

潜艇理论基础



国防工业出版社

潜 艇 理 论 基 础

〔苏〕H. H. 叶费姆也夫 著

鲁 谦 译

李连有 校

国防工业出版社

1975

内 容 简 介

本书全面地介绍了潜艇理论基础知识。全书分潜艇静力学和动力学两部分，共十三章，系统地详细地叙述了一般原理、概念、计算公式、计算方法和图表，以及试验方法、公式、数据等。

本书可供潜艇设计建造方面的工人、技术人员，艇上工作人员，以及有关专业院校师生阅读。

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК
Н. Н. ЕФИМЬЕВ
ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СССР

潜艇理论基础

〔苏〕Н. Н. 叶费姆也夫 著

鲁 谦 译

李连有 校

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

850×1168¹/₃₂ 印张 9³/₈ 239 千字

1975 年 6 月第一版 1975 年 6 月第一次印刷 印数：0,001—3,000 册

统一书号：15034·1410 定价：1.20 元

目 录

序言	7
第一章 潜艇理论的一般原理	9
§1 潜艇线型图	9
§2 潜艇的主尺寸（主尺度）和吃水标志	13
§3 潜艇的吃水及其确定	17
§4 潜艇船型系数	22

第一部分 潜艇静力学基础

第二章 潜艇的浮性	25
§5 潜艇处于水面状态，无航速时的均衡条件	25
§6 潜艇的贮备浮力	28
§7 潜艇下潜和上浮的原理	29
§8 保证潜艇无横倾和无纵倾下潜和上浮	31
§9 潜艇在水下状态，无航速时的均衡条件	32
§10 潜艇的剩余浮力	35
§11 潜艇贮备浮力和剩余浮力改变的个别情况	36
§12 潜艇的均衡	44
§13 潜艇的基本水上和水下状态	57
§14 当装入（消耗）载荷时，潜艇排水量和平均吃水（模吃水）的确定	58
§15 装载容积及其应用	61
§16 庞勤曲线的概念及其应用	63
§17 无通海阀主压载水舱的存在对潜艇浮力的影响	65
第三章 潜艇的初稳性	69
§18 潜艇稳性的一般概念	69
§19 潜艇在水上状态的初始横稳性	70

§ 20	潜艇在水上状态时的初始纵稳性	77
§ 21	当移动载荷时, 潜艇在水面状态的稳性和吃水	81
§ 22	当装入 (消耗) 载荷时, 潜艇在水上状态的稳性和吃水	88
§ 23	潜艇在水上状态进坞和搁浅时其稳性的减小	93
§ 24	潜艇在水上状态时, 液体载荷对稳性和吃水的影响	98
§ 25	潜艇下潜和上浮时的稳性	104
§ 26	潜艇在水下状态的稳性	115
§ 27	对比用不同方法计算出来的水下状态的横稳心高	121
§ 28	潜艇在水下状态潜坐海底时的稳性	122
§ 29	关于用试验方法确定潜艇横稳性的概念	124
§ 30	无通海阀主压载水舱对潜艇水上稳性的影响	126
第四章	潜艇在大横倾角下的稳性	128
§ 31	在大横倾角下稳性的一般原理	128
§ 32	潜艇在水面状态的静稳性曲线	130
§ 33	当潜艇载荷改变时静稳性曲线图的变化	136
§ 34	潜艇在水下状态的静稳性曲线图	141
第五章	潜艇的动稳性	142
§ 35	动稳性的一般概念和定义	142
§ 36	利用静稳性曲线图来解决动稳性问题	144
§ 37	动稳性曲线图及其使用	146
第六章	潜艇的水上不沉性	149
§ 38	潜艇水上不沉性的一般概念和定义	149
§ 39	失事潜艇的稳性和吃水的计算	150
§ 40	用主压载水舱抗沉的方法扶正潜艇的计算	157
§ 41	潜艇水上不沉性表	159
第七章	潜艇水下不沉性	164
§ 42	一般概念和定义	164
§ 43	失事潜艇从海底自行上浮的理论基础	165
§ 44	失事潜艇从海底自行上浮的计算	179
§ 45	失事潜艇从海底自行上浮表	182
第八章	造成潜艇的大横倾和大纵倾	185

§ 46	一般概念	185
§ 47	造成大横倾的计算	185
§ 48	造成大纵倾	189

第二部分 潜艇动力学基础

第九章	潜艇的快速性	194
§ 49	一般概念和定义	194
§ 50	潜艇在水面运动时, 水和空气的阻力	197
§ 51	潜艇在水下运动时, 水的阻力	207
§ 52	海军部系数及其应用	210
§ 53	续航力。经济航速	213
§ 54	关于用试验方法来确定潜艇运动水的阻力的概念	218
§ 55	速率试验的概念	219
第十章	潜艇推进器的概念	222
§ 56	螺旋桨的几何要素	222
§ 57	螺旋桨作用原理	224
§ 58	螺旋桨一艇体系统的相互作用对螺旋桨工作的影响	228
§ 59	螺旋桨空泡的概念	229
§ 60	螺旋桨噪音的一般概念	230
第十一章	潜艇在水平面内的操纵性	232
§ 61	一般的概念和定义	232
§ 62	垂直舵的作用	233
§ 63	潜艇在水面状态时的回转性	237
§ 64	潜艇在水下状态的旋回性能	242
§ 65	潜艇在水面状态旋回时的横倾	243
§ 66	潜艇在水下状态旋回时的横倾	246
第十二章	潜艇在垂直面内的操纵性	247
§ 67	潜艇在垂直面内的操纵性的一般概念和定义	247
§ 68	在水下航行时, 作用在潜艇上的力	247
§ 69	潜艇在垂直面内的稳定运动方程	256
§ 70	潜艇的定深运动	258

§ 71 潜艇的稳定下潜(上浮)	261
§ 72 逆速的概念	263
§ 73 水平舵的作用	264
§ 74 垂直面内运动稳定性的概念	270
第十三章 潜艇的摇摆	273
§ 75 摇摆的一般概念和定义	273
§ 76 潜艇在静水中的摇摆	275
§ 77 潜艇在波浪里的摇摆	282
§ 78 夫拉索夫摇摆图谱及其使用	292
§ 79 波浪对下潜后的潜艇的影响	295
§ 80 消摆装置的概念	297
参考文献	298

序 言

潜艇——军舰，能以水下和水上状态，长时间地远离自己的基地进行战斗行动。为了完成战斗任务潜艇不仅在平静的天气里，还要在暴风雨的天气里横渡海洋。因此，潜艇应该具有一定的特性：浮性、稳性、不沉性、快速性、操纵性，并把这些性质叫作航海性能。

潜艇理论是研究潜艇在水面航行、下潜和上浮过程中，以及水下航行时的航海性能。当研究航海性能时，所产生的壳体变形可忽略不计，即认为潜艇是绝对刚体。这个假设在很大程度上简化了所有的计算，而在这种情况下所得到的误差实际上不超过所要求的误差。

所有类型的和所有级的潜艇的航海性能都从属于一定的客观规律。潜艇理论的任务就在于认识和研究这些客观规律。

潜艇理论研究：

——决定航海性能的参数，及其度量；

——航海性能与潜艇结构和建筑形式（壳体线型的形状，载荷的分布等等）的依从关系；

——航海性能之间的相互关系；

——航海性能的计算方法；

——在潜艇运行过程中保持航海性能的方法。

航海性能有时分为两部分：浮性、稳性和不沉性叫作潜艇静力学，而快速性、操纵性和摇摆则叫作潜艇动力学。

当研究静力学时，只研究潜艇相对水来说不运动时的均衡状态，而潜艇从一种均衡状态过渡到另一种均衡状态时所完成的运动，及其与周围介质之间的相互作用，在研究潜艇动力学时进行

探讨。

潜艇的浮性、稳性、不沉性、快速性和操纵性是好的航海性能，而潜艇摇摆则是不需要的，有害的航海性能。

很多航海性能处于互相矛盾的状态。因此，在设计和建造潜艇时力求达到这样一种航海性能的组合，以便在最好的程度上保证潜艇的根本任务。

潜艇理论基础知识帮助造船工作者更好的设计和建造潜艇，而对于操纵和使用潜艇的艇员来说，则能在通常实践中的各种情况下，在战斗行动中和在失事的情况下采取确保战斗力和生命力的正确措施。

第一章 潜艇理论的一般原理

§ 1 潜艇线型图

现代潜艇壳体具有良好流线的水滴形状，它保障在运动时，水的阻力最小。现在还不能用分析法给出潜艇壳体的外表面。因此，确定潜艇壳体形状的唯一方法是图示法——线型图。

潜艇线型图的用途是：

——用于完整地 and 明显地表示潜艇壳体外表面形状，

——用于进行与确定潜艇航海性能有关的计算，

——用于制造潜艇模型。用此模型来划分外壳板，检查肋骨、龙筋的分布等等，以及为了在试验水池和空气动力风洞里用试验方法确定未来潜艇的快速性能和机动性能，

——在建造时，给潜艇壳体以应有的形状，

——用于使用目的：整理试验确定的潜艇稳性结果；解决不沉性问题；进行壳体的修理工作；进坞；给失事潜艇以帮助等等。

为了这些目的，在每一潜艇的技术文件中，都给有线型图。

用平行于主投影面的平面，截取潜艇壳体所得的剖线在主投影面上的投影之合，叫做潜艇线型图。

主投影面——这是三个互相垂直的平面（图 1），

——经过坞龙骨中间直线部分上边缘的水平面，叫作基面（ОН）；

——与基面垂直的潜艇壳体的对称纵向垂直面，叫作纵舭剖面（ДП）；

——经过潜艇艇长中间的横向垂直面（垂直于基面和纵舭剖

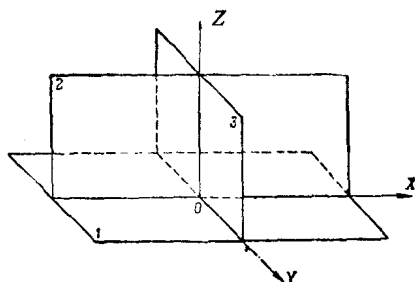


图 1 潜艇线型图的主投影面

1—基面；2—纵舢剖面；3—舢截面。

面)，叫作舢横剖面或舢截面 $\ominus$ 。

主投影面的交线（图 1）通常用来作为潜艇的座标轴：纵舢剖面与基面的交线为 X 轴（横座标），向舢为正方向；纵舢剖面与舢截面的交线为 Z 轴（竖座标），向上为正方向；舢截面与基面的交线为 Y 轴（纵座标），向右舷为正方向。主投影面和座标轴之间的交点作为座标原点。

平行于纵舢剖面的平面，叫作纵剖面；平行于基面的平面——理论水线（BJI）面；平行于舢截面的平面——理论横剖面。

在线型图上通常表示的是，潜艇壳体外壳板的内表面。

潜艇壳体表面与纵剖面的交线，叫做纵剖线（图 2）。纵舢剖面与潜艇壳体表面的交线——零纵剖线——给出龙骨线，舢柱线（舢柱和舢柱）和甲板的纵舢线。由纵舢剖面起向右舷和左舷分别对纵剖线进行计算。

理论水线面与潜艇壳体表面的交线，叫作理论水线。基面为零水线。水线的计算由基面向上。

理论横剖面与潜艇壳体表面的交线，叫作理论横剖线。横剖线的计算由舢向舢，从零横剖线开始进行计算，或者从舢截面开

$\ominus$ 舢截面用符号 $\ominus$ 表示。

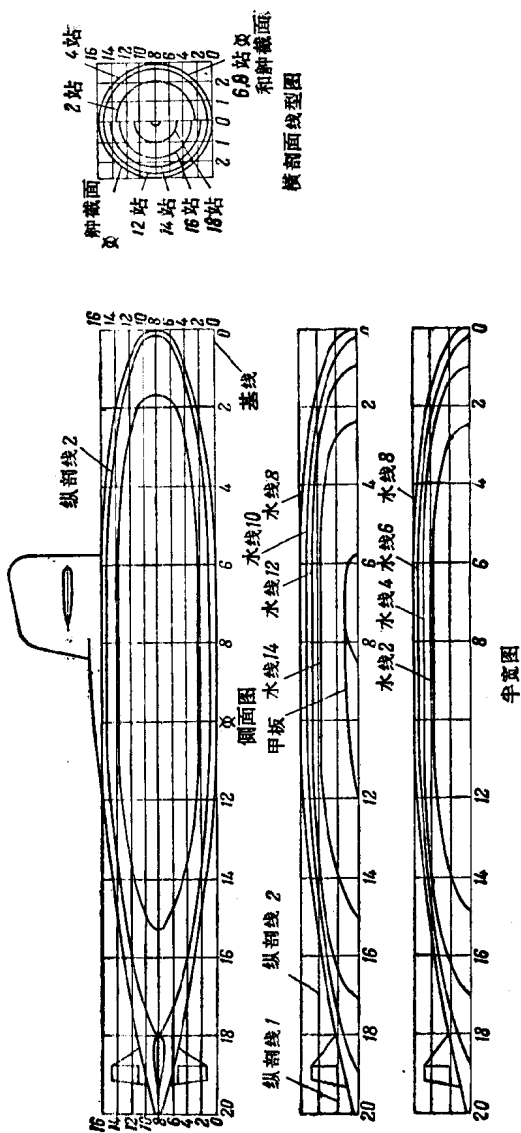


图 2 潜艇线型图

始分别向艏和向艉进行计算。在这种情况下，舢截面为零。

理论横剖线、理论水线和纵剖线在纵舢平面上的投影总组合成的图形，叫作侧面图（图2）；在基面上的投影——半宽图和在舢截面上的投影——横剖面线型图。因此，潜艇线型图由侧面图、半宽图和横剖面图组成。

在侧面图上以真实的形式投影出纵剖线，而理论水线和横剖线则相应地表示为水平和垂直的直线。

在半宽图上，理论水线以真实形状投影在其上面，而纵剖线和理论横剖线则为水平的和垂直的直线。因为理论水线对称于纵舢剖面，所以在半宽图上表示出它们的一半，通常是由纵舢剖面向左舷的一半。这也就是图的名称的由来。

为了方便，经常作两个半宽图，把一个布置在另一个上面。此时，在其中的一个上绘上由零理论水线到巡航水线[●]，而在另一个上则绘上由巡航水线到潜艇壳体完全潜没的水线。

在横剖面图上，理论横剖线是以其真实形式投影的，而理论水线和纵剖线是绘制成水平的和垂直的直线。因为横剖线相对纵舢剖面是对称的，则在横剖面图上仅是完整的绘制舢横剖线。其余的横剖线均以半横剖线的形式绘制：在纵舢剖面的右边——艏部的横剖线，而纵舢剖面的左边——艉部的横剖线。

在图上表示有18~20个理论横剖线，8~10条理论水线和在每一舷2~3条纵剖线。

在潜艇线型图上，通常，其缩比为1:25，1:50等。

应该精细和准确地绘制线型图，因为图上的误差搬到实物上去就会增大到25或者50倍，并且可能对潜艇的航海性能有很大的影响。

除潜艇外壳体交线的投影以外，在线型图上还标出：

——潜艇耐压壳的外形，

● 对应于潜艇巡航状态的水线。

- 轴线, 螺旋桨盘面, 鱼雷发射管的中心线等;
- 潜艇的基本建造数据, 外形尺寸等。

§2 潜艇的主尺寸(主尺度)和吃水标志

潜艇主尺寸

潜艇的主尺寸包括: 最大的长度和宽度, 巡航水线的长度和宽度, 下潜深度和吃水, 以及舷高, 水面状态的舷高和由基面到升起的潜望镜镜头顶部的高度等(图3)。

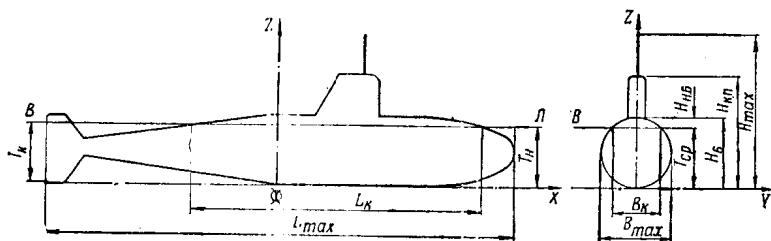


图3 潜艇的主尺寸(主尺度)

当没有横倾和纵倾^①时, 潜艇的主尺寸在某种程度上表征潜艇的大小。它的最佳值将是潜艇的外形尺寸。潜艇的外形尺寸对于通过狭水道、系留、进坞以及类似的靠离码头有很大的实际意义。

最大长度 (L_{max})——由艏艉端点向基面所作垂线之间的距离。最大长度是潜艇外形尺寸。

沿巡航水线的艇长 (L_k)——巡航水线与艏、艉柱线的交点之间的距离。用这种方法可以测量相对任何水线的艇长。

最大宽度 (B_{max})——平行于纵舢剖面, 并与潜艇壳体外表面相切的两平面间的距离。最大宽度是潜艇外形尺寸。

沿巡航水线的艇宽 (B_k)——平行于纵舢剖面, 并在巡航水线最宽部位引出的两切面之间的距离。用这种方法可以测量相对任何水线的艇宽。

① 潜艇向右舷或者向左舷倾斜, 叫作横倾, 向艏或者向艉倾斜叫作纵倾。

沿巡航水线的模吃水——由基面到巡航水线的垂向距离。分为艏模吃水 (T_{HK})、艉模吃水 (T_{KK}) 和平均模吃水 (T_{cpK})。平均模吃水与艏模吃水、艉模吃水以下式相联系

$$T_{cpK} = \frac{T_{HK} + T_{KK}}{2}, \text{ 米。} \quad (1)$$

可以按下式来确定沿任何其它水线的模吃水

$$T_{cp} = \frac{T_H + T_K}{2}, \text{ 米。} \quad (2)$$

潜艇吃水 (T_0) 等于潜艇沿巡航水线或者沿任一水线的模吃水加上龙骨的高度, 或者加上潜艇壳体突出基面最下边缘的距离 Z_{01} 。分为平均吃水 (T_{0cp}), 艏吃水 (T_{0H}) 和艉吃水 (T_{0K})。可以按下式来确定平均吃水:

$$\left. \begin{aligned} T_{0cp} &= \frac{T_{0H} + T_{0K}}{2}, \text{ 米,} \\ T_{0cp} &= T_{cp} + Z_{01}, \text{ 米,} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

吃水是潜艇的外形尺寸。在有关手册中通常给出沿巡航水线的平均吃水。

舷高 (H_0)——在舭剖面处量取的由基面到上甲板与潜艇艇舷的交线之间的垂直距离。

乾舷 ($H_{н.с}$)——在舭剖面处量取的由巡航水线或者由任意水线的平面到潜艇上甲板和舷的交线之间的垂直距离。可以按下关系式计算乾舷

$$H_{н.с} = H_0 - T_{cp}, \text{ 米。} \quad (4)$$

潜艇壳体的最大高度 ($H_{к.н}$)——由基面到当放下升降装置时, 壳体上最高的部分之间的垂直距离, 加上龙骨高度, 或加上潜艇壳体突出基面最下边缘的距离 Z_{01} 。壳体的最大高度是潜艇的外形尺寸。

由基面到升起的潜望镜上端的高度 ($H_{мав}$)——由基面到升

● 或是从有效水线到潜艇壳体浸水最深的部分之间的垂向距离, 叫作潜艇吃水。

起的潜望镜上端的垂直距离。这个高度是潜艇外形尺寸。

为了例证，在表 1 中列出了现代潜艇的某些主尺寸的数据。

表 1

动力装置 的 类 型	按排水量 分 类	潜艇类型的名称	排水量 吨	长、宽、吃水 米	贮备浮力 %
柴 油 机-蓄 电 池 动 力	大型的	飞航式导弹潜艇(美国“灰鲸号”)	$\frac{2290}{3640}$	$90.2 \times 9.2 \times 5.3$	59.0
		鱼雷潜艇(英国“小鲸号”)	$\frac{2000}{2500}$	$90.0 \times 8.1 \times 4.5$	25.0
		鱼雷潜艇(法国“一角鲸”)	$\frac{1430}{1800}$	$78 \times 7.2 \times 5.5$	25.9
		鱼雷攻击潜艇(美国“旗鱼号”)它最初作为雷达巡逻潜舰舰级服役	$\frac{2430}{3170}$	$104.0 \times 8.9 \times 5.0$	30.5
		鱼雷攻击潜艇(美国“长颌须鱼号”)(壳体为“大青花鱼号”型的)	$\frac{1750}{2640}$	$66.9 \times 8.9 \times 5.8$	50.8
	中型的	鱼雷潜艇(丹麦“海豚号”)	$\frac{550}{600}$	$54.0 \times 4.8 \times 4.5$	9.1
		鱼雷攻击潜艇(美国“鲟鱼号”)它最初作为反潜防卫潜舰舰级服役	$\frac{920}{1160}$	$59.8 \times 7.6 \times 4.9$	20.7
		反潜防卫潜艇(法国“女神号”)	$\frac{530}{630}$	$50 \times 5.8 \times 3.9$	18.9
	小型的	反潜防卫潜艇(意大利“巴欧利尼号”)	$\frac{440}{\bullet}$	$49.0 \times 5.2 \times 4.3$	•
	超小型的	英国“小鲳鱼号”(X-53)	$\frac{35.0}{\bullet}$	•	•
		西班牙“佛卡号”	$\frac{12.0}{\bullet}$	•	•
原子能 动 力	大型的	弹道导弹潜艇(美国“拉菲特号”)	$\frac{7000}{8200}$	$130.0 \times 10.1 \times \bullet$	17.1
		弹道导弹潜艇(法国“Q-244”)	$\frac{4000}{5000}$	$122.0 \times \bullet \times \bullet$	25.0

续

动力装置 的 类 型	按排水量 分 类	潜艇类型的名称	排水量 吨	长、宽、吃水 米	贮备浮力 %
原子能 动力	大型的	飞航式导弹潜艇(美国“大白鱼号”)	3560 5000	107.0×8.9×6.2	40.5
		鱼雷攻击潜艇(美国“白鱼号”)它最初作为反潜防卫潜艇舰级服役	2600 3000	79.4×8.9×6.1	15.4
		鱼雷攻击潜艇(美国“海神号”)它最初作为雷达巡逻潜艇舰级服役	5900 8000	136.5×11.3×7.6	35.6
		鱼雷攻击潜艇(美国“鳐鱼号”)	2360 2860	78.3×7.6×6.2	21.2

潜艇吃水标志

用吃水标志来确定潜艇在水中的吃水和模吃水。在潜艇外壳体每一舷的三条或者两条对基面的垂直线上划上吃水标志。第一种情况标志分布在艏部、中部和艉部，第二种情况——在艏部和在艉部，通常距舢截面的距离是相等的。

吃水标志(图4)是分布在基面的垂线上的一系列数字。每一个数字的下边缘指出它高出潜艇壳体最下部分的垂直距离。数字在垂直于基面的垂线上的高度与数字间的距离等于0.10米。因而，有效水线 $\odot$ 在图4上等于： B_1J_1 ——3.20米， B_2J_2 ——3.50米，而 B_3J_3 ——3.65米。

用吃水标志可以评价潜艇的某些战术技术性能，因此采用了各种办法来隐蔽地指出吃水。例如，吃水标志在基面垂线上绘制成一系列横条(图5)。在这种情况下，吃水由零横条算起。零横条的下边缘划在距潜艇壳体下潜最深部分的下边缘 Z_{02} 的距离上。

● 在此时潜艇坐在水中的水线，叫作有效水线。