

指导性文件
GUIDANCE NOTES
GD05-2022



中国船级社

饱和潜水系统检验指南 2022

2022 年 5 月 1 日生效

前言

随着饱和潜水技术的发展，饱和潜水已被广泛应用于海洋工程中。对于饱和潜水系统的检验需要有一份内容明确、详细、适用的技术指导文件。目前，我社涉及饱和潜水系统方面的规范有《潜水系统与潜水器入级规范 2018》，但规范中无法包含更多、更详细的技术、检验要求，且 2021 年生效的《饱和潜水系统外循式环控设备检验指南 2021》和《饱和潜水系统自航式高压逃生艇检验指南 2021》，也缺少相关的关联性。本指南旨在编制更加详细、适用的技术标准，指导饱和潜水系统的入级、检验工作，提升我社的服务能力。

本指南与《饱和潜水系统外循式环控设备检验指南 2021》和《饱和潜水系统自航式高压逃生艇检验指南 2021》互为补充。

目 录

第1章 总则	1
第1节 一般规定	1
第2节 入级与检验	1
第3节 定义	2
第4节 图纸资料	3
第5节 材料	5
第2章 饱和潜水设备	5
第1节 概述	5
第2节 一般规定	6
第3节 潜水钟	7
第4节 甲板减压舱	8
第5节 潜水员热水系统	9
第6节 舱室环境控制系统	9
第7节 潜水员呼吸气体回收系统	9
第8节 储气供气系统	10
第3章 电气装置	10
第1节 一般要求	11
第2节 电源和配电	11
第3节 控制和设备	11
第4节 电气贯穿件	12
第5节 通信与航行设备	12
第4章 消防	12
第1节 防火	12
第2节 失火报警和探火	13
第3节 灭火装置	13
第4节 逃生装置	14
第5章 吊放系统	14
第1节 一般规定	14
第2节 安全工作负荷(SWL)	14
第3节 绞车	15
第4节 液压泵站	15
第6章 自航式高压逃生艇	16
第1节 自航式高压逃生艇的设计与建造	16
第2节 自航式高压逃生艇降落装置的设计与建造	17
第7章 试验要求	17
第1节 舱室系统	17
第2节 电气绝缘测量、电源控制及转换系统试验	18
第3节 舱内监控及通讯系统部分功能试验	19
第4节 环境控制系统检验及试验	20
第5节 探火及灭火系统检验及试验	23
第6节 潜水钟吊放系统检验及试验	23

第 7 节 热水机功能测试.....	24
第 8 节 氦气回收系统功能性试验.....	24
第 9 节 其它功能试验.....	27
附录 1 饱和潜水系统产品持证清单	28
A 饱和潜水系统入级产品持证要求一览表.....	28
B 饱和潜水系统法定产品持证要求一览表.....	31
C 饱和潜水系统起重设备产品持证要求一览表.....	32

第1章 总则

第 1 节 一般规定

1.1.1 目的

《饱和潜水系统检验指南》（以下简称“本指南”）为中国船级社（以下简称 CCS）《潜水系统和潜水器入级规范》的补充，旨在为饱和潜水系统提供详细、合理和安全可靠的制造、检验标准，以满足水下作业、科学考察等海洋开发活动和保险业的需要。

1.1.2 适用范围

1.2.1 本指导文件适用于申请 CCS 检验的饱和潜水系统，其他潜水系统可参照本指南执行。

1.2.2 对于饱和潜水系统的入级和检验要求，如《潜水系统和潜水器入级规范》没有明确要求的，按照本指南执行。如本指南与《潜水系统和潜水器入级规范》要求有不协调之处，应以《潜水系统和潜水器入级规范》要求为准。

1.1.3 引用文件

- 1.3.1 《潜水系统和潜水器入级规范》（2018）
- 1.3.2 A.831(19)1995 年潜水系统安全规则
- 1.3.3 A.536(13)决议 潜水系统安全规则
- 1.3.4 《饱和潜水系统自航式高压逃生艇检验指南》（2021）
- 1.3.5 《饱和潜水系统外循式环控设备检验指南》（2021）
- 1.3.6 A.583(14) 潜水系统安全规则修正案（1985）
- 1.3.7 经修正的 MSC.48(66)《国际救生设备规则》

第 2 节 入级与检验

符合《潜水系统与潜水器入级规范》或等效要求规定的潜水系统，CCS 将授予入级符号，并载入 CCS 船舶录。

潜水系统除可作为一完整系统入级外，其主要部件，如甲板减压舱、潜水钟等也可以单独入级。

其他入级与检验要求见《潜水系统与潜水器入级规范》第 2 节的相关要求。

第3节 定义

1.3.1 载人压力舱

载人压力舱是一种能够装载 1 个或多个潜水员，且能够承受超过 0.14bar 压力差（相对外部或者内部压力）的容器。

1.3.2 饱和潜水

饱和潜水是一种采用载人压力舱的潜水方式，潜水员持续暴露于某种深度（高压）下达到一定时间后，溶解于机体组织内的惰性气体达到完全饱和的程度，即使再在该深度延长暴露时间，饱和度也不再增加。

1.3.3 潜水系统

在压力状态下运送潜水员进行潜水作业所需要的整套装置和设备，一般包括潜水钟、甲板减压舱、高压逃生舱、储气设施和吊放系统等。

1.3.4 饱和潜水系统

饱和潜水系统是指饱和潜水作业所需要的整套装置和设备。

1.3.5 闭式潜水钟

用于载人水下观察或在水下作业现场和甲板减压舱之间运送潜水员的装置，包括其装载的设备。

1.3.6 甲板减压舱

安装在母船或海上平台等，供潜水员加压、减压和饱和潜水时潜水员在高压下居住用的装置。通常舱内或舱外具有能控制舱内外压力差的装置。

1.3.7 吊放系统

在母船或海上平台等与水下工作现场或海面之间起吊、降放潜水钟的装置和设备。

1.3.8 生活舱

甲板减压舱内配有必要的生活设施，主要作为潜水作业期间潜水员居住用的舱室。

1.3.9 过渡舱

供潜水人员从不同环境中出入生活舱时使用的压力平衡舱室。

1.3.10 生命支持系统

在潜水作业或航行中，在所有压力范围和条件下，为潜水钟、甲板减压舱或水下居住室内的人员提供安全环境所必需的储气、供气、有害气体去除、温度、湿度调节与控制、以及应急支持等的系统的综合。

1.3.11 高压逃生系统

一种包含载人压力舱的可移动系统。潜水员可以使用该系统安全地从潜水作业中撤离，直到可进行减压的某一地点。

1.3.12 自航式高压逃生艇

一种自身具有动力推进系统的高压救生艇，这种救生艇带有生命支持系统的载人减压舱，配有在常压下操作和照顾潜水员的人员。

第 4 节 图纸资料

饱和潜水系统需要送审的图纸资料如下，CCS 认为必要时，可要求增加送审图纸资料的范围。

1.4.1 总体和结构部分

- (1) 总布置图；
- (2) 系统图；
- (3) 耐压壳体结构图；
- (4) 强度计算书；
- (5) 材料规格书；

1.4.2 机械部分

- (1) 机械设备布置图；
- (2) 机械设备总装图；
- (3) 机械设备明细表；
- (4) 管系原理图；
- (5) 材料规格书；
- (6) 机械设备、管系计算书；

1.4.3 生命支持系统

- (1) 系统原理说明书;
- (2) 生命支持计算书;
- (3) 强度计算书;
- (4) 冷热水管路图纸;
- (5) 脐带图纸;
- (6) 环境控制系统图纸;
- (7) 其他保证安全作业的生命支持设备;

1.4.4 吊放系统相关图纸

1.4.5 救生设备相关图纸

1.4.6 消防系统相关图纸

- (1) 消防系统、说明书;
- (2) 防火、探火、灭火装置布置图;

1.4.7 电气部分图纸

1.4.7.1 饱和潜水系统相关图纸资料:

- (1) 电气说明书;
- (2) 技术条件;
- (3) 电力系统图, 或者单线图;
- (4) 电力负荷计算书, 和/或蓄电池容量计算书;
- (5) 电力推进装置单线图和原理图 (如适用);
- (6) 主要饱和潜水系统 (例如: 生命支持, 通信, 导航, 探火, 照明等) 的电气系统图;
- (7) 主要电气设备布置图;
- (8) 电气设备明细表;

1.4.7.2 主要设备相关图纸资料:

- (1) 总图或外形尺寸布置图;
- (2) 面板布置图;
- (3) 产品技术条件, 包括专用设备的详细技术资料和试验报告;
- (4) 电气原理图, 包括配套电器规格明细表;
- (5) 接线图 (包括内部和外部);

(6) 产品说明书。

第5节 材料

潜水系统结构、受压容器和机械等用的钢材、铸钢件、锻钢件等主要材料的制造、试验和验收，除满足《潜水系统和潜水器入级规范》外，还应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。对于新型材料的使用，应满足公认标准要求，公认标准是指 CCS 接受的适用国际或国家标准，或由公认组织制定和维护的标准。

第2章 饱和潜水设备

第1节 概述

饱和潜水系统一般安装在潜水作业母船上，用于海上饱和潜水作业。潜水员在进行饱和潜水作业时，必须生活在饱和居住舱内，使机体在相当于作业面压力的环境下达到完全饱和。经过一段时间观察潜水员没有不适反应后再进行潜水作业，这时借助潜水钟把潜水员从减压舱运送至海底潜水作业地点；潜水作业完成后，仍通过潜水钟将潜水员接回减压舱内休息。饱和潜水系统总体布置图如图 1 所示，包含甲板减压舱、潜水钟、吊放系统、生命支持系统、机电房及潜水钟控制室、高压逃生舱等。

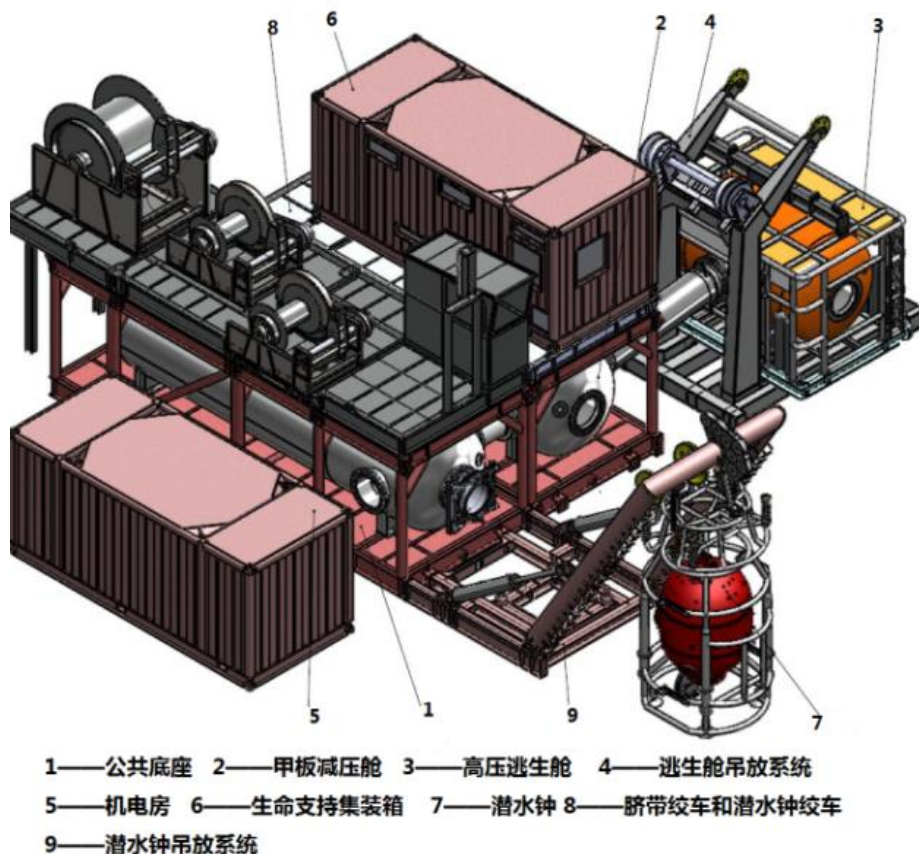


图 1 饱和潜水系统示意图

第 2 节 一般规定

2.2.1 潜水系统的设计和制造应尽量合理和可行，使任何单一部件的损坏不致造成整个系统处于危险状态。在系统和部件设计中，除了考虑设计参数，例如压力、温度、振动、操作和环境条件外，还应考虑吊放操作不当及意外事故的影响。

2.2.2 饱和潜水系统的设计、建造、安装和试验，除应符合《潜水系统和潜水器入级规范》的相关规定外，还应根据所安装或适用的场合分别满足我社《钢质海船入级规范》或《海上移动平台入级与建造规范》的有关规定。

2.2.3 对于外循式环控设备和自航式高压逃生艇的相关设备，还应满足我社《饱和潜水系统外循式环控设备检验指南》和《饱和潜水系统自航式高压逃生艇检验指南》的相关要求。

2.2.4 潜水系统的所有组成部件的设计、建造和布置应能使其便于进行清理、消毒、检查和维修。

2.2.5 甲板减压舱、潜水钟和高压逃生舱的出入舱口的内径应不小于 600mm。

2.2.6 潜水系统不应安置在海上平台的危险区内。如不可避免地要安置在 1 或 2 类危险

区内时，应采取必要措施，并经 CCS 审查同意。

2.2.7 甲板减压舱舱室和潜水钟应装设安全阀或超压报警器。如装设安全阀，则在安全阀与舱室之间应安装一手动速闭阀，此阀应以一易断金属丝固定在开启状态，其位置应便于人员操作。

第 3 节 潜水钟

潜水钟是一种无动力潜水装置，用于运送潜水员。其必须能够承受潜水作业深度的内、外压，属于压力容器。潜水钟应含深度（压力）控制、呼吸气体供给、气体成分控制、通信、照明、视频等功能。

如图 2 所示为闭式潜水钟，其功能是在压力状态下运载潜水员到达潜水作业位置或返回甲板居住舱。同时，潜水钟又作为水下作业基地和应急避难场所。

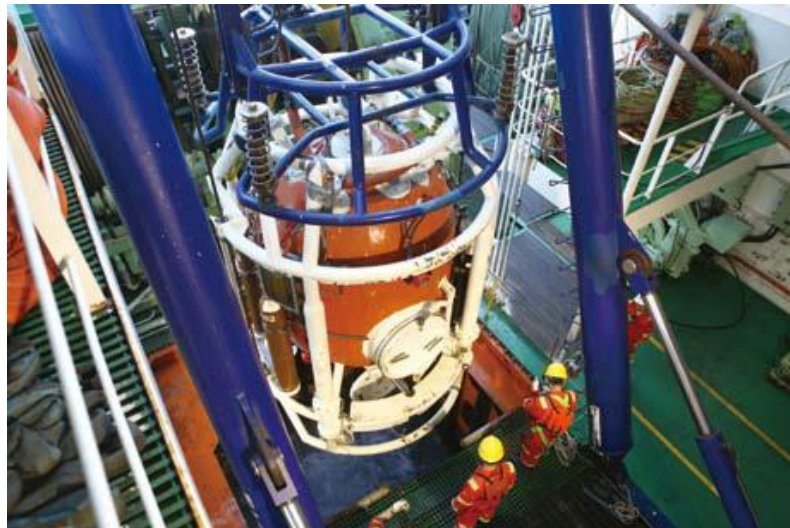


图 2 闭式潜水钟

2.3.1 潜水钟应设有适当的保护装置，以防止在吊放操作中受到机械损伤。

2.3.2 潜水钟除应有主提升吊环外，还应有一附加的吊放系固点。其设计应足够吊起整个潜水钟的重量，包括压载、设备以及留在钟内的潜水员重量。

2.3.3 潜水钟的出入口盖应具有能承受外压力和内压力的密封，且应能从任何一侧开启。

2.3.4 每一潜水钟均应设有观察窗，并尽可能使钟内人员能够看到钟外的潜水员。

2.3.5 潜水钟的内部空间应足够容纳额定人数的潜水员，连同必要的设备和器件，且能顺利地开关底部出入口盖。

2.3.6 对潜水钟易受腐蚀的部位应考虑增加其厚度或根据所用材料的抗腐蚀性能和使用环境条件采取适当的保护措施。

2.3.7 潜水钟底部人员出入口的内径应不小于 650mm。

2.3.8 应有钟内潜水员拖拉钟外失去知觉潜水员入钟的设施。

2.3.9 钟内的每一潜水员都应有一合适的座位，座位上应有安全带。

2.3.10 应向钟内潜水员和潜水控制站人员提供一份应急通信敲击码。应急通信敲击码应在潜水钟外张贴，应急通信敲击码的副本应在潜水钟内的观察窗附近张贴。

第 4 节 甲板减压舱

甲板居住舱的功能是为处于惰性气体饱和状态下的潜水员提供生活和居住场所。饱和潜水系统可以具有单个居住舱，也可以具有多个居住舱。为了提高饱和潜水作业效率，满足同时进行不同深度的作业要求，目前大多数饱和潜水系统具有 2 个或 2 个以上的甲板居住舱。

甲板减压舱通常包括以下几个部分：

- (1) 深度（压力）控制系统；
- (2) 应急呼吸系统；
- (3) 气体成分控制系统；
- (4) 温湿度控制系统；
- (5) 通信系统；
- (6) 视频监控系统；
- (7) 照明系统；
- (8) 卫生系统；
- (9) 舱底水排放系统；
- (10) 消防系统；

2.4.1 甲板减压舱应至少有两个舱室或两个连通的独立舱室，其中一个舱室应作为过渡舱。

2.4.2 甲板减压舱的舱室中应有一个是生活舱，最小的舱室也应能足够容纳 2 名人员。

2.4.3 生活舱最低净高度不应低于 1.8m。对最大工作压力小于 2N/mm^2 的舱室，其最低净高度，经 CCS 同意，允许适当减少。

2.4.4 生活舱和拟作加压用的其他舱室应设有递物筒，当在高压下有人居住时，能通过该筒提供食品、药物和器件。递物筒的设计，应能防止当舱室处在压力状态下，递物筒两端门盖被同时意外地打开，应有联锁装置。

2.4.5 每一舱室都应设有观察窗，以便从外面观察到舱内所有居住人员的状况。

第 5 节 潜水员热水系统

潜水员热水系统其功能是加热潜水钟、为潜水员提供热水和呼吸气体加热。主要包含热水供排系统、潜水钟加热系统、潜水员热水供给系统。

2.5.1 应能使用水面提供的热水加热潜水钟内部。

2.5.2 应能使用水面提供的热水向潜水员的热水服供给热水。潜水钟内应有热水温度显示，应能调节向潜水员提供的热水的流量。

第 6 节 舱室环境控制系统

饱和潜水载人舱室的环境控制系统分为外循环和内循环两种基本形式。外循环是舱内主气体通过管路经舱外生活保障系统再循环回舱内。内循环是舱室气体在舱内的循环。

外循环占地面积大，但维修和使用方便，常用于陆基系统。内循环占地面积小，但使用和维修不方便，常用于船基系统。

环境控制系统主要作用是将压力舱内的 CO_2 分压、温度和湿度控制在合理的范围内，分别为：

温度：具备加热和冷却功能，温度控制偏差为 $\pm 1^\circ\text{C}$ ；

CO_2 ： CO_2 分压不得超过 1 kPa（10 mbar）， CO_2 吸收能力应不低于相当于一个大气压下每个潜水员 22 L/h；

湿度：推荐相对湿度控制范围为 $50\%\pm 20\%$ 。

舱室环控系统的要求

舱室环控系统（内循环方式）应满足下列要求：

2.6.1 环控系统必须具有主电源和应急电源，并能切换供电。

2.6.2 环控系统必须在饱和潜水系统作业环境温度范围内以及甲板减压舱满员的条件下，满足对甲板减压舱温度和相对湿度控制的要求。

2.6.3 应具有备用环控功能。

第 7 节 潜水员呼吸气体回收系统

饱和潜水呼吸气体中的氦气价格昂贵，因此潜水员在水下工作时一般采用闭式呼吸回路，循环使用呼吸气体中的氦气。潜水员呼吸气体回收系统的功能是回收潜水员呼吸气体。

潜水员呼吸气体回收系统应满足下列要求：

2.7.1 潜水员呼吸气体回收系统必须是专门设计和制造的，应符合相应法规和规范要求。

2.7.2 潜水员呼吸气体回收系统的控制面板应安装在潜水控制室内潜水监督方便到达及所有的仪表都能清楚显示的地方。

2.7.3 潜水员呼吸气体回收系统压缩机故障的听觉和视觉报警装置应安装在控制面板上。

2.7.4 潜水员呼吸气体回收系统的补氧装置必须可以限制氧气的流量，保证补氧数量不超过潜水员代谢耗氧。当气体回收系统电力中断时，补氧装置必须自动关闭。

2.7.5 当采用回收气体向潜水员供气时，闭式潜水钟控制室必须对提供给潜水员的呼吸气体中的氧和二氧化碳浓度进行持续监测。分析仪应具有高低报警设定和声光报警。

2.7.6 潜水员呼吸气体回收系统的气体压缩机必须是允许压缩混合气的专用压缩机。

2.7.7 采用潜水员呼吸气体回收系统时，潜水员必须采用专用的带呼吸气体回收功能的潜水面罩或头盔。

2.7.8 潜水员呼吸气体回收系统的操作程序必须张贴在潜水控制室。

第8节 储气供气系统

储气供气系统的功能是储存和输送饱和潜水作业需要的各种气体。储气系统由储气瓶组、气体输送管系、气体压缩机等组成。

对于使用潜水系统进行的每次潜水作业，应备有足够的适应预定任务的呼吸气体，以供正常和应急情况下使用。

储气系统应满足下列要求：

2.8.1 储气系统的气体储存种类和储气量要满足饱和潜水作业对各种气体的储备要求。

2.8.2 潜水钟储气系统与减压舱储气系统必须分开，避免用气时互相干扰。

2.8.3 储气系统(包括储气瓶、供气管路、管汇等)必须具备有效检验证书、工作压力标志及气体成份标志。

2.8.4 储气区域应具有高压警示标志。

2.8.5 储气区域应具有消防设施。

2.8.6 封闭的储气区域应设置氧浓度分析仪，并具有氧浓度高低报警设定和声光报警。

2.8.7 封闭的或无人的储气区域应设置火灾探测装置。

2.8.8 其余要求按照饱和潜水作业气体管理规定。

第3章 电气装置

饱和潜水系统的电气装置主要包括电源、照明、监视系统、通讯系统及报警系统，环境

控制和供气等生命支持系统的控制和监测设备等。上述设备分散布置于饱和潜水集装箱、设备集装箱、甲板减压舱、潜水钟、吊放系统和高压逃生系统。

第 1 节 一般要求

3.1.1 饱和潜水系统的电气装置应能在《潜水系统和潜水器入级规范》第 10 章第 1 节 10.1.2 的环境条件下正常工作。尤其应关注潜水钟横摇和横倾范围、温度、相对湿度、含盐量和压力范围的要求。

3.1.2 潜水钟和甲板减压舱内所有电气设备的最高电压，应不超过 48V，通常采用直流 24V。

3.1.3 除了在浸没式加热器电路和按正常操作难于设置过流保护装置的支路这两种情况下可以使用熔断器外，均应采用电流断路器作为保护电器。

第 2 节 电源和配电

3.2.1 饱和潜水系统应设置主电源和应急电源。通常饱和潜水系统主/应急电源直接由母船或海上平台上的主/应急电源分别供电。

3.2.2 应急电源的供电范围应满足《潜水系统和潜水器入级规范》第 10 章第 2 节 10.2.1.7 的设置和供电要求。

3.2.3 高压逃生艇应按照《饱和潜水系统自航式高压逃生艇检验指南》7.6.4 的要求设置相互独立的主电源和应急电源。

3.2.4 下列各系统和装置的电气设备应由主配电板或分配电板的独立支路供电：（1）潜水钟的吊放系统（若是电动的）；（2）舱室和潜水钟的照明系统；（3）生命支持系统的电气设备；（4）通信系统，电视监视系统。

第 3 节 控制和设备

3.3.1 通常饱和潜水控制台应设置应急状态下可单独切断舱室和潜水钟内各用电设备电源的设施。

3.3.2 载人舱室耐压壳体内部的电缆应是滞燃和耐火型电缆，并应为无卤电缆。水中电缆应为耐压水密型电缆。

3.3.3 脐带电缆应为柔性、不吸湿电缆，并具有足够的拉伸强度。一般情况下，应采取 措施不使脐带电缆承受拉伸载荷。

3.3.4 每一蓄电池组应具备有测量和读取蓄电池容量的措施。且蓄电池组每一非接地极

上均应设有过载和短路保护。

3.3.5 饱和潜水系统正常照明的照度应在 65~80lx 范围内。内部照明的应急电源应由独立的应急电源供电，不必依靠水面供电。应急照明在应急情况下应能自动开启。

第 4 节 电气贯穿件

耐压壳体或压力容器上的电气贯穿件的布置和试验应满足《潜水系统和潜水器入级规范》第 10 章第 4 节的相关要求。

第 5 节 通信与航行设备

饱和潜水系统通信设备主要用于潜水系统控制站和潜水员，载人舱室及其他重要控制位置之间的通信。

通常每一饱和潜水系统应配备两套或多套通信系统以实现直接双向通信和应急通信的要求。实际通常采用氦氧对讲系统，声力电话系统和便携式手提电话的组合形式满足潜水系统控制站同各位置，各处所或人员之间的直接双向通信要求；采用水声电话的形式以满足应急通信的要求。

饱和潜水系统的潜水钟内应设置满足经 A.831(19)决议案修正的 IMO《潜水系统安全规则》第 2.12.5 条（见 CCS《潜水系统和潜水器入级规范》附录 C）规定的应急定位装置。

第4章 消防

饱和潜水系统的消防及其设施的设计、制造、安装和试验应符合中国船级社《潜水系统和潜水器入级规范》第 12 章及《钢质海船入级规范》第 6 篇和《海上移动平台入级规范》第 7 篇的有关规定。

饱和潜水系统的消防主要由防火、失火报警和探火、灭火和逃生这四部分组成。

第 1 节 防火

4.1.1 材料

饱和潜水设备所用的材料尽可能是阻燃型的和无毒的，以便使失火危险和着火源减至最小限度。

4.1.2 火灾的限制

4.1.2.1 饱和潜水系统如安置在母船或海上平台的封闭处所内时，该处所应以 A-60

级舱壁和甲板与相邻处所或房间分隔。并应设有每小时至少能换气 8 次的机械通风设备。

4.1.2.2 饱和潜水系统如安置在母船或海上平台的甲板上等非封闭处所内时，不应安置在海上平台的危险区内，母船或海上平台该处所消防布置图需经 CCS 审查同意。

4.1.2.3 安置在母船或海上平台上的饱和潜水系统的甲板控制室处所，如控制室与有失火危险的相邻围蔽处所之间的限界面舱壁和甲板应隔热至 A-60 级标准。

4.1.2.4 饱和潜水系统的机器处所的舱壁和甲板，应尽可能隔热至 A-60 级标准，燃油舱的空气管应通往开敞处所的安全位置，透气管应设有防火网。

4.1.2.5 饱和潜水系统机器处所的舱柜，应设有一个报警装置，以便当舱柜溢流或油量达到舱柜预定液面高度时能发出报警；或作为替代措施，在溢流管上应设有一个具有良好照明的玻璃观察窗以便查看任何舱柜是否溢油。该玻璃观察窗仅允许布置在垂直管上易见之处。

第 2 节 失火报警和探火

4.2.1 安置饱和潜水系统的封闭处所内应设置自动失火报警和探火系统，并应在人员易于到达的适当地方安装一定数量的手动报警按钮，每一出口都应装有手动报警按钮点。在每一层甲板的走廊内，手动报警按钮的位置应便于到达，且走廊的任何部位距手动报警按钮的距离都不得超过 20m。

4.2.2 对于可能存在易燃易爆气体和非经常有人监视的如蓄电池舱室，应设置气体检测装置，并在控制室发出听觉和视觉报警。

4.2.3 对各舱室内火灾探测器进行模拟测试，应能工作正常，且应在控制面板上显示报警探测器所在舱室，上述报警系统的构造应能显示该系统本身发生的故障，控制室应备有适当的试验和校准设备。

第 3 节 灭火装置

4.3.1 安置饱和潜水系统的处所内应设置认可型的手提式灭火器，其中一只应放在该处所的入口处附近。

4.3.2 当上述处所为封闭处所时，应设置对水平投影面积供水率为每分钟 10L/m² 的手动水雾系统，以便在外部失火时，冷却和保护潜水系统。当饱和潜水系统位于露天甲板上时，母船或海上平台上的消防水带可取代上述水雾系统，满足经 CCS 审查同意的消防布置图。

4.3.3 甲板减压舱的每一舱室至少应设有一个手动灭火装置，该装置应能对舱室内的任何部位快速而有效地散布灭火剂，避免使用有毒或对人体呼吸有害的灭火剂，一般灭火剂为水剂。

4.3.4 控制台应至少设有一只认可型的手提式灭火器。

4.3.5 灭火剂的容量应能足以扑灭任何可能预见的火灾，舱室内的灭火装置应能在舱室不减压的情况下而重新补充，灭火装置应有合适的尺寸。

4.3.6 当甲板减压舱内和高压逃生艇内逃生舱有加压喷射系统时，对固定式高压水灭火系统进行测试，灭火剂释放时间不能低于 1 分钟，施放 1 分钟后，存放灭火剂容器内压力降不低于释放前 30%，且该压力下灭火剂能以雾状释放。

第 4 节 逃生装置

4.4.1 饱和潜水系统的控制台应设有认可型的可携式自给压缩空气呼吸装具，供给该装具的压缩空气储量，应按每分钟消耗 60L 至少能供应 30min 计算，呼吸器所用的空气瓶应能互换。

4.4.2 饱和潜水系统脱险通道应保持安全状况，无障碍物，和应提供其他必要的辅助逃生设施，确保其易于到达、标志清晰、设计能满足紧急情况需要，不允许设有长度超过 7 m 的端部封闭的走廊。

第5章 吊放系统

第 1 节 一般规定

吊放系统作业海况等级不能超过蒲氏风级 5 级。如需在超过蒲氏风级 5 级海况作业时，将予以特别考虑。

第 2 节 安全工作负荷(SWL)

5.2.1 吊放系统的安全工作负荷，是指经正确安装的吊放系统在设计作业工况下证明能吊放的最大静载荷；

吊放系统的安全工作负荷，应按下列两者算得之大者：

5.2.1.1 潜水器和起升钢索外露段在空气中的最大重量；

5.2.1.2 起升钢索外露段的最大重量以及潜水器和起升钢索淹没段在水中的重量之和。

5.2.2 活动零部件的安全工作负荷，是指活动零部件经设计和试验证明能承受的最大载荷。

此最大载荷应不小于吊放系统在安全工作负荷下，活动零部件会受到的最大载荷。

5.2.3 额定能力系指在设计条件下，卷筒缠满绳索并以额定速度运行时能起吊的最大载

荷。

5.2.4 设计要求详见 CCS《潜水系统和潜水器入级规范》第 14 章第 2 节。

5.2.5 零部件和绳索详见 CCS《潜水系统和潜水器入级规范》第 14 章第 3 节。

第 3 节 绞车

5.3.1 主要材料的选用应满足 CCS《船舶与海上设施起重设备规范》第 6 章 6.2、6.3 的要求。

5.3.2 动力绞车应设置制动器，在运转动力故障时，应能使载荷保持在位。绞车制动器的有效制动力矩应不少于绞车额定值的 1.5 倍。

5.3.3 卷筒设计

5.3.3.1 绞车卷筒上的钢索应能排列整齐，必要时应设置排绳器。建议卷筒的长度能单层绕完所需收进的钢索；如钢索单层卷绕布置为不现实时，则卷筒上所绕的钢索一般不应多于 3 层，如果符合下列任一要求，所绕钢索可多于 3 层。

- (1) 设置有排绳器；
- (2) 卷筒上有绳槽；
- (3) 排绳角限制在 20° 以下。

5.3.3.2 绞车卷筒上的钢索长度，应适合于设计范围内的任何位置使用，并在卷筒上留存的钢索在任何情况下应不少于 3 圈。

5.3.3.1 当所需收进的钢索全部绕上卷筒后，绞车卷筒凸缘应高出最上层钢索不少于 2.5 倍钢索直径。

5.3.4 强度计算和许用应力（含主轴及传动齿轮）

5.3.4.1 当用原动机额定转矩 100% 计算传动装置及其它受力零部件的应力时，受力零部件的计算应力不得超过材料屈服极限的 40%。

5.3.4.2 与最恶劣的工作条件相应的原动机最大转矩，受力零部件的计算应力不得超过材料屈服极限的 90%。

5.3.4.3 承受制动负载时，受力零部件的计算应力不得超过材料屈服极限的 90%。

第 4 节 液压泵站

5.4.1 压力管强度计算和许用应力应满足 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 2 章第 2 节要求。

5.4.2 泵和管路的液压试验和密性试验一般应按 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 2

章的规定进行试验。

5.4.3 液压系统的泵、阀件和管路应符合 CCS《潜水系统和潜水器入级规范》第 9 章第 2 节 有关规定。

5.4.4 液压设备的密封件所用的材料应与液压介质的工作温度和压力相适应。

5.4.5 液压介质应具有良好的化学稳定性和粘温性能，建议采用防火无毒的液压介质。

5.4.6 液压管系中应装设滤油器。

5.4.7 液压泵的输出端应装设安全阀。安全阀排出的液体应回送至泵的吸入端或舱柜内。

5.4.8 采用液压控制的机械应设有手动控制机构或其他等效设施，以便在应急情况下使用。

5.4.9 液压管路应避免靠近氧气系统敷设，如不可避免时，应采取必要措施以防发生危险。

5.4.10 液压系统应设置低液位报警或低压报警。

第6章 自航式高压逃生艇

第 1 节 自航式高压逃生艇的设计与建造

6.1.1 除另有规定外，自航式高压逃生艇应符合《国际救生设备规则》 1.2 和 4.4 的一般要求。

6.1.2 根据自航式高压逃生艇的设计，还应符合 LSA 规则 4.6 关于全封闭救生艇或者 LSA 规则 4.7 自由降落救生艇的要求。

6.1.3 对于母船需要配备耐火救生艇的情况，自航式高压逃生艇应满足 LSA 规则中对于耐火救生艇以及配备空气维持系统救生艇的相关要求。

6.1.4 除了救生艇要求配备的双点吊钩系统外，载人压力舱应设有单点提升装置用于回收。单点提升装置应能够承受 3 倍救生艇满载重量的静载荷，提升装置结构的安全系数为 2，其余的吊钩组件的安全系数为 4。

6.1.5 所有的属具、消耗品等应按照 72 小时进行配备。

6.1.6 对于燃油舱的容量，其设计应满足：

6.1.6.1 前 1 个小时，喷淋系统和生命支持系统开启，救生艇 6 节航速航行。

6.1.6.2 前 24 小时，平均航速 6 节，生命支持系统开启。

6.1.6.3 后 48 小时，平均航速 5 节，生命支持系统开启。

6.1.7 若采用蓄电池作为动力源，其容量应满足救生艇 72 小时航行和生命支持系统的持

续开启。

6.1.8 淡水应按 6L 每人天配备，食品按 15000KJ 每人天配备。

6.1.9 自航式高压逃生艇的乘员平均体重应按照 82.5kg 计算。

6.1.10 根据 LSA 规则计算完整稳性时，自航式高压逃生艇的在燃油消耗至 10%的状态时，不应有过度的横倾。

6.1.11 根据 LSA 规则计算破舱稳性时，自航式高压逃生艇的高压逃生舱应认为是完整的。

6.1.12 自航式高压逃生艇的高压逃生舱接口若采用底接式，救生艇船底开孔处应进行加强，龙骨中断处应设置过渡结构。

6.1.13 自航式高压逃生艇的高压逃生舱接口若采用侧接式，应考虑救生艇的横向重量分布，其初始横倾角应不大于 1°。

6.1.14 逃生舱所在的救生艇底部区域的结构强度以及自航式高压逃生艇的与高压逃生舱的连接强度应根据逃生舱的载荷进行计算。

第 2 节 自航式高压逃生艇降落装置的设计与建造

6.2.1 除另有规定外，自航式高压逃生艇应符合 LSA 规则第 6 章的规定。

6.2.2 降落装置的设计载荷应留有一定的富裕度，应考虑到救生艇进水后额外增加的载荷。

6.2.3 降落装置与对接系统的连接应能在不利的横倾和纵倾角下顺利的完成，其连接应可靠牢固。对接操作应能够仅在重力和储存机械能的情况下完成。

第7章 试验要求

第 1 节 舱室系统

7.1.1 外观检查

各舱室设备、电缆及管路系统布置情况、完整性及外观检查，应符合所批准的图纸要求。

7.1.2 管路液压试验

所有承压管路连同附件一起，在制造完工后包扎热绝缘材料或涂上涂层之前，应进行管路内部液压试验。各管路液压试验的试验压力应为管路系统设计压力的 1.5 倍。

7.1.3 密性试验

7.1.3.1 各舱室系统安装完成后，应对舱室部分进行气密性试验。试验介质应为额定工作压力时的工作气体或者是含分压至少为 10%氦气的氦气与氮气的混合气体，试验压力为最

大工作压力，要求应在 4 小时内压降小于 1%。若气密试验过程前后温度变化较大，可通过 $P_1/T_1=P_2/T_2$ 方程式进行修正计算得出最终结果。

7.1.3.2 对于各气体管路系统，也应进行气密性试验，试验压力为最大工作压力，试验介质应为干净无油的压缩空气或氮气，试验压力为最大工作压力，要求应在 4 小时内压降小于 1%。若气密试验过程前后温度变化较大，可通过 $P_1/T_1=P_2/T_2$ 方程式进行修正计算得出最终结果。

7.1.3.3 结合舱室气密试验，对各管路供气系统的控制阀件进行各项功能试验，各供气管路应工作正常。

7.1.4 对各舱室的对接人孔及进出人孔进行启闭功能检查，确保人能从舱内两边人孔的关闭装置顺利操作并锁定。

7.1.5 将各舱室门及递物筒内外门关闭，以 $\leq 0.01\text{MPa/Min}$ 的速率加压，当联锁装置锁定时，其锁定压力应 $\leq 0.02\text{MPa}$ ，再以 $\leq 0.01\text{MPa/Min}$ 的速率对之减压，当联锁装置复位时，其复位压力应 $\leq 0.01\text{MPa}$ 。

7.1.6 对潜水钟与减压舱之间、高压逃生艇与减压舱通道之间的快速对接装置及气压联锁装置进行测试，气压联锁功能应能正常工作，快速对接装置的动力操作功能应正常工作，其动力操作功能与手动操作功能之间的切换应正常。

7.1.7 对潜水钟内应急气体供应系统进行各项功能测试，其控制功能及各阀件等均应工作正常。

7.1.8 对高压逃生艇，分别用外接供气面板使用外接供气管路系统、艇内备用供气系统及内部供气面板对高压舱内进行各项供气功能性测试，其内外供气管路系统及相应控制转换阀件功能应正常。

第 2 节 电气绝缘测量、电源控制及转换系统试验

7.2.1 对系统中的主要电气设备进行绝缘电阻测量，其测量值应满足相关标准要求。

7.2.2 对电源配电箱的绝缘低报警及保护功能、绝缘低保护功能越控进行测试，应能正常工作。

7.2.3 对主供电系统及应急供电系统之间切换功能进行测试，应能正常工作，各设备均应在主供电及应急供电情况下正常工作，且应急电源的容量应能满足设计要求。

7.2.4 对主蓄电池与备用蓄电池的充电功能进行检测，其各自充电功能应正常。

7.2.5 对主蓄电池与备用蓄电池之间的切换功能进行测试，应正常工作，且其容量均应能满足设计要求。

7.2.6 对潜水钟的应急蓄电池供电系统进行各项功能测试，应能正常工作，应急蓄电池容量应满足 CCS《潜水系统和潜水器入级规范》中第 8.5.5 条要求。

7.2.7 蓄电池充电时需考虑其通风功能，以防止危险气体积聚，并且通风功能需与充电功能之间互相联锁。

第 3 节 舱内监控及通讯系统部分功能试验

7.3.1 开启总电源控制开关，开启各舱内照明开关，舱内照明灯应工作正常，主照明及应急照明切换应正常。

7.3.2 按使用说明书操作主控台与各舱室之间的氦语音电话通讯，应对讲正常。

7.3.3 按使用说明书操作主控台各舱室之间的声力对讲电话，应对讲正常。

7.3.4 按使用说明书对潜水钟上所安装的应急定位装置、潜水钟内的水声电话进行模拟测试，其工作应正常。

7.3.5 按使用说明书操作主控台与潜水员头盔、潜水员头盔之间的双向通讯系统，其通讯应能工作正常。

7.3.6 测试潜水主控室与驾驶台、主控台与动力定位操作室、主控台与吊放操作室、主控台与减压舱就地控制位置之间的双向通讯系统，其工作应正常，并测试主控台与动力定位室之间的动力定位指示装置，其功能应正常。

7.3.7 对主控室内的氧分析仪（若有时）的显示功能及设定浓度报警功能进行测试，其各项功能应工作正常，是否需用标准气体对上述分析仪进行校准测试，由现场验船师根据情况决定。

7.3.8 对潜水钟内的固定式可燃（若有时）气体监测仪进行功能及设定浓度报警功能进行测试，相应功能应工作正常，其报警应延伸至潜水控制室，监测仪器是否需用标准气体进行校准测试，由现场验船师根据情况决定。

7.3.9 打开主控台监控系统，检查各舱室内、潜水钟内外、潜水员头盔的摄像头工作情况，监视器和画面应工作正常，监控系统对各摄像头之间的画面切换，放大应工作正常，录像系统的录制、所录制影像的存储，读取及回放功能应工作正常。

7.3.10 打开温湿度仪，二者工作及显示应正常，并在舱内设置标准温湿度仪进行测试，系统温度显示值与标准值之间误差应在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 之内，湿度显示值与标准值之间误差应在 10%RH 之内。

7.3.11 对各舱室的氧分析仪和二氧化碳分析仪的显示功能及设定氧浓度报警功能进行测试，应工作正常，是否需用标准气体对上述分析仪进行校准测试，由现场验船师根据情况

决定。

7.3.12 对各饱和舱内压力、潜水钟内压力、钟外压力与控制室压力的指示仪表进行检查，压力表的检定证书应在有效期内，且其显示应正常，两者之间的数值应相等。

7.3.13 打开舱内各风机，风机应能正常工作。

7.3.14 对各舱室内照度进行测试，当各舱室照明灯开启至最大亮度时，舱室中心照度应 $\geq 100\text{lx}$ ，舱室内的算术平均照度值应 $\geq 65\text{lx}$ 。

第 4 节 环境控制系统检验及试验

7.4.1 对每台环控设备自动控制及报警功能进行试验，并对自动控制与手动控制之间转换功能、对主控制与就地控制站之间转换功能、对各台环控设备相互切换功能进行试验，应能工作正常。

7.4.2 环控系统的温度功能试验及热交换系数（ $\text{W}/^{\circ}\text{C}$ ）测试

7.4.2.1 环控系统的升温能力及热交换系数（ $\text{W}/^{\circ}\text{C}$ ）测试

先通过公式计算，使选择试验的最大甲板减压舱的舱内用空气加压到与设计工作压力下的氮氧密度的等密度压力，然后用其它方法使试验舱内温度降至比环控系统设定指标温度下限低 7°C （若室外环境温度与设备温度指标下限差值已大于此差值，则可直接选室外环境温度为试验温度，有特殊情况，可由验船师与制造商根据现场情况进行确定）并稳定后，记录下减压舱内稳定温度及室外环境温度，开始利用一台环控设备对减压舱内进行升温，直至舱内温度从初始稳定温度升至与室温相同温度并保持稳定所需时间，然后继续给减压舱进行升温，直至减压舱内温度达到要求控制的最高温度并保持稳定，整个升温试验期间每隔 10 分钟记录一次舱内温度、环境温度、环控设备升温时的交换液体流量及进出口温度，以便验证环控设备的升温能力，并根据此试验计算出减压舱与外部环境的热交换系数（ $\text{W}/^{\circ}\text{C}$ ），以供后续设备使用参考。

7.4.2.2 环控系统温度控制能力及热交换系数（ $\text{W}/^{\circ}\text{C}$ ）测试

(1) 按每个潜水员发热量为 $200\text{W}/\text{人}$ ，在舱内设置模拟满员发热。

(2) 使舱内温度设定至额定潜水深度所需设定温度，利用一台环控设备开始工作，自模拟测试开始，每隔 10 分钟记录一次减压舱内温度，室外温度，环控设备热交换液的流量及进出口温度。

(3) 待舱内温度均达到设定值时，记录所需时间，并使之保持 90 分钟，以验证环控设备的温度控制能力是否满足设计要求，并据此计算出减压舱与外界的热交换系数（ $\text{W}/^{\circ}\text{C}$ ），以供后续设备使用参考。

7.4.2.3 环控系统的最大温度控制能力测试

接上条试验,使模拟潜水员发热量增至 300W/人,继续使舱内温度设定在额定潜水深度所需设定温度,当舱内温度无法保持在设定温度时,适当调节模拟发热量,使舱内温度能够保持在设定温度,并持续运行 90 分钟,每隔 10 分钟记录各数据,以确定其最大温控能力。

7.4.2.4 环控系统停止后温升时间测试

接上条试验,使模拟发热量维持在 200W/人,停止环控设备,每隔 10 分钟记录一次各项数据,验证舱内温度比停止环控设备时温度升高 3℃所需的时间,以便使用者掌握环控设备各项指标能力。

7.4.3 环控系统的湿度控制功能试验

为模拟潜水员在甲板减压舱的工作条件,通过手摇泵将水加入到甲板减压舱内的加热炉。由于高压环境,选择加热炉时,需要足够的功率使得加入的水可以瞬间蒸发。为了反应最真实的甲板减压舱内部湿度情况,模拟饱和潜水员对甲板减压舱内湿度的影响,6 个潜水员可按照 0.5 kg/h 的水蒸气产生量,通过热水机组对循环气体进行加热,使得水分析出,降低混合气体的湿度。

试验前,保持甲板减压舱内的湿度稳定在 30%。然后,定期泵入足够的水量(如手摇泵每一次泵入量为 50ml,可每 6 分钟按压一次手摇泵),满足最低要求的水蒸气产生量,观察湿度的变化情况,湿度小于 50%即认为符合要求。湿度控制试验期间需要保持甲板减压舱内部达到 55℃所需的加热功率开启,并且设置为温度自动控制模式。

7.4.4 环控系统的 CO₂ 去除能力测试

首先,运行 CO₂ 吸收装置,并使循环气体经过未盛装 CO₂ 吸收剂的洗涤器,通过试验工装向甲板减压舱喷入一定量的 CO₂,使甲板减压舱内部的 CO₂ 分压达到 10 mbar (310 ppm) 以上。在注入过程中要通过 CO₂ 分析单元不断观察甲板减压舱内的 CO₂ 浓度,每次注入后要等待约 1 分钟,以便内部的气体能够充分混合。待 CO₂ 分压稳定后,将环控设备的气体管路转换至放置有 CO₂ 吸收剂的洗涤器,并打开舱室内的 CO₂ 吸收罐(若有时),每 30s 记录 CO₂ 的分压(方便计算 CO₂ 吸收率),最终 CO₂ 分压稳定后低于 1mbar (31 ppm) 即认为符合要求。判断 CO₂ 吸收率时,应考虑甲板减压舱中的潜水员数量,每名潜水员产生 CO₂ 的速率应不低于相当于一个大气压下 22 L/h,如 6 个潜水员的 CO₂ 吸收率至少为 132 L/h。

7.4.5 模拟主电源失效情况,备用电源应能使环控设备工作正常,并达到上条 12.4.2-12.4.4 中的能力。

7.4.6 环控系统的温度功能试验也可按以下方法进行

7.4.6.1 试验条件

试验混合气体：氦氧饱和潜水中的氦气的比热和导热系数分别是空气的 5 倍和 6 倍多，说明潜水员在呼吸氦氧混合气体时，散热量比呼吸相同压力的空气显著增加。因此，试验混合气体应采用实际混合气体，如 300 MSW 状态下的气体组成为 98%He 和 2%O₂。试验前甲板减压舱或者转接舱应加压到工作深度。

试验组合：饱和潜水系统一般设置有多组甲板减压舱和环控设备，试验时应选择最不利的环控设备与甲板减压舱的组合，如气体管系布置较长的组合。

试验工况：额定工作深度。

其他：为了使得潜水员有更好的休息环境，将甲板减压舱设计成起居区域和睡眠区域两个独立的空间，起居和睡眠区域之间设置有门，它们之间通过门上方的风机及边缘圆周上的小孔进行内部气体循环，如下图所示。为了验证内部气体循环的效果，试验时需将起居区域与睡眠区域之间的门设置为关闭位置。



图 3 起居区域和睡眠区域的布置

7.4.6.2 试验方法

对于温度控制能力以批准的试验大纲为准。首先，将选定的甲板减压舱和环控设备组合连接，选定 CO₂ 洗涤罐，开启环控设备的循环风机（风机转速设定在最小值）和甲板减压舱内的循环风机。通过升温试验计算出甲板减压舱的热交换系数，得出甲板减压舱内部温度升高到 55℃（模拟外界温度达到极端情况）所需要的加热量，调整加热量后开启自动温度控制功能。

计算热交换系数 Kex：先将饱和潜水外区（甲板减压舱外部）的环境温度通过温度调节系统稳定在 30℃，在甲板减压舱内部均匀设置加热器，调整加热功率，通过风机使甲板减压舱内部的气体循环，使甲板减压舱内部的温度上升 10℃并稳定，得出甲板减压舱内部温

度每升高 1℃所需的加热功率。实际加热功率除以功率甲板减压舱内外部温差，即甲板减压舱的热交换系数 K_{ex} (W/℃)。

计算甲板减压舱内部达到 55℃所需的加热功率：由于甲板减压舱外区的环境温度达到 55℃比较困难，试验时可将甲板减压舱外区的环境温度维持在 30℃，计算出 25℃温差所需要的能量，再调整加热功率。此外，还需计算潜水员的身体散发的热量（每个饱和潜水员身体散发的热量为 200W）。

总加热量=200 W*饱和潜水员数量 + K_{ex} *25 ℃

温度自动控制试验：设置好总加热量后，再设置环控设备的控制参数（温度设定为 30℃），开启环控设备自动运行，观察温度变化情况。

随着冷水机组不断运行，甲板减压舱内的温度不断变化。需要注意的是，温度达到设定值的控制时间根据环控设备的设计能力来决定，若干小时后，当甲板减压舱内部变化幅度在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 范围内时，即可认为温度已经稳定。

第 5 节 探火及灭火系统检验及试验

7.5.1 对各舱室内火灾探测器进行模拟测试，应能工作正常，且应在控制面板上显示报警探测器所在舱室。

7.5.2 对固定式高压水灭火系统进行测试，应能工作正常，且灭火能力应足够，灭火剂释放时间不能低于 1min，施放 1 分钟后，存放灭火剂容器内压力降不低于释放前 30%，且该压力下灭火剂能以雾状释放。

7.5.3 对有遥控施放控制功能的灭火系统，还应模拟遥控施放控制功能失效情况下，对手动施放功能进行灭火剂施放功能的测试。

7.5.4 核查高压灭火装置的定期维护指南，应张贴正常，便于操作，高压水灭火系统的压力表上需明确最低释放压力的指示区域（用色标显示），便于检查。

7.5.5 高压逃生艇固定灭火系统应与减压舱固定灭火系统相互独立。

第 6 节 潜水钟吊放系统检验及试验

7.6.1 除对单个部件按 CCS《船舶与海上设施起重设备规范》中相应要求进行试验外，对吊放系统在主回收绞车、导向回收绞车分别工作的情况下进行如下负荷试验：

7.6.1.1 进行 1.5 倍 SWL 静负荷试验。

7.6.1.2 进行 1.25 倍 SWL 的作业载荷试验。

7.6.1.3 进行 1.1 倍 SWL 动负荷试验，试验中，需进行最大速度下降并进行刹车试验。

当潜水系统设计海况超过蒲式风级 5 级海况作业时，需对上述试验的试验载荷应增加 $\Phi h/1.7$ 倍，其中 Φh 应根据 CCS《船舶与海上设施起重设备规范》中第 3.3.3.2 条确定。

7.6.1.4 对潜水钟固定装置进行 1.5 倍 SWL 静负荷试验。

7.6.1.5 以上试验项目均应在每个年度检验时进行。

7.6.2 分别对主回收绞车的主动动力设备、辅动力设备进行互相切换并进行相应功能测试；

7.6.3 对主回收绞车、辅回收绞车的主动动力供应、辅动力供应进行互相切换并进行功能测试。

7.6.4 对主回收绞车、辅回收绞车的主刹车装置、辅刹车装置进行互相切换并在上述 12.6.1.(3) 负荷下进行功能测试。

7.6.5 对吊放系统的主操作系统、应急操作系统进行相互切换并进行功能测试。

7.6.6 对吊放系统的自动控制及安保功能进行各项测试，其各项功能均能正常工作，相应技术指标应满足设计要求。

7.6.7 结合系统下潜试验，需将潜水钟下潜至设计深度，对吊放系统进行了各项功能测试。

第 7 节 热水机功能测试

7.7.1 对每台热水机的过载、超温、低水位（包括但不限于以上几条）等安保功能进行功能测试。

7.7.2 对每台热水机进行温升试验，在最大供水流量情况下，对最大温升所需时间进行测试，同时对温控精度进行测试，温控精度应控制在 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 。

7.7.3 每台热水机试验后，对每台热水机的供水相互切换功能进行测试，应能正常切换并保证正常供水。

7.7.4 对热水机的在潜水控制室内的温度显示数据与实际数据进行核对，二者流量应相等，且在控制室内对各热水机的应急停止按钮应工作正常。

7.7.5 应结合系统下潜试验，对每台热水机在最大供水量情况下进行最大温升功能测试。

第 8 节 氦气回收系统功能性试验

7.8.1 分别在集中控制室内遥控控制位置及就地控制位置对氦气回收压缩机的启动/停止进行启/停控制，对两个控制站之间转换功能进行测试，且两个控制站之间应互相联锁，其显示及控制功能应正常。

7.8.2 分别在集中控制室内及就地控制面板对系统的安保功能进行各项测试，其报警及

显示功能应工作正常。

7.8.3 对回收系统的回收试验，可按如下进行：

试验时采用呼吸机代替潜水员，通过设置呼吸机中活塞的行程及运行速率来调整潜水员的通气量。将潜水员头盔和呼吸机通过工装放置在潜水钟（也可用减压舱或者过渡舱代替）中，以模拟相同深度的水中，如下图所示。潜水员气体回收试验主要包括通气量测试、氧气喷射、CO₂ 吸收。

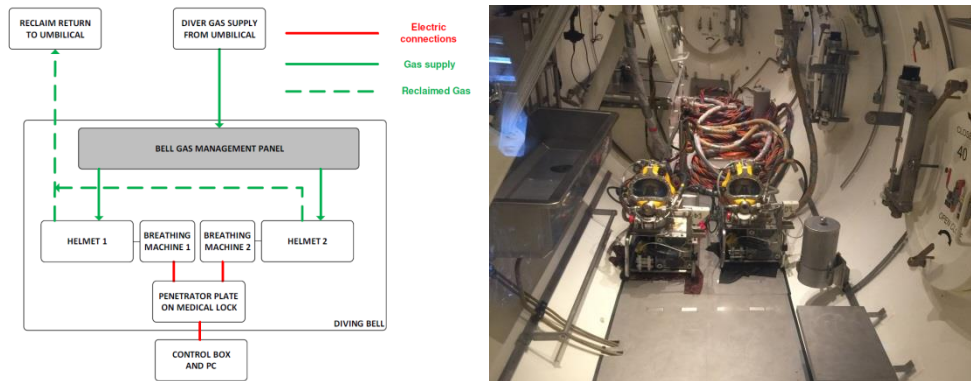


图4 潜水员头盔和呼吸机

试验前，连接好头盔与呼吸机的吸气和排气管路，根据头盔的参数设置好汽水分离器处的背压，一般为 1~2.5bar，设置好整个回收系统的背压 BPR，一般为潜水工作深度的一半，浅水时可设置为零。开启空压机、呼吸机，运行潜水员回收系统。

7.8.3.1 通气量测试

对于通气量测试，应在最大深度范围内选取多个深度值进行试验，具体深度值选取可由厂家及验船师在讨论试验大纲时确定。如 300MSW 饱和潜水系统的潜水员气体回收试验，可分别选取 50MSW、100MSW、150MSW、200MSW、250MSW 和 300MSW 六个深度工况。

对于每一深度工况，在呼吸机的控制箱上设置呼吸容量（即呼吸机的活塞行程）和呼吸频率（即呼吸机的运行速率），组合成 35 L/min、62.5 L/min、75 L/min 和 90 L/min 四种不同通气量，监测潜水员头盔的吸入压力与呼出压力，并计算出呼吸功。

判断标准：当通气量=40 L/min 时，吸入压力与呼出压力的压差应在±15 mbar 以下，呼吸功应在 1.3 J/L 以下；当通气量=75 L/min 时，气体回收系统运行正常即可，不作具体指标考核；当通气量=90 L/min 时，仅作通气量的极限测试。

验证呼吸气体流量计的工作正常。当压缩机工作时，呼吸气体流量计应工作。

验证气瓶 Volume Tank 的压力高报警功能。

验证头盔的保护功能正常工作。通过调节背压至零，头盔的保护功能启动。

验证压缩机的冷却装置工作正常。

试验期间应重点关注潜水员肺部与呼吸环境的压差情况，防止实际潜水操作对潜水员肺部的损害。除潜水员呼吸面罩本身自带有背压控制功能外，一般大深度的饱和潜水的潜水员气体回收系统还设置有两个背压控制阀，一个位于潜水钟内部，供潜水员在潜水钟内调节；一个位于支持船上的回收单元，供船上潜水操作员进行调节。因此，试验期间应根据不同深度在回收单元设置不同的背压，并密切关注潜水钟内部的背压变化情况（可通过将潜水钟内部部的 CCTV 调至背压表），如下图所示。

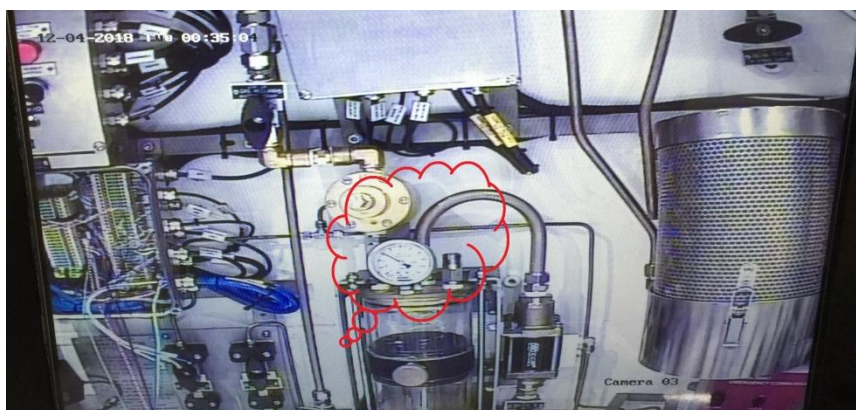


图 5 潜水钟内部的背压表

7.8.3.2 氧气喷射

验证氧气流量计工作正常。可在 1 L/min 和 2 L/min 流量下核对流量计的准确性；还可以在保持稳定 O₂ 注入量的条件下，通过一段时间回收系统的氧气含量变化量来反推氧气流量计的准确性。

验证气瓶 Volume Tank 出口关闭装置的有效性。通过调整 O₂ 含量的高限和低限值，检查关闭装置的动作是否正常，同时还可以检查备用气体是否有效供应（关闭装置动作时，流量会降低）。

验证 O₂ 分析仪取样管路失效时是否出现报警。

验证压缩机的自动停止功能。通过降低压缩机 O₂ 分析仪的高限值，检查压缩机的自动停止装置是否正常。

7.8.3.3 CO₂ 吸收

验证 CO₂ 的吸收能力。运行呼吸机和压缩机，将通气量调整至 35 L/min，向回收系统加入 CO₂，模拟饱和潜水员产生 CO₂，等待 CO₂ 含量稳定后，转换至装有 CO₂ 吸收剂的洗涤器，记录 CO₂ 含量的变化情况，当 CO₂ 分压低于 1Kpa（10 ppm）即符合要求，计算出 CO₂ 吸收率是否符合要求（每名潜水员产生 CO₂ 的速率应不低于相当于一个大气压下 0.022 m³/h，一般按照两个饱和潜水员计算）。

验证 CO₂ 分析仪取样管路失效时是否出现报警。

验证气瓶 Volume Tank 出口关闭装置的有效性。通过降低 CO₂ 的高限值，检查关闭装置的动作是否正常，同时还可以检查备用气体是否有效供应（关闭装置动作时，流量会降低）。

第 9 节 其它功能试验

7.9.1 对各舱室内坐便器联锁功能进行检查，确认坐便器盖子在打开状态时，与坐便器相联的排放球阀无法打开。

7.9.2 在所有系统正常工作时，对各舱室内噪声进行测量，其最大噪声值应满足 CCS《潜水系统和潜水器入级规范》中第 8 章第 7 节中载人舱室中噪音的要求。

7.9.3 对各舱室内的应急呼吸装置进行测量：可在通舱时进行，接入压缩空气，打开供气阀，设定好供气压力，舱内满员，使测试人员戴上呼吸面罩，以 18 ± 2 次/分钟的频率进行呼吸，若呼吸顺畅，则可认为呼吸阻力满足要求；或者用呼吸模拟器对应急呼吸装置的呼吸阻力进行测量，其测试方法及测试结果满足 GB16560-2011《甲板减压舱》中相关要求。

附录 1 饱和潜水系统产品持证清单

A 饱和潜水系统入级产品持证要求一览表

序号	产品名称	证件类别		认可模式		审图	备注
		C/E	W	TA-B	WA	PA	
1	材料						
1.1	金属材料						
1.1.1	轧制钢材	X	—	—	X		
1.1.2	锻制钢材	X	—	—	X	—	
1.1.3	铝合金	X	—	—	X	—	
1.1.4	钢丝绳	X	—	—	X	—	起重设备用钢丝绳
1.1.5	活动零部件、索具	X	—	—	X	X ¹	起重设备用
1.2	非金属材料						
1.2.1	绝热材料	—	X	—	X	—	
1.3	焊接材料						
1.3.1	焊条	—	X	—	X	—	
1.3.2	焊丝	—	X	—	X	—	
1.3.3	焊剂	—	X	—	X	—	
1.4	防腐设施						
1.4.1	涂料	—	X	—	X	—	
1.4.2	牺牲阳极	X	—	—	—	—	
2	甲板减压舱						
2.1	结构设备						
2.1.1	舱体压力容器	X	—	—	X	X	
2.1.2	观察窗	X	—	—	—	X ¹	含观察窗玻璃
2.1.3	机械连接锁紧装置	X	—	—	—	X ¹	
3	潜水钟						
3.1	结构设备						
3.1.1	钟体压力容器	X	—	—	X	X	
3.1.2	观察窗	X	—	—	—	X ¹	含观察窗玻璃
4	潜水器吊放装置						
4.1	吊架结构设备	X	—	—	—	X	
4.2	吊放装置控制系统	X	—	—	—	X	

序号	产品名称	证件类别		认可模式		审图	备注
		C/E	W	TA-B	WA	PA	
4.3.	脐带	X	—	—	—	—	
4.4	绞车	X	—	—	—	X	
5	环境调节与控制装置	X				X	含冷、热水系统
6	气体成分控制系统	X				X	
7	应急生命支持系统	X				X	
8	泵与管系						
8.1	水泵	X	—	X	—	X	
8.2	用于 I、II 级管系的通径大于 50mm 管及附件（法兰，弯头，三通等）	X	—	—	X	—	
8.3	用于 I、II 级管系的通径小于等于 50mm 管及附件（法兰，弯头，三通等）	—	X	—	X	—	
8.4	用于 III 级管系的管及附件（法兰，弯头，三通等）	—	X	—	X	—	
8.5	用于 I、II 级管系的通径 50mm 及以上阀，III 级管系通径为 300mm 及以上的阀；	X	—	X	—	X	
8.6	用于 I、II 级管系的通径 50mm 以下阀	—	X	X	—	X	
8.7	挠性软管组件：用于 I、II 级管系或通径大于 50mm	X	—	X	—	X	
8.8	挠性软管组件：除上条以外	O	X	X	—	X	
8.9	管子机械接头	—	X	X	—	X	
8.10	滤器	X	—	—	—	X	
8.11	电缆通舱件	X	—	—	—	X ¹	
8.12	管路系统通舱件	X	—	—	—	X ¹	
9	压力容器						
9.1	安全阀	X	—	X	—	X	单独供货时
9.2	I、II 级压力容器	X	—	—	X	X	
9.3	III 级压力容器	X	—	—	O	X	
9.4	热交换器	X	—	O	—	X	
10	轮机设备						
10.1	柴油机	X	—	X	—	X	
10.2	压缩机	X	—	O	—	X	
10.3	风机	X	—	O	—	X	

序号	产品名称	证件类别		认可模式		审图	备注
		C/E	W	TA-B	WA	PA	
10.4	制冷装置	X	—	—	—	X ¹	
10.5	制热装置	X	—	—	—	X ¹	
10.6	液压动力装置	X	—	—	—	X ¹	
11	电气设备						
11.1	发电机(50kVA 及以上)	X	—	X	—	X	
11.2	发电机(50kVA 以下)	—	X	X	—	X	
11.3	发电机组(50kVA 及以上)	X	—	—	—	X	
11.4	应急发电机组	X	—	—	—	X	
11.5	电动机(50kW 及以上)	X	—	X	—	X	
11.6	电动机(50kW 以下)	—	X	X	—	X	
11.7	主配电板	X	—	—	—	X	
11.8	充放电板	X	—	—	—	X	
11.9	电气控制箱	X	—	—	—	X ¹	
11.10	电力、控制和通讯电缆、电线	X	—	—	X	X	
11.11	变压器(50kVA 及以上)	X	—	X	—	X	
11.12	变压器(50kVA 以下)	—	X	X	—	X	
11.13	蓄电池	—	X	X	—	X	
11.14	电源变换装置(充电机、变频器等)	X	—	X	—	X	用于应急蓄电池充电的充电机；功率 50kW 及以上的变频器；
11.15	不间断电源(UPS)	—	X	X	—	X	
11.16	照明灯具	—	X	X	—	X	
11.17	电加热器	X	—	—	—	X	
11.18	其他防爆电气设备(包括开关和接线盒、灯具等)	—	X	X	—	X	
11.19	声力电话/水声电话	—	X	X	—	X	
11.20	有线语音双向通讯(氦氧电话)		X	X		X	
11.21	组合声光报警控制板(箱)	X	—	—	—	X ¹	
11.22	视频监控系统	X				X	

注：X 1：需要单独审图的部件，如果在设备图纸中已经审批则不必再次审图；

如外购件持证要求无法满足，则应按照 CCS 规范/审批的图纸要求进行检验；

B 饱和潜水系统法定产品持证要求一览表

序号	产品名称	证件类别		认可模式		审图	备注
		C/E	W	TA-B	WA	PA	
1	救生设备						
1.1	救生圈	—	X	X	—	X	
1.2	救生设备示位灯	X	—	X	—	X	
1.3	救生圈自发烟雾信号	—	X	X	—	X	
1.4	救生衣	X	—	X	—	X	
1.5	保温用具	X	—	X	—	X	
1.6	视觉信号	X	—	X	—	X	
1.7	救生艇	X	—	X	—	X	
1.8	降放装置	X	—	X	—	X	
2	防火材料、结构与消防设备						
2.1	低播焰性材料	—	X	—	X	—	包括: (a)装饰薄片; (b)油漆; (c)地板; (d)管系配件的隔热物; (e)分隔装置中使用的胶粘剂; (f)可燃导管
2.2	固定式水基灭火装置	X	—	X	—	X	
2.3	手提式灭火器	X	—	X	—	X	
2.4	固定式探火和失火报警系统	—	X	X	—	X	
3	导航设备						
3.1	磁罗经	X	—	X	—	X	
3.2	舵角指示器	—	X	X	—	X	
3.3	搜救雷达应答器	X	—	X	—	X	
4	无线电通信设备						
4.1	便携式救生艇筏双向甚高频无线电话设备	—	X	X	—	X	
4.2	甚高频应急无线电示位标	—	X	X	—	X	
4.3	水下声学信标	-	X	X	-	X	

C 饱和潜水系统起重设备产品持证要求一览表

序号	产品名称	证件类别		认可模式		审图	备注
		C/E	W	TA-B	WA	PA	
1	潜水器吊放装置	X	—	—	—	X	

符号说明：

1)C—船用产品证书；E—等效证明文件；W—制造厂证明；X—适用；O—可选；

2)DA—设计认可；TA-B—型式认可 B；TA-A—型式认可 A；WA—工厂认可。

注：如外购件持证要求无法满足，则应按照审批的图纸进行检验。