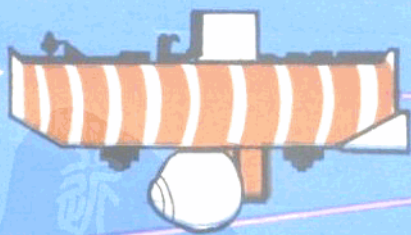




潜水器 安全与操作指南(II)

张希贤 等编译



上海交通大学出版社

PDG

编译者序

1982年6月美国海洋技术协会潜水器安全标准分会主席J·A·泼利茨拉夫来上海交通大学讲学，并赠送一套三本潜水器安全与操作指南专著，希望能有助于中国潜水器事业的发展。我们经过多方面努力，从中国船舶工业总公司、交通部广州海上援救装备研究所、上海交通大学水下工程研究所筹集到部分经费支助本书的出版，并组织人员进行了编译审校，现在该书终于出版了，为促进我国海洋技术的发展尽了一分力量。这类专著在我国尚属首次出版，将有助于我国潜水器设计、制造、使用部门所从事的潜水技术的进展。

本书正文由张希贤、顾云冠编译，附录由费毓芳、曹智裕、张希贤编译，全书由张希贤统稿。全稿由高志希、黄根余审校，我们对此深表感谢！

由于编译者水平和能力所限，错误和不当之处在所难免，希望读者批评指正。

编译者于上海交通大学

1990年5月

目 录

第一章 潜水器安全问题的背景情况	1
1.0 导 言	1
2.0 美国海军	2
3.0 海洋技术协会	4
4.0 美国船舶检验局	4
5.0 德国劳氏	5
6.0 劳氏船级社	5
7.0 潜水器事故	6
第二章 总体考虑	8
1.0 导 言	8
2.0 造船原理	9
3.0 稳 性	10
4.0 耐压壳	11
5.0 材料和结构	11
6.0 生命支持	12
7.0 机械、液压和气动系统	13
8.0 上浮、下潜和浮力调整	14
9.0 电力系统	16
10.0 推进和操纵系统.....	17
11.0 通讯和导航系统.....	19
12.0 烟火、爆炸和内爆.....	20
13.0 事故.....	22
第三章 法律问题及事故报告	26

1.0	国际法	26
2.0	联邦法	27
3.0	美国海岸警卫队潜水器安全规则	29
4.0	州法和地方法	31
5.0	民法	31
6.0	营救规定	32
7.0	作业报告	32
8.0	要求的事故报告	34
9.0	美国海岸警卫队报告表格式	35
第四章	人员素质要求	36
1.0	导言	36
2.0	选择准则的发展	36
3.0	人员选择	38
4.0	训练	42
5.0	支持小组	46
6.0	小结	47
第五章	海洋环境和工作计划	48
1.0	导言	48
2.0	天气	48
3.0	波浪	54
4.0	工作计划	56
5.0	应急计划	68
第六章	甲板船艺和索具装备	71
1.0	导言	71
2.0	甲板船艺	73
3.0	索具装备和材料	85
第七章	支持船和吊放系统	105

1.0	导言	105
2.0	水空交界面	105
3.0	支持船	106
4.0	吊放系统	111
第八章	闸式潜水器	114
1.0	导言	114
2.0	闸室的压力控制	116
3.0	氧气系统	118
4.0	二氧化碳清除系统	119
5.0	温度控制	120
6.0	探测污染物	121
7.0	防火	122
8.0	通信	123
9.0	电系统	124
10.0	生理学和心理学上的考虑	124
11.0	联接装置的要求	125
12.0	应急系统	125
第九章	系缆潜水器和潜水钟	127
1.0	导言	127
2.0	系缆潜水器	127
3.0	潜水钟	133
第十章	维护保养、备件和记录	137
1.0	导言	137
2.0	维护保养	137
3.0	备件	142
4.0	记录	145
附录 I	1972年鹿尔斯市潜水器安全会议的结论和通	

	议.....	149
附录II	改进搜索与营救能力的一些非正式建议.....	174
附录III	“约翰逊海联”号事故报告的摘要和建议.....	178
附录IV	维克斯海洋公司“PIII”事故报告, 重大事件, 结论与建议.....	200
附录V	事故分析与潜器安全.....	229
附录VI	可靠性和安全性的系统分析技术.....	242

第一章 潜水器

安全问题的背景情况

1.0 导 言

从第一艘潜水器建成并投入使用起，潜水器的安全问题就变得非突出。大卫·勃希奈尔的“海龟”号是这类早期潜水器中的一个，为了使操作者能够返回，必须对安全问题作充分考虑。

南部联邦的潜艇“狩猎”号缺乏充分的安全性，艇体材料、艇员训练水平以及任务计划不周共同促使了几位艇员丧生，最后导致整个潜艇的沉没。

1.1 潜水器的安全性必须考虑三个相互关联的因素

1. 潜水器的材料

材料设计是否安全？

是否按设计进行实际制造？

2. 操作维修人员的训练及能力

艇员是否对潜水器做过在正常和应急情况下的操作训练？

维修人员是否做过保持潜水器在安全操作状态下的训练？

3. 潜水器的操作使用

操作计划是否自始至终考虑潜水器和人员的安全？

是否采取了应急措施并作好实施的准备？

如对上述问题作肯定的回答，将可获得一艘安全的潜水器。问题在于如何知道回答是肯定的。为此需要做很多的工作，要有大量的文件，并经良好的检验和充分的试验。

2.0 美国海军

美国海军经常被战斗潜艇的安全问题所困扰。1963年4月“长尾鲨”号失事加剧了这方面的麻烦。于是开始了实施潜艇安全计划。这个专门的安全计划要求每艘潜艇按照说明书要求和方法等对设计、制造、试验和操作等方面逐一进行鉴定。

随着的里雅斯特、阿尔文等潜水研究艇的出现，海军在非战斗载人潜水器人员的安全上采取了措施。相当部分军用检验要求被海军人员考虑将应用于非战斗的研究潜水器上。此外，增加了潜水器在设计和使用方面特殊安全要求的指令。

2.1 由海军检验的第一艘潜水器是伍兹霍尔海洋研究所的研究潜水器“阿尔文”号(1965年7月)，检验过程中有很多困难。阿尔文早已建成，缺少许多必需的检查 and 试验记录。因此检验过程较长，经过一年多才完成。一艘潜水器检验是不会间断的，海军只对一个规定的使命或一段规定的时间内对潜水器授予证明，超过了规定时间就得进行重新检验。在检验有效期内，如果潜水器有重大更改或进行了大修，也要重新作检验。

2.2 1966年5月，美国海军检验了海军电子实验室所用的

西屋公司的“深星 4000”潜水器。由于该潜水器开始建造之前，尚未知道检验要求和方法，检验拖了很长时间。此外，当时海军各部门的职责也不十分明确。

2.3 1966年6月颁布了海军安全条令 9290-1。该条令确立了海军的安全方针，并规定了海军作业部长的工作职责。其职责包括：确立操作者的权限；制订作业计划；保证潜水器材料合格。

海军船舶系统指挥部受委托负责发展和颁发为海军人员使用的载人非战斗潜水器保证材料合格所必须的检验标准。

2.4 1967年3月发布了“载人非战斗潜水器的材料检验方法和标准手册”的初版，供各工业单位及政府部门评论。

最后完成的文件(NAVSHIPS0900-028-2010)于1968年9月1日在内部发布，同时还颁发了一个补充文件——载人非战斗潜水器预检提纲”(NAVSHIPS0900-028-2020)。这个提纲将潜水器的子系统和部件进行分类，确定哪些项目应该接受海军的正式检验程序。

这些文件供美国海军以及向海军提供潜水器的组织使用。因此要接受海军检验*。

2.5 意识到内部使用的文件用途有限，海军对自己的检验文件作了广泛的修改。1973年7月由海军材料部，海军船舶系统部和海军装备工程部联合颁发了“深潜系统的系统检验方法和标准手册。”该手册的适用范围包括高压设备，潜水器以及潜水装备，手册可供公众使用，由美国政府印刷局文件管理处出售(华盛顿，哥伦比亚特区20402)。

* 并非提出请求即可得到海军的检验证书，潜水器必须是海军所拥有的，海军操作的或者海军租用的才受海军的检验。

3.0 海洋技术协会

1966年1月13日海洋技术协会潜水器委员会召开了由潜水器设计、制造、操作人员以及关心海军安全的有关机构参加的会议，成立了安全标准委员会，旨在评论现状，确定方针，探索提供给与潜水器安全有关人员使用的安全标准条文。

会议制订了计划，写了纪要。由各公司中熟悉潜水器的志愿单位和个人编写了“潜水器安全与操作指南第一册”。该安全指南于1968年6月由海洋技术协会出版，并可通过协会的书籍订货处购买。

4.0 美国船舶检验局

1966年5月美国船舶检验局(ABS)和美国海军的代表一起讨论了潜水器的安全和检验证书问题。专门致力于战斗潜艇和军用小型潜水器安全问题的海军认为，某些安全检验方式也适用于民间建造的小型潜水器。美国船舶检验局在船舶入级和安全方面已有100年的活动经验，很自然海军希望他们能参与民用潜水器的安全问题。ABS每年颁布一本“钢船建造和入级规范”，保持一支训练有素的技术队伍，并有遍及全世界的验船组织。具有这样的技术和检验力量的ABS，理所当然地应成为促进民用潜水器安全以及为入级验证提供帮助的组织。为了在ABS内开展这方面的工作，成立了一个潜水器专门委员会，它由工业企业的设计、制造、使用人员，技术专家以及政府部门的代表组成。

1968年10月美国船舶检验局和潜水器专门委员会颁布了ABS的“载人潜水器入级指导性文件”。

4.1 ABS 指导性文件的目录包括以下章节：

第一章 总则；第二章 耐压壳；第三章 外部结构；第四章 环境控制；第五章 机械设备；第六章 电气设备；第七章 应急设备；第八章 备件；第九章 观察设备；第十章 闸进闸出；附录A II级材料的证明资料；附录B III级材料的证明资料；附录C 韧性试验要求；附录D X射线验收标准；附录E 环境控制；附录F 闸进闸出。

5.0 德国劳氏

1971年德国船级社——德国劳氏——颁布了他们的“潜水器入级和建造规则”。这个文件的目录包括：第一章 分级；A. 规则的范围；B. 分级标志；C. 检查。第二章 定义和工作条件；A. 下潜深度；B. 工作条件。第三章 设计和建造；A. 批准文件；B. 耐压壳材料；C. 耐压壳设计；D. 耐压壳建造；E. 潜水设备；F. 推进装置；G. 深度控制装置；H. 压缩空气系统；J. 泵与管系；K. 通风与空气再生系统；L. 电气设备；M. 专门安全装置。第四章 检测和试验；A. 机械和电器设备；B. 操作试验。

6.0 劳氏船级社

1973年劳氏船级社颁布了他们的“潜水器建造、入级、

定期检验规范”，其内容包括：第一章 规则；第1节 总则；第2节 分级标志；第3节 新建造；第4节 未经检验建造的潜水器；第5节 撤销定级；第6节 潜水器恢复定级；第7节 定期检验规则。第二章 建造规范；第1节 设计图纸；第2节 主尺度项目；第3节 说明书；第4节 计算书。第三章 指导性说明；第1节 船体结构；第2节 浮性和稳性；第3节 控制和仪器设备；第4节 机械设备和动力装置；第5节 电气要求；第6节 环境控制；第7节 材料。第四章 附录；附录1 压力与温度范围；附录2 计算方法的改进；附录3 空气纯度标准；附录4 气瓶涂色标志；附录5 适合下潜的条件；附录6 备件和消耗品；附录7 运输和储存；附录8 参考资料。

7.0 潜水器事故

潜水器的操作中已造成过几起死亡事故。据国外报导指出，一艘潜水器正在下水时，有人被缠在潜水器的绳索上，从支持船上拖下水去。据另一则国外报导，有一个潜水员在螺旋桨附近工作时，支持船的主机突然起动，因而被绞死。

在美国也发生过死亡事故。在进行打捞作业时，一艘捞起的小艇脱开了它的吊索，落下来碰坏了潜水器并使它沉没了。

以上三起死亡事故都不是由潜水器自身或自身设备的原因造成的，而是由操作上的错误造成的。附录 IV 关于20艘潜水器事故的讨论和分析表明，三分之二事故都是由于潜水器自身以外的原因引起的。因此，有理由得出结论，为了

使潜水器安全地工作，必须更多地注意潜水器的吊运，支援及操作方面的工作。

7.1 1973年夏发生了二起潜水器事故。首先是“约翰逊—海联”号羁绊在沉船中31小时解脱不得，4位艇员中，2人在潜水器回收上来之前丧命。附录II中有这一事故的详细介绍。

第二个事故是南鱼座号在一次不幸的起吊中失落了。在它被顺利回收之前，在1545英尺的海深中逗留了71小时。附录IV中有该事故的详细介绍。

第二章 总体考虑

1.0 导 言

一艘真正的载人潜水器可以定义为这样一艘潜水器，它的基本工作方式应该是完全潜入水中工作，但是如果需要，也可上浮至水面并安全地工作。这种潜水器无论在水面，在通过水空交界面以及完全潜入水中时，在各种装载和纵横倾情况下都必须是稳定的。它可以完全独立地工作，或者可以通过脐带取得必要的动力。

有些潜水器不完全符合上述标准，而是为了适合于专门或特殊的用途。这类潜水器必须以其各自的情况作评价，但是，对于所有的潜水器，一个共同的绝对标准是工作必须安全，不允许有对人员造成不能容忍的伤害危险。这一要求也适用于为保养、修理、吊放和回收潜水器的支持船和起吊设备。

一艘真正的潜水器一般可以划分成九类主要系统：

船舶结构；

耐压壳；

压载和倾斜调整系统；

推进和姿态控制系统；

生命支持系统；

导航系统；

通信系统；

仪器系统；
资料收集系统。

系统的类型和复杂程度变化很大，因潜水器的尺度，复杂程度、预期用途而异。潜水器上扩大和补充这些基本系统的其他系统可归类为分系统。潜水器图纸和技术资料的编制应与它的基本系统和分系统的分类相适应。

2.0 造船原理

造船师是负责潜水器部件和结构的总布置的。潜水器有效地工作所需要的各种专门设备的布置必须考虑到强度、稳性、浮性、水动力特性，易于维修，便于使用等各种因素，并使它们都处于最佳化。重要的考虑包括(但不限于)如下方面：

冲击、碰撞和高倍G载荷(指加速度载荷)；

由于脆断、疲劳和振动造成的结构破坏；

海洋腐蚀和结污的影响；

附体的位置和光顺；

观察窗和舱口的位置和防护；

吊放和辅助设备的固定点；

回收和援救设备的安装(包括人员和整艇的援救)。

公认的安全因素标准是：

3倍g加速度碰撞，主要是首部的载荷；

2倍g加速度——吊车和吊索；

1.5倍工作压力的试验压力——除载人壳体以外的各种结构舱；

2 倍安全因素——除载人壳体以外的一般结构，
波浪拍击载荷不小于 500 磅/平方英尺；

用于起吊载人潜水器的金属缆和合成纤维缆安全因数分别为 6 和 7。

3.0 稳 性

潜水器在所有的工作状态下，不管是在水面、水下或水面水下过渡状态都必须是自身稳定的。在设计和预期工作的海况条件下，潜水器必须具备这种固有稳性。许多潜水器由于操作上的需要，具有很小的稳性高，这样采用简单的纵倾和横倾系统就能改变其水下姿态。在正常抛弃压载时，或应急抛弃附加设备时，仍应保持横向和纵向的稳性。

在设计和制造时都应作型线计算，并用适当的倾斜试验作验证。如果潜水器外形复杂，可能需要在空气中，水面和水下几种情况下作倾斜试验。

必须考虑潜水器上浮时经受的水动力并要对极端速度时的最坏情况进行计算。在进行这些计算时需考虑外部突出的设备上所受的阻力。应该考虑温度和盐度对浮力的影响，尤其当潜水器准备在浅水区工作时，那里的海水盐度可能较低，或者存在岸上冲下来的或冰融化的淡水层。当依靠控制面或舵进行动力控制时，应计算失速点 (Stall points) 和逆速的可能性。

如果可能的话，应该准备好潜水器在所有载荷和压载情况下的平衡多边形曲线，用它来验证潜水前纵倾调整计算中的稳性。

4.0 耐压壳

耐压壳和其它耐压筒体的内部容积由整个潜水器的使用要求决定。一旦干重、重量浮力比、内部容积要求和其它尺度形状因素等基本准则确定之后，便可进行壳体的优化设计，并将筒体归入潜水器总体设计之中。

0~8000英尺范围内中等潜深的潜水器，其试验压力一般为最大设计工作深度的1.5倍，极限破坏深度至少是最大设计深度的2倍。对于更深的潜水器，安全系数通常小一些，但是必须安排一个更健全的非破坏性试验计划。

壳板、开孔加强以及附件接点处必须用静载荷、高G载荷和冲击载荷进行强度分析。这些分析中应考虑结构在规定使用期中的腐蚀、机械损伤等的影响。通常一个设计应该允许遭受正常损伤和磨损长达20年的周期，在此期限内始终满足开始时规定的基本安全标准。

5.0 材料和结构

耐压壳外潜水器的其它结构材料的一般设计考虑，在现有的工业和政府的规定和指导书中均可找到，如美国船舶检验局，美国海岸警卫队法规，美国材料试验协会，美国标准局以及其它公认权威。

如果潜水器在外国境内使用，则应考虑该国对操作的特殊要求。

在美国，海军垄断了载人潜水器设计和制造方面的大部份先进技术。海军材料部和装备工程部编制了一个文件，其