



水泥船 建造工艺

(修 订 版)

人民交通出版社

封面设计：梁毓英

科技新书目〔171-65〕

统一书号：15044·6358

定 价： 0.80 元

水 泥 船 建 造 工 艺

(修订版)

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书自1971年初版以来,我国水泥船有较大的发展,现特在原书基础上进行修订再版。全书共分七章,主要内容有水泥船的原材料、钢丝网水泥船建造工艺、钢筋混凝土船建造工艺、大型水泥船的工艺特点、水泥船的涂料及水泥船的修补等。对原书内容有适当的修改和补充,增加了近年来新的成熟的工艺方法、新型的施工机具及大型水泥船的施工等内容。

本书可供从事水泥船建造、设计及研究的技术人员及施工人员参考。

本书编写人员

张 辉 谢礼炎 陈义荣 袁忠圣 黄素莉 陈文章
徐自毅

水泥船建造工艺

(修订版)

人民交通出版社出版
(北京市安定门外和平里)
北京市书刊出版业营业许可证出字第006号
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售
人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 7.625 插页: 1 字数: 167千

1980年9月 第1版

1980年9月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2,800册 定价: 0.80元

再 版 前 言

我国的水泥造船业，是从1958年开始发展起来的。水泥船质量的好坏与建造工艺有着密切关系。为了总结全国各地大造水泥船的经验，1971年由人民交通出版社出版了《水泥船制造工艺》一书。近几年来，随着水泥船的发展，创造了许多先进的工艺方法，为了有利于促进水泥船建造工艺水平的提高，故对原书进行修订再版。再版时全书共分七章，在原来的基础上增加了近年来新的成熟的工艺方法，新型的施工机具及较大型水泥船的施工特点等内容。

修订编写工作是由九江水泥船试验厂、江苏省无锡船舶修造厂及水泥研究院工艺研究所等单位参加，由九江水泥船试验厂主编。在修订过程中还得到交通部上海船研所、苏州水泥制品研究所、第三航务工程局以及从事水泥船科研设计和生产的不少单位有关人员的大力帮助，在此一并表示感谢。

由于编写人员水平有限，遗漏和错误之处，望广大读者提出宝贵意见。

目 录

再版前言

第一章 水泥船发展概况	1
第二章 水泥船的原材料	4
第一节 水泥、砂、石子、水.....	4
第二节 砂浆和混凝土的配制及影响其 强度的因素.....	9
第三节 水泥船用的钢材及钢丝网.....	14
第四节 拉丝织网工艺简介.....	16
第三章 钢丝网水泥船建造工艺	24
第一节 钢丝网水泥船简介.....	24
第二节 钢丝网水泥船的放样.....	24
第三节 钢丝网水泥船预制构件制作.....	36
第四节 水泥船的养护.....	45
第五节 钢丝网水泥船的反模建造法.....	49
第六节 钢丝网水泥船的正模建造法.....	90
第七节 钢丝网水泥船夏季及冬季施工 注意事项.....	103
第八节 钢丝网水泥机动船施工注意事项.....	105
第九节 船体检验及几种缺陷的防治.....	108
第十节 船体下水.....	111
第四章 钢筋混凝土船舶建造工艺	117
第一节 钢筋混凝土船舶简介.....	117

第二节	钢筋工程、电焊及预埋件·····	120
第三节	模板工程·····	127
第四节	混凝土工程·····	128
第五节	预制件制作·····	132
第六节	船台铺设·····	135
第七节	船体装配·····	137
第八节	构件接缝及现浇混凝土·····	140
第九节	船体舾装·····	141
第十节	钢筋混凝土船的检验·····	143
第十一节	钢筋混凝土船的下水·····	146
第五章	大型水泥船建造工艺中的若干问题·····	157
第一节	我国大型水泥船的建造概况及 其工艺特点·····	157
第二节	水泥船厂的总平面布置及船台 的设置·····	163
第三节	大型预制构件的起吊、运输和安装·····	175
第四节	船体钢筋工程·····	182
第五节	船体混凝土工程, 喷浆及高频 振动灌浆·····	185
第六节	大型水泥船建造工艺的发展前景·····	211
第六章	水泥船的涂料·····	222
第一节	水泥船为什么要涂刷涂料·····	222
第二节	水泥船涂料的性能要求·····	223
第三节	水泥船的常用涂料·····	225
第四节	水泥船涂料的施工特点·····	230
第七章	水泥船的修补·····	232
第一节	钢丝网水泥船的修补方法·····	232
第二节	钢筋混凝土船舶的修补方法·····	236

第一章 水泥船发展概况

水泥船在两次世界大战期间已有较大的发展。我国的水泥船是在1958年诞生的，二十年来，在广大造船工人、科技人员和干部共同努力下，得到了很大的发展，为发展交通运输业、支援工农业生产和促进城乡物资交流起了很大的作用。

我国水泥船根据用途大致可分四大类：

1) 水泥农船：水泥农船包括1~15吨的农船、排灌船、吸泥船、农业多用船等。这类船吨位小、数量多、造价低、建造方便，一般人民公社都可生产。我国以江苏省最多，全国农用船约有200多万吨位。

2) 水泥渔船：我国水产资源丰富，当前各类渔船的发展远远满足不了捕捞、养殖业的需要。我国沿海和内河群众性渔业的渔船大部分都是木质的，木船的年报废率达5%~20%，所以发展水泥渔船能为群众性捕捞养殖业开创新的途径。目前水泥渔船有3.2万吨，7.5万马力左右。主要有小型渔轮、机帆渔船、水产养殖船、水产运销船等。这类船舶在广东、福建、浙江、江苏、山东等省发展较快，江苏还生产过600马力水泥渔轮。

3) 水泥运输船：主要有驳船（包括液货驳）拖轮、货轮、（包括机动驳）、客轮、汽车渡船等。这类船舶分布较广，随着生产发展和运输任务的增加，品种数量日益增多，近几年也试制了一些大型水泥运输船，如3,000吨沿海货轮，1320马力的长江拖轮，500客位600马力长江客货轮及1500吨

甲板驳等。

4)水泥工程船：主要包括码头囤船、水泵船、水上宿舍船、起重船、打桩船、挖泥船、浮船坞等。这类船舶多数是用钢筋混凝土建造的，大型工程船舶有100米长的舢装囤船、万吨级浮船坞等。海上钢筋混凝土石油钻井船也属这一类，我国在1966年就进行过海上混凝土钻井平台的单体试验，取得了一定的数据资料。

水泥船之所以能获得发展，是由于它本身具有一定的优点，例如：

1)节省钢材、木材。水泥船比同类型的钢船可省钢材40~50%，比同类木船节约木材70%左右。

2)船体坚固耐用，整体强度好，使用寿命长。

3)具有良好的耐腐蚀性，可运载氨水、食盐等。

4)保养简便，维修费用低，与同类木质船比可节省大量油漆、桐油等。

5)造价低，一般中小型船造价比同类型钢船、木船低30~50%。

它的缺点是自重大些，局部抗冲击性能差些，这一缺点将随着科学技术的发展，逐步得到克服。

我国比较早的水泥船至今仍然在安全使用，如我国第一条35米钢筋混凝土囤船自1963年下水以来，至今还作为码头囤船和水泵船使用着。福建马尾船厂建造的沿海300吨货轮，自1965年投入使用以来，在闽沪之间安全航行50多万公里，经受了多次七、八级大风，并经搁浅等考验。

我国水泥船从1958年开始生产以来，已由小到大、由内河到沿海、由非机动到机动，品种数量也不断增加。在建造工艺上也不断地在改进，各地因地制宜地创造了很多较为先进的工艺方法，船体建造也由整体施工发展到分块预制拼

装，生产过程逐步走向机械化流水线。

我国幅员辽阔，江河纵横，海岸线很长，国民经济不断发展，交通运输任务不断增加，这对大力发展水泥船事业是一个有利条件。我国的大陆架蕴藏着丰富的石油资源，开发这些油田，钢筋混凝土钻井船和工作平台也是可取的，所以我国水泥船事业有着良好发展前景。我们要不断地总结经验，采用新技术，研究新工艺，使水泥船的生产提高到一个新水平。

国际上水泥造船工业至今已有一百多年的历史，到二十世纪七十年代水泥船舶已向大吨位发展，近年来人们注意发展钢丝网水泥船和预应力混凝土船及大吨位混凝土工程船舶，如美国在印尼爪哇海建造了排水量为66000吨的装载液化石油气的预应力混凝土驳船。挪威在1973年建成30多万吨重的钢筋混凝土海上石油钻井平台等。

国外水泥船已采用轻集料及预应力技术，且不断在创新，我们必须认真吸取国外先进的成功经验，结合我国的具体情况进一步发展水泥船事业，为实现我国四个现代化作出贡献。

第二章 水泥船的原材料

水泥船分钢筋混凝土船及钢丝网水泥船两大类，钢筋混凝土船是以水泥、砂、石子及水组成的混凝土和钢筋制成的。钢丝网水泥船是以水泥、砂及水制成的水泥砂浆和配筋钢丝网制成的。钢丝网水泥与钢筋混凝土相比，构件较薄，钢筋分散性大，可以减轻船体自重，提高抗裂性能，配筋钢丝网上粉抹砂浆，模板用量少，并能使船体作成较复杂的线型。工程船多数用钢筋混凝土建造，其它船舶用钢丝网水泥建造。本章主要叙述水泥船所用的原材料。

第一节 水泥、砂、石子、水

一、水泥

水泥是由石灰石（碳酸钙）和粘土经过 1000°C 以上的高温煅烧以后，所得以硅酸钙为主要成分的熟料，加入少量石膏磨成的一种水硬性胶凝材料。建造水泥船一般采用 425 号或 425 号以上的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，质量应符合国家标准 GB175-77，每批水泥进厂应附有水泥检验合格证，其抗压、抗折强度、物理性能及化学成分应符合表 1、表 2、表 8 的要求。

我国生产的掺混合材料的水泥，有矿渣硅酸盐水泥及火山灰质硅酸盐水泥等。矿渣硅酸盐水泥内部孔隙较大，不适于干湿交替、时冻时融的使用条件，水泥船在使用时，有时

抗压、抗折强度

表 1

水 泥 标 号	硅 酸 盐 水 泥			普 通 硅 酸 盐 水 泥		
	3 天	7 天	28 天	3 天	7 天	28 天
抗 压 强 度 公斤/厘米 ²						
425	180	270	425	160	250	425
525	230	340	525	210	320	525
抗 折 强 度 公斤/厘米 ²						
425	34	46	64	34	46	64
525	42	54	72	42	54	72

硅酸盐或普通硅酸盐水泥物理性能

表 2

细度 (0.080毫米 方孔筛筛余量)	初 凝 时 间	终 凝 时 间	安定性 (煮沸)
< 15%	不得早于45分钟	不得迟于12小时	合 格

普通硅酸盐水泥化学成分

表 3

化 学 成 分	氧 化 镁 MgO	三 氧 化 硫 SO ₃
含 量 (%)	< 6	< 3.5

满载，有时空载，水线附近常处于干湿交替，故不太适用制造水泥船。但矿渣硅酸盐水泥后期强度比普通硅酸盐水泥高，尤其是在蒸汽养护条件下强度增长较快，为此，小型内河水泥船可以采用矿渣硅酸盐水泥。使用时其标号不低于425号，且在保证施工质量时应采取延长静定和蒸养时间，以防止裂缝和剥壳等质量事故。对于海船及大型内河水泥船不采用矿渣水泥。火山灰质硅酸盐水泥吸湿性大，含水量多，早期强度低，体积膨胀大，干硬后容易干缩开裂，因

此，不适宜制造水泥船。

抗硫酸盐水泥对抗海水的腐蚀及抗冻融和干湿交替性能较好，因此，有条件时海船应予采用，且标号不低于500号，质量应符合国家标准 GB748-65的规定。

水泥的存放应严格防潮，存放时间一般不超过三个月，以免变质。结硬的水泥不得直接使用，应筛除结块后进行试验，按实际标号使用。

建造同一条水泥船，一般要用同一标号、同一品种、同一牌号的水泥，如果遇有特殊情况，不得不混合使用时，应该尽量作到一个部位用一种水泥。

其他有采用早强快硬水泥；采用微膨胀水泥进行抢修、抢补、填灌孔洞接缝。对水泥性能的研究，为进一步改善水泥船工艺是很重要的。

二、砂

砂是水泥砂浆中的骨架材料，也是混凝土中的填充料。建造水泥船用的砂，常用天然河砂、江砂及山砂。砂子用标准筛分级，标准筛筛孔径分为5、2.5、1.2、0.6、0.3及0.15毫米6种，砂子的最大粒径要小于5毫米。筛分时留在2.5毫米以下各筛子上的筛余量分别以 g_5 、 g_4 、 g_3 、 g_2 、 g_1 表示之。砂子筛分曲线要在适当的级配图内。砂子按平均粒径进行分类，平均粒径按下式计算：

$$d_{\text{平均}} = 0.5 \sqrt[3]{\frac{G}{11g_1 + 1.37g_2 + 0.171g_3 + 0.02g_4 + 0.0024g_5}}$$

式中， $G = \Sigma g$

粗砂	$d_{\text{平均}} > 0.5$ 毫米
中砂	$d_{\text{平均}} = 0.35 \sim 0.5$ 毫米
细砂	$d_{\text{平均}} = 0.25 \sim 0.35$ 毫米

内河及沿海钢丝网水泥船宜采用中砂，平均粒径为0.35

~0.5毫米，小于0.15毫米和大于3毫米的颗粒应筛去，农船最大砂径可放宽到4毫米，砂的空隙率不宜大于40%。

砂中杂质含量应符合表4规定。砂子中含有过多的粘土

表 4

杂 质	小 于 %
粘土、淤泥及微细粉末	3
其中粘土量（无单独团粒存在）	1
硫酸盐及碘化物(SO ₃)按重量折算计	1
云母（按重量计）	0.5

和淤泥，会影响水泥浆与骨料之间的粘结，而降低混凝土与砂浆强度。不得采用结冰的砂。

沿海钢丝网水泥船宜采用天然淡中砂。砂子还可以用细度模量来分级。细度模量是把表5上筛孔（2.5, 1.2, 0.6,

表 5

分 类	筛 孔 直 径 (毫米)					细度模量
	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
	累 计 筛 余 (%)					
I 区砂 (粗砂)	5~35	35~65	71~85	80~95	90~100	2.8~3.9
II 区砂 (中砂)	0~25	10~50	41~70	70~92	90~100	2.1~3.4
III 区砂 (细砂)	0~15	0~25	16~40	55~85	90~100	1.6~2.7

表 6

杂 质	含量（按重量计）
粘土、淤泥	<1.0%
云 母	<0.5%

0.3, 0.15) 的筛余百分率总和除以100即得。

海船用砂杂质含量要求见表6。

采砂要因地制宜就地取材, 对于只产细砂或粗砂的地方, 应当通过试验在符合设计强度及抗渗要求下才可使用。若采用细砂, 应适当增加水泥用量, 灰砂比可取 $1:0.9\sim1.2$, 降低水灰比且控制在0.4以内, 因为水泥太少, 容易裂缝。另外搅拌时间要比中砂长 $1\sim2$ 分钟, 在初凝前后进行两次压实, 以增加表层砂浆的密实性。粗砂对制造钢丝两层数较多的水泥船, 砂粒不易进网, 易产生空洞, 对网层不多的中小型水泥船是可以采用的。采用海砂时除必须符合淡砂的一般要求外, 尚须筛去石灰质、贝壳、碎屑等杂质, 冲淡盐分, 含盐量的多少以不使钢筋锈蚀为原则, 其含盐量不得超过0.01% (指氯化物重量占干砂重量的百分率)。

三、石子

石子是混凝土中的骨架材料, 它也起着填充体积、节约水泥的作用。制造钢筋混凝土船所用的石子有碎石和砾石, 其中以碎石为佳, 因为表面粗糙, 与水泥浆粘结力强。混凝土出现裂缝绝大多数是沿着水泥砂浆与石子表面脱开, 为此表面粗糙及棱角多的石子与水泥砂浆的粘结力较好, 最好的形状应是近乎立方体和四面体的。石子强度应高于混凝土强度。

石子要经过筛洗才能使用, 所含粘土、淤泥、粉末状颗粒按重量计算不应超过1%, 石子中的针状颗粒和片状颗粒的含量按重量计不应超过15%。

石子应具有良好的级配, 即各种不同大小的颗粒之间应有一定的组合关系, 以求获得颗粒间最小空隙体积, 石子空隙率不应超过45%, 若空隙率超过45%时, 要人工级配。石子粒径的选择, 在混凝土板厚为100毫米以下时, 石子最大

粒径为板厚的1/2。对于船体的梁、肋,选用石子最大粒径不能超过结构断面最小尺寸的1/4,同时不大于钢筋最小间距的3/4。一般可采用5~10毫米瓜子石,板材选用5~25毫米的石子。

四、水

自来水、井水、清洁的河水、雨水都可以用来制造水泥船。对于沼泽水、脏河水、工业废水和一切带酸、带碱、带油的水及矿物质含量较多的硬水,对砂浆和钢材都有侵蚀,因此不能用来制造水泥船。

第二节 砂浆和混凝土的配制及影响其强度的因素

一、砂浆的配制

内河船用水泥砂浆的标号不低于400号,海船用水泥砂浆的标号不低于500号,砂浆的标号即 $7.07 \times 7.07 \times 7.07$ 立方厘米试块28天龄期的抗压强度极限值。

船用水泥砂浆按重量比配制,砂子采用中砂,灰砂比为1:1.5,水灰比为0.35~0.42。水灰比按砂浆稠度根据不同成型方法而定。砂浆稠度见表7。每立方米砂浆中水泥用量

表 7

成 型 方 法	参 考 水 灰 比	砂 浆 稠 度 数 值
振 动	0.32~0.36	3~4厘米
手 工	0.37~0.41	5~6厘米

为800公斤或更多些。

砂浆宜采用机械搅拌,搅拌时间不少于3分钟。砂浆应

随拌随用，一般在1小时内用完，如在施工过程中发现有初凝现象，不准掺水使用。

砂浆中不准掺入氯化物作早强剂，以免引起钢筋、钢丝网的腐蚀。

二、影响砂浆强度的因素

砂浆的质量是决定钢丝网水泥船质量的重要因素，而砂浆的性能取决于水泥质量、灰砂比、水灰比、砂子的粒度、外加剂及施工条件。例如高频振动、真空作业及养护等。其中水泥标号、灰砂比及水灰比这几个条件是配制水泥砂浆时首先接触到的。

1)水泥标号愈高，砂浆标号亦提高。

2)灰砂比：灰砂比是指水泥与砂子的重量比，砂子在砂浆中起骨架作用，合理选择水泥和砂子的比例是很重要的，如果砂子过多，水泥太少，则无法将所有砂子包围粘结，未包围的砂子仍旧是松散状态，所以这种砂浆的强度是不好的。砂子太少，纯水泥浆太多，水泥用量多且易出现裂缝，使用寿命缩短。经过实践，灰砂比一般取1:1.5较合适，有些钢丝网水泥小船，在船壳部分采用1:1.5，其他部件采用1:1.7。

3)水灰比：水灰比是水与水泥重量之比。水泥是水硬性材料，要与水起水化作用，才能使砂浆体进而凝结硬化产生强度，因此用水量对砂浆强度有很大影响，用水太少，砂浆太干、粉抹困难，也不容易密实；用水过多，虽然和易性好，粉抹容易，但是这些多余的水，经过一个时期以后便蒸发掉，在水泥砂浆内部形成很多气孔，使砂浆不够密实，从而降低强度。根据实践经验，水灰比一般在0.35~0.42范围内较适合，并以砂浆稠度来控制，具体水灰比应根据施工方法灵活使用，如手工抹浆一般在0.38~0.42，一般机械振捣为