

实用潜水医学

中国人民解放军第二军医大学
海医系潜水生理教研室 编



实用潜水医学

中国人民解放军第二军医大学
海医系潜水生理教研室 编

人民卫生出版社

内 容 简 介

本书是针对潜水条件下的实际医学问题而编写的专业书籍。内容着重于潜水疾病的预防和治疗。对潜水疾病的病因、病理、诊断、治疗、预防等，从现象到本质，从一般原则到实施方法、步骤，作了较详细的阐述。凡涉及的潜水设备及其操作，基本原理及其应用，也都作了具体介绍。

全部内容作了循序渐进的编排，文字尽量通俗易懂，并辅以插图，对于医务保证的内容，都归纳为专门章节，并附有切合实用的各类表格，便于检索应用，可以起“手册”的作用。

本书适合于潜水（高气压）医务人员或科研工作者以及潜水员（高气压作业人员）作专业参考书，也可作为有关教学（训练）的教材，对一般医务人员，也是有用的参考书。

实 用 潜 水 医 学

中国人民解放军第二军医大学
海医系潜水生理教研室 编

人民卫生出版社出版
兰州新华印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

787×1092毫米16开本 17½印张 1插页 403千字

1980年2月第1版第1次印刷

印数：1—6,100

统一书号：14048·3698 定价：1.50元



前 言

潜水作业，作为人类与自然界作斗争的一种特殊手段，现已成为经济建设等事业中不可缺少的技术工种之一。由于水下环境与正常条件悬殊很大，人在水下从事作业劳动，随时都需要相应的医务工作的保证；潜水员在水下所用装具的制造和操作，无一能离开医学生理学原理。潜水医学作为医学的一个分支，就是研究如何直接和间接地保证潜水作业人员的健康与安全的一门专业性防治医学；它又与潜水技术和有关学科紧密地结合，成为潜水事业中不可缺少的一门科学。

我国在解放前几乎没有潜水事业，潜水医学完全是空白。解放后，在伟大领袖和导师毛主席的革命路线指引下，潜水事业从无到有，从小到大，从落后状态迅速地向前发展。但是，由于潜水医学的进展远远跟不上潜水作业发展的需要，许多潜水医务人员的潜水医学业务水平和潜水作业人员的潜水医学知识，都与突飞猛进的形势不相适应。潜水医学迫切地需要提高，也刻不容缓地需要普及。

我系自六十年代初开始，在深入调查研究和广泛征求意见的基础上，结合工作实践，先后于1964、1965、1973年，共编印了三个版次的潜水医学讲义，在教学、潜水现场医务保证、加压锻炼和加压治疗等实践中具体使用，证明内容切合实际，受到潜水医务人员、潜水作业人员、潜水领导机关以及有关高压作业单位等的欢迎。

“四人帮”被粉碎后，我们在上级党委的领导下，决定将《潜水医学》讲义（第三版），结合近几年来我国潜水事业的进展状况加以修订，改题为《实用潜水医学》。在修订过程中，我们参考了有用的外国资料作为借鉴，以适应世界上潜水科学的水平。

《实用潜水医学》除绪言外共分九章，内容包括潜水设备和潜水的基本程序、潜水医学的基本理论、潜水疾病的预防和治疗、潜水作业的医务保证、氦氧重潜水以及饱和潜水。在内容编排方面，考虑了循序渐进；在文字叙述方面，注意了通俗易懂，并配合了适当的插图。为了便于读者在工作中查找，我们把国内外比较成熟的预防和治疗减压病等的方案表、专用的计算数据表、工作用登记格式表、常用药品器械表等，都附列于书末。最后并附汉、英、俄词汇对照表，以资索引。

本书由我系潜水生理教研室倪国坛、王希杰、夏建平、张文康、马文彬、顾明方、杭荣椿、王民、杨树栋等同志集体讨论，分工执笔；倪国坛副教授主编。

在本书及其前身的编写过程中，曾得到许多兄弟单位的热情帮助和大力支持。特别是38601部队为我们提供了大量的资料；有关的潜水医学和潜水业务单位，向我们介绍了丰富的经验；本校绘图室协助绘制插图，在此一并致谢。

由于我们学习马列主义、毛泽东思想不够，认识水平有限，潜水医学的理论和实践都不足，书中的缺点和错误定所难免，希望读者批评指正。

中国人民解放军第二军医大学海医系

一九七八年九月

目 录

前言	1	一、光在水中传播的特点及人在水下视觉 改变及弥补办法	45
第一章 潜水设备和潜水的基本程序	4	二、水中声音传播的特点及听觉的改变	47
第一节 潜水和潜水设备	4	第三章 高气压对机体的影响	49
一、人在潜水时所遇到的特殊矛盾	4	第一节 关于气体的基本物理知识	49
二、潜水装具和设备	4	一、气体的体积同压强和温度的关系	49
三、常用潜水装具的分类	4	二、混合气体总压与各组成气体分压的 关系	52
第二节 通风式潜水装具	5	三、气体的密度	52
一、十二螺栓通风式潜水装具	5	四、气体在液体中的溶解	53
二、三螺栓通风式潜水装具	8	五、气体的弥散	55
三、通风式潜水装具的水面供气设备	9	六、气体的比热和热传导	55
四、通风式潜水装具的生理学特点	10	第二节 高气压对机体的影响	57
第三节 加压系统设备	10	一、压力本身对机体的机械作用	57
一、加压系统的组成	11	二、高气压对机体各系统的影响	58
二、加压系统设备使用的要点	16	第四章 中性气体在体内的饱和、脱 饱和及过饱和	63
三、加压系统设备安全措施要点	18	第一节 氮气在体内的饱和	63
第四节 自携式潜水装具	19	一、饱和的定义与有关概念	63
一、氧气轻潜水装具	20	二、饱和的规律	63
二、空气自携式潜水装具	25	第二节 氮气在体内的脱饱和及过 饱和	68
第五节 潜水的基本程序	33	一、脱饱和及过饱和的定义	68
一、潜水前的准备工作	33	二、脱饱和的规律	69
二、入水及下潜	34	三、安全过饱和与过饱和安全系数	69
三、水底停留	35	第五章 减压方法和减压表的计算	71
四、上升及出水	35	第一节 减压方法	71
〔附〕潜水中的通讯联系	35	一、水下阶段减压法	71
第二章 水下物理环境对机体的影响	37	二、水面减压法	73
第一节 水的特性及其对机体 的影响	37	三、吸氧减压法	76
一、水的密度和比重	37	四、使用“下潜式减压舱-甲板减压舱系 统”的减压方法	76
二、水温及水下低温对机体的影响	37	五、不减压潜水	78
三、水的阻力	39	第二节 水下阶段减压法潜水减压 表的计算	79
四、水的浮力和潜水员的稳度	40		
五、静水压	42		
第二节 光和声在水中传播的特点 及人在水下视觉和听觉的 改变	45		

一、制定减压表的理论根据和必须遵守的规定	79	五、预防	133
二、计算减压表的方法和步骤	79	第六节 潜水挤压伤	133
第六章 潜水疾病和事故	87	一、全身挤压伤	134
第一节 减压病	87	二、局部挤压伤	136
一、病因与发病原理	87	第七节 氮麻醉	140
二、症状与体征	93	一、概述	140
三、临床分类	91	二、氮的麻醉作用及其原理	140
四、诊断	93	三、症状与体征	141
五、治疗	94	四、影响氮麻醉的一些条件	143
六、预防	102	五、治疗	143
七、减压病病例讨论	103	六、预防	144
第二节 肺气压伤	110	第八节 放漂	145
一、发病原理	111	一、引起放漂的原因	145
二、病理解剖	112	二、放漂可能引起的疾病和损伤	146
三、潜水中肺气压伤的发病因素	112	三、发生放漂后的处理	146
四、症状与体征	113	四、预防	146
五、诊断与鉴别诊断	114	第九节 溺水	147
六、急救与治疗	115	一、潜水时发生溺水的原因	147
七、预防	117	二、发病原理	147
〔附〕提肩式(卡里斯托夫)人工呼吸法	118	三、临床表现	148
八、肺气压伤病例讨论	118	四、急救和治疗	149
第三节 缺氧症	119	五、预防	150
一、潜水过程中导致缺氧的原因	119	第十节 水下生物伤	151
二、症状与体征	120	一、鲨鱼袭击	151
三、急救与治疗	121	二、水母螫伤	152
四、预后	122	三、海蛇咬伤	153
五、预防	122	第七章 潜水作业的医务保证	155
六、缺氧症病例讨论	123	第一节 潜水员平时的医务保证工	
第四节 二氧化碳中毒	125	作	155
一、潜水过程中二氧化碳中毒的原因	125	一、对潜水员的营养指导、卫生教育和定期体格检查	155
二、二氧化碳中毒的病理	125	二、组织加压锻炼和体育活动	156
三、症状与体征	127	三、对潜水员工作与休息进行指导和监督	156
四、急救与治疗	128	四、潜水装具的检查和消毒	157
五、预防	128	第二节 一般情况下潜水作业的医	
〔附〕浅水黑视	129	务保证	158
第五节 氧中毒	130	一、下潜前的医务保证	158
一、氧中毒的症状与体征	130	二、使用通风式潜水装具潜水的医务保	
二、氧中毒的发病原理	131	证	159
三、在潜水过程中发生氧中毒的原因及其影响因素	131	三、使用自携式潜水装具潜水的医务保	
四、急救与治疗	132	证	161

第三节 特殊条件下潜水作业的医 务保证	165	卫生学规格	194
一、在急流中潜水作业的医务保证	165	一、水下居住舱	194
二、夏季和冬季潜水作业的医务保证	166	二、下潜式减压舱-甲板减压舱系统	196
三、夜间潜水的医务保证	167	三、不同饱和潜水设备的优越性和局限 性	196
第八章 氮氧重潜水	168	第三节 饱和潜水中的医学问题	197
第一节 概述	168	一、呼吸气体问题	197
第二节 氮气的一般特性及其对人 体的作用	168	二、压力和加压速度对机体的影响 问题	198
一、氮的存在及其一般特性	168	三、防寒保暖问题	199
二、氮在潜水中的应用及优缺点	169	四、其它问题	200
第三节 氮氧重潜水装具	171	五、减压问题	200
一、氮氧重潜水装具的结构特点和工 作原理	171	六、饱和潜水中发生减压病时的处理问 题	202
二、头盔	172	附表	203
三、前压重物	174	第一类 空气潜水减压表	203
四、后压重物	176	一、我国的潜水减压表	203
第四节 氮氧重潜水的供气控制台 和气体流程	177	表一 60米水下阶段减压潜水减压 表	203
一、供气控制台的结构及操作原则	177	表二 水面减压潜水减压表	208
二、氮氧重潜水呼吸气体的流程	179	表三 空气轻潜水减压表	213
第五节 氮氧重潜水的实施要点	179	二、国外潜水减压表	218
一、潜水前的准备	179	表四 何尔登氏空气潜水减压表	218
二、潜水过程各步骤的要点	180	表五 苏联的潜水减压表	227
第六节 氮氧重潜水医务保证工作 的特点	182	第二类 加压治疗表	231
一、潜水前潜水医生的责任	182	加压治疗表	234
二、下潜过程中和水底停留期内的医 务保证	184	加压治疗表二(第一部分)	234
三、上升出水及在加压舱内减压时的医 务保证	184	加压治疗表二(第二部分)	237
四、减压结束后的医务保证	184	第三类 氮氧重潜水减压表	238
附录一 氮氧混合气体的配制	185	氮氧重潜水减压表(60~200米) (作业时用)	239
附录二 二氧化碳吸收剂和产氧剂的鉴 定	189	氮氧重潜水减压表二(60~200米) (训练时用)	240
第九章 饱和潜水	192	第四类 不同假定时间单位内各 类理论组织氮饱和度检 索表	242
第一节 概述	192	第五类 潜水医务保证工作常用记 录表	252
一、饱和潜水的定义	192	第六类 潜水医疗用品的配备及常 用药物表	255
二、饱和潜水的发展简况及实施的基 本步骤	192	索引	259
三、饱和潜水的优越性及用途	193		
第二节 饱和潜水的主要设备及其			

绪 言

潜水医学是我们伟大社会主义祖国经济建设和国防建设不可缺少的一部分。为实现工业、农业、国防和科学技术四个现代化，潜水医学在阶级斗争、生产斗争和科学实验三大革命运动中所起的作用也将愈来愈大。

潜水医学是研究人在水下环境中劳动时的生理反应和病理变化的客观规律，解决对潜水疾病的防治等医学问题，并按照人在水下作业的生理特点，研究提出潜水装具、装备设计的要求和使用原理的一门科学。

潜水医学的任务是保证潜水员安全顺利地到水底（作业深度），完成水下任务和返回水面，借以提高潜水作业的效率 and 促进潜水事业的发展。

潜水，作为人与自然界作斗争的一种特殊手段，早在古代就已开始。随着历史的发展，潜水的应用日益广泛并获得迅速发展。在现代，潜水作业已成为不可缺少的技术门类，它肩负着许多重要的水下作业任务，如：桥梁建筑、水产养殖、水库修造、沉船或沉物打捞、水底资源勘探和开发、水底管缆敷设、港口码头建造、水下特殊设置以及海难援救等等。人潜入水下，是处于严重不利的复杂环境中，与其它作业比，特别需要医务工作和其它方面进行安全保证。目前，随着潜水事业发展的需要，潜水员和从事高压下工作的人员也不断增加，并要求所潜的深度更深，水下停留时间更久。大深度、长时间的潜水，必然地对潜水医学提出更多、更高的要求。

潜水医学和其它有关专业一起，共同地保证潜水员在从事潜水作业时，能够安全而顺利地“下潜”、“水下停留”和“上升出水”。潜水医学的一系列具体课题和实践，直接或间接地都围绕着这些任务。学习潜水医学的目的，在于获得和掌握潜水医学的基本理论知识和技术操作，能从医务方面保证潜水员健康和在潜水的过程中的安全，同时也为进一步钻研有关深入的问题奠定基础。通过实践、认识、再实践、再认识，不断地提高潜水医学的水平，进一步解决人在水下的医学问题，使人类在与水下环境作斗争中，取得更大自由。

潜水医学是一门防治医学，也是一门应用生理学。由于它是研究水下环境对机体的作用以及机体发生的生理、病理变化，例如，人在水下环境（或高压）中，压力变化时所受的影响；呼吸气体中各气体成份在分压变化时对人体的影响；呼吸气体的选择和配制；中性气体在潜水各阶段对机体的作用和被机体吸收、排出的规律等等，因之就决定了潜水医学与生理学有密切关系。正常生理学的理论和方法，在潜水医学中得到应用。同时，对由于水下环境的物理、化学或生物因素而造成的“潜水疾病”或事故的防治，决定了潜水医学与病理学和临床医学有密切关系。临床医学中的一些防治原则、诊断方法和步骤，内科、外科、五官科等某些治疗原则和措施等，都要应用到潜水医学中来。对于潜水装具和潜水设备的生理学要求，以及潜水员的医务保证等，都是潜水医学的重要内容。因此，生理学、病理学、卫生学、临床医学等，都是潜水医学的基础。作为医学分支之一的潜水医学，实际上是涉及多门学科的“边缘科学”。

在我国，远在周代就有关于潜水的记载。例如：《诗经》*的《周南》中有“汉之广矣，不可泳思！”（按毛亨的注释，“泳”是在水面之下行动；“思”是语助词。所以，这两句的大意是：⑩“汉水这样宽阔，不可以潜水过去啊！”）《史记·秦始皇本纪》：“二十八年（按：即公元前219年）……始皇欲起周鼎于泗水，使千人没水求之。”这无疑是一次大规模的潜水探摸作业。据《合浦县志》记载，合浦的潜水采拾珠贝，起于汉代，后汉时即相当兴盛。到明代，廉州（今广西合浦）和雷州（今广东海康）等地的渔民（疍户）仍盛行“没水采珠”。《天工开物》一书（宋应星著）中，记载了当时的潜水技术和潜水医学情况：“疍户采珠……舟中以长绳系没人腰，携篮投水，……拾蚌篮中。”“没人以锡造弯环空管，其本缺处，对掩没人鼻，令透呼吸于中。别以熟皮包络耳项之际。……气逼则撼绳，其上急提引之。”“凡没人出水，煮热氲急覆之，缓则寒栗死。”

当时潜水是利用“长绳”系在“没人”的腰间，用锡造的“弯环空管”对准“没人”的“口鼻”掩覆，并用“熟皮”借“耳项”把弯环空管“包络”紧，“没人”可“舒透呼吸于中”，潜水达到一定的深度。所记载潜水医学方面的内容有：潜水者在水下发生“气逼”等生理变化，出水后出现“寒栗”症状，有因此而死亡者。处理方法是：“气逼则撼绳”，水面人员迅速把潜水者“提引”出水，对出水后的潜水者“煮热氲急覆之”以防“寒栗死”。上述记载说明，我国劳动人民在同水下环境作斗争中，早已揭示了人在潜水中所遇到的两个重要矛盾——呼吸和寒冷问题，并且提出了解决这些矛盾的原始办法，为潜水医学作了比较良好的开端。

只是到了明代以后，特别是从1840年鸦片战争之后，直到解放前夕的一百余年中，我国处于半封建、半殖民地的地位，人民深受帝国主义、封建主义、官僚资本主义的压迫，领海、港口以至内地水域，都被帝国主义及其走狗霸占、窃据，疯狂地掠夺。潜水和潜水医学既不能继承和发扬我国原有的成就，又不能及时借鉴外国的经验。潜水人员寥寥无几，仅在沿海几个大城市设有几家“打捞公司”，破旧的设备也残缺不全。资本家为了榨取更多的利润，置潜水或高压下工作的职工的生命安全于不顾，当然更不顾潜水医学的发展，所以潜水医学完全是空白。潜水疾病和事故的发生率很高，工人在潜水中得病或受伤后，得不到及时、合理的治疗，有的死亡，有的终生残废。在旧中国，潜水职工的这些苦难遭遇是屡见不鲜的。

解放后，在毛主席革命路线指引下，在党的关怀下，我国的潜水和潜水医学，从无到有、从小到大，发生了根本的变化。例如，潜水队伍已遍布祖国的沿海、内地和边疆，潜水装具、设备的研制，潜水医学的研究和应用，潜水现场的医务保证，潜水疾病的预防和治疗，潜水医务干部的培养等，都得到了迅速发展。在党的领导下，由潜水人员、医务工作者和科研人员三结合，经过调查研究，批判地吸收了外国的有益经验，在反复实验和具体实践的基础上，制订了适合我国实际的潜水减压表。有关部门先后颁布的一些规则、标准、条例以及规章制度，已成为广大潜水员、潜水医务人员做好防病工作所遵循的依据。对于保证潜水人员的安全，减少发病率，促进潜水事业的发展，起着积极的作用。

事物都是一分为二的，我们既要看到解放后潜水和潜水医学的发展和成就的一面，

* 约为公元前1066~570年的记载。

也应看到还有许多问题尚待解决。这些年来,特别是由于林彪、“四人帮”的干扰破坏,我国的潜水事业与世界先进水平的距离又拉大了不少。例如:作业潜水所能到达的深度、在水下能够停留的时间、人在水下适应程度和工作效率的提高、上升出水更快更安全等方面,都远远不能满足社会主义建设发展的需要。

到目前为止,潜水者使用不抗压的潜水装具所能到达的最大潜水深度(510米),对大洋的最深处(11,022米)来说,还不过是很表浅的深度,而通常的作业深度就更浅了。

在潜水过程中,人在水下停留的时间限度,与实际工作需要的时间悬殊很大;消耗于上升减压所需要的时间太长,大大地降低了潜水工作的效率;在水下长期停留(“居住”或“栖息”)作业之后,最终作总的减压(即进行“饱和潜水”)以提高工作效率的技术,现尚在试验和初步应用阶段。

制订新的减压表,尚缺乏新的工作和从中总结出的原则。潜水医学的基本知识有待广泛普及。对于潜水疾病,采用更加直接、灵便、准确的诊断仪器,更加简易、迅速、显效的治疗和预防方法,都尚待继续探索;对于某些潜水疾病,尤其是深潜水时发生的疾病或症状,其现象、规律和原理等,尚待深入研究。

因此,摆在我们面前的任务是很艰巨的。我们要以辩证唯物主义为指导,坚持不懈地进行潜水医学的研究,深入调查,反复实践,掌握可靠资料,借鉴有用经验,善于独立思考,找出各种现象之间的内在联系,从中获得规律性的东西,去指导实践,并不断总结提高,务期学习有成绩,研究出成果,应用见成效,为潜水医学在实现四个现代化过程中作出新贡献、得到新发展而共同奋斗。

第一章 潜水设备和潜水的基本程序

第一节 潜水和潜水设备

一、人在潜水时所遇到的特殊矛盾

由于某些生产、军事和科学实验等活动的需要，人必须潜入水下进行作业。水下环境对人来说毕竟是特殊的环境。水下环境中有许多因素限制了人在水下活动的自由。例如，人类最初的潜水方法是裸潜——潜水者赤身、屏气、不依靠任何装具潜入水下。这种原始的潜水方法受到很多限制。首先，人在水下不能和在大气中一样自由呼吸，潜水者在水下停留的时间只等于他屏气的最大限度时间。还有，由于水的压力，潜水者的胸廓受到挤压，使潜水深度有所限制；由于水的浮力，使下潜速度不可能快，水下活动时人的体位也难以稳定；由于水下低温，潜水者处于水下的时间就不能长久。此外，水的阻力、水流、风浪、水下生物等等因素，也都限制人在水下活动的自由。

由此可见，为了取得人在水下活动的自由，必须首先创造条件，使人可以在水下进行呼吸，同时还须克服水的压力、浮力、温度等因素对人体的影响。

二、潜水装具和设备

随着对在潜水时所遇到的各种矛盾认识的不断深化，随着社会生产水平和科学水平的不断提高，经过漫长曲折的道路，人们不断创造和改进一系列潜水装具和设备，摸索和制定相应的医务保证措施，用以解决和克服上述各种矛盾，使人获得越来越多的水下活动自由。

习惯上，把从各方面保证潜水作业得以安全顺利进行的全部装备、器具和材料，统称为潜水设备。把潜水员在潜水时穿戴和佩挂的服装、器具等称为潜水装具。潜水装具直接用以解决水下呼吸、静水压、浮力、低温等矛盾，其中首要的是解决水下呼吸问题。所以，潜水装具是进行潜水最基本的重要器具。

近代使用潜水装具解决水下呼吸问题，在原理上不外通过两条途径：①由水面供应呼吸气体；②潜水员自携呼吸气体。为了同时克服水的压力对呼吸的影响，潜水员应当呼吸与他所在深度压力相当的压缩气体。同时，在潜水装具中都要有保证呼吸气体有效地更新（或净化）的部件或结构，以保证足够的供氧量和从装具内及时清除二氧化碳。

在各类潜水装具中，都使用一定重量并适当佩挂的压重物来克服浮力的影响。用潜水衣、毛衣、电热服等以抵御水下的低温，等等。

三、常用潜水装具的分类

由于分类依据不同，对潜水装具的分类很不统一。这里以供潜水员水下呼吸气体的来源所在位置（即解决水下呼吸的途径和方法）为依据，对常用潜水装具作如下分类。

（一）水面供气式潜水装具

这类装具的特点是，通过潜水软管由水面向潜水员输送压缩了的呼吸气体。对这类装具，根据呼吸气体的种类和更新方式的不同，可进一步分为：

1. 通风式潜水装具。
2. 喷射再生式氮氧潜水装具。

(二) 自携式潜水装具

这类装具的特点是潜水员自己携带呼吸气体下潜。对这类装具，也可根据呼吸气体的种类和更新方式不同，进一步分为：

1. 开放式（通常以压缩空气作为呼吸气体）。
2. 密闭循环式（半密闭循环式也可归于此类。通常以纯氧或人工混合气体作为呼吸气体）。

现把我国常用的潜水装具列表如下：

水面供气式潜水装具	}{通风式潜水装具(十二螺栓TF12型通风式潜水装具) 三螺栓TF3型通风式潜水装具) 喷射再生式氮氧潜水装具(6071HY型氮氧潜水装具)
自携式潜水装具	
	{开放式(69型空气自携式潜水装具) 29型空气自携式潜水装具) 密闭循环式(氧气轻潜水装具)

上述各类装具均将在以后有关章节予以介绍。

有些潜水单位和部门，通常根据装具的总重不同而把潜水装具分成重潜水装具和轻潜水装具两类。重潜水装具通常指通风式潜水装具，喷射再生式氮氧潜水装具也可归于此类。这类装具的重量较重。轻潜水装具通常指各种自携式装具，这类装具的重量相对较轻。与此相应，使用重潜水装具进行的潜水称为重潜水（潜水员称重潜水员）；使用轻潜水装具进行的潜水称为轻潜水（潜水员称轻潜水员）。

上述分类是相对的。在设计和制造各种潜水装具时，往往根据客观需要，互为借鉴，互相转变或者联合应用。

第二节 通风式潜水装具

通风式潜水装具是一种水面供气式潜水装具。在我国各潜水部门广泛使用。潜水医务人员应当了解这类装具的结构原理和有关生理学特点，才能做好相应的医务保证工作。

我国常用的通风式潜水装具是十二螺栓和三螺栓通风式潜水装具。这两种装具的基本原理完全相同，具体结构也大同小异。

一、十二螺栓通风式潜水装具（TF12型）

十二螺栓通风式潜水装具主要部件的结构和用途如下：（图1—1）

(一) 头盔（图1—2）

是本装具的主要组成部件。它的用途是保证潜水员水下呼吸，还可保护潜水员头部不受碰撞。头盔还装有供观察和通讯联络用的装置。

头盔由铜制成。内外壁均镀锡，以防产生对人有害的铜氧化物。

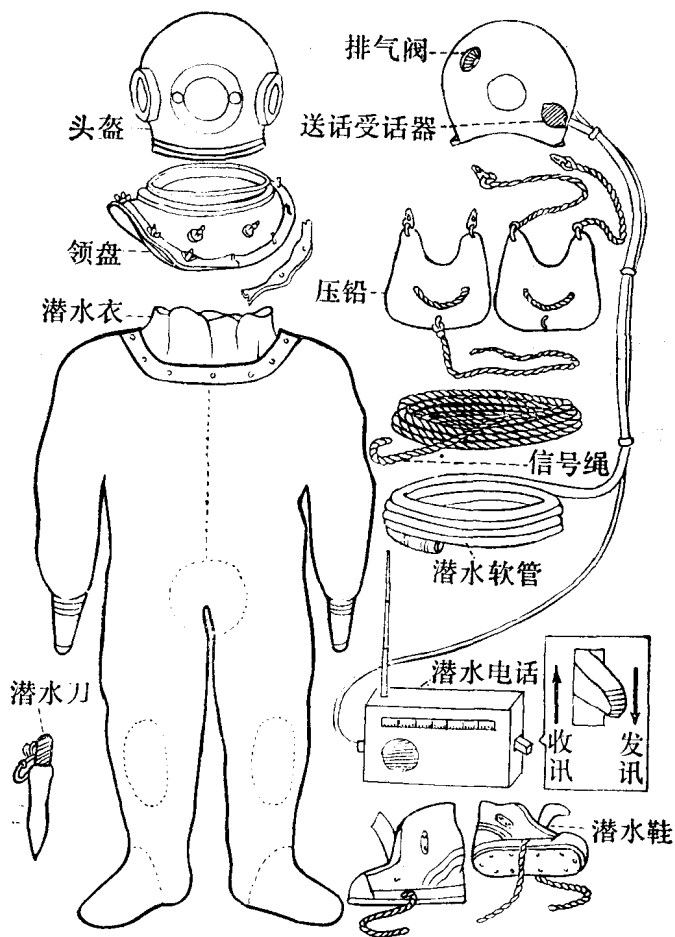


图1—1 通风式（十二螺栓）潜水装具的各组成部件

头盔前壁和左右侧壁分别铆焊着由钢化玻璃制成的面窗和侧面窗，供水下观察用。

后壁焊接着进气管。进气管外口与潜水软管相连，借以由水面向头盔内供气。进气管内安装有弹簧式单向阀。有了这个单向阀，一旦发生供气中断时，能防止头盔内气体向外倒流，使潜水员免受挤压；又可利用保留在装具内的气体，争取时间脱险。进气管内口开于头盔内壁和所焊挡气板之间的空间（见图1—4），挡气板沿内壁分三路延伸，分别开口于靠近面窗和侧面窗上缘处。这样，由进气管输入的气体不会直接冲击潜水员头部。同时，输入气体可在头盔内充分回流后再经排气阀排出，而不致在进气口和排气阀之间形成“短路”回流，这样可以保证有效的更新。另外，输入气体经挡气板导向，不断吹到面窗和侧面窗的玻璃上，可以防止水汽凝结，从而保持观察窗的透明度。

头盔后壁右侧装有排气阀。潜水员用头顶压排气阀按钮，可排出多余的空气。通风式潜水装具就是由潜水员对进气和排气的控制，达到气体更新和调节浮力的目的。

后壁还有电话线引入管。

头盔下部内壁上有四段间断螺纹，用以同领盘上相应的间断螺纹接合。为了防止头

盔松动或脱落，还有定位销。

(二) 领盘 (图 1-2)

领盘分别与头盔和潜水衣紧密相连，组成一个密闭的空间，使潜水员与水隔开（潜水装具中使人与水隔开的部分，称为潜水服），又能容纳压缩空气。领盘还供悬挂压铅，并限制潜水衣上部因充气而过度膨凸，从而保证头盔位置稳定。

领盘系铜制，分颈部和前后金属板两大部分。

颈部外壁有四个间断螺纹。颈部上缘有垫圈，用以保证头盔和领盘接合处气密。

前后金属板边缘焊着加强板，板上排列有十二个螺栓。把潜水衣橡胶凸缘上的十二个螺孔相应地套在螺栓上，再用四根压条压上，然后旋上蝶形螺帽并拧紧，就可使领盘和潜水衣紧密相连。前金属板上还有两个盘柱，供悬挂压铅用。

√(三) 潜水衣 (图 1-3)

是通风式潜水服的一部分，可容纳部分压缩空气，还有防水保暖作用。潜水衣上端是橡胶凸缘，凸缘上有十二个螺孔。凸缘上方内侧是衣领，由此穿脱潜水衣。衣袖系橡胶制成，可紧箍手腕，保证气密和水密。潜水衣分大中小三号，供不同身材的潜水员选用。

(四) 潜水压铅

利用压铅的重量和佩戴位置，可抵消水的浮力和调节潜水员在水中的稳度（见第二章第一节）。

压铅由铅或生铁制成。共两块，挂在胸前和背后，分别叫做前压铅和后压铅。压铅分轻型和重型两种，轻型重25公斤，重型重30公斤。在深水和急流中作业，要用重型压铅。

(五) 潜水鞋

用来抵消水的浮力、调节稳度，还可保护潜水员脚部。每双潜水鞋的重量为15或16公斤。

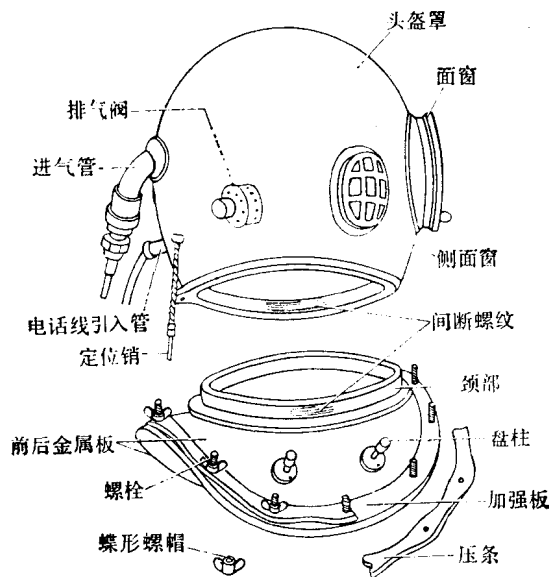


图 1-2 十二螺栓通风式潜水装具的头盔和领盘

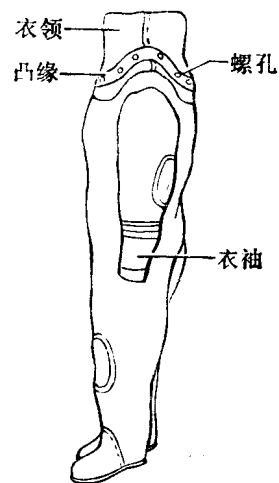


图 1-3 十二螺栓通风式潜水装具的潜水衣

(六) 潜水软管

供输送压缩空气用，简称软管。

软管每根长60米，用铜制接头将软管依次对端连接，就可得到必要长度的软管。铜制接头处的连接应确实牢固，不然容易发生脱节或断裂，以致供气中断。

(七) 腰节阀

潜水员可用它来调节供气量。腰节阀的一个接头与水面来的潜水软管相连，另一个接头与通向进气管的一段软管相连。它系在潜水员右侧腰部，以便潜水员自行操纵。

(八) 信号绳

供潜水员同水面人员传达约定信号用。也可沿信号绳从水面给潜水员传递小工具。紧急情况下可作援救用。

信号绳用优质油麻绳或尼龙绳制成，每根长100米。

(九) 腰绳

是一根2米左右的油麻绳。系在潜水员腰部，供系挂腰节阀和潜水刀用。

(十) 潜水刀

为钢制小刀。套在金属鞘内，供切割或自卫用。

(十一) 电话装置

供潜水员与水面通讯联络用。

电话线用小绳间断地扎在软管上，也有的将电话线放在潜水软管管腔内。

国产十二螺栓通风式潜水装具(TF12型)全套总重量65~71公斤。潜水深度可达45米。如果采用重型压铅，潜水深度还可增加。

二、三螺栓通风式潜水装具(TF3型)

如上所述，三螺栓通风式潜水装具在基本原理方面与十二螺栓通风式潜水装具完全相同，结构也大同小异。现仅介绍其在结构方面与十二螺栓通风式潜水装具主要不同之处。

(一) 头盔(图1-4)

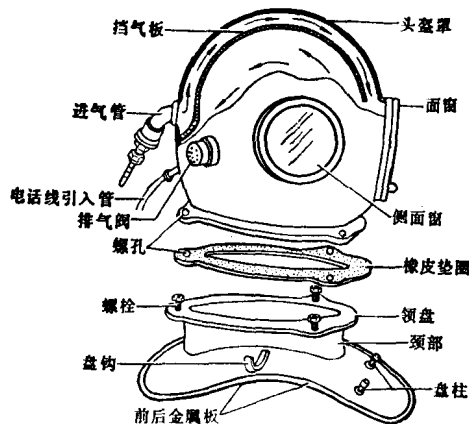


图1-4 三螺栓通风式潜水装具的头盔和领盘

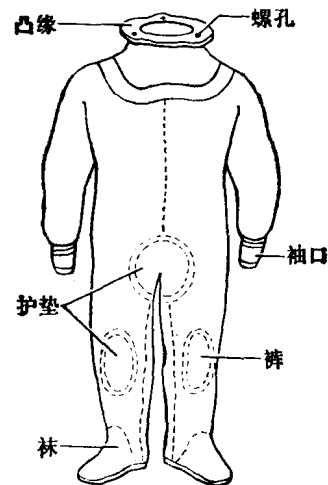


图1-5 三螺栓通风式潜水装具的潜水衣

头盔下缘有三个螺孔。面窗可以旋动装卸。

(二) 领盘 (图 1-4)

领盘颈部有三个螺栓。两侧各有一个盘钩,可防止压铅绳滑脱。

(三) 潜水衣 (图 1-5)

潜水衣上部是橡胶凸缘。潜水员由凸缘口穿脱潜水衣。凸缘上有三个螺孔。把螺孔相应地套在领盘的螺栓上,再戴上头盔,最后旋上螺帽拧紧。头盔、领盘和潜水衣就彼此紧密相连,组成三螺栓装具潜水服。

另外,有些三螺栓潜水装具没有腰节阀的结构。

三螺栓装具(TF3型)的总重量为68公斤。一般认为,三螺栓装具水密性较好,稳固也较易保持,潜水深度可达60~80米。

三、通风式潜水装具的水面供气设备

使用通风式潜水装具进行潜水,必须有一套供应压缩空气的潜水设备。通常是压气泵或空气压缩机。

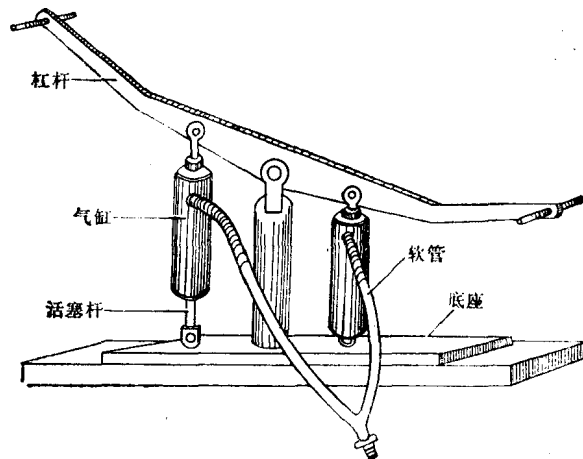


图 1-6 压气泵

(一) 压气泵 (图 1-6)

压气泵的主要部件是:①气缸和活塞系统;②杠杆系统。使用时,用人工掀压杠杆,使活塞在气缸内来回移动,通过进气孔吸进空气,在气缸内把空气压缩,经排气孔输出压缩空气。

国产潜水用压气泵有两个气缸,每个气缸的容积为2升,允许潜水深度可达20米。

(二) 空气压缩机

如果条件许可,可由空气压缩机供应压缩空气。若潜水深度超过压气泵所能供气的深度,就必须使用空气压缩机。关于空气压缩机,将在加压系统设备一节中介绍。用空气压缩机供气时,通常预先将压缩空气储存在储气瓶内,储气瓶借助管路与供气控制台相连,潜水软管接在供气控制台的相应气嘴上。水面人员可以通过操纵供气控制台上的阀门,调节向潜水服的供气,而潜水员本人则可借助腰节阀自行控制供气量。

四、通风式潜水装具的生理学特点

由于通风式潜水装具具有上述结构功能的特点，决定了它有一系列生理学要求和特点。

压缩空气及其质量和压力对机体的影响：使用通风式潜水装具时，潜水员处于高压环境中，呼吸压缩空气。压缩空气对机体的影响及其特殊的医务保证，是通风式潜水医务保证的重要内容，也是潜水医学的重要内容之一。这将在以后深入讨论。

通风式装具在使用中，潜水服内一般只能容纳 80~100 升压缩空气。由于容纳气体的空间不大，加上输入气体与潜水员呼出气体在这个不大的空间中直接混合，因此，一旦发生供气不足，使潜水服内通风换气不能有效进行时，潜水服内二氧化碳浓度将迅速增高。因此，必须保证有足够的通风量。另外，如果向潜水员输送的压缩空气湿度较高，再加上水下低温的影响，会使潜水员一般情况恶化。如果压缩空气中混有有害气体，将使潜水员中毒。因此，潜水医生不仅应当重视保证足够的通风量，还应重视保证压缩空气的卫生学质量。

在使用通风式装具潜水时，供气和排气的关系处理不好，不仅会影响呼吸气体的有效更新，还可能出现意外事故。如果供气超过排气，潜水服内气体积聚过多，体积增大，以致浮力增加，会使潜水员不由自主地迅速漂浮出水。如果供气少于排气，潜水服内气体过少，压力相对降低，会使潜水员被挤压。

防寒保暖问题：通风式潜水装具依靠潜水衣、潜水毛衣等抵御水下低温的影响。由于潜水员手部直接暴露于水中，加上潜水衣橡胶袖口紧箍腕部，手部的血液循环较差，局部感觉迟钝，一旦发生外伤流血，潜水员本人不易发觉，有一定的危险性。因此，在寒冷季节潜水时要加戴手套。当然，戴手套后对手的动作会有一定的影响。

通风式潜水服内的气体，在一般情况下仅存在于胸廓下缘以上的部位，俗称气垫。潜水衣下部没有空气，因此紧贴于下部体躯，加上由于下肢和足部承受的静水压最大，以致该处血液循环较差，容易感到寒冷和麻木，应该注意。

压重物对机体的影响：通风式装具比较笨重，潜水员体力消耗较大。如果压重物的重量和佩戴位置不适当，潜水员为了保持适当的体位，将消耗更多的体力。

第三节 加压系统设备

加压系统设备是一项重要的潜水设备。它在治疗某些潜水疾病、水面减压、加压锻炼、模拟潜水以及从事高压下的研究工作等方面，都是必不可少的。当然，通风式潜水也要由加压系统供应压缩空气。本节仅介绍加压系统设备的组成和一般的使用原则。至于在上述各方面的具体使用，将在有关章节分别介绍。

加压系统设备（图 1—7）主要包括空气压缩机、储气瓶、供气控制台、空气过滤器、加压舱和输气管路等部分。其中空气压缩机、空气过滤器、储气瓶等是生产、洁治、储存压缩空气的部分；加压舱（或通向潜水装具）则是使用压缩空气的部分；供气控制台是控制、调节的部分。对潜水医生来说，应当在全面了解加压系统的组成及其用途的基础上，熟练地掌握加压舱的使用及其安全规则。