

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

# 团 体 标 准

T/QGCML XXXX—XXXX

## 爬壁检测机器人

Wall climbing detection robot

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

全国城市工业品贸易中心联合会 发布

## 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 提出。

本文件由全国城市工业品贸易中心联合会归口。

本文件主要起草单位：

本文件主要起草人：

# 爬壁检测机器人

## 1 范围

本标准规定了爬壁检测机器人（以下简称“机器人”）的设计、性能、安全、测试及验收等技术要求，适用于石化储罐、船舶外壳、高层建筑幕墙等垂直或倒置表面检测作业的轮式/履带式/磁吸附式机器人系统。

## 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。

## 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

### 3.1

#### 爬壁检测机器人

通过吸附装置（如真空吸盘、永磁体、电磁铁）附着于垂直或倒置表面，集成检测传感器（如超声探伤仪、红外热像仪、激光扫描仪）及移动机构，实现自主或遥控检测的设备。

### 3.2

#### 吸附稳定性

机器人在静态及动态载荷下保持与壁面接触不脱落的能力。

### 3.3

#### 越障能力

机器人跨越壁面凸起（如焊缝、铆钉）或凹陷（如裂缝）的最大高度/深度差。

## 4 基本技术要求

### 3.1 吸附系统

#### 真空吸附型：

真空泵流量 $\geq 100\text{L}/\text{min}$ ，真空度 $\geq -80\text{kPa}$ ，断电后保压时间 $\geq 5$ 分钟；

吸盘材质：丁腈橡胶（NBR）或硅橡胶，邵氏硬度 $40\pm 5$ ，耐温范围 $-20^{\circ}\text{C}$ 至 $+80^{\circ}\text{C}$ 。

#### 磁吸附型：

永磁体剩余磁感应强度 $\geq 0.3\text{T}$ ，电磁铁吸力 $\geq 50\text{N}/\text{cm}^2$ （针对钢制壁面）；

磁路设计需具备退磁保护功能，防止残余磁性干扰后续作业。

### 3.2 移动机构

#### 轮式/履带式：

移动速度： $0.1\text{--}1\text{m}/\text{min}$ （可调），定位精度 $\pm 5\text{mm}$ ；

驱动电机：IP67防护等级，额定扭矩 $\geq 10\text{N}\cdot\text{m}$ ，支持正反转及急停功能。

#### 越障能力：

垂直障碍高度 $\geq 20\text{mm}$ （轮式）/ $30\text{mm}$ （履带式）；

水平沟槽宽度 $\geq 15\text{mm}$ （轮式）/ $25\text{mm}$ （履带式）。

### 3.3 检测系统

#### 传感器配置：

必配：高清摄像头（分辨率 $\geq 1080P$ ，视角 $\geq 120^\circ$ ）、激光测距仪（精度 $\pm 1mm$ ）；  
 选配：超声相控阵探伤仪（频率1-5MHz）、红外热像仪（测温范围 $-20^\circ C$ 至 $+500^\circ C$ ）。

数据传输：

无线通信：支持Wi-Fi 6或5G，带宽 $\geq 100Mbps$ ，延迟 $\leq 50ms$ ；

有线备份：可选配10m耐弯折电缆（弯曲半径 $\leq 50mm$ ）。

### 3.4 安全要求

防坠落保护：

配备安全绳（破断力 $\geq 5000N$ ）或冗余吸附单元（主吸附失效时备用单元自动启动）；

倾角传感器实时监测机器人姿态，倾斜角度 $> 15^\circ$ 时触发报警并停止移动。

电气安全：

电源输入：AC220V $\pm 10\%$ 或DC24V $\pm 5\%$ ，具备过压/过流/漏电保护；

电池组：锂电池容量 $\geq 5000mAh$ ，支持2小时连续作业，剩余电量低于20%时语音提示。

环境适应性：

工作温度： $-10^\circ C$ 至 $+50^\circ C$ （低温型可扩展至 $-30^\circ C$ ）；

防护等级：整机IP65，检测传感器IP67。

## 5 测试方法

### 4.1 吸附稳定性测试

在垂直钢制壁面（粗糙度 $Ra \leq 3.2 \mu m$ ）上，机器人加载自身重量1.5倍的砝码，保持30分钟无脱落。

### 4.2 移动性能测试

直线行走：在5m长垂直壁面上往返行走，累计偏差 $\leq 20mm$ ；

越障测试：依次通过20mm高凸台、15mm宽沟槽，记录通过时间及是否卡滞。

### 4.3 检测精度测试

使用标准试块（如含已知缺陷的钢板），对比机器人检测结果与人工检测数据，误报率 $\leq 5\%$ ，漏报率 $\leq 2\%$ 。

### 4.4 可靠性测试

连续运行72小时，记录故障次数（如吸附失效、传感器离线），平均无故障时间（MTBF） $\geq 200$ 小时。

## 6 验收准则

功能验收：

完成吸附、移动、检测、数据回传全流程演示；

提供第三方检测报告（如吸附力测试、IP防护等级认证）。

文件验收：

随箱附《操作手册》《维护指南》《安全风险评估报告》；

提供检测数据解析软件（支持导出CSV/PDF格式报告）。