



基于通航安全风险图谱的 黄浦江河口挡潮闸选址研究

陈潇逸, 蔡相芸, 屈 斌

(上海中交水运设计研究有限公司, 上海 200092)

摘要: 黄浦江河口建设挡潮闸是保障上海城市防洪潮安全的重大水利工程, 工程建设必须适应航运发展的综合需求。为了保证航道畅通和航行安全, 从减少通航条件影响的角度开展工程选址研究。基于工程的重要性及特点, 采用通航安全风险图谱分析法, 对闸区船舶通航进行事故分析、风险因子识别以及风险因素分析, 选取河势稳定、水深条件、水流条件、船舶航路、通航密度、对周边规划的影响、对重要涉水设施的影响、施工条件共 8 大选址关键影响因素进行闸址比选。结果表明, 闸北电厂闸址对航道通航条件的影响相对较小, 从通航角度推荐其作为下阶段的重点研究闸址。研究成果可为项目立项决策及下阶段工程方案的深化研究提供技术参考。

关键词: 通航安全; 事故树法; 拦河建筑物; 航运发展

中图分类号: U641.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)10-0155-09

Site selection of tidal gate at Huangpu River based on navigation safety risk atlas

CHEN Xiaoyi, CAI Xiangyun, QU Bin

(Shanghai Communications Water Transportation Design and Research Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: The construction of a tidal gate at the Huangpu River estuary is a major water conservancy project to ensure the safety of Shanghai's flood prevention and control. The project construction must adapt to the comprehensive needs of shipping development. To ensure the smoothness and safety of navigation, the engineering site selection research is carried out from the perspective of reducing the impact of navigation conditions. Based on the importance and characteristics of the project, the navigation safety risk atlas analysis method is adopted to conduct accident analysis, risk factor identification, and risk factor analysis. Eight key factors affecting gate site selection are extracted, including river stability, water depth conditions, water flow conditions, ship routes, navigation density, impact on surrounding planning, impact on important water related facilities, and construction conditions. The results show that the impact of the Zhabei gate site on the navigation conditions of the waterway is relatively small, and it is recommended as the key research gate site for the next stage from the perspective of navigation. The research findings can provide technical references for project initiation decision-making and the deepening study of engineering schemes in the next stage.

Keywords: navigation safety; accident-tree method; river blocking structure; shipping development

黄浦江是上海市的母亲河、城市名片, 承担着行洪除涝、航运、旅游、供水、生态等综合功能。受潮汐、台风、暴雨和洪水多重灾害叠加影

响, 黄浦江水位已呈趋势性抬高, 两岸现状堤防高程严重不足, 防洪潮形势严峻。2021 年 7 月上海遭受“烟花”台风袭击期间, 黄浦江中上游出现

收稿日期: 2025-01-16

作者简介: 陈潇逸(1996—), 女, 硕士, 工程师, 从事港口航道设计与咨询工作。

超历史高潮位,多处堤防或水闸发生越浪、漫溢等险情,给防汛工作带来了较大压力。经过众多专家学者多年的研究论证,在黄浦江河口建设挡潮闸是彻底解决上海市中心城区防洪潮安全问题的有效工程措施^[1-4]。

黄浦江不仅是流域重要的行洪通道,还是上海市内河“一环十射”航道网的链接中枢和长三角地区高等级航道网的骨干航道。因此,黄浦江河口建设挡潮闸不仅是保障上海城市防洪潮安全的重大水利工程,还必须适应航运发展的综合需求。

回顾黄浦江河口建设挡潮闸选址的前期研究,航运影响因素始终是黄浦江河口建设挡潮闸选址考虑的重点因素之一。在 2000 年的黄浦江河口建闸规划研究阶段,初选吴淞公园与水产码头两处闸址^[5]。基于通航安全考虑,在 2005 年的项目预可行性研究阶段,初选长航锚地闸址方案为推荐方案,该闸址方案位于黄浦江吴淞口以内的河道第一直段中间,对上港张华浜码头、军工路码头的影响相对较小;在 2015 年的吴淞口选址可能性研究阶段,从通航安全考虑,吴淞口区域航运组织十分复杂,对区域通航安全有较大影响;在 2019 年的工程选址研究阶段,结合防洪效益、水流条件、通航影响、用地条件、制约因素等方面的对比分析,研究认为军工路码头闸址为建闸可行性相对较高的方案,可作为首选闸址方案,吴淞码头闸址若能解决搬迁问题,防潮(洪)效益最大,可作为备选闸址方案^[6]。上述选址研究中均把航运影响因素作为关键影响因素之一,考虑到了通航安全、港区运营、船流组织等各项内容,但未针对航运影响因素展开系统性的细化分析。

本文通过构建通航安全风险图谱分析体系,系统梳理通航安全风险因素,聚焦工程建筑物特点,选取工程选址的通航影响关键因素,从通航角度进行工程选址比选分析,旨在为重大工程立项决策提供技术依据。

1 研究思路

黄浦江河口建设挡潮闸的功能主要为挡风暴潮和适应通航,提升城区河段的防潮能力,同时为提升区域、流域行洪排涝能力和应对突发水环境事件创造条件。挡潮闸平时敞开,遇风暴潮启用挡高潮。黄浦江河口挡潮闸的选址涉及城市总体规划、防洪效益、河势稳定、航运影响、征地拆迁、环境影响等多重因素,需统筹兼顾各方面的需求综合确定。

从通航角度来看,本次选址研究的特点在于:1) 涉及重大工程。拟建挡潮闸为兼顾通航的大型拦河建筑物,建设规模较大。2) 涉及重点航道。黄浦江航道地位关键,挡潮闸建设必须适应航运发展的综合需求。3) 结构形式特点突出。该挡潮闸属于拦河建筑物,日常闸门敞开时兼顾通航功能,目前并无可完全依照的水利枢纽兼顾通航的专门规范标准。由于涉及在水中设置闸墩,闸墩的建设将占据黄浦江航道的部分通航宽度,与跨河建筑物的水中设墩结构具有一定的相似性。

对于设置船闸的综合性水利枢纽,保证船舶安全、高效通航是枢纽选址的重点目标,船闸布置要求是影响枢纽选址的主要因素^[7-8]。船闸选址及布置的重点因素包括地形地质、水流条件、与主航道的衔接以及和周边涉水建筑物的相互影响等。对于跨河建筑物选址,选址重点因素包括河势稳定、水深条件、水流条件、航道条件、通航环境等^[9-10]。因此,对于船闸和跨河建筑物的选址要求,涉及因素较多且具有关联性。

本文研究从黄浦江事故风险分析出发,开展闸区航道通航安全风险图谱分析,选取工程选址的通航影响关键因素;根据工程建筑物特点,提取类似的跨河建筑物、通航建筑物等相关规范条文要点,从通航角度提出优化选址方案。根据近期研究成果,在尽可能确保城市防洪效益最大化、剔除空间制约因素的基础上,黄浦江河口挡潮闸的重点研究闸址为吴淞轮渡闸址、闸北电厂闸址。拟比选闸址见图 1。



图 1 拟比选闸址
Fig. 1 Proposed gate sites

2 闸区航道通航安全风险图谱分析

2.1 事故分析

根据上海海事局官网发布信息的不完全统计，2019—2023 年，5 年期间黄浦江水域的水上交通事故合计 17 起。

1) 从事故类型来看, 17 起事故中碰撞事故 13 起 (包含船船相撞、船舶撞击码头或岸线), 占比 76%, 其余为船舶自沉事故 1 起、船员落水等事故 3 起。

2) 从事故等级来看,一般等级水上交通事故 9 起,占比 53%;水上交通小事故及以下 8 起,占比 47%。

3) 从事故发生位置来看, 弯道水域及码头前沿水域为事故频发水域, 弯道水域事故 8 起, 码头前沿水域事故 6 起。需特别注意的是, 弯道水域为碰撞事故的易发地点, 8 起发生于弯道水域的事故中有 6 起造成了码头或岸线遭受船舶撞击而

受损。

4) 从事故原因来看,“人为操纵不当”为主要原因的事故 11 起,占比 64%,包括未在规定航道内行驶、未谨慎驾驶、未使用安全航速、疏忽瞭望、未避让他船、对弯道水域的航行环境判断不足、应急处置不当等;“船机故障或损坏”为主要原因的事故 3 起,占比 18%;“管理不当”为主要原因的事故 3 起,占比 18%。此外,还存在恶劣天气影响、安全意识缺乏、航行环境复杂、船舶流量密集等间接原因。

2.2 风险因子识别

挡潮闸的建设必然会对航道条件及通航环境造成一定影响,为了进行闸区航道通航安全风险分析,研究采用事故树分析方法,从通航安全事故特点及事故原因出发,运用逻辑推理从人-船-环境3大方面对致险因子进行辨识。闸区通航风险图谱见图2。

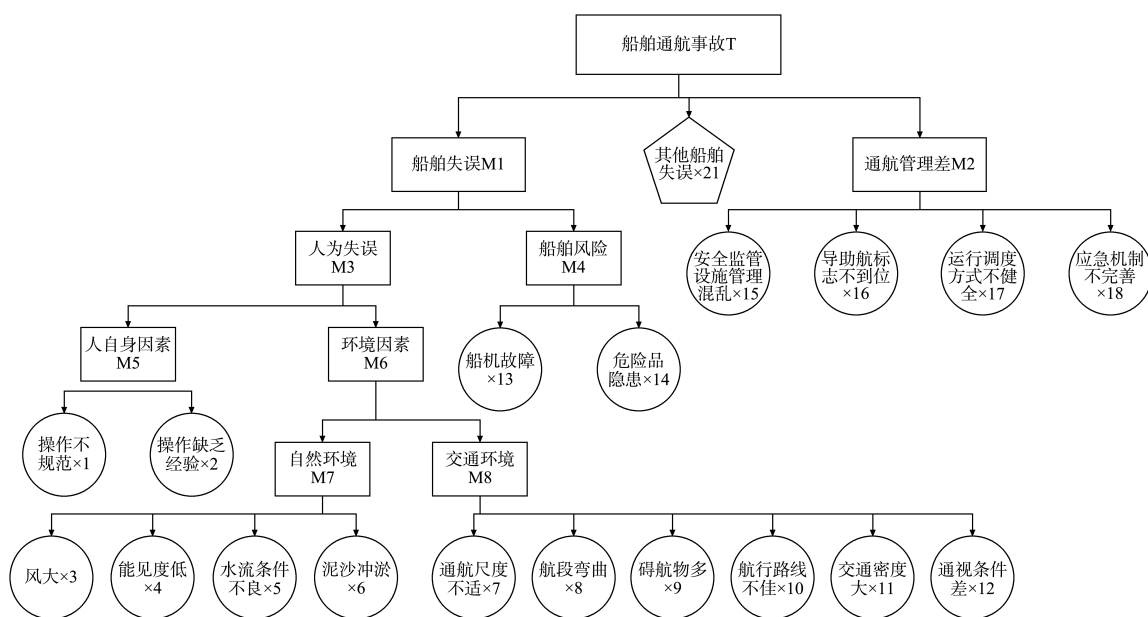


图2 闸区通航风险图谱

Fig. 2 Navigation safety risk atlas of the gate site

2.3 风险因素分析

2.3.1 船舶因素

1) 船机设备。船机设备的可能故障包括发动机故障、推进系统故障、舵机问题以及船舶电子设备故障等,可能造成船舶失去动力、失控或应急响应不及时等。

2) 船舶载货。危险品货物在运输过程中可能引发严重事故,包括货物泄漏、火灾、爆炸等情况,会造成人员伤亡、环境污染以及财产损失。

2.3.2 人为因素

1) 操作规范性。不规范的操作行为包括不按指定航路行驶、超速、不遵守调度指令等,可能导致船舶与其他船舶或水域设施发生碰撞。

2) 操纵经验。船长的操船技艺、对通航环境的熟悉程度也是影响安全性的重要因素,缺乏良好的操船技艺可能导致选择航线不当或操作失误的风险增加。

2.3.3 自然条件因素

1) 风。横向风力造成船舶横倾或偏航,使船舶偏离预定航线,增加与其他船舶或水域设施发生碰撞的风险。

2) 水流。建构筑物布置、闸门操作等因素造成紊流、横流或回流等不利的水流现象,可能导致船舶流致漂移,对船舶的航行轨迹和稳定性产生影响。

3) 泥沙。泥沙淤积可能会导致航道水深减小或产生淤塞现象,从而增加船舶搁浅的风险。

4) 能见度。大雾、雨雪、冰雹等恶劣天气条件会导致能见度不良,船员难以有效地观察和掌握船舶周围的航行动态,增加了与其他船舶或水域设施相撞的风险。

2.3.4 通航条件因素

1) 通航尺度。狭窄水道中船舶之间的避让空间有限,增加了船舶相遇时的危险性;船身在浅水区容易下沉,可能产生艏坐效应。

2) 航道弯曲程度。弯曲航段受到弯道环流影响,水流条件复杂;水深分布往往不均匀,特别是在凸岸侧容易淤积形成浅滩;船舶如果沿着岸壁航行,容易由于岸壁效应导致触底或搁浅。

3) 碍航物。闸墙、底槛以及闸墩等硬质设施是潜在的碍航物。若通航尺度考虑不充分,船舶在航行过程中可能因未能充分预见或适当评估这

些碍航物而导致碰撞、触岸或搁浅等事故。

4) 船舶航路。船舶航路的规划应尽量避免过多的过往船舶航行交叉点。在交叉点过多的区域, 船舶之间的航行冲突和碰撞风险会增加。因此, 在规划航行路线时, 应考虑其他船舶的航行路径和交通密度, 选择相对较空旷的航行区域, 以降低船舶航行的交通风险。

5) 交通流量。交通密度和流量的增加通常会导致航行环境的拥挤, 航行环境复杂程度的增加提高了船舶之间相互碰撞或交通事故的可能性。

6) 通视条件。弯道和凸岸的通视条件直接影响船舶的航行安全。

2.3.5 通航管理因素

1) 导助航标志及监管设施。灯浮、航标、船舶自动识别系统(automatic identification system, AIS)、船舶交通服务(vessel traffic service, VTS)等的配布和运行状况直接影响船舶的航行安全。

2) 运行管理。运行调度方式、通航管理规定以及应急反应速度等因素影响着航行交通秩序和船舶安全畅通航行。

2.4 选址关键影响因素选取

2.4.1 关键风险因素选取

根据前文风险因素识别及分析结果, 不同的风险因素对应的风险管控措施阶段不同。如针对通航尺度因素, 在闸孔通航规模确定时进行重点考虑; 针对通航管理因素, 主要在运营阶段通过制定完善的运行调度规则, 采取相关的安全及应急管理措施, 从而减小通航事故风险。

结合事故发生概率来看, 弯道水域为碰撞事故的主要发生地点, 闸体受船舶撞击受损造成的影响严重, 可能导致挡潮闸在风暴潮来临时无法正常启闭; 同时, 弯道水域凹冲凸淤明显、水深不均衡、水流条件复杂、通视条件较差, 均可能导致船舶操纵难度增加。故航道弯曲程度是风险管控的关键因素之一。此外, 在水中设置的闸墩为潜在的碍航物, 通航密度和航路复杂程度也是

影响闸区航段通航有序性、安全性的重点因素, 在选址研究中也应予以重点考虑。因此, 选取自然条件和通航条件作为工程挡潮闸选址需要考虑的关键风险因素。

2.4.2 规范选址要求分析

挡潮闸建设必然会对航道的通航产生一定的影响。但与一般拦河建筑物不同的是, 挡潮闸日常闸门敞开保持通航, 遇风暴潮关闸不通航。同时, 挡潮闸工程可能涉及在航道范围内设置闸墩, 闸墩的建设将占据黄浦江航道的部分通航宽度, 与跨河建筑物的水中设墩结构具有一定的相似性。

由于暂无水利枢纽兼顾通航的专门规范标准, 根据工程特点, 工程选址研究主要参考《海轮航道通航标准》及 JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》中的相关条文开展研究。

JTS 180-3—2018《海轮航道通航标准》关于船闸选址的相关要求为“船闸应选择在河床、海床和岸线稳定, 泥沙不易淤积的部位建设”; 关于跨越航道建筑物选址的相关要求, 提到“跨越航道建筑物、构筑物应选在航道顺直, 海床、河床稳定, 水流条件平稳, 通航环境良好的航段上”, 并提出跨越航道建筑物、构筑物与航道弯道、分流口、渡口、航线复杂水域和锚泊水域等的距离要求。JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》提出“闸址宜选在地形、地质条件较好, 且顺直、稳定、开阔的河段”“应使船闸具有良好的通航条件”等要求; 对于影响闸址选择的因素, 提出考虑相近涉水建筑物、交叉河流口、水流条件、泥沙淤积、城市布局、施工条件等的影响。

根据工程特点, 综合闸区航道船舶通航风险分析及规范选址要求分析, 提取共性重点要求, 最终选取河势稳定、水深条件、水流条件、船舶航路、船舶通航密度、对周边地块规划影响、对重要涉水设施影响、施工条件共 8 大关键影响因素对闸址进行比选。

3 闸址比选

3.1 河势稳定

吴淞轮渡闸址。该闸址位于黄浦江北港嘴弯顶,在弯道环流的作用下,河床呈现出典型的弯道断面形态^[1]。河槽断面形态极不对称,深槽偏向浦西侧、浦东侧淤积为大片浅滩。若闸址选在此处,采用大尺度的矩形断面形态将对河床进行大幅度调整,而弯道段凹冲凸淤特性较难改变,闸孔的矩形断面形态及其上下游的河道水深较难长期维持,浦东侧闸槛前回淤较严重,河口闸建设难度大、闸门启用前的疏浚量大,维护难度大、效率低,运维难度大。

闸北电厂闸址。该闸址位于黄浦江河口以内第一直段中部,多年以来河床深槽基本稳定,且无明显的刷深与淤积,利于闸位布置。河床平缓且不易淤积,便于闸门启用前的维护以及闸门启闭时间的控制。拟比选闸址处河床形态见图 3。

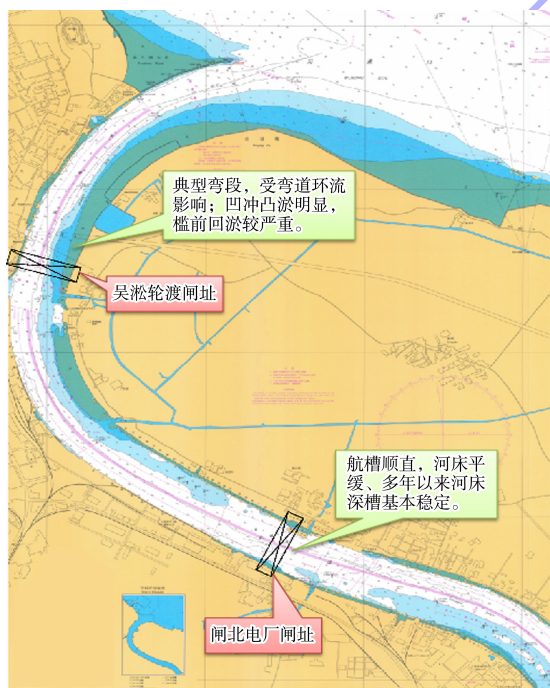


图 3 拟比选闸址处河床形态

Fig. 3 Riverbed form of proposed gate site

3.2 水深条件

吴淞轮渡闸址。该航段浦西侧深槽底高程约-20 m(以黄浦江最低水位为基准),浦东侧浅滩高程-3~1 m,河床断面极不对称,与建闸后矩形断

面形态不适应。

闸北电厂闸址。河底更为平缓,接近矩形,河底高程在-10 m 左右。与工程水深需求更接近,航道断面现状水深高差更小。拟比选闸址水深断面见图 4。

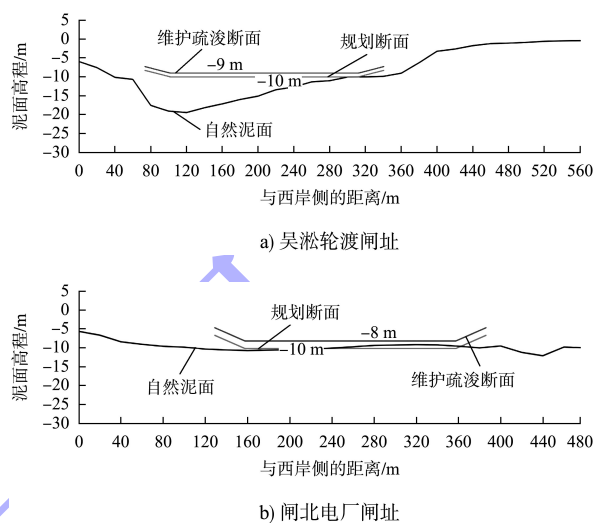


图 4 拟比选闸址水深断面

Fig. 4 Water depth cross-section of proposed gate site

3.3 水流条件

吴淞轮渡闸址。根据 2021 年该处水文调查资料,实测大潮期间断面涨落潮最大流速超过 1.0 m/s,表底层流向夹角大,存在明显的弯道环流,船舶航行横流较大、流态复杂。

闸北电厂闸址。流态更为顺直,流场更为稳定,水流条件较好。

3.4 船舶航路

吴淞轮渡闸址。该段航道位于弯道内,弯曲半径 2 300 m,临近蕴藻浜航道交汇口,紧邻蕴藻浜警戒区。蕴藻浜警戒区内采取环岛式航法,船流复杂,船舶转向、避让操作多,加之地处转弯段,船舶操纵难度高、船舶通航安全风险高,不适宜布置水闸形成硬质边界、束窄航道,闸体受船舶撞击受损的可能性较大。

闸北电厂闸址。航道顺直、航槽居中,通航条件较好,有利于船舶操纵,减小水利枢纽受损的发生概率。拟比选闸址船舶航行轨迹见图 5。



a) 吴淞轮渡闸址



b) 闸北电厂闸址

图 5 拟比选闸址船舶航行轨迹

Fig. 5 Navigation trajectory of proposed gate site

3.5 通航密度

吴淞轮渡闸址。该航段为通航 3 万吨级海轮航段。根据 2021 年 AIS 数据不完全统计资料, 2021 年航经吴淞轮渡闸址断面的总船舶流量为 406 109 艘次(折算约 1 112 艘次/d)。吴淞轮渡闸址附近为船舶通航密集区段, 船流高峰时期上下行重合。未来黄浦江航运功能调整后, 蕰藻浜作为船舶的主要分流通渠道, 蕰藻浜河口至吴淞口段通航船舶将较为密集。

闸北电厂闸址。该航段为通航 2 万吨级海轮航段。根据 2021 年 AIS 数据不完全统计资料, 2021 年闸北电厂闸址附近船舶流量约 326 378 艘次(折算约 894 艘次/d), 通航密度较低。与军工路码头闸址及吴淞轮渡闸址相比, 通航代表船型相对较小。

3.6 对周边地块规划的影响

吴淞轮渡闸址。为上海市主城区预留土地发展空间, 该方案可减少闸外防洪投资。

闸北电厂闸址。相比于吴淞轮渡闸址, 闸外需加高加固的防洪岸线相对更长。本在吴淞创新城规划范围内, 并未提供土地增量。

3.7 对重要涉水设施的影响

吴淞轮渡闸址。浦西侧为规划保留的吴淞客运中心码头, 且受到外环隧道、高压线、规划原水管等多种制约因素的影响。尤其是外环隧道, 必须考虑外环隧道同步更新建设的问题, 不仅闸隧之间的建设和运行存在相互影响, 且合建方案外环隧道封闭时间较长, 对上海北部区域的交通影响重大。且工程施工及运营期的河势冲淤变化对上下游管线、隧道的影响较大。

闸北电厂闸址。该闸址避开了军工路港区, 浦西侧为闸北电厂, 浦东侧为上海长江轮船公司吴淞船厂。闸北电厂由于供电结构调整, 燃煤、燃油机组已停产, 部分地块及码头具备建闸用地的可行性。吴淞船厂码头其岸线及后方陆域也具备建闸用地的可行性。闸址处现状为黄浦江深水航道“1 号掉头区”, 存在调整的可能性。

3.8 施工条件

吴淞轮渡闸址。两侧闸门墩分期施工, 需分别设置临时围堰, 临时围堰必然会缩小通航宽度, 需开挖临时航道。浦西侧闸门墩施工时, 浦东侧浅滩范围较大, 开挖成临时航道的影响面广, 实施难度大, 工程量大, 成本高。

闸北电厂闸址。航道深槽更居中, 水深条件更好, 分期施工条件更具备可行性。

3.9 方案对比

综合上述分析, 从减少对航道通航条件的影响角度, 推荐闸北电厂闸址作为重点研究闸址。选址方案对比见表 1。

表 1 选址方案对比
Tab. 1 Comparison of site selection

选址方案	河势稳定	水深条件	水流条件	船舶航路	
吴淞轮渡闸址	-	-	-	-	
闸北电厂闸址	√	√	√	√	
分析结论	闸北电厂闸址河势更为稳定,河床平缓且不易淤积的特性利于闸门启用前的维护	闸北电厂闸址水深与工程水深需求更接近,航道断面现状水深高差更小	闸北电厂闸址水流条件相对较好	闸北电厂处航道顺直、远离航道交汇口,有利于船舶操纵,减小水利枢纽受损的发生概率	
选址方案	船舶通航密度	对周边地块规划的影响	对重要涉水设施影响	施工条件	优势点合计
吴淞轮渡闸址	-	√	-	-	1
闸北电厂闸址	√	-	√	√	7
分析结论	闸北电厂闸址船舶通航密度略低、通航代表船型相对较小	吴淞轮渡闸址土地利用及防洪效益更高,对黄浦江两岸滨江建设更有利	闸北电厂闸址对周边重要涉水设施影响相对较小	闸北电厂闸址施工条件更具可行性	闸北电厂闸址对航道通航条件的影响相对较小,故从通航角度推荐闸北电厂闸址作为下阶段的重点研究闸址

4 挡潮闸建设对航道与通航安全的影响

挡潮闸的建设涉及在黄浦江航道范围内建设实体结构,将束窄航道边界与现状可通航水域范围,涉及闸区航道及上下游航段的地形塑造与河势变化,工程的建设将对航道通航条件有所影响,其影响程度不仅与工程选址相关,还与通航孔布置、闸型方案以及通航规模等密切相关。在挡潮闸关闸挡风暴潮期间,船舶基本已撤离或处于原地抗台状态,对船舶通航影响较小;而在挡潮闸平时敞开期间,通航规模与黄浦江通航需求及航运发展的适应性、通航孔布置对通航安全的影响等问题均需重点研究。此外,工程施工期间,可能涉及较长时间、较大范围的通航水域占用,施工期的通航安全保障方案也有待进一步开展专项研究。

因此,基于重点选址方案,针对工程施工、运营及维护的不同阶段,在后续工程方案研究中应充分考虑通航影响,通过优化工程方案与配套保障措施,协调建闸防洪功能和通航功能,合理利用和有效保护水运资源,保障通航安全。

5 结论

1) 本文构建闸区航道船舶通航风险图谱,从通航安全事故特点及事故原因出发,运用逻辑推

理,从人-船-环境3大方面得到致险因子,归纳为船舶因素、人为因素、自然条件因素、通航条件因素、通航管理因素5大类。

2) 基于通航安全风险图谱分析并结合规范选址要求,系统梳理并选取河势稳定、水深条件、水流条件、船舶航路、船舶通航密度、对周边地块规划影响、对重要涉水设施影响、施工条件共8大关键影响因素作为闸址比选的重点要素。

3) 从8大关键影响因素进行闸址比选,从保护航道资源、保障通航安全角度分析,闸北电厂闸址对航道通航条件的影响相对较小,推荐闸北电厂闸址作为重点研究闸址。

参考文献:

[1] 邵常坎. 解决上海市区防洪问题的设想[J]. 中国水利, 1984(5): 17-19.
SHAO C K. Assumption of solving the flood control problem in Shanghai urban area [J]. China water resources, 1984(5): 17-19.
[2] 崔冬, 赵庚润, 卢永金. 黄浦江河口建闸挡潮效果初步分析[J]. 水利水电科技进步, 2012, 32(1): 54-57.
CUI D, ZHAO G R, LU Y J. Preliminary analysis of efficiency of construction of a tidal sluice in estuary of Huangpu River[J]. Advances in science and technology of water resources, 2012, 32(1): 54-57.

- [3] 韩景. 感潮河道河口建闸对水动力影响研究[J]. 水利技术监督, 2022, 30(8): 160-166, 171.
- HAN J. Study on the influence of sluice construction on hydrodynamic forces in tidal river estuary [J]. Technical supervision in water resources, 2022, 30 (8): 160-166, 171.
- [4] 缴健, 窦希萍, 丁磊, 等. 海平面上升背景下黄浦江防洪能力提升研究[C]//第二十一届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集(下). 青岛: 中国海洋大学出版社, 2024: 353-357.
- JIAO J, DOU X P, DING L, et al. Research on enhancing the flood control capacity of Huangpu River under the background of sea level rise [C]//Proceedings of the 21st China Marine (coastal) Engineering Academic Symposium (Part 2). Qingdao: China Ocean University Press, 2024: 353-357.
- [5] 陈美发. 黄浦江河口建闸工程规划研究[J]. 水利水电科技进展, 2001, 21(5): 12-13, 64-69.
- CHEN M F. Planning for tide gate project at the Huangpujiang River Estuary [J]. Advances in science and technology of water resources, 2001, 21 (5): 12-13, 64-69.
- [6] 季永兴. 黄浦江河口建闸研究 40 年回顾与展望[J]. 水利水电科技进展, 2023, 43(5): 1-9, 87.
- Ji Y X. Review and prospect of research on sluice construction at Huangpu River Estuary in past 40 years[J]. Advances in science and technology of water resources, 2023, 43(5): 1-9, 87.
- [7] 吴澎, 张珊, 罗少桢, 等. 航电枢纽工程选址与布置[J]. 水运工程, 2011(9): 185-188.
- WU P, ZHANG S, LUO S Z, et al. Site selection and layout of navigation-power junction [J]. Port & waterway engineering, 2011(9): 185-188.
- [8] 赵铭. 漕河船闸选址及平面布置研究[J]. 中国水运, 2023(21): 57-59.
- ZHAO M. Study on site selection and layout of Luohe shiplock [J]. China water transport, 2023(21): 57-59.
- [9] 裴金林, 李靓亮, 赵维阳, 等. 沪通铁路长江大桥工程河段航道条件及桥墩布置方案[J]. 水运工程, 2012(3): 108-114.
- PEI J L, LI L L, ZHAO W Y, et al. Shanghai - Nantong railway bridge channel condition and bridge pier arrangement [J]. Port & waterway engineering, 2012(3): 108-114.
- [10] 缪吉伦, 张晓明, 王召兵. 桥梁建设对内河通航条件影响研究[J]. 水运工程, 2004(9): 66-69.
- MIAO J L, ZHANG X M, WANG Z B. Influence of bridge construction on river's navigation condition [J]. Port & waterway engineering, 2004(9): 66-69.
- [11] 黄峰, 闫孝廉, 杨坤, 等. 黄浦江河口建闸方案对河势演变影响的研究[J]. 人民黄河, 2022, 44(S2): 26-28.
- HUANG F, YAN X L, YANG K, et al. Study on the influence of sluice construction scheme on river regime evolution in Huangpu River estuary [J]. Yellow River, 2022, 44(S2): 26-28.

(本文编辑 王传瑜)

声 明

近期不断发现有人冒用《水运工程》编辑部名义进行非法活动, 他们建立伪网站, 利用代理投稿、审稿等手段进行诈骗活动。《水运工程》编辑部郑重声明, 从未委托第三方为本编辑部约稿、投稿、审稿。《水运工程》编辑部唯一投稿网址: www.sygc.com.cn, 敬请广大读者和作者周知并相互转告。

《水运工程》编辑部