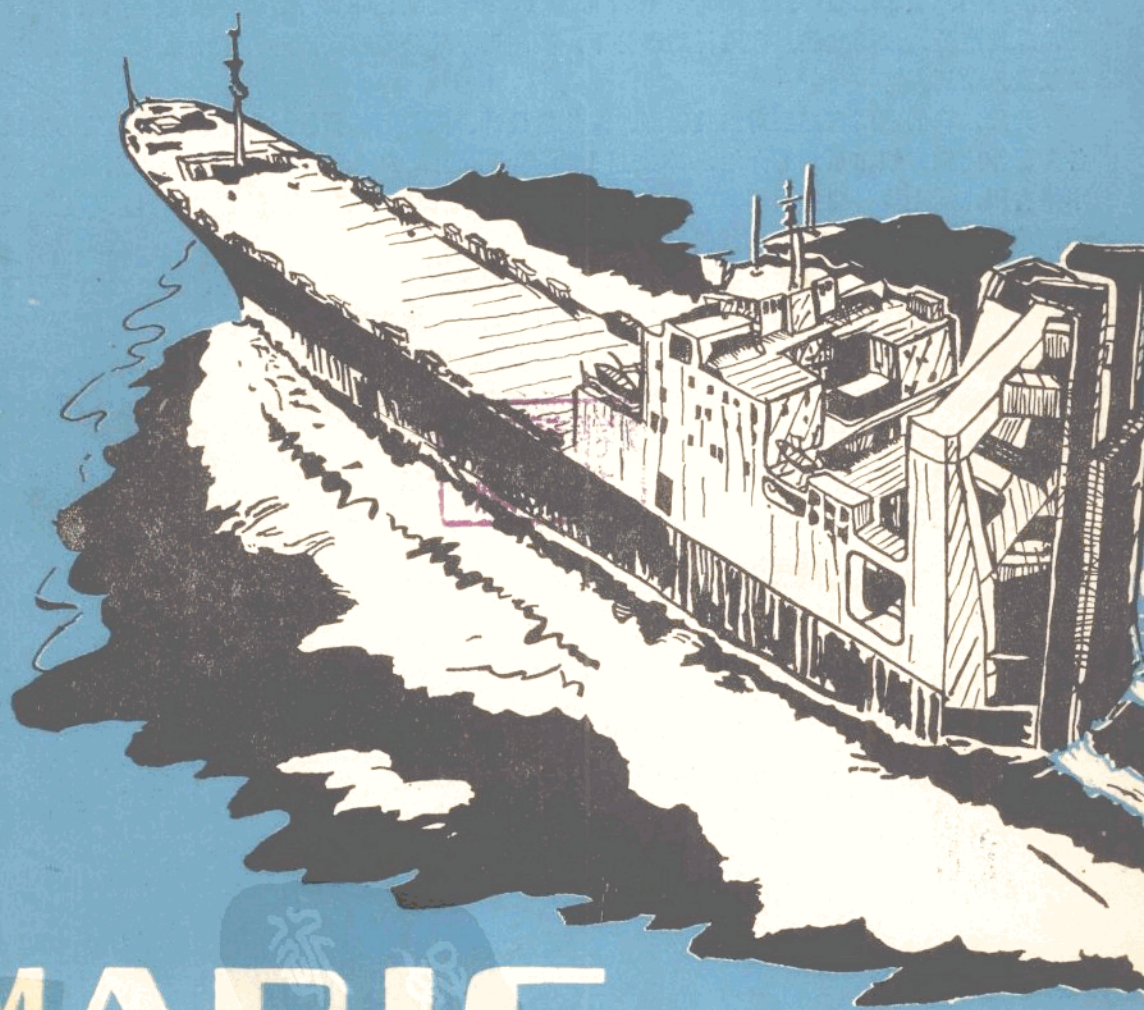


流 装 船

设 计



MARIC

中国船舶及海洋工程设计研究院

滚 装 船 设 计

编辑出版：中国船舶及海洋工程
设计研究院

印刷者：上海 4012 号 信

通讯地址：上海 3053 号 信

前 言

“滚装船”是六十年代后期发展起来的新船型。它一问世，就显示出很强的生命力，尤其是在促进和发展集装箱运输方面，它比全集装箱船更为适应第二世界及第三世界港口码头的现状，在装载上比全集装箱船更为灵活，在装卸速度上可与全集装箱船争高低。因此，尽管近年来世界总的造船量不断下降，而滚装船的订造量却在不断地增加，并且还派生了不少新船型——滚吊船、滚浮船、载车船等等。1976年、1977年和1978年连续三年召开了世界滚装会议，交流情况，总结经验，以期发展。在这样的形势下，我国远洋总公司也向国外订了十余艘滚装船，现正陆续投入营运。

为此，我们感到有必要对滚装船型、滚装船设计、滚装船的货物装卸系统、滚装船的发展等各方面作比较详细和系统的介绍，本文是1976年我所出版的“滚装船”一文的继续。由于笔者水平有限，加上资料搜集面不够广，（很可惜，因时间仓促，1979年后的许多资料来不及编入。）因而难免有错漏之处，谨请同行们批评指正。

本文第一章主要介绍滚装运输的概况、发展过程和滚装运输船的分类等。第二章集中讨论滚装船类的特点、主要尺度和系数的选取方法，以及对该船型有关的稳性、快速性、抗沉性、船体结构、动力装置和通风等方面应注意的问题与目前解决它们的方法。第三章主要介绍滚装设备、码头和货物装卸作业等，其中收集了较多实用的图表及一些叉车拖车的主要尺度、性能等。第四章对近年来建造的滚装运输船和其他使用滚装技术的船型作简要的介绍。

本文在编写过程中曾得到中国远洋总公司、上海船舶运输科学研究所、上海交通大学等单位及有关同志的帮助，特在此表示感谢。

宋德华 郭城琪

1980年4月

目 录

第一章	滚装运输与滚装船	(1)
第一节	概述	(1)
第二节	发展过程	(3)
第三节	滚装运输船的分类与经济性	(7)
第二章	主要技术性能	(12)
第一节	主要技术衡准参数	(12)
第二节	船型的特点	(12)
第三节	主要量度的选定	(13)
第四节	稳性、纵横倾平衡、适航性等	(21)
第五节	快速性与操纵性	(27)
第六节	抗沉性	(31)
第七节	船体结构	(33)
第八节	动力装置	(38)
第九节	通风和消防	(41)
第三章	滚装设备与货物装卸	(43)
第一节	滚装设备	(43)
第二节	货物装卸与码头设施	(66)
第四章	实船介绍	(81)
第一节	典型船型	(81)
第二节	混合船型与发展趋势	(100)

第一章 滚装运输与滚装船

第一节 概 述

从码头到船上的杂货装卸方式，过去多数是用车辆把货物从仓库送至停靠船舶的岸边，然后用船或岸上的起重机械把货物吊入或吊出 (lift-on, lift-off) 的方式进行装卸，货物在达到目的地前还得经过多次装卸及中转运输。若能把货物直接用车辆滚进或滚出 (Roll-on, Roll-off) 船内，则可加快装卸速度，能增大每次装卸的吨位，节省中转装卸、场地费用。故滚装运输是能节省码头装卸劳动力、加快运输速度、降低运输成本的运输方式。

滚装船是从登陆艇、车辆轮渡基础上发展起来的新船型。从广义上讲，它包括：集装箱拖车滚装运输船；集装箱滚装运输船；车辆运输船；客/货滚装运输船；火车、汽车轮渡等等。可以讲凡是各种能借助于轮子滚上滚下进行装卸的、而不需起重机械起吊装卸的船舶，都属滚装船的范围。

在近十年中滚装船获得引人注目的发展，据劳氏船级社的统计，至 77 年底世界上共有各种类型的滚装船 1843 艘 6,025,680 总吨。目前已有 40 多个国家拥有滚装船队及 500 多个能为滚装船服务的码头。

许多发展中的国家近年来采用滚装装卸的方式解决了港口积压并增大了港口的吞吐量，从而对滚装船的发展起了一定的促进作用。同时滚装技术的日益提高与完善，其营运经验的成熟也是促进滚装船队发展的一个重要原因，但这些都是由滚装运输所具有它独特的优点所决定：

(1) 可在港湾、或江河岸边进行装卸不同的货物，特别是能在没有装卸桥和重型门吊等起重设备的普通码头装卸集装箱等货物。而且新建滚装码头所需投资少，一般仅占建造全集装箱码头所需投资的 25%。

(2) 码头装卸效率高，占用码头岸边长度短，码头装卸费用少，装卸速度最高可达普通干货船的十倍，近年建造的滚装船，一般每小时能装卸 2,000 吨货（指 5,000 吨级左右的滚装运输船）。使用滚装船解决发展中国家港口拥挤、积压船舶，是非常有效的方法，第三代滚装船交船后，证明其装卸速度更快，采用“LUF”系统进行装卸，一次通过跳板的运量可达四百吨货物。

(3) 适应现代工业发展的需要，能载运特大件、特重件、重型建筑机械、整套钻井设备、巨型混凝土预测件、化工设备、透平发电机组、核反应堆、巨型变压器、重型自行吊车等货物。这些类型的货物对即使具有起重机械的码头来讲，其起重能力也无法胜任（一般码头上岸吊能力多数为 30 吨左右）。一定要另租用重型吊车或港口起重船才能解决。

(4) 能运送“半散装” (Semi-bulk) 非集装箱化的货物，这些货物有些是不能集装箱化的，有些是不必要集装箱化的；例如应用车辆或铲车运木材、林产品、大量羊毛、棉花、黄麻、钢材、金属锭等大批低值产品或半成品。这些货物在某些特定航线上运量是很大的，如英国在北大西洋贸易的干货中，此类货物所占的比例超过 50% 以上。

(5) 便于开展“门到门”的运输。

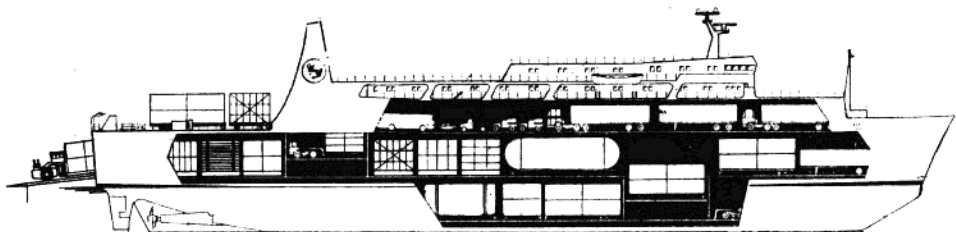


图 1 7,000 吨级滚装船运输各种货物示意图

由于滚装运输的特点,各种车辆在船、港之间的运输无须倒转,减少中转装卸环节,可不占码头上堆放场地,使整个运输过程合理化,便于开展“门到门”的运输,甚至海、陆、空联运。这里值得注意的是,在某些国家中整个运输过程中,中转、装卸、贮存费用所占的百分比甚至成倍大于长途海路运输费用。

(6) 便于为中小港口作二次运输、为大港口作集、散服务。

(7) 平战结合、机动灵活。

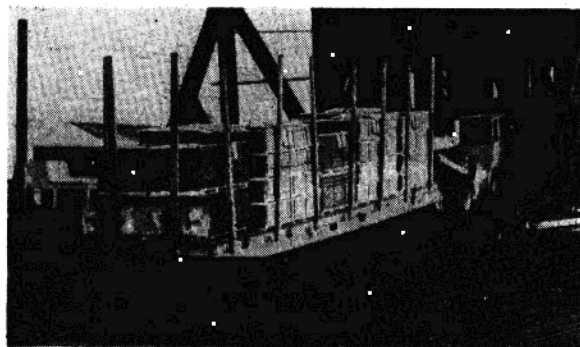


图 2 滚装船搬运散装货物

由于该船型对码头设备的依赖性较小,装卸设备可以带在船上,车辆可以自行上下,因此在战时可不经改造即可装载坦克、导弹等武器装备、机械化部队。在战时码头遭受破坏时、以及在灯火管制的情况下进行快速装卸。此外还能应用集装箱运送一些对温度特别敏感的电子仪器,还可作极地供应船等的多用途船型。

滚装船也有不足之处与存在的问题:

(1) 中小型滚装船,首尾仅能设置跳板,要求码头具有突台或浮码头、浮桥或吊桥等相应设备。

(2) 仓容利用率较低,尤其是在带轮运输的情况,其仓容利用率仅为 30~40%,但在露天甲板上堆放多层集装箱后,则有所改善,可达 70~80%。

(3) 载重量系数较低。因设备多,空船重量较重,为调整稳性常需固体或液体压载。

(4) 机舱容积小,近于半封闭式,工作条件差,主、辅机功率大,一般为无人机舱,要求设备自动化程度高、可靠性强。

(5) 造价相对比普通货船高。

(6) 还有一些其他问题与缺点,诸如,使用、制造滚装设备、甲板强度等都要求较高的技术

等等。

目前整个滚装运输还处在不断发展与改进提高之中。随着时间的推延,技术的改进,存在的问题将逐渐得到解决。

第二节 发展过程

第二次世界大战后,从英国的蒂尔伯里到汉堡之间用登陆艇开辟了定期航线。作为军事用途的登陆艇其主机功率大,船型的快速性、经济性都很差,但由于具有滚装运输的特点——货物装卸方便,使登陆艇能继续运用于商业航线上,甚至在60年代中,英国还使用两艘LSTs型登陆艇在地中海沿岸和三艘LSLs型登陆艇在远东作商业上的定期班轮服务。但使用登陆艇作滚装运输船终究是不理想的,无论在快速性、适航性、经济性、商业上的使用性等方面均存在缺点,所以要应用它作为定期航线上服务其主要原因是登陆艇能实现滚装运输。故在五十年代后期至六十年代美国、英国、意大利、瑞典等国陆续开始建造能适应滚装运输的试用船或渡轮,开始建造的船是滚装与吊装混合式的。首次有记载的滚装服务是美国建造载重量为6,500吨的“COMET”号滚装船(在1957年由美国太阳造船公司建造),它是滚装与吊装的混合船型,能装载300辆车,装载车辆的甲板面积为5,600米²,其满载最大的载重量为10,545吨,主机是功率为12,000马力的蒸汽轮机,服务航速为18节。首次航行是从美国大西洋的港口纽约、费城到东力、阿弗尔,不来梅和汉堡之间。1963年曾测定装卸时间,在诺福克港用4小时55分装载298辆车,其相当载重量为7,971吨,而在不来梅港仅用2小时23分便卸完了同量的货。第二次对装卸时间进行了更精确的测定,装载336辆车,相当7,772吨货,共用了5小时8分,所装卸的车辆主要是军车与军用辅助车辆,包括坦克,155mm口径榴弹炮、小汽车,21/2吨卡车,军用拖车和公路上用的油、水车。后来在诺福克港实行灯火管制的条件下用了3小时3分钟装载总重为6,761吨的各种设备共297辆车,这些货到不来梅港,又在灯火管制条件下化了1小时21分卸完。此外该船还便于装运各种特殊的货物,例如北极星导弹、深海潜水车辆、和应用集装箱运输一些对温度非常敏感的航空所用的电子设备,和进行海上补给,也可作为极地供应船。1965年前此类型船一直被北大西洋航运公司租用,主要运输食品、百杂货、汽车和美国27英尺军用拖车。1965年下半年,美国由于侵越战争的需要,三艘同类型船全部调至太平洋地区,从冲绳群岛至越南三个港口进行短程穿梭运输。显而易见,当时由于军事运输的需要,美国促进了滚装船的发展。

总结了“COMET”的经验,1967年4月美国又建成了“SEA LIFT”滚装船,其主尺度与主机功率均比“COMET”增大,总长度为177米,船宽为27.2米,吃水为9.5米,能装载车辆的甲板面积为9,210米²,主机轴功率为19,400马力,航速为20节,并增大甲板能承受的载荷,以达到允许载运更重型的军事设备。船尾有艀跳板,船舷有开口,能通过多种类型的军用车辆与货物。接着在1967年底太阳造船公司又建成“CALLAGHAN”船,其总长为211.4米,船宽为28米,吃水为8.22米,主机采用两台FT4A-2燃气轮机,正常功率为4万马力(最大功率为5万马力)航速达26节。该船是美国海军部长决定建造的,当时他们就决定增大该类型船的尺度与储备航速。该船还为军舰积累使用燃气轮机的运用经验,因采用燃气轮机,其货仓的容积增加9.3%,但燃油费用也增加很大。

欧洲大西洋集装箱航运公司(ACL)看到“COMET”号船采用滚装运输的优越性后,考虑在欧美航线上所使用传统的货船在码头上停泊装卸的时间长,一般占50%以上,考虑到能适应集

装箱运输经过几年时间的准备，化了一定投资改建了码头仓库和终端设备，吸取“COMET”号的经验，1967年瑞典、西德和法国分别建成四艘“ATLANTIC SAGA”型滚装船，载重量为

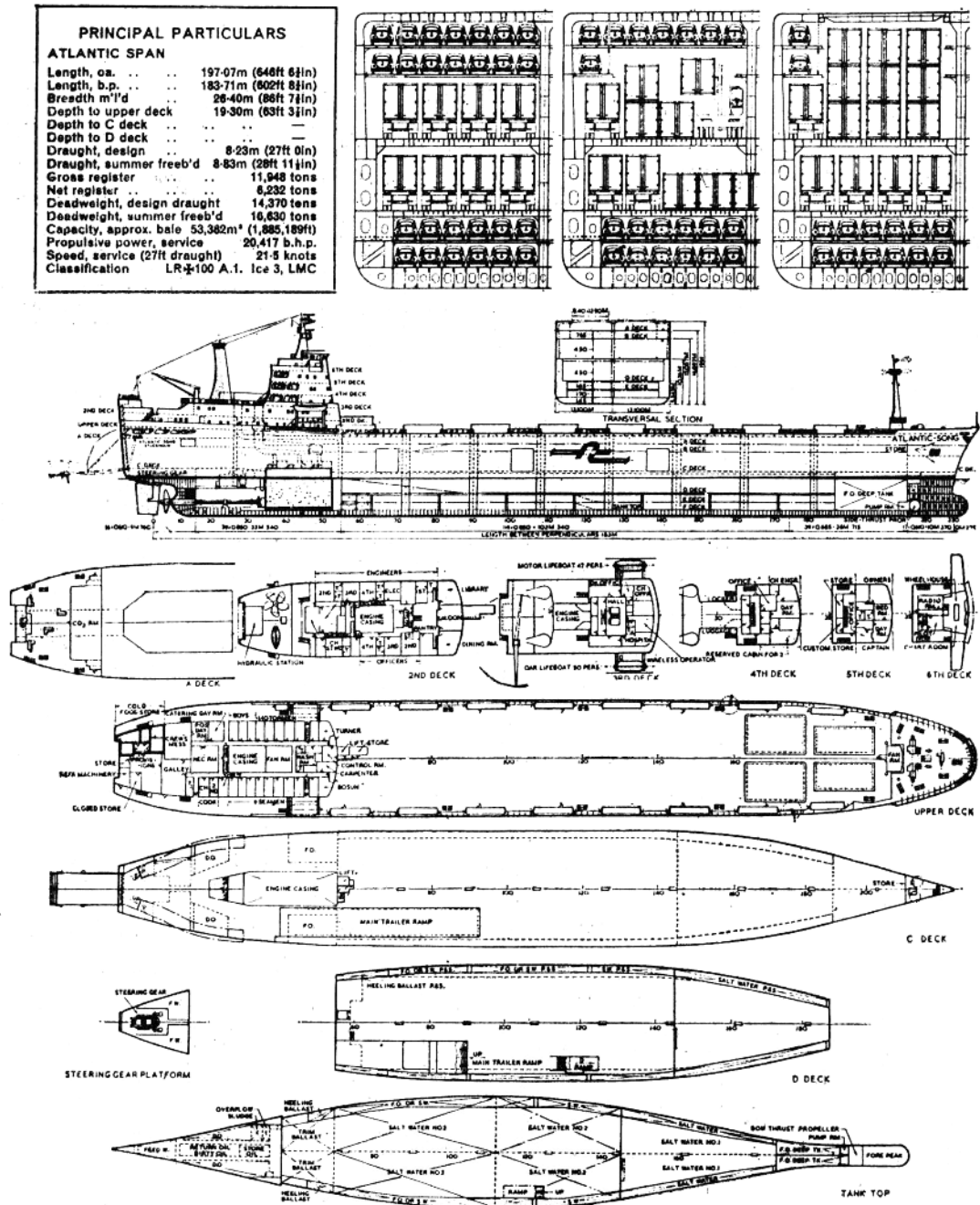


图 3 第一代滚装船

16,000 吨、艀部有直跳板、能装载 622 个 TEU*、航速为 20 节、船上没有传统起重设备。1969 年芬兰、英国、瑞典等国又建成六艘“ATLANTIC CAUEWAY”级滚装船，载重量为 18,511 吨，能装载 854 个 TEU*，航速为 24 节。此类型船后被称为第一代滚装船，交船后得到成功的营运。汽车甲板上能装载约 1,200 辆车，还能运输开式集装箱、冷冻集装箱。能快速运输公路车辆，开展门到门的运输。大西洋集装箱航运公司通过现代化的运输方法加强了在北大西洋运输的竞争能力，打破了近一个世纪传统的运输方式。

1971 年瑞典建成“PARALLA”号滚装船，该船有尾斜跳板、载重量为 20,000 吨级，能装载 1,200 个 TEU。它是为太平洋航运公司(PAD)服务的，船上设置长 36 米，宽为 7 米的艀斜跳板，成功地解决了船与码头的联系问题。能适应较大的潮差，能在世界许多大港口进行装卸，对码头可不需要专门特殊设备，也不需要作特殊的加固，跳板对码头面的压力为 2 吨/米²。可停靠普通货船的码头或岸边就能顺利进行装卸。该船型的成功运用，引起世界航运界的普遍注意，认为是滚装船发展的转折点。继“PARALLA”号之后，在其基础上设计并于 1972 年建成“BARRAN DUNA”号滚装船，载重量为 22,000 吨，能装载 1,400 个 TEU，它是五艘同型船的第一艘。该船型是典型的第二代滚装船船型，到目前为止还被认为是优秀的、经济性能好的船型，具有装卸速度快、能混合装卸各种货物、灵活机动、航运成本低等各种优点。

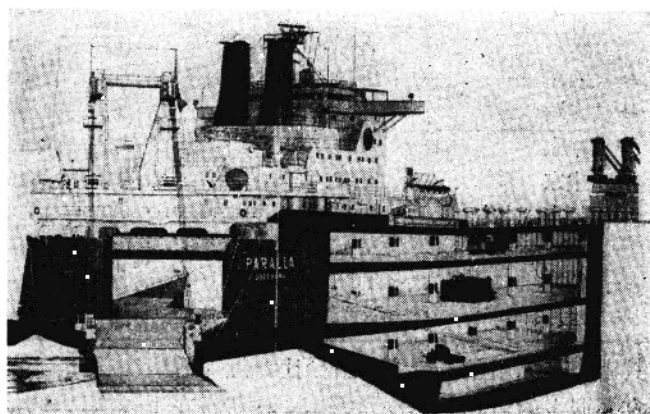


图 4 “PARLLA” 船的上、下通道



图 5 第三代滚装船

1979 年初建成的“TOURCOING”号船，其载重量为 31,650 吨，能装载 1,711 个 T.E.U.，有 50 米长的艀斜跳板，该跳板一次能通过的重量为 400 吨（至 79 年已向 MAC GRE GOR 和

* TEU 为 Twenty Equivelent Unit 的缩写，意为相当于 ISO 国际标准 20 英尺集装箱。

NAVIRE 两家世界性设备公司订造该跳板的船共有 40 余艘)。该类船被称为第三代滚装船。该船共有四层甲板, 其仓容为 60,736 米³, 另设冷藏货仓 2,180 米³, 货油仓 700 米³。从安全与强度角度出发, 决定在舷侧采用双层船壳, 船体中部及首部各甲板间水密仓壁上均设有无门槛的水密门。其第三层甲板亦保持水密, 各层坡道口设有水密盖, 船尾开口处设有水密门, 能保证破损任一仓后不沉。

表 1 远洋滚装运输船主要的航线与概况

航 线		航 运 公 司	艘数	集装箱的数量 TEU/艘	航速(节)
地中海	→ 北美洲东海岸	A.E.I	4	840	23.5
"	→ "	ITALJAN LINE	2	1080	23.5
欧洲	→ "	FINN LINE	3	440	20
"	→ "	A.C.L	11	850/1000	20/24
"	→ 五大湖	CARE LINE	3	280	17
"	→ 中近东	S.S.F	3	255	18.5
澳大利亚	→ 北美洲东海岸	P.A.D.LINE	3	1200	22.5
"	→ 日本	E.S.S	5	650/1450	21
"	→ "	AJCL	1	650	21
"	→ 东南亚	ANRO LINE	3	920	18
"	→ 欧洲	SCAN AUSTROL	5	1320	22.5
北美洲东海岸	→ 波多黎各	PRMSA	4	560/820	25
"	→ 中东	MTO/MTS	5	400/470	22.5/20
海湾	→ 中东	T.T.T	1	820	25
北美洲西海岸	→ 日本、中东	S.S.S	3	1350	19.7
"	→ 夏威夷	MAT SON	2	270	23
"	→ 阿拉斯加	TOTE	2	560	25
美国	→ 欧洲、中东	NEDLLOYD LINE	4	1328/1547	19.5

在滚装船队中, 其中小吨位船舶占较大的百分比。近海航线在欧洲的北海、波罗的海与地中海沿岸最为发达, 其定期服务的渡轮航线犹如蛛网一样密布在上述海域内, 据统计至少有 263 条之多, 其中包括海峡渡轮与客/货滚装船。远洋滚装运输主要的航线见表 1, 其中 ACL 航运公司拥有远洋滚装船最多, 其货运量历年来常占世界首位。而其拥有的“ATLANTIC SPAN”级第一代滚装船的船龄已达十多年以上尚未退役, 此情况在近代国际上大的航运公司中实为少有。

目前世界上拥有滚装运输船队最多的国家是日本, 到 1978 年 1 月共有 78 艘近 50 万总吨, 其中绝大部分为载车船, 有 70 艘近 45 万总吨, 还不包括它所拥有占世界首位的客/货滚装渡轮船队(因日本是岛国, 加上近年公路事故较多, 故特别提倡客/货滚装渡轮的运输)。英国的滚装运输船队占世界第二位, 共有 73 艘, 近 30 万总吨。但其近海滚装运输船队占世界首位, 有 54 艘, 15 万总吨。美国与瑞典的滚装运输船队各有 25 万总吨左右。法国与挪威各拥有 23 万总吨左右。苏联在 70 年代中向法、芬、波兰等国订造带有艏斜跳板的滚装运输船, 并在国内制造中小型滚装船, 2~3 年中就已成为拥有 13.2 万总吨的船队的国家。

从近年来海洋运输船舶订货情况来看, 滚装型船的比例在增长, 据外刊推断 80 年代滚装型船仍将有较大的发展。

第三节 滚装运输船的分类与经济性

1. 滚装运输船的分类

在 1976 年世界滚装会议上, 明确了滚装船狭义的概念, 把滚装运输船分为四类:

- (1) 近海滚装运输船(400 总吨~10,000 总吨);
- (2) 远洋滚装运输船(10,000 总吨以上);
- (3) 载车船(不包括载车、散货混合船);
- (4) 客/货滚装船(不包括客、车渡轮)。

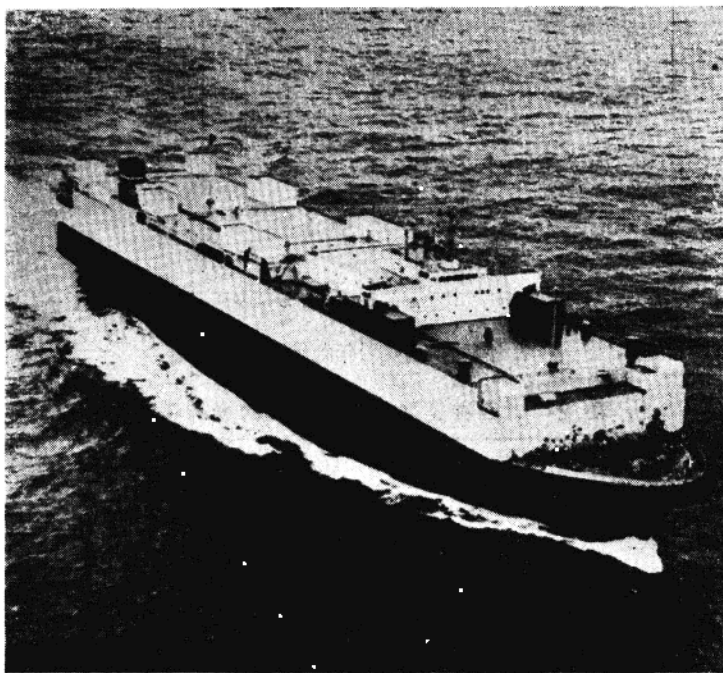


图 6 4450 车载车船

渡轮和小于 400 总吨的滚装型船, 就不列入滚装船的范围。

1975 年前, 上述四类型滚装船是稳步地增长, 至 1978 年 1 月共有 635 艘 3,054,959 总吨, 历年来这四种类型滚装运输船增长情况见图 7, 及表 2。由图及表可见近年滚装运输船的吨位是突增的。而且是逐渐向大型化发展, 滚装运输船的船龄一般较小, 其总平均船龄约为 5 年。

从外刊报道的情况看, 近年来, 这四类滚装船的发展速度在加快, 在日本, 1976 年接受的订造量为 23 艘, 仅为箱格式集装箱船(简称为全集装箱船)订造量的 14.7%, 而在 1977 年末接受的订造量增至 94 艘 112 万载重吨, 为全集装箱船订造量的 42.1% (见图 8)。据 1978 年 1 月不完全统计, 四类滚装船在世界上订货和正在施工的共有 227 艘, 占原有滚装船艘数的 35.8%。分析其发展原因, 除了上节所述的优点外, 还有其他因素: 例如目前国际航线上全集装箱船已处于饱和, 每一航次集装箱常常不能使船达到满载。而且这些全集装箱船仅能在有专门起重设备的码头停靠与装卸, 而发展中国家却很少有这种大型桥式门吊等专用的集装箱码头, 使港口往往出

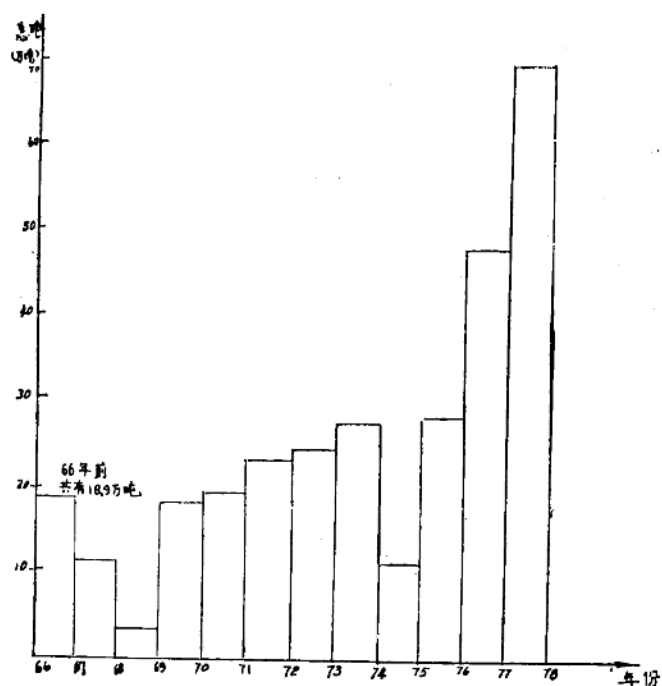


图 7 滚装运输船历年的建造增长情况

表 2 四种类型滚装运输船的增长情况

船 型	航 运 船 只		准 备 建 造	
	艘 数	总 吨	艘 数	总 吨
近海船	379	923,946	110	440,572
远洋船	70	1,035,193	49	741,584
载车船	141	957,766	47	391,399
客/货滚装船	45	138,034	4	8,230
总计				
1978年 1月	635	3,054,959		
1977年 1月	536	2,347,395	210	1,581,785
1976年 1月	444	1,861,787	139	897,623
1975年 1月	405	1,622,593	78	485,850
1973年 1月	338	1,290,622	61	451,296
1972年 1月	284	1,131,329	93	601,343
1971年 1月	210	739,857	153	702,252
1970年 1月	141	484,361	82	427,253

表 3 1978 年 1 月已交付使用的滚装船注册登记国家

国 家	近海滚装船		远洋滚装船		载 车 船		客货滚装船		总 计	
	艘数	总 吨	艘数	总 吨	艘数	总 吨	艘数	总 吨	艘数	总 吨
日 本	7	40616	1	10000	70	447189	—	—	78	497805
英 国	54	150711	8	112038	2	1769	9	27003	73	191521
美 国	4	10446	16	249551	—	—	—	—	20	259997
瑞 典	25	94988	7	88031	4	64600	3	8580	39	256199
法 国	40	77369	10	146753	8	6192	2	5650	60	235969
挪 威	19	32151	3	41635	18	159791	—	—	40	233577
意 大 利	23	56825	1	26400	6	14964	16	54441	46	152630
苏 联	23	76926	4	54983	—	—	—	—	27	131909
巴 拿 马	11	16582	—	—	12	113481	—	—	23	130063
利比里亚	3	11373	—	—	9	96441	1	1598	13	109412
芬 兰	15	53059	2	33928	—	—	3	18793	20	105780
其 它	155	302900	18	271869	12	33339	11	21969	196	630077
总 计	379	923946	70	1035193	141	937766	45	138034	635	3054939

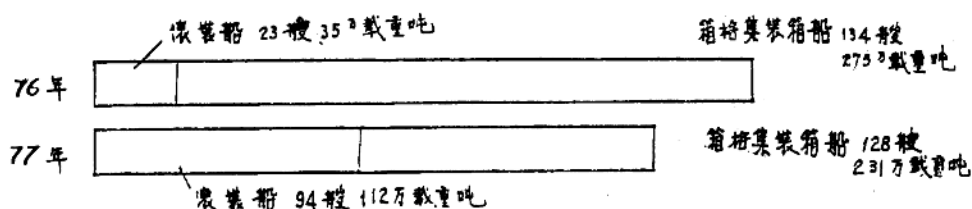


图 8 滚装船与箱格式集装箱船订造量比较

现积压，迫切需要增大港口的吞吐量。同时由于滚装运输的技术与使用经验的不断成熟，加速推广滚装船应用于商业上的步伐，改变了通常认为滚装船仅适用于渡轮或短距离近海运输的观点。

2. 经济性能比较

瑞典曾对他们所经营的远洋滚装船作了一些经济分析与比较：

(1) 在装卸速度方面的比较，把滚装船和箱格式集装箱船与吊装的普通货船在 24 小时中的装卸速度作比较表示在下表中：

表 4 装 卸 速 度 的 比 较

商 品 种 类	滚 装 船	普通货船	格栅式集装箱船
集 装 箱	2	1	2
混 合 单 件 货	5~10	1	—
货 盘	4	1	—
纸	3	1	—

注：与普通货船装卸速度指数为 1 相比较

由上可见滚装船的装卸速度比一般货船为高，特别装卸混合单件货时比一般货船高5~10倍，目前中、小型滚装船已能达到每小时装或卸2,000吨货。

(2) 运输成本的比较

集装箱船队(包括用普通货船作剩余货物运输)和远洋滚装船两者间，在每年运量相同的条件下比较运输费用，认为滚装船每吨货物的平均运费最少，在表5中可看出集装箱船每吨货物平均运费指数为106.6，为剩余服务的普通货船的指数为127.3，两者联合服务整个贸易指数为100。

表 5 每年相等货运量的集装箱船(包括用普通货船作剩余运输)与远洋滚装船运费比较

项 目	吊 装			滚 装
	箱格式集装箱船	为剩余运输服务的普通货船	箱格式集装箱船 + 普通货船	有艀斜跳板的滚装船
仓 容 %	73	27	100	100
价 格				
装 卸	9.1	25.2	13.5	5.7
终点费用包括：劳动力、设备等	24.2	15.7	21.9	18.7
港务部门	3.9	9.1	5.3	2.8
船的港口税领港和拖船等	2.6	2.6	2.6	2.1
集 装 箱	14.8	10	11.1	6.7
航行费用	11.3	24.2	14.8	14.1
船的折旧费	23.6	31.4	25.8	29.5
加 油 费	16.6	15.8	16.4	18.8
港 内	0.5	2.3	1.0	1.6
平均运费指数/吨	106.6	127.3	112.3	100

表 6 滚装船与吊装船在码头上装卸费用的比较

码头人员	价 格	吊 装 船		滚 装 船	
	项目/小时	人或设	价 格	人或设	价 格
	瑞典克朗	备数目	瑞典克朗	备数目	瑞典克朗
管 理 人	59	1	59	1	39
领 班	54	2	108	4	216
铲车司机	47	8	376	10	470
起重机司机	47	4	188	0	0
助 手	47	4	188	8	376
信 号 手	47	3	141	2	94
计 算 员	47	3	141	4	188
总 人 数		25		29	
转手附加费 66%			793		926
总劳动价值			1994		2329
侧向搬运车	343	8	2744	0	0
铲 车	172	0	0	10	1720
集装箱起重机	900	2	1800	0	0
设备总费用			4544		1720
每小时总费用			6538		4049
搬运每个集装箱费用			163.45		101.23

(3) 在码头上装卸费用的比较：在单纯搬运 40 个集装箱所需最少的人力物力来计算，比较滚装船与吊装船在码头上装卸的费用，劳动力与设备使用费用，瑞典某港 1975 年的价格为准（表 6）。由表 6 可见，在集装箱与部分非集装箱化货物的综合运输中滚装船的装卸速度与经济性已优于吊装集装箱船和普通货船，运输费用能降低 10% 以上，码头装卸费用能降低 60% 左右，这里尚未比较中转、场地等费用。

从以上比较看，滚装运输具有良好的经济性能，故滚装运输在一些国家中得到较广的应用，而且随着滚装运输技术的提高，推广开展门到门的运输，这样，经济性能将进一步提高。

第二章 主要技术性能

第一节 主要技术衡准参数

滚装船除了一般运输船所具有的参数(如总长、两柱间长、型宽、型深、吃水载重量、仓容、浮吨位、总吨位、主机功率、航速……)外,还有其独特的参数:

- (1) 装载 TEU 的数量。
- (2) 装载 20 英尺或 40 英尺拖车的数量,或能兼装载小汽车的数量。
- (3) 车道长度(应标注出相对应的宽度)。
- (4) 甲板面积(指能装载集装箱或拖车的甲板面积)。
- (5) 甲板、跳板、升降机等能承受的负荷,包括平均负荷,轴负荷,轮负荷等。
- (6) 仓内、甲板间及艉门等交通出入开口的净宽、净高等。

第二节 船型的特点

滚装船与普通货船不同,故设计的程序与考虑的因素也应有所区别,应首先了解滚装船型的特点,后针对其特点进行设计。滚装船型的主要特点如下:

(1) 建筑形式: 艏艉具有尖仓,机仓设于尾部,机仓上面为主要的交通要道,机仓近似于封闭式。在主甲板下两舷一般设双层船壳形成边仓,货仓为水平分隔,多数不设或尽量少设横隔壁,若设置横隔壁,则在隔壁板上装置无门槛的水密门,但要在隔壁甲板处满足破损一仓后不沉,是相当困难的。主甲板上、露天甲板之下,为纵通无横隔壁的甲板间仓,上下交通联系通过斜坡道或升降机,根据抗沉性的要求在开口处配置水密或非水密的盖板。在艏、艉部或两舷设有行驶车辆所需的开口及配置水密门及与码头联接的跳板,其上层建筑可设于尾部,也可设于船中前,由布置需要而定。

(2) 船体的主尺度决定方法与一般货船不同,型深与型宽是扣除双层底、骨架或梁材高度后是所运送货物的每单元尺度的整倍数,故尺度变化是不连续的,主尺度的比值与普通货船也有所不同。

(3) 货仓容积比相同载重量的干货船大。船型具有相对较高的型深,露天甲板上常装载多层集装箱,因此要满足稳性要求,而不加固体或液体压载是较为困难的。并要求在各种不同的装载情况下,能调整初稳性的高度,避免出现因初稳性过小而形成稳性不足,或过大而造成横摇过剧,因而增大对结构的动力负荷或破坏货物的固缚设置,造成货物的破损、横移而产生的危险事故。此外应设置大容量的横倾平衡泵,平衡因快速装卸而造成左右舷货物不平衡所产生的横倾力矩。

(4) 船型为平甲板型,通常无脊舷及梁拱。水上面积与水下面积之比约为 3 左右,以及靠离码头次数频繁,故要求具有较佳的操纵性,一般在艏部设置侧向推进器,也有在艏艉部都设侧向推进器。

(5) 设置(船与码头联接)跳板处主甲板的高度是根据所停靠码头边水位的潮差, 码头岸壁的高度与本船空、满载吃水来决定的。

(6) 所要求机仓自动化程度高、机仓与货仓的通风量大、大功率的侧推装置, 以及较多为满足滚装运输的专用设备, 故一般该船型的电站功率是较大的。

(7) 由于车辆进出, 烟油气量增多, 消防要求比一般船高, 需与通风配合, 慎重考虑。

(8) 船型的主尺度比值不佳, 要求航速高、吃水相对浅, 主机功率相对大, 货物的重心过份偏向舭后, 再加上为争取艉部主甲板的面积而形成扁平的船尾, 而其上又常设置重的艉跳板及其支架, 又有庞大的上层建筑, 及主甲板上及甲板间为适应滚装的特点, 不设横隔壁, 及不设或尽量少设支柱等因素, 对船体的性能、结构、和减少振动及其他问题带来不少的困难, 故必需对线型、推进、船体结构、以及统筹考虑船内外的交通流程、总布置等各方面的因素。

由上可见, 滚装船的设计与普通货船不同, 滚装船的主尺度是阶梯跳跃式的变化, 故在确定货运量、载重量、所装载集装箱或拖车的种类与尺度、车道长度、滚装工艺等后, 才能选择主尺度。而其选择主尺度时又具有直接选定的特点。与此同时决定建筑型式, 主要布置, 全面综合而定。

第三节 主要量度的选定

滚装船的设计首先从决定集装箱装载数和航速开始, 根据船主提供的主要营运航线, 停靠港口的装卸能力、装卸速度、码头装卸费用, 在码头上停靠时间, 港口到内陆的联运能力, 是否有门到门运输的要求, 其滚装工艺是带轮运输、还是铲车作业, 或者二者混合等。使用滚装船是否充分发挥滚装运输的优点, 在正常货运情况下的货运量, 以及所装载的集装箱的尺寸、箱数、车辆的尺寸与数量, 这些都是要研究的项目, 若有混合装载的情况, 则要决定其两者的比值。然后综合各种技术经济指标来决定配备船舶的艘数, 确定每艘船的装载数、载重量及服务航速。

1. 载重量和载重量系数

滚装船的载重量除了货物、集装箱、车辆、燃料、淡水、粮食等供应品外, 还应包括压载水的重量。ISO20 英尺标准集装箱最大的总重为 20 吨, 而常用的集装箱总重平均仅为 13~14 吨, 也有以 10 吨或 10 吨以下的, 某些船在露天甲板上所堆放的集装箱以平均每箱为 6 吨计算, 目前尚无统一规定。需根据货源而定。压载水量是根据船舶的稳性情况而定。

滚装船的载重量系数主要取决于航速、仓容、建筑设计型式与露天甲板装载集装箱的层数等。对一般常规船型的滚装船其载重量系数可按下式计算。

$$\eta_{DW} = 0.81 - 0.25 \frac{V}{\sqrt{L}}$$

此公式计算所得的载重量系数略低于吊装集装箱船。此外仓容对载重量系数影响也较大, 而与仓容直接有关的参数为 $L \times B \times H$, 若考虑仓容对载重量系数的影响则可采用下式计算:

$$\begin{aligned} \eta_{DW} = & -2.51 + 6.92 \frac{V}{\sqrt{L}} + 0.87 \times 10^{-8} (L \times B \times H) - 3.97 \left(\frac{V}{\sqrt{L}} \right)^2 \\ & + 0.13 \times 10^{-5} \left(\frac{V}{\sqrt{L}} \right) (L \times B \times H) - 0.11 \times 10^{-10} (L \times B \times H)^2 \end{aligned}$$