

QIANSHUI YIXUE SHIXI SHOUC

徐伟刚 主编

Manual of
Diving Medicine Practice

潜水医学 [实习手册]



第二军医大学出版社

潜水医学实习手册

Manual of Diving Medicine Practice

主编 徐伟刚

审阅 陶恒沂 练庆林

编者 (以姓氏笔画为序)

刘 刊 刘 昀 刘文武

孙学军 李润平 茆 丁

练庆林 俞海泉 钱炳龙

徐伟刚 陶恒沂 康志敏

彭兆云

校对 刘 昀 吴海生 刘文武

第二军医大学出版社

内 容 简 介

本实习手册是“普通高等教育‘十五’国家级规划教材”《潜水医学》(陶恒沂主编,高等教育出版社,2005年版)的配套用书。内容涵盖了潜水医学专业范围内的全部实验、实习及训练教学项目,包括潜水医学的基本理论和定律的深化理解和应用、基本潜水技能的训练、潜水医学保障实习以及海军潜水医学特殊技能的训练等。

本手册除了可作为高等医学院校或水下工程院校“潜水医学”教学的配套实习用书外,也可作为潜水高压医学教学、科研工作者和一线医务工作者在实际工作中的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

潜水医学实习手册/徐伟刚主编. —上海:
第二军医大学出版社,2006

ISBN 7-81060-585-2

I. 潜... II. 徐... III. 潜水医学—实习—
高等学校—教学参考资料 IV. R84

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第008184号

潜水医学实习手册

主 编 徐伟刚

责任编辑 高 标

第二军医大学出版社发行

上海市翔殷路800号 邮政编码:200433

电话/传真:021-65493093

全国各地新华书店经销

崇明县裕安印刷厂印刷

开本:大1/32 印张:4.625 字数:120千字

2006年2月第1版 2006年2月第1次印刷

ISBN 7-81060-585-2/R·445

定价:16.00元

前 言

随着国家经济建设的蓬勃发展，我国潜水医学理论与实践在近年来取得了长足的进步。潜水医学是一门实践性极强的医学学科，作为目前国内惟一对医学本科生开展“潜水医学”教学的高等医科院校，我们经过四十多年的潜水医学教学实践，积累了丰富的教学经验，同时也形成了相对完善的潜水医学实践教学（包括实验、示教、实习及训练）模式。本手册内容即为多年实践经验的积累。

本手册的前身为《海军潜水医学实习讲义》，是第二军医大学《海军潜水医学》的配套实习教材（内部使用）。随着“潜水医学”教学的逐渐普及，我们主编的《潜水医学》也已成为“普通高等教育‘十五’国家级规划教材”，已由高等教育出版社向全国发行。作为配套的实习手册，亦有必要正式出版并公开发行。虽然这是《潜水医学实习手册》的第1版，但它继承了前期内部版本的内容，这是本手册得以顺利出版的基础。

本手册多数实习内容以“目的与要求”、“设备与器材”、“方法与步骤”、“结果与讨论”4个项目进行描述和指导。动物实验部分均按学习者“自主设计”的要求设计编写。为了便于各层次的人员参考应用，本手

册新增了“潜水与潜艇脱险装具的结构性能及使用”、“潜水作业船潜水医学保障的组织和实施”、“潜水医学常用物理单位及换算”及“潜水高气压常用词汇中英文对照”等项目，内容更全面、实用。另外，考虑到医学学科的使用习惯，本手册均以“压力”代表“压强”。

限于编写者水平及经验，加上潜水医学在应用实践领域的快速发展，本手册难免存在错漏，希各位同行和读者不吝指教，以利于再版时改进。

编 者

2006年1月

目 录

实习一	加压系统的组成、结构及性能	1
实习二	操舱练习	7
实习三	轻潜水装具的结构、性能及使用	11
实习四	重潜水装具的结构、性能及使用	17
实习五	通风式潜水	21
实习六	自携式潜水	29
实习七	加压试验	39
实习八	潜水减压方案的选择	43
实习九	减压病动物实验	47
实习十	减压病加压治疗的实施	51
实习十一	肺气压伤动物实验	57
实习十二	急性氧中毒动物实验	61
实习十三	加压锻炼	65
实习十四	氧敏感试验	69
实习十五	测氧仪的使用	73
实习十六	饱和潜水系统的结构及性能	77
实习十七	混合气体配制一：理论计算	81
实习十八	混合气体配制二：操作方法	95
实习十九	产氧剂与 CO_2 吸收剂的鉴定	101
实习二十	潜艇脱险装具的结构、性能及使用	107
实习二十一	使用 2-8 型潜艇脱险装具经潜 艇鱼雷发射管、中央舱指挥室离 艇脱险	115
实习二十二	潜水作业船潜水医学保障的组织 与实施	121
实习二十三	气体基本物理定律在潜水医学实践 中的应用	127

附录一	潜水医学常用物理单位及换算·····	130
附录二	产氧剂的性能、实际利用率及使用标准·····	134
附录三	潜水、高气压常用词汇中英文对照·····	137

实习一

加压系统的组成、结构及性能

一、目的与要求

- 了解加压系统的组成、结构及性能。
- 熟悉加压系统的安全操作要点。

二、设备与器材

(1) 潜水加压系统, 包括加压舱与操纵台、空气供气系统、供排氧系统、混合气系统、照明、通信、监视、空调装置及配套仪器仪表等。

(2) 其他工具和用品, 包括灭火装置、环境压力表等。

三、方法与步骤

(一) 指导思想

本实习主体内容以示教方式介绍; 对照实物, 以启发式教学方式讲解; 尽量让学员多动手参与操作。

(二) 加压舱

1. 组成

(1) 舱体: 一般为圆柱形钢质筒体。大型的高压氧治疗舱可设计成立方体形。

(2) 舱门: 多为内开式, 由舱门、门轴、把手、锁扣等部件组成。高压舱的舱门一般均为圆拱形, 能耐受更高的压强; 大型的高压氧治疗舱的舱门则可设计成长方形, 便于人员进出。

(3) 观察窗: 由耐压有机玻璃制成, 圆形、不可开启。数量和

位置以满足“舱外人员‘无死角’观察舱内情况”为原则。

(4) 递物筒：在舱内高压时舱内外物品传递的通道。两端设有门盖和平衡阀，两侧外盖通过连锁装置限制，不能同时打开。

(5) 安全阀：超压泄放装置，确保加压舱安全使用，大多选用弹簧式。主舱、过渡舱均应独立设置；必须定期维护与调试。

(6) 通舱管孔：包括进排气孔、供排氧孔等，一般分布在舱体中下部，开孔位置及数量应满足特定规范，防止应力集中，损害舱体整体耐压能力。

(7) 通讯装置和照明：通讯装置包括对讲机、紧急呼叫装置和监控录像。照明多采用外照明方式，多用冷光源或者低功率荧光灯。

(8) 空调、供电等装置：加压舱内采用特殊的温控方式来保持舱内适宜的温度和湿度。空调风机常采用气动马达、软轴或磁耦合驱动。

2. 分类

(1) 按舱室和舱门多少分：单舱单门式、双舱三门式、双舱四门式。

(2) 按容纳人员数量分：单人舱、双人舱、多人舱。

(3) 按舱室容积大小分：大舱（多于 12 人）、中舱（6~12 人）、小舱（少于 6 人）。

(4) 按充气介质分：空气舱、纯氧舱。

(5) 按用途分为：潜水加压舱、高压氧治疗舱、手术治疗舱、移动式加压舱。潜水加压舱根据不同用途还可细分为饱和潜水舱、甲板加压舱、下潜式加压舱等等。

(三) 操纵台

操纵台汇集了加压舱的大部分监视与操控设备，包括各类压力表（气源、舱内压、氧压等）、舱内环境监测（温度、湿度、氧浓度、吸氧流量等）、通讯（对讲电话、监视屏幕、紧急呼叫装置）、

操控开关或阀（空调、电源与照明开关；进气阀、排气阀、供氧阀、排氧阀、平衡阀等）。

小型舱（如移动式加压舱、船载小型加压舱）的操纵台常设置固定于加压舱体一侧；大型舱的操纵台常独立于舱体，如有多台加压舱，其操控设备常集中于一套操纵台。

（四）空气供气系统

1. 空气压缩机

主要包括动力部件和气体压缩机械两部分，后者包括除尘器、气缸、活塞、曲轴箱、冷却系统、润滑系统、油水分离器等。除尘器、冷却系统和油水分离器均为保证气体质量而设置，应作好定期维护与保养。采气口的空气质量一定要满足相应的卫生学标准。空压机的输出压力应能达到所供应的加压舱的使用压力。医务人员必须熟知本单位空压机的工作压力和产气量。

2. 储气罐

储存压缩空气，一般分中压和高压两类。数量至少在 2 个（含）以上，容积和工作压应满足所供应加压舱的日常与应急使用要求。储气罐必须直立安装在通风良好的室内。医务人员必须熟知本单位储气罐的工作压力和容积。

3. 空气过滤器

为一耐压筒体，内以筛板分隔成多层，自下至上分别是纤维织网、硅胶分子筛、活性炭、木炭、棉花等吸附材料。筒底设有排污阀，筒顶设有安全阀。应定期维护、更换吸附材料。

4. 供气系统的管路组件

分为充气管路、供气管路、空气减压器、动瓶控制板以及相应的控制阀等。设备维护人员应熟悉各类管道的走向。

（五）供排氧系统

1. 供氧系统

包括氧气瓶（或液氧站）、汇流排、氧气减压器、控制阀、氧

气压力表、供氧调节器、供气软管、三通管、吸氧面罩等。供气调节器可将输入舱内的氧气压力调节到与舱压一致。供氧系统的所有部件严禁油脂。

2. 排氧装置 排氧装置包括呼气软管、排氧总管、舱外排氧控制阀、自动排

气阀。流量排氧装置可将呼出气体排放于舱外, 达到控制舱内氧浓度的目的。

(六) 混合气系统

混合气系统包括氧、氮、氧气瓶组, 氮氧、氮氧、氮氮氧混合气瓶组, 以及各气瓶组的集中控制面板(设于操纵台上)。

(七) 加压系统的安全操作

(1) 加压系统各部件应按要求(空间、位置、材料等)建造和安装; 按要求定期检查设备状态, 确保良好。

(2) 严格管理纯氧气源, 在特定范围内禁止明火。

(3) 进舱人员严禁携带易燃、易爆、挥发性、可产生静电及火花的物品。

(4) 加压系统各部位按要求配备防火设施, 应制定应急处理预案。

四、结果与讨论

(1) 请讨论本加压系统的各项组成及性能指标, 完成下列填空:

1) 本系统的潜水加压舱为_____舱, 其工作压力为_____ MPa, 舱容为_____ m^3 。高压氧治疗舱为_____舱, 其工作压力为_____ MPa, 舱容为_____ m^3 。

2) 请列出本系统 4 台空气压缩机的主要性能指标(由南至北):

① 采气量_____ m^3/min , 最高输出压力_____ MPa, 产

气量_____ m^3/min 。

② 采气量_____ m^3/min ，最高输出压力_____ MPa，产气量_____ m^3/min 。

③ 采气量_____ m^3/min ，最高输出压力_____ MPa，产气量_____ m^3/min 。

④ 采气量_____ m^3/min ，最高输出压力_____ MPa，产气量_____ m^3/min 。

3) 本系统共有中压储气罐_____ 只，分_____ 组，每只容积_____ m^3 ，工作压强_____ MPa；高压储气罐_____ 只，分_____ 组，每只容积_____ m^3 ，工作压强_____ MPa。

(2) 讨论是否可以从空气压缩机直接输送高压空气至加压舱？为什么？

(3) 你对加压系统的设置、安全操作等方面有何建议？

(康志敏 徐伟刚)

实习二

操舱练习

一、目的与要求

- 了解加压舱使用前的准备工作和使用结束后的注意事项。
- 初步掌握加压、稳压、通风和减压操作。
- 了解如何使用过渡舱和递物筒。

二、设备与器材

(1) 加压系统全套设备。

(2) 定时钟、记录纸和笔。

三、方法与步骤

(一) 人员分工

以每3名学员为一小组,交替担任正、副操舱员和记录员。各小组依次操作。由一名高压技师协助操控所需要的高压气源、电源和通讯设备。

(二) 检查加压系统备便情况

1. 高压技师工作

由高压技师带领学员检查空气压缩机、输气管路、加压舱和储气瓶及其充气情况(主要由高压技师完成,学员熟悉顺序及过程),学员把备便情况报告授课教员。

2. 授课教员工作

授课教员带领学员对加压舱主要部件进行复查。

(1) 进气阀、排气阀的转动是否灵活,其舱内开口有无堵塞,

是否有漏气现象。检查完毕，将进气阀置于“关”的状态、排气阀置于“开”的状态。

(2) 舱室压力表指针是否指在零点，并根据即将施加的压力值，打开或关闭低压表阀。

(3) 检查舱内外通讯系统，包括音频和视频，并进行通话试验。

(4) 检查舱内照明设备，确保正常。

(5) 检查观察窗有无破损迹象。

(6) 检查递物筒内外盖是否关紧。

(7) 检查平衡阀是否关紧。

(三) 按要求加压、稳压、通风和减压

1. 加压

关闭排气阀，控制好进气阀开启程度，按规定的速度升压。如果目标压力较高或舱内人员较多、空调不能正常工作或未安装空调而气温又较高时，可以适当打开排气阀。当然，进气量必须大于排气量。

2. 稳压

理论上说，稳压时加压舱密闭，没有气体排出，也不需要进气；但实际上，由于存在大量的管路、阀门及通道，舱内气体有可能持续小量泄漏（一般为漏出，也可能通过进气管有漏进）。因此，必须采取间断性或持续性补气或排气，以维持舱内气压的恒定。一般要求舱内压的波动应小于 ± 0.01 MPa。此时进气量和排气量相等。

3. 通风

加压舱必须定期或持续通风，同时打开进气阀和排气阀，保持舱内压力不变；通风强度（即进、排气量的大小）必须根据加压舱内容积大小达到一定的值（相当于常压下每分钟多少立方米）。此时进气量也等于排气量。

4. 减压

到达预定的高压下停留原定时间后开始减压，关紧进气阀、打开排气阀，但必须控制好排气阀门开闭程度，以保证符合规定的减压速率。为减少减压时产生的雾气，也可小量开启进气阀，但排气远大于进气。当舱内压降至常压后，才能打开舱门。

(四) 过渡舱(又称辅舱或前舱)及递物筒的使用

1. 过渡舱的使用

(1) 从外向舱内过渡：①进入过渡舱，关门升压至与主舱一致；②打开平衡阀，二舱压力完全平衡后，打开舱间门，人员或物品进入主舱；③关舱间门和平衡阀，将过渡舱减至常压(也可根据具体情况等待与主舱一同减压)。

(2) 从主舱向外过渡：①关闭过渡舱外门，升压至与主舱一致；②打开平衡阀，二舱间压力完全平衡后，打开舱间门，人员或物品进入过渡舱；③关舱间门和平衡阀，按规定速率将过渡舱减至常压，打开过渡舱门，人员或物品出舱。

2. 递物筒的使用

递物筒的使用与过渡舱的使用原理及方法相同(前述打开“舱间门”，此时即为打开“递物筒内门”)。

(五) 加压舱使用后检查及归位

(1) 加压舱使用完毕后除对舱内环境进行清洁、消毒外，还必须对加压舱进行一次检查，包括门及把手、管道、接头、阀门、观察窗、压力表及舱内的供气、供氧装置等。

(2) 必须将所有阀门、电气开关及其他活动装置归位至使用前的状态。

(3) 如发现异常，立即按规定维修或更换。

四、讨论

问题(1) 加压前的准备及加压后的操作事项主要包括哪些?谈谈做这些工作的必要性。

(2) 讨论加压过程各阶段如何操作才能满足最佳的加压要求。

(3) 通风的时机及主要目的是什么?

(4) 如何操作才能保证加压舱体各阀门的最佳工作状态?

⑤: (5) 谈谈对稳压、通风和减压的操作体会。

主入(6)论述按规定速度减压的重要意义。余代丑(二), 陶商平(七) 替参(六)本具提界(七)丑常至(二)鍾(七)长淋, 陶商平(七)自(二)鍾(七)关(七); 鍾(七) (丑鍾同(徐伟刚))