

T/CANSI

中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 152—2024

船舶舱室轨道式巡检机器人

Ship cabin orbital inspection robot



2024-12-26 发布

2025-2-1 实施

中国船舶工业行业协会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类与标记 2

 4.1 产品组成 2

 4.2 产品标记 2

 4.3 基本参数 2

5 要求 3

 5.1 外观质量 3

 5.2 设计与结构 3

 5.3 功能 5

 5.4 性能 5

 5.5 防护等级 6

 5.6 环境适应性 6

 5.7 电磁兼容性 6

 5.8 连续运行 7

 5.9 防爆 7

6 试验方法 7

 6.1 试验条件 7

 6.2 外观和结构 7

 6.3 功能 7

 6.4 性能 8

 6.5 防护等级 9

 6.6 环境适应性 9

 6.7 电磁兼容性 9

 6.8 连续运行 9

 6.9 防爆 9

7 检验规则 9

 7.1 检验分类 10

 7.2 出厂检验 10

 7.3 型式检验 10

8 标志、包装、运输和贮存 11

 8.1 标志 11

 8.2 包装 11

 8.3 运输 12

 8.4 贮存 12

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。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会提出。

本文件由中国船舶工业行业协会归口。

本文件起草单位：江苏科技大学，苏州旷博智能技术有限公司，中船澄西船舶修造有限公司，中船黄埔文冲船舶有限公司，中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院，上海船舶工艺研究所，广东省内河港航研究有限公司。

本文件主要起草人：蒋小伟、杨海透、邹晓峰、陈林坤、老轶佳、吴晓聪、李巧平、谢许增、贾国岩、郑涛、陈旻辉、刘靖康、潘强辉、侯典超、喻天祥、张建、苏士斌、周元凯、于家川、闫德俊、孙昊、王绪明、毛紫浩。



船舶舱室轨道式巡检机器人

1 范围

本文件规定了船舶舱室轨道式巡检机器人（以下简称“机器人”）的分类和标记、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于船舶舱室轨道式巡检机器人的设计、制造和检验，可应用于在建船舶及运行中船舶舱室设备巡检及安全监测。

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/T 191 包装储运图示标志
GB/T 1220—2007 不锈钢棒
GB/T 2829—2002 周期检验计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)
GB/T 3190—2020 变形铝及铝合金化学成分
GB/T 3836.1—2021 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
GB/T 3836.2—2021 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的设备
GB/T 3880.1—2023 一般工业用铝及铝合金板、带材 第1部分：一般要求
GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）
GB/T 10111 随机数的产生及其在产品质量抽样检验中的应用程序
GB/T 10250 船舶电气与电子设备的电磁兼容性
GB/T 13306 标牌
GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
CB 1146.8—1996 船舶设备环境试验与工程导则 倾斜和摇摆
CB 1146.9—1996 船舶设备环境试验与工程导则 振动（正弦）
JB/T 8896—1999 工业机器人 验收规则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

轨道式巡检机器人 **orbital inspection robot**

一种由电源模块、驱动模块、控制模块、通信模块、传感器模块等模块组成，通过后台监控软件操控，可以在特定安全防护区域沿轨道架设方向自主进行环境信息监测、人员行为识别、危险区域闯入报警、设备安全隐患等巡检任务的机器人。

4 分类与标记

4.1 产品组成

机器人由电源模块、驱动模块、控制模块、通信模块、传感器模块等组成，各模块之间的控制关系见图1。

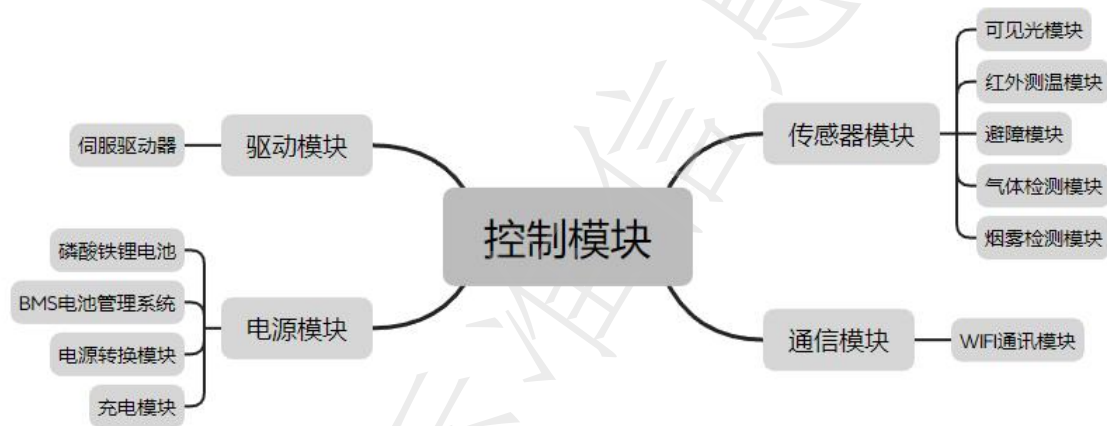
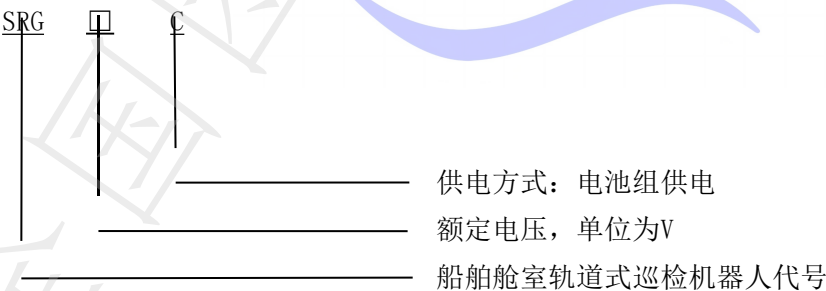


图1 机器人控制框图

4.2 产品标记

机器人出厂前需要做好产品标记，标记内容包括：产品名称、产品型号等信息情况。
机器人的型号命名方式如下：



示例：额定电压48V的船舶舱室轨道式巡检机器人标记为：

机器人 T/CANSI 152-2024 SRG48C。

4.3 基本参数

4.3.1 机器人运动能力应满足以下要求：

- a) 机器人最大行走速度 ≤ 0.8 m/s;
- b) 机器人在最大速度下制动距离 ≤ 0.3 m;
- c) 机器人防碰撞最小有效距离 ≥ 0.5 m;
- d) 机器人爬坡角度 $\leq 15^\circ$ 。

4.3.2 机器人的工作电源为:

- a) 额定工作电压: DC 48 V(电池组供电);
- b) 最大工作电流: ≤ 10 A;
- c) 平段 0.3 m/s 运行不小于8 h, 里程8 km。待机时长20 h (SOC 100%~50%)。

4.3.3 机器人的云台参数应满足以下要求:

- a) 可见光像素: ≥ 400 W像素, ≥ 23 倍光学变焦;
- b) 红外热成像像素: 分辨率 640×480;
- c) 测温范围: $-20^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$, $60^\circ\text{C} \sim 600^\circ\text{C}$ 双档;
- d) 水平旋转角度范围: $0 \sim 355^\circ$;
- e) 俯仰旋转角度范围: $0 \sim 90^\circ$ 。

5 要求

5.1 外观质量

5.1.1 机器人结构应布局合理, 操作方便, 造型美观, 便于维修。

5.1.2 机器人成套设备中, 所有紧固件、连接件应装配牢固、严密。所有相对转动、滑动部位应灵活可靠。

5.1.3 控制部分文字、符号、标志应清晰、端正。

5.1.4 机器人漆皮表面应光洁, 不应有漏漆、起皮、脱落等缺陷, 金属表面不应有锈蚀、裂缝, 应无明显的凹痕和变形及其他机械损伤。

5.2 设计与结构

5.2.1 总体要求

机器人整体设计与结构见图2。

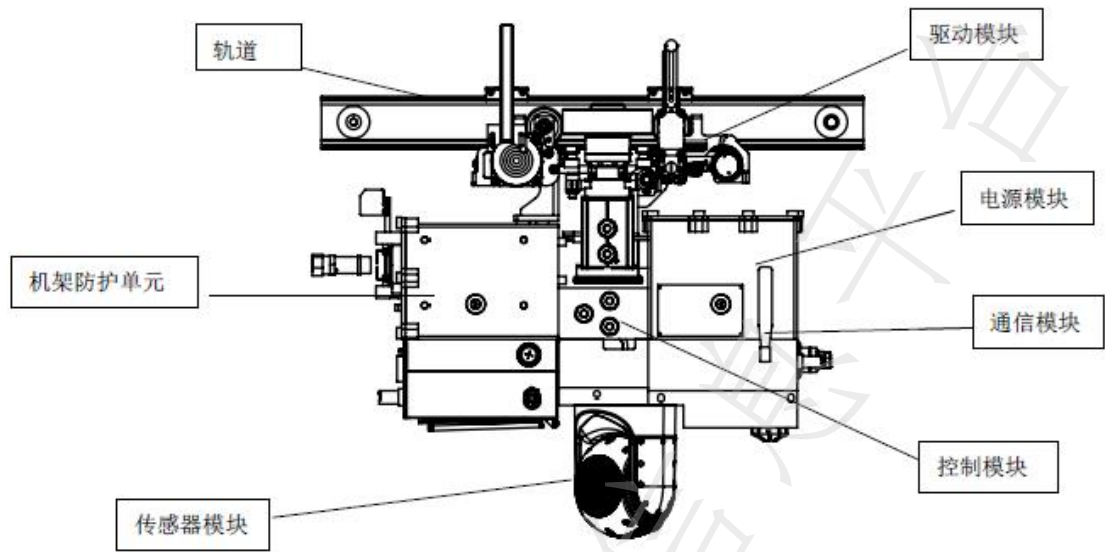


图2 机器人结构

5.2.2 材料要求

5.2.2.1 机器人使用的金属材料应选用耐海水腐蚀材料，材料选用见表 1。

表1 机器人材料选用表

序号	名 称	材 料	牌 号	标 准 号
1	316 不锈钢	不锈钢	0Cr17Ni12Mo2	GB/T 1220—2007
2	5054 铝合金	铝合金	5054	GB/T 3880.1—2023
3	5083 铝板	Al-Mg 系合金	5083-H111	GB/T 3880.1—2023
4	5454 防锈铝合金	防锈铝合金	A5454	GB/T 3190—2020

5.2.2.2 机器人使用的非金属材料应满足机械强度要求。

5.2.2.3 机器人驱动轮应使用非金属材料，避免与轨道之间产生火花。

5.2.2.4 机器人设计行走轮应各具有一组压力弹簧，使行走轮紧贴轨道，具有行走轮防打滑、空转措施。

5.2.3 尺寸要求

机器人尺寸范围应符合以下要求：

- a) 长度尺寸不超过700 mm；
- b) 宽度尺寸不超过400 mm；
- c) 高度尺寸不超过500 mm。

5.2.4 重量要求

机器人本体重量应不超过100 kg。

5.3 功能

5.3.1 行走功能

机器人应能接收后台控制指令，按照设定的速度和方向行走。

5.3.2 自主导航功能

机器人应具备实时定位功能并能按照预先设定路线自主行进和停止。

5.3.3 巡检采集功能

机器人应能采集环境中的氧气浓度值、一氧化碳浓度值、硫化氢浓度值、温度值、烟雾浓度值并上传到监控后台形成报表。

5.3.4 控制及保护功能

机器人应具备防碰撞、防超速，以及急停闭锁和低电量告警功能，应采取轨道限制性防脱保护措施。

5.3.5 报警功能

机器人应具备一氧化碳、氧气、硫化氢等气体检测及报警功能，具备烟雾、温度等环境数据检测及报警功能。

5.3.6 智能识别功能

机器人应具备机械仪表指针读数、数字仪表读数识别功能和在指定规划的区域内检测到未佩戴安全帽人员入侵识别功能。

5.4 性能

5.4.1 巡检性能

5.4.1.1 巡检作业时长

机器人一次充电巡检作业时长不低于1 h。

5.4.1.2 巡检准确率

机器人对仪器仪表和未佩戴安全帽人员入侵识别准确率不低于95%，对环境中氧气、一氧化碳、硫化氢、温度、烟雾告警的准确率应为100%。

5.4.2 电气性能

5.4.2.1 电源适应性

在表2所列电源波动情况下，机器人应能满足预定的各项控制功能要求。

表2 电源波动表

电源参数	稳态	瞬态
电压波动	-10%~+6%	±20%（恢复时间 1.5 s）
频率波动	±5%	±10%（恢复时间 5 s）

5.4.2.2 绝缘电阻

机器人接线端子与外壳之间、独立回路之间冷态绝缘电阻应不低于10 MΩ，热态绝缘电阻应不低于1 MΩ。

5.4.2.3 耐电压性能

机器人在承受2000 V的试验电压下，历时1 min应无击穿或闪络现象。

5.4.3 数据存储

机器人底层数据和运行数据应存储在机器人本体中，数据存储时间应不小于365 d。

5.5 防护等级

机器人的IP防护等级应不低于GB/T 4208—2017的IP54级。

5.6 环境适应性

5.6.1 温湿度适应性

机器人在下列条件中应能正常工作：

- a) 大气压力：80 kPa~106 kPa；
- b) 环境温度：0℃~+40℃；
- c) 平均相对湿度：不大于95%RH（+25℃）。

5.6.2 振动

机器人在下列条件中应能正常工作：

- a) 频率为2.0 Hz~13.2 Hz时，位移为±1.0 mm；
- b) 频率为13.2 Hz~80.0 Hz时，加速度为6.9 m/s²。

5.6.3 倾斜和摇摆

机器人在下列条件中应能正常工作：

- a) 横倾±15°；
- b) 纵倾±7.5°；
- c) 横摇±22.5°，周期5 s~10 s；
- d) 纵摇±7.5°，周期3 s~7 s。

5.7 电磁兼容性

机器人的电磁兼容性应符合GB/T 10250的要求。

5.8 连续运行

机器人在额定负载和工作状态下，连续运行8 h，工作应正常。

5.9 防爆

机器人防爆等级应为 II 类防爆等级，不低于“Ex db II B T4 Gb”。

6 试验方法

6.1 试验条件

试验条件应符合JB/T 8896—1999中5.1的规定。

6.2 外观和结构

6.2.1 目视和触摸检查船用机器人的外观、文字和标识。

6.2.2 目视和触摸检查船用机器人的连接件和主体各部件材料。

6.2.3 采用长度类器具、称重器具检查外形尺寸、结构重量。

6.3 功能

6.3.1 行走功能

启动机器人，在设定工况下，检测机器人是否按照设定速度和方向行走。

6.3.2 自主导航功能

启动机器人，在设定导航轨迹下，检测机器人是否具备实时定位功能并能按照设定路线自主行进和停止。

6.3.3 巡检采集功能

启动机器人，在模拟环境下，检查机器人是否自动采集氧气、一氧化碳、硫化氢等气体浓度值、温度值、烟雾浓度值，观察报表，确定数据是否有效上传。

6.3.4 控制及保护功能

控制及保护功能试验应按下列要求开展：

- 防碰撞功能试验：启动机器人，在设定导航轨迹下，在机器人正前方设置高 200 mm、宽 200 mm 的障碍物，开始自动巡检任务，检查遇到障碍物是否自动停止。
- 防超速保护性能试验：启动机器人，设置速度保护值，将速度保护值调至小于运行速度时，检查机器人能否告警保护。
- 一键急停闭锁性能试验：启动机器人，开始自动巡检任务，按下急停按钮检查是否自动停止，复位后检查是否可以重新启动。
- 电池低电量告警性能试验：启动机器人，设定电池低电量告警阈值，检查低于阈值时是否自动

告警并提示低电量故障状态。

6.3.5 报警功能

启动机器人，按照设定的告警阈值在模拟环境下，检查机器人采集的氧气、一氧化碳、硫化氢等气体浓度值、温度值、烟雾浓度值，检查高于阈值时是否自动告警。

6.3.6 智能识别功能

智能识别功能试验应按下列要求开展：

- a) 机械仪表、数字仪表识别功能试验：将识别设备设置在机器人预设任务站点处（位于机器人视野前方 2 m 内），机器人采集设备仪表读数，检查机器人对设备仪表的识别读数，识别结果应准确。
- b) 指定规划的区域内检测到未佩戴安全帽人员入侵识别功能试验：启动机器人，未佩戴安全帽的异常人员进入到指定规划的区域，检查机器人能否自动识别并告警。

6.4 性能

6.4.1 巡检性能

6.4.1.1 巡检作业时长

设定循环巡检任务，检查巡检作业时长能否连续运行1 h。

6.4.1.2 巡检准确率

在模拟环境下，设置20次巡检任务，检查机器人对仪器仪表和未佩戴安全帽人员入侵识别准确率能否达到95%，对环境中的氧气、一氧化碳、硫化氢、温度、烟雾告警的准确率能否达到100%。

6.4.2 电气性能

6.4.2.1 电源适应性

调节三相变压器，使控制箱的电源参数按表2的规定变化，每种状态下运行15 min，观察机器人运行是否正常。

6.4.2.2 绝缘电阻

分别在装置通电之前，以及液压试验和耐电压试验后，用兆欧表测量其绝缘电阻。

6.4.2.3 耐电压性能

耐高压性能试验步骤如下：

- a) 试验前，应采取切实的安全防护措施；
- b) 用自动高压击穿装置分别在机器人中带电回路之间，以及带电回路与机器人外壳之间施加电压；
- c) 试验电压为2000 V，频率为50 Hz；

- d) 试验时,施加的电压应从不超过试验电压全值的50%开始,然后稳定或分段(每段升压不超过全值的5%)增加至全压。电压自半值增至全值的时间应不少于10 s,全值电压试验持续时间为1 min;
- e) 试验过程中若发生异常现象,应立即切断试验电源,并使带电部位对地放电;
- f) 试验结束后,应使带电部位对地放电。

6.4.3 数据存储

检查机器人数据存储位置和存储内存空间大小,根据一天的数据总量核算是否可以满足365天的存储要求。

6.5 防护等级

按照GB/T 4208—2017中第14章的要求试验。

6.6 环境适应性

6.6.1 低温

机器人的低温试验按CB 1146.2—1996中5.2规定的方法进行,严酷等级为: $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、16 h。

6.6.2 高温

机器人的高温试验按CB 1146.3—1996中5.2规定的方法进行,严酷等级为: $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、16 h。

6.6.3 振动

机器人的振动试验按CB 1146.9—1996第6章规定的方法进行,频率范围及振幅按5.6.2的规定。

6.6.4 倾斜和摇摆

机器人的倾斜和摇摆试验可在倾斜试验台上进行,也可在装船后进行,按CB 1146.8—1996第5章规定的方法进行。试验时间和周期按5.6.3的规定。

6.7 电磁兼容性

按GB/T 10250规定的方法检验装置电控箱的电磁兼容性。

6.8 连续运行

设定循环巡检任务,在额定负载状态下连续运行8 h检查机器人各项功能及性能是否正常。

6.9 防爆

防爆结合面、电气间隙与爬电距离、耐化学试剂、耐热耐寒、抗冲击、引入装置夹紧、密封及机械强度、静压、外壳耐压及内部点燃不传爆、隔离件介电强度、变压器型式、燃烧性能等试验按照GB/T 3836.1—2021、GB/T 3836.2—2021规定方法执行。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验一般分出厂检验、型式检验两种。

7.2 出厂检验

- 7.2.1 每台产品均应进行出厂检验，合格产品应给予合格证。
- 7.2.2 出厂检验由公司质检部门负责进行。
- 7.2.3 检验项目应符合表 3 的规定。
- 7.2.4 出厂检验各项功能和指标应符合本标准和相关标准的要求，有一项不合格则该产品不合格。若出现 C 类不合格，允许返修成合格品；若出现 A 类、B 类不合格，则应返工，并重新试验。

7.3 型式检验

- 7.3.1 有下列情况之一时，装置应进行型式检验：
 - a) 新产品或老产品转厂定型时；
 - b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
 - c) 正常生产时每五年一次；
 - d) 停产一年恢复生产时；
 - e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
 - f) 国家有关机构提出进行型式检验时。
- 7.3.2 检验项目应符合表 3 内的要求。
- 7.3.3 样品采用 GB/T 10111 规定的方法从出厂检验合格的产品中抽取。
- 7.3.4 批量不大于 50 台时，样品数量 1 台。对 A 类质量类别项目，有 1 项不合格判该批产品为不合格。对 B 类质量类别项目，有 1 项不合格应三倍抽样重新检验，若仍有 1 项不合格则判该批产品为不合格。对 C 类质量类别项目，有 3 项不合格，判该批产品不合格。
- 7.3.5 批量大于 50 台时，按照 GB/T 2829—2002 的规定进行抽样检验。选用一次抽样方案，判别水平 III，不合格质量水平 RQL 不大于 40。对照检验项目的要求进行检验，累计不合格数或不合格品数，按判定数组判定该批产品合格或不合格。若不合格应按 GB/T 2829—2002 中 5.12 的规定处理。

表3 检验项目表

序号	试验项目	质量类别	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
1	外观	C	5.1	6.2	○	○
2	结构检查	A	5.2	6.2	○	○
3	功能	A	5.3	6.3	○	○
4	性能	A	5.4	6.4	○	○
5	防护等级	B	5.5	6.5	○	○
6	环境适应性	B	5.6	6.6	—	○
7	电磁兼容性	A	5.7	6.7	*	○
8	连续运行	A	5.8	6.8	*	○
9	隔爆接合面参数	A	5.9.1	6.9.1	○	○

表3 检验项目表（续）

序号	试验项目	质量类别	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
10	电气间隙、爬电距离	A	5.9.2	6.9.2	#	○
11	耐化学试剂试验	A	5.9.3	6.9.3	—	○
12	耐热、耐寒试验	A	5.9.4	6.9.4	—	○
13	抗冲击试验	A	5.9.5	6.9.5	—	○
14	引入装置夹紧、密封及机械强度试验	A	5.9.6	6.9.6	—	○
15	静压试验	A	5.9.7	6.9.7	○	—
16	外壳耐压及内部点燃不传爆试验	A	5.9.8	6.9.8	—	○
17	隔离件介电强度试验	A	5.9.9	6.9.9	☆	○
18	变压器型式试验	A	5.9.10	6.9.10	—	○
19	燃烧性能试验	A	5.9.11	6.9.10	—	○
注：“○”表示需要进行检验的项目，“—”表示不需要进行检验的项目，“#”表示只测与外部连接的端子，“*”表示常态试验项目，“☆”表示入厂需要进行检验的项目。						

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 每台机器人在其外壳上应设一块耐腐蚀金属铭牌，铭牌上至少应标明下列内容：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 输入电压及额定功率；
- d) 外形尺寸和重量；
- e) 生产编号；
- f) 制造厂商名称；
- g) 出厂日期。

8.1.2 机器人包装箱外表面的标志应符合 GB/T 191 的要求。

8.1.3 铭牌的制作应符合 GB/T 13306 的要求。

8.2 包装

8.2.1 机器人包装前，应对活动部分牢固固定。

8.2.2 机器人应用木板箱包装，并加以固定。机器人的附件之间应填充发泡塑料，以防止互相碰撞损坏。

8.2.3 机器人的包装应符合 GB/T 13384 的要求。

8.2.4 随机器人发送的文件资料应用塑料袋包装。随机文件应包括下列内容：

- a) 总装图（包括管路系统图、电气控制系统图）；

- b) 装箱清单;
- c) 使用说明书;
- d) 产品合格证书;
- e) 检验证书。

8.3 运输

运输整件运输或分体运输的部件应适合陆路及水路运输及装载的要求。应绑扎牢固,防止剧烈振动、倾倒和跌落。

8.4 贮存

8.4.1 机器人应贮存在具有良好的防雨和通风条件的库房内,周围环境中应无腐蚀、易燃气体,无强烈机械振动、冲击及强磁场作用。

8.4.2 包装箱内的机件防潮防锈有效期应为一年。

8.4.3 应每月对机器人外部进行清洁,检查电源系统、通讯系统、防爆部件、锈蚀状况,进行传感器标定,保证机器人安全稳定运行。

