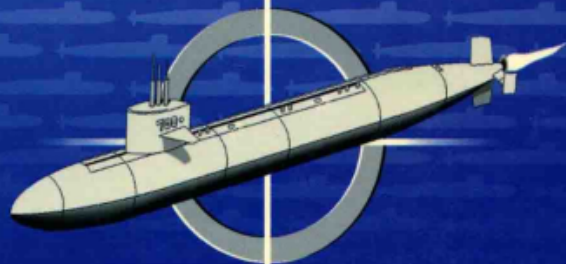


徐亦凡 编著

潜艇操纵原理与方法



兵器工业出版社

内容简介

本书是潜艇操纵原理与方法的第二卷，全书共分两章，第一章为潜艇操纵原理，第二章为潜艇操纵方法。本书共分两章，第一章为潜艇操纵原理，第二章为潜艇操纵方法。本书共分两章，第一章为潜艇操纵原理，第二章为潜艇操纵方法。

潜艇操纵原理与方法

徐亦凡 编著

潜艇是水下作战的主要武器，它具有隐蔽性好、机动性强、生存能力强等特点。随着现代战争的发展，对潜艇的机动性和隐蔽性提出了更高的要求。潜艇在执行各种战斗任务时，既要保持规定的艇体运动姿态、深度、航向和航速的性能，以满足发射武器和航行安全的要求，又要根据敌情的变化及时调整姿态、深度、航向和航速的性能，以满足隐蔽和生存的要求。潜艇的这种保持和改变艇体运动姿态、深度、航向和航速的性能，就是通过其操纵系统来实现的。本书系统地阐述了潜艇操纵系统的组成、工作原理、操纵方法和应急操纵方法等。

本书系统地阐述了潜艇操纵系统的组成、工作原理、操纵方法和应急操纵方法等。本书共分两章，第一章为潜艇操纵原理，第二章为潜艇操纵方法。本书共分两章，第一章为潜艇操纵原理，第二章为潜艇操纵方法。

本书由徐亦凡编写，俞运高主审，林德斌主

徐亦凡

2001年12月

类别	1. 兵器工业
分类号	1. 兵器工业
ISBN 7-801-092-104	1. 兵器工业
定价	1. 兵器工业
发行	1. 兵器工业
印刷	1. 兵器工业
装订	1. 兵器工业
开本	1. 兵器工业
印张	1. 兵器工业
字数	1. 兵器工业
印数	1. 兵器工业

兵器工业出版社

内容简介

本书共九章，分为潜艇操纵原理和潜艇操纵方法两部分。第一章至第四章为潜艇操纵原理部分，系统地阐述了潜艇操纵的基础理论，分析了潜艇平面运动和空间运动数学模型，研究了潜艇运动规律。第五章至第九章为潜艇操纵方法部分，详细介绍了潜艇水上系泊、水上航行、上浮与下潜、水下航行以及应急操纵的步骤与方法。

本书可作为潜艇操纵指挥专业的教学用书，也可供相关专业的研究生和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

潜艇操纵原理与方法/徐亦凡编著. —北京: 兵器工业出版社, 2002. 8

ISBN 7-80172-066-0

I. 潜… II. 徐… III. 潜艇—船舶操纵 IV. U674.76

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第062760号

出版发行: 兵器工业出版社

责任编辑: 王强

责任技编: 魏丽华

社址: 100089 北京市海淀区车道沟10号

经销: 各地新华书店

印刷: 兵器工业出版社印刷厂

版次: 2002年8月第1版第1次印刷

印数: 1—650

封面设计: 底晓娟

责任编辑: 王峰 全静

责任印制: 莫丽珠

开本: 787×1092 1/16

印张: 17.75

字数: 433.68千字

定价: 53.00元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

目 录

潜艇是现代海军武器装备中最具威慑力和战斗力的作战平台之一,它既可以航行于水上,又可以潜航于水下,并能够在浩瀚大洋的海水中作空间机动。潜艇具有良好的隐蔽性和机动性,它被赋予的作战任务具有多样性和复杂性。由于军事高新技术对抗日趋激烈,武器装备不断更新,战斗空间逐渐扩大,对潜艇的机动性和隐蔽性提出了更高的要求。潜艇在执行各种战斗任务和进行训练时,需要进行种种复杂的机动。既要求潜艇具有保持规定的艇体运动姿态、深度、航向和航速的性能,以满足发射武器和航行安全的要求;又要求潜艇具有迅速的改变艇体运动姿态、深度、航向和航速的性能,以满足避碰、对敌实施攻击或规避敌人攻击的要求。潜艇这种保持或改变艇体运动姿态、深度、航向和航速的能力被称之为潜艇操纵性。潜艇操纵性是潜艇指挥员操纵驾驭潜艇的基础理论,是潜艇操纵原理的主要内容。

潜艇是通过其操纵系统来保持或改变艇体运动姿态、深度、航向和航速的。正确使用操纵系统来改变或保持潜艇的运动姿态、速度、航向、深度和航行状态,使潜艇按潜艇指挥员的意志进行运动的过程称为潜艇操纵。在潜艇操纵过程中进行的观察、分析、判断、下达指令、以及实施控制所采取的正确措施称为潜艇操纵方法。

本书系统地阐述了潜艇操纵的基础理论,详细介绍了潜艇的操纵方法,主要内容有:潜艇平面运动与空间运动的数学模型与运动规律,潜艇水上系泊、水上航行、下潜与上浮、水下操纵和应急操纵方法等。

本书由徐亦凡编写,余远高主审,林镜载主校。

徐亦凡

2001年12月

1	本书由徐亦凡编写,余远高主审,林镜载主校。	10
1.1	问题的时间导数	10
1.1.1	潜艇运动一般方程	11
1.2	直体动力分析	13
1.3	惯性类水动力	17
1.3.1	附加质量	17
1.3.2	艇体所受的惯性类水动力	20
1.3.3	附加质量与加速度系数的对应关系	23
1.4	粘性类水动力	24
1.4.1	水平面运动时潜艇所受粘性类水动力	24
1.4.2	垂直面运动时潜艇所受粘性类水动力	30
1.4.3	粘性类水动力中包含惯性类水动力的情况	34
1.4.4	螺旋桨推力	35
1.5	水动力表达式	37
1.5.1	水平面运动水动力表达式	37
1.5.2	垂直面运动水动力表达式	38
1.6	水平面运动方程	38
1.6.1	水平面运动线性方程式	38

目 录

第三章 潜艇垂直面运动	1.6.1 潜艇运动坐标系	88
1.6.2 潜艇运动方程	1.6.2 潜艇运动方程	88
1.6.3 潜艇运动方程	1.6.3 潜艇运动方程	88
1.6.4 潜艇运动方程	1.6.4 潜艇运动方程	88
1.6.5 潜艇运动方程	1.6.5 潜艇运动方程	88
1.6.6 潜艇运动方程	1.6.6 潜艇运动方程	88
1.6.7 潜艇运动方程	1.6.7 潜艇运动方程	88
1.6.8 潜艇运动方程	1.6.8 潜艇运动方程	88
1.6.9 潜艇运动方程	1.6.9 潜艇运动方程	88
1.6.10 潜艇运动方程	1.6.10 潜艇运动方程	88
1.6.11 潜艇运动方程	1.6.11 潜艇运动方程	88
1.6.12 潜艇运动方程	1.6.12 潜艇运动方程	88
1.6.13 潜艇运动方程	1.6.13 潜艇运动方程	88
1.6.14 潜艇运动方程	1.6.14 潜艇运动方程	88
1.6.15 潜艇运动方程	1.6.15 潜艇运动方程	88
1.6.16 潜艇运动方程	1.6.16 潜艇运动方程	88
1.6.17 潜艇运动方程	1.6.17 潜艇运动方程	88
1.6.18 潜艇运动方程	1.6.18 潜艇运动方程	88
1.6.19 潜艇运动方程	1.6.19 潜艇运动方程	88
1.6.20 潜艇运动方程	1.6.20 潜艇运动方程	88
1.6.21 潜艇运动方程	1.6.21 潜艇运动方程	88
1.6.22 潜艇运动方程	1.6.22 潜艇运动方程	88
1.6.23 潜艇运动方程	1.6.23 潜艇运动方程	88
1.6.24 潜艇运动方程	1.6.24 潜艇运动方程	88
1.6.25 潜艇运动方程	1.6.25 潜艇运动方程	88
1.6.26 潜艇运动方程	1.6.26 潜艇运动方程	88
1.6.27 潜艇运动方程	1.6.27 潜艇运动方程	88
1.6.28 潜艇运动方程	1.6.28 潜艇运动方程	88
1.6.29 潜艇运动方程	1.6.29 潜艇运动方程	88
1.6.30 潜艇运动方程	1.6.30 潜艇运动方程	88
1.6.31 潜艇运动方程	1.6.31 潜艇运动方程	88
1.6.32 潜艇运动方程	1.6.32 潜艇运动方程	88
1.6.33 潜艇运动方程	1.6.33 潜艇运动方程	88
1.6.34 潜艇运动方程	1.6.34 潜艇运动方程	88
1.6.35 潜艇运动方程	1.6.35 潜艇运动方程	88
1.6.36 潜艇运动方程	1.6.36 潜艇运动方程	88
1.6.37 潜艇运动方程	1.6.37 潜艇运动方程	88
1.6.38 潜艇运动方程	1.6.38 潜艇运动方程	88
1.6.39 潜艇运动方程	1.6.39 潜艇运动方程	88
1.6.40 潜艇运动方程	1.6.40 潜艇运动方程	88
1.6.41 潜艇运动方程	1.6.41 潜艇运动方程	88
1.6.42 潜艇运动方程	1.6.42 潜艇运动方程	88
1.6.43 潜艇运动方程	1.6.43 潜艇运动方程	88
1.6.44 潜艇运动方程	1.6.44 潜艇运动方程	88
1.6.45 潜艇运动方程	1.6.45 潜艇运动方程	88
1.6.46 潜艇运动方程	1.6.46 潜艇运动方程	88
1.6.47 潜艇运动方程	1.6.47 潜艇运动方程	88
1.6.48 潜艇运动方程	1.6.48 潜艇运动方程	88
1.6.49 潜艇运动方程	1.6.49 潜艇运动方程	88
1.6.50 潜艇运动方程	1.6.50 潜艇运动方程	88
1.6.51 潜艇运动方程	1.6.51 潜艇运动方程	88
1.6.52 潜艇运动方程	1.6.52 潜艇运动方程	88
1.6.53 潜艇运动方程	1.6.53 潜艇运动方程	88
1.6.54 潜艇运动方程	1.6.54 潜艇运动方程	88
1.6.55 潜艇运动方程	1.6.55 潜艇运动方程	88
1.6.56 潜艇运动方程	1.6.56 潜艇运动方程	88
1.6.57 潜艇运动方程	1.6.57 潜艇运动方程	88
1.6.58 潜艇运动方程	1.6.58 潜艇运动方程	88
1.6.59 潜艇运动方程	1.6.59 潜艇运动方程	88
1.6.60 潜艇运动方程	1.6.60 潜艇运动方程	88
1.6.61 潜艇运动方程	1.6.61 潜艇运动方程	88
1.6.62 潜艇运动方程	1.6.62 潜艇运动方程	88
1.6.63 潜艇运动方程	1.6.63 潜艇运动方程	88
1.6.64 潜艇运动方程	1.6.64 潜艇运动方程	88
1.6.65 潜艇运动方程	1.6.65 潜艇运动方程	88
1.6.66 潜艇运动方程	1.6.66 潜艇运动方程	88
1.6.67 潜艇运动方程	1.6.67 潜艇运动方程	88
1.6.68 潜艇运动方程	1.6.68 潜艇运动方程	88
1.6.69 潜艇运动方程	1.6.69 潜艇运动方程	88
1.6.70 潜艇运动方程	1.6.70 潜艇运动方程	88
1.6.71 潜艇运动方程	1.6.71 潜艇运动方程	88
1.6.72 潜艇运动方程	1.6.72 潜艇运动方程	88
1.6.73 潜艇运动方程	1.6.73 潜艇运动方程	88
1.6.74 潜艇运动方程	1.6.74 潜艇运动方程	88
1.6.75 潜艇运动方程	1.6.75 潜艇运动方程	88
1.6.76 潜艇运动方程	1.6.76 潜艇运动方程	88
1.6.77 潜艇运动方程	1.6.77 潜艇运动方程	88
1.6.78 潜艇运动方程	1.6.78 潜艇运动方程	88
1.6.79 潜艇运动方程	1.6.79 潜艇运动方程	88
1.6.80 潜艇运动方程	1.6.80 潜艇运动方程	88
1.6.81 潜艇运动方程	1.6.81 潜艇运动方程	88
1.6.82 潜艇运动方程	1.6.82 潜艇运动方程	88
1.6.83 潜艇运动方程	1.6.83 潜艇运动方程	88
1.6.84 潜艇运动方程	1.6.84 潜艇运动方程	88
1.6.85 潜艇运动方程	1.6.85 潜艇运动方程	88
1.6.86 潜艇运动方程	1.6.86 潜艇运动方程	88
1.6.87 潜艇运动方程	1.6.87 潜艇运动方程	88
1.6.88 潜艇运动方程	1.6.88 潜艇运动方程	88
1.6.89 潜艇运动方程	1.6.89 潜艇运动方程	88
1.6.90 潜艇运动方程	1.6.90 潜艇运动方程	88
1.6.91 潜艇运动方程	1.6.91 潜艇运动方程	88
1.6.92 潜艇运动方程	1.6.92 潜艇运动方程	88
1.6.93 潜艇运动方程	1.6.93 潜艇运动方程	88
1.6.94 潜艇运动方程	1.6.94 潜艇运动方程	88
1.6.95 潜艇运动方程	1.6.95 潜艇运动方程	88
1.6.96 潜艇运动方程	1.6.96 潜艇运动方程	88
1.6.97 潜艇运动方程	1.6.97 潜艇运动方程	88
1.6.98 潜艇运动方程	1.6.98 潜艇运动方程	88
1.6.99 潜艇运动方程	1.6.99 潜艇运动方程	88
1.6.100 潜艇运动方程	1.6.100 潜艇运动方程	88
绪论		1
0.1 基本概念		1
0.2 潜艇运动的三种状态		2
0.2.1 水上巡航状态		2
0.2.2 半潜状态		2
0.2.3 水下状态		3
0.2.4 潜水深度的划分		3
0.3 坐标系及运动参数		5
0.3.1 坐标系和符号规则		5
0.3.2 空间运动与平面运动假设		6
0.3.3 水平面运动的主要参数		7
0.3.4 垂直面运动的主要参数		8
第一章 潜艇平面运动数学模型		10
1.1 平面运动分析		10
1.1.1 向量的时间导数		10
1.1.2 潜艇运动一般方程		11
1.2 流体动力分析		13
1.3 惯性类水动力		17
1.3.1 附加质量		17
1.3.2 艇体所受的惯性类水动力		20
1.3.3 附加质量与加速度系数的对应关系		23
1.4 粘性类水动力		25
1.4.1 水平面运动时潜艇所受粘性类水动力		25
1.4.2 垂直面运动时潜艇所受粘性类水动力		30
1.4.3 粘性类水动力中包含惯性类水动力的情况		34
1.4.4 螺旋桨推力		35
1.5 水动力表达式		37
1.5.1 水平面运动水动力表达式		37
1.5.2 垂直面运动水动力表达式		38
1.6 水平面运动方程		38
1.6.1 水平面运动线性方程式		38

1.6.2 水平面操纵响应线性方程.....	39
1.6.3 水平面运动非线性方程式.....	41
1.7 垂直面运动方程式.....	42
1.7.1 静力及其力矩.....	43
1.7.2 垂直面运动线性方程式.....	44
1.7.3 垂直面操纵响应线性方程.....	45
1.7.4 垂直面运动非线性方程.....	46
1.8 潜艇重心运动轨迹.....	47
1.8.1 水平面运动.....	47
1.8.2 垂直面运动.....	48
第二章 潜艇水平面运动.....	49
2.1 螺旋桨工作的偏航分析.....	49
2.1.1 螺旋桨的作用.....	49
2.1.2 螺旋桨的工作原理.....	49
2.1.3 进车偏航分析.....	50
2.1.4 倒车偏航分析.....	51
2.2 航向控制分析.....	52
2.2.1 方向舵受力分析.....	52
2.2.2 方向舵的使用.....	54
2.3 旋回运动.....	55
2.3.1 水平面操纵运动情况的分析.....	56
2.3.2 旋回运动参数.....	57
2.3.3 潜艇在旋回运动中的受力及特点.....	59
2.3.4 定常旋回直径.....	60
2.3.5 旋回中的航速.....	64
2.3.6 旋回中的横倾.....	64
2.4 线性响应方程的解.....	66
2.4.1 二阶线性响应方程的解.....	66
2.4.2 操纵性的 $K-T$ 分析.....	74
2.4.3 旋回运动的计算.....	76
2.5 Z 形操纵试验与 K、T 指数的确定.....	78
2.5.1 Z 形操纵试验.....	78
2.5.2 确定 K 、 T 指数的标准方法.....	79
2.6 风流对水平面运动的影响.....	82
2.6.1 风的影响.....	82
2.6.2 流的影响.....	86

第三章 潜艇垂直面运动	88
3.1 定常运动	88
3.1.1 定常运动受力分析.....	89
3.1.2 定常运动方程.....	94
3.1.3 定常运动中力对潜艇运动状态的影响.....	96
3.2 旋回和倒车对垂直面运动的影响	100
3.2.1 旋回对运动的影响.....	100
3.2.2 倒车对运动的影响.....	102
3.3 非定常强迫运动	105
3.3.1 扰动运动微分方程.....	105
3.3.2 干扰力的基本形式.....	106
3.3.3 强迫扰动运动的确定.....	106
3.3.4 典型操舵时艇的运动响应特点.....	110
3.3.5 静载作用的响应.....	116
3.4 近水面航行	118
3.4.1 受力分析.....	118
3.4.2 波浪力.....	119
3.4.3 静水中近水面的操纵性.....	121
3.4.4 水下发射导弹.....	122
第四章 潜艇空间运动	124
4.1 空间运动分析	124
4.1.1 质点的线速度.....	124
4.1.2 质点的加速度.....	125
4.1.3 潜艇六自由度运动的一般方程式.....	125
4.2 空间运动的受力分析	128
4.2.1 坐标轴变换.....	128
4.2.2 静力.....	130
4.2.3 潜艇所受的流体惯性力.....	132
4.2.4 潜艇所受的粘性水动力.....	134
4.3 六自由度空间运动方程	136
4.3.1 标准运动方程.....	136
4.3.2 简化运动方程.....	139
4.4 空间运动微分方程	142
4.5 空间定常螺旋运动	145
第五章 水上系泊	148
5.1 进港靠码头	148

5.1.1	自航靠码头.....	148
5.1.2	拖带靠码头.....	150
5.1.3	进港靠码头指挥步骤.....	151
5.2	离码头出港.....	152
5.2.1	离码头.....	152
5.2.2	离码头出港指挥步骤.....	154
5.2.3	离靠码头的注意事项.....	155
5.3	水上抛锚和起锚.....	157
5.3.1	锚地的选择.....	157
5.3.2	抛锚方法.....	157
5.3.3	抛锚时的机动.....	158
5.3.4	锚泊潜艇受力分析.....	158
5.3.5	走锚的判断与处理.....	159
5.3.6	抛锚与起锚注意事项.....	159
5.3.7	抛锚与起锚的指挥步骤.....	160
5.4	系浮筒和离浮筒.....	161
5.4.1	系浮筒的方法.....	161
5.4.2	系、离浮筒的步骤.....	162
5.4.3	系、离浮筒时的注意事项.....	163
第六章 水上航行.....		164
6.1	一般情况下航行.....	164
6.1.1	随时准备速潜.....	164
6.1.2	严格遵守航行规则.....	165
6.1.3	全面掌握潜艇情况.....	165
6.2	狭水道航行.....	165
6.2.1	狭水道对操纵的影响.....	166
6.2.2	狭水道航行操纵方法.....	166
6.3	大风浪天气航行.....	172
6.3.1	波浪的特性与潜艇的自由摇摆周期.....	172
6.3.2	潜艇在波浪中的纵、横摇摆.....	174
6.3.3	大风浪天气航行操纵.....	175
6.4	抗台风.....	178
6.4.1	热带风暴的等级划分.....	178
6.4.2	抗台风的准备工作.....	179
6.4.3	水上抗台风.....	181
6.4.4	水下抗台风.....	182
6.5	营救落水者.....	184
6.5.1	营救落水者的机动.....	184

6.5.2 营救落水者指挥步骤.....	187
6.6 离 浅.....	188
6.6.1 防止搁浅的措施.....	188
6.6.2 搁浅后的初步措施.....	188
6.6.3 自力离浅.....	190
6.6.4 外援离浅.....	191
6.7 进、出船坞.....	192
6.7.1 进坞操纵.....	192
6.7.2 出坞操纵.....	193
6.7.3 注意事项.....	193
6.8 拖 带.....	194
6.8.1 拖带方式.....	194
6.8.2 拖带前的准备工作.....	195
6.8.3 前后拖带.....	196
6.8.4 并拖.....	198
第七章 下潜与上浮.....	199
7.1 潜艇水下均衡.....	199
7.1.1 停止间均衡.....	199
7.1.2 行进间均衡.....	199
7.1.3 行进间均衡定量计算公式.....	201
7.2 正常潜水.....	203
7.2.1 正常潜水步骤.....	203
7.2.2 正常潜水注意事项.....	205
7.3 速 潜.....	206
7.3.1 速潜的方法.....	206
7.3.2 速潜的指挥.....	207
7.3.3 水上锚泊时的速潜.....	208
7.3.4 速潜操纵的安全措施.....	208
7.4 大风浪天潜水.....	209
7.4.1 大风浪天对潜水的影响.....	209
7.4.2 大风浪天潜水指挥步骤.....	209
7.4.3 大风浪天潜水注意事项.....	210
7.5 试 潜.....	210
7.5.1 试潜的时机、目的与原理.....	210
7.5.2 试潜准备工作.....	211
7.5.3 试潜指挥步骤.....	212
7.5.4 试潜注意事项.....	212
7.5.5 检查与调整工作.....	213

7.6	正常浮起	213
7.6.1	正常浮起步骤	214
7.6.2	正常浮起注意事项	214
7.7	大风浪天浮起	215
7.7.1	大风浪天浮起指挥步骤	215
7.7.2	大风浪天浮起安全操纵措施	216
7.8	失事浮起	217
7.8.1	失事浮起的时机和原则	217
7.8.2	失事浮起的方法	218
7.8.3	失事浮起注意事项	218
第八章 水下航行与停泊		219
8.1	定深航行	219
8.1.1	无纵倾定深运动操纵	219
8.1.2	有纵倾定深运动操纵	220
8.1.3	定深操纵注意事项	220
8.2	改变深度	221
8.2.1	变深运动过程	222
8.2.2	定常变深运动方程及其解	224
8.2.3	升速率	226
8.2.4	首尾升降舵的操纵特点	227
8.2.5	变深机动舵的使用	228
8.3	微速航行	229
8.3.1	微速航行的特点	229
8.3.2	逆速及其存在的条件	229
8.3.3	微速航行操纵要领	230
8.4	潜望深度航行	231
8.4.1	潜望深度航行特点	231
8.4.2	潜望深度航行安全操纵措施	232
8.5	柴油机水下工作	233
8.5.1	柴油机水下工作条件	233
8.5.2	柴油机水下工作时潜艇的均衡	233
8.5.3	柴油机水下工作指挥步骤	233
8.5.4	柴油机水下工作安全措施	236
8.5.5	柴油机水下工作注意事项	236
8.6	潜坐和离开海底	238
8.6.1	潜坐海底的时机与目的	238
8.6.2	海底的选择	238
8.6.3	潜坐海底操纵	238

8.6.4 潜坐海底注意事项	240
8.6.5 离开海底操纵	240
8.6.6 离开海底注意事项	241
8.6.7 潜艇陷入海底后的处理	241
8.7 潜坐与离开液体海底	242
8.7.1 液体海底的种类	242
8.7.2 寻找液体海底的方法	242
8.7.3 测量液体海底对潜艇产生的浮力	243
8.7.4 潜坐液体海底的操纵	243
8.7.5 离开液体海底的操纵	244
8.7.6 通过液体海底的操纵	244
8.7.7 潜坐液体海底注意事项	244
8.8 水下抛锚与起锚	245
8.8.1 海区选择	245
8.8.2 水下抛锚的基本方法和受力分析	245
8.8.3 水下抛锚指挥步骤	246
8.8.4 水下起锚指挥步骤	246
8.8.5 水下抛锚与起锚注意事项	247
8.9 水下悬停	247
8.9.1 悬停的目的和意义	247
8.9.2 悬停操纵方法	248
第九章 应急操纵	250
9.1 液压失灵的处理	250
9.1.1 液压失灵的原因	250
9.1.2 液压失灵时的操纵	250
9.2 方向舵被卡的处理	251
9.2.1 在港湾和狭水道航行时方向舵被卡的处理	251
9.2.2 在宽阔海区航行时方向舵被卡的处理	252
9.2.3 水下航行时方向舵被卡的处理	252
9.3 升降舵被卡的处理	253
9.3.1 升降舵卡对潜艇运动的影响	253
9.3.2 单舵被卡时的操纵	253
9.3.3 双舵被卡时的操纵	255
9.4 损失浮力时的操纵	255
9.4.1 潜艇水下动力抗沉的能力分析	255
9.4.2 操纵方法	256
9.4.3 操纵要点	256
9.5 危险纵倾时的操纵	257

9.5.1	发生危险纵倾的原因.....	257
9.5.2	大纵倾对潜艇运动的影响.....	257
9.5.3	操纵方法.....	258
附录一	主要符号.....	261
附录二	无因次物理量定义.....	265
参考文献	269
8.7.1	潜艇的航行.....	217
8.7.2	测量和计算.....	217
8.7.3	潜艇的航行.....	217
8.7.4	潜艇的航行.....	217
8.7.5	潜艇的航行.....	217
8.7.6	潜艇的航行.....	217
8.7.7	潜艇的航行.....	217
8.8	水下航行与停泊.....	218
8.8.1	水下航行.....	218
8.8.2	水下航行.....	218
8.8.3	水下航行.....	218
8.8.4	水下航行.....	218
8.8.5	水下航行.....	218
8.8.6	水下航行.....	218
8.8.7	水下航行.....	218
8.8.8	水下航行.....	218
8.8.9	水下航行.....	218
8.8.10	水下航行.....	218
8.8.11	水下航行.....	218
8.8.12	水下航行.....	218
8.8.13	水下航行.....	218
8.8.14	水下航行.....	218
8.8.15	水下航行.....	218
8.8.16	水下航行.....	218
8.8.17	水下航行.....	218
8.8.18	水下航行.....	218
8.8.19	水下航行.....	218
8.8.20	水下航行.....	218
8.8.21	水下航行.....	218
8.8.22	水下航行.....	218
8.8.23	水下航行.....	218
8.8.24	水下航行.....	218
8.8.25	水下航行.....	218
8.8.26	水下航行.....	218
8.8.27	水下航行.....	218
8.8.28	水下航行.....	218
8.8.29	水下航行.....	218
8.8.30	水下航行.....	218
8.8.31	水下航行.....	218
8.8.32	水下航行.....	218
8.8.33	水下航行.....	218
8.8.34	水下航行.....	218
8.8.35	水下航行.....	218
8.8.36	水下航行.....	218
8.8.37	水下航行.....	218
8.8.38	水下航行.....	218
8.8.39	水下航行.....	218
8.8.40	水下航行.....	218
8.8.41	水下航行.....	218
8.8.42	水下航行.....	218
8.8.43	水下航行.....	218
8.8.44	水下航行.....	218
8.8.45	水下航行.....	218
8.8.46	水下航行.....	218
8.8.47	水下航行.....	218
8.8.48	水下航行.....	218
8.8.49	水下航行.....	218
8.8.50	水下航行.....	218
8.8.51	水下航行.....	218
8.8.52	水下航行.....	218
8.8.53	水下航行.....	218
8.8.54	水下航行.....	218
8.8.55	水下航行.....	218
8.8.56	水下航行.....	218
8.8.57	水下航行.....	218
8.8.58	水下航行.....	218
8.8.59	水下航行.....	218
8.8.60	水下航行.....	218
8.8.61	水下航行.....	218
8.8.62	水下航行.....	218
8.8.63	水下航行.....	218
8.8.64	水下航行.....	218
8.8.65	水下航行.....	218
8.8.66	水下航行.....	218
8.8.67	水下航行.....	218
8.8.68	水下航行.....	218
8.8.69	水下航行.....	218
8.8.70	水下航行.....	218
8.8.71	水下航行.....	218
8.8.72	水下航行.....	218
8.8.73	水下航行.....	218
8.8.74	水下航行.....	218
8.8.75	水下航行.....	218
8.8.76	水下航行.....	218
8.8.77	水下航行.....	218
8.8.78	水下航行.....	218
8.8.79	水下航行.....	218
8.8.80	水下航行.....	218

绪 论

0.1 基本概念

潜艇在执行各种战斗任务和进行训练时，需要进行各种复杂的机动。既要求潜艇能够保持规定的艇体运动姿态、深度、航向和航速，以满足发射武器和航行安全的要求；又要求潜艇能够迅速的改变艇体运动姿态、深度、航向和航速，以满足避碰、对敌实施攻击或规避敌人攻击的要求。潜艇这种保持或改变艇体运动姿态、深度、航向和航速的能力被称之为潜艇操纵性。潜艇操纵性是潜艇指挥员操纵驾驭潜艇的基础理论，是潜艇操纵原理的主要内容。

第二次世界大战后，潜艇技术取得了突破性的进展，特别是现代潜艇所具有的水下高航速，使潜艇的运动幅度大，而其允许活动的水深大约只是艇长的3~5倍，潜艇必须在相对狭窄的垂直通道内安全航行，既不能超出极限深度，也不能不适宜地浮出水面，因此潜艇必须具备优良的操纵性。

潜艇是通过其操纵系统来保持或改变艇体运动姿态、深度、航向和航速的。正确使用操纵系统来改变或保持潜艇的运动速度、姿态、航向、深度和航行状态，使潜艇按潜艇指挥员的意志进行运动的总过程称为潜艇操纵。在潜艇操纵过程中进行的观察、分析、判断、下达指令、以及实施控制所采取的正确措施称为潜艇操纵方法。

潜艇在操纵系统控制下的艇的运动称为“操纵运动”，操纵运动主要包括：

- 进出港
- 离靠码头
- 水上系泊
- 水上航行
- 潜水与浮起
- 水下航行
- 潜坐和离开海底
- 应急操纵：舵卡、损失浮力、大纵倾

控制潜艇的运动姿态、漂浮状态和航行工况的装置、设备、管系及相关的工程软件等有机组成的功能系统为操艇系统，操艇系统包括航行驾驶、均衡、潜浮、离靠码头和系船等分系统。该系统主要包括以下装置：

- 推进器：主推进器、辅推进器、侧推进器
- 舵：升降舵、方向舵、操舵装置
- 气：高压气、中压气、低压气
- 潜浮和均衡装置：主压载水舱、浮力调整水舱、均衡水舱、潜浮和均衡控制装置

- 缆
- 锚

现代潜艇所采用的“集中控制操舵仪”是把操纵方向舵、升舵和均衡潜艇集中为一个自动化的操纵系统，对潜艇的航向、深度、纵倾角、浮力调整、纵倾力矩的均衡等进行自动控制，对车令的发送、侧推装置进行摇控。在正常情况下，可由一名艇员操作，既能实现自动定深、定向航行和协调的空间机动，又能自动保持良好的动平衡状态，大大提高了操艇质量，增强了潜艇的机动能力。同时，潜艇的潜浮则由“潜浮集中操纵台”进行集中控制和集中显示，实现潜艇航行状态转换的控制和显示，实现水下动力抗沉的控制和显示等功能。

潜艇操纵系统和艇体构成了一个输入、输出信号的封闭回路，接受输入信号和产生输出信号。对于航向和深度的操纵控制过程如图 0-1 所示。

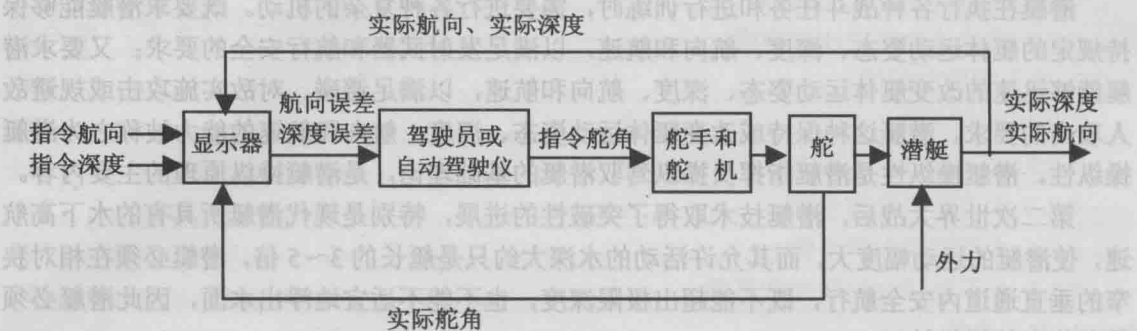


图 0-1 潜艇航向和深度操纵控制过程简图

0.2 潜艇运动的三种状态

潜艇既能在水上机动，又能在水下隐蔽地进行各种战斗机动。而水下机动又是潜艇战斗活动的主要形式。

潜艇是通过向主压载水舱注排水，改变重量，消除或恢复储备浮力来实现下潜或上浮的。根据主压载水舱不注水、部分注水或全部注水，潜艇状态划分为：水上巡航状态、半潜状态和水下状态三种基本状态。

0.2.1 水上巡航状态

水上巡航状态：为均衡好的一种水面状态，此时首、尾组和中间组主压载水舱的水被排空，快潜水舱注满水（无快潜水舱的潜艇可向 1 号浮力调整水舱注水），潜艇做好随时速潜的准备。

当潜艇以水上正常巡航状态航行时，为了改善潜艇的航行性能，增强其航行稳定性；特别是风浪天航行时，为了减少“埋首”和艇首上浪，应将部分艇尾主压载水舱注水。

0.2.2 半潜状态

半潜状态：为一种均衡好的潜艇水面状态，此时，中组主压载水舱的水被排空，首、尾组主压载水舱注满水或部分注水，快潜水舱的水被排空，尾升降舵打上浮舵 $3^{\circ}\sim 7^{\circ}$ 舵角，首

升降舵收回，人员就位，潜艇做好随时速潜的准备。

在半潜状态下，主压载水舱通气阀的第一和第二道闭锁及燃油压载水舱通气阀的第一道闭锁关闭；当燃油压载水舱作压载水舱用时，燃油压载水舱通气阀的第二道闭锁打开（当燃油压载水舱作为储油舱用时，其通气阀的第二道闭锁关闭，制动且锁死）。

在半潜状态下，只有指挥员出入舱口打开，其它排水孔的状态要根据潜艇半潜状态下的航行情况确定。

在半潜状态下，潜艇一般有 $0.5^{\circ}\sim 1^{\circ}$ 的尾倾。

注意：

1. 当柴油机工作，排气管打开时，禁止由巡航状态转为半潜状态。
2. 尽量避免在半潜状态下进行海上航行。

在半潜状态，潜艇的操纵和航行性能比水上巡航状态要差。在这种状态航行，特别是有波浪时，潜艇产生首倾；旋回时，产生尾倾，尾部上层建筑浸入水中。这就是不允许潜艇在半潜状态航行的原因。

当浪级不大于 3 级时，在下列情况允许采用半潜状态航行：在航行情况没有完全调查清楚的海区航行；在浅水区驶近海滩时；为了通讯和天文定位短时间浮起时。此时，尾升降舵应打上浮 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 。

在转入半潜状态前应：发布演习警报；确实排干中间水舱的水；吹除快潜水舱的水；尾升降舵应打上浮 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ；做好关闭指挥舱升降口的准备工作。

0.2.3 水下状态

水下状态：潜艇已均衡好，主压载水舱注满水，快潜水舱被排干，潜艇可用车和舵在潜望深度到工作深度范围内的任意深度航行或停留，在极限深度处暂短停留。

在水下状态，所有主压载水舱通气阀的第一和第二道闭锁和燃油压载水舱通气阀的第一道闭锁关闭；当燃油压载水舱作压载水舱用时，其通气阀的第二道闭锁打开。

0.2.4 潜水深度的划分

潜艇所处的深度，是指从水面到指挥舱深度计这段高度，也就是该深度计的读数。如图 0-2 所示。

潜望深度——潜艇在水下能够使用潜望镜观察，以及使用其他升降装置进行工作的深度。虽说是潜望深度，但它还包括进气筒和观察通讯器材的天线等的使用，由于这些升降装置的高低稍有不同，所以潜望深度应包括使用这些升降装置的一个深度范围，潜望深度一般为 $7\sim 15\text{m}$ 。

危险深度——潜望深度下限至安全深度上限之间的深度范围。潜艇在这一深度内，难以对海面进行观察，有与水面舰船发生碰撞的危险，故称危险深度。其深度范围大小，主要决定于潜艇指挥台高度和可能遇到的水面舰船的吃水深度，以及由于潜艇操纵误差引起的潜水深度的变化幅度（一般按 $\pm 5\text{m}$ 计）。当潜艇指挥台高度和操纵误差一定时，该深度主要决定于潜艇活动海区可能通过的水面舰船吃水深度。危险深度一般为从潜望深度以下至 45m 之间的深度范围。在该深度内，潜艇除潜浮过程中短时间通过，或有特殊需要（如收报）外，一般禁止在此深度航行和逗留。

安全深度——由危险深度的下限到工作深度上限的深度范围，在此深度的潜艇已不会与水面舰船相碰撞，也减弱了敌反潜兵力用目力发现潜艇的可能性。因此潜艇常在此深度发射鱼雷，均衡潜艇。潜艇从工作深度浮起时，在此深度对水面进行听测和作必要机动。安全深度一般为 45~55m。

工作深度——潜艇在水下可进行长时间航行和逗留的深度范围。潜艇在此深度并不会因受水压而使固壳受损。工作深度的范围是按固壳结构强度来确定的。一般为极限深度的 70%~90%。

极限深度——潜艇耐压强度所能允许的最大下潜深度。亦称潜艇最大下潜深度。潜艇主要战术技术性能之一。潜艇性能要求在潜艇处于极限深度时，仍能保证潜艇耐压艇体不致出现永久性变形和留有一定的耐压强度储备。为保证安全，一般不允许潜艇在极限深度航行。在实际使用中，潜艇因战斗或其他意外情况需要，可允许在极限深度作有限次数的短时间停留。如有的潜艇允许其服役期内，在极限深度停留不超过 300~500 次。

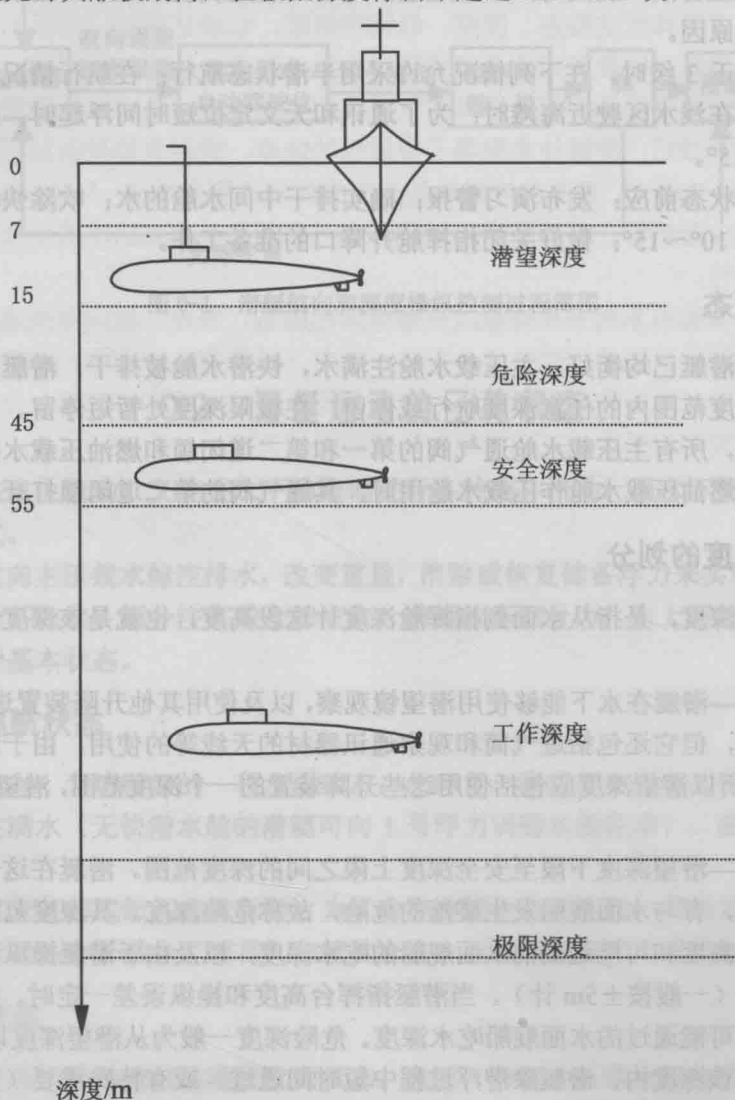


图 0-2 潜水深度划分

0.3 坐标系及运动参数

0.3.1 坐标系和符号规则

为了研究潜艇操纵运动的规律，确定运动潜艇的位置和姿态，本书采用国际水池会议 (ITTC) 推荐的坐标体系。坐标系为两种右手系：一个是固定坐标系 $E-\xi\eta\zeta$ (简称“定系”)，固定于地球；另一个是运动坐标系 $G-xyz$ (简称“动系”)，固联于潜艇，随艇一起运动。如图 0-3 所示，各坐标轴均按右手系确定。

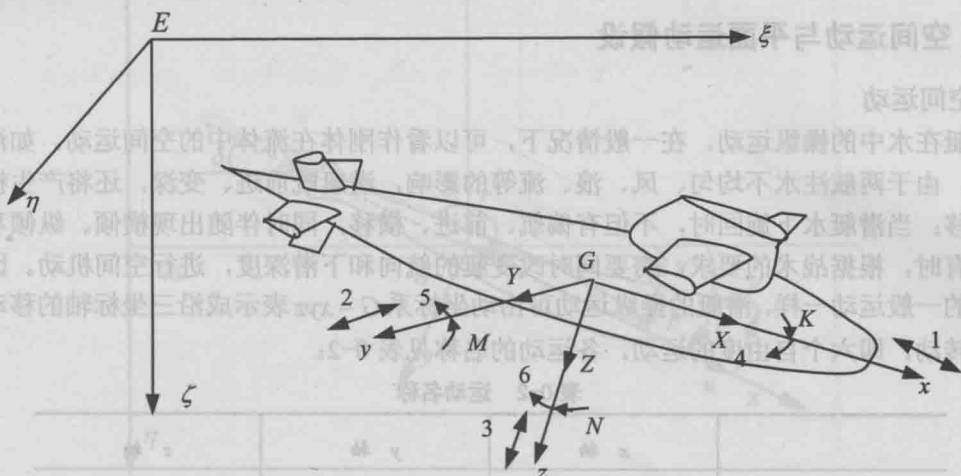


图 0-3 坐标系

- 固定坐标系 $E-\xi\eta\zeta$ ：原点 E 可选地球上某一定点，如海面或海中任一点。 $E\xi$ 轴位于水平面，并以潜艇的主航向为正； $E\eta$ 轴位于 $E\xi$ 轴所在的水平面，按右手法则将 $E\xi$ 轴顺时针旋转 90° 即是。 $E\zeta$ 轴垂直于 $\xi E\eta$ 坐标平面，指向地心为正。

- 运动坐标系 $G-xyz$ ：原点 G 一般选在潜艇重心处； Gx 轴、 Gy 轴和 Gz 轴，分别是经过 G 点的水线面、横剖面和纵剖面的交线，正向按右手系的规定，即 Gx 轴指向艇首、 Gy 轴指向右舷、 Gz 轴指向水平龙骨为正。并认为 Gx 、 Gy 和 Gz 是潜艇的惯性主轴。

对于潜艇运动的速度、角速度和所受的力、力矩分别采用以下符号：

V 为潜艇重心处相对于地球的速度， V 在 $G-xyz$ 坐标系上的投影为： u (纵向速度)、 v (横向速度)、 w (垂向速度)；

Ω 为潜艇转动角速度， Ω 在 $G-xyz$ 坐标系上的投影为： p (横倾角速度)、 q (纵倾角速度)、 r (偏航角速度)；

F 为潜艇所受外力， F 在 $G-xyz$ 坐标系上的投影为： X (纵向力)、 Y (横向力)、 Z (垂向力)；

M 为潜艇所受外力矩，力矩 M 在 $G-xyz$ 坐标系上的投影为： K (横倾力矩)、 M (纵倾力矩)、 N (偏航力矩)。

速度和力的分量以指向坐标轴的正向为正，角速度和力矩的正负号遵从右手系的规定。例如， q 和 M 的正方向是绕 Gy 轴使 Gz 轴转向 Gx 轴，而 r 和 N 的正方向是绕 Gz 轴使 Gx 轴