

# 游艇设计制造学术快报

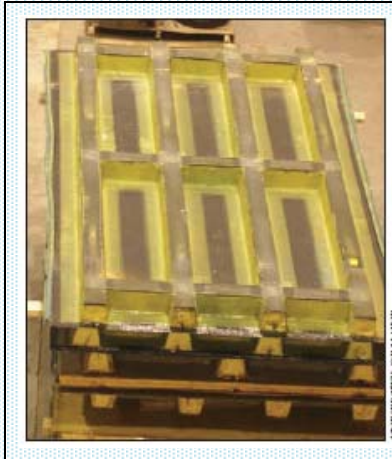
主办：中国造船工程学会游艇设计制造学术委员会  
协办：深圳市海斯比船艇科技股份有限公司

2014 年第 3 期（总第 3 期）

## 游艇设计制造学术快报 No. 003-01：两个实验室（Part2）

作者 Paul Lazarus

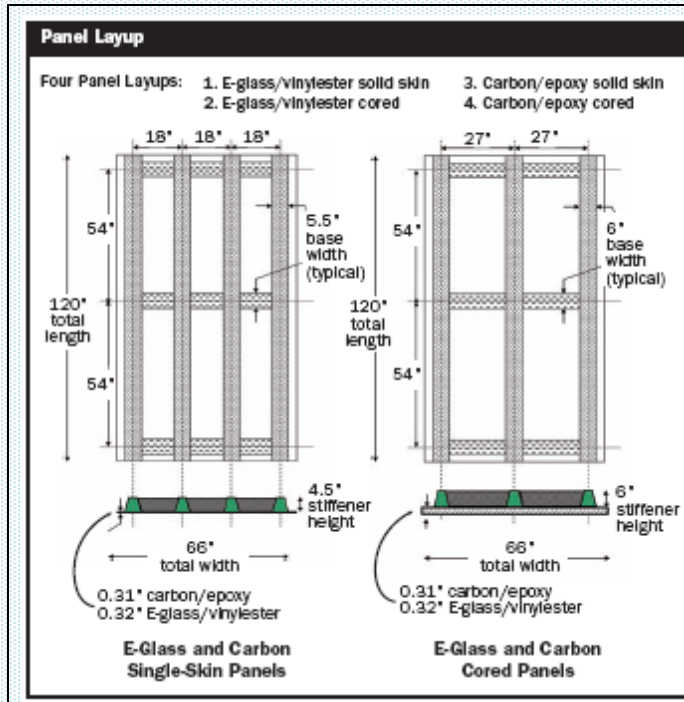
2003 年早期，Hodgdon 船厂和 UMaine 中心都在追逐 Eric Greene 提出的海军项目。简单地说，海军正在考虑用一个新的成批建造的船舶来替代现有的铝质特殊作战艇；主要目的是减少与高速特殊作战艇相关的垂直加速损伤。（垂直加速和减震是本杂志长期广泛报道的双主题。）海军决定订购一个可行的替代品原型；或者说海军更愿意购买一个技术展示。



候选的复合材料船体面板（看图），由 Hodgdon 船厂建造船员制造，在先进的结构和复合材料中心等待结构测试。进行的测试程序证明在确定特殊作战艇最优层压板时它是不可缺少的。

Hodgdon 船厂和 UMaine 组成了合资企业，在东海岸招募了一批一流的专家和顾问组（用于海军建筑，结构设计，高级建模，震动分析，注入培训，机械工具）以及从海军研究所办公室（ONR）筹资。Hodgdon 船厂将会是总承包商和建造者；UMaine 中心将会进行材料研究和测试。2004 年春，中心开始了材料测试程序。凑巧的是，最近中心为 ONR 完成了不同项目上的有限复合材料面板测试程序，所以 UMaine 定位要沿着类似的轨迹着手一个更雄心勃勃的项目。这样也能早点在结构设计上给予中心指导，Eric Greene 提供了合资企业搭档和对比强化研究-特别的是，多样化复合材料的结合可以提供足够的强度从而缓解水动力冲击。

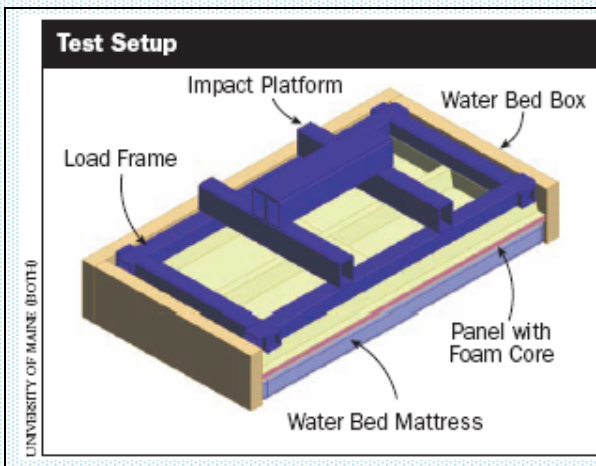
Hodgdon/中心合作的项目目标如下：开发一个能够大大提高适航性的特殊作战艇原型，同时证明能力，在 Maine “为军队和商业市场制造尺寸在 70’ -130’（21.3m-39.6m）范围内的高速复合材料船舶。”



示意图详尽的展示了为了找到一个具有最满意轻质标准和良好冲击吸收性的结构性层压板，中心测试了四个主要型号的船体面板配置。

在进行下一步之前，请注意出于本报道的目的，我同意不鉴别所有与 Hodgdon/UMaine 研发项目或船舶（和船舶建造者）相关的组织和个人，Hodgdon/UMaine 技术展示被认定为可以替代海军的一些评估结果。原特殊作战艇及其可能的替代品由于法律和技术原因仍成为敏感话题。然而这些原因超出中心所做的结构材料研究贡献，我们可以在后面进行讨论。

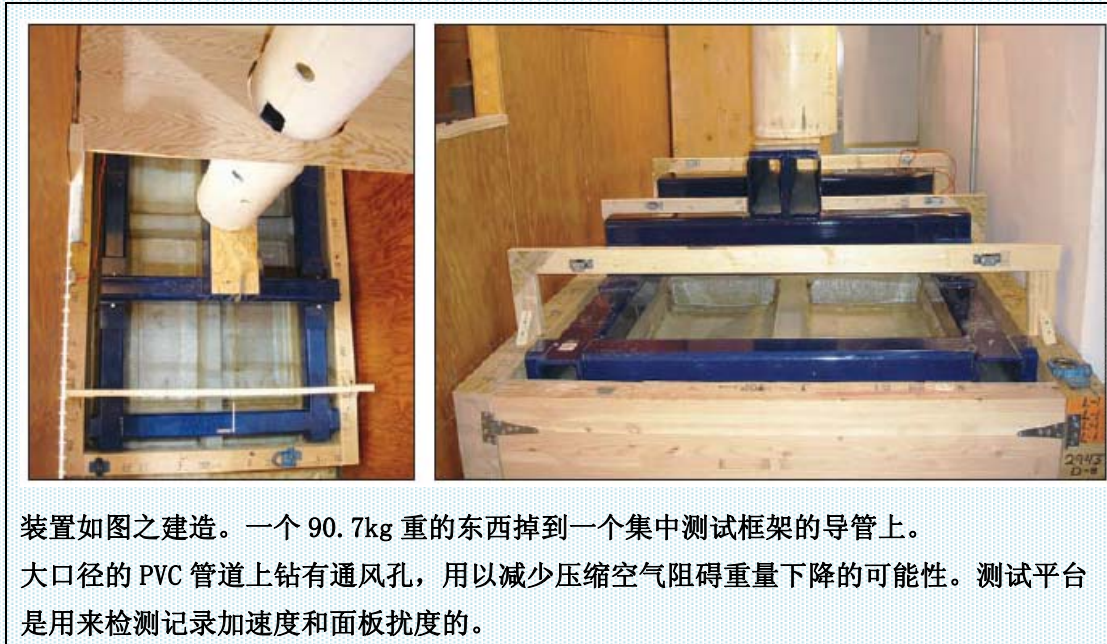
2005 年 7 月在 Maine Bar Harbor 的会议上，Bob Lindyberg 描述了中心当时为 ONR 实施的材料测试程序。我们使用复合材料的意图是开发设计能够匹配当前船舶整体刚度的船体和内部支撑结构。我们有考虑到同样的整体特性（如，船的详情：型宽，排量，布置等）和动力传动系统（能够提高马力），然而整体结构能够充分吸收高速下波浪冲击带来的冲击能 - 将这种能尽可能少的传递给船员。



渲染器安装在中心结构性测试实验室的地下室内，这里，复合材料面板可以经受从不同高度下降至 6.1 米高度时重物的重量。注意储水泡；设计夹具是用来模拟船体在高速下空降和击水时发生了什么。

Lindyberg 列出了他的团队在 UMaine 实验室评估的四种复合材料类型：乙烯酯树脂中的单皮 E 等级，环氧树脂中的单皮碳纤维；玻璃/乙烯酯夹芯；碳/环氧夹芯。两种类型的夹芯均是空心泡沫，虽然泡沫的确切类型和厚度尚未最终确定 - 同样的，选择的复合材料船体外壳系统后面的内部结构也未确定。（正如我们将会看到的甲板结构伴随有趣的结果将会成为独立的研究。）





装置如图之建造。一个 90.7kg 重的东西掉到一个集中测试框架的导管上。  
大口径的 PVC 管道上钻有通风孔，用以减少压缩空气阻碍重量下降的可能性。测试平台是用来检测记录加速度和面板扰度的。

为了一个合适的船体面板测试装置，1991 年佛罗里达技术研究机构建议 Lindyberg 选择扩大并且稍微修改液压力面板测试设置。中心的版本是由一个封闭的坚固的木制框架组成的，在商店的地板上，有一个定制的 5.5' × 10' (1.7m × 3m) 的储水泡来支撑上面放置的单测试面板。面板的顶上设置了一个钢负载框架，再上面是一个钢质的紧实平台。这部分装置在中心结构测试实验室的双混凝土楼板的水平地下室。2001b (90.7kg) 重的重量举起并释放在一个超多空的 PVC 管上延伸至实验室底板的上层 - 位于紧实的平台中心，下降高度为 5' 至 20' (1.5m 到 6.1m)。下降的重量击打着平台驱使测试面板进入储水泡中，在真实的操作环境中“模拟船体的抨击作用”。基于准确模拟的相同原理，在液压转动测试中，与标准的 2' × 2' (0.6m × 0.6m) 的面板相比，中心的测试面板比较大。(花费了几年的时间来说服美国检测和材料协会以及国际船级社承认通过该装置支撑储水泡的船用复合材料测试的有效性。PBB34 号文件是对液压转动突破实验的详细记录。)

UMaine 中心的实验设备配备多功能加速计和传感器；前者为每一个撞击事件汇聚加速，然而后者监控面板扰度。Lindyberg 说最终船体材料会基于它对撞击能的吸收性进行选择，这印证了钢撞击框架和测试面板之间的最大区别在于测量加速度。

然而在最终的分析中，来自撞击框架的加速数据被认为是不可靠的；相反，基于下降的能量采用了加速减震比公式。附加的船体选择规范是重量，可制造性以及费用。所有的测试面板在 Hodgdon 船厂通过常用的注入树脂方法进行焊接。基线控制面板是与现有的特殊作战艇的框架构建尺寸相同的 5086 铝质船体的肤层背板。

在中心，工程硕士学位候选人 Katherine Beaumont，亲自做了很多实验，后来她的论文写了长弧材料研究项目。由于清单上带有 4 个通用复合材料类型的几个可能的结构面板中的每一个受 13 影响，另外基于最新的 (2003) 美国船级社对高速艇的航海规范要求，每个类型都需要复杂的结构类型计算，因此这里有太多结果需要总结。

Lindyberg 在 2008 年六月提交了一份报告给 ONR，报告指出，清单上所有的复合材料面板的吸收冲击载荷比基线铝制面板要好；实际上，我们发现空心版本的减震性是铝制面板的三到四倍。由于以下原因空心碳最终被选为技术展示的船体材料：在 UMaine 测试中超级

减震；在未来设计中能够通过轻质碳复合材料的使用实现潜在重量的存储。（Hodgdon 构造的技术展示被证明是比海军现有的铝质船舶只轻了一点，没有轻很多）。

由 SP 系统/Gurit 制造的 SAN 泡沫核心单元采用由 DLAB 和 Baltek 分别生产的 Divinycell 和 Airex PVC 泡沫空心，环环注入径向的和横向的核心单元组成内部框架，Kevlar 层之间增加了外部层压板作为慌乱特殊操作环境中由于船与船之间的碰撞引起的磨损的保护措施。

早期我有提到 Hodgdon 建造展示的 UMaine 动态船员甲板研究。最终的结果有点出人意料。有限元分析（FEA）表明一个灵活的复合材料甲板结构实际上放大垂直加速度，因此最终空心碳甲板结构做的比之前通过计算预测的结构更厚更硬。

作为这个项目的结尾：Hodgdon/UMaine 技术展示，成立于 2008 年一月并且交付给海军进行施工实验，使 Hodgdon 游艇能够有效地将先进的复合材料结构加注至它的技术中。Tim 也创建了一个新的部门叫做 Hodgdon 防御复合材料，由先前巴斯钢铁建造厂的管理者 Dave Packhem 管理，Katherine Beaumont 在取得硕士学位后，巴斯钢铁建造厂雇佣她为工程师。最后，Steve Von Vogt 和 Bob Lindyberg 由于某些原因搬迁至独立的多学科工程公司：Von Vogt 是波特兰 Maine 船用复合材料公司的总裁；Lindyberg 是总部位于北卡罗来纳州罗利的 FDH 公司的资深工程师。

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

.....本文结束.....

## 游艇设计制造学术快报 No. 003-02: 来自 Robert Perry Yacht Design 和 Pacific Seacraft 的新设计

Pacific Seacraft 公司成立于 20 世纪 70 年代中期，由 Henry Mohrschladt 和 Michael Howarth 共同创建。总部位于加利福尼亚 Fullerton，公司生产巡航帆船，大部分都是 Bill Crealock 的设计，Bill Crealock 死于 2009 年。经过 13 年的经营，该公司的一条船被《财富》杂志列为美国前 100 位产品，这对船舶建造者来说是一个相当不寻常的奖。合伙人在 1988 年将公司售出。跳跃至 2007 年当业主根据《破产法》第 11 章申请保护。此时海洋考古学家 Stephen Brodie 出现了，他正在寻找一个项目来经营。他买了拍卖资产 - 一些工具和半打不完整的船，并且将所有东西都搬到卡罗莱纳北部的华盛顿。

Brodie 说“今天我们有了建造驾驶室 31, 32, 34, 37, 40 的工具及 44, 61[9.4m, 9.8m, 10.4m, 11.3m, 12.2m, 13.4m, 18.6m]和 38[11.6m]的快速拖网渔船。在过去五年里我们公司的大部分业务都已完成整修并且现有的 Pacific Seacrafts 船也在修整中。我们的船源源不断的来自世界各地。船建造的很好，因此他们值得投资来保持前进和升级。”

他说很多金属，木头，内饰工作是在室内完成的。“我们有一个船员对多种技能非常灵活”。

他说装备商店需要一个“相当可观的投资”；重要的是一个新的磨具车间空气处理系统。此时 New Robert Perry 已有磨具 - 设计 61，一个主要的任务。

以下是 Perry 对项目的描述：



“Catari 是以著名的歌剧咏叹调的名字命名的，是为 Annapolis 客户设计和建造的，该客户想拥有一个具有良好的离岸性能并且在甲板或以下都非常舒适的巡航艇。可能最不同寻常的设计特征就是甲板。在主要设计的早期阶段，我的客户有一个很艰难的时期来平衡后座舱布局的优势和中间舱布局的优势。我建议中间舱和尾舱同时进行。这就创建了一个非常复杂的甲板布局，由附加的齿轮双桅纵帆船所需的平台混合而成。”

下图 - 在 61' (18.6m) 的甲板上，Catari 是 Pacific Seacraft 有史以来建造的最大的船；船厂希望这个客户项目能够吸引其他的客户对船体感兴趣。两个驾驶舱一个在船尾一个在船中心，还有一个双桅帆，给设计师 Robert Perry 带来了不寻常的挑战。



上图 - Catari 的龙骨被倒放在 MarsKeel 上，由加拿大运往北卡罗莱纳州，华盛顿，图为技术人员仔细的测量龙骨螺栓间距。

“船体比例适中，但是有点狭窄的一侧具有 L/B (长度/横梁比为 4.06。) 我更喜欢狭长的船体因为他们有更良性的处理特点。通过几个 VPP 研究对船体进行了分析，最终我们选定了一个长 7' [2.1m] 的适度小展舷比鳍，配备一个灯泡顶端。虽然这只是一个单纯的巡航艇，我做了所有我能做的以确保这些性能给客户带来愉悦。”

“从我客户需要双桅帆的那天起，我试图说服他，但是我失败了。最终他只是喜欢双桅帆的样子。但是这种情况下双桅帆对我们来说有一个真正的优势。有一个桥间隙问题，这意味着一个相当短的帆装。使用带有大后桅和短艏斜桅的双桅帆，我能得到我需要的帆面积同时保持桅杆高度下降。所有的碳帆装是通过离岸帆桅做成的。”

“这个甲板布局是一个支撑。两个座舱和一个驾驶舱是复杂事物。我找到毕业于 Vancouver 大学的朋友 Tim O'Connell 来帮助我解决甲板问题，经过几次到船厂访问以及大量的计算机工作，我认为我们有一个很好的工作甲板布局。大三角帆齿轮将从中心驾驶舱处理。帆布将从后座舱进行处理。驾驶舱延伸至尾部作为遮蔽物能够覆盖驾驶舱的前锋部分。尾板处有一个折叠式游平布。”

内部特征是主人的尾部套件。有一个车间靠近机舱能够转换成一个额外的单一泊位包房。厨房是主舱的主要焦点。我的客户喜欢做饭。前方有一个大的圆头和另一个双客厅。驾驶舱在一个高的区域内这样当你站在船尾的第一个台阶/平台的时候你有一个 360 度的视野。室内装修风格是带有镶舱壁的传统风格。

“北卡罗莱纳州的 Pacific Seacraft 的这个大项目完成的很漂亮。我非常享受在船

厂的时间。他们在做一个很好的工作。”

Ivan Erdevicki 和 Perry 共事了一段时间并且已经独立几年了，他在做工程。

以下是 Brodie 对建造的描述：

所有的施工详图首先关注的是安全，平稳，强度，然后是重量。船体是 DIAB Divinycell 空心配备非常坚固的 H-360 泡沫芯层栅格系统包裹在超过 0.75' ' [19mm] 的玻璃中。水线以上采用的是高温芯层，然而黑色 Awlgrip 船体上的表面温度在热带地区可能是极端的。

这里沿中心线有一个大约 4' [1.2m] 宽，2' ' [51mm] 厚的固体玻璃纤维脊柱。该固体玻璃纤维脊柱延伸至深龙骨污水坑中，它能够携带 MarsKeel 建造的 16000lb [7248kg] 的铅龙骨。龙骨被 19 个 1.25' ' [318mm] 的 Aqualoy 螺栓固定在龙骨端上。3/8' ' [9.5mm] 不锈钢板线槽位于楼层之间的污水槽底部及通过这个非常坚固的架构来传递负载。

也有一个 Kevlar 层压板纳入船体内层用于增强抗拉强度和抗冲击性。前端是一个重的，浇灌的水密隔板配备一个储物柜，该储物柜可通过 Freeman 船用冲洗舱口进行访问。船体内大部分玻璃纤维是用真空袋夹层手工放置的。空心舱壁结构是用树脂浇灌的。Vinylester 树脂贯穿整个构造。

船体到甲板的接头是一个完全搪瓷箱形框架结构形成一个 6' ' [1.8m] 的周边堡垒，它能够增加陡峭处的安全性和横向强度。甲板也是采用 Divinycell 夹心配备用于硬件和链盘安置的固体玻璃部分。

像 Pacific Seacraft 这样令人振奋的一个好名字，不仅复兴而且还可以从事这样雄心勃勃的项目。

主要参数：总长 65' 4' ' (19.9m)，设计水线长 49' 2' ' (15m)，宽 15' (4.6m)，吃水 7' (2.1m)，排量 50000lbs. (22650kg)，辅助功率 135hp (101kW)。

Pacific Seacraft, P. O. Box 189, Washington, NC 27889 USA, 电话：252-948-1421, 传真：252-948-1422, 网址：www.pacificseacraft.com.

Robert Perry Yacht Design, 11530 Tulare Way West, Tulalip, WA 98271 USA, 电话：360-652-7771, 网址：www.perryboat.com.

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

## 游艇设计制造学术快报 No. 003-03：速度，速度

作者 - Aaron Porter

大部分船展都是关于船舶的，大部分学术会议同样都是关于学术的。一年两次的高速艇操作 (HSBO) 论坛由瑞典的减震座椅制造商 Ullman Dynamics 主持在瑞典哥德堡举行，论坛是罕见的不同于两者间的组合，它插接了完全高性能专业级小艇 - 从救生艇到执行沿海军事行动和运输的船 - 配备有会议酒店和阶梯教室，里面聚满了来自各个国家的海军建筑师，专业船舶操作员，特种部队及海岸警卫队指挥官，医学研究人员，船舶建造者，推进专家及组件生产商。

正如其名，最近的为期四天 (5月6日至9日) 的论坛密切关注海上速度，而不是休闲划船者寻求刺激或睾丸酮驱动的高速运行。300 多名代表中的大多数都知道磨削的第一手资料，离岸时间长需要能够在恶劣的海况下开小船的海上救生人员和军事力量。这意味着他们



需要仔细认真的讨论耐波性，风险，疼痛并且规定远远超过了他们谈论的最高时速和创纪录的那一页。下面是运行良好的几个最佳状态。



瑞典建造师 Vector 建造的铝制船 Vector28 (8.5m)，该船原型已经通过了耐波性能测试，该船模也是五月份瑞典 Gothenburg 举行的高速艇操作论坛的一部分。

在他的开幕主题演讲上，荷兰警卫队总监 Ed Veen 提出了他对高速船只爱恨交加的复杂情感：他的船员应对涉及高速船舶的大部分事故和执法行动；同时，最快捷的海岸警卫应变船舶自身也是快速艇。挑战来自于保护救援者/执法者安全的同时还要日复一日的在极端恶劣的海况下操作船舶。会议上的专业人士中很多都有他的这种冲突情绪。

“更快，更难，更远，更长正在成为常态”退休的皇家海军及海军顾问 Bob MacDonald 说道。MacDonald 专门从事政府机构和特种部队小船操作的工作。MacDonald 意识到伴随着这些趋势及专业船舶在极端恶劣的海况下日益增长的航行能力，船员迅速成为失败的关键。他们正是我们需要关注的。他呼吁用集成方法来设计一定程度上的操作员和乘客的工作空间相当于投资船体设计。他说到“毕竟没有人的船只是一个平台”。

无视他船员中心高速艇的设计方法，MacDonald 批评欧盟限制船员暴露并且将乘客置于全身振动的 2002 指令（注意该指令不适用于娱乐船只）。

Veen 补充道“没有一个快艇遵守这些指令”。作为一个实用的解决方案，免除该指令是由成员国授予的，前提是将最佳技术应用到船上以减少冲击接触。

“贫乏的立法是不被尊重和执行的，” MacDonald 警告道。

杜克大学研究者 Dr. Cameron Bass 20 年来一直致力于研究预测人在高速艇中的受伤风险的方法，在 ISO 2631-5 “过低”中被称为 4g 阈值，尤其当实际碰撞作用于高速艇操作员的脊柱上时该值经常达到 14g 至 16g。他强调计算和记录量级的重要性及船舶操作员执行任务超时时高冲击的频率。总之，5g 没有 10g 那么糟糕，随着时间的推移其频率越大使较低值的风险越大。

高速艇操作员的现实需要是全面的健康监护机制，比如：英国国防部 Richard Finnemore 提供的，他解释了他办公室复杂的监控方法及理货水手对冲击影响积累的职业定位。

监管主体是由主持人 Johan Ullman 和 MacDonald 在独立的起草要求中总结的，实现碰撞接触评估的清晰的测量标准（看 PBB 第 149 期的“抨击标准”）。



HSBO 论坛主持人 Dr. Johan 展示了当在波涛汹涌的海面操作高速艇遇到极端垂直加速度时，人类脊柱的运动和压实。

主持人概述了从设计方面所做的无数努力，为了使船耐波性最大化和对船员的抨击影响最小化。Donald L. Blount 联合公司的 Jeffrey Bowles 发送了一个海军建筑师对最大化高速艇耐波能力来保护船只，货物和操作员的实际综述考虑。然而船的驱动是怎样影响航行质量的，他坚持船舶几何中心是主要影响因素，加之，垂直加速度极难以预测。他提出了 Savitsky 应用程序和 Hoggard-Jones 方程式来决定重心处的加速理论和船首在简单设计中规定的有限的接触下保持平稳。

随后他探索了计算流体动力学 (CFD)，有限元分析 (FEA)，液舱测试模型在各种加载，速度和海况下的应用。他的基本特性列表使耐波性能最大化：船体斜度低于  $20^\circ$ ，钟形底部截面，圆形龙骨截面。

考虑到归类为 60' (18.3m) 的攻击和特种船在风大浪急的海面做高速服务，Abu Dhabi MAR 的 Andrew Lea 和 George Robson 详细的描述了在设计和原型过程中使用的相同的工具和所有的细节。他们的 CFD 分析揭露了操作期间船体中的应力点。此外，他们通过周密的有限元分析包括层压表的所有元素，纤维取向，椎体等作用于抨击，着地和坠毁情况分析配备动态区域的细网格研究，如舵和舱口。此外设计步骤遵循广泛的模型箱测试，在投资一个大规模模型前他们建造了一个 32.8' (10m) 的载人原型以确认船体改革后的性能。

Damen 船厂的 Japp Gelling 追踪斧头弓概念的发展，它是 Dr. Lex Keuning 20 世纪 90 年代在荷兰，TU Delft 创建的。回忆道那个狭窄的高船首的灵感来自于 Keuning 自己的膝盖在北海测试 98.4' (30m) 的交通艇时受伤的启示。于是开始检查船舶性能，Keuning 发现 85% 的减速是由于船员试图避免最大加速度，因为人类对峰值的响应不平均。在响应中，他探索了加大船概念，就是为了获得更好的耐波性增加长度不改变横梁。Gelling 说该概念发展成为更极端的斧头弓概念，即目标是 50m (154') 的船能够以 55 节的速度在北海中航行一年 365 天。因此，Damen 船厂建造了多模型，从大量供应巡逻艇到斧弓双体交通艇。他引用传统高速交通艇船体的垂直加速度从 10g 减少到斧弓模型的 1.3g。





HSBO 舰队用于测试的一些组装。  
前景是来自南非 Hysucat Marine 船厂的水翼双体船 Hysucat。

香港 HWAC Technologies 公司的 Gerard Kutt 提倡使用更小规模的设计方案来提高耐波性：水翼双体船被称为 Hysucat。简单来说，双体船的不对称船体之间的固定箔为该船型提供被动驱动控制（关于 Hysucat 的更多设计，参阅 PBB124 期，14 页）。我承认双面铝箔在滑行速度时进出水的性能并不像斧弓那样容易想象，但是这就是快速艇操作中水中组件的闪光点所在。两个 Hysucat 的变化是可以测试的，并且他们可以为任何怀疑论者确认性能。

将近 24 艘船队的测试范围为自珍贵的 CB90 和 Damen 船厂的型号为 NH1816 的新斧弓救生艇到实际中的 C-RIB 警方救援巡逻艇，它是来自 Norsafe 船厂的一个能够在波涛汹涌的水面非常快且平稳运行的救生艇原型，以及驾驶室安装有弹簧的铝质船体 Vector28 (8.5m) 和来自 Boomeranger Boats 的多功能军用级 RIB 小艇。

论坛的最后一天贡献给了具有具体设计和安全主体的一系列深入教程，这里我们没有空间去探索，但是其中的一些会毫无疑问的出现在明年的期刊中。

关于高速艇操作的更多信息，请访问 [www.HSBO.org](http://www.HSBO.org)。

（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](mailto:hsbyacht@126.com)