

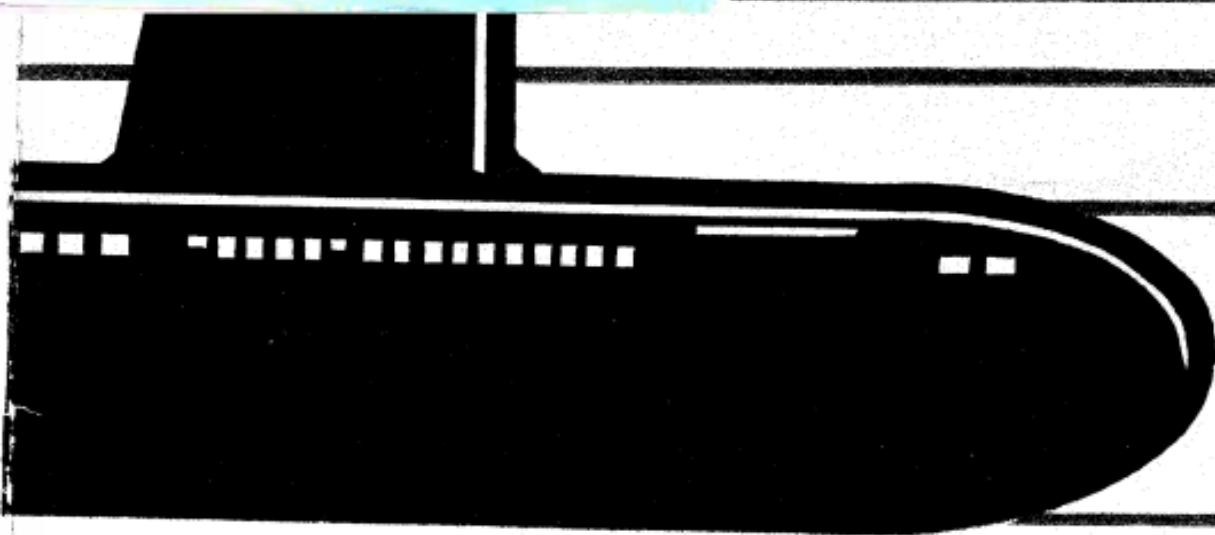
潜艇潜望镜

张坤石 杨正智 孙成峰 张华祥 陈温辉 编著



国防工业出版社

艇潜望镜



国防工业出版社

TH745.1

1

3

潜 艇 潜 望 镜

舰船光学研究所

张坤石 杨正智 孙成禄 编著
张秉铎 陈道辉

621.002

国防工业出版社



B063830

内 容 简 介

潜艇潜望镜是一种大型精密的军用光学仪器，被誉为潜艇的“眼睛”。本书主要介绍了潜艇潜望镜的类型、用途、原理；研究分析了潜望镜的基本光学系统和基本构造；较详细地叙述了潜望镜的测距、照相、测天、方位圈、方位驱动以及电气等装置的原理、结构和精度分析计算等；专门介绍了光、机、电结合的高精度的天文导航潜望镜。此外，还简单论述了环境条件对潜望镜使用的影响，以及潜望镜的使用知识，各国潜艇潜望镜的发展概况和趋势。

本书可供有关的科技人员、工人以及部队指战员使用，亦可作为军用光学仪器专业大专院校师生的参考书。

潜 艇 潜 望 镜

舰船光学研究所

张坤石 杨正智 孙成禄 编著
张秉铎 陈道辉

国防工业出版社 出版

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

787×1092¹/₁₆ 印张 22¹/₂ 517千字

1983年11月第一版 1983年11月第一次印刷 印数：001—340册

统一书号：15034·2531 定价：2.30元

(限国内发行)

前 言

潜艇潜望镜是一种大型精密的军用光学仪器，它是潜艇的重要设备，被誉为潜艇的“眼睛”。

潜艇是目前各国海军发展的重要舰种，苏美两国现在都拥有上百艘核动力潜艇，其核动力弹道导弹潜艇的地位居于航空母舰之上，巡航导弹潜艇和鱼雷潜艇对海上交通线的威胁也日益增大。可以预料，潜艇与反潜作战，将成为未来海上战争的主要形式。随着潜艇的发展，尤其是核动力潜艇的出现，促使其重要配套设备的潜艇潜望镜亦有了飞速的发展。

在我国向四个现代化的进军中，为加速实现国防现代化，为建立强大的海军，必须使潜艇技术装备有一个飞跃的发展。为了促进我国潜艇潜望镜的发展，为了满足有关的技术人员、工人和海军潜艇部队指战员的需要，我们编写了这本书。

本书的重点在于介绍潜艇潜望镜的构造原理，着眼点在于论述它与一般光学仪器所不同的特点。在本书的第一～第三章中，着重从潜望镜总体的角度分析了潜望镜的类型、用途、与潜艇的关系、应满足的战术技术要求、光学系统构造原理以及结构的特点。第四～第八章较详细地分别叙述了潜艇潜望镜中所采用的典型部件和装置的构造原理，其中包括测距装置、照相装置、潜望镜六分仪及测天装置、方位圈及方位驱动装置、电气装置等。第九章专门介绍了光、机、电结合的高精度的天文导航潜望镜。在第十～第十二章中，又从总的角度论述了潜艇潜望镜特殊使用的环境条件、潜望镜战斗使用的实际经验，以及国外潜艇潜望镜的发展概况和趋势。

本书是在所的统一组织领导下集体编写的，主编为张坤石。初稿由张坤石编写第三、四章及第一、五、六、七、八、九、十一各章的一部分，杨正智编写第六、十章及第一、五、七、十一各章的一部分，孙成禄编写第十二章及第一、十一各章的一部分，张秉铎编写第二章及第五章的一部分，陈道辉编写第一章。

为本书部分章节提供初稿或资料的还有季必达（第九章）、崔耀新（第九章）、韩生祥（第七章）、张朝元（第七、九章）、陈明周（第八章）、邹玉林（第六、八章）、张达（第四、六章）、杜成（第八章）。在本书编写题目的选定和编写大纲的制定等方面，得到了陈养渭的指导。

在本书编写过程中，得到了所内不少同志的热情帮助和指导；此外，还得到有关的研究所、工厂、院校以及部队不少单位和个人的热情帮助和支持，在此表示衷心的感谢！由于我们编写人员水平所限，实践经验少，书中会存在不少缺点和错误，希望读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 概论	1
§ 1-1 概述	1
1-1-1 潜望潜望镜的用途与类型	2
1-1-2 潜望镜在舰上的配备与布置	3
1-1-3 潜望镜的发展	4
§ 1-2 对潜望潜望镜的战术技术要求	5
§ 1-3 潜望镜装置	12
第二章 潜望镜基本光学系统	17
§ 2-1 光学系统构造原理	17
2-1-1 概述	17
2-1-2 两种类型潜望镜光学系统	17
2-1-3 图像稳定光学系统	20
2-1-4 视场光栏与孔径光栏	22
§ 2-2 光学系统外形尺寸计算	23
§ 2-3 典型光学组件分析	27
2-3-1 变倍系统	27
2-3-2 物镜	33
2-3-3 目镜	34
2-3-4 转象系统	35
2-3-5 头部保护玻璃	38
2-3-6 上、下反射镜	40
2-3-7 滤光镜	46
2-3-8 分划板与场镜	48
§ 2-4 光学系统的象差平衡与象质评定	49
第三章 潜望镜基本构造	55
§ 3-1 潜望镜总体结构	55
3-1-1 概述	55
3-1-2 潜望镜本体基本结构	56
§ 3-2 传动系统	70
3-2-1 两种潜望镜传动系统	70
3-2-2 钢丝绳传动	74
§ 3-3 常用结构	77
3-3-1 密封结构与干燥	77
3-3-2 光学零件固定	82
3-3-3 典型结构	86
第四章 测距装置	95
§ 4-1 概述	95
4-1-1 潜望镜光学测距特点及对测距装置的一般要求	95
4-1-2 光学测距原理及测距装置的类型	95
§ 4-2 分划板测距装置与测距潜望镜	97
4-2-1 分划板测距装置	97

4-2-2	测距潜望镜	99
§ 4-3	分象式测距装置	100
4-3-1	分象式测距装置的特点和主要类型	100
4-3-2	旋转双光楔分象测距装置	101
4-3-3	移动半切透镜分象测距装置	103
§ 4-4	一组半切透镜分象测距装置工作特性分析	121
§ 4-5	测距误差分析	125
§ 4-6	测距装置的改进与发展	137
第五章	照相装置	139
§ 5-1	概述	139
§ 5-2	潜望镜照相光学原理	140
5-2-1	照相系统的放大率	140
5-2-2	照相物镜的鉴别率	141
5-2-3	照相作用距离	143
5-2-4	景深	144
5-2-5	照相物镜的有效光力与象面照度	145
§ 5-3	动态摄影时的象位移	147
§ 5-4	照相装置	151
§ 5-5	照相装置的发展与改进	155
5-5-1	照相装置的改进方向	155
5-5-2	改善照相光学系统象质的途径	155
第六章	测天装置	159
§ 6-1	各种测天装置的原理	159
6-1-1	六分仪原理	159
6-1-2	基准建立在地平坐标系内的潜望镜六分仪	160
6-1-3	基准建立在甲板坐标系内的测天装置	162
§ 6-2	测天基准	163
6-2-1	自然水天线	163
6-2-2	人工水天线	164
6-2-3	陀螺水平仪原理	165
6-2-4	陀螺水平仪结构	170
§ 6-3	光学系统的稳定及六分仪测量机构	173
6-3-1	光学系统的简化	174
6-3-2	光学系统的稳定	179
6-3-3	原理误差	181
6-3-4	六分仪测量机构	182
§ 6-4	镜筒弯曲补偿装置	184
6-4-1	补偿原理	184
6-4-2	补偿机构	186
§ 6-5	平均计算器	188
6-5-1	平均工作原理	188
6-5-2	构造原理	189
6-5-3	平均计算器的结构	191
§ 6-6	测天定倾位误差分析	192
6-6-1	测天装置的误差分析	192
6-6-2	测天装置定倾位精度	208
第七章	方位圈及方位驱动装置	211

§ 7-1	概述	211
§ 7-2	方位圈	214
§ 7-3	潜望镜方位角度测量误差分析	216
7-3-1	概述	216
7-3-2	视舷角测量误差分析	218
§ 7-4	机械-液压驱动系统	223
7-4-1	基本原理	223
7-4-2	传动系统	224
7-4-3	液压系统	227
7-4-4	机械-液压驱动系统存在的问题	232
§ 7-5	电气-液压驱动系统原理与设计	233
7-5-1	基本原理	233
7-5-2	电气-液压驱动系统基本结构	234
7-5-3	对电气-液压驱动系统的评价	237
7-5-4	全自动电气操纵系统	238
第八章	电气装置	239
§ 8-1	概述	239
§ 8-2	潜望镜中应用的一般电气装置	240
8-2-1	电加热装置	240
8-2-2	照明装置	241
8-2-3	回转输电装置	243
8-2-4	几种电气传动装置	245
§ 8-3	天文导航潜望镜应用的几种电气设备简介	249
8-3-1	精密测角元件工作原理	249
8-3-2	计算机	254
8-3-3	数模(D-A)转换与模数(A-D)转换装置	256
第九章	天文导航潜望镜	258
§ 9-1	概述	258
§ 9-2	一种地平测量基准天文导航潜望镜	260
9-2-1	概述	260
9-2-2	光学系统	262
9-2-3	人工地平测量基准	266
9-2-4	平均装置	268
9-2-5	光学视场稳定原理	271
§ 9-3	美 11 型天文导航潜望镜	275
9-3-1	概述	275
9-3-2	甲板测量坐标系	277
9-3-3	11 型天文导航潜望镜的结构特点	283
9-3-4	星象稳定机构	284
9-3-5	11 型天文导航潜望镜在艇上的安装和标校	284
§ 9-4	液体静压轴承	285
第十章	潜望镜使用的环境条件	287
§ 10-1	弯曲与振动	287
10-1-1	作用在潜望镜上的流体动力	287
10-1-2	弯曲变形	290
10-1-3	固有频率	293
10-1-4	振动	296

10-1-5 强度校核	299
10-1-6 弯曲与振动的实验测量	300
10-1-7 振动评定指标与减振方法	303
§ 10-2 海水压力的影响	309
§ 10-3 潜艇摇摆的影响	310
§ 10-4 海水腐蚀和镜管材料	311
10-4-1 海水腐蚀	311
10-4-2 潜望镜镜管材料	313
§ 10-5 地球曲率与视见距离	315
第十一章 潜望镜的使用	317
§ 11-1 潜望镜搜索与观察	317
§ 11-2 潜望镜侦察照相	319
§ 11-3 鱼雷攻击基本原理及潜望镜的使用	322
§ 11-4 天体定位的原理方法及潜望镜测天使用特点	326
第十二章 国外潜艇潜望镜发展概况和趋势	333
§ 12-1 各国潜艇潜望镜发展概况	333
12-1-1 苏联	333
12-1-2 美国	338
12-1-3 日本及西欧各国	342
§ 12-2 国外潜艇潜望镜发展趋势	345
参考文献	347

第一章 概 论

§ 1-1 概 述

潜望镜是一种能够实现潜望的光学仪器。顾名思义，“潜望”一词是指能置身于安全隐蔽的位置，去观察难于直接观察或危险的区域。潜望镜的潜望能力，用潜望力表示。所谓潜望力，是指潜望镜的瞄准线至主目镜光轴间的距离。就其使用场合而言，潜望镜可分为潜艇潜望镜、水面舰船用潜望镜、水下潜望镜、坦克潜望镜、战壕潜望镜、哨所潜望镜、车辆潜望镜、原子反应堆观察潜望镜和飞机潜望镜等多种。本书专门论述潜艇潜望镜。

简单潜望镜如图 1-1 所示。上下二平面反射镜分别与镜管轴线成 45° 角配置，为了作到密封，尚需在上、下窗口处各装设一块保护玻璃。这样，当潜望镜的上部伸出艇体外部时，处在舱内的观察者，便能在镜管的下部窗口看到外部的景象，从而达到了最基本的潜望要求。

但这种潜望镜使用于潜艇上是不够完备的。这是因为它对目标没有放大作用，不能精确瞄准，视场角也很小。例如一具长 10 米的潜望镜，当反射镜尺寸为 250 毫米时，对应的视场角只有 1° 。另外，它也满足不了周视和俯仰观察这些最基本的使用要求。

能满足以上使用要求的潜望镜，称为基本潜望镜，如图 1-2 所示。

它与以上简单潜望镜相比，作了如下改进，使其具备了现代潜艇潜望镜最基本的构造特点。

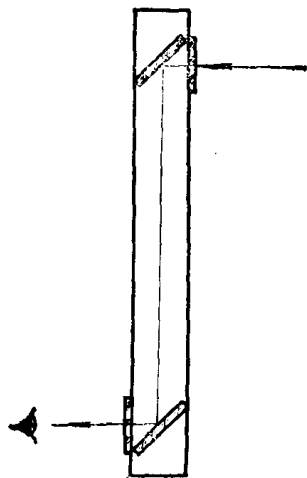


图1-1 简单潜望镜

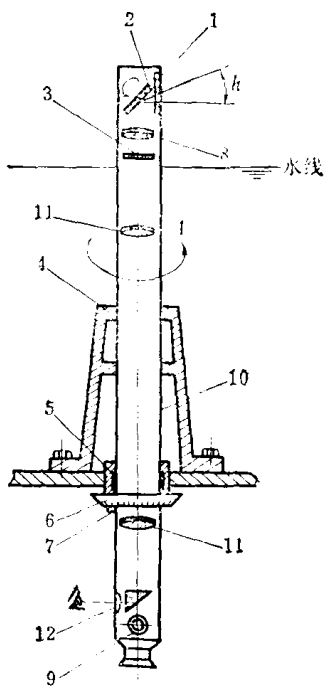


图1-2 基本潜望镜示意图

1. 在上、下反射镜间加入了透镜望远系统 8、11、12，起到了对目标观察的放大作用，并且增大了观察的视场。
2. 引入了分划板 3，以实现目标的瞄准。
3. 使上反射镜 2 可以回转，以实现俯仰观察。
4. 推动把手 9，使整个潜望镜管 10，在潜艇上的支承座 4 中回转，以实现周视观察。为进行方向角度的测量，而增设了度盘 6 和指标 7。
5. 由于潜艇水密的需要，在潜望镜与艇体耐压壳体的接触部位，设置了密封装置 5。

1-1-1 潜艇潜望镜的用途与类型

潜艇潜望镜具有多种用途，主要可分如下几个方面：

1. 观察、搜索海面及空中敌情；
2. 对被观察目标进行侦察照相或对战斗效果进行照相；
3. 测定敌舰的距离、方位、速度和舷角，装定鱼雷发射提前角，对敌舰进行瞄准，实施鱼雷射击；
4. 测定陆地目标的距离、方位，以确定舰位，保证航行安全；
5. 测定天体高度，以确定舰位；
6. 当潜艇在冰下航行时，用于观察冰穴及无冰区；
7. 潜望镜上可装设各种天线等装置，与相应的设备匹配，实现潜艇的天线电通讯、卫星导航、雷达测距和雷达预警，以及电子干扰等工作。

除以上几项主要用途之外，还可用于测定潜望状态下己艇艇速、潜望状态的驾驶指挥，以及其他多种非日常工作应用等。

由上述可见，潜艇潜望镜具有多种光学仪器和观通设备的功能，它既是一种观察仪器，又是鱼雷射击瞄准仪器、测距机、照相机、导航仪器，还可具有无线电接收天线的功能。

显然，上述各种使命很难由一种潜望镜来完成，因为不同使命，往往对潜望镜本身提出不同的战术技术要求。例如，用于鱼雷射击瞄准的潜望镜，就要求隐蔽性好，即要求头部尺寸要小；而夜间使用的潜望镜，则必须具有足够的光力，并需安装一些复杂的电器设备，这意味着头部尺寸必须足够大。这些要求是互相矛盾的，很难统一于一具潜望镜上。尽管现代潜艇潜望镜的分类各有不同的方式，但基本上可归纳为下述三类：

1. 指挥（攻击）潜望镜 一般可具有上述列举的 1～4 项用途。其主要特点是具有小的头部尺寸（一般其细部直径在 30～50 毫米范围内）和不大的俯仰范围（一般在 -10° ～ $+30^{\circ}$ ）。
2. 多用途（对空导航或搜索）潜望镜 除能完成指挥潜望镜的战斗使命外，一般还具有列举的 5～7 项用途。它具有较大的俯仰范围（ -10° ～ $+90^{\circ}$ ）。由于棱镜摆动的范围大，而且具有可以观察大于一个象限范围的窗口，故其头部尺寸比指挥潜望镜要大（细部直径约在 60～100 毫米范围内）。
3. 特殊用途潜望镜 如专用的天文导航潜望镜，潜水工作艇（可潜器）观察用的水下潜望镜等等。

1-1-2 潜望镜在艇上的配备与布置

潜望镜在艇上装备的数量与类型,主要取决于潜艇的战斗使命和排水量的大小。在中型潜艇上,以及核动力攻击型潜艇上,通常配备二具潜望镜——指挥潜望镜和多用途潜望镜。

在大型弹道导弹核潜艇上,除上述二种类型的潜望镜外,为精确地测定舰位,以发射导弹,潜艇上还配有专门用途的天文导航潜望镜。在大型潜艇上配备三具潜望镜,这主要是由潜艇的战斗使命所决定的;此外,由于大型潜艇的排水量大,亦有一定的空间位置,予以布置潜望镜;当然,这里还考虑到安全备用问题,一旦某一潜望镜发生意外故障,其它的可替代,以保证潜艇更好地完成战斗使命。

在小型潜艇及袖珍潜艇上,只装有一具潜望镜。

为了便于艇长、航海长及其他指战员操作使用,潜望镜一般布置于潜艇的指挥舱。有一些老式潜艇上的潜望镜,是布置在指挥台围壳内。潜望镜在潜艇上的布置情况,见图1-3。

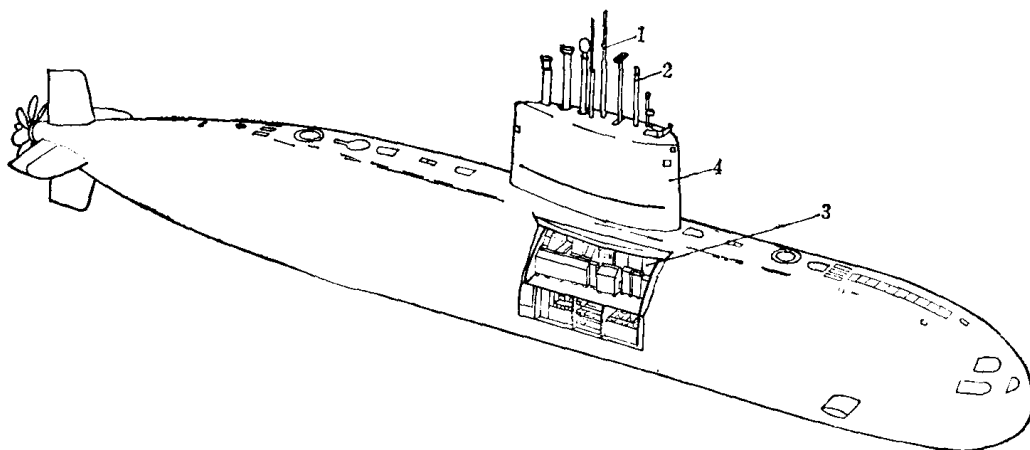


图1-3 潜望镜在潜艇上的布置图

1—指挥潜望镜; 2—多用途潜望镜; 3—指挥舱; 4—指挥台围壳。

一般情况下,潜望镜都安装在潜艇的艏舰面内,即二具潜望镜沿潜艇艏舰面纵向排列。但是,有一些大型核动力潜艇上,由于潜艇升降装置众多,因此潜望镜就不一定是纵向排列在艏舰面内。例如,美国有的核动力攻击型潜艇上的二具潜望镜,就是布置在偏离艏舰面的左右两舷位置。

就艇上的各种升降装置而言,用于对海侦察攻击或多用途的潜望镜,往往是排列在艏舰方向的最前面。这是因为使用潜望镜时,由于处于暴露状态,必须首先侦察对潜艇的安全和执行战斗使命最重要的方向,如对空和艇艏方向,这一点对于常规鱼雷攻击潜艇,更显得重要。如满足不了这一要求时,在艇艏的其它装置,也一定要低于潜望镜升起的高度才行。只有这样,才不致于在潜望镜对艇艏方向侦察时,遮拦潜望镜的视场。当然考虑此问题时,还应注意到,潜望镜往往是在未升到最高位置以前,只要一出水面,立即就要进行侦察使用这样一种情况。

潜望镜,尤其是主要用于侦察的潜望镜,在指挥舱内往往占据着中心位置。潜艇上其它操纵装置以及水声、雷达、通讯、航海等装置皆以潜望镜为中心进行排列。在常规潜艇

上，这一点体现得更为明显。这种状况反映了当前对潜望镜侦察的可靠性比较信赖，当潜艇指挥员经常用潜望镜侦察敌情时，便于对各部门实施指挥。

1-1-3 潜望镜的发展

潜艇潜望镜随着潜艇的发展而发展。随着潜艇雏形的出现，为解决其对水面观察的需要，1854年，法国人玛丽·戴维（MARIE DAYEY）曾为潜艇设计了一种具有两个反射镜的观察镜（见图 1-1）。潜艇潜望镜的雏形，则出现于本世纪初。英国的霍华德·格拉布（HOWARD GRUBB），美国的西蒙·莱克（SIMON LAKEY），曾分别在本世纪的头几年，提出了有关潜望镜发展的专利。意大利的拉索（RUSSO）和劳伦蒂（LAUREHTI），德国的戈尔兹（GOERZ）和蔡司（ZEISS）等人，亦在稍晚一些时候，提出了潜艇潜望镜的方案。但是，潜艇潜望镜成为一种有实用价值的仪器，只是在潜艇大量建造和需要的推动下才成为可能。随着潜艇鱼雷武器的出现和使用，要求潜望镜为其提供目标运动要素，并进行射击瞄准。这就推动潜望镜从一种简单的观察仪器，向着多用途的综合仪器发展。第一次世界大战末到第二次世界大战期间，潜艇潜望镜随着潜艇建造技术的不断发展而逐渐成熟。采用转象光学系统，比早期潜望镜可提供更大的视场；随着光学设计水平的提高，大大改善了潜望镜的象质；由于增透镀膜技术的应用，提高了光的透过率，增加了象的清晰度；为了满足观测者对视场大小不同的要求，提供了望远系统的高低倍率转换系统；为了提高测距精度，研制了分象式测微器；为了防止潜望镜内部的光学零件生霉发霉，改善了潜望镜的密封性并充以干燥的氮气；随着潜艇密封技术的发展，使潜望镜管可进行 360° 回转以实施方位瞄准；潜望镜的高低扫描范围超过了一个象限，以便于搜索空间的飞机；不锈钢锻造的密封外镜管，代替了原始的黄铜外镜管等等。

鉴于潜艇在第二次世界大战中所取得的明显战果，战后，各国都十分重视潜艇的发展。因其具有良好的隐蔽性、非常大的续航力和强大的突击威力，在未来的海战中将发挥其重大作用，尤其是弹道导弹潜艇还可担负重要的战略使命。因而，目前潜艇已成为各国海军发展的重要舰种。

为适应潜艇发展的需要，潜艇潜望镜已发展为潜艇上的重要观通、导航设备之一，成为潜艇的重要组成部分。它与潜艇上其它观通、导航设备比较，其最大优点是能够直接观察到目标的形象，直观性强，清楚可靠，并可进行照相，为判断和分析敌情提供可靠的情报；其次，它属于被动式观察设备，不受干扰；再者，用途比较广泛，可以完成多种使命。

但是，事物总是一分为二的，潜望镜的缺点是受天气、海洋条件以及能见度的影响较大，不能全天候工作，视距较近等等。所以，在潜艇潜望镜使用中，应根据实地条件，充分发挥艇上各种设备的特点，取长补短，以便更好地完成潜艇的战斗使命。

随着潜艇建造技术的发展，潜艇性能的提高，必然对潜望镜提出越来越高的战术技术要求；而光学工业和电子技术的发展，也为潜艇潜望镜的不断改进奠定了基础。弹道导弹核潜艇的出现，导致了综合应用许多现代新技术的高精度天文导航潜望镜的问世；攻击型潜艇的发展，促进了多用途潜望镜的不断完善和创新。可以预料，随着光学技术、电子技术和其它领域先进技术的飞跃发展，必将为现代各种高性能潜艇潜望镜的研制，开辟更加广阔的前景。适应于高航速及提高测天精度的高效能防振装置，以及图象稳定光学系统；

实现自动瞄准与导航解算的高精度随动系统和电子计算机；解决夜间观测的红外夜视和微光电视技术；进行高精度测距的激光技术等，已应用于潜艇潜望镜的设计和制造中。

今后，尽管潜艇上雷达、声呐、惯性导航、卫星导航和无线电导航等各种观通、导航设备将会有更大的发展，性能有更大的提高，而将担负起现在潜望镜所承担的某些使命。但是，由于光学潜望镜本身的特点，以及随着各种现代新技术的不断发展和采用，潜艇潜望镜在潜艇中，将始终作为一种必不可少的装置，而发挥其重要作用。

§ 1-2 对潜艇潜望镜的战术技术要求

对于潜艇潜望镜，我们不仅要认识它与一般军用光学仪器的共性问题，更重要的是要认识它是海上使用的，装备于潜艇这样特定条件下的特殊问题。

潜艇潜望镜的使用条件和构造，除一般军用光学仪器所具有的共性问题之外，还具有“长、动、密”三大特点。

“长”——即潜艇潜望镜是一具细长的光学仪器。

根据潜艇的不同要求，潜艇潜望镜长达7~15米，直径 ϕ 160~300毫米，细长比达60左右（见图1-4）。

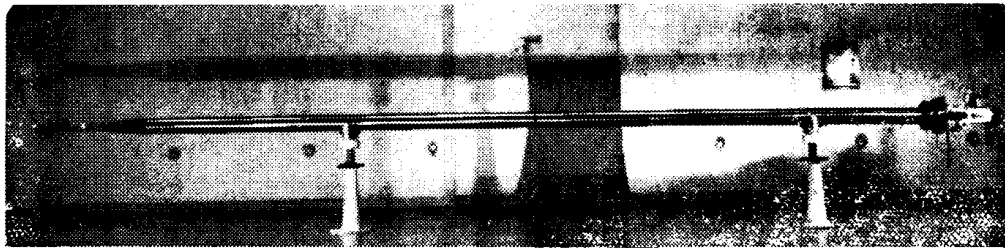


图1-4 潜望镜外貌图

“动”——指潜艇潜望镜使用过程中，始终处于“动”态。

当潜艇以一定的航速前进时，潜望镜将受到海水流体动力作用，而产生弯曲和振动，并且潜望镜还随着艇体一起摇摆、升沉等。在这样的条件下，使用潜望镜进行观察、瞄准、测量时，势必要解决光学系统、机械结构、电气设备的稳定和抗振，以及其它一系列问题。

“密”——潜艇潜望镜的水密和气密性能必须极好。

鉴于潜望镜的使用环境条件，潜望镜长期浸泡在海水中，承受一定的海水压力和海水冲击、浸蚀等作用。为了保证潜望镜正常使用以及潜艇的生命力，潜望镜必须做到水密、气密、耐压和抗腐蚀。

为此，在探讨潜望镜的战术技术要求和设计时，除要认识它与一般军用光学仪器的共同点外，更重要的是要紧紧抓住其“长、动、密”的三大特点。

潜艇潜望镜必须适应潜艇的战术要求，以完成其战斗使命。此外，还必须从技术上论证其实现的可能性。往往，从战术角度来看是必需的，然而在技术上实现不了。这就是战术和技术上的矛盾，或者谓之先进性与现实性之间的矛盾。事物的发展也正是通过这些矛盾的对立和统一，而向前发展的。随着军事科学技术的发展，特别是导弹核潜艇的出现，对潜艇潜望镜的战术技术要求越来越高，促使潜艇潜望镜日益发展。

综合军用光学仪器共同点和潜艇潜望镜的特点，对潜艇潜望镜的战术技术要求，归纳起来，有下列几项：

一、必须具有较大的作用距离

用潜望镜对敌实施侦察、测距、摄影时，都存在一个最大作用距离问题。就潜艇的战术要求来看，是希望作用距离越远越好。那样，就可更早的发现、识别和认清目标，及早作好战斗准备，抓住有利战机进行攻击或规避。尤其是随着敌舰航速、观通器材和武器作用距离都逐步增大的条件下，提高观察器材的作用距离，就显得更为迫切和重要。

当前，在能见度良好的条件下，在潜望状态用潜望镜发现大型目标（航空母舰、大型运输船）的距离可达 100~120 链，发现中型目标的距离为 70~90 链。在中等能见度的条件下，发现目标的距离不到 50 链。由于地球曲率的影响，潜望镜的最大观察距离，是受到限制的。但理论上的极限观察距离，要比以上数据大的多（见第十章），故潜望镜的实际观察距离，还有增大的可能。

用潜望镜测距的最大距离，最好与发现目标的最大距离相适应，否则，就会出现虽发现了目标，但不能测距的情况。再则，随着敌舰速和己艇速的提高，从发现目标到进入战斗航向发射鱼雷的时间会越来越短，一般也就是 20~30 分钟，甚至最短不到 10 分钟。这样也就要求，能在尽可能远的距离上测得敌舰运动要素，便于潜艇接敌机动方案的选择和不失战机的对敌实施鱼雷攻击。用外基线法光学测距时，最大作用距离理论上只能作到与能识别目标的最大距离相适应。要满足作用距离与最大发现距离相适应的要求，只能采用雷达、激光或其它测距方法。

用潜望镜照相时，由于综合鉴别率受潜望镜鉴别率、底片鉴别率等多种因素的共同影响，所以远比观察时的鉴别率低。故照相的实际作用距离要小得多。从战术要求看，最好能在敌舰观察器材发现潜望镜的作用距离（一般约 30 链）之外进行照相，这样才便于己艇的隐蔽。

二、必须具备足够的精度

潜艇潜望镜作为潜艇的观测仪器，精度是一个极其重要的指标。尤其是对装备于弹道导弹核潜艇的天文导航潜望镜来说，精度是对潜望镜战术指标要求的核心。众所周知，鱼雷和导弹等射击的效果，除取决于武器本身的性能外，还在很大程度上取决于观测仪器的精度。

1. 对测量天体高度的精度要求

潜望镜作导航用时，测量天体高度的精度要求，不外乎从两个角度来提出，一是从保证武器射击命中率出发；一是从保证潜艇航行安全出发。天文导航潜望镜的测天定舰位，是为弹道导弹武器射击服务的，定舰位的误差将会引起同等数量级的导弹射点偏差。而当测量天体高度误差为 1' 时，将会产生约 1 海里的舰位误差。故对该型潜望镜的测天精度要求是很高的，一般可达 1' 的数量级。

对于多用途潜望镜测量天体高度的精度要求，有两种不同的出发点。一种出发点，认为应为鱼雷射击服务，即测舰位的精度应保证潜艇能进入敌航线附近的攻击域。另一种出发点，认为应为潜艇航行安全服务。

对于前一种观点，为了保证可靠地发现和攻击敌舰，应保证：测己舰舰位和测敌舰

舰位的综合均方误差，小于或等于鱼雷攻击半径，即：

$$\sigma_s \leq R_l \quad (1-1)$$

式中 σ_s ——测己舰舰位和测敌舰舰位的综合均方误差；

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_w^2 + \sigma_d^2} \quad (1-2)$$

σ_w ——测己舰舰位的均方误差；

σ_d ——侦察兵力测敌舰舰位的均方误差；

R_l ——己艇鱼雷攻击半径；

$$R_l = D_w \frac{V_w}{V_d} + D_l \quad (1-3)$$

D_w ——己艇观察器材发现敌舰的距离；

V_w ——接敌机动时，潜艇所采用的水下最大航速；

V_d ——敌舰速度；

D_l ——鱼雷最大射距。

将式 (1-2)、(1-3) 代入式 (1-1)，并推导后，得

$$\sigma_w \leq \sqrt{\left(D_w \frac{V_w}{V_d} + D_l\right)^2 - \sigma_d^2} \quad (1-4)$$

根据上式便可求出能用鱼雷攻得上敌舰时，测己舰舰位的精度要求。

对于后一种观点，为保证潜艇航行安全，必须使测定舰位的误差不超过航道宽度的一半，则潜艇不会越出航道。战时，当潜艇穿越敌人之布雷区时，如何确保其在已扫清过的航道内之航行问题，更显得特别重要。

2. 对测距离、舷角、方位角等精度要求

用潜望镜测距、测舷角、测方位角等精度要求，主要是从鱼雷射击的命中率出发的。由于还可用陆标方位在近海确定舰位，所以，潜望镜测方位角的精度，还直接影响用陆标方位法定舰位的精度。

潜艇鱼雷射击，目前适宜的对敌舰发射距离都比较近。当然，随着鱼雷制导技术的改进，以及火箭助推鱼雷的出现，鱼雷射距会有逐步增大的趋势。这就要求，在更远的距离上，用潜望镜测距装置不但能测得上，而且要测得准。目前国外潜艇水声器材和雷达器材在中等距离上，测距误差小于 1%，测方向的误差在 0.5° 以内。用潜望镜在这样的距离上，对大型目标的光学测距误差也要达 3~5%，对中小型目标则更达 10% 以上，用潜望镜测舷角的误差在 0.5° 以内。因此，为保证武器射击有更高的命中率，光学测距系统的精度是远远不够的，而雷达和激光测距技术在潜望镜上被采用，也就成为必然的了。

三、观察使用时的隐蔽性好

潜艇的最大特点是隐蔽性好，突击威力大。因此，采取一切措施保障潜艇行动的隐蔽性，就具有极为重要的意义。使用潜望镜隐蔽性的好坏，取决于以下几个因素：

1. 潜望镜伸出海面部分的高度和直径

根据经验，使用潜望镜时，首先被敌目力观察器材发现的，是潜望镜激起的浪花。而此浪花的大小与艇速、潜望镜伸出的颈部直径有关。在海面风浪为 2~3 级的条件下，浪花大小与艇速间的关系是：航速 3 节时，浪迹长 15 米，高度很低，似鱼背；航速 5 节时，浪

迹长 25 米；航速 8 节时，浪迹可达 40 米。可被 15 链处的目力观察器材所发现。所以，从战术的角度来讲，当潜艇在周围有敌情下使用潜望镜时，为减少暴露因素，航行速度要慢。

使用潜望镜时，激起浪花的大小和潜望镜颈部有极大的关系。故潜望镜的颈部直径是一项很重要的战术技术指标。尤其是对于指挥潜望镜，由于大多是在白天使用，更是要严格控制的一项指标。

无论是何种类型潜望镜，头部尺寸都应尽可能作得小些，使用时升出水面的高度要尽可能的低些，一般最好不超过 0.5 米，以减少被敌之雷达和目力观察器材发现的机会。另外，潜望镜升出水面的头部和细部最好敷有防雷达层。

2. 潜望镜露出水面的时间

要求使用潜望镜时，在水面停留的时间越短越好，升起次数要尽可能的少。通常要求，潜望镜伸出水面时间在 8~15 秒钟之内，完成预定的侦察、测量或摄影等任务；最好在 5 秒钟内完成，这样就不易被敌目力观察器材发现。而在夜间测天时，潜望镜在水面停留的时间可适当长些。

3. 使用时的气象条件和昼夜时机

从战术要求希望潜望镜能实现全天候，以便在晨曦、黄昏、夜间或雨、雾、有风浪天气下使用。在这些情况下使用潜望镜，隐蔽性要好得多。而仅限于可见光成像原理的潜望镜光学系统，在夜间只能用来测天，夜视性能极差，测距、照相等更不可能，而且即使在白天遇有雨、雾、风浪天气，则观察距离就要大大缩短。故潜望镜中极需采用各种新技术，以提高其全天候性能。

上述各点，即作用距离、精度、隐蔽性，是对潜望镜的基本战术性能要求。下面继续阐述由此引伸出或由潜艇的使用环境的特点所提出的一些技术要求。

四、对潜艇潜望镜光学性能指标的要求

潜艇潜望镜的主观察系统，是能够实现潜望的光学系统。带有转象系统的基本关系式是：

$$\Gamma = -\frac{f'_{物}}{f'_{目}} \beta_{转} (-1)^n = \frac{\operatorname{tg} \omega'}{\operatorname{tg} \omega} = \frac{D}{d} \quad (1-5)$$

$$\alpha = \left(\frac{120}{D} \right)^n \quad (1-6)$$

式中 Γ ——望远系统的可见放大率（以下简称放大率）；

$\beta_{转}$ ——转象系统的横向放大率；

α ——望远系统的理论鉴别率；

$f'_{物}$, $f'_{目}$ ——分别为物镜、目镜的焦距；

ω , ω' ——分别为物方、象方的半视场角；

D , d ——分别为入瞳、出瞳直径；

n ——为转象系统的个数。

由上式可见，潜望镜的光学性能指标，是相互依赖、相互矛盾的对立统一体。下面就几项主要指标予以论述。

1. 潜望力

由图 1-5 显而易见:

$$H = L + l + h \quad (1-7)$$

式中 H ——潜望力;

L ——潜望镜升距, 即潜望镜上支承到瞄准线的距离;

l ——潜望镜支承部分的长度;

h ——下支承到目镜光轴的距离。

潜望力主要取决于潜艇的总体尺寸和排水量。艇体尺寸越大, 不但要求潜望镜的升距大, 相应的潜望镜支承部分的长度也大, 则潜望力越大。中型潜艇潜望镜的潜望力, 通常在 10 米左右; 大型潜艇潜望镜的潜望力在 13 米左右, 有的甚至长达 15 米。潜望力与潜艇吨位、尺寸的关系参见表 1-1。

表1-1 潜望镜尺寸与潜艇吨位及尺寸的关系

艇 型	正常排水量 (吨)	艇 体 尺 寸 (米)		潜望镜尺寸(米)	
		D	A	H	L
苏W型	1046	6.3	9.5	7.5	4.4
苏R型	1330	6.6	10.2	10.2	3.4
苏G型	2850	7.65	14.15	9	4.2
日吕 100	601	4.9	9.1	7	4.0
日吕35	1129	5.7	10.1	8	4.8
日伊 201	1129	6.7	10.5	8	4.0
日伊 176	1833	7.0	11.7	9	5.9
波 201	376	4.2	7.1	7	3.3
德17型	312	5.7	8.1	6.5	3.0
德21型	1621	7.4	11.4	8.8	6.3
德26型	846	7.7	10.3	10	5.9

表中各尺寸代号意义见图1-5。

2. 放大率

放大率是潜望镜光学系统中的一项重要性能指标。放大率的选择, 首先根据潜望镜的用途和使用条件来决定; 同时, 还必须考虑到放大率与视场的矛盾。

潜望镜搜索海面或空中目标时, 尤其是在捕捉快速运动目标时, 要求有尽可能大的视场, 这时视场是矛盾的主要方面。这种情况下, 选用潜望镜的视场为 $30^\circ \sim 40^\circ$, 倍率为 $1.5\times$, 以达到通过潜望镜所观察的目标, 接近于人眼的实际观察效果。

当捕捉到目标并把它引入视场中央后, 为了仔细地进行观察、测距、摄影等工作, 则提高放大率就成为矛盾的主要方面了。但是, 放大率的提高, 受到两方面因素的限制。一方面, 由于潜望镜使用时处在振动和摇摆状态, 如不加特别措施, 则倍率不能过大; 另一方面, 由于要求潜望镜出瞳较大, 放大率提高, 则入瞳急剧加大, 导致潜望镜外形尺寸增加, 尤其是上头部和细部直径尺寸加大, 这是战术要求所不允许的。所以, 过去的潜望镜高倍, 通常为 $6\times$ 。当然, 在消振方面采取了相应的措施, 以及适当处理视场和头部尺寸等矛盾后, 相应提高放大率数值, 还是有很大的好处的。