

“SE PANTHEA” 打捞工程方案设计与实施

郑智滨 杨宇 张昕

(正力海洋工程有公司 福建福州 350000)

摘要：“SE PANTHEA”轮高位搁浅与珠海赤滩岛，通过将多种传统打捞方式^[1]相结合对难船进行打捞工作，对打捞方案的设计与实际实施情况进行了详细的介绍。

关键词：“SE PANTHEA”轮；分段打捞；起浮脱浅；封舱排水；半潜船潜装

1 概述

1.1 背景

“SE PANTHEA”（潘西亚）轮——13000 吨普通货物运输船。2009 年建造于中国，2010 年被新加坡 SE Shipping 收购，主要航行于直布罗陀 Nordana 航线，属德国劳氏船级社，2017 年 8 月 23 日，值天鸽台风来临之际，在珠海赤滩岛（香港与澳门之间的珠江海入口）海域附近搁浅，所有船上人员成功通过领航梯，离开已搁浅船舶，登上赤滩岛，随后被中方 CG 营救。

图 1 为“SE PANTHEA”轮搁浅位置。



图1. “SE PANTHEA”轮搁浅位置

难船艏部大部分搁座在礁石上，船舶完全搁座在礁石上，难船 55#-145#肋位悬空，2017 年 9 月 1 日调查显示难船左倾约 8° ，艏倾约 2.5° 图 2 为“SE PANTHEA”轮搁浅状态。



图2. 难船搁浅状态

本次打捞工程与 2017 年 9 月 28 日开始投标，经过多轮技术方案澄清，于 2017 年 10 月底从多家打捞公司中脱颖而出，获得 GARD 保赔协会的认可，签订了商业打捞合同。

1.2 难船基本资料

难船类型:	货船
材质/ 建造年份:	钢质 / 2009
IMO 编号:	9431434
总船长:	138.50 米
垂线间长:	130.00 米
型宽:	21.00 米
型深:	11.00 米
设计吃水 :	7.50 米
结构吃水:	8.00 米
载重量 (设计吃水):	11,526 吨
空船重量:	5225 吨
舱容:	15,953 立方米 (3 个货舱总容积)
载箱量:	331 标准箱(甲板), 334 标准箱 (货舱内)
总吨位:	9627
净吨:	4261
主机:	MAK 6M43, 5400 kW x 500 rpm

1.3 难船搁浅海域水深情况

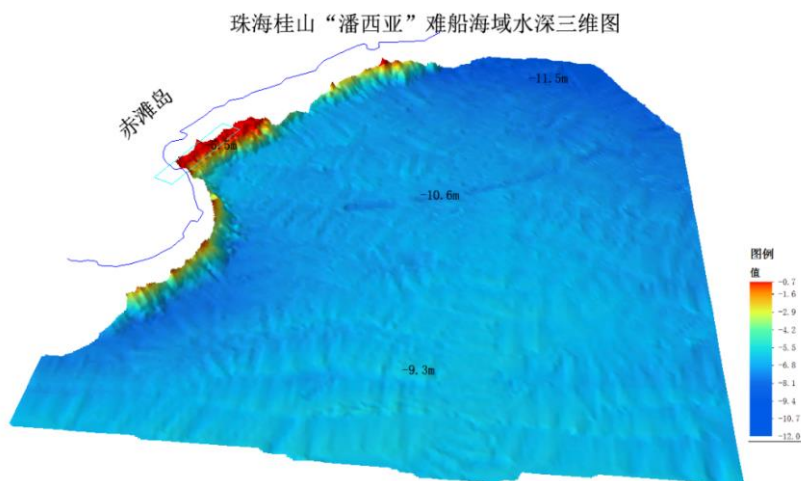


图3. 难船搁浅海域水深图

1.4 难船打捞基本要求

为了保护赤滩岛的生态环境，及保护事故海域海洋环境，应 GARD 保赔协会、船东、海事局要求，对“SE PANTHEA”轮提出以下几点打捞基本要求：

- (1) 将难船残骸全部从赤滩岛移除，海岸及海底无残留的难船残骸。
- (2) 打捞作业前需清除难船所有存油，并保证打捞作业过程中无油污泄露，清除的。
- (3) 打捞作业结束后，恢复赤滩岛难船搁浅位置的生态（清理岸上垃圾及礁石上油污痕迹）。
- (4) 打捞残骸需经过有资质的回收处理公司进行处理。

2 技术方案设计与实施

2.1 打捞方法的确定及优劣性分析

难船打捞方法众多，类似本次“SE PANTHEA”轮难船高位搁浅在礁石群上，可考虑的打捞方法有：整体打捞、分段打捞、现场解体打捞。

(1) 整体打捞：

难船高位搁浅在礁石群上，船艏段及船艉段船体完全破损，已无修复可能，整体打捞预计需要配置 5000-6000 吨外浮力，采用大型浮吊船整体打捞时至少布置 40 个吊点，吊点多，难以合理的安排挂钩及起吊，难船右舷为山坡，左舷水域有限，可供浮吊船布场水域小，多艘大型浮吊船布场水域狭小，施工风险大，小型浮吊船无法满足吊力要求，施工困难；即便成功地将难船从礁石上移出，由于难船船底及船壳结构严重破损，我们估计难船将很难处于自由浮动并适合拖带到拆船厂的状态，因此很可能需要使用大型半潜驳进行后续运输。半潜驳装载作业

对海况及天气条件要求高，难船在半潜驳上绑扎操作难度大。由此可能导致产生很高的后续运输费用及风险。

(2) 分段打捞

采用这种方式可以根据难船的破损及搁浅情况分段切割船体，控制分段重量在适合的范围。预计利用一艘 1200 吨浮吊船、一艘全回转浮吊，一艘甲板驳船及数艘拖轮既可满足分段解体打捞施工需求，施工船舶少、成本低；分段打捞，起吊分段船体重量轻，作业风险小，污染风险可控。

(3) 现场解体打捞

完全拆解方案，施工准备前置条件要求高，对施工现场环境保护、安全措施等需要满足拆船厂完全拆解要求，并很有可能会在完全拆解过程中出现大量的污染物，该方案难以通过相关部门的审核，故不建议采用。

综上所述：正力海洋工程有限公司计划对“SE PANTHEA”轮采用分段打捞的方法参与投标。

2.2 投标方案

2.2.1 方案总体思路

“SE PANTHEA”难船分段打捞工程项目，主要分为七个阶段，分别为：①拆除难船甲板面设备→②拆除舱盖板、二层甲板→③清除货物→④拆除驾驶楼生活区→⑤拆除船艙分段→⑥拆除 FR40-船艙 6.5 米以上→⑦拆除 FR40-船艙 6.5 米以下，图 4 为分段示意图：

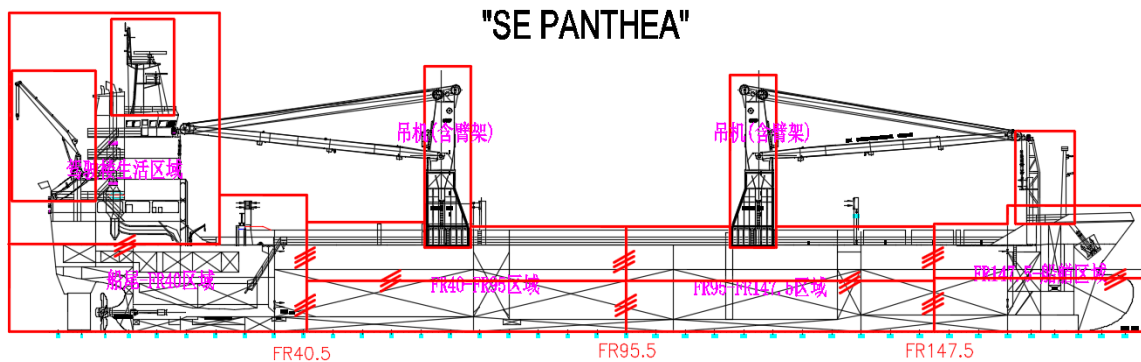


图4. 分段切割示意图

2.2.2 分段重量估算

- a. 甲板面设备约 360 吨；
- b. 舱盖板、二层舱盖（舱盖板 12 块，二层舱盖 14 块，共计 26 块）约 900 吨；
- c. 货物：船上有 39 件共 85 吨箱形包装的杂货（管材及配件）装载于 1 号货舱内，其中 10 件装在二层甲板，29 件（包括 2 个 20 尺的集装箱）堆放在底层货舱内；
- d. 驾驶楼分段约 411.5 吨；

- e. 船艏段约 1148.5 吨；
- f. FR40-船艏 6.5 米以上部分，分为 5 小块，最重块约 293.1 吨；
- g. FR40-船艏 6.5 米以下部分，分为 3 小块，最重块约 851.5 吨。

2.2.3 施工船舶选型

- a. 作业母船：工程船“联合正力”，船总长 73.6 米，船宽 25 米，主要作为施工作业母船，提供施工人员食宿及施工物料、供电平台；
- b. 大型浮吊船：选择 1200 吨浮吊船“东雷 20”，主要负责吊装船体分段；
- c. 小型全回转浮吊船：350 吨全回转浮吊船，主要负责吊装难船甲板机械及舱盖板；
- d. 驳船：大型半潜驳船“黄船 030”，总长 167.1 米，船宽 56 米，参考载货量 27500 吨，主要负责运载难船船体分段；
- e. 污油回收船：1000m³污油回收船，主要负责运载难船抽出的污油水；
- f. 其他辅助船：抛锚艇、交通艇、警戒船、防油污作业船等。

2.3 方案变更

在施工过程中，根据船体结构和油舱各管路的实际情况，对分段打捞工艺进行了部分调整：驾驶楼切割位置由主甲板底部更改为艏楼甲板底部；机舱分段分为 2 段，机舱上部及机舱下部；机舱切割位置由 FR40.5 改为 FR42.5。在完成舱盖板、甲板机械、驾驶楼分段、机舱分段打捞后，已至 12 月中旬，受冬季季风影响，后续现场涌浪越来越大，潜水员进行切割危险较大，可供作业窗口期少，极大地增加了作业难度，若按照原方案进行，预计将要到 2018 年 4 月份才能完成整个项目施工。且后续分段切割打捞完 6.5 米以上船体部分后，剩余船体状态，在冬季恶劣海况影响下将可能会发生变化（如图 5 所示）。

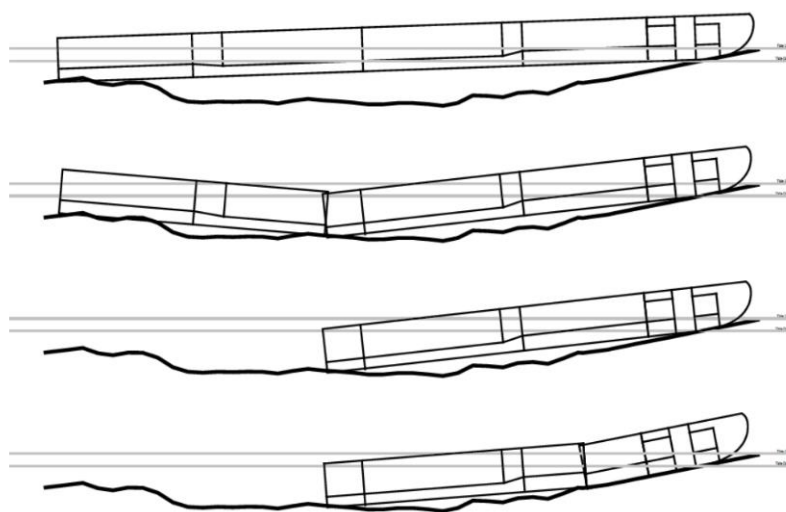


图5. 分段打捞剩余船体状态图

在通过前期作业期间的勘查，难船 2 号货舱、压载舱及 3 号货舱剩余部分舱室完好，1 号货舱仅少量裂缝，可以进行修复，故选择申请方案变更。将 FR42.5-船艏段剩余所有船体进行整体脱浅打捞，经过建模分析与多次论证，业主认可并同意我方提出的方案变更计划。图 6 为 FR42.5-船艏段搁坐状态模拟图，采用 HECSALV 事故分析软件建立了一个船舶模型，该模型包含了所有与船体、船舱相关的数据以及重量分布情况，根据船舶装载手册中的标准装载条件验证了模型的准确性，然后根据事故现场各船舱的实际装载及破损情况作调整。难船下的海底采用 168（7x14）个三角锥进行建模，根据潮汐基准的水深设定其高度。

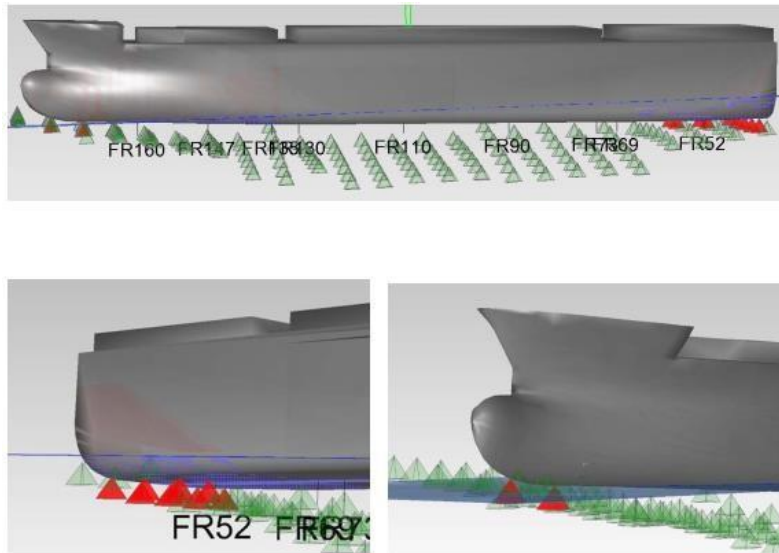


图6. 难船艏分段姿态示意图

模拟分析与计算低潮时，船体分段搁坐力为 1500 吨，其中船艏搁坐力为 1000 吨，船艉搁坐力为 500 吨。当潮水约为 2.0 米高时，船艉飘浮，船艏处搁坐力为 500 吨。通过对 FR42.5-船艏段的状态的分析，设计船体分段整体起浮脱浅方案，在高潮时对船艏施加 800-1000 吨吊力，船艉施加向外的拖力，能够满足将难船艏分段脱浅。因此，综合考虑作业成本及可行性，对难船 FR42.5-船艏段施工方案进行变更。

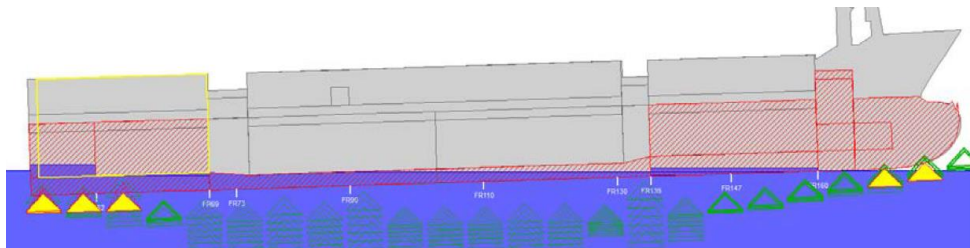


图7. 低潮时艏分段状态模拟图

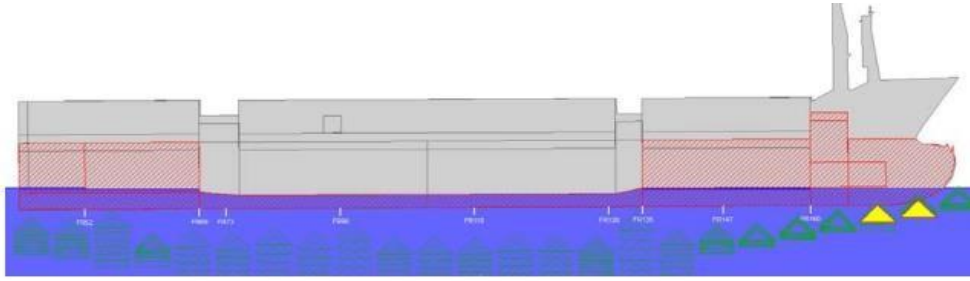


图8. 高潮时艏分段状态模拟图

2.4 主要分段打捞方案实施

2.4.1 驾驶楼分段

驾驶楼分段切割调整后估算重量约 331.06 吨，共设置 8 个吊点；

吊索具配置为：150 吨卸扣 8 个， $\phi 76\text{mm}$ ，工作长度 56m 钢丝绳 4 条；

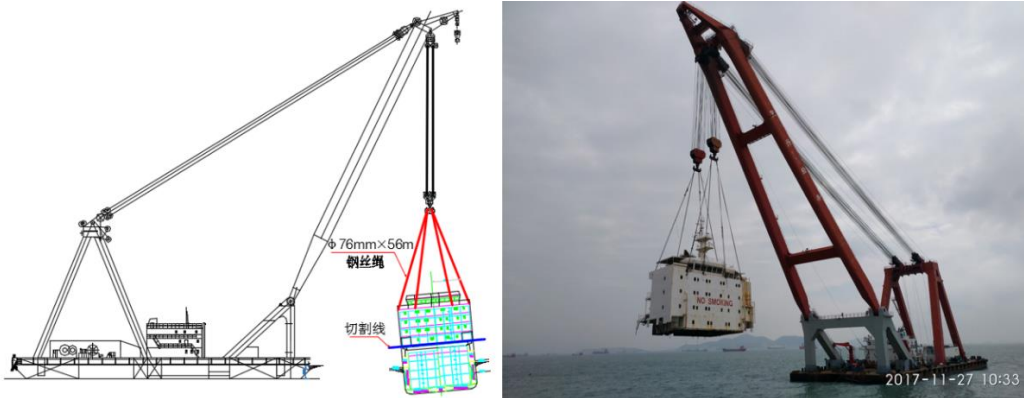


图9. 驾驶楼起吊示意图

驾驶楼分段于 2017 年 11 月 27 日成功移除，实际吊装重量约 350 吨。

2.4.2 机舱分段

(1) 机舱上部分段

机舱分段上部估算重量约 260 吨，共设置 8 个吊点；

吊索具配置：卸扣：120 吨 8 个， $\phi 76\text{mm} \times 56\text{m}$ 钢丝绳 4 根；

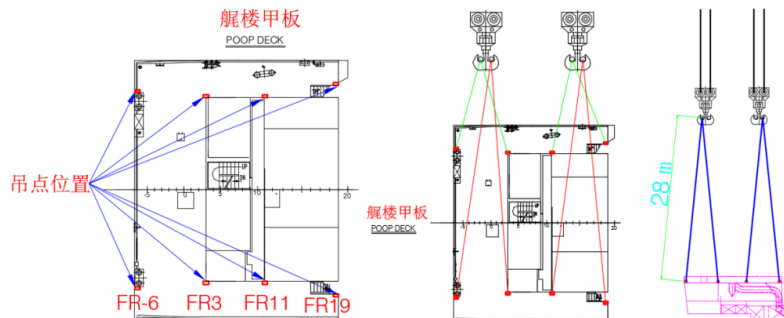


图10. 机舱上部分段吊点布置及挂钩示意图

吊力配置：采用 1200 吨起重船“东雷 20”作为本次起吊工作船，足以满足起重要求。
机舱上部分段于 2017 年 12 月 2 日成功移除，实际移除重量约 300 吨。

(2) 机舱下部分段

a 准备工作

因为机舱分段需要在 FR42.5 肋位进行切割，切割分为水上部分切割、水下部分切割，且切割后，3 号货舱会进水，可能会导致剩余船分段稳性变化，故需做好保护措施：在 3 号货舱内 FR45 肋位处，利用难船原有的二层舱盖板作为新舱壁的原材料，建立新舱壁，保证机舱分段切除后，3 号货舱剩余部分有足够的浮力维持难船稳性；机舱分段下部分吊除前，利用缆绳、钢丝绳、卸扣将难船与难船右侧礁石固定。

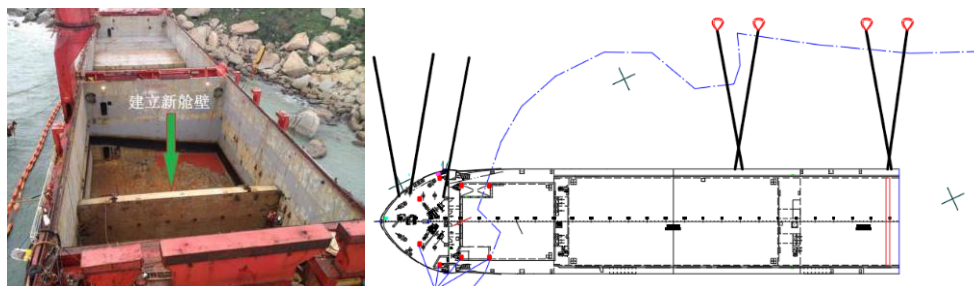


图 11. 艏分段固定及建立新舱壁示意图

b 机舱分段下部重量估算

机舱分段下部分进水、杂物、装修、设备等重量估算共计约 1020 吨。

c 吊力配置

采用 1200 吨起重船“东雷 20”作为本次起吊工作船，起吊作业时，预留 10%作为储备起吊力，满足本次起吊力要求。

d 吊索具配置

本次吊装作业计划配置 8 个吊点；

使用起吊钢丝绳：工作长度 50m， $\Phi 90\text{mm}$ 绳圈钢丝绳 8 根；工作长度 20m， $\Phi 120\text{mm}$ 绳圈钢丝绳 4 根；

使用起吊卸扣：150 吨卸扣 8 个、200 吨卸扣 8 个；图 12 为钢丝绳挂钩示意图。

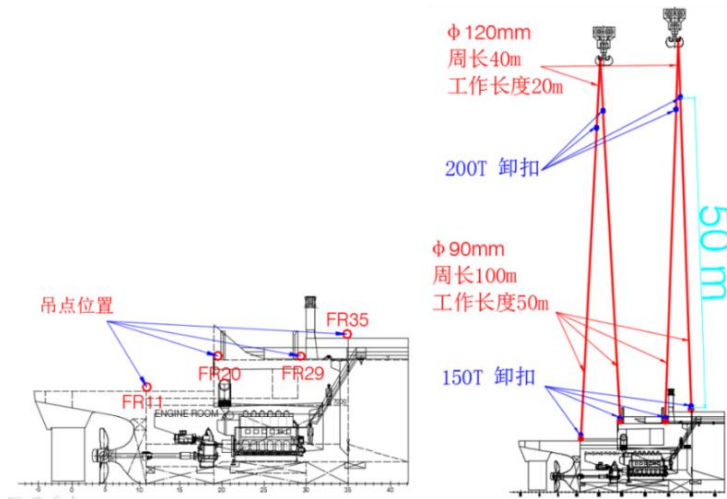


图12. 机舱下部分段吊点及挂钩示意图

e 起吊作业

经过潜水员对 FR42.5 肋位船体水下部分的切割，切割工人对水上部分船体的切割，并将吊索按计划进行挂钩，满足起吊条件后，于 2017 年 12 月 13 日将机舱分段下部分船体顺利吊除，吊装时，“东雷 20”吊机显示吊重约 1050 吨，与估算重量相差较小。



图13. 起吊难船机舱分段下部分

2.5 艙分段整体起浮脱浅方案实施

2.5.1 修复破损舱室

为了利用难船自身浮力，经勘查，FR42.5-船艙分段，No.1 号货舱底和货船舱壁有部分裂缝，可修复；No.2 号货舱、No.3 号货舱部分污水井漏水，可修复；左舷 1-4 号边压载舱均无破损，右舷仅 2、3 号边压载舱完好，可利用其浮力；左 2、3 号底压载舱，右 2 号底压载舱完好，可利用其浮力；右 3 号底压载舱底部有破口，无法进行封堵，可利用压气排水法排出舱内海水，并保持舱内气压，利用其浮力；船舶各舱室均破损严重，无法进行完全封堵，可在内部封堵铁板，并布置压气排水管路，防止艙分段脱浅后船艙各舱进水过多，造成艙倾。

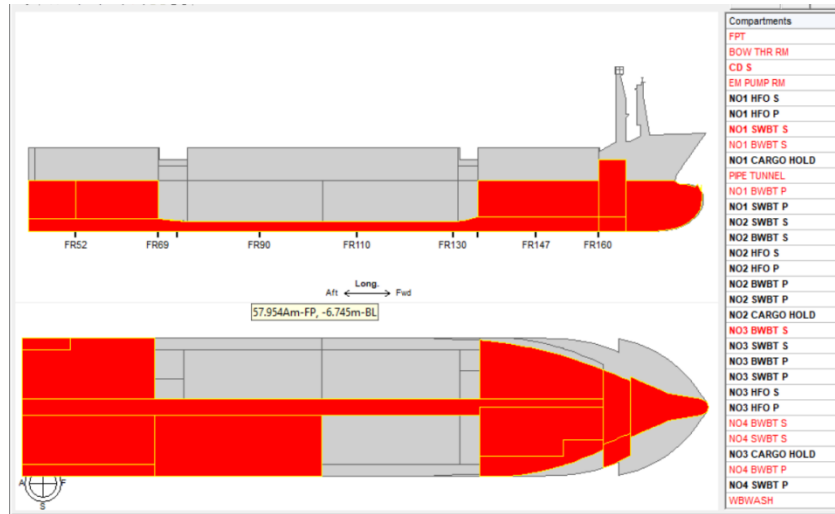


图14. 货舱及压载舱破损示意图

为满足压气排水要求，准备 250KW 发电机 2 台、10m³ 空压机 2 台、空气管路若干、气压分配器工装一个、气压表若干、气阀若干为破损舱室布置压气排水管路。

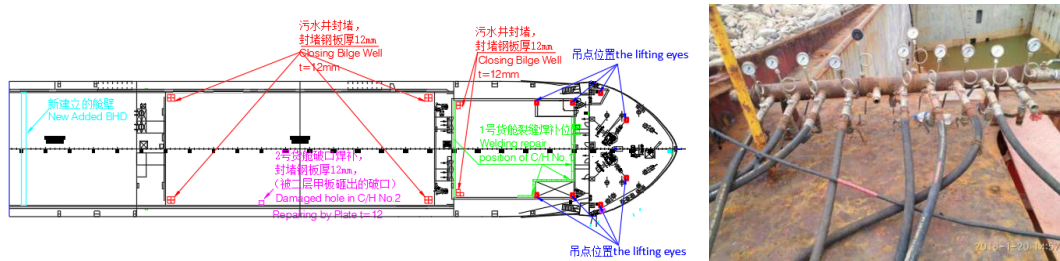


图15. 货舱、压载舱修复示意图及压气排水管理布置图

2.5.2 浮力配置

本次作业利用 1200 吨浮吊船“东雷 20”作为主吊船，布场于难船左舷船艏，为难船艏部提供吊力；作业母船“联合正力”布场于难船左舷船部，与难船之间布置 3 道钢丝绳，“联合正力”船艏抛 4 个锚为难船艏段提供拖力。

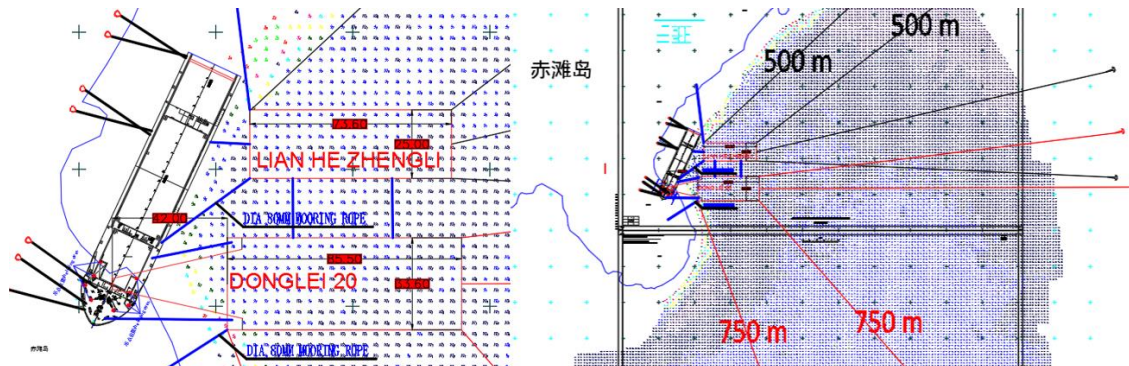


图16. 施工船布场示意图

经过计算，前期移除的难船船体重量约 3113 吨，剩余艏分段重量约 2770 吨，通过当前难船吃水、难船周围水深及难船舱室情况建模分析，在每月最高潮时通过在船艏施加约 800-1000 吨吊力就能够将难船成功脱浅。

2.5.3 吊索具配置

本次吊装计划布置 8 个吊点，在 FR152、FR160、FR166 左右舷分别烧焊吊耳、并利用在 FR177 号肋位附近的锚链孔作为吊耳。

吊索具配置：

Φ90mm 钢丝绳（工作长度 50m、周长 100m、整体破断力 615 T）*7 根、
Φ120mm 钢丝绳（工作长度 20m、周长 40 米、整体破断力 1092 T）*4 根
150 吨卸扣 8 个，200 吨卸扣 4 个，图 17 为吊索具配置图。

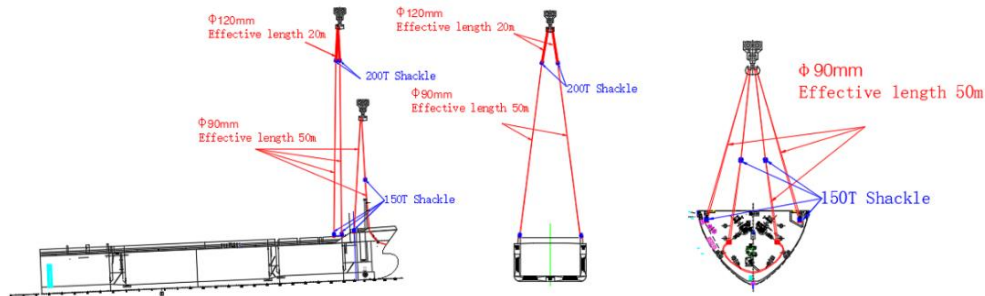


图17. 吊索具配置图

2.5.4 作业难点

(1) 难船右舷为赤滩岛，左舷水域位置有限，且靠近难船附近有大量石块，施工船布场位置有限。

(2) 难船高位搁浅，船艏完全搁坐在礁石上，且 1 号货舱下方有一块大石头顶住货舱底部，艏分段起吊时需将船艏吊高近 2 米才能越过石头，船艏吊高 2 米时需保证后面分段有足够的浮力能够脱浅成功。

(3) 起浮前由于 2 号货舱、3 号货舱完好，能够提供大量浮力，为了保证难船状态不发生改变，需要在 2 号货舱及 3 号货舱进行注水压载，且在起浮时要布置足够的潜水泵在有限的时间内将压载水抽出。

(4) 起浮脱浅时难船右舷需要利用缆绳与赤滩岛相对固定并在脱浅过程中，缓缓释放，保证难船脱浅出去后受水流影响方向不可控。

(5) 为保证顺利脱浅，需要对难船左舷水域进行详细地水深扫测，确保脱浅路线上无碍事的礁石或其他障碍物。

(6) 难船破损严重，起浮脱浅后，为了保证艏分段能够自浮，需要利用难船现有完好的压载舱及货舱进行调载，只能够靠潜水泵来完成调载工作。

(7) 成功脱浅的艏分段需要尽快转移至安全地点进行潜装工作，并设计出周密的潜装计划。

(8) 作业窗口期少，经过建模分析计算，仅能在每月最高潮 1-2 天时间进行脱浅，且起浮脱浅时现场风力需满足小于 6 级，涌浪小于 1 米的条件，若错过窗口期，则需等待下一个月的作业窗口期。

2.5.5 艏分段起浮脱浅

起浮的顺序将分四个阶段，分别为：①准备阶段→②涨潮阶段→③起吊船艏的准备阶段→④船艏起吊阶段。

选择当地高潮位最大的日期进行起浮脱浅，为了顺利完成船体在低潮来临前的起浮，应在高潮前 2 小时完成所有准备工作：各货舱、压载舱将压载水抽除，压气排水舱室进行排水使各个舱室达到设定压力（不超过 0.03MPa）。

当潮水上升到将艏端脱离海底时，“联合正力”通过绞锚往后退，将艏端转向深水区约 10-20 米。然后用“东雷 20”起吊船艏，“东雷 20”、“联合正力”同步通过绞锚往后退约 100m，同时安排施工人员，缓慢松开分段右舷固定在礁石上的缆绳，整体脱浅 FR42.5-船艏分段。于 2018 年 1 月 31 日成功过将艏分段起浮并脱浅。图 18 为艏分段成功脱浅并处于自浮状态。



图18. 艏分段脱浅成功

2.6 艏分段拖带、潜装

2.6.1 艏分段调平

“东雷 20”主钩上负荷逐步释放并记录、同时需密切关注吃水变化及可能的货舱进水。主钩释放过程中，时刻关注艏分段姿态，随时准备调整舱室压载保持艏分段自浮且基本无倾斜，通过计算，艏分段调平时平均吃水约 3.4 米。

在“东雷 20”脱钩前，对艏分段在自由悬浮下的状态进行全面检查，主要检查：FR42.5-船艏分段-舷外吃水变化、各货舱内的水位变化、各压载舱舱内水位变化、压气排水舱内的压力变化、空舱状态、发电机运转状态、空压机运转状态、压气排水管系情况。以确保所有需要提供浮力的舱室是在水密状态。若有破损进水的情况，立即进行处理。

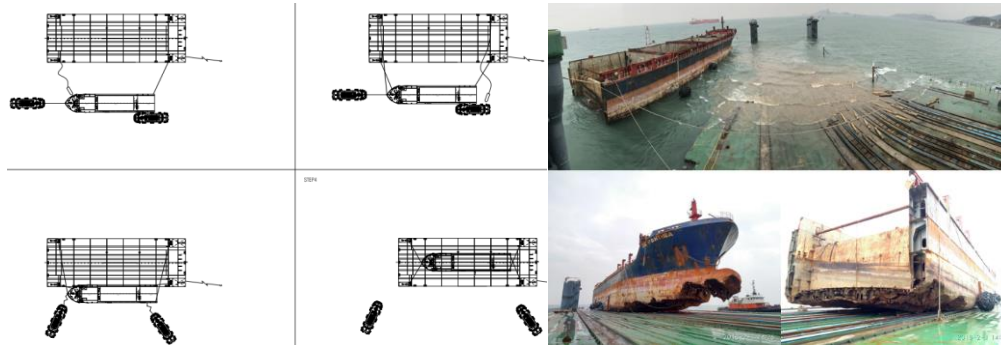


图21. 艏分段潜装示意图

艏分段潜装完成后，需要对艏分段进行加固，防止拖航过程中发生移动，图为艏分段在“黄船 030”上加固示意图，利用工字钢制作的‘人字架’对难船进行加固，左右两侧各布置 11 个人字架（约 1200mm 高），前后各 2 个人字架，底部直接与“黄船 030”焊接。

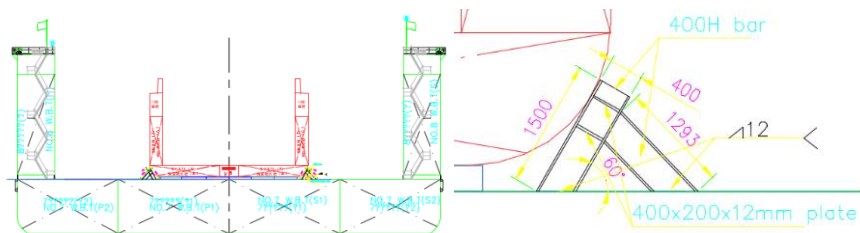


图22. 艏分段绑扎固定示意图

最后将“黄船 030”拖带至广州黄船海洋工程有限公司码头对艏分段进行处理。通过建立静水力计算模型对本航次航行工况进行计算，计算结果均满足规范要求，结果汇总表如下图所示。

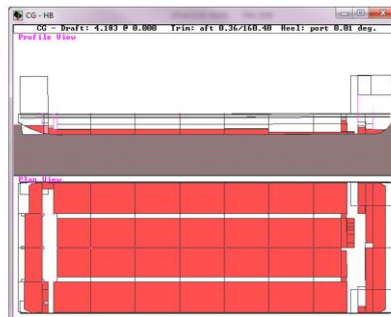
Condition during towing 航行工况		
Bow draft 艏吃水	3.817	meter
Stern draft 艉吃水	4.182	meter
G'M	61.82	meter
Complete range of stability 完整稳性范围	76.99	degrees
Max. sheer 最大剪力	25.10	许用值百分比% of allowable
Max. bending moment 最大弯矩	55.20	许用值百分比% of allowable

18-01-15 10:30:57 GUANGZHOU SALVAGE TOWING STABILITY ANALYSES
GHS 9.26C

Base plane Draft @ 0.000 = 4.182
Base plane Draft @ 161.600F = 3.817

WEIGHT and DISPLACEMENT STATUS
Base plane draft: 4.182 @ Origin
Trim: Aft 0.36/160.40, Heel: Stbd 0.02 deg.

Part	Load	SpGr	Weight (MT)	LCG	TCG	VCG	FSM
LIGHT SHIP			15,782.00	89.237E	0.142p	6.326	
Fix			1,600.00	80.000F	0.000	8.000	
FWD Block			2,897.00	82.000F	0.000	14.600	
Total Fixed			20,279.00	87.475F	0.111p	7.640	
FWB1P.P	0.100	1.025	175.01	154.850E	13.511p	1.031	7903.9
FWB1S.S	0.100	1.025	174.95	154.850F	14.137s	1.031	7919.0
WB1P.P	0.100	1.025	223.10	150.318F	17.118p	1.003	6271.4
WB1S.S	0.100	1.025	198.65	151.188F	13.894s	1.110	5889.6
WB2P1.P	0.100	1.025	144.84	133.172F	6.296p	0.477	2009.4
WB2S1.S	0.100	1.025	144.74	133.172F	6.304s	0.477	2009.4
WB2P2.P	0.100	1.025	168.54	134.356F	21.069p	0.464	2739.6
WB2S2.S	0.100	1.025	168.46	134.356F	21.078s	0.464	2740.8
WB3P1.P	0.100	1.025	231.71	117.527F	6.296p	0.477	3215.0
WB3S1.S	0.100	1.025	231.62	117.527F	6.304s	0.477	3215.0
WB3P2.P	0.100	1.025	224.72	117.522F	21.069p	0.464	3652.8
WB3S2.S	0.100	1.025	224.61	117.522F	21.078s	0.464	3654.4
WB4P1.P	0.250	1.025	579.21	98.371F	6.298p	1.192	3215.0
WB4S1.S	0.250	1.025	579.12	98.371F	6.302s	1.192	3215.0
WB4P2.P	0.250	1.025	561.70	98.368F	21.231p	1.130	3781.3
WB4S2.S	0.250	1.025	561.70	98.368F	21.234s	1.130	3781.3
WB4AP1.P	0.250	1.025	579.21	79.171F	6.298p	1.192	3215.0
WB4AS1.S	0.250	1.025	579.12	79.171F	6.302s	1.192	3215.0
WB4AP2.P	0.250	1.025	561.70	79.168F	21.231p	1.130	3781.3
WB4AS2.S	0.250	1.025	561.70	79.168F	21.234s	1.130	3781.3
WB4BP1.P	0.250	1.025	579.21	59.971F	6.298p	1.192	3215.0
WB4BS1.S	0.250	1.025	579.12	59.971F	6.302s	1.192	3215.0
WB4BP2.P	0.250	1.025	561.70	59.968F	21.231p	1.130	3781.3
WB4BS2.S	0.250	1.025	561.70	59.968F	21.234s	1.130	3781.3
WB5P1.P	0.250	1.025	579.21	40.771F	6.298p	1.192	3215.0
WB5S1.S	0.250	1.025	579.12	40.771F	6.302s	1.192	3215.0
WB5P2.P	0.250	1.025	561.70	40.768F	21.231p	1.130	3781.3
WB5S2.S	0.250	1.025	561.70	40.768F	21.234s	1.130	3781.3
WB6P1.P	0.250	1.025	434.74	23.966F	6.298p	1.185	2411.3
WB6S1.S	0.250	1.025	434.66	23.966F	6.302s	1.185	2411.3
WB6P2.P	0.250	1.025	468.02	23.182F	21.231p	1.130	3151.1
WB6S2.S	0.250	1.025	468.02	23.182F	21.234s	1.130	3151.1
WB7P1.P	0.200	1.025	184.98	7.838F	7.213p	2.732	1674.9
WB7S1.S	0.200	1.025	184.98	7.838F	7.468s	2.732	1674.9
WB7P2.P	0.110	1.025	91.75	8.456F	21.134p	2.196	1036.3
WB7S2.S	0.250	1.025	261.34	8.815F	21.808s	2.707	1501.1
FOT.P	0.800	1.025	156.33	140.400F	6.659p	3.531	638.2
FWT.S	0.800	1.025	140.13	140.400F	7.363s	3.546	472.6
SEW.P	0.800	1.025	5.40	143.198F	1.050p	0.400	2.5
GYW.P	0.800	1.025	9.00	143.198F	3.850p	0.400	11.5



18-01-15 10:30:57 GUANGZHOU SALVAGE TOWING STABILITY ANALYSES
GHS 9.26C

STATUS, continued

Part	Load	SpGr	Weight (MT)	LCG	TCG	VCG	FSM
BILGE.P	0.800	1.025	5.40	143.198F	6.659p	0.400	2.5
LODE.P	0.800	1.025	3.60	143.198F	8.450p	0.400	0.7
SLUDGE.P	0.800	1.025	3.40	143.198F	9.800p	0.400	0.7
FOOT.P	0.800	1.025	5.40	143.198F	11.550p	0.400	2.5
LSC.S	0.800	1.025	32.24	148.004F	16.450p	1.454	11.5
RSC.S	0.800	1.025	25.23	148.004F	26.529s	1.551	5.9
HSC.S	0.800	1.025	21.28	11.631E	16.449s	1.776	8.6
HSC.P	0.800	1.025	32.98	12.892E	26.532p	1.822	8.9
Total Tanks			14,407.92	72.732E	0.137s	1.206	125368.8
Total Weight			34,686.92	81.351E	0.500	4.948	
HULL	1.025		34,613.56	81.492E	0.019s	2.036	-4.182
SL	1.025		0.00				
WL	1.025		0.00				
GHS	1.025		44.04	4.836E	0.080s	1.531	-4.182
GENSC	1.025		22.01	4.831E	0.003s	1.531	-4.182
FW	1.025		0.00				
Total Displacement			1.025	34,679.61	81.346E	0.019s	2.035

Righting Arms: 0.002F 0.018s

Distances in METERS: -----Moments in M.-MT.

HYDROSTATIC PROPERTIES
Trim: Aft 0.36/160.40, Heel: Stbd 0.02 deg., VCG = 4.968

LCF	Displacement	Buoyancy-Ctr.	Weight/	Moment/
Draft	Weight (MT)	LCB	VCG	GM
3.999	34,679.61	81.346E	2.035	90.71
81.161E	1197.40	535.32	61.824	

Distances in METERS: -----Specific Gravity = 1.025-----Moment in M.-MT.
Draft is from Base plane. Trim is per 160.40K. True Free Surface included.

图23. “黄船 030” 拖航稳性及总纵强度计算及校核

3 结语

“SE PANTHEA” 轮打捞工程是正力海洋工程有限公司独立完成的投入船机设备、人力资源最多、耗时最长、难度最大的一次国际工程，利用了多种打捞工艺，将传统多种打捞方法结合应用与实际工程案例中，本次工程中根据理论计算与模拟在实际操作中相对比，增加了技术人员对现场实际情况的应变能力，可为其他类似工程提供借鉴。

参考文献:

- [1] 弓永军, 张增猛, 徐志成等著. 打捞工程. 大连海事大学出版社, 2012 年.

作者简介:

郑智滨 (1989-), 男, 正力海洋工程有限公司技术部经理, “SE PANTHEA” 打捞工程技术总工, 学士。

杨宇 (1993-), 男, 正力海洋工程有限公司技术部技术员, 学士。

张昕 (1980-), 男, 正力海洋工程有限公司技术部技术员, 学士。