

T/HIMA

团 体 标 准

T/HIMA 001—2025

离线编程式机器人铸铁件柔性打磨系统技术规范

Technical specification for offline programming robot flexible grinding system for cast iron parts

2025 - 04 - 10 发布

2025 - 05 - 01 实施

湖南省智能制造协会 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 组成和工作流程	2
5 使用环境条件	4
6 技术要求	4
7 检验方法	6
8 检验规则	7
9 标志、包装、运输和贮存	8

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。

本文件由湖南省智能制造协会提出并归口。

本文件起草单位：长沙长泰机器人有限公司、湖南中南智能装备有限公司、湖南省铸造协会、一汽铸造有限公司、潍柴（潍坊）材料成型制造中心有限公司。

本文件主要起草人：杨漾、高狄、朱栗波、胡存凯、李永亮、肖勇、洪莉、段小刚、杨磊、刘超、苏宏博、梁宪峰、刘利文、朱垂桥、李焯红、王子军、李艳红。

离线编程式机器人铸铁件柔性打磨系统技术规范

1 范围

本文件规定了离线编程式机器人铸铁件柔性打磨系统的组成和 workflows、使用环境条件、技术要求、检验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于离线编程式机器人铸铁件柔性打磨系统（以下简称系统）的研发、制造和检验。该系统应用于铸铁件（如发动机缸体、缸盖等）表面打磨工作，其适用的工作场景主要为铸铁件表面披缝、浇冒口、残根等的清理作业。适用的铸铁件最大长宽高尺寸不宜超过1500mm×1000mm×1000mm。

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 3766 液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求
- GB/T 4768 防霉包装
- GB/T 4879 防锈包装
- GB/T 5048 防潮包装
- GB/T 5226.1-2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
- GB/T 7932-2017 气动 对系统及其元件的一般规则和安全要求
- GB 11291.1 工业环境用机器人 安全要求 第1部分：机器人
- GB 11291.2 机器人与机器人装备 工业机器人的安全要求 第2部分：机器人系统与集成
- GB/T 12642 工业机器人 性能规范及其试验方法
- GB/T 12644 工业机器人 特性表示
- GB/T 26153.1 离线编程式机器人柔性加工系统 第1部分：通用要求
- GB/T 37242 机器人噪声试验方法
- GB/T 39407-2020 研磨抛光机器人系统 通用技术条件
- JB/T 10788 铸造用除尘器 通用技术规范

3 术语和定义

GB/T 26153.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

离线编程 offline programming

在计算机虚拟环境中，利用计算机图形学和机器人运动学等技术，以及工件形状和安装位置关系，对机器人运动轨迹进行规划和仿真的编程方法。

3.2

柔性打磨 flexible grinding

利用柔性工具或柔性机构，对工件表面进行自适应打磨的加工方法，能够适应不同形状、尺寸的工件打磨需求。

3.3

离线编程式机器人铸铁件柔性打磨系统 flexible grinding system of offline programming robot for cast iron parts

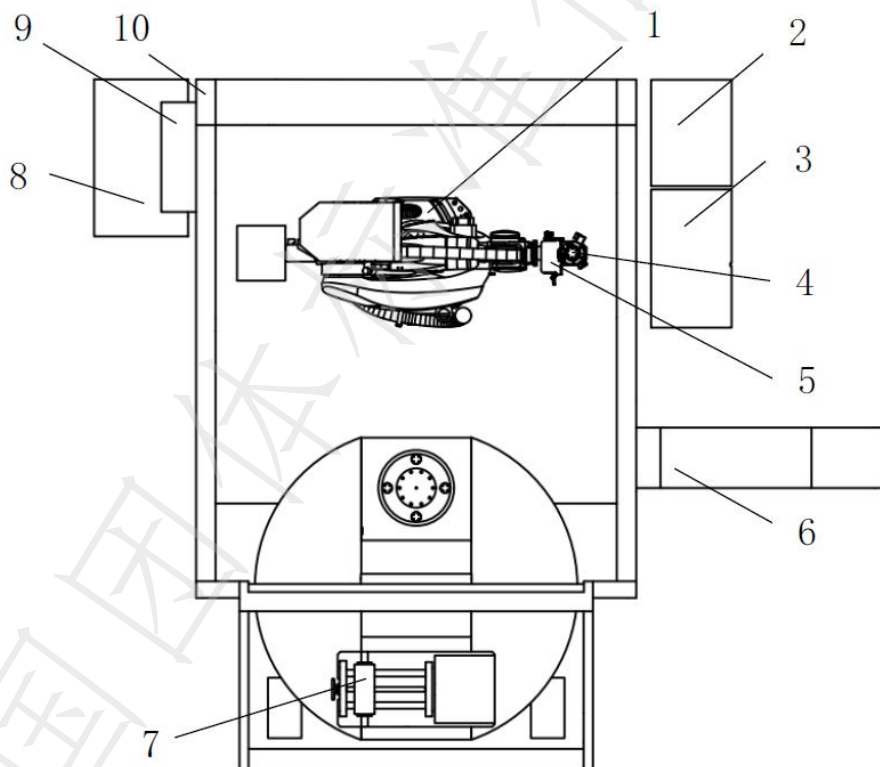
由机器人系统、离线编程系统、视觉系统、打磨系统、工件定位系统、液压系统、气动系统及控制系统等组成，可离线编程，实现对多种类多规格铸铁件进行清理打磨的机器人加工系统。

4 组成和工作流程

4.1 系统组成

系统宜包括以下几个部分，组成示意图见图1：

- a) 机器人系统，包括机器人、机器人控制系统；
- b) 离线编程系统；
- c) 控制系统；
- d) 打磨系统，包括电主轴、打磨刀具、刀具库；
- e) 视觉系统；
- f) 除尘系统；
- g) 工件定位系统，包括上料装置、定位工装；
- h) 液压系统；
- i) 气动系统；
- j) 防护系统。



标引序号说明：

1——机器人系统；2——离线编程系统；3——控制系统；4——打磨系统；5——视觉系统；6——除尘系统；7——工件定位系统；8——液压系统；9——气动系统；10——防护系统。

图 1 离线编程式机器人铸铁件柔性打磨系统组成示意图

4.2 系统工作流程

系统采用机器人抓着打磨系统、工件固定的加工模式。系统工作流程见图2：

- a) 工件上线：人工或机器人将待打磨工件放置在上料位定位工装上并自动夹紧定位；
- b) 工件切换：通过旋转或平移输送等方式将待打磨工件从上料位自动运转到工作位；

- c) 视觉检测：机器人视觉系统对待打磨工件进行扫描检测，调整打磨路径，确保清理打磨的准确性；
- d) 清理打磨：对工件浇冒口、残根、披缝等特征进行自动清理打磨；
- e) 打磨完成：机器人回原位；
- f) 工件切换：已完成打磨工件从工作位自动切换至下料位，待打磨件进入工作位；
- g) 工件下线：定位工装自动打开，人工或机器人将已打磨工件转运下线，并将新的待打磨工件放置到系统定位工装上，循环作业。

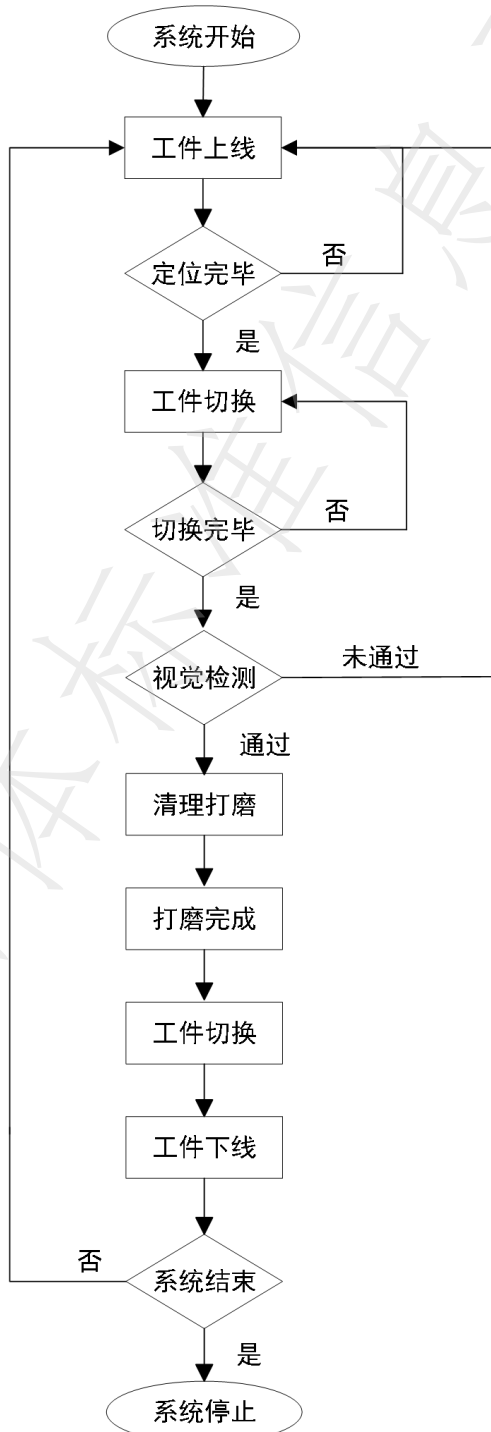


图 2 离线编程式机器人铸铁件柔性打磨系统工作流程

5 使用环境条件

- 5.1 系统设备在室内安装运行，工作间内环境温度范围宜为 $-5^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度范围为30%~90%，地面平整度误差不大于 $5\text{mm}/\text{m}^2$ 。
- 5.2 外接动力电源为三相五线制，电压为 $380(1\pm 10\%)\text{V}/220(1\pm 10\%)\text{V}$ ，频率为 $50(1\pm 2\%)$ Hz。
- 5.3 外接压缩空气压力为 $0.5\text{MPa}\sim 0.8\text{MPa}$ 。

6 技术要求

6.1 一般要求

- 6.1.1 系统应按规定程序批准的产品图样和技术文件制造。
- 6.1.2 外购件应符合相应标准的要求，并附有合格证。所有外协加工件应符合产品图样的要求。

6.2 外观和结构

- 6.2.1 系统说明功能的文字、符号、标志应清晰、端正。
- 6.2.2 系统表面光洁，不应存在外观缺陷，无明显的裂痕，凹痕及变形等。
- 6.2.3 系统结构应布局合理，操作方便，便于维修。
- 6.2.4 系统中紧固部分应无松动，活动部分润滑和冷却状况应良好。
- 6.2.5 系统中的电气线路、管道应排列整齐，走向合理，便于维护。

6.3 子系统功能与性能

6.3.1 机器人系统

- 6.3.1.1 机器人系统应符合 GB/T 12642、GB/T 12644 的规定。
- 6.3.1.2 机器人本体防护等级不应低于 IP65，机器人本体重重复定位精度不低于 $\pm 0.06\text{mm}$ 。

6.3.2 离线编程系统

离线编程系统宜包括以下功能：

- a) 场景建模
系统应提供以下场景模型输入，可支持 step、stp、stl 等格式：
 - 1) 可支持常用 3D 模型导入；
 - 2) 可支持机器人模型文件导入；
 - 3) 可支持工具模型文件导入；
 - 4) 可支持零件模型文件导入；
 - 5) 可支持 3D 模型解析与转化。
- b) 路径生成
系统应具备下列路径规划功能：
 - 1) 可支持从现有虚拟场景中，拾取任务范围；
 - 2) 可根据拾取任务范围，自动规划机器人运动轨迹。
- c) 可达验证
系统应具备下列可达验证功能：
 - 1) 可检测机器人能否达到目标点；
 - 2) 可给出机器人程序错误报告；
 - 3) 可检测机器人是否与其他外围设备发生碰撞。
- d) 虚拟仿真
系统应具备下列虚拟仿真功能：
 - 1) 可进行机器人程序模拟三维运行；
 - 2) 可调节机器人仿真运动速度。
- e) 程序生成

系统应具备一下程序生成相关功能：

- 1) 可根据机器人的语言格式，生成执行程序；
- 2) 可支持修改已生成的执行程序。

f) 三维校准

系统应具备以下校准相关功能：

- 1) 可支持 TCP 设置；
- 2) 可根据三维坐标完成校准。

6.3.3 视觉系统

视觉系统应符合GB/T 39407-2020中6.8的规定，具备对工件的型号、位置以及形变进行检测识别、定位、纠偏等功能。

6.3.4 打磨系统

打磨系统具备对工件打磨、自动切换刀具、柔性切换打磨参数等功能。打磨刀具上的砂轮或砂带可根据打磨需求进行更换，实现对厚度 $\leq 15\text{mm}$ 、高度 $\leq 10\text{mm}$ 、直径 $\leq 20\text{mm}$ 的凸台、飞边、毛刺等特征打磨，打磨后残留毛刺高度 $\leq 0.5\text{mm}$ 。

6.3.5 液压系统

液压系统应符合GB/T 3766的规定。

6.3.6 气动系统

气动系统应符合GB/T 7932-2017中5.1的规定。

6.3.7 控制系统

控制系统应具有维修模式、手动方式、自动方式等控制功能，应具有良好的人机交互界面，方便操作人员进行操作和监控。控制柜应具有散热和防尘措施，控制柜的防护等级不应低于IP54，柜内电气元件安装稳固可靠，接线标识清晰。

6.3.8 除尘系统

除尘系统应具备对打磨作业过程中产生的粉尘进行收集及处理功能，除尘器应符合JB/T 10788的规定。

6.3.9 防护系统

防护系统应包含防护罩、防护围栏等装置，具备与系统运行安全互锁功能。

6.4 系统性能

6.4.1 系统应具备对工件进行自动识别和确认，快速更换工装，实现3种以上不同型号铸铁件共线清理打磨的功能。

6.4.2 系统运行重复定位精度不应低于 $\pm 0.3\text{mm}$ 。

6.4.3 系统对铸铁件披缝、浇冒口、残根等特征的打磨残余量精度不应低于 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

6.4.4 打磨刀具转速应可调。

6.4.5 系统设备平均故障间隔时间（MTBF）不小于1000小时。

6.5 安全要求

6.5.1 基本要求

系统安全应符合GB 11291.1、GB 11291.2和GB/T 5226.1-2019的规定除外，还应符合以下规定：

- a) 设备的安全回路节点应串接，任何一个节点发生紧急停车，其他环节动力源均被断开，最大程度保证系统和工作人员安全。
- b) 机器人设计和制造应考虑当动力源丧失、恢复或变化时，不会引起机器人危险运动。
- c) 系统应设立易于辨识的视听警示信号。

- d) 系统应设立安全防护区间，防止打磨刀具飞出及大量粉尘污染。
- e) 控制柜宜安装在安全防护区间外。当控制柜安装在安全防护空间内时，控制柜定位和安装应符合 GB 11291.2 有关安全防护空间内人员的安全要求。
- f) 急停和重新启动系统时，手动操作和复位应在限定空间外进行。
- g) 系统应用防护罩及除尘系统防止铁粉在车间内散布，防护罩具备隔音降噪功能，并在运动及作业过程中，具备物理遮挡功能，防止高速旋转过程可能导致的人身伤害。
- h) 机器人操作期间，不应打开和拆卸防护装置。

6.5.2 绝缘电阻

动力交流电源电路与壳体之间的绝缘电阻不应小于 $10M\Omega$ 。

6.6 噪声

系统在额定负载和工作速度运行时所产生的噪声，应不大于85dB(A)。

7 检验方法

7.1 一般要求检验

采用目测、查验相关使用说明书、零件图样、合格证等技术文件的方法进行检验。

7.2 外观和结构检验

对系统表面及其内部电器外壳、走线、紧固件等进行目视检查。

7.3 子系统性能与功能检验

7.3.1 机器人系统

采用目测，查验相关技术文件，配合相关设备操作进行。按产品使用书要求规定的条件和方法对机器人的主要性能进行测试。

7.3.2 离线编程系统

7.3.2.1 离线验证

通过软件轨迹规划模块规划出的程序，要进行离线仿真验证。在模拟环境下运行机器人离线加工程序，记录机器人与环境有无碰撞或者机器人各关节轴有无超限现象。

7.3.2.2 在线程序验证

在系统自动运行前，要进行在线程序验证。人工在机器人低速状态下单步运行至可执行的机器人打磨程序，机器人与周围环境无碰撞且机器人各关节轴无超限现象，同时打磨刀具与零件之间的位置关系满足打磨要求。

7.3.2.3 在线工艺验证

在系统自动运行前，要进行工艺验证。试加工零件按相应产品检验方法，检测产品是否合格，不合格需要更新调整工艺参数，直至打磨合格为止。

7.3.3 视觉系统

按GB/T 39407-2020中7.6.18~7.6.20的规定进行。

7.3.4 打磨系统

采用目视手动检测，查验相关技术文件，配合相关设备操作进行。

7.3.5 液压系统

按GB/T 3766-2015中的第6章的规定进行。

7.3.6 气动系统

按GB/T 7932-2017中第6章的规定进行。

7.3.7 控制系统

采用目视手动检测，查验相关技术文件，配合相关操作进行。

7.3.8 除尘系统

采用目测，查验相关技术文件，配合相关设备操作进行。

7.3.9 防护系统

采用目视手动检测，配合相关设备操作进行。

7.4 系统性能检验

7.4.1 生产3种不同型号铸铁件，检查系统是否满足清理打磨功能，检查工装是否能在10分钟内实现快速更换。

7.4.2 系统打磨精度按GB/T 12642规定进行。

7.4.3 在空载条件下，用速度传感器测量打磨道具正常运转速度。连续测量10次，以10次所测结果的平均值作为测量结果。

7.4.4 正常生产时，统计3个月内设备总运行时间和总故障次数。

7.5 安全检验

7.5.1 基本要求

采用目视手动检测，查验相关技术文件，配合相关操作进行。

7.5.2 绝缘电阻

按GB/T 5226.1-2019中18.3的规定进行。

7.6 噪声测试

按GB/T 37242的规定进行。

8 检验规则

8.1 检验分类

系统的检验分为出厂检验和型式检验。

8.2 检验项目

检验类别、要求、试验方法按表1的规定。

表1 检验项目

序号	检验项目	要求	试验方法	型式检验	出厂检验	
1	一般要求	6.1	7.1	√	√	
2	外观和结构	6.2	7.2	√	√	
3	子系统性能与功能	机器人系统	6.3.1	7.3.1	√	-
4		离线编程系统	6.3.2	7.3.2	√	√
5		视觉系统	6.3.3	7.3.3	√	-
6		打磨系统	6.3.4	7.3.4	√	-

表1 检验项目（续）

序号	检验项目		要求	试验方法	型式检验	出厂检验
7	子系统性能与 功能	液压系统	6.3.5	7.3.5	√	√
8		气动系统	6.3.6	7.3.6	√	√
9		控制系统	6.3.7	7.3.7	√	—
10		除尘系统	6.3.8	7.3.8	√	√
11		防护系统	6.3.9	7.3.9	√	√
12	系统性能		6.4	7.4	√	√
13	安全要求	基本要求	6.5.1	7.5.1	√	√
14		绝缘电阻	6.5.2	7.5.2	√	√
15	噪声		6.6	7.6	√	—

注：“√”为必检项目，“—”为不检验项目。

8.3 出厂检验

- 8.3.1 每套系统均应做出厂检验，检验合格后并附有合格证方可出厂。
8.3.2 出厂检验项目按表1的规定进行。

8.4 型式检验

- 8.4.1 有下列情况之一时应进行型式试验：
a) 新产品试制、定型鉴定时；
b) 产品结构、性能有较大变化时；
c) 国家质量监督机构提出检验要求时；
d) 停产两年以上，恢复生产时；
e) 用户有特殊要求时。
8.4.2 型式检验项目按表1的规定进行。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

9.1.1 产品标志

产品上应贴有标牌，内容包括产品名称、型号、主要技术参数、执行标准、生产编号、制造单位名称、出厂年月。

9.1.2 包装标志

包装箱外表面上，应按GB/T 191的规定做出图示标志。

9.2 包装

- 9.2.1 系统可采用包装箱整体包装，也可以分件包装。
9.2.2 包装应符合GB/T 4768、GB/T 4879、GB/T 5048的规定，包装内各组件均应相对固定。
9.2.3 技术文件应妥善包装放在包装箱内，内容包括：
——合格证；
——使用说明书；
——随机备件、附件清单；
——装箱清单及其他有关技术资料。

9.3 运输

运输过程中应轻装、轻卸，应保持包装箱竖立放置，并不得堆放。

9.4 贮存

长期存放系统的仓库环境温度应满足 $-5^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于90%，应采取防潮防锈措施。室内无强烈的机械振动、冲击及强磁场作用。

全国团体标准信息平台