

上海造船学院

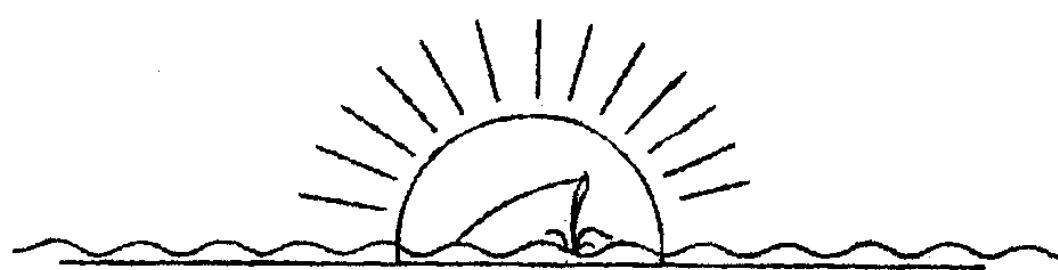


5729

水

И.А.郭爾董

船舶排水量及主要尺度之計算



國立造船工業出版社

列寧格勒 1955

序 言

決定船艦主要要素的基本任務之一是確定給定的原始數據，主要尺度、排水量、建築型式及船體結構，能沉裝置的類型以及最後，航海性能間的數量關係。就以決定船艦的主要要素問題的解答不可能僅根據任何一個及或某一個，雖然是極重要的關係，例如船舶排水量，尺度與給定的有效載荷及航速間的關係式。

不依賴于此應用的方法，對船舶排水量及主要尺度的決定，需要找出組成船的載荷的各個可變重量與排水量聯繫起來的關係式。此等關係式在船舶設計原理的現狀下尚不能表示成嚴格的分析形式。在它們的領導中，總是假定需要決定其要素的船艦與選作為型船的船艦間完全或部分相似。因此之故，聯繫船艦載荷組成部份與其排水量之關係式中包含有反映所述相似性的乘數，以及按型艦的載荷決定的一些相對重量數值。

與船艦主要尺度比值及型綫圖系滿度係數的數字值相關的，不僅有載荷的諸可變組成部分的值，而且還有這樣的一些要素，例如穩性、抗沉性、航海性能、主機馬力、船體強度指標、船的有用體積以及甲板面積。

決定主要尺度比值及型綫圖系滿度係數的數字值的普遍使用方法是利用型船法。在那些情況下，當新的任務除了獨立載荷之編制及總和以及航速以外，都重複了對型艦所提出的要求，而型艦之航海性能完全滿足新船的使用條件，則我們可認為確定此研討的諸數量的這種方法是完全有根據的。然而，在設計實踐中熟知有許多情況，在新船任務中對穩性，抗沉性，航海性能此提出的要求與當時選作為型船的船艦此提出的要求相差頗大。不改憲改變了的任務要求，或是它們在經驗基礎及技術指示上的變更，主要尺度及型綫圖系滿度係數之重複常、在實用上造成不利的結果。

在本書中闡述了借助於表徵軍艦或民船的船體外形形

狀，以及穩性，抗沉性及航行性能要素的無因次係數，以計標記選擇船艦的主要要素比值的方法。提出的方法使得能够在決定船艦的主要要素的階段研究下列因素對其排水量及主要尺度之影響：

- 1) 表徵船艦上的有用載荷及其佈置的給定的反始資料；
- 2) 對船艦之穩性，抗沉性及航速的給定要求；
- 3) 採用的表徵船體建築及結構，船體外形方案及型線圖未滿度係數值，船的容量以及能沉裝置的類型與佈置方案的設計決定。

在船艦之主要尺度計標結果中所得到的資料的分析，使得能够估計，第一是列舉的諸因素中的每個的單獨的意義程度，對應于此採取有根據的設計決定，或是有根據地在制訂設計之前提出關於修改任務的問題，第二是所研究的一些設計決定的合理性。

在本書中研究的計標辦法是以表示船體表面要素，浮性，抗沉性及航行性能要素的無因次係數利用法作為基礎。如將表明的，將其用到設計上，在其初步階段出現了運用無因次係數以解決大多數船舶原理問題的可能性。為此要求將船體表面的要素，其體積及水線以主要尺度的函數與表徵船只外形形狀的函數之乘積表示成無因次形式，即無因次座標的函數。

這樣在本書中闡述了船艦設計原理問題中的一個問題。這就使得能够避免引用表徵單艦或民船的具体要素的实际数据的必要性，後者僅便書為多餘的教學資料的累贅。

在实际应用所述的計標辦法時，实际資料以及對船舶的要素的要求，應按照型船及任務的分析結果採用。

為了便于实际应用，並將此論方法貫徹到計標系統中去，材料不僅按一般形式，而且還以數字实例的形式以申述。

數字实例中應用的全部反始資料，例如重量指標，行水阻力曲線、型線圖、艤部尺數数据等，完全是假定性質

的，並不鼓勵实际应用它們。

本書述叙了決定船艏的主要元素及船體主要尺度比例與型綫面丰满度係數選擇的計標論證方法中之一方法。此一計標方法使得能夠決定出適應於對船艏的穩性，抗沉性，航速提出的要求以及初步擬定的設計決定的船艏排水量及主要尺度。

本書可用於設計局設計船艏之初始階段以及造船學院學生作畢業設計時。

目錄

序言	頁
第一章 總則	
1. 工作的目的、內容及任務的總佈置	
2. 對船舶排水量及主要尺度計標的一般意見	
第二章 船舶的第一次近似排水量及主要尺度之計標	
3. 任務的總計標體系	
4. 重量方程式之編制和求解	
5. 編制及求解船舶的船體之積方程式	
6. 第一次近似船舶排水量及主要尺度的數字計標例子	
第三章 船舶的主要尺度比例，型線圖未滿度係數及其重心相對位置之計標論證	
7. 用保證船舶抗沉性的條件作主要尺度比例 λ 及 τ 之計標論證的公式之推演	
8. 船舶重心高度位置的確定	
第四章 數字例題	
9. 根據抗沉性條件的船舶主要尺度比例 $\lambda_{np} = \frac{H_{np}}{T}$ 及 $\tau = \frac{B_0}{T}$ 之數字計標例題	
10. 數值 $\tau = \frac{B_0}{T}$ 對互迴轉中的船舶橫傾，承受風力載荷的船舶橫傾及靜水中橫搖週期的論證要求的符合性之檢查	
11. 比例 $\lambda = \frac{L}{B}$ 之計標及船舶排水量與主要尺度之確定	
參考文獻	

第一章 總則

1. 工作的目的，内容及任務的總佈置

在船舶設計的開始階段決定其排水量、主要尺度及主要要素時，不依賴於計標的手法或手段，均引起了有確定主要尺度比例及型線各丰满度係數之數值的必要性，我們商定，在以後的敘述中對線型面丰满度係數和主要尺度將指船舶沿設計吃水之船體長度 L 、寬度 B 、平均吃水 T 、船舫處自基綫到上甲板邊緣之船深 H 、船體水下部份體積丰满度係數 δ 、船體總體積丰满係數 δ_w 、設計水綫丰满度係數 α 、舫剖面丰满度係數 β 。

在所有情況下，當不做特殊的說明或沒有相應的標註時，上述諸量被假定為屬於正常排水量，此排水量在該種情況下也被取為船舶之計標排水量。

上述諸量彼此相互聯系，並與船舶之重量及體積排水量用由浮性方程式推引出之一些關係式。

$$D = \gamma V = \gamma L B T \delta ;$$

$$L = \sqrt[3]{\frac{D \lambda^2 \tau}{\gamma \delta}} = l \sqrt[3]{D} ;$$

$$B = \sqrt[3]{\frac{D \tau}{\lambda \delta \gamma}} = b \sqrt[3]{D} ;$$

$$T = \sqrt[3]{\frac{D}{\tau^2 \lambda \delta \gamma}} = t \sqrt[3]{D} ;$$

彼此相聯系着，式中

D —— 船舶排水量，公噸；

V —— 船舶排水體積，公尺³；

γ —— 海水單位體積之重量，在設計開始階段中通常取它等於一。

$$\lambda = \frac{L}{B} ;$$

$$\tau = \frac{B}{T}.$$

数量 H 、 α 、 β 、 δ_w 也与船舶重量、排水量及主要尺度联系着，但同列在以下的较複雜的關係。上述主要尺度的比例及线型丰满度係数的正确决定不仅依赖于排水量和主要尺度，而且还有这些要素例如，主机马力、稳性、抗沉性、船体有用体积及甲板面积以及船舶总布置。

对我们既感兴趣的比例及系数之值的有目的的估计没有确切确立的并为设计实践所讚許的，用以揭露对船舶提出的要求、其排水量及主要尺度间的关系之计算公式或计算方法。

在祖国的设计中佔有广泛应用的决定船舶主要尺度的最一般方法是布勃諾夫 (И. Т. Бубнов) 所擬定的方法。这一方法他簡短而又完整地叙述在發表于 1916 年的海运工程师学会年鑑論文中。布勃諾夫方法使得能够通过决定对应于任务的改变的型船尺度增量的办法以找出船舶排水量及主要尺度。布勃諾夫在自己的著作中决定了型船对初步设计阶段的作用，並指出在决定设计船舶的要素时在某种程度上都不可避免地要使用型船。

在波茲秋宁 (В. И. Позднунин) 院士及巴耳卡欣 [А. И. Баркин] 教授的著作中叙述了确定船舶尺度比例、线型丰满度系数、决定速航性、稳性及船体体积指标的相互关系的性质方面的一些見解；但这些見解对任务的数学求解是不够的。

战後时期所發表的有关船舶一般设计问题的一系列著作中，例如，在院派郭斯塔斯基 [И. В. Гостоманский] 及巴辛 [П. Я. Басин] 的專門論文中，列举了使得能在性质上及数量上估计对船舶提出的要求採用的所論諸比例及系数的一系列数值的适宜性的方法。

工作的目的是要解决同一任务，但使得能够包括决定船舶主要要素与对船舶的航海性能，船体体积及甲板面积、排水量及船体建筑型式提出之主要要求间的联系之较广泛的范围，換句話說，即在著作中提出这样一种计算船舶排水量及主要尺度的方法，它是有把握使排水量及主要尺度在可

1.3
能最小的船解排水量下符合于任务中对船解的速航性、稳性、抗沉性、总布置所提出的要求。

因为船解主要要素，除主要尺度的初值外，首先要依赖于所采取的主要尺度比例 $\lambda = \frac{L}{B}$ ， $\tau = \frac{B}{T}$ 及 $X = \frac{H}{T}$ 及线型丰满度系数 δ 、 α 、 β 、 δ_w 数值，因此在提出的著作中对这一问题给予了特别的注意。此外，像在以后将指出的，对速航性、稳性、抗沉性、船体有用体积及甲板面积提出之要求之实现不仅依赖于线型丰满度系数及主要尺度比例，而且还依赖于船体外形的形状，即依赖于船解丰满度沿船体长度及高度之分布规律。这个问题不仅像通常所应为从满足速航性及布置方便性的要求的观点来研究，而且应从任务中对船解提出的其它要求的观点来研究。

如果主要尺度比例、线型丰满度系数、船体外形的形状及船解重心之竖向位置间的联系，虽然即便是近似的、与数字所规定的联系也未确定，则所解决的任务的提法是不完全的，这个问题在专门的文献内很少研究及阐明。通常在单面前设计及甚至在草图设计的实践上，考虑到有用载货高度之衡量的船解重心高度位置 Z_g 被取为船深 H 的一个分数，即认为 $Z_g = Z_g' H$ ，式中 Z_g' ——按型船按标决定之系数。

这种简化的关系仅对在设计船载货分布与按标重心竖向位置所采用的型船的载货分布及船体外形的形状相似的那种情况下是适用的。在相反的情况下，在船解竖向重心位置决定中的误差可能是如此的重大，使得表征船解线型丰满度系数对其稳性、抗沉性、因而对其主要尺度之影响的分析结果贬值。

这个问题是完全独立的，这是最复杂的问题之一；在提出的著作中它没有得到完全的解决，其中仅给出使得能够确定船解重心竖向位置与船体的整个体积的竖向丰满度系数间之数值关系的近似方法。

主要尺度的计算，甚至考虑到表征船解线型丰满度的影响之计算，如果它不是基于十分具体的结构决定，则仅带有假定性质。这种因素，例如，舷侧舷樯的宽度、限制舷樯淹

水高度的甲板之存在，保證航海性之甲板線至艏柱的升高等，對船解尺度及其比例發生的影響并不小於表徵綫型面之係數之數值的影響。因此在本書中，預先擬定的船解結構特性及建築型式，要以所有以後的排水量及主要尺度計標作為基礎。

上述任務的解決是本書的主要對象。在該處應指出，在本書中不研究任何的船解的具體等級或類型，此類型的數字，例題僅之是為了將所提出的方法引導到計標體系，這種計標體系在設計實踐上，應該在頗大程度上簡化其應用。

既有利用作為數字例子的原始實際資料只帶有假足性質，在實際設計中不可能推荐使用。在解決數字例子時，對船解提出的要求及其中解決的具體問題，也帶有假足性質。

2. 對船解排水量及主要尺度計標的一般意見。

船解排水量及主要尺度計標，以及其所有其它主要要素決定的最普遍方法是逐步近似法。在該情況下，對逐步近似法不理解为求解重量方程式的手段，而是在制定設計的不同階段，船解主要要素計標的某一完全肯定的順序，在每一階段中無論是所決定船解要素的精確程度或是其組成，都是不一樣的。

提供出下面的計標順序是適宜的。

第一次近似，主要目的：
 1) 決定船解排水量、主要尺度、主機馬力及對佈置給定的武裝，有用載荷、機械、設備、船員及食糧儲備所要求的船體結構等方面的數值。
 2) 確定船解型綫面外形的一般特徵（橫剖面面綫曲綫、水綫及橫剖綫的特徵），型綫面係數及主要尺度比例的名許變化範圍，建築型式（甲板數目及伸展範圍、橫剖面簡面，縱中剖面輪廓簡面），機器裝置的類型、組成及佈置簡面以及船解三機佈置，這樣，在第一次近似計標中應該決定奠定以後制定設計的船解設計思想。沒有一個明確的概念，即沒有擬定設計中應該達

到的任何設計決定，設計師就不可能正確地解決擺在他面前的任務。

在第一次近似計標中完成的計標及圖紙範圍應該限于不依賴于載荷的主要尺度，船舢主要尺度及排水量的重量之計標及必需的船體佈置之計標，制定船體佈置及建築型的方案。

如果在第一次近似中，擬定出幾種船體建築型式的決定，以便在第二次近似階段中研究它們的對比優點及缺點，這是十分自然且合理的。

第二次近似 主要目的：(a) 用計標及制作簡表及依對船舢之穩性、抗沉性及速航性提出的要求及在第一次近似中擬定的主要建築方案及船體外形的一般特徵（橫剖面面積曲線及設計水線的特徵）以論証船舢主要尺度的合理比例及型線面系滿度係數的數值；(b) 將在第一次近似中所規定的船舢排水量及主要尺度加以確切化並有根據地選擇出他們的最適宜值，俾可能建造船舢的最小材料資金消耗下更完滿地符合任務。當要求確定船舢排水量及對其穩性、抗沉性、速航性能的各种要求的關係的那種情況，第二次近似計標具有研究的性質，由研究結果應該擬出船舢主要尺度的最合理的方案，或者附切對船舢之要求。在船體建築型式或船體外形形狀的成幾個方案情況下的計標也具有這樣的研究性質。

第二次近似計標中所完成的工作範圍應限于：(a) 船體主要尺度比例數值的計標，這些比值滿足船舢設計的任務及基于具體的船體外形的有效要求；(b) 確切主機類型及馬力以及船舢的建築型式；(c) 決定船體主要尺度的最合理方案，並前後確切船舢的排水量數值。

由于第二次近似的結果決定的主要尺度，船舢建築形式及船體外形的性質，佈置的瓦則方案，主機類型及馬力，應該取作為以後堅定船舢的草圖前設計及草圖設計的原始資料。為：使在第二次近似中之計標結果是足夠可靠的能供作為以後的設計階段的原始資料，這些計標之精確度應該像草圖前設計及草圖設計階段中完成的計標精確的程度一樣。這

個條件可以在那種情況中實現，如果不是把具有統計係數的近似公式，而是以通常在造船設計實踐中即採用的船舶原理及結構力學之計標方法，作為第二次近似中可完成的諸計標的基礎。在遵守這種條件時，包括在草圖前設計及草圖設計範圍的內計標，帶有將第二次近似計標結果加以确切化的檢查性質。

在一般情況下，草圖前設計或草圖設計階段可以看成為以解決決定船舶主要要素任務的第二次近似。

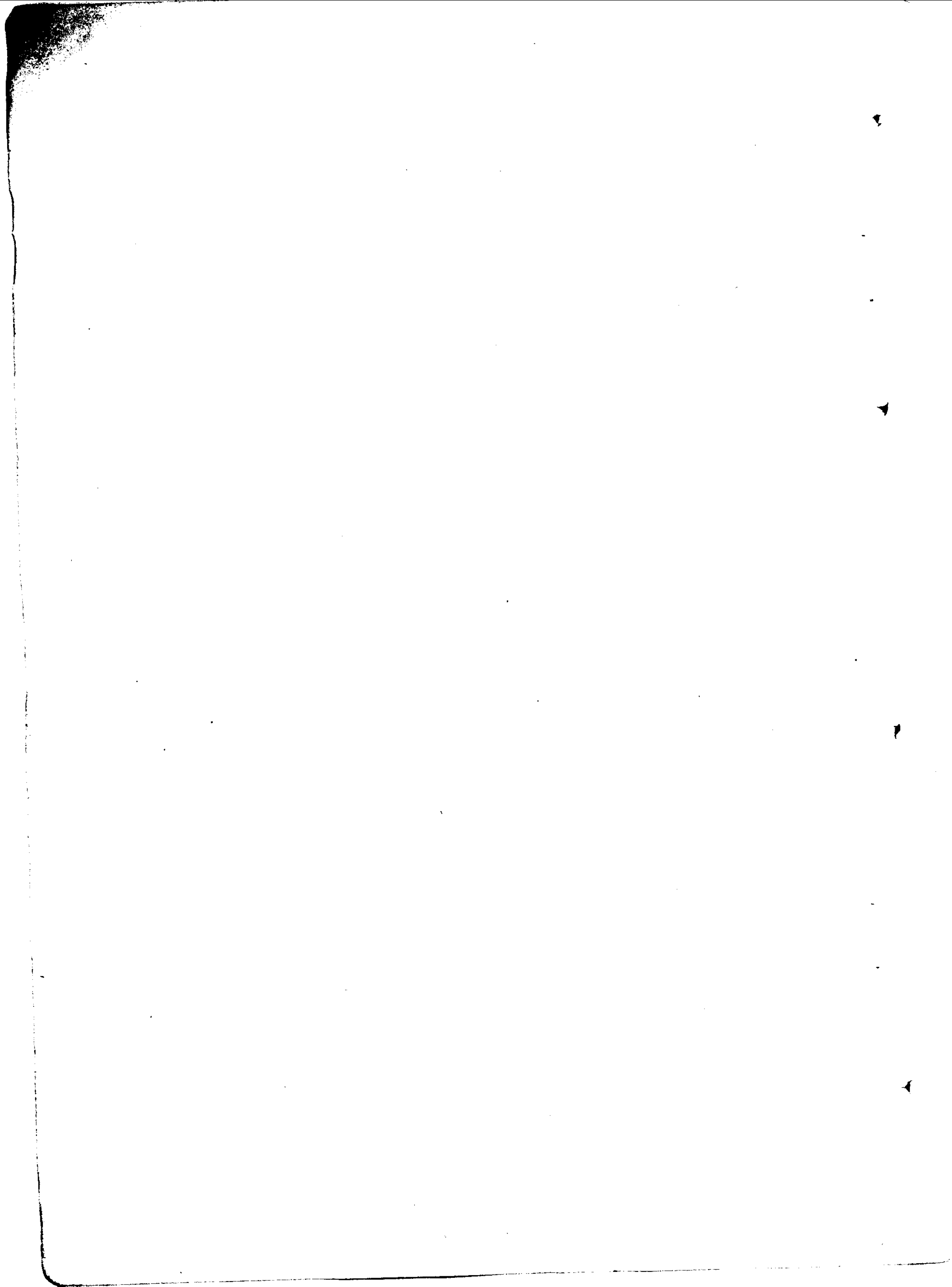
在設計實踐中常常為了縮小工作範圍而把船舶主要尺度的第二次近似計標省掉，因為假定了前一次設計經驗能提示出主要尺度比例，型線簡半滿度係數，船體建築型式等的正確選擇。但是同一個設計經驗說明了這種現象是會根據的。對穩性、抗沉性及佈置的要求的不大的更改或船舶建築型式的修改會引起重新設計或放棄以前擬定的要求的必要性。

在設計實踐中知道有許多情況，因為船舶尺度或型線簡係數，或船體外形的特性選擇得不對，當穩性、抗沉性、速航性計標結束之後發現了任何一任務要求未得到滿足，在這些情況下，就不得不修改設計，包括從佈置簡及已有的計標，或是如果對此時間不夠，可放棄先前提出的要求以達到。如果主要尺度的計標不只是根據計設計師個人的經驗，他不可否認這種經驗的作用，但也不應估計得過高，而且也考慮對船舶提出的要求及其建築型式與結構特點，則兩者都是可以避免的。

建立這些方法的可能性是毫無疑義的。其唯一可提出異議的地方就是所要求的計標之繁重性。但是不可以不對後者予以注意，因為船舶的整個設計的修改，甚至在制作草圖前設計的階段，也要求多几倍的時間。決定船舶這樣高價建築物的主要要素的正確性程度，不應擺在依賴於計標及簡表工作範圍的大或小上。

在以後的敘述中列舉了能用以決定船舶主要尺度、排水量、主機馬力、船體體積及甲板面積的計標方法，以便得它們完全適應對穩性、抗沉性、速航性及佈置的具體要求。

1.7
这种方法近似程度与通常在草图前设计实践中所采用
的计标相同



第二章

船舶的第一次近似

排水量及主要尺度之計算

3. 任務及總計算体系

在制作設計的开始阶段中，任務不应包括过份詳細的及次要的一些要求，因为不可能在主要尺度計标中改变它们，而只能轉移設計師对解决主要任务的注意力。另一方面，除主要任务外，还必须考虑到現行的定額文件，例如：对居住、公務及生活房室的總佈置之要求，对决定了装备、机器、儀器、照明設備等等各個樣品之重量及輪廓尺度的供应标准及技術条件。也应考虑到应用以前已有的成批机器、裝置、裝備樣品的可能性，以便，第一，使船舶建造大大地減价，简化与加快；第二，使其使用简化和減价；第三，大大地提高計标可靠程度。

在一般情况下船舶的主要尺度及排水量計标的任务应包括：

- 1) 在船或舢的設計中应预先规定的对軍備或贏利載貨，特殊設備及裝備佈置之主要要求及詳細的表冊；
- 2) 对船速或經濟速度、续航力及船舶在食糧、飲水及消耗材料供应儲備上之自理性要求。
- 3) 对結構防護裝置即对水下爆炸之防護及对裝甲之要求；
- 4) 限制設計舢或船的任何要素，例如排水量、吃水、自搖周期、主机类型及抗冰性能等等的特殊要求，如果对它们提出这种要求的論；
- 5) 对貨艙积載因素、裝貨艙口、起重設備等，提出的要求。

对以後的計标，可以遵照下列工作顺序。

首先必須预先分析任务，即把任务的資料与已造好的或先前設計好的船舶設計要素加以比較。同时必須批判地处理选用素作为比較的型船的船舶。在这种情况下，设计

22
 其完境况下一樣。最有價值的資料是實船解的試驗結果，作戰時使用經驗，因為這種性質的知識使得能最客觀地估計所研究的性能。

開始進行新設計的工作之前，必須明確地確立作為母型的已造好之解或船的所有優良的或不良的性能，對其要素的估計沒有足夠的材料之解或船，既不可供作為母型也不可用作為比較。

由於分析任務的結果，必須：1) 構成對新船解排水量的初期數值方面之初步概念；2) 制定船解之建築型式，即初步確定甲板數目、有無船樓及完全的上層建築，反映船解結構基本原則及水上與水下結構系統的橫斷面圖查，武裝及機器佈置的原則性圖查，船解外型的一般性質。

此後當任務已研究過且設計師已得到了對所擬定的設計之設計思想的總的初步概念後，必須進行參入船解排水量內的所有不要求初步的主要尺度值就可加以決定的載荷量的量。這些載荷通常叫做「獨立載荷」。在某些情況下這種計標與任務的分析結合起來是方便的，因為知道了上述載荷的重要值得能更具體地判斷所期望的排水量數值範圍。

下一批較受編組並求解重量方程式

$$D = \gamma V = \gamma L B T \delta = P_K + \overset{+P_B}{P_B} + P_{M_1} + P_M + P_C + P_T + P_a \quad (1)$$

式中：
 D —— 船解正常排水量；
 V —— 吃水相應於正常排水量時的船解排水體積；
 γ —— 單位體積的海水重量；
 L —— 沿相當於正常排水量的水綫之船解長度；
 B —— 沿此一水綫之船解寬度；
 T —— 正常排水量下的平均吃水；
 δ —— 在正常排水量下，並考慮到附屬件的船解總丰满度係數；
 P_K —— 船解載荷部之重量；
 P_B —— 裝甲部之重量；
 P_{M_1} —— 武裝部之重量；