

CEEIA

团 体 标 准

T/CEEIA XXXX—2025

冶金领域用机器人 第2部分：通用技术规范
范

Robots for metallurgy — Part 2: General technical specifications

(报批稿)

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。

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

中国电器工业协会 发布

中国电器工业协会（CEEIA）是在平等、自愿基础上，由全国电工装备制造、科研、院校、工程成套、销售、用户及相关企事业单位组成的全国性社会组织。按照专业分为发电设备、输变电设备、配电设备、用电设备、基础元件和材料五个领域。现有 42 个分支机构，6000 余家会员单位，分布在全国各地，涵盖电器工业所有领域。中国电器工业协会始终以振兴和发展我国电器工业，代表和维护全行业共同利益和会员合法权益为宗旨，在政府和会员之间发挥“纽带”和“桥梁”的作用。

制定中国电器工业协会团体标准，是推动行业可持续发展，满足企业需要，推进企业技术进步，也是协会重要工作之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国电器工业协会团体标准的建议并参与有关工作。

中国电器工业协会团体标准按照《中国电器工业协会团体标准制定工作管理办法》进行制定、发布和管理。标准中有关的知识产权问题，按照《中国电器工业协会团体标准知识产权管理办法》进行管理。

在标准实施过程中，如发现需要修改或完善之处，请联系中国电器工业协会标准化工作委员会秘书处。

本标准由中国电器工业协会制定发布，其版权归中国电器工业协会所有，任何组织和个人未经中国电器工业协会同意，不得印刷、销售。考虑到本标准中某些条款可能涉及的专利，中国电器工业协会不负责在任何类别专利权的鉴别。

中国电器工业协会地址：北京市丰台区南四环西路 12 区 30 号楼

邮政编码：100070 电话：010-68171344 传真：68244802

网址：www.ceeia.com

全国团体标准信息平台

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 技术要求	2
5 试验方法	5
6 检验规则	8
7 标志、说明、包装、运输与贮存	9
参考文献	11

前 言

本文件参照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》及T/CEEIA 270—2017《CEEIA标准编写指南》给出的规定编写。

本文件是T/CEEIA 975《冶金领域用机器人》的第2部分。T/CEEIA 975包含以下部分：

- 第1部分：分类和编码；
- 第2部分：通用技术规范；
- 第3部分：通信；
- 第4部分：数字孪生；
- 第5部分：健康评估导则。

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。

本文件由中国电器工业协会标准化工作委员会提出。

本文件由中电协电气场所用机器人安全与检测标准化专业委员会归口。

本文件起草单位：宝山钢铁股份有限公司、上海机器人产业技术研究院有限公司、哈尔滨工业大学、上海国评智检机器人有限公司、宝钢工程技术集团有限公司、上海图灵智造机器人股份有限公司、南京埃斯顿自动化股份有限公司。

本文件主要起草人：赵杰、邢琳、吴瑞珉、杨赛丹、魏振红、肖杨、黄天茂、刘茂生、丁烨、刘玉斌、叶长宏、陈雾、俞鸣、桑志民、宋希韬、申晨、童喆锴。

本文件于2025年首次制定。

引 言

传统冶金领域工作具有高温、高粉尘、高噪音等恶劣环境和液态熔融金属等高风险的特点，生产过程较为复杂，人工操作存在较大的安全风险，加之人口老龄化和劳动力短缺等问题，使得冶金领域迫切需要采取智能化、自动化的技术手段来提高生产效率、保障生产安全。冶金领域用机器人作为高科技手段可以实现恶劣环境下代替人工作业。

当前，已有针对工业机器人相关标准，然而，冶金领域机器人由于其应用场景较为特殊，功能更丰富，对其使用环境、安全要求严格，需结合行业实际情况详细划分。

本系列标准旨在紧密结合冶金领域实际情况及需求，明确对冶金领域用机器人的分类、编码等的要求，推动冶金领域用机器人高质量发展和规范管理。本系列标准拟由5部分构成：

- 第1部分：分类和编码（T/GEEIA 975.1—2025），目的在于结合冶金领域的实际情况，对冶金机器人及其系统的分类和编码做出明确规定；
- 第2部分：通用技术规范（T/GEEIA 975.2—2025），目的在于结合冶金领域的实际情况，对冶金领域用机器人及其系统技术要求、试验方法等做出明确规定；
- 第3部分：通信（T/GEEIA 975.3—2025），目的在于结合冶金领域的实际情况，对冶金领域用机器人及其系统的通信系统架构等做出明确规定；
- 第4部分：数字孪生（T/GEEIA 975.4—2025），目的在于结合冶金领域的实际情况，对冶金领域用机器人及其系统的数字孪生系统的系统架构、技术要求等做出明确规定；
- 第5部分：健康评估导则（T/GEEIA 975.5—2025），目的在于结合冶金领域的实际情况，对冶金领域用机器人及其系统的健康评估体系、评估流程等做出明确规定。

本文件的制定，旨在规范冶金领域用机器人及其系统的技术要求、试验方法、检验规则等，指导机器人的设计和应用，满足不同生产需求，提高生产的适应性和灵活性。可以推动冶金领域机器人技术的创新和发展，鼓励企业加大技术研发投入，提高技术水平和竞争力。

冶金领域用机器人 第2部分：通用技术规范

1 范围

本文件规定了冶金领域用机器人（以下简称“冶金机器人”）及其系统的技术要求、试验方法、检验规则、标志、说明、包装、运输与贮存要求。

本文件适用于冶金机器人及其系统。

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。

- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第1部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.3—2016 环境试验 第3部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.5 环境试验 第5部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击
- GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第10部分：试验方法 试验Fc：振动(正弦)
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB/T 3766—2015 液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
- GB/T 7247.1—2024 激光产品的安全 第1部分：设备分类和要求
- GB/T 7932—2017 气动 对系统及其元件的一般规则和安全要求
- GB/T 8196 机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置的设计与制造一般要求
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 12265 机械安全 防止人体部位挤压的最小间距
- GB/T 12642—2013 工业机器人 性能规范及其试验方法
- GB/T 12643 机器人 词汇
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 15706 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
- GB/T 17454.1 机械安全 压敏保护装置 第1部分：压敏垫和压敏地板的设计和试验通则
- GB/T 17454.2 机械安全 压敏保护装置 第2部分：压敏边和压敏棒的设计和试验通则
- GB/T 17454.3 机械安全 压敏保护装置 第3部分：压敏缓冲器、压敏板、压敏线及类似装置的设计和试验通则
- GB/T 17799.2—2023 电磁兼容 通用标准 第2部分：工业环境中的抗扰度标准
- GB 17799.4—2022 电磁兼容 通用标准 第4部分：工业环境中的发射
- GB/T 17888.2 机械安全 接近机械的固定设施 第2部分：工作平台与通道
- GB/T 17888.3 机械安全 接近机械的固定设施 第3部分：楼梯、阶梯和护栏
- GB/T 17888.4 机械安全 接近机械的固定设施 第4部分：固定式直梯
- GB/T 18831 机械安全 与防护装置相关的联锁装置 设计和选择原则
- GB/T 19436.1 机械电气安全 电敏保护设备 第1部分：一般要求和试验
- GB/T 23821 机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离
- GB/T 39463 工业机器人电气设备及系统 通用技术条件
- GB/T 39590.1 机器人可靠性 第1部分：通用导则
- JB/T 8896—1999 工业机器人验收规则

SJ/T 11852 服务型机器人用锂离子电池和电池组通用规范
 XF 892.1—2010 消防机器人 第1部分：通用技术条件
 T/CEEIA 975.1—2025 冶金领域用机器人 第1部分：分类和编码

3 术语和定义

GB/T 12643、T/CEEIA 975.1—2025界定的术语和定义适用于本文件。

4 技术要求

4.1 冶金机器人系统组成

冶金机器人系统的组成结构见图1，应符合T/CEEIA xxx.1—2025中4.5的要求。



图1 冶金机器人系统组成

4.2 外观和结构

- 4.2.1 标识文字、符号和标志应清晰端正。
- 4.2.2 应外观整洁、结构坚固，所有连接件、紧固件应有防松措施。
- 4.2.3 外壳表面应涂有保护层或防腐设计，不应有伤痕、毛刺等其他缺陷。
- 4.2.4 外形尺寸应满足设计要求。
- 4.2.5 结构应布局合理，操作方便，便于维护。

4.3 零部件

- 4.3.1 自制件应经质量检验部门检验合格。外购件、外协件应符合相关文件规定，具有合格证并经质量检验部门检验合格。
- 4.3.2 液压系统应符合 GB/T 3766—2015 中 5.1、5.2、5.3.1、5.3.2.5、5.4.7.2 及 5.4.7.7 的规定。
- 4.3.3 气动系统应符合 GB/T 7932—2017 中 5.1、5.2、5.3.1、7.3.1 及 5.4.6 的规定。
- 4.3.4 电气设备及系统应符合 GB/T 39463 的规定。
- 4.3.5 电池系统应符合 SJ/T 11852 的规定。
- 4.3.6 冶金机器人系统用于导航和安全等用途的激光产品应符合 GB/T 7247.1—2024 中 1 类激光产品的规定，并应有警告标识。
- 4.3.7 对于高温场景下应用的设备应结合热控设计，以保证温度敏感器件，如冶金机器人末端执行器、表面线束、内部线缆、气管、电路板等在高温条件下使用的可靠性。

4.4 冶金机器人性能

- 4.4.1 冶金机器人本体的操作性能指标参数应在产品标准中规定，包括但不限于以下各项：
 - 位姿准确度；
 - 位姿重复性；
 - 轨迹准确度；
 - 轨迹重复性。

4.4.2 冶金机器人的整机防护等级宜不低于GB/T 4208规定的IP65，不同类型的冶金机器人防护等级应在产品技术文件中规定。

4.4.3 振动和冲击应符合GB/T 5226.1的规定。

4.5 冶金机器人系统功能

4.5.1 通信功能：执行感知设备（如机器人、末端执行器、工艺单元等）与基础自动化设备（如主控单元等）实现双向通信。

4.5.2 报警通信功能：冶金机器人及其他设备在作业时提供声、光警示信号进行异常报警、低电量报警等。

4.5.3 联锁功能：设备操控单元上的联锁功能正常可靠。

4.5.4 操作功能：可实现自动/手动模式切换，设备操控单位等各部分的按钮开关布局简单合理，利于操作人员安全操作，各按钮灵活可靠，完成操作人员操作的各种指令。

4.5.5 作业功能：具体场景下的冶金机器人系统的作业功能，包括但不限于：

- a) 器具接插装配：能够完成接插操作，适应不同角度和位置的接插装配需求；
- b) 物品的上下料：能够完成不同场景下的上下料工作，可配备防滑夹具或真空吸附装置等；
- c) 切接打磨加工：能够完成打磨、切割、焊接等加工工作；
- d) 清渣捞渣扒渣：能够完成对不同区域的清渣捞渣拔渣的工作；
- e) 冶炼测量检测：能够完成对不同区域的温度测量、位置检测、取样等工作；
- f) 加料投料配液：能够完成在不同场景下对不同材料的加料、投料、配液的工作；
- g) 产品贴标挂标：能够完成对不同形状和材质的产品贴标、挂标等工作；
- h) 炉衬耐材喷补：能够在高温环境下完成对不同区域的喷补、浇浆等工作；
- i) 打捆拆包拆垛：能够完成对不同形状大小的产品完成打捆、拆包、拆垛等工作；
- j) 清洁清扫回料：能够完成对不同区域的清扫、清理等工作；
- k) 成品测量检测：能够完成对不同产品不同参数的测量检测工作；
- l) 表面涂敷涂装：能够完成对不同产品表面的涂敷、涂装工作；
- m) 产品喷印标记：能够完成对不同材质不同形状的产品的喷印标记工作。

4.5.6 当冶金机器人系统配置其他功能时，该功能还应符合相应的国家标准和行业标准的要求。

4.6 环境适应性

冶金机器人系统应适用于其预期使用的实际环境，表1中规定的环境条件可作为参考。

表1 环境条件

参数	检测化验室内区域用	其他区域用
环境温度	-10℃~40℃	-20℃~60℃
贮存温度	-30℃~40℃	-30℃~60℃
环境湿度	10%~85% RH（无凝露）	10%~95% RH（需防结霜）
贮存湿度	≤75%	≤90%
大气压	86 kPa~106 kPa	80 kPa~106 kPa
粉尘	≤5 mg/m ³ （粒径≤10 μm）	≤10 mg/m ³
盐雾腐蚀	/	耐48 h盐雾测试（符合GB/T 10125）
环境耐受度	所有电子元件（控制柜/伺服电机）在55℃空气温度下正常运行	
短时高温暴露	冶金机器人本体180℃下每分钟最少承受10 s	
瞬时接触	末端执行器距离1500℃热源（铁水、钢水、钢渣等）1 m，每5 min最少承受20 s	

4.7 电磁兼容性

电磁发射应符合GB 17799.4—2022表1和表2的要求。电磁抗扰度应符合GB/T 17799.2—2023第8章的要求。

4.8 可靠性

冶金机器人可靠性应符合GB/T 39590.1的要求。

4.9 安全

4.9.1 电气安全

- 4.9.1.1 冶金机器人系统的电气设备的设计和制造应符合 GB/T 5226.1 的相关要求。
- 4.9.1.2 在有防爆要求的环境中，控制系统应符合国家防爆标准。
- 4.9.1.3 制造商设计及安装电气设备，应使其能够承受风险评估中确定的所有危险，包括安装地点的海拔、温度、振动、湿度、腐蚀等对设备的影响。
- 4.9.1.4 宜配置 UPS 供电保护措施，实现冶金机器人系统异常失电时的紧急退避，避免影响炼钢作业和高温烧损冶金机器人系统。
- 4.9.1.5 高温作业环境下的电气器件及电缆应有可靠的隔热和防钢液溅落装置，避免受到热辐射及液渣飞溅。
- 4.9.1.6 仪表及其盘箱柜防护等级根据环境条件进行选择，应具有 GB/T 4208 规定的 IP54 的最低防护等级。
- 4.9.1.7 电缆不应架设在热力与燃气管道上，应远离高温、火源与液渣喷溅区；应通过或邻近这些区域时，应采取可靠的防护措施；电缆不应与其他管线共沟铺设。

4.9.2 机械安全

4.9.2.1 附加轴

- 4.9.2.1.1 在冶金高温作业环境下，附加轴设计应符合 GB/T 15706 的相关规定，应具有 IP65 的最低防护等级，应设置机械限位及挡块。

注：附加轴是指在工业机器人本体标准关节轴（通常为6轴）之外增加的运动控制轴。这些轴通过外部机械装置（如导轨、变位机、转台等）扩展机器人的运动自由度，使其突破固定工位的限制，实现更大范围、更复杂的任务。

- 4.9.2.1.2 根据附加轴及机器人变惯量的应用特征，进行有限元分析及结构设计。
- 4.9.2.1.3 回转附加轴宜整体铸造，直线附加轴宜进行模块化设计及制造。
- 4.9.2.1.4 装配集成后附加轴应进行加载及过载实验验证。

4.9.2.2 末端执行器

- 4.9.2.2.1 在冶金高温作业环境中，末端执行器中的元器件的防护等级不应低于 IP65，末端执行器整体的防护等级不应低于 IP67，不宜采用磁吸附方式的末端执行器。
- 4.9.2.2.2 末端执行器内部电缆宜采用铠装方式，气管宜采用耐蚀抗高温的金属管。
- 4.9.2.2.3 末端执行器与工件或物料刚性交互接触（夹具抓取探头、测温取样枪接插探头），末端执行器携带工件与作业对象刚性交互接触（探头套接测温取样枪、长水口套接滑动水口），应设置导向定位及缓冲顺应机构，实现精准定位作业，避免过载损坏设备造成人员伤害。
- 4.9.2.2.4 可更换的末端执行器及其支架应设置防尘隔热盖板，以保护快换机构的能介接口。末端执行器支架应设置导向定位及缓冲机构，避免刚性接触、过载及挤压冲击损坏，确保自动更换末端执行器准确定位。
- 4.9.2.2.5 对于测温取样总长超过 3 m 的末端执行器，宜配置自动及人工标定的装置，定期进行工具坐标系的热疲劳和形变的补偿校正，以避免发生因末端执行器失效而导致的事故威胁人员及设备的安全。
- 4.9.2.2.6 末端执行器设计应符合人体工效学，配置特定的支架及工具，以避免备件及耗材拆卸更换过程中的危险情况。

4.9.2.3 安全防护

- 4.9.2.3.1 通过本质安全措施可能无法合理消除危险或充分减小风险，则应使用防护装置和保护装置来保护人员。
- 4.9.2.3.2 安全布局和设备工艺布置中参照 GB/T 29639 及 AQ 2001 的相关规定，首先考虑各种异常情况下人员逃生通道的合理设置。
- 4.9.2.3.3 应考虑封闭控制位置或干涉区域，以提供针对多种危险的组合保护，这些危险包括：
- 冷钢坠落或钢液飞溅产生的危险；
 - 排放危险（噪声、振动、辐射、有害物质对健康的危害等）；
 - 冶炼区域高温环境造成的危险；

- d) 接近危险；
- e) 意外操作造成的危险。
- 4.9.2.3.4 安全防护装置的设计和制造应符合 GB/T 8196 的有关规定。
- 4.9.2.3.5 固定式或活动式防护装置应符合 GB/T 8196 的要求。
- 4.9.2.3.6 可调式防护装置应符合 GB/T 8196、GB/T 12265 的要求。
- 4.9.2.3.7 联锁防护装置应符合 GB/T 8196 和 GB/T 18831 的要求。
- 4.9.2.3.8 与防护装置相关的最小安全距离应符合 GB/T 23821 的要求。
- 4.9.2.3.9 应按需要设置楼梯、阶梯和护栏并应符合 GB/T 17888.3 的规定，按 GB/T 17888.2 设置工作平台和通道，按 GB/T 17888.4 设置固定式直梯。走道、楼梯和平台的表面应具有防滑表面，并加以保护，以避免或尽量减少因水垢、油、乳液和/或润滑剂引起的坠落。
- 4.9.2.3.10 电敏保护设备应符合 GB/T 19436.1 的相关要求。
- 4.9.2.3.11 压敏保护设备应符合 GB/T 17454.1、GB/T 17454.2、GB/T 17454.3 的相关要求。
- 4.9.2.3.12 宜配置视觉监视，多视角覆盖冶金机器人作业区域及关联人工作业区域，可远程观测人员在冶金机器人作业区域进行生产维护、检修及异常情况处理等作业情况，应进行冶金机器人自动作业前作业区域无人确认。监视自动作业过程，发现异常情况触发紧急退避或紧急停止，确保人员和设备安全。

4.9.3 作业安全

- 4.9.3.1 在冶金高温等极端作业环境中，系统控制单元宜配备远程复位的功能，以免对设备、人员造成损害。
- 4.9.3.2 在安全防护空间及限定空间基础上，作业轨迹规划时应对工具中心点（TCP）的运动区域加以限制，并设置所有路径极限空间范围，避免作业过程中与周边物体干涉，造成不可预测的危险情况。若在极限空间范围内未完成对应作业任务，则停止作业，返回错误/故障信息，并进行处理。
- 4.9.3.3 在冶金机器人作业过程各阶段时间如果超出标准作业时间的约定倍数，应视为异常，停止作业并进行回退故障处理，避免安全事故的发生。尤其是关键末端执行器、工件物料及作业对象交互作业过程，宜重点限制，以确保设备安全。
- 4.9.3.4 大惯量大尺度（总长度超过 3 m）末端执行器的装配或刚性接触作业，宜配置末端六维力/力矩传感器或监测冶金机器人各关节电机力和力矩，避免作业过程的过载和事故的发生。
- 4.9.3.5 宜配置工件、物料及作业对象的位姿检测传感器，实现作业过程位姿实时修正，消除形变、尺寸及位置偏差带来作业失败和设备事故。
- 4.9.3.6 处理高温或燃烧工件的轨迹规划应避开周边设备，避免高温残渣或过烧探头掉落带来的影响。

4.10 作业节奏

冶金机器人系统作业节奏应符合实际工况的要求。

4.11 作业成功率

冶金机器人系统作业成功率应根据实际工况符合相关技术文件要求。

5 试验方法

5.1 外观和结构

目测检查设备的外观和结构，使用卷尺或其他工具检测外形尺寸。

5.2 零部件

- 5.2.1 液压系统性能应按 GB/T 3766—2015 第 6 章的方法进行试验。
- 5.2.2 气动系统性能应按 GB/T 7932—2017 第 6 章的方法进行试验。
- 5.2.3 电气设备及系统应按 GB/T 39463 的要求进行试验。
- 5.2.4 电池系统性能应按 SJ/T 11852 的要求进行试验。

5.3 冶金机器人性能试验

5.3.1 位姿准确度

应按GB/T 12642—2013中7.2.1的方法进行试验。

5.3.2 位姿重复性

应按GB/T 12642—2013中7.2.2的方法进行试验。

5.3.3 轨迹准确度

应按GB/T 12642—2013中8.2的方法进行试验。

5.3.4 轨迹重复性

应按GB/T 12642—2013中8.3的方法进行试验。

5.3.5 防护等级测试

应按GB/T 4208的要求进行试验。

5.3.6 振动试验

应按GB/T 2423.10规定的方法进行试验，试验后，查看检测装置是否发生紧固件松动、机械损坏等现象。

5.3.7 冲击试验

应按GB/T 2423.5规定的方法进行试验，试验后，查看检测装置是否发生紧固件松动、机械损坏等现象。

5.4 冶金机器人系统功能试验

5.4.1 通信功能

应按设备制造商与用户共同商定的技术文件要求，测试设备间的双向通信功能是否正常。

5.4.2 报警功能

应依照XF 892.1—2010中8.6.9的规定进行试验。

5.4.3 操作功能

应按制造商与用户共同商定的技术文件要求，检查机器人是否可以实现自动/手动模式切换功能。

检查设备本体操控单元按钮开关是否布局合理，操作方便。全部按钮开关动作灵活可靠、正确完成按钮的指令功能。

5.4.4 联锁功能

应按设备制造商与用户共同商定的技术文件要求，检查全部联锁功能。特别是按下“停止”或“急停”按钮后，不解除急停状态并按下“复位”或“启动”按钮，则其它按钮均不能使运动部件动作。

5.4.5 作业功能

应按设备制造商与用户共同商定的技术文件要求，检查全部作业功能。

5.5 环境适应性试验

5.5.1 低温工作

按 GB/T 2423.1—2008 中方法Ae的规定进行低温工作试验，温度为表1中环境温度下限，持续4 h。在标准环境条件下恢复1 h后，检查产品外观和基本功能。

5.5.2 高温工作

按GB/T 2423.2—2008中方法Be的规定进行试验,温度为表1中环境温度上限，持续4 h。在标准环境条件下恢复1 h后，检查产品外观和基本功能。

5.5.3 低温存储

按 GB/T 2423.1—2008 中方法Ab的规定进行试验,试验过程中不通电,温度为表1中贮存温度下限,持续8h。在标准环境条件下恢复1 h后,检查产品外观和基本功能。

5.5.4 高温存储

按GB/T 2423.2—2008 中方法Bb的规定进行试验,试验过程中不通电,温度为表1中贮存温度上限,持续8h。在标准环境条件下恢复1 h后,检查产品外观和基本功能。

5.5.5 湿热试验

按GB/T 2423.3—2016中方法Ca的规定进行试验,试验过程中不通电,温度为表1规定的温度、湿度上限值,持续24 h。在标准环境条件下恢复2 h后,检查产品外观和基本功能。

5.6 电磁兼容性试验

应按GB 17799.4—2022中规定的方法进行电磁发射试验。机器人本体及配套充电设备电磁抗扰度应按GB/T 17799.2—2023中规定的方法进行试验。

5.7 可靠性试验

应按照GB/T 39590.1中的要求进行试验。

5.8 安全试验

5.8.1 电气安全

应至少符合4.8.1中的要求,若有其他要求,应按照制造商与用户共同商定的技术文件的要求进行检查。

仪表及其盘箱柜应按照GB/T 4208中的试验方法对防护等级进行测试,并由供应商提供报告。

5.8.2 机械安全

应至少符合4.8.2中的要求,若有其他要求,应按照制造商与用户共同商定的技术文件的要求进行检查。

附加轴及末端执行器应按照GB/T 4208中的试验方法对防护等级进行测试,并由供应商提供报告。

5.8.3 作业安全

应至少符合4.8.3中的要求,若有其他要求,应按照制造商与用户共同商定的技术文件的要求进行检查。

5.9 作业节奏

冶金机器人系统应以额定负载、额定速度(未标记额定速度,应设置为100%速度)在自动模式下运行,作业节奏通过作业现场实际检测得出,从程序开始开始计时,到完成作业结束计时,共检测三次,取三次检测结果的算术平均值作为冶金机器人系统作业时间。人工作业时间参考现场工人作业视频或作业文件。

5.10 作业成功率

判定方式为检查冶金机器人系统自动作业时是否出现中断,根据不同冶金机器人系统作业频率情况给出具体测试方式。录制作业视频方式或HMI日志记录作为以往数据评价数据以及现场检测两者结合进行测试。

冶金机器人系统作业成功率测试包括现场试验和现场跟踪统计两种方法,两者可组合执行。

——现场试验:由机器人制造商在出厂前模拟使用方实际应用情况进行试验,监测并记录冶金机器人系统的工作状态及功能和性能的变化情况;

——现场跟踪统计:由冶金机器人系统使用方在实际工况下进行,试验过程应定时观测记录冶金机器人系统功能表现情况。

采用现场试验的连续累计测试次数不应低于10次。

采用现场跟踪统计的连续累计次数不应低于100次。

出现机械卡死、定位偏差超过产品技术文件规定值的120%、作业时间超过标准作业时间的2倍等任一情况，应认定作业失败。

冶金机器人系统的作业成功率计算方法见式（1）：

$$Y = \frac{x_t}{x_s} \times 100 \% \quad (1)$$

式中：

Y——作业成功率；

x_t ——作业成功次数；

x_s ——作业总次数。

6 检验规则

6.1 检验分类及要求

6.1.1 基本要求

检验分为出厂检验、型式检验、现场检验，检验项目宜参照表2进行设置。

表 2 检验项目

序号	检验项目		型式试验	出厂检验	现场检验
1	外观和结构		●	●	●
2	功能	通信功能	●	●	●
3		报警功能	●	●	●
4		操作功能	●	●	●
5		联锁功能	●	●	●
7		作业功能	●	●	●
8	冶金机器人操作性 能	位姿准确度	●	●	●
9		位姿重复性	●	○	●
10		轨迹准确度	●	●	●
11		轨迹重复性	●	○	●
12	环境适应性	低温工作	●	○	○
13		高温工作	●	○	○
14		低温存储	●	○	○
15		高温存储	●	○	○
16		湿热试验	●	○	○
17	防护等级		●	○	○
18	电磁兼容		●	○	○
19	机械性能试验	振动	●	○	○
20		冲击	●	○	○
21		碰撞	●	○	○

表 2 检验项目（续）

序号	检验项目	型式试验	出厂检验	现场检验
22	可靠性试验	●	○	○
23	安全试验	●	○	●
24		●	○	●
26		●	○	●
27	作业节奏	○	○	●
28	作业成功率	○	○	●

注：“●”表示必选的检验的项目，“○”表示可选择进行检验的项目。

6.2 型式检验

6.2.1 系统每台设备都应进行型式检验，并由制造单位的质量检验部门负责实施。

6.2.2 出现下列情况之一时，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) 产品停产超过一年后，恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式有较大差异时；
- e) 国家质量检验监督机构提出型式试验要求时。

6.2.3 根据产品类型，从表 2 选取型式检验项目，其他特殊项目和参数指标由有关技术文件规定，并经检验机构确定。

6.2.4 其他检验规则应符合 JB/T 8896—1999 中 3.3 的规定。

6.3 出厂检验

6.3.1 系统每台设备都应进行出厂检验，并由制造单位的质量检验部门负责实施。

6.3.2 依据产品类型，从表 2 选取出厂检验项目，其他特殊项目和参数指标由有关技术文件规定，并经检验机构确定。

6.3.3 设备出厂检验项目全部检验合格后，出具产品合格证。

6.3.4 检验中出现某项目不符合要求或发生故障时，应查明原因，进行返修，对该项重新检验。在重新检验中，该项目再次出现不符合要求或发生故障时，则该产品被判为不合格。

6.4 现场检验

6.4.1 冶金机器人系统应在交付时进行确认检验，由使用方质量检测部门负责实施。

6.4.2 依据现场实际应用情况，从表 2 选取检验项目。其他特殊项目和参数指标应符合相关技术文件要求。

6.4.3 确认检验项目全部检验合格后，应出具验收单。

6.4.4 检验中出现某项目不合格或发生故障时，应由相关设备制造商查明原因并进行返修，在重新检验中，该项目再次不符合要求或发生故障时，则判定为不合格。

7 标志、说明、包装、运输与贮存

7.1 标志

7.1.1 应具有永久性标牌，标牌的内容至少应包括产品名称、型号编码、电源额定电压和功率、生产编码、生产日期、制造单位名称、制造单位地址。

7.1.2 应具有必要的安全警示标识，且应在产品上明显可见位置。安全警示标识应符合 GB 2894 的要求。

7.2 说明书

说明书应包含必要的使用、操作、维护和拆卸时的相关说明及使用信息。除产品相关安全文件规定的内容外，应在说明书醒目位置标明以下内容：

- 售后服务联系方式：服务电话或电子邮箱等联系方式；
- 产品执行标准编号。

可将售后服务联系方式和产品执行标准编号标志在包装上。

7.3 包装

7.3.1 包装箱应符合 GB/T 13384 的规定，耐振、耐摔、防尘、防雨。

7.3.2 包装箱标志应符合 GB/T 191 的规定。标志中应标明产品名称、型号、产品执行标准编号、质量、制造商名称、生产日期，以及“小心轻放”、“怕雨”、“勿倒置”等其他需要标注的内容。

7.3.3 包装箱内应附有装箱清单、产品合格证、说明书（包括外观图、各部位名称、功能、规格、各项重要技术指标、操作方法、注意事项及环保要求等）、备件、专用工具及相关的随机文件。

7.3.4 若有其他特殊包装要求，应在相关产品文件中规定。

7.4 运输

运输、装卸时应小心轻放，不应抛掷和碰撞，避免雨雪淋，防止剧烈撞击、振动。

7.5 贮存

应贮存在干燥、防潮、防腐、无油污且通风的室内场所。说明书或产品标签上应注明安全贮存条件和贮存维护方法。

参 考 文 献

- [1] GB/T 29639—2020 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则
 - [2] AQ 2001—2018 炼钢安全规程
-

全国团体标准信息平台