

ICS 25. 040. 30

J 28

# 团 体 标 准

T/CSM 17-2021

## 炼钢区域机器人系统安全要求

Steelmaking robot system-Safety requirements

2021-08-23 发布

2021-08-23 实施

中国金属学会发布



## 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 危险识别与风险评估 .....	4
5 设计要求及保护措施 .....	4
5.1 通则 .....	4
5.2 基本要求 .....	4
5.3 炼钢区域机器人系统应用要求 .....	4
6 使用信息 .....	10
6.1 使用说明书 .....	10
6.2 标志 .....	10
附录 A (资料性附录) 炼钢区域典型机器人应用 .....	11
附录 B (规范性附录) 主要危险列表 .....	12
附录 C (资料性附录) 铁水预处理测温取样机器人系统安全防护示例 .....	15

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2020给出的规则起草。

本标准的附录A为资料性附录，附录B为规范性附录，附录C为资料性附录。

本标准由中国金属学会标准化工作委员会提出并归口。

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。

本标准起草单位：宝山钢铁股份有限公司、哈尔滨工业大学、上海电器科学研究所（集团）有限公司。

本标准主要起草人：吴瑞珉、丁烨、赵杰、朱晓鹏、刘玉斌、宋希韬、陈凯、叶长宏、魏振红、黄天茂、杨赛丹、申晨、秦天溢。

本标准是首次发布。

## 引言

本标准是建立在承认炼钢区域机器人及机器人系统能导致特定危险基础上。

本标准描述了炼钢区域机器人的危险事项、危险的程度、危险情况及所涉及的事件，并给出了保证执行相关任务的人员的安全要求。



# 炼钢区域机器人系统安全要求

## 1 范围

本标准规定的炼钢区域包括混铁车高炉受铁后的铁水运输、铁水预处理、电炉/转炉炼钢、精炼、模铸/连铸工艺过程所涉及的区域，包括周围预先确定的操作者进行操作的空间，以及任何使人员暴露于危险的机械内部和/或其周围的空间。

GB 11291规定了工业机器人、工业机器人系统和工业机器人单元集成的通用安全要求。本标准规定了炼钢区域机器人系统的安全要求的术语和定义、危险识别与风险评估、设计要求及保护措施和使用信息，此类机器人系统作业环境比较恶劣。本标准描述了使用此类机器人系统的相关危险，并提出了消除或降低风险直至可接受水平的要求和建议。

本标准适用于炼钢区域机器人系统，应用于测量检测、加料填装、涂敷涂装、耐材喷补、清渣扒渣、接插装配及喷印标记等作业。

## 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 3766—2015 液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求

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/T 8196—2018 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 11291.1—2011 工业环境用机器人 安全要求 第1部分：机器人（ISO 10218—1:2006）

GB 11291.2—2013 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（ISO 10218—2:2011）

GB/T 12643—2013 机器人与机器人装备 词汇

GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小（ISO 12100:2010）

GB 16655 机械安全 集成制造系统 基本要求

GB 16754—2008 机械安全 急停 设计原则

GB/T 20066—2006 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法

GB/T 20867—2007 工业机器人 安全实施规范

GB 25683—2010 钢液浇包 安全要求

GB/T 28780—2012 机械安全 机器的整体照明

GB/T 29639—2020 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则

GB/T 32818—2016 冶炼设备 术语

GB/T 33509—2017 机械密封通用规范

GB/T 38244—2019 机器人安全总则

GB 50403—2017 炼钢机械设备工程安装验收规范

GB 50742—2012 炼钢机械设备安装规范

AQ 2001—2018 炼钢安全规程

BS EN 14753:2007 钢的连续浇铸用机械和设备的安全要求 (Safety of machinery—Safety requirements for machinery and equipment for continuous casting of steel)

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 工业机器人 *industrial robot*

自动控制的、可重复编程、多用途的操作机，可对三个或三个以上轴进行编程，它可以是固定式或移动式。在工业自动化中使用。

[GB/T 12643—2013, 定义2.9]

#### 3.2 工业机器人系统 *robot system*

由（多）工业机器人、（多）末端执行器和为使机器人完成其任务所需的任何机械、设备、装置、外部辅助轴或传感器构成的系统。

[GB/T 12643—2013, 定义2.15]

#### 3.3 附加轴 *additional axes*

附加轴是指在机器人本体的第一轴之前或末端轴之后额外增加的线性运动或旋转运动轴，并通过机器人的伺服控制系统控制。

#### 3.4 末端执行器 *end effector*

为使机器人完成其任务而专门设计并安装在机械接口处的装置。

示例：夹持器、扳手、焊枪、喷枪等。

[GB/T 12643—1997, 定义4.11]

#### 3.5 工具中心点 *tool centre point (TCP)*

参照机械接口坐标系为一定用途而设定的点。

[GB/T 11291.1-2011, 定义3.28]

#### 3.6 限位装置 *limiting device*

通过停止或导致停止机器人的所有运动来限制（机器人）最大工作空间的装置，并且该装置与控制程序及任务程序无关。

[GB 11291.1—2011, 定义3.12]

#### 3.7 示教盒 *teach pendant*

能用它对机器人进行编程或使机器人运动，并与控制系统相连接的手持式单元。

[GB/T 12643—1997, 定义6.8]

#### 3.8 防护等级 *degree of protection*

按标准规定的检验方法，确定外壳对人接近危险部件、防止固体异物进入或水进入所提供的保护程度。

[GB/T 4208-2017, 定义3.3]

### 3.9 IP 代码 IP code

表明外壳对人接近危险部件、防止固体异物或水进入的防护等级，并且给出与这些防护有关的附加信息的代码系统。

[GB/T 4208-2017, 定义3.4 ]

### 3.10 危险 hazard

潜在的伤害源。

[GB/T 15706, 定义3.6]

### 3.11 风险 risk

伤害发生的概率与伤害严重程度的组合。

[GB/T 15706, 定义3.12]

### 3.12 风险评估 risk assessment

包括风险分析和风险评价在内的全过程。

[GB/T 15706, 定义3.14]

### 3.13 安全防护 safeguarding

使用安全防护装置保护人员的保护措施，这些保护措施使人员远离那些不能合理消除的危险或者通过本质安全设计措施无法充分减小的风险。

[GB/T 15706, 定义3.21]

### 3.14 安全防护装置 safeguard

防护装置或保护装置。

[GB/T 15706, 定义3.26]

### 3.15 防护装置 guard

设计为机器的组成部分，用于提供保护的物理屏障。

[GB/T 15706-2012, 定义3.27]

### 3.16 保护装置 protective device

防护装置以外的安全防护装置。

[GB/T 15706-2012, 定义3.28]

### 3.17 危险运动 hazardous motion

任何可能导致人员伤害的运动。

[GB 11291.1—2011, 定义3.11]

### 3.18 测温 temperature measurement

采用浸渍式热电偶浸入铁水或钢水中测量其温度。

### 3.19 浸入式取样 immersion sampling

管式取样方法的一种。取样管浸入到铁水或钢水中，由于铁水或钢水静压或重力的作用，使铁水或钢水充满取样管中样品仓的取样方法。

注：改写GB/T 20066—2006，定义3.8

### 3.20 吸入式取样 suction sampling

管式取样方法的一种。取样管浸入到铁水或钢水中，由于抽吸作用，使铁水或钢水充满取样管中的样品仓的取样方法。

注：改写GB/T 20066—2006，定义3.9

## 4 危险识别与风险评估

GB/T 15706—2012风险评估的所有要求应适用。

特定的应用和机器人系统与其他机器相互作用可以造成进一步的危险。这些危险应该列为特定应用风险评估的个别依据。炼钢区域典型应用见附录A。

附录B列出了炼钢区域机器人系统可能出现的一系列典型危险。

附录C列举了铁水预处理测温取样机器人系统安全防护示例。

本标准描述了人员、机器人系统及生产作业过程中的危险识别、风险评估及安全设计和保护措施。

对在危险识别中确定的危险，应进行风险估计，应注意炼钢区域机器人及系统可能接触安全相关对象时的各种状况。

采纳所有本质安全设计和保护措施后，炼钢区域机器人及其系统的剩余风险也应予以评估并证明其已减小到可接受水平。

## 5 设计要求及保护措施

### 5.1 通则

炼钢区域机器人系统应符合本章中的安全要求和/或风险减小措施。

应按照GB/T 15706—2012中有关危险的原则来设计炼钢区域机器人。

下列（但不限于）一种或多种检验方法可以满足本章的安全要求。如：

——A：目视检查；

——B：实际测试；

——C：测量；

——D：操作中观察；

——E：复查图纸、计算及技术数据。

注：本章中推荐的各种要求的检验方法在每节后用[A,B,C,……]的形式注明，相应于上面列出的方法。

### 5.2 基本要求

炼钢区域机器人及系统应符合GB 11291.1—2011和GB 11291.2—2013的规定。

机器人及其系统应适应炼钢区域高温、粉尘、飞溅及电磁干扰等工作环境，应配有必要 的防护措施。

宜选用手腕驱动电机后置式机器人，机器人手腕及小臂宜配置耐高温、耐腐蚀的涂层。

注：[5.1中A、B、E]

### 5.3 炼钢区域机器人系统应用要求

### 5.3.1 机械安全

#### 5.3.1.1 外壳防护

在机器人初期选型时，依据应用中可能出现的危险，尽可能选取高防护等级的产品，并辅以外加的防护。

炼钢区域环境下，机器人本体应具有IP65的最低防护等级，机器人手腕及小臂应具有IP67的最低防护等级，机器人电控柜应具有IP54的最低防护等级。

注：[5.1 中A、B、E]

#### 5.3.1.2 附加轴

在炼钢高温区域附加轴设计应符合GB/T 15706.2—2012的相关规定。

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。

回转附加轴建议整体铸造，直线附加轴进行模块化设计及制造。

装配集成后附加轴进行加载及过载实验验证。

附加轴应具有IP65的最低防护等级。

附加轴应设置机械限位及挡块。

注：[5.1 中A、B、C、E]

#### 5.3.1.3 末端执行器

在炼钢区域，末端执行器中的元器件的防护等级应不低于IP65，末端执行器整体的防护等级应不低于IP67。

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。

末端执行器与工件或物料刚性交互接触（手爪抓取探头、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），需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。

可更换的末端执行器及其支架需设置防尘隔热盖板，以保护快换机构的能介接口。末端执行器支架需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。

在高温环境下不宜采用磁吸附方式的末端执行器。

对于测温取样大尺度的末端执行器（总长超过3m），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。

末端执行器设计应符合人体工学，配置特定的支架及工具，以避免备件及耗材的拆卸更换过程中的危险情况。

注：[5.1 中A、B、C、E]

#### 5.3.1.4 机器人作业过程限制

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TCP点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，尤其对于测温取样作业大尺度的机器人末端执行器。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。

在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（探头插入钢水测温取样停留时间6秒~8秒，若超过10秒或12秒），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、工件物流及作业对象交互作业过程（长水口套接滑动水口、探头插入钢水铁水、探头接插套接），宜重点限制，以确保设备安全。

大惯量大尺度末端执行器（电炉和精炼的测温取样末端执行器超过3米）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。

宜配置工件、物料及作业对象（覆盖剂料袋、测温取样枪、探头、长水口、大包水口）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。

处理高温或燃烧工件（测温取样探头）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。

注：[5.1 中A、B、C、D、E]

#### 5.3.1.5 检修维护

提供吊起机器人及其相关部件的措施，且应足以处理预期负荷。例如，起重钩、吊环螺栓、螺纹孔、叉型套袋。其中吊带的长度应准确定制，符合机器人厂商的要求。

在炼钢区域高平台进行起重操作时，应特别注意机器人及其相关部件重心位置，防止发生倾翻。

应配置检修平台和梯子，确保高位检修时人员的安全。

注：[5.1 中A、B、C、D]

#### 5.3.1.6 标记、指示

机器人系统中的光电警示应与钢液背景相比有合适的视亮度和颜色反差，声音警示声级应明显高于炼钢区域环境噪声的级别，易识别。

防止机器人运动时发生干涉或碰撞，应标志物料及物料禁放区域。

在机器人系统人机交互区域（如测温取样探头的人工拔除、探头分离切断装置）设置警示标志。

在安全门、安全围栏上应设置警示标志。

注：[5.1 中A、B、D]

#### 5.3.1.7 安全防护

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。

安全布局和设备工艺布置中应参照GB/T 29639—2020及AQ—2001—2018的相关标准首先考虑各种异常情况下人员逃生通道的合理设置。

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：

- a) 冷钢坠落或钢液飞溅产生的危险
- b) 排放危险（防止噪声、振动、辐射、有害物质对健康的危害等）
- c) 炼钢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

安全防护装置的设计和制造应符合GB/T 8196—2018的有关规定。

固定式或活动式防护装置应符合GB/T 8196—2018的要求；

可调式防护装置应符合GB/T 8196—2018、GB/T 12265.3—1997的要求

联锁防护装置应符合GB/T 8196—2018和GB/T 18831—2017的要求。

与防护装置相关的最小安全距离应符合GB/T 23821—2009的要求。

应按需要设置楼梯、阶梯和护栏并应符合GB 17888.3—2008的规定，按GB 17888.2—2008设置工作平台和通道，按GB 17888.4—2008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。

电敏保护设备应符合GB/T 19436.1—2013的相关要求。

压敏保护设备应符合GB/T 17454.1—2017、GB/T 17454.2—2017、GB/T 17454.3—2017的相关要求。

宜配置视觉监视，多视角覆盖机器人作业区域及关联人工作业区域，可远程观测人员在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，进行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。

注：[5.1 中A、B、D、E]

### 5.3.1.8 环境防护

如果存在热辐射风险，机器人本体及末端执行器应提供带有隔离材料的防护服、防护板或防护罩。在防护服及机器人本体之间宜设计主动冷却系统。

末端执行器与高温作业对象接触，应设计或配备热防护装置，以确保在GB/T 18153中规定的接触时间和材料内不超过烧伤阈值。

电炉和LF精炼炉，其变压器室大电流短网附近的墙体内外及附近的金属构件易因电磁感应发热，机器人系统应采取防电磁感应发热的措施。

如果存在钢液和钢渣飞溅、冷钢掉落及响喷的风险（连铸开浇飞溅、大包冷钢掉落、电炉响喷），机器人及末端执行器应提供防护板或防护罩、防护墙及防护顶棚，管缆桥架敷设应避开钢液或钢渣喷溅的区域。

存在大量烟尘弥漫及焦油侵蚀风险的机器人及系统应符合GB/T 33509—2017相关要求，接近油烟的相关元器件与末端执行器的防护等级宜不低于IP67。

注：[5.1 中A、B、C、E]

### 5.3.2 电气安全

炼钢区域机器人及其系统的电气设备的设计和制造应符合GB/T 5226.1—2019的相关要求。

制造商设计及安装所有的电气设备，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、地震灾害等对设备的影响。

宜配置UPS供电保护措施，实现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机器人系统。

与高温钢液接近的电气器件及电缆应有可靠的隔热和防钢液溅落装置，避免受到热辐射及钢液飞溅。

仪表及其盘箱柜IP防护等级根据环境选择，应具有IP54的最低防护等级。

在有防爆要求的环境中，控制系统应符合国家防爆标准。

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；必须通过或邻近这些区域时，应采取可靠的防护措施；电缆不得与其他管线共沟铺敷设。

注：[5.1 中A、B、C、D、E]

### 5.3.3 控制系统安全

#### 5.3.3.1 通则

应按GB/T 16855.1或者GB 28526规定的方法确定控制系统的等级。

应满足以下要求：

- a) 任何部件的单个故障不应导致安全功能的丧失；

- b) 只要合理可行，单个故障应在有关安全功能的下一个指令发出时或发出被检测到；
  - c) 当出现单个故障时，安全功能始终有效，且应维持安全状态直到故障排除；
  - d) 所有可合理预见的故障应被检测到；
  - e) 检测出的故障在解决之前，机器人应保持安全状态；
  - f) 确保安全控制系统的所有装置正常运行后，机器人方可运行。
  - g) 在突发异常情况下，控制系统应具备使机器人紧急退避的功能。
- a) ~ d) 的要求属于 GB/T 16855.1—2008 中所描述的类别 3。

注：[5.1 中B、D、E]

### 5.3.3.2 机器人及系统的停止功能

每个机器人单元或机器人系统都应具有保护性停止功能及独立的急停功能。这些功能应具有与外部保护装置连接的措施。

若机器人系统涉及人机交互作业，如半自动测温取样作业，操作人员进行探头的拔除作业，则应具备停止功能。

注：[5.1 中B、D、E]

#### 5.3.3.2.1 急停功能

符合GB 11291.1第5.5.2和GB 11291.2第5.3.8.2的要求，每个能启动机器人运动或造成其他危险状况的控制站都应有手动的急停功能。

急停功能不能用来代替安全防护措施和其他安全功能，不应削弱保护装置或带有其他安全功能装置的有效性。

每个可能引发机器人运动或其他可能危险工位都必须在易于接近的位置（操作台、机旁操作箱等）安装单独的外部紧急停止装置。

宜在机器人作业区域安全围栏内安全门内外处均设置急停功能，且安全门禁可在安全围栏内强制打开，避免以下危险情况的发生：操作检修人员在安全围栏内时机器人启动了自动作业。

急停功能应保持有效直至人工确认后手动复位，且复位后不能导致机器人及其系统的自动重新启动。

机器人系统的急停装置的设计、安装及防护应考虑炼钢区域振动、冲击、高温、粉尘等产生的影响。  
应定期检查所有紧急停止装置的功能。

注：[5.1 中A、B、D、E]

#### 5.3.3.2.2 保护性停止

机器人系统应设计有一个或多个保护性停止电路，可用来连接外部保护装置。机器人系统的保护性停止应符合GB 11291.1第5.5.3和GB 11291.2第5.3.8.3的要求。

注：[5.1 中B、D、E]

### 5.3.4 其他安全

#### 5.3.4.1 储能控制

当机器人及其系统中含有储能的零部件（如蓄能器、弹簧、配重、飞轮等）时，应在储能器处贴上标签以识别储能的危险，同时提供控制和释放能量的方法。

注：[5.1 中A、B、D、E]

#### 5.3.4.2 能源动力要求

各类压力管道（空气、蒸汽、氧气、氮气、氩气等）的设计、施工、安全保护装置以及安全防护的基本要求应遵守TSGD0001、GB/T20801.6及GB50316的相关技术要求。

机器人系统的每种能源在安全操作区域（任何条件下都可接近）宜有单独的切断装置。

不同介质的管线，应按照GB7231的规定标明不同的颜色，并注明介质名称和流向，不同的能源介质连接宜采用不同的连接方式。

炼钢区域机器人系统涉及的液压、气动、气体、冷却和润滑系统设计时应充分考虑降低火灾、爆炸及噪声的危险。

注：[5.1 中A、B、E]

#### 5.3.4.2.1 气动系统

气动系统应符合GB/T 7932—2017的要求。

气动系统主气源处应有上锁挂牌功能且该功能应符合GB/T 33579的要求。

在炼钢高温区域气动系统应选用耐高温的元件及管路。

注：[5.1 中A、E]

#### 5.3.4.2.2 液压系统

液压系统应符合GB/T 3766—2015的要求。

对炼钢区域高温或有明火的工作场所，液压系统应选择难燃液压油，液压油的闪点和燃点要高，并应考虑其他预防措施，例如止回阀。

注：[5.1 中A、E]

#### 5.3.4.3 电磁兼容性

机器人的设计和制造应符合GB/T 17799的要求，以防止因电磁干扰（EMI）、射频干扰（RFI）和静电放电（ESD）的影响而出现危险运动或情况。

机器人系统产生的电磁干扰不应超过其预期使用场合允许的水平。机器人系统对电磁干扰应有足够的抗扰度水平（电炉及LF炉），以保证机器人系统在预期使用环境中可以正确运行。

注：[5.1 中A、B、C、E]

#### 5.3.4.4 照明

炼钢区域机器人的照明应符合GT/T 28780—2012的要求。

应为机器人系统提供适合于有关操作的整体照明，应充分考虑炼钢区域现场钢液及火焰的强光以及粉尘对整体照明的影响。

应提供至少500lx的维持照度。

需要视觉辅助或者保护面罩时，照度应乘以此类装置透射比的倒数。如果透射比未知，则照度应至少增加50%。

炼钢区域的危险场所和其他特定场所安装的机器人系统，其照明器材的选用应遵守下列规定：

——有爆炸和火灾危险的场所，应按其危险等级选用相应的照明器材；

——有酸碱腐蚀的场所，应选用耐酸碱的照明器材；

——潮湿地区，应采用防水型照明器材

——含有大量烟尘但不属于爆炸和火灾危险的场所，应选用防尘型照明器材。

注：[5.1 中A、C、D]

#### 5.3.4.5 噪声

炼钢区域机器人系统的在正常运行时生产的噪声宜不大于80dB。

注: [5.1 中C]

## 6 使用信息

### 6.1 使用说明书

6.1.1 随机提供的使用说明书应按 GB/T 15706 规定的有关内容和要求编制。

6.1.2 炼钢区域机器人的使用说明书应包括下列信息:

- a) 制造商或供应商的名称、地址及必要的联系信息
- b) 使用环境条件的说明
- c) 产品外观及尺寸说明
- d) 产品技术参数说明
- e) 预期条件下的安全性说明
- f) 应用限制的说明
- g) 按规定的用途使用的说明
- h) 使用和操作的说明
- i) 搬运及安装说明
- j) 维护和维修的说明
- k) 安全警告的说明

### 6.2 标志

6.2.1 炼钢区域机器人的系统上所需的标志、符号和文字警示牌应符合 GB/T 15706 的有关要求, 安全标志应符合 GB 2894—2008 的要求。

6.2.2 炼钢区域机器人的系统上应装有标牌, 标牌上应包括以下内容:

- a) 生产商的名称
- b) 机器人名称
- c) 机器人系列或型号
- d) 生产序列号
- e) 制造年份
- f) 电源相关参数, 如使用液压、气动系统, 还应有相应的数据
- g) 可供运输和安装使用的起重点
- h) 机器人的尺寸范围和负载能力
- i) 任何法律要求的标志

附录 A  
(资料性附录)  
炼钢区域典型机器人应用

冶炼测量检测：转炉测温取样、电炉测温取样、精炼测温取样、大包测温取样、中间包测温取样、液芯位置检测、渣层厚度检测

冶炼加料填装：转炉铝钒投料、转炉石灰投料、引流砂投料、精炼合金投料、覆盖剂投料、结晶器保护渣

表面涂敷涂装：水口防火泥涂敷、浇钢防火泥涂敷

炉衬耐材喷补：中间包炉衬喷补、大包炉衬喷补、电炉炉衬喷补

清渣捞渣扒渣：残铁口的清渣、长水口及滑动水口烧氧清渣

器具接插装配：大包耐材砌筑、转炉耐材砌筑、鱼雷罐车受电、装包滑板装卸、滑板耐材更换、大包吹氩管接插、长水口的更换、大包油缸接插、浇钢插铁板、铸模插发热板、鱼雷罐车加盖

铸坯喷印标记：板坯喷印标记、圆方坯喷印标记、金属标签挂接

铸坯表面修磨：圆方坯角裂修磨

附录 B  
(规范性附录)  
主要危险列表

表1为炼钢区域机器人及机器人系统的主要危险列表。

表 1 主要危险列表

序号	类型	危险情况示例	
		来源	后果
1	机械危害	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 机器人手臂、附加轴、末端执行器或相关设备的任一部件的运动（正常或意外运动）</li> <li>● 机器人手臂、附加轴、末端执行器或相关设备与任何固定物体之间</li> <li>● 机器人及其相关设备存在尖锐边缘或棱角</li> <li>● 操作环境狭窄</li> <li>● 安全保护设施的移动或拆除</li> <li>● 零部件及物件坠落或抛射</li> <li>● 末端执行器故障</li> <li>● 夹具或夹持器的意外运动</li> <li>● 工具的变形、意外脱落、抛射</li> <li>● 储备源潜在能量的意外释放</li> <li>● 卷入宽松的衣服、长发</li> <li>● 在自动模式下被困操作员无法（经单元门）离开机器人单元</li> <li>● 管线包松脱拉扯周边设备或人员</li> <li>● 工件与工具不匹配造成的挤压、弹射</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>碰撞</li> <li>挤压</li> <li>纠缠</li> <li>冲击</li> <li>拖入或受困</li> <li>刺伤或穿刺</li> <li>高压流体注入或喷射</li> </ul>
2	电气危害	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 接触带电部件或连接器（机器人的电器柜、端子箱、控制面板等）</li> <li>● 系统内电气柜和终端的不同电压的混淆，如驱动电源、控制电源（24V vs 110V）</li> <li>● 与电器（电子）电路的分立元件的接触，如电容</li> <li>● 动力源或配电系统失效或故障（掉电、忽然短路、断路等）</li> <li>● 控制电路、装置或元器件失效或发生故障</li> <li>● 暴露于电弧光中</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>触电</li> <li>电击</li> <li>灼伤</li> </ul>

3	热能危害	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 与末端执行器或相关的设备、工件连接的热表面（如完成测温操作的燃烧的探头、完成烧氧操作的高温氧枪、更换下的高温水口）</li> <li>● 铁水、钢水飞溅、喷发、泄露</li> <li>● 炼钢环境中的高温及热辐射，热防护高温表面（如隔热服、围栏、隔热板）</li> <li>● 易燃及易爆炸性物料（CaC<sub>2</sub>粉剂、镁粉、煤直接还原铁）、尘源</li> <li>● 高温水蒸气</li> </ul>	<p>烧伤 烫伤 灼伤 火灾 爆炸 有毒气体吸入 脱水</p>
4	噪声危害	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高噪声源的特殊应用（如鼓风机、阀门）</li> <li>● 妨碍听力或阻碍接收警告危险的声音讯号的噪声水平，包括无法通过正常的交谈来协调人员活动的情况。</li> <li>● 长期暴露在高噪声水平下</li> </ul>	<p>丧失听力 丧失平衡 丧失意识、迷失方向 注意力涣散</p>
5	振动危害	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 和振动源直接接触</li> <li>● 连接件、紧固件松动导致意外停机或零件松脱</li> <li>● 组件或零件未对准</li> </ul>	<p>疲劳 神经损伤 心血管疾病 冲击</p>
6	辐射危害	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 电磁场干扰机器人系统的正常运作</li> </ul>	相关疾病
7	材质危害	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 接触致敏工件及物料（如玻璃纤维）</li> <li>● 机械和电子部件的故障</li> <li>● 接触腐蚀性烟雾和尘埃</li> </ul>	<p>致敏 火灾 化学灼伤 吸入性疾病</p>
8	人体工程学危害	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 设计不当的示教盒、人机界面或操作面板</li> <li>● 设计不当的使能装置</li> <li>● 控制装置的安置或确认不当（例如难以够到）</li> <li>● 视觉显示单元的设计或位置不当造成对显示信息的误解</li> <li>● 需要接近的零件位置安置不当（故障排除、修理、调整）</li> <li>● 对危险识别模糊，局部照明不足或遮蔽</li> </ul>	<p>不良姿势导致的过度劳累 疲劳</p>
9	与机器使用环境相关的危险	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 在地震区安装的设备</li> <li>● 能源的电磁干扰或湧波</li> <li>● 高温</li> <li>● 湿度</li> </ul>	<p>灼伤 烧伤 烫伤 呼吸系统损害 疾病</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 粉尘</li> <li>● 有害气体</li> <li>● 高空或临边作业</li> </ul>	打滑、跌落
10	多种因素结合的危险	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 机器人系统被一人开启而另一人未想到机器人系统已开启</li> <li>● 多个故障/状况引起的危险</li> <li>● 对实际问题的误判和执行错误或不必要动作引发的综合问题</li> <li>● 加重危险程度的行为, 如为躲避机械挤压, 反而跌落到灼热钢液中</li> <li>● 握持装置意外释放后余力导致的运动 (惯性力、重力、弹簧/能量存储装置)</li> <li>● 安全防护装置功能无法如期正常运转</li> </ul>	多种因素结合的危险或危险状况导致的任何其他后果

**附录 C**  
**(资料性附录)**  
**铁水预处理测温取样机器人系统安全防护示例**

表2为铁水预处理测温取样机器人系统安全防护示例。

**表 2 铁水预处理测温取样机器人系统安全防护示例**

安全防护单元	安全防护组成	安全防护装置
作业区域防护	安全围栏	全封闭的标准围栏
	隔离房	
设备环境防护	机器人及附加轴	防护服
		防护挡板
		防护墙
		线缆包/耐热防飞溅线缆包
		附加轴防尘罩
		示教器防护套
	末端执行器—探头夹持器	隔热棉
		反射密封铝箔纸
		耐蚀连接及紧固件
		耐高温耐蚀涂层
	探头切断试样分离工艺单元	耐蚀不锈钢台面
	相机防护	仓架探头盘点用视觉测量相机防护罩壳及涡轮制冷
		测温取样枪测量视觉相机防护罩壳及涡轮制冷
		视觉监视相机防护罩壳及涡轮制冷
		防护镜片
	电控盘柜	反射密封铝箔纸
		机侧操作盘柜体密封
		防火泥密封
		隔热防尘箱体
	能介管缆	线缆护管
		线缆护套
		线缆桥架
		耐高温套
视觉监视单元	物料工件拾取视角	拾取作业观察相机
	作业对象视角	套接拔除作业观察相机
	后处理视角	试样分离作业观察相机
	作业过程全景视角	全场景监视相机
安全控制系统	安全控制器	机器人安全控制器
		控制柜安全控制器

		机侧围栏安全控制器
	安全门禁	安全门锁
	光电保护	安全光栅
		电控柜紧急停止按钮
		机器人紧急停止按钮
		操作面板紧急停止按钮
		产线紧急停止按钮
		切割机紧急停止按钮
		围栏紧急停止按钮
		安全门紧急停止按钮
		运行灯
		警告灯
		故障灯
		蜂鸣器
安全警示	声光报警灯	