



钢筋混凝土造船学

〔苏联〕И·Н·西维尔采夫 著

朱元康 译 陈义章 沈 磋 校

中国工业出版社

钢筋混凝土造船学

[苏联] И. Н. 西维尔采夫 著

朱元康 译 陈义章 沈 磋 校

И. Н. Сиверцев
ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЕ СУДОСТРОЕНИЕ
Издание Третье, Переработанное и Дополненное
Издательство «Речной Транспорт» Москва—1959

* * *

钢筋混凝土造船学

朱元康 译
陈义章 沈 礎 校

建筑材料工业部图书编辑部編輯(北京西郊阜外大街)
中国工业出版社出版(北京左斜街路丙10号)
北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张9·字数176,000
1966年5月北京第一版·1966年5月北京第一次印刷
印数001—860·定价(科五)1.20元

*
統一书号: 15165·4440(建材-10)

本书着重叙述钢筋混凝土船体结构和钢筋混凝土混合船体结构，分析了用钢筋混凝土造船的技术经济指标，并扼要地介绍了钢筋混凝土船体结构的强度计算方法。另外，也叙述了钢筋混凝土造船的历史概况，并简略地介绍了建造钢筋混凝土船的工艺特点。

本书是1939年版同名专著的修订第三版。它原为苏联内河船运部高等学校《船体结构》课程教材。为了使其切合教材，作者曾大大地压缩了篇幅，删去了钢筋混凝土造船工艺的全部章节。在第五章中，仅以少量篇幅，叙述了钢筋混凝土船体结构的强度计算方法，没有提出某些新的在钢筋混凝土造船方面尚未得到推广的强度计算方法（鲍列尚斯基的主应力计算方法、穆拉谢夫的刚性和强度计算方法），也没有提出预应力钢筋混凝土的强度计算方法，因为在钢筋混凝土造船业中，除了某些试验性的船舶外，预应力钢筋混凝土尚未采用。

本书前两版是由已故的В.Л.波兹久宁(Поздюнин)院士主编。

本书由朱元康译出，前三章由陈义章校订，后两章由沈磁校订，并承刘永汉审阅。它可供硅酸盐工业、造船工业技术人员及高等院校有关专业师生参考。

目 录

第一章 钢筋混凝土造船的历史概况钢筋混凝土造船的 工艺特点	1
§ 1 国外钢筋混凝土造船情况	1
§ 2 苏联钢筋混凝土造船情况	28
§ 3 造船混凝土	44
§ 4 钢筋混凝土船的建造	51
第二章 钢筋混凝土船的船体结构	70
§ 1 钢筋的作用	70
§ 2 钢筋和混凝土一致变形的保证	73
§ 3 按受力性质决定钢筋的位置、方向和长度	79
§ 4 钢筋混凝土船体构件断面的设计	85
§ 5 钢箍	89
§ 6 船体板材的结构	94
§ 7 钢筋混凝土船体结构交叉部分的配筋	104
§ 8 船体结构及其一般组合和实例	111
§ 9 船舶机械和设备在钢筋混凝土船体上的固定	120
§ 10 钢筋混凝土船体上的固定实例	128
§ 11 钢筋混凝土船装配式施工时的分段	154
§ 12 分段构件之间连接缝的结构	157
§ 13 预应力钢筋混凝土船体结构	172
第三章 钢筋混凝土船体混合结构	177
§ 1 钢筋混凝土-木材混合结构	177
§ 2 钢筋混凝土-钢材混合结构	186
§ 3 用钢筋混凝土修理钢船	190
第四章 钢筋混凝土造船的技术经济性能	202
§ 1 钢筋混凝土船与钢船的比较以及采用钢筋混凝土造船的 范围	202

IV

§ 2	钢筋混凝土船体重量的技术经济指标分析	203
§ 3	造船工业上采用钢筋混凝土对钢材的节约	217
§ 4	降低钢筋混凝土船的成本	221
§ 5	用钢筋混凝土修理钢船	223
第五章	钢筋混凝土船体结构的强度计算	226
§ 1	概論	226
§ 2	承受正应力的计算	233
§ 3	承受主应力的计算	253
§ 4	抗裂性计算	258
§ 5	用钢筋混凝土加强钢船的强度计算特点	262
参考文献		279

第一章

钢筋混凝土造船的历史概况

钢筋混凝土造船的工艺特点

§1 国外钢筋混凝土造船情况

钢筋混凝土在造船工业上应用的历史比其他技术部門都早。1850年在法国建成的一艘“凌波”号小艇，是最早的一项钢筋混凝土工程，也是第一艘钢筋混凝土船（图1）。

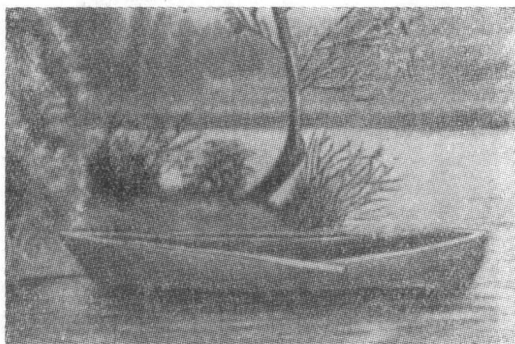


图1 “凌波”号小艇

“凌波”号小艇建成后过了四十年，才正式开始采用钢筋混凝土作为造船材料。第一次世界大战前，钢筋混凝土造船工作是带有試驗性的。所造的船舶大都是一些尺度不大的方舟，駁船和渡輪等。其中偶而也有少量自航船，最大的为在汉堡建的250吨摩托艇。有关某些船只的长期使用情况，现在还有資料可查。

大規模发展钢筋混凝土造船事业起于1914~1918年战争。在船舶总吨位不足，以及鋼材和熟练工人极感缺乏的情况下，建造钢筋混凝土船是一条出路。

因此，鋼筋混凝土造船公司紛紛開設，鋼筋混凝土造船企业大大兴建。仅在英国，这一时期就有二十多家鋼筋混凝土船的造船厂。

于是各国根据本国需要建造了许多型式和尺度的鋼筋混凝土船，如方舟、灯塔船、船塢、自航和非自航的海船和內河船。法国、德国、奥地利和荷兰建造內河船舶；英国、挪威、瑞典和丹麦建造尺寸不大的近海船；美国則建造大型海輪。

1917~1921年期间，仅鋼筋混凝土海船一种就建造了数百艘，尽管其中有不少船造得不好，但也有建造成功的。

德国和奥地利曾建造相当多的內河駁船。其中最大的一艘是在多脑河上运输谷物的駁船。該船长58米、寬8米、型深2.5米、載重量674吨、壳板厚度4厘米、甲板厚3.5厘米。

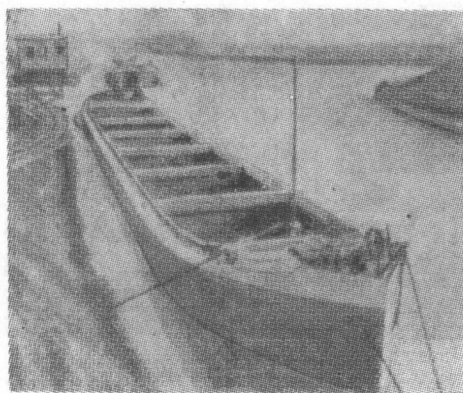


图 2 載重量525吨的駁船

图 2 所示为莱茵河上使用的一艘船。該船长54.3米、寬7.74米、型深2.15米、載重量525吨。

1921年在德国米琴斯克鋼筋混凝土造船所建成的一艘駁船，是这个阶段鋼筋混凝土船中最大的一艘。該船长65.65米、上部寬度8.7米、下部寬度8.48米、型深2.25米，当吃水为2.2米时載重量約825吨，当吃水为1.75米时載重量为600吨。

1921年建成的一艘內河駁船：長38.5米、最大寬度5.1米、型深1.95米，最大吃水1.80米，空船吃水0.5米，載重量約220噸，自重72噸，外板厚度只有2.5厘米。

1920年還曾造成一艘載重600噸的大型內河駁船，供奧得河上運輸白堊用。該船長60.75米、寬8.25米、型深2.7米，滿載吃水2.1米。

法國曾建造45米和70米長的駁船。在1917~1921年期間總計建造了近一百艘，其中1917年投入營運的近二十艘。但這些船都造得不好。

首次建造的海船中有一艘駁船：長46米、寬8.35米、型深3.8米、吃水3米、載重量650噸。

根據英國的訂貨，在漢堡還大量建造了載重1000噸的海上加煤駁船（圖3）。這些駁船是用預制構件裝配而成的。其主要尺度為：長53.8米、上部寬度10.8米、下部寬度10.06米、型深5.5米。肋骨間距和縱向構件都是116厘米、底板厚度100毫米，舷側板厚90毫米。

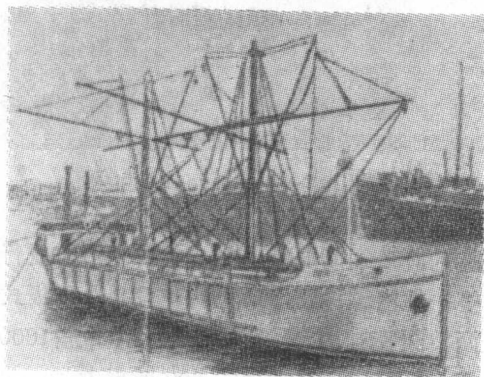


圖3 載重1000噸的海上加煤駁船

1920年德國還造過一艘載重1200噸的海駁。在建造過程中，由於吸取了以往工作中的各種經驗，因此可以認為該船是考慮得周到的，也是成功的一艘駁船。該船長57米、寬10.5米、型深

4.8米，滿載吃水3.9米，排水量1918噸，載重量1200噸。底板厚50毫米，舷側板厚60毫米。船體，自重占總排水量的37%。

在丹麥的哥本哈根曾建成一艘載重1800噸的塔式貨輪，它具有極獨特的結構形式。這艘貨輪的底部由相互交叉的斜杆桁架構成。船長70.14米、寬11.18米、包括塔在內的型深為7.75米、滿載吃水5.35米、在海水中的排水量達3300噸、載重量近1800噸、航速7.5節、主機馬力600匹。

瑞典也曾建成一艘球形船，船長為42米，載重量為700噸（圖4）。

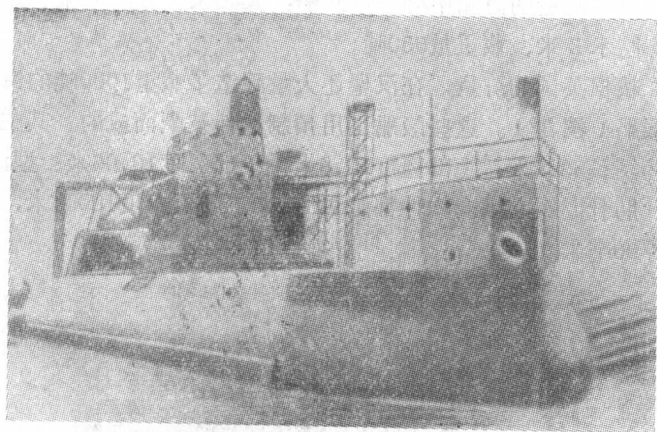


圖 4 下水以後的700噸球形船

挪威建造的許多鋼筋混凝土船，主要是沿海航行用的。值得指出的其中有一批內燃機船，最大的一艘是全甲板式的海輪，主要尺度為：兩柱間長51.8米、寬9.45米、載重量1000噸。主機是兩台“巴林捷爾”摩托，總功率為320匹馬力。這些船隻都顯示出令人滿意的航海性能。

上述時期，歐洲最大的一艘鋼筋混凝土船，是1922年在意大利拉伐高安下水的3000噸內燃機貨輪。有關這艘船的情況不詳。

美國所建造的鋼筋混凝土船中，首先應該指出的一艘載重

4500 吨的“忠誠”号海上貨輪。該船于 1917 年 9 月开始建造，1918 年 3 月 14 日下水，此后經過两个月即准备作第一次航行。其主要尺度为：两柱間长 97.5 米、寬 13.4 米、型深 9.15 米、滿載时的乾舷高度为 1.83 米、滿載排水量 8150 吨。排水量系数 0.835、設計載重量 5000 吨、实际載重量 4500 吨、主机馬力 1700 匹，航速約 10 节。

該輪系纵构架式。肋骨框架之間距为 4.88 米，舷側板和底板厚 100~115 毫米，这些板的配筋是斜向的，甲板厚 75~90 毫米。該輪用以陶粒为骨料的輕质混凝土建成。配筋是特制的螺紋鋼筋。

該輪曾裝載各种貨物航行了 12000~15000 哩，1919 年春天还横渡了大西洋。

除了已經介紹过的这艘船以外，在第一次大战結束时期，美国还建造过 10 艘海輪，四艘載重 3078 吨的干貨船，六艘載重 6380 吨的液貨船。其标准尺度如下：

a) 干貨船：长 81.8 米、寬 14 米、型深 8.6 米；

b) 液貨船（图 5）：长 128 米、寬 16.5 米、型深 11 米。

这些船只于 1919 和 1920 年投入营运。有两艘不久失事了：一艘触礁，另一艘撞沉。

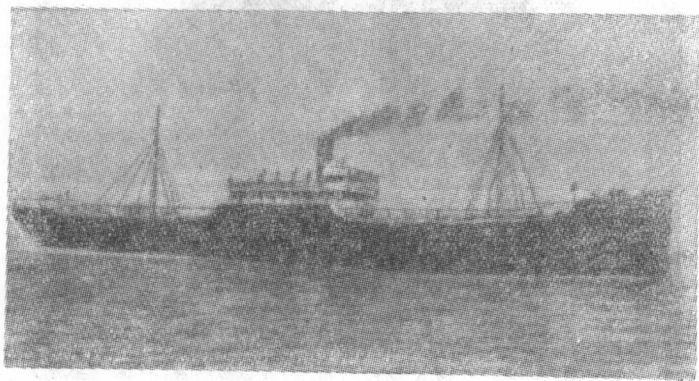


图 5 載重 6380 吨的油輪

与此同时，还应该指出一艘具有双圆形横剖面的海上油輪（图6），其載重为2000吨。由于其外板的工作面积較大，因此結構比較特殊。

在建造上述船舶以前，以及在建造过程中，曾进行了理論研究，在試驗室內作了大量的試驗工作，并对船上預定安裝的各个构件单独进行了試驗^[77]。

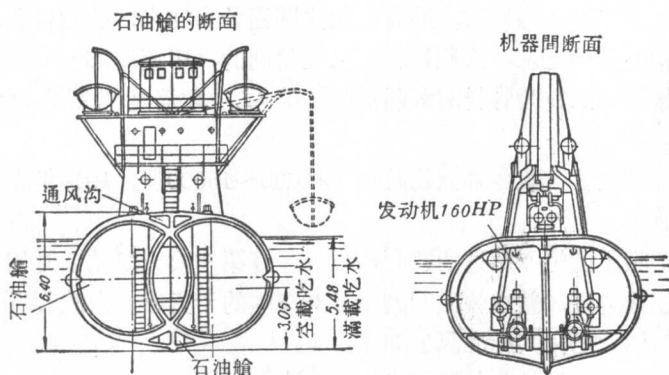


图6 載重2000吨的油輪

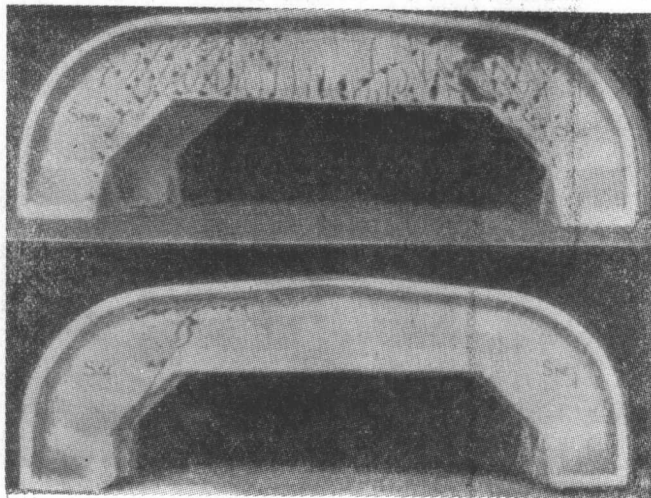


图7 鋼筋混凝土船肋骨的强度試驗

例如，船底肋骨曾按实际尺寸制成构件后进行試驗(图7)。舷側部分則用 3×6.7 米的試件进行試驗(图8)。同时制成了一种人造粘土浮石—陶粒，用它为骨料配制，比重为 $1.6 \sim 1.8$ 吨/米³，抗压强度达400公斤/厘米²的混凝土。

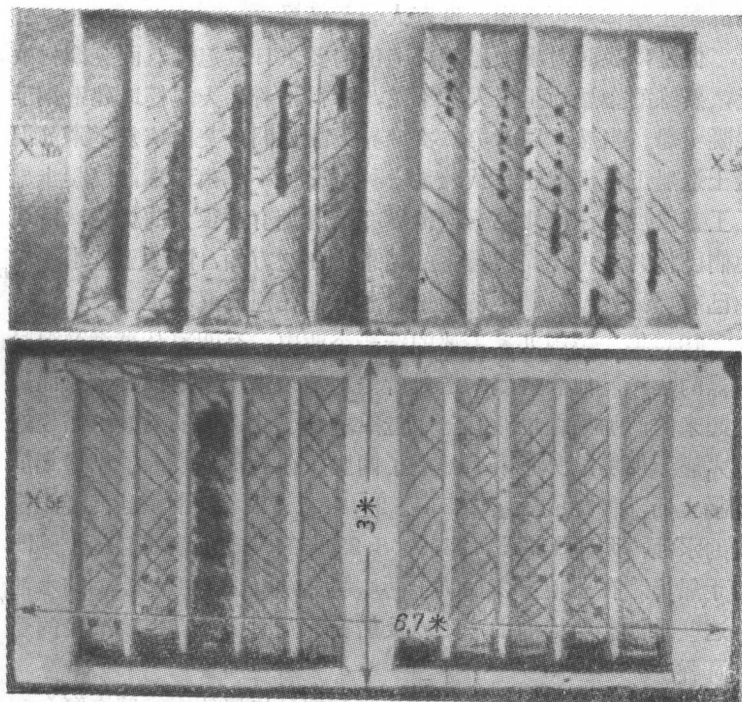


图 8 钢筋混凝土船舷侧构件的强度試驗

由于种种原因，在两次世界大战之間，仅造过一批方舟（里約热內卢），并用钢筋混凝土修理了一艘“挪格拉”号輪船。

但是，第二次世界大战时期，钢筋混凝土造船工作在国外又恢复起来，而且大大超过了第一次世界大战的規模。

在这一阶段的初期，大家对建造钢筋混凝土船还是不贊成的。第一次世界大战时采用钢筋混凝土作为造船材料的經驗总结，也是被否定的。当时认为，船体自重太大，使用不經濟。又

如：在建造鋼筋混凝土船時由於模板會有變動，澆灌混凝土的精確性差，船體重量遠遠超過原設計的要求，總強度也不夠，鋼筋混凝土船常發生斷裂情況。此外還有人認為，在系泊和拖帶時發生的沖擊作用下，其外板的局部強度顯得不足。對機械振動下鋼筋混凝土船體是否堅固，也有人表示懷疑。

但是，戰時對增加船舶總噸位的要求日感迫切，而且鋼材缺乏，熟練的金屬加工工人又不足，不得不著手大規模地建造鋼筋混凝土船。當然，儘管第二次世界大戰期間，美國恢復了鋼筋混凝土造船工作，但還是認為是一種試驗。不過由於鋼筋混凝土施工工藝發展迅速，比第一次世界大戰時期有了很大的提高，所以他們已認為有可能得出肯定的結果。在這方面，除了工藝水平总的已有提高外，他們還特別把希望寄托在輕質混凝土上。

1944年，美國幾家主要的造船企業中，有四家從事鋼筋混凝土船的生產，他們所屬的造船所全都是為生產鋼筋混凝土船而建立起來的，加里福尼亞有一家造船所為了建造鋼筋混凝土船建造了六座干船塢，另一家又建造了兩座。在唐伯市，為了製造鋼筋混凝土船，曾建成三座 $365.8 \times 25.7 \times 7.22$ 米的帶鋼筋混凝土圍牆的水池，兩座 $158.5 \times 25.0 \times 8.32$ 米的，設有鋼筋混凝土閘門的干船塢。在聖彼得羅建築了兩座製造鋼筋混凝土浮船塢的水池（這些水池和船塢的圍牆，以及船塢的閘門都設計得象簡化的船型那樣）。

根據有關報導，當時已經建成和交付使用的有80艘海駁和24艘貨輪，價值超過130,000,000美元。此外，還建造了若干浮船塢。

美國所建造的鋼筋混凝土船可以分成三類，

1. 非自航的海駁

液貨駁的主要尺度如下（圖9）：

最大長度	111.56米
兩柱間長	106.68米
型 寬	16.46米

型 深	10.67米
滿載吃水	8.00米
排水量（在上述吃水下）	11200吨
載 重 量	5570吨

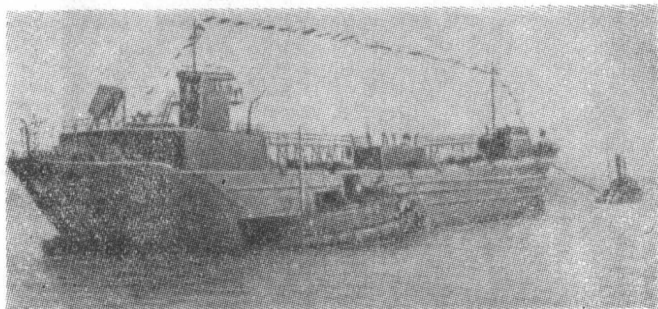


图 9 排水量11200吨的海上液貨駁

那类駁船中，有一批滿載吃水为 9 米、空船吃水为 5.1 米(图 10)。

这些駁船都有两道纵隔壁把整个船体分成宽度为 5.5 米的三部分。在中間部分、每隔三档肋骨設一道横隔壁。横隔壁又把全船分成 29 个主要隔艙。船体的中段长 88 米、每隔 3.25 米設置一副肋骨框架。外板与甲板用纵梁加强。底板厚 12.7 厘米，舷側板厚 10.8 厘米、甲板和隔壁板厚 10.2 厘米。底板的纵向鋼筋采用正方形的螺紋鋼，其間隔为 127 毫米，横向鋼筋采用直径为 12.7 毫米的圓鋼，其間隔为 63.5 毫米。

此外，还建造了大量的干貨駁，主要装运鋁土矿石。其尺度和船体結構与上述駁船相同。

与此同时，还建造了三艘載重 1000 吨的冷藏駁船（图 11）。

2. 貨輪（图 12）

主要尺度为^[73]：

最大长度	111.56 米
两柱間长	106.68 米
型 寬	16.46 米



图 10 排水量11200吨的海上液货驳在船塢内

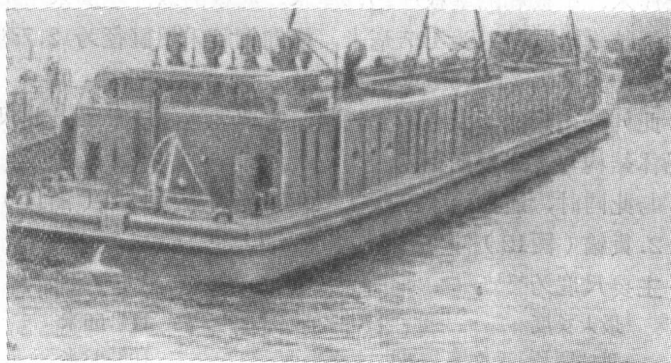


图 11 载重1000吨的冷藏驳船

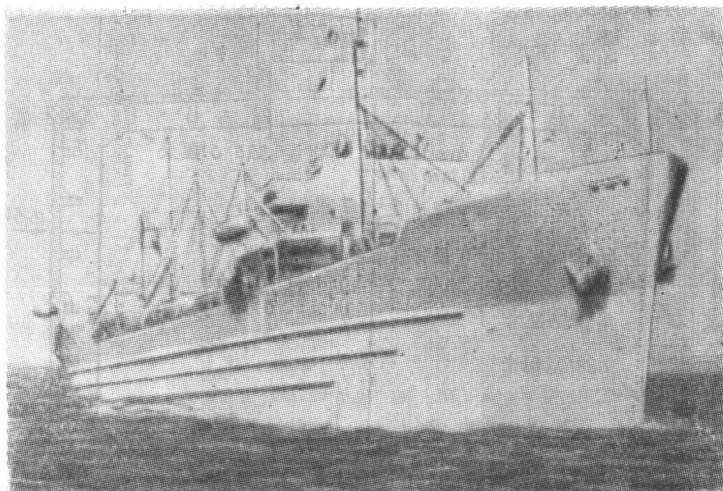


图 12 排水量11200吨的貨輪

型 深	10.67 米
吃 水	8.00 米
排 水 量	11200 吨
有效載重量	4470 吨
主机馬力	1300 匹
航 速	10 节

該类貨輪船体結構如图 13（舢截面图）所示，用以運輸干貨。

十道橫隔壁將整個船体分成十一个隔艙：七个干貨艙、一个油艙，一个机炉間，以及艏艙尖艙。无双重底結構。其中有一个貨輪內設有压載水艙。由于未設纵隔壁，同时只有一层甲板，装卸貨物极为方便。艙口长3.7米，寬5.5米〔(1)寬度相当大〕。

船体橫向构架由肋骨框架組成（每艙二副），肋骨間距除艏艙尖艙內为1.2米外，其余部分皆为3.25米。相互間隔5.8米的两根纵桁，以及三根龙筋（一根中內龙筋和两根設在接近三分之一船寬处的副龙筋），与肋骨框架交叉，組成船体构架的主要纵向連續构件。这些纵向构件与橫隔壁上的垂直防挠材共同起剛性框