

通航条件影响评价中穿越工程 埋设深度符合性论证

马晓雪^{1,2}

(1. 交通运输部天津水运工程科学研究所, 天津 300456; 2. 天津水运工程勘察设计院有限公司, 天津 300456)

摘要: 本文以天津市地铁某线隧道工程穿越海河段为例, 以不同行业标准规范作为评价标准, 论证隧道工程埋设深度的符合性, 并提出航道通航安全保障措施, 以期类似穿越工程通航条件影响评价技术参数论证提供参考。

关键词: 地铁; 隧道; 穿越工程; 埋设深度; 通航条件影响

中图分类号: U612.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 12—0149—02

根据《中华人民共和国航道法》、《航道通航条件影响评价审核管理办法》相关要求, 在新建、改建、扩建与航道有关的工程前, 建设单位应根据国家有关规定和技术标准规范, 论证评价工程对航道通航条件的影响。作为穿越航道的地铁隧道工程, 隧道全部埋于河床以下, 其覆土厚度不仅直接影响隧道工程的安全性, 同时也影响航道的通航条件。

因内河航道规划年限一般约为 20 年, 而隧道使用年限近百年, 如隧道工程顶部埋设深度不够, 将会严重限制未来航道等级的提升^[1], 且对航道日常维护性疏浚存在制约。埋设深度作为航道通航条件影响评价的重要论证指标之一, 应综合考虑工程河段航道及港口规划、工程地质条件、航道等级、通航代表船型、船舶锚击深度、极限冲刷深度等^[2-3]。本文以天津市地铁某线隧道工程为例, 从不同专业规范对地铁隧道工程埋设深度进行符合性论证, 并提出相应的安全措施。

1 研究背景

该地铁区间采用盾构法下穿海河、海河护岸桩, 区间左右线平行布置, 隧道结构采用通用楔形管片, 外径 6200mm。穿越处海河河道宽约 160m, 现状河道最低处高程为 -6.98m。规划为内河 VI 级航道, 通航代表船型为 190 座客船。护岸桩位于河道两岸, 为 $\phi 600$ mm 钻孔灌注桩, 桩底高程均为 -9.0m。区间隧道顶部距护岸桩底最小距离为 7.84m, 河底距隧道顶部最小距离约为 10.44m。穿越处海河设计最高通航水位 4.02m, 设计最低通航水位 1.03m。

2 埋深规范要求

2.1 《内河通航标准》(GB 50139-2014)

在航道和可能通航的水域内布置水下过河建筑物, 应埋置于河床内, 其顶部设置深度, VI 级和 VII 级航道不应小于 1m。

2.2 《地铁设计规范》(GB 50157-2013)

地铁地下结构应结合施工方法、结构形式、断面大小、工程地质、水文地质及环境条件等因素, 合理确定其埋置深度及与相邻隧道的距离, 并应符合下列规定; 当无法满足时, 应结合隧道所处的工程地质、水文地质和环境条件进行分析, 必要时应采取相应的措施:

(1) 盾构法施工的区间隧道覆土厚度不宜小于隧道外轮廓直径;

(2) 盾构法施工的并行隧道间的净距, 不宜小于隧道外轮廓直径;

2.3 《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》(GB 50652-2011)

城市轨道交通地下工程环境影响的风险主要指建设活动导致周边区域的建(构)筑物发生影响或破坏, 地下工程环境影响的风险等级需根据城市轨道交通地下结构与工程影响区范围内环境设施的重要性、位置关系、地下结构类型与施工方法等因素划分。考虑轨道交通地下工程与工程影响范围环境设施的相互邻近程度及相互位置关系, 考虑不同地下工程施工方法, 分析确定的邻近距离特征及影响特性关系见表 1。

表 1 不同施工方法与周围环境设施的邻近关系

施工方法	非常接近	接近	较接近	不接近	说明
明挖法/盖挖法	<0.7H	0.7H~1.0H	1.0H~2.0H	>2.0H	H 为地下工程开挖深度或埋深
矿山法(包括钻爆法、浅埋暗挖等)	<0.5B	0.5B~1.5B	1.5B~2.5B	>2.5B	B 为矿山法隧道毛洞宽度, 当隧道采用爆破法施工时, 需研究爆破振动的影响
盾构法/顶管法	<0.3D	0.3D~0.7D	0.7D~1.0D	>1.0D	D 为隧道的外径
沉井法	<0.5H	0.5H~1.5H	1.5H~2.5H	>2.5H	H 为地下结构埋深

3 符合性论证

根据《海轮航道通航标准》^[4]，隧道工程埋设深度应考虑自然水深与航道设计水深的关系、航道冲刷深度以及安全富裕深度。埋设安全距离见图 1。

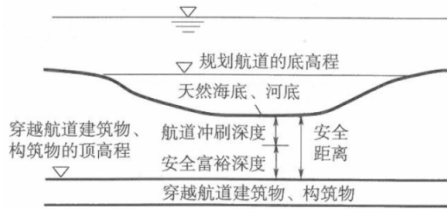


图 1 穿越航道建筑物、构筑物埋设安全距离示意图

根据最新测图，现状河底最低点高程为 -6.98m，低于规划 VI 级航道设计底高程。因此，本报告埋深符合性以河道最低点 -6.98m 进行论证。

埋设安全距离 = 现状河道底高程 - 航道冲刷深度 - 安全富裕深度。

3.1 航道冲刷深度

经防洪评价计算^[5]，现状河道下一次设计标准洪水、涝水造成的河道最大冲刷水深分别为 5.37、3.46m，均小于最大水深，因此本河段各工况的一般冲刷深度为 0。

3.2 安全富裕深度

根据《海轮航道通航标准》，安全富裕深度不应小于 2m，同时不应小于锚击深度。穿越处海河规划为 VI 级航道，设计代表船型为 100t 级内河船，应急情况下内河船抛锚深度可能大于正常情况下的抛锚深度，所以应急抛锚船型采用 300t 级内河船。根据挪威船级社的数据，船舶 t 级与锚的重量关系见图 2。不同底质、不同锚重的船舶抛锚入土深度见图 3。

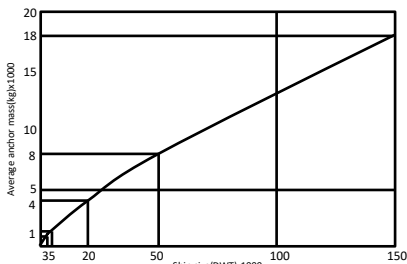


图 2 船舶吨级与锚重关系示意图

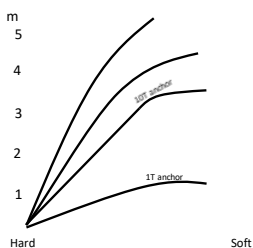


图 3 锚重与抛锚入土深度关系示意图 (Hard: 硬底质; Soft: 软泥底)

300t 级船舶锚重约 0.1t，硬质土入土深度约为 0.2m、软土入土深度约 1.0m。参照地质资料，工程位置的河床以黏性土为主，即锚击深度按最大值取 1m。因此，安全富裕深度取 2m。隧道顶部距护岸桩、河底的距离见表 2。埋设深度符合性论证见表 3。

表 2 隧道左右线顶部距护岸桩、河底距离表

序号	位置	参数	穿越段左线 (m)	穿越段右线 (m)
1	南侧护岸桩	桩底高程	-9.0	-9.0
		对应隧道顶高程	-17.85	-17.78
		隧道顶部距桩底距	8.85	8.78
2	北侧护岸桩	桩底高程	-9.0	-9.0
		对应隧道顶高程	-17.06	-16.84
		隧道顶部距桩底距	8.06	7.84
3	现状航道最低点	现状河底高程	-6.98	-6.98
		对应隧道顶高程	-17.55	-17.42
		安全距离	2.0	2.0
		隧道顶部覆土厚度	8.57	8.44

表 3 埋设深度与论证值符合性一览表

计算最小埋设深度	采用标准规范	规范要求	结论
左线: 8.57m 右线: 8.44m	《内河通航标准》	1m	满足
	《地铁设计规范》	地铁隧道外径=6.2m	满足
	《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》	> 1.0 倍地铁隧道外径=6.2m	满足

4 结语

本项目地铁隧道工程埋设深度满足不同行业标准规范的要求，且采用盾构法施工无涉水项目，因此对航道通航条件及通航安全基本无影响，但仍应加强对隧道埋设范围内通航安全及航道维护性疏浚的相应管理。在隧道工程上、下游适当距离设立警示标志，禁止船舶在隧道上下游安全范围内进行抛锚和拖锚航行。本文为类似穿越工程论证埋设深度提供思路，若隧道穿越的是开敞海域且交通繁忙的航道，其中锚击深度应采用有限元等方法进行专题论证以取得更为准确的数据。

参考文献:

- [1] 张威, 陈建军. 穿越中小型内河航道隧道工程布设方案对航道的影响分析 [J]. 中国水运, 2016, 16(12): 206-207.
- [2] 朱作坤. 广州某过江隧道埋设深度计算及缓解措施探讨 [J]. 中国水运, 2021, 21(6): 139-140.
- [3] 张鹏, 胡家顺, 谭凤, 等. 甬舟铁路海底隧道穿越金塘水道埋深尺度论证 [J]. 水运工程, 2021(10): 48-53, 110.
- [4] 中交水运规划设计院有限公司. 海轮航道通航标准: JTS 180-3-2018 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2018.
- [5] 黄河勘测规划设计研究院有限公司. 天津地铁 11 号线一期工程穿越海河防洪评价报告 [R]. 天津: 黄河勘测规划设计研究院有限公司, 2021.