

游艇设计制造学术快报

主办：中国造船工程学会游艇设计制造学术委员会

2014 年第 2 期（总第 2 期）

协办：深圳市海斯比船艇科技股份有限公司

游艇设计制造学术快报 No. 002-01：两个实验室（Part1）

作者 Paul Lazarus

我们正在寻找可进行对比的工程实验室来研发先进的复合材料和结构-作为美国海军高速战舰的原型。项目目标是什么呢？减轻重量，提高性能，磨损容限，减震。



上图是船员在为 2008 年 1 月成立的 Hodgdon 游艇准备刚刚完成的 83' 的美国海军技术演练。特殊操作艇原型的建造采用空心碳注入树脂。结构工程实验室是在缅因州大学，该大学为本项目提供密切的技术支持，这可以帮助 Hadgdon 船厂转型为先进的复合结构。

是的，我们政府的思想转的非常缓慢-有时根本就不转，正如去年 10 月政府关闭的情形一样。此外，先进的军事装备的研发费用，项目成本往往比最初的预算成本更加昂贵。这些都已不再是新闻了；这在 Eisenhower 时代已经成为公开的秘密了。

然而本文不是调查性新闻。我们的兴趣只在于研究本身，即专业船舶建造者从事的或倾向于研究的先进复合材料和主要结构是由什么构造的问题。而不是海军相关性能汽艇的研究；性能游艇赛中通常是速度起着重要作用。

这里有一个关于海军以及大部分缅因州工业在采用先进材料和技术方法时应注意的措施；1999 年 4 月/5 月发行的专业船舶建造者（第 58 期），基于与 IBEX98 同名的研讨会，我们编写了一篇题为“船用复合材料的不久的将来”的文章。会议中的演讲者是 SP 系统公司（一个被 Gurit 收购的公司）的 David Cripps 和 Newport News 造船厂的 Tom Juska（他之前与 Carderock, NASA 一起工作，现在在 Penn 州立大学教书），Cripps 演讲的重点是范围较广以及购买力日益增长的碳纤维增强材料；Juska 讲了当下新兴的比较方便，可靠，环保的制备方法，尤其是树脂灌注和低温锻造预浸料方法。

从那时到现在的 15 年中，只有树脂灌注方法获得了建造者的青睐，其中有一些是数量

有限的生产企业。碳纤维仍然是相当昂贵和外来的，就像预浸料一样。尽管如此，最早在二战末期海军的通用小船采用了玻纤结构，服务部也一直在研究先进的复合材料。最近，正在寻找一种可行的研究路线来替代铝在内河战舰和特殊作战舰中的应用。可行性，我指的是海军需要增强关于过程控制和重复性的信心，因为复合材料船舶通常是由外部承包商建造的，并且其生产成本大大超过了合金替代模型。

以下是两个工程实验室的简介，我们就是在这两个实验室为海军下一代精英特殊战舰做研究的。

先进结构和复合材料中心 - Orono, Maine

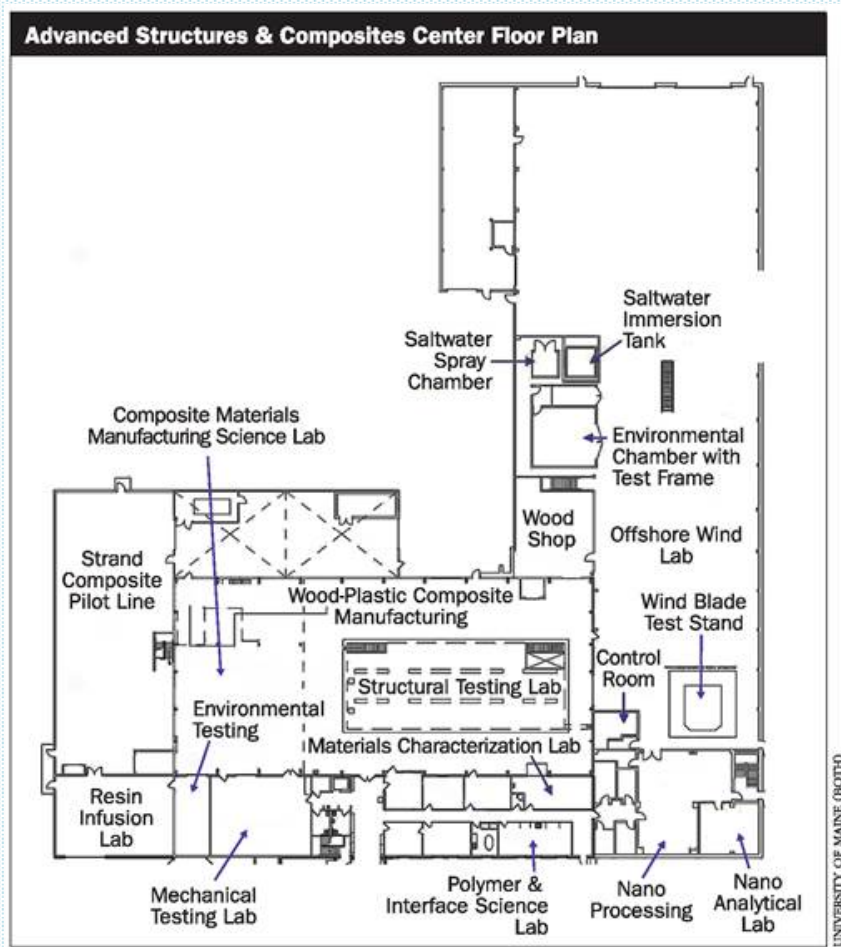
中心位于增地公立大学旗舰校区，该校区缺少许多同行机构的建筑魅力，因此不会暗示什么在等待着中心。但是一旦里面有参观，很难不眼花缭乱。中心广阔的内部被分割成八个或更多不同大小的配备有钢夹具和检测项目进展的手持式夹具店面，这让我想起了 20 年前全盛时期由尖端技术材料协会主办的年度贸易展的会展大厅。除尖端技术材料协会 (SAMPE) 外，这次展览基本上是静态的，展台展览在会展中心。相反，在缅因州先进结构和复合材料中心的大学，可以看到最新的或新型实验工具，工程软件和车间设备的建造和最新标本及工艺——那就是实验物品，他们中有些很大。真是一个动态的工作场所。

同样令人印象深刻的是价值 100 百万美金的世界级 87,000-sq-ft (8100m²) 的研发设施，不久前只是作为一个探索性研究几乎没有引起注意。在 Orono 校园，由于一个森林茂密的状态，一个历史上重要的林产品产业以及一个强大的工程部门，还有早期的工程化木制品，中心被构想成为一个用来研发成本效益，高性能，混合复合材料结构应用之地。正式成立于 1996 年并获得美国国家科学基金的资助，最初被命名为先进工程木制复合材料中心。最初声明项目是由桥梁，船用桩，码头，包括用创新的实木面板制作而成的世界上最长的胶合（木料胶合板）码头。

成立之后，中心在资金来源，人力，设备存货清单，客户清单以及自身研发项目的宽度和范围方面均呈指数级增长的足迹，所有这些都是在创始董事 Habib Dagher 的带领下实现的，并且他将继续掌舵。



从 30' (9.1m) 以上的船观看，在 Orono UMaine 的先进结构和复合材料中心结构测试实验室（看以下平面图）。打开箱梁反射层结构允许从上下任何地板通过可视梁加载点进行液压加载。



在UMaine的土木和结构工程专家Dagher不久前接管了在中心的140人，由副教授，全职员工，研究生以及本科生混合组成。

简单来讲，中心是一个专门从事工业测试，海上风力发电，防御复合材料，民用基础设施，木材以及纳米复合材料的一个研发实验室。其活动领域属于三大类：设计，先进制造和测试（实验室是ISO认证的能够为产品认证提供第三方测试的）。例如混合复合材料结构，中心有结构设计，建造和测试日期，包括风力叶片（长度达到230' / 70m），空中跳台，飞机机翼，桥梁主梁，船体零件，离岸风力涡轮机基金会和潮汐能涡轮机。

伴随着那些，作为对实验室的详细介绍，让我们来到为海军研究办公室进行的实质性的项目；ONR是美国海军和海军陆战队防御科技组织支持的一个部门。

随着先进结构和复合材料中心在缅因州北部的迅速发展，Tim Hodgdon正以同样的速度在缅因州南部中海岸发展他的业务。祖先Hodgdon在1816年在波特兰东部成立公司，至今仍建在那里。该公司是全国最古老的至今仍不断活跃的造船公司，（今天的Hodgdon船厂在Tim的父亲以及叔叔掌控期间被称作是Hodgdon兄弟公司。）

经过几个世纪的板框架结构，Hodgdon船厂已经成功转型为木头环氧复合材料，Tim希望能够在2000年早期探索两条独立的举措。第一个是碳/木复合材料——他的船厂那时利用冷压系统对大型船体进行结构变化已趋近完善；第二个是完全改变船舶建造材料。以上两条措施得到了密切的关注并且被带到了在Orono的新兴复合材料中心。

冷成型自定义构建的一系列巨大进步都是Bruce King设计的，他使Hodgdon船厂在劳动力方面获得了显著的进步（在册人员有90人包括工程师）并且拓展了自身的基础设施（在

一个拥挤的沿海社区拥有多个站点)。但是 Tim 曾经为一次一个, , 大的, 传统的冷成型调试长期关注市场前景。他敏锐地意识到持久的挑战中他的组装船员是关键, 正如他所表达的, 他所有的鸡蛋都在一个篮子里。(以上大概是 2001 年春对 Tim Hodgdon 和船厂的描述, 详见第 70 期)

我不想过多的讲述Hodgdon 船厂在Orono 联合部队是怎样快速成为混合复合材料实验室的历史背景, 尽管他们的合作间接的表明了其复杂性, 旷日持久的时间线, 传奇的文书工作涉及政府资助的研发项目的主要范围。简单地说, 这两个组织都在想办法: Hodgdon 船厂通过建筑机会寻找收益; 中心像许多非营利机构正在寻找筹资渠道。(它也有一个实现本州经济发展的授权) Hodgdon 船厂的管理者 Steve Von Vogt 最终转变为特殊项目的负责人; 他在中心对应的人是技术服务部的经理 Bob Lindyberg, 他是在 UMaine 注册的获得民用建筑工程哲学博士学位的专业工程师。

2002 年, 海军建筑师 Eric Greene 和 Tim Hodgdon 曾经一起谈论铝构造。Greene 是标题为船用复合材料 (1999 年, 第二个版本, Maryland Annapolis 合作人 Eric Greene) 技术纲要的作者/出版者, Greene 告诉 Tim Hodgdon 一个潜在海军项目-可能会是先进复合材料。

Tim 对此很感兴趣。毕竟 Hodgdon 船厂已经充分的证明了其在混合复合材料中的流畅性和专业性。在 Hodgdon 那意味着环氧树脂, 薄木片, 真空袋以及大型结构的后固化。(他们也定制空心复合小部件以及在 Hodgdon 船厂为国王设计的游艇专门制造碳配件) 此外, Hodgdon 船厂交付给海军的船舶已经有一个杰出的记录: 在一战中有猎潜舰艇, 在二战中有扫雷舰艇, 在韩国战争中有巡逻艇。此外, 在 Hodgdon 船厂造船的都是一个血统的。一些人像 Tim, 完全在小艇工厂长大的, 先进复合材料展示的仅仅是船舶构造的另一种形式。

(资料来源: <http://www.proboat.com/> 翻译: Catherine)

..... 本文未完, 下期待续.....

游艇设计制造学术快报 No. 002-02: 键槽 A 与键槽 B 的互锁 (Part1)

作者 Hans Buitelaar

荷兰, 铝制帆船游艇建造者 K&M 和钢质机动游艇建造者 Jetten 使用精确设计的 CNC 切割金属装置实行简化定制和项目生产。

过去, 金属船舶建造商店从他们的金属供应商那里直接得到原板和粗纹的组件。一组熟练的建造者将金属进行切割和塑形来匹配海军建筑师平面图中的扩展模式, 最终对这些组件进行焊接来创建最终的船体形状。那是过去的事情了。

今天, 荷兰 Makkum 的 K&M 游艇建造者, 金属组件被运输到建造车间进行更多的提炼: 按规格裁剪纵梁是精确船型的要求, 从而生产最终的船体, 他们来自于计算机数控 (CNC) 激光切割机配备凹位降低一半的错综复杂的模式, 通过它们的深度联锁到横向框架, 这些反过来会有一个相应的狭窄切割模式在外曲线的周围。这些有切割器的按规格裁剪的结构性成员配备按规格裁切的船壳板, 保证了比传统建造更强的船体, 并且只需要少量的高技能建造者而且大大缩短了生产周期。



上图是 K&M 船厂建造的 32.8' (10m) 的铝制救生艇。纵梁和横向框架的设计接近容差，由计算机数控 (CNC) 激光切割机切割，精确简易的滑动到一起。在对任何组件焊接之前，这种方法建造的结构框架和船型得到了认可。

2007 年，大约在同一时间 K&M 为船体构造引进了精心设计的数控切割金属部件，Jetten Yachting 和 Vripack 两位海军建筑师（两位均来自荷兰 Sneek）加入了政府资助的创新项目来开发船舶行业所谓的精益生产方法（生产能最大限度地减少劳动力的低效率并且能使昂贵的设备和车间空间的回报最大化）。25 个公司包括船厂，软件开发商，海军建筑师，和研究机构都加入了，帮助激励精确工程船舶计算机数控切割铝和钢工具包的发展。工具包的建造大大节省了专家以及手动工作消耗的时间，因为来自于计算机数控激光或计算机数控等离子切割设备的工程部件预切割通过唯一的方式匹配在一起 - 飞机，汽车和船模型基本上也是以同样的原则制作简易木头或塑料结构包的。如果预切割部件不匹配，说明它的位置不对，建造者必须找到正确的部件。有时简单的就像转动一个看似对称的部件。



K&M 船厂的工人在确认来自 Joure Snijtech 金属切割承包商那里的 Bestevaer 53ST (16.2m) 的下一个部位的零件号的正确顺序。理想上，船员可以从一堆零件中挑选部件然后开始建造该部位。

Jetten Yachting (看下面的侧边条) 用 Vripack 品牌的智能包工程和生产系统来建造所有的船舶。CEO Marcel Jetten 说：“用传统建造方法，车间的工人需要焊接除部分标记线以外的部件。有时标记线本身有点远离他们画的位置。有了智能装备，建造船舶的唯一可能的方式是遵循工程师图纸的方式；否则的话它就会不匹配。我们在车间安装了一个 DXF 指示器；计算机程序显示三维模型。输入任何零件号屏幕上都会有亮点显示，因此我们知道部件的具体安装位置。有时工人可能不确定船的不同部位的相似形状的部件安装在什么位置。”

Jetten Yachting

2000 年 Marcel 和 Sander Jetten 在斯涅克小镇建立他们的船厂。在 Frisian 河的中部, 斯涅克皇家游艇俱乐部举办了传奇性的时赛船会, 它也是荷兰机动船巡航的中心。在决定联合他们的技能创造出比之前雇主建造的更好的船舶之前, 兄弟俩已经在好几个船厂建造过船舶。Jettens 开始以 Bully 品牌名称建造带舱的巡航船, 生产了一百多条 31.2' 至 45.9' (9.5m-14m) 长度的船。意识到单词 Bully 在所有语言中没有积极的内涵, 因此他们将品牌名称改为 Jetten 来吸引他们日益增长的国际客户。

今天, 30' 至 70' (9.1m-21.3m) 长的钢质机动游艇是 Jetten 船厂的生产标准, 并且生产了 100 多艘。

2013 年 12 月为意大利游艇公司建造的下一代 Gamma20 (73' /22.1m) 处于早期的建造阶段。



由 Jetten Yachting 为意大利游艇公司建造的 Gamma20 钢质机动游艇, 从金属切割到下水, 仅花费了八个月, 这在很大程度上都得益于来自荷兰设计和工程公司 Vripack 的智慧包技术。

K&M 的装备

在 K&M 的装备系统中, 计算机数控切割切口金属图样滑过然后与交叉组件紧密结合。随着每一个新的切片的安装而不是粘结, 框架变得更强更稳定。如果要求的设计工作完成的很好, 当所有组件都在其位置的时候, 每个框架将会相当的垂直并且结构不会有任何移动。此时可以进行焊接无需调整或进一步的切割。



K&M 船厂将船表面的第一块板安装在救生艇上。精确切割的面板无需调整或缩放就可以匹配底层结构成员并且随后船体的生产需要很少的甚至不需要导流罩。

K&M 的领班 Klaas Kuperus 说七年前他们就用这种构造方法将预切割金属部件安装在船上。“首先, 我们需要学会信任那些参加了三维设计的工程师, 要知道每个组件是怎样完美的匹配在一起的。作为铝质船舶建造者, 我们过去常常接收大量的粗略切割的金属部件然后在现场进行调整, 匹配进而焊接在一起。我们是熟练的技工, 我们可以用一张纸和大量的金属板塑造三维船。我们仍然做这些, 但是有了新的切割金属装备, 我们实际上只需要将他们放在一起, 三维形状将会按照设计了金属切割模式的游艇设计师和海军建筑师的意愿成型。

K&M 游艇建造者

1999 年 K&M 公司的经理 Eeuwe Kooi 在荷兰的 Makkum 小镇上建造铝制帆船。在 Frisian 海岸，靠近水闸处通过 Afsluitijk 堤坝围墙将 Waddenzee 潮汐的咸水与 IJsselmeer 的淡水分离开，船厂为坚固的长途巡航游艇的精加工的完成建立了良好的声誉。该船厂建造的船舶有 Van de Stadt 设计的 Stadtship70 (68.9' /21m) 船，Guido de Groot 设计的 Axonite69 (68.6' /20.9m) 船以及海军建筑师 Dykstra 定义的 Bestevaer 系列的帆船。2013 年 12 月早期，受 Gerard Dykstra 自身游艇的启发，开始建造第一个 MKII Bestevaer 53ST。在我 12 月 17 号拜访船厂期间整个船已经在构建当中。工人几乎完成了结构成员之间的焊接并且正在为安装准备船体板。

—H. B.



本图是海军建筑师 Gerard Dykstra 的游艇，受在 K&M 船厂建造的 Bestevaer53ST 的启发而建造。

对未喷漆的铝制船舶来说走出构造大厅的一个相对美丽的船体是相当重要的，因为它不会触碰到整流罩化合物和面漆。

Kuperu 回忆说“第一个装置在组装时在某种程度上放置了错误的部件，从那时起，每一个新的横梁都会比之前的稍微不垂直。因此建造者像以前一样开始调整部件进行更正。他们很困惑并且在这点上他们不相信这种新的构造方法是一种进步。

工程师很快就发现了部件被放在了错误的位置，随后使他们匹配图纸的调整也失败了。当未校准的结构被拆分后，然后与所有组件在它们合适的位置重新组装，他们匹配的很好并且一切都很直。这是船员豁然开朗的时刻。

著名荷兰航海驳船建筑师的儿子 Kuperus 从他孩童时期就开始建造船舶。他知道伴随着 CNC 切割装置，船舶建造正在从工艺演变成更多行业的组装过程。



Marcel Jetten 向我们展示了内部同样是由计算机数控切割的木制面板的 Gamma20 是怎样通过滑槽交叉部位匹配在一起的。

他说“我喜欢这种新的造船方法，然而我必须承认使用旧的方法，焊工在制造船体成型方面扮演了重要角色。使用巧妙设计的金属部件，使其组合在一起成为一个稳固的结构，工人没有参与任何部分，结构遵循工程师策划程序。尽管如此，看游艇随着一堆金属的到来慢慢成型的过程是很吸引人的并且我们现在可以建造的更快”。

金属部件简单安装的关键是按照他们在结构中的需要有序的排列，这样建造者可以从一堆里面拾取下一个部件。实际上，装置并不总是设计的很严格，但是至少部件是按部位进行分组的，因此船员知道工作时应该在哪个部位寻找零件。此外，这种工作流程可以加快建造速度，当船的其他部分还在切割的时候，第一部分就可以进行安装。

该装置结构的另一个优势是容易创建一个光滑的船表面。Kuperus 说：“像我们建造的

大多数铝质帆船，很多客户都不喜欢对船体进行喷漆。这样在船的使用期限内它就会给人一种坚固的外观并且省去了喷漆和多次重新喷漆。这种偏好对我们造船者来说是一种挑战。我们不能使用整流罩化合物将船体表面不可避免的突起和凹陷变平坦，因此在游艇建成之后我们用锤子小心的将铝制镀层变平坦。当我们使用金属装置建造时，建造的船体很光滑少了很多修整工作。”

Euwe Kooi，K&M 公司的经理，坚信这些零件装置的好处。他说，“它消除了错误，每个部件只在一个地方是匹配的。船厂工人知道如果它不匹配，手上的部件应该匹配其他地方，他们需要在架子上寻找一个匹配的部件。尽管我们有各种熟练的工人，他们能够用自己的知识在平坦的平面图上建造游艇，如果他们只需要一步一个脚印的工作，无需考虑不匹配部件的匹配问题解决方案的话，这将节省时间和材料。最重要的是，船体的质量和完成后的平滑度好了很多，这都得益于精确的 CNC 切割。就像我们提供半定制建造的各种系列的船时，当第二次或第三次订购相同设计的船时，我们有很大的成本优势。在这种情况下我们已经有完整的切割模式可以迅速开始构造。一个 50’（15.2m）的船可以在一个月内完成。”



在安装他们到 Bestevaer 船体之前，复杂的加强型船体甲板 T 部位需要进行组装。

荷兰以及大部分欧洲的船厂缺少熟练的建造工人并且每年很难找到能够建造平滑船体的金属工人。因此，Kooi 承认这是一个令人信服的理由去投资一个万无一失的工程。它使拥有少数经验的焊工和专业船厂在预见的短期时间内能够明确的建造一个强壮的质轻的船体。

但是这并不仅仅是节省了建造时间和成本。Kooi 说“尤其是一次性的情况，整个设计，工程和构造过程并不是在所有方面都很便宜。我们在车间赢取时间，但是在工程和激光切割方面我们需要投资更多。对于我们这里建造的典型的船舶，我们在工程方面将要花费 80 到 100 小时来做一个常规切割平面图。做出一个精确的切割平面图装置我们在工程方面投资了 250 小时。”

有利的是当程序在计算机上进行精确时没有丢失任何材料；不利的是培训过的工程师和设计师花费了比大多数建筑工人更高的小时率。

合作船厂的经理经常问我“Euwe，为什么你投资这么多在切割平面图里？你让船厂的工人从平面图建造船体。你为什么不让他们根据自己的经验做呢？你在工程方面投入巨资并且将工作从有经验的人手里拿出。但是我的回答是我看到了我们在船舶质量方面取得的进步。我们可以以更加有竞争力的价格建造更多的船舶。尽管第三方可以给我们提供大量的传统切割板并且我们可以用它建造一个游艇，我们现在建造的所有的我们自己的船均采用精确的 CNC 切割平面图。我想让这一步前进成为一个更工业化的方法，因为在最后，如果我们能够以更好的价格建造船，我们也能够卖出更多的船。”

K&M 公司的船舶设计来自 Dykstra 海军建筑师办公室（见 PBB89 号文件“Sailing master”和 PBB141 号文件“Dykstra Revisited”）或 Van de Stadt 设计公司。Kooi 说“他

们提供型线并寻找游艇，当然也包括在关键点要求的结构强度以及预估船体，龙骨和钻探设备的重量。随后工程部将设计转化成铝制切割平面图，我们将平面图返回给最初的设计者，让他们确认在我们的结构中应该获得的合成强度：框架高度，纵梁和横梁之间的距离。尽管我们有经验我们也需要海军建筑师的反复核查。”

（资料来源：<http://www.proboat.com/> 翻译：Catherine ）

..... 本文未完,下期待续.....

游艇设计制造学术快报 No. 002-03：百万新构想

编辑 Dan Spurr

看看波兰船舶设计者和建造者 Janusz Konkol 的作品，Janusz Konkol 说他的想法同时来自很多个方面：木船，复合材料帆船和机动船，中心控制舷外船，桃花心木胶合板经典轻便 Chris 船，GarWood, Riva, 传统高大木块船只，汽车和其他工业的复合材料和金属部件.....14 年来 Konkol Haber 船厂为在 Massachusetts Yarmouth 港的 Rothbilt 船厂提供机动船。Haber 船厂雇佣了 50 个人。



上图 - 由 Haber Yachts 的所有者 Janusz Konkol 设计和建造, 在 Poland, Haber34C4 (34' 1'' /10.4m) 卖得很好; 吸引人的特性有驾驶室, 浅轴和设备质量。

插图 - 有几个模型具有 4 个活动龙骨可选专利配置使得船能够在没有手在方向盘或自动驾驶仪的时候直线航行。



本图 - 是 Haber Yachts 在生产总监 Piotr Wilk 的指导下为 Massachusetts 的 Yarmouth 港的 RothBilt Boats 建造的机动船，耗时 14 年之久。



本图 - 为中间站点机动船 RB24 (26.5' /8m) 准备模具。

公司的五个航海模型中，最大的 Absolwent900 (29.6' /9m) 是一个木制帆船模型。最

大的玻纤模型是 34C4 (10.4m)，像帆船和切割器一样可获得。都有浅滩和低纵横 Huarri 或者冈特钻井平台配备桅杆在房屋上。Konkol 的目标是提供适合大量服务的船舶，从广阔的海洋到湖和运河，并且适用于超载运输。对于后者，他们通常都有吃水线，轻排量和相对狭窄的横梁。以下关于对 800C4 的描述满足帆船目录 C 的要求，并且目录 B 有额外的压舱物配备切割钻井设备。

水手们最感兴趣的是三个所谓的自动转向模型：660C4 (21' 7'')，800C4 (26' /7.93m) 以及 34C4 (34' 1'') /10.4m)。C4 代表每个模型里面的 4 个稳向板。Konkol 写道他被激发来研发这种概念 - 一个标准中心线正舵稳向板，另一个在船首，两个以上在四分之一处 - 随后与几乎没有任何开帆船知识的人一起紧张的经历。风来了，Konkol 的朋友不能继续进程，然而 Konkol 试图前进并且放下吊杆。最终他们弄明白了，但是 Konkol 决定找到一种方法让船在不依靠自动驾驶仪的情况下，继续进程，不信任他的电子产品。

英国 PBO 杂志对水面上的帆船的严格测试具有相当的声望，对 800C4 花费了大量的时间并且在 2009 年 5 月出版了怎样用 4 个稳向板驾驭船只的详细分析。作者感受深刻。首先他强调船的海上能力，表明在恶劣的条件下冲洗底层允许船侧滑。而重压载和深吃水的船舶能够起锚和倾覆，驾驶室使船平稳不颠覆-换句话说就是没有稳度消失角 (AVS)。

安装有传统舵柄和舵的船，能够转向甚至通过提高和降低正确的稳向板可以改变航向。PBO 的评论者写道：如果你用船头板，主板和背风尾板满帆逆行在温和的条件下，你可以通过简单的升降尾板改变航向：移动 CLR (倾向阻力中心) 向前，使船集拢，穿越风。完成转向之后再次放下新的背风尾板，不论你去哪里都无需触摸吊杆。

在计算机控制的温湿环境下，构造采用聚酯树脂和手把增援结构-主要是垫和无捻粗砂布。在一些区域安装了泡沫芯层，但是船体主要是固体。船体在 64° F (18°C) 的最低温度下在磨具中至少放置四天，并且在离开高温箱之前要在那个温度下放置四周。固体玻璃纵梁是机动船船体的阻力板。船被放在一个水箱用来测试水密度和系统功能。

根据 PBO，客户主要对帆船驾驶室的空间，避所，吃水线，结构质量感兴趣，注重细节。目前还不清楚，有多少顾客是被四个稳向板的迷人功能所吸引。

800C4 的主要尺寸：LOD26' (7.93m)，水线长度 24' 8'' (7.53m)，船宽 8' 2'' (2.5m)，吃水 1' 10'' -5' 1'' (0.58m-1.8m)，排量 54281bs (2650kg)，压载 13231bs (600kg)，帆面积 377ft² (35m²)，D/L164，SA/D19.6。

Haber 船厂，地址：13-300 Nowe Miasto Lubawskie, ul. K. Makuszynskiego 1, Poland, 传真：+48 (0) 56 472 54 24，电话：+48 (0) 56 472 54 04，网址：www.haber-yachts.com。
(资料来源：<http://www.proboat.com/> 翻译：Catherine)

游艇设计制造学术快报 No. 002-04：无尘清洁

没错，这是公司名称：无尘清洁。在过去的几年里，你可能使用过各种压力清洁媒介来清洗船舶底部。类似的有，沙，核桃壳，玉米棒子，干冰，苏打粉，从食品服务到原木房屋及涂鸦的清除，在各种工业中硫酸钾是用于压力清洗的少数媒介。这些都是在高压下对目标表面进行激流冲洗。

玻璃是另一种有效的清洁媒介；无尘清洁使用回收瓶玻璃以及少量的水-15%的电力垫圈

-这样媒介残渣和底部喷漆都掉到地上。像塑料薄膜这样的垂直容器就没有必要了，只需要一个塑料覆盖地面，工作完成后折叠起来并且用正确的环保方式处理。



无尘清洁公司在该系统中用回收瓶玻璃来清除底部油漆。该公司称不到三小时它就可以清洁该 43' (10.7m) 机动船，包括运行齿轮（同上）时间。少量的水和清洁媒介一起清除灰尘。

无尘清洁的网站上有几个船舶底部清洁的视频，讲的是一个 35' (10.7m) 的机动船舶底部旧的防污涂料能够在三小时内完全清除掉；并且包括运行齿轮（螺桨，轴和支柱）的时间。也涉及一些操作员技能，当然，这不是复杂的事。压力是一个可调的并且对能力，效率，无损都至关重要的工作。

无尘清洁，地址：5711 Schumler Rd, Houston, TX 77048, USA。电话：800-727-5707，传真：713-868-8041，网站：www.dustlessblasting.com。
(资料来源：<http://www.proboat.com/> 翻译：Catherine)

地址：深圳市南山区蛇口望海路 1051 号（邮编：518067）

Email: hsbyacht@126.com