

# 安全生产管理智能化 钢铁冶金行业解决方案 白皮书

—— 聚焦煤气风险 · 高温作业 · 天车与人员立体调度 ——

版本号 v1.0

编写团队 精诺数据 · 智能安环产品线

# 一、前言

## 1.1 编写目的

本白皮书旨在面向钢铁冶金行业的生产经营单位、行业主管部门及相关合作伙伴，系统阐述"安全生产管理智能化"平台在钢铁冶金行业的定位、核心能力、场景化解决方案与落地路径，帮助行业用户清晰理解产品价值，加速安全生产管理的数字化、智能化转型升级。

## 1.2 行业概览

钢铁冶金行业工艺流程长、生产连续性强，涵盖烧结、焦化、炼铁、炼钢、连铸、轧钢、动力、物流等多个环节。行业作业环境具有"高温、高压、粉尘、煤气、高空、重载"典型特征，事故类型集中于灼烫、煤气中毒与爆炸、机械伤害、起重伤害、高处坠落、坍塌等。《冶金企业安全生产监督管理规定》《工贸企业重大事故隐患判定标准》对冶金企业煤气柜、煤气管网、铁水/钢水/液渣罐、焦炉等重大风险点提出了严格要求，行业处于产能结构调整与智能化升级并行的关键阶段。

## 1.3 政策与合规趋势

近年来，新《安全生产法》、《工贸企业重大事故隐患判定标准》、《危险化学品安全管理条例》、《职业病防治法》等法律法规密集修订出台，企业主体责任、全过程留痕、信息化接入、风险分级管控要求持续强化；各级应急管理部门通过"四不两直"检查、数字化监管平台接入、企业安全信用评级等方式，持续加码全过程、全链条监督。企业若未能有效落实法定安全义务，不仅面临高额罚款、停产整顿等行政处罚，还可能承担刑事责任。

传统粗放式安全管理已难以为继，依托数字化、智能化手段构建覆盖风险辨识、动态监控、流程闭环、合规自检的现代化安全管理体系，已成为行业的必然选择。

## 1.4 适用读者

本白皮书适用于钢铁冶金行业企业的主要负责人、安全总监 / EHS 负责人、生产与设备负责人、信息化负责人、车间主任 / 班组长，以及对本行业安全智能化感兴趣的行业协会、研究机构、监管部门与合作伙伴。

## 二、行业现状与挑战

### 2.1 行业现状

在产业转型、超低排放改造、“数字钢厂”建设等多重背景下，钢铁企业一方面需要保持24小时连续生产稳定性，另一方面还要在高强度检修窗口中完成大量外委作业。传统“人盯屏”“纸台账”已不能适应新的安全管理要求，亟需借助数字化工具实现人、机、物、环的立体化管控。

### 2.2 主要挑战

- **“煤气”风险管控复杂：**高炉煤气、转炉煤气、焦炉煤气 CO 浓度高，泄漏易造成群死群伤，煤气柜、加压站、放散塔需要 7×24 小时监控。
- **高温熔融金属作业：**铁水罐、钢水罐、钢包、连铸过程一旦出现“漏钢”“爆炸”，后果极其严重。
- **天车与物流密集：**车间内行车、渣罐车、铁水车、电动平车运行密集，“人车立体交叉”风险高。
- **检修作业多发：**连续生产导致定修/年修窗口紧、作业量大，外委人员比例高，违章风险集中爆发。
- **设备本质安全不足：**部分老旧产线联锁设计不全、防护装置缺失，存在“带病运行”隐患。
- **职业病高发：**粉尘、高温、噪声、手传振动等危害因素长期影响一线员工健康。

### 2.3 智能化转型的迫切性

钢铁行业是典型的“大工业”场景，视频监控、传感器、DCS 基础设施相对完备，是 AI 视频识别、人员精准定位、工艺偏离预测等智能化技术的天然落地场景。通过系统化智能化改造，可以显著降低煤气事故、起重伤害、高温灼烫等行业高发风险的发生概率。

## 三、产品概述

### 3.1 产品定位

本产品是一款面向政府监管部门与企业用户的安全生产管理智能化平台，集"感知、分析、预警、处置、评估、优化"于一体，针对钢铁冶金行业的工艺特征与风险特点进行了深度裁剪与强化，帮助企业实现风险动态监测、隐患智能排查、应急高效处置、监管精准化与决策科学化。

### 3.2 核心理念

我司秉承"精于数据，诺重千斤"的核心理念，致力于与客户共同构建更安全、健康、环保的生产环境。

- **以人为本，安全第一：**通过智能感知、行为识别与风险干预主动降低人为风险，全面提升一线作业人员的安全防护能力。
- **数据驱动，智能决策：**融合设备、环境、人员、流程四类多源异构数据构建统一数据底座，依托 AI 算法实现风险动态评估与辅助决策，让安全管理从"经验判断"迈向"数据说话"。
- **预防为主，关口前移：**基于实时监测与边缘计算对异常状态和潜在隐患进行毫秒级识别与分级预警，推动管理从"事后响应"向"事前预测、事中控制"转变。
- **全程覆盖，闭环管理：**贯穿"辨识—上报—整改—验收—复盘"全链路，打通"发现—处置—验证—优化"管理链条，确保每一项风险可追踪、可闭环、可追溯。
- **开放互联，协同共治：**微服务架构支持与企业 ERP、EHS、IoT、MES 等既有系统无缝对接；面向政府、企业、第三方提供标准化协同接口。

### 3.3 核心价值

- 从"被动应对"到"主动预防"，显著降低事故发生率。
- 打破数据孤岛，构建统一、可信的安全管理数字底座。
- 提升管理效率，将安全团队从重复性事务中解放，聚焦高价值的风险研判与策略优化。
- 满足合规要求，强化企业安全履责能力，从容应对监管检查与第三方审核。

- 开放可扩展，适配单厂、多厂、集团级多规模多场景部署需求。

## 四、技术架构

### 4.1 总体架构

本产品采用“云-边-端”一体化架构，构建多层次、全方位的安全生产智能化管理体系：

- **感知层：**部署各类传感器（温湿度、气体、振动、位移、视频、智能穿戴等），实现对人员、设备、环境、作业行为等关键要素的全面感知和数据采集。
- **边缘计算层：**在靠近数据源的边缘节点完成预处理、实时分析与本地决策，降低带宽压力、实现毫秒级响应。
- **网络层：**依托 5G、工业以太网、LoRa、NB-IoT 等多种网络构建稳定、可靠、安全的数据传输通道。
- **平台层（云端）：**包括业务中台、数据中台、AI 能力中台，沉淀通用业务能力、统一数据底座与行业算法模型。
- **用户层：**支持 PC 端、移动端（APP/小程序）、大屏展示多渠道接入。

### 4.2 关键技术

- **物联网（IoT）：**实现对生产环境、设备状态、人员行为的实时感知与数据采集。
- **人工智能（AI）：**包括计算机视觉、机器学习/深度学习、自然语言处理，用于违章识别、风险预测、法规问答、预案匹配等。
- **知识图谱：**整合法规、案例、参数、风险因素，支撑智能推理与辅助决策。
- **大数据：**对海量、多源、异构安全生产数据进行存储、清洗、融合、分析与挖掘。
- **云计算：**提供弹性计算、存储和服务能力，支撑平台稳定运行与快速扩展。
- **数字孪生（可选）：**构建生产场景的数字孪生体，支持模拟仿真、虚拟巡检、预案推演。
- **区块链（可选）：**用于关键安全数据（如整改记录、培训记录）的存证。

### 4.3 数据安全与隐私保护

- **数据加密：**传输与存储全程加密。
- **访问控制：**基于角色的访问控制（RBAC）。
- **脱敏处理：**涉及个人隐私与商业秘密的数据脱敏后再分析展示。

- 安全审计：操作全程留痕、可追溯。
- 合规性保障：严格遵守《网络安全法》《数据安全法》《个人信息保护法》等法律法规要求。

## 五、核心功能模块 —— 钢铁冶金行业化方案

### 5.1 行业特色风险地图

重点区域	典型风险情景	管控重点
高炉炉前	出铁口爆炸、铁水飞溅、煤气泄漏	炉前安全区电子围栏 + CO 浓度监测 + 开停炉联动
转炉平台	喷溅、爆炸、氧枪事故	作业安全区识别 + 高温防护 PPE 识别 + 工艺参数监测
连铸连轧区	漏钢、断带、人员进入危险区	设备状态监测 + 人员入侵识别 + 联锁停机
煤气区域	煤气泄漏、中毒、爆炸	CO 在线监测 + 动火票联动 + 进入登记与定位
天车作业区	起重伤害、物体打击、吊具断裂	吊装区域禁入识别 + 吊具检查电子化 + 违章指挥识别
煤粉/矿粉仓	粉尘爆炸、仓壁坍塌、自燃	温度/CO 监测 + 防爆除尘设备联动

### 5.2 煤气区域全方位管控

- 煤气柜、加压车站、放散塔、煤气管网等关键区域部署固定式 CO 监测仪，数据实时汇入平台，三级分级预警并联动广播与声光报警。
- 煤气区域作业（进入、动火、检修）电子票严格执行“双监护、双检测”要求，作业前强制调取该区域 CO 历史趋势。
- 煤气区域人员定位采用 UWB/蓝牙/北斗组合方案，超时滞留、监护人离岗自动告警；人员倒地静止 60 秒自动触发紧急呼救。
- 煤气设施“一设施一档”，涵盖设计参数、检测报告、操作规程、历年事故案例，供现场扫码调阅。

### 5.3 AI 视频识别 · 冶金专属算法矩阵

- 开停炉状态识别：结合炉体红外特征、烟气特征与操作台动作序列，自动判别高炉/电炉开停状态并联动对应安全预案。

- 炉前/炉上安全区识别：出铁口正前方、渣罐轨道、转炉倾动范围设电子围栏，人员闯入毫秒级告警。
- 天车作业违章识别：吊物下方站人、违章斜吊、非指挥人员入场，自动抓拍告警。
- 高温作业 PPE 识别：铝箔隔热服、防烫面罩、绝热护腿等专业防护装备穿戴合规性识别。
- 冶金专属动作识别：翻活作业、点活作业、加料作业、涂刷作业的人员数量、动作合规性实时校核。

## 5.4 高危检修作业全过程数字化

- 年修/月修以"项目 + 作业票"双线管理，项目下所有作业票共享交底、风险告知内容，避免重复填报。
- 煤气设施切断盲板作业、高空除尘拆装作业、转炉更换作业等场景配备专属电子模板与安全措施清单。
- 移动布控球 + 防爆摄像头联动，关键作业节点全程录像，档案永久保存。
- 检修现场临时用电 / 脚手架 / 防坠器等专项检查电子化，整改闭环管理。

## 5.5 人员定位与立体调度

- UWB 精度达亚米级，可识别人员在特定工艺点（如出铁口、转炉倾动区）的滞留时长。
- 人车协同：天车、渣罐车与地面人员位置融合显示，越界、接近预警实时推送。
- SOS 一键报警：手环/卡片一键触发，平台自动弹出人员位置、最近应急物资点与就近救援人员。
- 煤气区域、检修项目部等高风险区支持电子围栏 + 超员预警。

## 5.6 职业健康与粉尘噪声防护

- 噪声、粉尘、高温、振动等冶金典型职业病危害因素按岗位建档，年度检测报告自动入档，超标岗位自动生成整改任务。
- 接害人员体检计划自动生成（如接触粉尘每 2 年一次、噪声每年一次），到期前 30 天推送至 HR 与本人。

- PPE 智能匹配：根据岗位危害因素自动推荐防尘口罩、耳塞、防烫服规格型号，扫码领用并与有效期管理联动。

## 5.7 应急协同 · 煤气事故专项

- 内置煤气中毒、煤气爆炸、铁水泄漏等 10+ 冶金行业专项预案模板。
- 煤气泄漏应急：自动结合风向、CO 扩散模型，生成疏散方向与警戒范围建议。
- 空呼器、急救包等关键应急物资位置可视化，最近可用资源一键调度。
- 应急演练记录电子化，满足高危行业法规要求（年度最低演练次数自动统计）。

## 六、典型应用场景

### 6.1 高炉炉前作业智能监护

某钢铁厂 2500 m<sup>3</sup> 高炉出铁期间，平台自动识别为“开炉状态”，炉前安全区电子围栏激活。系统通过摄像头 AI 识别到一名检修人员未佩戴防烫面罩进入渣罐运行轨道警戒区，立即触发声光报警，值班长手机同步收到预警信息，通过对讲机制止违章，作业区恢复安全状态，同时该违章自动计入当事人安全档案与所属单位绩效。

### 6.2 煤气区域受限空间作业闭环

某焦化厂计划进入煤气冷凝液储罐内部检修。作业申请自动判定为高风险，强制关联 CO、H<sub>2</sub>S、O<sub>2</sub> 连续检测数据曲线、监护人资质、强制通风措施、专项预案。作业开工时，罐内移动检测仪读数、罐外固定监测仪读数、监护人视频画面三路数据同屏可见。作业中途 CO 浓度短暂上升至预警阈值，系统自动冻结作业票，强制人员撤离，待通风处理达标后方可重新开工。

### 6.3 天车与地面人员立体协同

某炼钢车间天车吊运钢水包过程中，AI 视频识别到天车下方有无关人员穿行，系统同步判断该人员 UWB 定位处于吊运警戒线内，立即联动天车警铃与厂区广播。地面人员收到广播后迅速撤离，同时违章行为自动记录入安全档案。类似场景每月自动统计，作为班组月度考核依据。

### 6.4 预期价值成效

- 煤气区域 CO 监测与作业管控覆盖率 100%，煤气相关事故起数下降  $\geq 70\%$ 。
- 炉前、连铸等高温区域违章行为识别准确率  $\geq 95\%$ ，违章重复率下降  $\geq 50\%$ 。
- 年修/月修作业票证平均办理时长缩短 40% 以上，项目级安全交底效率大幅提升。
- 职业健康体检计划执行率 100%，接害岗位体检异常人员 100% 纳入干预跟踪。
- 支撑企业通过“安全生产标准化一级”及“冶金企业安全风险分级管控”评审。

## 六、实施路径与保障

### 6.1 四阶段实施方法

阶段	主要工作	交付物
一、需求调研与规划（4~6周）	行业诊断、痛点梳理、模块选型、架构设计、ROI 测算	《需求规格书》《实施蓝图》
二、部署实施与集成（8~12周）	基础环境搭建、核心模块上线、现场硬件部署、系统对接	可用系统环境 + 集成接口文档
三、试点运行与优化（4~8周）	试点车间/装置运行、数据校准、算法优化、培训赋能	《试点运行报告》 《优化建议书》
四、全面推广与持续运营	全厂推广、数据运营、模型迭代、二期规划	年度运营报告、持续优化

### 6.2 钢铁冶金行业模块优先级建议

结合钢铁冶金行业生产特点与主要风险，建议按以下优先级分期实施，逐步扩展：

- **一期核心模块：**智能视频监控（冶金专属算法）、人员定位、危险作业管理、应急管理系统、煤气区域专项管控。
- **二期扩展模块：**双重预防管控、职业健康管理、教育培训管理、事故事件管理、合规性评估。

### 6.3 服务保障体系

- 7×24 小时客户服务热线与在线工单支持。
- 行业解决方案专家 + 实施顾问 + 算法工程师组成专项服务团队。
- 每季度算法模型更新与法规库更新服务，保障平台持续符合最新要求。
- 年度客户联席会议与最佳实践分享，构建行业生态圈。

—— 全文完 ——

精诺数据 · 智能安环产品线

精于数据 诺重千斤