



人海

相依

● 中国人的海洋世界

上海 中国航海博物馆专业委员会 编

上海古籍出版社



人海相依

● 中国人的海洋世界

上海中国航海博物馆专业委员会
中国博物馆协会航海博物馆专业委员会 编

上海古籍出版社

图书在版编目(CIP)数据

人海相依：中国人的海洋世界 / 上海中国航海博物馆编. —上海：上海古籍出版社，2014. 12
ISBN 978-7-5325-7496-4

I. ①人… II. ①上… III. ①航海—交通运输史—上海市—文集②港口—交通运输史—上海市—文集 IV. ①F552.9-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 282026 号

人海相依

——中国人的海洋世界

上海中国航海博物馆 编

出版 上海世纪出版股份有限公司 上海古籍出版社

(上海瑞金二路 272 号 邮政编码 200020)

(1) 网址: www.guji.com.cn

(2) E-mail: guji1@guji.com.cn

(3) 易文网网址: www.ewen.co

发行 上海世纪出版股份有限公司发行中心

印刷 上海中华商务联合印刷有限公司

开本 787 × 1092 1/16

印张 21

字数 410,000

版次 2014 年 12 月第 1 版

印次 2014 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5325-7496-4 / K·1975

定价 98.00 元

“人海相依：中国人的海洋世界”国际学术研讨会

主 办：上海中国航海博物馆
中国海外交通史研究会
泉州海外交通史博物馆
协 办：中国博物馆协会航海博物馆专业委员会
复旦大学历史学系
南京大学中国南海研究协同创新中心

《人海相依：中国人的海洋世界》论文集编辑委员会

顾 问：徐祖远
主 任：年继业
副主任：谢必震 丁毓玲
委 员：（按姓氏笔画排序）
王丽明 刘义杰 刘永连 刘迎胜 孙光圻
朱鉴秋 陈佳荣 松浦章 郑永常 修 斌
顿 贺 龚缨晏 廖大珂 蔡 薇 戴鞍钢
主 编：钱建国
副主编：周群华
编 辑：温志红 赵 莉 单 丽 李 洋
陈丽华 肖彩雅 林 瀚

序 言

伴随着中国 30 多年的改革开放与对外发展,伴随着全球化浪潮,中国人越发认识到融入世界、认识世界、拥抱世界的价值,同时也逐渐发现我们过去所忽视的海洋的力量与价值。我们所处的 21 世纪,正是海洋竞争的世纪。世界大国莫不因海而兴,莫不兴海而强。对海洋以及围绕海洋的一切资源的利用和管控能力,已成为衡量国家和民族竞争力的一把尺子。

在历史上,中国人对土地的感情远胜于大海,对海洋的认识则显得有些陌生。但今天,海洋已不再是天险,而是联系各国商品、资源和信息的通途;也不再是天然的安全屏障,而是威胁安全的前沿阵地。我们在新环境下反思历史,反思我们的过去,认识我们与大海的关系,认识我们思想深处的蓝色基因,这是十分必要、十分紧迫的大事。如何唤醒我们心灵深处的大海精魂,如何塑造我们灵魂深处的蓝色基因,如何以勇敢的航海人拥抱世界,如何以开拓进取的精神振兴我们的国家和民族,如何复兴我们的中国梦,都是我们航海博物馆不断思考并继续努力的重大命题。

“人海相依:中国人的海洋世界”这一命题的提出,为 21 世纪海上丝绸之路建设提供了有力的文化支持。由中国航海博物馆、中国海外交通史研究会、泉州海外交通史博物馆主办,中国博物馆协会航海博物馆专业委员会、复旦大学、南京大学协办的“人海相依:中国人的海洋世界”国际学术研讨会在上海顺利召开,海内外 120 多位学者齐聚上海中国航海博物馆,围绕海上交通贸易、海上丝绸之路、航海技术、海疆与海防等重要问题进行了深入热烈的文化交流、思想碰撞。这场高质量的研讨会反映了中国海洋史研究的最新前沿动态和发展趋势,是对近几年来中国航海历史研究与中国海洋文化研究的一次高水平学术检阅,也是学术界积极关注海洋、认识海洋并全力推进

海洋经济发展的一次新探索。

我相信,中国人面对海洋的智慧是无穷的,中国人的海洋世界更是广阔的。我愿同所有研究海洋文化、弘扬航海文化的同仁一并努力,服务于国家的海洋强国战略,服务于 21 世纪海上丝绸之路建设。

徐绍涛

二〇一四年十二月十二日

目 录

序言

Preface _____ 001

中国古船舱壁之水密性的探讨

Study on the Watertight-bulkhead Technology of
Chinese Ancient Ships

蔡 薇 马 麟 / Cai Wei Ma Lin _____ 001

宋元时期海上丝绸之路上的泉州外销瓷

Quanzhou Export Ceramics on the Maritime Silk Road
in the Song and Yuan Dynasties

陈丽华 / Chen Lihua _____ 012

沿海港埠与内陆出口农副产品的的水陆转运

——以近代黄河流域为中心

The Land and Water Transport of Agricultural and
Sideline Product between Coastal Ports and Inland
Exports

— Centered on the Modern Yellow River Basin
戴鞍钢 / Dai Angang _____ 022

中国古船木构技术的演进

The Gradual Progress of the Timber Structure
Technology of Chinese Ancient Ships

顿 贺 / Dun He _____ 032

宋代中国与东南亚的陶瓷贸易

——以鳄鱼岛沉船(Pulau Buaya wreck)资料为中心

The Ceramic Trade Between China and Southeast Asia
during Song Dynasty: A Case Study on Pulau Buaya
Wreck

胡舒扬 / Hu Shuyang _____ 048

论“范文同公函”的法理价值

——以国家继承为视角

Analysis on the Legal Significance of "Pham Van Dong's Official Letter"

— from a Perspective of State Succession

蒋国学 阳 阳 / Jiang Guoxue Yang Yang _____ 068

浅析 17 世纪上半叶日本“锁国政策”对其外贸的冲击

An Analysis on Impacts on Japan's Foreign Trade Due to the "Seclusion Policy" of Tokugawa Japan in the 1st Half of the 17th Century

李德霞 / Li Dexia _____ 077

清代前期泉州商人的北疆蔗糖贸易

The Bei-cao Sucroses Trade along the Coastal Area Led by the Quanzhou Merchants during the Early Qing Period

林 仪 / Lin Yi _____ 089

宋代的船舶检验

The Ship Inspection in Song Dynasty

逢文昱 王 娟 / Pang Wenyu Wang Juan _____ 103

清代帆船对东亚、东南亚区域物流与人口流动的贡献

The Contribution of Chinese Junks to Trade Flows and Population Movements between East and Southeast Asia during the Qing

松浦章 / Matsuura Akira _____ 118

中国海洋观的历史形态与创新发展

Historical Forms and Innovation Development of Chinese Ocean View

孙光圻 / Sun Guangqi _____ 129

宋代泉州社会对海洋商业观的认同

Quanzhou Social Identity of the Marine Commercial Value Concept in Song Dynasty

王丽明 / Wang Liming _____ 144

宋人海外视角的现实与局限

——基于对《诸蕃志》的分析

The Realistic and Limited Oversea View of Song Dynasty People

— Based on the Analysis of *the Chu fan-chi*

王刘波 / Wang Liubo _____ 155

20 世纪前叶泰国华字新闻所见中泰航路的情况

The Steamboat Route Between China and Thailand In The First Part of The 20th Century

王竹敏 / Wang Zhumin _____ 167

西方航海观念在晚清

——以翻译小说为中心的讨论

Western Navigation Ideas in Late Qing: A Discussion
Based on Translation Fictions

魏 潇 / Wei Xiao

182

试论“永乐通宝”在日本的流布

The Spreading of Yongletongbao in Japan

吴 起 修 斌 / Wu Qi Xiu Bin

198

元明时期的缅中关系与入缅中国人之研究

Sino-Burma Relations and the Chinese Immigration into
Burma during Yuan and Ming Dynasties

肖彩雅 / Xiao Caiya

215

海洋主权与航海文化建设

Marine Sovereignty and Maritime Cultural Construction

许民强 陈敬根 / Xu Minqiang Chen Jinggen

234

程顺则《指南广义》中的海神信仰

The Sea-God Belief in Chen Shunze's *Zhi nan guang yi*

谢 忱 / Xie Chen

245

扬州出土的陶瓷标本与“黑石号”之比较

Comparison of Ceramic Specimens Unearthed in
Yangzhou with “BatuHitam”

徐仁雨 / Xu Renyu

251

海上丝绸之路上的广东、福建海商

Guangdong and Fujian Businessmen on the Maritime
Silk Road

袁晓春 / Yuan Xiaochun

267

海上丝绸之路上的海南岛

Hainan Island in the Maritime Silk Road

张一平 / Zhang Yiping

282

胸中的航海图

——郁永河《裨海纪游》手绘《宇内形势图》(示意图)研究

A Navigation Map in Mind

周翔鹤 / Zhou Xianghe

294

孙吴与南海诸国交通新考

New Research of the Countries around South Sea during
Wu Dynasty

周运中 / Zhou Yunzhong

305

中国古船舱壁之水密性的探讨

蔡 薇* 马 麟

(武汉理工大学造船史研究中心)

摘 要: 中国古船水密舱壁技术是举世公认的重大技术发明。文章对船舶舱壁与横梁的设置进行分析,在对发掘的中国古船水密舱壁进行测绘的基础上,剖析了古代商船设置水密舱壁的必要性,并进行了抗沉性数值仿真,同时也探讨了西方采用中国水密舱壁技术的时代、文化及社会需求。

关键词: 水密舱壁 横梁 工艺技术 分舱 抗沉性

一、中国古船舱壁板与横梁的设置

(一) 水密舱壁的起源^①

水密舱壁,又称水密隔舱。所谓水密舱壁技术,就是用水密隔板把船舱分成互不相通的舱室。航行时一个或两个舱意外破损,海水进不到其他舱中,船还能保持浮力,并不会沉没,因而极大地提高了船舶航海的安全性。隔舱板与船壳板紧密卯接,使船体结构更加坚固。隔舱设置还便于货物存放管理。

水密舱壁是中国古代造船技术的一项重要发明,已出土的古船中不少都带有水密舱壁。例如:1960年,江苏扬州施桥镇出土的一艘唐代内河木船(图1),在出土文物中首见水密隔舱建造技术;而江苏如皋出土的唐代木船由8道水密舱壁分为9个船舱;泉州出土的宋代海船也由12道水密舱壁分成13个舱;山东蓬莱古船则由13道舱壁分成14个舱。

中国古代文献中,目前见到的最早记载是唐欧阳询《艺文类聚》引《义熙(405—418年)起居注》七十一舟车部:“卢循新作八槽舰九枚,起四层,高十余丈。”(八槽舰出现时间为晋代,时间为410年)卢循(?—411)是东晋人,曾

* 作者简介:蔡薇(1969—),武汉理工大学交通学院教授。

① 席龙飞:《中国对世界造船技术的历史贡献》,《武汉造船》1999年第5期,第37—40页。

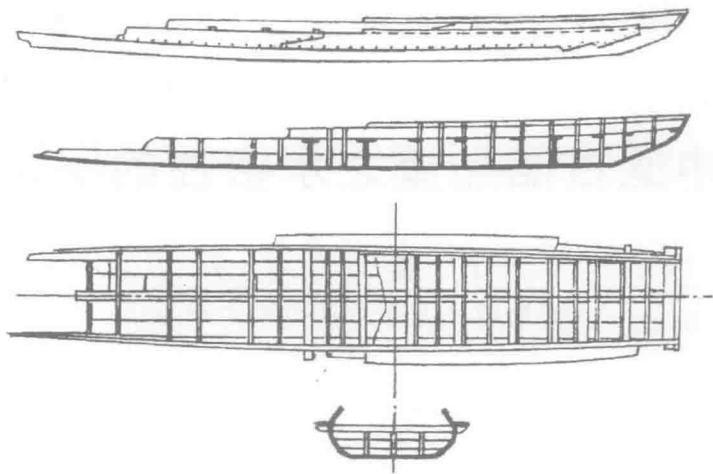


图1 1960年江苏扬州施桥镇出土的唐代木船

参加反晋的孙恩起义，孙恩死后被推为主，“泛海到番禺，寇广州”。他于晋安帝义熙六年(410年)再度起事攻晋前，“密欲装舟舰”，“船版大积”。攻打江陵时，“连旗而下，戎卒十万，舳舻千计”。失败后“循单舸而走”。可见卢循一生的军事活动都和战船有密切关系。他建造出每船有8个水密隔舱的大型舰队也就顺理成章了。“八槽舰”的出现，表明当时水密舱壁技术已运用于海上战船了。

元代意大利旅行家马可·波罗(Marco Polo, 1254—1324年)来中国航海时见到过有13个水密隔舱的海船，他见识了水密隔舱的安全性能，忠实地记述了这一技术的特性——舱与舱之间“不透水”，即“水密”性，这是国外关于水密隔舱最早的记载。马可·波罗将中国的水密舱壁技术传到欧洲，并对其进行了详细的阐述。《马可·波罗行记》中写道：“若干最大船舶有最大舱十三所，以厚板隔之，其用在防海险，如船身触礁或触饿鲸而海水透入之事，其事常见，……至是水由破处浸入，流入船舶。水手发现船身破处，立将浸水舱中之货物徙于邻舱，盖诸舱之壁嵌甚坚，水不能透。然后修理破处，复将徙出货物运回舱中。”

提到“用横向舱壁来分隔货舱”，李约瑟(Joseph Needham, 1900—1995年)写道：“我们知道，在19世纪早期，欧洲造船业采用这种水密舱壁是充分意识到中国这种先行的实践。”

(二) 保证横向强度目的促使横梁向舱壁的演变

水密隔舱是中国人的一种造船技术，自然地由横梁发展而来，形成船体中重要的骨架结构。船体骨架的发展由简单到复杂，横梁是最初木板船必不可少的横向支撑结构，用以保证船体横向强度和抗扭刚性。^① 横梁主要是

^① 贺琛：《水密隔舱海船文化遗产研究》，中央民族大学，2012年。

作为支撑船体横向强度而架设的构件,其种类也多种多样,周世德在《雕虫集》中提道:“一般舱壁板下面的梁称脚梁,上边的梁称线梁。重要之处,上梁加宽称为面梁,或冠以表示位置的名称。”横梁亦是如此,如挽脚梁、累梁等属于脚梁,一字梁、过梁等属于面梁。舱壁梁头在舱壁板之上,舱壁板直接承受它们的压力。大面梁是架设大桅处所用的横梁,而大桅是船只重要构件,其尺寸一般很大,在驭风行驶时又要受到风力作用,所以大面梁在船梁中最长。

新技术很多都是在原有技术的基础上产生的。水密隔舱其实就是中国古代造船最基本的两项技术之和。为了保证船体强度,古代木板船都有横向支撑的横梁,若将横梁延伸至船底就是横向舱壁。水密是造船的基本要求,而横向舱壁也是加强木船横向强度的基本方法,这两项技术的结合应该不算难,在船外板捻缝的时候,虽然可能为了省料对内部横向舱壁不用捻缝,但捻缝之后的好处是显而易见的,因此水密隔舱便自然而然地被发明了。

(三) 水密舱壁的分舱依据

1. 从用途上来看水密舱壁的分舱依据:

16世纪的中国战船内部普遍采用了水密舱壁的构造,舱室共分为三部分。船艏舱还会再分小舱,其主要用途也多样,比如用于堆放桅帆的索具。也有部分空置出来,若船只不幸碰撞,可减小冲击力而作为缓冲之用。另外还有些船艏舱能够自由进水。由于采用水密舱壁分舱,不同货主可以同时到不同舱位装货或取货,提高了装卸效率,货物也便于保管。

舱首开有出水孔,当船体遭遇风浪颠簸不停时,艏舱浸入水中,水流入舱内,船艏部重量增大,反之则水流出,重量减轻,如此交替反复,可减小船舶上下震动的振幅。

船艏舱的形式也多样,其“内含尾结舱、鸡鹅笼,及开口式减摇舱;尾结舱有排泄管筒”。

主舱是船舶内部舱体结构的主要组成部分,沿船身纵向来看主舱分为很多单独的小型水密隔舱;横向来看一般上下又可以分层,底层为土石舱,主要压以重物土石之类,用于稳固船身防止颠簸,中层为船员日常休息之所,上层则为作战甲板。

许路先生在《清初福建赶缯战船复原研究》一文中曾对赶缯船主尺度做过统计,十八只赶缯船,最短为四丈六尺,最长为八丈六尺,最少分舱数为十五座,最多为二十二座。与明代上述战船相比,其内部分舱结构更加紧密,结构更加牢固。当然这也与这些赶缯船并非沙船而属于福船类型,且常年航行于外海有关。

2. 从桅来看水密舱壁的分舱依据:

船身中有几个构件尺寸构成其骨架尺寸的主要内容,分别是船长(船体表面从头至尾的全部长度)、下底龙骨长、船身横梁中的大桅梁长度以及船

舶大桅长。明初实行海禁政策,“擅造二桅以上大船,将带违禁货物下海”,从这条史料中我们可以看出,当时判断船舶尺寸大小的标准与其所设桅杆数量及长短有关系,大船桅杆数越多,大船越长。

有关船舶内部结构(水密舱壁)还有一个问题:根据大桅来分舱的标准是什么?从《南船记》卷首图式,我们可以很清晰地看到船舶的内部横梁结构,其中大桅梁用于架设大桅,头桅梁架设小桅。

宋应星在《天工开物》里提到当时的平底浅船的立桅之法,“凡舟身将十丈者,立桅必两。树中桅之位,折中过前二位,头桅又前丈余”。平底浅船是沙船的一种船型,用于漕运。四百料战座船有十四座主舱,中间为第十舱,向前过二梁,则到第八舱,大桅立于此,小桅立于第四舱,经计算两者中间相隔 1.78 丈。再将战船立桅对照浅船的立桅之法,发现两者近乎相同,这也是当时龙江船厂所造战船属于沙船改良船型的一点佐证。值得一提的是,一百料战船和三板船因为船长分别为 4.92 丈、3.95 丈,都不足 5 丈,所以它们都只安装一桅使用。

有关大桅在船身长度中所占比例,周世德的《雕虫集》中这样写道:“如大桅迫近头桅,好溜不好钱;太远头桅,好钱不好溜,要在相称。”由此看出,大桅安装比例必须要适宜恰当,否则对于船只的航行操纵会造成麻烦。“一般木帆船的设计,有四六分舱的,有三七分舱的……钱走的船,船长在大桅前占 40%,大桅后占 60%,直行的船大桅前占 30%,大桅后占 70%。”而茅元仪的《武备志》中“沙船能调钱使头风,然惟便于北洋”。这也说明,沙船的大桅分舱比例一般应该是桅前占总长 40%,桅后占 60%。只有这样,船只航行时能够很好地利用顶头风,走“之”字路线仍然可以前进,无顶头风时走直线,无论风向如何都可以很好地利用。杨熹在《中国木帆船建造技术简介》一文中以五桅帆船为例,认为其分舱尺度为“主桅设置在船长从后向前十分之六处的纵中线上,船体‘四六分舱’即依此而定”。

二、保证水密的中国古代 特殊工艺技术分析

(一) 捻缝技术

船在不断地与水对抗。持续地泡在海里的船,要不断承受水的侵蚀、冲击。大海的惊涛骇浪能在瞬间摧毁一条大船,将其颠覆甚至击碎。《孔子家语》曰:“舟非水不行,水入则舟没。”海水似乎是船的敌人,但又是船的朋友,因为水的力量能够托举船,水的流动能推动船,而且有的木料还必须泡在海水里才能保存更久。

捻缝的材料性状柔软如泥土。当航行在海里时,在行走的过程中船是不断扭动的,加上受到来自四面八方的水的作用力,木板和木板的缝隙会呈

现各个方向的轻微变化,捻料具有一定的软度才能随着船的扭动而变形,始终起到密封作用。如果捻缝的材料是水泥做的就不行,因为水泥是硬的,不能随着木板缝隙的变化而变形,不能贴合船缝,就起不到水密的作用。只有柔韧、附着力强、延展性好的材料,才能顺应水的蛮力。

水油不容的特性使人们选择了疏水性的油性材料。桐油是木的精华,不仅不溶于水,还能起到对木的保护作用。石灰或蛎壳灰是赋形剂,而竹茹或麻丝则改善了油灰干燥后的干硬状态,使其具有一定的柔韧性。捻料的柔韧程度也取决于木材的特性,软木则捻料较软,硬木则捻料也较硬。这种完美的调配经历了多年的实践和改进,最终形成最适宜于各地木船的各种捻料配方。

“夫造船之工,唯油舱为最重要。”船舶主体必须粘钉牢固,同时用捻料将木材之间的缝隙填塞,以防渗漏水,这就是捻缝技术。中国盛产桐油,形成了独特的捻料、捻缝技术。捻料、捻缝技术在中国应用很早,河北省平山县出土的战国中山国墓的葬船坑内出土了油灰、油抹布,表明在2000多年前这种特殊的工艺可能已经应用在船舶建造上了。捻料配方成分有麻丝、石灰、桐油或竹丝、蛎灰、桐油。不同地区其捻料成分有一定区别。西方有的使用沥青塞缝。据明巩珍著《西洋番国志》记载:“盖番人造舡不用铁钉,止钻孔,以椰索联缚,加以木楔,用沥青涂之至紧。”在东南亚采用一种树脂涂缝。日本在15世纪上半叶还用短水草塞缝。

捻料配制比例、制作过程要求严格:“然油舱欲固,又在灰麻如法。灰者心须宽,力须猛。心不宽则入油太聚而不纯,力不猛则不得成胎,少弛即败弃矣。撕麻须细。……油漆丰啬,亦各有宜。油不啬则木不受而多皱;漆不丰,则不泽;瓦灰入油少则未久而剥落。”

船舶使用到一定时候,需维修保养,再用到一定时候报废。明代规定:船舶三年小修,五年大修,十年更造;或三年小修,六年大修,十年更造。因此,捻缝技术不但应用于新船建造,也应用于修理船舶。

捻缝的工具具有捻凿、捻锤、掏锯、刮刨、麻板等,此外还有修船用的辅助工具送钉器、拔钉器、拆凿、扒钩、夹头等。

(二) 流水孔的设置和作用

泉州湾宋代海船是1974年发现的。该船由12道水密舱壁分成13个货舱,每道水密舱壁的最低点设有开口(图2)。这是人们第一次见到流水孔。

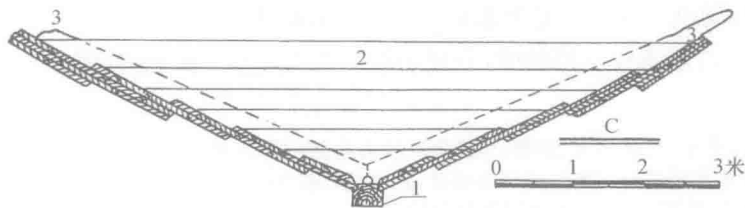


图2 带有流水孔的泉州湾宋代海船舱壁

在舱壁的最低处开一个孔,有时开两个孔,称为流水孔。而只要用木塞堵上那个方孔,则舱壁就是完全水密的了。流水孔是洗舱时用来排除积水的。如果不在舱壁上开流水孔,则必须在每个舱单独排除积水。而开了流水孔之后,船舶稍呈尾倾,则全船的积水就会流向尾端的舱,只需在尾舱排除积水就行了(图3)。这样就会方便水手的洗舱工作。

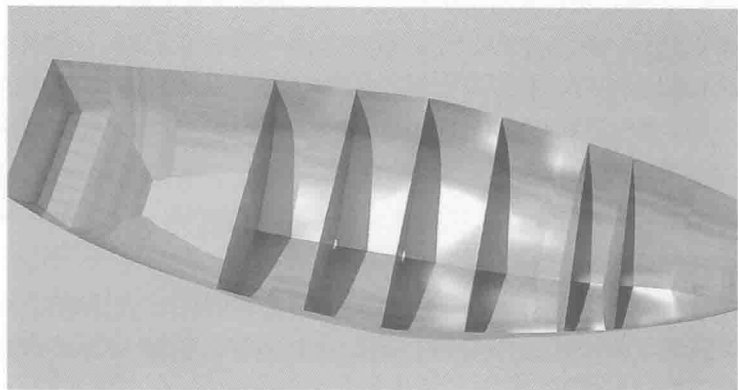


图3 尾倾状态下通过流水孔可把积水集中到尾部,便于清理积水

三、蓬莱二号古船的分舱特性与抗沉性分析

(一) 蓬莱二号古船的实船测绘及舱壁复原^①

蓬莱二号古船(图4)船体呈东西向,头东尾西。残长22.5米,残宽约5米。除龙骨外,左右舷残存各11列船板。主龙骨完整,长16.2米,艏柱残长约5.0米。二号古船艏部呈V形,有艏柱,当是尖头,中部呈U形,有部分为圆舳、平底。^②

测绘时首先将船体轮廓线、各个舱壁处的横剖线绘出,并绘出各水线、纵剖线。经过光顺、协调、投影关系检验与修改,并重新转换,得出0—10号站线和其他轮廓线、各纵剖线和水线,最后得出复原后的型线图。二号船的数据参数为:总长33.85米,主体长31.10米,设计水线长26.40米,型深2.60米,吃水1.80米,型宽6.00米,水线宽5.95米,艏舷弧0.80米,尾舷弧1.40米,梁拱0.55米,方形系数为0.5808,排水量171.5吨。

二号古船残存六道舱壁,分别是第2、3、4、5、6、7横舱壁(图5)。

^① 顿贺、席龙飞、龚昌奇、蔡薇:《蓬莱二号古船结构特征及其复原研究》,载《蓬莱古船国际学术研讨会文集》,长江出版社,2009年,第236—246页。

^② 席龙飞、顿贺:《蓬莱古战船及其复原研究》,《蓬莱古船与登州古港》,大连海运学院出版社,1989年。

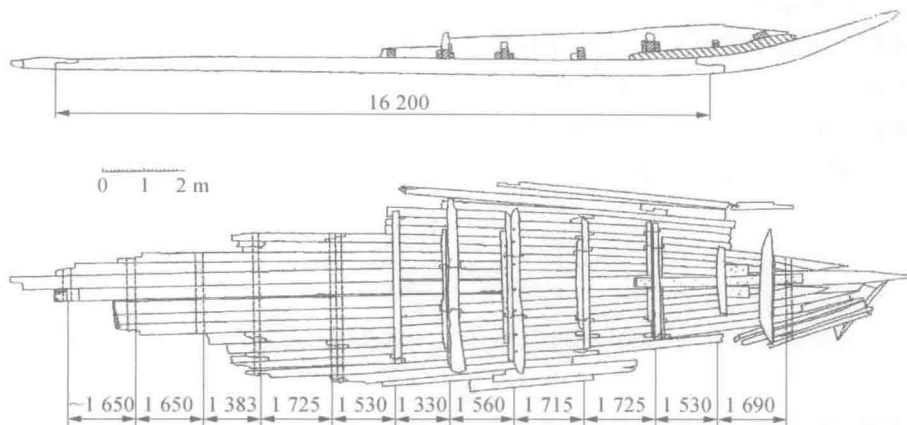


图4 蓬莱出土的二号古船

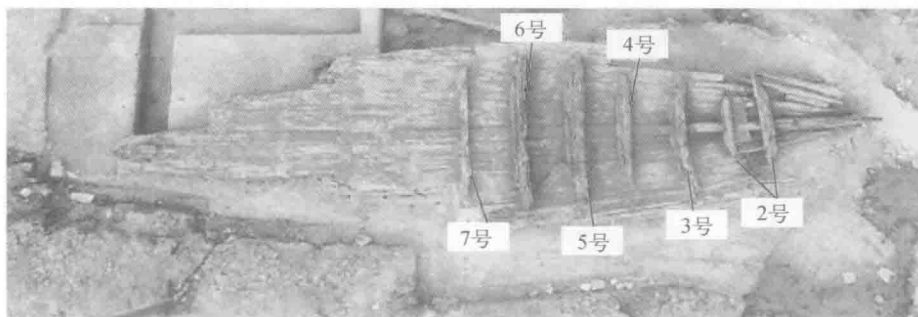


图5 蓬莱二号古船出土全貌(残存6道舱壁)

根据主龙骨上铜钉槽、外板上铜钉槽、舱壁安装遗留下来的痕迹和外板横向钩子同口端接缝位置,可以确定1、8、9、10、11、12号横舱壁位置。从中可知,主龙骨和尾龙骨接头处至尾封板,应设有两道横舱壁,其中一个舱壁用于压住补强材与尾龙骨叠合端部,这就是13号舱壁的位置。13号舱壁至尾封板间,还应设一道舱壁,为14号舱壁。由此推断,二号古船共设14道舱壁,全船分15个舱。2号舱壁壁前、7号舱壁壁前分别为首桅和主桅位置。

(二) 计算方法及结论^①

本船主要通过 COMPASS 软件计算相关数据,主要利用以下几个模块:SRH10 船舶几何形体输入、邦金曲线计算,SRH11 静水力计算,SRH30 舱容及液体侧倾距计算,SRH14 装载情况计算,SRH21 客船破舱稳性等效规则计算。破舱稳性计算结果(SRH21 客船破舱稳性等效规则计算)如下:

^① 艾超:《水密舱壁起源分析及大型游艇破舱稳性计算研究》,武汉理工大学,2013年。

概率论方法认为船舶破损时的环境参数和自身状态都具有随机性,因此应当将船舶破损淹水后的残存概率作为抗沉可靠性的安全水平。然而,不论是确定性方法还是概率方法,计算破舱稳性的最大工作量在于确定船舶破损淹水后新的平衡位置以及对新的平衡位置倾斜时的稳性。

概率论方法的准则即,

$$A \geq R$$
$$A = \sum P_i S_i Y_i$$

其中: A——达到的分舱指数;R——要求的分舱指数。

表 1 (单位: 米)

项 目	数 值
分舱长度	29. 299
分舱长度尾端点位置 L_s	-1. 326
最小营运吃水 d_0	1. 339
分舱吃水 d_s	1. 8
吃水 d_1	1. 493
吃水 d_1 时的重心高度	2. 014
吃水 d_2	1. 646
吃水 d_2 时的重心高度	2. 009
吃水 d_3	1. 723
吃水 d_3 时的重心高度	2. 007
备有救生艇的人数 N_1	0
准许搭载多余 N_1 的人数 N_2	0
要求达到的分舱指数 R	0. 381 6

表 2

破损情况	破损区域	破 损 位 置	指 数
1- 01	1	$F-1+498. 674-F_0+3. 961$	0. 059 2
1- 02	2	$F_0+3. 961-F_0+8. 894$	0. 079 7
1- 03	3	$F_0+8. 894-F_0+13. 522$	0. 093 9
1- 04	4	$F_0+13. 522-F_0+18. 127$	0. 103 3
1- 05	5	$F_0+18. 127-F_0+23. 071$	0. 116 6
1- 06	6	$F_0+23. 071-F_0+27. 973$	0. 115 0
总计			0. 567 9