



中华人民共和国黄金行业标准

YS/T XXXX—202X

金精炼智能工厂技术要求

Technical requirements for gold refining smart factory

(征求意见稿)

202X-XX-XX发布

202X-XX-XX实施

中华人民共和国工业和信息化部

发布

目 次

前言..... III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 1

5 总则 2

 5.1 基本要素 2

 5.2 总体框架 2

 5.3 关键技术和数据流 3

6 一般要求 4

 6.1 数字化要求 4

 6.2 网络要求 4

 6.3 系统与集成要求 4

 6.4 智能化要求 4

 6.5 信息安全要求 4

7 智能设计 4

 7.1 关键要素 5

 7.2 产品设计 5

 7.3 试验设计 5

 7.4 工艺设计 5

 7.5 设计优化 5

8 智能生产 6

 8.1 关键要素 6

 8.2 计划与调度 6

 8.3 生产组织 7

 8.4 设备管理 7

 8.5 质量管理 7

9 智能物流 7

 9.1 关键要素 7

 9.2 智能仓储 8

 9.3 智能配送 8

10 智能管理 8

 10.1 关键要素 8

10.2	采购管理	9
10.3	销售管理	9
10.4	资产管理	9
10.5	能源管理	9
10.6	安环管理	10
11	系统集成	10
11.1	关键要素	10
11.2	网络架构	10
11.3	信息交互	11
11.4	集成优化	11

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。

本文件由中国黄金协会提出。

本文件由全国黄金标准化技术委员会（SAC/TC 379）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

金精炼智能工厂技术要求

1 范围

本文件规定了金精炼智能工厂的总体框架、一般要求，以及智能设计、智能生产、智能物流、智能管理和系统集成等内容的要求。

本文件适用于金精炼生产企业智能工厂的设计、建设（新建、改建、扩建、迁建）、运营和管理。

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 4134 金锭
GB/T 20269 信息安全技术 信息系统安全管理要求
GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
GB/T 35274 信息安全技术 大数据服务安全能力要求
GB/T 36323 信息安全技术 工业控制系统安全管理基本要求
GB/T 38129 智能工厂 安全控制要求
GB/T 39471 云制造服务平台制造资源接入集成规范
GB/T 41255 智能工厂 通用技术要求
GB 45673 危险化学品企业安全生产标准化通用规范
YS/T 3046 黄金行业数字化车间 通用要求

3 术语和定义

GB/T 38129 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能工厂 smart factory

在金精炼数字化工厂的基础上，利用物联网技术和监控技术加强信息管理和服务，提高金精炼生产过程可控性、减少生产线人工干预，以及合理计划排程。同时集智能手段和智能系统等新兴技术于一体，构建高效、节能、绿色、环保、舒适的人性化金精炼工厂。

[来源：GB/T 38129—2019，3.1，有修改]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AGV：自动导引车（Automated Guided Vehicle）

CRM：客户关系管理系统（Customer Relationship Management）

DCS：分布式控制系统（Distributed Control System）

ERP: 企业资源计划系统 (Enterprise Resource Planning)
FCS: 现场总线控制系统 (Fieldbus Control System)
HMI: 人机接口 (Human Machine Interface)
LIMS: 实验室信息管理系统 (Laboratory Information Management System)
MES: 生产执行系统 (Manufacturing Execution System)
MTBF: 平均故障间隔时间 (Mean Time Between Failure)
MTBR: 平均修复时间 (Mean Time Between Repairs)
OEE: 设备综合效率 (Overall Equipment Effectiveness)
OLE: 对象连接与嵌入 (Object Linking and Embedding)
OPC: 用于过程控制的 OLE (OLE for Process Control)
OPC UA: OPC 统一架构 (OPC Unified Architecture)
PDM: 产品数据管理 (Product Data Management)
PLC: 可编程序控制器 (Programmable Logic Controller)
RFID: 无线射频识别 (Radio Frequency Identification)
SCADA: 监控与数据采集 (Supervisory Control And Data Acquisition)
SCM: 供应链管理系统 (Supply Chain Management)
SRM: 供应商管理 (Supplier Relationship Management)
WMS: 仓储管理系统 (Warehouse Management System)

5 总则

5.1 基本要素

金精炼智能工厂实现了金的预处理、提纯、成品等多个数字化车间的统一管理与协同生产,运用各类先进的物联网技术、监控技术、大数据技术、优化计算技术等,将各车间的各类生产数据进行采集、分析、优化与决策,并整合设计信息与物流信息,实现对工厂全流程的精准、高效、节能的智能化生产模式。

5.2 总体框架

本文件主要涵盖了智能设计、智能生产、智能物流、智能管理、系统集成等能够实现金精炼智能工厂的关键技术。总体框架见图 1。



图 1 金精炼智能工厂总体框架图

5.3 关键技术和数据流

5.3.1 数据在金精炼智能工厂的智能设计、智能生产、智能物流和智能管理等环节中，承载工厂内各个功能模块和系统之间的信息。金精炼智能工厂关键技术之间形成的数据流见图 2。

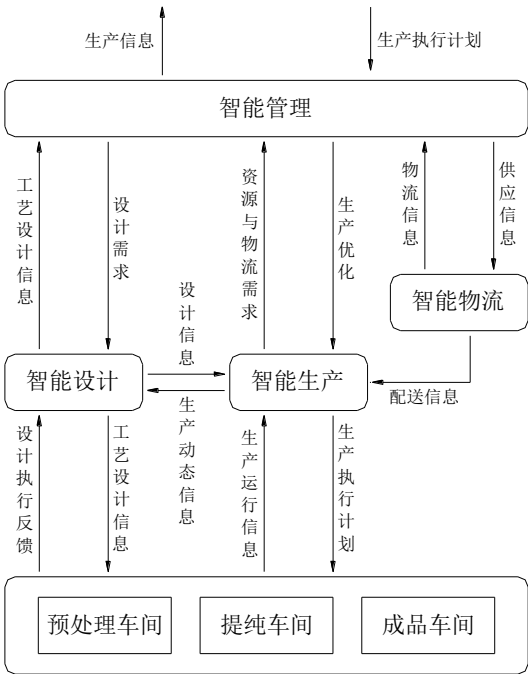


图 2 金精炼智能工厂关键技术和数据流示意图

5.3.2 数据交互应服从金精炼智能工厂系统集成建设和运营的需要，交互过程通过连接各个功能模块的通信网络完成。

5.3.3 数据的格式和内容定义应遵从通信网络和智能工厂内各个功能模块的协议。

5.3.4 数据的一致性和连贯性应将智能设计、智能生产、智能物流和智能管理等环节组织成有机整体。

6 一般要求

6.1 数字化要求

数字化是金精炼智能工厂的基础。应对工厂所有资产进行标准的数字化描述和数字化模型的建立，使所有资产都能够在整个生命周期中被平台识别、交互、实施、验证和维护。数字化要求至少包括以下内容。

- a) 生产装备数字化：金精炼智能工厂的生产装备如熔炼炉、反应釜、还原釜、铸锭设备等应具备数字化感知能力、通信能力，参数设定与显示具备人机交互能力；应建立装备数字化模型，具备开展基于三维仿真、数字孪生技术产品开发基础。
- b) 生产过程数字化：金精炼生产过程工艺参数、设备状态、产品状态、能源消耗等信息应实现数字化。
- c) 生产管理数字化：金精炼生产装备、原辅料、金产品等生产资源，以及生产批次号、工单号、工艺单、金产品质检单等生产过程管理信息，应基于编码、可识别的对象信息或属性实现数字化。

6.2 网络要求

金精炼智能工厂应建设互联互通网络，采用工业无线网、工业以太网等技术，实现工厂内各个功能模块和系统之间的信息交互。应建有功能安全保护系统，采用全生命周期方法有效避免系统失效。

6.3 系统集成要求

金精炼智能工厂系统与集成要求至少包括以下内容：

- a) 应建有对供应链、成本、产品数据等进行管理的系统，如 ERP、PLM、PDM、SCM 系统等；
- b) 应建有对计划、调度、质量、设备、生产、能效等进行管理的系统，如 MES、WMS、LIMS 系统等；
- c) 应建有实现现场操作、生产监控、设备状态采集等功能的系统，如 SCADA、DCS/PLC 系统等。

6.4 智能化要求

金精炼智能工厂具有能够感知和存储外部信息的能力，在预处理、提纯、成品车间的主要生产设备，智能检测与数据采集设备及智能辅助设备的协同合作下能够自动地监控生产流程，并能够及时捕捉到金产品在整个生产周期中的各种状态信息，对信息进行分析、计算、比较、判断与联想，实现感知、执行与控制决策的闭环。

6.5 信息安全要求

金精炼智能工厂信息安全要求至少包括以下内容：

- a) 工业控制系统安全防护要求应符合 GB/T 36323 的规定；
- b) 信息系统安全防护要求应符合 GB/T 20269 的规定；
- c) 平台安全防护要求应符合 GB/T 39471 的规定。

7 智能设计

7.1 关键要素

智能设计基于数字化、智能化技术，对产品、试验和工艺进行设计，建立数字模型并通过数字仿真技术对设计进行动态优化，做到产品设计、试验设计、工艺设计、生产协同一体化。智能设计关键要素包括：

- a) 产品设计：功能定义、质量与结构设计、产品模型；
- b) 试验设计：功能定义、试验模型；
- c) 工艺设计：功能定义、工艺模型；
- d) 设计优化：试验仿真、工艺仿真、仿真优化。

智能设计示意图如图 3 所示。

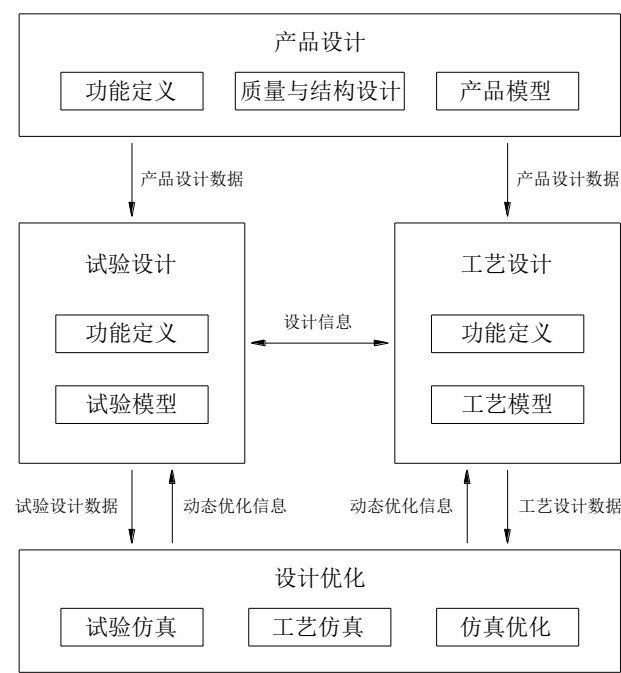


图 3 智能设计示意图

7.2 产品设计

金精炼企业应建立产品设计模型，采用标准数据格式，输出基于开放标准的设计品，金精炼产品应符合 GB/T 4134 的规定。

7.3 试验设计

金精炼企业应实现金产品试验仿真、试验测试工艺设计等，建立试验设计模型。

7.4 工艺设计

金精炼企业应推进提升生产工艺设计的智能化数字化水平，并对金精炼工艺参数、金产品质量、贵金属安全、设备防尘防腐等进行大数据分析，对各种金精炼工艺，以及预处理、提纯、成品等各个工序进行设计。应采用工艺和数据双驱动的模式对生产进行数字化智能化管理，宜实现产品生产工艺数字孪生。

7.5 设计优化

利用高性能计算、大数据技术、虚拟技术等，建立金精炼智能工厂全生产流程虚拟系统，分析生产瓶颈环节，实现生产工艺与人员、设备匹配关系优化，生产效率动态优化。利用基于机理模型的仿真系统，对各种金精炼工艺，以及预处理、提纯、成品等各个工序进行建模，培训员工掌握动态生产工艺特征，熟悉 DCS 系统、PLC 系统及主要生产装置的操作、各种故障应对处理等。动态优化设计应符合 GB/T 41255 的规定。

8 智能生产

8.1 关键要素

金精炼智能工厂中的智能生产是基于信息化、自动化、数据分析等技术和手段，实现网络化、智能化、协同生产模式，提高生产效率、降低生产损耗、保障生产安全。智能生产关键要素包括：

- a) 计划与调度：智能排产、生产计划协同、生产计划优化调度；
- b) 生产组织：生产执行、过程监控、过程优化；
- c) 设备管理：设备状态检测、设备维修维护、运维指标分析；
- d) 质量管理：过程在线检测、质量指标分析、金属平衡管理、质量跟踪与产品溯源。

智能生产示意图如图 4 所示。

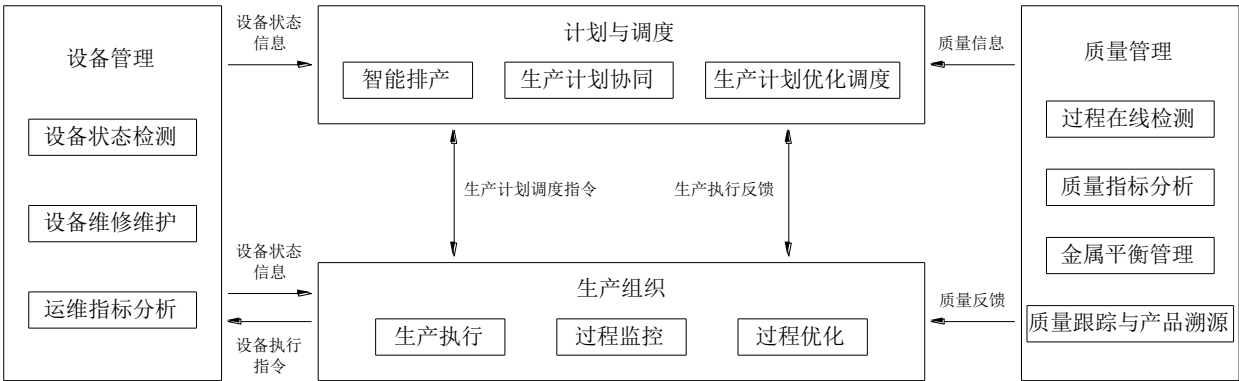


图 4 智能生产示意图

8.2 计划与调度

8.2.1 生产计划要求至少包括以下内容：

- a) 提供对生产计划、作业计划等的全面管理，根据客户要求和原料情况，实现生产计划、作业计划的制定、追加或调整；
- b) 能够由生产计划生成物料需求计划、人员需求计划等，实现生产计划由年度、季度、月度、当日的分解；
- c) 生产作业计划分解到预处理、提纯、成品等生产车间后，应将计划进一步细化到各作业工位，实现精细化生产作业计划管理；
- d) 应具备排产计划跟踪、订单超期预警、产能偏离预警等功能，实现智能排产。

8.2.2 生产调度要求至少包括以下内容：

- a) 能够根据生产计划及生产过程中原料、产品、质量、设备等数据，下达生产调度指令、安全指令，并能接收金精炼工厂中预处理、提纯、成品车间执行情况反馈信息，形成调度管理闭环；
- b) 根据现场工艺状况，及时更新生产指挥调度信息，记录生产情况，纠正生产调度指令执行中的

偏差。

8.3 生产组织

生产组织要求至少包括以下内容：

- a) 应针对生产过程实时监控和调整，能根据生产计划，调整设备、人员和生产原辅料的分配，并自动生成原辅料的使用记录；
- b) 应能通过电子排单的方式将每天各工序需要执行的工单下发，各工序操作人员按照工单要求进行生产和报工；
- c) 在金原料或金产品入库时，应接收来自 LIMS 系统的原料重量和成色信息，并根据原料条码扫码确认后入库，含金物料出入库应专设安全管理权限，实现全过程监控；
- d) 应通过条码或料筐 RFID 对生产过程中的批次号进行跟踪验证，在系统中将产品与原料建立对应物料和质量追溯关系；
- e) 金精炼各数字化车间内的生产执行要求应符合 YS/T 3046 的规定。

8.4 设备管理

设备管理要求至少包括以下内容：

- a) 应实现对在网设备运行状态的动态监测、记录统计、异常报警；
- b) 应通过对设备指标历史数据的统计，利用相关软件或算法对设备利用率、设备故障率、停机时间、停机次数、MTBF、MTBR 和 OEE 等进行分析，为生产设备的运维和安全管理方案提供决策支持；
- c) 主要生产设备如熔炼炉、反应釜、还原釜铸锭设备等，应建立备品备件方案，以满足设备维修维护的需求；
- d) 应根据化学法精炼、萃取法精炼和电解法精炼等不同工艺设备状态监测数据，建立相应的统计分析数据库，进行生产设备的预测性维护；
- e) 设备维修维护应符合 YS/T 3046 的要求。

8.5 质量管理

质量管理要求至少包括以下内容：

- a) 应根据生产实际需求，采用智能检测技术装备，实现质量数据的采集，金精炼生产质量数据包括物料及产品的金含量、杂质含量，产品的金回收率、合格率、成品率等；
- b) 应实现对采集的质量数据分类存储并做到冗余备份；
- c) 应实现对采集数据的自动分析，自动生成生产质量报表，为生产的质量改进提供决策参考；
- d) 应实现质量数据异常报警后的自动响应，自动启动预设的报警处理方案；
- e) 熔炼、还原、金锭熔铸等重要生产工序应实现实时的温度、pH、用水量等质量数据指标监测、记录和异常数据报警；
- f) 应实现生产金属平衡的智能化管理，自动采集生产数据，按批次进行金属平衡分析，宜建立金属平衡管理仿真模型；
- g) 应通过 ERP 建立独立生产加工单号，在原辅料供应、生产组织、物流仓储等环节采用智能化设备实时记录产品质量信息，实现生产全过程质量追溯和产品溯源。

9 智能物流

9.1 关键要素

智能物流是智能工厂内生产物流的智能化管理，其关键要素包括：

- a) 智能仓储：金原料仓储、金产品仓储、其他原辅料仓储、仓储管理与优化；
- b) 智能配送：车间生产工艺物料配送、厂内物料配送、配送优化。

9.2 智能仓储

智能仓储要求至少包括以下内容：

- a) 金原料、金产品、其他原辅料应利用射频识别、二维码或标签等技术进行数字化标识；
- b) 被数字化标识的物料应具备名称、型号、编码、存储信息等基础信息；
- c) 应建立 WMS，实现仓储、配送、生产组织及 ERP 等业务系统的集成；
- d) 应实现全生产周期信息采集，实现贵金属仓储安全和全过程跟踪追溯。

9.3 智能配送

智能配送要求至少包括以下内容：

- a) 应采用自动化配送设备如 AGV、传送带、智能机器人等对车间生产工艺物料和厂内物料进行配送；
- b) 金原料、金产品、其他原辅料等应实现配送状态实时跟踪；
- c) 应结合金精炼生产线布局和对物料的需求对配送路径、配送模式进行精细规划，并能根据生产工艺调整进行优化；
- d) 应实现工厂各部门之间的智能化、安全化物流配送。

10 智能管理

10.1 关键要素

智能管理是采用人工智能、大数据分析等先进技术，对金精炼工厂的采购、销售、能源、资产、安环等管理模块进行信息化提升与精益化协同。智能管理关键要素包括：

- a) 采购管理：原料供应链管理、原料库存管理、市场分析与预测；
- b) 销售管理：客户关系管理、金产品库存管理、市场分析与预测；
- c) 能源管理：能源调度、用能监控、节能分析与优化；
- d) 资产管理：资产台账、资产监控、生命周期管理；
- e) 安环管理：健康安全管理、生产安全管理、贵金属安全管理、环保管理。

智能管理示意图如图 6 所示。

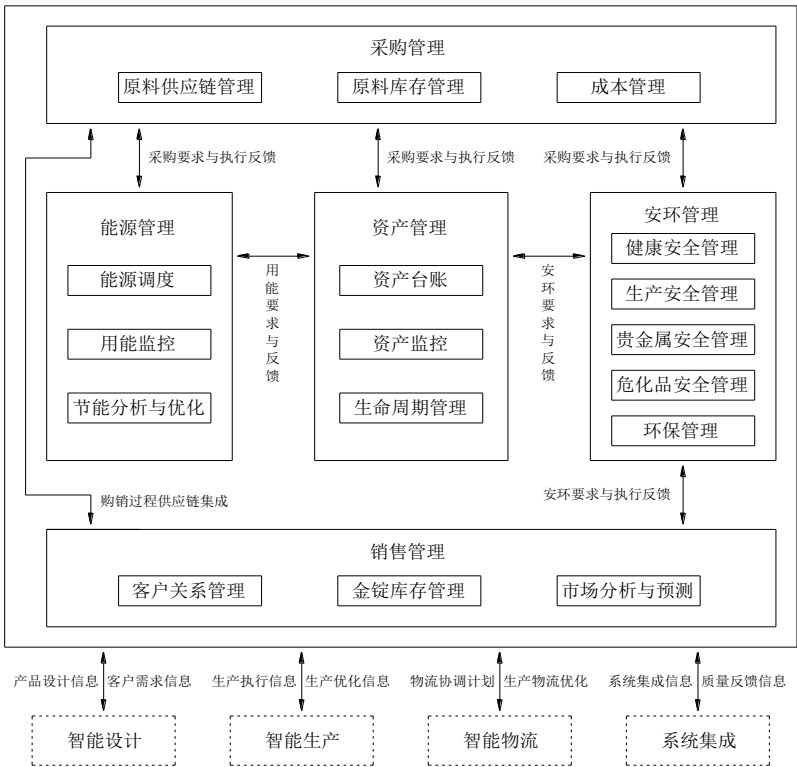


图 6 智能管理示意图

10.2 采购管理

采购管理要求至少包括以下内容：

- a) 应建有信息化系统（如 SRM 或 SCM），实现对供应、需求、原料采购、市场、库存等全过程的信息化管理；
- b) 关联生产计划，根据预处理、提纯和成品等不同生产车间自动生成物料需求计划。

10.3 销售管理

销售管理要求至少包括以下内容：

- a) 应通过信息化系统（如 CRM 或 ERP）实现销售与仓储、物流等业务的数据互通与集成，实现业务数据的全面集成和连贯性；
- b) 应实现业务数据和财务数据同步、同源、统一，提升决策效率。

10.4 资产管理

资产管理要求至少包括以下内容：

- a) 智能资产管理应包括：资产台账、资产状态在线监控（如 OEE）、资产使用效率实时统计与分析等；
- b) 应以数字化描述的方式建立金精炼工艺生产设备和辅助设备的数字档案，并与企业资源管理、生产过程管理等信息化系统实现信息与数据的对接，实现资产的全生命周期管理。

10.5 能源管理

能源管理要求至少包括以下内容：

- a) 应对电、油、气（汽）、水等能源或载能工质的消耗实现监控与节能分析，提供供需预测、预警报警、实际节能量与目标节能量趋势分析等；
- b) 应建立能效管理系统或利用 MES 系统，对主要耗能设备如熔炼炉、反应釜、金电解槽、铸锭设备等实现能耗实时监控、能效考核等，并建立产耗预测模型；
- c) 应实现能效管理数据与其他系统数据共享，为业务管理系统提供能源核算基准数据。

10.6 安环管理

安环管理要求至少包括以下内容：

- a) 应将安环管理与智能生产系统协同，能自动进行危险识别和风险分析，实现生产过程中人、机、物、过程、环境、信息等要素的智能化管控；
- b) 应实现贵金属出入库、物流配送、仓储、交接等关键环节在无死角监控下进行；
- c) 应配置两套或两套以上独立的贵金属安全管理系统，在生产加工，车间检修、样品检测管理中保障贵金属安全；
- d) 涉及贵金属安全的监控数据保存时间不少于 90 天；
- e) 应实现工艺设备、运维参数、车间环境的全面监控，生产过程功能安全与环保的实时监测；
- f) 应对现场有人员健康安全潜在风险的操作过程数据实施全面监控，如产生有毒有害气体区域的毒性气体监测、易燃易爆物品的监测、涉及腐蚀性药剂作业过程液位/温度/压力监测等；
- g) 应建立安环应急管理预案，自动识别紧急情况并开启安全通道，自动启动独立发电系统，保障人员安全撤离、车间通风降温良好、贵金属保管安全；
- h) 金精炼生产涉及的危化品管理要求应符合 GB 45673 的规定；
- i) 其他安环控制要求应符合 GB/T 38129 的规定。

11 系统集成

11.1 关键要素

系统集成是实现数字化车间与智能工厂、不同智能工厂间的网络连接和信息交互，支撑智能工厂持续运营的各类业务流程的实现和优化的技术过程。智能工厂系统集成关键要素包括：

- a) 信息交互：数据字典、数据采集与传输、数据存储与安全；
- b) 集成优化：形成信息互通的闭环管理体系。

注：数字化车间的系统集成不在本文件范围内，具体见 YS/T 3046 的要求。

11.2 网络架构

应根据实际网络类型设计相应网关，实现工厂中不同层级间的协议转换。金精炼智能工厂网络架构示意如图 7 所示。

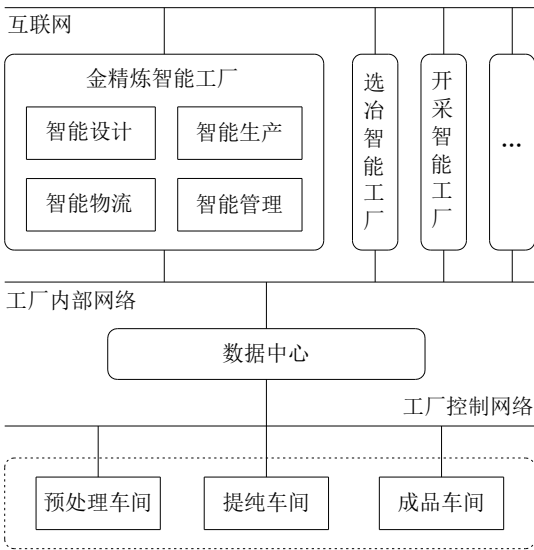


图 7 金精炼智能工厂网络架构示意图

11.3 信息交互

11.3.1 数据字典要求应包括但不限于：

- a) 智能工厂生产过程中需要交互的全部数据；
- b) 根据金精炼不同车间，将生产数据分类；
- c) 描述各类数据基本信息，如数据名称、来源、语义、结构、数据类型。

11.3.2 数据采集与传输要求应包括但不限于：

- a) 根据金精炼流程型生产的特点和要求，采集生产与运营数据；
- b) 采用合理的传输方式和网络通信技术，实现智能工厂的数据传输；
- c) 实现工厂内各个层次之间、以及同一层次的各个功能模块和系统之间数据的互联互通，支持多种数据服务、通讯协议和接口，如 OPC UA 等。

11.3.3 数据存储与安全要求应包括但不限于：

- a) 建立实时与历史数据库作为金精炼智能工厂的数据存储中心；
- b) 建设智能化生产集中管控平台，实现智能工厂中各类子系统的集中管控和信息联动；
- c) 提供安全的加密技术对数据进行传输与存储；
- d) 建立数据备份机制与数据访问安全机制，满足 GB/T 35274、GB/T 22239 对信息安全的要求。

11.4 集成优化

金精炼智能工厂的集成优化应将企业层、工厂层形成的各类决策优化信息向下传递，形成信息的闭环并实现操作。应采用数据接口、企业服务总线、大数据平台等方式实现 DCS、SCADA、MES、WMS、ERP 等高效协同，实现最终产品从研发设计、生产制造、经营管理、运维服务等环节的数字化、网络化、智能化，最终实现智能工厂各个环节的高度柔性高度集成。