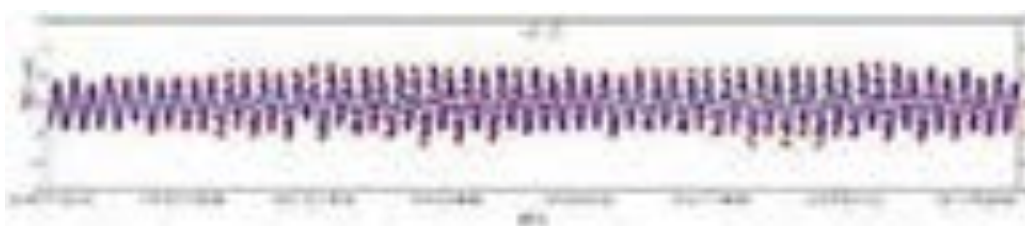
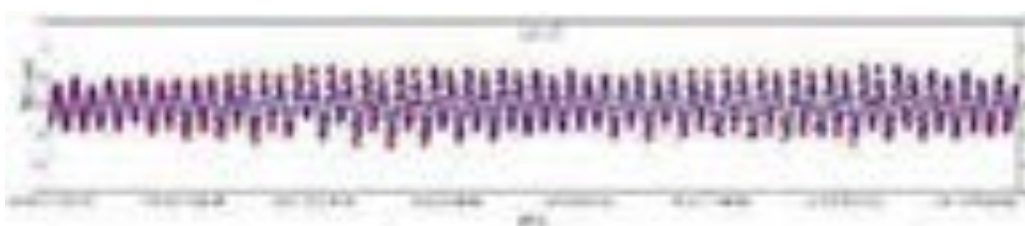


4.1.3 模型验证

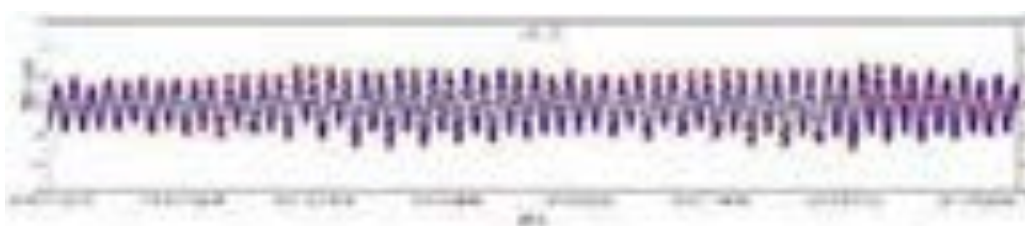
(1) 潮位验证



(a) T1 潮位站潮位验证



(b) T2 潮位站潮位验证



(c) T3 潮位站潮位验证

图 4.1-3 潮位站潮位验证

潮位验证采用 2020 年 12 月小嶝岛 (T1)、和平码头 (T2)、围头角 (T3) 3 个水位测站采集的观测资料, 高程基准面为当地平均海平面 (MSL)。从图中可以看出, 计算值与实测值吻合良好, 各站点误差在 3%~8% 之间, 符合《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》(JTS/T231-2-2010) 相关误差要求, 证明模型合理。

(2) 潮流验证



(a) V1 站点



(b) V2 站点



(c) V3 站点



(d) V4 站点



(e) V5 站点



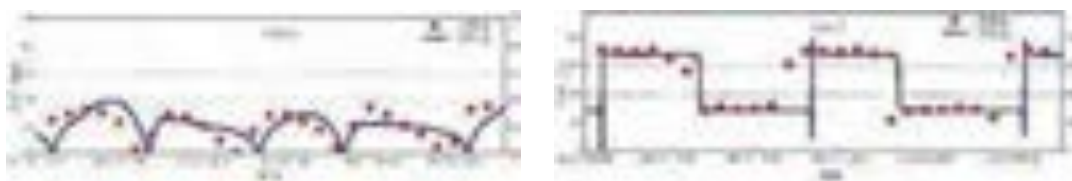
(f) V6 站点



(g) V7 站点



(h) V8 站点



(i) V9 站点

图 4.1-4 大潮实测流速、流向与模拟值对比



(a) V1 站点



(b) V2 站点



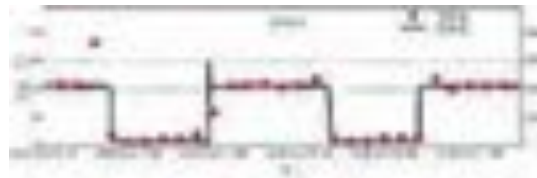
(c) V3 站点



(d) V4 站点



(e) V5 站点



(f) V6 站点



(g) V7 站点





(h) V8 站点



(i) V9 站点

图 4.1-5 小潮实测流速、流向与模拟值对比

潮流验证采用 2020 年 12 月的 9 个潮流测站观测资料。计算结果与实测数据较为一致，说明模型能较为合理地反映工程区海域的潮流特征。

4.1.4 工程海域水动力分析

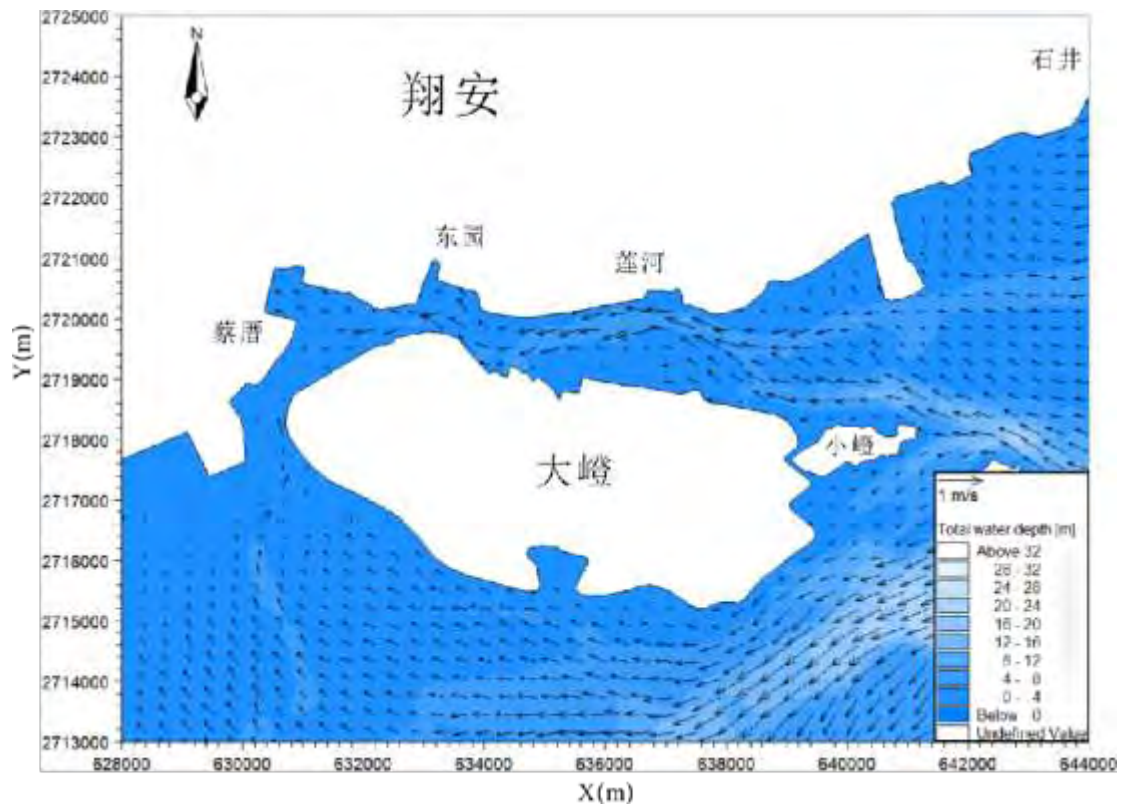
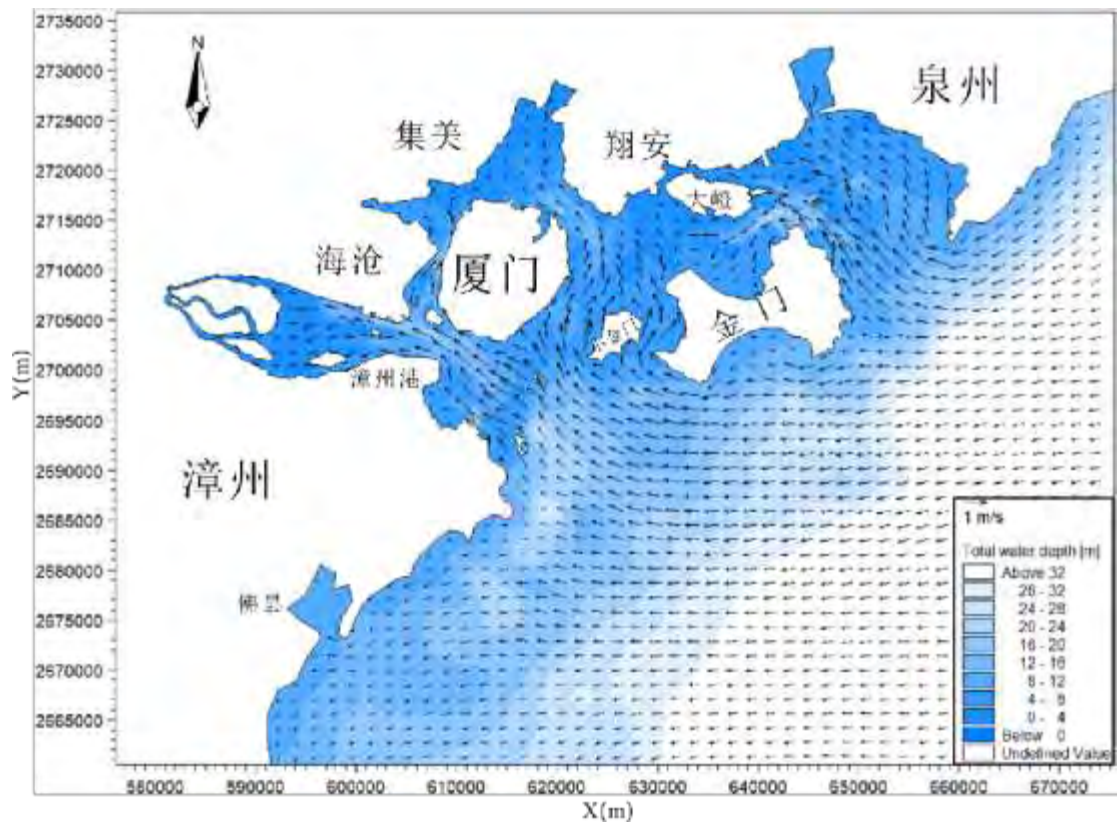
潮流场是工程海域污染物输移最主要的驱动力之一。应用上文建立的水动力数学模型，分析工程区大、小潮周期中涨、落急典型时刻流场图，据此分析工程区海域潮流特性。

工程海域位于台湾海峡南口西岸附近。总体而言，台湾海峡的潮波系统主要受两支潮波影响，一支为太平洋潮波由海峡北口向西南传入的，另一支是自太平洋经巴士海峡进入南海的潮波，部分转入台湾海峡南口。前者，即由北口传入的潮波在台湾海峡大部分区域起主导作用。台湾海峡海域上行波较弱，而下行波较强。亦有学者认为这两支潮波系统大体在泉州湾至兴化湾一带交汇，使得台湾海峡海域在泉州湾以南、兴化湾以北呈现出了不同的潮流特性。

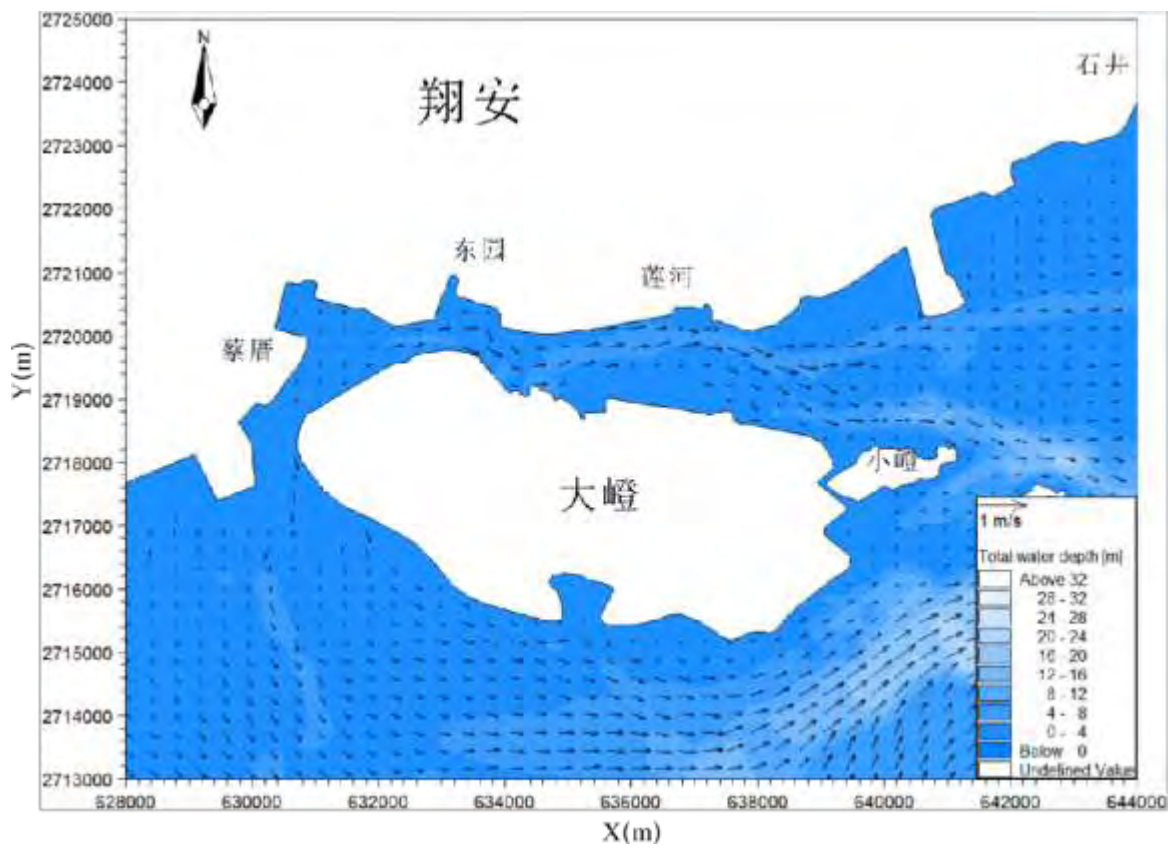
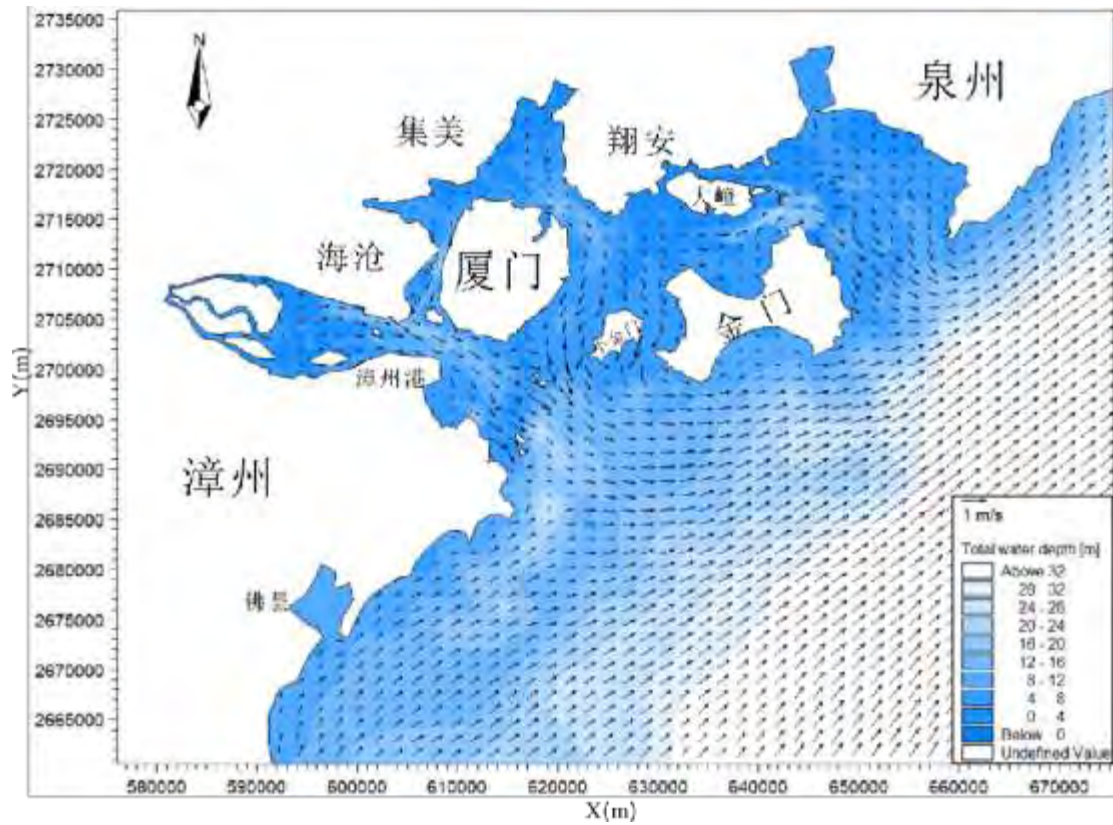
工程海域附近潮流属半日潮流，潮流的运动主要是受海岸轮廓和地形的影响，长轴方向基本与水道走向一致，呈往复流运动。总体而言，涨潮流向总体偏 NW 向，落潮流向偏 SE 向。

(1) 大潮潮流特征分析

从大潮涨急时刻流场图可以看出，厦门湾外海以偏 E-W 向的潮流为主，外海流速 0.35~0.44m/s，潮流由海向陆推进过程中由于受到地形底摩擦的影响，潮流流速逐渐减小，至近岸潮流流速约 0.1~0.2m/s，潮流推进至金门岛两侧水道时，由于水道水深较深，外海潮流同时涌入厦门湾、围头湾内，使得金门岛两侧水道

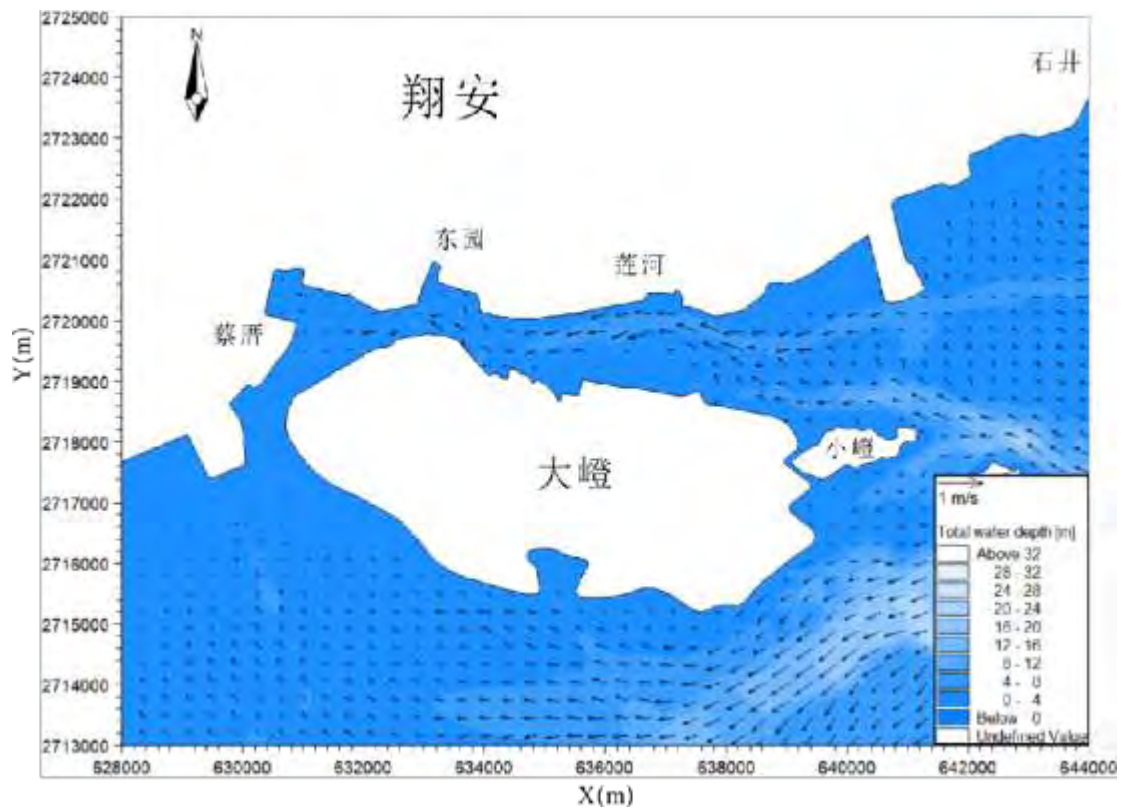
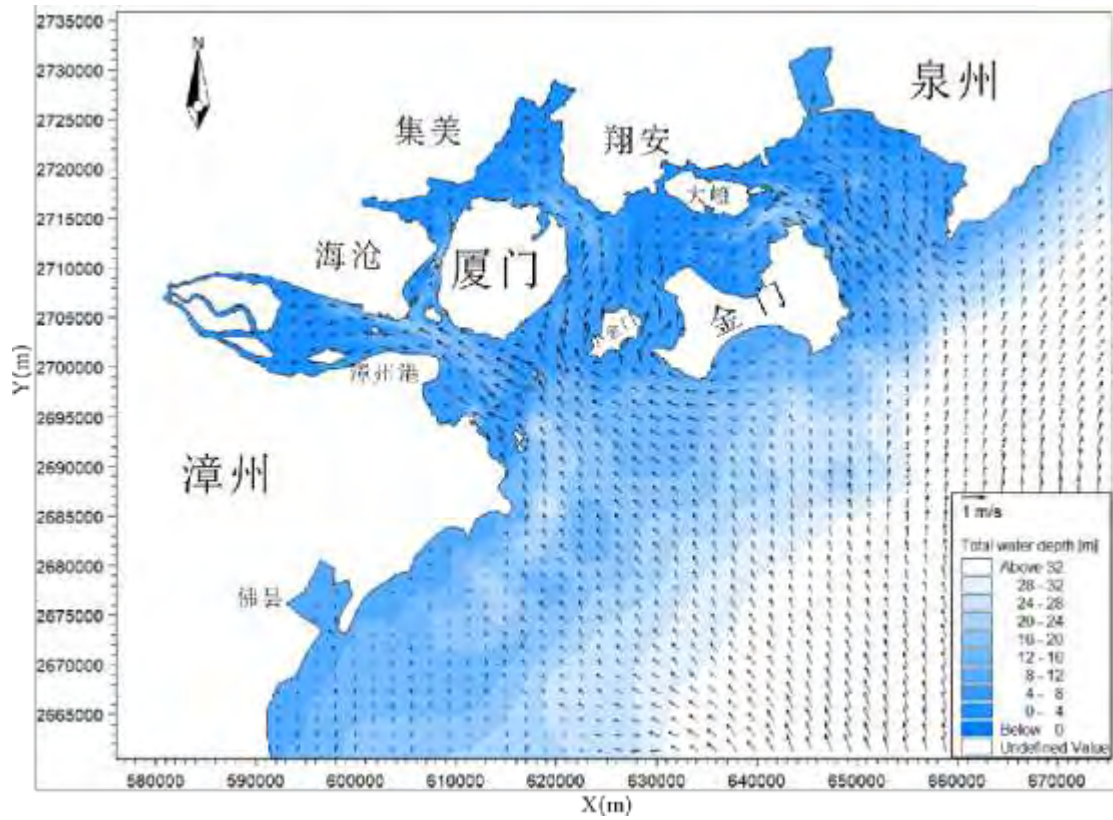


(a) 大潮涨急流失变化

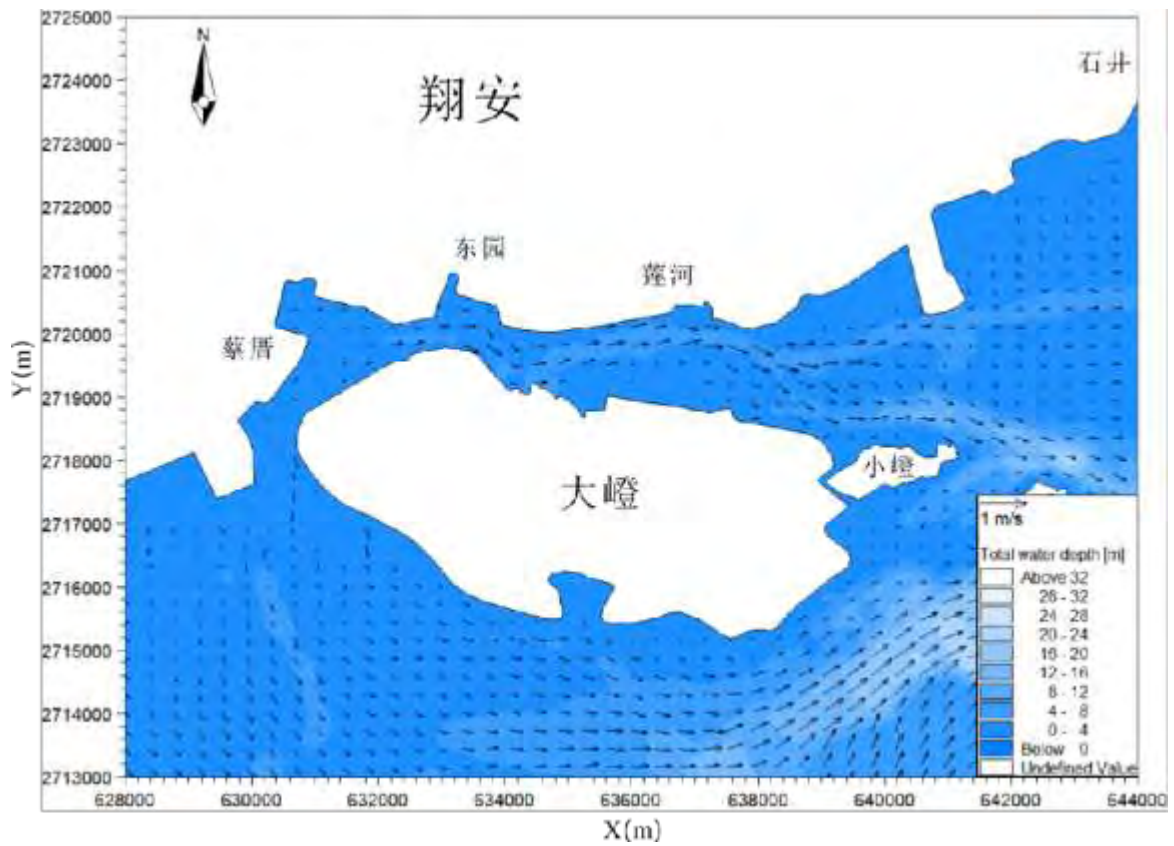
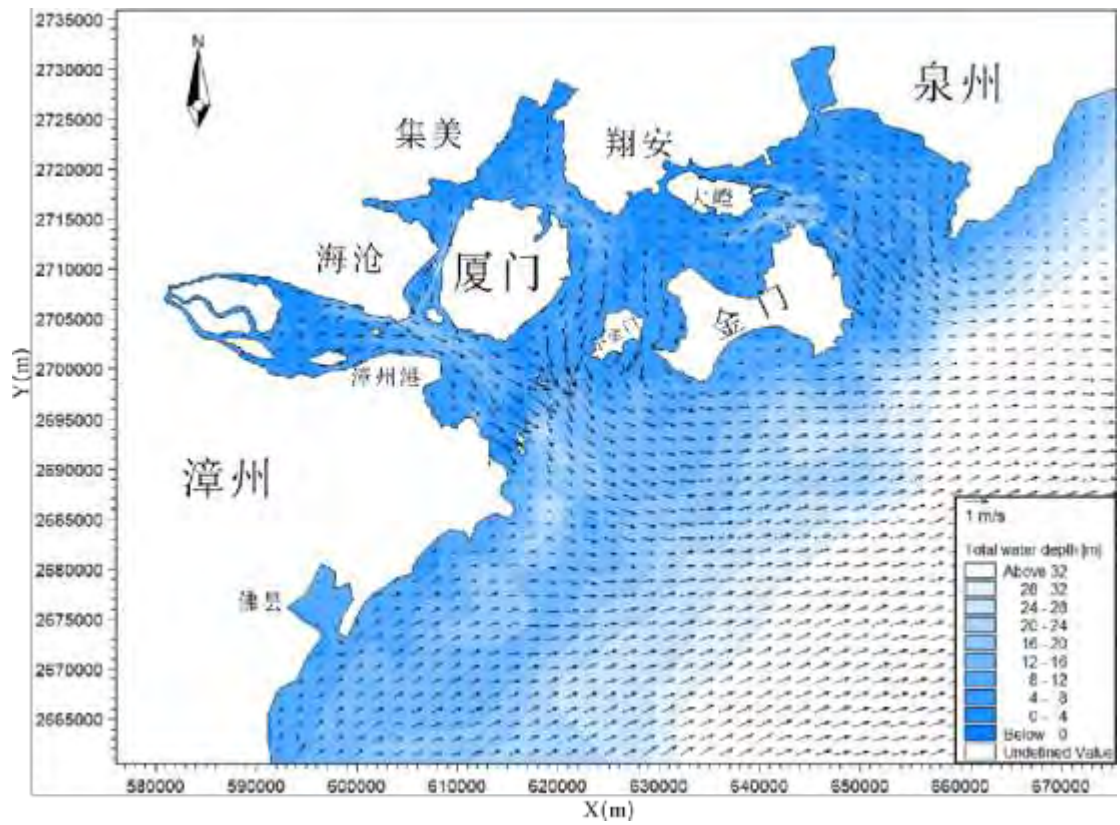


(b) 大潮落急流失变化

图 4.1-6 大潮涨急、落急时刻工程流场分布图



(a) 小潮涨急流失变化



(b) 小潮落急流失变化

图 4.1-7 小潮涨急、落急时刻工程流场分布图

流速急剧增大。金门岛西侧水道，流速约 0.8~1.6m/s，流向由 E 向转为 SE 向，潮流一分为三，分别从厦门岛-漳州港、厦门岛-小金门、小金门-金门之间沟槽穿过，继续向内传播；西侧水道，流速约 1.0~2.0m/s，流向转为偏 SSE 向，潮流分为两股，分别从大嶝-金门、大嶝-翔安之间沟槽穿过，继续向内传播。在工程区海域，沟槽较深处流速较大，流速平均约 0.65m/s，向着两侧岸边方向出露的潮滩逐渐被海水覆盖，流速较中间深槽逐渐减小。

从大潮落急时刻流场图可以看出，落潮流场总体趋势与涨潮流场相反。落潮时，外海水流由偏 SW 向流向偏 NE 向，外海平均流速约 0.68m/s，落潮流从厦门湾和围头湾各个水道流出，流速平均在 1.0m/s 左右。

(2) 小潮潮流特征分析

从小潮涨、落急流场分布图可以看出，小潮动力过程相对大潮动力过程，水动力因素略有减弱，流速略微减小。

小潮涨急时，工程区海域涨潮主流方向为偏 E-W 向，与海岸线成一定夹角传至近岸，待传至近岸边时，由于受地形因素的影响，夹角逐渐减小，近乎与岸线平行。工程区海域整体流速约 0.2~0.3m/s。

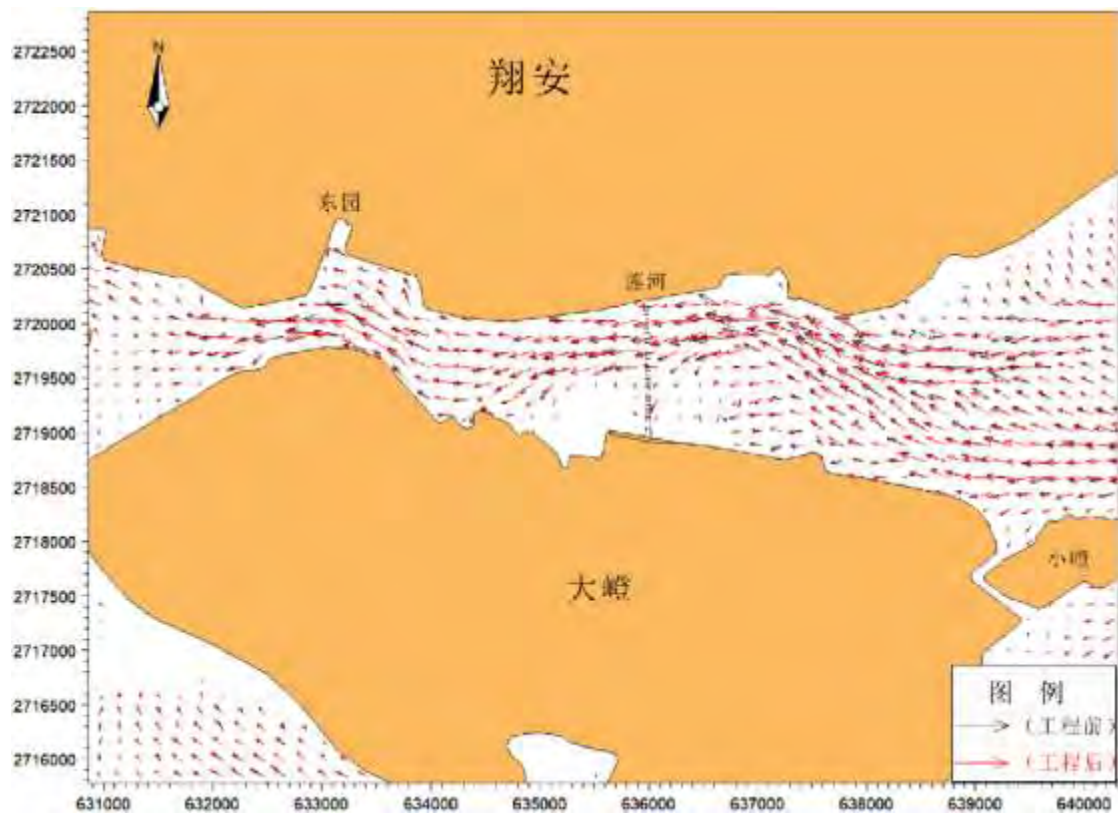
小潮落潮流场总体趋势与大潮的落潮流场趋势相同，工程区整体流向指向偏 E 向，局部海域指向偏 SSE 向或 SE 向，工程区附近海域流速约为 0.40m/s，整体流速略小于大潮过程流速。

4.1.5 工程建设对水动力环境影响分析

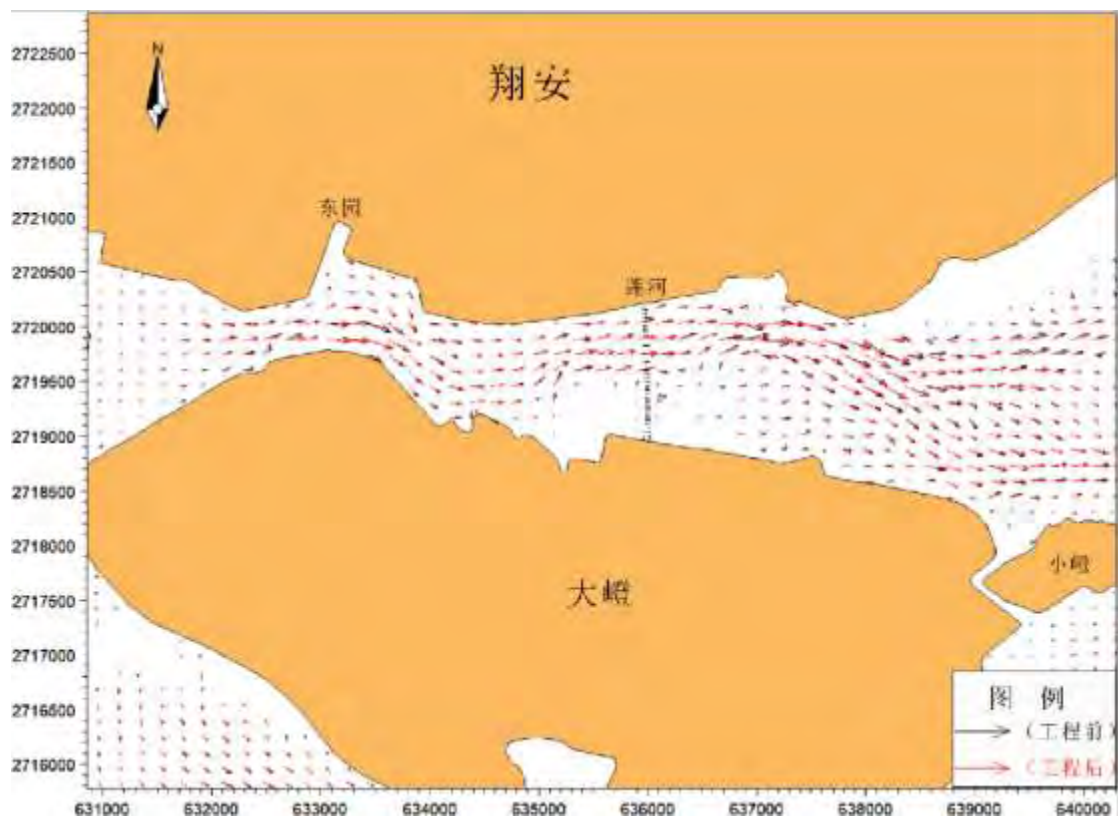
本次共设置 2 组计算工况，分别为工程建设前方案、工程建设后方案，对工程建设前后的潮流场进行计算分析。

(1) 流态影响分析

从验证大潮工程前后典型时刻潮流流态对比图中分析可知，涨急时刻，工程区位于桥墩两侧及上下游部分区域，由于受到桥墩建设的影响，工程前后的流态在一定程度上都发生细微变化，尤其位于桥墩中线主航道周边流场变化较为明显；落急时刻，相对于涨急时刻流矢在方向上变化较小，影响范围主要集中在桥墩主跨东侧区域，桥墩以西水域受桥墩影响较小。



(a) 涨急



(b) 落急

图 4.1-8 工程前后典型时刻潮流流态对比

(2) 流速影响分析

①最大流速影响

为对比工程建设前后附近海域涨落潮最大流速变化，在工程区海域布置了30个流速对比点，分析工程建设前后工程区周边海域流速变化情况，其中，1-4号点位于桥墩之间，5-10号点位于大桥东西两侧200m范围海域内，11-15号点位于大桥东西两侧500m范围海域内，16-20号点位于大桥东西两侧1000m范围海域内，21-25号点位于大桥东西两侧2000m范围海域内，26-30号点位于大桥东西两侧4000m范围海域内。



图 4.1-9 流速对比点分布图

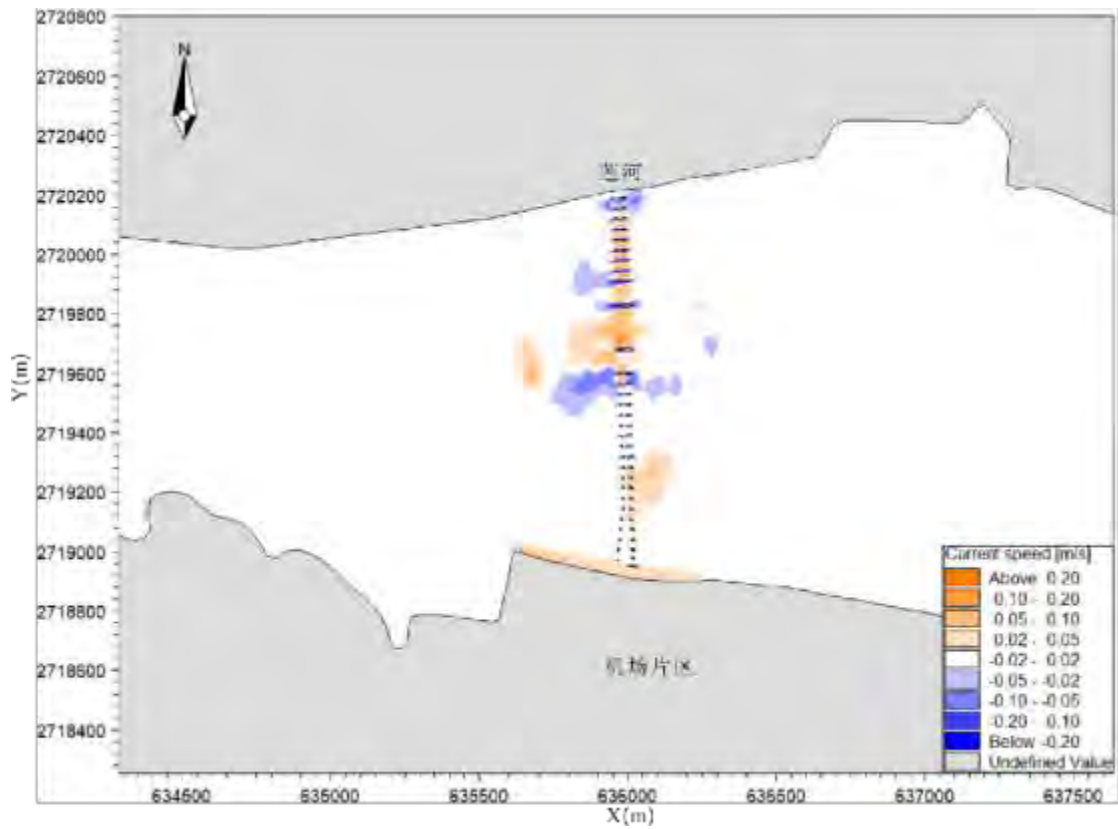
从各点工程前后涨落潮最大流速对比表可以看出，工程建设将对工程所在海域一定范围内潮流场产生影响，但整体影响程度较小。桥墩之间涨落潮最大流速略有增加，增加幅度约0.03~0.13m/s，这可能是由于桥墩建设占用了一定的过水断面，使得局部流速增加；在大桥东西两侧200m范围海域内，涨落潮最大流速也发生一定改变，涨潮最大流速变化范围在-0.01~0.03m/s之间，落潮最大流速变化在-0.006~0.005m/s，其中，5、9号点流速变化略大一些，其余区域影响极小；

大桥东西两侧 500m 范围海域内，涨潮流影响略大于落潮流，涨潮最大流速变化范围在-0.010~0.035m/s 之间，落潮最大流速变化在-0.01~0.010m/s，其中，13 号点在涨潮最大流速变化最显著。大桥东西两侧 1000m 范围海域内，涨潮流最大流速变化趋势与工程区 500m 范围内海域变化趋势基本一致，工程建设对该区域的影响逐渐降低，涨潮最大流速变化范围在-0.055~0.010m/s 之间，落潮最大流速变化在-0.02~0.003m/s，流速整体呈现略微减小的变化趋势；大桥东西两侧 2000m 范围海域内，工程实施对东西两侧区域流场影响进一步减小。

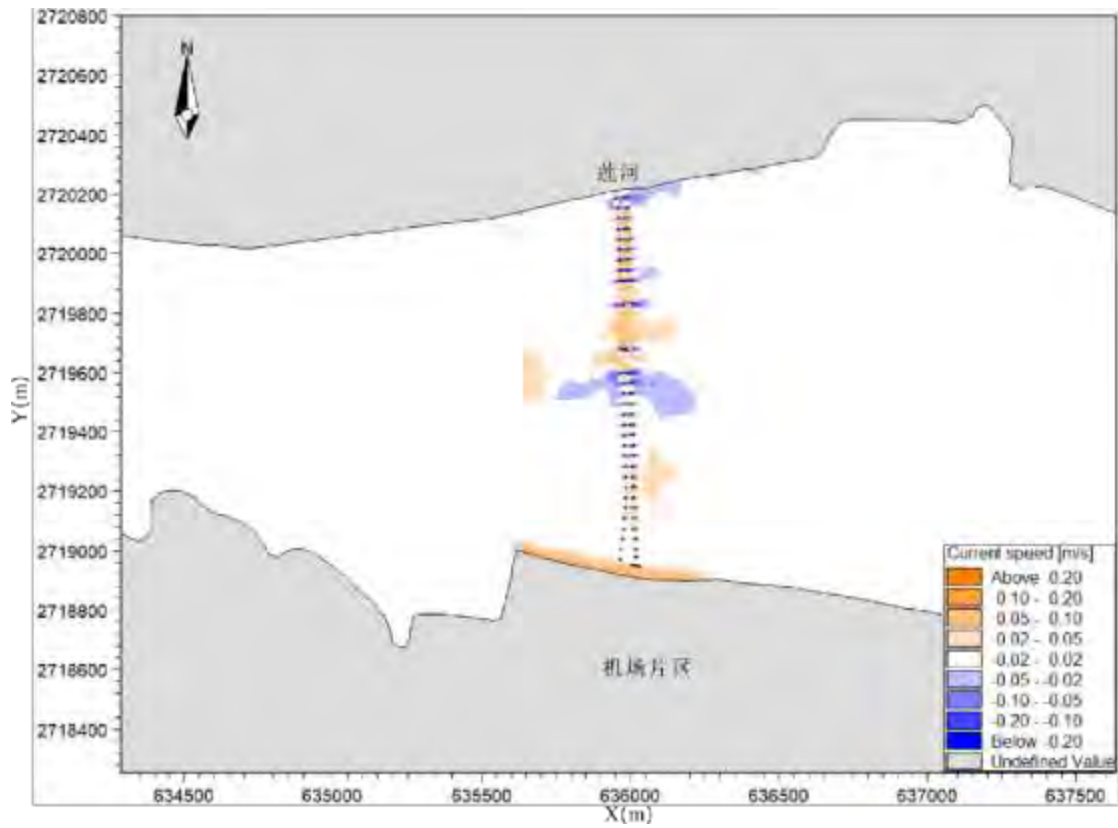
表 4.1-1 工程建设前后涨落潮最大流速对比

区域	点位	涨潮			落潮		
		工程前	工程后	工程前后变化	工程前	工程后	工程前后变化
		流速 (m/s)	流速 (m/s)	变化量 (m/s)	流速 (m/s)	流速 (m/s)	变化量 (m/s)
桥墩之间	1	0.197	0.277	0.080	0.134	0.163	0.029
	2	0.371	0.428	0.056	0.221	0.249	0.028
	3	0.670	0.801	0.131	0.380	0.443	0.063
	4	0.562	0.642	0.080	0.309	0.375	0.066
大桥东西 两侧 200m范 围海域	5	0.626	0.656	0.030	0.343	0.341	-0.002
	6	0.311	0.284	-0.028	0.206	0.209	0.003
	7	0.265	0.282	0.017	0.175	0.179	0.004
	8	0.631	0.617	-0.014	0.352	0.354	0.003
	9	0.544	0.535	-0.009	0.297	0.291	-0.006
大桥东西 两侧 500m范 围海域	10	0.253	0.277	0.024	0.165	0.170	0.005
	11	0.683	0.676	-0.007	0.378	0.371	-0.006
	12	0.311	0.308	-0.003	0.208	0.200	-0.008
	13	0.660	0.695	0.035	0.368	0.369	0.001
	14	0.218	0.229	0.011	0.194	0.202	0.008
大桥东西 两侧 1000m范 围海域	15	0.271	0.301	0.031	0.187	0.198	0.010
	16	0.178	0.172	-0.006	0.165	0.165	-0.001
	17	0.565	0.562	-0.003	0.334	0.325	-0.009
	18	0.915	0.860	-0.055	0.548	0.528	-0.020
	19	0.433	0.441	0.008	0.254	0.255	0.001
大桥东西 两侧 2000m范 围海域	20	0.357	0.368	0.011	0.223	0.226	0.003
	21	0.524	0.557	0.033	0.348	0.351	0.003
	22	0.461	0.492	0.030	0.297	0.303	0.006
	23	0.406	0.393	-0.013	0.289	0.285	-0.004
	24	0.722	0.738	0.015	0.474	0.490	0.016
	25	0.558	0.577	0.020	0.317	0.324	0.007

②平均流速影响



(a) 涨潮



(b) 落潮

图 4.1-10 工程前后平均流速变化分布图 (验证大潮)

从图中可知，由于工程的开工建设，其周边海域平均流速发生一定程度的变化，整体呈现各桥墩平行于航道方向的过水通道平均流速增加，垂直于航道方向，即保税通道与主通道之间水域平均流速减小的现象。其中，涨潮期间，桥墩主跨间航道流速有一点程度增加，增加幅度基本在 $0.05\sim 0.1\text{m/s}$ ，主跨桥墩西侧存在局部水域流速增大，增大幅度平均约 0.07 m/s ，桥墩主跨以北区域，大部分桥墩与桥墩之间过水通道平均流速增加，约增加 $0.02\sim 0.05\text{m/s}$ ，仅靠近莲河岸边区域，流速有略微减小，减小幅度在 $-0.02\sim -0.05\text{m/s}$ 之间，桥墩主跨以南第二、第三个桥墩周边区域，存在小面积流速减小区域，流速减小范围在 $-0.02\sim -0.1\text{m/s}$ ，在往南至机场片区沿岸，大部分桥墩与桥墩之间过水通道平均流速基本不发生改变，仅保税通道与主通道之间水域平均流速略微减小，减小幅度在 -0.02m/s 左右，符合此处滩涂水域，水深较浅，流速较小的实际情况。落潮期间，各桥墩间基本保持与涨潮期间流速变化分布趋势一致，但部分区域由于受落潮流影响，平均流速略微改变，分别体现在大桥北侧靠近莲河沿岸区域、桥墩主跨以南第二、第三个桥墩周边区域以及大桥南侧靠近机场片区沿岸区域，其中大桥北侧靠近莲河沿岸区域右侧流速减小范围相对涨潮期间略有变大，流速减小幅度基本保持不变，约 $-0.02\sim -0.05\text{m/s}$ ，桥墩主跨以南第二、第三个桥墩周边区域右侧流速减小范围相对涨潮期间略有部分变大，流速减小幅度基本保持不变，约 $-0.02\sim -0.05\text{m/s}$ ，左侧则存在小面积流速增加水域，增加幅度平均约 0.03 m/s ，大桥南侧靠近机场片区沿岸区域流速相对涨潮期间幅度变大，流速增加幅度约为 $0.05\sim 0.1\text{m/s}$ 之间。

因此，从工程建设前后平均流速变化来看，工程实施将使得莲嶂大桥桥墩周边局部水域发生变化，流速减小区域基本位于大桥北侧靠近莲河沿岸区域以及桥墩主跨以南第二、第三个桥墩周边区域，减小幅度在 $-0.02\sim -0.1\text{m/s}$ 之间。流速增加区域基本位于桥墩中间区域和大桥南侧靠近机场片区沿岸区域，增大幅度在 $0.02\sim 0.1\text{m/s}$ 之间。影响范围主要位于新建大桥东西两侧约 $300\sim 500\text{m}$ 范围内。对于离工程区较远区域影响较小，流速基本未发生明显变化。

4.1.6 工程建设对冲淤环境影响分析

4.1.6.1 泥沙输运模型

泥沙输运模型在上述水动力模型基础上，加入泥沙模块。泥沙输运方程如下：

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial uS}{\partial x} + \frac{\partial vS}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(DK_x \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(DK_y \frac{\partial S}{\partial y} \right) + \alpha \omega (\beta S_* - S)$$

式中的 S 为含沙量， $D=H+\eta$ ， ω 为悬沙沉速， S_* 为水流挟沙力， β 为线性比例系数， α 为沉降机率， K_x 、 K_y 分别为 X、Y 水平方向的扩散系数。

泥沙起动流速参照窦国仁公式：

$$\frac{V_*^2}{gD} = \frac{(v_* - \tau)}{\tau} \left(A_1 + A_2 \frac{h}{h_*} \right) + \left(A_3 + A_4 \frac{h}{h_*} \right) \frac{h_* \delta}{D^2}$$

$h_* \approx 10.3(m)$ 是用水柱高度表示的大气压力， $\delta = 3 \times 10^{-8}$ (cm) 是水分子厚度。

挟沙力公式：

$$S_* = 0.023 \frac{\rho_s \rho_s}{\rho_w} \left[\frac{n^2 (u^2 + v^2)^{3/2}}{H^{1/3} w_s} + 0.0004 \frac{H^2}{HT w_s} \right]$$

式中 H_w 为平均波高，T 为波浪平均周期， w_s 为泥沙沉降速度，n 为海底粗糙率系数。

计算时沉速 w_s 采用刘家驹（水利水运科学研究，1988 年）提出、并经罗肇森应用检验的公式：

$$w_s = w_0 F D$$

$$w_0 = \frac{g}{18\mu} \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right) d^2$$

$$F = 0.00177 d_{50}^{-1.82}$$

$$D = \left(1 + 0.12 \frac{0.03}{d_{50}} \right) \exp \left(1.1 \times 10^3 \times d_{50}^2 - 99 \right) S$$

式中 d 为泥沙粒径， d_{50} 为泥沙中值粒径， w_0 为单个泥沙颗粒沉降速度，F 为絮凝因子，D 是衰减系数，S 盐度（‰）。 μ 为分子粘滞系数， ρ_s 为泥沙干容重， ρ_w 为海水密度，g 为重力加速度，在本次计算中：

$$\rho_s \text{—取 } 2.70 \text{g/cm}^3; \rho_w \text{—取 } 1.023 \text{g/cm}^3; g \text{—取 } 980 \text{cm/s}^2; \mu \text{—取 } 1.01 \text{mm}^2/\text{s}.$$

一些文献指出，絮凝体的沉降速度为 0.1-0.6mm/s，一般采用 $w_s=0.4 \sim 0.5 \text{mm/s}$ ，经计算， $w_s=0.4 \text{mm/s}$ 。

底床变形方程为：

$$\gamma_s \frac{\partial \eta}{\partial t} = -\alpha \omega (\beta S_* - S)$$

式中 γ_s 为泥沙容重， η 为底床冲淤厚度。

4.1.6.2 冲淤环境影响

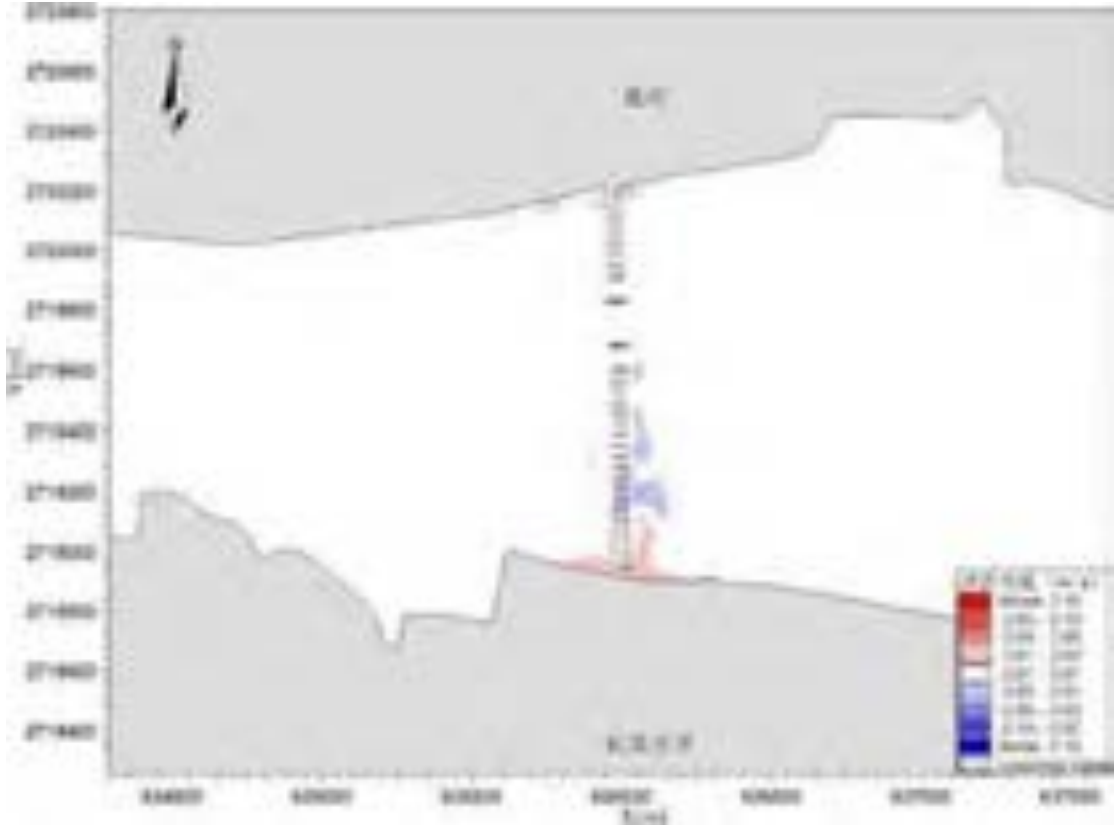


图 4.1-11 工程建设前后年冲淤变化图（负值代表冲刷，正值代表淤积）

工程建设后，桥墩会改变其周围水流条件，产生水力现象，引起桥墩周围泥沙输移能力增加，造成其附近床面的冲刷。其主要机理与桥墩阻水形成的漩涡有关，包括前部下降水流、墩底马蹄形漩涡和墩后尾涡。下降水流是水流受到桥墩阻挡形成的垂直向下射流，被认为是冲刷过程起因，水流在墩前床面分离形成马蹄形漩涡，沿着桥墩边缘向下游传递，是桥墩局部冲刷的主要因素。水流在桥墩下游侧分离产生不稳定、无序得尾涡，此漩涡产生得低压漩涡，可将泥沙颗粒卷往水面，使桥墩后方的底床落淤堆积。

工程建设后，桥墩之间的流速有一定增加，因此桥墩间水域可能在一定程度上产生冲刷，冲刷程度在 1cm/a~4cm/a。由于桥墩的阻流作用，将在其周边水域产生一定的淤积，淤积程度在 2cm/a~10cm/a。在大桥两端部分区域也产生一定

程度的淤积，年淤积程度在 1cm/a~5cm/a。除此之外，工程建设引起的冲淤变化对工程以外的海域影响较小。

4.2 水环境影响预测与分析

4.2.1 清淤施工对海水水质的影响

4.2.1.1 数学模型

预测模型采用对流扩散模型，即在前述流场计算二维潮流模型基础上，加入如下方程联解，即可得到悬浮泥沙浓度分布。

$$\frac{\partial HP}{\partial t} + \frac{\partial HuP}{\partial x} + \frac{\partial HvP}{\partial y} = K_x \frac{\partial^2(HP)}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2(HP)}{\partial y^2} + M$$

$$K_x = 5.93\sqrt{g}|u|H/C, \quad K_y = 5.93\sqrt{g}|v|H/C$$

式中：P 为污染物浓度；M 为源项；K_x、K_y 分别是 x、y 方向的扩散系数。



图 4.2-1 悬沙扩散源强单点布置图

污染物输移模型的计算网格与时间步长与水动力模型一致，数值计算中暂忽略污染物在水中的物理、化学、生物降解，仅考虑污染物受水流作用的输移和扩散过程，衰减系数 $K=0$ 。污染物的水平扩散系数 D 与水平涡粘系数成正比：

$$D = \alpha \cdot \nu = \alpha \cdot C_s A \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2}$$

其中比例系数 $\alpha = 1.0$ 。污染物浓度在边界处取法向梯度为0作为边界条件。

8m^3 抓斗式挖泥船清淤时悬浮泥沙的产生量约 2.22kg/s 。两个清淤区域内各选取 1 个代表点作为施工过程中悬浮泥沙入海扩散计算代表点 (A1 和 A2)。抓斗船一天工作 8 小时, 模拟计算过程中采用连续点源的方式, 得到计算代表点出现的最大浓度值, 由于是连续施工, 包含了涨、落潮过程, 经计算对比不同潮时开始施工的差别不大, 因此, 统一考虑从落急时刻开始施工。

4.2.1.2 预测结果

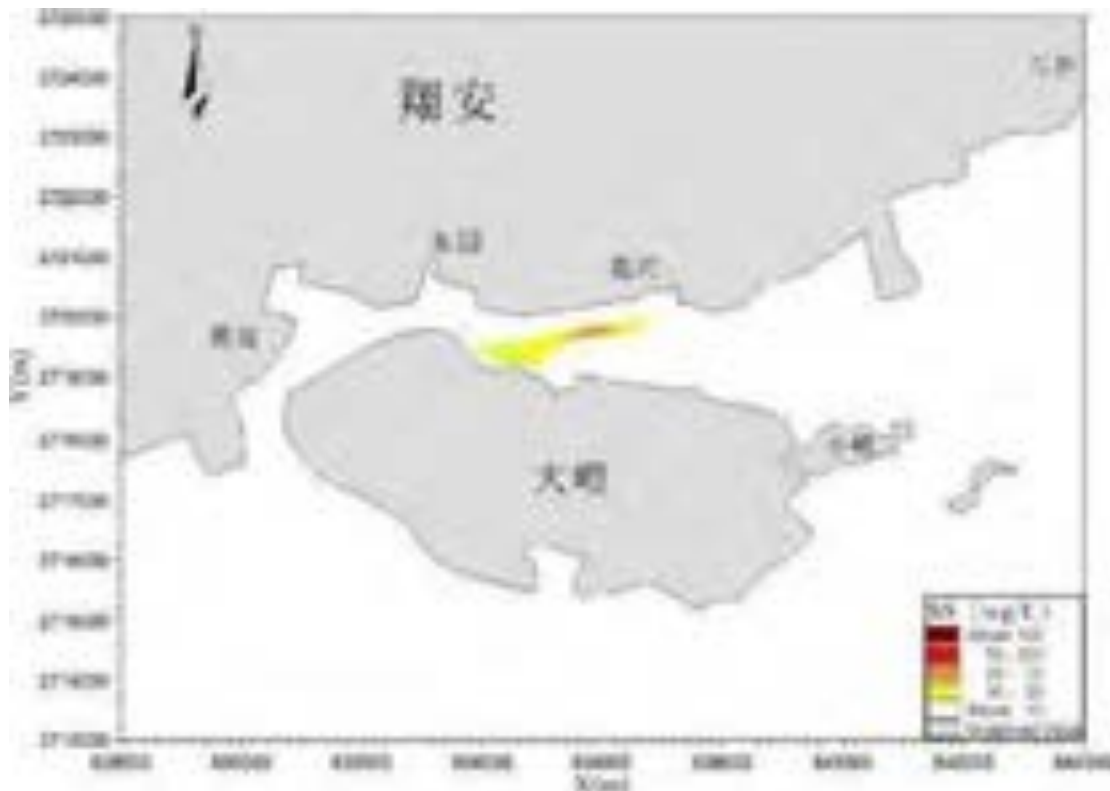


图 4.2-2 A1 点悬浮泥沙扩散范围

从各代表点悬浮泥沙影响范围分布图来看, 施工过程中, 工程区悬浮泥沙主要受东西向涨落潮流作用影响, 悬浮泥沙扩散范围呈现偏东西向条状分布。

主航道附近海域 (A1) 悬浮泥沙扩散分布: 悬浮泥沙浓度大于 10mg/L 的影响面积平均约 0.608km^2 ; 悬浮泥沙浓度大于 20mg/L 影响面积约 0.110km^2 ; 悬浮泥沙浓度大于 50mg/L 影响范围显著减小, 影响范围面积约为 0.011km^2 ; 悬浮泥沙浓度大于 100mg/L 影响范围存在极小面积扩散, 约为 0.003km^2 。

主航道以南海域 (A2) 悬浮泥沙扩散分布: 悬浮泥沙浓度大于 10mg/L 的影响面积平均约 2.560km^2 ; 悬浮泥沙浓度大于 20mg/L 影响范围整体较小, 扩散面

积约 1.615km²；悬浮泥沙浓度大于 50mg/L 影响范围明显减小，扩散面积约为 0.698km²，悬浮泥沙浓度大于 100mg/L 影响范围存在小面积扩散，约为 0.494km²。

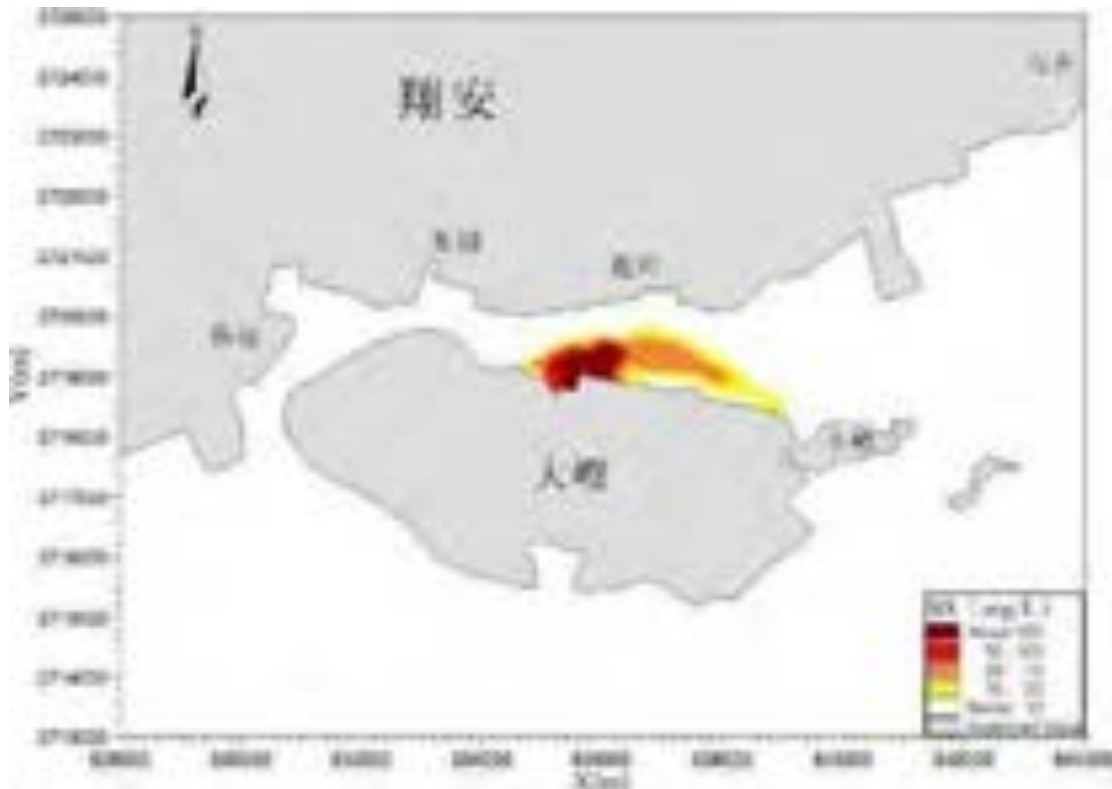


图 4.2-3 A2 点悬浮泥沙扩散范围

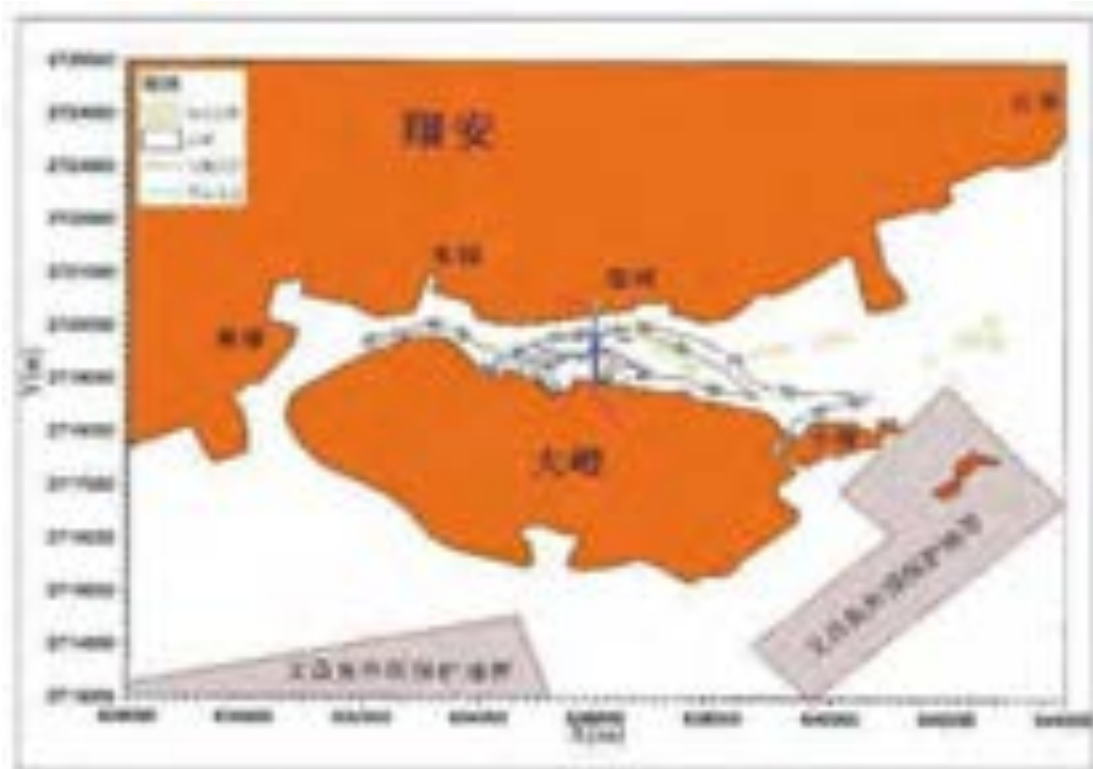


图 4.2-4 清淤悬浮泥沙影响包络线范围

总体上看，不同位置清淤时，产生的悬浮泥沙影响范围略有不同：主航道水深较深，水动力条件较强，悬浮泥沙扩散范围较小；靠近机场片区桥墩间清淤，水深较浅，水动力条件较弱，悬浮泥沙扩散范围相对于主航道更大。

综合考虑 A1、A2 点清淤作业，悬浮泥沙扩散可能涉及的最大包络范围分布：低浓度范围沿岸呈东西向带状分布，高浓度范围仅局限于工程区周边。悬沙浓度大于 10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L 的最大范围分别约 5.252km²、2.539km²、0.859km²、0.621km²。

表 4.2-1 悬浮泥沙扩散影响范围面积

清淤位置	不同浓度增量影响范围 (km ²)			
	≥10mg/L	≥20mg/L	≥50mg/L	≥100mg/L
A1	0.608	0.110	0.011	0.003
A2	2.560	1.615	0.698	0.494
包络	5.252	2.539	0.859	0.621

4.2.2 桥梁施工对海水水质的影响

① 施工栈桥架设和拆除

栈桥施工对海域水环境的影响主要在钢管桩打入和拔出阶段，由于振动锤的振打，致使海床泥沙上浮，造成局部浑浊。该种施工方式扰动底床是短暂的，对海水水质影响较小。但应注意避免散体材料等在栈桥运输过程中出现遗洒、倾覆等情况，增大水中悬浮物含量。

② 钻孔灌注桩基础施工

整个钻进、清孔及吊放钢筋骨架过程都在护筒内进行，不与护筒外的水体发生交换。护壁泥浆去除钻渣后循环利用，不排放，防护措施得当则基本上可以杜绝泥浆泄漏，对水环境基本无影响。泥浆在泥浆池分离钻渣后循环利用，钻渣及时收集，运至陆域指定的弃渣场处置。

③ 承台施工

承台底标高以低水位时不出露承台底桩基控制，采用钢围堰施工。钢围堰下沉至海底表层时，会造成局部水体扰动，对钢围堰近区小范围海域海水水质产生一定的影响，但这种扰动是短暂的，基本不影响海水水质。混凝土封底灌注过程中如果钢围堰的密闭性不好，则可能造成灌注混凝土直接进入水体，对水体造成污染。

④ 灌注混凝土

在陆域拌制混凝土后，浇筑混凝土等环节均在钢围堰内进行，不与外界水体发生交换。

综上，在正常施工过程中，加强对钻浆钻渣的施工防护，泥浆做到循环利用，对海洋环境影响较小。

4.2.3 施工污水对海水水质的影响

施工期生活污水包括施工人员淋雨、洗涤、粪便污水等，主要含COD_{Cr}、BOD₅等，施工期生活污水排放量为6.4m³/d。根据类比调查资料，生活污水中的COD_{Cr}产生浓度为400mg/L，BOD₅产生浓度为250mg/L，SS产生浓度为350mg/L，氨氮产生浓度为35mg/L。施工人员生活区污水经处理后，统一收集处理，不会对周边水体造成不利的影晌。

施工生产的废水，如土石方填筑和混凝土养护废水、机械维修冲洗废水等，主要含SS、石油类等。养护废水考虑到工程施工特点及地表蒸发等作用，实际入海量极少，机械维修冲洗废水集中收集，经过沉淀池沉淀后回用，对水环境基本无影响。

4.2.4 施工期船舶污水对海水水质的影响

施工船舶含油污水约 5.67t/d，施工船舶生活污水约 4.8m³/d。根据交通部海事局《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，在港口水域范围内航行、作业的船舶实施铅封管理，禁止向沿海海域排放油类污染物；船舶所产生的油类污染物须定期排放至岸上或水上移动接收设施。根据《厦门市海洋环境保护若干规定》第二十四条规定，在港口水域范围内航行、作业的船舶，遮蔽航区的船舶，以及在海事主管部门确定的特殊航线或者水域内航行、作业的船舶，应当按照有关规定对其排污设备实施铅封，并接受海事主管部门的监督管理。

为确保施工船舶污水及垃圾的接收处理得到落实，建设单位应严格遵守相关要求，并与厦门海事部门认可的船舶污水和垃圾接收处理单位签订协议，通过有偿服务，落实施工船舶舱底含油污水、船舶生活污水和垃圾的接收处理。在落实上述措施的情况下，施工船舶污水不会对海水水质造成影响。同时应加强施工船舶的管理，防止发生机油泄漏事故。

4.2.5 营运期对海水水质的影响

本项目营运期间道路桥梁本身不会产生污染物。由于路面机动车行驶过程中

产生的污染物如汽车尾气、路面滴油、轮胎摩擦微粒、尘埃等扩散于大气并沉降于桥面上,随着桥面路面的冲刷汇流形成初期雨水,对受纳水体的水质产生影响,初期雨水主要污染物为 SS、石油类等。

环保部华南环科所曾对南方地区路面径流污染情况进行过试验,试验方法为:采用人工降雨方法形成路面径流,两次人工降雨时间段为 20 天,车流和降雨已知,降雨历时为 1 小时,降雨强度为 81.6mm,在 1 小时内按不同时间采集水样,最后测定分析路面污染物变化情况见表 4.2-2。

表 4.2-2 路面径流中污染物浓度测定值

项目	5~20分钟	20~40分钟	40~60分钟	均值
SS (mg/L)	231.42-158.52	185.52-90.36	90.36-18.71	100
BOD (mg/L)	7.34-7.30	7.30-4.15	4.15-1.26	5.08
油 (mg/L)	22.30-19.74	19.74-3.12	3.12-0.21	11.25

由表中可见,通常从降雨初期到形成径流的 30 分钟内,雨水中的悬浮物和油类物质的浓度比较高,30 分钟之后,其浓度随着降雨历时的延长下降较快,降雨历时 40-60 分钟之后,路面基本被冲洗干净,路面径流污染物的浓度相对稳定在较低水平。

根据监测经验,路面径流进入水体后,将在径流落水点附近的局部小范围内造成污染物浓度瞬时升高,但随着海水的稀释作用将很快在整个断面上混合均匀,其对海域的污染贡献较小。为进一步降低营运期初期雨水对海域的影响,本项目营运期采用 HPDE 收集式泄水管纵向收集降雨初期 15min 雨量的桥面初期雨水至市政管网或桥头沉淀池沉淀后排入市政管网,桥面初期雨水对海水水质的影响很小。

4.3 海洋沉积物环境影响分析

(1) 施工期

施工期对海域沉积环境的影响主要为疏浚、桥梁桩基、施工栈桥施工产生的悬浮泥沙扩散和沉降,颗粒较大的悬浮泥沙直接沉降在工程区内,形成新的表层沉积物环境,颗粒较小的悬浮泥沙迁移扩散,最终覆盖工程周边海域原有表层沉积物,引起局部海域表层沉积物环境的变化。

调查资料表明,本工程所在海域的海洋沉积物质量良好;施工期间,悬浮泥

沙浓度增量超过100mg/L范围约5.252km²。由于工程区及其周边海域沉积物的环境背景值相近，一般况下，疏浚、桩基施工产生的悬浮泥沙扩散与沉降对工程区及周边海域既有沉积物环境的影响甚微。在落实环保措施的情况下，悬浮泥沙扩散和沉降不会引起海域总体沉积物环境变化。

(2) 营运期

营运期雨水冲刷道路产生的初期雨水，其污染特征为SS和油类，但含量较低，沿途多点排放，污染源强较小且分散，间歇性较大，其携带少量污染物进入海域后，在潮流作用下，随海水迅速扩散、稀释。为进一步降低营运期初期雨水对海域的影响，本项目营运期采用HPDE收集式泄水管纵向收集桥面初期雨水至桥头沉淀池或市政管网，桥面初期雨水对海域沉积物环境基本不产生影响。同时，营运期须配备专业队伍负责大桥的日常维护与管理，采用清扫设备对桥面实施保洁。

4.4 海洋生态环境影响分析

4.4.1 施工期对海洋生态的影响

(1) 对浮游生物的影响

清淤、桥梁桩基和栈桥施工使得水中悬浮泥沙增多，增加海水浑浊度，减弱水体的真光层厚度，从而降低海洋初级生产力、浮游植物生物量，进而影响以浮游植物为饵料的浮游动物。过量悬浮泥沙使浮游动物食物过滤系统和消化器官受到阻塞，悬浮泥沙含量达到 300mg/L 以上时影响特别明显，高浓度增量甚至会导致其死亡，对浮游动物生长率、摄食率、丰度、生产量及群落结构等造成影响。

本项目桥梁桩基础采用钻孔灌注桩工艺，钻孔泥浆经滤出颗粒物后循环使用，整个钻进、清孔及吊放钢筋骨架过程都在护筒内进行，不与护筒外的水体发生交换。承台采用钢围堰施工。浇筑混凝土等环节均在钢围堰内进行，不与外界水体发生交换。栈桥施工时在钢管桩打入和拔出阶段，由于振动锤的振打，致使海床泥沙上浮，造成局部浑浊。类比厦门演武大桥和五缘湾大桥施工的实际勘察，其悬浮泥沙影响范围有限。

根据数模预测结果，清淤施工产生的悬浮泥沙增量超过 10mg/L 的面积约 5.252km²，会对区内的浮游生物的生长繁殖产生一定的干扰，导致生物量下降，

但悬浮泥沙最多在持续 6-7 小时后基本落淤完毕，持续影响时间不长。每天停止作业后，由于潮汐作用，会将外海的浮游动植物带入工程区及其附近海域，使工程区浮游动植物得以补充。因此，本项目产生的入海悬浮泥沙不会对浮游生物造成长期、显著的不利影响。

施工过程应严格执行环保措施，循环使用后的钻浆应收集后进行沉淀处理，滤取的钻渣应及时收集，运至陆域指定的弃渣场。混凝土封底灌注过程中应确保钢围堰的密闭性，避免灌注混凝土直接进入水体，对海水造成污染，进而影响浮游生物的生存环境。

(2) 对底栖生物的影响

本项目桥梁桩基承台将永久性占用部分海域，直接占用海域的货运通道桩基承台面积约 0.3289hm²，保税通道桩基承台面积约 0.1348hm²，该区域内的底栖生物及其生境将遭到破坏。

此外，清淤、栈桥施工将临时占用部分海域，施工所引起的悬浮泥沙增量高于 10mg/L 的范围约 5.252km²，悬浮泥沙扩散与沉降会对底栖生物产生一定影响，主要影响工程区域周边 50-100m 左右范围。施工结束后，工程区及附近海域的底栖生物群落会逐渐恢复、重建。

根据底栖生物调查结果，评价海域没有发现珍稀、濒危的底栖生物，并且影响范围有限，本项目建设对海域底栖生物及其生境等不会产生较大的影响。

(3) 对游泳生物的影响

游泳生物主要包括鱼类、虾蟹类、头足类等，不同种类的游泳生物对悬浮物浓度的忍受限度不同，海水中悬浮物对虾蟹类的影响较小，但对鱼类会产生多方面的影响。

一般地，仔幼体对悬浮泥沙浓度的忍受限度比成鱼低得多。悬浮颗粒会直接对仔幼体造成伤害，主要表现为影响胚胎、鱼卵和仔鱼发育、堵塞生物的鳃部而使其窒息死亡、造成水体严重缺氧而使生物死亡、有害物质的二次污染造成生物死亡等。水中大量存在的悬浮泥沙微粒会随鱼类的呼吸进入其鳃部，损伤鳃组织，隔断气体交换，影响鱼类的存活和生长；细颗粒也会粘附在鱼卵的表面，妨碍鱼卵的呼吸与水体之间的氧和二氧化碳的交换，从而影响鱼类的繁殖。悬浮微粒过多时，也不利于天然饵料的繁殖生长。通常认为悬浮泥沙含量在 200mg/L 以下

及影响较短时，不会导致鱼类直接死亡。此外，悬浮泥沙扩散场等会导致鱼类的回避反应，产生“驱散效应”。

根据数模预测结果，施工产生的入海悬浮泥沙增量大于 10mg/L 的面积约 5.252km²，该范围内的鱼卵仔鱼受到影响，但这种影响是暂时的，持续时间不长，随着每天停止作业而消失。该范围内悬浮泥沙含量间歇变化过程必然会引起鱼类和其它游泳生物等的回避；由于工程施工水域相对较开阔，鱼类的规避空间大，成鱼具有相对较强的避害能力，海水混浊时，成鱼一般会主动避开，而虾蟹类因其生活习性，大多对悬浮泥沙具有较强的抗性。

因此，本项目施工产生的悬浮泥沙对海域游泳生物的影响不大。

4.4.2 海洋生物量损失估算

海洋生物量的损失主要包括：一是桥梁桩基承台永久占用海域、清淤和栈桥施工临时占用海域导致的海洋生物资源损失，二是施工期间悬浮泥沙影响导致的海洋生物资源损失。

(1) 工程占用海域导致的生物量损失

表 4.4-1 桩基承台和施工栈桥占用海域面积 (m²)

货运通道	海域引桥	海域南引桥 最南端桥墩	海域主桥 两侧过渡墩	海域主桥 通航孔主墩	合计
承台数量	28	1	2	2	4637
单个承台面积	85	177	108	264	
承台总面积	2369	177	215	528	
保税通道	海域引桥		海域主桥 两侧过渡墩	海域主桥 通航孔主墩	
承台数量	26		2	2	1348
单个承台面积	39		44	120	
承台总面积	1021		87	240	
施工栈桥	海上栈桥				281
桩基数量	691				
单个桩基面积	0.41				
桩基总面积	281				

表 4.4-2 工程建设导致的生物量损失

项目	占用面积hm ²	底栖生物g/m ²	底栖生物损失量t
桩基承台	0.4637	66.35	0.31
施工栈桥钢管桩	0.0281	66.35	0.02
清淤	21.14	66.35	14.02

合计			14.35
----	--	--	-------

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，桥位清淤面积 21.14hm²、桩基承台面积约 0.4637hm²，施工栈桥钢管桩面积约 0.0281hm²，如表 4.4-1，桩基承台、施工栈桥、清淤区域内的底栖生物将遭到破坏，底栖生物损失量共 14.35t。

(2) 悬浮泥沙导致的生物量损失

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，通过生物资源密度、浓度增量区面积、生物资源损失率计算悬浮泥沙导致的生物量损失。

计算公式：一次性损害量=生物资源密度×浓度增量区面积×生物资源损失率

累积损害量=一次性损害量×浓度增量影响的持续周期数

悬浮泥沙导致的生物资源一次性平均损失量和持续性损害受损量见表 4.4-3，分别为游泳生物 182.22kg、浮游动物 1215.02kg、浮游植物 1.27×10¹⁵cells、鱼卵 1.19×10⁸个、仔鱼 3.79×10⁵尾。

表 4.4-3 悬浮泥沙导致的生物量损失

清淤悬浮泥沙	超标面积 (km ²)	各类生物平均损失率 (%) 及生物资源密度				
		鱼卵	仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
各类生物损失率 (Bi≤1)	2.71	5%	5%	1%	5%	5%
各类生物损失率 (1<Bi≤4)	1.68	17.5%	17.5%	5.5%	20%	20%
各类生物损失率 (4<Bi≤9)	0.24	40%	25%	15%	40%	25%
各类生物损失率 (Bi>9)	0.62	50%	50%	20%	50%	50%
生物资源密度	—	887.25 ind/100m ³	2.97 ind/100m ³	81.52 kg/km ²	86.56 mg/m ³	94.41 10 ³ cells/L
一次性平均受损量	—	1.48E+07 个	4.74E+04 尾	22.78 kg	151.88 kg	1.59E+14 cells
持续性损害受损量	—	1.19E+08 个	3.79E+05 尾	182.22 kg	1215.02 kg	1.27E+15 cells
注：Bi为悬浮泥沙浓度超过二类《海水水质标准》的倍数，平均水深取2m。						
污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以15）为8。						

4.4.3 营运期对海洋生态的影响

营运期雨水冲刷道路产生的初期雨水，其污染特征为 SS 和油类，但含量较低，沿途多点排放，污染源强较小且分散，间歇性较大，其携带少量污染物进入海域后，在潮流作用下，随海水迅速扩散、稀释。为进一步降低营运期初期雨水对海域的影响，本项目营运期采用 HPDE 收集式泄水管纵向收集桥面初期雨水至桥头沉淀池或市政管网，桥面初期雨水对海洋生态基本不造成影响。同时，营

运营期须配备专业队伍负责大桥的日常维护与管理,采用清扫设备对桥面实施保洁。

4.4.4 对湿地生态系统服务功能的影响

本项目货运通道桩基承台占用浅海湿地面积约 0.3289hm², 保税通道桩基承台占用浅海湿地面积约 0.1348hm², 保税通道桩基承台占用池塘湿地面积约 0.0550hm², 合计占用湿地 0.5187hm²。

湿地在涵养水源、净化水质、蓄洪抗旱、调节气候和维护生物多样性等方面发挥着重要功能,是重要的自然生态系统。本项目造成的生态系统服务功能损失包括湿地生态系统供给服务功能、调节服务功能、文化服务功能和支持服务功能损失。

①供给服务功能

供给服务功能指从生态系统中收获的产品或物质,具体到滨海湿地生态系统,则指其提供的鱼、虾、蟹、贝等海产品作为人们生活食品的服务,以及提供生产活动的各类原料的服务。

选取贝类作为代表物种进行供给服务功能价值的计算。根据海域初级生产力与软体动物的转化关系、软体动物与贝类产品重量关系及贝类产品在市场上的销售价格、销售利润率等建立初级生产力的价值评估模型。根据《海湾围填海生态(规划)环境影响评价技术导则》,用市场价格法计算初级生产价值模型:

$$D_{hr} = \frac{P_0 E}{\delta} \sigma \rho_s P_s S$$

式中: D_{hr} —初级生产服务的损失,单位为元每年(元/a);

P_0 —单位面积海域的初级生产力,单位为克每平方米年(gC/m²a);

E —转化效率, %;

δ —贝类产品混合含碳率, %;

σ —各类软体组织鲜肉与含壳重之比;

P_s —贝类产品平均市场价格,单位为元每千克(元/kg);

ρ_s —贝类产品销售利润率, %;

S —用海的面积,单位为平方米(m²)。

根据初级生产力调查结果,工程所在海域的初级生产力平均值为 68.04mgC/(m²·d)。根据 Tait 对近岸海域生态系统能流的分析,10%的初级生产力转化为软体动物。根据卢振彬等的测定结果,贝类混合含碳率为 8.33%。各类软体组织

鲜肉与含壳重之比平均为 1:5.52。贝类产品平均市场价格按 10 元/kg 计算。贝类产品销售利润率为 25%。本项目占用湿地 0.5187hm²，计算可得初级生产服务的损失为 0.21 万元/a。

(2) 调节服务功能

调节服务功能指从生态系统过程的调节作用中获得的收益。重点考虑湿地生态系统气体调节等功能。

生态系统对于气体的调节作用主要体现在植物光合作用固定大气中的 CO₂，向大气释放 O₂。气体调节价值包括固定 C 的价值与释放 O₂ 的价值两部分。

根据《海湾围填海生态（规划）环境影响评价技术导则》，用影子工程法计算气体调节价值模型：

$$D_{ga} = (C_{CO_2} + 0.73C_{O_2}) \times X \times S$$

式中： D_{ga} —围填海对气体调节服务的损耗，单位为元每年（元/a）；

C_{CO_2} —固定 CO₂ 的成本，单位为元每吨（元/t）；

C_{O_2} —生产 O₂ 的成本，单位为元每吨（元/t）；

X —单位面积海域固定 CO₂ 的量，单位为吨每平方米年（t/m²a）；

S —围填海面积，单位为平方米（m²）。

C_{CO_2} 取碳税率及造林成本价格的平均值。目前国际上通用的碳税率通常为瑞典的碳税率 150USD/t，2022 年美元汇率取 6.35，我国造林成本价格为 250 元/t，因此， C_{CO_2} 取平均值 601.25 元/t（C）。

C_{O_2} 取造林成本价格及工业制氧价格的平均值。我国造林成本价格为 359.93 元/t，根据陈应发等人的研究，制造 O₂ 的成本价格为 0.4 元/kg，因此， C_{O_2} 取平均值 380 元/t（O）。

X 根据初级生产力计算得 $2.48 \times 10^{-5} \text{t/m}^2 \text{a}$ 。计算可得气体调节价值的损失为 0.01 万元/a。

(3) 文化服务功能

文化服务功能指通过精神满足、发展认知、思考、消遣和体验美感而使人类从生态系统获得的非物质收益。重点考虑娱乐休闲和科研教育等功能。

① 娱乐休闲

滩涂及浅海生态景观具有很高的旅游价值，旅游资源潜力很大。采取成果参照法，根据谢高地等（2003）对我国生态系统各项生态服务功能的单位面积价值

的估算结果，我国湿地、农田、森林生态系统单位面积的娱乐休闲功能分别为 4910.9 元/a·hm²、8.8 元/a·hm²、1132.6 元/a·hm²。取湿地生态系统单位面积的娱乐休闲功能价值 4910.9 元/a·hm²，计算可得娱乐休闲价值的损失为 0.25 万元/a。

②科研教育

取我国单位面积生态系统的平均科研价值和 Costanza 等对全球湿地生态系统科研文化功能价值评估的平均值作为单位面积的科研价值。根据陈仲新和张新时等（2000）对我国生态效益价值的估算，我国单位面积生态系统的平均科研价值为 382 元/hm²，Costanza 等（1997）对全球湿地生态系统科研文化功能价值评估为 861USD/hm²a，因此，取两者的平均值 2924.68 元/hm²a。

计算可得科研教育价值的损失为 0.15 万元/a。

（4）支持服务功能

支持服务功能指对于其他生态系统服务的产生所必需的那些基础服务。浅海、滩涂湿地是许多鸟类和海洋生物的重要栖息地，生物多样性价值高。生物多样性分为基因多样性、物种多样性、生态系统多样性、景观多样性。生物多样性维持价值包括生态系统在传粉、生物控制、庇护和遗传资源 4 方面的价值。湿地和海岸带在生物庇护方面表现出极高的生态经济价值。采取成果参照法估算生物多样性价值，根据谢高地等（2003）对我国生态系统各项生态服务功能的单位面积价值的估算结果，我国湿地、农田、森林生态系统单位面积的生物多样性维持价值分别为 2122.2 元/hm²a、628.2 元/hm²a、2884.6 元/hm²a。取湿地生态系统单位面积的生物多样性维持功能价值 2122.2 元/a·hm²，计算可得生物多样性维持价值的损失为 0.11 万元/a。

从上述供给服务功能、调节服务功能、文化服务功能和支持服务功能等方面损失综合来看，项目占用湿地面积很小，项目实施对滨海湿地生态系统的影响较小。但在施工过程中应采取湿地保护和修复措施，减缓对对湿地的影响。同时，本项目作为厦门新机场片区的配套基础设施工程，建议与厦门新机场片区结合，统筹实施生态修复工程，落实湿地保护措施。

4.4.5 对红树林的影响

红树林为自然分布于热带、亚热带潮间带（能够受到潮水周期性浸淹的海岸地带）的木本植物群落，通常生长在港湾河口地区的淤泥质滩涂上。

南港特大桥以西的沙美溪、九溪河口、大嶝西侧沿岸零星分布有红树林，本项目与其最近距离约 1.4km。根据数模预测结果，施工产生的入海悬浮泥沙增量大于 10mg/L 的范围尚未影响到附近的红树林，同时，红树林具有消纳污染物、促淤等功能，对悬浮泥沙不敏感，且悬浮泥沙一般在一个潮周期内落淤。因此，本项目建设对附近红树林及其生境影响很小。

4.4.6 对海水养殖的影响

根据 2009 年 10 月《翔安区大嶝海域水产养殖退出工作实施方案》（翔安区委〔2009〕44 号），该工作实施方案中明确水产养殖退出分两期，第一期涉及海域面积 3754 公顷，退出养殖时间为 2009 年 11 月 30 日前；第二期涉海面积约 4221 公顷，退出养殖时间为 2009 年 12 月 31 日前。根据翔安区人民政府养殖退出证明材料（附件 4），大小嶝海域范围内养殖已由翔安区按照厦门市政府相关规定完成退养全部退出。此外，项目东侧的南安海域存在零星养殖。

目前在本项目用海范围内没有养殖和捕捞，为厦门市养殖水域滩涂规划（2018—2030 年）划定的禁养区。经现场踏勘结合遥感影像，在工程区东侧最近距离 650m 处的南安海域存在零星养殖。根据数模预测结果，施工产生的入海悬浮泥沙增量大于 10mg/L 的面积约 5.252km²，将会影响到上述养殖区，养殖活动会受到一定程度的影响，但影响随施工期结束而消失。

因此，建设单位应加强与养殖户的沟通协调，让养殖户及时了解工程施工动态，及时收回所在海域的养殖及设施，以减少损失，妥善处理与养殖户的关系。



图 4.4-1 悬浮泥沙影响范围与环境敏感目标的关系

4.5 对厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区影响分析

(1) 本项目与自然保护区的位置关系

厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区于 2000 年 4 月经国务院审定（国办发〔2000〕30 号），由原中华白海豚省级自然保护区（1997 年建立，《厦门市中华白海豚保护规定》1997 年由厦门市人民政府颁布实施）、白鹭省级自然保护区（1995 年建立，《厦门大屿岛白鹭自然保护区管理办法》1995 年由厦门市人大常委会公布施行）、文昌鱼市级自然保护区（1991 年建立，《厦门市文昌鱼自然保护区管理办法》1992 年由厦门市人民政府颁布实施）联合组建而成。

根据《厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区总体规划（2016-2025 年）》，厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区位于厦门海域（地理坐标为 117°57'~118°26'E、24°23'~24°44'N）范围内。厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区及外围保护地带面积共 33088 公顷（330.88km²），其中保护区面积 7588 公顷（75.88km²），外围保护地带面积 25500 公顷（255km²）。

本项目不在厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区及其外围保护地带，距离厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区外围保护地带（中华白海豚）3.9km、外围保护地带（文昌鱼）南线至十八线海域 3.9km、外围保护地带（文昌鱼）小嶝岛海域 4.0km，相距较远，如图 2.7-11。

(2) 本项目所在海域的中华白海豚和文昌鱼分布

根据 3.2.6.9 小节《厦门及其邻近海域中华白海豚种群观测与栖息地调查报告》（南京师范大学，2020 年 1 月）中的 2017 年 9 月至 2019 年 7 月对整个厦门湾中华白海豚的调查资料，从中华白海豚在厦门湾的区域分布来看，厦门西海域和九龙江口一直是其主要分布区域，进入 21 世纪之后同安湾内数量减小，而在大小嶝南侧和东侧附近海域和围头湾发现数量有所增加。本项目所在大嶝北侧海域，目前现状航道水深-5m~-3.5m 左右，桥位南侧近岸海域水深 0m 左右，未发现中华白海豚分布。

根据 3.2.6.10 小节 2004 年~2019 年福建海洋研究所每年在文昌鱼栖息地（自然保护区及外围保护地带）的调查资料，黄厝、南线至十八线海域是文昌鱼分布

的主要区域，小嶝岛海域和鳄鱼屿海域文昌鱼呈零星分布。本项目所在大嶝北侧海域未发现文昌鱼。

(3) 本项目对自然保护区的影响

①悬浮泥沙和水动力与冲淤影响

根据数模预测结果，施工期悬浮泥沙大于 10mg/L 的影响范围距离中华白海豚、文昌鱼外围保护地带约 0.7km，如图 4.4-1；项目建成后，水动力和冲淤影响范围主要位于大桥东西两侧约 300~500m 范围内。因此，项目建设在悬浮泥沙和水动力与冲淤方面不会对中华白海豚、文昌鱼外围保护地带产生影响。

②船舶航行的影响

施工期来往的抓斗船、泥驳等船舶数量增加。若躲避不及，船舶的撞击、螺旋桨伤害对中华白海豚的致死致伤风险较高。一般情况下，大中型船舶的通航速度相对较低，而且大多直线行驶，转弯缓慢，对中华白海豚的直接撞击的可能性较小；而快艇、交通艇等小型船舶由于速度较快，灵活性高，经常突然性的改变方向，对中华白海豚的潜在威胁较大。

施工期应控制船舶通航速度，密切注意观察船舶周围区域是否有中华白海豚出入，若发现有中华白海豚，应进行驱赶，避免发动机突然开动对中华白海豚的惊吓、螺旋桨和机器对中华白海豚的直接击伤等。同时，中华白海豚对船舶行驶具有一定的适应能力和躲避能力。因此，工程船舶正常航行对中华白海豚的影响不大。

综上，本项目建设对厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区影响很小。

4.6 声环境影响分析

4.6.1 施工期噪声影响

(1) 施工噪声预测方法和预测模式

鉴于施工噪声的复杂性及其影响的区域性和阶段性，根据《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)，针对不同施工阶段计算出不同施工设备的噪声污染范围，以便施工单位在施工时结合实际情况采取适当的噪声污染防治措施。施工噪声可近似视为点声源处理，根据点声源噪声衰减模式，估算出离声源

不同距离处的噪声值，预测模式如下：

$$L_i = L_0 - 20 \lg(r_i/r_0) - \Delta L$$

式中：L_i——距声源 r_i 处的声级 dB(A)；

L₀——距声源 r₀ 处的声级 dB(A)；

ΔL——其它因素引起的噪声衰减量 dB(A)。

各声源在预测点产生的合成声级采用以下计算模式：

$$L_{TP} = 10 \lg \left[\sum_{i=1}^n 10^{0.1L_{Ti}} \right]$$

(2) 施工噪声影响范围计算和分析

① 施工噪声影响范围计算

根据前述预测方法和模式，对施工过程中各种设备噪声影响范围进行计算。

表 4.6-1 主要施工机械噪声预测结果

序号	机械类型	距施工点不同距离的噪声值[dB(A)]									
		5m	10m	20m	40m	60m	80m	100m	150m	200m	300m
1	轮式装载机	90	84	78	72	69	66	65	61	58	55
2	平地机	90	84	78	72	69	66	65	61	58	55
3	振动式压路机	86	80	74	68	65	62	61	57	54	51
4	轮胎压路机	76	70	64	58	55	52	50	47	44	41
5	推土机	86	80	74	68	65	62	61	57	54	51
6	轮胎式液压挖掘机	84	78	72	66	63	60	59	55	52	49
7	发电机组	84	78	72	66	63	60	59	55	52	49
8	冲击式钻井机	73	67	61	55	52	49	47	44	41	38

表 4.6-2 多种施工机械同时作业噪声预测结果

序号	多台施工机械同时作业组合	距施工点距离处噪声值(Leq[dB(A)])						
		20m	40m	60m	100m	200m	300m	400m
1	装载机、推土机、平地机、挖掘机	82.2	76.2	72.7	68.7	62.2	58.7	56.2
2	压路机、摊铺机、拌合机	79.1	73.5	70.0	67.0	66.0	59.5	56.0

注：5m 处的噪声级为实测值。

② 施工噪声影响范围分析

单台机械作业时，昼间施工在距离施工机械 60m 处噪声值可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》昼间 70dB(A) 的标准，夜间施工在距离施工机械 300m 处可以满足夜间 55dB(A) 的标准。

昼间多种施工机械同时作业，噪声在距源 100m 以外满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》昼间要求；夜间在 500m 以外满足《建筑施工场界环境噪声排

放标准》标准要求。

根据预测结果，施工期间其施工场界的噪声将超过《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准要求，为此建设单位应要求施工单位严格遵守《噪声污染防治法》中关于建筑施工噪声污染防治的有关规定和《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的要求，采用低噪声施工设备，合理安排施工计划并采取严格的施工管理措施，定期对设备进行维护和检修，保证设备运行良好，对高噪声施工设备进行隔声减震处理。加强施工期环境监理，做到文明施工，清洁施工。

本项目与最近的村庄相距约 70m，施工机械、运输车辆通行于现有村庄道路，将对附近的村庄造成一定影响，因此，应保持路面平坦、整洁，控制行车速度，严禁鸣笛。在采取声环境保护措施的情况下，施工运输噪声对村庄的影响较小。

4.6.2 营运期噪声影响

4.6.2.1 预测模式

根据拟建项目特点和沿线的环境特征，本评价选用 HJ2.4-2009《环境影响评价技术导则声环境》中推荐的预测模式进行预测。

(1) 第 i 类车等效声级的预测模式

将公路上汽车流按照车种分类（如大、中、小型车），先求出某一类车辆的小时等效声级：

$$L_{eq}(h)_i = (\overline{L_{0R}})_i + 10 \lg \left(\frac{N_i}{V_i T} \right) + 10 \lg \left(\frac{7.5}{r} \right) + 10 \lg \left[\frac{\Psi_1 + \Psi_2}{\pi} \right] + \Delta L - 16$$

式中： $L_{eq}(h)_i$ ——第 i 类车的小时等效声级，dB(A)；

$(\overline{L_{0R}})_i$ ——第 i 类车速度为 V_i ，km/h；水平距离为 7.5m 处的能量平均 A 声级，dB(A)；

N_i ——昼间、夜间通过某个预测点的第 i 类车平均小时车流量，辆/h；

r ——从车道中心线到预测点的距离，m；适用于 $r > 7.5m$ 预测点的噪声预测；

V_i ——第 i 类车的平均车速，km/h；

T——计算等效声级的时间，1h；

Ψ_1 、 Ψ_2 ——预测点到有限长路段两端的张角，弧度。

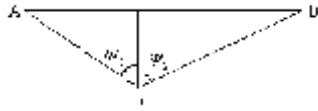


图 4.6-1 有限路段的修正函数（图中 A—B 为路段，P 为预测点）

ΔL ——由其他因素引起的修正量，dB(A)，可按下列式计算：

$$\Delta L = \Delta L_1 - \Delta L_2 + \Delta L_3$$

$$\Delta L_1 = \Delta L_{\text{坡度}} + \Delta L_{\text{路面}}$$

$$\Delta L_2 = A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}}$$

式中： ΔL_1 ——线路因素引起的修正值，dB(A)；

$\Delta L_{\text{坡度}}$ ——公路纵坡修正值，dB(A)；

$\Delta L_{\text{路面}}$ ——公路路面材料引起的修正值，dB(A)；

ΔL_2 ——声波传播途径中引起的衰减量，dB(A)；

ΔL_3 ——由反射等引起的修正值，dB(A)。

(2) 总车流等效声级

总车流等效声级是将各类车流等效声级叠加求得。如果将车流分成大、中、小三类车，那么总车流等效声级为：

$$L_{\text{eq}}(T) = 10 \lg \left(10^{0.1 L_{\text{eq}}(\text{大})} + 10^{0.1 L_{\text{eq}}(\text{中})} + 10^{0.1 L_{\text{eq}}(\text{小})} \right)$$

(3) 环境噪声预测模式

$$(L_{\text{Aeq}})_{\text{M}} = 10 \lg \left(10^{0.1 L_{\text{eq}}(T)} + 10^{0.1 L_{\text{Aeq}}(\text{背})} \right)$$

式中： $L_{\text{Aeq}}(\text{背})$ ——预测点背景值，dB(A)。

其它参数意义同前。

4.6.2.2 参数选择

(1) 纵坡修正量($\Delta L_{\text{坡度}}$)

公路纵坡修正量 $\Delta L_{\text{坡度}}$ 可按下列式计算：

大型车： $L_{\text{大型}} = 98 \times \beta$ dB(A)

中型车: $L_{\text{车型}} = 73 \times \beta$ dB(A)

小型车: $L_{\text{车型}} = 50 \times \beta$ dB(A)

式中: β ——公路的纵坡坡度, %。

(2) 路面修正量 ΔL 路面

表 4.6-3 常见路面噪声修正量表 单位: dB(A)

路面	不同行驶速度修正量km/h		
	30	40	≥ 50
沥青混凝土路面	0	0	0
水泥混凝土路面	1.0	1.5	2.0

(3) 农村房屋附加衰减量估算值

在沿路第一排房屋影声区范围内, 房屋衰减量近似计算可按图 4.6-2 和表 4.6-4 取值。

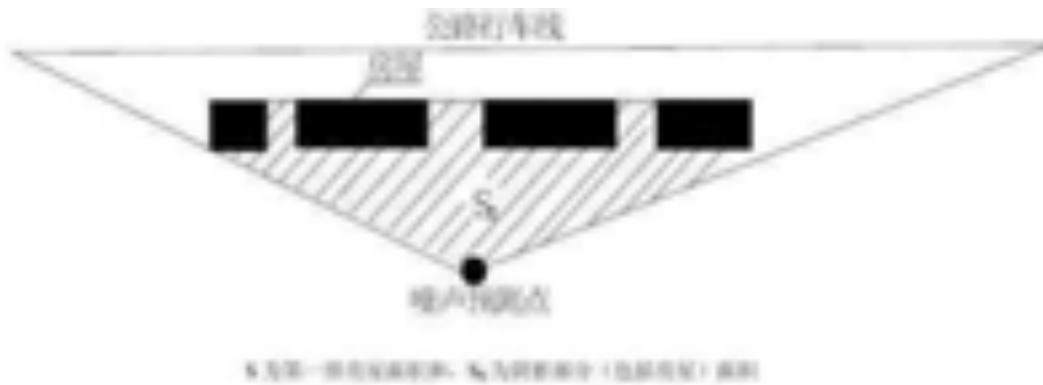


图 4.6-2 农村房屋降噪量估算示意图

表 4.6-4 农村房屋噪声附加衰减量估算值

S/S_0	A_{bar}
40~60%	3dB(A)
70~90%	5dB(A)
以后每增加一排房屋	1.5dB(A)
	最大衰减量 ≤ 10 dB(A)

(4) 城市道路交叉路口噪声(影响)修正量

表 4.6-5 交叉路口的噪声附加量

受噪声影响点至最近快车道中轴线交叉点的距离 (m)	交叉路口 (dB)
≤ 40	3
$40 < D \leq 70$	2
$70 < D \leq 100$	1
> 100	0

交叉口修正量主要是由于车辆在交叉路口明显的加速、减速引起的, 交叉路

口的噪声修正值（附加值）见表 4.6-5。

4.6.2.3 预测评价

为了解本工程沿线噪声在道路水平面上的一般辐射水平，本评价根据预测模式以及由实际情况确定的有关参数，对本工程进行预测分析。对营运期 2025 年、2031 年、2039 年在平路基、开阔路段情况下，道路车道边界两侧一定范围内昼间和夜间的交通噪声进行预测。

项目纵面线形存在变化，路面与地面高差不一致，出于预测的可行性考虑，预测中只考虑障碍物、地形高差、声波的几何衰减和地面的吸收，不考虑空气吸收、树木等环境因素的附加衰减及背景值。

项目货运通道和保税通道不同车流量路段噪声预测结果见表 4.6-6~表 4.6-7，项目交通噪声贡献值等声级线图和垂向等声级线图详见图 4.6-3~图 4.6-22。

由表 4.6-6 可知，工程实施后交通噪声预测值各预测年限随着车流量的增大，噪声影响日益严重，交通噪声边界线外达标距离逐渐加大。由表 4.6-7 可知，道路在达标衰减距离夜间明显大于昼间，货运通道中期衰减至 4a 类达标距离夜间需 11m、衰减至 2 类达标距离夜间需 38m；保税通道（仅通行货运车，道路等级为支路）中期衰减至 3 类达标距离夜间需 4m、衰减至 2 类达标距离夜间需 14m。

表 4.6-6 项目营运期交通噪声预测结果 单位：dB(A)

预测年限		与道路边线和中心线距离 (m)												
		边线	0	10	20	30	40	50	60	80	100	140	180	200
		中心线	12	22	32	42	52	62	72	92	112	152	192	212
莲嶝特大桥货运通道	2025	昼间	62.0	57.5	54.5	52.8	51.6	50.6	49.8	48.6	47.6	46.0	44.7	44.1
		夜间	55.2	50.7	47.6	46.0	44.8	43.8	43.0	41.8	40.7	39.1	37.9	37.3
	2031	昼间	66.3	62.0	59.1	57.5	56.3	55.4	54.7	53.5	52.5	50.9	49.7	49.1
		夜间	59.7	55.4	52.5	50.9	49.7	48.8	48.1	46.8	45.8	44.3	43.0	42.5
	2039	昼间	69.9	65.6	62.6	61.0	59.9	59.0	58.2	57.0	56.0	54.4	53.2	52.6
		夜间	62.1	57.7	54.8	53.2	52.1	51.1	50.4	49.1	48.2	46.6	45.4	44.8
预测年限		边线	0	10	20	30	40	50	60	80	100	140	180	200
		中心线	4	14	24	34	44	54	64	84	104	144	184	204
莲嶝特大桥保税通道	2025	昼间	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		夜间	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	2031	昼间	63.8	58.5	54.1	52.0	50.6	49.6	48.8	47.6	46.7	45.6	44.9	44.6
		夜间	57.1	51.8	47.4	45.3	43.9	42.9	42.1	40.9	40.1	38.9	38.2	38.0
	2039	昼间	66.6	61.4	57.0	54.9	53.5	52.5	51.7	50.6	49.8	48.7	48.1	47.9
		夜间	59.7	54.5	50.1	48.0	46.6	45.7	44.9	43.8	43.0	41.9	41.3	41.0

表 4.6-7 项目道路边界两侧交通噪声达标距离 单位：m

营运期	道路	4a类标准		3类标准		2类标准	
		昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
近期	莲嶝特大桥货运通道	/	1	/	/	5	12
中期		/	11	/	/	17	38
远期		/	20	/	/	49	66
近期	莲嶝特大桥保税通道	/	/	/	/	/	/
中期		/	/	/	4	7	14
远期		/	/	3	9	13	21

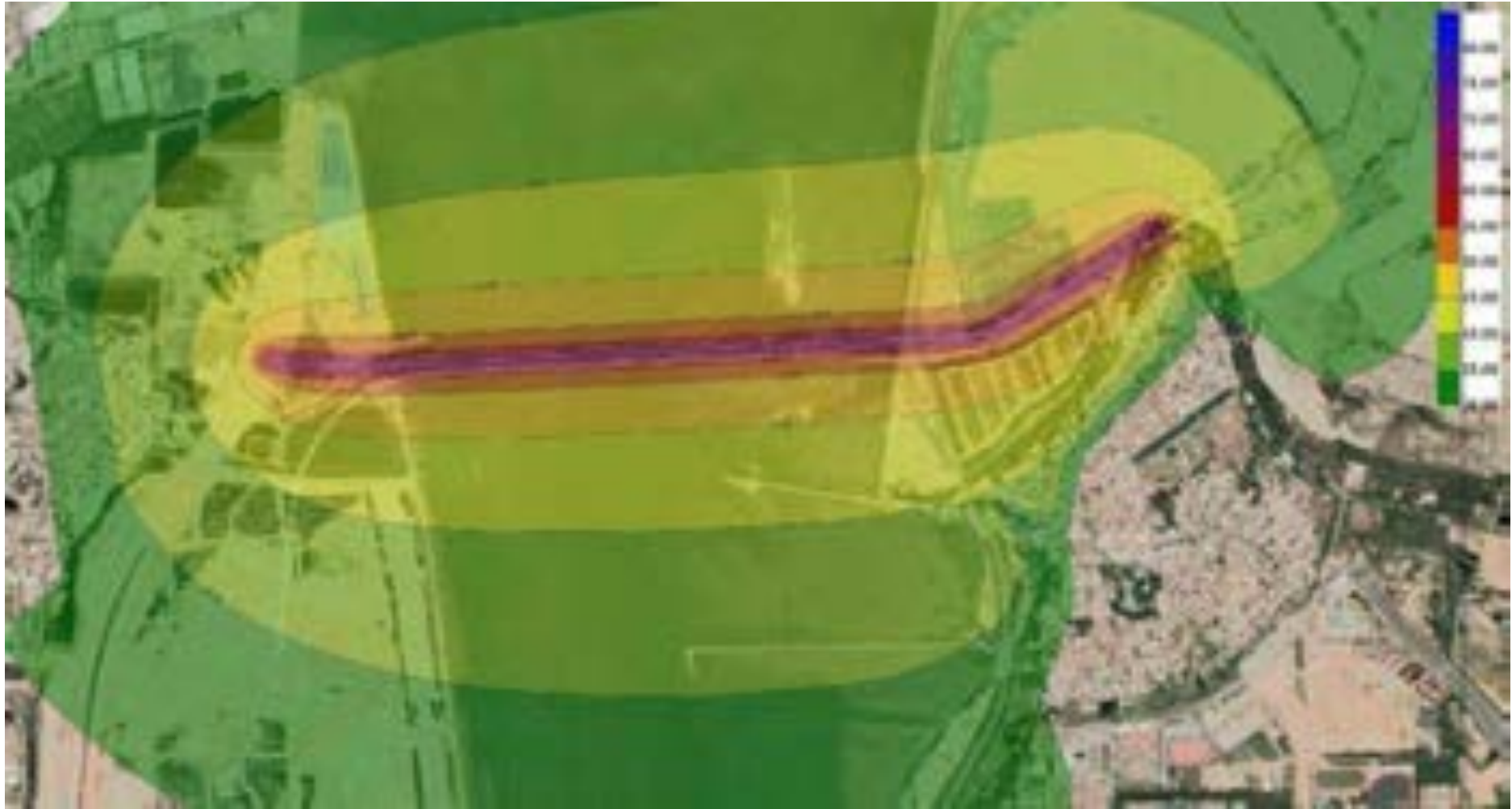


图 4.6-3 项目近期（2025 年）昼间交通噪声等声值线图

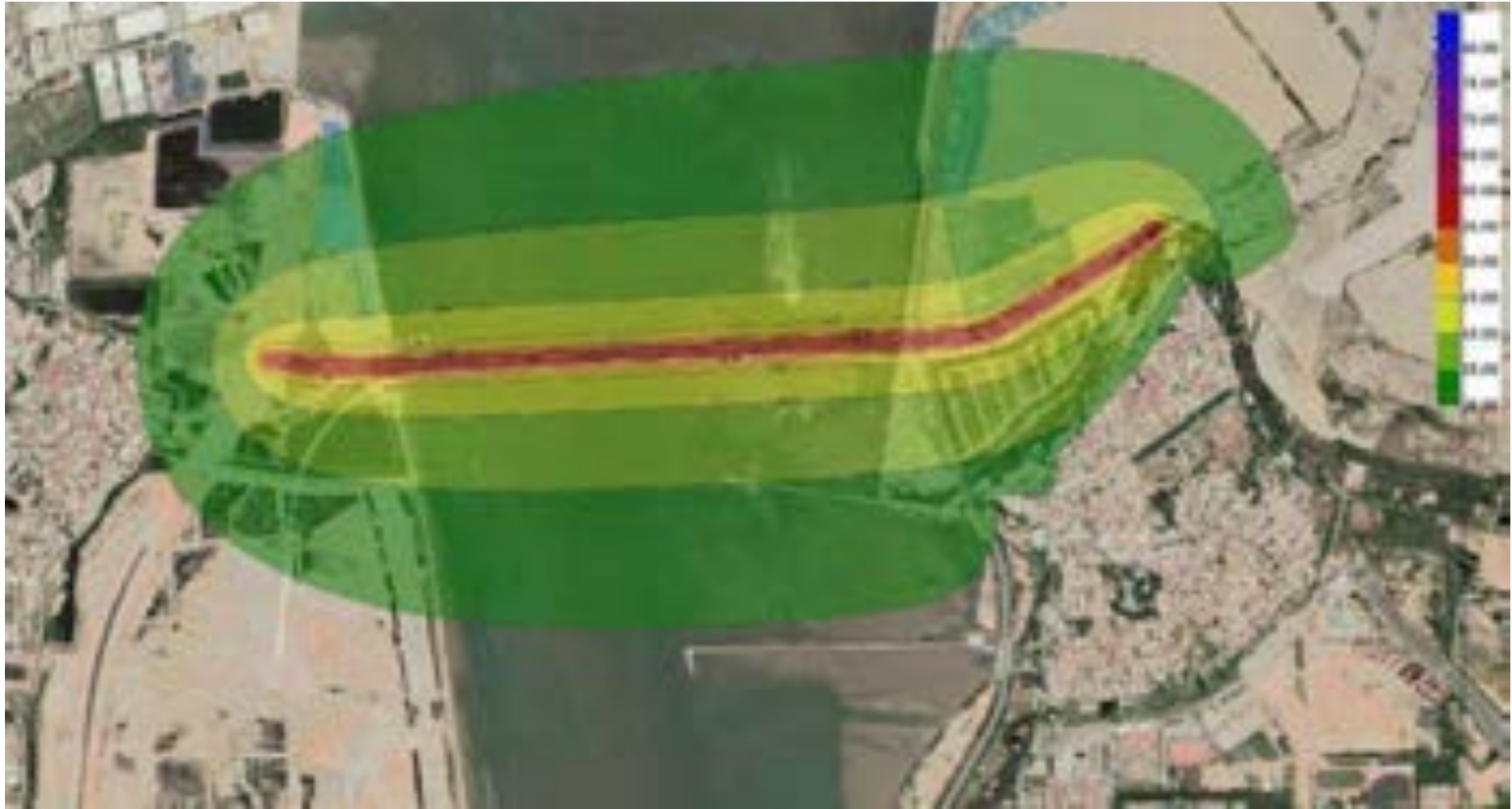


图 4.6-4 项目近期（2025 年）夜间交通噪声等声值线图

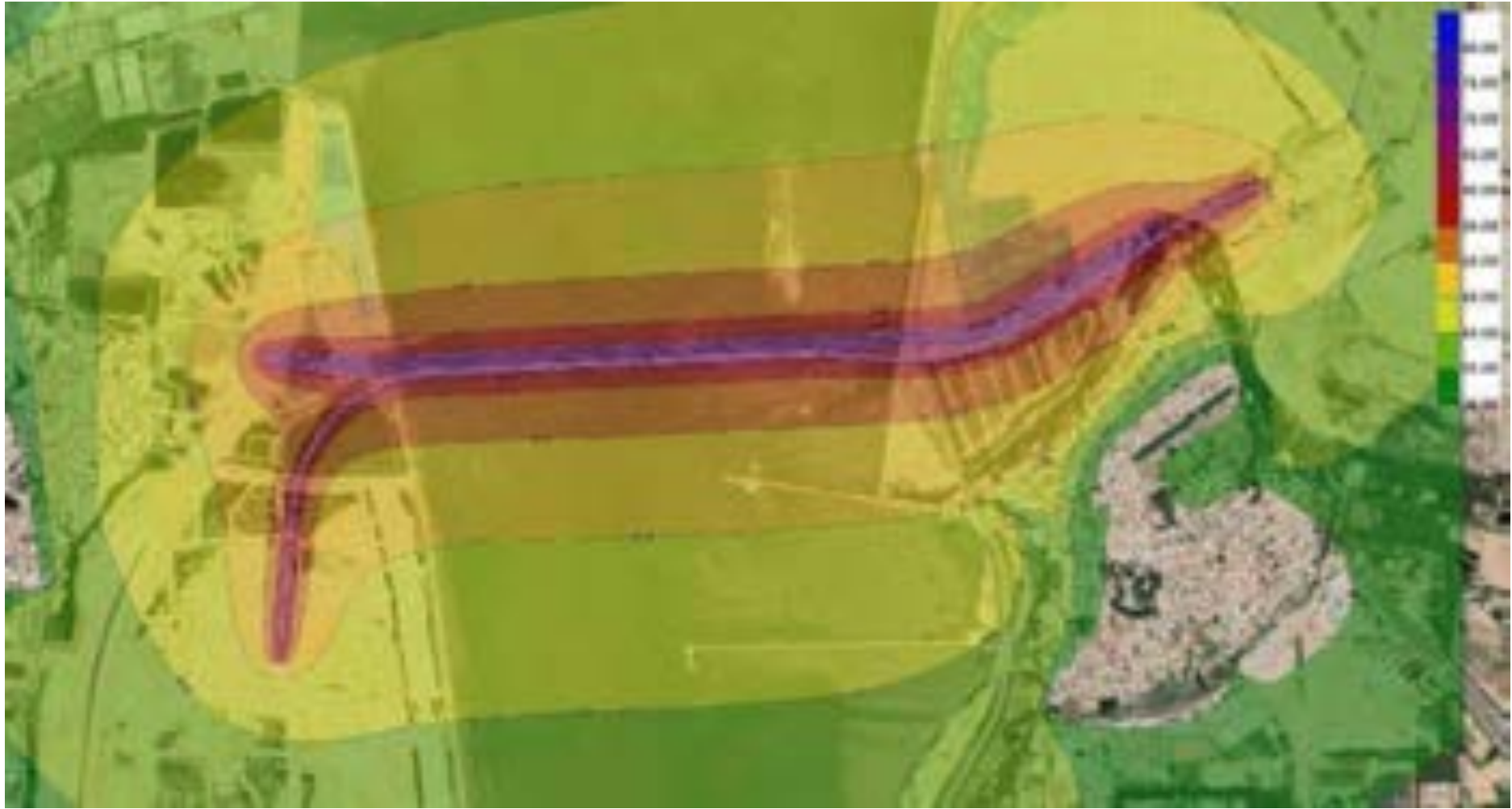


图 4.6-5 项目中期（2031 年）昼间交通噪声等声值线图



图 4.6-6 项目中期（2031 年）夜间交通噪声等声值线图

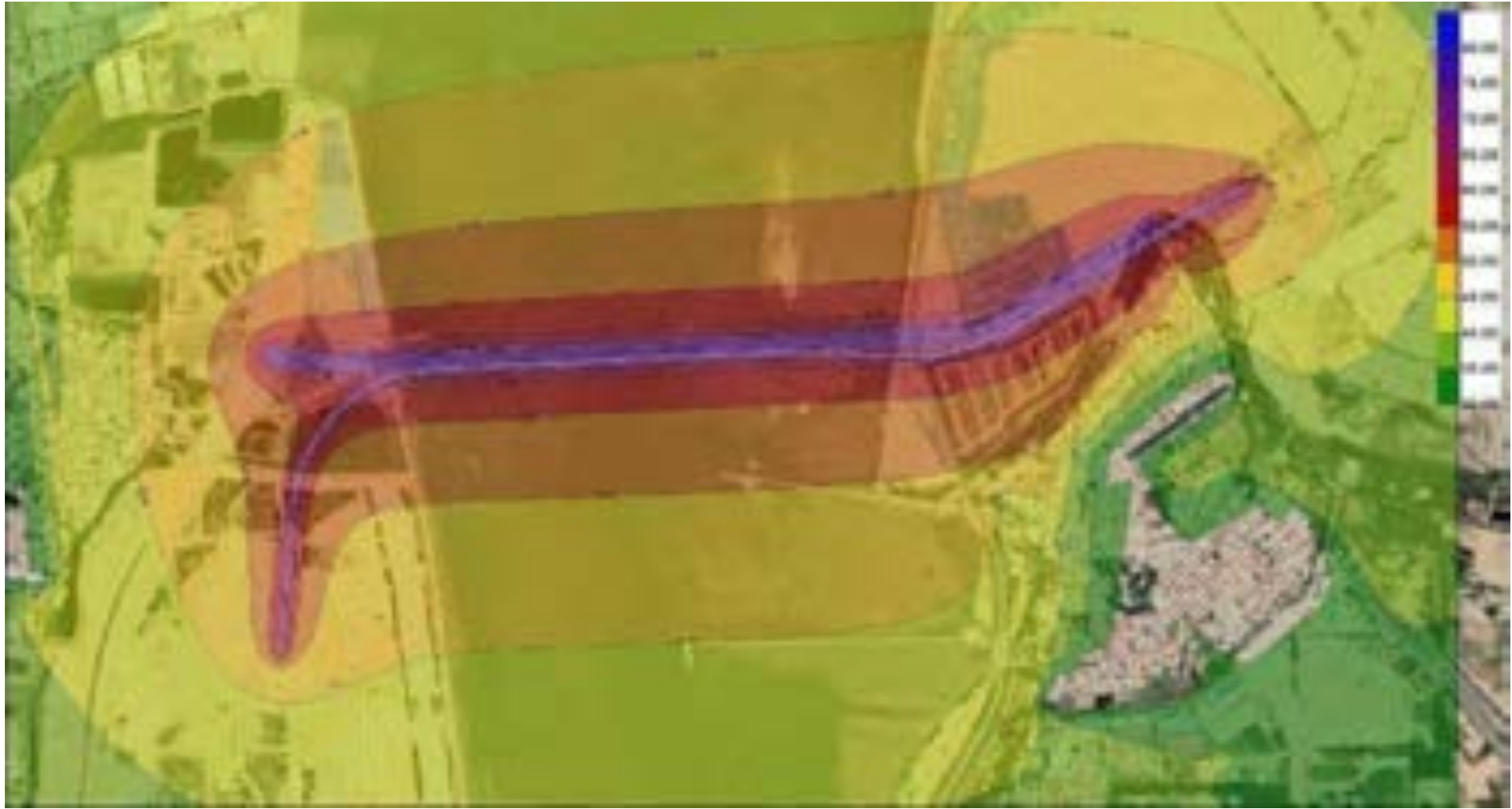


图 4.6-7 项目远期（2039 年）昼间交通噪声等声值线图



图 4.6-8 项目远期（2039 年）夜间交通噪声等声值线图

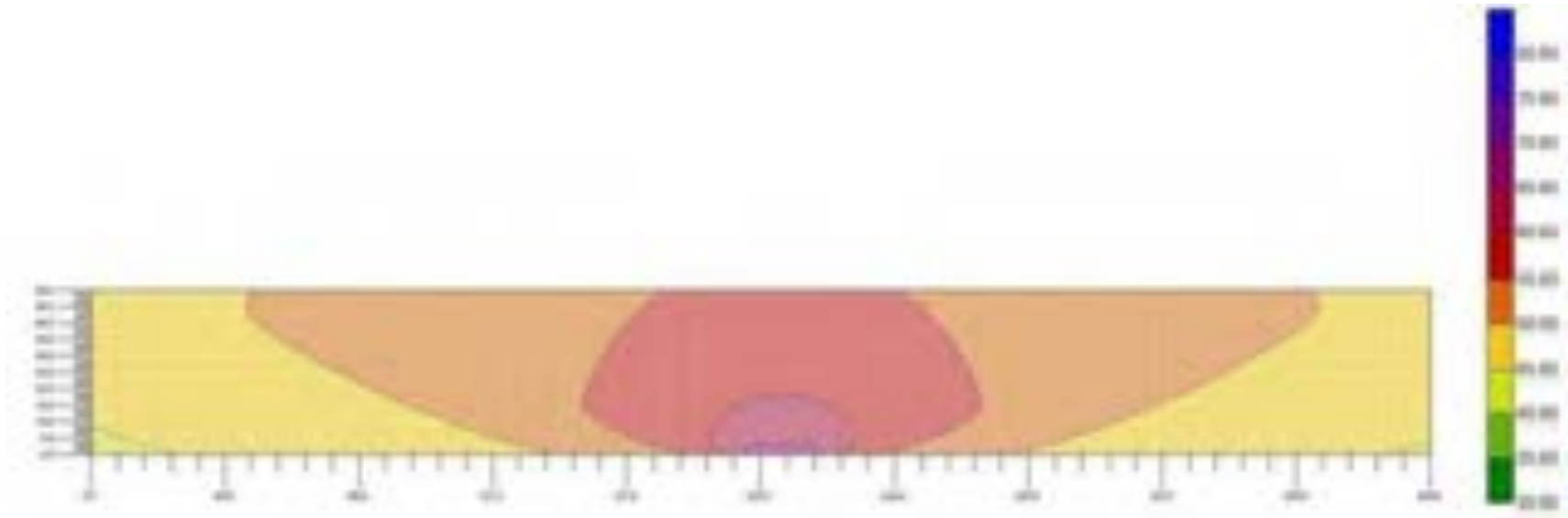


图 4.6-9 项目货运通道近期（2025 年）昼间交通噪声垂向等声值线图

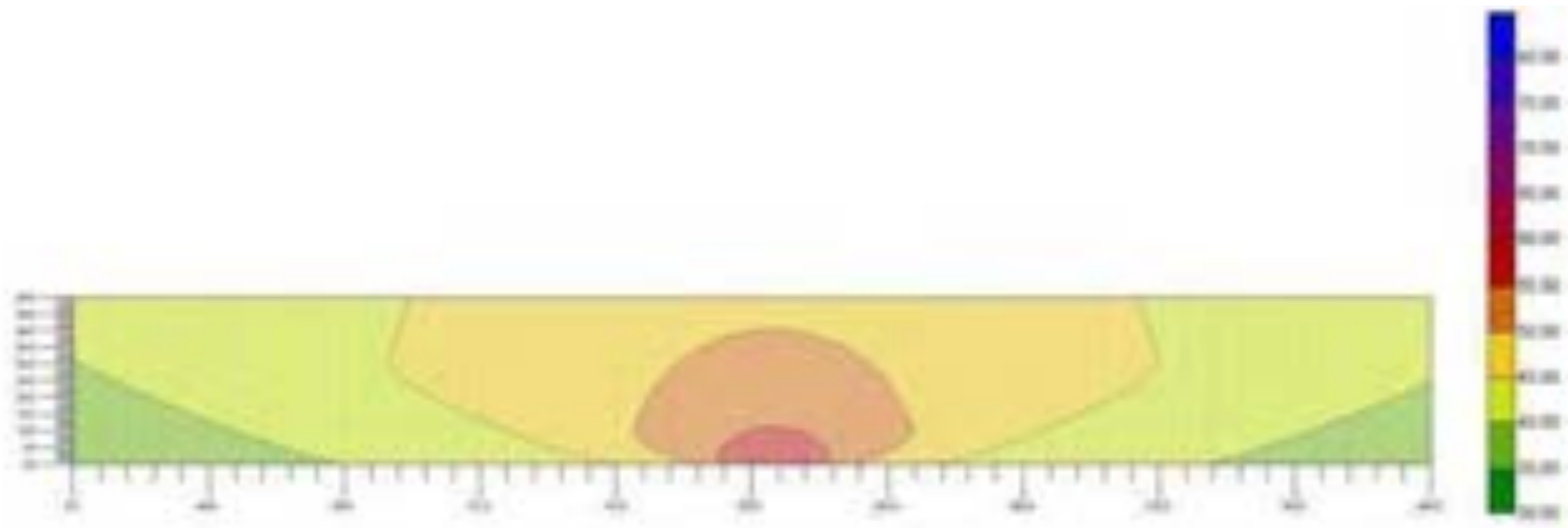


图 4.6-10 项目货运通道近期（2025 年）夜间交通噪声垂向等声值线图

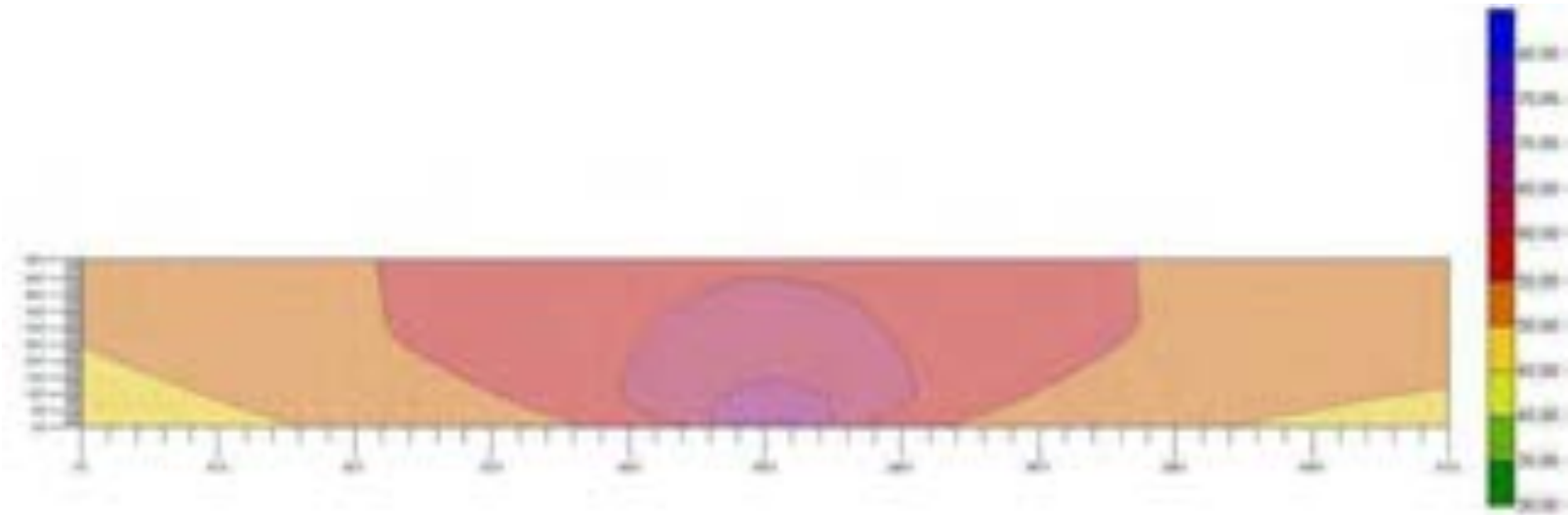


图 4.6-11 项目货运通道中期（2031 年）昼间交通噪声垂向等声值线图

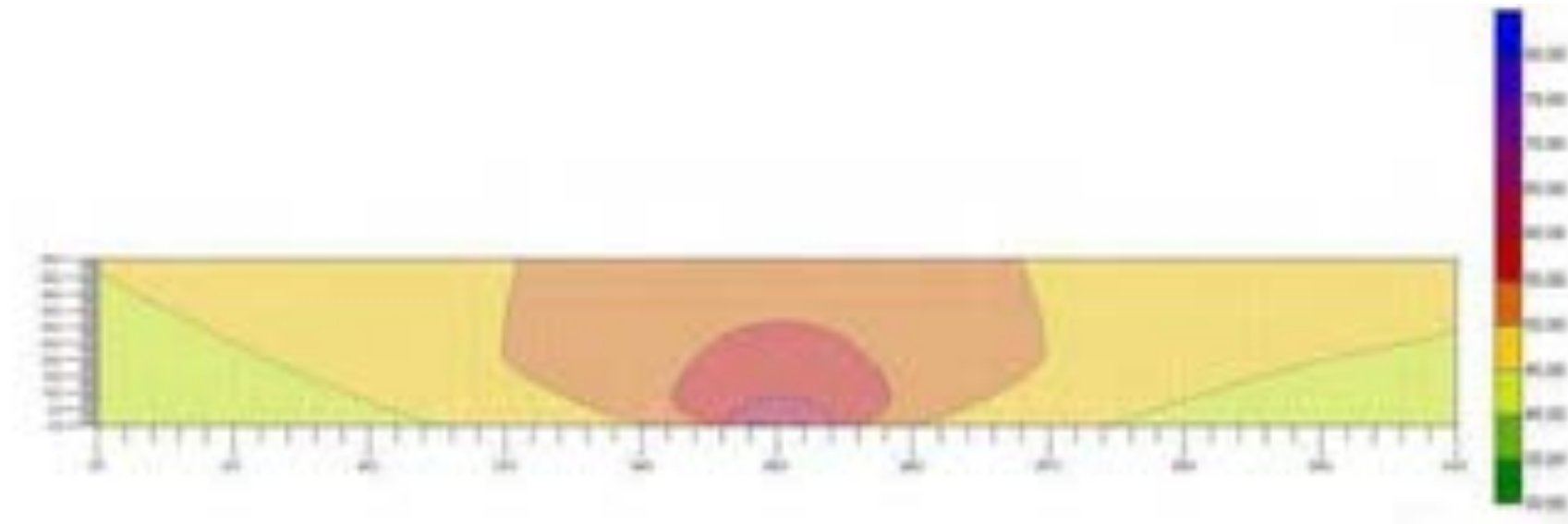


图 4.6-12 项目货运通道中期（2031 年）夜间交通噪声垂向等声值线图

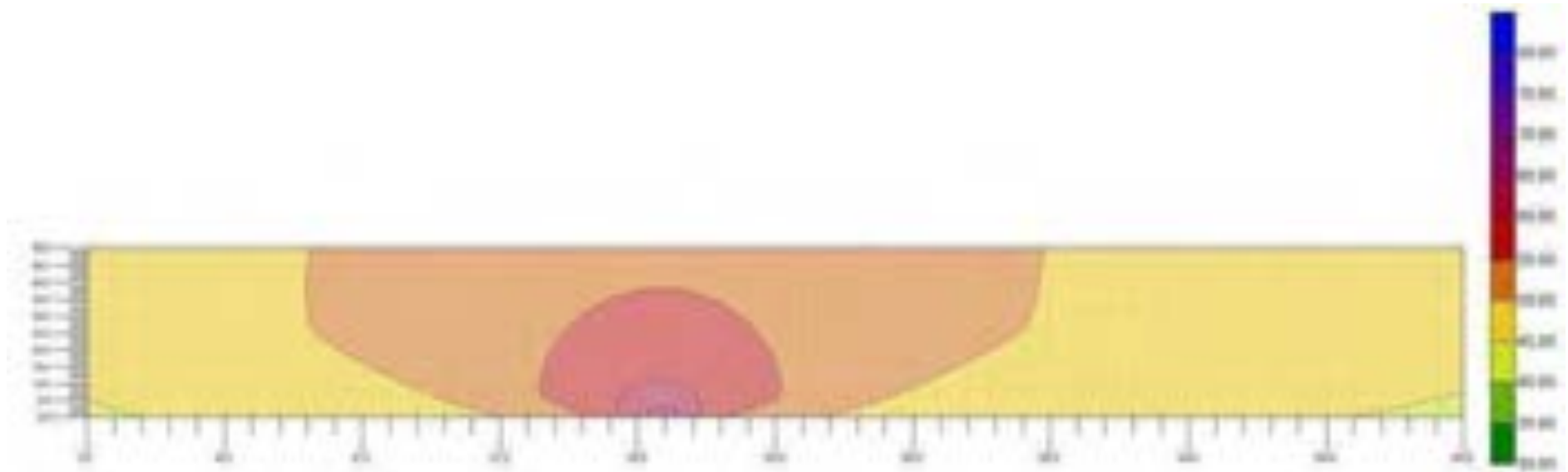


图 4.6-13 项目保税通道中期（2031 年）昼间交通噪声垂向等声值线图

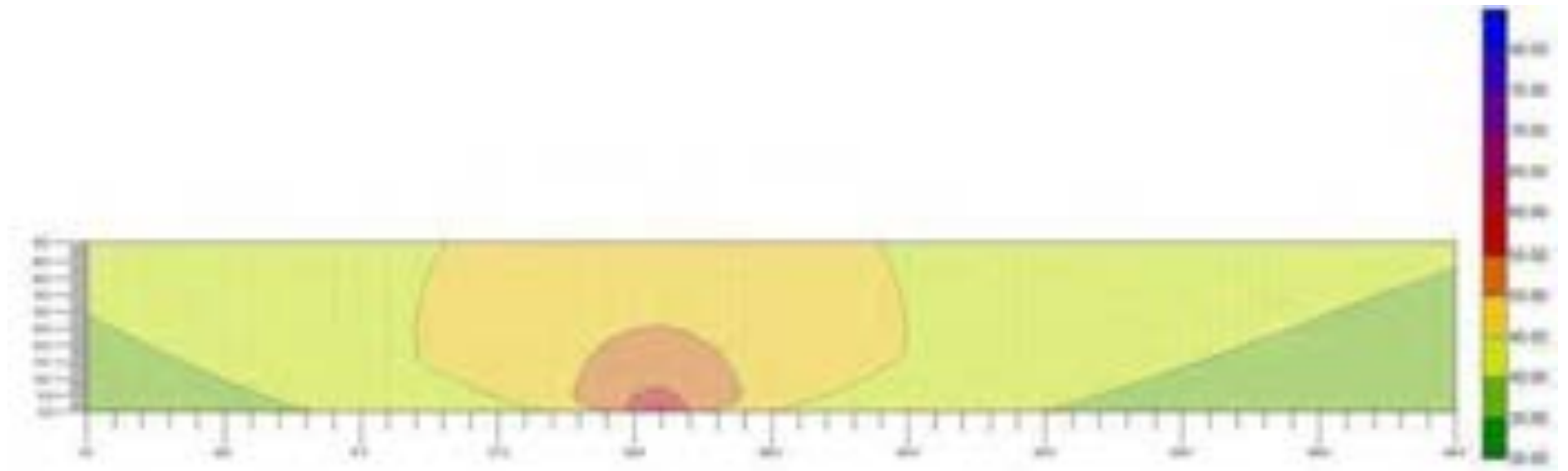


图 4.6-14 项目保税通道中期（2031 年）夜间交通噪声垂向等声值线图

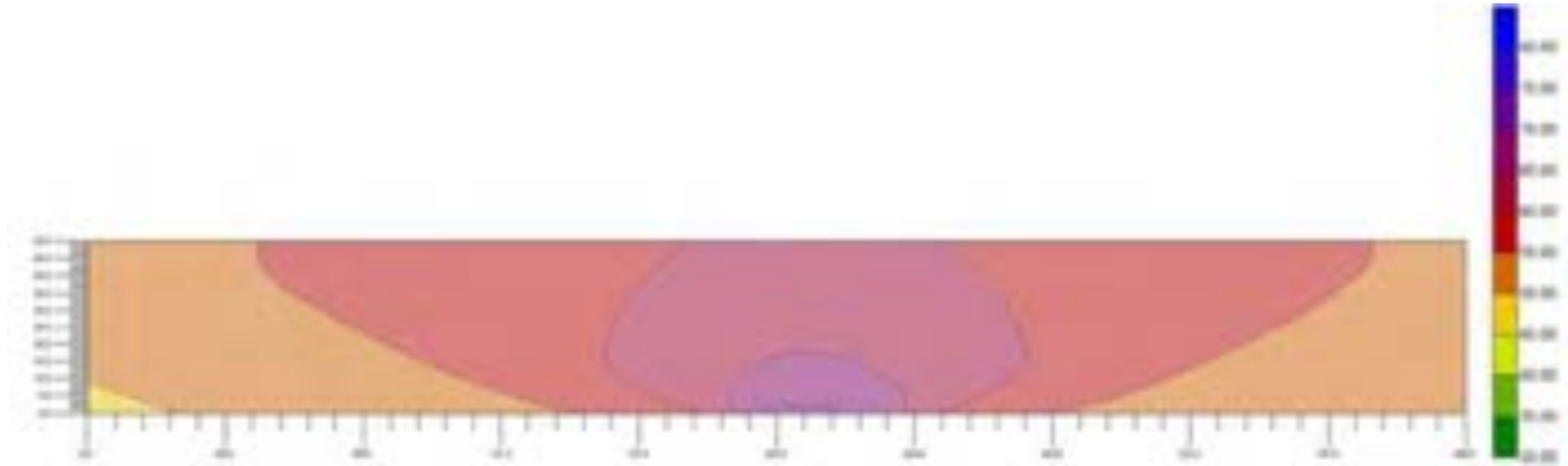


图 4.6-15 项目保税通道与货运通道并行车道中期（2031 年）昼间交通噪声垂向等声值线图

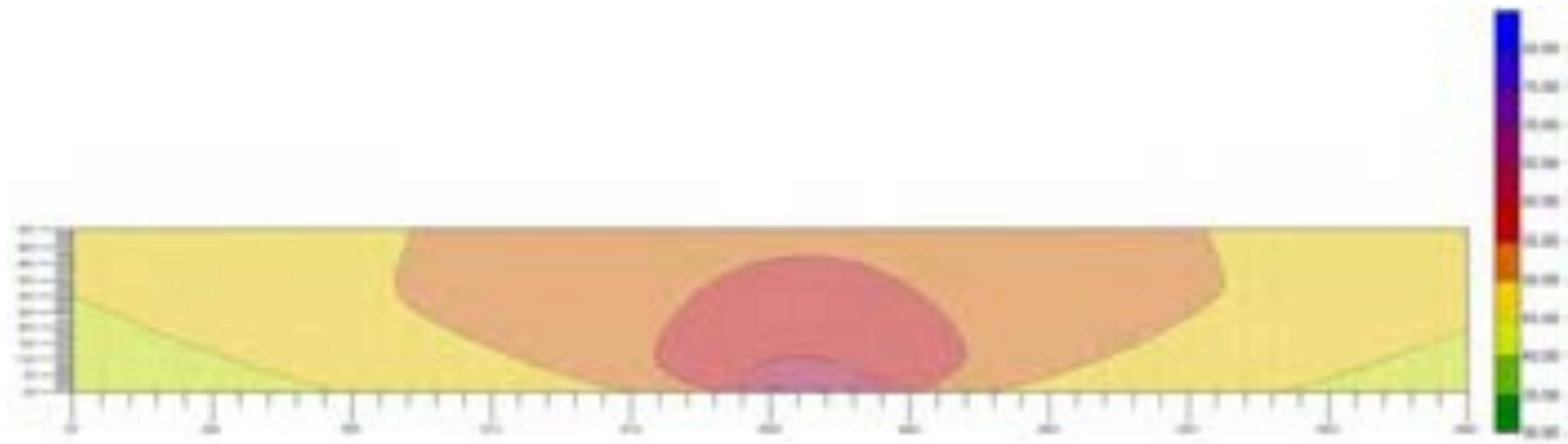


图 4.6-16 项目保税通道与货运通道并行车道中期（2031 年）夜间交通噪声垂向等声值线图

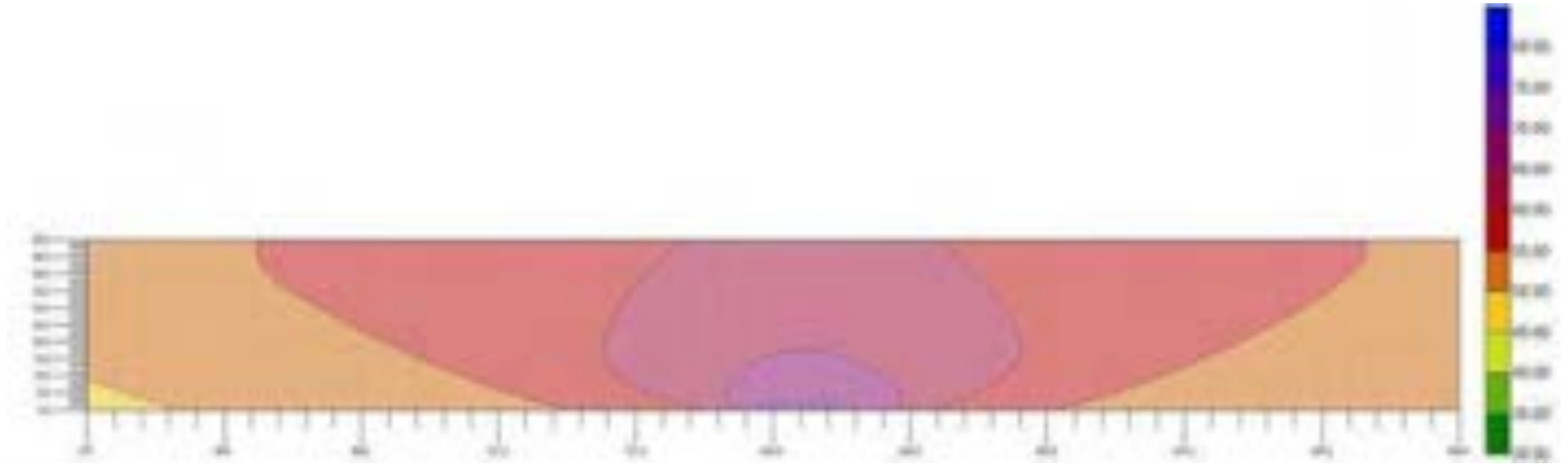


图 4.6-17 项目货运通道远期（2039 年）昼间交通噪声垂向等声值线图

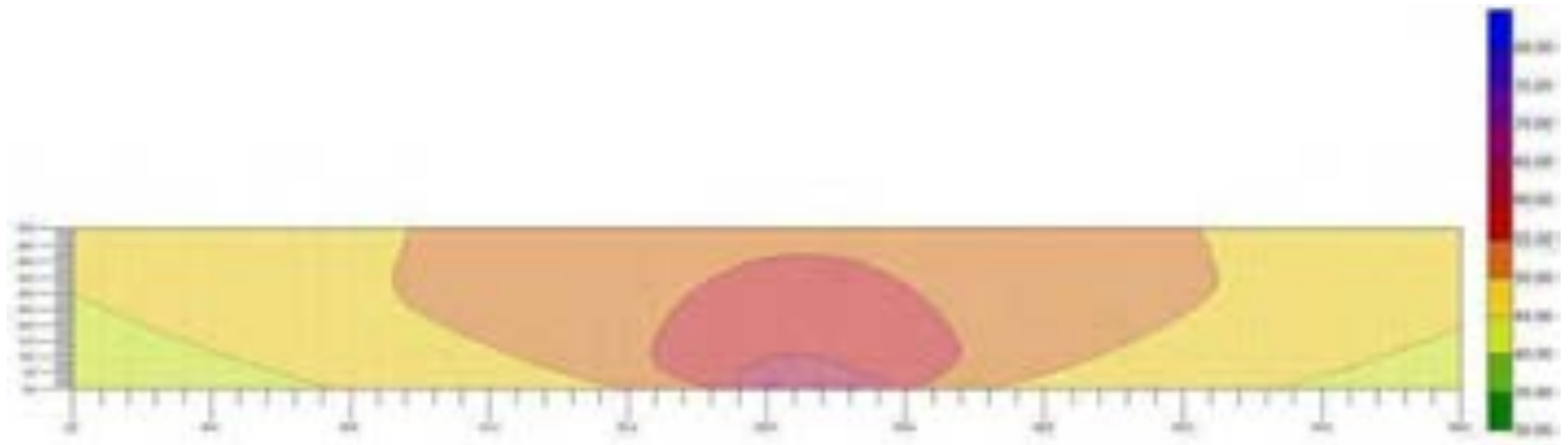


图 4.6-18 项目货运通道远期（2039 年）夜间交通噪声垂向等声值线图

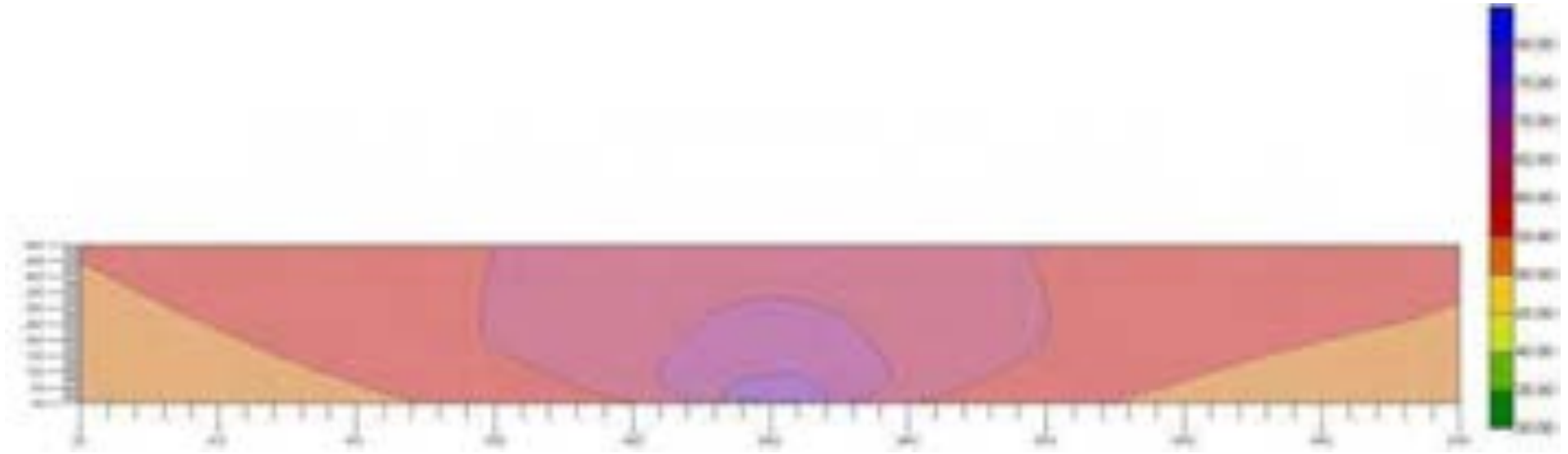


图 4.6-19 项目保税通道远期（2039 年）昼间交通噪声垂向等声值线图

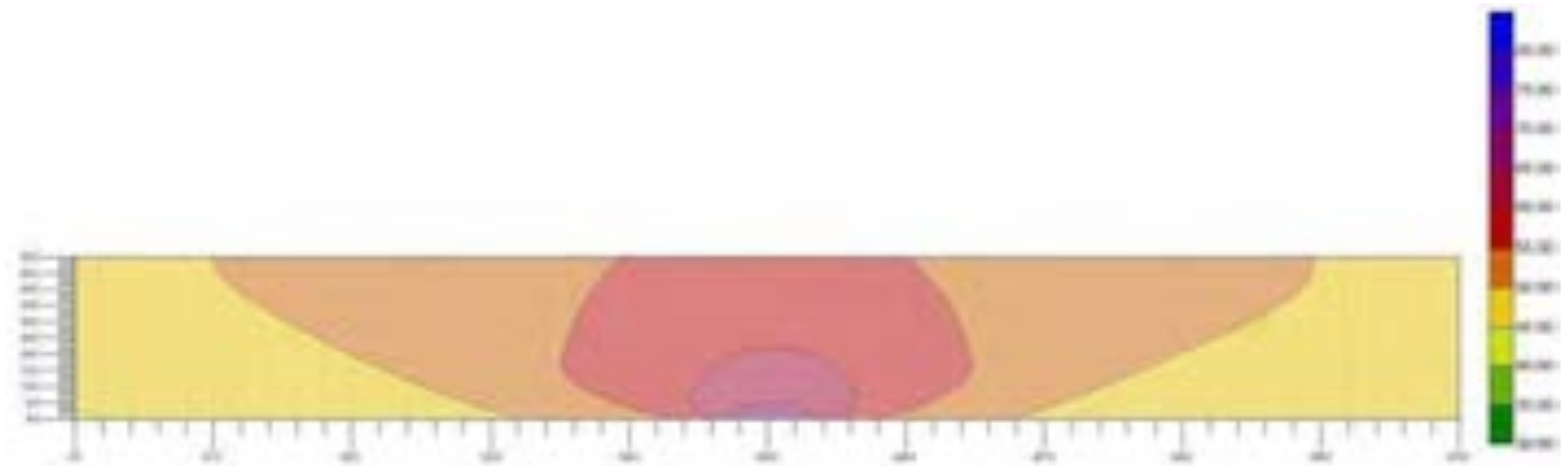


图 4.6-20 项目保税通道远期（2039 年）夜间交通噪声垂向等声值线图

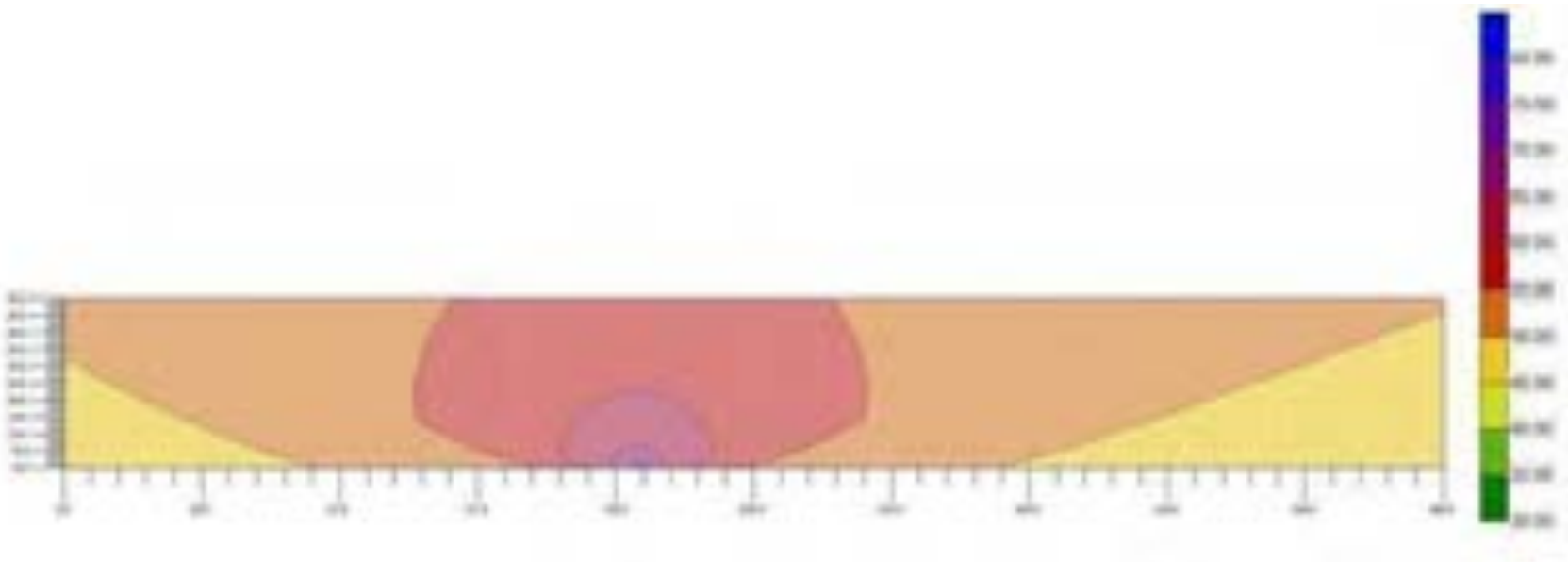


图 4.6-21 项目保税通道与货运通道并行车道远期（2039 年）昼间交通噪声垂向等声值线图

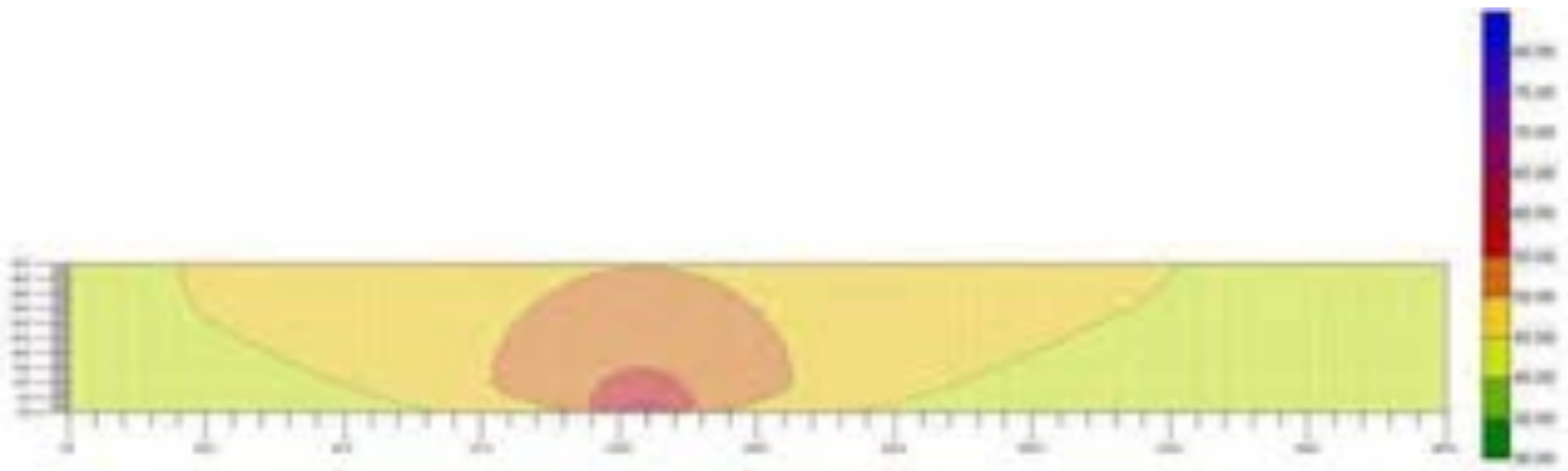


图 4.6-22 项目保税通道与货运通道并行车道远期（2039 年）夜间交通噪声垂向等声值线图

4.6.2.4 对声环境敏感目标的影响

根据线路与敏感点的位置关系，全面考虑所对应的工程路基形式、高差、地形、地上物、道路交叉口、地面吸收、空气吸收等诸环境因素产生的声波附加衰减，同步考虑叠加与保税通道并行的机场北路（本项目段）交通噪声影响，由整体噪声贡献值叠加背景值得到预测值。本工程沿线交通噪声可能影响的敏感目标为评价范围内两侧居民区和学校，营运期预测年拟建道路沿线敏感点环境噪声预测结果达标情况统计见表 4.7-8。

根据预测结果，本项目运营期沿线两侧紧邻道路居民区昼、夜间噪声均受交通噪声不同程度影响，运营中期未出现超标现象，环境敏感目标莲河社区和东埕社区首排建筑其声环境可符合 2 类标准。各个敏感点声环境预测情况如下：

①莲河社区（2 类区）：

近期：昼间预测值 48.6dB（A），夜间 41.9dB（A）；昼间和夜间均未超标；

中期：昼间预测值 49.5dB（A），夜间 42.8dB（A）；昼间和夜间均未超标；

远期：昼间预测值 50.7dB（A），夜间 44.0dB（A）；昼间和夜间均未超标。

②东埕社区（2 类区（首排垂向））：

近期保税通道未通车，仅为货运通道驳接的机场北路交通噪声影响，中远期预测考虑保税通道叠加机场北路交通噪声对东埕社区整体声环境影响。

近期：昼间预测值 50.4~50.6dB（A），夜间 46.0~46.5dB（A）；昼间和夜间未超标；

中期：昼间预测值 53.9~55.4dB（A），夜间 48.7~49.5dB（A）；昼间和夜间未超标；

远期：昼间预测值 56.6~58.4dB（A），夜间 50.6~52.0dB（A）；昼间未超标、夜间超标，夜间超标 0.6~2.0dB（A）。

4.6.2.5 土地利用规划建议

根据厦门新机场片区土地利用规划图可知，项目工程沿线两侧用地现状以吹填地、交通道路、村庄等为主，后期规划为新机场片区配套设施用地；由表 4.6-7 可知，两段主线道路交通噪声中期衰减至 2 类达标距离需在 7~17m（昼间）之间、14~38m（夜间）之间。

建议结合本项目噪声控制距离范围要求，考虑采取相应的降噪减缓措施，如调整功能布局，建筑退让道路红线，临路一侧加强绿化、设置隔声门窗等。相关建设单位采取“预留资金，跟踪监测”措施，未来若跟踪监测结果仍超标，则再使用预留的资金，采取进一步降噪措施。

表 4.6-8 声环境敏感点噪声影响预测结果表

环境敏感点名称		与道路红线距离(m)	时段	背景值dB(A)	执行标准	近期(2025年)			中期(2031年)			远期(2039年)		
						贡献值dB(A)	贡献值叠加本底值dB(A)	超标值dB(A)	贡献值dB(A)	贡献值叠加本底值dB(A)	超标值dB(A)	贡献值dB(A)	贡献值叠加本底值dB(A)	超标值dB(A)
莲河社区	首排	250	昼间	48.2	2类	38.3	48.6	/	43.7	49.5	/	47.2	50.7	/
			夜间	41.5	2类	31.5	41.9	/	37.1	42.8	/	40.3	44.0	/
东堤社区	1层	70	昼间	48.2	2类	46.4	50.4	/	52.5	53.9	/	55.9	56.6	/
			夜间	45.5	2类	39.5	46.5	/	45.9	48.7	/	49.1	50.6	0.6
	3层		昼间	48.6	2类	47.4	51.0	/	53.7	54.8	/	57.0	57.6	/
			夜间	44.5	2类	40.6	46.0	/	47.0	49.0	/	50.2	51.2	1.2
	5层		昼间	46.6	2类	48.4	50.6	/	54.8	55.4	/	58.1	58.4	/
			夜间	44.0	2类	41.6	46.0	/	48.1	49.5	/	51.3	52.0	2.0

4.7 大气环境影响分析

4.7.1 施工期环境空气影响

项目所需砼为外购商品料，施工区不设置混凝土搅拌站。施工期环境空气污染源包括挖方填方及沙石灰料装卸及运输过程中产生扬尘、沥青摊铺废气及以燃油为动力的施工机械、运输车辆排放的废气。

(1) 扬尘

工程施工需进行土石方的开挖。这些工序将使原有地表遭到破坏，形成裸地，在晴天的情况下，地表水份蒸发，形成干松颗粒，使地表松散。在风力较大时会导致粉尘扬起。一部分粉尘浮于空气中，另一部分随风飘落到附近地面和建筑物表面。

土石方开挖产生松散的颗粒与沙石料堆场形成扬尘污染源，在材料装卸、运输过程中产生二次扬尘，影响道路及两侧的环境空气质量。根据前述环境空气影响要素分析，运输过程中产生的二次扬尘与路面清洁程度、行驶速度有关，在同样的路面清洁程度条件下，车速越快，扬尘量越大；在同样的车速情况下，路面积尘越多，则扬尘量越大。

距施工场地下风向不同距离处空气中 TSP 的日均浓度值、对施工现场洒水后 TSP 浓度变化情况亦见表 4.7-1。

表 4.7-1 施工现场空气中 TSP 浓度变化表

下风向距离(m)	10	20	30	40	50	TSP日均值标准为 0.3mg/m ³
不洒水TSP浓度(mg/m ³)	1.75	1.30	0.780	0.365	0.345	
洒水后TSP浓度(mg/m ³)	0.437	0.350	0.310	0.265	0.250	

可见，在不采取任何防护措施的情况下，施工现场下风向 TSP 浓度随距离增加迅速降低，到约 40m 后其浓度基本稳定，其影响的范围按《环境空气质量标准》GB3095-2012 二级标准评价（TSP 日均值标准为 0.3mg/m³）可达 50m 外左右。

施工现场在洒水后，对抑制施工现场 TSP 的产生作用非常明显，在下风向约 35m 处，TSP 日均值浓度已降至标准值以下。由此可见，在施工现场适时洒水，保证施工场地的湿润度，有利于抑制施工现场扬尘的产生，从而可以有效地减轻对周边环境的影响。

(2) 施工材料装卸、运输产生的二次扬尘

施工材料装卸、运输过程基本上贯穿整个施工期间。本项目施工原辅材料、外购土大部分均采取就近原则，运输过程中如防护不当，将产生扬尘，影响道路及两侧的环境空气质量。车辆行驶扬尘按起尘的原因可分为风力扬尘和动力扬尘，其中风力扬尘主要是裸露的路面表层浮尘由于天气干燥及大风产生的；而动力扬尘主要是运输、装卸过程中，由外力产生的。项目应设置洒水车，装卸过程及路面扬尘均可有效控制。

(3) 沥青摊铺废气

项目外购沥青，不设沥青拌合站，施工中沥青烟主要来自沥青铺装。摊铺时沥青由压路机压实并经 10min 左右自然冷却后，沥青混合料降至 82℃ 以下，沥青烟将明显减弱，待沥青基本凝固，沥青烟也随之消失。

(4) 施工车辆尾气

施工机械驱动设备和施工船舶排放的废气主要污染物是 NO₂、CO、THC。该类污染物对环境的影响是暂时的，将随施工期结束而基本消失。由于工程所在区域地势开阔，大气扩散条件好，施工机械、施工船舶为流动性的，较为分散，密度较少，废气产生量有限。施工单位应加强对施工机械设备的养护管理，施工机械、车辆排放的废气不会周围环境产生影响。

(5) 淤泥堆砌和运输的异味影响

本项目施工期固废运输路线拟为：莲河工程区-施工便道-翔安南路-海翔大道-村庄道路-弃土点、大嶝工程区-施工便道-翔安东路-海翔大道-村庄道路-弃土点，需要运输的主要废弃物包括淤泥、废弃土等。其中淤泥干化和运输可能对干化场地附近和运输路线沿线的居民和村庄产生影响。

淤泥中含有有机物腐殖，在受到扰动和堆置地面时，会引起恶臭物质（主要是 NH₃、H₂S、挥发氢、挥发性醇以及醛），呈无组织状态释放，从而影响周围环境空气质量。淤泥的恶臭影响程度主要取决于淤泥的性质、干化程度、水层、水质、气温、日照、风况、大气扩散条件等，以及污染源和环境敏感目标的距离、相对位置和方位等。类比《杏林湾（含园博园）清淤及吹填造地工程环境影响报告书》中对筲箕湖清淤恶臭影响分析，风速 3.4~4.2m 时，在排泥口下风向 30m 左右有轻微恶臭，50m 左右未感到臭气或异味。本项目淤泥量较小约 28808m³，

淤泥干化场面积约 5148m²，设置在莲河、大嶝引桥下的吹填造地区，四周设置截排水沟，收集淤泥废水，防止淤泥废水直接排入水体，废水经排水沟汇集至沉淀池沉淀处理后回用于场地洒水降尘。莲河社区距离莲河淤泥干化场约 400m，东埕社区距离大嶝淤泥干化场约 260m。因此，本项目淤泥的挖掘和堆砌异味对周边村庄等环境敏感目标影响很小。

本项目淤泥从干化场运输到弃渣点时，运输过程可能影响到道路周边的村庄等，需使用专门的运输车辆，并做好防漏、防渗、全覆盖措施，在采取措施的情况下，对运输道路周边的环境敏感目标影响较小。

4.7.2 营运期环境空气影响

本项目营运期未设置服务区、车站，无集中式大气排放源，对环境空气的影响主要来自汽车尾气中的 NO_x、CO 等污染物。

本项目所在海域地势开阔，根据近 20 年气象资料分析可知，本地区年平均风速 2.6m/s，大气扩散条件好。

本项目货运通道北侧顺接“滨海东大道（翔安东路—莲河段）”项目，类比该项目预测结果可知，营运期道路红线外 CO、NO₂ 贡献值叠加背景值后可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二类标准。因此，本项目运营期对周边环境空气的影响较小。

表 4.7-2 环境空气影响类比

类比条件	本项目	“滨海东大道（翔安东路—莲河段）”项目
道路等级	货运通道：城市主干路 保税通道：城市支路	一级公路兼城市主干路
道路宽度	货运通道：33m 保税通道：10m	60m
设计时速	货运通道：60km/h 保税通道：40km/h	60km/h
预测 交通量	路段：货运通道、保税通道合计 近期405pcu/h 中期2296pcu/h 远期4024pcu/h	路段：机场快速路-终点莲河 近期5591pcu/h 中期27964pcu/h 远期46964pcu/h
预测源强	远期： NO ₂ ：0.065mg/m·s CO：0.179mg/m·s	远期： NO ₂ ：0.0701mg/m·s CO：0.3576mg/m·s
预测结果	/	CO、NO ₂ 最大落地浓度均位于道路红线内，

	贡献值叠加背景值后满足二级标准限值。
--	--------------------

2020年7月1日起实施《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》（GB18352.6-2016）排放标准，目前执行6a阶段限值。自2023年7月1日起，将执行6b阶段限值，随着我国汽车制造业汽车尾气排放控制技术不断进步和排放标准的进一步提高，汽车尾气对区域环境空气质量的影响将进一步减小。

4.8 固体废物影响分析

4.8.1 施工期固体废物影响

（1）陆域路基和桥梁桩基施工固废

路基施工时，对已吹填造地区的挖方约 51058m^3 ，填方需 78330m^3 ，经折算，借方 34316m^3 。

桥梁全线桩基承台施工产生的淤泥挖方约 15768m^3 ，钻孔灌注桩施工产生的钻渣挖方约 13040m^3 。淤泥干化场面积约 5148m^2 ，设置在莲河、大嶝引桥下的吹填造地区，四周设置截排水沟，收集淤泥废水，防止淤泥废水直接排入水体，废水经排水沟汇集至沉淀池沉淀处理后回用于场地洒水降尘。经淤泥干化场处理后，施工固废运输至建筑废土消纳场处置。

根据《厦门市建筑废土管理办法》（厦门市人民政府令第162号），建设单位应在开工前10天向建筑废土管理机构申报，建筑废土管理机构收到申报后，应当在5日内安排处置场地和运输路线。本项目的建筑固废收集后最终按照有关部门批复的运输路线运输至指定的建筑废土消纳场处置，对周边环境影响较小。

（2）海域清淤疏浚物

①疏浚物质量

海域清淤施工时，产生的疏浚物约 1144202m^3 。

根据2020年3月的15个调查站位表层0~2cm的海洋沉积物质量现状调查资料，监测参数包括铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、硫化物、石油类、有机碳共计10项，表层样监测结果与《海洋倾倒物质评价规范 疏浚物（GB30980-2014）》中表1疏浚物类别化学评价限值见表4.8-1。评价结果表明，各站表层样均为清洁疏浚物。

根据《海洋倾倒物质评价规范 疏浚物（GB30980-2014）》，清洁疏浚物（I类）可由主管部门签发普通倾倒许可证在指定区域直接倾倒。

表 4.8-1 表层样监测结果与疏浚物类别化学评价限值

化学组分	下限	上限	表层样监测结果
砷 (As) (10^{-6})	20.0	100.0	3.95~9.17
镉 (Cd) (10^{-6})	0.80	5.00	0.0219~0.0734
铬 (Cr) (10^{-6})	80.0	300.0	5.97~52.5
铜 (Cu) (10^{-6})	50.0	300.0	7.28~20.4
铅 (Pb) (10^{-6})	75.0	250.0	14.0~39.8
汞 (Hg) (10^{-6})	0.3	1.0	0.018~0.061
锌 (Zn) (10^{-6})	200.0	600.0	25.5~89.3
有机碳 (10^{-2})	2.0	4.0	0.15~0.88
硫化物 (10^{-6})	300.0	800.0	未检出~145
石油类 (10^{-6})	500.0	1500.0	10.0~33.8

②福建东碇临时性海洋倾倒区

2015年5月26日,国家海洋局批复了福建东碇临时性海洋倾倒区(国海环字〔2015〕221号),年最大倾倒量不超过1500万 m^3 ,在主要经济鱼类、虾类的产卵期(4~6月)日最大倾倒量不得超过3万 m^3 ,其余月份日最大倾倒量不得超过7万 m^3 。

2021年3月4日,生态环境部发布了2020年全国可继续使用倾倒区和暂停使用倾倒区名录的公告(公告2021年第8号),“福建东碇临时性海洋倾倒区”可继续使用。

③疏浚物处置去向的可行性

当前厦门港每年平均约有250万 m^3 的维护性疏浚量需外抛至福建东碇临时性海洋倾倒区,每年剩余可以向福建东碇临时性海洋倾倒区倾倒约1250万 m^3 的疏浚物。

本项目清淤量约114.4202万 m^3 ,拟外抛至福建东碇临时海洋倾倒区,清淤施工期约4个月。在统筹安排厦门周边海域相关工程倾倒量的情况下,福建东碇临时性海洋倾倒区每年剩余容量可满足本工程的使用需求。

本项目外抛的疏浚物应按相关规定办理外抛手续后方可外抛处置。疏浚物外抛应当按行政主管部门批准的时间、条件和地点倾倒,且从事海上疏浚、清淤活动的单位应当如实记录疏浚、清淤情况,向行政主管部门报告并接受其监督检查。

由上可知,在倾倒量合理调配、疏浚物运输过程中采取环保措施的前提下,本项目疏浚物处置去向是可行的。

(3) 陆域生活垃圾

施工人员生活垃圾产生量约100kg/d,施工场地应设垃圾桶和垃圾箱,不可

随意倾倒，施工生活垃圾纳入现有环卫垃圾收集处理系统，收集后由环卫部门清运，统一处理，对周边环境和景观影响较小。

(4) 海域施工船舶垃圾

施工船舶垃圾包括生产垃圾和生活垃圾，生活垃圾产生量约 90kg/d，生产垃圾约 120kg/d，生活垃圾和生产垃圾不得随意倒入海域，统一由有资质单位接收处理。施工单位应与有资质的船舶垃圾接收处理单位签订协议，通过有偿服务，落实施工船舶垃圾的接收处理。在采取上述措施的情况下，施工船舶垃圾对海域环境影响较小。

经采取上述环保措施，施工期固体废物对环境的影响较小。

4.8.2 营运期固体废物影响

营运期固体废物主要为道路桥面沿线过往行人、机动车产生的垃圾以及道路养护、维修产生的土头或其它废旧材料。营运期加强环保的宣传力度、增强司乘人员的环保意识；道路养护、维修产生的土头或者其他废旧材料应及时收集运往指定地点处理。营运期固体废物对周围环境的影响可以接受。

4.9 陆域生态与水土流失影响分析

(1) 对沿线植被资源的影响

根据现场调查，本项目沿线附近现状为吹填形成用地，原有植被资源较少，未涉及自然保护区、重要湿地、原始天然林等生态敏感区。

工程施工期沿线路基的挖填和平整，不影响所在区域植物多样性和植被生态多样性，项目建设不会造成土地利用结构的根本性改变，也不会对农业生产造成明显影响。

(2) 对沿线野生动物资源的影响

根据现场调查，本项目所在区域不涉及自然保护区等敏感生态系统，现状吹填形成用地中的野生动物资源主要为鸟类。

由于现状吹填用地上人为干扰因素较多，莲河区域目前滨海东大道工程、大嶝区域目前新机场工程正在施工，工程施工范围内的鸟类种类和数量均较少。主要分布在项目周边的水鸟休息点：大嶝西侧盐场、九溪入海口、浣江、奎霞、石井、江崎及金门的慈湖。

项目周边内常见的水鸟种类有普通鸬鹚，以及鸬鹚类和鸥类水鸟，觅食和休息主要分布在大嶝南部水鸟休息区、欧厝-澳头觅食区和休息区、濠江水鸟休息区，工程施工会对项目附近区域的鸬鹚等水鸟的海域和滩涂觅食、栖息的影响较小，且影响是短暂的。这些影响主要表现为施工噪声和人为活动对鸟类产生的惊扰和驱离效应，但鸟类的飞翔、迁移能力较强，一旦环境出现不利其生存的因素，将飞往附近或别处类似生境，对这些水鸟种群数量、结构造成的影响较小。

水鸟类群之外的其他鸟类类群多为福建省和厦门市沿海区域常见鸟种，这些鸟类在长期的生存演化过程中已经形成了与人类和谐共生的生活习性，对人类活动干扰较不敏感，常见于居民点、林地、农田、水塘、道路等附近，工程施工对其产生惊扰、驱离的效应较小。

因此，本项目对所在区域鸟类类群的栖息和觅食环境、种群数量、种类结构造成的影响很小。

（3）对水土流失的影响

项目沿线影响水土流失的因素包括自然因素和人为因素，自然因素包括地形地貌、地质、降雨、台风、土壤、植被等，人为因素包括开挖、回填、临时堆置表土等。

工程建设过程将带来土地占用、开挖、表土临时堆放、施工临时用地等，工程范围内的植被、土壤和地形等均受不同程度的影响，不可避免地造成一定程度的水土流失。严重的水土流失可能引发路基边坡失稳、造成崩塌等灾害。

工程土地石方开挖、回填、施工场地平整，会破坏地表植被，造成大面积的裸露，形成边坡，引发水土流失。土石方的临时堆置，改变地形地貌，占压植被和土壤，也会产生水土流失。水土流失可能影响到周边的水环境。

因此，施工期主体工程施工、施工场地、施工便道、施工堆土等环节存在损坏或压埋原有植被现象，对原有水土保持产生不同程度的破坏，可能降低区域水土保持功能，发生冲刷、垮塌现象，增加新的水土流失。项目建成后，占用的土地固化处理或为绿化，对水土流失影响将减小，水土流失将得到有效控制。

4.10 景观影响分析

（1）外部景观

外部景观评价对象为景观敏感区。

本项目横跨莲河、大嶝之间的海域，两侧现状为吹填形成用地，规划为综合保税区用地。根据现场调查及分析，本项目沿线两侧未涉及自然保护区、风景名胜區、森林公园、文物保护单位、历史文化保护地等景观敏感区。

此外，在保税通道机场北路节点桥BSK2+785附近西侧约10m处有一庙宇“龙海宫”，节点桥设计标高约14.5m。本项目保税通道在跨越环嶝路，进入规划的大嶝岛综合保税区，路线继续向南布线时，已避让龙海宫。项目不占用龙海宫，未对其完整性构成影响，但在视线范围内节点桥可能与龙海宫产生视觉冲突，可采取绿化栽植遮挡节点桥构筑物，以减轻对龙海宫景观的影响。

(2) 内部景观



图 4.10-1 桥梁整体鸟瞰视角

内部景观评价对象为工程构造物。

厦门地区现状桥梁主要包括悬索桥、斜拉桥、系杆拱桥、提篮拱桥、梁桥等。本项目所处区域自然条件优越，海域视野开敞，桥型选择注重与周边上下游桥梁的关系，同时考虑机场限制建设高度及通航条件后，拟定主桥桥型选择上部结构高度适中、造型可塑性较强且与整个海域景观相协调的方案。

经桥梁方案设计比选，主航道桥型选择预应力砼连续钢构，主桥整体造型简洁，结合周边平坦开阔的海域视野，桥梁从平面到纵断面设计简约流畅，连接两岸交通。本项目沿线穿越的吹填形成用地等地势平坦，不存在对沿线地形地貌造

成明显破坏或切割等景观问题。



图 4.10-2 航道视角



图 4.10-3 空中视角

4.11 环境风险分析

4.11.1 环境风险识别

本项目施工期较长。施工期间，清淤等施工过程的船舶往来存在发生操作性、海损性事故溢油的环境风险，进而对海域造成污染。

本项目的环境风险因子为船舶燃料油，不属于易燃物质、爆炸性物质、有毒物质，环境风险类型为泄漏。

表 4.11-1 船舶燃料油特性

项目	特性	项目	特性
外观及气味	黑色粘稠有气味液体	凝固点(°C)	<26
液体相对密度	0.92~1.07	粘度(pas)	<180
沸点(°C)	>398.9	水溶性	微溶
20°C时蒸汽压(kPa)	很低	自燃温度(°C)	407.2
雷德蒸汽压(kPa)	0.3(50°C时)	挥发性	挥发
闪点(°C)	65.6~221.1	灭火方法	二氧化碳、干粉、泡沫
易燃性	不易燃	危险性	必须加热才能持续燃烧
爆炸极限	1%~5%	主要用途	船用燃料

4.11.2 环境风险评价等级

本项目危险物质涉及油类物质。根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)附录 B，油类物质(矿物油类，如石油、汽油、柴油等；生物柴油等)的临界量为 2500t。

本项目施工船机配置如表 4.11-2，计算所涉及的油类物质在船机的最大存在总量与对应临界量 2500t 的比值 Q ，得 $Q=0.14<1$ 。环境风险潜势为 I 级，进行简单分析。

表 4.11-2 施工船机及其比值 (Q)

序号	仪器设备名称	规格、型号	单位	数量	最大存在总量t
1	抓斗挖泥船	400m ³ /h	艘	2	2×50
2	泥驳	1000m ³	艘	4	4×50
3	泥浆船	/	艘	1	1×50
总计					350
Q					0.14

4.11.3 油粒子模型

溢油在海洋水体中的运动主要表现为两种过程：在平流作用下的整体位移和在剪流和湍流作用下的扩散。溢油自身的表面扩散过程持续时间很短，而持续时

间较长的运动形式主要表现为平流运输和湍流扩散，这二种过程总是同时存在，通常称为“平流-扩散”问题。主要采用“油粒子”方法来模拟溢油在海洋环境中的时空行为。这种方法采用随机方法模拟扩散过程，用确定性方法模拟平流过程。油粒子可在风和潮流的作用下做水平运动，亦可掺混到水体中去，考虑了油的挥发、溶解、乳化、附着在岸边以及沉降到水底等过程。

(1) Lagrangian 追踪法

将油膜看作由大量的等质量的小油滴组成的，油滴以一定的速率在溢油事发点进入水体中，油滴的漂移速度 \vec{V}_t 为：

$$\vec{V}_t = \vec{V} + \vec{V}'$$

式中， \vec{V} 和 \vec{V}' 分别为油滴的时均流速和脉动流速，时均流速受到风和潮流的影响，脉动流速 \vec{V}' 的计算见下节。在每一时间步 Δt 中，用子区间 δt_k 计算油滴的漂移位移： $\Delta S = \sum^k V_{t,k} \delta t_k$ 。式中， $V_{t,k}$ 为油滴在 δt_k 内的速度， ΔS 为油滴在 Δt 内的位移： $\sum^k \delta t_k = \Delta t$ 。 δt_k 满足如下条件： $\delta t_k \leq \left[\frac{u_k}{\Delta x} + \frac{v_k}{\Delta y} \right]^{-1}$ 。

在每一时间步内，油滴经历了对流与扩散后，还要经历扩展过程。伴随着挥发、溶解等风化过程的发生，油滴的质量将逐渐减少。由于岸线天然状况的不同，到达岸边的油滴，或吸附在岸边或部分重新进入水体中。

(2) 油膜的流动

悬移层中油滴的迁移速度等于平均潮流流速 \vec{V}_c ，表层油膜的迁移速度为 \vec{V}_s ：

$$\vec{V}_s = \alpha_w D \cdot \vec{V}_w + \alpha_c \vec{V}_c$$

式中， \vec{V}_w 为水面以上 10m 处的风速； α_w 为反映风对表层油膜运动影响的系数； α_c 为表面水流速与平均水流速之比； D 为转化矩阵。

(3) 油膜的紊动扩散

\vec{V}' 是指由于紊动脉动引起的水平紊动扩散，根据随机分析理论：

$$V' = (4E_T/\delta t)^{1/2}$$

$$\vec{V}' = V' R_n e^{i\theta'}$$

E_T 为紊动扩散系数； δt 为时间步长； R_n 为均值为 0，标准差为 1 的正态分布

的随机数；方向角 θ' 为均匀分布的随机角，取值为 $0\sim\pi$ 。

(4) 油膜的扩展

根据 Fay 的三阶理论，在溢油的最初数十小时里，油膜扩展过程占支配地位，并随时间而迅速减弱，伴随着风化过程的作用，油膜逐渐达到最大半径，扩展过程最终停止，这时油膜的面积 A_f 为：

$$A_f = 10^5 V^{3/4}$$

V 为油膜的体积，当油膜厚度减少到 $10^5 V^{1/4} \text{m}$ 时，扩展停止。

(5) 岸线边界条件

当油膜漂移到岸边时，会吸附在岸边，在水流的卷带作用下，又可重新进入水体，根据 Torgrimson 衰减公式计算每个时段 Δt 内返回水中的油量 ΔV_b 为：

$$\Delta V_b / V_b = 1 - 0.5^{\Delta t / \lambda}$$

式中， V_b 为吸附在岸边的总油量； λ 为半衰期。

(6) 挥发

挥发是海上溢油中的石油烃较轻组分从液态变为气态向大气的质量输送，主要受油性质及其面积、厚度、蒸气压和风的控制，在溢油的初期阶段进行得较快，是影响海上溢油残留量的主要因素之一。根据 Mackay 等人提出的溢油挥发公式：

$$F_V = [\ln P_0 + \ln(CK_E t + 1/P_0)]/C$$

式中， F_V 为挥发系数，与油的种类、油膜面积以及风速、气温等天气因素有关； V_w 为水面以上 10m 处的风速； A 为油的面积； V_M 为摩尔体积； R 为气体常数，取值为 $8.206 \times 10^{-5} \text{atm} \cdot \text{m}^3 / (\text{K} \cdot \text{mol})$ ； T 为油的表面温度，通常与大气温度（ T_E ）相近； V_0 为溢油的初始体积。

(7) 溶解

溶解指漂浮或悬浮石油烃进入水体的质量输送，有效时间仅一小时左右。本次采用 Cohen 等人提出的公式：

$$N = K A_s S$$

式中， N 为溶解系数， K 为溶解质量迁移系数， A_s 为面积， S 为油在水中的溶解度。溶解度的计算可用 Huang 和 Monastero 提出的公式：

$$S = S_0 e^{-\alpha t}$$

式中， S_0 为油的初始溶解度， α 为一衰减常数， t 为油溢出的时间。

(8) 乳化

乳化过程的主要动力来自于海表面搅动，受风速、波浪、油的厚度、环境温度、风化程度等因素的影响。通常采用含水率 Y_W 来表征乳化程度：

$$Y_W = (1 - e^{-K_A K_B (1+V_W)^2 t}) / K_B$$

式中， Y_W 为乳化物的含水量； K_A 受风速的影响，通常取 4.5×10^{-6} ； $K_B = 1/Y_W^F = 1.25$ ； Y_W^F 为最终含水量，通常取 0.8； V_W 为风速； t 为时间。

4.11.4 溢油计算工况

(1) 溢油事故发生位置

施工船舶溢油事故的溢油点选择在莲嶼大桥下的主航道处。

(2) 溢油事故发生时间

溢油事故发生后油膜漂移轨迹与事故发生时间所处的潮期有关，选择涨潮期和落潮期 2 个典型潮流时刻作为事故发生预测时间。

(3) 溢油事故模拟时长

考虑不利情况，选取实测大潮潮流作为计算潮型，预测时长为溢油泄漏事故发生后 72h 或抵岸。

(4) 溢油量

根据《厦门市莲嶼大桥航道通航条件影响评价报告》，本项目附近海域通航代表船型为 150 吨级散货船、200 吨级杂货船（燃油舱约 15m^3 ）以及 120 客位客船（燃油舱约 9m^3 ），载油量均不大。

本项目清淤采用 8m^3 抓斗船配合 1000m^3 泥驳施工方案，海上钻孔灌注桩施工配备泥浆船。施工代表船型为 8m^3 抓斗船，其油舱容量约 50m^3 ，一般分设 4 个油舱，每个油舱舱容约 12.5m^3 ，油舱实载率按 80% 计算，每个油舱载油约 10m^3 。根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017），可能最大水上溢油事故溢油量按照设计代表船型的 1 个货油边舱或燃料油边舱的容积确定。因此，溢源源强取 10t 燃料油。

(5) 计算工况组合

根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017），同时结合周边环境敏感目标情况，计算风向、风速考虑静风、常年主导风向（E）和不利风向

(W),其中大嶝岛地区常年主导E向风(4.5m/s)和最不利气象风W向风(2.4m/s)。确定6个溢油事故风险计算工况组合。

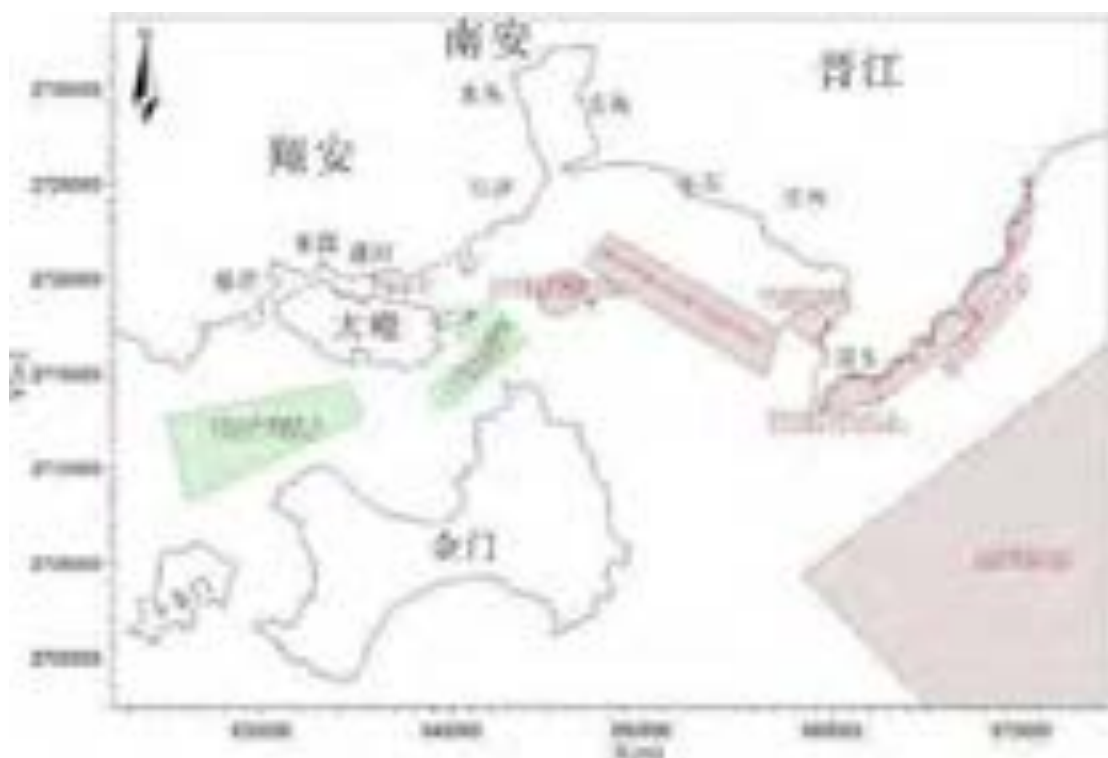


图 4.11-1 溢油计算点位置及周边敏感目标

表 4.11-3 溢油事故工况组合表

工况	溢油点	风向	风速	溢油时刻	溢油量	预测时长
1	主航道	静风	0m/s	涨潮期	10t	72h或抵岸
2		静风	0m/s	落潮期		
3		常年主导风向E	4.5m/s	涨潮期		
4		常年主导风向E	4.5m/s	落潮期		
5		最不利风向W	2.4m/s	涨潮期		
6		最不利风向W	2.4m/s	落潮期		

4.11.5 溢油计算结果

静风情况下,主航道处发生油料泄漏后,涨潮时刻开始溢油72小时内扫海面积约16.079km²,最远漂移距离约13.288km,油膜到达文昌鱼外围保护地带(南线至十八线海区)的最快时间约60h;落潮时刻开始溢油72小时内扫海面积约26.407km²,最远漂移距离约15.642km,油膜到达文昌鱼外围保护地带(小嶝岛海区)的最快时间约16.5h。油膜扩散主要影响工程区邻近海域,除对文昌鱼外围保护地带(南线至十八线海区、小嶝岛海区)有略微影响外,未对周边海域其他生态保护红线区产生影响。

常年主导风向（E）下，主航道处发生油料泄漏后，涨潮时刻，在潮流和风场双重叠加驱动下，油膜径直向西漂移至蔡厝近岸，开始溢油72小时内扫海面积仅约 1.271km^2 （2.5小时后抵岸），最远漂移距离约 5.645km ，未对周边海域生态环境敏感目标产生直接影响；落潮时刻，由于此时风场作用力与主航道附近潮流作用力相反，在两者相互作用过程中，油膜粒子先在潮流动力的驱动下向东漂移一段距离后，直到风力占主导作用时，再沿着机场近岸往回漂移，溢油72小时内扫海面积约 1.534km^2 ，最远漂移距离相对较短，约 0.395km ，未对周边海域生态环境敏感目标产生直接影响。

最不利风向主导（W）下，主航道处发生油料泄漏后，将直接对东侧多个海洋生态保护红线区造成较大污染。涨潮时刻，在风场与潮流相互作用下，开始溢油72小时内扫海面积明显增大，约 102.968km^2 ，最远漂移距离约 23.614km ，油膜到达文昌鱼外围保护地带（小嶝岛海区）的最快时间约10.5h，油膜到达大百屿海洋自然景观与历史文化遗迹生态保护红线区的最快时间23h，油膜到达围头湾重要渔业水域生态保护红线区的最快时间约35h；落潮时刻，在潮流和风场叠加影响下，油粒子迅速向东侧海域漂移，开始溢油72小时内扫海面积约 215.628km^2 ，最远漂移距离约 37.852km ，溢油扩散范围明显增大，油膜到达文昌鱼外围保护地带（小嶝岛海区）的最快时间约9h，油膜到达大百屿海洋自然景观与历史文化遗迹生态保护红线区的最快时间约14h，油膜到达围头湾重要渔业水域生态保护红线区的最快时间约17.5h，油膜到达塘东重要滨海湿地生态保护红线区的最快时间约59h，油膜到达围头角海洋自然景观与历史文化遗迹生态保护红线区的最快时间约65h，油膜到达泉州东部重要渔业水域生态保护红线区的最快时间约66.5h。

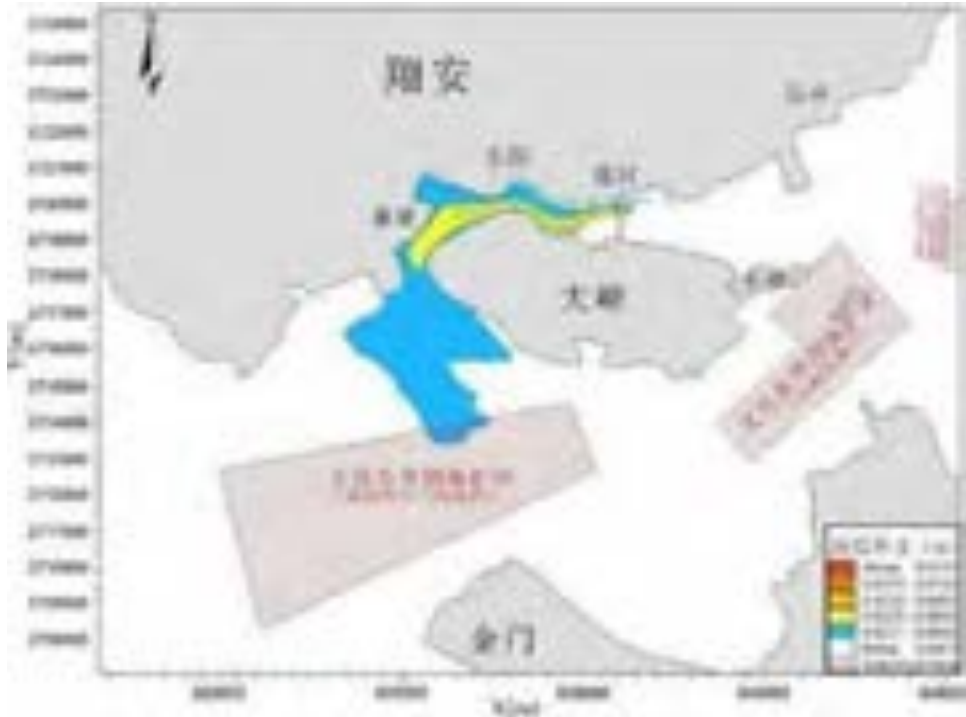
通过对无风条件及有风条件下的溢油风险预测可知，大部分计算工况油品泄漏后均会对邻近保护区产生不同程度的影响。因此，当发生溢油事故时，需迅速采取应急响应措施，并结合事故溢油可能到达环境敏感点的最短时间，采取拦截油膜、清理、回收溢油等措施，尽量减少对海域环境和生态系统等造成的影响。

表 4.11-4 不同工况下的扫海面积及主要影响区域

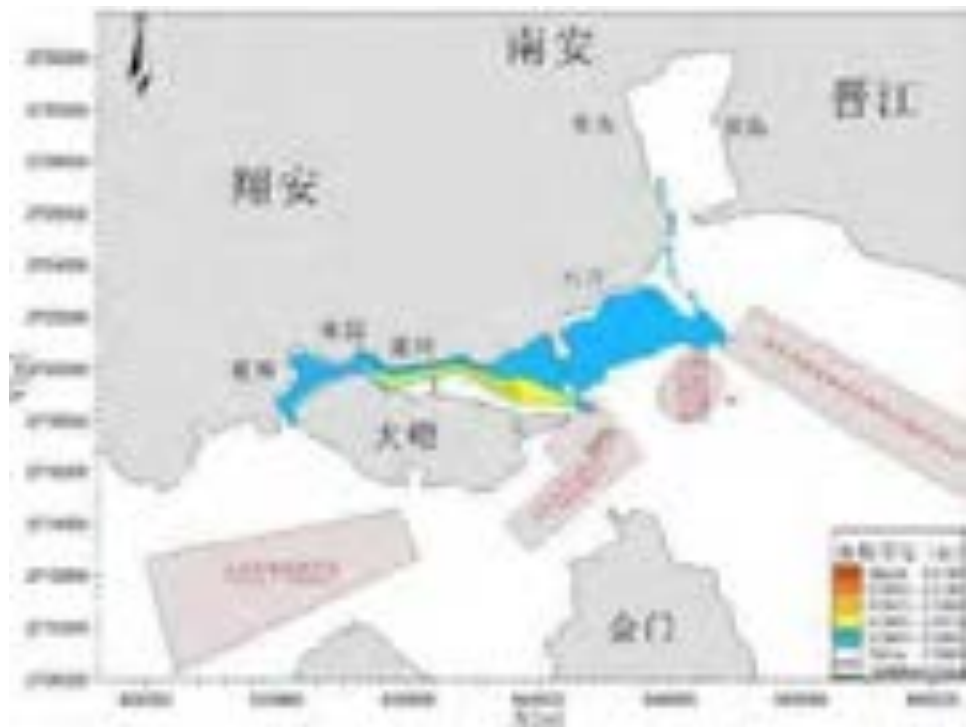
工况	风向	溢油时刻	72h内扫海面积 (km ²)	72h内最远漂移距离 (km)	影响区域
1	静风	涨潮	16.079	13.288	文昌鱼外围保护地带 (南线至十八线海区)
2	静风	落潮	26.407	15.642	文昌鱼外围保护地带 (小嶝岛海区)
3	常年主导风向E	涨潮	1.271	5.645	/
4	常年主导风向E	落潮	1.534	0.395	/
5	最不利风向W	涨潮	102.968	23.614	文昌鱼外围保护地带 (小嶝岛海区)、大百屿海洋自然景观与历史文化遗迹生态保护红线区、围头角海洋自然景观与历史文化遗迹生态保护红线区
6	最不利风向W	落潮	215.628	37.852	文昌鱼外围保护地带 (小嶝岛海区)、大百屿海洋自然景观与历史文化遗迹生态保护红线区、围头角海洋自然景观与历史文化遗迹生态保护红线区、塘东重要滨海湿地生态保护红线区、金屿至围头重要自然岸线保护海域生态保护红线区、泉州东部重要渔业水域生态保护红线区、围头湾重要渔业水域生态保护红线区

表 4.11-5 不同工况下发生溢油事故到达敏感目标时间

风况	静风		常年主导风 (E)		最不利风向 (W)	
	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮
文昌鱼外围保护地带 (南线至十八线海区)	60h	-	-	-	-	-
文昌鱼外围保护地带 (小嶝岛海区)	-	16.5h	-	-	10.5h	9h
大百屿海洋自然景观与历史文化遗迹生态保护红线区	-	-	-	-	23h	14h
围头角海洋自然景观与历史文化遗迹生态保护红线区	-	-	-	-	-	65h
塘东重要滨海湿地生态保护红线区	-	-	-	-	-	59h
围头湾重要渔业水域生态保护红线区	-	-	-	-	35h	17.5h
金屿至围头重要自然岸线保护海域生态保护红线区	-	-	-	-	-	-
泉州东部重要渔业水域生态保护红线区	-	-	-	-	-	66.5h

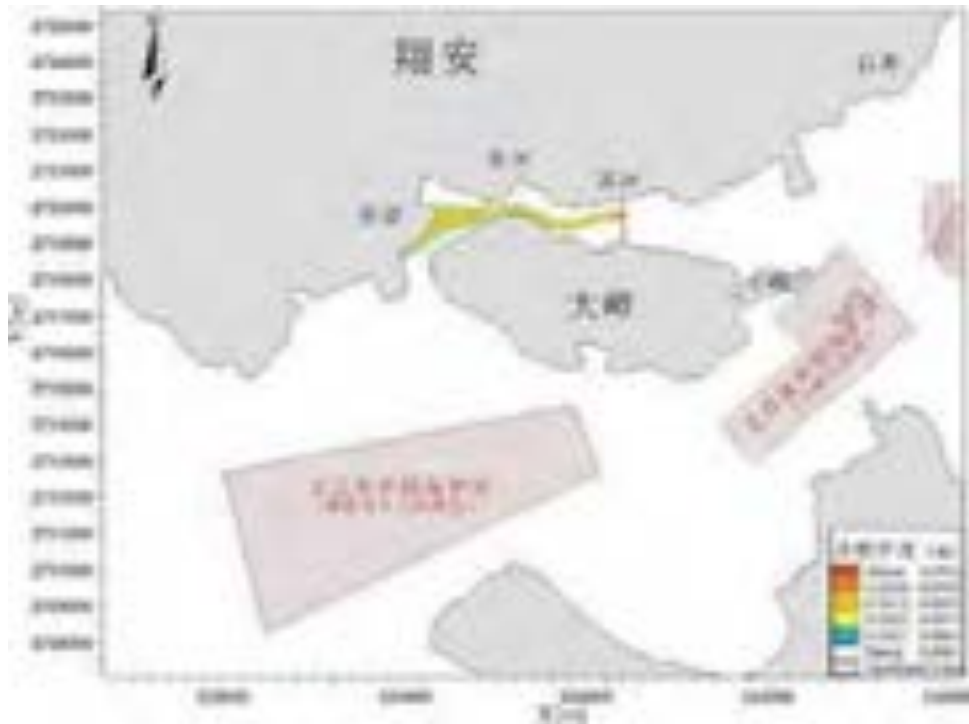


(a) 涨潮期

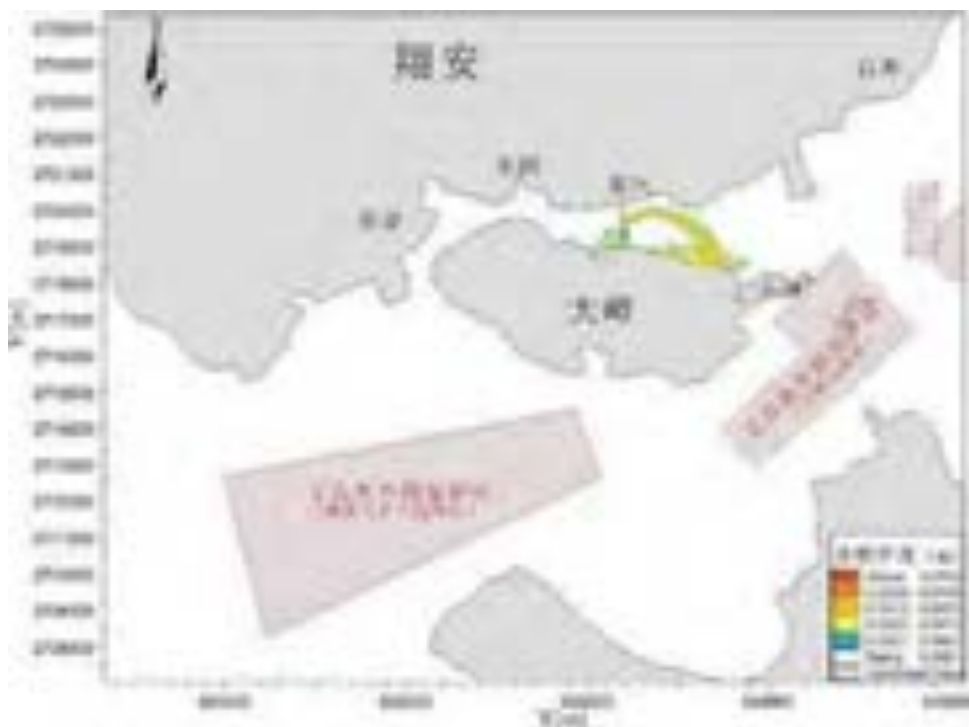


(b) 落潮期

图 4.11-2 静风情况下溢油 72h 内扫海范围

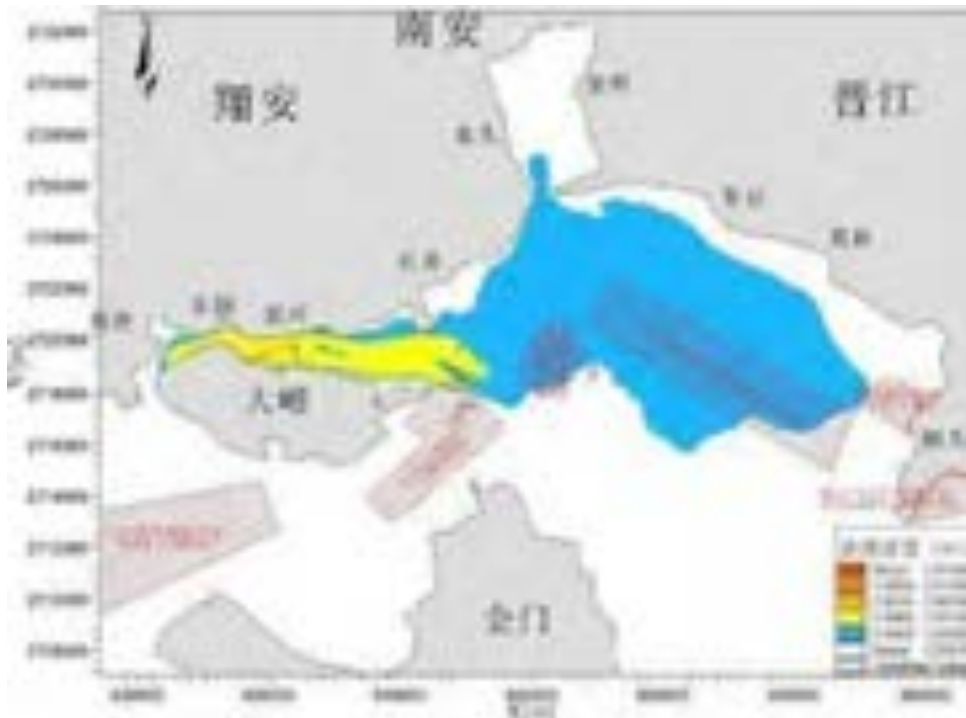


(a) 涨潮期

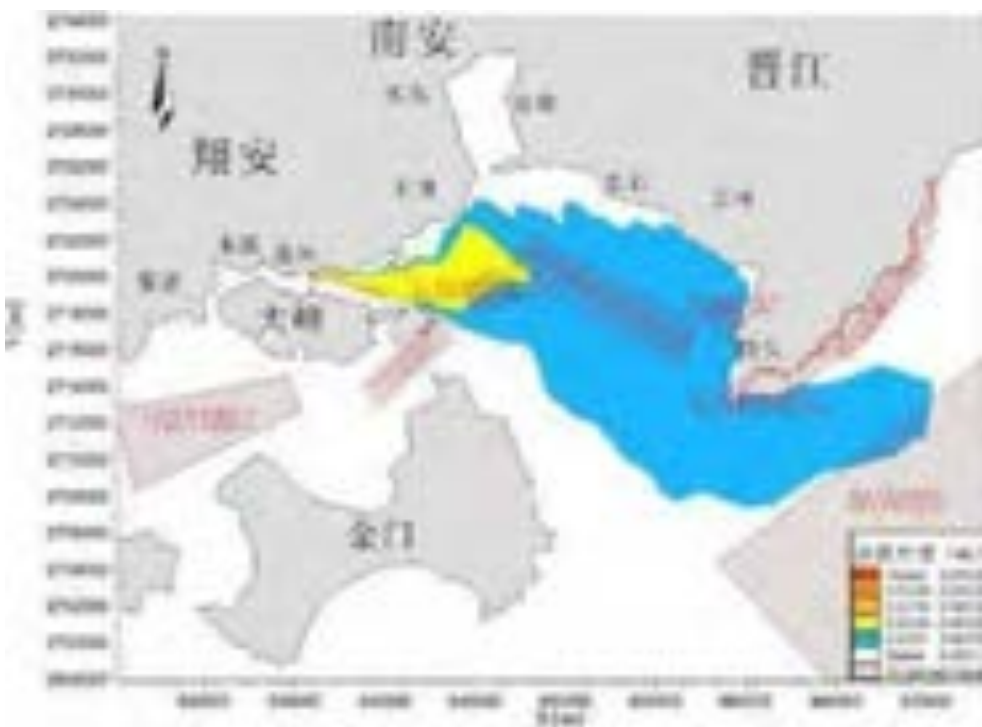


(b) 落潮期

图 4.11-3 常年主导风 (E) 下溢油 72h 内扫海范围



(a) 涨潮期



(b) 落潮期

图 4.11-4 最不利风向 (W) 主导下溢油 72h 内扫海范围

4.11.6 营运期环境风险

营运期，车辆运输的货物种类繁多，危险品运输不可避免，存在交通事故等引起泄漏污染事故的可能。危险货物运输车辆的交通事故概率估算主要是根据项

目交通量、交通事故概率、从事危险品运输车辆比例和考核段长度等参数进行计算。

根据项目建成后车辆交通量及货运车辆比例的预测情况,选用英国危险品管理委员会关于危险化学品运输事故可能性研究报告提出的 2.1×10^{-8} 次/(辆·km)作为总的风险水平,预测模式如下:

$$P=365 \times Q \times a \times b \times R \times L$$

式中: P——预测危险品发生风险事故的概率(次/年);

Q——预测年限交通量(辆/d);

a——预测年货运车辆占交通量的比例;

b——危险品运输车辆占交通量的比例;

R——风险水平,取 2.1×10^{-8} 次/(辆·km);

L——路线长度(km)。

本项目远期货运通道交通量 14344 辆/d,保税通道交通量 3364 辆/d,货运通道长 1.640km,保税通道长 3.055km,货车比例 65.82%,危险品运输车辆比例取 5%,所以本项目危险品运输车辆交通事故发生概率小于 8.53×10^{-3} 次/a,概率很小,但存在发生的可能性,对于危险品运输事故的风险仍然不可忽视。

4.11.7 台风与风暴潮风险分析

厦门地处台湾海峡西岸,常受台风影响。7~10 月为台风季节。台风灾害是由风、雨、潮、浪各个因素综合作用的结果。台风期间往往伴随大浪和风暴潮增水,具有较大的破坏性。根据实测资料,台风增减水幅度在-2.30m 至 1.30m 之间。

本项目施工工期约 30 个月,需跨越台风期。当台风在附近登陆时,经常伴随风暴潮。施工期间,受风暴潮和台风浪袭击,未完成的道路桥梁基础可能发生大量损毁,施工船舶可能发生碰撞,引起水工构筑物的沙石流失、船舶的溢油,对海洋生态系统造成一定的影响。

因此,应注意水工构筑物、施工机械设备和施工船舶等的安全,并在台风来临前对未完工的水工工程进行加固防护,施工船舶回港避风,做好区域防台抗台工作,以保证施工安全,避免造成巨大的经济损失和产生破坏性的海洋环境影响。

5 生态环境保护对策措施

5.1 施工期环保措施

5.1.1 施工前期招投标

施工前期招投标中应明确环保义务。

(1) 建设单位在招标文件的编制过程中，应将审批通过的环境影响报告书及其批复中所提出的各项环保措施建议编入相应的条款中。

(2) 承包商在投标文件中应包含环保措施的落实及实施计划。

(3) 建设单位议标过程中应注意对投标文件的环保部分进行评估、论证，对中标方的不足之处提出完善要求。

5.1.2 水污染防治措施

5.1.2.1 钻孔泥浆及钻渣的处置措施

(1) 钻孔桩作业时，配备专用的泥浆池，在施工场地附近设置泥浆槽、沉淀池和储浆池，用泥浆泵压送泥浆。钻孔桩产生的泥浆废水首先将在泥浆池里得到足够时间的沉淀，上清液再回用于施工过程，利用钻机的反循环泥浆泵抽出含渣量较大的泥浆到钻孔平台上的沉淀池中，经沉淀后，比重较轻的泥浆由孔口自流入孔内进行循环利用，不外排。循环使用后的钻浆不得排入海域，进行沉淀处理后由渣土车陆路运到弃渣场处置。

(2) 桩基钻孔期间会产生大量的钻孔碎渣，沉淀处理后由渣土车陆路运至弃渣场处置。

根据《厦门市建筑废土管理办法》(厦门市人民政府令第162号)，建设单位应在开工前10天向建筑废土管理机构申报，建筑废土管理机构收到申报后，应当在5日内安排处置场地和运输路线。钻渣收集后最终按照有关部门批复的运输路线运输至指定的建筑废土消纳场处置。钻渣转运过程中，要加大对运输车辆的监理力度，严防中途偷排或遗漏。

5.1.2.2 施工场地水污染防治措施

(1) 施工人员租用大嶧、莲河民房，生活废水由村庄生活污水处理系统处理。

(2) 施工人员的就餐和洗涤采用集中管理，如集中就餐、洗涤等，尽量减少产生生活污水的数量。

(3) 淤泥干化场四周设置截排水沟，收集淤泥废水，防止淤泥废水直接排入水体，废水经排水沟汇集至沉淀池沉淀处理后回用于场地洒水降尘。

桥梁桩基承台产生的淤泥和钻渣在淤泥干化场堆放过程中，做好防风、防雨、防渗措施，避免淤泥经雨淋后重新进入周边水体，避免淤泥经风吹后产生恶臭从而影响周边居民；干化场内的淤泥应及时清运，控制淤泥的占地面积和堆放量。

5.1.2.3 减少悬浮泥沙入海的环保措施

(1) 采用先进的疏浚工艺和设备以减少悬浮泥沙对水体的影响，采用 GPS、疏浚深度指标准确地控制疏浚，严格遵照《疏浚工程技术规范》，避免疏浚物泄漏。

(2) 在开工前对所有的施工设备，尤其是泥舱的泥门进行严格检查，发现有可能泄漏污染物（包括船用油和开挖泥沙）的必须先修复后才能施工；在施工过程中密切注意有无泄漏污染物的现象，如有发生立即采取措施。

(3) 施工船舶要控制装驳量，当驳船装载的疏浚物达到最小干舷 30cm 时，必须停止继续装载，确保航行过程中舱内泥水不外溢入海，以避免输送过程中的泄漏对水体造成二次污染。此外，在起运前将船舷两侧的淤泥铲入舱内，以最大程度降低其可能对海洋环境的污染。

(4) 严格执行倾废许可证规定，施工前办理疏浚物倾废的申请，施工中根据许可证批准的倾废区、倾废量、施工期进行施工，确保全方位落实，并接受相关部门的监督。同时严格要求倾废船倾废到位，认真做好海洋倾废记录和上报工作，严格按照主管部门的要求，如实按规定填写表格并及时进行记录。

(5) 配置必要的船舶监控系统（如 GNSS 船舶监控管理系统），严禁抛泥船只未到达指定区域便在中途倾倒泥沙。

(6) 泥驳在倾废区抛泥完毕后，及时关闭舱门，并确定舱门关闭无误后方可

返航，否则泥舱关闭不严，在航行沿途中由于泥浆的泄漏将会导致污染事故的发生。同时在疏浚物倾倒作业期间，加强同当地气象预报部门的联系，在恶劣天气条件时，提前做好防护准备并停止挖泥和倾倒作业。

(7)在施工过程中采用 GPS 与常规定位技术相结合的方法，准确定位每根桩基，确保海上打桩又快又准，避免重复操作。

(8)严格按照先进环保的施工工艺进行施工，桥墩桩基施工采用钢护筒钻孔灌注桩，承台施工应采用钢围堰后进行开挖浇注，以减少施工悬浮泥沙的产生。

(9)施工中混凝土搅拌和预制件生产过程中产生的废水应集中收集，并设置沉淀池处理后回用于砂石材料的冲洗等。

(10)承台开挖等浅水区基础施工应尽量选择在低潮露滩时施工，以减少泥沙的入海量。

(11)施工时搭设的施工栈桥，应在施工结束后及时拆除，以恢复海域原貌。栈桥基础拆除时，可采用履带吊机配合振动沉拔桩机拆除。拆除栈桥时，采用钓鱼法，后退到起点的拔出方式进行拆除，边拆除，边利用原栈桥运送材料到岸上指定的位置。拆除前，及时清除钢栈桥上的材料、杂物和工具，防止飞出伤人。

(12)避免在雨季、台风等不利条件下进行施工，以减少施工难度和风险，同时可减少沙土的冲刷流失量，并尽量缩短施工对海水水质影响的时间尺度。

5.1.2.4 施工船舶水污染防治措施

(1)执行交通部海事局《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》(交海发〔2007〕165号)的要求，~~“~~“仅在港口水域范围内航行、作业的船舶”应实行铅封管理，禁止向沿海海域排放油类污染物。施工船舶必须设有专用容器，船舶产生的油类、油性混合物及其他污水、船舶垃圾及其他有毒有害物质收集后，由有资质的单位接收处理，严禁排放入海。加强舱底检查，防止舱底漏水。

(2)加强施工船舶的管理，经常检查机械设备性能，严禁跑、冒、滴、漏严重的船只参加作业，防止发生机油溢漏事故。甲板上的机械设备出现漏、冒油时，立即停机处理，使用吸油棉及时吸取，并迅速堵塞泄水口，防止油水流入海中。在易发生泄漏的设备底部铺防漏油布，并在重点地方设置接油盘等，同时及时清理漏油。

5.1.3 陆域生态保护和水土流失防治对策

5.1.3.1 减小对植被资源生态影响对策措施

(1) 施工期应充分重视各道路现状环境绿化的保护，严禁对道路红线外的植被砍伐取料，严禁将施工场所、施工材料、弃土等置于对植被影响较大的区域。

(2) 工程绿化应强调四季常青为主格调，提高道路绿化的生态及景观功能。

5.1.3.2 减小对动物资源生态影响对策措施

(1) 严格控制和减少噪声等影响。本项目建设施工期间，应当严格控制和减少施工噪声、场地扬尘、以及水体污染等对野生动物栖息觅食生境的影响，减少对沿线区域鸟类等野生动物生态环境的干扰。

(2) 严格施工人员生态环境教育与管理。本项目建设施工期间，应当加强对施工人员的生态环境教育，严格禁止打鸟等猎杀野生动物的行为，减少对野生动物生境的干扰等。

(3) 重视绿化与鸟类友好树种的选择。工程沿线的生态绿化规划建设，应当重视重建鸟类友好生境，绿化树种应当重视乡土树种和鸟类友好树种的应用，创造鸟类及其他野生动物友好的绿化生境。

5.1.3.3 水土保持措施

(1) 开挖边坡保护和水土流失防治

开挖边坡要按设计图纸要求，做好边界的测定和控制，严禁超边界开挖。开挖中采取相应措施，防止水土流失冲刷附近海域造成淤积。开挖后边坡按设计要求及时进行支护，并做好周围排水设施，以利边坡稳定和水土保持。

严禁施工人员在工区及附近采伐树木、开荒种地、取土、违章用火。尽可能原状维持施工区内的生态环境，加强保护施工区外的生态环境。

(2) 雨季水土流失防治

施工区域、临建区域以及堆放砂石料、弃渣场及其它材料的露天场地周围和场地做好防洪、排水等保护措施，并加强养护，以防止冲刷和水土流失。

施工区、临建区及堆料场、弃渣场等裸露边坡采取彩条布覆盖等保护措施，

防止在风化、浸泡和冲刷下发生水土流失。

施工区按设计和防洪防汛要求完善排水系统，做好清淤、疏通和修复工作。

辅助设置临时截水、排水沟，同时，注意避免渣地积水，生产、生活用水和暴雨洪水的排水系统统一考虑，合理布置排放，防止水土流失。

雨季填筑随挖、随运、随填、随压实，依次进行，每层表面应筑成适当的横坡，使之不积水。

5.1.4 海洋生态和湿地保护措施

(1) 选择具有良好资质和相关工程经验的施工队伍，提高施工人员对当地海洋生态包括中华白海豚、湿地的保护意识。在施工人员进场后，加强对施工人员的管理，做好海洋生态、湿地保护的宣传教育。

(2) 严格按照设计文件征占地用海范围，严格控制施工作业带。施工活动严格限制在既定的范围之内，不得随意扩大施工范围。施工采取渐进式方式，降低对周边海域湿地的破坏范围和破坏强度。

(3) 合理规划整个施工过程，尽量缩短工期，减轻施工过程对湿地生态环境造成的损害。

(4) 通过增殖放流等生态补偿方式，提高滨海湿地的生物多样性，减缓对滨海湿地供给功能、支持功能等生态系统服务价值的影响。

(5) 施工前，对施工地点附近海域进行观察监测，确保施工范围内没有中华白海豚活动后方可开始施工。如发现中华白海豚应立即停止施工，待中华白海豚离去后再施工。

(6) 采用对底土扰动较小的挖泥船进行清淤施工，施工中保持准确定位，控制挖深超宽，减少超挖工程量，减轻底层土扰动对海洋生态的影响。

5.1.5 大气污染防治措施

(1) 项目开挖过程中，洒水使作业保持一定的湿度；施工承包单位配备洒水车，除下雨天外，一般每天可洒水二次，上午下午各一次，但在干燥炎热的夏季或大风天气，应适当增加洒水次数。

(2) 出入料场、临时堆土场的道路、施工便道及未铺设的道路应经常洒水，减少粉尘污染；在施工场地进行作业时应及时喷水降尘，施工结束后应及时进行生态恢复、进行绿化或恢复原有的土地功能，防治裸露表面随风起扬尘。

(3) 施工场地外围建设了临时围挡，以阻隔施工扬尘的扩散。

(4) 运土、水泥、砂和石灰等易洒落散装物料及所需填方的卡车及建筑材料运输车应按规定配置防洒装备，如增加盖板或密闭措施，运输车辆及时清洗，保持车轮干净。

(5) 本项目淤泥在运输到市政府指定的弃渣点时，需对运输汽车做好防漏、防渗、全覆盖措施后使用专门的淤泥运输车运送淤泥。

(6) 根据《厦门市环境保护局关于加强工业企业扬尘污染防治的通知》（厦环控〔2016〕2号）的要求，物料堆场要完全密闭，禁止露天堆放。不能完全密闭的，要采用防尘网（布）全覆盖，并配备必要的喷淋设施。不能完全密闭、也不能完全覆盖的堆场，要在四周设置高于物料最高点2米以上的围墙（或挡风抑尘墙、抑尘网）。

(7) 淤泥干化场恶臭控制措施。对淤泥干化场进行喷洒除臭药物或覆盖遮挡处理，及时清运干化后的淤泥。

(8) 加强施工船舶管理和维护，使各项性能参数和运行工况均处于最佳状态。严格遵守《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》（交海发〔2018〕168号）和《交通运输部海事局关于规范实施船舶大气污染物排放控制区监督管理工作的通知》（海危防〔2018〕555号）各项要求，包括使用硫含量不大于0.5% m/m 的船用燃油，降低船舶硫氧化物、氮氧化物、颗粒物和挥发性有机物等大气污染物的排放。

5.1.6 噪声污染防治措施

施工单位必须执行 GB12523-2011《建筑施工场界环境噪声排放标准》中的各项规定，除需要连续浇注砼外，其他作业在夜间 10 点以后停止施工，把噪声的影响减到最低限度。项目开工前，施工单位应向生态环境部门提出申请。

根据噪声影响分析可知，项目沿线涉及居民住宅和学校等敏感目标，故在施工过程中应采取如下具体污染防治措施：

(1) 降低设备声级

① 选用低噪声设备和工艺，以液压机械代替燃油机械，有效降低昼间噪声影响。

② 要加强设备安装过程中的减震措施，整体设备应安放稳固，并与地面保持

良好接触，有条件的应使用减振机座，降低噪声。施工过程中加强检查、维护和保养机械设备，保持润滑，紧固各部件，减少运行震动噪声。

③及时修理和改进施工机械，加强文明施工，杜绝施工机械在运行过程中因维护不当而产生的其它噪声。

(2) 合理安排施工时间和布局施工现场

严禁晚上 22:00~次日凌晨 6:00 以及中午 12:00~14:30 进行可能产生噪声扰民问题的施工活动，若确实需要夜间施工，需向当地生态环境局申请，得到批准后方可施工。尽可能避免大量高噪声设备同时施工，以避免局部声级过高。同时应尽量缩短居民聚居区附近的高强度噪声设备的施工时间，减少对敏感目标的影响。针对施工过程中具有噪声突发、不规则、不连续、高强度等特点的施工活动，应合理安排施工工序加以缓解。同时，施工场地布置时备应尽量远离声环境敏感点，必要时应在高噪声设备周围和施工场界设隔声屏障，以缓解噪声影响。

(3) 降低人为噪声

提倡文明施工，建立控制人为噪声的管理制度，尽量减少人为大声喧哗，增强全体施工人员防噪声扰民的自觉意识。对人为活动噪声应有管理措施，要杜绝人为敲打、叫嚷、野蛮装卸噪声等现象，最低限度减少噪声扰民。

(4) 减少运输过程交通噪声

选用符合《汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法》(GB1495-2020)标准的施工车辆，禁止不符合国家噪声排放标准的运输车辆进入工区，尽量减少夜间运输量，限制车速，进入居民区时应限速，对运输、施工车辆定期维修、养护，减少或杜绝鸣笛。加强施工期间道路交通的管理，保持道路畅通也是减缓施工期交通噪声影响的重要手段。

对施工过程除采取以上减噪措施以外，对受施工影响较大的居民或单位应在开工前提前沟通，在施工现场附近居民点张贴通告。

施工期环境影响为短期影响，施工结束后即可消除。但考虑施工期对周围环境的影响，要求建设单位在建设过程中必须认真遵守各项管理制度，落实本报告提出的防治措施及建议，做到文明施工、严格管理、缩短工期，力争将项目建设过程中对周围环境产生的影响降到最低限度。

(5) 减轻振动影响

对打桩机类的强振动施工机械的使用要加强控制和管理，同时施工中各种振动性作业尽量安排在昼间进行，避免夜间施工扰民。在建筑结构较差、等级较低的陈旧性房屋附近施工，应尽量使用低振动设备，或避免振动性作业，减少工程施工对地表构筑物的影响。

5.1.7 固体废物污染防治措施

(1) 陆域部分钻孔桩作业时，在施工场地附近设置泥浆槽、沉淀池和储浆池，用泥浆泵压送泥浆，海域部分钻孔桩作业时则设置在泥浆船上。

利用钻机的反循环泥浆泵抽出含渣量较大的泥浆到沉淀池中，经沉淀后，比重较轻的泥浆由孔口自流入孔内进行循环利用，不外排。循环使用后的泥浆不得排入海域。

(2) 桥梁桩基承台产生的淤泥和钻渣在淤泥干化场堆放过程中，做好防风、防雨、防渗措施，干化场内的淤泥应及时清运，控制淤泥的占地面积和堆放量，加强管理和维护，保证淤泥干化场正常运行和使用。

(3) 施工场地和各施工人员生活区应设临时垃圾桶和垃圾箱，对生活垃圾应及时分类收集，回收利用或纳入市政环卫统一处理。

(4) 开工前应及时向生态环境主管部门申请倾废许可。疏浚物外抛至福建东碇临时海洋倾倒区，工程区距离抛泥区约 65km。满驳泥驳按规定航线，航行至指定区域进行抛卸，中途严禁抛卸、漏卸。疏浚物运输过程中应采取全方位全天候监控措施，防止运输途中泥沙外溢及泄漏。

(5) 施工船舶垃圾由船舶配备的垃圾收集装置收集、分类存放，并按规定设置接收处置记录台账，严禁排放入海。目前厦门港现有多家船舶垃圾、船舶油污水回收单位，具备接收处置能力。

(6) 工程竣工后应及时清理杂物，并平整施工场地。

5.2 营运期环保措施

5.2.1 水污染防治措施

(1) 按照有关桥梁养护的要求，切实加强桥梁工程安全检查、监控，确保桥面路况良好状态和护栏等防护设施的完好，同时加强通行管理，要求车辆限速行驶。

(2) 桥面径流收集与排放系统设计采用沿桥纵向管道收集沉淀后排入市政管网和直接排放入海相结合的方案，即沿桥梁铺设径流收集管道，按小水量纵向排泄、大水量直接溢排的原则合理设计收集系统管道。

收集系统与直排系统两种泄水管间隔布置，间距 3m，以确保及时将雨水排出桥面，避免出现桥面积水的现象。

收集系统由 HPDE 泄水管、纵向排水管、滴水檐构成，泄水管顺桥向间距 6m，纵向排水管管径为 DN400，沿桥梁通长布设，并在两侧桥头陆域设置沉淀池对桥面初期径流进行收集处理，可有效降低桥面径流对海域的影响。

根据工程分析中的各路段桥面初期雨水量计算结果，初期雨水取一次降雨初期 15min 雨量，则保税通道初期雨水量：莲河侧桥面 100m^3 、大嶝侧桥面 150m^3 ，货运通道初期雨水量：莲河侧桥面 399m^3 、大嶝侧桥面 585m^3 。

沉淀池设置在桥下，充分利用桥下空间，避免二次征地和破坏景观。在保税通道莲河侧、大嶝侧桥下各设置 1 处沉淀池，在货运通道莲河侧桥下设置 1 处沉淀池，当运输车辆发生危险品泄漏时，沉淀池可接收有毒有害物质和清洗水，有效阻挡泄漏物质和清洗水直接排海。货运通道大嶝侧平交进入大嶝岛，下部无空间设置沉淀池，故桥面初期雨水采用直接接入大嶝雨水管网的方式，事故时考虑采用沙袋围堰及槽罐车抽走的方式处理。

桥面径流的主要污染物是 SS 和石油类，同时存在发生危险品运输事故的风险，要求桥面径流收集系统需具有沉淀、隔油和蓄毒的作用。根据桥面径流污染特征，可采用平流沉淀池作为桥面径流收集系统。平流沉淀池具有沉淀作用，能够去除径流中的 SS；在沉淀区末端设置隔板，能够清除漂浮在水面的浮油，降低出水中的石油类含量；沉淀池采用溢流出水，并设置一定量的容积，能够达到满足贮存危险品事故排水的要求，可以防范环境风险。

(3) 加强桥梁营运管理，做好日常检修和维护工作。在桥两侧醒目位置设置限速牌，提醒车辆注意减速行驶。

5.2.2 大气污染防治措施

(1) 降低路面尘粒，路面应及时保洁、清扫、洒水，尽量减少车辆通过时产生的扬尘。

(2) 运载容易产生扬尘物品的车辆，必须对其运载货物进行覆盖保护，以

免对周围的大气环境产生扬尘污染。

(3) 结合当地生态建设等规划，在道路两侧种植乔、灌木等绿化，以净化吸收机动车尾气中的污染物、道路粉尘，又可以美化环境，改善路容。

5.2.3 噪声污染防治措施

(1) 宜合理利用地物地貌、绿化带等作为隔声屏障，其建设应结合噪声衰减要求、周围土地利用现状与规划、景观要求、水土保持规划等进行。

(2) 绿化带宜根据当地自然条件选择枝叶繁茂、生长迅速的常绿植物，乔、灌、草应合理搭配密植。规划的绿化带宜与地面交通设施同步建设。

(3) 道路建设部门应进行合理规划，尽量减少设置在道路中间的地下管线检查井口，或将井口设置在道路隔离带等车辆不经过的地方，并采用与井口结合紧密的井盖，以非金属材质井盖代替金属材质井盖，以降低车辆经过井盖时引发的撞击噪声。

(4) 根据预测结果，本项目运营期沿线两侧紧邻道路居民区昼、夜间噪声均受交通噪声不同程度影响，但运营中期末出现超标现象，环境敏感目标莲河社区和东堤社区首排建筑其声环境可符合 2 类标准。

同时建议预留资金（预留 50~100 万元），在项目营运后对道路两侧敏感目标（居民区、学校、办公区、医院）临路一侧进行跟踪监测，超标区域采取相应降噪措施（安装隔声窗或高架桥段安装声屏障）。

(5) 交通管理部门宜利用交通管理手段，通过采取限鸣（含禁鸣）、限速等措施，合理控制道路交通参数（车流量、车速等），降低交通噪声。路政部门宜对道路进行经常性维护，提高路面平整度，降低道路交通噪声。

5.2.4 固体废物污染防治措施

工程建设完成后，应在道路两侧设置分类垃圾箱，以便分类收集过往行人的生活垃圾；加强对道路的管理，定时对路面进行保洁、养护，清理过往车辆遗弃的各种固体废物于路面维护、维修服务而产生的废弃材料，在施工现场收集后，应进行妥善处理处置。

5.3 海洋生态补偿方案

5.3.1 生态补偿金额

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，生物资源损害补偿年限（倍数）的确定按如下原则：

——各类工程施工对水域生态系统造成不可逆影响的，其生物资源损害的补偿年限均按不低于 20 年计算；

——占用渔业水域的生物资源损害补偿，占用年限低于 3 年的，按 3 年补偿；占用年限 3 年~20 年的，按实际占用年限补偿；占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿；

——一次性生物资源的损害补偿为一次性损害额的 3 倍；

——持续性生物资源损害补偿分 3 种情形，实际影响年限低于 3 年的，按 3 年补偿；实际影响年限为 3-20 年的，按实际影响年限补偿；影响持续时间 20 年以上的，补偿计算时间不应低于 20 年。

底栖生物、游泳生物均按成体生物处理，经济价值的计算公式为：

$$M=W \times E$$

式中： M 为经济损失额，元；

W 为生物资源损失量，千克（kg）；

E 为生物资源的价格，元/kg；

鱼卵和仔鱼、浮游生物的经济价值应折算成鱼苗进行计算，计算公式为：

$$M=W \times P \times V$$

式中： M 为鱼卵和仔稚鱼的经济损失金额，元；

W 为鱼卵和仔稚鱼损失量，尾或个；

P 为鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算，%；

V 为鱼苗的商品价格，按当地主要鱼类苗种的平均价格计算，元/尾。

（1）底栖生物损失的货币化估算

桩基承台占用对潮间带底栖生物造成的影响属于长期的、不可逆的，损害补偿年限按 20 年计算。清淤、栈桥施工对底栖生物的实际影响低于 3 年，损害补

偿年限按 3 年计算。

底栖生物经济损失=底栖生物损失量×补偿年限×价格

本项目底栖生物损失约为 72.42 万元。

表 5.3-1 底栖生物损失的补偿金额

项目	底栖生物损失量t	单价元/kg	补充年限/年	补充金额/万元
桩基承台	0.31	15	20	9.23
施工栈桥	0.02	15	3	0.08
清淤	14.02	15	3	63.11
合计				72.42

(2) 悬浮泥沙导致的海洋生物损失的货币化估算

表 5.3-2 悬浮泥沙导致的海洋生物损失的补偿金额

海洋生物	损失量	换算比例	单价	补偿年限(年)	补偿金额(万元)
鱼卵ind	1.19E+08	1%	0.1元/ind	3	35.58
仔稚鱼ind	3.79E+05	5%	0.1元/ind	3	0.57
成体kg	182.22	100%	15元/kg	3	0.82
浮游动物kg	1215.02	10kg浮游动物 生产1kg鱼	15元/kg	3	0.55
浮游植物cells	1.27E+15	30kg浮游植物 生产1kg鱼	15元/kg	3	265.07
总计					302.58

注:浮游植物的单个细胞鲜重按孙军等《浮游植物生物量研究》(海洋学报, 1999 年 21 卷第 2 期 75-85) 确定, 取值约为 $1.39 \times 10^6 \text{pg/cell}$ 。

清淤产生悬浮泥沙引起的海洋生物损失属于持续性生物资源损害, 实际影响年限低于 3 年, 按 3 年补偿。

悬浮泥沙引起的海洋生物经济损失=海洋生物损失×3 年×换算比例×价格

本项目清淤悬浮泥沙导致的海洋生物损失约为 302.58 万元。

综上两部分, 根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》计算得本项目生态补偿金额约为 375 万元。

5.3.2 生态补偿方案

2022 年 2 月, 福建省生态环境厅会同省发改委、自然资源厅、海洋渔业局和福建海警局联合印发了《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》。

《规划》按照“一湾一策”要求, 对厦门市“全海域”和“大嶝海域”在“十四五”期间的重点工程项目和政策措施情况作出规划部署, 重点任务措施包括“开展鱼虾类渔业资源增殖放流”和“岸线/海堤/沙滩生态修复”。因此, 本项目海洋

生态损害赔偿主要以增殖放流、沙滩修复等方式进行，生态补偿金额约为 375 万元。

5.3.2.1 渔业资源增殖放流

(1) 增殖放流品种

厦门海域的渔业增殖放流工作始于 2003 年，放流的主要品种有长毛明对虾、日本囊对虾、刀额新对虾、三疣梭子蟹、真鲷、黄鳍鲷、黑鲷、石斑鱼、大黄鱼、大弹涂鱼、波纹巴非蛤、江蓠、中华鲟、文昌鱼和中国鲎等。

《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》（农渔发〔2022〕1 号）列举的厦门湾适宜放流物种包括：长毛对虾、日本对虾、拟穴青蟹、三疣梭子蟹、大黄鱼、真鲷、黑鲷、黄鳍鲷、花鲈、点带石斑鱼、赤点石斑鱼、青石斑鱼、云纹石斑鱼、花尾胡椒鲷、斜带髯鲷、双斑东方鲀、鲷、厦门文昌鱼、中国鲎、刀额新对虾。

本项目增殖放流品种可根据工程所在海域的海洋生物种类分布特征，结合目前人工育苗、增殖放流技术，同时参照本项目附近的南港特大桥生态补偿增殖放流品种，可选择增殖放流品种长毛明对虾和黄鳍鲷。

(2) 种苗规格与数量配置

长毛明对虾和黄鳍鲷在福建省人工繁育技术成熟，达到稳定大批量人工育苗生产技术水平，以历年增殖放流工作来看，苗种来源相对稳定。

根据水产种苗产业规模生产能力、技术水平及发展现状，本项目增殖放流种苗的规格、数量以及放流时间可选择安排如下。

表 5.3-3 增殖放流经费估算表

品种	数量（万尾）	平均规格（cm）	放流时间	单价	经费估算（万元）
长毛明对虾	8000	1.0cm以上	5-10月	50元/万尾	40
黄鳍鲷	150	5.0 cm以上	4-7月	0.6元/尾	90
工作经费（专家咨询费和公证费等）					20
合计					150

(3) 增殖放流经费估算

增殖放流经费估算共计 150 万元，计划苗种采购 130 万元，工作经费（专家咨询费和公证费等）20 万元。

建设单位可委托相关单位编制增殖放流方案，并上报海洋渔业行政主管部门审核，再由建设单位组织实施，可由第三方监督验收，增殖放流结果应向当地海洋渔业行政主管部门报备。

5.3.2.2 岸线/海堤/沙滩生态修复

《福建省“十四五”海洋生态环境保护规划》中的“大嶝海域”“十四五”期间的重点任务措施和工程项目包括“小嶝岛海岛生态修复工程”，实施内容为“开展小嶝岛南侧沙滩跟踪观测和维护，恢复沙滩自然形态”。

小嶝岛南侧沙滩长约 260m，面积约 2.6hm²。本项目生态补偿可结合福建省“十四五”海洋生态环境保护规划，在小嶝岛南侧沙滩岸段清除不合理的硬质护岸和其他构筑物，以自然恢复为主，恢复沙滩自然形态，并开展沙滩跟踪监测，关注沙滩侵蚀和泥化现象，必要时进行人工恢复。沙滩生态修复经费估算 225 万元。

本项目作为厦门新机场片区的配套基础设施工程，本项目生态补偿建议与厦门新机场片区结合，统筹实施生态修复工程，减缓对海洋生态和湿地的影响。

5.4 环境风险防范措施

5.4.1 施工期环境风险防范措施

(1) 设置施工管理机构。为了保障工程水域施工期间正常的通航秩序，确保通航安全维护工作的顺利进行，为工程建设提供有力的安全保障，建议在施工期设置管理机构：主要负责附近海域施工期与施工单位及其他单位之间的协调；对通航安全维护管理的内部工作进行组织；定期或不定期与海事部门联系，通报通航安全维护工作情况。按照施工维护方案，保障水上通航安全和施工作业顺利进行。遇有突发性事件时应及时向海事部门报告和请示，视情况采取相应的应急处置措施。

(2) 施工单位应切实加强运输船舶的管理，认真制定船舶管理制度，加强船舶安全管理，确保船舶运输安全，制定符合规定并合理可行的碰撞、搁浅、火灾、防油污等各种应急预案。

(3) 施工船舶应证照齐全（检验证书、适航证书、国籍证书、防油污证、防生活污染证及承载证书、船舶吨位证书等），船舶配员符合要求，船员应具有

有效的适任证书，严禁无证或证书不齐全的船舶进场施工。

(4) 业主和施工方应按规定办理施工作业手续，申请划定施工水域和安全作业区域。业主应督促施工方落实施工期间的监管措施和施工安全保障措施，在施工现场设置必要的警示装置，并确保施工船舶及人员的适航、适任。业主和施工方应和海事主管部门建立有效联系，请求对施工水域的有效监管，包括申请安全作业区和警戒区、发布航行通告、设置有关标志、申请通航维护及巡航工作等。

(5) 施工作业船舶和设施，应尽量避免影响正常航行船舶的通航安全，在有影响时应征得海事主管部门的同意。施工船舶应按规定显示有关信号，派专人守听指定的 VHF 频道，保证船舶间的避让协调通讯及接受海事主管机关的询问。航行船舶与施工船舶均应严格遵守《国际海上避碰规则》及海事主管机关制定的交通管理措施。过往船舶航经施工区域时，应加强瞭望，缓速航行，并与施工船舶保持足够的安全距离。

(6) 施工船舶应严格执行《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国防止船舶污染海域管理条例》等相关法律法规，制定施工期间的防污染应急预案。施工方应备有足够的防止污染器材和设备，水上、水下船舶施工应采取预防措施，防止油类、油性混合物和其他废弃物污染海域。

(7) 船舶驾驶员的业务技术应符合要求。按《防治船舶污染海洋环境管理条例（2009）》，对所用船舶及其人员应提出严格的书面管理要求及所应承担的防止船舶溢油责任和义务，并落实本条例规定的防治污染有关措施。船员对可能出现事故溢油的人为原因与自然因素应学习、了解，提高溢油危害的认识及安全运输的责任感和责任心。

(8) 施工船舶应配备符合要求的消防救生设备，定期进行消防救生演习。作业人员应树立安全意识，解缆和冲洗甲板人员必须规范穿着救生衣、戴安全帽，严禁穿拖鞋作业。

(9) 在南、北施工栈桥之间的航道区域设置通航、禁锚等标志、浮灯标等设施，在施工栈桥钻孔平台设置夜间安全警示灯标志，维护通航安全，防范施工船舶、其他过往船舶碰撞施工栈桥、在建桥梁的风险。

(10) 对施工设备定时检查和监控，对设备的安全隐患要及时整改，确保设备技术性能良好。

(11) 实施值班、了望制度是减少船舶事故发生可能性的重要措施。及时了解掌握天气情况，避免在恶劣天气条件下施工作业。实时关注风向风速，特别注意东风、偏东风的预警。

(12) 必要的人力、物力和资金应具体落实到位，保证施工作业期间的监管工作顺利进行。

(13) 应备有通讯联络器材设备，当出现事故时，能顺畅地与厦门海域溢油应急指挥部联络，并积极配合厦门海事局和生态环境部门、海洋、渔业部门等相关部门做好应急工作。

5.4.2 营运期环境风险防范措施

(1) 加强交通工程设施，重点是完善交通标志标线和实施交通信号控制。完善路灯照明、交通区划等。

(2) 加强对车辆、道路设施的管理。交通管理部门加大管理力度，严格控制车辆超员、严禁各种泄漏、散装、超载车辆上路，防止道路散失物造成水污染；对运载危险物品车辆严格进行检查、严格监控，防止事故发生。

(3) 应设紧急报警电话，出现重大交通事故，应迅速联系消防、救护、公安等有关方面及时处理。一旦发生危险品溢出、泄露等事故，应及时通知有关部门，及时采取应急措施，防止污染进一步扩散。

(4) 在危险化学品运输车辆上安装 GPS，对司机、运输的危险货物、车辆等进行动态监控。

(5) 危险化学品泄露时，除受过特别应急训练的人员外，其他任何人均不得尝试处理泄漏物。

(6) 严格控制危险品运输车辆数量，对危险化学品的运输车队和驾驶员进行资质认定，没有取得资质认定的运输车队和驾驶员不得从事危险化学品运输工作。

(7) 桥梁全线强化护栏安全设计，桥梁防撞护栏及人行道栏杆应具有足够的强度，并应与桥梁主体结构可靠连接，桥梁机动车道两侧采用 SS 级防撞护栏，防范车辆事故对沿线居民的安全危害及对海域水环境风险。

防撞护栏的选用应按《城市桥梁设计规范》CJJ11的有关规定执行，防撞护栏的设计应按《城市道路交通设施设计规范》GB50688和《公路交通安全设施设计规范》JTG D81的有关规定进行。

(8) 营运期考虑到防止海上船舶碰撞，主墩设置浮动式防撞设施，随水位升降，提高防撞性能。

(9) 在桥梁通航孔及航道区域设置通航、禁锚等标志、浮标等设施，维护通航安全，防范船舶碰撞桥梁风险。

(10) 制定本项目营运期突发环境事件应急预案，根据突发环境事件的不同级别，分别启动相应的应急响应机制和救援工作。

5.4.3 台风与风暴潮风险防范措施

(1) 编制台风或风暴潮事故应急预案。建立统一领导、分级负责、综合协调的组织指挥体系和通畅有效的应急指挥通讯网络，以及严格的安全生产规章制度，积极配合交通委等相关管理部门做好相关应急工作，做到及时有序地防御台风风暴潮灾害，最大限度地减少人员伤亡、财产损失、环境影响。

(2) 加强对台风、风暴潮的预警。台风、风暴潮预警是合理启动台风应急预案等级标准的依据。需要进一步加强与气象、水利、海洋等部门的联系，及时跟踪台风及其风暴潮的发生、发展趋势动态。

(3) 加强区域防台抗台工作。台风季节作业时，应注意施工设备的安全，并在台风来临前，对未完工的水工工程进行加固防护，以确保施工安全，避免造成巨大的经济损失和产生破坏性的环境影响。

(4) 优化施工工期安排，缩短台风期间的水工建筑施工工期，减少风暴潮对水工建筑结构设施的影响，使工程能安全度汛。

(5) 加强宣传、提高对灾害风险的意识。部分人员缺乏防御灾害的基本常识，防灾意识淡薄，麻痹思想和侥幸心理严重，特别是缺乏自救、互救和避险、防灾能力。必须加强防灾意识、防灾能力的宣传教育工作，广泛地开展风暴潮知识的普及、宣传，以有效地防御风暴潮灾害，提高防灾减灾意识和自救能力。