

219667



潜水手册

上卷
空气潜水

国防工业出版社

潜水手册

上卷 空气潜水

〔美〕海军海上系统司令部 0994-LP-001-9010

杨德恭 彭润松 译

许锦棠 沈荷华

沈荷华 杨德恭 姚竞春 校

国防工业出版社

内 容 简 介

本手册上卷较全面地介绍了水下物理和生理知识、潜水作业计划的制订、潜水技术的操作程序和方法、潜水减压表的应用、潜水事故和潜水疾病的处理和医疗、潜水员的选拔以及记录档案的管理和保存等。此外，还扼要介绍了近年发展起来的新技术，如饱和潜水、深潜系统等。手册中所介绍的技术和方法，适用于海军潜水和民用（生产、航运、科研等）潜水。

本手册可供各种潜水人员、潜水指挥者和潜水医务工作者、潜水科技人员以及潜水培训人员参考使用。

U·S NAVY DIVING MANUAL
VOLUME 1: AIR DIVING
NAVSEA 0994-LP-001-9010
Navy Department Washington, D. C. 20362
CHANGE 1, DECEMBER 1975

*

潜 水 手 册

上卷 空气潜水

〔美〕海军海上系统司令部

0994-LP-001-9010

杨德恭 彭润松 译

许锦棠 沈荷华

沈荷华 杨德恭 姚竟春 校

*

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18³/₈ 插图3 424千字

1982年12月第一版 1982年12月第一次印刷 印数：0,001—3,400册

统一书号：15034·2354 定价：2.00元

译者的话

《潜水手册》(原版)自1916年第一版以来,其内容经过了多次修改。特别是近十年来,随着援潜救生、打捞沉船、海上援救、水下勘探、水下施工、水下爆破、海洋考察和开发海底石油等作业的广泛开展,使潜水技术和潜水医学日趋发展并不断完善。《潜水手册》比较全面而系统地反映了这一情况,其中介绍的潜水技术和方法,可以说是近代潜水工作的基本准则,在世界许多国家中也得到比较广泛的应用。

根据美国潜水人员的经验和建议,海军部重新修订了《潜水手册》,并将手册分为两卷。上卷:空气潜水(1975年出版);下卷:混合气潜水(1977年出版)。

本手册比较突出地介绍了近年来发展起来的新技术和新设备,如饱和潜水技术、深潜系统、采用混合气的饱和潜水和轻潜水设备、单管式自携式水下呼吸器调节器、热水加热服、氦气语音变频器、马克-1轻潜面罩和混合气水下呼吸器等;对以往确定的潜水程序和潜水技术,以及潜水作业计划的项目,进行了修订和补充;详细讨论了供气系统的特点和选择方法。对于各种减压表方面的内容,本手册也作了较大的修改。对于深潜水中的水下医学生理学问题,如肺型氧中毒、最低的吸入气温度和高压神经症候群等,本手册亦一一作了介绍。为了便于实施吸氧再加压治疗和鉴别减压病的症状和体征,手册中附有简要说明。

为了吸取外国的先进经验,更好地发展我国的潜水技术和潜水医学,我们翻译了《潜水手册》,供广大潜水人员、潜水指挥者和潜水医务工作者、潜水科技人员以及潜水培训人员结合我国具体情况参考使用。

在翻译过程中,海军医学研究所刘景昌、龚锦涵、高风、曾宪英等同志对全稿进行了审阅,同时得到了上海水产学院、六机部708研究所、上海内燃机研究所、上海阀门研究所、上海体育学院、复旦大学、第二军医大学潜水生理教研室、海司防救部和大连水产公司等单位有关同志的大力帮助,在此表示感谢。

由于我们的翻译和技术水平有限,加之本手册涉及内容较广,虽经反复研讨修改,仍难免有许多不当和错误之处,衷心希望广大读者批评指正。

译者

目 录

第一章 潜水的进展 (节译)

第二章 水下物理学

2.1 物理世界	4
2.1.1 物质	4
2.1.2 能	5
2.2 计量单位	6
2.2.1 公制和英制的比较	7
2.3 潜水中的压强	8
2.3.1 大气的重量	9
2.3.2 液体压强	11
2.3.3 浮力	12
2.4 潜水中的气体	13
2.4.1 潜水中的各种气体	13
2.4.2 气体的分子运动论	16
2.4.3 气体定律	17
2.4.4 混合气	21
2.4.5 湿度	24
2.4.6 液体中的气体	26
2.4.7 与气体有关的定律的小结	27
2.5 潜水中的能量	27
2.5.1 光	28
2.5.2 声	29
2.5.3 热	30

第三章 水下生理学

3.1 人体结构	32
3.2 人体各系统的相互关系	33
3.3 循环系统	33
3.3.1 心脏	34
3.3.2 血液	34
3.3.3 循环率	34
3.3.4 血压	35
3.3.5 血流量的控制	35
3.3.6 晕厥和休克	35
3.4 呼吸	35
3.4.1 呼吸运动	36
3.4.2 呼吸周期	37

3.4.3	氧的消耗	37
3.4.4	二氧化碳排出量	38
3.4.5	通气	38
3.4.6	呼吸的控制	38
3.4.7	屏气和换气过度	38
3.4.8	呼吸阻力	39
3.4.9	低氧	40
3.4.10	二氧化碳过量	41
3.4.11	窒息和绞窄	42
3.4.12	一氧化碳中毒	42
3.5	体温和散热	43
3.6	下潜过程中与压力相关的疾病	44
3.6.1	耳和副鼻窦的挤压伤	44
3.6.2	牙齿挤压伤	45
3.6.3	胸部(肺)挤压伤	45
3.6.4	面部或身体挤压伤	46
3.6.5	氮麻醉	46
3.6.6	氧中毒	47
3.7	氮的吸收	48
3.8	脱饱和	48
3.8.1	减压	49
3.9	上升过程中与压力有关的疾病	49
3.10	由爆炸物引起的生理危险	50

第四章 工作计划

4.1	确定目的	52
4.2	收集和分析资料	52
4.2.1	水面条件	54
4.2.2	水下条件	56
4.2.3	人力和物力	60
4.2.4	援助和应急措施	60
4.3	公布潜水作业任务	61
4.4	潜水技术的选择	63
4.4.1	自携式水下呼吸器潜水和水面供气式潜水的比较	67
4.4.2	技术的选择	68
4.5	潜水装具和备用器材的选择	69
4.6	潜水小队的选择和集中	73
4.6.1	潜水指挥者	73
4.6.2	潜水监督员	74
4.6.3	潜水人员	74
4.6.4	水面人员	75
4.6.5	穿插训练和人员变换	76
4.6.6	人员配备标准	76

4.6.7 潜水人员的身体条件	76
4.7 向潜水小队布置潜水计划	77
4.7.1 向潜水小队询问执行任务的情况	77
4.8 进行最后准备和检查所有安全措施	77

第五章 使用自携式水下呼吸器的空气潜水作业

5.1 使用自携式水下呼吸器潜水所需的装具	79
5.1.1 至少应配带的装具	79
5.1.2 任选器材	91
5.1.3 有害的器材	94
5.2 使用自携式水下呼吸器潜水作业的准备工作	95
5.2.1 供气	95
5.2.2 装具的准备	101
5.2.3 潜水员的准备	103
5.3 使用自携式水下呼吸器的潜水程序	112
5.3.1 水面游泳技术	112
5.3.2 下潜	113
5.3.3 水下操作程序	113
5.3.4 正常上升	118
5.3.5 紧急上升	118
5.3.6 减压	121
5.3.7 到达水面和离开水面	121
5.4 潜水后的操作程序	122
5.4.1 潜水后装具的保养和贮存	122
5.5 自携式水下呼吸器的现场保养	124
5.5.1 潜水员保养维修装具的操作要求	126
5.6 记录的管理和报告	126

第六章 水面供气式空气潜水作业

6.1 潜水装具	127
6.1.1 空气重潜水装具	127
6.1.2 轻潜水装具	135
6.1.3 水面供气式潜水的附属器材	140
6.2 水面供气设备	142
6.2.1 供气要求	142
6.2.2 供气系统	145
6.3 潜水员的通信	152
6.3.1 潜水对讲系统	152
6.3.2 拉绳信号	155
6.4 潜水技术和潜水程序	156
6.4.1 潜水的准备	156
6.4.2 潜水监督员的潜水前检查	164
6.4.3 入水	164

6.4.4	下潜	166
6.4.5	潜水员着底时的操作程序	167
6.4.6	水下技术	167
6.4.7	潜水员在作业地点的操作程序	169
6.4.8	信号员的工作	171
6.4.9	上升	172
6.4.10	水面减压	173
6.4.11	潜水后的操作程序	174
6.5	装具的保养维修	174
6.5.1	重潜水装具	174

第七章 空气减压

7.1	术语的定义	180
7.2	表的选择	181
7.3	省略了的减压	182
7.4	减压表的一般用法	182
7.4.1	上升速率的变化	182
7.4.2	减压方案的选择	183
7.4.3	上升规则	183
7.4.4	例外暴露	184
7.4.5	反复潜水	184
7.4.6	水面减压	185
7.4.7	潜水记录	186
7.5	空气减压表	187
7.5.1	美海军标准空气减压表	187
7.5.2	不减压空气潜水的减压极限和反复潜水分组符号表	193
7.5.3	反复空气潜水的残余氮气时间表	194
7.5.4	吸氧水面减压表	197
7.5.5	空气水面减压表	198

第八章 潜水紧急情况

8.1	需要立即采取措施的医学紧急情况	202
8.1.1	复苏	203
8.1.2	大出血的控制	205
8.2	不需要再加压治疗的医学紧急情况	206
8.2.1	呼吸系统紧急情况	207
8.2.2	与医学问题直接有关的水下紧急情况	209
8.3	需要再加压的医学紧急情况	211
8.3.1	肺气压伤和有关疾病	211
8.3.2	减压病	213
8.4	再加压治疗	216
8.4.1	无加压舱	216
8.4.2	治疗表	218
8.4.3	加压舱	228

8.5 工作中的危险	236
8.5.1 其它潜水紧急情况	237
8.6 紧急医疗用品	241
8.6.1 急救箱内应有的器械和药品	241
8.6.2 急救箱的使用	243

附 录

附录 A 公式和换算系数	244
附录 B 记录的管理和报告	249
附录 C 海况表	252
附录 E 人员的选拔、资格评定和训练	253
附录 F 舰船维修安全检查表	264
附录 H 压力表的校准程序	266
附录 I 危险的海洋动物	267
附录 J 安全检查总表	277
附录 K 水面供气潜水作业潜水前检查表	282
附录 L 美海军加压舱的压力试验	285

第一章 潜水的进展(节译)

潜水是由于人类从事军事或救捞、开采活动，以及通过探索研究开拓知识领域的需要而必然产生的。潜水开始作为一种职业，可以追溯至 5000 多年以前。后来经过漫长岁月，潜水技术、装具等得到不断的发展，潜水作业取得优异的成果。

那么，当前潜水进展情况如何？下面将简要介绍一下。

自携式水下呼吸器的发展，为人类带来了水下自由，促使了人们对潜水兴趣的迅速增长。潜水运动是群众性的兴趣，而科学和商业界亦大大受益。生物学家、地质学家、动物学家和考古学家纷纷进入水下，探索地球、人类和整个文明世界的起源及演变的新线索。一套完整的商业性潜水行业已经兴起，其主要活动集中于滨海石油产区，它提供了当今世界石油需要量的 14%。

在二次大战后的年代里，潜水工艺和潜水科学的进展相当迅速，重点是改进已有的潜水技术，创造各种新的潜水方法和研制为满足这些方法所需的装备系统。

由于对开式和闭式回路呼吸器作出了重大的改进，一代完全新式而完善的装具已经形成。但是，当前潜水技术发展的最主要方面，是与饱和潜水技术和深潜系统的发展紧密地联系着的。

(1) 饱和潜水

随着人类潜水深度的增大和完成更多水下任务的要求，迫切需要一种能增加水下实际工作时间的安全方法。

实际上，在任何一次深潜作业中，减压是最耗费时间的因素。例如，如果一名潜水员在 200 英尺水下工作 1 小时，那么，他还要在水下花费 3 小时 20 分钟的时间进行不能工作的减压。使溶解的气体脱离溶解状态并排出潜水员体外(即减压)所需要的时间，随潜水深度和时间的增加而明显增加。

但是，潜水员在某一深度的停留时间，存在着一个极限。至这一极限，潜水员的机体已被气体“饱和”，应进行必要的减压；超过这一极限后，潜水员的减压时间可不再增加。潜水员的血液和组织一旦在某一深度吸收了它所能保持的气体，减压所需时间将不变。那么，只要潜水深度不增加，无论潜水员停留多久，也无须额外减压。

在执行潜水任务的整个期间(几天或几周)，如果一名潜水员或一小队潜水员有办法使自己停留在高压下，那么，仅须在最后作一次长时间的减压。对于一次在 200 英尺 40 小时的潜水任务来说，如果采用饱和潜水，潜水员须在水底停留 5 天，并减压 2 天；而采用常规潜水方法，单次潜水和长时间的减压时间总共需要 40 个工作日！

杰·伊·考斯脱、美国发明家埃德温·阿·林克(他曾发明“林克训练机”供飞行员的模拟座舱操纵训练)和美海军上校乔治·弗·邦德等人经过努力，验证了饱和潜水的理论，他们都进行过大量的饱和潜水实验。

1962 年 9 月，林克派遣 1 名瑞士潜水员到 200 英尺水下的一个专门设计的潜水设备

中停留了 24 小时。4 天之后，考斯脱令 2 名潜水员在一个充以气体的、在 33 英尺与外界水压平衡的水下居住舱内生活了 169 个小时，潜水员可以自由地出入他们的深水居住舱。第二年夏天，考斯脱的 6 名工作人员在 36 英尺水下度过了一个月，2 名工作人员在 90 英尺的一个较深的居住舱内生活了一周。这些潜水员均进行了巡回潜水，深度达 330 英尺。

1964 年，林克扩大了他的研究，让 2 人在 432 英尺水深的居住舱内生活了两天两夜。几乎同一时间，邦德上校领导了美海军海底实验室计划的首次实验。这项研究是在百慕大群岛附近的海上进行的。4 名潜水员在 192 英尺的水下生活了 9 天，最后，将他们的居住舱上升到 81 英尺处，在那里，潜水员转入一个减压舱内，而后用升降机吊到支援船上。

一年之后，开始了“海底实验室二号”实验。潜水员分为 3 个小组，每组 10 人，居住舱深度为 205 英尺，每组在水下生活 15 天，有 1 人生活了 30 天。

所有这些饱和技术的实验，均需要可靠的水面支持和大量的水下设备。但是，很快研制了一种新型潜水系统，使潜水员除执行规定的任务外，其余时间可不必居住在水下。

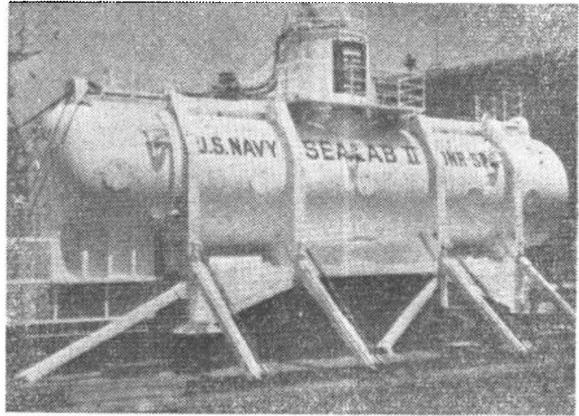


图1-1 “海底实验室二号”外形

(2) 深潜系统

各种深潜系统，几乎均是在近 10 年之内研制成功的。深潜系统是潜水技术的一项重大进展，冠盖以往任何大深度作业方法。深潜系统非常适合于饱和潜水技术，它提供了一套安全设备，可使饱和潜水员在高压下能够生活在一个“干燥”的环境中。无论进行饱和潜水还是非饱和潜水，深潜系统均可使潜水员完全免于在水中的长时间减压，因而避免了水中环境造成的过度紧张所致的各种危险。此外，由于采用了深潜系统，不再需要水下居住舱，也大大增加了水面支援船工作的灵活性。

深潜系统主要包括一个安装在水面支援船上的甲板减压舱 (DDC) 和一个人员转运舱 (PTC)。在实际工作中，两名或更多的潜水员进入配有缆绳的人员转运舱内，下潜至要求的工作深度。将舱内压力升到与工作深度水压相等，打开舱盖，一名或数名潜水员出舱完成他们的任务。由于潜水员系有与人员转运舱相连的安全绳，因此，可以使用便携式呼吸器，或者使用面罩及提供呼吸气与通讯联系的脐带。潜水员完成任务后，即返回人员转运舱，关闭舱盖，在舱内仍保持水底压力的情况下返回支援船。将人员转运舱起吊至支援船上后，与加了压的甲板减压舱对口连接，潜水员即可经由一个过渡舱进入宽敞舒适的甲板减压舱内。在那里，潜水员可继续生活在高压下，直至他们必须再返回水下的作业点为止；或者可在支援船上开始舒适而安全的减压。

综上所述，在潜水工作的整个发展过程中，从最早的采集海绵的潜水员到现代的饱和潜水员，潜水的基本理由实际上没有改变。不过，具体任务有所不同，新的任务也不断产生。但是，国防、商业和科研的需要，不断地为潜水工作的发展提供基础。而潜水技术则不断地变化，最后必将发生根本的改变。

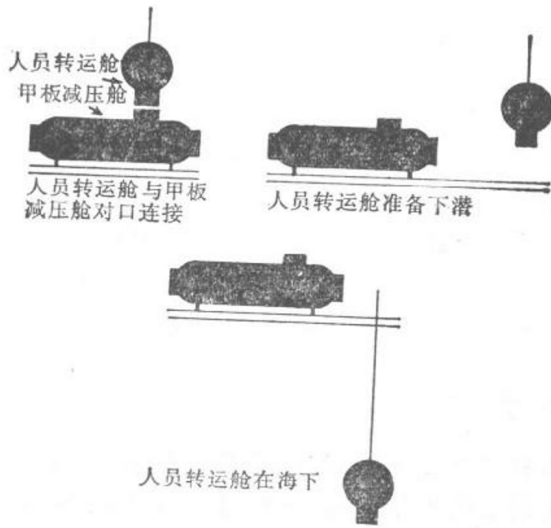


图1-2 深潜系统的工作程序

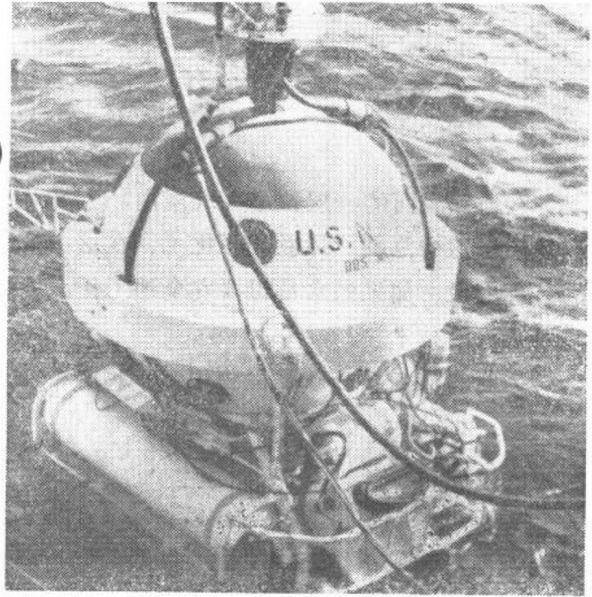


图1-3 美国马克-1深潜系统的人员转运舱

潜水知识是前人从艰难险阻的实践中获得的，每一个从事潜水的人，均有使自己获得这一知识的机会和义务。现代潜水员必须充分了解水下环境的物理特性，必须熟知自己的身体状况及其在水下环境各种不同条件下的必要活动。同时，潜水员还须学会适应这些条件的方法，以便在各种条件下均能圆满地完成任务。

潜水员的大部分实际知识来自经验。但是，在他能够获得这些经验之前，必须掌握物理、化学和生理学的一些原理的基本知识，也必须了解这些原理在潜水专门职业中的应用。

关于潜水作业的基础知识、潜水操作方法和装具的详细情况，将在本手册以下各章节中加以介绍。

第二章 水下物理学

在地球表面的一层狭窄大气层内，人类可活动自如，很少关心自己的生存条件。然而，一旦超出这个范围，环境就恶化了。在这种情况下，人的生存取决于他能否抵抗威胁自己的各种力量。如果潜水员想要安全地工作，就必须了解水下环境的特点并掌握减轻环境影响所必需的技术。

为此，潜水员必须掌握物理学（物质、能量及其相互关系的科学）的基础知识。

2.1 物理世界

物质（构成宇宙的物质）和能量（作用在这些物质上的力和物质内部的力）的性质和相互关系，构成了研究水下物理学的基础。而对潜水员尤为重要的专业知识是：气体的性质，浮力原理，热、光和声在水下的性质（图 2-1）。

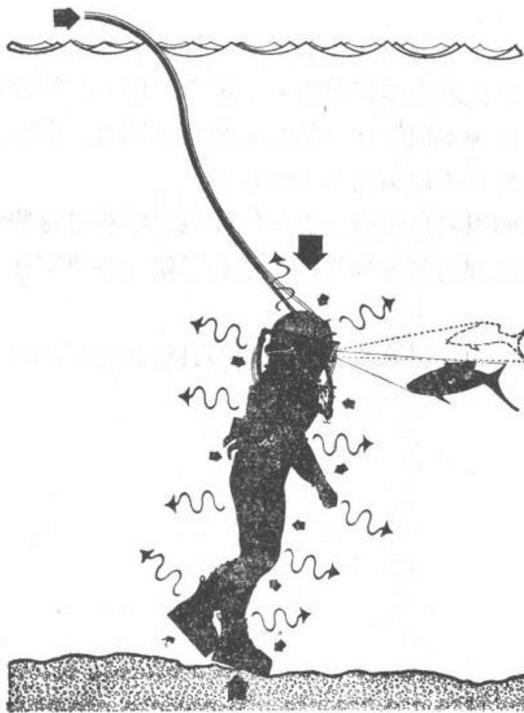


图2-1 作用于潜水员的各种物理力

2.1.1 物 质

科学家已发现了构成物理世界的109种单一的物质或元素。元素是表现一定理化特性的物质的最简单形式，而且用化学方法不能分解成更基本的其它形式。在这些元素中，约有十二种极为罕见，以至于在自然界里，是不可能发现的，仅有的标本全都是在实验室内

制成的。然而，作为元素，它们都有与其它任何元素不同的特性。

元素由原子组成。原子是如此之小，以至于将一百万个以上的原子并排起来，也仅有这张纸厚。原子可分为更小的粒子——电子、中子和质子。但是，原子是具有元素特性的物质的最小微粒。各种元素的结合形成了人类目前已知的四百多万种物质。

原子互相结合构成分子，其特性通常不同于组成分子的任何原子。例如当两个氢原子（符号H）和一个氧原子（符号O）结合形成水（ H_2O ）时，就形成了一种全新物质，如图2-2所示。

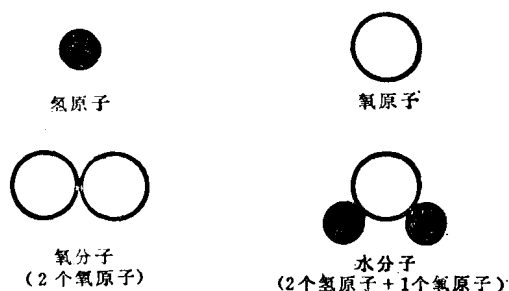


图2-2 原子间互相结合

两个相同的氧原子组成一个氧分子；而两种不同元素，氢和氧的原子化合为一个水分子。

某些原子很活泼，并很容易与接近的几乎所有物质结合。另一些原子则是惰性的，不能和其它物质自然结合。在呼吸混合气中，惰性气体成分的存在在潜水中具有特殊的重要意义。

2.1.1.1 物质的三种状态

通过原子结合而形成的任何元素或物质，都以固体、液体、气体这三种自然形式之一存在。

固体有一定的形状、重量和体积。液体有一定的体积和重量，但其形状取决于容器，而不管容器是一只汤碗还是海床。气体具有一定的重量并占据空间，但无一定的体积和形状。气体将无限制地充满一个容器或一个空间，如果完全不加限制，它将不断地通过大气扩散开来。气体和液体同属于流体。

一种物质是作为固体、液体还是气体存在，主要取决于温度，部分取决于压力(图2-3)。在物质三态中温度最低的固体，其分子严格地按基本的固定形式排列。此时分子也进行运动，但颇类似于稳恒振动。当温度升高时，分子运动加快，分子互相摆脱并做不规则运动。这样，固体就熔化成液体。温度进一步升高，使分子运动更快。加热时，少数分子自发地离开液体表面变成气体。到达物质的沸点时，分子以1000英里/小时的速度向四面八方逸散，此时，液体很快转变成气体。

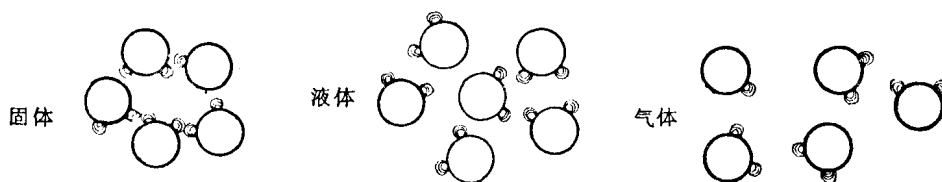


图2-3 物质三种状态——固体、液体和气体的分子排列

降低温度将使上述顺序逆转。当气体分子冷却时，其运动减慢，气体逐渐凝结成液体。温度进一步降低，液体将达到冰点，从而再次变成固态。这一周期随即完成。

2.1.2 能

功和能的概念是密切相关的，它们构成了物理世界的第二要素。功指的是通过一定的

距离所用的力，即是将某一物体抬高、牵引或推动一定的距离（英尺或米）所用的力（磅或公斤）。做功的方式很多，从推进一辆汽车到原子微粒的形成都要做功。做功的速度叫功率。

能是指做功的能力。十九世纪四十年代提出的能量守恒定律指出，自然界中的能量既不能创造，也不能消灭，但可以从一种形式转换成另一种形式（图 2-4）。能量有六种基本形式——机械能、热能、辐射能（亦称光能）、化学能、电能和核能。来源于这些形式的大量能量现象，在日常生活中均可见到，如动力、天气、潮汐、声音、寒冷和温暖。

2.1.2.1 能的六种形式

〔机械能〕 一个物体由于位置和状态的变化所产生的能量叫做机械能。当某一物体处于一放松就能做功的状态时，就具有势能。如果一个物体正在运动，它就具有动能。对此可举下陡坡的汽车为例。当汽车行驶时，就具有动能；如果用制动装置将汽车停在山坡上，其机械能即被贮存起来，称之为势能。

〔热能〕 物质的分子运动所产生的能量叫做热能。加热某一物质将导致其分子运动速度加快，并伴有温度上升。说明热能的一个普通例子是水在火焰上的沸腾。

〔辐射能〕 以电磁辐射波的形式出现的能叫做辐射能。来自太阳的光能维持绿色植物的生存，使其供包括人类在内的所有动物食用。

〔化学能〕 物质的分子形成所产生并贮存在该物质内的能叫做化学能。常见的例子如煤、油和气体。它们的能量在燃烧时以热的形式释放出来。

〔电能〕 与电子（负粒子）或质子（正粒子）的存在有关的能叫做电能。永久磁铁和蓄电池就是贮存的（潜在的）电能的典型例子。

〔核能或原子能〕 保持原子核的基本粒子结合在一起的力叫做核能或原子能。核电站的工作就是通过重核破裂成较轻的核（裂变），以可控方式释放出大量的热能来产生蒸汽的。

能量，能量的计量、转换和利用这一总题目是一个广泛而复杂的物理学问题，它超出了本手册的范围。所以，在本章以后几节，仅介绍由于水下异常影响，而在潜水中具有特殊重要性的能量问题，其中包括光、热和声的原理。

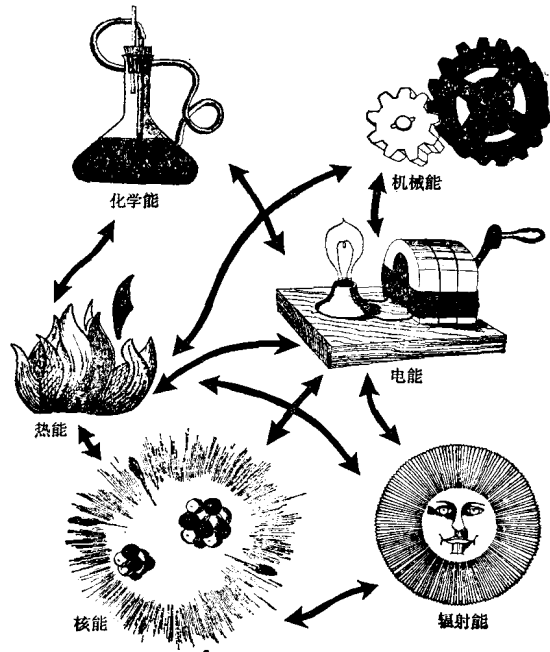


图2-4 能的六种形式及其互换性

2.2 计量单位

物理学在很大程度上依赖于物质或能量的一种状态与另一种状态的比较标准。潜水员只有掌握各种计量单位，才能理解和运用物理学的原理。

2.2.1 公制和英制的比较

在世界范围内，广泛使用英制和公制来计量力、长度和时间。在美国，常用以磅、英尺和秒为计量单位的英制。但在其它各国，英制正在被公制所代替。最初在欧洲大陆发展起来的公制，使用公斤、米和秒作为基本计量单位。

公制——公制的应用很广泛，在科学工作中尤甚，因此，潜水员迟早要接触到它。公制的优点是换算容易，不必计算。公制采用十进制，如美国的货币制。一个美国人只需简单地移动一下小数点，即可用美元或美分来表达钱的金额。用同样的方法，通过移动小数点，可将公制的一个计量单位变成另一个计量单位，而不必象英制那样进行冗长的计算。使用附录 A 中的换算系数，很容易把一种单位制换算成另一种单位制。

长度——长度的主要公制单位是米 (m)(等于 39.37 英寸)，计量较小的长度时使用毫米 (mm) 或厘米 (cm)。

$$\begin{aligned} 1 \text{ 米} &= 100 \text{ 厘米} \\ &= 1000 \text{ 毫米} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ 毫米} &= 0.1 (1/10) \text{ 厘米} \\ &= 0.001 (1/1000) \text{ 米} \end{aligned}$$

计算更大的距离时，公制使用公里 (约 0.6 英里)。

$$\begin{aligned} 1 \text{ 公里} &= 1000 \text{ 米} \\ 1 \text{ 米} &= 0.001 \text{ 公里} \end{aligned}$$

面积——面积的公制单位用公制长度单位的平方计量 (英制也是如此)。

正如从一个公制长度单位换算成另一个公制长度单位一样，面积单位的换算也只需要移动小数点。此时，小数点的移动位数为计量长度时的两倍，例如，1 米 = 100 厘米，1 米² = 10000 厘米² (与从平方英尺换算成平方英寸时乘以 144 相比，这种方法要简单得多)。

体积或容积——体积用长度单位的立方表示。将体积从一个公制单位换算成另一个公制单位时，只需使小数点的移动位数为长度换算单位的三倍即可。例如，1662 毫米³ = 1.662 厘米³ (而把立方英寸换算成立方英尺时，必须除以 1728 (12 × 12 × 12))。除立方英尺外，英制也使用其它体积或容量单位。这些体积单位和立方计量制之间的关系较为复杂，所以，计算时要使用大量的换算系数。公制使用升 (1 升约等于 1 夸脱) 来计量体积和容积，1 升等于 1000 立方厘米 (cc) 或 0.001 立方米 (m³)，从而使换算大大简化。

$$1 \text{ 升} = 1000 \text{ 厘米}^3 = 0.001 \text{ 米}^3$$

重量——公斤 (kg) 是质量或重量的标准公制单位。1 公斤大约相当于 1 升水或约 2.2 磅水在摄氏 4 度时的质量，较小的质量使用克 (g) 和毫克 (mg)。

$$\begin{aligned} 1 \text{ 公斤} &= 1000 \text{ 克} = 1000000 \text{ 毫克} \\ 1 \text{ 克} &= 0.001 \text{ 公斤} = 1000 \text{ 毫克} \\ 1 \text{ 毫克} &= 0.001 \text{ 克} \end{aligned}$$

压强——压强的标准公制单位是 牛顿/米² (N/m²)。但使用得最普遍的公制压强单位是 公斤/厘米² (kg/cm²)。另一个常见的公制压强单位是毫米汞柱 (mmHg)。这种计量单位的依据是 1 毫米高的汞柱所产生的压强。

1 公斤/厘米² = 1000 克/厘米² = 1000 厘米水柱 = 10 米水柱 ≈ 1 个大气压

1 毫米汞柱 = 135 克/厘米² = 13.5 公斤/米² = 133.32 牛顿/米² = 1/760 个大气压

1 巴 = 1.02 公斤/厘米² = 0.99 个大气压 = 750 毫米汞柱 = 10.21 米水柱

温度——使用英制重量和计量单位的国家，一般使用华氏温标 (°F)。使用公制的国家和大多数科学实验室则使用摄氏温标 (°C)，这一温标的依据是将冰融化时的温度定为摄氏零度 (华氏 32 度)，水煮沸时的温度定为摄氏 100 度 (华氏 212 度)。

通过解下列公式可将一种温标换算成另一种温标：

华氏变摄氏：

$$^{\circ}\text{C} = 5/9 \times (^{\circ}\text{F} - 32)$$

摄氏变华氏：

$$^{\circ}\text{F} = (9/5 \times ^{\circ}\text{C}) + 32$$

温度换算表见附录 A。

进行某些类型的计算，例如用理想气体定律计算时，要使用绝对温度值。绝对温标以绝对零度 (所能达到的最低温度) 为基础。在绝对零度时，所有分子停止运动。在华氏温标上，这一温度是 -459.72°F，在摄氏温标上是一 -273.13°C。通常把这两个数字四舍五入为 -460°F 和 -273°C。四种温标的比较见图 2-5。

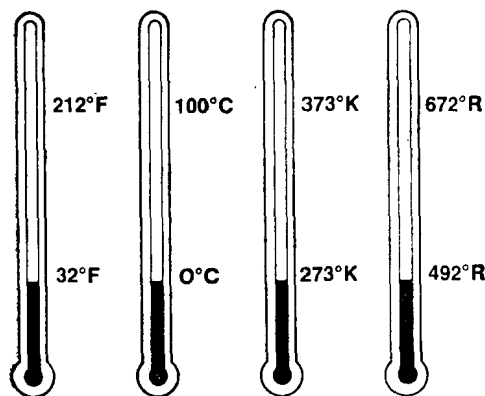


图2-5 华氏、摄氏、开氏和兰金氏温标所示的水的冰点和沸点

由华氏变成绝对温度 (称之为兰金氏度——°R)：

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460$$

由摄氏变成绝对温度 (称之为开氏度——°K)：

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

2.3 潜水中的压强

压强可简单地解释为作用于物质一定面积上的力 (或重量)。在英制中，压强的典型计量单位为磅/英寸² (psi)，而在公制中，计量单位为公斤/厘米² (kg/cm²)。