

海洋运输船舶设计学组 论文集



中国造船工程学会船舶设计学术委员会

一九八四年

目 录

1. 浅谈船型开发研究	卞燮昌	(1)
2. 供应船船型特点与设计中若干问题的探讨	龚文煌 陈思扬	(8)
3. 700 箱格栅式全集装箱船	张炳炎	(25)
4. 油船货油区合理布置	李树范 纪卓尚	(37)
5. 200 吨江海联运简易货船	王肇庚	(49)
6. 钱江浅吃水江海联运船船型研究	范根发 王云才	(53)
7. 艧机型 7000 吨远洋货轮	李 申 苏秀兰	(59)
8. 重视详细设计工作在设计和生产中的作用	苏士琦 李义臣 吕 成	(62)
9. 主机采用减速推进装置的经济效益初探	汪辅与	(70)
10. 不同装载状态下的航速换算	沈鼎安	(76)
11. 对船舶的实船航速试验及其分析方法的探讨	孙昌民 彭树恺	(90)
12. 船舶倾斜试验计算及横摇周期曲线图	赵晓非 王世连 苏仲儒	(99)
13. 纵倾船舶浮态计算的新方法——三参数迭代法 ...	王维宇 林洪波 何惠明	(108)
14. 纵倾船舶稳性的计算方法	王维宇 林洪波 何惠明	(125)
15. 随浪中船舶稳性衡准的探讨 (II)	胡 威 周耀宗	(142)
16. 海船稳性规范基本要求分析	高家镛	(148)
17. 散粮船不平舱谷物移动力矩计算法	沈同熹	(162)
18. 秦申线浅吃水肥大型煤船横剖面结构设计考虑 ..	陈名实 戴关根 江影影	(167)
19. 12300 吨集装箱多用途货船的结构设计特点	孟志扬	(174)
20. 大型自卸煤船的货舱结构设计	马广宗 刘健宜	(191)
21. 散货船结构设计分析及实用程序	王 丽 郭昌捷	(198)
22. 船体纵式结构舭部的稳定性分析	皇甫塔	(204)
23. 附连翼板有效程度分析	皇甫塔 古长江	(211)
24. DESIGN OF GENERAL CARGO TRANSPORTATION BETWEEN CHINA MAINLAND AND WESTERN EUROPE PAN HUEI-QUAN STIAN ERICSEN		

浅谈船型开发研究

卞燮昌

(上海船舶设计研究院)

提要 本文就国内外民用船舶概况、发展趋势、对船型开发的重要性、主攻方向及船型开发中研究的主要技术问题提出一些粗浅的看法,供船型开发研究时参考。

(一) 前言

发展水运事业和造船工业必须重视船型开发研究。我国有18000多公里海岸线,5000多个岛屿,内河有140000公里可以通航机动船舶;这为水运事业的发展提供了良好的自然条件。但目前水上货运量仅占总货运量的22%左右,没有充分发挥水运的优越条件;今后随着航运事业的日益发展和出口船舶的增长,必然对我国造船工业提出新的要求;虽然当前国际造船业仍处于萧条局百,航运界和造船界竞争十分激烈,但国内造船却逐渐兴旺发达。为此对船型开发予研提出了更高的要求。

在进行船型开发予研之前,首先要摸清国内外船型现状和发展趋势,找出我国船型开发在技术上的差距和当前问题,从而提出我们开发船型的主攻目标和发展方向,以便提供经济、适用、先进、优秀的船型为我国的造船工业和水运事业服务。

(二) 国内外民船概况

回顾在六十年代至七十年代期间国外商船发展较快,不但常规船舶增加很多,新船型也不断涌现。石油危机以后,商船发展滞缓,新船型虽有出现,但船型结构发生了变化;散货、液货运输占70%以上,其他干货运输占30%左右。船型的特点是:船令年青化、船速低速化、船队中小型化、船种标准系列化,重视节能技术和新船型的开发研究。

国外造船发达国家的船型开发工作远远走在我国前百。从水运发展的需要,货运方百,以集装箱船、滚装船、散货船和经济型多用途货船发展较多,散货船向着多用途、

自卸、浅吃水和超浅吃水方向发展。油船发展成品油船和原油与成品油兼用船型,以及化学品、LPG和LNG等专用船。客运方百,短途以发展客车渡船、快速高性能客船,长途以发展大型客船、客货船、旅游船等。由于航运的特殊性和国际上新的规范、公约的要求,大量船型发展从“增长性”转为“更新型”。因此重视对现有船型的更新换代,从经济节能为主要目标来开发研究船型,以适应我国建造出口船舶的需要。

解放以后我国造船工业有了较快的发展,船队增长很多,远洋船队是我国船令最年

青和船舶技术状况较好的一支船队，但还是旧船较多，技术经济指标不高，亟待更新。沿海江河船型除少数新造船外大部船令老化，船型落后，设备陈旧，数量不足、船种不齐，总的说来水平不高；无论从货运、油运、客运和交通等方面均不能满足水运事业日益增长的需要。

至于为航道整治、港口作业、海洋开发、航务工程和海上救助打捞服务的一些工程船舶，多年来自己虽建造了不少，又引进了技术上较先进的船型，但随着港口及海洋工程的发展，这些船型仍远远落后于实际需要。至于渔船更不能满足为介决人民生活中吃鱼问题，目前仅适应于沿海作业，缺乏远洋渔业船队，为此国内各类船型的需要急待我们去开发研究。

(三) 船型开发的重要性及主攻方向

船舶是“龙头”，发展航运事业，首先要建立一支经济、实用、先进的船队，这支先进的船队主要靠我们自己去研制；要研制这些船舶，首先依靠我们对船型进行研究开发；所以船型开发研究，必须走在造船生产前头，一般提前1~2年，新船型的开发则

更早些。船型开发工作的好坏直接影响到造船工业的发展，也就影响到航运事业的发展。

船型开发是造船科技工作的一个方面，船型开发必须为经济建设服务，为社会需要服务，所以搞好船型开发是保证造船工业适应四化建设的要求，为我国水运事业和国民经济有关部门提供经济、实用、技术先进的优秀船舶的一项重要研究工作。

目前我国在船型开发方面与国外先进造船国家相比还存在不少差距，首先在船舶吨位上偏小和吨位档次上偏少，其次船型种类不多，新船型较少。在船舶先进性方面表现在主要经济指标不高，节能措施不多，先进技术采用少，船员多，配套设备不齐。在船型资料 and 开发手段方面是缺少资料，数据不足，研究手段陈旧，因此开发周期长，水平不高。

造船工业是个综合性工业，造船工业发展了，可以推动其他相关工业的发展，如机械、电子、冶金、化工、轻工和仪表等主要工业，同时可以多争取船舶出口任务，为国家多创外汇。为了适应造船工业和水运事业发展的需要，必须重视和加强船型开发研究，争取早日把我国的造船工业列入世界先进行列。

船型开发的政策性很强，必须加强新技术的探索、研究、应用和推广，开展船型理论、设计理论和设计方法的研究，加速电子计算机在船型开发领域的应用，以自力更生为主，积极引进重点发展船型的新技术。

船型开发首先要满足我国航运、港口、航道、航务、渔业、海洋开发和救助打捞等有关部门生产发展的需要；其次要根据市场信息，符合出口船舶需求，所开发的船型应有良好的经济性、适用性和技术先进性。

当前应优先开发用于能源运输的新船型，尤其是运煤船，其次是开发为社会急需介决旅客运输的各种客船、海峡、岛屿渡船，为介决人民生活的渔船；并加强多用途船和集装箱船的开发研究；加速对海洋开发辅助船舶的研究；积极开展研究填补空白的新船型、标准船型和节能船型的研究。

船型开发中必须贯彻节能、节木和安全等技术政策，采用低油耗动力装置，推广烧

劣质燃油，加强新能源研究，提高船舶自动化水平。船型开发要与综合运输体系的研究相结合，提高船舶经济和综合经济效益。

船型开发必须了解国内外船型现况和发展趋势，经过市场预测分析，明确发展船型的次序和主攻方向。近期内应重点研究十万吨级以下的船舶。当前根据水运发展需要和市场情况按能源运输、客运、交通和其他各类船舶的先后次序，目标是更新老船型，补充新船型。同时要研究几种标准船型和几类系列船型。例如：浅吃水船系列、自卸船系列、多用途船系列、集装箱系列；灵便型标准散货船、沿海标准散货船、经济标准干货船等等。因此船型开发任务十分繁重，很需要专门建立船型开发队伍，加强协作，对重点新船型要组织联合攻关，这样可以加速船型开发研究工作，可以多出人才，多出成果。

这里就几种主要船型提些不成熟看法：

1、浅吃水肥大船

由于航道水深的限制，常规大吨位船舶无法航行，而且航道疏浚整治投资大，同时受自然条件影响，整治后航道仍然要淤塞，因此研究浅吃水肥大船既能适应航道水深条件，又能满足运输要求。在我国沿海不少航道、港口受水深限制，而货源充沛，运输的需要量大，尤其是煤炭和石油运输，为此浅吃水肥大船是一种十分适宜而又经济的船型，它很有发展前途。根据分析，浅吃水船的载重量比相同吃水的常规船增加约50%左右，单位运输量的功率消耗也相差50%左右，如果设计超浅吃水船舶，则经济性更高。这种船型中小港皆宜，尤其是江海联运，为此建议目前开发3000~5000吨级浅吃水肥大船型系列，以适应我国海运日益发展的需要。

这种船型主要研究解决提高快速性和推进性能；改善适航性与操纵性，研究结构型式与强度；考虑港口码头设置大跨度卸货机械，船厂考虑适应大宽度船舶的建造问题。

这种船型除适宜于散货船外也适用于油船、自卸船、干货船、集装箱船和海峡渡船等。

2、自卸散货船

自卸散货船是适合于专货短途运输，更适宜于专线运输；对发电厂冶炼厂的煤运、大工程的砂运尤为合适，它具有周转快、效率高、运输成本低等优点。我国煤源丰富，能运的量又多，所以发展一定数量的自卸煤船和自卸砂船很有必要，同样由于港口水深的限制，货源充足，结合浅吃水肥大船技术，研究浅吃水自卸货船，建议开发1500~3500吨级自卸散货船以适应大量煤运的需要。

这种船型主要研究解决自卸设备的选型适用可靠，货舱的结构型式和船体强度；研究应采取的破损措施和防噪声及除尘等技术问题。

3、多用途货船

多用途货船目前分两大类，一种以装散货为主兼装木材、钢铁、重货、长大件货、大型机械设备及集装箱等；另一种以装杂货为主兼装集装箱、桶装货、重货、机电化工设备、飞机坦克及其他危险品等。

这种船型近十年来发展较快又多，其最大特点是适应多货种，营运经济性好，很适宜于货种杂、多港口航行，往返均能揽货，所以很受世界航运界的欢迎。就国内航运而言，也是很重量的，一般可以解决返航放空问题，调度机动灵活，所以经济效益高。

由于这种船型要满足装运多种货物的技术要求，所以造价比一般货船要高。当前为了适应出口船需要宜开发10000~22000吨级间几挡船型，适应国内航运需要。

宜开发3000~10000吨级间几挡多用途货船。

4. 集装箱货船

纯集装箱货船国际上发展较早，适应于门到门的运输特点。国内刚开始研制。从减少货物的周转运输，减少货损，提高综合经济效益出发，这种船型是很有发展前途的。近年来我国为国外船东建造了一些集装箱船舶，积累了一定经验。

开发这种船型主要要考虑公路、铁路、码头、港口等整个运输体系组织的协调适应问题。从出口船舶和远洋船队着眼，近期应开发1700~2000箱几挡集装箱船，从国内运输出发，宜先开发500箱以下小型集装箱船为主。

5. 顶推运输船组

这种船组日本和欧美发展较早，从内河→沿海→近洋均有这种船组在航行；其优点是船员少、级别低、运营开支省、适宜于短航程，码头装卸条件差；要具备一装、一航、一卸即所谓“三驳轮顶”循环运输的条件，则发展海上顶推船组运输方式是有利的。

我国在内河尤其是长江已发展了分节驳运输方式，较为经济适用。沿海也发展了一些小吨位顶推船组运输，从实践证明经济效益较好。从地方海域运输的发展需要来看，开发顶推船组运输还是有它一定的生命力。例如：渤海湾地区、华南沿海地区，可以发展3000~20000吨级运煤、运砂船组，地方小港可开发2000吨级以下顶推船组。这些船组可以与短途自卸散货船比美。

开发这种船组主要研究驳船与推轮间连接装置的形式，波浪中连接装置受外力的研究，船组适航性的研究等。此外更重要的要进行采用顶推船组运输的一套营运管理体制的研究和改革，否则往往由于不合理的组织管理会阻碍这种船组运输方式的实现。

6. 液货运输船

液货运输船包括运输原油、成品油、LNG、LPG、化学品及其他石油制品等。国外大型原油运输船也不大发展，近期国内应开发10万吨级以下原油运输船。成品油的吨位国外有逐渐增大的趋势，目前已有超过8万吨级，29900吨级较热门，6万吨级及19900吨级原油兼成品油船发展较多，这些船舶也是我们重点开发的对象。国内运输应开发5000吨级及以下小型成品油船。由于国内航道水深影响，各种油船也可引用浅吃水肥大船技术，开发浅吃水肥大油船。

至于LPG、LNG和化学品船国内目前还未开发研制，虽然数量不多，但从运输需要出发是不可缺少的船种，我们必须加紧从船型、材料、强度、施工工艺和防腐、消防设施等各方百组织攻关研究，必要时可以引进技术，促使该类船型早日开发实现。

7. 旅客运输船

研究开发旅客运输船船型较多，按航行区域分有以下几种主要船型：

(1)国际航行船型：近期应先开发上海→香港→东南亚→日本客船。因为有的航线已通航，目前应用旧船或租船航行，应该加速自己研制。这类船舶设备要好些，舒适性要高些。

(2)华北航行船型：主要是渤海湾地区船型，其特点航程短、旅客密、标准低、客位要多，吃水不受限制，亟待介决客运紧张问题；另外老船也要更新换代。

(3)华东航行船型：主要是申甬、申温、申榕等航线的客船，这些航线旅客拥挤，现有客船客位不够，数量不多。另外考虑台湾回归祖国后旅客交通更繁忙，所以尽快研究

新船型以满足交通需要，这些船型往往客位要多，标准不高，吃水限制较严。

(4)华南航行船型：主要是穗海、穗亚、穗厦、穗湛等航线，现有客船不多，船型陈旧。另外考虑同香港通航的新生船型，也正等待研制。这些船型主要考虑抗风力要强，重视风浪中航行的性能；穗港航行的船型，舱室设备标准要高，适应港澳生活的要求。

(5)南北通用和专线船型：主要是申连、申青、申津、申台、申穗等航线，这些船舶都是属于Ⅰ类或少数Ⅱ类航区，因此其尺度要比上述三大海域航行的船舶大些，载货量多些，适航性好些，吃水不受限制。目前申连、申青航线客货船型，经济性不高，须待更新，申穗、申台、申津航线客货船型亟待开发。

(6)海峡、岛屿渡船：我国沿海岛屿众多，目前航行的客船不多，而且船型陈旧，客位太少，很不适应岛屿建设发展的需要，应抓紧开发研制新船型，这里提出三种可供研究探讨的船型：

A. 风浪不大，旅客较多的交通船可以发展双体客船。

B. 风浪不大，货物较多的渡船可以发展载少量客位的简易滚装车辆渡船。

C. 风浪较大，以客为主兼运货物的船型上可以发展滚装客货船。

(7)高性能客船：这类船型主要包括：水翼船、气垫船及小水线面半潜式双体船等。前二种船型我国早已开始研制，但民用上发展不多，技术上也要深入研究；至于半潜式小水线面双体船还刚开始研究。这些船型很适合于短途交通用，在今后有广阔的发展前途，我们应重视这些船型的开发研究。

(8)其他船型：如旅游船、载驳船、滚装船、调查船、远洋渔船、木材运输船、散装水泥船、打捞船、三用拖船、大马力救助船、大型浮船坞、各种新型挖泥船、多功能作业船等；随着水运事业、旅游事业、港口工程和海洋工程发展的需要，我们也应重视这些船型的开发研究。

(四) 船型开发中研究的主要技术问题

在各种船型开发研究中，需要探索、试验、研究解决不少技术问题，在各种不同船型中需要解决的技术问题，往往不少是共性的；一个技术问题研究解决了，几种类似船型都可以推广应用。下面粗浅地谈谈今后船型开发中应注意研究的一些技术问题。

1、船舶总体方面：

首先研究如何选择合理吨位和最佳航速问题，在确定航线、货种、流量、流向之后，通过经济分析论证，求出最合理的船舶吨位和最佳航速，以求得最高营运、经济效益。其次是动力装置及电站的选型和合理匹配。

目前存在的问题，往往是船舶吨位选择不合理，航速要求较高，动力装置功率储备较多，电站容量裕度较大，因此造成船舶在营运中经济性不高；这是在今后船型开发中应首先注意的重大技术问题。

对于分离上层建筑的模块设计和标准设计的研究，也要十分重视。同时还要重视水运方式的研究和整个运输体系的研究，注意综合经济效益；在研究确定先进水运方式的前提下，加强开展匹配新船型的研究。

最近我们参考了日本建造的160多艘油船和货船中，多数吨位从七十年代的10

~20万吨级降至八十年代的4~10万吨级。每船功率从20000~30000马力降至8420~18400马力。同样4万吨级船的功率从13100马力降至8420马力。

在主尺度方面, L/B 趋向减小, 而 B/T 趋于增大, 方形系数 C_B 也趋增大。新公约、规则的要求对船型的影响, 特别是救生、消防、安全性的要求影响较大。

上述一些趋势在船型开发中必须加以重视研究。

2、船舶性能方面:

在通过船模试验选择最优化线型基础上, 重视波浪阻力和压载性能的研究, 特别重视在能满载吃水条件下船舶最佳运动性能的研究。在过去往往重视船舶在满载状态下的各种运动性能的研究而忽视能满载工况下的船舶运动性能的研究, 这是欠妥的; 因为不少船舶是在轻载状态和在压载状态下航行的, 尤其是散货船、液货船, 往往50%航次在压载工况下航行, 所以不能忽视在这种状态下最佳航行性能的研究。

要重视操纵性研究, 特别是浅吃水船型和双尾鳍船型, 同时要重视浅吃水船性能和受限制航道航行船舶性能的研究。对推进器引起的激振力研究, 对首尾线型的研究, 尤其是双尾鳍和隧道式尾部线型的研究, 更要重视船舶在波浪中失速的分析研究。

3、船体结构方面:

要重视最佳船舶中剖面的设计研究, 首尾结构合理布置的研究, 为节省构件重量和提高构件利用率的研究, 异型钢材断面形状的最佳尺寸及推荐宽钢板应用的研究, 优质高强度钢和铝合金船体结构与上层建筑应用的研究设计, 弹性上层建筑与主体连接的研究, 优质高强度非金属材料用于造船结构和设备的研究, 船舶结构简化的研究, 海损事故对船体局部结构强度的研究, 特殊船型如LPG与LNG船结构强度的研究。

深入开展船舶强度与强度标准的研究, 甲板大开口扭转强度及双壳船体强度的研究, 船体振动和防噪声的研究。

4、船舶设备方面:

主要开展船壳及船仓高性能、长寿命、低毒性涂装系统的研究, 船舶仓室标准的研究, 操舵设备的研究, 开发应用先进推进装置如可调桨、导管桨、反转桨及其他推进装置的研究, 先进的装卸设备和散货自卸设备的研究, 封闭艇、筏及其先进起卸设备的研究, 先进防火设备、材料及结构装置的研究, 先进厨房与卫生设备的研制, 居住仓室单元组装设计的研究, 集装箱贮存系统和滚装工艺的研究, 风帆助推装置的研究。

5、动力机械方面:

开展对提高动力装置效率的综合研究, 包括废热回收和再热循环等课题的研究, 提高推进效率有效地降低燃料消耗和降低使用成本的研究, 对柴油机烧劣质油和混合燃料等先进系统装置的研究, 烧煤技术的研究, 机械控制系统的可靠性和操纵装置液压系统的研究, 实行低转速大直径桨减速传动装置的研究, 尾轴密封装置和标准机仓模块设计的研究, 提高机仓自动化设施的研究, 高效能甲板机械和特种船用机械设备的研制设计制造。

6、电气航行方面:

开展对先进导航仪表设备的研制, 轴带发电机装置的设计研究, 提高全船自动化设备的研究试制, 加强船上管理信息系统的研究, 重视船舶在海上航行安全性方面的研究。

同时在船型开发研究中必须重视全船各种节能技术的研究, 加强技术经济论证方法、船型开发规律、市场预测、船型型谱系列、船型机型的匹配和电子计算机应用技术等方面的研究。

(五) 结束语

当前我国已处在一个前所未有的为发展国民经济实现四化的新时期, 世界已处在“第三次浪潮”革命的洪流中, 我们船型开发研究工作与其他科技工作一样面临一个挑战的新局面, 我们必须迎头赶上, 积极开展船型开发研究工作, 及时提出经济、适用、先进、优秀的船型为造船工业和水运事业服务。

文中提出的船型开发的主攻方向和在船型开发中主要研究的技术问题比较原则粗略, 同时限于作者水平, 难免有不妥谬误之处, 望批评指正, 谢谢!

参考资料

- (1) “中船总公司民船船型发展规划背景资料汇编”《民用船舶发展专业规划组》1984. 1.
- (2) “节能船舶设计问题探讨”《中国造船工程学会四十周年年会论文集》, 卞燮昌、冯允修. 1983. 12.
- (3) “大吨位浅吃水船设计分析”《中国造船》1983年第3期. 卞燮昌、冯允修. 1983. 7.
- (4) “美国下一代货船研究开发课题”《上海船舶设计研究院专题情报资料之六》许良平. 1984. 3.
- (5) “集装箱船市场情况”《国际造船动态》第122期1984. 6.
- (6) “Energy carriers of the future”. MER. Jan. 1983.

供应船船型特点与设计 若干问题的探讨

龚文煌 陈思扬
(沪东造船厂)

提要 本文分析了供应船营运特点决定了它的船型特征, 并就影响供应船稳性的若干主要因素作了分析并提出计算方法。最后, 就总体设计中若干主要问题提出粗浅的看法。

(一) 前言

随着海上石油的开发, 近十多年来, 供应船有很大的发展, 供应船的任务由单纯的供应, 发展为供应, 起锚, 拖带三用供应船, 这种供应船是现在最常见的, 但它的任务还在发展, 有的供应船兼有消防, 救助, 海面油污回收, 海洋调查, 潜水支援电缆敷设和维修等用途。供应船的主尺度和主机马力也由于由浅海向深海发展, 因风浪增大, 航程加远而有逐渐加大的趋势⁽²⁾

(二) 供应船营运特点与船型

供应船有它的使用特点自然就有它特异的外型。下面就谈谈其营运特点, 以及这些特点是如何影响船型的。

1. 甲板货的装卸

供应船比起其它货船来说, 因船小干舷低, 如果把甲板货放在首部甲板, 难免被海浪冲走, 因此, 甲板货都放在后部甲板, 这一特点, 便产生了。

(1) 后部甲板宽畅, 无其它建筑物。

(2) 驾驶室, 船员生活舱室设在前半部。

(3) 无机仓棚, 机仓位于载货甲板下, 烟囱, 机仓通风口都由首楼后端向上伸展。

供应船有时借助首侧推、舵、和左右机来维持船与平台间的相对位置, 这就要求除前驾驶台外, 还设后驾驶台, 船长在后驾驶台操作, 保持后甲板在钻井平台起重机吊钩之下。或作移锚作业。

2. 供应船相对于船体尺度来说, 主机马力是很大的, 在拖带航行时要求发出全马

力，在运输货物自由航行时，不需要发出全马力，在平台附近海面听候呼唤时，往往是低速巡航，要用小马力。这样的使用特点就形成了：

(1) 尾部能容纳大直径的导流管，使能发出大的系柱拖力，因而尾部横剖面线型扁平，纵剖面直线上升。使水流能顺畅地流进导流管。

(2) 对主机马力需要时大时小，前进、后退操纵灵活因此供应船普遍采用可调桨。但这还不够，大马力的供应船，有时采用四台主机自由航行中只用2台。

(3) 自由航行时用轴带发电机，另有备用发电机，在主机需要发出全马力而不能用轴带发电机时用。

3. 设置边仓，力求碰撞进水后不沉。

供应船在撞破后能有幸存的能力，经研究表明：在机仓及水泥仓和尾部大的液货仓设置边仓是有效的，使供应船在一仓破损进水后不致沉没，因为供应船是在低航速下或航速等于零的情况下与平台相撞，是一种低能量的损伤，因此横向损伤范围取760毫米而不用0.2B的假定。

有鉴于此，新近设计，建造的供应船，在机仓，甚至尾部液货仓都设置边仓。

4. 供应船因尺度小，设备多所以不论机仓、住仓、通道，处处显得拥挤、窄小，给设计制造都带来困难。

(三) 影响供应船稳性的主要因素

碰撞沉没固然是供应船失事的主要因素，但遇到尾随浪下稳性不足而翻船者也不乏其例。供应船常在强风大浪恶劣的气象条件下出航，又是特殊船型的小船，因此稳性问题，也引起人们特别关注。

影响供应船稳性可分为：

1. 船型特征 供应船根据使用功能的要求，其船型特征是：长首楼，扁平尾这样船型的静稳性曲线计算不同于有连续上甲板的传统船型的计算。

供应船前半体与后半体的干舷相差很大，首部在横倾过程中大致可以维持浮力不变，但尾部干舷小，在横倾角度不大时，甲板浸水，进水体积远小于出水体积，如图一所示，因此将产生自由纵倾。

图二表示常规船型，和供应船在横倾过程中纵倾的变化^{[1][5]}。

图三表示在初纵倾为零（即平浮状态）时，固定纵倾与自由纵倾计算出来^[5]的静稳性曲线的差异，由图显然可以看出，在深排水量大倾角时，稳性曲线显著变坏，而排水量小时略有增大。因此供应船必须按自由纵倾计算静稳性曲线。

2. 纵倾变化 满载时，由于供应船尾部甲板干舷很小，产生尾倾后，水上储备浮力较平浮时显著减小，如图四(A)(B)所示，另外；尾部因干舷小，横倾后甲板边较早浸水尾半体扶正力臂损失较大，首部虽然因尾倾而干舷有所增大，但它本来干舷很大，增加这一点干舷对它作用不大，这就导致整个船扶正力臂减小，反之；因首倾而使尾部干舷增大，延缓尾部甲板边浸水，可以增加扶正力臂，而首部干舷减小影响不大，这就导致整个船扶正力臂增加。图五是“上海号”6000匹马力供应船在满载时静稳性曲线图，图中明显表明尾倾不仅使静稳性曲线下面积减小， G_{max} 也移向原点，首倾则相反。图六是该供应船许用重心高度随纵倾而变化的曲线。^[5]可以看出纵倾对稳性

的影响是极为显著的。

由于纵倾对供应船稳性有显著影响，故供应船稳性曲线必须计及纵倾的影响。值得提出：我厂建造的6000马力供应船，首倾500与尾倾500在满载排水量时许用重心高度竟达0.4米之差，文献⁽¹⁾中也说明类似的情况。

3. 尺度比 B/H , H/T 宽度与型深比 (B/H) 和型深与吃水比 (H/T) 是影响稳性曲线形状的主要因素。早期供应船 B/H 值大都在2.5附近，此值过大，往往很难满足 IMO 167对 $\theta_{\max} \geq 25^\circ$ 之要求，新近设计的供应船 B/H 大都保持在2.0附近。

H/T 值早期设计的供应船大都在1.15左右，此值过小不适合于像北海那样险峻海况下工作，也较难满足 IMO 167对 40° 与 30° 之间的静稳性曲线下面积之差大于0.03米弧度之要求，新近设计的供应船， H/T 大都在1.3左右。

增大干舷对不装甲板货时，稳性可以有显著改善，但供应船稳性最难满足的又是甲板上装有甲板货，干舷大了，甲板货重心升高，对稳性又极为不利。因此，应核权衡得失后来确定型深。

IMO对供应船尾部最小干舷要求不小于0.005L，一般都可以满足。

4. 船体布置 有了适宜的主尺度和尺度比，还必须有合理的总体布置，方能得到良好的稳性指标，首先，要有合理的油水仓布置，除满足舱容外，须有较大的纵倾调整能力，对供应船稳性较为紧张的情况下，要力求出港与到港时，都有合适的重心高度。

其次；布置上要注意进水角开口的位置，务必保证进水角开口在满载排水量时大于 40° ，否则要满足 IMO 关于进水角 θ_f 与 30° 之间的静稳性曲线下面积大于0.03米弧度的要求也是很困难的，一般通往机仓的开口，尽可能布置在首楼内部，或在首楼甲板上，如在露天主甲板上通往机仓，则须设置二道水密门。通常进水角开口算在烟囱上机仓通风口。

第三，载货甲板上的舷墙要有较大的排水口面积。保证在连续尾随浪情况下能迅速排水。1974年IMO海损事故报告中提到⁽¹⁾，一艘供应船以每小时12节航行于印度洋遇到9—10级风，在连续尾随浪冲击下翻没，5人丧生。

供应船甲板上装货与否，显著影响重心高度，甲板上不装货时，重心低，稳性富裕，耐波性欠佳，装甲板货时则与此相反。要缓和这个矛盾，宜多设边仓。深仓和加大双层底仓高度，不装甲板货时，油水仓尽量装在边仓，深仓内，而让部份双层底仓空着，装甲板货时，油水仓尽量装在双层底仓内。

5. 风浪影响 在海洋石油资源开发竞争十分激烈的形势下，要求钻井平台不失时机地打出油井，这就力求供应船不顾气候的影响，能够源源不断地为钻井平台补给必需品，于是狂风大浪就成为供应船稳性必须考虑的重要外界因素。

风浪对船舶稳性影响的理论研究还不十分完善，各国所制订的稳性标准，多少都带有假定性质。目前唯一得到国际间普遍承认并执行的是 IMO A 167 要求的稳性曲线下面积和曲线形状的标准，A 167 要求是在采纳了拉荷勒研究工作的基础上提出的。他收集并分析了大量失事的小船的稳性曲线后，发现这些失事的小船，在风浪中沉没有一共同的特点，即 GZ 值及其下的面积过小，他提出如下的稳性标准⁽⁷⁾： GZ 值在 20° 30° 40° 应不小于0.14m, 0.20m, 0.2m, $\theta_{\max}$ 值应不小于

35°, 消失角不小于60°, 对动稳性也提出要求, 计算到 $\theta_{\max}$ θ_f 或40° 三者中最小者, GZ 曲线下的面积应不小于0.08 M—rad.

必须指出的是: 拉荷勒统计的小船, 大都是渔船, 拖轮, 因此, A167 要求应用在供应船上并不完全适宜。

6. 甲板上装管子, 管子内积水; 对未加塞子的管子, IMO A469 中作了如下规定: 积水的数量假定为管子甲板货内部和周围净体积的某一百分数, 如果船中部干舷等于或小于0.015 L, 取30%, 等于或小于0.03 L 取10%, 中间插值求得。要计算管子内部和周围之间的体积, 是比较麻烦, 建议用下式计算

$$V = L \cdot B \cdot H - \frac{W}{7.85}$$

式中: L = 堆放管子甲板货的长度(米)
B = 堆放管子甲板货的宽度(米)
H = 管子甲板货平均堆放高度(米)
W = 管子甲板货的重量(吨)

挪威船级社对管子内积水作了如下的规定^[3]: 假定渗透到甲板货物中的水体积取为甲板货物所占空间体积的30%, 此空间体积的高度算到舷墙顶部, 在管子堵塞情况下, 百分比下降到5%。

实际上管子两端加塞或帽是很难实现的。

至于积水重心在甲板上的高度, 还没有统一的看法, 澳大利亚主管当局取 $\frac{H}{3}$, 其中 H 取图七所示, 但它的积水体积取 $\frac{1}{2} A \cdot L$ ^[4]

A = 阴影部份面积 L = 堆放甲板货长度

管子内积水重量, 可以作为满载甲板货出港以外的载重量计算, 即吃水允许超过设计吃水, 但如稳性不富裕, 也可以作为载重量的一部份来计算, 即吃水不超过设计吃水。我们是用后者办法计算。

7. 拖索横向急牵 拖索横向急牵所产生的倾侧力矩, 目前还没得到国际上公认的计算标准。我国及苏联的拖轮稳性标准, 一般都较熟悉, 此处介绍美国澳大利亚及挪威的稳性标准。

美国 A. B. S 规定拖轮的拖索横向急牵力矩: 如图八(A)

$$M = P \cdot L \cdot \cos\theta$$

$$P = F_1/2$$

F_1 = 系止拖力

$$L = H - KB$$

H = 在挡货栏杆上拖索导架距基线距离

KB = 浮心高度

则横倾力臂 H_a :

$$H_a = \frac{PL \cdot \cos\theta}{\Delta}$$

Δ = 所核算情况下的排水量, 在图八(B)中, GZ 曲线为该排水量下的静稳性曲线 GZ 曲线与 H_a 曲线交点为静倾角 θ_h , 自 θ_h 算起 40° 或到 θ_f (进水角) 为止 (如果 $\theta_f < 40^\circ + \theta_h$) 二曲线间的剩余面积应不小于 0.09 米弧度。

澳大利亚主管当局也规定^[4]拖索急牵力臂要叠加在 GZ 曲线图上, 如图九, 要求二曲线间的剩余静性曲线面积 (算至 40° 或 θ_f) 应不小于自 0° 至 40° (或 θ_f) 总面积的 40% 即:

$$\frac{A_1}{A_1 + A_2} \geq 0.4$$

挪威船级社对供应船拖载航行时也作了如下规定: 最大复原力臂 $CZ_{\max}$ 要比拖索拉力在最不利情况下所产生的横倾力臂大 50% , 如 $GZ_{\max}$ 出现在横倾角大于 30° 的情况下, 则要求 30° 处的复原力臂应大于上述横倾力臂的 50% , 但对拖索急牵横倾力矩如何计算未加规定。上海号 6000 HP 供应船是按 A. B. S 要求核算。

8. 起锚时绞车拉力偏心作用引起的横倾力矩 供应船在协助钻井平台起锚时, 起锚绞车的拉力偏心作用也是常有的, 因起锚绞车的拉力很大 ($150-250$ 吨), 因此偏心作用所产生的横倾力矩也不能忽视, 但目前还没有看到哪一个主管当局对此横倾力矩所产生的静倾角, 作何限制性规定。

“上海号” 6000 HP 供应船按资料^[4]计算, 在 $\Delta = 2086$ 吨时, 静倾角为 12.5° , 比拖索横向急牵时所产生的横倾角大, 这就不得不引起人们对起锚时产生横倾角大小的关注。“事在人为”, 船员在操作中可以避免过大的偏心作用, 办法是利用尾绞盘拉力把拖索拉近船中心线。

(四) 供应船的分舱和破舱稳性

前已提到: 供应船的海损事故记录表明: 供应船的最大安全威胁来自碰撞进水而沉没, 因此对于分舱及破舱稳性应比完整性更要引起人们的关心。

IMO 于 1981 年 11 月 19 日通过的 A 469 决议, 专门适用于供应船的稳性和破舱稳性。挪威船级社对此亦有明确要求, 二者的规定内容大致相同, 兹把主要内容转述如下:

1. 破损范围: 横向: 在夏季载重水线面处, 由舷侧向船中心量取 760mm 。

垂向: 自基线向上至载货甲板。

纵向: 在主横舱壁间范围内任一地方, 但横向边舱壁大于 760 宽且与纵壁相连者亦视为主横隔壁, 此主横隔壁假定不破损。其间隔须大于 1.5m 。

2. 破损稳性衡准:

A. 进水后, 计及下沉、纵横倾后, 在静水平衡条件下最终水线应低于任何能继续进水开口的下缘。

B. 非对称进水所产生的横倾角不应超过 15° 。

C. 进水后剩余静稳性力臂曲线在平衡点以外至少有 20° 的稳性力臂范围, 在此范围内最大静稳性力臂不得小于 0.1 米。

不对称破仓计算是很麻烦的，但供应船边仓体积较小，干舷低，破损进水后往往淹没整个进水仓，这就可使计算大大简化。

图十一为上海号6000HP供应船17#—34#边仓破损进水简图，在装载甲板货到港时，满足不破损情况下完整稳性的要求，已很勉强，破损后的三个破仓稳性指标都不能满足。（见图十二）

满载甲板货出港，100%燃油，100%淡水，重心较低，完整稳性富裕，但还不能全部满足破仓稳性的要求，特别是很难满足 $(GZ)_{max} > 0.1M$ 之要求，文献〔1〕中也有类似的例子和看法。看来，如果要执行IMO A 469的决议，破仓稳性将是设计中一大难点。势必要求边仓分割得小一点，这就要增加管路和阀箱，并给船员管理上增加麻烦。我厂造的上海号6000HP供应船边仓长9.6m—12.0m日本造的粤顺2号边仓长不超过6m。如果“上海”号在17#—34#边仓中间再设一道隔壁，仓长约5.4米，也可以符合IMO A 469要求。

（五）供应船设计中若干问题的探讨

以上就供应船的稳性包括破仓稳性作了探讨，下面再谈其它一些问题。

1. 推进方式 供应船几乎全是选用柴油机推进装置，但推进方式仍然有好几种；

（1）双机双轴：这是最常用的一种，通过减速齿轮箱后带动固定导管可调桨。

（2）四机双轴：两两并车，通过减速齿轮箱后，带动主轴。

供应船的机舱一般都位于载货甲板下面，没有机仓棚，主机的外型尺度不能很大，为此大马力的供应船可用四台主机。

现在所用的四机双轴，是同一型号相同马力的主机，也有人设想用二大二小马力的主机，这样马力使用范围更为广泛，经济性也更好，但多一种机型，维修管理也不方便。

（3）柴油机电力推进：柴油机电力推进在供应船上近来应用日益增多。

（4）Z型推进装置：全回转式Z型推进装置在供应船上也得到推广，大都用在单螺旋桨上，特别适用于小马力的单用途供应船上。

2. 机舱位置 供应船机舱与水泥仓相对位置，就目前所看到的资料有以下几种形式：

（1）机舱在船中后，水泥仓在船中前。

优点：轴系较短，水泥仓位于居住仓室下，对船员居住条件较好，振动，噪音较小隔热也较好。

缺点：主机排气管管路长，自尾向首。水泥输送管路则自首向尾，不但输送管路长，损耗多且在机舱入口处，管路拥挤，施工困难。此外；水泥管对称排列，如一只罐筒装重晶石（比重较水泥重），则产生横倾力矩。

（2）机舱在船中前，水泥仓在船中后，如图十七所示，这特别适用于电力推进装置或单轴推进。

优点：a) 主机排气管路，水泥输送管路都较短，能量损耗小且不相互重叠施工方便。

b) 水泥管路输出口位于船尾，便于输送到平台。

- 缺点： a) 水泥仓位于装货甲板下，高度受限制，容积较小。
 b) 部分机舱位于居住仓室下面，船员居住条件较差。
 c) 双螺旋桨船使用受到限制。
 d) 水泥罐对称排列，如一只罐筒装重晶石，则会产生横侧力矩。

(3) 机舱在中部，前后各有一个水泥仓。

优点：船中心线处有水泥罐，装重晶石时不致产生横倾。装水泥时，纵倾调整较方便。

缺点：水泥罐分设二处，管理上不方便，看来好处不大。

(4) 机舱与水泥仓混在一起，沿船中心线安放水泥罐。

优点： a) 水泥输送管沿船中心线敷设，直接自尾部伸出主甲板上，主机排气管自两侧敷设互不干扰。

b) 机舱与水泥仓合在一起，空间布置可充分利用。

c) 管理上也较方便。

d) 不会因装重晶石而产生横倾。

缺点： a) 在装卸水泥过程中，尚有水泥粉漏出，会影响机器的寿命。

b) 机舱布置受了破坏，不能一目了然看到机舱内设备运转情况。

3. 其它

(1) 线型设计：供应船线型设计重点不在于阻力，而在于耐波性和推进效率。首部线型要侧重耐波性，宜采用V型剖面，首柱前倾。尾部线型应保证水流充分流进导流管，而双螺旋桨船水流往往是沿纵剖面方向流到导管内，故纵剖面（特别是轴系中线处的纵剖面）宜流畅，在螺旋桨前面的纵剖面，近乎直线斜升。也可以考虑采用双尾线型。

(2) 螺旋桨与导管 近来国外螺旋桨设计采用以升力线理论为基础的电子计算机辅助计算。国内也开始研究应用。供应船几乎普遍采用“导流管+可调桨”组合体。

导管中心线，过去是与轴中心线重合，新近设计的导流管中心线相对于轴中心线来说前倾了某一角度，以期获得流畅的水流，如图二十所示从流线角度来说，最好与导管前面的水流流线相重合，但这实际上是很困难，因为前倾的角度取决于二个条件：

a) 由于前倾了某一角度之后，螺旋桨叶梢在导流管内的位置，沿周向是在改变的，以不超过导流管内园平直部分为限。该平直部分通常选用不锈钢材料。倘若叶梢超过该平直部分，不仅影响螺旋桨特性，同时导流管内部易引起空泡剥蚀。

b) 由于前倾了某一角度之后，导流管后端向上翘，螺旋桨按装时叶梢很可能与导流管内壁相碰，很难按装，因此；前倾角度不能过大。

(3) 主甲板形式 尾部载货甲板，几乎都是采用平甲板，无梁拱和舷弧。对单用途的供应船来说，主甲板自尾至首都是平直的，但对于有移锚，拖曳功能的供应船，常自载货甲板前端起向首逐渐升高，约3—4档肋距过渡，就是说主甲板分成二段，载货甲板一段较低，首楼区域一段升高，其间为斜升过渡，这样做的目的，是使首楼后端凹陷处（该处安装拖缆起锚机）易于迅速排水。

供应船一般尾部干舷较低，容易自尾部上浪，为减少甲板上浪，有的供应船，自载货甲板后端起向尾逐渐升高，以增加尾部干舷。如图二十一所示：

(六) 结 束 语

1. 就我国情况而言, 目前应对二种船型进行研究, 一种是单用途供应船, 马力约为 1500—2000 BHP 左右, 宜采用 Z 型推进, 单机, 水泥仓位于机仓后部。另一种是多用途 (以供应, 拖航, 移锚为主) 大马力供应船, 马力约为 8000—10000 BHP, 如采用电力推进, 水泥仓可位于机仓后部, 如采用双轴柴油机直接带动, 水泥仓和机仓合在一起。并应考虑动力定位, 潜水器开口, 直升飞机, 消防等功能。

2. 就载重量系数而言, 要考虑到多用途供应船, 设备多, 空船重, 载重量系数较早期建造的供应船小得多, 新近建造的供应船此值约在 0.47 上下。

3. 供应船停靠中小港口居多, 就我国而言, 设计吃水不宜超过 5.0 m 考虑到供应船稳性和耐波性相互矛盾的要求, 要选取合适的尺度比。在初步设计阶段型深与吃水之比可取 1.3 左右, 宽度与型深之比可取 2.0 左右。至于船长, 则在满足总布置的要求下, 不宜过长, 以免影响操纵灵活性。一般船长与宽度比约在 4.0 附近。

4. 供应船船型特点是: 首部有长首楼, 干舷高, 尾部为载货甲板, 干舷低, 这样船型特点, 使纵倾对稳性产生显著的影响, 计算时应计及纵倾对静水力曲线和稳性曲线的影响, 在稳性计算中应计及甲板管子内部积水的情况。

5. 供应船常因碰撞而失事, 设计时应考虑抗沉性的要求, 不仅机仓两侧要设置边仓, 就是水泥仓及首尾大的液体仓两侧也应设置边仓。

6. 供应船甲板上浪是严重的, 为迅速排除首楼后端凹陷处的甲板积水, 在该处主甲板斜升是可取的, 为减少甲板上浪, 自载货甲板后端向尾液筒逐渐升高以增高尾部干舷也是值得考虑。

7. 供应船甲板上装货与否, 对纵倾及稳性影响极大, 这就要求在油水仓布置时应考虑有较大的纵倾调整能力和双层底仓有适当比例的油水仓, 使满载出港和到港都能均衡地满足稳性要求。

8. 供应船线型设计, 在首部着重考虑耐波性要求, 宜采用“V”形剖面尾部则侧重推进上的要求, 保证有充分的水流流进导管内。