

深中通道桥梁工程施工期航标设计研究

闫科谛, 刘强, 胡鹏

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 跨海大桥工程施工区域占用水上空间大, 周边通航条件复杂, 需要通过合理布置助航标志降低安全风险。本文结合深中通道项目工程实例, 以兼顾施工作业与船舶通航安全为原则, 对桥梁工程施工水域航标配布设计开展研究, 分析影响施工区域布标的要素, 提出布标方案, 总结设计要点, 为相似工程提供借鉴与参考。

关键词: 跨海大桥; 深中通道; 施工期; 航标; 通航安全

中图分类号: U44 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 03—0099—03

随着我国交通行业的发展, 各种跨海大桥、海底隧道等大型水上工程越来越多, 桥梁工程施工期间通常会占用一部分通航水域。如何保障施工作业与通航安全是施工期间需要考虑的重要问题。航标是帮助引导船舶航行、定位和标示碍航物与表示警告的人工标志。在桥梁施工期间合理布置助航标志对施工作业及船舶通航安全有重要意义。

目前国内外关于桥梁通航导助航设施设计的相关规范及研究主要针对运营期, 施工期的航标配布设计尚无具体规范, 对此类问题的研究也较少。《海区浮动助航标志配布导则》规定, 海上作业区影响船舶通航安全的, 应在作业区周边或靠近航道(路)一侧适当位置设置海上作业区专用标志^[1], 但对专用标志的设置要求并未详细规定。黄炎潮、谢华东对港珠澳大桥施工期间龙鼓西水道临时航路的航标设计进行了研究^[2]。李勤荣对深中通道施工及营运期间的航标布设方案进行了初步研究^[3], 但由于其论文发表时深中通道施工并未全面开展, 故文中提出的方案偏向于理论性指导, 与实际情况有所差别。

本文结合深中通道桥梁工程建设实例, 对跨海大桥施工期施工水域航标配布设计进行研究, 总结实践经验,

为今后类似工程提供借鉴和参考。

1 工程概况

深中通道项目全长约 24km, 其中桥梁工程全长 15.43km, 共 157 个桥墩。主要包括东泄洪区非通航孔桥、伶仃洋大桥、西泄洪区非通航孔桥、跨浅滩区非通航孔桥、中山大桥几部分。自东向西分为 S04 ~ S06 三个施工标段。

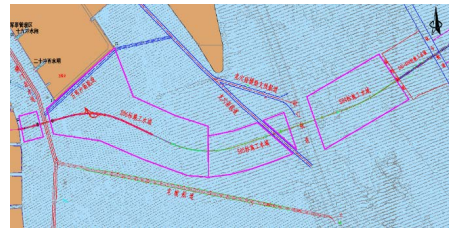


图 1 深中通道桥梁工程施工水域及通航环境平面图

2 工程建设区域船舶交通环境分析

桥梁工程施工区域跨越多条航道, 深中通道施工水域附近航道的日交通量如下表所示。通过数据统计及船舶 AIS 轨迹图可知, 施工水域及周边区域船舶交通量较大, 且航行方向不集中, 部分区域船舶航行随意性较大。施工水域通航条件非常复杂, 如何合理布置助航标志对

应结合桥梁的跨度及墩身高度进行综合选择, 对于跨度较大、主墩墩身高度较小时, 应尽量选刚度较小的构造, 避免梁体出现偏心受拉构件; 对于高墩的连续刚构, 则宜采用刚度较大的构造。

参考文献:

[1] 延力强; 高速铁路矮墩大跨连续刚构拱桥设计研究 [J];

铁道标准设计; 2016, 60(3): 56-60

[2] 李明; 连续刚构双薄壁矮墩的设计参数研究 [J]; 中国水运; 2021, 21(6): 127-128

[3] 钟亚伟, 陈思孝, 向律惜; 铁路大跨双薄壁矮墩连续刚构桥设计研究 [J]; 高速铁路技术; 2018, 9(3): 59-62

保障施工安全及船舶通航安全至关重要。

表1 深中通道施工区域附近航道船舶日交通量统计表

航道	伶仃航道	龙穴南航道	横门东水道
日交通量(艘次)	280	85	180

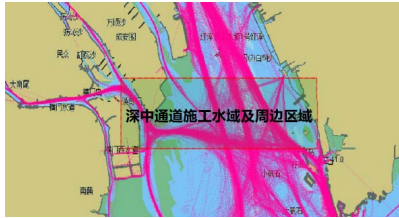


图2 深中通道施工水域附近船舶AIS轨迹图

3 施工区航标配布设计

桥梁工程自东向西分为S04 ~ S06三个施工标段。

3.1 S04 标段施工水域航标配布设计

S04 标段施工水域东西长约 3.7km。施工水域西侧底高程约 -6.3 ~ -4.7m (85 高程系, 下同), 东侧底高程约 -14.5 ~ -10m。东侧水深条件较好, 根据 AIS 流量统计, 该区域年化交通流为 21276 艘, 日均 58.3 艘。这表明此位置虽未规划航道, 但已成为部分船舶的习惯性航路。为兼顾施工作业与通航安全, 在施工水域东侧设置临时航道。

根据船舶数据统计, 此位置通航船舶吨级为 3000t 级以下占比为 98%, 故临时航道通航等级设为 3000t 级船舶单向通航, 通航宽度 107 ~ 133m, 共布置 5 对侧面标。

施工水域西半部分在北侧边界布置 4 座施工专用标, 南侧边界布置 5 座施工专用标, 相邻施工标间距约 0.3n mile。施工区东半部靠近临时航道且水深条件良好, 为减小无关船舶误入施工区的概率, 需要加密施工专用标, 北侧边界布置 4 座施工专用标, 南侧布置 5 座施工专用标, 间距为 130m。S04 标段施工区共布置 18 座施工专用标。

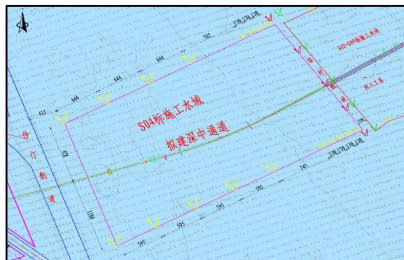


图3 S04 标段施工水域航标配布示意图

3.2 S05 标段施工水域航标配布设计

S05 标段施工水域东西宽度约 3.5km。龙穴南航道为 3000 吨级航道, 从施工区域穿过, 将施工水域分为

两部分。

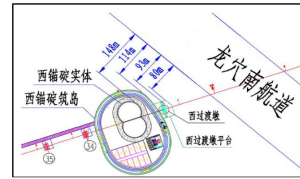


图4 伶仃洋大桥西锚碇与龙穴南航道位置关系示意图

伶仃洋大桥西锚碇及过渡墩距离龙穴南航道最近距离约 80m, 西锚碇在施工期间施工船舶来往很频繁, 与航道通航船舶之间存在碰撞风险, 需采取措施降低风险概率。

若将航道整体改线, 则开挖疏浚量较大, 所需投资大。为兼顾投资与通航安全, 在施工区域北侧建设龙穴南辅助支线航道, 通航等级为 1000t 级船舶双向通航, 将原来在龙穴南航道通航的 1000t 级以下的船舶分流至辅助支线航道, 减少龙穴南航道的船舶流量, 降低事故风险。开通辅助支线航道相对于航道整体改线投资减少约 31%。

表2 龙穴南航道整体改线与建设辅助支线航道投资对比

方案	疏浚量 (万 m ³)	工程投资 (万元)
航道整体改线	341.20	7742.08
支线航道分流	211.37	5307.12

由于龙穴南航道从施工区域穿过, 因此该施工区域靠近航道的边线采用航道侧面标进行标识, 在航道两侧施工水域角点分别设置 H1 ~ H2、H9 ~ H10 两对侧面标, 同时将航道原有的 1# ~ 2#、3# ~ 4# 两对侧面标移动至新设侧面标之间, 相邻侧面标间距约 600m。龙穴南航道西侧施工区域北边线布置 2 座施工专用标, 南边线布置 4 座施工专用标, 间距为 0.5n mile 左右。龙穴南航道东侧施工区域水深较西侧深, 且此区域位于龙穴南航道与伶仃航道之间, 通航情况较复杂, 施工专用标适当加密, 共布置 2 座施工标, 间距约 0.25n mile。

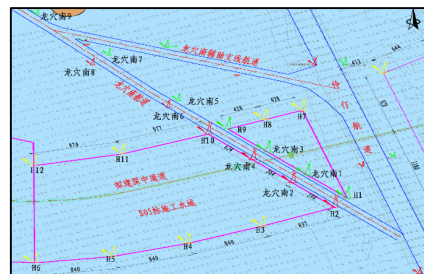


图5 S05 标段施工水域航标配布示意图

3.3 S06 标段施工水域航标配布设计

S06 标段施工水域东西宽度约 7.2km, 横门东水道

将其分为东西两部分，横门东水道现状满足 3000 吨级海轮通航。在施工水域西北侧存在一条沿岸的小型船舶航道，为万顷沙南航道，共布置万顷沙南 1# ~ 6# 六座侧面灯桩，通航船舶为 300 吨以下的内河船。

横门东水道船舶流量较大，为提高施工水域通航安全性，施工水域边界与航道边线距离约 140m。在施工区南北边界距离深中轴线 500m 的角点处新增两对侧面标（编号 HM1# ~ 4#）。在中山大桥主墩施工平台上布置四个灯桩（编号 PT1# ~ 4#），标志类型为侧面标，用来指示平台位置并指引船舶通航，减少船舶误撞概率。万顷沙南航道位于施工区内，船舶流量小，在施工期间将其封航，原有通航船舶可经横门东水道—龙横航道—伶仃航道—龙穴南航道到达原航道终点。在航道与施工水域南北交界处分别布设两座禁航灯桩 J1、J2。万顷沙南航道其余灯桩按《中国海区水上助航标志》规定改造为孤立危险物标志，灯质为白光。

S06 标段东侧施工水域主要为浅滩区，水深很浅，故此区域北侧边界布置 2 座施工专用标，南侧布置 3 座施工专用标，相邻航标间距约 1n mile。施工水域东侧边界与 S05 标施工水域西侧边界重合，可重叠利用其西侧边界两座专用标。S06 标段西侧施工水域东边界布置两座侧面标（HM2、HM4），东侧边界靠近岸边，且水深较浅，船舶流量小，可不布置航标，在南北两侧布置警戒船即可。

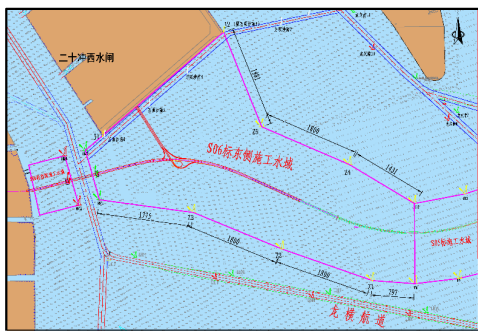


图 6 S06 标段施工水域航标配布平面图

4 桥梁工程施工区航标设计要点

(1) 施工区域的航标配布应根据区域水深、船舶流量合理布置。航标的布置有两面性，布置合理有助于船舶通航，相反则会碍航。应根据区域具体情况和实际需要，合理选择间距。施工专用标布置距离与区域水深、船舶流量成反比。在水深较深、船舶流量较大的区域应该适当加密布置，相反则间距可适当加宽，但一般不应

超过 1n mile。另外在水深条件良好，虽未规划航道但实质上已成为船舶习惯性航路的区域，若船舶流量较大，应考虑设置临时航道。

(2) 施工区域跨越航道时应兼顾航道通航需求，采取相应措施降低通航风险。施工区域跨越航道对航道通航安全及施工水域作业安全均有较大影响。施工区域边界应与航道保持足够间距。在空间不足的情况下，则应考虑将航道临时改线，有条件的水域可设置辅助支线航道，减少船舶流量。对于通航等级不高的航道，若影响可控，可以考虑施工期间临时封航。

(3) 航标设计应与其他通航安全保障措施紧密结合。航标作为通航安全保障措施中的一种，应与其他保障措施紧密配合。如在临时栈桥和施工平台上布置警示灯带，爆闪灯等设施，与航标灯配合可显著提高施工区夜间警示效果。另外航标设计方案还应与现场警戒船配布方案统筹考虑。

5 结论与展望

深中通道作为世界级的特大型跨海通道，横跨的珠江口水域是我国沿海航线最密集、船舶密度最大、通航船舶种类最多的水域之一，通航环境非常复杂。本文结合深中通道桥梁施工各标段所在区域的水深条件、通航情况等要素，对各施工区助航标志进行了合理布置，兼顾了水域通航安全与施工作业安全，分析了桥梁工程施工期航标设计的要点，为今后的类似工程提供参考与借鉴。

参考文献：

- [1] GB-T 26781-2011 海区浮动助航标志配布导则 [S].
- [2] 黄炎潮, 谢华东. 港珠澳大桥岛隧工程龙鼓西水道临时航路航标设计 [J]. 水运工程, 2019, 56(9): 76-80.
- [3] 李勤荣. 深中通道建设期间航标布设方案研究 [J]. 珠江水运, 2018(03): 72-73.