

## 环卫机器人通用技术条件

General specifications of sanitation robots

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

## 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 产品分类 .....	2
5 功能要求 .....	2
5.1 功能配置 .....	2
5.2 功能要求 .....	3
6 技术要求 .....	4
6.1 一般要求 .....	4
6.2 外观和结构 .....	4
6.3 性能要求 .....	4
6.4 安全与环保要求 .....	5
6.5 可靠性 .....	5
7 试验方法 .....	5
7.1 试验条件及试验准备 .....	5
7.2 外观和结构质量检查 .....	6
7.3 功能检查 .....	6
7.4 性能试验 .....	6
7.5 安全与环保试验 .....	10
8 检验规则 .....	10
8.1 出厂检验 .....	10
8.2 型式检验 .....	10
9 标志、包装、运输和贮存 .....	10
9.1 标志 .....	10
9.2 包装 .....	11
9.3 运输和贮存 .....	11

## 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这些专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国机器人标准化技术委员会（SAC/TC 591）归口。

本文件起草单位：×××、×××、×××、×××。

本文件主要起草人：×××、×××、×××、×××。

本文件为首次发布。

# 环卫机器人通用技术条件

## 1 范围

本文件规定了环卫机器人的术语和定义、产品分类、功能要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于环卫机器人的设计、制造、测试及验收。

## 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 2894 安全标志及其使用导则
- GB/T 3766 液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求
- GB/T 3797 电气控制设备
- GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 7932 气动 对系统及其元件的一般规则和安全
- GB/T 12540 汽车最小转弯直径、最小转弯通道圆直径和外摆值测量方法
- GB/T 12643 机器人与机器人装备 词汇
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 18488.1 电动汽车用驱动电机系统 第1部分：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 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求
- GB/T 38124-2019 服务机器人性能测试方法
- GB/T 38244 机器人安全总则
- GB/T 40429 汽车驾驶自动化分级
- JB/T 5943 工程机械 焊接件通用技术条件
- JB/T 5946 工程机械 涂装通用技术条件
- JB/T 10856 道路施工与养护机械设备 扫路机

## 3 术语和定义

GB/T 12643界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**环卫机器人 sanitation robot**

应用于环卫领域，具有清扫、清洗、垃圾收集及垃圾转运等一种或几种作业功能的低速行驶的移动机器人。（以下简称“机器人”）

### 3.2

**清扫机器人 sweeping robot**

装备有垃圾、尘土收集容器及清扫系统等装置，用于清除、收集路面垃圾等污物的环卫机器人。包括扫路、洗扫等。

### 3.3

**清洗机器人 cleaning robot**

装备有水箱、水路系统、清洗系统等装置，用于清洗路（地）面、广告牌、管道沉积物、墙面等的环卫机器人。包括路面清洗、立面清洗（隧道、隔音屏等）、垃圾桶清洗、道路隔离装置清洗等。

## 3.4

**垃圾转运机器人** garbage transfer robot

具有垃圾自装卸、卸载、垃圾压缩等全部或部分功能，用于垃圾收集、转运的环卫机器人。包括压缩式、对接式、自装卸式、桶装式等。

## 3.5

**控制精度** control accuracy

指环卫机器人在执行预定动作或者任务时的准确性和稳定性，包括位置精度、方向精度和重复精度。

## 3.6

**感知识别准确率** perceived recognition accuracy

指环卫机器人感知和识别外部环境、对象或信息的准确程度，包括障碍物、垃圾污物等。

## 4 产品分类

## 4.1 按动力类型可分为：

- 电动；
- 燃油。

## 4.2 按智能化程度可分为：

- 智能辅助作业：行驶为有条件自动驾驶（3级），作业为人工控制；
- 高级智能作业：行驶为高度自动驾驶（4级），作业为半自主控制；
- 完全无人作业：行驶为完全自动驾驶（5级），作业为自主控制。

注：行驶自动化等级参照GB/T 40429执行。

## 4.3 按主要用途可分为：

- 清扫；
- 清洗；
- 垃圾转运；
- 其他。

## 5 功能要求

## 5.1 功能配置

环卫机器人的功能配置应符合表1的规定。

表1 环卫机器人功能配置要求

序号	功能		智能辅助作业	高级智能作业	完全无人作业
1	作业功能	清扫	▲ (至少具备一项)	▲ (至少具备一项)	▲ (至少具备一项)
		清洗			
		垃圾转运			
		其他			
2	智能功能	智能贴边	▲ (至少具备一项)		
		智能跟随			
		循迹自动作业		▲ (至少具备一项)	▲
		自主路径规划			
3	环境感知		▲	▲	▲
4	地图定位			▲	▲

5	决策规划	▲	▲	▲
6	运动控制	▲	▲	▲
7	远程操控		▲	▲
8	自动唤醒			▲
9	自主脱困			▲
10	人工接管	▲	▲	
注：▲为必备配置。				

## 5.2 功能要求

### 5.2.1 智能功能

#### 5.2.1.1 智能贴边

根据应用需求，自动识别路沿信息进行贴边路径规划及控制。

#### 5.2.1.2 智能跟随

根据应用需求，识别特定目标进行跟随路径规划及控制。

#### 5.2.1.3 循迹自动作业

根据预设路径进行自动作业，并能够完成自动停障和避障功能。

#### 5.2.1.4 自主路径规划

机器人无需人工干预，自主完成作业路径规划、自动充电、自动倒垃圾、自动加水路径规划等功能。

### 5.2.2 环境感知

机器人在多传感器的数据及高精地图的信息作为输入，检测有效范围内出现的障碍物，并满足如下要求：

- 能够对应用场景中的路沿、行人、车辆等静态或者动态障碍物做精确感知；
- 能够提供被测障碍物的位姿、距离、形状、类别、速度及行为预测信息；
- 能够支持对应用场景的识别。

### 5.2.3 地图定位

机器人在多传感器的数据作为输入，经过计算及处理，能够检测出机器人所在的位置、朝向及作业地图，并满足如下要求：

- 定位精度应达到厘米级；
- 应具备高鲁棒性，定位最大误差宜小于 20 cm；
- 能够提供机器人作业所需的高精地图、栅格地图等作业地图中的一种。

### 5.2.4 决策规划

机器人在感知和位置输入的情况下，能够正确判断周围障碍物，对机器人的速度、朝向、路径做出决策规划，并满足如下要求：

- 应能在作业地图中，自主进行任务规划；
- 应能在作业做任务中，做出机器人最小风险决策。

### 5.2.5 运动控制

机器人的运动控制应能够基于决策规划完成对设备的速度、转向及制动操作，以沿着规划轨迹行驶。

### 5.2.6 远程操控

在远离机器人具体位置的情况下，通过无线通讯或者网络通讯对机器人进行远程控制作业。

### 5.2.7 人工接管

机器人自动作业时，如遇特殊情况，可实现人工接管。

### 5.2.8 自动唤醒

机器人根据人工设置工作时间，自动唤醒机器人进行作业。

### 5.2.9 自主脱困

机器人在面临困境、障碍或不利条件时，能够独立地、无需人为干预的情况下，通过感知、决策和执行，以克服障碍或摆脱陷阱，最终恢复到正常操作状态的能力。

## 6 技术要求

### 6.1 一般要求

- 6.1.1 机器人应符合本文件的规定，并按照经规定程序批准的图样和技术文件制造。
- 6.1.2 所有零部件应经制造厂质量部门检验合格后方可装配使用。
- 6.1.3 各传动机构、工作机构应运行平稳，无卡滞、无异响。
- 6.1.4 电气系统应符合 GB/T 3797 的规定。
- 6.1.5 选用动力蓄电池时，动力蓄电池应符合 GB 38031 的规定。
- 6.1.6 行驶驱动用电机及其控制器应符合 GB/T 18488.1 的规定。
- 6.1.7 有液压系统时，液压系统应符合 GB/T 3766 的规定，液压系统不得有渗漏现象。
- 6.1.8 有气动系统时，气动系统应符合 GB/T 7932 的规定，气动系统不得有外部泄漏，在额定压力保持 5 min，压力下降不得超过 0.05 MPa。
- 6.1.9 水路系统、液体容器（水箱、水罐等）不得有渗漏现象。
- 6.1.10 垃圾容器（垃圾箱、垃圾桶等）不得有漏水、漏垃圾的现象。
- 6.1.11 液体容器、垃圾容器内表面应进行防腐处理或采用防腐材质。

### 6.2 外观和结构

- 6.2.1 机器人结构应布局合理，操作方便，便于维护。
- 6.2.2 各表面应光洁平整，不得有明显的凹凸和锤痕。
- 6.2.3 外露黑色金属表面应作防锈处理，涂装应符合 JB/T 5946 的要求。
- 6.2.4 焊接质量应符合 JB/T 5943 的要求。
- 6.2.5 各联接件、紧固件应连接可靠，不得松脱。
- 6.2.6 各安全标识应清晰、完整，并固定在相应明显部位。
- 6.2.7 各线路、管路应夹持牢固，排列整齐，不应与运动部件发生摩擦或干涉。

### 6.3 性能要求

- 6.3.1 机器人的性能指标参数应在产品技术文件中规定，包括但不限于以下性能：
  - 最高行驶速度；
  - 连续作业时间；
  - 爬坡度；
  - 侧倾稳定角；
  - 最小转弯直径；
  - 越障高度；
  - 避障能力；
  - 整机控制精度。
- 6.3.2 清扫机器人专用的性能指标参数应在产品技术文件中规定，包括但不限于以下性能：

- 清扫宽度；
  - 最大清扫速度；
  - 扫净率。
- 6.3.3 清洗机器人专用的性能指标参数应在产品技术文件中规定，包括但不限于以下性能：
- 清洗水压力；
  - 清洗水流量；
  - 清洗宽度（或清洗工作时间等）。
- 6.3.4 垃圾转运机器人专用的性能指标参数应在产品技术文件中规定，包括但不限于以下性能：
- 额定装载量；
  - （垃圾装卸）工作循环时间等。
- 6.3.5 其他类别机器人专用的性能指标参数根据产品决定，并应在产品技术文件中规定。
- 6.3.6 机器人主要性能参数应符合表 6 的要求。

表2 主要性能参数表

项目	单位	参数
最高行驶速度	km/h	≤30
连续作业时间	h	≥4
爬坡度	%	≥15
侧倾稳定角	°	≥20
控制精度	方向精度	°
	位置精度	cm
	重复精度	cm
感知识别准确率	%	≥95

## 6.4 安全与环保要求

- 6.4.1 机器人应符合 GB/T 38244 的规定。
- 6.4.2 机器人制动能力应符合下列要求：
- 行驶制动：制动距离应符合 JB/T 10856 的规定；
  - 驻坡制动：应能使机器人满载时在 15%坡度上双向可靠驻坡。
- 6.4.3 所有可能给人员或设备带来危险的操作，应具有防护措施或设置相应的安全标识，且安全标识应符合 GB 2894 的规定。
- 6.4.4 易接触到的工作运动部件、高温部件周围应设置防护装置。
- 6.4.5 应设置照明、信号及作业警示装置。
- 6.4.6 动力蓄电池的外壳防护等级应不低于 GB/T 4208-2017 中的 IP66。
- 6.4.7 驱动电机、驱动电机控制器、接插件等电气元器件处于 B 级电压时，不应低于 GB/T 4208—2017 中规定的 IP65。
- 6.4.8 选用内燃机发动机时，污染物排放应符合 GB 20891 的规定。
- 6.4.9 纯电动类型机器人作业噪声发射声压值不应大于 75 dB(A)，其他类型机器人的作业噪声发射声压值不应大于 80 dB(A)。

## 6.5 可靠性

机器人的可靠性应符合 JB/T 10856 的规定。

## 7 试验方法

### 7.1 试验条件及试验准备

- 7.1.1 试验样机应经装配检验合格，完成规定应用场景的感知训练和使用磨合。
- 7.1.2 试验仪器为经国家法定机构或法定机构委托的校定部门校准，并在校验有效期内。
- 7.1.3 无特殊说明时，试验时的环境温度为 1 °C~40 °C；无雨雪；风速不大于 2 m/s。



7.1.4 试验场地应为干燥平整的混凝土或沥青路面，具体要求在产品技术文件中规定。

## 7.2 外观和结构质量检查

7.2.1 外观装配质量、安全标识采用目视检查。

7.2.2 焊缝质量按 JB/T 5943 的规定检查。

7.2.3 涂装质量按 JB/T 5946 的规定检查。

## 7.3 功能检查

按照产品技术文件中的操作要求，检查第5章中的各项功能。

## 7.4 性能试验

### 7.4.1 密封性试验

#### 7.4.1.1 液体容器、垃圾容器渗漏试验

容器内加满水，保持60 min，检查有无渗漏。

#### 7.4.1.2 水路系统密封性试验

水箱加满水，水泵在额定工作压力下运行5 min，检查水路系统有无渗漏。

#### 7.4.1.3 液压系统密封性试验

液压系统在1.1倍额定压力下保持10 min，检查液压系统有无渗漏。

#### 7.4.1.4 气动系统密封性试验

气动系统在额定压力下保持5 min，观察压力表的压力下降是否超过0.05 MPa。

### 7.4.2 最高行驶速度

样机空载以最高行驶速度直线行驶通过100 m的测量区段。试验往返进行3次，取平均值。最高行驶速度按式（1）计算。

$$V_{\max} = \frac{3.6L}{t} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$V_{\max}$  ——最高行驶速度，单位为千米每小时（km/h）；

$L$  ——测量区段长度，单位为米（m）；

$T$  ——通过测量区段的时间，单位为秒（s）。

### 7.4.3 连续作业时间

样机按制造厂的规定使动力蓄电池充满后以标准作业工况进行作业。测量样机从开始作业至电量缺电报警时，操作人员将样机停止的时间（作业中由于加水等耗费的非作业时间除外）。

### 7.4.4 爬坡度

按照GB/T 38124-2019中5.1.3规定的方法进行试验。

### 7.4.5 越障高度

按照GB/T 38124-2019 中5.1.5规定的方法进行试验。

### 7.4.6 避障能力

试验区域平坦，设样机长度为L，在试验区域规划坐标点，坐标点间隔>3L，样机和障碍物的初始位置如图1所示。

样机按规定的负载、速度，在自动模式下从初始位置P1行进到目标P2停止（距离应 $>9L$ ），过程中不能与障碍物发生接触。

障碍物速度设置范围 $0\sim 1.6\text{m/s}$ （模拟人类行走速度），过程中匀速运行，与样机同时到达位置P0；样机可在与障碍物发生物理接触之前停止；

被测策略如下：

——策略一：障碍物位于P0，并保持静止；

——策略二：障碍物从P5移至位置P6，与样机的路径成 $90^\circ$ ；

——策略三：障碍物从P3移至位置P4，与样机的路径成 $45^\circ$ ；

——策略四：障碍物从P7移至位置P0，阻止了样机到目标位置P2的直接路径；

——策略五：障碍物从P8移至位置P7，样机应识别到障碍物，跟随障碍物。

样机未到达P2位置或在行驶过程中碰到障碍物，则试验失败。相同策略连续3次成功，此策略成功，用秒表记录样机运动时间，取最大时间。

试验记录包括P1到P2距离，每种策略障碍物速度，穿越时间；特定的测试条件，包括障碍物的尺寸和颜色。

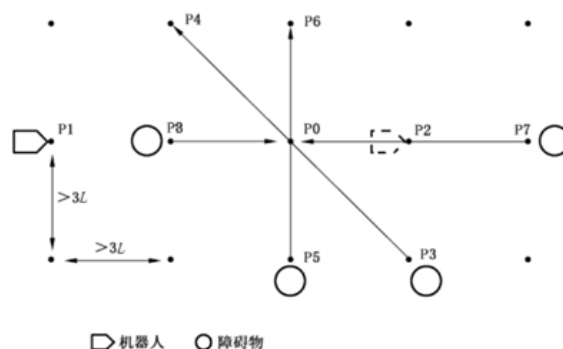


图1 避障策略布局及障碍物行为示意图

#### 7.4.7 最小转弯直径

最小转弯直径按GB/T 12540的规定进行试验。

#### 7.4.8 侧倾稳定角

将样机约束在侧倾台上，样机纵向中心线与侧倾台的纵向中心线平行（偏差不超过 $25\text{ mm}$ ），约束能防止样机在试验中发生侧翻，且不应影响试验结果。

侧倾台角度缓慢增加（速度不大于 $0.25^\circ/\text{s}$ ），直到侧翻临界点，则该角度为侧倾稳定角。

#### 7.4.9 控制精度

##### 7.4.9.1 位置精度

7.4.9.1.1 试验区域平坦，设样机长度为 $L$ ，试验测试路径如图2所示，样机在自动模式下从初始位置 $P_0$ 行进到 $P_1$ ， $P_2$ 。

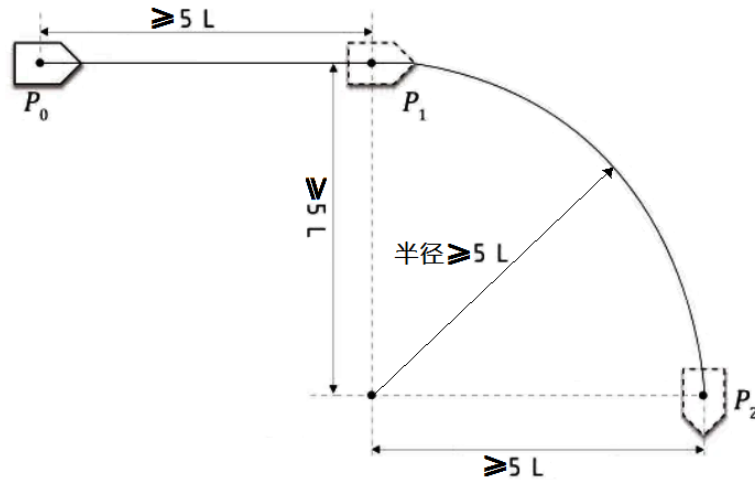


图2 测试路径示意图

7.4.9.1.2  $n$ 次重复试验后，停止位置如图3所示，通过式（2）、式（3）计算位置精度( $A_p$ )。

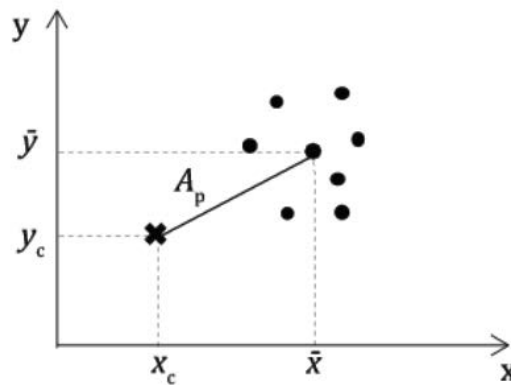


图3 位置精度示意图

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j \dots\dots\dots (2)$$

$$A_p = \sqrt{(\bar{x} - x_c)^2 + (\bar{y} - y_c)^2} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $x_j, y_j$  ——第  $j$  次试验的停止位置坐标值；
- $\bar{x}, \bar{y}$  —— $n$  次试验的停止位置坐标平均值；
- $x_c, y_c$  ——命令位置坐标值；
- $n$  ——试验次数，宜为30。

7.4.9.2 方向精度

样机按规划路径（可与7.4.9.1.1同时测量）执行方向角( $\alpha_0$ )命令，从初始位置行进至停止。测量样机停止位置方向角( $\alpha_j$ )， $n$ 次重复试验后，如图4所示。

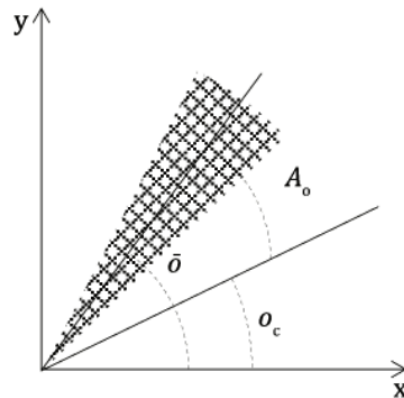


图4 方向精度示意图

通过式 (4) 计算方向角平均值( $\bar{o}$ )，式 (5) 计算方向精度 ( $A_o$ )。

$$\bar{o} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n o_j \dots\dots\dots (4)$$

$$A_o = |\bar{o} - o_c| \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- $o_j$  ——第  $j$  次试验的方向角度；
- $\bar{o}$  —— $n$  次方向角平均值；
- $o_c$  ——命令方向角度；
- $n$  ——试验次数，宜为30。

#### 7.4.9.3 位置重复精度

根据7.4.9.1中式 (2) 计算的  $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ ，及式 (6) 计算某次试验位置与平均位置之间的距离 ( $I_j$ )、式 (7) 计算试验位置与平均位置之间距离的平均值 ( $\bar{I}$ )、式 (8) 计算标准偏差 ( $S_I$ )、式 (9) 计算位置重复精度 ( $R_p$ )。

$$I_j = \sqrt{(\bar{x} - x_j)^2 + (\bar{y} - y_j)^2} \dots\dots\dots (6)$$

$$\bar{I} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n I_j \dots\dots\dots (7)$$

$$S_I = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\bar{I} - I_j)^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (8)$$

$$R_p = \bar{I} + 3S_I \dots\dots\dots (9)$$

式中：

- $I_j$  ——第  $j$  次位置与平均位置之间的距离；
- $\bar{I}$  ——试验位置与平均位置之间距离的平均值；
- $S_I$  ——标准偏差；
- $n$  ——试验次数，宜为30。

#### 7.4.10 感知识别准确率

试验区域平坦，根据规定的应用场景感知需求，在试验区域布置不少于100个实物感知样本（可包括动态和静态样本），对样机进行感知识别测试，记录正确的样本识别数量。测试3次，取平均值。按式 (10) 计算感知识别准确率。

$$\eta = \frac{w_1}{w_0} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中：

$\eta$ ——感知识别准确率，100%；

$w_1$ ——正确识别的样本数量；

$w_0$ ——总的样本数量。

## 7.5 安全与环保试验

### 7.5.1 行驶制动能力

行驶制动按JB/T 10856的规定进行。

### 7.5.2 驻坡制动能力

样机满载停在坡度15%的试验坡道上，分别将样机沿坡道方向机头朝上和朝下各一次，每次10 min。驻坡时脱开动力系统。

### 7.5.3 照明、信号及作业警示

开启各照明、信号及作业警示装置并观察其是否工作正常。

### 7.5.4 外壳防护等级

动力蓄电池、驱动电机、驱动电机控制器等高压电气元件的外壳防护等级按GB/T 4208-2017的规定进行试验。

### 7.5.5 作业噪声

作业噪声按照JB/T 10856的规定进行试验。

## 8 检验规则

### 8.1 出厂检验

8.1.1 机器人出厂前应对每台产品逐一进行出厂检验，经制造商质量检验部门检验合格并出具合格证后方可出厂。

8.1.2 出厂检验的项目应包括但不限于：

- 外观装配质量检查；
- 水路系统密封性检验；
- 液压系统密封性检验；
- 气动系统密封性检验。

### 8.2 型式检验

8.2.1 凡属下列情况之一需进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产试制定型时；
- b) 产品停产3年后，恢复生产时；
- c) 正式生产后，结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- d) 出厂检验与定型检验有重大差异时。

8.2.2 型式试验时，如属8.2.1中a)、b)两种情况，应对所有项目进行检验；如属8.2.1中c)、d)、两种情况，可仅对受影响项目进行检验。

## 9 标志、包装、运输和贮存

### 9.1 标志

9.1.1 应在机身易见位置安装永久性的产品标牌，产品标牌应符合 GB/T 13306 的规定。

9.1.2 产品标牌应包括以下内容：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 作业主参数；
- d) 最大允许总质量，kg；
- e) 出厂编号；
- f) 制造年月；
- g) 品牌；
- h) 制造商名称。

## 9.2 包装

9.2.1 机器人出厂应对易锈蚀的零部件、随机备件进行防锈包装。

9.2.2 随机文件采用防潮材料包装。随机文件应包括：

- a) 产品合格证；
- b) 产品使用说明书；
- c) 随机工具清单和随机备件清单。

## 9.3 运输和贮存

9.3.1 以吊装的方式装卸时，应配备专用吊具，防止损坏产品。

9.3.2 机器人长期存放时，应将油、冷却液和水放尽，切断电源，放置于通风防潮及有消防设施的场所，并按产品使用说明书的规定进行定期保养。

---