

内河危化品船舶应急救援船型的研发

孙 莉¹，王宏华²，姚侃²，葛鸣明²

(1. 江苏省船舶设计研究所有限公司, 江苏 镇江 212003; 2. 镇江市交通运输综合行政执法支队, 江苏 镇江 212003)

摘 要: 为了进一步提高江苏水上事故预防、预警、应急能力建设水平, 提高搜救工作效率和应急事故救援的成功率, 急需研发一艘多功能的内河危化品船舶应急救援船。以满足内河危化品船舶应急救援需求为目标, 以现行法规、法规为依据, 从功能研发、船型概述、设备配备和稳性校核等方面进行了重点分析和详述。

关键词: 内河危化品船舶; 应急救援船型; 主要研发功能; 船型布置; 稳性校核

0 引言

水上交通突发事件的多样性、复杂化给内河水面上应急救援提出新的挑战, 尤其是危化品船舶事故, 一直是内河水面上应急救援的难题。全省通过水路运输的危化品种类繁多, 单镇江辖区水路运输危化品就有 5 大类, 多达 29 个品种, 年均通过量 220 万吨, 其中比较常见的有航空煤油、汽油、柴油、硝酸、硫酸、液碱、盐酸、乙醇等。载运这些危化品的船舶一旦发生事故, 往往伴随火灾、爆炸和泄漏, 救援难度大, 如先期处置不当, 容易引发次生灾害, 造成人员伤亡和水域环境污染, 甚至引起群众恐慌, 产生极其恶劣的社会影响。

目前海事系统现有搜救艇的功能以搜救、消防、拖带为主, 不能适应日益复杂的水上应急救援新形势, 尤其是不能满足危化品船舶(主要为油船、液体化学品船)事故应急救援前期处置需要。

为了能在事故初期, 对船员进行及时救援, 对船舶的泄漏进行及时控制, 对船舶火灾前期进行有效的消防, 为专业消防救援赢得宝贵时间, 急需研发一艘内河危化品船舶应急救援船。本文以满足内河危化品船舶应急救援需求为目标, 以现行法规、法规为依据, 从功能研发、船型概述、设备配备和稳性校核等方面进行了分析和详述。

1 主要研发功能

为满足应急救援的需求, 新研发的内河危化品船舶应急救援船应具有多功能快速救援的能力。

(1) 对外消防功能

对于火灾初期的船舶, 根据船舶运载的化学产品类型, 选择合适的灭火剂, 在适当的距离处对火灾船舶进行消防。要求消防船的灭火设备配备及设备性能达到 1 类消防船的要求。

(2) 浮油围挡及回收

在确定泄漏源无失火或爆炸可能性的前提下, 在合适的范围施放围油栏, 对水面油污进行围聚以防止其扩散, 并利用回收设备对聚集的浮油进行回收。

(3) 拖带功能

对于搁浅且无泄漏的危化品船舶, 或卸载转驳后的危化品船舶进行短距离的拖带, 使其离开搁浅区域, 保持航道的畅通。

(4) 卸载转驳功能

对于搁浅、有泄漏, 且无失火或爆炸可能的船舶, 对其化学品进行转驳, 减少财产损失和对周围水域环境的污染。

(5) 应急救生功能

对于有火灾、爆炸可能性的危化品船舶, 应能对其船员进行及时的救助, 尽量减少人员伤亡。

(6) 数据采集及信息管理

对于易燃、易爆、有毒气体进行实时连续监测，对气体浓度、风速、风向、水流、GPS 定位数据等进行采集，视频监控，并将所有数据实时传输到岸上的指挥中心，为指挥中心的救援工作提供第一手数据，便于指挥中心采取高效、快速、合适的应急救援方案。

2 研发船型概述

2.1 用途及主要量度

内河危化品船舶应急救援船，在内河危险品运输船舶（含油船、液体化学品船）发生事故时，能对现场进行管理取证并进行应急救援，同时还具有拖带、对外消防、救助、卸载转驳液货、溢油处理、吊重、数据采集及现场指挥等功能。

该内河危化品船舶应急救援船主要量度如表 1 所示。

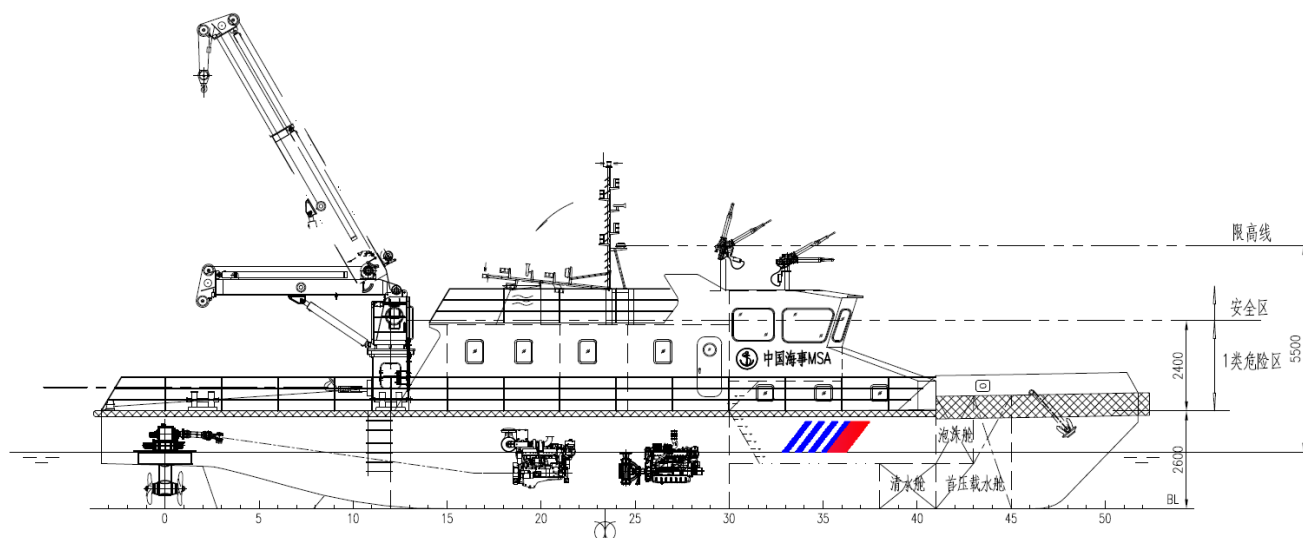
表 1 内河危化品船舶应急救援船主要量度

总长	27.575 m
最大船长	28.025 m
水线长	26.80 m
两柱间长	25.10 m
型宽	6.80 m
型深	2.60 m
设计吃水	1.50 m
主机功率	2×261 kW
航速	~23 km/h
系柱拖力	5.5 t
船员	4 人
航区	内河 B 级

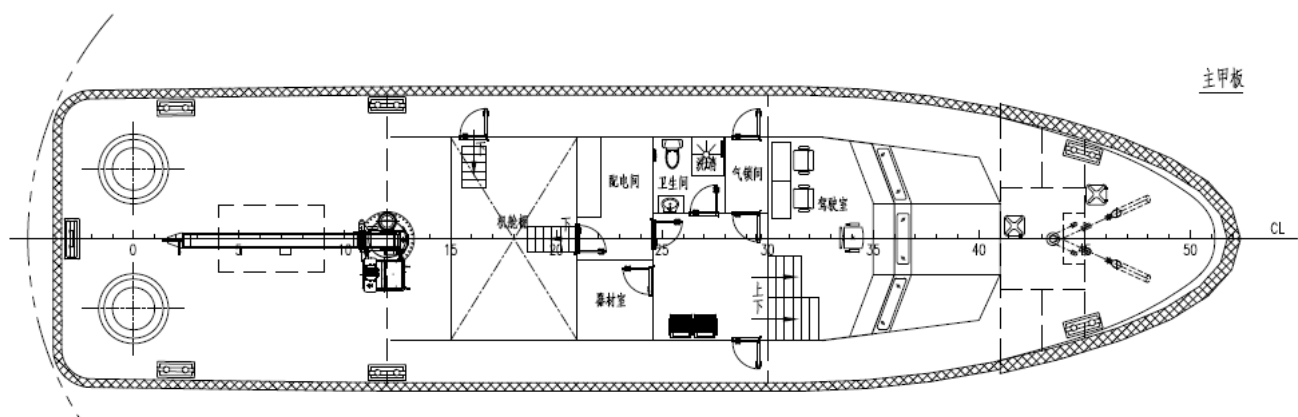
2.2 总体布置

主甲板以下的主船体从尾至首依次布置有舵桨舱（内设 2 套全回转舵桨及燃油舱）、机舱、休息室（下方设清水舱）、泡沫舱、压载舱、首尖舱等。主甲板尾部设 2 套舵桨吊盖，1 台 2t×8m 的液压回转吊，回转吊底座筒体上设 63KN 简易拖钩。主甲板中部为甲板室，从尾至首依次设置有机舱棚、配电间/器材室、卫生间、气锁间（带洗消功能）、驾驶室等。在进入危险区工作时，能够保证所有内部功能舱室具有正压通风功能，如要通达外界均需通过气锁间才能实现，保证安全。主甲板首部配备锚泊及系泊设备、舱口盖等。甲板室顶设置烟囱、进排气口、消防炮、可倒式桅杆、各种信号设备等。设计水线以上固定建筑物高度不超过 5.5m。所有进排气口均位于主甲板 2400 以上的安全区域。

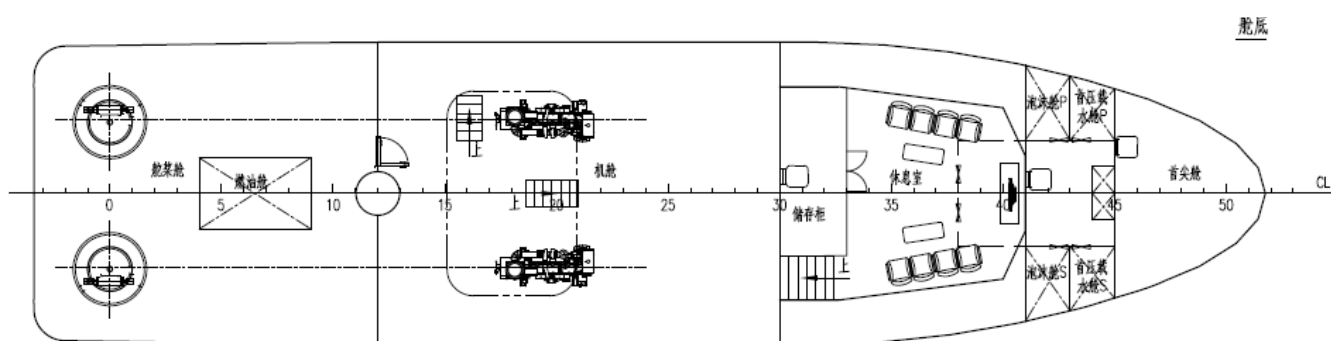
总布置详见图 1。



(a) 侧视图



(b) 主甲板布置图



(c) 舱底布置图

图 1 内河危化品船舶应急救援船总布置图

3 应急救援设备配备

3.1 消防设备

本船设置水消防和泡沫消防，基本配置如下：

(1) 机舱

- ①对外消防泵装置一套，其流量为 $400 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程为 130 m ；
- ②配备泡沫装置一套，泡沫液贮量： 4.5 m^3 （泡沫舱位于船艏）；

(2) 驾驶室顶棚

①消防主炮一门，其型号为 PSKDC80，流量为 $300 \text{ m}^3/\text{h}$ ，水射程（静风）： $>85 \text{ m}$ （泡沫 80m）；

②消防副炮二门，其型号为 PSKDC40，流量为 $150 \text{ m}^3/\text{h}$ ，水射程（静风）： $>65 \text{ m}$ （泡沫 55m）；

(3) 全船甲板室外围壁

设置水幕系统一套，保护船舶甲板室外围壁；

(4) 驾驶室

设置消防控制系统，可实施集控和遥控的对外消防作业。

3.2 卸载转驳设备

本船设置两种类型的移动式转运泵：

(1) 输送油类的移动式转运泵，参数如下：

流量： $50 \text{ m}^3/\text{h}$

扬程： 0.25 MPa

电机功率： 7.5 kW

此转运泵具有如下功能：①具有自吸能力，能移动吊装；②能输送易燃、易爆的油类；③能露天作业，防水，防爆。

(2) 输送化学品的移动式转运泵，参数如下：

流量： $50 \text{ m}^3/\text{h}$

扬程： 0.25 MPa

电机功率： 7.5 kW

此转运泵具有如下功能：①具有自吸能力，能移动吊装；②能输送易燃、易爆有腐蚀性的化学货品；③能露天作业，防水，防爆。

3.3 拖带设备

本船拖带设备配置如下：

①简易拖钩（安全工作负荷 63 kN ）；

②启闭式拖缆孔。

因拖带的是内河危化品船舶，本船还做了如下的设计和配备：

①干舷甲板下不设居住舱室，且所有处所具有正压的机械通风；

②进气口位于主甲板以上 2.4 m 的安全区域，以减少油蒸气的吸入；

③主、辅机的排烟管装设有效的火星熄灭器；

④消防泵的排量和压头满足各项消防设备同时工作的要求；

⑤所有甲板室外围壁设置分别可控的水幕设施；

⑥配电系统中设有连续监视系统，绝缘电阻异常降低时发出警报；

⑦甲板室外的电气设备为防爆电气设备；两舷外走道的照明采用防爆灯，控制开关安装在安全处所；

⑧邻近两舷外走道的所有舱室内的电气设备不采用插头插座连接；

⑨禁止采用可换熔体式熔断器。

3.4 起吊设备

设置 $20 \text{ kN} \times 8 \text{ m}$ 液压伸缩回转起重机。

吊重能力：吊重 2 t ，吊距 4.4 m ；吊重 1 t ，吊距 8 m 。

作业范围：吊装围油栏、撇油器、移动式转运泵、浮力式载人吊篮以及救助抢险器材等。

3.5 浮油回收设备

设置浮油回收设备如下:

- ①可携带围油栏;
- ②撇油器;
- ③可拖带收油囊。

3.6 救生设备

救生设备配置如下:

- ①救生衣 16 件;
- ②救生圈 6 只, 其中 2 只带自亮灯, 4 只带救生浮索;
- ③气动抛绳器 (抛绳距离不小于 80m) 2 套;
- ④水上荧光救生绳 (直径 8mm, 长 30m) 4 根;
- ⑤登乘绳梯 1 架;
- ⑥可折叠浮力式载人吊篮 1 件;
- ⑦铝合金可折叠救生担架 1 具。

3.7 人员保护设备

人员保护设备配置如下:

- ①自给式空气呼吸器 2 具 (并配备充满空气的额外备用空气瓶);
- ②防护服、长靴、手套和贴肉保护目镜 2 套;
- ③配有腰带的能承受所救援船舶所载货品影响的防火救生绳索 2 根;
- ④防爆灯 2 只;
- ⑤全脸式防毒面具 6 件;
- ⑥心肺复苏急救装置 1 套 (使用时间 1 小时);
- ⑦救援船舶所载货品的解毒剂;
- ⑧消除污染的消洗间 1 间;
- ⑨固定式气体检测系统, 并在驾驶室设置视觉和听觉报警;
- ⑩可携式有毒蒸气探测仪 1 套 (测试有毒气体浓度);
- ⑪可携式可燃蒸气探测仪 1 套 (测试可燃气体浓度)。

3.8 数据采集设备

数据采集设备配备如下:

- ①主船体首尾及甲板室顶篷中部设置固定式气体检测系统;
- ②配置风速风向仪;
- ③水样检测设备;
- ④测深仪;
- ⑤GPS 定位设备;
- ⑥视频监控;
- ⑦夜视仪。

所有采集数据可无线传输至指挥中心。

4 稳性校核

4.1 稳性要求

4.1.1 本船是一艘具有多功能的应急救援船其稳性首先应满足常规自航干货船的要求:

- (1) 自航干货船初稳性高度要求;
- (2) 自航干货船复原力臂曲线要求;

- (3) 自航干货船风压稳性衡准要求；
- (4) 自航船全速回航倾侧力矩衡准要求。

4.1.2 因本船具有多工能的作业能力，稳性校核还应满足如下要求：

- (1) 本船设有拖钩，具有拖带能力，应满足拖带作业时初稳性高度的稳性衡准要求；
- (2) 本船设有消防设备，具有对外消防能力，应满足消防船作业风压衡准要求；
- (3) 本船设有起重设备，应满足起重船作业工况下初稳性高度衡准要求；
- (4) 本船具有浮油回收功能，应满足浮油回收船初稳性高度衡准要求。

4.2 稳性作业核算

4.2.1 本船具有拖带作业功能，必须按法规校核拖带作业下的稳性。

设有拖钩或拖桩的拖船，其初稳性高度应符合下式：

$$GM_0 \geq \frac{M_t}{9.81K\Delta (D-d)/B} \quad \text{m}$$

式中： GM_0 为所核算装载情况下船舶未计自由液面修正的初稳性高度，m； M_t 为拖索急牵倾侧力矩，kN·m； D 为型深，m； d 为所核算装载情况下船舶的型吃水，m； B 为干舷甲板最大型宽，m； Δ 为所核算装载情况下船舶的排水量，t； K 为航区系数。

拖索急牵倾侧力矩 M_t 按下式计算：

$$M_t = 0.64T_b(Z_t - d) \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

式中： Z_t 为拖钩固着点或拖索导缆孔至基线的垂向高度，m； d 为所核算装载情况下船舶的型吃水，m； T_b 为系柱拖力，kN，应取理论设计值或实测值。

4.2.2 本船具有消防作业功能，必须按法规校核消防作业下稳性。

消防船的作业风压稳性衡准数 K_a ，应符合下式：

$$K_a = \frac{M_q}{M_f + M_a} \geq 1 \quad \text{或} \quad K_a = \frac{l_q}{l_f + l_a} \geq 1$$

式中： M_q 为计横摇影响的最小倾覆力矩，kN·m； M_f 为风压倾侧力矩，kN·m； M_a 为喷射倾侧力矩，kN·m； l_q 为计横摇影响的最小倾覆力臂，m； l_f 为风压倾侧力臂，m； l_a 为喷射倾侧力臂，m。

消防炮的喷射倾侧力矩 M_a 或力臂 l_a ，应分别按下式计算：

$$M_a = \sum F_i(Z_i - a_0 d) \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$l_a = \frac{1}{9.81\Delta} \sum F_i(Z_i - a_0 d) \quad \text{m}$$

式中： i 为消防炮的序号； F_i 为消防炮垂直于船舶纵中剖面喷射时的喷射反力，kN； Z_i 为消防炮处于最高水工作位置时炮口至基线的垂向高度，m； d 为所核算装载情况下船舶的型吃水，m； Δ 为所核算装载情况下船舶的排水量，t； a_0 为修正系数。

4.2.3 本船具有旋转起重作业功能，必须按法规校核起重作业下稳性。

旋转式起重船在作业状态下的稳性应符合下列要求：

$$GM_1 \geq \frac{M_f + M_x}{0.172\theta_r \Delta} \quad \text{m}$$

$$GM_1 \geq \frac{M_f}{0.515\Delta} \quad \text{m}$$

式中： GM_1 为所核算装载情况下的初稳性高度，并计及自由液面及悬吊重物对初稳性高度的影响，m； M_f 为风压倾侧力矩，kN·m； M_x 为吊臂伸出舷外倾侧力矩，kN·m； θ_r 为所核算装载情况下船舶的极限静倾角，(°)； Δ 为所核算装载情况下船舶的排水量，t。

旋转式起重船的作业状态应假定吊臂架横伸向伸出舷外处于最大横倾力矩时，此时吊钩位于最高位置，起吊荷重的重心高度假定位于吊钩悬挂点。

旋转式起重船当起重吊臂伸出舷外作业时，产生的最大倾侧力矩 M_x 按下式计算：

$$M_x = 12.75W_x b_x - 1.3M_i \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

式中： W_x 为吊臂架、吊钩和起吊荷重等重量的总和，t； b_x 为上述总重量的重心至船体中剖面的水平距离，m； M_i 为起重机械平衡部分的平衡力矩，kN·m。

4.2.4 本船具有浮油回收作业功能，必须按法规校核浮油回收作业下稳性。

船舶在作业状态下初稳性高度应符合下式：

$$GM_1 \geq \frac{M_f + M_s}{0.172\theta_r \Delta} \quad \text{m}$$

式中： GM_1 为所核算装载情况下经自由液面修正后的初稳性高度，m； M_f 为风压倾侧力矩，kN·m； M_s 为收油倾侧力矩，kN·m； θ_r 为所核算装载情况下船舶的极限静倾角，(°)； Δ 为所核算装载情况下船舶的排水量，t。

油回收设备单舷收油作业时的倾侧力矩 M_s ，应按下式计算：

$$M_s = 9.81W_s b_s \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

式中： W_s 为油回收设备内油水的总质量，t； b_s 为油回收设备内油水重心至船体纵中剖面的水平距离，m。

4.3 稳性校核结果

经校核，本船的航行稳性，拖带作业稳性，对外消防作业稳性，旋转吊重作业稳性以及浮油回收作业稳性均满足法规的相关要求。

5 结论

内河危化品船舶应急救援船具有对外消防、拖带、吊重、浮油回收、卸载转驳液货、快速救援、数据采集及现场指挥等多种功能，基本满足了内河危化品船舶的应急救援的需求。

本文主要从以下几个方面叙述了内河危化品船舶应急救援船的研发：

(1) 内河危化品船舶应急救援船功能的确定与研发。从满足内河危化品船舶应急救援的实际需求出发，确定了对外消防、浮油围挡及回收、拖带、卸载转驳、应急救援、数据采集及信息管理等功能。

(2) 船型概述。从船舶的用途、主要量度、总体布置的角度对研发船型进行了介绍。

(3) 应急救援设备的配备。为满足应急救援功能的需求和相关法规的要求，对应急救援设备进行了精心的选择和配备。

(4) 多功能作业稳性校核。本船稳性在满足常规自航干货船校核的同时，还需满足拖带、对外消防、起重作业、浮油回收作业工况的稳性校核。经过尺度优化和布置合理调整，本船的各项性能指标均满足法规要。

参考文献：

[1] 中华人民共和国海事局. 内河船舶法定检验技术规则（2019）[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.

[2] 中华人民共和国海事局. 内河散装运输危险化学品船舶法定检验技术规则(2018)[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.

作者简介:

孙莉(1977-), 女, 高级工程师, 从事船舶总体、性能、结构设计;

王宏华(1963-), 男, 高级工程师, 从事海事行政管理和船舶检验工作;

姚侃(1973-), 男, 工程师, 从事海事行政管理、船舶检验及审图设计工作;

葛鸣明(1979-), 男, 高级工程师, 从事海事行政管理和信息技术研究工作。



江苏船舶微信公众号, 欢迎关注, 欢迎投稿!