

# 团 体 标 准

T/CSNAME 046—2022

## 船舶超高压水除锈作业安全规范

Safety regulations for ship ultra-high pressure water derusting operation

2022 - 04 - 20 发布

2022 - 07 - 20 实施

中国造船工程学会 发布

中国造船工



## 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。

本文件由中国造船工程学会提出。

本文件由中国造船工程学会归口。

本文件起草单位：上海中船临港船舶装备有限公司、中国船舶工业集团公司第十一研究所、广州文冲船舶修造有限公司。

本文件主要起草人：刘鹏、董浩、苏娟娟、刘洪伟、李高进、邱华锋、姚锋、秦阳、肖文伟、李德朝、李兴炉、李红光、杨胜强、靳少林。



中国造船工



# 船舶超高压水除锈作业安全规范

## 1 范围

本文件规定了压力范围为100 MPa~280 MPa，工作环境温度为0℃~40℃的超高压水除锈作业人员要求、设备要求、清洗作业安全要求、安全防护及意外事故处理要求等。

本文件适用于船舶、海洋工程钢结构或化工储罐等钢结构表面的超高压水除锈清理。

## 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。

JGJ 80 建筑施工高处作业安全技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**喷枪** spray gun

控制高压水经喷嘴形成水射流的工具。

### 3.2

**喷射盘** jet plate

盘式带十字旋转支架的多喷嘴高压水除锈装置。

### 3.3

**高压软管** high-pressure hose

从超高压水射流设备的高压泵机组或增压器机组到喷射盘、高压水水枪等除锈装置之间输送水的柔性管。

### 3.4

**反冲力** reactive force

水射流过程中对射流部件造成的反向冲击力。

## 4 施工人员要求

施工人员要求如下：

- a) 施工队应不少于2人，设队长一名；
- b) 施工队人员应经过相应培训，并考核合格。

## 5 超高压水除锈设备要求

### 5.1 一般要求

- 5.1.1 超高压水除锈设备系统及其配件应具备证书，设备上应标记与证书上一致的识别号。
- 5.1.2 设备配件的最大工作压力应不小于高压水喷射系统的最大工作压力。
- 5.1.3 高压泵及辅助件部分停用期间，维修人员应参见图 A.1 进行巡检和维修。
- 5.1.4 设备首次进入工厂前应参见图 A.2 进行设备检查。

### 5.2 设备组成

超高压水除锈设备应包括如下组件：

- a) 超高压水发生设备：超高压泵机组、增压器机组；
- b) 控制系统：安全阀、调压阀(溢流卸荷阀)、控制阀、电控柜、遥控器等；
- c) 执行机构：喷枪、喷杆、喷头、喷射盘、二维旋转喷头、三维旋转喷头等；
- d) 辅助系统：压力表、拖车、进给机构、行走机构、软管总成等。

### 5.3 设备组件要求

- 5.3.1 喷枪、喷杆、喷头、高压软管、连接元件等承压部件应以清晰持久的方式显示其最大工作压力。
- 5.3.2 手持喷枪(头)的设计反冲力应不大于 200 N。
- 5.3.3 喷枪上应装有控制阀，喷枪操作人员应能直接控制该阀开关，喷枪应有锁定机构。
- 5.3.4 超高压水除锈前，应将喷射盘与废水回收设备相连。超高压水除锈时，应同时开启超高压水除锈设备与废水回收设备，对超高压水除锈产生的废水和锈渣(或漆渣)进行回收后集中处理，废水回收设备真空度应不小于 0.4 bar。回收管连接处应绑扎可靠，避免因垂弯端重量作用脱落。
- 5.3.5 废水回收装置应由真空泵、过滤器、抽水泵及控制电箱组成。
- 5.3.6 超高压水除锈装置高压软管的最小爆破压力应为工作压力的 2.5 倍，高压软管应在 1.5 倍工作压力下试压。软管使用压力不得超过制造厂推荐的工作压力。软管每个端部接头都应有专业柔性扣连接，并经过试压检验。应用管防护装置保护高压软管，高压软管弯曲半径应不小于 0.9 m。
- 5.3.7 在超高压水泵组的出口端应设置安全阀，安全阀膜片爆开压力应根据最大工作压力进行设置，当泵压力超过预定值时，安全膜片爆开进行泄压。安全阀安全泄压后膜片应及时进行更换。
- 5.3.8 超高压水泵组的出口端应设置自动调压阀。当超高压水泵组系统压力超过设定值时，调压阀将自动开启调节工作压力。
- 5.3.9 超高压水除锈设备应设置可显示压力变化的压力表，压力表的刻度范围应比设备的最大工作压力高 50%。当压力脉动较大时，应设置压力缓冲器以准确显示压力读数。
- 5.3.10 软管与喷枪连接处应装外层护管，以免操作人员在接头破裂时受到伤害。

### 5.4 水质要求

超高压水除锈设备水质要求如下：

- a) 设备应设计有低压水供水管路，设备进水压力应为 0.3 MPa~0.5 MPa；
- b) 进水口应配置两级过滤，第一级过滤精度应不大于 20 μm，第二级过滤精度应不大于 10 μm；
- c) 淡水的 PH 值应为 7。

## 6 超高压水除锈清洗作业安全要求

### 6.1 作业前准备

#### 6.1.1 作业前设备检查

- 6.1.1.1 作业前应参见图 A.3 进行超高压泵的安全检查。
- 6.1.1.2 作业前应参见图 A.4 进行柴油机的安全检查。
- 6.1.1.3 作业前应对所有阀进行检查，如阀门密封面、开关灵敏度等，发现磨损、故障应及时进行维护、更换。
- 6.1.1.4 作业前应对所有软管进行缺陷检查。设备高压软管应平铺，不应碾压、弯折、推送、拉扯与扭曲。
- 6.1.1.5 高压管泄压后方可调节连接接头，所有高压软管接头处都应设置柔性安全扣。
- 6.1.1.6 喷头安装前应检查有无损坏、堵塞，如有缺陷应更换或修复。在安装喷头前，应开机常压运行，使设备管路冲洗干净，以防管路中有颗粒杂质堵塞喷嘴。喷嘴直径应与设备工作压力和流量匹配。
- 6.1.1.7 作业现场带有防护罩或其他防护装置的电气设备都应绝缘完好，电气设备应接地，以防止对人员造成伤害。
- 6.1.1.8 泵组工作前应启动柴油机、电机，对泵组动力端预热，准备完毕后，等待现场的清洗命令。
- 6.1.1.9 开始作业前应参见图 A.5 进行设备检查。

#### 6.1.2 作业计划制定

6.1.2.1 每项作业应先制定计划，计划内容包括：确定作业场地、除锈清洗对象和选用水射流设备；确定人员队伍；分析场地对除锈清洗作业有无影响、作业可能带来的环境问题、作业安全问题，并制定出相应的防患措施。

6.1.2.2 施工队应对除锈清洗对象及其垢层进行分析，确定除锈清洗作业所需的工作压力和流量。在流量条件许可的情况下，尽量以较低的工作压力来完成除锈清洗作业。

### 6.1.3 作业场地布置

6.1.3.1 作业前应在作业场地设置警示型护栏，护栏应设置在任何情况下射流都不会到达的地方，护栏应起到有效地阻碍和警示作用，如栅栏、绳索、网带等。当场地受到限制，不具备在射流射程外设置警示型护栏时，应在作业对象周围设置防护型护栏。

6.1.3.2 软管应布置在操作人员不经过的地方，软管、硬管都应有稳固支承，以免来自端部的振动引起摆动和摩擦。

6.1.3.3 软管应防止被车辆碾压，不应在超过额定工作压力下作业。

### 6.1.4 施工队成员准备

6.1.4.1 操作人员在高于地面 2 m 以上位置作业时，应使用高空车或采取相应的高处作业防护措施，并制定符合 JGJ 80 规定的高空作业安全规程。

6.1.4.2 操作人员在作业前应观察射流与被除锈清洗对象的相对位置，站在安全稳定的位置作业，作业区不应有软管或其他妨碍其动作的设备。

6.1.4.3 当刚性喷枪或柔性喷枪在坞底作业时，喷枪操作人员应再配一名助手，协助喷枪操作者进行喷枪作业，防止喷枪作业时喷枪操作者及喷枪管道被障碍物等阻拌。

6.1.4.4 当泵的位置距喷枪操作人员较远，则需一名或多名队员监视整个除锈清洗作业现场，保持喷枪操作人员与泵操作人员之间的联络。

## 6.2 启动作业

6.2.1 在得到喷枪操作人员的指令后，泵操作人员应启动清洗设备，见图 1。

6.2.2 设备升压前，泵操作人员应确认喷枪操作人员处于安全位置并已控制喷头，其他队员也已就位。

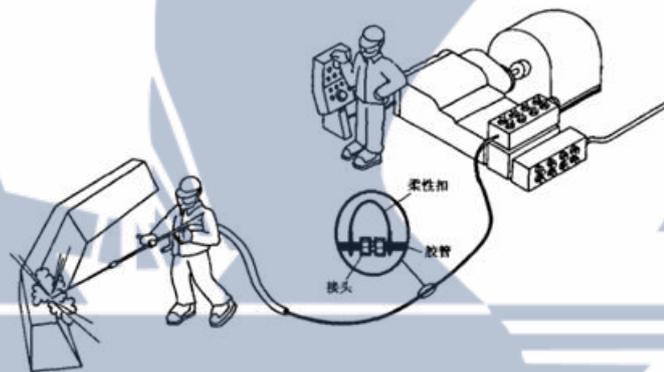


图1 超高压水操作开机启动确认图

## 6.3 设备除锈清洗作业时安全检查

6.3.1 设备看护员应按规定信号与清洗操作人员保持准确联系。

6.3.2 设备看护员在泵组运转中应注意观察清洗作业情况，及时取得操作信息，调整泵组状态，保证除锈清洗作业正常进行。

6.3.3 设备操作人员应检查运行压力，不应高于其额定工作压力。

6.3.4 设备运转过程中，设备操作人员应做如下检查，发现异常应立即采取行动或停止工作。

- a) 检查各部运转、温度、震动、杂音情况；
- b) 检查仪表指示；
- c) 检查冷却水、低压水、高压水的压力、流量、温度、泄漏情况；

- d) 检查润滑油的压力、温度、油量、泄漏情况;
  - e) 检查各部件操作的灵活性、可靠性。
- 6.3.5 设备操作人员检查发现剧烈振动、温度突变、异常噪音等情况，应立即停车并进行深度检查。
- 6.3.6 在除锈清洗作业过程中，设备操作人员应参见图 A.6 记录设备运行状况。

#### 6.4 除锈清洗作业安全操作规范

- 6.4.1 将喷枪固定在工装上进行作业，喷枪压力应缓慢上升。关闭喷枪后应使其锁定。
- 6.4.2 应两次确认除锈清洗现场需要升压的口令无误后，方可升压。升压过程应缓慢、平稳进行，0 Mpa 升压至 15 Mpa 应在 1 min 左右，15 Mpa 升压至 50 Mpa 应在 30 s 左右，50 Mpa 升压至 280 Mpa 应在 1 min 左右。
- 6.4.3 升压过程中应随时观察压力表及溢流水的情况。如表压不再上升或只有微量溢流水，不应再旋紧手轮，应检查喷口状况、泵组转速和管线密封情况。
- 6.4.4 升压前后，泵操作人员都应检查软管及各接头，是否有泄漏故障或其他异常情况。
- 6.4.5 当水射流设备处于有压状态时，仅能对阀进行调节；不应在设备工作时对紧固件、连接件进行紧固与调节，需要维修或调节时，应使设备卸压停机。
- 6.4.6 泵操作人员在升压时应缓慢调节，使喷枪操作人员适应射流反冲力的变化，一旦达到工作压力，没有调压指令则不应再做大幅度调节；设备停机降压时也应缓慢动作。同时喷枪操作人员的站立姿势也应适应反冲力的变化。
- 6.4.7 手持喷枪操作人员应能直接或间接控制泄压。
- 6.4.8 喷头操作人员应能通过遥控或信号控制泵机组的泄荷。
- 6.4.9 设备在有压情况下应设人员现场值班巡查，当出现下列情况时，应立即停止作业：
- a) 任何未经许可的人员进入作业场地；
  - b) 发现险情或隐患；
  - c) 设备或现场报警。
- 6.4.10 在喷枪上装有截止阀时，喷枪操作人员应确保关机后管路或喷枪中无剩余压力。

#### 6.5 设备除锈清洗作业后收尾及检查

- 6.5.1 设备运转停机流程如下：
- a) 泵组非紧急情况停车时，应先降压，再停止柴油机、电机的转动；
  - b) 泵组停车后应及时切断电源、关闭供水、排空存水、操作复位、环境清理、器材清点、填写记录等；
  - c) 柴油机泵组停止作业后，应根据环境温度低速缓冲 3 min~10 min；
  - d) 泵组停车后，应进行常规检查保养。
- 6.5.2 除锈工作结束后，应参见图 A.7 记录设备运行参数。

#### 6.6 设备长期停用的维护工作

- 6.6.1 设备停用超过三个月时，应注意防冻、防腐。再次使用前，应参见图 A.8 进行安全检查。
- 6.6.2 应定期对柴油机组进行保养，并做好记录。
- 6.6.3 应定期对设备进行清洁，金属应见光泽、油漆应见本色、摆放应整齐、应无杂物。

### 7 安全防护及意外事故处理要求

#### 7.1 安全防护要求

- 7.1.1 操作人员都应培训合格后上岗，上岗时应身体健康并具备担任作业任务的体力。
- 7.1.2 所有操作人员上岗时应穿戴好劳动保护用品。劳动保护用品包括：保护头盔、耳罩、护目镜、护脸罩、防护服、保护手套、保护靴，呼吸罩。呼吸罩应在有毒或强烈异味的特定环境下佩戴。进入作业场地的其他人员也应穿戴劳动保护用品。
- 7.1.3 人工超高压水清洗作业时，喷枪操作人员之间的安全距离应不小于 2 m。
- 7.1.4 高压水枪与人的安全距离应不小于 1.5 m，高压水水枪不应直接对人冲击。采用多喷嘴喷射盘式高压水除锈设备时，喷射盘与人的安全距离应不小于 2 m。

7.1.5 喷枪操作人员应实行岗位轮换制度，连续工作时间不应超过 8 h。

7.1.6 全队对作业的每步操作(尤其是开泵、升压、降压、停泵)应有明确的其它信号约定(如使用高频或手势信号)，作业前每个队员应明确这些信号的含义，操作人员在遥控操作时发现问题应及时与巡查人员联系，并作出相应的反应。

## 7.2 意外事故的处理

操作人员一旦被高压水射流应立即停止工作及时就医，并告知医生受伤的原因且说明水射流的穿透破坏能力。



附 录 A  
(资料性)  
超高压水除锈设备运行记录及安全检查图

A.1 高压泵及辅助件部分停用期间的巡检和维修记录参见图 A.1。

检查人员\_\_\_\_\_ 检查时间: \_\_\_\_\_

序号	项目	正常	异常	已整改
1	冷却水系统			
2	燃料油系统			
3	润滑油系统			
4	控制及仪表			
5	蓄电及发电			
6	空气过滤器			

图A.1 运转巡检记录图

A.2 设备首次进入工厂前的检查参见图 A.2。

检查人员\_\_\_\_\_ 检查日期: \_\_\_\_\_

序号	项目	具备	不具备	已整改
1	持枪者松开手持枪扳机或脚控阀, 保持发动机怠速运行5分钟			
2	按下控制面板上的OFF按键, 关闭发动机			
3	松开旁通阀			
4	断开离合器			
5	将钥匙转至OFF指向, 关闭发动机			
6	关闭水源, 排空过滤器及水箱内的水源			
7	拆除高压管前端的手持枪、喷头、刚性枪, 由操作人员带回, 不允许连着高压管收回和从高处吊下			
8	拆卸高压管及防脱扣, 高压管接头用包装条包裹保护好, 盘整齐后, 摆放至载车内指定位置			
9	信号摇控线拆卸后, 盘好线盘, 放至载车内指定位置			
10	现场警示标牌及区域撤除			
11	现场卫生清理干净			
12	清点人员, 并检查现场有没有遗留物品			

图A.2 设备进厂检查图

A.3 作业前超高压泵的安全检查参见图 A.3。

检查人员 \_\_\_\_\_

检查时间: \_\_\_\_\_

序号	部位	项目	具备	不适用	已整改
1	曲轴箱	润滑油油位合适、油质正常、无变质浑浊			
		连接螺栓无松动现象			
		其它部位无漏油、渗油现象			
		表面清洁			
2	高压液力端	泵头连接螺栓螺母紧固			
		各部接口无漏水痕迹			
		其它连接部件齐全、正确			
		高压软管连接紧固			
		安全绳处于有效状态			
		设备内部有无冰冻情况			
3	调压阀	处于松开状态			
		逆时针为松开			
		顺时针为加压旋紧			
4	安全阀	连接牢固，无漏水痕迹			
5	压力表	连接是否牢固，有无漏水痕迹			
		表内充油清澈、油量合适、无分层现象			
		表盘视窗玻璃无外凸			
		指针归零			
6	过滤器系统	供水过滤器滤袋、滤芯清洁、畅通			
		压差表、压力表连接牢固、无渗漏			
		连接管路无泄漏			

图A.3 超高压泵作业前安全检查图

A.4 作业前柴油机的安全检查参见图 A.4。

检查人员 \_\_\_\_\_

检查时间: \_\_\_\_\_

序号	部位	项目	具备	不适用	已整改
1	冷却水系统	冷却水、防冻液是否符合要求			
		各部软管、接头、放水阀是否严密			
		油冷器、水泵有无泄漏现象			
		散热器有无泄漏、有无飞絮堵塞			
		风扇皮带张紧度是否合适			
		风扇、风圈位置有无异物			
2	燃料油系统	喷油嘴、高压油管、接头、喷油泵无漏油现象			
		喷油泵、油泵运转灵活、正常			
		燃油过滤器畅通、清洁			
		油箱内清洁			
		燃油油量正常，油品正确			
3	润滑油系统	润滑油油量、油质合适			
		润滑油过滤器畅通、清洁			
		油底壳、气门室盖、各部接缝、油封无渗漏现象			
		油压、油温传感器连接牢固、无渗漏			
		通过机油标尺检查油位合适			
4	控制及仪表	仪表、传感器、是否完好、齐全			
		控制电缆、配电电缆是否完好、整齐、规范			
		安全连锁是否完好、灵敏			
		仪表指示是否准确			
5	蓄电及发电	电瓶是否完好齐全			
		电瓶电缆、接线柱是否完好、清洁			
		发电机皮带张紧度是否合适			
		调节器是否齐全、完好			
		总电源开关是否灵敏准确			
6	空气过滤器	空气过滤器滤网、壳体是否干净			
		空气过滤器连接是否牢固			

图A.4 柴油机作业前安全检查图

A.5 作业前的设备检查参见图 A.5。

检查人员 \_\_\_\_\_

检查日期: \_\_\_\_\_

序号	项目	具备	不适用	已整改
1	向水箱内注水，打开过滤器排气			
2	连接高压管至工作区域，不装任何喷头			
3	检查调压阀是否松开，逆时针旋转至无阻力时再旋转一圈			
4	将点火钥匙转到“ON”位，待电脑屏出现 Start 方可启动设备			
5	按下 Start 按键，启动发动机			
6	轻闭离合，取下进水管线内铝帽进行排气，排气后将铝帽复位			
7	完全合上离合，检查柱塞水润滑，确认水是否连续流向柱塞，如不连续必须调节好方可进行下一步工作			
8	冲洗高压管内固体颗粒 1-2 分钟			
9	断开离合			
10	高压管前端加装喷头或喷枪			
11	合上离合			
12	关闭旁通阀，通知持枪者。开始调节压力，如无法达到预定压力，则需要调节柴油机转速。			
13	运行时，柴油机转速应低于 1900 转			

图A.5 设备开机检查图

A.6 在除锈清洗作业过程中，设备运行状况记录参见图 A.6。

检查人员 \_\_\_\_\_

检查日期: \_\_\_\_\_

序号	项目	具备	不适用	已整改
1	柴油机运转平稳, 转速稳定			
2	柴油机运行无异响, 无杂音			
3	柴油机运行无抖动			
4	柴油机无漏油漏水现象			
5	机油压力、温度、液位均正常			
6	柴油机水温正常			
7	高压泵柱塞水冷系统正常			
8	高压部分无漏水现象			
9	压力仪表显示正常, 指针无抖动			
10	调压阀、控制阀工作正常			
11	清洗喷头运行正常			
12	高压管无起包或滴漏			
13	高压管、控制线、压缩气管排放整齐有序			
14	清洗人员按施工程序操作			
15	PPE 穿戴齐全并附合穿戴要求			
16	受限空间内作业, 通风、照明正常, 监护人正常履行监护职责			
17	清洗废水排放顺畅, 废料及时清理			
18	运行时, 柴油机转速应低于 1900 转			
19	清洗持枪人员按时更换			

图A.6 设备运行记录图

A.7 除锈工作结束后, 设备运行参数记录参见图 A.7。

填写人员\_\_\_\_\_ 日期: \_\_\_\_\_

1. 设备运行状态:

初始运行时间\_\_\_\_\_ , 结束运行时间\_\_\_\_\_ , 运行总时长\_\_\_\_\_ 小时。

2. 设备运行参数:

设备使用喷枪	设备使用喷头	设备运行压力 (bar)	设备运行转速(r/min)

图A.7 设备运行参数记录图

A.8 设备停用超过三个月, 再次使用前, 安全检查参见图 A.8。



检查人员 \_\_\_\_\_

检查日期: \_\_\_\_\_

序号	项目	具备	不适用	已整改
1	载车停放未阻挡消防通道			
2	载车后轮胎两面用三角木固定，共 4 个			
3	监护人能控制应急设备			
4	确认沟通的方式和信号表达方式			
5	应急沟通的方式确认有效			
6	班前会完成			
7	控制每人次的作业时间 __ 分钟			
8	检查进水口过滤器清洁，每 20 小时更换			
9	检查喷嘴是清洁的，否则进行清理			
10	检查水箱是清洁的，否则进行清理			
11	防冻液或冷却水液位合适，不足需添加			
12	润滑油是否进水，液位合适，不足添加			
13	曲轴箱润滑油在红线上方 5-10mm			
14	检查皮带松紧度，盘车一周，运转顺畅			
15	上下设备梯子是否固定			
16	高空作业具有安全稳定的操作平台			
17	识别受高压水射流作业影响的区域并隔离			
18	如果在同一地点，同时有一项以上高压水射流作业彼此相距 5 米或设立防护隔离板			
19	受影响的电气设备等用防水材料保护			
20	业主相关工作票证已开具齐全			
21	离合器分离杆运行正常			
22	高压管活动接头检查有无杂物，并打铅粉膏			
23	高压管连接处加装防脱链			
24	高压管与尖锐角或护栏接触面用防磨套保护			
25	高压管进行检查、固定、支撑并合理摆放			
26	确认供水流量、洁净度达到设备使用要求			
27	废水防飞溅与引流措施已按业主要求执行			
28	2 米以上高空作业系挂五点式双钩安全带			
29	受限空间作业按标准程序执行			
30	开机前由业主现场交底，确认可以开工			

图A.8 设备停用后运行前安全检查图