



普通高等教育“十五”国家级规划教材

潜水医学

(修订第七版)

主编 陶恒沂



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十五”国家级规划教材

潜水医学

(修订第七版)

主 编 陶恒沂

副主编 练庆林 徐伟刚 孙学军 蒋春雷

审 阅 倪国坛

编 者 (以姓氏笔画为序)

王云霞 刘文武 刘 刊 刘 昀 孙学军 李润平

吴海生 张 珉 练庆林 都兴树 钱炳龙 徐伟刚

倪国坛 陶凯忠 陶恒沂 康志敏 蒋春雷

编 校 陶凯忠 刘 刊 刘 昀

高等教育出版社

内容提要

本书比较系统地介绍了潜水及潜水医学的发展简史、潜水医学与潜水技术发展的关系以及我国和世界各国在潜水及潜水医学领域积累的实践经验和理论研究的最新成果。

全书分 15 章,主要内容有潜水装具与设备、水下环境及其对机体的影响、减压理论、减压方法和减压方案的计算、潜水疾病和事故,以及常规空气潜水、氦氧潜水、氢氧潜水、饱和潜水以及潜艇脱险的实施方法与医学保障。书后附有常用的潜水减压表和加压治疗表及其使用方法。

本书既可作为高等医学院校和 underwater 工程学校的教科书,又可作为从事与潜水相关的各行业人员,包括医学人员、海洋工程技术人员、潜水作业人员及相关管理人员的参考用书,同时也可作为高压氧从业人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

潜水医学/陶恒沂主编.(修订第七版)—北京:高等教育出版社, 2005.8

ISBN 7-04-017516-9

I. 潜… II. 陶… III. 潜水医学 IV. R849

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 077397 号

策划编辑	席雁	责任编辑	席雁	封面设计	张楠	责任绘图	朱静
版式设计	张岚	责任校对	王超	责任印制	宋克学		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京人卫印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

开 本 850×1168 1/16
印 张 24.25
字 数 650 000

版 次 1965 年 10 月第 1 版
2005 年 8 月第 7 版
印 次 2005 年 8 月第 1 次印刷
定 价 51.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 17516-00

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》,其行为人将承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序,保护读者的合法权益,避免读者误用盗版书造成不良后果,我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话: (010) 58581897/58581896/58581879

传 真: (010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址: 北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编: 100011

购书请拨打电话: (010)58581118

前 言

《潜水医学》第六版自 2001 年 2 月出版至今已 4 年余,2002 年本书被确定为普通高等教育“十五”国家级规划教材,我们于 2003 年上半年起组织有关专家成立编写组至 2004 年底完成了第七版的修订。

本书内容涵盖潜水生理学、潜水卫生学、潜水医学、潜水装具与装备学各个部分,还介绍了潜水医学在特殊领域的应用,即潜艇脱险的医学保障,内容全面。

为方便初学者参考及现场潜水员或潜水医师的实践及应用,本书将有重要参考价值的各种潜水减压表、加压治疗表(包括 2001 年出版的《美国海军潜水手册》中新公布的“美国海军加压治疗表 9”)等汇集在《附表》中。为节省篇幅,对第六版中原有的部分不太常用的减压表、治疗表以及理论组织氮饱和度检索表和肺氧中毒剂量单位检索表(可以用简易公式立即算出相应的数据)作了删减。

本书曾于 1965 年出版第一版,原名《海军潜水医学》,至 1997 年共出了五版。因本书对民用潜水、临床高压氧治疗等多方面均有指导与参考价值,2001 年第六版时改名为《潜水医学》。前六版的主编分别为:倪国坛(第一、三、四版)、韩光(第二版,未署名)、杭荣椿(第五版)、陶恒沂(第六版)。毋庸置疑,前六版为本版的修订奠定了良好的基础。

与前一版相比,本版对各章节作了重要修订,对各章节的编排也作了调整。并且与时俱进,以发展的观点新增了“海洋生物伤”、“潜水职业的有关心理学问题”和“氢氧潜水”等新章节,内容编排更全面、合理。

由于潜水医学常涉及有关压力的问题,在压力单位的使用上,本书基本采用法定单位,若在实际应用或公式推导等方面有不便时,仍采用传统计量单位,或加括号注释于后,或与法定单位并列。

由于潜水医学在我国还属于新兴学科,国内缺乏相关的专业教材。本书既可作为医科院校、水下工程院校(如潜艇学院)相关专业的本科生教材,也可供各级潜水医师、卫生领导干部、潜水医学教学研究人员以及潜水员在与潜水活动相关的医学实践中参考应用,甚至还可作为国防医学教育的普及教材。

我们力求第七版《潜水医学》能有所改进,以适应潜水医学基础教学、实践操作和临床治疗的需要。但由于编者水平所限,错漏或缺陷在所难免,希望各位同行和读者不吝指教,以利于下版继续改进。

编 者

2004 年 12 月 12 日

目 录

绪论	1	第七节 潜水的基本步骤	49
一、潜水医学的定义和任务以及在潜水科学中的作用	1	一、潜水前的准备工作	49
二、潜水技术发展简史	2	二、入水、下潜和着底	50
三、潜水医学的发展简史	7	三、水底逗留	50
第一章 空气潜水设备、装具和步骤	10	四、上升及出水	50
第一节 潜水加压系统	10	五、潜水中的通信联系	51
一、加压舱和操纵台	10	第二章 水下环境及其对机体的影响	53
二、空气供给系统	13	第一节 水下低温和潜水员的体温调节	53
三、供、排氧系统	16	第二节 水的阻力和潜水员的体力消耗	55
四、混合气系统	17	第三节 水的浮力与潜水员的稳度	55
五、加压舱的通信、照明、空调、供电	19	一、水的浮力	55
六、加压舱的安全操作	20	二、潜水员的稳度	56
第二节 通风式潜水装具	22	第四节 光在水中传播的特点及水下视觉	56
一、十二螺栓通风式潜水装具	22	一、能见度低	56
二、三螺栓通风式潜水装具	25	二、视力差	57
三、通风式潜水装具的水面供气设备	25	三、视野缩小	57
四、通风式潜水装具的主要特点及与潜水员生理学的联系	26	四、空间视觉改变	57
第三节 自携式潜水装具	27	五、色觉的改变	57
一、开放式潜水装具	27	第五节 声音在水中传播的特点及水下听觉	58
二、封闭式自携式潜水装具	35	一、听力改变	58
第四节 管供式轻潜水装具	35	二、听觉辨别能力的改变	58
一、潜水面罩	35	第六节 静水压及高气压	59
二、自携式应急供气系统	35	一、静水压的形成与计算公式	59
三、水面供气装置	36	二、静水压的表示方法	59
四、必备附属器材	37	三、绝对压和附加压	60
第五节 两用型潜水装具	37	四、静水压对潜水员呼吸气体体积和压强的影响	60
一、HJ802 型潜水装具系统基本工作原理	37	第三章 高气压对机体的影响	62
二、HJ802 型潜水装具系统的组成	40	第一节 气体的基本物理定律	62
三、HJ802 型潜水装具系统的特点	41	一、波义耳 - 马略特定律 (Boyle - Mariotte's law)	62
第六节 常压潜水装备	41		
一、单人常压潜水服	42		
二、深潜器	47		

二、查理定律 (Charles' law)	63	二、气泡形成的条件和过程	93
三、盖-吕萨克定律 (Gay-Lussac's law)	64	三、气泡引起病症的过程	94
四、道尔顿定律 (Dalton's law)	64	四、影响发病的一些因素	96
五、亨利定律 (Henry's law) 与溶解系数	65	第二节 症状与体征	97
六、气体的密度	66	一、皮肤	97
七、气体的扩散	67	二、关节、肌肉和骨骼	98
八、气体的比热容和热传导	68	三、神经系统	98
第二节 高气压对机体的影响	69	四、循环系统	99
一、压力本身对机体的机械作用	69	五、呼吸系统	99
二、高气压对机体各系统的影响	70	六、其他	99
第四章 惰性气体及其在体内的运动规律	75	第三节 临床分类	99
第一节 概述	75	一、根据病情轻重分类	99
第二节 惰性气体的饱和	76	二、根据发病后气泡存在的时间长短分类	100
一、饱和及饱和度	76	第四节 诊断和鉴别诊断	100
二、半饱和时间和假定时间单位	77	一、诊断	100
三、饱和过程	77	二、鉴别诊断	100
四、理论组织	79	第五节 治疗	101
第三节 惰性气体的过饱和	80	一、加压治疗	101
一、过饱和状态	80	二、辅助治疗	104
二、过饱和安全系数	80	第六节 后遗症及预后	106
第四节 惰性气体的脱饱和	81	第七节 预防	107
一、概述	81	第七章 潜水气压伤	109
二、脱饱和与饱和的异同	82	第一节 肺气压伤	109
三、影响惰性气体脱饱和的因素	82	一、病因	109
第五章 减压方法及减压表	84	二、发病机制	109
第一节 减压方法	84	三、临床表现	110
一、阶段减压法	84	四、诊断依据和鉴别诊断	111
二、水面减压法	88	五、急救与治疗	112
三、SCC-DCC 减压法	89	六、预防	112
四、吸氧减压法	89	第二节 潜水员挤压伤	113
五、轮换呼吸多种气体减压法	89	一、全身挤压伤	113
六、“最起码”减压法	90	二、面部挤压伤	115
第二节 减压表	90	第三节 耳气压伤	115
一、减压表的分类	91	一、中耳气压伤	115
二、减压表的基本结构	91	二、内耳气压伤	117
第六章 潜水减压病	92	三、外耳气压伤	118
第一节 病因与发病机制	92	第四节 鼻窦气压伤	118
一、体内气泡形成是减压病的直接原因	92	一、病因及发病机制	118
		二、症状、体征及诊断	118

三、治疗及预防	119	第三节 潜水员缺氧症	135
第五节 胃肠气压伤	119	一、潜水过程中导致缺氧的原因	135
一、病因	119	二、症状与体征	136
二、发病机制	119	三、急救与治疗	137
三、处理	119	四、预后	137
四、预防	119	五、预防	138
第八章 氧中毒	120	第四节 淹溺	138
第一节 临床表现	120	一、病因	138
一、肺氧中毒	120	二、发病机制	139
二、中枢神经系统氧中毒	121	三、临床表现	141
第二节 病因及影响因素	121	四、实验室检查	141
一、病因	121	五、诊断	142
二、影响因素	122	六、治疗	142
第三节 发病机制	122	七、预后和预防	145
一、活性氧损伤	122	第五节 海洋生物伤	145
二、酶活性受抑制	122	一、鲨鱼咬伤	146
三、生物膜受损	123	二、水母螫伤	146
四、抑制性神经递质含量降低	123	三、海蛇咬伤	147
五、脑内肽类物质含量改变	123	四、有毒鱼类致伤	148
六、神经体液因素	123	五、珊瑚、海葵类致伤中毒	149
第四节 处理及预防	123	六、棘皮动物致伤	150
一、急救与处理	123	第六节 水下爆炸伤	150
二、预防	124	一、水下爆炸伤的发生	150
第五节 眼型氧中毒及其他系统的氧中毒	125	二、致伤原理	151
一、眼型氧中毒	125	三、症状和体征	151
二、其他系统的氧中毒	125	四、诊断	152
第九章 其他潜水疾病与创伤	127	五、治疗	152
第一节 氮麻醉	127	六、预防	152
一、主要表现	127	第七节 潜水员体温过低	152
二、发病机制	128	一、病因	153
三、影响因素	129	二、分类	153
四、处理	129	三、体温过低对机体的影响	153
五、预防	130	四、临床表现	154
第二节 潜水员二氧化碳中毒	131	五、实验室检查	154
一、潜水员二氧化碳中毒的原因	131	六、治疗	155
二、二氧化碳中毒的病理生理	132	七、预防	156
三、症状和体征	133	八、预后	157
四、急救和治疗	134	第十章 空气潜水	158
五、预防	134	第一节 平时的医学保障	158
		一、营养指导、卫生教育和定期体格	

检查	158
二、加压锻炼、氧敏感试验和体育活动的组织	159
三、指导潜水员作息	160
四、指导潜水员学习互救技术	161
五、监督潜水员对潜水装具检查和消毒	161
第二节 潜水作业时的医学保障	161
一、一般情况下潜水作业的医学保障	161
二、特殊条件下潜水作业的医学保障	165
附录：潜水员心血管及呼吸系统等的医学要求	167
一、潜水员心血管系统的医学要求	167
二、潜水员呼吸系统的医学要求	168
三、潜水员神经系统、视觉、听觉功能参数的医学要求	168
第十一章 氮氧潜水	170
第一节 氮气及其在潜水中的应用	170
一、氮的存在及其一般特性	170
二、氮在潜水中的应用	171
第二节 氮对机体的影响及其在潜水中的意义	171
一、无麻醉作用，适用于深潜水	171
二、呼吸阻力小，能减轻呼吸肌的负荷	172
三、扩散速度快，有利于含气腔室内外调压	172
四、饱和及脱饱和快，过饱和安全系数小	172
五、散热快，增加机体能量消耗	173
六、语音改变	173
第三节 氮氧重潜水	173
一、氮氧重潜水装具	173
二、氮氧重潜水的主要设备	179
三、氮氧重潜水的实施要点	180
第四节 氮氧轻潜水	181
一、氮氧轻潜水装具	181
二、氮氧轻潜水的主要设备	183
三、氮氧轻潜水的实施要点	184
第五节 氮氧潜水医学保障工作的特点	184
一、潜水前潜水医师的责任	184

二、下潜过程中和水底停留期间的医学保障	186
三、上升出水及在加压舱内减压时的医学保障	186
四、减压结束后的医学保障	187
五、氮氧潜水减压病	187
第十二章 氢氧潜水	188
第一节 氢的发现及一般特性	188
一、氢的发现	188
二、氢的一般特性	189
第二节 氢氧潜水的生理学研究	189
一、无毒性作用	189
二、有麻醉作用	189
三、扩散速度快	190
四、散热快	190
五、语音改变	190
六、氢对呼吸系统的影响	190
七、氢对循环系统的影响	191
八、减压问题	191
第三节 氢氧潜水的探索性研究	191
一、氢氧潜水的研究历史	191
二、氢氧混合气的安全配制和氢氧潜水遇到的特殊问题	194
第十三章 饱和潜水	196
第一节 概述	196
一、定义	196
二、原理	196
三、优越性	196
四、饱和-巡回潜水	197
第二节 饱和潜水的设备及实施步骤	197
一、饱和潜水舱	198
二、生命保障系统	200
三、饱和-巡回潜水的组织实施	204
第三节 饱和潜水医学保障的特点	205
一、饱和潜水员的选拔和训练	205
二、饱和潜水呼吸气体的选择	205
三、饱和潜水环境条件的控制	206
四、饱和潜水时机体生理功能的变化	207
五、饱和潜水及饱和-巡回潜水的减压	209

第四节 饱和潜水时可能发生的潜水疾病	211	三、潜艇失事后和脱险中常见的潜水疾病及其防治	244
一、高压神经综合征	211	第十五章 潜水职业有关的心理学问题	247
二、加压性关节炎	212	第一节 潜水应激	247
三、饱和潜水减压病	213	一、应激的概念	247
第十四章 潜艇脱险	215	二、应激源	248
第一节 潜艇脱险的途径	215	三、应激的生理心理学基础	249
一、鱼雷发射管	215	四、应激反应	251
二、中央舱指挥室	215	五、应激反应的分期	253
三、尾舱升降口	215	六、影响因素	253
四、鱼雷输送口	215	七、干预措施	254
五、导弹发射筒	216	第二节 潜水事故	255
第二节 潜艇脱险的装置及器材	216	一、概述	255
一、应急信号浮标	216	二、原因分析	256
二、救生闸套	216	三、生理心理学机制	257
三、高压系统	216	四、影响因素	259
四、备用的呼吸气体	216	五、继发性的损伤和疾病	259
五、救生浮标和浮标绳	217	六、调查与处理	260
六、脱险信号表和脱险减压表	217	七、预防	262
七、救生平台	217	第三节 潜水员心理选拔	263
八、单人快速上浮脱险舱	217	一、职业适宜性	263
九、失事排水系统	218	二、潜水职业的特殊性	264
十、供排气系统	218	三、潜水职业对潜水员心理素质的要求	265
十一、舱室压力表	218	四、测验内容	266
十二、吊船孔与吊环	218	五、方法和原则	268
十三、失事淡水箱和失事食品箱	219	六、标准的建立	270
十四、救生橡皮艇	219	七、心理选拔的预测性	272
第三节 援救脱险的设备	219	附表1 我国空气潜水减压表	276
一、救生钟	219	附表1-1 60 m 水下阶段减压潜水减压表	276
二、深潜救生艇	221	附表1-2 水面减压潜水减压表	281
第四节 潜艇脱险的装具	222	附表1-3 轻潜水减压表	291
一、2-8 型潜艇脱险装具	222	附表2 国外空气潜水减压表	292
二、快速上浮脱险装具	226	附表2-1 前苏联空气潜水减压表	292
三、2-8 II 型潜艇脱险装具	228	附表2-2 美国海军空气潜水减压表	302
第五节 潜艇脱险的方法	230	附表3 我国氮氧常规潜水减压表	333
一、单人脱险	230	附表3-1 60~120 m 氮氧常规潜水减压表	336
二、集体脱险和单人-集体结合脱险	236		
第六节 潜艇脱险的医学保障	238		
一、艇内的医学保障工作	239		
二、海面救生的医学保障工作	242		

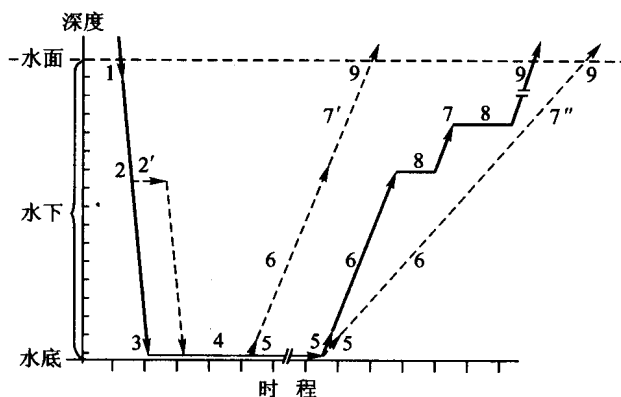
附表 3-2	130 ~ 150 m 氮氧常规潜水 减压表	337
附表 4	前苏联氮氧重潜水减压表	338
附表 4-1	氮氧重潜水减压表(60 ~ 200 m)(作业时用)	339
附表 4-2	氮氧重潜水减压表(60 ~ 200 m)(训练时用)	340
附表 5	潜艇艇员水下出艇减压表 (供 2-8 型装具用)	342

附表 6	加压治疗表	345
附表 6-1	我国空气潜水减压病加压 治疗表	345
附表 6-2	前苏联潜水减压病加压 治疗表	353
附表 6-3	美国海军减压病加压治 疗表	355
常用潜水医学词汇汉英对照		360
常用潜水医学词汇英汉对照		368

绪 论

一、潜水医学的定义和任务以及在潜水科学中的作用

要知道什么是潜水医学,首先必须弄清什么叫潜水。采取一定的方式,按照一定的方法和步骤,主动地从空气中穿过空气-水界面没入水面以下(入水)、向深处进发(下潜)、到达水底或目的深度(着底)后逗留一段时程从事一定的活动(水底逗留),又从水底或目的深度离开(离底),向浅处返回(上升),经过一定的规程(减压),最后露出水面(出水)的全过程,称为潜水(dive; diving)(绪图-1)。潜水作为人类进入水下环境中以求达到一定目的的一种手段,在人类的原始时代就开始了,发展到现在,已成为经济、国防、体育运动和娱乐以及科学研究中一种不可缺少的技术。潜水医学则是专门研究和解决高气压和水下环境中各种因素对人体造成的一系列医学问题的一门学科。它与专门研究和解决沉箱、隧道等高气压作业和高压氧治疗时所发生的各种医学问题共同组成高气压医学(hyperbaric medicine);它又与专门研究和解决潜航条件下及潜艇失事后艇员脱险救生中的医学问题的学科——潜艇医学(submarine medicine)共同组成水下医学(underwater medicine)。在现代,潜水医学、生理学与潜水技术、水下作业已结合成为不可分割的一个整体。

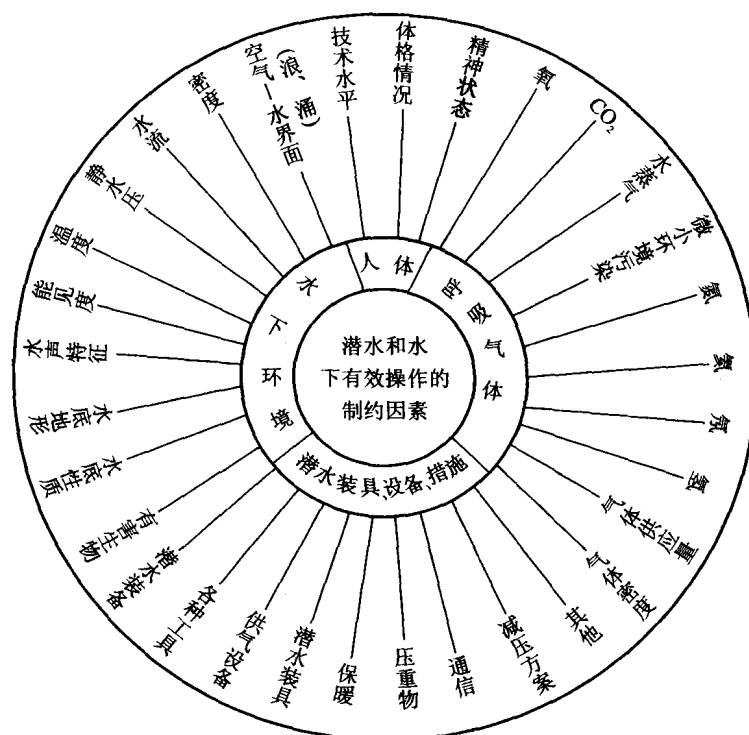


绪图-1 潜水过程图解

1. 入水;2. 下潜;2'. 驻留;3. 着底;4. 水底逗留;5. 离底;6. 上升;7. 阶段减压;7'. “不减压”;7''. 等速减压;8. 停留站停留减压;9. 出水

但是,水下环境对人体来说,毕竟是严酷的异常环境:呼吸气体的供应、静水压、水温、水的密度和阻力、光和声在水中的传播、水下生物影响等因素,都与正常大气压中迥然不同,人能否安全、顺利地完成潜水过程,达到潜水目的,每一个环节都受水下环境中相应因素的制约。为了克服或限制客观因素对机体的作用,潜水者常使用不同的潜水装具、装备,特别是保证供应适宜于潜水时呼吸的气体及保暖、抗浮等设备和物件。但在利用这些保证安全的装置和措施过程中,又会带来一些新的问题。当然,除了环境因素和装具、装备、呼吸气体等因素外,潜水者自身的某些因素,有时也成为圆满完成潜水过程的制约因素(绪图-2)。

在许多制约因素的作用下,机体会产生相应的反应。在某些条件很不利于机体正常活动的情况下,还可能发生特殊的症状、体征和(或)创伤,那就是潜水疾病(绪图-3)。



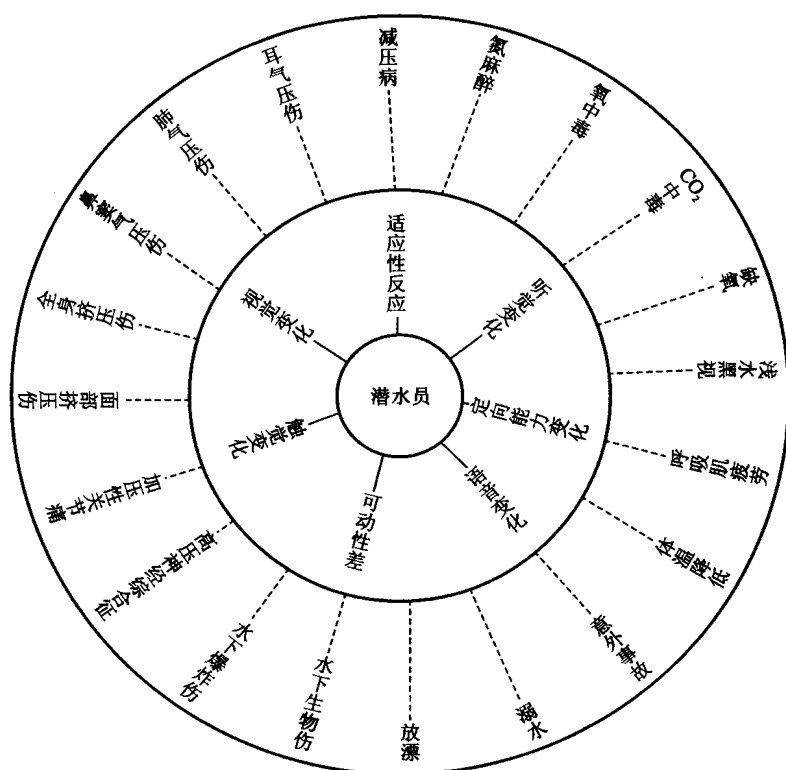
绪图-2 制约潜水以及人在水下有效操作的各种因素

所以,对于潜水人员来说,无论平时还是潜水全过程的各个环节,自始至终都需要潜水医学工作者给予保障,包括训练和作业时的医学、生理学、卫生学等方面的监督和保障,以保持和增进潜水者的身心健康,预防各种疾病,以及发生潜水疾病、创伤时的诊治等,这就是潜水医学的中心任务。可见,人在通常条件下的任何活动都不能和它比拟。不乏这样的例子:由于医学保障工作的缺乏或某种不当、差错,使潜水失败,作业不能完成,甚至造成人身伤亡事故。尤其是大深度的和(或)长时程的潜水,离开了医学保障,就完全不可能安全顺利地进行。不但如此,对于任何具体潜水,大量的潜水生理学和潜水医学方面的工作,必须在潜水进行之前做好;潜水向更大深度、更长时程的发展以及相应更安全、更便利的潜水装具(备)的改良、发明和创造,必须先解决相应的生理学和医学问题,或者说,潜水的发展,在相当程度上依赖于人们对潜水生理学和潜水医学规律的掌握。

总之,人进入水中执行任务,潜水是先决条件,而要达到安全顺利地完成任务的全过程,即所谓“下得去、呆得住、干得成、出得来”,必须在潜水前、潜水时以及潜水后有潜水生理学和潜水医学切实的保障工作;潜水技术、潜水装具(备)要发展,先须有生理学原理在潜水中应用的成功,也要有医学科技能够解决潜水中出现的新的医学问题。因此,可以肯定地说:潜水生理学和潜水医学在潜水工作和潜水技术及设备的发展中,具有关键性、先行性的重要作用。潜水生理学和潜水医学是在普通生理学和一般医学理论、技能的基础上,在理论联系实践的过程中,不断总结、创新、发展而形成的。

二、潜水技术发展简史

潜水发展的历史,就是围绕着解决人在水下受各种因素的作用和发生的医学-生理学问题而发明、创造和改进不同的潜水装具和设备,形成了不同的潜水方式以致潜水的深度-时程(depth-duration)不断延伸的历史。迄今,已有下列几种潜水方式。



绪图-3 人在水下所面临的医学-生理学问题
(实线表示必然、虚线表示可能遇到的问题)

(一) 屏气潜水

吸一口气, 停住呼吸动作, 潜入水下, 在耐受极限时间到达之前又急速上升出水, 通大气恢复呼吸动作。这种潜水方式称为屏气潜水 (breath - hold diving) (绪图 - 4①)。屏气潜水是最原始的潜水方式, 具体起始于何时何地何人, 难以考证。但关于需经潜水采拾的珍珠, 则在记载我国上古历史的文件汇编——《尚书》(即《书经》) 中, 就已有明确反映。该书的“禹贡”篇中, 记载了夏禹时(约公元前 21 世纪) 东方部落“淮夷”的“蠙珠”和“玼”(“蠙”指珠贝, 蠙珠是出于珠贝的珍珠; “玼”是品位较低的珠)。证明该时已有从事潜水采拾珠贝的劳动者。据考古发掘所见推测, 在美索不达米亚 (Mesopotamia), 开始有珍珠饰物的时代, 比这更早。

至于直接记载潜水(“泳”)的文字,最早见于我国的《诗经》(约公元前 1065—前 570 年),其中《周南·汉广》及《邶风·谷风》篇内都明确地记载了“泳”。以后,春秋(《春秋左氏传·哀公十七年》)、战国(《列子·黄帝》;《庄子·达生》)、秦(《史记·秦始皇本纪》)、十六国(王嘉:《拾遗记·秦始皇》)、南北朝(酈道元:《水经注·江水》)、唐(刘恂:《岭表录异》卷下)、五代十国(《十国春秋·南汉·后主本纪》)、宋(《宋史·列传·忠义五》;朱彧:《萍州可闻》)、清(《清朝野史大观·清人逸事·任昭才》)等历代都有关于潜水的记载,且与水下探摸、救捞、战争、水产、体育运动等活动联系。在西方(希腊),有关潜水的传说记载有:① 探摸沉物及破坏敌舰锚链(约公元前 460 年);② 用潜水于战争(约公元前 330 年)。

屏气潜水最明显的缺点是潜水时间太短;有利的一面是很简便,人在水下的可动性相对较好。因此在一定条件下仍不失为一种有用的潜水方式。在西班牙的战舰上,很长时期都设有不使用潜水呼吸装置的潜水-游泳专职人员。日本等地的潜水采珠女(海女,Ama),现今借屏气潜水(戴护目镜或

面罩)采拾珠贝,约可达40 m深度。目前屏气潜水的世界记录是122 m(美国的斯特里特于2003年7月21日创造),当然不可能进行作业。

屏气潜水一般都是裸潜(skin diving),不着保暖服装,故不可能在水温低的情况下进行。

(二) 呼吸管潜水

人在水面下通过口衔管子呼吸水面以上空气的潜水方式,称为呼吸管潜水。据传说,希腊 Aristotle 观察到大象过河,水深淹没全身,象举鼻向上,鼻孔露出水面,从容呼吸,潜水到达对岸。于是“仿生”地创造呼吸管潜水。古罗马(公元前77年)有记载:用苇管装备军队作呼吸管,借以潜水而隐蔽渡河。

我国明代“没水采珠”时,用“锡造弯环空管”“对淹没人口鼻,令舒透呼吸于中”(《天工开物·珠玉》,1637)。现代的呼吸管在某些潜水-游泳的初步训练时用。

使用呼吸管潜水当然也比较简便,但不能倾侧,以防进水进入管内。虽然,这可借改变呼吸管形状和利用浮阀解决,但仍然对水下活动方式及其姿势有相当的约束。

呼吸管潜水的主要问题是呼吸死腔(无效腔)增大和静水压对胸廓的压迫作用,虽然可以通过用嘴吸气而用鼻呼气来避免呼吸死腔增大的问题,但无法克服静水压对胸廓的压迫作用。有报道称如果胸廓在水下1 m(3 ft)以深则吸气肌无法克服静水压的作用,而通过呼吸管吸气,即使是训练有素的个别奇才,在水下1 m(3 ft)以深可停留时间也极其短暂。

(三) 潜水钟潜水

潜水钟(diving bell)为由倒扣桶发展而来的“罩器”状大型潜水装备。钟内的空气供潜水者呼吸。潜水者在钟内,随钟沉到水底,在钟所覆盖的范围内工作。

最早记载潜水钟,约在公元前300多年(希腊, Aristotle)。使用潜水钟,则在16世纪30年代。那些都是原始的潜水钟,下潜愈深,钟内水面愈高,而且钟内气体难以更新,直到17世纪末(Halley, 1690)至18世纪末,才实现了潜水钟的改进和用压气机械与之配套,注压缩空气入钟内,迫使钟内水面下降与钟口齐平,钟内的气体亦可更新(绪图-4②)。

潜水钟(无底门,现在有时被称为“开(放)式潜水钟”,钟内压与所在深处的压强必相等)现已不常用。但潜水钟的原理却被直接或间接地用于沉箱、水底隧道、各型可潜舱(例如水下观察箱、下潜式加压舱或人员运载舱等)以及潜水头盔等。现在,有些场合,广义地把某些立式的可潜舱(有底门、舱内压与所在深度处的压强可相等亦可不相等)叫做“潜水钟”,甚至简称为“钟(bell)”。

(四) 头盔-供气管潜水

从水面通过管道(hose)向潜水者所戴的头盔(helmet)内送新鲜呼吸气体,头盔内含有呼出气的气体经另外的途径排出。这种潜水方式,称为头盔-供气管潜水,又称通风式潜水(ventilative diving)。

在16~18世纪,逐渐发展了皮革头盔(其实是扣在潜水者肩上罩住潜水者头颈的“小潜水钟”)接管子至水面,以图借此向潜水者供气。但无法平衡水压,故无效。直到发明了以风箱通过管子从水面向头盔内送气(Freminet, 1774),才开创了通风式潜水的纪元。19世纪30年代(Siebe, 1837),奠定了现代通风式装具的雏形:头盔-领盘-潜水衣连接为一体的潜水服,使潜水者处于潜水服内的微小环境中,因体积大、压载重,后被称为重潜水装具。这类装具后又经改进和多样化,并配以潜水电话等(绪图-4③)。现一般用于45 m以浅的空气潜水。必要时,在技术条件等都具备时,可以用来潜至60 m甚至更深。

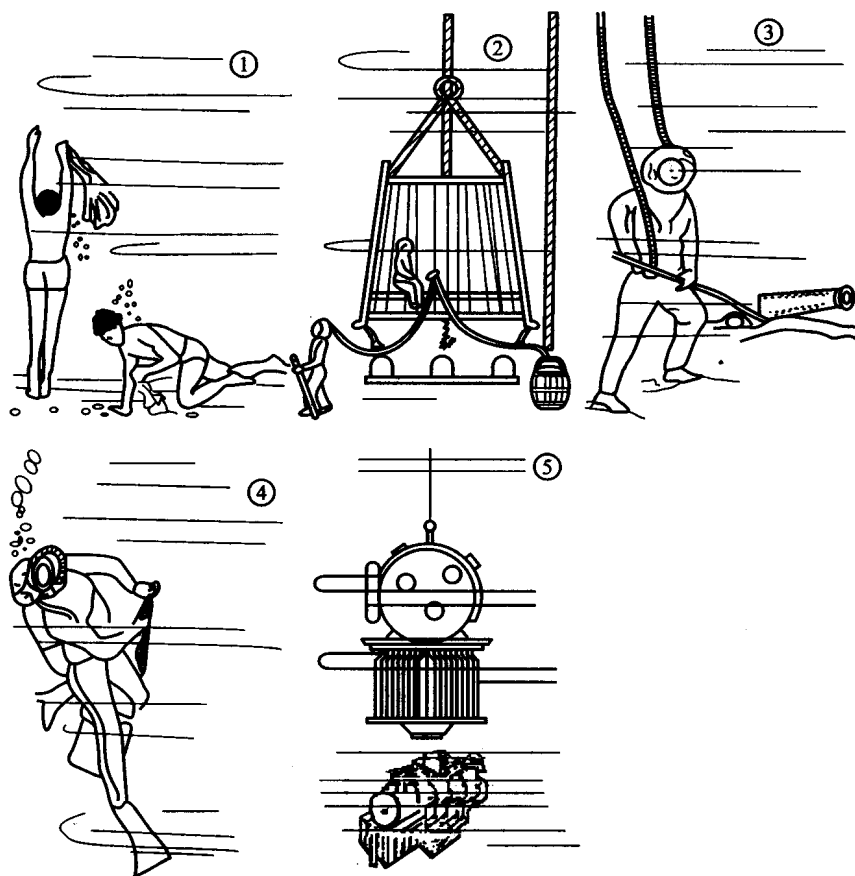
由头盔-供气管潜水装具结合 Venturi 原理和密闭循环(即闭合循环)式装具的原理发展而成的喷射-再生式潜水装具,在20世纪初叶试用,30年代末(1939)开始在大海应用,主要用于氮氧重潜

水。氮氧重潜水一般用于 60 m 以深到 150 m 左右,常用的限制深度为 120 m。

头盔 - 供气管潜水装具的稳定性好,从水面供气可源源不断,水面对潜水者做监护较方便。

(五) 自携式潜水

自己携带呼吸气体至水下,通过一定的装具(呼吸器)吸用。这种潜水方式称自携式潜水(self-contained diving)。自携式潜水创始于 18 世纪 80 年代(Claire,1785)用气囊将呼吸气体携至水下供呼吸用。以后,铁制的储气瓶(James,1825)、供气调节器(Rouquayrol,1860)以及自携式水下呼吸器(self-contained underwater breathing apparatus; SCUBA)(Fleuss,1879)相继问世,显示了头盔 - 供气管潜水所不具备的一些优越性(见后)。到 20 世纪 30 年代,自携式潜水才有了脚蹼和它配套(de Carlieu),使潜水者不仅可在水底行走,而且可在水中自由游泳。40 年代中期,供需阀(或称按需供气阀(demand valve))研究和改进成功,并被命名为“水肺(aqua-lung)”加以推广(Cousteau, 1943, 1946)。这种阀可根据潜水者吸气的需要和深度的改变而自动调节供气量,不吸则不供,故亦称供气调节器(demand regulator)。



绪图 - 4 潜水发展的几个主要时期

① 屏气潜水(古代—) ② 潜水钟潜水(公元前 4 世纪—公元 19 世纪) ③ 头盔 - 供气管潜水(公元 19 世纪—) ④ 自携式潜水(公元 1930—) ⑤ 饱和潜水(公元 1957—)

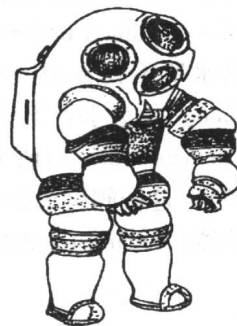
自携式潜水的优点在于装具的重量较轻(也称轻潜水)、使用便捷、可动性较好(绪图 - 4④)。这些优点,现正被一定程度地移植到通风式潜水装具中去。其主要的不利因素是:① 供气时间较短。但在不要求有很大可动范围时,可依靠水面接供气管至水下呼吸器,成为“水烟筒(hookah)”式潜水

(或音译为“虎克式潜水”);或从下潜的舱(钟)内气源接供气管至呼吸器,即“脐带式潜水(umbilical diving)”;^②水面监护较难。但可采取结伴潜水(buddy diving):两名潜水员系索(一系左腕,另一系右腕)成对,一起行动,相互配合,彼此照顾;也可以采用“超声电话”与水面通信联系。

供气调节器的原则,适用于各种深度和各种呼吸气体。所以,目前各种轻潜水装具都利用它。但由于呼吸气体成分的不同,具体的装具形式有所不同:用空气者为开放式(呼气入水,60 m 以浅);用氧气(浅于 10 m)或人工配制的混合气(相应的大深度)者为闭合循环式,或半闭合循环式。

(六) 抗压潜水

抗压潜水是使用可抵抗水压的坚硬装具(备)进行潜水的一种方式。人在潜水时,不受静水压的作用,装具内保持正常气压,呼吸常压空气,故又称“常压潜水”或“一个大气压潜水”,有人称之为“间接潜水”。抗压的潜水装具为铠甲式潜水服,19 世纪 30 年代开始制成雏形(1838, Taylor)。到 20 世纪初叶才有现代规模的铠甲式潜水服(Neufeildt, 1913; Kuhnke, 1920):“衣袖”和“裤管”都有杵-臼结构和滚珠轴承的“关节”,潜水者在服内可做一定的动作,借“衣袖”末端的操纵器(机械手),可完成一定的作业(绪图-5)。缺点是可动性很差,须依靠起重设备吊放和移动。配以动力,在水下活动范围可扩大,可用于大深度短时间的简单作业。

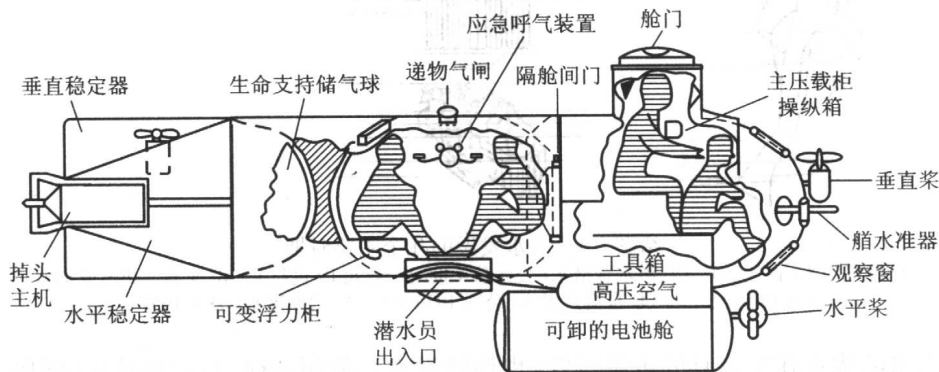


绪图-5 铠甲式潜水装具示意图

抗压潜水的大型装备为可潜器(亦称潜水器或深潜器,简称潜器),20 世纪初期后逐渐发展起来。开始时,基本原理就是可关住底门、内为常压、壁有观察窗、壳体耐外压的潜水钟(舱),人在其中被吊送到水下,借一定的照明设备,观察水下情况,故又称潜水观察箱,除有圆柱形外,还有圆球形(潜水球)或其他形状(如卵圆形等)。有的也装有机手,对箱外作某些简单操作。无自航能力,称系索式可潜器。

有自航能力的可潜器为流线型小艇,一般至少容纳两人。可在水下作大范围的观察和调查。有些还设有调压舱,必要时,人员可经此舱调压后由水中进入可潜器或由可潜器内进入水中。称为调压进出式可潜器(lock-in-lock-out submersible; LILOS)。

抗压潜水,人员不受水压影响,服内或器内压不随深度而改变。故体力消耗远比不抗压潜水少。有自航能力的可潜器,尤其调压进出式可潜器,除可大范围地对水下观察外,又可利用操纵器对舷外进行某些操作,必要时在不同深度和不同水域,人员又可调压出入,优越性更为明显。故将成为潜水方式中一个有前途的重要部分(绪图-6)。



绪图-6 调压进出式可潜器示意图