“变为纯粹的所谓‘实土’性质的基层政区，与亲民之县本质相同”[1]。所以乾隆三十八年（1773），尽管“升海宁县为海宁州”[2]，但此时的海宁州是为散州，与县是一个级别。但从“升”字可以看出，其地位依旧还是高于一般的县级政区，这依旧类似于明代的情况，“直统于布政司的州为第二级行政区划，地位相当于府而略低；隶属于府的州为第三级行政区划，地位相当于县而略高”[3]。是故，海宁区块地位再次发生转变，这也说明海宁区块地位的上升，进而巩固了海宁区块在保护江南数府安全上的重要地位。笔者认为，海宁区块在乾隆朝再次上升为“州”的重要原因，便是乾隆三十五年（1735）以来，鱼鳞大石塘的修建使得海宁区域的潮灾次数相对减少，更大程度上保障了海宁及杭、嘉、湖、苏、松、常六府的发展，使得清政府对该地域再次重视起来。而海宁区块历来也有如此之传统，在文初已经有所探讨，即元代就已出现因为潮灾而将海宁区块由“州”降为“县”的情况。

需注意的是，乾嘉时期时期大潮灾相对较少，并不是说该时段内的台风绝对数量就一定会少于清初的顺康雍时期，而是在此阶段因技术的提高，使得潮水带来的灾害相对减少，即海宁海塘进入“技术变革”阶段。不过，1735-1830 年代左右的确处在全球的温暖期内，潮汐的单次力量也应是较弱的。至于乾隆皇帝始终在追求的修建海塘以图“一劳永逸”之策略，虽然难以实现，但其治时期鱼鳞大石塘的修建，辅之以坦水的增加，从面积、技术等多方面，都使得海宁海塘的力量有了与自然环境相对抗的“资本”，而鱼鳞大石塘更是人类与自然环境再次深入互动的产物。而近代变革时期到来，加上 1830-1890 年的“小寒冷期”，又给海塘修建带来新的变革。

四、混凝土与士绅：民国海宁海塘的技术转折与力量调整

至民国时，全国县以上行政区划“裁府撤州，以道作为省县之间的一级政区，成为省—道—县三级制。但是民国初年的“道”并未真正起到行政区划的作用，只是省县之间的公文承转机构，没有实际的区划意义”[4]，表明县的地位进一步得到提高，而等同于县级政区的散州“海宁州”就是于民国元年（1912）“正名为海宁县”[5]，需说明的是，他们的地位几乎是一样的。此一时期，海宁海塘变化最为明显的便是混凝土塘的出现。据民国十六年（1927）的《浙江建设厅月刊》记载，可看出民国初期国人对之前海塘工程的认识。

海塘之筑，历年虽久，而石塘实始于清初。以暗溜之冲刷，潮头之打击，石塘常因根脚之松动而倾圮，故石塘之外，复用柴、坝、埽、坦以护塘根；盘头以分水势。顾柴既易腐，土亦易动，常有冬季新修之埽、坦，一遇大汛，荡焉无存者。其后复创石、坦之制，以块石或条石平砌塘根，外栏桩木，而冲毁亦时。闻洪杨之乱，失修既久，旧制无存。及光绪初年（1875），重修石塘，恢复埽坦之制，年糜巨款。[6]

直至今日，海塘的修建依旧是一个“反复”的工程，需要人类不断地投入资源去维护，正如波士顿学院张玲在论及 1048 年黄河改道东北入海时，河北平原地区即陷入了一种特殊的“水利消费模式（hydraulic mode of consumption）”，就像个“无底洞”一样，需要王朝不断地投入大量资源来弥补。[7]这一模式放在清代海宁海塘的修建上亦是，不过这些过程中往往伴随的是技术的不断提升，而使得人类“反复”的周期逐渐被拉长。如前所述，民国之前的海塘工程，消耗了政府的大量人力、物力、财力，究其缘由，乃环境与技术使然——前者起决定作用之时，也是技术落后阶段，人类往往只能被动地适应自然；后者起主导影响时，是靠人力不断发挥能动性地去适应自然，进而对环境加以改造的结果。

在民国初期，陈树棠“协助国民政府建造浙江海宁海塘”[1]期间，感慨“埽坦之易损而糜费也，于是拟人造石代之，乃制混凝土块，厚约二尺半，宽约四尺，长约六尺者，靠置塘根后，以洋灰浆接缝；以石块大而且重也，则以起重机代人工；以转连之难也，则以小铁道代牛马”[2]。这些新的技术都是对民国之前海塘修建技术的颠覆，故当时遭到部分民众的否定，由于“塘后

附土，索松起重机乃无所施。潮力之计算，又未准确，故有新放未泥缝之石块，被潮冲移之事发生”，“沿塘人民由于故习本，怼于新法，遂乘此攻击陈局（陈树棠）……，其后历任局长惩陈前局长之失败，无复敢侈言新工”。[3]且值得注意的是，士绅也介入其中来发难陈树棠，“条陈意见均以采用柴工为主义”[4]。因而，反对声使得混凝土塘的修建亦有所搁置，部分混凝土坦水的材料“垒垒然堆于塘”[5]。

但混凝土的修建并未完全停止，只不过受到了非常严格的限制，要“由前内务部批准”[6]，如图 3 所示，民国十二年（1923）新的混凝土仍在继续修建。不过民国时期的海塘修筑基本还是以石塘为主，直至民国末期，限于修建石塘材料的短缺，才又开始混凝土塘的较普遍运用，民国三十六年（1947）“本县（海宁县）南门外爵字号海塘坍圮后，以外洋材料采购困难，致迄未动工，现春汛即届，赶修迫不容缓，塘工局顷已决定改用民初时计划所用混凝土五百方，以人民迷信失旧，反对采用经而搁存于该地者用以代替，该项混凝土方，现堆积于陈文港，可即起运赴南门，以便迅速动工”[7]。需注意的是，“外洋材料”在这里多指的是修建混凝土塘需要的洋灰（水泥）、钢筋等材料，它们的短缺造成了海宁海塘的搁置，这恰也说明了海宁一直在陆陆续续开展着混凝土塘的修建工程。

有清一代，拥有的海塘工程包括鱼鳞大石塘、条块石塘、条石丁由塘、块石塘、石塘、条石坦水、块石坦水、十盘头、石坝、柴塘、柴盘头、掃工、土塘、土备塘、土戗土堰、木柜竹络及其他，而民国时期有的却是混凝土塘、斜坡式新塘、阶级式新塘、理砌石塘、块石护岸、石坡护塘、石塘灌浆及塘基钉板掸、挑水坝、修坦水附土、修石闸灌浆及涵洞及其他：如应用洋灰修补填筑以及各种新旧式整理工程。[8]这些突破是海塘修建技术的再一次变革，而这些变革恰恰是已经深深介入地方管理的士绅们所芥蒂的。那么，士绅与清季民初的留学技术人员之间的矛盾便也随之产生。

图 3 民国十二年（1923）在建筑中的混凝土塘

注：上图采自钱塘江海塘工程视察报告：《影片 7：海宁县城之海塘》，《建设（上海 1946)》1947 年第 4 期。

其实，清末民国时期海宁海塘的另一个变革便是修建海塘的主导力量在国家与地方之间的角逐。前文已述，海塘的管理基本上是由国家力量管控，不过在传统社会“县以下基层社会的运作，则在很大程度上有赖于士绅，举凡税赋的收缴，地方社会秩序的维持，水利、道路。学校等公益事业的修建，往往都要由士绅经手操办，即士绅在基层社区中，履行着基层政权的种种职能”[1]，而“镇压天平天国以来颇为有效的士绅动员可以反衬出帝制国家对外来冲击的无能”[2]，并使得士绅的力量在这清末渐渐强势起来。这在海宁海塘修建过程中，士绅力量的介入变化表现得非常明显。

首先，士绅力量介入维系日常生计的相关基础设施的情况时十分正常的，如海宁州的醋坊桥在“光绪二十一年（1895）九月邑绅沈裕增等募资重修”；宜家桥在“宣统三年（1911）邑绅张承熙募款重建”；仁寿桥在“咸丰八年（1858）绅士陆景颐等捐建”；沿泾桥在“宣统三年（1911）邑绅孙元珍、葆谦等募资重建”；义惠桥、太平桥分别在光绪十八年（1892）、二十三年（1897）都由绅耆徐炳琮、沈玺明等募捐重建；虹桥在“咸丰元年（1851）绅士许楣等捐募重建”，[3]等。不过，清末在海塘工程中也介入了士绅的力量，且与雍正时期的士绅介入大有不同，史载光绪三十四年（1908)：

五月，东塘陡遇怪潮，泼损坦水、盘头等工甚巨，念汛石塘较低，每潮咸水横溢。绅士朱宝笙等条陈权宜，正当两办法并重，申刍议一禀奉准先从权宜入手，抢修轻字号子坝六百四十丈。

七月，御史吴纬炳奏陈：浙江海塘坍损情形，奉谕交浙江巡抚增韫勘办，增于八月十八日祭潮来宁，在海神庙召集官、绅会议，奏分三大端办理，一就海宁州设立海塘工程总局，附设工程队一队，专司工作；一裁撤三防同知、海防一营，设立海塘巡警局，专司巡查；一遴选沿塘绅耆，设立塘工议事会，专司调查。[4]

从上可看出，士绅在清季的海塘事务中已拥有着非常大的力量，当然这很大程度上是由于清末新政以来的“自治”、“宪政”运动，使得地方士绅从原来较少地介入国家事宜的状态转变为基本直接参与，更加主动地管理地方社会。

不过，海宁海塘的整治毕竟事关国家民生的大事，清政府始终是要确保危急出现之时自己有直接介入的权力，这从清末海宁海塘工程局的变迁也可以说明。清末“光绪卅四（1908）年，改革制度，设海宁塘工总局，塘分甲乙丙丁四区，以原有塘兵改编工程队任工作，别设海塘巡警局司巡查”的情况，至“民元（1912）改分局，塘分一二三四区。四年（1915）设海塘测量海塘形势，潮汐流量及水位高度。十六年（1927）七月成立钱塘江工程局，将海宁、盐官、盐平两局暨测量处裁并；当时以绍萧塘闸由地方自行管理，遇有工程，临时设局兴办，殊不统一，亦归并管辖。……十七年（1928）九月浙江水利局成立，工程局即并入办理。十八年（1929）十二月，划杭县上泗乡清泰门一带入杭海段，称一区，改原甲乙丙丁四区为二三四五区。廿年（1931）三月，因险工将海塘工程划出，设立钱塘江塘岸工程处。廿一年（1932）二月，复将塘岸工程局裁并于水利局”[5]。可见，海宁海塘工程局经历了建立、裁并、复建等反复的过程，这亦是国家力量在海塘事务管理中的不断尝试。因此，更准确的讲，清末海宁海塘事务的管理是国家与地方两种力量的同时介入。

民国海宁士绅维护老办法来维持海塘的修建，而与某种程度上代表国家的陈树棠等归国的留学知识分子之间形成了冲突。陈树棠“留东（日本）七载……宣统二年（1909）日本东北帝国农科大学土木工程科卒业”[6]，且能够用现代科学的标准和办法测量“江之深度，水之宽度，潮之速度”[7]，学成回国后曾在浙江海宁海塘任职，故他更可能会利用新的方法来推进海塘的修建，使得效率更高。尽管鱼鳞大石塘在乾隆朝的时期得到了很大的发展，但依旧不是一劳永逸的，而是需要不断地投入来维持。清季民初新的知识分子恰恰是看到了这些，所以才出现海塘技术向“混凝土塘”转变的又一次变革。同时，从海塘工程局的归属频繁变动来看，民国时期的潮灾也未太久，这一方面要得益于以“混凝土塘”为主的海塘修建技术的出现；另一方面要得益于该时期相对“暖”的气候，也较少地带来大潮汐，而这亦为技术向“混凝土塘”转化提供了便利条件。

此外，清季民初是海宁海塘充满“技术转折”的时期，不仅体现在了西方技术——混凝土的引进，也体现在了士绅力量对国家事务更大程度上的介入。其实，这两种因素是“国家—地方”力量角逐的表现。士绅从清末间接、被动地参与海塘的事宜到直接、主动地参与进来，尽管在整个民国时期，士绅力量的介入是断断续续的，但总体上可以说其力量在这一时期是增强的。同时，地方士绅由于代表更多的是下层民众的想法而显得有些保守，故又出现了民国时期对新技术的迟疑，使得新技术的推广有些周折。可以说，“混凝土塘”技术的出现，比不上“鱼鳞大石塘”技术出现之时推广那么顺利。

五、结论

海宁海塘的变迁过程是非常复杂的，这其间充斥着气候环境、筑塘技术及社会力量的变革。通过以上研究，基本可以得出以下结论：

（1）鉴于清代以来“冷—暖—冷—暖”的大气候环境交替，再加上杭州湾特殊的地理环境，清至民国海宁海塘的修建大致可以分为三个阶段：第一阶段为 1645-1735 年，主要因海塘修建技术的相对落后，使得该阶段主要是“气候环境”占主导地位；第二个阶段为 1735-1890 年，前期主要因鱼鳞石塘的大规模营建大大减少了海塘的危害，使得该阶段主要是“技术变革”占主导地位，而全球的“暖”环境也在一定程度上保障了技术的推进，不过 1830 年之后的“冷”环境加上清王朝末期，使得海宁海

塘再次面临着挑战；第三阶段为 1890-1949 年，此时又是全球的“暖”环境阶段，而该阶段主要为“技术转折”时期，体现为两个层面，一在清季光绪三十四年（1908）水利制度变革时期的士绅力量开始正式介入国家事务；一在留学归国的专业技术人员引进海塘新技术。可以发现，伴随气候的变化，清至民国时期的海宁海塘在每当遇到“冷”期之后的“暖”期内就有一次技术上的变化，即“鱼鳞大石塘”与“混凝土塘”，只不过前者是本土人们自身实践经验的积累，后者是清季民国西方技术的传入。

（2）人与自然环境互相影响，“海失故道”的钱塘江主溜摇摆不定，在人类的生产力或技术落后时，自然往往占据上风，人类更多的是于灾难中被动适应；在不断地适应过程中，人类亦逐渐提高着适应环境的技术，一旦人类掌握更为高级的手段，便会更大程度上反作用于环境。清康熙年间的 1703 年，钱塘江主溜由“中小亹”改走“北大亹”，北岸海宁灾情加重，后开始注重修筑石塘，直至乾隆年间的 1743 年海宁鱼鳞大石塘的修筑完工，才较有效地减少了海宁区块所受的潮灾威胁；而海宁鱼鳞大石塘修筑之前，一个关键的举措即是 1735 年嵇曾筠的“南岸攻沙法”所带来的使钱塘江主溜归“中小亹”的江潮环境。虽是权宜之计，但也正是如此，才使得乾隆年间海宁区块鱼鳞石塘的大规模修建得以顺利完成。可见，海塘的修造技术历来不是单一的工程，是多种技术维系的结果。需注意的是，乾隆朝在修建海塘的同时，也消耗了大量的周边资源，单靠海宁自身资源承载力远满足不了该需求，特别是海宁石材、木材的缺口。正如清初大学士嵇曾筠所言，“塘工需要用条石甚多，非一山所能采办，山阴、武康二县，距海宁就近，苏州、洞庭等处，路程较远，分别给山价水脚，自七钱三厘至七钱七分三厘不等。其修理坦水所需块石，募工匠于就近尖山开采。又坦水需用桩木，自一尺二寸起至一尺六寸，循照旧例给发价值，自上游之严、衢及下游之苏、常、江宁，广为购办，可得桩木二十余万，可以足用。草塘需用镶柴束于富阳、分水、建德、桐庐四县购办。”[(1)] 其实，有清一代至民国，不管是石材，还是木材的开采都是对山林资源的一种消耗，构成了清代以来长江下游山区开发的力量来源之一。而在 18 世纪，长江三角洲的棚民已经开始进入并开垦山区，使得长江下游山区的环境遭到了大面积的破坏。[(2)]这致使了区域水土流失加剧，进入长江入海口的泥沙亦随之增多，并随着潮汐的影响，这些泥沙又被带入钱塘江，促发钱塘江“中小亹”的不断淤积，也就加剧着海宁海塘的潮灾威胁。是故海塘本身的修建某种程度上也决定了其必须反复维护。

（3）最后，应看到的是，海塘修建的背后，伴随着的是海宁区块政区地位在“县—州”之间的转变，政区性质的变动与自然环境之关系在这里可见一斑，即每当海宁区块潮灾减弱之时，政区地位上升；每当潮灾增强之时，政区地位便有所下降。而政区地位的变动，恰说明海宁海塘对整个杭、嘉、湖、苏、松、常六府的保护才是国家所重视的。不过，清至民国，海宁从“县”到“州”再到“县”，亦不仅是“海失故道”的自然原因，国家力量与地方力量在不同阶段、不同程度的介入也很重要，江南财富的安全在唐宋以来已充分显现，海宁海塘的修建，也充分展示国家与地方力量（人的群体）与自然的互动。

注释：

1 顺治《海宁县志略》之《海塘志略》，中国国家图书馆编：《原国立北平图书馆甲库善本丛书》第 366 册，国家图书馆出版社影印本，2013 年，第 236 页。

2(1)康熙《海宁县志》卷二《方域志》，成文出版社影印本，1983 年，第 121 页。

3(2)乾隆《海宁县志》卷一《方域志》，成文出版社影印本，1984 年，第 92 页。

4(3)民国《海宁州志稿》卷十九《金石志三·碑刻遗文》，成文出版社影印本，1983 年，第 2037 页。

5(4)姚察、姚思廉：《陈书》卷二《本纪第二·高祖下》，中华书局，1972 年，第 38 页。

6(5)“三亹”即指从海宁海塘起，河庄山、赭山立于钱塘江中，南至钱塘江南岸龛山，分别是海宁海塘——河庄山的“北大亹”、河庄山——赭山的“中小亹”、赭山——龛山的“南大亹”。

7(6)道光《续海塘新志》卷三上《修筑上》,《钱塘江文献集成·第1册》,杭州出版社,2014年,第249页。

8(7)(8)顺治《海宁县志略》之《海塘志略》,第236-237页。

9 朱偰:《江浙海塘建筑史》(学习生活出版社,1955 年),开近现代研究海塘之先河;陈吉余:《海塘——中国海岸的变迁和海塘工程》(人民出版社,2000年),则重点阐述浙江海塘修建的历史和修建的经验。陶存焕、周潮生:《明清钱塘江海塘》(中国水利水电出版社,2001年),主要关注历史时期的自然与社会环境、塘岸防护方略、塘型结构和附属设施、施工修筑、劳力、材料、组织机构、规章制度、经费、史料述要等。王大学:《明清“江南海塘”的建设与环境》(上海人民出版社,2008年),全面论述了江南海塘兴建与善后维修中的取土、采石、运石、雇募工匠等各个环节。其他海塘研究,具体可参见和卫国:《治水政治:清代国家与钱塘江海塘工程研究》,中国社会科学出版社,2015年,第5-10页。

10Jeffrey k. Stine and Joel A.Tarr, “At the Intersection of Histories: Technology and the Environment, ” Technology and Culture, Vol. 39,No.4(Oct.,1998),p.601.

11Arthur F.Mc Evoy, “Working Environments: An Ecological Approach to Industrial Health and Safety, ” Technology and Culture, supplement to vol.36, No.2(April1995). Selected Proceedings from the Conference on Critical Problems and Research Frontiers in the History of Technology, Madison, Wisconsin,October30-November3,1991,p.S150.

12(1)竺可桢:《中国近五千年来气候变迁的初步研究》,《考古学报》1972年第1期。

13(2)马宗晋、杜品仁:《现今地壳运动问题》,地质出版社,1995年,第99-102页。

14(3)Keeling C D,Whorf T P, “The 1800-year oceanic tidal cycle: A possible cause of rapid climate change, ” PNAS,2000,97(8),pp.3814-3819. 转自杨冬红、杨德彬、杨学祥:《地震和潮汐对气候波动变化的影响》,《地球物理学报》2011年第4期。

15(4)卢美:《浙江海岸台风风暴潮漫堤风险评估研究》,浙江大学博士学位论文,2013年,第104页。

16(5)(6)顺治《海宁县志略》之《海塘志略》,第236页。

17(1)翟均廉编纂:《海塘录》卷三《建筑一》,《钱塘江文献集成》第2册《钱塘江海塘史料(二)》,杭州出版社,2014年,第90-92页。

18(2)乾隆《海宁县志》卷十二《杂志·灾祥》,第1685页。

19(3)方观承等修、查祥等纂:《敕修两浙海塘通志》卷二十《艺文·下》,符宁平、闫彦编:《海塘历史文献集成(上)》,中国水利水电出版社,2017年,第317页。

20(4)方观承等修、查祥等纂:《敕修两浙海塘通志》卷二十《艺文·下》,第317页。

21(5)(6)翟均廉编纂:《海塘录》卷四《建筑二》,第94-95页。

22(7)民国《海宁州志稿》卷五《建置志六·塘工》,第616页。

23(1)(2)民国《海宁州志稿》卷五《建置志六·塘工》，第622、625页。

24(3)高伯时、周浴文：《海宁观潮》，海宁观潮出版社，1933年，第66-67页。

25(4)(5)(6)翟均廉编纂：《海塘录》卷四《建筑二》，第102-103页。

26(7)唐纳德·休斯著，梅雪琴译：《什么是环境史》，北京大学出版社，2008年，第3页。

27(8)马立博著，关永强、高丽洁译：《中国环境史：从史前到现代》，中国人民大学出版社，2015年，第53页。

28(9)方观承等修、查祥等纂：《敕修两浙海塘通志》卷一《图说》，第32页。

29(1)方观承等修、查祥等纂：《敕修两浙海塘通志》卷一《图说》，第32页。

30(2)杨鐆辑：《海塘揽要》卷首《序十一》，《钱塘江文献集成》第4册《钱塘江海塘史料（四）》，杭州出版社，2014年，第14页。

31(3)翟均廉编纂：《海塘录》卷四《建筑二》，第103页。

32(4)(7)(8)(10)民国《海宁州志稿》卷五《建置志六·塘工》，第623、639-640、644页。

33(5)(6)方观承等修、查祥等纂：《敕修两浙海塘通志》卷六《本朝建筑·三》，第98页。

34(9)(11)(12)翟均廉编纂：《海塘录》卷五《建筑三》，第110、112、113页。

35(1)据河口海岸学者研究，“世界上大多数河口在它们的发展历史中，沉积作用是地貌过程中的主要特征。河口沉积促使边滩发展，沙岛成长，河面宽度的束狭以及出口水道的分汊，同时河口河槽的纵剖面也显示出在口门附近具有局部隆起的特点。这种局部隆起的现象，大多数河口称之为拦门沙，它是世界许多河流普遍存在的地貌现象和沉积形体。”见陈吉余、罗祖德等：《钱塘江河口沙坎的形成及其历史演变》，《地理学报》1964年第2期。

36(2)方观承等修、查祥等纂：《敕修两浙海塘通志》卷六《本朝建筑·三》，第98页。

37(1)(4)杨鐆辑：《海塘揽要》卷九《工程》，第253、269页。

38(2)(3)翟均廉编纂：《海塘录》卷五《建筑三》，第104、109页。

39(1)(2)(4)(8)(10)民国《海宁州志稿》卷五《建置志六·塘工》，第660-661、662、667、700-701、667-716页。

40(3)管庭芬：《日谱》（缩微胶卷本，不分卷），道光十年（1830）七月二十一日，浙江省图书馆藏。

41(5)管庭芬：《日谱》（缩微胶卷本，不分卷），道光十二年（1832）八月十八日，浙江省图书馆藏。

42(6)管庭芬：《日谱》（缩微胶卷本，不分卷），道光十五年（1835）六月十五日，浙江省图书馆藏。

43(7)管庭芬：《日谱》（缩微胶卷本，不分卷），咸丰七年（1857）七月二十日，浙江省图书馆藏。

44(9)民国《海宁州志稿》卷四十《杂志·祥异》，第4367页。

45(11)管庭芬：《日谱》（缩微胶卷本，不分卷），咸丰十一年（1861）八月一日，浙江省图书馆藏。

46(12)管庭芬：《日谱》（缩微胶卷本，不分卷），咸丰十一年（1861）八月九日至八月十九日，浙江省图书馆藏。

47(1)李大海：《“属州视县，直隶州视府”：明清州制新解》，《清史研究》2017年第2期。

48(2)民国《海宁州志稿》卷二《舆地志上·沿革》，第143页。

49(3)柏桦：《明清州县官群体》，天津人民出版社，2003年，第45页。

50(4)周振鹤：《中国历代行政区划的变迁》，商务印书馆，1998年，第63-64页。

51(5)高伯时、周浴文：《海宁观潮》，第1页。

52(6)徐世大、雷鸿基：《海宁盐平海塘工程报告书》，《浙江建设厅月刊》1927年第1期。

53(7)Ling Zhang,The River,The Plain,And The State:An Environmental Dramain Northern Song China,1048-1128, Cambridge,UK: Cambridge University Press,2016,p.6.

54(1)徐炯明主编：《宁波历史文化名镇名村·走马塘》，宁波出版社，2008年，第135页。

55(2)(3)(5)(6)徐世大、雷鸿基：《海宁盐平海塘工程报告书》，第42-43页。

56(4)《海宁县知事呈县议会条议海塘工程并抄送意见书批》，《浙江公报》1912年第264期。

57(7)《海宁爵字号海塘改用混凝土塘》，《申报》，1947-02-24。

58(8)高伯时、周浴文：《海宁观潮》，第71-73页。

59(1)孙立平：《中国传统社会中贵族与士绅力量的消长及其对社会结构的影响》，《天津社会科学》1992年第4期。

60(2)Mary Backus Rankin,Elite Activism and Political Trans formationin China,pp.3-4. 转引自孙竞昊：《经营地方：明清之际的济宁士绅社会》，《历史研究》2011年第3期。

61(3)民国《海宁州志稿》卷三《舆地志十四·桥梁》，第414-415、423、427、430、437-438、439页。

62(4)民国《海宁州志稿》卷五《建置志六·塘工》，第701-702页。

63(5)高伯时、周浴文：《海宁观潮》，第67页。

64(6)(7)民国《鄞县通志》第六《工程志》,《中国地方志集成·浙江府县志辑》，上海书店影印本，1993 年，第 35 页。

65(1)翟均廉编纂:《海塘录》卷四《建筑二》，第 103 页。

66(2)马立博著，关永强、高丽洁译:《中国环境史：从史前到现代》，第 277 页。