

毛 主 席 语 录

独立自主，自力更生。

* * *

为了反对帝国主义的侵略，我们一定要建立强大的海军。

* * *

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

* * *

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

* * *

洋为中用。

* * *

一、球鼻艏的设计问题	1
1. 球鼻艏类型选择	1
2. 各种参数的影响	6
(1) 设计航速	6
(2) 球鼻艏的体积	7
(3) 球鼻艏的高度	7
(4) 球鼻艏的长度和宽度	8
(5) 球鼻艏的肋骨线型和水线形状	8
(6) 球鼻艏与前舦过渡	9
(7) 球鼻艏的几何参数	9
3. 球鼻艏的优选和判别	10
二、无球鼻艏母型船的设计	12
三、球鼻艏的经济性	15
四、结束语	16
参考文献	17

从实际应用的角度设计丰满船型的球鼻艏

Heinrich Kerlen, Bremen

Eckert和Sharma 于1970年11月在柏林举行的造船技术协会的一次报告会中讨论了球鼻艏的问题。他们的研究结果再一次表明了球鼻艏对船舶阻力和所需功率的有利影响，并在球鼻艏作用的解释上有所进展〔1〕。

首先应该指出，对设计人员来说，重要的问题在于讨论“对某船怎样设计最佳的球鼻艏？”为此，根据有关球鼻艏的文章作如下分析，并用线型设计的实际经验来加以检验。

一、球鼻艏的设计问题

1. 球鼻艏类型的选择

对船模试验所来说，进行各类球鼻艏的系列试验要投入大量的经费。一个船型的设计是有期限的，设计部门在一定时间内需要一个最佳的线型，因此必须在一定时间内作完船模试验，而因系列化的费用太大，限制了这种需要。

想要借用不同船型的船模试验结果是困难的，这种状况促使我们在同一船型上设计互不相关的，不同类型的球鼻艏，作为在球鼻艏设计范围内进行经验“试探”的依据。

正如丰满船型的发展一样，球鼻艏的类型也在发展着，泰勒型球鼻艏几乎都是与快速、瘦长船型配合的，对于丰满船型却证明是无效的〔1〕〔2〕〔4〕。

从各种文献中可以清楚地了解到球鼻艏的发展方向，对于方形系数

为 $0.75 < C_B < 0.85$ 的丰满船型来说，主要涉及到两种不同的航行状态：满载平浮状态和压载纵倾状态。

丰满船型的大多数球鼻艏，尤其在压载状态下可能有明显的速度收益，它们可以分为两类：

第Ⅰ类，突出于艏柱前大都是具有水滴形的，也有课置的椭圆形截面的球鼻艏 [1][5][6][7][8]；即所谓的“水滴形球鼻艏”。这类球鼻艏也曾被称为“撞角艏” [9][10]。

第Ⅱ类，突出于艏柱前，具有筒形截面和球形端部的球鼻艏 [6][7][11]，即所谓“圆筒形球鼻艏”。

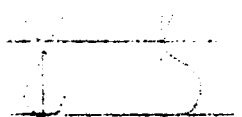
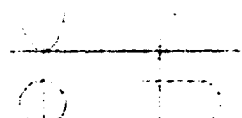
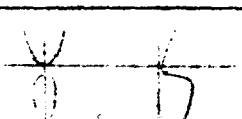
除这两种主要形式外，还有一种可以认为是一种发展，它可以在两种特征装载状态下都有良好的球鼻艏效果：

第Ⅲ类，突出于艏柱前，在压载水线之上具有导弹形截面的球鼻艏 [12][13][14][15]。马尤船型有限公司对此标以“SV艏”的记号，S表示S形的艏侧轮廓，V表示球鼻艏的剖面形状。

大多数球鼻艏与前体不和顺，而这种球鼻艏往往被认为较好，这是由于造船者——也有流体动力学家克服了利用光顺船型这个“思想障碍”（人们联想到由 Blohm 和 Voss 关于“瘦型船”的讨论）。

要精确地评论每一类球鼻艏的优缺点是困难的，因为一种船型的多种球鼻艏试验研究尚少 [6][16]。而且这些试验结果也没有得出正确的结论来解答更多的问题。但是可以就现有的资料，对功率节省的效果提出一些参考值：

表1：各种球鼻艏的功率节约的百分率

类型	球鼻艏形状	功率节约的百分率 (%)		数据来源
		满 载	压 载	
I		0 — 6 (0 — 12)	15 — 25 (10 — 32)	[1][7][8] [9]
II		0 — 7	10 — 20	[7][11]
III		5 — 23 (括号中为边界数值)	7 — 20	[12][13]

可以看到 I 类球鼻艏和 II 类球鼻艏都不能同时在两种状态获得较高数值。从百分数中还可深入分析比较。

下面的例子表明，怎样用文献的数据解决问题。

首先由 Couch 和 Moss 得到的 R 系列的球鼻艏收益(6)，使 Emden 莱茵河北海事业 (RNSW) 有限公司在 1967 年设计丰满多用散装货船时采用了这个结果 [17]。因为 RNSW 的设计方案与 Couch 和 Moss 所用的系列 60 基本船型很一致，如下表所示：

参 数	系列 60	RNSW — 设计
C_B	0.800	0.797
C_M	0.994	0.994
C_{wp}	0.871	0.877
L : B	7.00	6.75
B : T	2.50	2.49
$LO^3 : L^3$	6.53	7.02

RNSW设计的前体采用系列60的基本船型并加装R-1球鼻艏的决定，一方面受Couch和Moss的试验结果的影响，另一方面是受良好的判断的影响，这种判断正好使系列60基本船型具有 $C_B=0.80$ 的方形系数：“在Baier教授看来，设计者最后采用了方形系数为 0.80 的母型船，是一个恰当和聪明的决定。”

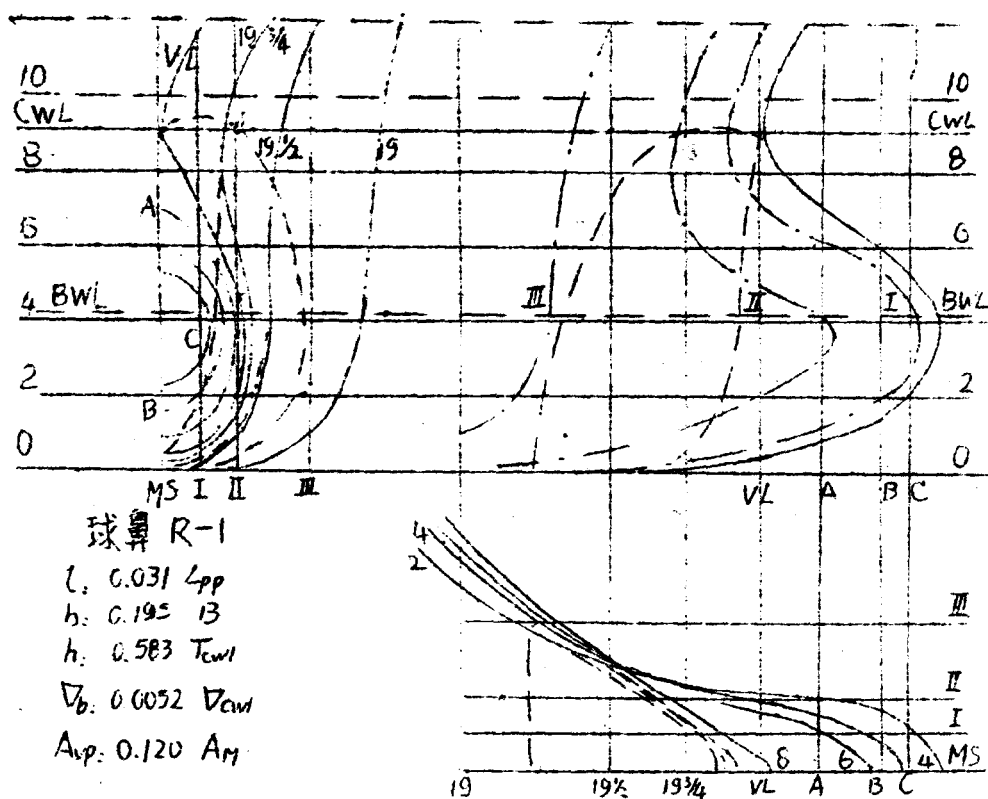
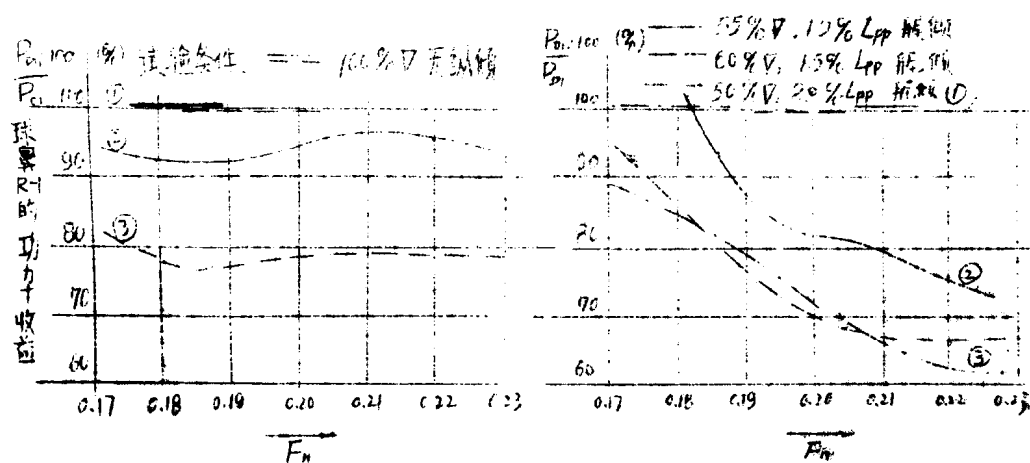


图1：前体1：系列60—带Michigan R-1球鼻艏的基本形状($C_B=0.80$)

根据 Couch 和 Moss 对系列 60 基本船型 (前体 1) 和球鼻艏 R-1 配合的推进试验结果, 不论船舶在满载状态 T_{cwl} 或是在压载状态 T_{BWL} 下都获得显著收益。

图 2 有两个结果, 一个是前体 1 有与无球鼻艏 R-1 的船模在汉堡造船试验所 (HSVA) 的推进试验结果, 另一结果是 Couch 和 Moss 在 Michigan 大学水池的试验结果。

不论是 100% 排水量的试验还是 55% 排水量压载和 1.5% L_{pp} 横倾的试验, 都表明 HSVA 和 Michigan 水池的推进试验结果有明显差别, 由此证实了已由 Muntjewerf 提出的对 Michigan 水池结果的怀疑 [19]。问题在于, HSVA 采用的是 6.5 米长的船模, 比在 Michigan 水池上用的 4.25 米船模要大得多, 看来本结果是合适的, 而 Couch 和 Moss 的数据有问题。



- ① HSVA · MICHIGAN: 船体 1, 无球鼻, ② HSVA: 船体 1, 加球鼻 R-1
③ MICHIGAN: 船体 1, 加球鼻 R-1

图 2: 前体 1 (系列 60) 和球鼻艏 R-1 在 Michigan 水池和 HSVA 试验结果的比较

如身要使球鼻艏在压载航行时最佳，在Ⅰ类、Ⅱ类球鼻艏中应选择水滴形的，不过按作者的意见，由于制造工艺的缘故，宁可采用圆筒形球鼻艏。在作模型试验时，系列变化比较简单，如果这种船模试验的结果不满意，再另选Ⅰ类球鼻艏进行试验。如要求球鼻艏在两种航行状态下的效果都好，则应设计第Ⅲ类球鼻艏。

2. 各种参数的影响

在球鼻艏的类型决定后，必须确定球鼻艏的几何特征量。这里问题在于设计球鼻艏时那些参数最重要。

Eckert对Ⅰ类球鼻艏提供了两个关系：即要选择一个好的球鼻艏首先要选用的是球鼻艏的长宽比 l/b 和所谓的C值，C值以简化的形式把球鼻的体积和前体结合起来了，可惜未能提供设计工作者所感兴趣的数据〔1〕。

无疑这两个关系作为泰勒水池的两个经典球鼻参数是很有说服力的，但把这些参数单独与所达到的球鼻艏收益联系起来还是很不够的，正如有关球鼻艏的研究中所指出的，具有相同 l/b 和C值的球鼻艏，譬如：球鼻艏形状不同和中心的高度不同，在同一船模上作压载航行所得的功率节省是很不同的。

因此，有必要来研究各种参数的影响。

(1) 设计航速

因为由船产生的波系是与航速有关的，所以在设计球鼻艏时要经常考虑设计航速，为了便于统一比较，应该选择一个相应于下式的临界航速〔20〕。

$$V_k = (3.54 - 3.0 C_B) / \sqrt{L_{pp}}$$

$$[V] = \text{节}, \quad [L_{pp}] = \text{米} \dots \dots \dots (1)$$

由 Muntjewerf 选用的判别式, 即按 Troost^[11] 所称的“经济”航速不很适于今天的设计, 它的设计航速甚至往往超过(1)式所计算的速度。

设计航速超过临界航速愈多, 则球鼻艏的收益不论在满载或压载时都愈好。如对同一球鼻艏, 设计航速 $V_D = 1.1 V_k$ 比 $V_D = V_k$ 时的功率节约高达 10%, 尤其是 Muntjewerf^[11] 和 Eckert^[1] 提供了航速和球鼻艏收益之间关系很有价值的意见。

(2) 球鼻艏的体积

球鼻艏的体积和航速两者都是对于球鼻艏效果最重要的参数, 因此首先应予确定。由于球鼻艏的原因在设计球鼻艏时应将它的体积加到船体满载排水体积上, 对第 I、II 类球鼻艏在压载时也要考虑。但实际上, 球鼻艏的体积是作为无球鼻艏在设计吃水时排水体积 ∇_{CWL} 的附加值 ∇_b , 更确切地说, 球鼻艏体积 ∇_b 是包括艏柱前及与前体过渡部分的体积。

作为首次设计的参考值, 球鼻艏体积为 $\nabla_b = (0.002 \sim 0.005) \nabla_{CWL}$, 这里对大船可取小一点, 对较小的船 (如 20,000 TDW) 可取大一点。

(3) 球鼻艏的高度

我们把球鼻中心 (大部分位于最大宽度和长度上) 至常设计状态水线 * 的距离认为是球鼻艏的高度。根据作者的见介, 球鼻艏的高度和球鼻 * 原文上的常设计状态水线, 根据上下文和数据核对第 I、II 类球鼻是指压载水线, 对第 III 类球鼻是指满载水线。——译注。

鼻艏的体积一样是很重要的参数，在船模试验时对此要特别注意。

对Ⅰ类球鼻艏，它的横剖面向水面缩小，球鼻艏的中心可以选择为艏压载吃水的70%。

对Ⅱ类球鼻艏，Muntjewerf认为，如果球鼻艏超过水线不大于10%球鼻直径时，能保证在服务航速时有良好的绕流特性[11]。球鼻中心也应位于55%艏压载吃水。

对Ⅲ类球鼻艏，设计水线就是球鼻艏高度的参考线。球鼻中心按其高度的体积分布不同选择为设计吃水的55%~65%之间。

(4) 球鼻艏的长度和宽度

在球鼻艏的体积和高度决定后，就要确定球鼻艏的长度和宽度。与此同时要确定球鼻中心在船长方向上的位置，它影响着球鼻艏波系和前体波系之间的相位差。对于丰满船来说大家的意见相当一致，即球鼻中心应位于艏柱的前面。T. Takahai^[21]推荐，从实际的观点来看，在确定了最佳体积后，球鼻中心要尽量位于艏柱的前面，Muntjewerf建议，Ⅱ类球鼻的最佳中心位置为艏柱前1~1.5%的两柱间长 $L_{pp}[11][19]$ 。

这里对Ⅰ类和Ⅲ类球鼻艏有特别之处，它们的球鼻中心位置无法立即确定，还要决定于另一个参数，即球鼻艏的长宽比。通过大量球鼻艏的实际测量，球鼻艏长宽比的最佳范围为 $1.0 < l/b < 1.4$ 。

(5) 球鼻艏的肋骨线型和水线形状

球鼻艏的肋骨线型和水线形状是与球鼻艏体积分布联系在一起的，对于几何形状简单的Ⅱ类球鼻艏，问题就可简化为球鼻艏的横剖面积大

小的问题。作为所有球鼻艏的参考值，艏柱处的横剖面积 A_{VP} 值以等于设计吃水 T_{CWL} 时的横剖面面积 A_M 的 5 ~ 12 % 为宜。对于 I 类和 III 类球鼻艏，由于球鼻艏最大宽度范围里的绕流性能好，水线头部选为抛物线形，在球鼻艏向上或向下变细的部分，水线也同样都变细长（见图 1 和图 3）。

(6) 球鼻艏与前体的过渡

I 类和 III 类球鼻艏与前体的过渡很和缓，这一点可从球鼻艏形状直观看出来。对于 II 类球鼻艏，由于制造工艺上的原因，球鼻艏与前体的不顺和是难免的。至于硬过渡和软过渡的影响见介各不相同，因与模型试验结果有矛盾 [6][11]。通过大量的船模试验认为不顺和的过渡并没有不利的影响。作者建议，先作一个不顺和的过渡，在设计时要注意使折角线尽可能不要离开水流方向。通过流线试验或流场观察可以发现流场是否受到扰乱。

(7) 球鼻艏的几何参数

对丰满船球鼻艏尺度的参考值已归纳为表 2。设计工作者的任务在于，以适当的方法组合各种参数并与已发表过的好球鼻艏进行严格的比较。

在各种情况下要证明怎样的组合才算是好的，迄今还只能由试验结果来判断。一般认为：球鼻艏的大小和球鼻与水面的距离是影响由它产生的艏波系的波幅；球鼻艏在船长方向上的位置，影响球鼻艏和船体引起的两个波系之间的相位差；而两个波系的形状及它们的相互干扰还与速度有关。

表2：球鼻艏的特征量

球鼻艏参数	有关参数	参 考 值
体积 ∇_b	排水体积 ∇_{CWL}	$\frac{\nabla_b}{\nabla_{CWL}} = 0.002 \sim 0.005$
高度 h	吃 水 T	I类 $\frac{h}{T_{BWL}} \approx 0.7$ II类 $\frac{h}{T_{BWL}} < 0.55$ III类 $\frac{h}{T_{BWL}} = 0.55 \sim 0.65$
长度 l	宽 度 b	$\frac{l}{b} = 1.0 \sim 1.4$
艏柱横剖面积 A_{VP}	在 T_{CWL} 的舭横剖面积 A_M	$\frac{A_{VP}}{A_M} = 0.05 \sim 0.12$

3. 球鼻艏的优选和判别

判断球鼻艏的设计是否成功，要进行模型试验。有球鼻艏与无球鼻艏的船模的测量结果的比较和试验的观察可为判断球鼻艏效果提供依据。

为压载状态设计的球鼻艏，船模试验的观察可以起决定的作用，如果球鼻艏设计得好，则球鼻艏要消除舭冲击波，这种经验方法已为

Sharma的结果所证实，“球鼻艏的效果可以减少船舶阻力，至少有两个明显的效果，即对快速细长船波系的明显干扰现象和对低速丰满船舭冲击波起平滑作用”（引自〔1〕）。他的这个结论还不很确切，作为理论工作者应该提出系统的工作和理论。对实际工作者来说，有球鼻艏与无球鼻艏细长船和丰满船模型试验的观察中，这种差别并不明显。可以说，不管是细长船还是丰满船，如有一个比较好的球鼻艏，在压载航行时都会减小舭波。如以丰满船上的舭波比冲击波强，来说明两种船型球

鼻艏的不同效果似乎是没有充分的根据，我们比较了细长船和丰满船的球鼻艏收益，可以认为在有益的带域里，随着方形系数增大收益也愈大——也许随着方形系数增大，兴波愈大，因此冲击艏波也增大。

由经验考察认为：细长船和丰满船的球鼻艏效果相同——Sharma认为球鼻艏效果的差别也许在于至今对这种效果的描述的不充分性，而不在于现象的本身。通过有球鼻艏与无球鼻艏的快速细长船的船模拖曳试验可以说明之。

在船模试验时要特别注意，在何种航速下艏波的平滑最明显。如果在服务航速以下出现艏波的平滑，则球鼻艏要加大。进一步改善球鼻艏的作用可以通过如下方法来达到。当船模以服务航速拖曳的时候，在前部稍微抬高或下压船模并观察艏波的变化。这种方法也可以用来判断选择的纵倾是否适当。

第二个判据是无球鼻艏和有球鼻艏时所得结果的比较。这里潜在着一个很大困难，即在船模试验中所能确定的一些球鼻艏效果没有特别明显的方法来区别是阻力试验测得的或是推进试验测得的。在大多数情况下，推进试验中所确定的球鼻艏收益比阻力试验中大，这个由 Couch 和 Moss 所得的结论似乎对每种情况都是对的 [6]。迄今还没有充分的依据说明在阻力试验和推进试验中的这种不同的效果。

根据作者的意见，应该特别注意推进试验的结果，因在大多数情况下，由推进试验中得出的预估已为实船试验结果所证实 [1][8][22]。

对各种研究结果彼此进行比较，同时要注意采用统一的参数。绘出球鼻艏收益的百分差值时，要注意到：

——设计航速与临界航速相比是否相同还是大些。

——有球鼻艏与无球鼻艏的船模试验是否在相同的排水量或相同吃

水下进行。

- 在有球鼻艏的试验中，通过船模纵倾的调节是否有最佳的影响。
- 在计算摩擦阻力 R_H 时，是否采用相同的船长。
- 在把船模试验结果换算为实船时，是否选择相同的修正值。
- 是否得出阻力试验或推进试验的比较值。
- 母型船本身的阻力性能是好还是坏。

二、无球鼻艏母型船的设计

几年前在设计球鼻艏时还是与基本船型分开的（如〔6〕）以致在线型设计时没有考虑基本船型与球鼻艏的总配合。

线型设计的一个经典规则是，在有平行舢体的船上，在服务航速和设计航速范围内时，前肩要设在使肩波系的第一个波谷与艏波系的第一个波峰重叠的地方，这个设计规则可给出具有明显前肩的好船型。

对于有球鼻艏的船来说，设计“无肩”船并通过球鼻艏来减小艏波是很有意义的。

基本船型的阻力性能和推进性能对球鼻艏和船与球鼻艏组合体的性能的影响怎样，可举如下例子加以说明：该例与 60 系列方形系数为 0.80 的基本船型有否球鼻艏 R-1 的研究有关。

前体 1 的结果与新设计的结果比较起来是相当不满意的，所以设计了前体 2，它具有相同的排水量，肋骨线型比较 U 形，前肩比较缓和并与底部线型和顺，水线进流段为园弧形（图 3）。

系列试验中把前体 2 与球鼻艏 R-1 配合起来的这个有价值的措施既省时又节省费用。究竟那一个球鼻艏“好”？在两种吃水下前体 2 和球鼻艏 1 的组合是比前体 1 和球鼻艏 R-1 的组合好。

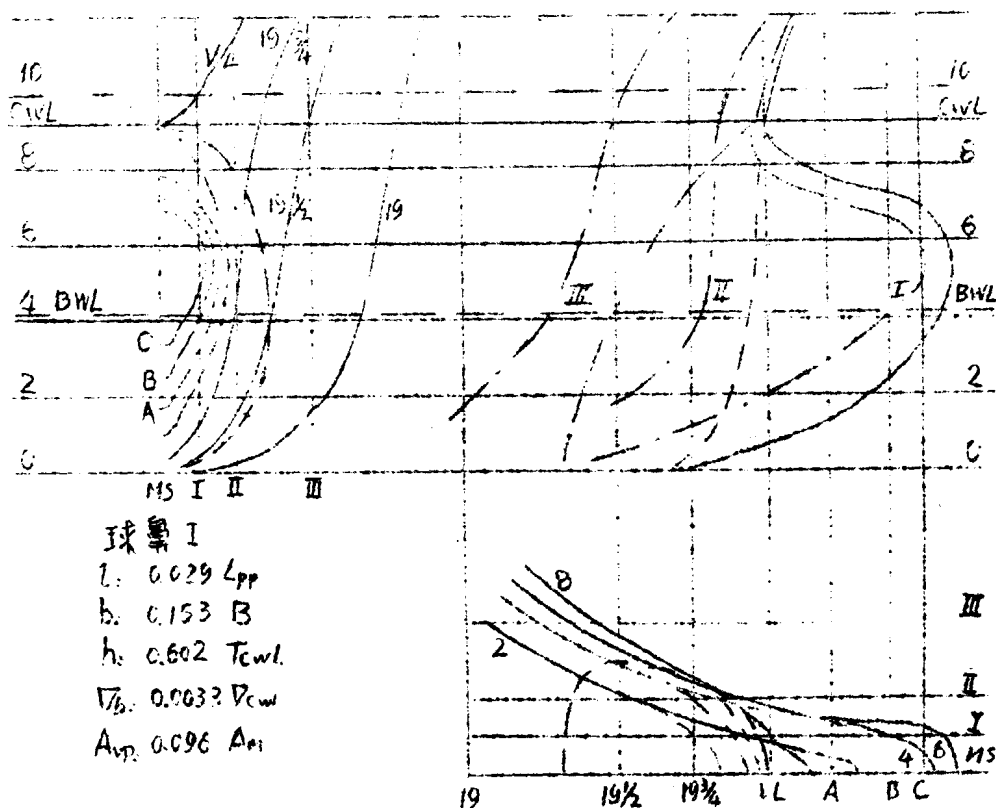
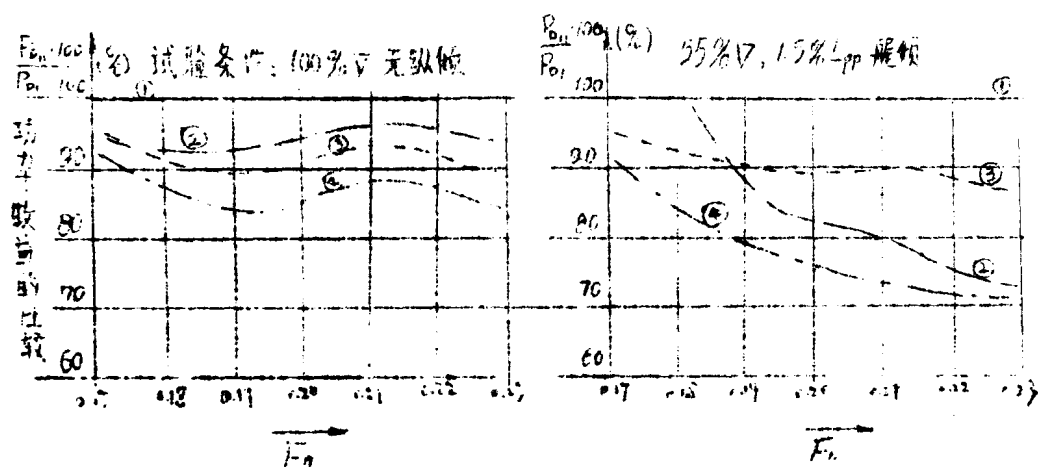


图 3 前体 2 有球鼻艏 1 的 RNSW 设计

图 4 表明, 前体 2 无球鼻艏的船在两种吃水状态, 比之系列 60 的前体 1 有明显的功率节约, 在设计吃水 T_{CWL} 时甚至比有球鼻艏 R-1 的还好。

作为第二步设计球鼻艏 1 (图 3), 采用由 M. L. Acevedo 发表过的 “bulbo-Peonza” 球鼻艏, 它不论在满载和压载时都具有很好的结果 [12]。图 4 表明, 虽然这种修改仅仅是有球鼻艏 1 的前体的变化, 却在两种吃水状态下都可获得更明显的收益。图 5 表明了有与无球鼻艏的前体 1 和前体 2 在压载状态的波形图, 通过该图可以加深理解图 4 所示的



① 艏体1, 无球鼻; ② 艏体1, 加球鼻 R-1; ③ 艏体2, 无球鼻
 ④ 艏体2, 加球鼻 1

图4 前体1 (系列60) 有与无球鼻艏 R-1
 与前体2 (RNSW) 有与无球鼻艏 1 在汉堡
 水池 (HSVA) 的结果比较

结果。

但对这个结果作出总结之前必须指出, 因方形系数为 0.80 的基本船型在纵倾压载状态的阻力性能恰恰很坏, 正如 Pien 所指出, 这种船型在 60% 排水体积和 2.5% L_{pp} 纵倾的状态下的阻力要比等排水量平浮时的阻力高出 10% 以上 [23] 文献研究指出, 船型的性能给予球鼻艏效果以何种意义, 至今还没有结论。

但是, 有球鼻艏船与无球鼻艏船的定性比较, 如对方形系数大的系列 60, 若不说明无球鼻艏的船型比系列 60 到底好多少或坏多少, 是没有说服力的 [13]。

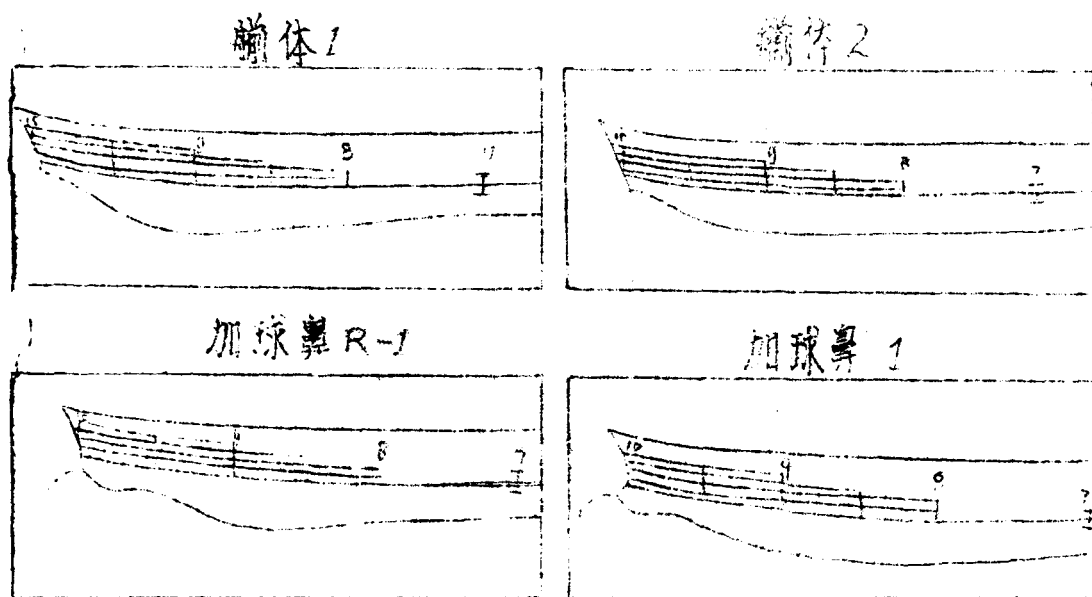


图 5 $F_n=0.218$ 时压载航行的艏波

单纯追求球鼻艏的百分增益会“导致”设计人员设计出坏的船型，为了获得球鼻艏对功率的大量节省，应该首先把无球鼻艏的船型的工作做完，然后加装一个适当的球鼻艏来节省功率，这样确实能看出百分比，而且是比较好的结果。

三、球鼻艏的经济性

应用球鼻艏的关键问题最终是其经济性问题。不同的作者恰恰有相反的意见，并都有其验证，有的说加装球鼻艏的费用比之航速的提高是得不偿失的；有的说通过船模试验的仔细优选在经济方面是有重大意义