

海州湾赣榆 LNG 海底管道路由区冲淤演变与工程影响分析

朱永东 户东勇 陈星丞 华乐

江苏华电赣榆液化天然气有限公司 江苏 连云港 222199

【摘要】：基于多期历史海图与水深数据（1960-2020年），研究了海州湾北部拟建 LNG 海底管道路由区的海床冲淤演变过程及驱动机制。结果表明：1980-2013年间，路由区海床以冲刷为主，近岸最大累积冲刷深度约 2.0 m；2013-2020年间，受港口工程建设直接影响，冲淤格局发生显著调整，路由中段出现最大 1.2 m 的淤积，而近岸冲刷持续。现代泥沙活动以本地沉积物的“波浪掀沙、潮流输沙”为主。研究指出，未来管道设计需重点关注长期缓慢冲刷、大风浪骤淤骤冲以及邻近工程活动引发的局部冲淤突变。

【关键词】：海州湾；海底管道；冲淤演变；海岸工程

DOI:10.12417/2811-0528.26.14.025

1 引言

海底管道的长期服役安全性高度依赖于铺设区的海床稳定性。冲淤演变可能引发管道悬空、裸露甚至断裂^[1,2]。江苏华电赣榆 LNG 接收站项目海底管道穿越海州湾北部，该海域近年来受港口工程建设影响深刻。尽管已有区域尺度的研究，但针对特定工程廊道的长时序冲淤演变研究仍显不足。本文基于多期水深数据，系统揭示拟建管道路由区的海床演变历史与驱动机制，定量评估海床稳定性，为管道工程决策提供科学依据。

2 研究区域与方法

2.1 区域概况

海州湾岸线呈半圆形弧状，湾内水深较浅（湾口约 15 m），水下地形平缓，等深线与岸线平行，由西北向东南缓倾，平均坡度约 1.0‰^[3,4]。陆域西高东低，河流多自西北流向东南，受闸坝控制，仅洪水期输沙。研究区位于湾北端绣针河口，为淤泥质与砂质岸滩交汇带，低潮时滩涂广布。拟建海底管道起点为赣榆 LNG 接收站，沿赣榆港区北大堤外 200 m 平行敷设，接入青宁输气管道柘汪分输清管站，海底段长约 6 公里。

2.2 数据与方法

地形数据包括 1960、1965、1980、2000、2005、2011、2013 及 2020 年的海图与水深数据。利用 GIS 进行多期水深对比与冲淤量计算。结合水文、沉积物及工程活动信息，探讨冲淤驱动因素。

3 结果与分析

3.1 海床冲淤演变历史

多期水深对比揭示了海床的复杂演变。（图 1，图 2）大范围来看，1960-1980 年研究区北部 5 m 等深线已显冲刷态势；1980-2020 年，管道路由沿线 0 m、2 m、5 m 等深线总体表现为冲刷后退，反映近岸侵蚀趋势。

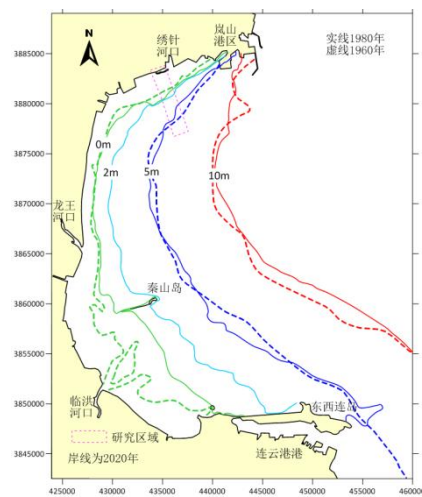


图 1 1960-1980 年海州湾岸线变化

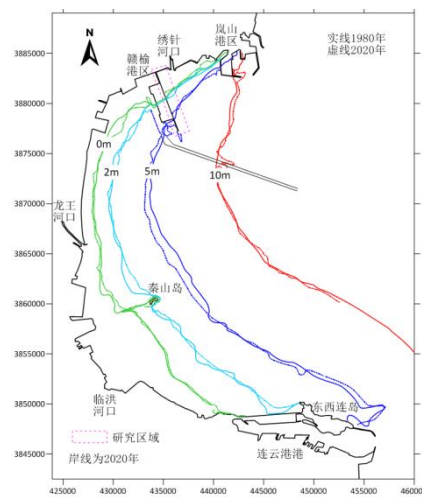


图 2 1980-2020 年海州湾岸线变化

多期水深对比揭示了海床的复杂演变。大范围来看，1960-1980 年研究区北部 5 m 等深线已显冲刷态势；1980-2020 年，管道路由沿线 0 m、2 m、5 m 等深线总体表现为冲刷后退，反映近岸侵蚀趋势。

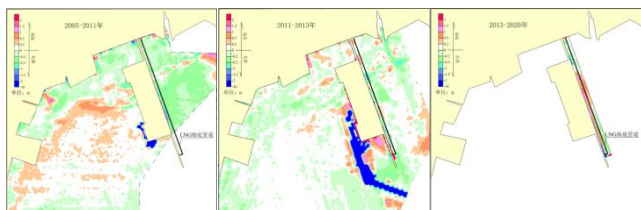
精细化演变过程（图 3）：

2005~2011年：LNG海底管道沿线总体呈冲刷趋势，平均冲刷0.2 m，最大0.5 m。

2011~2013年：离岸约2 km处出现局部强冲刷中心，最大达1.5 m。

2013~2020年：冲淤格局调整。受港口工程建设直接影响：①近岸段（0-1.7 km）持续缓慢冲刷；②中段（1.7-3.6 km）由长期冲刷转为强烈淤积，平均淤厚0.9 m，最大达1.2 m，与工程抛泥、溢流或流场改变密切相关；③远段（>3.6 km）冲淤微弱。

1980-2020年沿管线断面显示（图4），0 m等深线附近最大冲刷达1.65 m，年平均最大冲刷速率约0.041 m/a。



(a) 2005-2011 (b) 2011-2013 (c) 2013-2020

图3 LNG海底管道及其附近海域地形变化

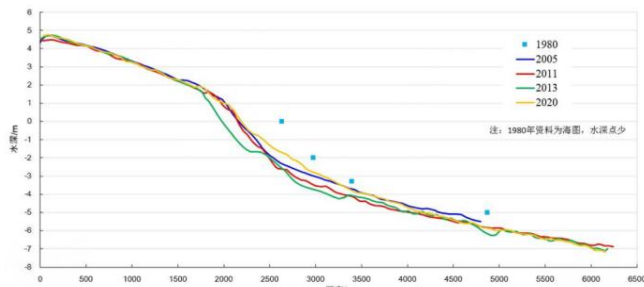


图4 1980-2020年LNG海底管道沿线地形变化

4 讨论

4.1 海床演变驱动机制

研究区海床演变是自然动力与人类活动共同作用的结果。

参考文献：

- [1] 张玮,汪魁,金新.册镇海底输油管道沿线海床冲刷原因分析[J].江南大学学报(自然科学版),2013,12(03):305-310.
- [2] 金犇,何良,沙红良,等.册子岛-镇海海底冲淤变化及其输油管道状态分析[J].水利水电快报,2019,40(08):29-34.
- [3] 陈吉余,王宝灿,虞志英,等.中国海岸发育过程和演变规律[M].上海科学技术出版社,1989.
- [4] 边淑华,杨玉娣,魏宏伟,等.辽河油田太一葵管道路由区海底冲淤变化研究[J].海岸工程,2007,(02):19-25.

自然动力驱动：在无重大工程干扰时期（如1980-2011年），海床的普遍冲刷可能与泥沙来源减少背景下，潮流（特别是涨潮优势流）的净输沙能力持续大于供给量有关。大风浪作为高能脉冲，加剧了细颗粒物的再悬浮与外输。

人类活动干预：2013年后的冲淤格局突变，直接归因于港口工程建设。围填海改变岸线，水工建筑物扰动流场，施工活动直接干预海床，导致路由中段出现异常淤积。这凸显了重大海岸工程对邻近海底地貌影响的强烈性与局部性。

4.2 对海底管道工程的意义

（1）冲刷风险：近岸段长期的缓慢冲刷趋势，要求管道设计必须考虑足够的初始埋深或采取可靠的冲刷防护措施（如压块、抛石）。（2）淤积与活动性风险：路由中段近期出现的厚层淤积，可能增加管道覆盖层压力，或因未来流场调整发生再冲刷。需评估淤积体的稳定性及对管道的影响。（3）极端事件影响：大风浪导致的含沙量剧增和可能发生的剧烈局部冲刷，是管道运营期需高度关注的短期高风险事件。（4）工程活动的持续影响：邻近区域的后续海洋工程建设可能继续改变局部动力与沉积环境，需建立长期的地形与水文监测体系。

5 结论

1980-2013年间，管道路由区海床以冲刷为主导趋势，近岸最大累积冲刷深度约2.0 m。2013-2020年间，受港口工程建设直接干预，冲淤模式发生根本性改变，路由中段出现显著淤积（最大1.2 m）。未来海底管道的安全面临长期缓慢冲刷、短期大风浪扰动以及邻近工程活动引发的局部剧变等多重挑战。建议在设计阶段充分考虑历史冲刷深度并预留安全余量，对异常淤积段进行稳定性评估，并将大风浪期间监测与应急响应纳入运维管理体系，在管道全生命周期内持续关注周边海洋开发活动的叠加影响。