

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

# T/CAMETA

中国机电一体化技术应用协会团体标准

T/CAMETA XXXX—XXXX

## 基于传感器的电炉炼钢产线 智能化建设导 则

Guidelines for intelligent construction of sensor-based electric furnace steelmaking  
production line

（工作组讨论稿）

（本草案完成时间：2024 年 6 月 15 日）

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

中国机电一体化技术应用协会 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 基于传感器的电炉炼钢产线建设基本要求 .....	1
5 基于传感器的电炉炼钢产线总体架构 .....	2
6 智能电炉炼钢产线相关传感器技术要求 .....	2
6.1 传感器分类、功能及参数要求 .....	2
6.1.1 温度传感器 .....	2
6.1.2 成分传感器 .....	3
6.1.3 设备传感器 .....	3
6.1.4 传感器数据采集要求 .....	3
7 产线信息采集要求 .....	3
7.1 采集信息类型 .....	3
7.1.1 钢水温度信息 .....	3
7.1.2 钢水成分信息 .....	4
7.1.3 设备运行信息 .....	4
7.2 数据通信要求 .....	4
7.3 数据采集要求 .....	4
8 产线相关生产运行数据的智能化功能要求 .....	4
8.1.1 设备预测性维护 .....	5
8.1.2 模型优化与修正 .....	5
8.1.3 生产过程追踪 .....	5
8.1.4 产线智能监控 .....	5

## 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。

本文件由机械工业仪器仪表综合技术经济研究所提出。

本文件由中国机电一体化技术应用协会归口。

本文件起草单位：机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、马鞍山钢铁股份有限公司、钢研纳克检测技术股份有限公司

本文件主要起草人：杜鹏昊、杜孟新、刘帅、丁长江、王贵勇

# 基于传感器的电炉炼钢产线 智能化建设导则

## 1 范围

本标准规定了基于传感器的电炉炼钢产线建设基本要求、总体架构、产线相关智能传感器技术要求、产线信息采集要求、产线信息智能化功能要求等。

本标准适用于炼钢智能产线的建设、改造及评价。

## 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 50439-2015 炼钢工程设计规范

GB/T 41255-2022 智能工厂 通用技术要求

GB/T 43064.1-2023 智能工厂建设导则 第1部分：物理工厂智能化系统

GB/T 38669-2020 物联网矿山产线智能监控系统总体技术要求

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 智能传感器

智能传感器是具有与外部系统双向通信手段，用于发送测量、状态信息，接收和处理外部命令的传感器。

### 3.2

#### 电炉炼钢

指利用电能做热源在电炉内进行冶炼钢水的过程。

### 3.3

#### 预测性维护

根据观察到的状况而决定的连续或间断进行的预防性维修，以监测、诊断或预测构筑物、系统或部件的条件指标。这类维修的结果应表明当前和未来的功能能力或计划维修的性质和时间表。

### 3.4

#### 智能化系统

由物联网传感技术、信息传输技术、数据处理、智能控制及显示技术等组成的具有某一功能的系统。

### 3.5

#### 系统架构

对物理工厂智能化系统整体结构与组件的抽象描述，它由若干功能要素组合而成，可用于指导智能化系统的设施、业务及管理等方面的设计。

### 3.6

#### 智能装备

在物理工厂中直接参加生产活动或直接为生产服务的机器设备。

### 3.7

#### 信息基础设施

将具有接收、交换、传输、处理、存储和显示等功能的信息系统整合，形成物理工厂公共通信服务综合基础条件的系统。

## 4 基于传感器的电炉炼钢产线建设基本要求

智能电炉炼钢产线宜包括炼钢生产装备、信息基础设施、物联网系统、产线信息系统等。其基本建设要求应包括：

- 智能化各系统硬件、设备应选择具有耐热外防护的产品；
- 智能化各系统硬件、设备传输线缆应选择防鼠线缆；
- 智能化各系统件、设备防护层、外表面等满足低毒阻燃性防火要求；
- 设备接口应采用模块化接口，避免线缆与设备的直接端接。

## 5 基于传感器的电炉炼钢产线总体架构

基于传感器的电炉炼钢产线宜由系统层、生产执行层、数据处理层、设备层组成。

智能电炉炼钢产线设备层主要包括用于炼钢的生产设备、传感器，以及数据传输设备、数据存储设备在内的大量信息化设备，可自动进行信息的采集或指令执行，直接参与生产过程。

智能电炉炼钢产线数据处理层通过数据抓取获取设备层的生产和运行数据，进行数据的转化、清洗、存储及交互，将生产执行层的控制指令向设备层的生产设备、传感器、信息设备等下发；

智能电炉炼钢产线生产执行层通过接收数据处理层上传的数据，实现工艺执行与管理、生产过程质量管理、车间设备管理等功能，对生产过程中的业务、活动或相关资产进行管理，将相关指令信息向数据处理层下发，实现产线生产过程的数字化、精益化和透明化。

智能电炉炼钢产线系统层获取生产执行层的信息数据，进一步深度分析，实现设备预测性维护、模型优化与修正、生产过程追踪、产线智能监控等智能化应用。系统层应能将控制指令向生产执行层、数据处理层以及设备层下发。

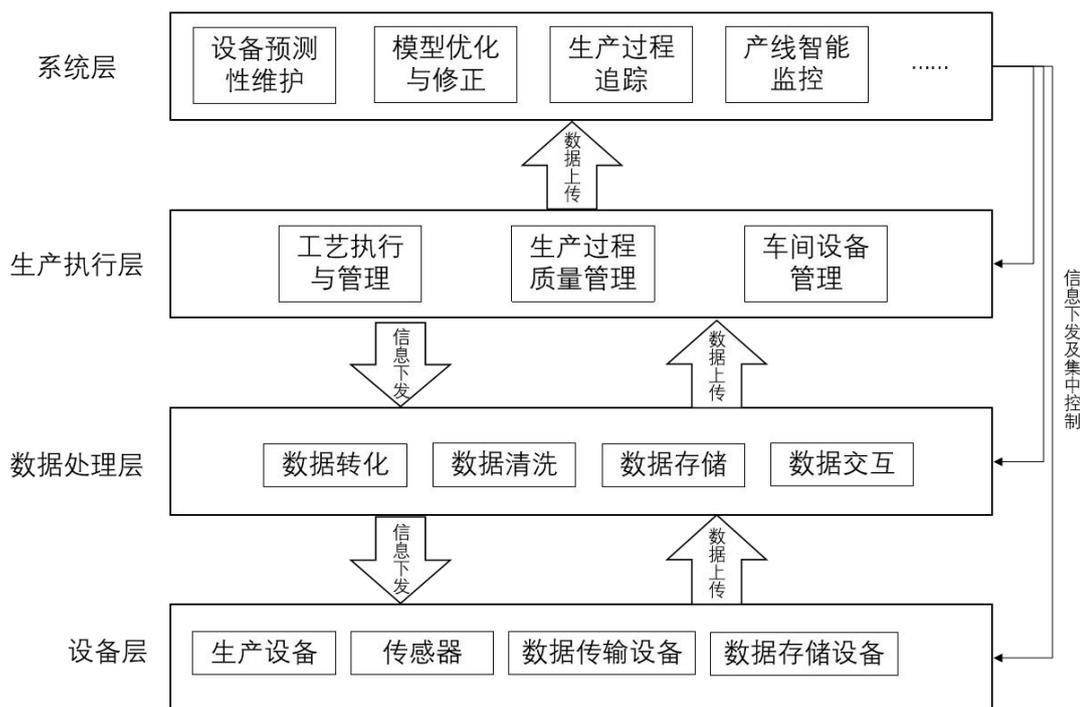


图1 基于传感器的电炉炼钢产线系统架构

## 6 智能电炉炼钢产线相关传感器技术要求

### 6.1 传感器分类、功能及参数要求

#### 6.1.1 温度传感器

智能电炉炼钢产线的温度传感器主要用于电炉炼钢产线运行环境中炉内钢水(铁水)温度进行检测、显示、信号输出和数据传输。其主要功能及参数要求如下：

——测量模式：传感器应至少具备单次测量方式，宜具备在线连续测量方式

注：在线连续测量模式宜包括但不限于直插式、预埋式、辐射式测温等方式

——连续工作时间：连续测量时间应不低于 15 分钟；

——精度：温度监测误差 $\leq\pm 8^{\circ}\text{C}$ ；

——灵敏度：传感器最小测量值为  $1^{\circ}\text{C}$ ；

——测量范围：温度测量范围为  $0\text{--}1700^{\circ}\text{C}$ ；

——响应时间：传感器测量时的响应时间应不超过 10 秒；

——工作温度：传感器工作温度范围为  $1000\text{--}1700^{\circ}\text{C}$ 。

### 6.1.2 成分传感器

智能电炉炼钢产线的成分传感器主要用于电炉炼钢产线运行环境中炉内钢水(铁水)成分进行检测、显示、信号输出和数据传输。其主要功能及参数要求如下：

——测量元素种类：传感器可测量的常见元素成分种类应包括碳、硅、锰、磷、硫、钛、钒、铜、铝等金属及非金属元素，宜包括其他对钢水（铁水）质量有影响的元素成分；

——连续工作时间：单次测量时间应不低于 1 分钟；

——重复性：测量重复性指标应优于  $10\%@1\%$ ；

——取样耐受温度：传感器取样耐受温度在钢水中应不低于  $1500^{\circ}\text{C}$ ，在铁水中应不低于  $1250^{\circ}\text{C}$

——响应时间：传感器测量时的响应时间应不超过 1 分钟；

——工作温度：传感器工作温度范围为  $1000\text{--}1700^{\circ}\text{C}$ 。

### 6.1.3 设备传感器

设备传感器主要用于电炉炼钢产线运行环境中炼钢设备的状态、温度、重量等进行检测、显示、信号输出和数据传输。其主要功能及参数要求如下：

——设备振动监测：对主要生产设备的运行过程中的振动状况进行监测；

——设备温度监测：对主要生产设备的壳体温度、关键部件温度情况进行监测；

——设备倾角监测：对电炉的倾动角度情况进行监测；

——设备位置感测：对电炉炉盖、炉体等关键部件工作运行位置进行监测。对运行过程中的炉体位置进行监测；

——重量称量：对铁水、废钢、合金、辅料及钢包、连铸中包重量等进行测量。

### 6.1.4 传感器数据采集要求

传感器数据采集要求如下：

——采集内容包括但不限于机械数据、电气数据、运行数据、定位数据、温湿度数据等；

——传感器数据传输应支持数据重传；

——采用无源方式供电方式的传感器应支持进入休眠状态。并能够从休眠状态唤醒到工作状态。

## 7 产线信息采集要求

### 7.1 采集信息类型

#### 7.1.1 钢水温度信息

宜包括不同炉体中钢水（铁水）的温度，具体采集范围如下表所示：

表 1 不同炉位钢水温度采集范围表

炉体名称	钢水温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）
电炉	1400–1700
LF精炼炉	1450–1700
RH真空炉	1450–1700

注：在电炉情况下需要考虑铁水温度

### 7.1.2 钢水成分信息

成分信息采集类型应包括有可能影响到钢水（铁水）质量的金属元素及非金属元素成分，具体包括碳、硅、锰、磷、硫、钛、钒、铜、铝等元素。具体检出比例范围如下表所示：

表 2 不同炉位钢水成分采集范围表

炉体名称	钢水成分比例 (%)
碳	0.00-5.00
硅	0.00-5.00
锰	0.01-15.00
磷	0.001-1.00
硫	0.001-0.08
铬	0.01-20.00
钼	0.01-5.00
镍	0.001-5.00
铌	0.00-0.10
钙	0.00-0.005
钨	0.00-1.00
钛	0.00-0.10
钒	0.01-1.5
铜	0.01-1.0
铝	0.00-0.1

注：在电炉情况下需要考虑铁水成分

### 7.1.3 设备运行信息

通常由设备控制与数据采集系统实现，应能自动在线采集反映设备状态所需的关键数据。对于不同类型的设备，数据采集方式也不同，如对于具有以太网等标准通讯接口的设备，可以直接按相应接口协议采集；对于没有通讯接口的设备，可以通过增加专用采集终端进行采集。数据采集信息一般应包括：

- 设备状态信息；
- 设备状态起始时间信息；
- 设备运行及空闲时间；
- 设备故障信息；
- 设备报警信息；
- 设备加工及运行参数信息。

## 7.2 数据通信要求

为执行产线任务处理，实现控制设备与现场设备之间的通信，可采用如下通信方式：

- 现场总线：可采用 PROFIBUS、CC-LINK、MODBUS、CAN 等协议；
- 工业以太网通信：可采用 PROFINET、Ethernet/IP、EtherCAT、POWERLINK 等协议；
- 无线通信：工业无线 (WIA-FA、WIA-PA)、WIFI、蓝牙、3G/4G/5G 等协议。

## 7.3 数据采集要求

产线应结合数据的实时性要求，利用合理的网络通信方式与数据存储方式进行数据的采集与存储，并与数据中心实现对接。包括：

- 应能对车间所需数据进行采集，存储和管理，并支持异构数据之间的格式转换，实现数据互通；
- 应具备信息安全策略，并支持更新和升级，如访问与权限管理、入侵防范、数据容灾备份与恢复等。

## 8 产线相关生产运行数据的智能化功能要求

### 8.1.1 设备预测性维护

基于对产线设备运行数据,特别是设备运行日志文件数据的分析,对设备的运行状态进行有效评估,进而动态、及时地发现设备运行的潜在异常情况,并生成具有针对性的维护方案。

针对设备关键零部件,能够结合其理论使用寿命和实际运行参数状态,对零部件的更换时间做出及时提醒,对超期使用的零部件做报警。

### 8.1.2 模型优化与修正

基于对产线设备运行数据,特别是设备运行日志文件数据的分析,对已经建立的温度测量、元素成分测量、设备故障分析模型等进行改进和调整,以提高模型的性能和准确度。

### 8.1.3 生产过程追踪

炼钢智能产线应能自动获取生产相关数据,统计生产中的各种资源消耗,并反馈至相关功能、系统或生产部门。生产相关数据的获取来源,可包括从设备直接采集到的原始数据,或经过其他数据处理模块加工过的数据信息。

### 8.1.4 产线智能监控

智能炼钢产线监控系统利用感知采集设备对产线内设备、产品、人员、环境等对象进行数据采集,通过有线或无线传输方式将数据传输至数据处理平台进行信息数据处理,实现监控管理、统计分析、智能服务等产线综合管控。其中:

- 监控管理功能包括:产量监控、设备监控、产线工艺监控、产品质量监控、作业流程监控、运输监控、人员监控、环境监控、安全监控、能源监控、异常监控等;
- 统计分析功能包括:生产实绩统计、设备状态统计、能耗统计、产品质量报告、保养维修统计、设备运行分析、生产效率分析、生产能效分析、产线故障分析、产线状态分析、环保指标分析、异常状态分析等;
- 智能服务功能包括:设备联动控制、生产优化调度、设备远程运维、生产计划动态调整、故障预警提示等。

附 2

# 基于传感器的电炉炼钢产线 智能化 建设导则

(征求意见稿)

编 制 说 明

2024年9月

## 目 录

1. 任务来源 .....	3
2. 起草单位 .....	3
3. 编制背景 .....	3
4. 主要工作过程 .....	4
5. 编写规则 .....	6
6. 标准的主要内容 .....	6
7. 标准制定的目的 .....	7
8. 有关专利的说明 .....	8
9. 关于标准性质 .....	8

## 1.任务来源

《基于传感器的电炉炼钢产线 智能化建设导则》团体标准相关编制工作，来源于国家重点研发计划“智能传感器”专项——特种钢生产关键参数在线检测传感技术开发及示范应用课题1“高可靠钢水原位连续测温传感器与测量系统开发”。以该课题及项目总体研究成果为基础，对电炉炼钢产线智能化技术发展趋势与行业需求及痛点开展系统研究，对标准草案技术内容不断进行提升与优化。

## 2.起草单位

《基于传感器的电炉炼钢产线 智能化建设导则》团体标准起草单位包括机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、马鞍山钢铁股份有限公司、钢研纳克检测技术股份有限公司。

## 3.编制背景

智能化、绿色化是包括钢铁生产在内的流程工业，核心、必然的发展方向。而对关键工艺信息及参数的在线、实时和准确感知不仅对冶金生产过程控制、冶炼工艺优化、提高产品质量具有重要的意义，更是实现智能化、绿色化的基础。但由炼钢生产工况恶劣，高温、粉尘、辐射、振动因素影响严重，目前钢铁生产关键参数的原位在线感知手段缺乏，精度差，核心传感器依赖进口；同时，在钢铁生产关键

工序环节，例如对钢水温度、钢水化学成分、高温部件的缺陷以及尺寸的在线分析技术仍然需要大量的离线采样或者人工操作，难以形成连续数据。我国钢铁企业流程控制多基于点数据的模型判定模式，目前与国际先进钢厂以数据驱动为主导的冶金流程智能化生产模式还存在显著差距。

当前，钢铁行业智能制造的水平还有待提升，特别是在标准化工作方面，行业仍处在起步和探索阶段，缺少相应的技术标准来对钢铁生产关键环节进行指导和规范。同时，关注到传感器对于钢铁生产关键技术环节的支撑作用，则综合智能传感器、钢铁生产现场环境特征与钢铁产线特点的关联关系，瞄准炼钢这一关键生产环节，通过编制技术标准，形成炼钢生产关键参数监测传感器智能化的通用技术要求和规范，指导钢铁产线关键工序和工艺的智能化建设。

#### 4.主要工作过程

2023年2月9日至11日，围绕基于传感器的电炉炼钢产线智能化建设规范标准研究方向，在马鞍山钢铁股份有限公司生产现场进行调研，了解和梳理炼钢生产关键工艺流程，明确各节点的指标要求，同时就关键生产工艺流程、指标参数、现有智能化功能等进行了研讨和交流。

2023年11月16日至17日，围绕基于传感器的电炉炼钢产线智能化建设规范标准研究方向，在马鞍山钢铁股份有限公司生产现场召开了讨论会及现场调研，明确了拟开展标准编制的关键流程节点、范

围、功能、参数指标等，并对开展相关标准编制工作拟参与单位的意向征集，明确开展相关团标立项申请工作。

2023年12月25日，项目牵头单位（仪综所）在仪综所召开了《基于传感器的电炉炼钢产线 智能化建设导则》团体标准编制项目启动会暨标准工作组第一次工作会。会上介绍了项目总体实施方案，明确了项目分工、技术路线及任务各阶段的考核指标和时间节点。标准工作组还就《基于传感器的电炉炼钢产线 智能化建设导则》标准的范围、适用对象和标准提纲进行了研讨。

2024年3月14日，项目牵头单位（仪综所）在仪综所召开了《基于传感器的电炉炼钢产线 智能化建设导则》团体标准第二次工作组会。会上对标准草案编制情况进行了汇报，对部分条款内容进行了工作组内部讨论，明确完善的方向和技术细节。会后工作组对标准草案进行了修改完善，形成了《基于传感器的电炉炼钢产线 智能化建设导则》团体标准草案第二稿。

2024年6月28日，项目牵头单位（仪综所）在仪综所召开了《基于传感器的电炉炼钢产线 智能化建设导则》团体标准第三次工作组会暨专家审查会。会上对现有标准草案编制情况及内容进行了详细汇报，并邀请中国钢铁工业协会、机科发展科技股份有限公司、中冶京诚工程技术有限公司、马鞍山钢铁股份有限公司、钢研纳克检测技术股份有限公司标准化专家对标准草案编制情况及标准内容条款进行了指导和建议。与会专家进行了热烈的讨论，提出若干意见和建议，并对标准框架、条款内容等进行了若干调整。会后工作组成员对标准

进行了修改，形成《数字化车间通用技术要求》第三稿草案。

2024年8月20日，项目牵头单位（仪综所）在仪综所召开了《基于传感器的电炉炼钢产线智能化建设导则》团体标准第二次专家咨询指导会。会上对标准草案编制情况及相关内容进行了汇报，邀请中国钢铁工业协会、机科发展科技股份有限公司、中冶京诚工程技术有限公司、马鞍山钢铁股份有限公司、钢研纳克检测技术股份有限公司标准化专家对标准内容条款进行了进一步指导和建议。与会专家针对现有标准编制情况，提出少许优化建议。会后工作组成员对标准进行了修改，形成《数字化车间通用技术要求》征求意见稿。

## 5.编写规则

本标准按照 GB/T 1.1—2009 的规则起草。

## 6.标准的主要内容

本标准主要规定了基于传感器的电炉炼钢产线建设基本要求、总体架构、产线相关智能传感器技术要求、产线信息采集要求、产线信息智能化功能要求等。适用于炼钢智能产线的建设、改造及评价。其具体章节条款如下：

### 前言

1. 范围
2. 规范性引用文件
3. 术语和定义

4. 基于传感器的电炉炼钢产线建设基本要求
5. 基于传感器的电炉炼钢产线总体架构
6. 智能电炉炼钢产线相关传感器技术要求
  - 6.1 传感器分类、功能及参数要求
  - 6.2 传感器数据采集要求
7. 产线信息采集要求
  - 7.1 采集信息类型
  - 7.2 数据通信要求
  - 7.3 数据采集要求
8. 产线相关生产运行数据的智能化功能要求
  - 8.1 设备预测性维护
  - 8.2 模型优化与修正
  - 8.3 生产过程追踪
  - 8.4 产线智能监控

## 7.标准制定的目的

《基于传感器的电炉炼钢产线 智能化建设导则》团体标准对基于传感器的电炉炼钢产线建设基本要求、总体架构做出规定，明确智能产线相关传感器的技术要求、相关生产制造过程信息采集要求、产线智能化功能要求，旨在为钢铁行业开展炼钢工艺段的智能化改造提升提供指导，通过合理应用传感器技术，优化生产制造过程的数据流转，实现炼钢过程的高效、可视化；借助制造过程数据处理和分析，

优化生产制造过程及设备运维管理,进一步提升炼钢生产过程的效率,达成节能减排和安全生产的目的。

## 8.有关专利的说明

本标准不涉及专利。

## 9.关于标准性质

建议作为推荐性团体标准执行,以用于对电炉炼钢产线智能化建设的指导和参考。