

T/CWPDA

团 体 标 准

T/CWPDA XXXX—XXXX

深海环境模拟试验装置用高压压力容器技术条件

Technical specifications for high-pressure pressure vessels used in deep sea
environment simulation test facilities

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 发 布

目 次

前 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类与编号 2

 4.1 分类 错误！未定义书签。

 4.2 型号编号 错误！未定义书签。

5 技术要求 2

 5.1 基本要求 2

 5.2 设计要求 2

 5.3 材料要求 3

 5.4 制造与焊接要求 3

 5.5 密封性能要求 3

 5.6 安全附件与联锁要求 3

 5.7 电控与数据采集要求 3

 5.8 外观与表面处理要求 4

 5.9 环境适应性要求 4

6 试验方法 4

 6.1 试验通用条件 4

 6.2 外观与尺寸检验 4

 6.3 水压试验 4

 6.4 密封保压性能试验 4

 6.5 压力循环试验 4

 6.6 无损检测 4

 6.7 安全附件与联锁功能试验 4

 6.8 电控系统性能试验 5

7 检验规则 5

 7.1 检验分类 5

 7.2 出厂检验 5

 7.3 型式检验 5

 7.4 制造监督检验 5

8 标志、包装、运输和贮存 5

 8.1 标志 5

 8.2 包装 5

8.3 运输	6
8.4 贮存	6

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国西部开发促进会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

深海环境模拟试验装置用高压压力容器技术条件

1 范围

本文件规定了深海环境模拟试验装置用高压压力容器的分类、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存要求。

本文件适用于工作压力不超过150MPa、试验介质为淡水或人工海水、用于海洋装备及零部件静水压力环境适应性试验的固定式高压压力容器；超高压、特殊介质的深海模拟压力容器可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 150.1 压力容器 第1部分：通用要求
- GB 150.2 压力容器 第2部分：材料
- GB 150.3 压力容器 第3部分：设计
- GB 150.4 压力容器 第4部分：制造、检验和验收
- GB/T 191 包装储运图形符号标志
- GB 703（所有部分） 承压设备用钢板和钢带
- GB/T 985.1 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口
- GB/T 1226 一般压力表
- GB/T 3452.1 液压气动用O形橡胶密封圈 第1部分：尺寸系列及公差
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 25198 压力容器封头
- GB/T 32065.15 海洋仪器环境试验方法 第15部分：水压试验
- GB/T 43849 水下机器人整机及零部件基本环境试验方法 水静压力试验方法
- TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程
- NB/T 47013.1 承压设备无损检测 第1部分：通用要求
- NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测
- NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测
- NB/T 47013.4 承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测
- NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测
- NB/T 47013.8 承压设备无损检测 第8部分：泄漏检测

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件

3.1

深海环境模拟试验装置 deep sea environment simulation test device

通过施加静水压力模拟深海高压环境，对海洋装备、仪器仪表、零部件等开展压力环境适应性考核的试验装置。

3.2

高压压力容器 high pressure vessel

深海环境模拟试验装置中，承载试验压力、容纳试验样品与试验介质的密闭承压腔体，是试验装置的核心承压部件，属于固定式压力容器范畴。

3.3

设计压力 design pressure

设定的压力容器顶部最高压力，与相应设计温度共同作为设计载荷条件，其值不低于最高工作压力。

3.4

试验压力 test pressure

进行水压强度试验时，压力容器顶部的压力值。

3.5

保压时间 pressure holding time

压力升至规定值后保持恒定的持续时间。

3.6

压力循环试验 pressure cycle test

按规定曲线反复进行升压—保压—降压的试验。

3.7

快开门式压力容器 quick-opening closure pressure vessel

带有快速启闭端盖结构的压力容器。

4 分类

4.1 按额定工作压力（模拟深度）划分

- a) 海级：工作压力 $\leq 10\text{MPa}$ （对应约 1000m 水深）；
- b) 中深海级： $10\text{MPa} < \text{工作压力} \leq 40\text{MPa}$ （对应约 1000m~4000m 水深）；
- c) 深海级： $40\text{MPa} < \text{工作压力} \leq 100\text{MPa}$ （对应约 4000m~10000m 水深）；
- d) 超深渊级：工作压力 $> 100\text{MPa}$ （对应水深大于 10000m）。

4.2 按结构形式划分

- a) 立式高压容器；
- b) 卧式高压容器。

4.3 按开门方式划分

- a) 快开门式；
- b) 法兰螺栓紧固式。

5 技术要求

5.1 基本要求

5.1.1 压力容器的设计、制造、检验与验收应符合 GB 150 系列标准与 TSG 21 的强制规定，同时满足本文件对深海环境模拟试验的专项性能要求。

5.1.2 压力容器应按特种设备管理要求完成设计文件鉴定、制造监督检验，取得对应资质后方可投入使用。

5.1.3 设备应兼顾试验精度与操作便捷性，满足实验室常态化深海压力模拟试验的使用需求。

5.2 设计要求

- 5.2.1 强度计算应符合 GB 150.3 的规定，综合考虑内压载荷、自重载荷、温度载荷、疲劳载荷与安装载荷；快开门结构应开展专项强度与疲劳校核，满足循环载荷下的寿命要求。
- 5.2.2 设计压力不低于最高工作压力，液压试验压力不低于 1.25 倍设计压力乘以对应温度下的许用应力修正系数，符合 TSG 21 耐压试验强度要求。
- 5.2.3 腐蚀裕量根据试验介质确定：淡水试验时不小于 1 mm，人工海水试验时不小于 2 mm，符合 GB 150.3 腐蚀裕量设计要求。
- 5.2.4 封头宜采用椭圆形、球形结构，尺寸与形位公差符合 GB/T 25198 的规定。
- 5.2.5 压力控制精度：配套压力控制系统稳态保压时，压力示值误差不大于±2%，压力波动不超过±1%FS，满足 GB/T 43849 试验设备精度要求。
- 5.2.6 疲劳设计：频繁开展压力循环试验的容器应按 GB 150.3 进行疲劳分析，设计循环次数不低于 10000 次。

5.3 材料要求

- 5.3.1 主体承压材料选用压力容器专用钢板，性能符合 GB 713 标准系列的规定，宜优先选用 Q345R、Q245R 牌号或由双方协商确定，超高压容器可选用高强度合金钢，材料性能符合对应专项标准。
- 5.3.2 材料质量与验收应符合 GB 150.2 的规定，具有完整质量证明文件，进厂后按规定进行关键项目复验。
- 5.3.3 密封元件根据试验介质、压力等级、温度范围选型，O 形密封圈尺寸与公差符合 GB/T 3452.1 的规定，具备耐压、耐介质腐蚀、抗压缩永久变形性能。
- 5.3.4 接触海水介质的内壁与附件应采用耐蚀材料或做防腐处理。

5.4 制造与焊接要求

- 5.4.1 制造与成品检验应符合 GB 150.4 的规定。
- 5.4.2 焊接坡口形式与尺寸符合 GB/T 985.1 的规定，焊接工艺评定按承压设备相关规范执行。
- 5.4.3 焊缝表面不得有裂纹、气孔、夹渣、弧坑等缺陷，焊缝余高、错边量满足 GB 150.4 的限值要求。
- 5.4.4 无损检测按 NB/T 47013 系列标准执行，对接焊缝进行 100%射线或超声检测，合格级别符合 TSG 21 要求；角焊缝、密封面按要求进行磁粉或渗透检测。
- 5.4.5 快开门结构加工精度满足密封与联锁要求，启闭灵活、无卡滞，啮合深度与配合公差符合设计文件。

5.5 密封性能要求

- 5.5.1 密封性能应符合 GB/T 150、TSG 21、NB/T 47013.8 的规定
- 5.5.2 额定工作压力下保压 30min，压力降不大于额定工作压力的 1%，各密封面、焊缝无渗漏，容器无可见变形。
- 5.5.3 完成 1000 次压力循环试验后，密封性能仍应满足要求，密封件无明显损伤与永久变形。

5.6 安全附件与联锁要求

- 5.6.1 应配置压力表、安全阀、紧急泄压装置等安全附件，配置与管理符合 TSG 21 安全使用管理要求。
- 5.6.2 压力表精度不低于 1.6 级，量程为工作压力的 1.5 倍～3 倍，检定与维护符合 GB/T 1226 与特种设备计量管理要求。
- 5.6.3 安全阀整定压力不超过设计压力，泄放量满足安全泄放要求，定期校验。
- 5.6.4 快开门式压力容器必须装设安全联锁装置，联锁性能符合 TSG 21 要求：
- a) 压力容器内部压力完全释放后方可开启快开门；
 - b) 快开门完全闭合到位后方可升压运行；
 - c) 具备与上述动作同步的声光报警功能。
- 5.6.5 应配备压力超高、过低报警装置，以及断电、故障状态下的安全泄压兜底措施。

5.7 电控与数据采集要求

- 5.7.1 电控系统具备压力自动控制、保压计时、数据采集存储、异常报警功能，压力、时间参数可自由设定。

5.7.2 压力数据采集频率不低于 1 次/s，数据可存储、可导出、可追溯，原始数据存储周期不小于 1 年。

5.7.3 电控柜外壳防护等级不低于 IP54，符合 GB/T 4208 规定，适应实验室与工业现场环境。

5.7.4 具备断电保护功能，断电后自动记录当前状态，恢复供电后可接续运行或执行安全泄压程序。

5.8 外观与表面处理要求

5.8.1 容器外表面平整光滑，无明显凹凸、划痕、锈蚀，涂装均匀，无流挂、脱落。

5.8.2 容器内壁打磨光滑，无毛刺、焊瘤、尖锐棱角，避免损伤试验样品。

5.8.3 外露加工表面做防锈处理，紧固件做防松处理。

5.9 环境适应性要求

5.9.1 工作环境温度：0℃～40℃，贮存温度：-20℃～60℃。

5.9.2 试验介质温度：5℃～40℃，符合 GB/T 32065.15 试验环境要求。

6 试验方法

6.1 试验通用条件

6.1.1 试验介质：清洁淡水，特殊要求可采用人工海水。

6.1.2 试验环境温度：5℃～35℃，试验过程中环境温度无剧烈波动。

6.1.3 试验用压力表、压力传感器应经计量检定合格且在有效期内，精度不低于 1 级。

6.2 外观与尺寸检验

6.2.1 目视检查外观、焊缝、表面处理质量，应符合 5.8 条要求。

6.2.2 所用通用量具、专用检具检查主要外形尺寸、封头尺寸、法兰配合尺寸，应符合设计文件与 GB/T 25198 要求。

6.3 水压试验

6.3.1 试验方法按 GB 150.4 第 11 章与 TSG 21 第 3.2 节耐压试验规定执行，试验压力为 1.25 倍设计压力。

6.3.2 试验步骤：容器注满介质并排尽空气→缓慢升压至设计压力，确认无泄漏→继续升至试验压力，保压不少于 30min→降至设计压力保压检查→缓慢降压并排净介质。

6.3.3 合格判定：试验过程无异常响声、无渗漏、无可见塑性变形，判定水压试验合格。

6.4 密封保压性能试验

6.4.1 密封保压性能参考 NB/T 47013.8 中的试验方法。

6.4.2 容器充入介质，升压至额定工作压力，关闭加压阀门，开始计时保压。

6.4.3 保压 30min，记录压力变化值，检查各密封面、焊缝有无渗漏。

6.4.4 压力降不大于额定工作压力的 1%、无渗漏，判定合格。

6.5 压力循环试验

6.5.1 试验方法参考 GB/T 43849 水静压力循环试验要求，循环压力范围为常压至额定工作压力。

6.5.2 循环参数：升压时间不少于 1min，保压时间不少于 5min，降压时间不少于 1min，可根据试验需求调整。

6.5.3 完成规定循环次数后，重复 6.4 条密封性能试验，仍满足要求为合格。

6.6 无损检测

6.6.1 按 NB/T 47013 系列标准规定的方法开展射线、超声、磁粉、渗透检测，检测比例与合格级别符合 TSG 21 及设计文件要求。

6.7 安全附件与联锁功能试验

6.7.1 压力表、安全阀按对应检定规程校验，精度与整定压力符合 5.6 条要求。

6.7.2 安全联锁功能逐项验证：

- a) 容器带压状态下模拟开门操作，验证开门锁止功能；
- b) 快开门未闭合到位时模拟升压操作，验证升压锁止功能；
- c) 模拟超压工况，验证报警与泄压保护功能。

三项功能均正常，判定联锁合格。

6.8 电控系统性能试验

6.8.1 测试压力控制精度与保压稳定性，记录压力波动值，验证是否符合 5.2.5 要求。

6.8.2 测试数据采集、存储、导出功能，验证数据完整性与可追溯性。

6.8.3 测试断电保护、异常报警功能，验证可靠性。

6.8.4 按 GB/T 4208 规定方法测试电控柜防护等级。

7 检验规则

7.1 检验分类

7.1.1 检验分为出厂检验、型式检验，制造过程监督检验按 TSG 21 规定执行。

7.2 出厂检验

7.2.1 每台容器均应进行出厂检验，检验合格并出具完整质量证明文件后方可出厂。

7.2.2 出厂检验项目：外观与尺寸检查、无损检测、水压试验、密封保压试验、安全附件校验、安全联锁试验、电控系统功能试验。

7.2.3 所有项目合格，判定出厂检验合格；任一项目不合格，允许返修后复检，复检仍不合格则判定不合格；涉及强度与安全的关键项目不合格不得复检。

7.3 型式检验

7.3.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品定型鉴定时；
- b) 结构、材料、工艺有重大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产每 5 年进行一次；
- d) 停产 3 年以上恢复生产时；
- e) 特种设备监管部门提出型式试验要求时。

7.3.2 型式检验项目为本文件第 5 章全部技术要求，增加压力循环试验与疲劳性能考核。

7.3.3 型式检验样品从出厂检验合格产品中随机抽取 1 台。

7.3.4 全部项目合格判定型式检验合格；安全、强度类关键项目不合格不得复检，直接判定不合格；一般项目不合格可整改后复检，复检仍不合格判定不合格。

7.4 制造监督检验

压力容器制造过程应接受特种设备检验机构的监督检验，监检要求符合 TSG 21 规定，监检合格后出具监督检验证书。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 压力容器明显位置装设特种设备金属铭牌，铭牌内容符合 TSG 21 规定，至少包含：产品名称、型号、设计压力、设计温度、容积、介质、制造单位、制造许可证编号、产品编号、制造日期、监检标记。

8.1.2 包装标志符合 GB/T 191 规定，标注“小心轻放”“防潮”“向上”等储运图示。

8.2 包装

8.2.1 产品包装具备防潮、防震、防锈能力，适合长途运输。

8.2.2 压力容器所有开口做密封封堵，防止异物进入。

8.2.3 随机文件包括：产品合格证、质量证明书、监督检验证书、使用说明书、装箱清单、竣工图纸、附件清单等。

8.3 运输

8.3.1 运输过程中固定牢固，避免碰撞、冲击，不得重压。

8.3.2 装卸采用专用吊具，按起吊标识作业，严禁翻滚、抛掷。

8.4 贮存

8.4.1 产品贮存在干燥、通风、无腐蚀性气体的库房内，避免日晒雨淋。

8.4.2 密封件在常温、避光、无腐蚀环境下贮存，避免挤压变形。

8.4.3 长期贮存定期检查防锈状况，必要时补充防锈处理。
