

内河及农业用船舶技术会议 论文集

第二分册

钢丝网水泥泵船与钢板泵船



中国造船工程学会

前 言

中国造船工程学会于1963年12月23日在武汉召开了全国性的“内河及农业用船舶技术会议”，历时七天胜利结束。会议在党的正确领导下，各有关单位的大力支持下，认真贯彻了党的百花齐放，百家争鸣的方针，从而取得了很大的成绩。

会议共收到85篇来自全国13个省市的学术论文，通过宣读和讨论，选拔出22篇比较成熟和有现实意义的论文成果。为使这些宝贵的科研成果和经验总结能够开花结果，推广应用，因此会议决定出版论文集，以达到为生产服务，为国民经济服务的目的。

本论文集分第一、第二两个分册编印，第一分册包括船体、船机两部分的论文14篇；第二分册为农用船部分，其中又分钢丝网水泥船和钢板农船两个方面的论文8篇。每篇论文都附有讨论意见和作者答复，以供读者对该文的全面了解。

本论文集的出版，由于编排人员限于水平，谬误之处，在所难免，懇請讀者批評指正。

中国造船工程学会

1965年8月

目 录

前 言

鋼絲网水泥农船	朱士強 顏学欧 (1)
鋼骨架鋼絲网水泥船中若干問題的探討…	王乃賢 史元熹 (14)
預应力加筋鋼絲网水泥及其在船舶制造 中的应用	蔣恩德 (27)
30 匹馬力鋼絲网水泥农用排灌船設計与 制造	中南设计院水泥船研究室 (40)
18 米鋼筋混凝土水泵船設計簡介	中南设计院水泥船研 究设计室船体结构组 (55)
汽車水泥輪渡設計的若干問題探討	林广仁 (61)
鋼絲网水泥与鋼筋混凝土在鋼船修理上的应用…	朱元康 (67)
鋼板农船調查研究及定型	上海市造船学会农船研究组 (74)

鋼絲網水泥農船

朱士強 顏學歐

前 言

在党中央提出的以农业为基础，以工业为主导的发展国民經济总方針的鼓舞下，交通運輸部門也深深体会到农业運輸船是农业生产上的重要工具。尤其在江苏、浙江等河流纵横之水网地区更为需要。近来随着祖国社会主义建設事业的飞跃发展，用于制造农船的木材，桐油，麻絲等材料，很难满足大量制造农船的需要。加之部分原有的农船年久失修，就現有的农船数量和品种来說是远远不能满足現时农业生产的迫切需要。

为了节省木材，大力支援农业，几年来我国各地紛紛采用鋼絲網水泥来做造船材料。并从研究試制到使用改进已制造了大批鋼絲網水泥农船，适时地为广大农村提供了大量积肥和運輸船舶，在政治上和經濟上具有重大意义，并在交付使用后已取得良好效果。

一、鋼絲網水泥材料與鋼絲網水泥農船簡介

一般造船所用的鋼絲網水泥，是采用高标号水泥(400号以上硅酸盐水泥)，优质而清洁的中河砂和洁淨的水一起拌成水泥砂浆，并涂在数层以高强冷拔鋼絲(20号)織成的鋼絲網(一般网格为 10×10 m/m)中間再夹以少量細鋼絲($\Phi 4$ 或 $\Phi 6$)組成的鋼絲網的骨架部分上。这些組成材料在受力变形时是相互約束的，鋼絲網与水泥砂浆之間的相互影响使鋼絲網水泥具有以上两种材料的綜合性能。由于鋼絲網能很好地把所用的鋼材均匀地分散配置在水泥砂浆中，从而改善了水泥砂浆在自由状态下质脆和各向异性等受力性能。因为水泥砂浆与鋼絲網的联系变形，使鋼絲網水泥获得良好的弹性和抗裂性能，而且均匀密布的鋼絲網限制了砂浆微小裂縫的

形成和发展，推迟了砂浆可見裂紋的出現，从而提高了砂浆的承載能力和极限延伸值。由于組成材料的綜合作用也大大提高了鋼絲的利用程度。因此，从以上分析看来，鋼絲網水泥和一般建筑中用的鋼筋混凝土則是两种性质上完全不同的材料。建筑工程中用的鋼筋混凝土，由于它以碎石为粗骨料，并集中配以粗鋼筋，因而自重較大，各向受力性能差别很大，浇筑时需立模板并且无法制成很薄的构件。鋼絲網水泥以中砂为粗骨料配以均匀而較細的鋼絲網，具有很好的弹性和抗裂性能，构件成型較簡易，并能制作很薄的自重較小的构件，因而它确是一种很好的造船材料。

几年来曾采用鋼絲網水泥材料，建造了多种運輸和机动等类型船舶，投入了交通運輸战綫，实用情况也是滿意的。然而对于制造小型鋼絲網水泥农船，在結構型式，使用要求，裝載条件等方面在研究試制上又是一种新的工作。

一九六一年初江苏省无錫船舶修造厂，在中央設計及研究部門的幫助下，开始按照无錫地区农船型式試制了裝載量四吨的鋼絲網水泥农船。經過整整二年研究試制，征求农民使用中的意見，一再改进，先后共制造了八种产品型号(甲型——辛型)，它的主要尺度如下：

船长 9.2m	吃水 0.6m	二柱間长 8.7m
船寬 2.2m	載重 4.0 吨	艏面系数 0.87
船深 0.7m	排水量 6.18 吨	方形系数 0.55

前四种型号未設置封舵，船体結構采用鋼骨架鋼絲網水泥壳板的混合結構。壳板采用四网一筋($\Phi 6$)縱橫向还配置 $\Phi 12$ 鋼筋組成小板格(450×450 m/m)。目前生产的手型四吨鋼絲網水泥农船，全船共有四道隔艙壁，分为五个舵(艏封艙，前貨艙，艏貨艙，后貨艙，艉封艙)。艏封前长 2.0 m，后貨艙长 1.0 m，船舷口用 $45 \times 45 \times 5$ 角鉄做舷边梁，艏貨艙与前貨艙中用 3×30 扁鉄肋骨一道，隔壁(#1, #2, #3, #4)是由 3×30 扁鉄作成肋

骨柜架，船壳是以三层 $\Phi 1\text{m}/\text{m}10\times 10$ 鋼絲网中間配纵向 $\Phi 4$ 鋼筋間距 $100\text{m}/\text{m}$ ，隔壁为二网一筋，甲板为三网一筋，全船用 500# 硅酸盐水泥，优质中河砂，以水灰比为 0.4—0.45 灰砂比为 1:1.5 拌成的砂浆涂抹，船壳厚度控制在 1.8 出分左右，艏艉封艙为密闭式，甲板上留有出入人孔。[参閱图一]

建筑部門生产的鋼絲网水泥农船，舷边采用 $4\Phi 8$ 的鋼筋砂浆舷边梁，隔艙，甲板，樁座板均采用鋼絲网水泥予制构件拼装而成。

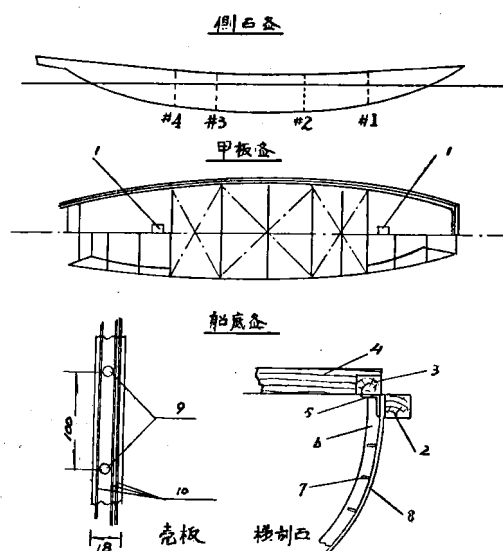


图 1 带肋式鋼絲网水泥农船結構草图

- 1——人孔 2——护舷木 3——欄水木
4——面梁 5——舷边角鋼 6——肋骨
(扁鉄) 7——釘刺 8——鋼絲网水泥壳板
9——縱向鋼筋 10——鋼絲网

一、江蘇地區水泥農船使用情况調查

(一) 生产点的布局

江苏省鋼絲网水泥农船自 1961 年試制生产以来，到 62 年下半年江苏省科委組織对无錫船厂的辛型四吨鋼絲网水泥农船和苏州水泥制品厂 6205—2 型鋼絲网水泥农船作出技术鑑定以后才开始成批生产及推广使用。全省現已有十四個单位在生产鋼絲网水泥农船，其分布如下：

至六三年六月底止据不完全统计，全省共制造了水泥农船 2143 艘，总載重吨在 5318.8 吨以上，

分为 2 吨，2.8 吨及 4 吨等三种主要类型。

表 1

地 区	制 造 工 厂
苏 州	苏州水泥制品厂；苏州建筑公司綜合加工厂；苏州造船厂(曾試制)。
无 錫	无錫船舶修造厂；无錫水泥制品厂。
常 州	常州建筑公司。
鎮 江	鎮江建設公司。(曾試制)
南 通	南通建筑公司。(曾試制)
楊 州	楊州水泥制品厂；楊州建筑公司綜合木工厂。
泰 州	泰州水泥制品厂。
兴 化	兴化水泥制品厂。
盐 城	盐城水泥制品厂；盐城建筑公司县水泥制品厂。

由于各地对于船型选择和要求不同，如何合理安排佈点生产，应慎重考虑。因为小型农船不仅船型多需要量也很大，如果生产点过于集中，会使一个生产厂产量过大，船型又多，在利用現有設備，选择厂址和劳动力組織等方面，都会遇到一定困难。在船型定型方面，工作量也相当大，同时由于过分集中，使成品在运输上造成經濟上很大的浪费。因而佈点应根据具体情况和已有条件，以适当分散为好，但同时也要注意技术条件和领导力量的可能，逐步推开以免造成质量低劣，难于控制的局面。

(二) 船型及吨位

农船的船型选择和布置要求必須因地制宜，不能强求一致。各地区的船型由于水面寬窄，河道深浅不同。船的使用情况等都有各自历史形成的特点。因此，为适应和尊重当地农民的传统使用习惯，必須通过广泛的調查研究后才能定型。鋼絲网水泥农船是新产品，現仍在推广使用阶段，农民在使用上还有一些固定习惯，为减少在推广过程中的阻力，船型选择和布置是一个很重要的問題，而不容忽视。在船型定型时，除了在原則上应以木船作为仿制的母型外，还应根据鋼絲网水泥可以任意成型，其比重較木材大和較木船穩等特点加以适当修改。例如：鋼絲网水泥强度高，通过試驗，取消艙內肋骨給使用上带来很大方便（3 吨以内的小农船），且鋼絲网水泥船平稳度較木船好得多，为使用上船体灵活起見，将船底适当改圓等。

目前江苏地区生产的水泥农船船型大致有以下几种：苏州蠡墅式，无锡撑船式，扬州高邮鳊鱼口式。都属由该种船型的木船脱胎而来。

我省农船一般分五舱，艏艙为抗泥空气舱，前货舱和中货舱为主货舱，后货舱考虑放置些零星用品及炉灶等。航行设备：苏南地区以橹为主，苏北地区以桨为主，并配以竹篙。船舷四周有木质护舷木，有些厂家还备有舱盖板，跳板，天蓬等附件，供用户选配。

根据江苏农村用户需要的具体情况，农船的载重吨位以2—4吨为宜，使用较多的为2—3吨，一吨以下的农船要求行驶在漕田，极浅的水中，对船体重量要求特轻，由于钢丝网水泥容重较大，制作小的农船在自重问题上不易过关，故目前暂未安排生产。

江苏地区水泥农船生产点比较多，我们经过调查将现有的各种水泥农船主要尺度及布置情况列于文末，以供参考。

（三）使用情况

各地水泥农船试制成功后，就组织农民参观，试验，试用，征求农民的意见，使用后的农民对水泥农船的评价很高。船型及布置皆适合当地实用。如翻泥，涝草，积肥及作短途运输（运输粮、棉、蔬菜等农付产品），用途很广。在航速方面，无锡锡山农场老农说，水泥农船除起步稍重外，行驶起来要比木船快。无锡试摇四类型的木船和水泥船，在相距14.5公里的航行中，空载时水泥农船比木船早到半小时，满载时约快一小时。

通过较长时间的实际使用，用户感到，水泥农船耐用，保养管理十分简便，而且在装运河泥，化肥以后容易清洗，特别是维修费用低廉更赢得农民普遍满意。几年来的使用，水泥农船也经受住了各种使用中的考验，特别是使用中的碰碰撞撞并未发现有裂缝产生，如果发生了重大的碰撞事故，水泥农船又显示了它易于修补的长处。曾有一次属锡山农场的四吨水泥农船装载了三吨半山芋顺流急下，当时为避免与对面帆船相撞，自身撞在码头尖角石座上，受冲击力很大，经检查水泥壳板上，在冲击面处约有100毫米直径的水泥有损伤裂纹，但没有洞孔，水泥砂浆仍在钢丝网内，当时农民会将衣服堵塞后继续航行，事后经过近二小时用砂浆修补又投入使用。据农民反映，如果这次事故发生在木船上，壳板要撞断，势必漏水，须拆换板材，捻缝后才能使用。

经使用后，农民同志议论水泥农船有四不怕：

不怕风吹雨淋；不怕日晒夜露；不怕鼠咬虫蛀；不怕火烧霉烂。

还烦扬水泥农船有下列特点：

损坏后易修复，维修费用少；使用时间长，利用效率高；装的货色花色多，清洗工作也好做；比木船耐腐蚀耐用，价格不比木船高；就是自重较大，不好过坝。

然而通过使用，也收到用户对水泥农船在性能及使用方面的不少意见，归纳起来大致有下列三大问题。

1. 自重较大，一般较同类木船重50~60%，因而在相同排水量下，装载量大大降低了，同时吃水比较深，影响了一部分使用地区。

2. 由于钢丝网水泥容重约在 $2.4 \sim 2.6 \text{ T/m}^3$ 左右，而木质容重小于1。空载时木船在全部浸水后不易下沉，水泥船当舱内全部入水，有同钢丝网一样容易下沉。因而使用时控制不好或受风浪影响及其他受损时沉没，打捞甚不方便，因而农民不欢迎前期生产的无封舱式水泥农船。

3. 虽然钢丝网水泥农船在平时维修保养费用低廉，是一般材料制造的农船所不能相比的。然而初期生产的农船成本较高，部分超过了同吨位的木农船，因而影响了一部分购买力和产品的销售。

这些问题，通过近年来在设计，生产方面的努力和改进，目前已取得了一定的成效。

三、钢丝网水泥农船的设计与改进

（一）钢丝网水泥农船的设计

钢丝网水泥农船的设计，目前还是一个新的课题，现在正在摸索建立一套能符合实际受力情况且又简捷的计算方法。近几年来中央及地方的有关科研单位曾几次采用实船强度试验，应用电测法来校核理论计算的数据，取得了一定的积极效果。这里由于篇幅的限制只能简单介绍一下目前设计中应用的方法及内容。

1. 设计原则：钢丝网水泥农船是执行和贯彻党所提出的大办农业，大办粮食的支农方针的产物，因此应当面对广大农村的需要。其主要用于农村积肥和农付产品的短途运输，例如：翻河泥，运

水草、拉圾、糞肥、蔬菜、粮食等。設計中在滿足安全、堅固、耐用、經濟的原則下，因地制宜地選擇優良綫型，做到阻力小，靈活并照顧到當地用戶的習慣，結構方面應在保證強度的前提下，簡化制造工艺，降低船體自重，節省用料。

2. 設計內容及其方法的簡介

目前鋼絲網水泥農船的設計工作尚欠完善，這里僅將目前設計中所應用的方法及設計內容作一簡單介紹。

(1) 根據設計任務書，經過調查研究，訪問用戶，選擇當地優良而習慣的綫型。

(2) 靜水力計算——船舶重量所佔的排水體積，各種性能系數的計算及裝載性能等。

(3) 抗沉性計算(即封艙體積確定)

鋼絲網水泥船由於材料容重約為 $2.4 \sim 2.6 \text{ T/m}^3$ 左右，在水中不能自浮，為使用安全起見，一般在艙艙兩處設置水密封艙以保證在空載或滿載情況下艙內進滿水不致下沉。目前對封艙的要求大致有二種意見，一為封艙是保自重，即在空載情況下，三艙進滿水不沉，或因超載下沉而卸載後能自浮。二為封艙要保證在額定滿載情況下，船不會沉沒。我們感到按照一般木質農船的习惯使用(木質農船無封艙，而不沉，因木質比重小可保自重)，前者是合理而經濟的。已經能彌補了鋼絲網水泥作為造船材料，自重大易沉的不足。然而，由於一般水泥農船干舷較小，航行的地區根據需要而不一，可在村旁小溝，也可在大湖或運河中行駛，風浪及碰撞的影響比較大。考慮到船體自重比較大，沉沒不易打撈，同時也照顧到這還是一項新事物，有待用戶逐步認識和習慣，雖然減少了部分艙容，降低了營運能量，但目前採用保貨重的提法較為適宜。

目前一般用下列公式進行計算，并要求封倉洞口下沿要求作到距船的中艙上沿的淨距至少為 10 公分，同時要求把封倉蓋盡可能作得緊密些，具有一定的不透水性，以保安全。

封艙體積計算公式：

$$\Sigma V = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{r_0} - \frac{Q_1'}{r_1} - \frac{Q_3}{r_2}$$

式中 ΣV ——船中貨艙上口水平綫以下的密封艙總體積(立方米)。

Q_1 ——已考慮施工超重在內的船體設計自重(噸)。

Q_1' ——船中貨艙上口水平綫以下的已考

慮施工超重在內的船體設計自重(噸)。

Q_2 ——滿載時裝載貨物重(噸)。

Q_3 ——船負重(噸)。

r_0 ——水單位體積重(1 噸/立方米)。

r_1 ——鋼絲網水泥單位體積重(2.6 噸/立方米)。

r_2 ——主要貨物單位體積重(噸/立方米)。

(4) 船體強度計算

鋼絲網水泥農船船體強度計算，目前包括以下四部分

1) 船體總強度計算——即船體在靜水中的總彎矩及總剪力的計算，求出船殼板的總彎曲應力及總剪應力。這可按一般船體結構力學進行。

2) 中貨艙強度計算——根據農船布置特點，中艙隔艙壁間距較大，所以中艙必須作專項計算。其中包括貨艙的空間板架計算，以及殼板局部強度計算，以往在設計中，簡單地把貨艙殼板視為平面，按四邊支承板計算，且假定舷邊為自由支承，忽略了船體類似殼體的性質，以及舷邊實際上為彈性支承的因素，使計算結果大大地超過了實際受力值與實際不相符合。近來中南建築工業設計院結合鋼絲網水泥農船的特點提出了比較更具体的計算方法，已用于現時設計工作中。

對於無肋式結構貨艙如果考慮到船體是一空間壳体，而船體綫型又無法以一數學方程表達，因而近似地以折綫代替了曲綫，使一個開口的曲形板架簡化成折板板架如圖(二)。用彎矩分配法計得當折縫無位移時在外荷作用下的折縫彎矩和反力，再用求得的反力作用在假定折縫為可動膠接的基本系上按角變位法根據折縫上總角度為零的條件，算出抑縫有位移時的折縫彎矩，然後疊加這兩項橫向彎矩，求出折板中的橫向應力。以此可校核橫向強度是否滿足設計要求。同時，這個橫向應力在縱向的

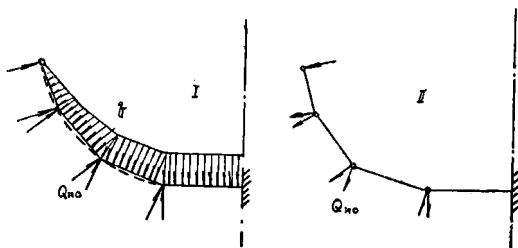


圖 2 無肋式貨艙結構圖

分力成为貨艙纵向合成应力的一部分，由实际計算中得知，該部分应力估总的纵向合成应力相当大的比重而不容忽视。

对于带肋式結構貨艙，由于肋骨和舷边梁組成一个空間梁系，应按空間結構計算。如图三。肋骨支承在舷边梁上是弹性支承，因此应計及支座的位移，而将肋骨簡化成支座有位移的二鉸拱来計算。由肋骨支座的位移和舷边梁相应点的位移一致条件，列出方程式，求得肋骨支座上的反力，并以此反力校核带有一定冠板的肋骨强度。(冠板寬度目前一般仍采用鋼筋混凝土中規定 T 形截面翼部的計算寬度一样，取壳板厚度的 12 倍計。)舷边梁視為两端嵌固在隔艙壁上，也用此反力作用在舷边梁上，校核舷边梁强度。因此带肋式結構貨艙强度計算包括肋骨强度校核与舷边梁强度校核。

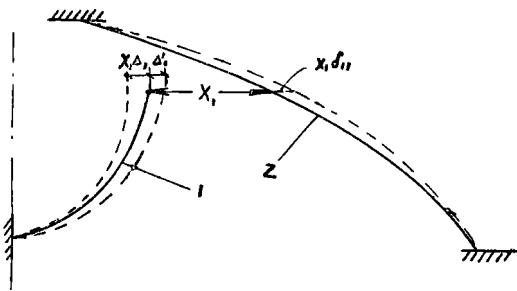


图 3 带肋式貨艙結構图
1——肋骨 2——舷边梁

3) 船底板格局部强度計算，

一般底板纵向視為固定于肋骨及隔艙壁上，横向視為簡支于舷側板舭部上，再按一般絕對鋼性板查表計算。

以上三部分强度应按中垂，中拱两种情况下，在图中，隔艙壁处，以及壳板内外作分別計算，再相应叠加，求出合成应力，校核是否滿足鋼絲网水泥板在該种配筋形式下弯曲受拉时之初裂强度。(舷边部分以出現 0.05mm 裂縫时之受弯抗拉强度。)

4) 船体主要构件的强度校核——如：甲板，隔艙板等构件。

以上具体計算方法及步驟可參閱五吨以下鋼絲网水泥农船設計暫行规范。

(二) 实船及板件試驗資料

为了摸索小农船的强度計算方法以及对水泥农

船的技术鑑定提供依据，分別在一九六二年七月由北京船舶設計院，建工部建材研究院和无錫船厂等单位对无錫船厂生产的四吨鋼絲网水泥农船和在一九六三年三月由中南工业建筑設計院，武汉水运工程学院及华新水泥厂对华新水泥厂生产的一吨鋼絲网水泥农船进行了电测实船强度試驗，作了陆上中垂，水上中垂，中拱及陆上破坏四种負荷方式，分別测得实船的負荷挠度关系，以及船体有关部分的应变值，結合实测数据与相应由理論計算的結果存在一定的差别，然而肯定了現時农船的结构形式和配筋情况，船体具有足够的强度。

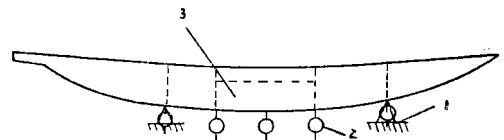


图 4 实船压載試驗

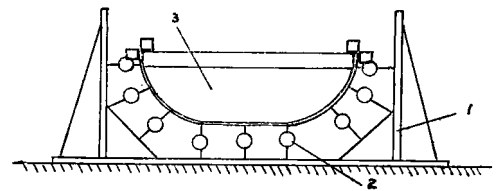


图 5 舭部横向变形測量

无錫船厂四吨辛型水泥农船在陆上中垂压載实船試驗中，通过水上与陆上的相当計算，預計在陆上压至 1.95 吨相当于水中中垂 4.0 吨时可能出現微裂。事实上并无此現象，一直压到 2.5 吨相当于水中 5.3 吨才有初裂。因而說明該船采用三网一筋 Φ^4 壳板，四道隔艙壁，中艙一道肋骨和全船舷边有 $45 \times 45 \times 5$ 角鉄的结构是有足够强度的。

在实验室力学性能試驗中曾作了拉伸，弯曲，扭轉三种受力情况的板件試驗。由于对于低含鋼量的鋼絲网水泥 (即含鋼量 $< 300 \text{ kg/m}^3$) 各地所做試驗結果参差不齐，現將建工部建材研究院的板件試驗資料以及相应的經驗計算公式作一介紹，这里仅結合船体一般受力情况列出板件抗弯試驗資料，供讀者参考。如表 2

試件采用 500# 硅酸盐水泥，北京河砂，平均粒径为 0.34mm 鋼絲网規格为 $\Phi 1 \text{ mm} 10 \times 10 \text{ mm}$ 孔眼，单絲拉断强度为 5500 kg/cm^2 ，加筋鋼絲为

表 2 抗 弯 力 学 性 能

配 筋 情 况	配 筋 特 征				试 件 厚 度 cm	初 裂 时 $\alpha_T=0.01\text{m/m}$				当 $\alpha_T=0.05\text{m/m}$ 时				破 坏 时		
	A kg/m ³	γ kg/m ³	β kg/m ³	ρ %		σ_{Tp}^N kg/cm ²	ϵ_{Tp}^N $\times 10^{-4}$	E_{Tp}^N $\times 10^4$ kg/cm ²	$\sigma_{0.05}^N$ kg/cm ²	$\epsilon_{0.05}^N$ $\times 10^{-4}$	$E_{0.05}^N$ $\times 10^4$ kg/cm ²	σ_p^N kg/cm ²	ϵ_p^N $\times 10^{-4}$	E_p^N $\times 10^4$ kg/cm ²		
两 网	250	250	250	1.96	0.8	52.0	3.00	17.2	85.0	13.30	9.8	222.0	54.8	4.2		
两网一层纵筋 Φ^4 $a=100\text{m/m}$	250	250	250	2.36	1.2	53.0	3.50	19.6	80.0	21.00	11.8	280.0	95.0	4.7		
两网一层横筋 Φ^4 $a=100\text{m/m}$	250	167	165	1.31	1.2	32.0	1.95	12.0	46.5	12.00	5.0	162.0	52.0	4.0		
两网一层纵筋 Φ^4 $a=70\text{m/m}$	281	281	250	2.71	1.2	65.0	3.60	17.6	124.0	29.50	11.5	335.0	86.0	6.8		
三 网	300	300	300	2.37	1.0	72.0	6.10	16.0	134.3	22.00	4.0	272.0	61.0	2.5		
三网一筋(纵) Φ^4 $a=100\text{m/m}$	284	284	250	2.58	1.4	51.3	2.93	16.4	80.0	14.30	6.1	251.0	77.7	4.0		
同 上	284	284	333	2.58	1.4	72.6	7.30	14.4	134.0	28.50	9.5	315.0	69.9	6.8		
三网一层横筋 Φ^4 $a=100\text{m/m}$	284	214	214	1.68	1.4	29.0	2.20	15.0	48.0	14.30	5.3	136.0	58.0	3.5		
同 上	284	214	286	1.68	1.4	42.0	4.40	13.0	60.0	17.90	9.0	200.0	66.2	3.5		

$\Phi^4\text{m/m}$, $E=2.0\times 10^6\text{kg/cm}^2$, 拉断强度为 5700kg/cm^2 , $\Phi^2\text{m/m}$ 鋼絲, $E=1.6\times 10^6\text{kg/cm}^2$, 拉断强度为 6400kg/cm^2 。砂浆配合比, 水灰比为 0.4 , 灰砂比为 $1:1.5$ 。振动成型, 靜止 3 小时, 再在温度为 40°C 之潮湿养护室养护 3 天, 其强度按 7.07cm 立方体試件抗压得 $R=500\text{kg/cm}^2$ 。

抗弯板件規格为 1200×300 。

表中 A ——总含鋼量 kg/m^3 。

P ——受力方向总配筋百分率。

$$P = \frac{\text{受力方向网絲面积} + \text{加筋鋼絲面积}}{\text{鋼絲网水泥断面面积}} \times 100$$

r ——不包括非受力方向加筋鋼絲的含鋼量 kg/cm^2 。

β ——配筋系数, 是表示鋼絲网配筋量与配筋分散性的指标。按下表所列公式确定。

表 3

鋼絲网水泥 类 型	加 筋 鋼 絲 网 水 泥				无筋鋼絲网 水 泥
受力情况	中 心 受 拉		弯 曲		中心受拉 与 弯 曲
	加筋鋼絲在 受 力 方 向	加筋鋼絲在 非受力方向	加筋鋼絲在 受 力 方 向	加筋鋼絲在 非受力方向	
配筋系数計算 公式 $\beta(100)$ $\text{kg/m}^3 \quad \text{m/m}$	$\frac{nq}{(h-D)d}$	$\frac{nq}{hd}$	$\frac{nq}{(2n+\delta)d}$	$\frac{nq}{0.5hd}$	$\frac{nq}{hd}$

1. 符号說明: n ——网层数; q ——每一平方米网重 kg ; h ——鋼絲网水泥的厚度 cm ; δ ——保护层厚度 cm ; D ——加筋鋼絲直径 cm ; d ——网絲直径 mm 。
2. 加筋鋼絲网水泥受弯时, n 為受拉区鋼絲网层数。

由上表二可見:

1. 抗弯强度在初裂及 $a_r=0.05\text{m/m}$ 二阶段随 r 的增加而增加, 而破坏强度由配筋百分率决定, 对称配筋时相应的变化是有规律的, 不对称的配筋时偏于对称配筋的前后。单网在受拉区比相应的双网在受拉区, 其初裂强度低 30% , $a_r=0.05\text{m/m}$ 强度低 $(20\sim 40)\%$, 破坏强度低 $(22\sim 32)\%$ 。

2. 变形特征方面: 各組試件 $\sigma-\epsilon$ 曲綫大致相似, 受拉区应力与应变的比值受配筋量影响很大, 受拉区配筋愈高, 其比值愈大, $\epsilon_{rP}^u = (1.95\sim 7.3)\times 10^{-4}$, 随 β 增加而提高; $\epsilon_{0.05}^u = (12.2\sim 29.5)\times 10^{-4}$ 随受拉区配筋量增加而增大。随着可見裂縫的出現, 挠度值急剧增加。

3. 板件的裂縫产生与扩展, 随 r 不同而有所改变, r 愈大裂縫出現愈迟, 分布愈匀, 扩展愈慢, 抗裂性愈好。鋼絲网水泥的抗裂性除了和 r 有关外, 还和鋼絲网水泥内部的粘結表面积有关, 此外和保护层的厚度, 施工的密实度均有一定关系。

建材院对鋼絲网水泥設計控制应力及折算用的弹性模数 E 提出了計算公式, 这里仅将一般設計中

关系較大的抗弯强度的計算公式及弯曲变形模数的計算公式列出提供參考。

公式应滿足的条件:

- ① 含鋼量 $\leq 300\text{kg/cm}^2$ 。
- ② 加筋鋼絲直径 $\leq 4\text{m/m}$ 。
- ③ 砂浆标号 $R \geq 400$ 号。

1. 抗弯强度計算:

1) 按初裂阶段計算:

$$\text{抗裂强度 } \sigma_{rP}^u = [0.45(r-150)^2 \times 10^{-4} + 0.75] R_P$$

式中 σ_{rP}^u ——弯曲抗裂强度 kg/cm^2

2) 按裂縫寬度 $a_r=0.05\text{m/m}$ 阶段計算

$$\sigma_{0.05}^u = [0.8(r-150)^2 \times 10^{-3} + 0.09] R$$

$\sigma_{0.05}^u$ —— $a_r=0.05\text{m/m}$ 时受弯抗拉强度, kg/cm^2

R ——砂浆抗压强度 kg/cm^2 , 按 7.07cm 边长立方体試件确定。

3) 按破坏阶段計算

$$\sigma_P^u = [0.12(P-1)^2 + 0.3]R$$

P ——受力方向的总配筋百分率。

以上公式当双网在受拉区时求得之 σ_{rP}^u ,

$\sigma_{0.05}^u$, σ_P^u 皆需乘以 1.1 之系数, 单网在受拉区需乘 0.8 之系数。

以上公式与试验资料比, 误差在 10% 左右。

2. 弯曲变形模数计算

$$E_{rP}^u = K \frac{\sigma_{rP}^u}{\epsilon_{rP}^u}$$

$$= K \frac{[0.45(r-150)^2 \times 10^{-4} + 0.75]}{[0.04(\beta-150)^2 \times 10^{-4} + 0.05]} \times 10^4$$

式中 E_{rP}^u ——弯曲初裂变形模数 kg/cm²。

ϵ_{rP}^u ——弯曲初裂时受拉区边缘相对变形。

$$\epsilon_{rP}^u = [0.4(\beta-150)^2 \times 10^{-4} + 0.5] R_P \times 10^{-5}$$

K ——系数: 一般情况系数 $K=1.3$; 加筋钢丝在非受力方向, 受拉区为一层网, $K=0.9$ 。

由于低配筋钢丝网水泥是一种非完全弹性体, 因而用受拉区边缘之相对变形来表征钢丝网水泥之

总变形是有误差的。因此设计所用之变形模数应根据试验测得之挠度 f 确定。

以上 E_{rP}^u 公式误差在 20% 左右。

(三) 技术经济指标的分析

钢丝网水泥农船自 61 年试制到目前, 已历经三年多的考验。在生产 and 实际使用中证实了它具有技术上的可能性, 经济上的合理性和取材上的现实性。从近年来建造的钢丝网水泥拖轮, 货驳, 小农船的生产, 使用中取得良好效果的大量事实证明: 水泥船不仅可以节省大量木材, 桐油, 麻丝, 也不仅是代替木船的一种权宜之计, 而且是一个今后发展的方向。

由于钢丝网水泥材料可以任意成型, 成型工艺和设备较之钢船, 木船要简单, 建厂所需的一次投资较少。同时在工种和施工技术上一比较单纯, 无须高级工种, 易于掌握, 也节省了制作工时。在材料供应上, 钢丝网水泥船主要材料是水泥, 黄砂, 钢丝等来源方便, 容易取得。这些都是钢船和木船不能相比的重大经济价值。

这里介绍无锡船厂四吨辛型带肋式钢丝网水泥农船的工料消耗情况。如表 4。

表 4

材			料		人		工				
名		称	規		格	数	量	工	种	工	日
鋼	型	鋼	∠45×45×5, 扁鉄 3×30			195 kg		冷	作	3.5	
	盘	元	Φ ⁸ , Φ ⁴			47 kg		电	焊	3.5	
	鋼	絲 网	φ1m/m 100×100 孔眼			105 kg		装	配	3	
	工	艺 装 置				10 kg		火	工	2	
	其	他				8.5 kg		扎	网	10	
	小	計				365.5 kg		水	作	10	
电	焊	条	φ4 m/m			9 kg		木	工	5	
水		泥	500 号 硅酸盐			575 kg		起	重	3	
木		材	包括船用属具			0.391立方米		輔	助	2	
黃		砂	中河砂			2.0 吨		养	护	0.5	
潤		油				0.5 公斤					
油		灰				0.5 公斤		总	計	42.5	

船用属具：跳板壹块，平基板壹付，橇一支，篙一根。

为了进一步降低成本，减轻自重，一九六三年六月在武汉召开的全国水泥农船技术鉴定会上规定在现行工艺的情况下，提出了下列技术指标。如表 5。

表 5

載重吨位	配 筋	自重/每載重吨
一 吨	全船用二网，貨艙部分为三网。	650 公斤
二 吨	純网須三网，貨艙部分为四网。加筋須二网一筋，貨艙部分为三网一筋	580 公斤
三 吨	二网一筋，貨艙三网一筋	510 公斤
四 吨	三网一筋，貨艙四网一筋	450 公斤

江苏省建设厅根据省内各生产厂的水平 and 购买力等具体情况，统一规定了各种吨位的水泥农船最高售价。如表 6。

表 6

載 重 量 (吨)	最高 售 价 (元)
4	900
2.8	640
2.5	500
2	460

按此标准而言，現各厂均未超限，故供銷上基本符合农村公社生产队的购买力。

随着工厂劳动效率的提高，企业管理費用的降低，船体结构的合理改进，降低工料的消耗，革新和簡化現行工艺，鋼絲网水泥农船的成本和售价势将进一步降低。

(四) 几点主要方面的改进意見

1. 鋼絲网水泥农船在制作上对于材料的选择和要求應該是严格的，这里提出二个比較突出的問題。

1) 最近期間，江苏几个大型水泥厂所供应的 500# 硅酸盐水泥，其中掺入混合材料較多，一般掺粒状高炉矿渣达(18%)，較过去掺15%有所增加。

水泥初凝時間在 3 时 20 分——4 时 30 分左右，終凝時間在 4 时 30 分——5 时 45 分左右。一般船体施工砂浆粉抹時間在 6——8 小时，因而容易在最后紧光工序中产生肉眼看不到的內在裂縫，使用后亦可能发展成結構裂縫。同时該种水泥早期强度低，容易产生干縮裂縫。这样就增加了施工和养护的困难，模板使用的周期也增长了。因此我們感到对鋼絲网水泥农船上用之水泥的混合掺量最好在 15% 以下，如果水泥品种不能解决則应根据天气的温度高低和湿度情况，严格控制水灰比，縮短收水時間，作到初凝前粉抹完毕，終凝前結束紧光，認真加强养护。

2) 对于鋼絲网材料的选择也是很重要的，由于一般目前都是生产厂自行拉絲土法織网，由于工艺不同，都影响到鋼絲强度和鋼絲网刚度。由資料表明：采用 K₂ 拉絲的，鋼絲在 14# 退火再拉至 20# 其强度为 9500kg/cm² 左右；在 16# 退火再拉至 20# 其强度为 6500—7500kg/cm² 左右；在 17# 退火再拉至 20# 其强度为 5500—6000kg/cm² 左右；在 18# 退火拉至 20# 其强度为 4600—5000kg/cm² 左右；在 19# 退火拉至 20# 其强度为 4400—4600kg/cm² 左右，如果在 20# 退火其强度为 3000kg/cm² 左右，則远远不能满足强度要求，也就很难保証船体綫型的平滑，克服波浪不平現象，且对船体受力不利。由几年来施工中的体会，单满足单絲强度在 4500kg/cm² 的要求是不够的，必須还要滿足鋼絲网在粉抹砂浆时的刚度要求。因此边缘以鋼絲在 14# 退火再拉至 20# 所編織的网是能够滿足刚度要求。最低限度不能低于 16# 退火拉至 20# 所編織的网。

2. 施工工艺

現在鋼絲网水泥农船的制作，大部分仍为手工操作，劳动/强度大，质量提高慢，特別在控制船体自重，保护层厚度方面有所困难。近年来各厂家在这方面作了很多工作。反身施工的单位用肋模上加小垫块，解决折模后的修补痕迹，正身施工的单位采用薄鋼板托底节省了肋模。有些厂家用貼竹篾方式控制保护层，減輕自重較有成效。为了加速船台周轉，提高水泥砂浆强度，有些单位已实行蒸汽养护，据現有情况看来，以采用蒸汽养护罩为适宜，关于蒸汽养护制度，由于鋼絲网水泥船有它的特点，船壳較薄，属空間薄壁壳体。其正确养护制度尚需进一步試驗改进后才能定下来，現將目前已有的試驗資料提出仅供参考。如表 7。

表 7

船号	砂		浆		靜 定		养护時間(小时)			备 註
	水灰比	配合比	設計强度	实际强度	温度	時間(小时)	升温	恒温	降温	
1	0.4	1:1.5	300kg/cm ²	415kg/cm ²	3℃	48	15	23	5	升温每小时10℃以内, 恒温温度平均60℃, 降温每小时10℃以内。
2	0.4	1:1.5	300kg/cm ²	389kg/cm ²	5℃	24	5	30	6	
3	0.4	1:1.5	300kg/cm ²	410kg/cm ²	5℃	24	5	27	5	
4	0.4	1:1.5	300kg/cm ²	441kg/cm ²	7℃	72	5	33	5	

在工艺方面, 为摸索以机械化生产代替手工操作, 提高砂浆密实度, 保证船壳板达到设计厚度, 从根本上解决自重和质量问题, 正在进行震动冲压模制造水泥农船的试验。中南工业建筑设计院试验折叠式成型工艺已成功, 有效地控制了壳板厚度和砂浆强度, 使用了震动抹刀, 高频, 小振幅的小型表面震动器, 提高了质量。同时在采用砧胎模用平板震动器制作钢丝网水泥农船上获得了良好效果。苏州水泥制品厂也在搞分段预制装配制造农船等工艺。这说明要提高水泥船的质量, 减轻自重, 改进现行工艺是一重要关键问题。

通过 63 年 6 月汉口会议以后, 建工部颁布钢丝网水泥农船的施工规范, 检验和质量标准, 使用与维修注意事项等三个文件以进一步确保水泥农船质量。

另外在使用的材料方面, 科研单位也正在研究用轻质材料如陶粒砂, 多孔性去武岩, 烧页岩等拌制砂浆更有效地降低水泥砂浆之容重, 以减轻船体自重。

3. 钢丝网水泥结构存在腐蚀的几个方面。

1) 腐蚀性性质: 钢丝网水泥的腐蚀问题和钢筋混凝土的腐蚀问题之性质基本上是一样的。只是在程度上有所区别。

钢丝网水泥由于保护层较薄, 配筋较细, 因而受施工质量及环境介质的影响较为严重。总之, 腐蚀情况大致可分为二类:

一为由于机械磨损或环境介质的作用, 使保护层剥落式先腐蚀, 然后导致内部钢丝网发生腐蚀。

一为由于砂浆保护层不密实, 使环境介质穿透砂浆保护层而腐蚀了钢丝网。虽然外部依然完整, 但内部已逐渐破坏。

所以钢丝网水泥的腐蚀更确切地说, 实质上就是钢丝网的锈蚀, 由于钢丝网锈蚀而使其失去了骨

架作用和钢丝网水泥的弹性及抗裂性能。同时由于钢筋锈蚀以后体积膨胀(一般为原体积的 2—2.5 倍), 因此当钢筋所产生的横向力超过砂浆之极限抗拉强度时, 即产生了裂缝, 而裂缝之产生更加速了钢筋的锈蚀。从而降低了钢丝网水泥的耐久性。

2) 钢丝网水泥中影响钢丝网锈蚀的因素

影响钢丝网水泥中钢筋及钢丝网锈蚀的因素是很多的, 如环境条件, 钢筋特性, 水泥品种, 砂浆密实性, 保护层厚度, 裂缝, 掺入 CaCl_2 等, 现将主要的叙述如下:

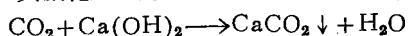
① 结构所处的环境: 钢筋锈蚀的主要因素便是所处的环境和周围的介质。如温度, 湿度, 气态情况以及对结构物直接作用的液体和它的成份。钢筋在一般干燥的环境中, 如钢丝网水泥船干弦及甲板部分, 一般是暴晒于太阳之下, 加之又有具有较高碱性的水泥水化物(一般 PH 值为 12.5~13)的保护, 当没有裂缝或裂缝没有深入到钢丝网时是不易锈蚀的。现在在水线附近以及水线以下部分经常要在水的渗透和干湿交替的情况下, 是比较容易锈蚀的, 一般认为钢筋处在相对湿度小于 60% 的环境中是不易生锈的, 但当相对湿度在 70% 以及尤其在 70%—90% 时, 就有比较严重的锈蚀。另外如果为提高砂浆的早期强度而加入氯盐, 如 (CaCl_2) 以使在渗透水的作用下, 增加了溶液的导电性, 降低了溶液的 PH 值, 影响了氢氧化亚铁保证膜的形成, 并破坏了电极表面氧化膜的保护作用, 加速了钢筋的锈蚀。

② 砂浆的密实性: 砂浆的密实性好坏决定了空气和湿度以及有害介质能否穿过砂浆和钢筋接触, 而且如果砂浆存在孔洞亦将使钢筋表面受水泥水化物碱性保护作用不均匀, 在溶液中影响了钢筋各处离子化的趋势不同, 也会形成局部阳极区域和阴极区域, 产生电化作用。应当通过适当地选用水

灰比, 和灰砂比, 采用砂子級配, 以及机械震捣, 使砂浆具有較高的密实性。同时为避免在鋼絲网水泥湿热处理中内部水份外逸造成定向毛细孔道以及热处理后体积膨胀使材料疏松等影响, 一定要在热处理前有一定的靜置期, 一般不少于 8 小时 (建材院建議), 同时在热处理后亦必須繼續养护一段時間, 以使水泥顆粒逐漸水化完毕, 具有足够的强度。

③ 裂縫影响: 鋼絲网水泥由于保护层較薄, 当裂縫出現以后很容易深入到鋼絲网表面, 因而有利于空气与湿度以及有害介质和鋼絲网接触, 有些資料指出当不加任何外加剂的鋼絲网水泥, 有 0.02 毫米的裂縫时就能使鋼絲网锈蚀。

由于裂縫的产生使砂浆表面的碳化层深入到鋼絲网, 其碳化过程为



CO_2 为碳酸根是酸性, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 为强碱性 $\text{PH}=12$, 而生成物 CaCO_3 为微碱性 $\text{PH}=9$ 。因而鋼筋周围碱性降低, 純化作用减弱, 容易产生阳极过程。

④ 防护措施: 由于鋼絲网水泥农船使用历史还不算长, 除了个别由于施工质量及特殊用途的农船以外一般反映并不严重, 然而由实验室快速試驗得出, 锈蝕仍然是可观的, 目前提出的有以下防护措施:

i 在水泥砂浆中加入加气剂 (松香皂) 和塑化剂。如亚硫酸盐, 酒精废液。以使砂浆容易密实, 降低了水灰比, 减少了内部泌水孔道。一般加入水泥重量之 0.01% 的加气剂或 2% 之塑化剂。

ii 加入某些有效的阻锈剂, 如亚硝酸鈉 (NaNO_2) 和重鉻酸鉀 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)。据資料表明, 如果加入 2% NaNO_2 或 0.5% 的 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 当裂縫在 0.04mm/m 时是不易生锈的。

由于 NaNO_2 和 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 都属于阳极阻锈剂, 是阻止电化过程中的阳极过程, 使金属純化, 因而如掺量不够则不仅不阻锈, 而且可以促进锈蝕。因为他也可以在阴极上促进阴极过程。

除以上方法外还有先对鋼絲网及鋼筋处理如重鉻酸鉀溶液处理和磷化处理, 使其純化。也有是在砂浆表面用塗料来保护砂浆不被侵蝕, 并且堵塞砂浆中毛细孔道。如用过氯乙烯清漆及环氧树脂等。在此不加詳述。

4 封舱盖结构方案。目前不論采用保自重或

保貨重的封舱体积計算, 一般說来封舱均应作到尽可能的水密, 以确保安全。封舱盖的形式很多, 为考虑到水泥农船的成本及使用方便而水密性好, 今提出如下方案: 如图 6, 图 7, 图 8。

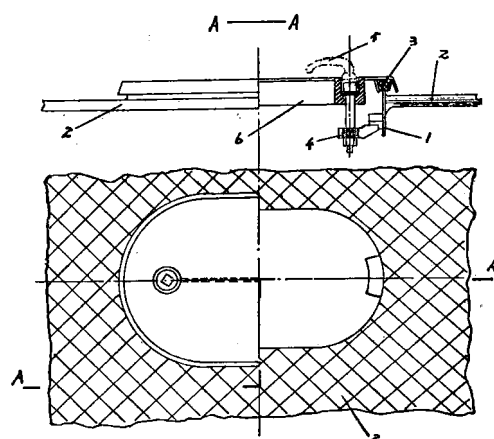


图 6 鋼质封舱蓋

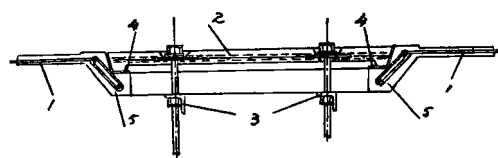


图 7 鋼絲网水泥封舱蓋

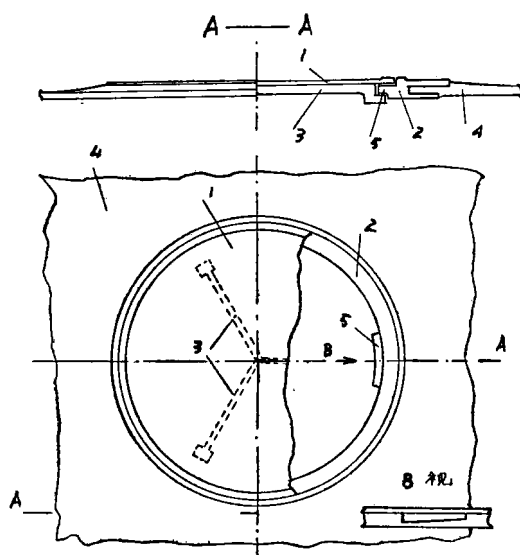


图 8 鑄鉄封舱蓋

1—蓋 2—框 3—加筋肋
4—甲板 5—鑄鉄楔塊

由于使用方便，水密性好，加工简单，建议采用图 8 方案。

四、现场试验报告

为了进一步把水泥农船的特点和性能向农民同志交底，各地制造厂都曾先后作过形式不一的宣传工作，以使这样一个新事物，能够稳步发展。

无锡船厂在六三年七月十日举行了一次规模较大的现场会议，请了一百多名太湖公社及附近地区公社的农民同志，对四吨辛型钢丝网水泥农船的额定装载量，抗沉性，撞击修补和航速等一系列性能，作了公开示范表演。得到了全体出席农民一致好评，具体情况如图 9、10、11、12 所示。

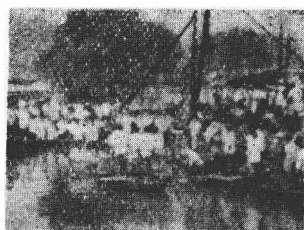


图 9



图 10

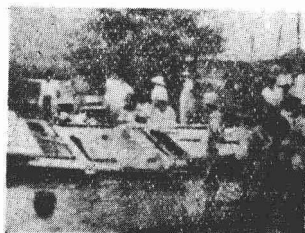


图 11

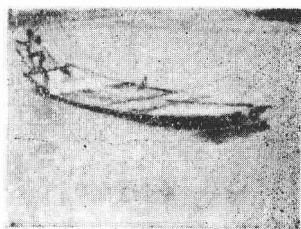


图 12

图 9，水泥农船超载一吨共为五吨，船内外水流相通，上面再站 12 人，并摇晃，船不下沉，再以重物压沉后，但吊出重物，船体自浮。图 10 用同吨位木船和四吨辛型水泥农船全速相撞（农民自己摇橹），经二次撞击，木船撞破下沉，水泥船除护舷木局部翘裂外，并无损伤。图 11，修补表演，请农民同志以 8 磅榔头在船体水线上下各击一洞，然后进行修补，经几分钟后全部补好，再继续表演。图 12，航速测定，以同样两人来摇都装满水的同吨位木船和水泥船，先摇木船再摇水泥船。结果水泥船以 4.0 公里/小时优于 3.4 公里/小时的木船。

通过现场试验，农民同志反映水泥船是牢的，除摇橹起步稍重外，其他航速，摇重，都较木船为轻快。并且消除了水泥船易沉的顾虑。都反映，只要使用时爱惜，管理得好，水泥船可用一辈子。

通过示范，农民同志也掌握了水泥船修补的方法。我们在修补时一般采用以水玻璃 (Na_2OSiO_2) 拌成的砂浆来补漏。其掺量常为拌和水量，即 0.4 倍水泥重。这样调制的砂浆，结硬相当快，往往只须 1—2 分钟。修补时只要把洞口碎屑清除干净，并以水湿润，待水干后再补。补后在修补处以水玻璃再刷一层，以加速表面硬化。

结 束 语

钢丝网水泥农船自六一年至今，研究，试制，改进已三年多了，通过今年汉口举行的五吨以下水泥农船技术鉴定会。这个新事物已得到了肯定，并将进一步发扬广大，鉴定会曾做出如下结论：

1. 水泥农船可以满足农村中多种货运的要求，对粪便拉圾，氨水的耐蚀性比钢，木船好。
2. 水泥农船比木船节约木材 90% 左右，和全部桐油。
3. 水泥农船的成本比钢船低 20—40%，接近于木船的成本，根据十年推算，维修费用不到钢，木船的 10%。
4. 水泥船表面光洁，摩擦力小，自重不超过规定指标时，总的航行阻力一般不大于木船。
5. 试验与使用证明，用钢丝网水泥制造的水船在合理的设计和按规范要求施工的情况下，强度是足够的。
6. 设有抗沉舱的水泥农船具有一定的抗沉能

力。

7. 水泥农船的韧性较差，同硬物碰时不如木船，但在经受重大冲击时，结构强度优于木船。

8. 水泥农船自重大于木船，满载排水量比木船增加12—30%，迴轉与随波起伏不如木船灵活。

根据以上結論，水泥农船在经济上较为合理，在使用上能满足要求，在技术上已具备正式生产的条件，可以推广。因此，只要我们在设计时掌握住水泥农船的设计原则，施工中严格遵守建工部颁布的五吨以下鋼絲网水泥农船的施工暂行规范，检验与质量标准。努力降低成本，我们就一定能造出大批广受农村欢迎的，价廉物美的农船来，大力支持农业战线，为发展和繁荣我国农业经济而贡献出我们

们的力量。

本文是根据在六三年全国内河及农用船舶技术会议上宣读的为絲网水泥农船；鋼絲网水泥农船調查报告；江苏地区农用鋼絲网水泥船生产中几个技术问题的意見及鋼絲网水泥农船抗沉及腐蚀問題的探討等四篇論文汇编起来，并根据会上提出的意見，加以补充和修改而成。限于水平的限制，謬誤之处，敬請指正。

評 价 意 見

文中对鋼絲网水泥农船設計、制作、材料、經濟分析，及使用情况均作了较为全面的总结与分析，对改进現有的生产工艺具有一定的实用意义。

鋼骨架鋼絲網水泥船中若干問題的探討

王乃賢 史元熹

前 言

社会主义建設不断发展，內河小型船舶的运输任务日益繁重，而我国目前木材及鋼材尚供不应求，影响到內河小型船舶的大量建造，所以应用鋼絲網水泥来代替鋼、木造船，是有着现实意义的。从1958年起，我国建造了数以万計的鋼絲網水泥船舶，在国民經济中起了一定的作用。經過近五年的生产实践考驗，在交通运输事业中初步打下了基础，消除了許多人对鋼絲網水泥船早期使用中的怀疑和偏見。

目前建造的水泥船，一般有鋼筋混凝土骨架、鋼絲網水泥壳板及鋼骨架、鋼絲網水泥壳板两种，前者大部用以建造囤船及工作船，后者因自重輕用以建造运输船舶。

鋼骨架的鋼絲網水泥船具有优良的經濟性和工艺性，其自重与鋼船、木船相差不多，且一般船厂都习惯于建造鋼骨架船舶，因之在运输船舶中都乐于采用这种結構形式。

但是这种船舶是用两种不同性质的材料——鋼质型材和鋼絲網水泥板造成的，目前在設計方面尚缺乏資料，往往使設計人員感到困难。国内关于这种船舶的結構研究尚在开始阶段，我們就下面几个問題談一点不成熟的看法，作为抛砖引玉。

一、鋼骨架梁与鋼絲網水泥板組成的联合梁材受弯曲的截面計算。

二、联合梁材中，因为两种材料的温度不同而产生的温度应力。

三、鋼骨架、鋼絲網水泥壳板船舶的防腐絕热措施。

一. 联合梁材受彎曲時的截面計算

(一) 概述:

計算联合梁材时首先应当考虑到荷載的作用特点，这些特点是与联合梁材的构造和施工的方法有关的。下面我們以甲板为例說明这个問題。

水泥船的甲板在施工时，将鋼絲網扎紧于已制好的鋼骨架上，一般不再鋪設模板和脚手架；工人就直接立在鋼絲網上或鋼骨架上进行操作。这样一来，鋼骨架梁就成为鋼絲網水泥板在制造过程中的支承物；在水泥未凝固之前，它的重量以及工人的重量是直接由鋼骨架梁单独承受的，这个阶段我們称之为梁弯曲的第一阶段，上述的荷載称之为荷載的第一部分。在水泥板凝固之后，它与鋼骨架梁組成一体，这个联合梁承受着我們設計时所取定的“計算荷重”（这是由规范規定的）。这个荷重在水泥板中及鋼骨架梁中都产生相应的应力，这我們称之为弯曲的第二阶段，計算荷重就是荷載的第二部分。应当說明，在目前的水泥船設計中，对于弯曲的第一阶段尚沒有注意到，所以我們准备較為詳細的、反复的探討一下。

在选择联合梁材截面时，遵循的原則是：尽可能使鋼骨架梁充分利用；尽可能使水泥板与鋼骨架梁共同工作。

目前在联合梁材的設計和强度校核中，采用的是材料力学和結構力学中的普通理論，假定鋼絲網水泥板是一种均质各向同性的弹性材料（在此不准备多述这些方法和假定与实际情况的一致程度，因为这方面的研究工作还太少）。因此我們要進行計算，首先需要有关材料的弹性和塑性特点的知識。鋼材的弹性特点是穩定的，而且十分清楚，水泥板則不同，其弹性特点比較不穩定，而且与很多材料和操作上的因素（如砂浆标号、水泥质量、砂浆的塗抹和凝固条件等）有关。許多最重要的弹性特征如弹性模量、极限延伸值、泊桑比等等資料皆不完善，特别是对由水泥板和鋼梁組成的联合梁材在弯曲时的工作情况，相互关系等研究的更少。因此，当前只能将現有的少量試驗資料，以往实际中应用数据及120吨水泥駁船国家鑑定文件中所推荐的数据作