

九 汉代造船与航海技术的成熟

汉代，我国造船航海技术已经成熟。它的标志是除前文所述能造成高十余丈有三层楼的高大“楼船”及类型繁多的各种船只外，还有很多发明创造，如桨、橹、船尾舵、风帆等船舶推进工具的日益完善和广泛使用，横隔舱造船结构的重大贡献等。

楫和棹

我国远在新石器时代就早已知道利用竹篙、木桨来划船行进并控制方向了。以后，随着人们向深水区的远航，用竹篙不那么方便也不大能起作用了，木桨的作用日益增加。早期的桨多为短桨，叫“楫”，上端为圆杆，下端作板状，用两手持楫划船使船前进。在广州出土的西汉木船模上有四个木俑，各拿一把短桨，坐着划船，那就是楫了。但是，由于楫入水浅，推动力量小，人们就不断改进，加长桨板，加宽桨叶，坐着划的短桨日益变成站着划的长桨。长桨古代称为“棹”。又由于长桨重，划水不方便，于是就在舷侧做了可以搁放长桨的桨柄孔或固定的支点，叫桨座，以发挥杠杆作用。桨板拨水向后，其反作用力通过桨座推动船只前进。在长沙出土的西汉木船模中，我们可以看到有16支长桨即“棹”，这16支棹就是以舷板上的圆孔作支点的，棹有了支点，就成了一个杠杆，划动时可以减轻臂力，发挥了腕臂的作用，桨手的体重也产生了作功的效果，效率大为提高。为了增加船只行驶的速度，桨手们常常一齐边划边唱以统一动作，同时可减轻疲劳感。汉武帝《秋风赋》中有“箫鼓鸣兮发棹歌”，描写的就是这种情况。

橹

橹是由长桨演进而成的用人力推进船只的工具，也是控制船舶航向的工具。桨在划行中常有不便。桨每入水作功一次，马上要出离水中，为第二次入水作功作准备，这样，出水中作的是“虚功”，影响划行的效率。因此它是间歇作功，船只也只能间歇推进。于是人们对长桨加以改进发明了橹。橹的外形很像长桨，但较大，橹的把手和橹板都是弯形的。入水一端的剖面是弓形，另一端系于船上，在橹把手顶端部位系着一条绳叫“橹担绳”，橹担绳的下端拴在甲板上的一个铁环

上。橹担绳既可起固定橹的作用，又可以作长短的伸缩以调节橹板入水的深浅。刘熙《释名》中指出橹的操作位置及作用：“在旁曰橹，橹臂也，用臂力然后舟行也。”橹的操作方法是“摇”，被称为“摇橹”。橹入水后一直连续摇动，水中的橹片左右摆动，其前后面发生水压力的差异可产生推力。它的推力比长桨效率高，而且省力。由于橹加长了长桨的桨柄与桨叶，又把原桨叶的尾部弯曲上翘，所以橹也被称为是新式的长桨。橹被置于舷侧，手持橹柄，来回摇动，对舟船起连续推动力，这是汉代船舶推进工具中划时代的重大发明。橹后来由置于舷侧逐渐演变到置于船尾，不仅能起推进作用，还可操纵船舶的转弯，调整方向，控制航向。由于橹结构简单，一器多用，至今仍在起作用。橹是中国对世界造船与航海技术上的突出贡献。

船尾舵

我国是世界上最早发明舵的国家。舵的发明和使用是我国造船与航海技术上的重大成就。桨的作用是划行和控制方向，控制方向的桨被称为舵桨，它的位置逐渐从船舷移到船尾的正中央成为尾桨。尾桨从划动改为不离水面的摆动，尾桨起到了舵的作用，改称为舵桨，舵桨就是舵的始祖。从1974年湖北江陵西汉墓中出土的木船模型上可以看到船上有五支长桨，都有桨叉，其中的四支在船前部两侧，作划桨用，另一支在靠船尾的舷部作舵桨用。舵桨遇浅滩或靠岸时不易操纵，桨翼随船体加大而加大也不易操纵，于是人们改变了安装方式，产生了舵。

舵至迟在东汉已发明并使用，1955年广州出土的陶船模的舵尾就有一支早期的船尾舵。舵面呈不规则的四方形，面积较大，完全不同于舵桨的形状。舵杆以十字形结构固定，从船尾斜伸入船后方，舵杆顶端有一洞孔，用以安装舵把，转动舵把可使舵面连轴转动，可以自如地调节船只行进的方向。这是航向操纵工具的重大革新。

风帆

汉代，我国使用风帆的技术已经成熟。秦汉时期，我国早已能凭借季风进行大规模航海。没有成熟的风帆使用技术这是不可能的。西汉刘安《淮南子》说：“辟（譬）若伫 [qi à n欠] 之见风也，无须臾之间定矣。”东汉许慎注说，“綯 [hu n缓]，候风也，楚人谓之五两也。”伫是古代测风、观察风向的一种设备，后来，有人也叫它为五两。“伫”这种测风仪商朝就有了。汉代沿用下来。

这实际是一条为了测风而绑在杆顶上的丝绸带子（或羽毛）。有风的时候又随风而摆动，据它摆动的方向可知风向。汉武帝所建的建章宫上有两只相风（观察风向）的铜凤凰。古地理书《三辅黄图》说：“铜凤高五尺，饰黄金，栖屋上，下有转枢，向风若翔。”东汉张衡作过相风铜鸟。当然，这都是很堂皇的了。为什么又叫“五两”呢？因重量必须在五两以上，八两以下，太重难以吹起，太轻则易于旋转，就不好掌握风向了。这种测风仪，由于结构简单实用，航海中又很需要就很容易移到船上去使用。唐代诗人李白《送崔氏昆弟之金陵》诗中有“水客弄归棹，云帆卷轻霜，扁舟敬亭下，五两先飘扬”句，说明了这一问题。后代还有在船桅顶端悬挂“鲤鱼旗”的，它就是从“伾”美化发展而来的，也是一种测风仪。

风帆的结构和驭风技术最晚在东汉已经完备了。帆有一类是用丝织物或布做的，叫“布帆”；另一类用竹蔑或其他植物纤维做的，叫“蓆帆”。从结构上看，一类是软帆，如布帆、蒲草帆，没有横向的帆竹支撑，只能在正顺风时用人字桅悬挂，不能斜移，也不能转动。另一类是硬帆，是用与帆横面等长的若干根竹竿等矩支撑在帆的一面，或是交错穿插在帆的两面上，这种横竹竿叫帆竹，它可以支撑帆面使之平整，可以更有效地利用风力。硬帆可以挂在单独的桅杆上，又可以围绕杆来转动，形成平衡纵帆。

东汉丹阳太守万震著《南州异物志》，叙述了当时南海航海者的风帆驭风技术。书中说明了帆面悬挂的位置在驭风中的作用及帆面悬挂的样式与受风的关系：“其四帆，不正前向，皆使斜移，相聚以取风吹。风后者激而相射，亦并得风力。若急，则随意增减之。斜张相取风气，而无高危之虑，故行不避迅风激波，所以能疾。”这使我们了解到汉代海船的风帆使用技术。海船在驶风航行时，随风向的顺逆不同而采取不同的帆位布置。这种方法现代木帆船还在使用。船工有“船驶八面风”的说法。也就是帆船要利用各种风向来驭风航行。八面风指相对于海船航向的八种风向，即顺风、逆风、左、右侧风（即左右横风）。左、右斜顺风，左右斜逆风。各种风吹来，都与船体纵中线形成一个夹角。当正顺风时，风向与船体纵中线一致形成 0° 角，正横风时形成 90° 角，正逆风时形成 180° 角。海船的航向与风向在 0° — 180° 间，这样，由于风向的不同会形成不同的夹角，这种夹角叫“风角”。当风角成 0° 时，海船航向与风向一致，船帆全面正迎风吹，是利用风力的最佳位置。这时的帆面与船体纵中线便形成一个 90° 夹角，这夹角叫“帆角”，在一般情况下，风角与帆角成反比。实际上，海船常常是在各种横风与斜风中航行，正顺风的 0° 风角与 90° 帆角的情况是非常少的。不论风向怎样，船工们是会随着风向的变化把帆面调整到最好的位置，形成最有利的帆角。总是斜移帆面以迎风。在多帆的船上，斜移的帆面各自迎风，后帆就不会挡住前帆的受风了。这也都是早在汉代就已形成的利用风帆驾船的成熟经验。东汉马融于元初二年（公元115年）所作《广成颂》一文对风帆作了生动的描述：“然后方余皇，连舳舟，张云帆，施霓旌[chóu]，陵迅流，发棹歌，从水讴，谣鱼出，蓆[sh]诗]蔡（蓆草茎，古人筮用，“蓆蔡”即蓆龟、蓆草和龟甲，都用以卜吉凶）浮，湘灵（神名，虞舜妃，即湘夫人）下，汉女游。”（《后汉书·马融传》）

附：风角与帆角的关系简略示意图



横隔舱的造船结构

从考古发现中可知我国汉代就使用先进的造船技术，采用横隔舱的造船结构了。从1955年在广州出土的东汉陶船模与1974年湖北江陵出土的船模上可以看出，船的甲板下在前、中、后建有三个舱。从广州陶船模上可以明显看到从船首到船尾有八个横梁，船的两侧设有顺船身纵向铺设的木板，作撑篙用的左右两边走道。有舵锚。由于在甲板上建有舱房，舱房的左右两壁都压座在两舷上，因此前后两壁之下必须有横梁支持它的重量。三座舱房的前后壁各压座在一根横梁上，这就用了六根横梁，余下的两根中，按木船的一般建造模式，其中的一根是船首的龙梁，另一根是船尾的断水梁。这正好共用八根横梁。每根横梁之下正是木船建造中加固横向强度的框架，架上再附钉上横向木板构成的隔舱板。八根横梁说明有八副隔舱板，它们把船体分成九个严密的分舱（船舱）。这就是用横梁和隔舱板形成的分隔舱结构造船技术。船在航行时，即使有一两个船舱受到破坏进水了，

水也不会流入其他船舱中，船也不会马上沉没。进水的船舱可以抓紧时间抽水、堵塞漏洞和进行其他修理，并不影响船的继续航行。隔舱板与船壳板紧密钉合，缝隙处以桐油灰密封，船体被加固，在大风大浪中航行增加了船舶的坚固性和行驶的安全性。

船首舱多作储存帆、缆索等航海工具物品之用。船尾舱多作为厨房。此外还有七个正式舱室供使用。

横隔舱的造船结构，是我国造船技术的重大发明。后世造船，船体不管如何分舱，但都沿用了中国古代造船借分舱抗沉和加固横向强度的设计原理。