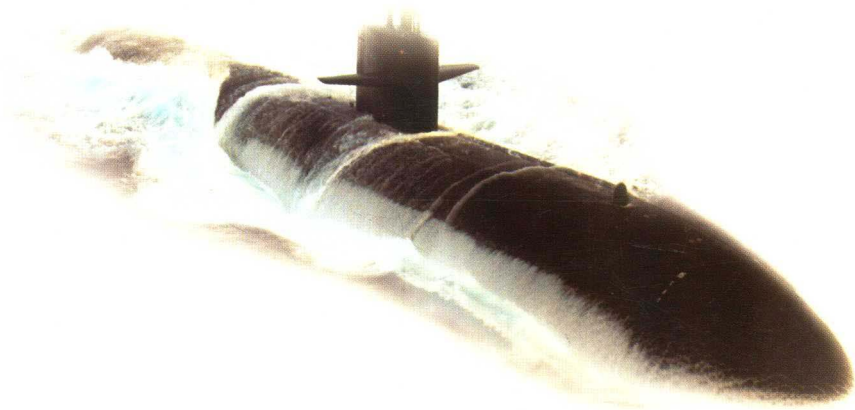


“十二五”国家重点图书出版规划项目
黑龙江省精品图书出版工程

潜艇原理

苏玉民 庞永杰 编

QIANTING YUANLI



HEUP 哈尔滨工程大学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目
黑龙江省精品图书出版工程

潜 艇 原 理

苏玉民 庞永杰 编



 哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了潜艇原理方面的专业知识。包括以流体静力学为基础的潜艇的浮性、稳性和抗沉性,及以流体动力学为基础的潜艇的快速性、操纵性及适航性等问题。同时,也概要地介绍有关潜艇的基本特征、技术战术指标、潜艇的分类、潜艇的总布置、潜艇的发展史等有关潜艇的基础知识。

本书可以作为船舶与海洋工程专业本科生及研究生的潜艇原理课程教材,也可供从事相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

潜艇原理/苏玉民,庞永杰编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2013. 10

ISBN 978 - 7 - 5661 - 0696 - 4

I. ①潜… II. ①苏…②庞… III. ①潜艇 - 理论
IV. ①U674. 76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 244456 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号

邮政编码 150001

发行电话 0451 - 82519328

传 真 0451 - 82519699

经 销 新华书店

印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印 张 11.75

字 数 296 千字

版 次 2013 年 10 第 1 版

印 次 2013 年 10 月第 1 次印刷

定 价 26.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

潜艇是一种既能在水面又能在水下航行并进行作战活动的军用舰船,其最大特点是具有良好的隐蔽性和机动性。潜艇是破坏敌人海上交通运输线、突击敌人水上和岸上重要目标、对敌重要军事设施进行侦察及进行海战的主要舰种,是海军重要的组成部分之一,也是军事战略中不可或缺的一支威慑力量。自第一次世界大战以来,历次大规模战争中,潜艇都发挥了巨大的作用,因此,世界上各海洋大国都一直非常重视潜艇的发展,在发挥潜艇优势的同时,根据潜艇的基本原理应用先进的科学技术使潜艇更趋完美。

潜艇原理是船舶与海洋工程专业的一门重要的课程。主要研究潜艇在水面或水下航行时,以及下潜或上浮过程中的各种航海性能,包括潜艇的浮性、稳性、抗沉性、快速性、操纵性及适航性等,是潜艇专业和船舶与海洋工程专业的学生应该了解和掌握的专业知识。学习潜艇原理有益于开拓船舶与海洋工程专业学生的知识面,增强他们对实际工作的适应能力。另外,掌握潜艇原理的基本知识可以帮助潜艇设计和建造人员更合理地分析和解决工程实际中的问题,也有助于使用和操纵潜艇的艇员在战斗行动中更有效地操控潜艇,确保潜艇的战斗力,以及在潜艇失事情况下采取适当的应急措施,保证潜艇的生命力。

本书系统地介绍潜艇原理中有关静力学和动力学的专业知识,即以流体静力学为基础的潜艇的浮性、稳性、抗沉性,以及以流体动力学为基础的潜艇的快速性、操纵性、适航性,并简要介绍潜艇的基本知识。第1章介绍潜艇的基本特征、技术战术指标、潜艇的分类、潜艇的总布置、潜艇的发展史等基本知识;第2章介绍潜艇的浮性,包括潜艇的平衡方程、上浮下潜的原理、潜艇的均衡及有关浮性的近似计算方法;第3章介绍潜艇的稳性,主要讲述潜艇在水面状态时的初稳性和大倾角稳性、动稳性的概念、水下稳性的特点、潜浮过程中的稳性、自由液面的影响和装卸载荷的影响等;第4章介绍潜艇的水上和水下抗沉性原理;第5章介绍潜艇的快速性,包括潜艇的阻力成分及确定方法、潜艇的阻力试验及实艇的阻力换算等潜艇阻力方面的内容,以及潜艇螺旋桨的几何形状、水动力性能、螺旋桨与艇体间的相互干扰、空泡问题、螺旋桨敞水试验和螺旋桨图谱设计等潜艇推进方面的内容;第6章介绍潜艇的操纵性;第7章简要介绍潜艇的适航性。

由于本书包含了潜艇静力学、潜艇阻力、潜艇推进、潜艇操纵性和潜艇适航性等分支学科的内容,而各分支学科对符号的定义和使用自成体系,为照顾各分支学科对符号的定义和习惯使用方法,本书中第2,3,4章的符号统一,其他各章的符号分别独立。

书中第1,2,3,4,5章由苏玉民编写,第6,7章由庞永杰编写。

在本书的编写过程中,哈尔滨工程大学的徐玉如院士给予了大力支持,哈尔滨工程大学的杨彦声教授提出了宝贵的意见,在此向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

2012年9月

目 录

| | |
|---------------------------|-----|
| 第 1 章 潜艇概论 | 1 |
| 1.1 潜艇概述 | 1 |
| 1.2 潜艇的主要战术技术指标 | 2 |
| 1.3 潜艇的型线图 | 10 |
| 1.4 潜艇的分类 | 12 |
| 1.5 潜艇的总布置 | 18 |
| 1.6 潜艇发展史简介 | 30 |
| 第 2 章 潜艇的浮性 | 41 |
| 2.1 潜艇上浮和下潜的原理 | 41 |
| 2.2 潜艇的平衡方程 | 42 |
| 2.3 潜艇的重力和重心坐标的计算 | 50 |
| 2.4 潜艇的排水体积和浮心坐标的计算 | 51 |
| 2.5 潜艇的均衡 | 57 |
| 第 3 章 潜艇的稳性 | 64 |
| 3.1 潜艇的稳性概述 | 64 |
| 3.2 潜艇在水面状态时的初稳性 | 66 |
| 3.3 自由液面对潜艇初稳性的影响 | 71 |
| 3.4 潜艇在水面状态时的大倾角稳性 | 75 |
| 3.5 潜艇的动稳性 | 78 |
| 3.6 潜艇的水下稳性及潜浮稳度图 | 80 |
| 3.7 装卸载荷对潜艇初稳性的影响 | 83 |
| 第 4 章 潜艇的抗沉性 | 86 |
| 4.1 潜艇的水面抗沉性 | 86 |
| 4.2 潜艇的水下抗沉性 | 90 |
| 第 5 章 潜艇的快速性 | 93 |
| 5.1 潜艇的快速性概述 | 93 |
| 5.2 阻力成分的划分 | 94 |
| 5.3 相似理论和弗劳德假定 | 97 |
| 5.4 潜艇各阻力成分的确定 | 101 |
| 5.5 潜艇螺旋桨的几何形状 | 108 |
| 5.6 螺旋桨的水动力性能 | 111 |
| 5.7 螺旋桨的敞水试验 | 116 |
| 5.8 螺旋桨与艇体间的相互作用 | 119 |
| 5.9 潜艇推进系统的效率 | 123 |
| 5.10 螺旋桨的空泡与噪声 | 124 |

| | |
|---------------------------|------------|
| 5.11 螺旋桨的设计..... | 129 |
| 第6章 潜艇的操纵性 | 137 |
| 6.1 潜艇操纵性的特点 | 137 |
| 6.2 潜艇的空间运动方程 | 139 |
| 6.3 潜艇在水平面内的回转性 | 146 |
| 6.4 潜艇在垂直面的定常直线运动 | 156 |
| 6.5 潜艇在垂直面内的机动性 | 167 |
| 第7章 潜艇的适航性概述 | 173 |
| 7.1 潜艇适航性的概念 | 173 |
| 7.2 潜艇摇摆运动方程 | 175 |
| 7.3 潜艇在静水中的摇摆 | 176 |
| 7.4 潜艇在波浪中的摇摆 | 178 |
| 参考文献 | 182 |

第1章 潜艇概论

1.1 潜艇概述

潜艇是一种既能在水面又能在水下一定深度航行并进行战斗活动的舰艇。

潜艇依靠在主压载水舱中注水和排水实现下潜和上浮,在水下航行时,只有声呐设备能够探测到它,而声呐设备的有效作用距离有限,因而很难被敌方远距离探测或早期预警。正因如此,潜艇具有良好的隐蔽性和机动性,特别是现代核动力潜艇和采用AIP推进系统的潜艇,可在水下长时间航行,而且航速可与大型水面舰艇媲美,其隐蔽性和机动性的特点尤为突出。

作为一种战斗舰艇,潜艇可以携带鱼雷、水雷、巡航导弹或弹道导弹等武器装备。根据潜艇的主要用途,潜艇分别携带上述武备中的一种或几种。这些武备威力强大、命中率高,可用于攻击各种战略战术目标,加上它隐蔽性好、机动性强的特点,使潜艇成为一种非常有效的战略和战术武器。

潜艇的主要作用是进行水下战斗活动和战略威慑作用。装备鱼雷、水雷及巡航导弹的潜艇,既可对敌方的潜艇和水面舰艇实施攻击,又可埋伏在敌方的海上航线上,打击商船,破坏敌海上交通线,还可用于突击敌方港口及岸上重要目标。另外,潜艇还可以利用自身的隐蔽性,潜入敌方的港口或防区进行侦察活动。而装备了弹道导弹的潜艇即是一个机动的、隐蔽的弹道导弹基地,其上可装备多达24枚洲际弹道导弹,每枚导弹可携带10个左右的分导制导的核弹头,可见其威力之强大。同时,由于它的隐蔽性和机动性,一旦核战争爆发,它将可能在第一次核打击中保存下来,对敌进行核反击,因而,通常被称为第二次核打击力量,这使它成为了最具威慑力的战略威慑力量。自第一次世界大战以来的历次大规模战争中,潜艇都发挥了巨大的作用,充分说明潜艇作为一种武器的强大威力和有效性。

潜艇要在水下航行和作战,就不可避免地存在一些缺点。首先,潜艇在水下的探测和通信联络受到限制。潜艇在水下主要以声呐作为探测手段,声呐的作用距离短,而且会受到自身噪声的影响,限制了它早期、远距离发现敌舰的能力。潜艇的主要通信设备为无线电台,除长波接收机可在水下一定深度进行通信外,其他电台都无法在水下工作,使潜艇在水下时难以与基地、其他舰艇和兵种联络。另外,当潜艇要观测空中目标时,必须浮出水面或在水面附近将雷达天线或潜望镜伸出水面,这就容易暴露自己。

潜艇的内部空间狭小,通常存在噪声,生活和工作条件较差。长时间航行时,艇员的体力和精神容易疲惫,影响潜艇的自持力。

潜艇在水下时,一旦耐压艇体破损,就很难自行上浮,因此自救能力差也是其弱点之一。

本章主要介绍潜艇的战术技术指标、潜艇的分类、潜艇的总布置和潜艇的发展史等基本知识^{[1]~[4]}。

1.2 潜艇的主要战术技术指标

在研究潜艇时,对潜艇的若干战术技术性能规定出一些表示数量概念的指标是必要的。经常用到的主要战术技术指标包括主尺度、排水量、推进功率、航速、续航力、下潜深度、武备、作战半径和自持力等。这些指标体现的是一艘潜艇的主要战术技术性能,也是领导机关借以指挥作战、制订设计任务书和造船部门进行设计建造潜艇的依据。本节介绍这些指标的含义和内容。

1.2.1 主尺度、排水量

主尺度、排水量是潜艇的基本量度参数以及潜艇大小的指标,也是潜艇设计、计算和建造的依据。

1. 主尺度

艇体外形是被投影到三个相互垂直的基本平面上来表示的,如图 1-1 所示,这三个基本投影平面称为主坐标平面,其中包括:

中线面 通过艇宽中央的纵向垂直平面,它将艇体分为左右对称的两部分,所以它是艇体的对称面;

中站面 通过艇长中点的横向垂直平面,它将艇体分为艏艉两部分;

基平面 通过艇长中点龙骨下缘的平行于设计水线面的平面,它与中线面和中站面垂直。

由这三个主坐标平面的交线组成艇体坐标系 $O - xyz$,其中三条交线的交点为坐标原点 O ;中线面与基平面的交线为 x 轴,向艇首为正;中站面与基平面的交线为 y 轴,向右舷为正;中线面与中站面的交线为 z 轴,向上为正。

艇体型表面被中线面和中站面截得的剖面称为中纵剖面和中横剖面,被平行于基平面的平面截得的剖面称为水线面。

(1) 艇长

艇长有以下几种定义(见图 1-2):

总长 L_{oa} 包括突出体在内的艇首端到末端理论线之间的水平距离;

耐压艇体长度 L_{ph} 耐压艇体首端面和尾端面理论线之间的距离;

水密艇体长度 L_{wt} 最前一个主压载水舱首端壁到最后主压载水舱尾端壁理论线之间的距离;

首端非水密艇体长 L_{fn} 艇体型表面首端到第一个主压载水舱首壁理论线之间的距离;

尾端非水密艇体长 L_{an} 艇体型表面尾端到最后一个主压载水舱尾壁理论线之间的距离;

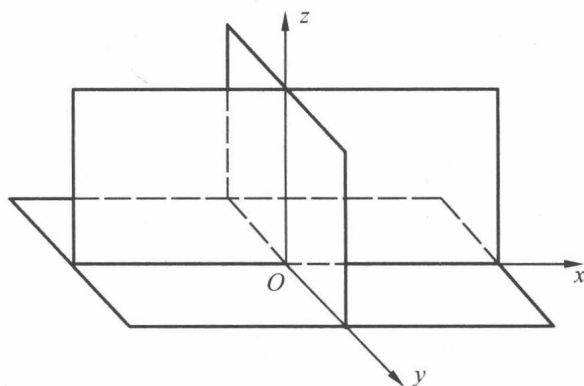


图 1-1 主坐标平面

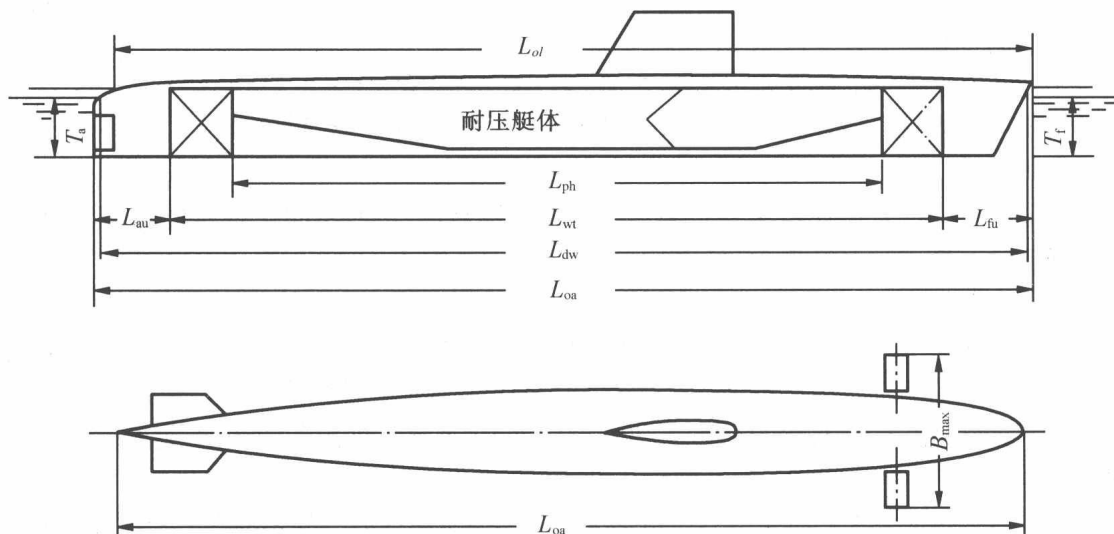


图 1-2 主尺度示意图 a

设计水线长 L_{dw} 设计水线面与艇体型表面首尾端交点之间的水平距离；

超载水线长 L_{ol} 潜艇超载情况下的水线面与艇体型表面首尾端交点之间的水平距离。

(2) 艇宽

艇宽有以下几种定义(见图 1-3)：

型宽 B 艇体型表面之间垂直于中线面的最大水平距离；

最大宽度 B_{max} 包括突出体在内的垂直于中线面的最大水平距离(见图 1-2)；

设计水线宽 B_{dw} 设计水线面处艇体型表面之间垂直于中线面的最大水平距离；

超载水线宽 B_{ol} 超载水线面处艇体型表面之间垂直于中线面的最大水平距离。

(3) 艇高

艇高有以下几种定义(见图 1-3)：

型深 D 裸艇体型表面顶点与基平面之间的垂直距离；

最大型深 D_{max} 包括指挥台围壳或升降装置导流罩等附体在内的型表面顶点与基平面之间的垂直距离。

(4) 吃水

吃水有以下几种定义(见图 1-3)：

吃水 T 在艇中横剖面处基平面到设计水线之间的垂直距离；

超载吃水 T_{ol} 在艇中横剖面处基平面到超载水线之间的垂直距离；

艏吃水 T_f 当潜艇在纵倾情况下,艏端型表面(或艏吃水标志线)与水线面交点到基平

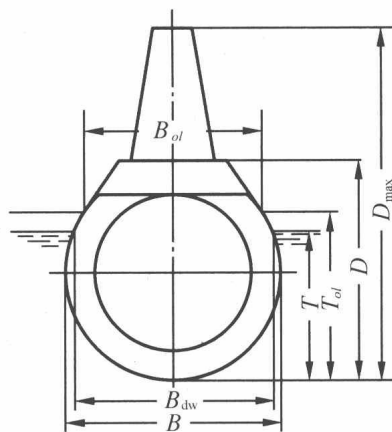


图 1-3 主尺度示意图 b

面之间的垂直距离;

艏吃水 T_a 当潜艇有纵倾情况下,艏端型表面(或艏吃水标志线)与水线面交点到基平面之间的垂直距离;

平均吃水 T_m 艏、艉吃水的平均值, $T_m = (T_f + T_a)/2$ 。

对潜艇来说,最具特征性的浮态是无横倾,但带有不大的纵倾的状态。

2. 排水量

潜艇在水面或水中艇体排开水的总质量即为排水量,按照不同浮态和装载情况,可分成这样几种典型的排水量。

(1) 水面状态

正常排水量 $W_n(\Delta_n)$ 即潜艇水面正常航行时的排水量,包括艇体结构和全部装备完整的机械、武器装备、各种设备、装备及系统,具有按编制的定额人员、行李,全部武器弹药、各种备件,纵倾舱、调整水舱的初始水和舱室空气重,按自持力配备的燃油、滑油、食品、淡水、蒸馏水等的质量。

超载排水量 $W_{ol}(\Delta_{ol})$ 正常排水量加上燃油压载水舱内的附加燃油和由于这部分油与水密度差需增加的初始水,以及符合设计要求的附加滑油、淡水、蒸馏水、食品等储备品的质量。

(2) 水下状态

水下排水量 $W_{\downarrow}(\Delta_{\downarrow})$ 水面正常排水量加上主压载水舱净容积排开水的质量。

水下全排水量 $W_1(\Delta_1)$ 整个艇体(包括附属体)排开水的质量,亦即等于水下排水量加上非水密艇体中水的质量。

1.2.2 下潜深度

按潜艇下潜的情况,它可以处在潜望深度、通气管工作深度和处在安全深度与极限深度之间的任一深度上,如图 1-4 所示。

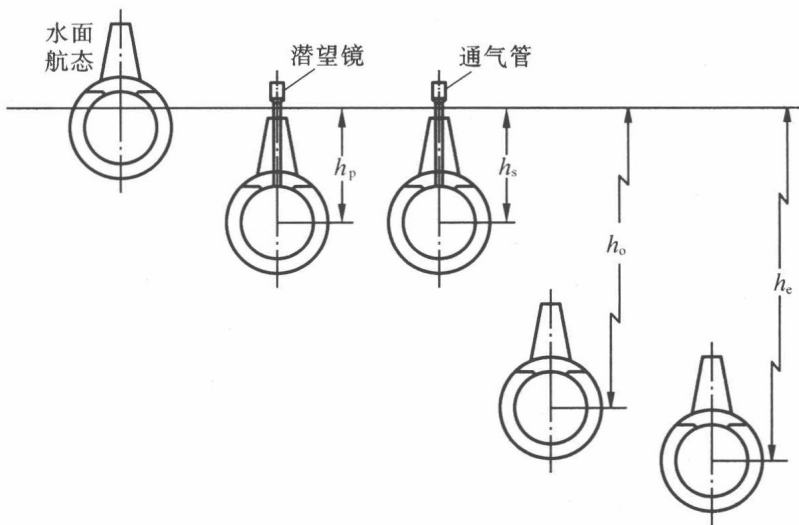


图 1-4 潜艇的各种下潜深度

潜望深度 h_p 下潜后的潜艇可以许可升起的潜望镜对水面和空中进行观察的深度。潜望深度的大小视潜艇的种类和海况而定,一般在 8 ~ 11 m 之间变化。

通气管工作深度 h_s 保证通气管装置升出水面进行工作和能升起潜望镜进行观察的深度。通气管工作深度一般小于潜望深度。

安全深度 h_{sf} 排除可能与水面舰船碰撞和被反潜飞机白昼用目力观察到的下潜深度。它与海水透明度有关,一般在 30 m 左右。

极限深度 h_e 潜艇处于无航速状态,例如,坐沉海底或者偶然下潜到此深度而艇体结构不发生永久变形的最大深度。处在极限深度时,一般是不允许潜艇处于航行状态的。因为潜艇在此深度航行时,由于航行中产生纵倾,就将发生偶然下潜到超过此极限深度,这使潜艇处于危险状态中,所以导致引出工作深度。现代潜艇的极限下潜深度一般达 300 ~ 400 m,个别有超过此深度的。

工作深度 h_w 潜艇能长时间航行的最大下潜深度。工作深度为极限深度的 70% ~ 90%。

计算深度 h_c 设计计算耐压艇体强度时的理论深度。为防止潜艇在极限深度上继续过度下潜或由纵倾引起的超深,耐压艇体必须有强度储备,一般为极限深度的 30% ~ 50%,所以计算深度也就是极限深度的 1.3 ~ 1.5 倍,这一深度是耐压艇体开始破坏的深度。

1.2.3 作战半径和续航力

作战半径是潜艇为执行战斗任务从基地到达活动区域之间的最大距离,以海里计。这一指标是根据潜艇所担负的使命任务来决定的,通常由使用部门按照潜艇作战原则和活动海区来提出。

按照作战半径的大小不同,又可分为这样几种活动海区的潜艇:近海作战的潜艇、中近海作战的潜艇、中海作战的潜艇、中远海作战的潜艇、远海作战的潜艇。

正常装载的潜艇一次出航所能达到的最大航程叫做续航力。在战术上对现有潜艇续航力的使用分配如下:

- (1) 30% 的续航力作为到达作战地点航渡用,往返共用去续航力的 60% ;
- (2) 30% 的续航力作为潜艇在战斗行动海域的消耗;
- (3) 10% 的续航力作为在往返航渡中克服敌人可能的阻挠。

为使战术上的考虑和技术上的考虑一致,应满足如下关系:

$$\text{潜艇的作战半径} = \text{续航力} \times 30\%$$

1.2.4 航速及其续航力

航速是相应于不同的航态下潜艇航行的速度,以“节”(海里/小时)计。潜艇在某一航行速度下所能持续航行的最大距离即为该航速的续航力。根据不同的航态有水面航速及其续航力、通气管航速及其续航力、水下航速及其续航力。

1. 水面航速及其续航力

潜艇处于水面状态时的各种航行速度称为水面航速。对于常规动力的潜艇,由于燃油装载情况不同,它的最大航行速度又可分为正常状态和燃油超载状态两种,其相对应的最大航速时的续航力也分为正常状态和燃油超载状态两种。

早期的潜艇是以水面活动为主的,只有需要隐蔽时才转入水下航行,因此,水面航速和续航力是当时潜艇的主要战术技术指标。人们就致力于提高该项指标。在第二次世界大战

前夕所建造的潜艇,水面航速曾达到 18 kn 以上的水平,而水下航速却远低于水面航速。随着反潜能力的提高,雷达和航空兵的应用,潜艇经常在水面活动的可能性已经很小了,所以这一项指标已不作为现代潜艇的主要战术性能指标来要求了。

2. 通气管航速及其续航力

常规动力潜艇处于通气管状态时的各种航行速度即为通气管航速。潜艇在一次装足燃料的条件下,在通气管状态下以某一额定航速航行所能达到的最大航程即为通气管航速的续航力。

现代潜艇既然在水面活动的机会越来越少,只能转为以水下活动为主。但是,目前常规动力潜艇的蓄电池能源有限,不能长期在水下持续航行。随着科学技术的发展,出现了柴油机水下工作的空气装置——通气管装置。此时,潜艇利用通气管装置从水面吸入新鲜空气供舱室通风和柴油机工作使用。通气管航速和续航力就成了常规动力潜艇一项非常重要的战术技术指标,主要用于从基地到作战海区的航渡。

为了缩短潜艇从基地到作战海区的航渡时间,就要求通气管航速越高越好。但是由于受通气管升降装置强度的限制,当前各种潜艇的通气管航速一般在 8 ~ 12 kn 范围内。

通常常规动力潜艇通气管航速续航力的大小是按照作战半径来确定的。续航力的大小主要影响着潜艇需要携带的燃油量和润滑油量,这可由一个简单公式来估算,即

$$\text{燃油量} \quad W_r = \omega_{r_0}(1 + m + k_r) \cdot P_B \cdot t \quad (1-1)$$

$$\text{滑油量} \quad W_h = W_r \cdot k_h \quad (1-2)$$

式中 ω_{r_0} ——柴油机在额定工况条件下每千瓦小时消耗的燃油量, g/(kW·h);

m ——燃油余量系数,即燃油舱中无法使用而残留的“残渣”占总燃油量的百分数,一般约占 2% 左右;

k_r ——柴油机在非额定工况下耗油率的影响系数;

P_B ——通气管航速所需柴油机的功率(包括辅机消耗的功率), kW;

t ——续航时间,即续航力/通气管航速, h;

k_h ——滑油消耗系数,其平均数值约为燃油装载量的 5.0% ~ 8.0%。

3. 水下航速及其续航力

根据常规动力潜艇的推进电机不同的工况又可分为下述两种航行状态。

(1) 水下最高航速和续航力

潜艇在水下状态时,主推进电机发出额定功率所能达到的航行速度即为水下最高航速。蓄电池一次充满电后,用水下最高航速连续航行所能达到的最大航程即为它的续航力,习惯上用续航时间来表示。

由于常规动力潜艇水下能源有限,一般只在进行鱼雷攻击和躲避敌人攻击时,才使用水下最高航速。按照这样的使用方法,经过敌情资料分析和战术论证、计算,可以确定出所需的水下最高航速和续航时间。目前,常规动力潜艇的水下最高航速在 15 ~ 20 kn,也有高达 25 kn 的,此航速下的续航时间一般为 30 ~ 60 min。

核动力潜艇由于能源充足、功率大,它的水下最高航速一般较常规动力潜艇高,可超过 25 kn,它的续航时间已大大超过自持力的要求,一次装满核燃料,续航时间可达到几年。

(2) 水下经济航速和续航力

水下状态的潜艇,在用经济推进电机低耗电、低噪音航行时所能达到的航行速度为水下经济航速;蓄电池一次充足电后,以水下经济航速连续航行所能达到的最大航程即为它

的续航力。

常规动力潜艇为了使蓄电池能源经一次充足电后能工作更长的时间,以便增大水下续航力,引出了水下经济航速。

一般认为潜艇航行所需的推进功率 P 。正比于航速的三次方。所以,降低航速可以大大减小所需的推进功率。而蓄电池放电却有这样的特性,在蓄电池可用容量范围内,放电电流愈大,输出电能愈少;反之放电电流愈小,输出电能愈接近可用容量的最大限额。因此,用低速度航行就有可能使潜艇续航力大大增加,这就是潜艇的水下经济航速。

战术上要求用水下经济航速航行时的续航力要大于敌人防潜封锁区的纵深,因为敌人的防潜封锁区的纵深一般是根据潜艇水下最大续航力来定的。敌人在设立防潜封锁区时,总想使其纵深大于潜艇的水下最大续航力,迫使常规动力潜艇不能一次从水下通过,必须中途浮起充电,从而被敌发现遭到攻击,通常防潜区纵深在300 ~ 400 n mile,所以潜艇的水下经济航速的续航力也必须保证能一次从水下通过敌封锁区。潜艇通过封锁区的速度一般为2 ~ 4 kn,考虑到洋流的影响,速度最好采用3 ~ 5 kn。

对于核动力潜艇不存在节省能源的问题,始终可以采用水下高速航行。但是敌人在防潜区设有许多水声侦听站来搜索潜艇航行时发出的噪音。因此,潜艇必须用降低航行噪音的办法通过防潜区,这样就必须降低潜艇的水下航行速度,使螺旋桨噪音减小,此时艇内的机械噪音强度随着推进功率的减小也明显降低,使潜艇总的辐射噪音强度减弱。那么,潜艇航速降低到多少才能达到这一目的是必须解决的问题。

海洋中由于波浪、海啸、海洋生物、航行的船、冰面破裂等造成一定强度的噪音,一般称海洋本身的噪音为自然噪音。如果潜艇在某航速下发出的辐射噪音强度等于或是低于海洋的自然噪音,则由于海洋自然噪音的掩蔽作用,水声侦听站将不易侦听到潜艇的噪音,这时候潜艇的航速就称为低噪音航速。

采取措施降低潜艇噪音从而提高低噪音航速,以便缩短航渡时间,在战术上是很有现实意义的。对核动力潜艇尤其如此,而常规动力潜艇的经济航速与低噪音航速往往是一致的。

1.2.5 自持力、水下逗留时间

自持力(或称自给力)是指潜艇在海上执行任务时,中途不补充任何储备品的条件下,能在海上逗留的最长时间,以昼夜计。自持力的大小取决于燃油的储备量和其他供应品的数量,此外,还取决于艇员的耐久能力。在潜艇设计时,通常取自持力为60昼夜,据此配备艇员的淡水、食品等消耗品。这大致对应于潜艇连续水下航行情况下,艇员的体力和精神承受能力的极限。

潜艇在战斗航行中,是不可能一直使用某一种航态和航速航行的。它有时在水面,有时在水下,有时却又处在通气管航行状态,并且可能用各种航行速度航行。至于什么时候、什么情况下、采用何种航行状态和航速,这要取决于它所执行任务的性质、航行的海区和该地区的敌情,以及拟订的航渡方案等,所以潜艇在海上的实际需要逗留的时间——战术自持力,应根据下述条件来确定。

(1) 潜艇的作战半径。根据敌人反潜观点和海区自然条件,制订出典型的航渡方案,求出航渡总时间。单程航渡时间约占常规动力潜艇自持力的30%。

(2) 潜艇在战斗行动海域的活动时间。通常取自持力的30%来考虑。

(3) 潜艇为了克服在航渡中可能受到敌人阻挠所需的时间,通常取自持力的 10%。这三者时间的总和即为潜艇所需的战术自持力,即

$$\text{自持力} = \frac{\text{航渡总时间(单程)}}{30\%} \div 24$$

下面举例来说明这个问题。

首先根据潜艇所执行的任务,分析全部航路的情况,估计在某段航路上可能遇到何种阻挠,用什么措施来应对,最后确定航行计划并进行计算。

1. 航线的选择

选择航线的基本原则是选择短而且安全的航线,为此要考虑以下几个问题:

- (1) 选择水深较大的海区;
- (2) 尽量绕过敌人兵力活动频繁的地区和敌岸各种探测设备的作用范围,同时,为了避免和自己兵力发生误会,也应避免通过己方兵力活动海域;

(3) 要选择航路上便于测定舰位的地方,特别是在通过雷网障碍之前和进入战斗行动海域之前,潜艇必须准确测定舰位;

- (4) 尽量避开逆流和流速较大的海区,以免影响航速和偏离航线。

2. 划分航行阶段

图 1-5 中 $H = 2^\circ$ 是航向角,数字 I, II, III, IV, V 表示航渡阶段。

- I —— 出基地;
- II —— 由基地至防潜海区;
- III —— 通过防潜海区;
- IV —— 由防潜海区至指定的战斗行动海域;
- V —— 进入战斗行动海域。

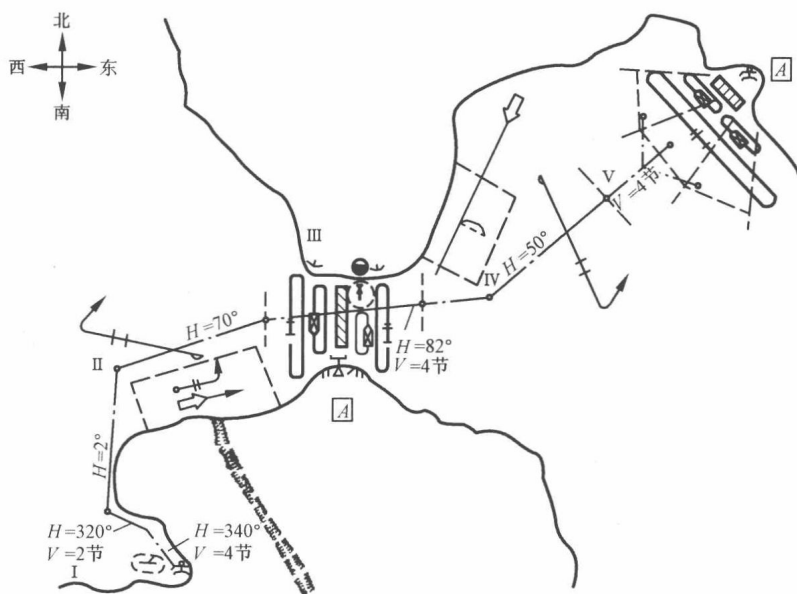


图 1-5 潜艇航渡计算示意图

3. 航渡总时间计算

(1) 通过三个严密防潜海区(出基地 - 防潜区 - 行动海域)

假定这三个海区的航程为 $(60 + 300 + 60) \text{ n mile} = 420 \text{ n mile}$ 。潜艇通过严密防潜区,大部分采用水下大深度低速航行,若以 4 kn 计算,则航行 420 n mile 需要 105 h ,即 4.38 昼夜。

(2) 通过其他防潜薄弱地区(由基地至防潜地区和由防潜地区至行动地域)

如果从基地到指定战斗行动地域的作战半径为 3000 n mile ,则防潜薄弱区的总航程为 $(3000 - 420) \text{ n mile} = 2580 \text{ n mile}$

针对敌人在这地区警戒的情况,潜艇可能采用以下航行状态。

①用通气管航行状态走完全程。通气管航行速度以 8 节计,则通过防潜薄弱区的总时间为 $2580/8 \text{ h} = 323 \text{ h} = 13.4$ 昼夜。

②潜艇昼间为了免遭敌飞机等袭击,用水下低速航行,航速以 4 kn 计;夜间可用通气管航速航行,航速以 10 kn 计。如果该地区的昼夜时数是曙光始 $04:00$,夜幕降临 $19:00$,则昼间为 15 h ,夜间只有 9 h ,则

$$15 \text{ h} \times 4 \text{ kn} \times x \text{ 昼夜} + 9 \text{ h} \times 10 \text{ kn} \times x \text{ 昼夜} = 2580 \text{ n mile}$$

$$x = 17.2 \text{ 昼夜}$$

(3) 航渡总时间

① $(4.38 + 13.4) \text{ 昼夜} = 17.78 \text{ 昼夜} \approx 18 \text{ 昼夜}$

要求潜艇的自持力 $= 18 \text{ 昼夜} / 30\% = 60 \text{ 天}$ 。

② $(4.38 + 17.2) \text{ 昼夜} = 21.58 \text{ 昼夜} \approx 22 \text{ 昼夜}$

要求潜艇的自持力 $= 22 \text{ 昼夜} / 30\% = 73 \text{ 天}$ 。

两种航渡方法对潜艇自持力的要求也不一样。可见,提高航渡时的航速可以缩小对潜艇自持力的要求。

水下逗留时间是潜艇在不更换新鲜空气的条件下,依靠艇内空气再生装置能在水下一次连续航行或停留的最长时间,以小时计。水下逗留的总时间应满足自持力期间潜艇在水下停留时间的总和,包括航渡过程中的水下航态总时间、待机阵地的水下待机时间和意外情况的水下停留时间。

1.2.6 武备

潜艇上配备何种武备、数量多少,视它所执行的使命任务而定,又决定于攻击目标的种类、攻击的次数、武备的命中率及武备的威力等。

以鱼雷潜艇为例,鱼雷装 450 kg 左右TNT当量的烈性炸药,根据以往的经验,击沉、击伤各种舰船所需鱼雷命中数如表1-1所示。

表1-1 击沉、击伤各种舰船所需鱼雷命中数

| 舰船名称 | | 战列舰 | 重航空母舰 | 轻航空母舰 | 重巡洋舰 | 轻巡洋舰 | 驱逐舰 | 15 000 吨以上运输船 | 10 000 ~ 15 000 吨运输船 | 5 000 ~ 10 000 吨运输船 | 5 000 吨以下运输船 |
|-------|----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|----------------------|---------------------|--------------|
| 鱼雷命中数 | 击沉 | 8 ~ 10 | 5 ~ 6 | 2 ~ 3 | 5 ~ 6 | 3 ~ 4 | 1 ~ 2 | 3 ~ 4 | 2 ~ 3 | 1 ~ 2 | 1 |
| | 击伤 | 5 ~ 6 | 3 ~ 4 | 1 ~ 2 | 3 ~ 4 | 2 | 1 | 1 ~ 2 | 1 | 1 | — |

当鱼雷航速为 50 kn, 敌航空母舰长度为 230 m, 敌舰航速为 27 kn, 射距为 4 000 m (约 22 链), 遭遇角等于 90° 时, 以 4 枚、6 枚和 10 枚鱼雷进行齐射时的命中率如表 1-2 所示。

表 1-2 鱼雷命中率 (%)

| 命中 公算 齐射雷数 | 命中 雷数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------------|----------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|---|
| 4 | | 98 | 66 | 34 | — | — | — | — | — | — |
| 6 | | 100 | 78 | 58 | 36 | 10 | — | — | — | — |
| 10 | | 100 | 100 | 88 | 70 | 54 | 40 | 26 | 16 | 8 |

由表 1-1 和表 1-2 可知, 为了使敌航空母舰严重创伤 (命中 3 枚鱼雷), 则一次齐射的数量不能少于 10 枚; 若要命中 2 枚鱼雷, 则齐射鱼雷数量不得少于 6 枚。潜艇上的鱼雷发射管也就需按此数配备; 备用鱼雷的数量, 按齐射次数配备。一般潜艇携带的备用鱼雷是鱼雷发射管数的 1~2 倍。对于在耐压艇体外的外置式鱼雷发射管则可能无备用雷。当提高了单雷的命中率和爆炸威力后, 表 1-1 和 1-2 中的数值也相应发生变化, 潜艇上鱼雷发射管数和携带备用雷的数量也可适当减少。

潜艇上其他武备的配备, 也是由作战部门根据作战任务的性质, 经过战术论证后提出。只有把战时存在的错综复杂因素都考虑进去, 才能使技术指标更符合实际使用的需要。

1.3 潜艇的型线图

潜艇外形一般都是一个流线型体, 表示其形状的最基本的图形即为型线图。型线图是潜艇设计、计算和建造的重要依据, 它所表示的艇体外形为艇体的型表面。潜艇的型表面为外板的内表面。潜艇型线图由三组基本剖线组成, 分别取平行于三个主坐标平面的一系列平面, 剖艇体的型表面得到一系列剖线, 将这些剖线及外形轮廓线画在一张图上, 这张图就是潜艇型线图。由图 1-6 可见, 它有以下主要组成部分。

1.3.1 横剖线图

沿艇长方向平行于中站面取一系列等间距的横剖面, 将艇体分为 20 等份, 各横剖面截艇体型表面所得曲线称为横剖线, 等分间距称为站间距, 等分点称为站, 自艇首向艇尾编号, 艏端为 0 站, 艉端为 20 站, 中横剖面为 10 站, 将这些站处的横剖线叠画在中站面上, 就得到横剖线图, 由于艇体是左右对称的, 每一剖线只画出半边即可。通常将艏部的剖线画在右边, 而将艉部的剖线画在左边。

1.3.2 半宽水线图

沿吃水方向平行于基平面取若干等间距的水平剖面, 各水平剖面截艇体型表面所得曲线称为水线, 将各水线叠画在基平面上, 就得到水线图, 水线由基平面向上编号, 同样由于艇体的对称性, 可以只画出水线的一半, 故称半宽水线图。又由于艇体最大水线面上下的水线非常接近, 为清晰起见, 将最大水线面上部和下部的的水线分别画在两个图上, 因此半宽水线图包含两组曲线。

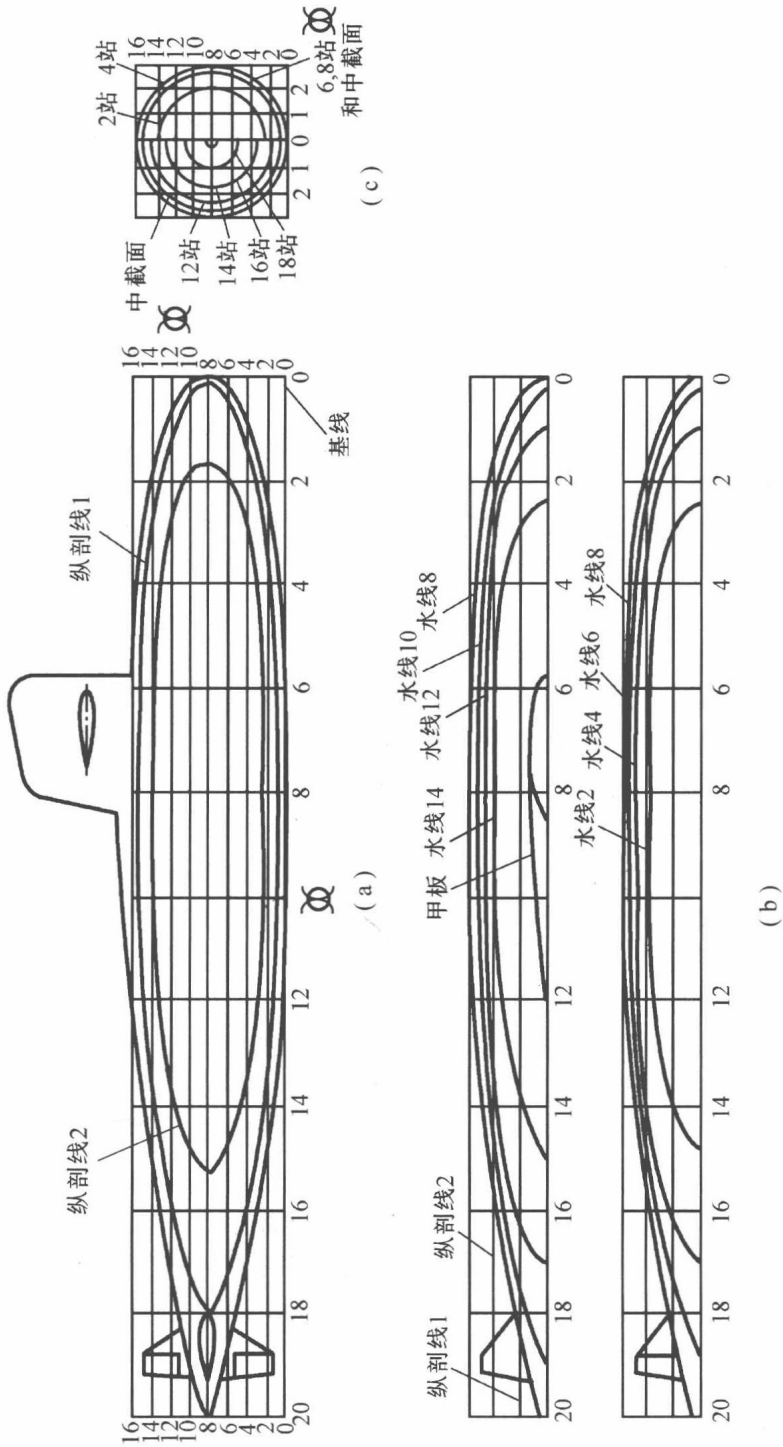


图1-6

(a) 纵剖面图; (b) 半宽水线图; (c) 横剖面图