

苏联高等教育部審定为
水道运输工程学院教材

内河船舶船体結構的 計划与設計

И.Н.西維尔采夫著

孙詩乐譯

严毅校

人民交通出版社

本書講述內河鋼船船體結構的強度計算與設計，
以及鋼筋混凝土船與木船的船體結構強度計算特點。

本書內容符合蘇聯內河運輸部高等學校造船系所
採用的「船舶結構的計算與設計」課程的教學大綱。

讀者在閱讀本書前，應首先瞭解船體結構學、構
造力學及造船工藝學等課程。

統一書號：15044·6050-京

內河船舶船體結構的 計算與設計

И. Н. СИВЕРЦЕВ

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСА СУДОВ
ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ
РЕЧИЗДАТ МОСКВА 1952

本書根據蘇聯河運出版社1952年莫斯科俄文版本譯出

孫詩采譯 嚴毅校

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

新華書店發行

機械工業出版社印刷廠印刷

1956年4月北京第一版 1957年1月北京第二次印刷

開本：850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張：14 $\frac{1}{4}$ 張，插頁1頁

全書：500,000字 印數：1501-2515冊

定價(10)：2.70元

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號)

目 錄

序	1
緒論	2
船舶結構設計是一門獨立的學科	2
俄羅斯與蘇維埃的科學家在船舶強度及結構設計科學 方面的先進作用	5
§ 1 在船舶結構設計中應用強度計算的歷史過程	5
§ 2 作為獨立學科的船舶構造力學	7
§ 3 蘇聯科學家在創建非金屬船舶強度理論方面的貢獻	10

第一篇 船體結構強度計算

第一章 船體構件的功用及分類	13
§ 4 作用於船體的力。船體各構件的功用	13
§ 5 船體構件的分類	18
第二章 船體總彎曲及總扭轉時的外部負荷	25
§ 6 重力負荷	26
§ 7 船舶在靜水中的浮力及縱傾	35
§ 8 在波浪中時船體所受的力和在強度計算中計及這些力的方法	37
§ 9 船舶在波浪中的縱傾	43
第三章 船體的局部負荷	48
§ 10 水壓力負荷	49
§ 11 貨物壓力負荷	52
§ 12 機艙板格的負荷。船舶裝置對船體的力	55
第四章 總剪力與總彎曲力矩	60
§ 13 船舶在靜水及波浪中時總剪力與總彎曲力矩的計算 (動力因素不計)	60
§ 14 用計及動力因素的 A·H·克雷洛夫法計算在波浪中船舶剪力 與彎曲力矩	74

§15 船體彎曲引起的浮力重新分配和液體貨物流動現象 對總彎曲力矩數值之影響	79
§16 總剪力與彎曲力矩的近似計算方法	84
§17 船體總扭轉力矩的計算	87
第五章 船體總彎曲及總扭轉時的應力	89
§18 複雜剖面的剖面模數之計算。相當桁材	89
§19 計算第一近似值時構件計入相當桁材的條件	91
§20 總彎曲時船體鋼板的工作	98
§21 折減係數的計算	103
§22 相當桁材要項的第二近似值及相繼近似值	108
§23 總彎曲時的應力	111
§24 總扭轉所引起的應力	114
§25 船體總彎曲的彈性線	117
第六章 關於船舶局部強度計算的若干指示	121
§26 計算時結構圖形的簡化及結構的劃分	121
§27 需要進行局部強度計算的若干船體結構部分	130
§28 焊接處強度計算	140
§29 鉚接處強度計算	153
第七章 鋼船船體強度校核	158
§30 船體結構強度校核概論	158
§31 船體結構強度的標準	163
§32 總應力與局部應力之和的計算	168
第八章 船體總強度計算範例	172
§33 計算的原始資料與概要	172
§34 總剪力與總彎曲力矩的計算	173
§35 由總彎曲引起的垂直應力第一近似值的計算	185
§36 由總彎曲引起的垂直應力第二及第三近似值的計算	186
§37 船體強度校核	198

第二篇 船舶結構設計

概論	202
第九章 船舶結構的材料及其選擇	209

§38 結構材料的選擇。材料（特別是鋼材）的節約	209
§39 主要造船材料的特性	210
§40 各種材料在適用性方面的比較	214
第十章 原型模倣法	218
§41 概論。原型分類。原型完善性	218
§42 原型船舶應具有的條件。依據原型進行設計	222
第十一章 按照蘇聯內河船舶登記局規範設計船體結構	229
§43 規範概述	229
§44 貨船船底	233
§45 舷側部分	237
§46 甲板部分	240
第十二章 梁材剖面的設計	245
§47 概論。設計船舶結構時對損耗的估計	245
§48 承受拉應力及壓應力的桿件剖面之設計	247
§49 剖面模數與換算的剖面積	249
§50 彎曲時剖面的質量	256
§51 梁材立板的設計	261
§52 梁材的空懸平板之設計	269
§53 關於選擇梁材剖面的例子	272
第十三章 船體板格的設計方法	279
§54 梁材最小間距的確定	280
§55 在基本間距規定的情況下單式橫構架式結構與 單式縱構架式結構的比較	286
§56 強度不同的梁材（單肋骨與桁板肋骨）交替構成的 橫構架式結構之研究	291
第十四章 相當桁材的設計	298
§57 船體各縱向構件在承受總彎曲力矩方面的作用	298
§58 必需的相當桁材平板剖面積的第一近似值	304
§59 甲板板及船底板厚度的確定	308
§60 相當桁材與船底板格及甲板板格的聯合設計	311
§61 關於設計相當桁材的若干問題	323
§62 由於航行於大水库而引起的原有船舶船體的加固問題	328

第十五章 關於設計肋骨框及艙壁的若干問題	333
§63 肋骨框的設計	333
§64 關於設計支柱的問題	336
§65 艙口較大區域的甲板結構	340
§66 艙壁設計的特點	341
第十六章 船舶營運條件對結構的影響	343
§67 結構對裝卸作業的適合性	343
§68 船體的耗損	346
§69 承受強度計算所未能完全計及的營運負荷的結構之設計	350
第十七章 船舶結構設計中的工藝及經濟方面的問題	354
§70 船舶結構的工藝性	354
§71 在設計過程中保證結構工藝性的方法	357
§72 船舶結構設計中的經濟性問題	363
§73 結構成本核算及其分析。結構成本的綜合指標	366

第三篇 非金屬船舶結構強度計算的特點

第十八章 鋼筋混凝土船結構強度計算的特點	370
§74 鋼筋混凝土結構的工作特點與計算方法	370
§75 破壞負荷的計算	374
§76 承受主要拉應力的強度計算	389
§77 抗裂性的計算	394
§78 強度校核	400
§79 容許應力計算	403
§80 鋼筋混凝土船結構強度計算範例	406
第十九章 木船強度計算特點	421
§81 木結構工作特點	421
§82 容許應力及容許力	424
§83 容許應力的強度計算（化為整塊木材）	435
§84 極限負荷法	443
§85 現有的木船結構強度計算方法之缺點	447

序

本書綱要曾經列寧格勒水運工程學院船舶原理與結構教研室會議討論過，並有中央河運研究院及列寧格勒設計機構的代表參加。

定稿後又經許多專家評閱，並又交上述教研室討論。

對本書有重要指正的內河船舶船體結構強度計算與設計方面著名專家計有：〔紅色索爾莫伐〕工廠總設計工程師斯大林獎金獲得者 B.M. 凱連契夫教授、技術科學博士 H.B. 馬基斯教授、斯大林獎金獲得者 M.H. 伏羅寧教授及技術科學博士 H.K. 多爾米頓托夫教授。

協助作者編寫本書者計有：B.H. 斯莫良科夫講師，H.M. 耶果羅夫（第十八章）及 IO.A. 貝赫吉萊娃（第十九章）。

相當桁材與板格聯合設計法及關於桁板肋骨與單肋骨構架系統部分係由作者和 B.H. 斯莫良科夫講師共同編寫的。

參加本書編寫的還有責任編輯技術科學博士達維多夫教授，他在編輯本書過程中會非常詳細地加以審閱，並參加某些章節的改寫工作，使本書內容有很大的改進。

參加繪製本書圖表工作的計有：工程師 B.M. 柴伊采夫，B.H. 列修科夫及 T.H. 西維爾采夫。

應當指出，在編寫本書的同時，曾經進行許多次專門性實驗；若沒有作者所領導的教研室全體同志參加，在短期內完成這些實驗是完全不可能的。

許多專家在評閱本書後所提出的批評對作者有很大的幫助。作者對所有意見均仔細地加以考慮。

作者謹向審閱本書及參加有關工作的所有同志深表謝意。

如蒙讀者指出本書缺點，作者將不勝感謝。

緒 論

船舶結構設計是一門獨立的學科

船舶結構的設計在過去有很長時期是按照船級社規範並利用原型進行的。後來開始採用強度計算，但在當時僅具有輔助作用，即校核已設計的結構的強度。

偉大的俄羅斯科學家 Д. И. 門德列也夫在提到當時的造船業時曾感慨地寫道：「迄今，船舶的建造仍在摸索地進行着，所運用的僅是各種各樣的實際經驗，而沒有以理論為基礎的計算」（門德列也夫全集，第七卷）。

在建設共產主義的時代裏，蘇聯人民要求科學能促進這偉大建設事業的實際問題的解決，即國民經濟中的具體問題；使理論指導實踐，同時理論也為新的創造和發現所豐富。

作為獨立學科的船舶結構設計是這種情況下的產物：在該門學科中，構造力學的理論，目的為積極地服務於建築物構件的合理選擇。

船舶結構設計所依據的「以理論為基礎」的計算與實踐有密切關係，並通過實踐加以檢驗。所以，在蘇聯正在實行過渡到以強度計算為根據的合理設計船舶結構，並計及營運、經濟及工藝等問題，是具有進步意義的。這種情況自然也反映於有關學科的內容及高等學校造船系教學計劃的組織。關於船舶結構設計的舊制課程為敘述性的船體結構學、構造力學及船舶震動學。內容繁複的敘述性船體結構學一般在第五、六學期學習，而當時學生還未學過結構強度計算方法、造船工藝學及具體經濟學問題。因此，在船體結構學中不能將結構作很全面的分析，以作為合理設計的基礎，也不能講述結構方案的構成。分量更重的是構造力學，該課程研究公式化的結構，闡明按照假定為已知的負荷計算應力及應變的方法。關於所求得的數值與容許數值比較的問題及強度標準，在構造力學中幾乎不予研究；僅是在結束部分講述了計及實際負荷與強度標準的船舶結構強度問題，但基本上只是注意到結構強度的校核，即校核方面的計算方法。

這種因循舊習的船舶構造力學內容在目前是不適宜的。因為這會使學生錯

誤地理解構成結構的過程，而忽略了營運適合性、工藝性、經濟性及其他許多對強度有決定意義的因素。

這些情況促使作者按照新的方式講述這個問題，使船舶結構設計成為一門專門的學科。船舶結構設計是一門獨立的技術學科，專門研究關於探求最妥善的船體形狀及結構尺寸的方法。

船舶結構設計學提供計及全部有關因素的合理的設計船舶結構方法。它使船舶結構學與構造力學相結合，予後者以積極的形式——用於確定結構的方案與組成部分，而不僅是校核已設計好的結構之強度。本學科確定強度計算在設計船舶結構過程中的作用。在本門學科中，強度問題與營運條件、經濟性及工藝性均有密切關係，並遵循蘇聯的技術方針。

船舶結構設計學使理論與實踐完全結合。這也是它與舊的構造力學相異之點。

我們先進的科學家們很早就看到船舶結構學與構造力學相結合的必要性。Ю.А. 西曼斯基教授在其著作「造船工程師手冊」（1916年）和「造船手冊」（1934年）中，及H.E. 普托夫教授在其所著的「船體結構學」（1937年）中均已在頗大程度上實現了這個意圖。但是，結構型式及尺寸的選擇問題與強度問題的聯系還不够充分。

在本書中，作者嘗試創立一門關於船舶結構設計的學科。

現在，舊有的傳統看法，即認為設計船舶的技能係憑經驗而得，且完全依靠設計師個人能力，以及不能創立一門關於船舶設計的專門學科以進行合理的教學，已被一致公認是錯誤的。本書牢固地奠定了船舶結構設計學的基礎，今後該學科無疑地將有進一步的發展。

作者於1939年及1941年，在專門討論高等學校造船系教學大綱的蘇聯造船學會會議上提出建議：創立專門的船舶結構設計學並將其補充到高爾基水運工程學院造船系教學計劃中，這一建議得到大家的贊同。

船舶結構設計學基本上代替了船舶構造力學的第三部分，並與船舶結構學相結合。

除了船舶結構設計學的主要部分外，本書敘述實用的船體強度計算方法，即指出在船體強度計算中如何應用構造力學原理。

為了與河運部培養工程師的任務相適應，在船舶結構設計學中還講述了非金屬船舶船體結構的強度計算與設計問題。

本書內容與船舶結構設計學的綱要相符。

本書分為三篇，在主文之前有一章專門講述俄羅斯及蘇聯的科學家在船舶

強度與結構設計科學方面的先進作用。

第一篇的內容為船體強度計算方法。由於讀者已學過構造力學，該篇僅講述構造力學應用於計算已設計好的實際結構的強度之方法，並在現代的船舶強度科學水平上解決這個問題；但僅限於設計機構實際工作中所應用的範圍，而在各個問題的理論方面不作過分深遠的論述。

讀者應注意第一篇第一章，該章分析船體結構承受負荷情況並講述各構件的功用及其分類。該章可使讀者瞭解船舶結構，這是設計工程師的基本知識，因此是很重要的。

在第二至四章中，剪力及彎曲力矩計算方法（分別在第四章內講述）與船舶縱傾（第二章）分開的方式是與其他教本不同的。當然，在方法上這應該認為是正確的，因為將作用於船舶的所有外力相加成一個合力，就得出確定船體承受負荷情況的條件。

第二篇敘述船舶結構設計問題。在這一篇的概論部分，按照蘇聯技術方針提出船舶結構設計的總原則，即確定結構組成的各種因素；並講述普通的設計船舶結構方法及結構方案選擇法。

讀者應該注意第十二章至十五章。在這幾章中，主要講述關於用計算方式探求最適宜的結構（從重量最小的觀點上來看）的方法。第十二章研究構件剖面的設計問題，該章綱要與П.Ф. 柏普科維奇教授所擬的基本上相同，但在許多問題上都有不同的看法（研究大平板的剖面模數，計及內河船舶所用型材的組成部分之比值，用另一方法計及磨耗及工藝條件等）。

第十三章講述船舶板格的設計方法。在確定結構最小重量方面運用了柏普科維奇教授的方法，進一步確定交錯構件同時承受總負荷和局部負荷的條件（與B.M. 凱里采夫教授所做的工作相類似），並把上述方法推廣應用於任何構架式的船體。

第十四章講述相當桁材的設計方法，解決關於船體縱向構件中總彎曲應力與局部彎曲應力作最適宜的分佈（從結構重量最小的觀點上來看）的問題及關於確定最有利的肋骨間距的問題。

第三篇講述非金屬船舶結構強度計算特點。由於該問題的特殊性，在其他學科中都未講過，所以這一篇的論述方式與本書其他部分不同。在敘述過程中指出非金屬船舶建造中所存在的許多問題是尚待討論的，並且目前還沒有確定的計算方法。

在高等學校中學習船舶結構設計時，學生應以自學為主，同時由校方發給大量的實用計算題，最後完成課程設計。

該教程的主要任務是培養學生對結構的批判分析能力，並授予創造更完善的新結構之技能。

應該注意，在本書中講述結構設計的部分有若干是首次提出的新方法，所以它們是尚待討論的。但是這並不妨礙在設計結構時加以使用。同時，這些方法本身表明：在設計結構時尋找更完善的新方法之過程，而尋找新的設計方法是教本的重要任務。

俄羅斯與蘇維埃的科學家在船舶強度及結構設計科學方面的先進作用

§ 1 在船舶結構設計中應用強度計算的歷史過程

俄羅斯與蘇維埃的科學家在船舶強度科學方面的貢獻非常巨大，以致可以認為該門科學基本上是我國創建的。

大約在十九世紀中葉，房屋及橋梁等建築物的設計開始以強度計算為根據。在此以前，設計建築物主要地是依靠經驗作基礎的。

雖然桁架及靜不定梁計算方法產生較早，但是到上世紀中葉才出現三力矩法、角應變法和位能法等用以計算不間斷梁材及桿件系統的方法。

應該指出，這些能够實際應用於確定強度的計算方法是在其原則提出後30~40年才制定的。

由於理論方面的成就，現在地面建築物的強度均根據計算加以確定。採用粗糙的計算及粗略的模型試驗，而僅在形式上確證根據導源於經驗及技藝的模倣技巧所得出之方案以確定結構尺寸的時代已經過去（從前在未充分掌握構造力學的方法時應用這種方法）。

造船工程方面的情況就不同了。根據性能良好的原有結構的資料確定結構強度的方法，即原型模倣法已表現得根深蒂固。

在民船建造方面，根據船級社的規範而確定結構構架，很長時期以來是唯一的設計船舶結構的方法，並且至今尚具有很大的意義。

建築物強度科學及強度計算應用較遲，起初只有輔助作用。

造船工程方面的特殊情況是由於其發展條件及船舶本身結構的複雜性所造成的（保證貨物無損及航行安全的國際性船舶分級的必要性，確定實際負荷的數值及性質的困難情況，有些計算方法的複雜性及不準確性，有的還沒有計算方法）。

如果僅根據造船經驗進行船舶設計而不應用構造力學的方法，則所設計成的船舶不一定能較原型完善，並且不能保證造船工程不斷地獲得進步。在這種情況下，結構重量往往毫無根據地被增加，其結果使設計師無法瞭解各個構件的用途。在設計船舶時應用構造力學的方法能消除這些缺點，並且是具有進步意義的。

俄羅斯和蘇維埃的科學家在造船工程方面的巨大貢獻，乃是首先應用強度計算而進行了重大的革新。他們創立了作為獨立學科的船舶構造力學。

首先建議在造船工程中應用強度計算的是И. Г. 布勃諾夫教授。1908年，他在莫斯科技術委員會所作的報告中提出容許應力的標準及負荷的分類。根據他的建議所制定的海軍部艦船建造標準在軍艦設計工作中幾乎應用了半個世紀，並且至今尚有一定的價值。

在1932年的蘇聯造船及航運工作人員第一次全國代表大會上，П. Ф. 柏普科維奇教授創議在民船建造中也開始應用計算強度的設計方法。該項創議完全合乎在技術中奠定科學基礎及理論聯系實際的原則。它反映了關於社會主義技術的基本思想。

但僅確定原則是不夠的。為此必須制定強度計算的標準。這樣，蘇聯就最先制定了許多關於計算標準的草案，最近頒佈的有蘇聯內河船舶登記局的內河鋼船舶體結構強度標準的草案（1947年）。

除了確定強度計算的標準外，必須制定若干計算方法並解決許多有關的理論問題，也就是創立船體強度的科學。

在И. Г. 布勃諾夫教授、Ю. А. 西曼斯基教授、А. Н. 克雷洛夫院士及П. Ф. 柏普科維奇的主要著作中，上述要求已光輝地實現。這些著作內容廣泛而深刻，足以說明船舶設計與營運經驗、試驗資料及傳統設計方式的關係，並具有高度的科學性，是其他外國科學家的著作所無可比擬的。

必須着重地指出，結構設計科學及其基礎——船舶構造力學的獲得發展，是我國實行工業化及國民經濟改造的結果。

為了建造大型的民用船舶，必須具有以最新科學成就為基礎的先進技術。因此，在船體強度方面進行了有計劃的科學研究工作。

我國科學成就的特點在於理論與實踐密切結合，服從總的目標——提高校核結構強度的計算方法之作用，最後過渡到以計算為基礎的船舶結構設計。

從這個觀點上來看，我們就不能孤立地研究結構強度問題而不考慮到營運性能、經濟性及工藝性。

在若干年以前，В. Л. 波茲多寧院士曾有若干著作，使船舶設計成為與作者

所提出的相類似的一門獨立學科。值得指出的是，波茲多寧院士解決了關於在船舶設計中計及強度條件的問題（參閱：〔商船設計原理〕，1927年）。

如前所述，在船舶設計的學科未創立之前，構造力學基本上是理論性的學科，與實際聯系較少。在作為獨立學科的船舶設計學中，必須貫徹理論聯系實際的原則。

現在，制定新的船舶結構是一個建築在科學基礎上的創造過程，為此須使船舶強度科學（構造力學）迅速發展。

§ 2 作為獨立學科的船舶構造力學

船舶構造力學奠基者 И.Г. 布勃諾夫教授所著的三本〔船舶構造力學〕（1909年、1912年、1914年），А.Н. 克雷洛夫院士所著的〔位於彈性基礎上的梁材之計算〕（1930年）和〔船舶震動學〕（1939年）等，Ю.А. 西曼斯基教授的名著〔造船工程師手冊〕（1916年）和〔造船手冊〕（第二卷、第三卷、1934年）以及 П.Ф. 柏普科維奇教授所著的三卷〔船舶構造力學〕（1941～1947年），不僅使大量資料系統化，並且使船舶構造力學成為獨立的學科，提供許多解決問題的方法。

И.Г. 布勃諾夫首先將船舶構造力學整理成為獨立的學科。他首創用列表法解答構造力學的問題，創造了許多的〔布勃諾夫表〕。他的貢獻使構造力學方法在許多情況下能適用於實際工作，使過去認為複雜難解的問題簡化。此外，他運用 Н.П. 普茲列夫斯基在其所著的〔基礎〕（1934年）一書中所提出的數學方法，制定了位於完全彈性基礎上的梁材之計算方法。

布勃諾夫輔助函數不僅能用於計算位於完全彈性基礎上的梁材計算，並由此得出解決一系列其他重要問題的方法（船用鋼板複雜彎曲的計算等）。А.Н. 克雷洛夫院士對關於位於彈性基礎上的梁材問題作了深刻的分析，提出彎曲方程式直接積分的方法。

船底板格及甲板板格的計算完全是由 И.Г. 布勃諾夫、П.Ф. 柏普科維奇、Н.В. 馬基斯教授及 М.Я. 馬爾凱洛夫工程師等^①創始的。他們所制定的板格計算已達到很高的水平。現在，關於板格的結構及負荷的各種問題都能用合理的方法來解決。在外國幾乎沒有專門講述船舶板格理論的書籍及其他具有價值的有關著作^①。

① 關於馬爾凱洛夫及馬基斯的方法可參閱 П.Ф. 柏普科維奇所著的〔船舶構造力學〕第一部第二卷。

如果考慮到船體完全是各種板格（船底、舷側及甲板）的組合體，就能更清楚地看到我國科學家在船舶構造力學方面的貢獻及解決板格問題的重要性。

在船舶鋼板計算方面（船舶鋼板佔船體重量50%以上）大部分的重要問題已由Б.Г. 加列爾金院士（著有「彈性薄鋼板」，1933年）、И.Г. 布勃諾夫教授、Ю.А. 西曼斯基教授及П.Ф. 柏普科維奇教授等解決了。

這些科學家的著作創立了嚴整的相當桁材理論。

許多關於穩固性的問題根據我國著名院士列奧那特·歐留的著作獲得解決，這在船舶強度計算中具有獨特的意義；因為船舶結構的特殊性質使設計師必須考慮到船體各別部分喪失穩固性的可能性。

И.Г. 布勃諾夫、П.Ф. 柏普科維奇及 Ю.А. 西曼斯基等的基本著作使強度科學在這方面能有充分的發展。

在鋼板彎曲理論及穩固性理論獲得發展之前，已由上列科學家奠定了關於梁材複雜彎曲的學說。

布勃諾夫輔助函數使計算方法簡化。

П.Ф. 柏普科維奇（寫了許多論文）及 Ю.А. 西曼斯基（著有「潛水艇構造力學」1948年）在計算船壳板及各向異性板方面也有很大貢獻。近來，В.Ф. 賽加里教授及 В.В. 諾伐日洛夫教授在這方面曾發表很多著作。

上述所有著作都是為了解決在設計船舶過程中所發生的問題，因此具有很大的實際意義。這些著作使現有的船舶結構獲得改善。

以上所述已充分說明我國構造力學的高度發展水平。在同一的高度水平上，我國科學家解決了關於船體所受外力的問題。

這裏應該舉出 А.Н. 克雷洛夫院士的著名著作「關於船舶在波浪中縱搖的新原理」（1896年）。在該書中，他最先提出計及動力因素（慣力及阻力）的計算船舶在波浪中總彎曲的方法。

該著作的重大意義是一致公認的，並使這位當時還很年輕的科學家舉世聞名。計算內河船舶在波浪中彎曲的方法完全是我國科學家制定的。

在本世紀的三十年代中，在蘇聯已開始進行將船長遠超過計算波長的船舶置於各種波浪上的實驗。此後若干年，根據許多科學家的建議，將船舶置於波

① 德國科學家莫佛及施林克著有「船底結構靜力學」（1926年）。該書的出版遲於我國的類似著作。他們明知該問題已由 И. Г. 布勃諾夫解決，却不表明。顯然，他們的著作是毫無價值的。

長與船長相等的波浪上以計算船舶總強度，並計及船舶前進方向與波浪前進方向成斜角的可能性。但計算所得的彎曲力矩數值過大，因為沒有計及船寬的影響。在 1947 年，Б.Н. 斯莫良科夫講師制定了計及船寬影響的計算方法。

應該指出，縱傾船舶的方法及運用平衡方程式計算總剪力及總彎曲力矩的方法是 В.В. 達維多夫教授首創的。

關於船舶總扭轉的問題，無論在計算外力方面及計算結構中所發生的應力方面，當時仍完全沒有解決。

В.В. 達維多夫教授在他的博士論文（1951 年）中解決了上述問題。在這以前，Ю.А. 西曼斯基教授發表了提供船舶總扭轉力矩計算方法的著作。因此，船舶強度科學領域內的「空白點」之一被掌握了。現在已經知道，在許多情況下，由船體總扭轉引起的應力具有很大的數值。

相當桁材理論（包括鋼板工作特點問題）是由 И.Г. 布勃諾夫、Ю.А. 西曼斯基及 П.Ф. 柏普科維奇三人創立的。

在 1909 年 И.Г. 布勃諾夫已將相當桁材計算的第二近似值及相繼的近似值應用於實際工作。由此可見，布勃諾夫早在 1909 年所進行的工作，外國科學家（霍佛曼及施那傑利）在同世紀的三十年代才開始進行。И.Г. 布勃諾夫的創舉是有很大的意義的，因為我們知道在許多情況下相當桁材剖面模數的最後近似值與第一近似值相差兩倍及兩倍以上。布勃諾夫當時已經考慮到某些鋼板喪失穩固性的情況及初彎度與橫向負荷的影響。他非常詳盡地研究了關於彎成圓柱形的鋼板的複雜彎曲的問題。

П.Ф. 柏普科維奇繼續進行布勃諾夫的研究工作，提出著名的「柏普科維奇方程式」。在 1930 年前後，施那傑利才開始運用我國科學家所制定的方法。

鋼船相當桁材計算中的最重要問題為鋼板由於其反推力而失去穩固性後的性能問題。

П.Ф. 柏普科維奇在 1920 年的「海運資料彙編」上所發表的論文中最先解決了該問題。

在總強度計算中頗為重要的剪應力問題也在柏普科維奇的著作①中獲得全面的解決。

確定相當桁材中應力集中現象的影響在目前實際工作中是很重要的。該問題很早就引起了我國科學家注意。不久以前出版的 Ю.А. 西曼斯基教授的著

① П. Ф. 柏普科維奇：「關於總彎曲時船體中切線應力的問題」，造船工程雜誌，1929 年第 14、15 期。

作①對該問題已作初步解決。

蘇聯的科學家和工程師們在船體局部強度計算方面也有不少貢獻。這些成就就是構造力學高度發展的必然結果。這裏應特別提出，西曼斯基的著作（包括加強裝置計算方面）中最重要的，乃是榮獲斯大林獎金一等獎的「船舶結構動力學計算」。

應該提出H.B.馬基斯教授關於在局部強度計算中計及船舶總彎曲軸向力的著作②。作者在該著作中有非常重要的創議：局部強度計算與總強度計算相結合，在計算板格時應計及板格構件中由於參加船舶總彎曲而引起的軸向力。在很多情況下，用該方法求出的應力數值與一般的得數相差很大。

在按照極限負荷法進行強度計算方面，蘇聯的科學更是遠遠地超過了其他國家。在1938年召開的專門研究彈性變形問題的全蘇造船學會會議上曾通過關於按照極限負荷法進行強度計算的許多方法。在其他國家出現極限負荷法方面第一本著作之前，在我國早已根據布勃諾夫的建議開始應用極限負荷法的組成部分。

我國在計算中應用極限負荷法遠較其他國家為早，並且在應用範圍方面也是其他國家所不能比擬的。在蘇聯的規範中有關於應用該法的指示。

要列舉所有在船體強度科學方面有過貢獻的蘇聯科學家及工程師並敘述他們著作的內容是很困難的。必須指出，只有在社會主義的國家制度下，科學才能獲得高度的發展。

§ 3 蘇聯科學家在創建非金屬船舶強度 理論方面的貢獻

非金屬船舶構造力學是在偉大的十月社會主義革命後在我國創立的，所以它可以稱為蘇維埃的科學。在本世紀三十年代中，由工程師П.О.柴琴最先提出關於計算木船強度的問題③。

工程師柴琴制定計算木船強度的總方針，分析船體受應力情況，並確定組合構件合為整塊構件的計算方法。為了論證他的創舉，曾在中央水運研究院進行大規模的實驗，並得出許多有價值的結果。

① Ю. А. 西曼斯基：「船體間斷構件的設計」造船工業出版社，1949年版。

② H. B. 馬基斯教授在其所著的「總彎曲對局部強度的影響及內河船舶的震動」（河運出版社，1950年版）一書中提出在計算船底板格時應計及由總彎曲引起的縱向力。

③ П. О. 柴琴，Г. Б. 葉佛列莫夫：「木船強度計算資料」河運出版社，1941年版。

柴琴的創見奠定了以後大多數研究工作的基礎。在偉大的衛國戰爭開始不久，П.Н.馬特維耶夫^①講師根據柴琴所提出的方針將當時在其他建築部門採用的承載能力法應用於造船工程，並將平剖面假說用於計算組合構件的應變。

1949年，М.Ф.克羅查諾夫教授^②建議將木船強度計算歸結為其船體縱桁架的計算。這種計算方法最適合於現有木船結構的受應力情況。

技術科學碩士В.П.庫士尼卓夫，經過多年來所進行的內河駁船實地試驗，得出許多很有價值的木船強度資料。

雖然在這方面有許多問題並未解決，而尚為討論及研究的對象，但完全可以肯定：木船強度科學不僅已在蘇聯誕生並且已經初具規模。然而其他國家在這方面至今還未有絲毫成就。

由於對木船結構工作情況的分析已達到高度水平，在蘇聯出現了許多新式結構，例如具有橫向及對角方向船壳板的縱構架式結構，組合木板、膠合結構等。

鋼筋混凝土船強度計算方法大部分係導源於地面建築物方面所應用的鋼筋混凝土強度計算方法，並按照船舶特點加以修改。但是，擴大鋼筋混凝土建築物設計範圍是一個很複雜而重要的任務，蘇聯在這方面的成就是其他任何國家所不及的。

蘇聯船舶登記局在1926、1931、1940及1949年曾頒佈關於鋼筋混凝土船強度計算的標準。此外，在1946年河運部科學技術委員會發佈關於用鋼筋混凝土修理鋼船的指示，該指示在1950年被蘇聯內河船舶登記局的有關條例所代替。

С.И.德魯仁寧教授的實驗解決了許多關於造船用鋼筋混凝土強度的問題。本書作者在造船研究所與高爾基水運工程學院中所進行的實驗，使鋼質船壳鋼筋混凝土加強裝置的性能獲得明確。

有首創精神的蘇聯設計人員已創建了許多很有意義的鋼筋混凝土船，其中有載重量為6,000噸者，創造了世界紀錄。該船長130公尺，而根據溫度應變所規定的民用鋼筋混凝土船長度為40公尺。

Ю.А.西曼斯基教授在1920年所提出的鋼筋混凝土船強度計算方法是很重要的。當時他在海軍軍事學院講授鋼筋混凝土船建造學。

① 蘇聯內河船舶登記局：《內河木船強度計算方法》，河運出版社，1943年版。

② М. Ф. 克羅查諾夫：《內河現有非機動木船強度計算及設計新式木船的基本條件》，列寧格勒水運學院論文集，第十五冊，1949年版。