

团 体 标 准

T/CMES 20017.4—2025

超高压水射流船舶除锈专用工具 坞底车

Special tools for surface preparation of ships

— Dock bottom truck

2025-05-10 发布

2025-06-10 实施

中国机械工程学会发布

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路9号主语国际4座11层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：www.cmes.org 联系人：袁俊瑞 电子信箱：yuanjr@cmes.org

目 次

前 言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 坞底车 Dock bottom truck	1
4 组成、型式与基本参数	1
4.1 组成	1
4.2 基本参数	1
5 技术要求	1
5.1 一般要求	1
5.2 性能要求	2
5.3 运行可靠性要求	2
6 部件要求	2
6.1 行驶底盘	2
6.2 臂架	2
6.3 除锈喷头	3
6.4 真空回收机组	3
6.5 控制系统	3
7 安全要求	3
8 试验方法	3
8.1 试验准备	3
8.2 试验项目	4
9 检验规则	5
9.1 检验类别与项目	6
9.2 出厂检验	6
9.3 型式检验	6
9.4 检验报告	6
10 标志、包装和贮存	6

T/CMES 20017.4—2025

10.1 标志.....	6
10.2 包装.....	7
10.3 贮存.....	7
附录 A（资料性） 坞底车基本参数表	8
表 1 检验项目.....	6
表 A.1 坞底车基本参数表.....	8

前 言

本文件依据 GB-T 1.1-2020 给出的规则起草。

考虑到本文件中的某些条款可能涉及专利，中国机械工程学会不负责对其任何该类专利的鉴别。

本文件首次发布。

本文件起草单位：舟山中远海运重工有限公司、上海海桓科技有限公司、合肥通用机械研究院有限公司、江苏水能金属科技有限公司、通用机械关键核心基础件创新中心（安徽）有限公司

本文件起草人：周建华、马川、龚伟兵、苏宇、朱雨雷、熊纪国、阮俊杰、孙明凯、闫怀北、翁海龙、夏小浩、徐会超、薛启刚，刘宝纯、杨璐艳、于德钦、杨文涛、张泽佳、李杰、卢泊洋、孙德华、肖杰、董顺颖、何远利、巴胜富、靳少林、韦志超、韩彩红。

超高压水射流船舶除锈专用工具 坞底车

1 范围

本文件规定了超高压水射流船舶除锈专用工具 坞底车的组成、型式与基本参数、技术要求、部件要求、安全要求、试验方法、检验规则以及标志、包装和贮存。

本文件适用于钢制船舶外板除锈作业使用的超高压水射流除锈用坞底车的制造。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 10827.4 工业车辆安全要求和验证 第4部分:无人驾驶工业车辆及其系统
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB 20891 非道路移动机械用柴油机排气污染物排放 限值及测量方法(中国第三、四阶段)
- GB/T 33014.4 道路车辆电气-电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法
- GB/T 43142-2023 超高压水射流船舶除锈成套装备
- GB 50254 电气装置安装工程低压电器施工及验收规范
- JB/T 6921 罗茨真空泵机组
- JB/T 7258 一般用途离心式鼓风机
- JB/T 8139 公路车辆用低压电缆(电线)

3 术语和定义

GB/T43142-2023界定的术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了GB/T43142-2023中的某些术语和定义。

3.1 坞底车 Dock bottom truck

用于船舶底部及舷侧较低位置外表面(如:船舶的底板和舳部)除锈,具有负载除锈喷头的举升、移动、贴壁吸附等操控功能的自行走式除锈专用工具。

4 组成、型式与基本参数

4.1 组成

超高压水射流船舶除锈专用工具 坞底车(以下简称“坞底车”)一般由行驶底盘、臂架、除锈喷头、真空回收系统和控制系统等组成。根据臂架是否有伸缩需求,坞底车可分为伸缩型和非伸缩型。

4.2 基本参数

坞底车的推荐基本参数见附录A。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 坞底车应按规定程序批准的图样及技术文件制造。

- 5.1.2 坞底车的每个部件在组装前应经过检验并合格。
- 5.1.3 坞底车的各组成部分应经单独组装和测试合格后再进行总体连接并调试，经总体测试合格后才能进行现场作业。
- 5.1.4 用于紧固连接高压零件的不锈钢螺栓和接头应在螺纹上涂敷不锈钢螺纹防咬合剂。
- 5.1.5 高压软管每个端部接头都应采用柔性扣或防脱钢丝网套进行保护。
- 5.1.6 高压接头均应有泄压孔。
- 5.1.7 高压软管应采用护套保护，防止因意外损坏软管外表面，应通过自然延伸的方式敷设，软管弯曲半径不应小于 300mm。
- 5.1.8 坞底车各部件在运行期间不得有异常声响；各控制和显示器件必须灵敏、完好；真空回收系统经试验确定工况参数后，应能稳定运行；润滑、温升和所有保护装置应正常。
- 5.1.9 坞底车应采用遥控操作方式。
- 5.1.10 坞底车应安装示宽灯及照明灯，满足夜间工作和检修需要。

5.2 性能要求

- 5.2.1 伸缩型坞底车的作业最大高度应不小于 13m，非伸缩型坞底车的作业最大高度应不小于 6m。
- 5.2.2 坞底车的车体最小离地间隙(底盘离地高度)不小于 140mm，最大爬坡角度应不小于 5°。
- 5.2.3 坞底车的转台回转角度范围为 $-28^{\circ} \sim +23^{\circ}$ 。
- 5.2.4 坞底车的臂架变幅角度范围为 $0^{\circ} \sim +75^{\circ}$ ，小臂回转角度范围为 $-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$ 。
- 5.2.5 坞底车的最高行驶速度应不低于 8m/min。
- 5.2.6 坞底车的最低除锈作业效率应不低于 60 m²/h (除锈等级达到 Wa2.5)。

5.3 运行可靠性要求

坞底车平均无故障运行时间应不低于 100 h。

6 部件要求

6.1 行驶底盘

- 6.1.1 行驶底盘一般包括履带、底盘结构、回转油缸、发动机、散热器、燃油箱和液压阀组等。
- 6.1.2 行驶底盘采用履带式行走机构，履带由液压马达带动减速机驱动。
- 6.1.3 底盘结构宜采用高强度钢拼焊，结构宜采用箱型梁结构，增加结构整体刚度。
- 6.1.4 回转油缸推动回转支撑带动回转平台转动，回转角度范围为 $-28^{\circ} \sim +23^{\circ}$ 。
- 6.1.5 燃油箱宜采用不锈钢材质制作，保证防腐。
- 6.1.6 启动电瓶安装于底盘内，应有固定措施且方便维护，电压不低于 24V。
- 6.1.7 发动机采用不低于 GB20891 规定的国四标准柴油机，燃油系统宜采用高压直喷技术，带涡轮增压，发动机扭矩区间应能保证设备在不同速度下都能承受大负荷。
- 6.1.8 发动机配置风冷式散热器系统，通过风道设计，使机舱温度与环境温度基本保持一致，避免因机舱高温而降低元件使用寿命。
- 6.1.9 液压系统宜采用负载敏感控制方式，可多动作同时复合作业。
- 6.1.10 液压油箱内表面需做防腐处理，并有足够的容积以满足散热要求。
- 6.1.11 覆盖件应合理设计开门位置及方式，方便机舱内设备维护保养及更换零件。

6.2 臂架

- 6.2.1 伸缩式臂架宜采用两级伸缩结构，一般包括基本臂、伸缩臂、二级伸缩水管、伸缩油缸、拖链和回转小臂等组成。
- 6.2.2 伸缩式臂架的排水管采用两级伸缩管，材料采用铝合金或不锈钢管，防止锈蚀，增加寿命。
- 6.2.3 伸缩臂架的结构宜应采用高强度钢板折弯焊接，保证结构强度和刚度需求。
- 6.2.4 伸缩臂架的驱动形式宜采用油缸驱动，油管和线路通过拖链进行伸缩运动，以防止拉伸损坏。
- 6.2.5 伸缩臂架的长度和角度应通过传感器检测，实时信息反馈给控制系统，以方便进行实时倾翻保

护。

6.2.6 回转小臂安装于二级臂端部，可以调整除锈喷头姿态，应具备自动贴合功能。

注：无伸缩式臂架的坞底车无需伸缩油缸及拖链，排水管可采用软管形式固定在臂架上。

6.3 除锈喷头

6.3.1 除锈喷头应为平面清洗器形式。

6.3.2 平面清洗器应具有废液废渣抽吸回收功能。即平面清洗器罩壳内设置有真空抽吸口，真空腔周边布置毛刷和胶皮等密封件，当清洗器罩壳与船舶外板贴合作业时，形成密封良好的真空腔。

6.3.3 喷头为液压马达强制旋转形式，宜采用“一字型”或“十字型”喷杆，材料为不锈钢，靶距根据所选超高压泵能力在 10 mm~15mm 之间调整。喷嘴直径一般为 0.2mm~0.4mm。

6.3.4 除锈喷头进行除锈作业时，船舶、储罐外板应无肉眼可见的水流情况。

6.4 真空回收机组

6.4.1 真空回收机组应具有连续抽吸平面清洗器作业产生废液废渣、废渣过滤收集及废液引流输送等功能，一般由真空泵、排污泵、真空箱、过滤箱、管路、阀门和控制系统等组成。

6.4.2 真空回收机组的真空泵宜选用罗茨真空泵、旋涡式气泵等型式。罗茨真空泵应符合 JB/T 6921 的要求，漩涡式气泵应符合 JB/T 7258 的要求。

6.4.3 真空箱材质为碳钢或不锈钢，壁厚不小于 6 mm。应设置方便维护清理的快开门。碳钢材质的真空箱内外壁应做防腐涂装，涂层密实光洁，不应有裂纹、孔洞和漏涂等缺陷。

6.4.4 排污泵宜采用液压马达驱动，能有效将各种废渣排出。排污泵在水箱外部放置，操作元器件均布置在水箱外部，避免元器件锈蚀。

6.4.5 排污泵应具备防堵塞功能，不停机情况下可随时开启作业。

6.4.6 控制系统应具有自动和手动两种控制模式，可控制真空泵和排污泵启动/停机等操作。自动控制模式下，控制系统根据真空压力信号自动启停真空泵，并根据液位开关信号自动启停排污泵。

6.5 控制系统

6.5.1 控制系统的电气元件应符合 GB 50254 的要求，坞底车线束应符合 JB/T8139 的要求。

6.5.2 电气系统的各控制回路应配置保险，以防止分支短路造成元器件损坏；

6.5.3 除日常使用的遥控器操作以外，坞底车应配备一套应急操作系统，以便遥控器或控制系统故障时能够顺利将坞底车臂架收回。

6.5.4 控制系统应配备声光警示装置，当设备移动或臂架动作时，发出声光警示信号，同时报警声音应不低于 90 分贝；面板或显示屏也要设置报警装置，当发动机水温过高、发动机油压过低、发动机燃油液位过低和液压油温过高时，面板或显示屏应显示相应的报警信息。

6.5.5 坞底车车身及遥控器应配备外部急停按钮，当出现紧急情况时，能够通过急停按钮将发动机停止。

6.5.6 遥控器抗干扰指标应符合 GB/T 33014.4 的要求。

7 安全要求

坞底车的安全要求应符合 GB/T 10827.4 的规定。

8 试验方法

8.1 试验准备

8.1.1 坞底车作为一个整体系统，其试验可独立进行。

8.1.2 坞底车的操作必须是经过培训且有经验的人员进行。

8.1.3 整车电气连接、接线盒和机柜按照对应电气图纸正确牢固的连接，电瓶主接线端子紧固可靠，

测量电压在 24V 以上。

- 8.1.4 对液压管路连接及液压部件进行检查，确保所有液压管路连接正确，无接头松动；所有阀块、泵、阀的接头或接口已经连接或堵上；液压油已经加注且油位不低于上限位以下 2cm 范围以内。
- 8.1.5 发动机水位、机油油位、风扇、机脚垫情况应正常。
- 8.1.6 检查真空泵整体情况，管路无泄漏。
- 8.1.7 检查回收水箱整体情况，无泄漏。
- 8.1.8 检查除锈喷头旋转情况，无异物干涉，结构件无开裂现象。

8.2 试验项目

8.2.1 试运转试验

- 8.2.1.1 坞底车试运转试验在手动模式下进行。
- 8.2.1.2 坞底车启动后，检查显示屏上是否有故障代码，如无则可直接进入后续步骤。
- 8.2.1.3 检查各设备运行是否正常，同时检测水温、转速、油压等显示是否正常，管路连接处是否有泄漏现象，压力开关和液位开关等检测元件的检测信号是否正常。如果发现异常现象，应将设备停机后排除故障后重新试验。
- 8.2.1.4 检查燃油量是否足够；检查长度、角度显示值是否与实际一致；
- 8.2.1.5 真空回收机组通过真空回收管路与盛满水的容器连接，并将排污泵的排出管路与该容器连接。手动启停真空泵和排污泵，观察真空压力表压力、液位及抽吸排污功能应正常。稳定运行时间不小于 0.5 h。
- 8.2.1.6 检查回转角度、行走速度显示是否正常，各工作灯开关应正常。
- 8.2.1.7 遥控器遥控功能试验，在空旷地距设备 50m、100m、150m 处分别操作遥控器操作各个动作，功能应正常。
- 8.2.1.8 确认操作箱、底盘、遥控器的紧急停止按钮的位置。按下紧急停止按钮检查发动机应停止。取消紧急制动后，不重新启动发动机，检查人机界面应能正确显示警报信息，并发出警示声音，直到紧急停止按钮被取消并复位。

8.2.2 坞底车功能试验

- 8.2.2.1 大臂变幅功能试验按照下列步骤进行：
 - a) 用操纵杆上下操纵主臂架，臂架应俯仰运行平稳，延迟合理；
 - b) 吊臂向上至最大吊臂角度 75° ，应检查减速和停止功能能否正常工作，并用角度计记录最大角度，标定至显示器；
 - c) 吊臂向下至最小吊臂角度 0° ，应检查减速和停止功能能否正常工作，并用角度计记录最小角度，标定至显示器；
 - d) 臂架除锈头上点连接皮尺，俯仰至最大角度时，测量除锈头到地面的距离。
- 8.2.2.2 大臂伸缩功能试验（伸缩型）按照下列步骤进行：
 - a) 用操纵杆左右操纵主臂架伸缩，臂架的伸缩应运行平稳，延迟合理；
 - b) 臂架向外至最大长度，应检查减速和停止功能能否正常工作，并用皮尺记录长度并标定至显示器；
 - c) 臂架向回至最小长度，应检查减速和停止功能能否正常工作，并用皮尺记录长度并标定至显示器。
- 8.2.2.3 转台回转功能试验按照下列步骤进行：
 - a) 将臂架调整为初始 0° 度状态，分别向顺时针和逆时针回转至限位位置（范围为 $-28^{\circ} \sim +23^{\circ}$ ），记录回转角度；
 - b) 用操纵杆操作回转顺时针和逆时针方向动作，设备运行应平稳。
- 8.2.2.4 行走功能试验按照下列步骤进行：
 - a) 使用手柄控制车辆向前走，行驶应该平稳，无异响，并选取 10 米的有效距离，计算最大速度；
 - b) 使用手柄控制车辆向后走，行驶应该平稳，无异响。并选取 10 米的有效距离，计算最大速度；
 - c) 将设备开至倾角不小于 5° 的斜坡，操控设备爬坡，设备应能平稳爬坡，并且可停在坡上不下

滑。

8.2.2.5 转向功能试验按照下列步骤进行：

- a) 使用手柄控制车辆前转向动作，转向动作应该平稳无异响；
- b) 使用手柄控制车辆后转向动作，转向动作应该平稳无异响。

8.2.2.6 小臂俯仰、回转、左右动作功能试验按照下列步骤进行：

- a) 启动小臂向左和向右动作，小臂应平稳运行，无冲击。
- b) 启动小臂回转动作，小臂应平稳运行，无冲击。
- c) 顺时针旋转小臂，记录小臂限位停止时的旋转角度；
- d) 逆时针旋转小臂，记录小臂限位停止时的旋转角度；
- e) 计算小臂回转角度，应为 360° ；
- f) 启动小臂左、右、上方向贴合动作，小臂应平稳运行，无冲击。

8.2.3 除锈作业试验

8.2.3.1 除锈作业测试可在模拟场地进行，也可在用户现场进行。

8.2.3.2 除锈作业的试验准备按照下列进行：

- a) 选用工作压力不低于 300MPa 的高压软管，高压软管连接时应涂防咬合剂；
- b) 将高压软管与超高压泵、除锈喷头连接，启动高压泵在怠速下运行，观察压力表压力在 50MPa 以内，检查管路和喷嘴是否有泄露；
- c) 高压水泵在 50MPa 以下怠速运行，在无泄露的情况下测试启动和关闭旁通阀功能，打开旁通阀高压水应该流向水箱，关闭旁通阀高压水应流向除锈喷头；
- d) 高压水泵在 50MPa 以下怠速运行，关闭旁通阀，并启动旋转头，转速最大能达到 1800rpm ，各部件运行无异常；
- e) 人远离，继续升高压至 280MPa ，启动和关闭旁通阀功能，旁通阀应正常工作；
- f) 高压水泵在 300MPa 压力下运行，除锈喷头启动与停止功能正常；
- g) 高压水泵在 300MPa 压力下运行，按下紧急停止按钮，旁通阀应打开，发动机停止，水流应泄压流向回收水箱。

8.2.3.3 除锈喷头贴合功能及真空泵抽吸功能试验按照下列进行：

- a) 启动贴合作业，调整贴合力，以达到无废水从除锈头流出的状态；
- b) 启动真空泵按钮，真空泵应工作，运行应无异响，并记录负压值；
- c) 作业时观察废水回收系统真空泵的每两次启动之间的时间间隔，该时间间隔应控制在 3 分钟左右，查看排污泵的排污情况，应该排污顺畅，不堵塞。

8.2.3.4 连续除锈作业试验按照下列进行：

- a) 连续除锈作业应在船坞现场进行；
- b) 完成除锈作业的测试准备、除锈喷头贴合功能及真空泵抽吸功能测试后，进行连续除锈作业测试；
- c) 除锈作业连续运行 10h ，并检测除锈质量；
- d) 平面清洗器除锈作业状态稳定时，开始计时，每次计时持续的时间不小于 10min ，并在计时期间除锈作业至少经过一次换行；计时结束后，目测除锈等级是否达到 $\text{Wa}2.5$ （见 $\text{GB/T}43142-2023$ 附录 C），未达到时应调整参数重新试验；除锈等级达到 $\text{Wa}2.5$ 的情况下，测量处理过的表面的宽度和长度，计算除锈效率；
- e) 除锈效率测试次数不小于 3 次，取平均的除锈效率作为测试结果。

8.2.4 连续运转试验

连续运转试验在额定工况下进行。累计运行时间不少于 100h ，期间连续运行时间不小于 8h 的次数至少 2 次。试验过程中应无因故障停机现象发生，否则试验重新进行。

9 检验规则

9.1 检验类别与项目

坞底车的检验类别分为出厂检验和型式检验，各类检验项目按表 1 规定的进行。

表1 检验项目

检验项目	要求	方法	检验种类	
			型式检验	出厂检验
试运转	5.1	8.2.1	√	√
坞底车功能试验	5.1	8.2.2		√
除锈作业试验	5.2	8.2.3		×
连续运转试验	5.3	8.2.4		×

注：√表示应进行试验；×表示不进行试验。

9.2 出厂检验

坞底车各组成部分的整机、零部件或附属装置，均应由制造商的质量检验部门检验合格并附有产品合格证方可出厂。

9.3 型式检验

有下列情况之一时，应做型式检验：

- a) 新产品首制样机应进行型式检验（系列新产品只对该系列基本样机进行型式检验。比该样机功率小、排出压力低的新产品样机可不进行型式检验）；
- b) 转厂产品应进行型式检验；
- c) 产品在设计、工艺和材料有重大变化时，应进行型式检验；
- d) 产品停产 3 年以上再次生产时；
- e) 连续生产的产品至少每 5 年应进行一次；
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

9.4 检验报告

9.4.1 出厂检验报告内容包括试验记录和检验结论。

9.4.2 型式检验报告内容至少应包括以下内容：

- a) 试验前坞底车各主要组成部分的组装和主要零部件检查、试验的资料；
- b) 试验记录；
- c) 试验用仪器、仪表的计量资料；
- d) 坞底车外购部件清单；
- e) 检验结论。

10 标志、包装和贮存

10.1 标志

10.1.1 每辆坞底车的各主要组成部分上应固定符合 GB/T 13306 规定的铭牌，其上应至少标出下列内容：

- a) 制造商名称；
- b) 设备的名称和型号；
- c) 主要技术参数；
- d) 出厂编号、日期。

10.1.2 所有单方向旋转的设备上均应有转向箭头。

10.2 包装

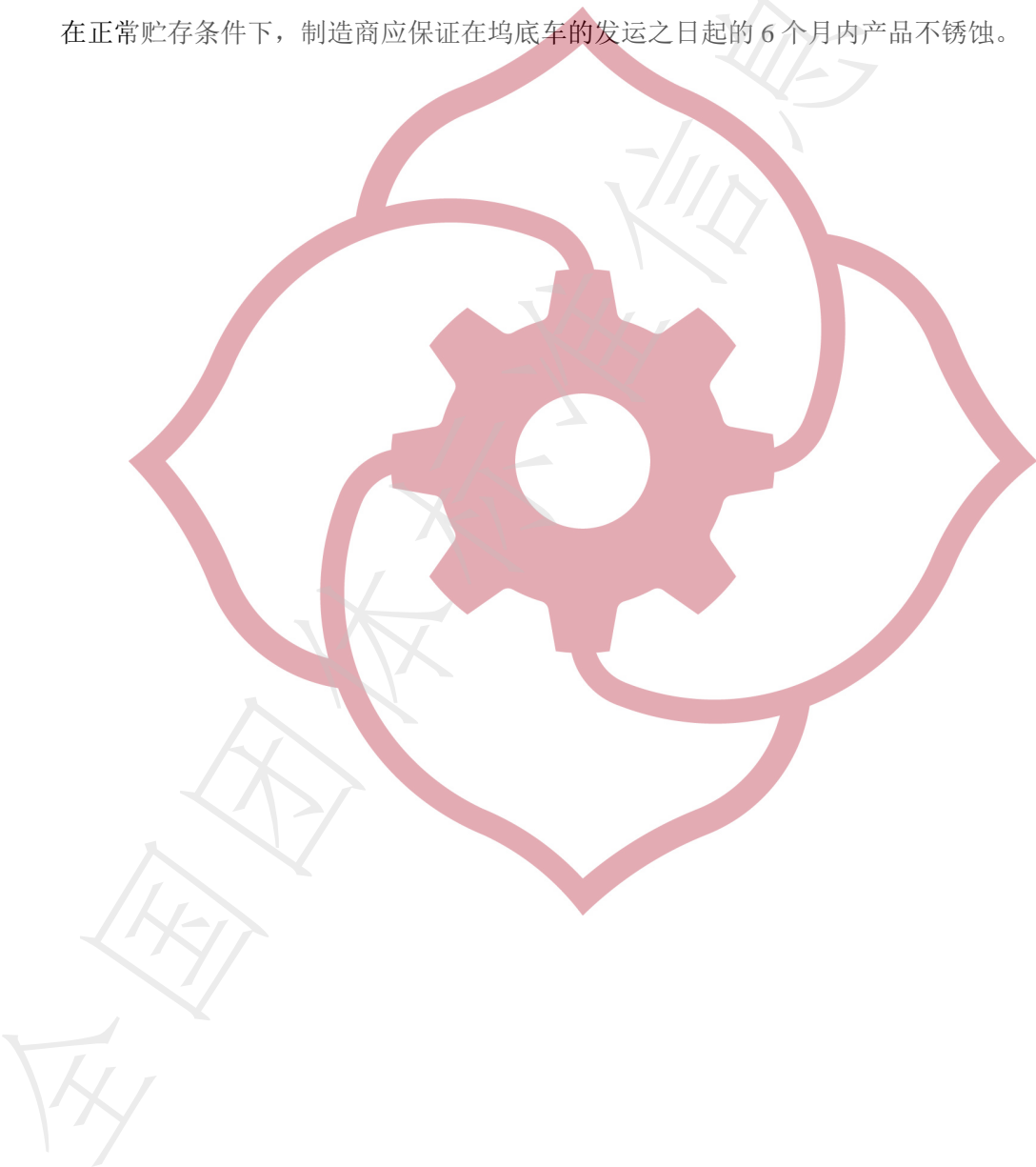
10.2.1 坞底车随车物品包装应符合 GB/T 13384 的规定。

10.2.2 坞底车出厂时应至少附带下列文件，并封存在防潮袋内：

- e) 产品合格证明书；
- f) 产品使用维护说明书；
- g) 随机备品备件及特殊工具清单；
- h) 装箱清单。

10.3 贮存

在正常贮存条件下，制造商应保证在坞底车的发运之日起的 6 个月内产品不锈蚀。



附录 A
(资料性)
坞底车基本参数表

表A.1 坞底车基本参数表

项目	单位	伸缩型	非伸缩型
坞底车作业最大高度	m	≥ 13	≥ 6
允许高压水泵最大压力	MPa	300	300
转台回转角度	°	$-28 \sim +23$	$-28 \sim +23$
大臂变幅角度	°	$0 \sim +75$	$0 \sim +75$
小臂回转角度	°	$-180 \sim +180$	$-180 \sim +180$
最小离地间隙	mm	≥ 140	≥ 140
最大行驶速度	m/min	≥ 8	≥ 8
最大爬坡角度	°	≥ 5	≥ 5
最低除锈效率	m ² /h	≥ 60	≥ 60