

# 基于自然解决方案的堤防提升改造规划路径

俞为妍, 梁颖烨, 高一凡

**【摘要】**针对早期快速城镇化发展建设对生态自然资源关注不足, 导致以堤防为代表的单纯工程手段严重影响滨水地区高品质空间建设的问题, 结合基于自然的解决方案, 提出通过有效协同滨河多元空间要素、多级空间尺度与多元功能需求, 实现堤防工程的适应性转型, 使其从“工程抑制自然”走向“工程成就自然”。同时, 结合钱塘江堤防提升改造实践, 根据流域基本情况, 探讨基于自然解决方案的堤防提升改造规划路径, 提出“纵向统筹区段, 横向整合要素”“建构梯度分层的管控体系”“设计赋能落实场景”3大规划路径, 以期补充基于自然的解决方案在具体操作框架上的不足, 推进其在我国本土发展落地。

**【关键词】**堤防; 工程化; 基于自然的解决方案; 钱塘江

**【文章编号】**1006-0022(2023)08-0132-08 **【中图分类号】**TU984 **【文献标识码】**B

**【引文格式】**俞为妍, 梁颖烨, 高一凡. 基于自然解决方案的堤防提升改造规划路径[J]. 规划师, 2023(8): 132-139.

River Dike Upgrading and Reconstruction Planning Based on Nature-based Solutions/YU Weiyan, LIANG Yingye, GAO Yifan

**【Abstract】** Since ecological and natural resources were not paid due attention at the early stages of urbanization, pure engineering solutions represented by river dikes have hampered the quality development of waterfront spaces. Based on Nature-based Solutions(NbS), coordinating the multiple spatial elements, multilevel spatial scales and multiple functional needs for the adaptive transformation of river dikes from "engineering restrains nature" to "engineering makes nature" is proposed. Taking the practice of Qiantang river dike upgrading and reconstruction as an example, three planning paths are proposed: integrating horizontal elements and vertical sectors, establishing gradient governance system, design empowering implementation, in order to complement NbS in the specific operational framework of the deficiencies, and promote its implementation in China.

**【Key words】** river dike; engineering; Nature-based Solutions; Qiantang river

## 0 引言

传统水利堤防强调控制和调配自然水体, 是保护国土安全和人民生命财产安全的重要抓手。近年来, 虽然我国的水利建设指导思想经历了从“工程水利”向“生态水利”的转变, 但是目前仍然以安全防洪御潮为主要目标。工程化思维主导下以抵抗为主的防洪策略, 缺少对场地肌理的分析以及对洪涝风险的理性应对, 如不断抬高的堤防高度, 使得堤防成为城市与自然水体之间强

烈的物理屏障, 不仅割裂了人、城市、自然的密切关系, 还损害了河道的生态服务功能, 这在一定程度上表现为“工程抑制自然”。实际上, 堤防介于复杂的水陆交接地带, 具有洪潮交叠、生态系统脆弱的特征, 同时又集聚了大量社会经济活动, 更需要从流域、生态、社会多视角系统性认识利用洪水、风暴潮的正向意义, 发展出多样化的应对策略, 促进“工程成就自然”。这种工程主导思维导致的生态系统退化、公共健康等问题在我国大城市滨水地区尤为突出, 并具有一定普

**【基金项目】** 国家重点研发计划项目(2022YFC3800202)

**【作者简介】** 俞为妍, 现任职于中国城市规划设计研究院上海分院。

梁颖烨, 现任职于中国城市规划设计研究院上海分院。

高一凡, 现任职于中国城市规划设计研究院上海分院。

遍性。因此,探索多目标协同的堤防系统性提升改造规划路径,对于提高滨水空间价值、释放空间效益具有较高的实践指导意义。在此背景下,本文以钱塘江堤防为实证研究对象,借助基于自然的解决方案(Nature-based Solutions,以下简称“NbS”),为整合水利、规划、景观、生态、治理等多方诉求建构共同利益框架,为流域性水利工程提出一种更为系统性、综合性、实施性的解决方案。

## 1 相关研究综述

### 1.1 概念界定

NbS是所有以自然为基础、为环境和人类带来利益的各种相关做法的统称<sup>[1]</sup>,主要研究成果集中在欧美地区的发达国家,不同国际组织和研究者也在不断丰富对NbS的定义。2008年,NbS由世界银行(World Bank)首次提出,随后在2009年被世界自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature,简称“IUCN”)正式纳入《联合国气候变化框架公约》,并定义为“为保护、可持续管理和恢复自然或经过改造的生态系统而采取的行动,能够有效和适应性地应对社会挑战,同时为人类福祉和生物多样性带来惠益”。2015年,欧盟(European Commission,简称“EC”)认为“NbS受到自然的启发和支持,具有成本效益,同时提供环境、社会和经济效益,并能帮助建立韧性”<sup>[2]</sup>。之后不同的组织和学者根据IUCN和EC提出的框架,赋予NbS更丰富的定义和内涵,如国际组织提出NbS侧重生态修复,政府组织则更强调环境—经济—社会的综合平衡<sup>[3]</sup>。不论何种框架,终极目标都是通过提供高质量的自然系统服务,保障人类社会的福祉,包括良好的自然系统、健康的环境,以及为灾害防御管理、粮食生产、水管理等事务提供富有弹性的解决方法。可见,NbS强调保护自然和保障社会的

双重目标。

### 1.2 国内外 NbS 相关实践

目前 NbS 在欧美地区主要用于指导解决自然灾害、环境修复、社会公平等问题,其中水陆交界地区是应用场景最集中的区域。针对洪水、风暴潮的防治措施,欧美地区从“防御”向“适应”转变,并开展了多样化的水地关系重构实践,重新平衡人水关系<sup>[4]</sup>。例如,荷兰对三角洲提出“与水共生、为河流创造空间”的防洪策略,探索一种水土整合的生态化调节新范式,堤防既是安全边界、休闲边界,也是亲水空间、生态生境,从而有效提升了滨河地区的发展水平。这种防洪策略同时体现在区域治理和微观河道改造上:前者通过构建自然泛洪区,将圩田规划为滞洪区,用来暂时储存洪水以缓解其对建成环境的冲击<sup>[5]</sup>;后者如奈梅亨河的“还地于河”计划,通过退后堤防,开辟泄洪支流渠道以降低洪峰<sup>[6]</sup>。又如,美国为了应对飓风和海平面上升的挑战,在曼哈顿推行“The Big U”,将公共空间与高水位屏障结合在一起<sup>[7]</sup>。再如,德国在反思河流过度人工化后,提出“重新自然化”,以德莱萨姆河为例,通过对生态、防洪、游憩、设施等功能的整合与协调,重新恢复河流原有的自然状态与自然过程<sup>[8]</sup>。

我国正在开展的生态文明建设及美丽中国建设与 NbS 高度契合。2014 住房城乡建设部发布《海绵城市建设技术指南》后,“海绵城市”的概念得到广泛关注,越来越多的学者提出“韧性承洪”<sup>[9]</sup>、“调和共生”<sup>[10]</sup>,并应用在滨水环境建设实践中。例如,在上海后滩公园<sup>[11]</sup>、洋湖湿地公园等项目实践中,通过柔化河岸、保护河漫滩、营建雨洪公园,获得了较好的生态和社会反响。在河道堤防工程方面,广东省开展的“万里碧道”行动突出堤岸的协同发展,通过水陆一体化探索突破工程传统路径,实现水岸

统筹<sup>[12]</sup>。2021 年自然资源部与 IUCN 联合发布了《基于自然的解决方案中国实践典型案例》,选取 10 个代表性案例<sup>[13]</sup>以推动我国 NbS 本地化应用。这些案例多侧重于国土绿化、生态修复、全域土地综合整治等方面,在区域和流域尺度体现 NbS 理念<sup>[14]</sup>,但在面临较多社会挑战的关键带和敏感区的研究积累较少。如何既能满足高质量的生活需求,又能抵御外部灾害风险,目前这些案例缺少多尺度、多专业、跨时空的实施路径。

### 1.3 NbS 的堤防改造启示及潜在适用性

通过分析国内外 NbS 相关实践可以发现,尽管 NbS 在国际应用中越来越主流,但是因地理区域、生态系统损害程度、社会经济发展阶段等的差异,各地采用的 NbS 框架各不相同,NbS 在我国本土实践中需要更细化的切入点和更明确的指导路径,以契合我国的生态文明建设。同时,相较于国际上的绿色基础设施(Green Infrastructure,简称“GI”)<sup>[15]</sup>、基于生态系统的适应性(Ecosystem-based Adaptation,简称“EbA”)<sup>[16]</sup>、生态系统服务(Ecosystem Services,简称“ESS”)<sup>[17]</sup>等相关理念,以及国内的城市双修、海绵城市、公园城市等韧性理论和实践,NbS 显现出独特的集成性,融汇一系列不同的互补观点和策略,是一套更有可能取得理想成效的“组合办法”,特别是在处理流域型河道的复杂问题时存在潜在广泛的应用空间<sup>[18]</sup>。

由此,本文尝试解决传统工程思维下日益复杂的河流自然属性与社会属性的矛盾,以堤防(指堤防工程及相关公共空间)为研究对象,通过融合工程体系、空间体系和治理体系,并注重流域河道的跨尺度性、城市韧性和可操作性,试图根据堤防要素—空间—场景等多重复杂性分别制定堤防提升改造的协同策略,将 NbS 这一综合集成性概念转为可操作

的实践途径,在有效管理生态系统和可持续发展驱动下,实现经济、环境和社会多方利益的协同。

## 2 NbS 下堤防提升改造的协同策略

### 2.1 一体化统筹多元要素

在生态文明和人民城市理念下,需要对堤防空间的内涵进行延展。堤防不只是保障城市安全的工程底线,还是聚合绿带、道路、城市、设施等多种要素,共同承载丰富活动和美好生活的有机活力带。但由于蓝线规划和多部门多头管理,很多滨水城市的水岸关系割裂,滨江景观绿带建设仍存在“两张皮”的现象,导致堤防与城市生活割裂的现象屡见不鲜<sup>[19]</sup>。因此,堤防提升改造不仅要关注水利工程本身,还需要从整体视角对多元要素进行一体化统筹。借鉴《黄浦江两岸地区公共空间建设设计导则》,应通过整合滨水绿地、第一街坊和第一干道,从“两张皮”转变为“一条带”。通过对“一条带”内的多要素进行一体化统筹和设计引导,从单一视角向多要素共同作用的视角转变,基于多重价值判断做出相对最优的规划设计决策,从而解决以往在工程、规划、设计、建设和管理中各要素相互矛盾的问题,避免堤防与相关要素割裂,促进滨水区与城市生活深度融合,利用腹地活力带动滨水区域活力,以堤防为轴实现水陆统筹、功能联动。

### 2.2 精细化管控多级空间

线性长尺度河流是一个具有整体性结构的复杂系统,呈现出整体性和层次性特征,需要处理好流域统筹和中微观管控设计之间的关系<sup>[20]</sup>。一方面,从流域视角对河流各个区段进行统筹规划以获得系统性的高效运转;另一方面,在遵循整体目标的前提下,从中微观进行

局部优化设计以获得更适配的灾害防治能力和韧性提升效果。因此,堤防提升改造需要动态审视面向管控的大尺度流域规划和面向实施的中微观区段设计。

首先,结合河流对城市安全、社会经济、生态保育的影响,以及既有的建设基础和沿线功能价值,对河流岸线进行宏观的管控性分类,明确改造的优先级别,设定管控的强制性内容和指导性内容,为制定行动计划提供支撑,也为后续各部门管理协同提供统一平台,强化跨流域的协同推进<sup>[21]</sup>。其次,结合上下游、水文情势、人文遗产、腹地功能等,对河流进行功能性分类,明确各区段的主导功能。最后,结合堤防设防标准和工程断面形式,进一步细分区段以形成利于管控和实施的单元。在管控指标的设计上,以单元为对象,根据河流区段的功能属性、堤防设防标准和工程断面形式,协调水利工程、城市功能和景观游憩等,达到精细化分类引导各段落改造的目的。

### 2.3 系统化响应多元需求

堤防提升改造需要在满足日趋复合化的功能需求的基础上,将水利设施与人的活动有机结合,从而产生多样化的场景<sup>[22]</sup>。场景不仅能承载多样化的活动,还能体现城市魅力。以特定的文化价值为导向,从人的活动偏好、项目策划开发的角度去协调堤防的结构形式、环境的景观界面和功能的空间布局,通过开展河岸软化、河漫滩恢复、湿地公园营建,构建起具有地域特色和人群吸引力的场景,促进物质空间和情绪体验的结合,使堤防空间更具生命力。

## 3 钱塘江堤防提升改造规划实践

### 3.1 规划背景与研究范围

钱塘江作为浙江省的母亲河,是生态保护建设的重要区域,也是杭州城市

发展的重要轴带。2017年杭州提出实施“拥江发展”战略,把“江”作为核心价值资源,将钱塘江塑造成为比肩西湖、具有独特韵味、别样精彩的“世界级滨水区域”。但是与伦敦泰晤士河、巴黎塞纳河、上海黄浦江等国内外世界级名江名河相比,钱塘江两岸地区在功能、形象、环境、品质等各方面还有待进一步提升,其中关乎防洪安全、市民生活、城市形象的堤防岸线及公共空间问题尤为突出,需要一种更综合、更高标准、更可持续的治理范式。因此,本文研究范围为杭州市区范围135 km长的钱塘江及其两侧一定的纵深范围,该范围根据主要道路、街坊、水系划定,跨越上城区、西湖区、富阳区、滨江区、萧山区等5个区县。

### 3.2 流域基本情况

#### 3.2.1 水文特征

钱塘江水文条件受上游洪水、外海潮汐、喇叭口型的特殊地理形态和治江围涂等多重因素影响,呈现出水动力复杂、径流变化大的特征,其拥有“一天两涨两落”的半日潮现象,其中“八月十八潮,壮观天下无”的江潮尤为闻名。虽然钱塘江大潮奇特卓越,但是千余年来,江两岸经常发生潮水泛滥、咸水入侵、农田受淹的潮灾,严重影响了沿江地区的安全发展,因此钱塘江堤防又称“海塘”,长期以来其以防台御潮、保障人民生命财产和经济社会健康发展为核心使命。2021年浙江省正式实施《浙江省海塘安澜千亿工程建设规划》,提出在提高海塘安全性能的同时,推动海塘由单一水利工程向综合功能转变并向社会开放共享,全线打造沿海生命线、风景线、幸福线。

#### 3.2.2 空间价值与设计挑战

通过识别资源情况、空间形态和城市化进程的差异,可将钱塘江分为3个较为明显的区段,即江山段、江城段、江海段。

江山段位于上游，径流势力大于潮流势力，防洪问题为主要的安全问题。该区段生态资源富集，是江豚、鲟鱼、中华鲟等珍贵生物重要的洄游通道，同时人文景观价值突出，是富春山居图描绘的核心区段。但该区段沿线的污染性工业及矿山开掘对原有自然生态系统的危害较大，导致生物栖息地功能降低，急需进行全面系统性的生态恢复。

江城段位于中游，径流势力与潮流势力相当，防洪和防潮安全同等重要。该区段是城市建设发展的集聚区，集中了城市阳台、CBD 公园等高密度人群活动的城市门户节点，建设品质较高。虽然该区段基本实现绿道的全线贯通，但是整体江岸空间特色不显。特别是在潮涌震撼的下游区段，多采用简单粗放的超高堤顶标高或铁丝网防护的措施，服务设施品质与世界级潮涌景象价值不符，导致观赏潮涌的体验性严重不足。

江海段位于下游，潮流势力大于径流势力，防潮安全是首要任务。该区段潮涌强劲，潮位变化巨大，风浪较强，具有发展风能、潮汐能的潜力。然而，工业化和城市化导向下的围垦行为侵占了大量自然滩涂，集约化农业、城镇聚落的发展和较高的人为干预对自然生境的破坏较大。

### 3.3 钱塘江堤防提升改造规划路径

#### 3.3.1 纵向统筹区段，横向整合要素

分段是解构线性公共空间的重要手段，应强化与各地特色结合的分段引导，以主题分段来保障流域统筹与特色彰显。分段重点考虑 4 个方面：一是上下游的空间特质；二是既有或者未来的功能类型；三是既有堤防工程断面形式和未来设防标准；四是行政划分。综合来看，钱塘江在空间特质上形成明显的上、中、下游区段，即江山段、江城段、江海段 3 大典型区段。根据主导功能和活动类型，在纵向 3 大区段的基础上再细分出 7 类

主题段落，分别为都市客厅主题段、城镇活力主题段、特色体验主题段、产业休闲主题段、生态人居主题段、山水融合主题段、滩涂湿地主题段（图 1）。

与此同时，堤防断面形式也是影响段落划分的依据，根据堤内、堤本体、堤外等 3 种空间的差异，提炼出 3 大类 15 小类断面模式，同时考虑城市空间与工程要求，形成 40 个“韧性单元”，作为分级分类设计和精细化管理的重要抓手，并对水、堤、城多要素进行一体化设计引导，统筹解决单元内工程优化和功能提升相互矛盾的问题。

此外，段落的划分应与行政部门管理边界匹配，以利于设立共商共建共管的流域治理机制。通过联合浙江省钱塘江管理局、各区县政府、风景区管委会、林水局等部门成立联席会，在共同推进规划编制、协调流域建设中发挥作用。

#### 3.3.2 建构梯度分层的管控体系

##### (1) 多元价值目标体系

基于“世界级滨水区域”迭代发展规律及国内外滨水区导则解读，规划形

成安全、生态、开放、活力、人文 5 大维度的目标体系，整合协同生态—社会—经济多方效益。一是打造兼顾安全和观赏的江城潮岸。流域安全是规划的首位目标，防护标准、堤岸结构稳固标准须与上位《浙江省海塘安澜千亿工程建设规划》的要求相匹配。与此同时，结合智慧设施，规划探索更多滨江利用的可能性，塑造安全和观赏兼顾的观潮空间，实现空间品质提升。二是平衡治理与保育的生态绿岸，促进钱塘江恢复良好的自然状态和生态属性。堤内保滩植绿，种植耐盐、抗风力强的本土植物，丰富迎水面多层次滩涂湿地生态群落体系；堤外结合雨洪公园构建“调、渗、集”结合的多功能雨洪响应体系。同时，根据堤防越浪排水需求，扩大堤外护塘河规模，优化堤外水系布局。三是建造连续贯通的开放靓岸。贯通堤上绿道、统筹水上蓝道，形成一条不被打断的城市风景线，有效提升滨江空间的价值。四是构建堤城一体的活力堤岸。通过建立空间功能复合堤防，提升活动体验，加

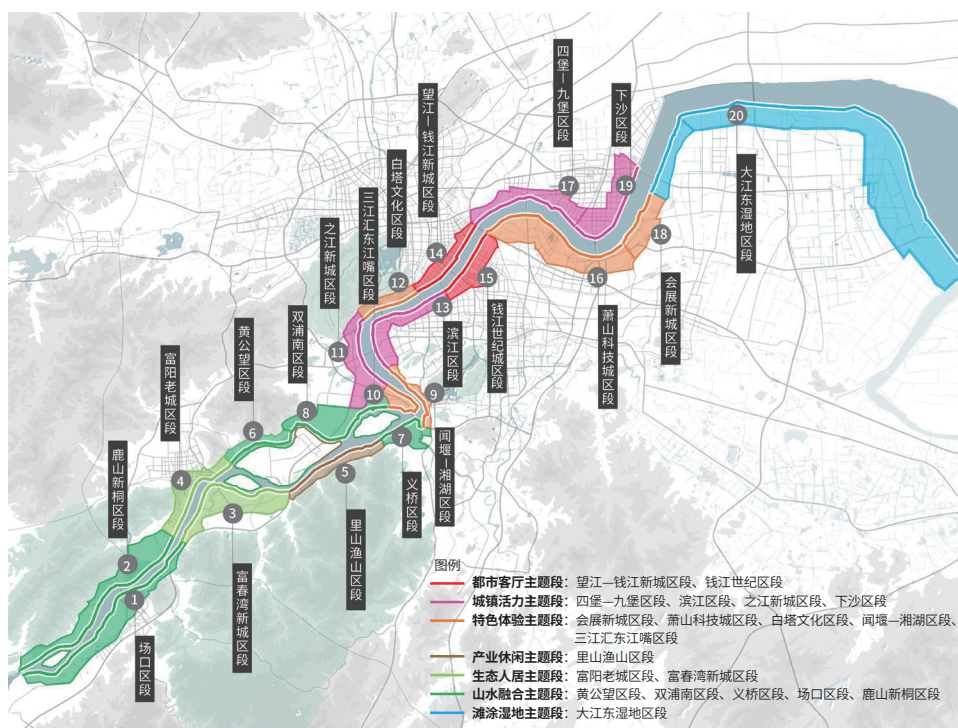


图 1 钱塘江主题段落布局图

强腹地与岸线的联系,促进堤防与城市公共活动融合。五是塑造有人文魅力的人文趣岸。以现代设施匹配现代趣味,以人文场景凸显文化自信,依托钱塘江沿线的文化资源,通过文化地标、文化场所、人文设施的补充,构建钱塘江历史文化走廊,形成古今呼应、新旧交融的人文新场景。

(2) “双视角”的管控体系

以“韧性单元”为管控抓手,从价值目标和工程结构“双视角”构建管控

体系,该管控体系由管控空间要素、管控要点和管控指标组成。在管控空间要素分类上,按照堤防实体工程构成形成堤本体、堤内和堤外等3种空间及相应管控要点(表1)。其中:堤本体的管控属于刚性基础要求,核心是守住安全底线,包括防洪御潮标准、设计堤轴线、堤坝建议结构形式;堤内外的管控要点则是在堤本体改造的基础上,根据5大价值目标的要求做出适应性的调整和优化,堤内关注岸线类型、滩涂利用,堤

外则强调交通、活力和人文与堤防工程的协同。

在管控指标方面,在5大目标的基础上,结合钱塘江的水文情势、杭州城市特征和人文特点,参考“世界级滨水区域”、一线城市和浙江省内的相关标准,构建从设计目标、分项要求到具体指标的三级传导体系,包括5大板块、16个分项、29项指标,力求形成结构清晰、内容全面、兼顾工程管理和城市需求的全要素指标库(表2)。

表1 堤本体、堤内和堤外等3种空间及相应管控要点(以湘湖段和闻堰段为例)

| 要素   |      | 管控内容     | 13- 湘湖段                                                                         | 14- 闻堰段                                                                                                                                                  |
|------|------|----------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 堤本体  |      | 防洪御潮标准 * | 全段堤防岸线防洪御潮标准 100% 达标;设防标准为防洪 200 年一遇、防潮 300 年一遇(现状为 100 年一遇),海塘塘顶宽度原则上不宜小于 12 m | 全段堤防岸线防洪御潮标准 100% 达标;设防标准为防洪 200 年一遇、防潮 300 年一遇(现状为 100 年一遇),海塘塘顶宽度原则上不宜小于 12 m                                                                          |
|      |      | 设计堤轴线    | 规划设计堤轴线向后退堤 6~8 m(小围垦),将斜坡式堤防改造为分级护坡,释放堤前空间,营造季节性活动场所                           | 规划设计堤轴线向后退堤 17 m,将斜坡式堤防改造为分级护坡,释放堤前空间,营造季节性活动场所                                                                                                          |
|      |      | 堤坝建议结构形式 | 将现状堤防结构改造为斜坡式堤防,推动堤—路—城一体化建设,在不加高现有堤顶高程的同时提升防潮标准                                | 拆除现状堤防,新建重力式挡墙,迎水面条石贴面,墙顶采用放坡、台阶与堤顶连接,同时提升防潮标准                                                                                                           |
| 堤内   |      | 岸线类型     | 复合型(二级台地),将斜坡式堤防改造为分级护坡                                                         | 斜坡式(二级台地),将斜坡式堤防改造为分级护坡                                                                                                                                  |
|      |      | 滩涂利用     | 植入草坡滩地、海绵公园等生态化空间                                                               | 二层平台衔接江堤,扩展沿江公共空间;建设江滩公园湿地比例不低于 50%,自然化驳岸比例不低于 80%                                                                                                       |
| 堤外   | 滨江交通 | 城市交通系统   | 对于时代大道,近期维持现状,远期在条件适宜情况下进行下穿                                                    | 维持现状                                                                                                                                                     |
|      |      | 绿道驿站布局   | 绿道宽度 *<br>驿站间距 *                                                                | 漫步道宽度不宜小于 1.5 m,跑步道宽度不宜小于 1.5 m,骑行道宽度不宜小于 2 m                                                                                                            |
|      |      |          | 漫步道宽度不宜小于 1.5 m,跑步道宽度不宜小于 1.5 m,骑行道宽度不宜小于 2 m                                   | 漫步道宽度不宜小于 1.5 m,跑步道宽度不宜小于 1.5 m,骑行道宽度不宜小于 2 m                                                                                                            |
|      |      |          | 驿站间距为 500~1 000 m,建议结合驿站布设智慧设施                                                  | 驿站间距为 500~1 000 m,建议结合驿站布设智慧设施                                                                                                                           |
|      | 功能活力 | 垂江步行联系   | 增加时代大道桥下二层连廊,加强与腹地的联系                                                           | 增加绿地出入口,加强与腹地社区的联系                                                                                                                                       |
|      |      | 临江建筑开放   | 鼓励小围垦内临水建筑底层公共开放,公共建筑临水界面底层开放性比例宜大于 80%,并对建筑高度、檐口高度和建筑出入口间距进行管控                 | 闻堰老街片区建筑底层公共开放,设置底层商业,公共建筑临水界面底层开放性比例宜大于 80%,并对建筑高度、檐口高度和建筑出入口间距进行管控;在古海塘保护范围内增设地上公共通道空间,实施风貌梯度管控;针对古海塘保护范围内相应用地性质,保存状况不确定区段及储备地块,古海塘遗址则应结合控制性详细规划导则进行管控 |
| 人文宜居 |      | 风貌形象 *   | 匹配湘湖风景区,适当植入文化艺术类景观构筑物,增加文艺氛围;对砾山庙等文化遗产进行强制性保护,保护文化风貌                           | 延续渔市、老街的文化特色,严格落实萧绍古海塘保护策略,现状考古或可见段以原真性、完整性为原则进行严格保护保留;延续风貌、保护视廊;开展渔文化、西兴文化体验活动,适当植入景观并构造文化长廊                                                            |
|      |      | 宜居活力     | —                                                                               | 宜结合腹地空间设置亲子活动设施和体育场地                                                                                                                                     |

注:1.带“\*”号项为强制项,其余为建议选项;2.本段实施还需对照杭州西江塘小砾山至华家排灌站段(西江塘闻堰段)改造加固工程所提要求。

(3) 可索引的导则手册

规划创新形成一套“单元空间”和“管控条目”可相互索引对照的导则手册，并通过目标定性、指标定量和设计定态的传导方法，提高导则的可读性和便捷性，实现对重点区域的有效管控。结合40个“韧性单元”形成40组分则，包括单元索引总图、管控总表、改造说明和改造示意等4个部分。其中：索引总图强调定性管控，一方面落位管控要素，另一方面明确该单元的目标定位和改造重点等结构性的定性导控（图2）；管控总表将索引总图中的定性要求与指标库匹配，提供直观简洁的管控说明，具体的条目说明可以通过改造说明快速查阅；改造示意提供了建议性形态设计方案（图3），作为导则应用于具体实施的个案示范，衔接规划控制和设计创意，为后续实施提供线索和启发。

3.3.3 设计赋能落实场景

堤防提升改造的设计方案应注重水

表 2 全要素指标库

| 设计目标      | 分项要求        | 管控指标                                                   | 指标说明                                                                         |
|-----------|-------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| A 江城潮岸：安全 | A1 智慧岸线     | A1-1 智慧感知监控                                            | 感知设施密度 500 m/km，设定警戒水位 7 m                                                   |
|           | A2 多维观潮     | A2-1 堤外设施观潮                                            | 利用山体、公共建筑等设置观景点，观潮高度不超过 50 m                                                 |
|           |             | A2-2 堤防本体改造                                            | 利用波浪堤、观景廊桥、丁坝等设置感潮点                                                          |
|           |             | A2-3 超级堤                                               | 堤—路—城一体化建设，如采用公园上盖、复合空箱                                                      |
|           | A3 安全堤岸     | A3-1 堤防达标                                              | 全段堤防岸线防洪御潮标准 100%达标（强制性）                                                     |
|           |             | A3-2 堤岸加固                                              | 防洪御潮标准，即海塘塘顶有效宽度：200 年一遇以上原则上不小于 40 m，100 年一遇原则上不宜小于 30 m，50 年一遇原则上不小于 20 m  |
| B 生态绿岸：生态 | B1 立体堤岸     | B1-1 立体堤岸                                              | 多时段利用空间，平时可停车以及设置流动商铺                                                        |
|           | B2 悬挑露台     | B2-1 悬挑露台                                              | 动态使用可淹没空间，平时用以设置亲水项目，大潮期阻水                                                   |
|           | B3 生态驳岸     | B3-1 分级护坡                                              | 堤线宜后退 10 ～ 20 m，将斜坡式堤防改造为分级护坡；湿地比例不低于 50%，自然化驳岸比例不低于 80%                     |
|           |             | B3-2 自然缓坡                                              | 湿地或城市公园段堤线宜后退 20 ～ 50 m，缓和迎水面坡度                                              |
|           |             | B3-3 绿色防汛墙                                             | 对直墙外立面进行景观装饰，墙顶或墙前设置花槽等                                                      |
|           | B4 生态柱桩     | B4-1 生态柱桩                                              | 结合码头建设，利用漂浮植物和特殊材料缠绕柱桩培育水下栖息地                                                |
|           | B5 雨水花园     | B5-1 雨水花园                                              | 服务汇水面积为 0.5 ～ 2.0 hm <sup>2</sup>                                            |
| B6 高标准排水  | B6-1 排水设施标准 | 内涝防治设计重现期为 50 ～ 100 年，积水深度不高于 15 cm，雨水管渠设计重现期为 3 ～ 5 年 |                                                                              |
| C 开放靛岸：开放 | C1 绿道贯通     | C1-1 绿道宽度                                              | 绿道宽度原则上不小于 3 m，局部确保在 2 m 以上；断面宽度有限，建议在 3 种慢行道中至少选择建设 1 种，若断面宽度满足条件则鼓励 3 种均建设 |
|           |             | C1-2 漫步道                                               | 漫步道全线无障碍贯通，宽度不宜小于 1.5 m；纵坡坡度宜≤ 8%，确需超过的应辅以阶梯，高于警戒水位 50 cm 以上                 |
|           |             | C1-3 跑步道                                               | 跑步道宽度宜为 3 ～ 4.5 m，不应小于 1.5 m；条件允许考虑作为临时赛事跑道的宽度不应小于 6 m；纵坡坡度宜≤ 8%             |
|           |             | C1-4 骑行道                                               | 骑行道宜单独设置；长度不宜小于 500 m，双向设置时宽度不宜小于 4 m，单向设置时不宜小于 2 m；纵坡坡度宜≤ 8%                |
|           |             | C1-5 垂江慢行通道                                            | 加密公共空间中的垂江慢行通道布局，通道间距应不大于 120 m                                              |
|           | C2 驿站全覆盖    | C2-1 设施间隔                                              | 驿站间距：城镇段为 500 ～ 1 000 m，乡野段为 3 000 ～ 5 000 m                                 |
| D 活力堤岸：活力 | D1 公共建筑     | D1-1 公共建筑                                              | 适当结合重要节点设置公共建筑，单体占地面积不大于 500 m <sup>2</sup>                                  |
|           | D2 服务设施     | D2-1 遮蔽比例                                              | 遮蔽设施占慢行步道长度的比例不小于 40%                                                        |
|           |             | D2-2 车行限速                                              | 设计车速应不超过 40 km/h，人流密集路段设置减速装置                                                |
|           |             | D2-3 设施规模                                              | 亲子设施场地面积≥ 1 000m <sup>2</sup> ，体育场地面积≥滨江硬质场地的 10%                            |
|           | D3 腹地链接     | D3-1 公共交通可达                                            | 站点与滨江公共空间各出入口距离控制在 50 m，不超过 100 m                                            |
|           |             | D3-2 视线通廊                                              | 保证距蓝线 15 m 内的滨江眺望江景的视觉通畅，主要节点视线通廊宽度不小于 20 m；围栏（非防护型）、高于 1.2 m 大型灌木应逐步拆除      |
|           | D4 活力界面     | D4-1 临江建筑开放                                            | 鼓励临水建筑底层开放，底层开放性比例宜大于 80%                                                    |
| E 人文趣岸：人文 | E1 展示文化遗产   | E1-1 保护风貌                                              | 强制性保护遗址，延续老城风貌，保护视廊                                                          |
|           |             | E1-2 滨水建筑                                              | 滨水建筑檐口高度应控制在 15 ～ 24 m，最高不宜超过 30 m；建筑主要出入口和地块出入口间距不宜大于 40 m                  |

利设施的场景化营造。基于“世界级滨水区域”的建设经验，系统化建构3大场景，包括韧性场景、生态场景和休闲场景，以丰富岸线的利用方式。

### (1) 韧性场景

规划关注水文过程，强调水位涨落的时空特征。针对钱塘江壮观的潮涌特色与安全防护之间的矛盾，规划设计了“生态感潮”和“趣味弄潮”的韧性场景。“生态感潮”场景位于潮差小于 1 m、潮水涨落平缓的闸口以上区段，通过多重堤岸、潮汐公园、潮汐通道、水位地标等方式，允许局部设置弹性设施，如可短暂淹没的码头、可浮动的自适应设施、可快速拆卸移动的临时建筑，通过丰富蓝线外的活动，提供近距离感受水位变化的体验。“趣味弄潮”位于潮差大于 3 m、

潮涌形态多样的七堡以下区段，结合一线潮、回头潮、交叉潮等不同观赏效果，利用山体地形、建筑设施或异形的堤防形态创造多样的观潮体验(图4)。例如，在会展新城设置波浪堤，在增强涌潮的观赏性的同时可以消解超浪的拍击。

## (2) 生态场景

规划通过加强堤防的生态化改造提升江河的生态服务功能。例如：关注堤内消落带区域，优先选种喜水、耐盐、抗风力强的本土植物，丰富多层级滩涂湿地植被群落体系，并通过整理外滩沙洲地形，形成水深不低于 0.3 m 的浅滩，稀疏种植耐淹没植物并控制覆盖率在 25% 以内，营造适合鸟类停歇觅食的浅滩空间；关注圩田季节性淹没，扩大泛洪区，同时引入排涝泵站对江河水位与农

业灌溉渠进行动态控制,保障场地安全;关注连绵村庄区域,构建海绵缓冲带,运用雨天溢流污染 CSO 控制技术,通过提升背水面基底来达到缓解面源污染、控制污染入河的目的。

### (3) 休闲场景

规划通过创建休闲场景加强人类的游园和休闲体验。允许河岸空间的共享,临水可以考虑公共服务设施开发建设,鼓励堤坝复合利用。例如:在亚运村段将内塘水系公园与堤顶改造进行一体化设计,以公园“缝合”江城,促使工程设施“隐藏”于公园景观之中(图5);在钱江新城段以空箱空间代替夯土结构,利用空箱植入停车、商业、文化等服务,补齐公共绿地设施用地短板;在东江嘴段以超级大堤消除“一堵墙”视觉屏障,

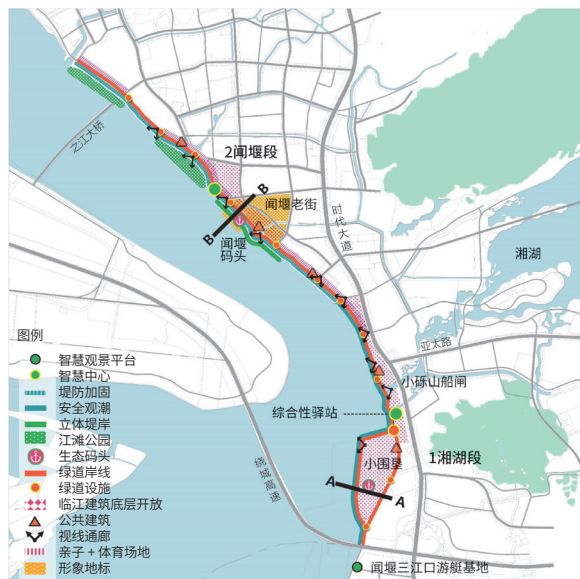


图 2 索引总图

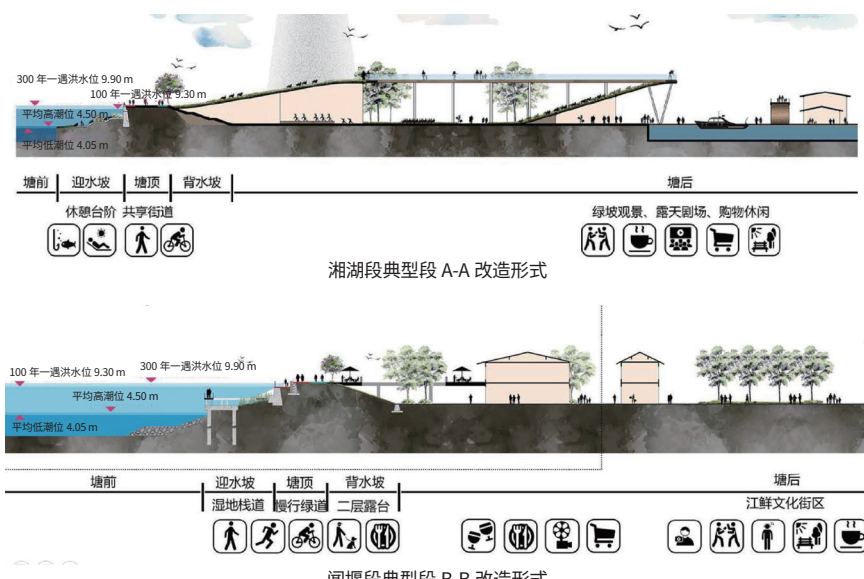


图3 建议性形态设计方案示意图

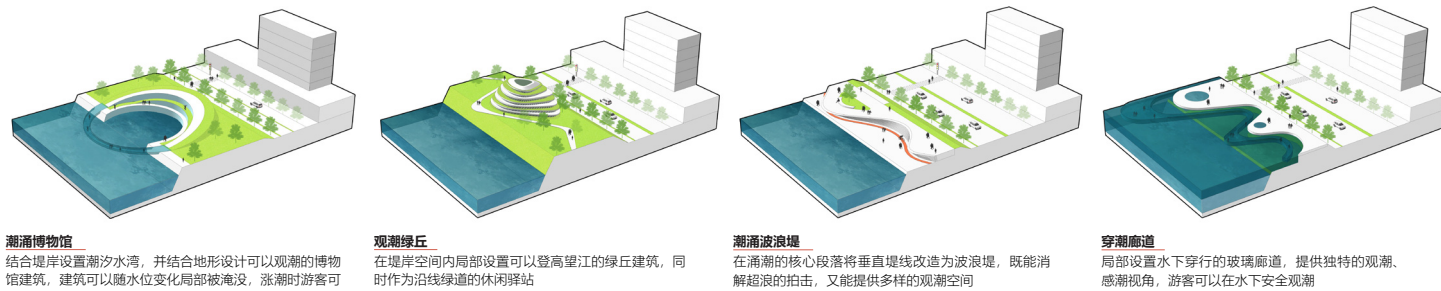


图 4 “趣味弄潮”模式示意图

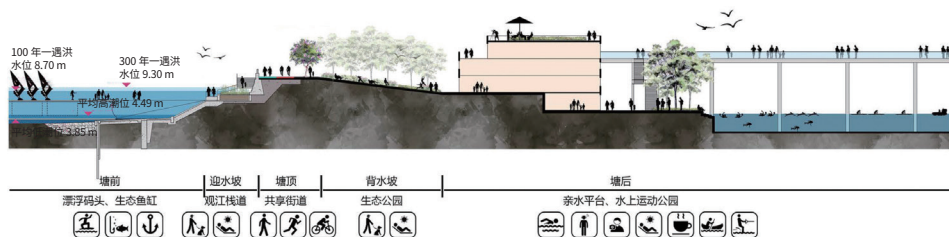


图5 亚运村段堤防改造断面示意图

对老堤进行削坡降高改造，形成三级台地，植入绿道、驿站、商业等设施配套，促进“堤城一体、堤绿一体”。

## 4 结束语

在快速城镇化进程中，以防御为主  
的堤防形态缺少生态性考虑，导致堤城  
割裂、人水分离的现象比较普遍。NbS  
提供了一个重新审视人与自然的理论框  
架，强调关注系统性、底线性和前瞻性，  
让未来空间建立在安全保底、人与生态  
和谐发展的基础上。但是，由于 NbS 集  
成大量概念，其缺少明晰的切入点和实  
施路径。因此，本文尝试以钱塘江堤防  
作为实证对象，针对流域型、长尺度河  
流在要素系统、空间层级和功能需求上  
的多重复杂性，综合考虑水利工程、城  
市规划、景观环境、社会效益，从多层  
次、多视角和多方式进行贯通，从整体  
到局部、从目标到管控、从功能到场景  
进行系统性思考，寻求一种符合滨水地  
区共同利益的集成式解决方案，希望推  
动 NbS 在流域河道方面的具体应用，并  
为其他河道堤防的提升改造提供参考。

(本文研究内容基于中国城市规划设计研究院上海分院与深圳分院共同编制的《杭州市钱塘江堤防及岸线整体提升改造规划》项目总结而成,在此对项目组成员表示感谢。)

## [参考文献]

- [1] 王志芳, 简钰清, 黄志彬, 等. 基于自然解决方案的研究视角综述及中国应用

启示[J]. 风景园林, 2022(6): 12-19.

- [2] COHEN-SHACHAM E, ANDRADE A, DALTON J, et al. Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions[J]. Environmental Science and Policy, 2019, 98: 20-29.
- [3] 林伟斌, 孙一民. 基于自然解决方案对我国城市适应性转型发展的启示 [J]. 国际城市规划, 2020(2): 62-72.
- [4] 陈竞姝. 韧性城市理论下河流蓝绿空间融合策略研究 [J]. 规划师, 2020(14): 5-10.
- [5] 金海, 廖四辉, 刘蓓, 等. 荷兰新《水法》及其对我国的启示 [J]. 中国水利, 2015(6): 59-61, 47.
- [6] 黄延峰. 荷兰奈梅亨市瓦尔河河道拓展项目 [J]. 景观设计学, 2018(4): 86-97.
- [7] BIG 建筑事务所. 纽约下曼哈顿区弹性规划设计 [J]. 城市建筑, 2017(12): 80-85.
- [8] 苟翡翠, 周燕. 近郊型河流景观的生态修复: 以德国德莱萨姆河为例 [J]. 中国园林, 2018(8): 33-38.
- [9] 廖桂贤, 林贺佳, 汪洋. 城市韧性承洪理论: 另一种规划实践的基础 [J]. 国际城市规划, 2015(2): 36-47.
- [10] 胡岳. 韧性城市视角下城市水系统规划应用与研究 [C]// 规划 60 年: 成就与挑战: 2016 中国城市规划年会论文集, 2016.
- [11] 俞孔坚, 许涛, 李迪华, 等. 城市水系统弹性研究进展 [J]. 城市规划学刊, 2015(1): 81-89.
- [12] 马向明, 赵嘉新, 魏冀明, 等. 万里碧道: 生态文明背景下广东河湖水资源一岸协同治理的探索与实践[J]. 南方建筑, 2021(6): 10-21.
- [13] 宁晶. 基于自然的解决方案全球标准中文版及中国实践典型案例发布 [N]. 自然资源报, 2021-06-24(001).
- [14] 罗明, 刘世梁, 张琰. 基于自然的解决

方案(NbS) 优先领域初探[J]. 中国土地, 2021(2): 4-11.

- [15] PAULEIT S, ZÖLCH T, HANSEN R, et al. Nature-based Solutions and climate change: four shades of green[M]//KABISCH N, KORN H, STADLER J, et al. Nature-based Solutions to climate change adaptation in urban areas: linkages between science, policy and practice. Switzerland: Springer Cham, 2017: 29-49.
- [16] 李晓炜, 付超, 刘健. 基于生态系统的适应(EBA): 概念、工具和案例[J]. 地理科学进展, 2014(7): 931-937.
- [17] 马凤娇, 刘金铜, ENEJIA E. 生态系统服务研究文献现状及不同研究方向评述[J]. 生态学报, 2013(19): 5 963-5 972.
- [18] 王军, 杨崇曜. 关于基于自然解决方案的争议与思考[J]. 中国土地, 2022(2): 21-23.
- [19] 胡秀媚, 牛丞禹, 魏冀明, 等. 景观水文视角下河道工程规划设计研究: 以广东万里碧道江门段为例[J]. 南方建筑, 2022(6): 25-33.
- [20] 林伟斌, 孙一民. 荷兰三角洲城市多尺度韧性转型的传承与创新途径研究[J]. 华中建筑, 2020(11): 81-86.
- [21] 张亢, 孙娟, 张振广. 流域型绿道系统协同规划路径: 以上海“一江一河”为例[J]. 规划师, 2021(5): 52-59.
- [22] 刘杰希, 张垒, 阮晨. 城水融合视角下的沿江轴线规划: 以成都沱江发展轴为例[J]. 规划师, 2021(11): 69-75.

[ 收稿日期 ] 2023-03-13;

[ 修回日期 ] 2023-05-29