

# 团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

## 现场混装炸药智能化生产管理

### 技术规范

Technical Guidelines for Intelligent Production Management of On-site  
Mixed Explosives

（征求意见稿）

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中 国 工 业 节 能 与 清 洁 生 产 协 会 发 布

目 次

前 言 ..... IV

1 范围 ..... 1

2 规范引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 基本原则 ..... 2

    4.1 风险分级管控 ..... 2

    4.2 系统开放性 ..... 2

5 现场混装地面站智能化总体技术规范 ..... 2

    5.1 系统架构与功能 ..... 2

    5.2 数据与安全 ..... 2

6 水相制备智能化技术规范 ..... 2

    6.1 工艺流程 ..... 3

    6.2 智能化控制 ..... 3

    6.3 设备与安全 ..... 3

7 油相制备智能化技术规范 ..... 3

    7.1 工艺流程 ..... 3

    7.2 智能化控制 ..... 3

    7.3 设备要求 ..... 4

8 乳化基质制备智能化技术规范 ..... 4

    8.1 工艺流程 ..... 4

    8.2 智能化技术 ..... 4

    8.3 安全与能效 ..... 4

9 智能制造系统集成 ..... 4

    9.1 数据互通标准 ..... 4

10 原料仓储 ..... 4

    10.1 硝酸铵库房智能化技术规范 ..... 5

    10.2 液态硝酸铵储罐的智能化技术规范 ..... 5

    10.3 油相材料库房智能化技术规范 ..... 6

    10.4 通用智能化技术规范 ..... 7

    10.5 合规与认证要求 ..... 7

11 自动化称量 ..... 8

    11.1 系统基本要求 ..... 8

    11.2 硬件配置规范 ..... 8

    11.3 软件及控制系统 ..... 8

    11.4 安全防护措施 ..... 9

    11.5 安装与调试 ..... 9

    11.6 维护与培训 ..... 9

12 水相制备 ..... 9

    12.1 生产安全规范 ..... 9

    12.2 智能化技术应用 ..... 10

    12.3 数据管理与追溯 ..... 10

    12.4 人员与培训 ..... 10

    12.5 环保与应急 ..... 10

13 油相制备 ..... 10

13.1 总体要求 ..... 10

13.2 智能工艺流程 ..... 11

13.3 智能化设备要求 ..... 11

13.4 数据管理与追溯 ..... 12

13.5 安全与环保控制 ..... 12

14 乳化基质制备 ..... 12

14.1 总体要求 ..... 12

14.2 智能工艺流程 ..... 12

14.3 智能化设备与系统 ..... 13

14.4 数据管理与智能优化 ..... 13

14.5 安全与环保控制 ..... 14

15 多孔粒状硝酸铵上料智能化技术规范 ..... 14

15.1 智能化上料系统设计 ..... 14

15.2 智能化控制技术 ..... 14

15.3 安全规范 ..... 15

15.4 中央控制中心 ..... 15

15.5 混装车对接 ..... 15

15.6 数据管理与通信 ..... 15

15.7 应急响应机制 ..... 15

16 现场混装车炸药生产智能化技术规范 ..... 15

16.1 总体要求 ..... 16

[16.2 数据与信息化..... 16](#)

[16.3 安全联锁机制..... 16](#)

[16.4 作业流程规范..... 16](#)

[16.5 安全管理..... 16](#)

[16.6 应急预案..... 17](#)

[16.7 维护与升级..... 17](#)

## 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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：鞍钢矿业爆破有限公司。

本文件主要起草人：李春凯 黄明健 崔雪峰。

# 现场混装炸药智能化生产管理技术规范

## 1 范围

本文规定了现场混装炸药智能化生产管理的基本原则、现场混装地面站智能化总体技术规范、水相制备智能化技术规范、油相制备智能化技术规范、乳化基质制备智能化技术规范、智能制造系统集成、原料仓储、自动化称量、水相制备、油相制备、乳化基质制备、多孔粒状硝酸铵上料智能化技术规范以及现场混装车炸药生产智能化技术规范。

本文适用于地面站、现场混装炸药车、矿山爆破、隧道工程、拆除作业等现场混装乳化炸药生产活动，规定了智能化、无人化、信息化、绿色化生产要求。

## 2 规范引用文件

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 6722-2014 爆破安全规程  
GB 28263-2024 民用爆炸物品生产、销售企业安全管理规程  
GB/T 34679-2017 智慧矿山信息系统通用技术规范  
GB/T 40693-2021 智能制造工业云服务数据管理通用要求  
GB/T 46884 工业互联网平台安全生产数字化管理  
WJ9072-2012 现场混装炸药生产安全管理规程  
《民用爆炸物品安全管理条例》（国令第 466 号）

## 3 术语和定义

### 3.1

**地面站** grond station

地面站主要是指配合现场混装车的固定或移动式工厂，可制备现场混装炸药的半成品及储存现场混装炸药的原材料。

### 3.2

**现场混装车** on-siteexplosivemixingtruck

现场混装车主要是指可在爆破现场完成炸药原料及半成品（如硝酸铵、油相、乳化基质、敏化剂等）混合、输送及装填的特种车辆。

### 3.3

**智能化生产管理** intelligentproductionmanagement

智能化生产管理主要是指依托物联网（IoT）、人工智能（AI）、大数据、云计算等先进技术，对生产流程进行实时监控、分析、优化和决策的现代化管理模式。其核心目标是提升生产效率、降低成本、增强灵活性，并实现资源的最优配置。

### 3.4

**爆区** blastingarea

爆区主要是指爆破作业设计范围内的区域，包括装药孔位、安全警戒区等。

数字孪生（DigitalTwin）：通过三维建模与实时数据映射，实现物理设备与虚拟模型的同步仿真。

### 3.5

预测性维护 (PdM) *predictivemaintenance*

预测性维护主要是指基于设备运行状态数据预测故障周期，优化维护计划。

边缘-云协同计算：在本地设备（边缘）执行实时控制，云端进行大数据分析与模型训练的分工模式。

## 4 基本原则

### 4.1 风险分级管控

#### 4.1.1 高风险工序（如乳化工序）

应实现自动化控制，并设置安全联锁装置，正常生产状态下禁止人员进入危险区域。

#### 4.1.2 中风险工序（如原料制备、输送）

允许人工监控，但需设置冗余传感器（ $\geq 3$  个）交叉验证数据。

### 4.2 系统开放性

支持与 ERP、MES 等企业管理系统对接，数据接口符合 ISO/IEC20802 标准。

## 5 现场混装地面站智能化总体技术规范

### 5.1 系统架构与功能

#### 5.1.1 智能化目标

实现从原料储存、水相/油相制备、乳化基质制备到制药装填的全流程无人化操作。

#### 5.1.2 核心模块

原料智能仓储：RFID 标签追踪硝酸铵、燃油等原料批次，库存动态预警。

#### 5.1.3 全流程 SCADA 监控

集成水相、油相、乳化基质工序数据，实时可视化（温度、压力、流量、能耗）。

#### 5.1.4 现场混装车协同

5G 通信同步装药量、位置信息，自动生成电子爆破方案（符合《民用爆炸物品信息管理系统标准》）。

### 5.2 数据与安全

#### 5.2.1 工业互联网平台

基于 OPCUA 协议实现设备互联，数据存储符合 ISO27001 信息安全标准。

数字孪生模型实时映射生产状态，预判设备故障（如泵阀磨损、管道泄漏）。

#### 5.2.2 应急管理

紧急停机链锁系统（响应时间 $\leq 0.3$  秒），联动消防喷淋或惰性气体保护。

## 6 水相制备智能化技术规范

### 6.1 工艺流程

#### 6.1.1 原料处理

硝酸铵破碎、筛分（粒径 $\leq 2\text{cm}$ ），自动投料。

### 6.1.2 溶解与浓缩

溶解罐温度控制（ $70-95^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ），蒸汽加热 PID 调节。在线浓度检测（折射率仪或电导率传感器），目标浓度 75%-85%。

### 6.1.3 过滤与储存

自动反冲洗过滤器（精度 $\leq 50\text{ }\mu\text{m}$ ），储罐恒温（ $85^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ）。

## 6.2 智能化控制

### 6.2.1 智能配液系统

根据析晶点动态调整溶解水量（AI 算法优化）。

蒸发浓缩环节能耗优化（基于蒸汽流量与浓度反馈）。

### 6.2.2 质量闭环

近红外光谱（NIR）实时监测水相成分，pH 值自动调节（范围 3.6-4.2）。

## 6.3 设备与安全

### 6.3.1 储罐管理

液位超限联锁停泵。

### 6.3.2 防腐蚀设计

316L 不锈钢材质，焊缝内壁抛光（ $Ra \leq 0.8\text{ }\mu\text{m}$ ）。

## 7 油相制备智能化技术规范

### 7.1 工艺流程

#### 7.1.1 原料混合

燃料油（柴油/矿物油）、乳化剂的自动比例投料（误差 $\leq 0.5\%$ ）。

#### 7.1.2 加热与均质

循环加热（ $40-80^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ），黏度闭环控制（ $20-50\text{mPa} \cdot \text{s}$ ）。

高速剪切搅拌机（转速 1000-2000rpm）实现搅拌均匀。

### 7.2 智能化控制

#### 7.2.1 动态优化

黏度-温度-转速关联模型，自动匹配最佳工艺参数。

#### 7.2.2 储罐智能管理

油相温度在线监测（ $\geq 100^{\circ}\text{C}$ ），超限触发冷却系统。

### 7.3 设备要求

#### 7.3.1 防静电设计

储罐与管道接地电阻 $\leq 1\text{ }\Omega$ ，静电消除器定期自检。

7.3.2 清洁生产

VOCs 排放监测 ( $\leq 50\text{mg}/\text{m}^3$ ), 活性炭吸附系统联动。

8 乳化基质制备智能化技术规范

8.1 工艺流程

8.1.1 水相/油相混合

比例控制 (水相:油相=92~94:6~8), 流量计精度  $\pm 0.2\%$ 。  
静态混合器+低转速乳化器 (转速  $\leq 600\text{rpm}$ ), 粒径  $D_{90} \leq 5\text{ }\mu\text{m}$ 。

8.1.2 冷却与敏化

冷却螺旋输送机 (降温至  $50\text{--}70^\circ\text{C}$ ), 温度梯度控制  $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

8.2 智能化技术

8.2.1 乳化质量监测

在线激光粒度仪+黏度计, 实时反馈调整剪切速度。  
AI 视觉检测基质均匀性 (无油水分离、无结晶)。

8.2.2 故障自诊断

乳化机轴承振动监测 (符合 ISO20816-3: 2022 标准), 预测性维护提醒。

8.3 安全与能效

8.3.1 防爆设计

乳化区划分 Zone0, 设备本质安全型 (Ex ia IIB T4)。

8.3.2 能效优化

变频驱动节能  $\geq 20\%$ , 余热回收用于水相预热。

9 智能制造系统集成

9.1 工业物联网协议

MQTT/OPCUA 统一接口, 支持跨平台数据交互。

9.2 云边端协同

边缘计算 (实时控制指令处理), 云端大数据分析 (工艺优化、供应链协同)。

10 原料仓储

10.1 硝酸铵库房智能化技术规范

10.1.1 库房设计与环境控制

10.1.1.1 防爆结构

库房按 GB50089 标准设计为抗爆间室，墙体采用钢筋混凝土结构（抗爆等级 $\geq 0.1\text{MPa}$ ），屋顶设置泄爆口。地面防静电处理（电阻值 $\leq 1 \times 10^6 \Omega$ ），货架、工具使用防爆材质。

#### 10.1.1.2 温湿度控制

温度 $\leq 30^\circ\text{C}$ （空调+防爆型温控系统），湿度 $\leq 70\%$ （除湿机联动湿度传感器）。

设置独立通风系统，每小时换气次数 $\geq 6$ 次，防止硝酸铵吸湿结块或分解。

#### 10.1.2 安全监测与报警

##### 10.1.2.1 气体监测

部署氨气（ $\text{NH}_3$ ）传感器（硝酸铵分解产物），阈值超限时触发声光报警并启动应急排风。

##### 10.1.2.2 热成像监控

红外热像仪实时扫描库房，检测异常温升（如局部过热、自燃风险），精度 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

##### 10.1.2.3 防泄漏与防潮

托盘采用防潮材质，物料避免直接接触地面。

#### 10.1.3 智能化管理

##### 10.1.3.1 无人化搬运

使用防爆型 AGV（符合 ATEX/IECEX 标准）运输硝酸铵，路径规划避开人员活动区。

##### 10.1.3.2 库存数字化

每袋硝酸铵绑定 RFID 标签，记录生产批次、入库时间、存储位置，系统自动预警超期（存储周期 $\leq 6$ 个月）。

##### 10.1.3.3 智能巡检

防爆巡检机器人搭载气体检测仪和摄像头，定时扫描库房并生成巡检报告。

#### 10.2 液态硝酸铵储罐的智能化技术规范

##### 10.2.1 储罐设计与材料

###### 10.2.1.1 材料选择

储罐需采用耐腐蚀、耐高温的材质（如不锈钢 316L 或碳钢内衬防腐涂层），避免与硝酸铵发生化学反应。

###### 10.2.1.2 结构设计

符合《压力容器》（GB/T150-2024），设置防爆膜、安全阀等泄压装置。防泄漏。

###### 10.2.1.3 设计

双层罐体结构或配备泄漏检测系统，防止泄漏污染环境。

##### 10.2.2 安全间距与布局

储罐区应远离生产车间和生活区，符合《硝酸铵安全技术规范》（GB44022-2024）中关于危险化学品存储的安全距离要求。

设置围堰（容积 $\geq$ 最大储罐容量的 110%），防止泄漏扩散。

##### 10.2.3 环境控制

储罐区需配备通风系统，防止硝酸铵蒸汽积聚；温度控制（通常 $< 130^\circ\text{C}$ ），避免高温引发分解风险。

禁止与有机物、易燃物（如燃料、木屑）混存，防止污染或引发爆炸。

##### 10.2.4 智能化技术应用

###### 10.2.4.1 实时监测系统

###### 10.2.4.1.1 传感器网络

部署温度、压力、液位、pH 值、泄漏检测等多参数传感器，实时监控储罐状态。

#### 10.2.4.1.2 物联网（IoT）平台

通过 5G/工业物联网将数据上传至中央控制系统，实现远程监控和预警。

#### 10.2.4.2 自动化控制

##### 10.2.4.2.1 自动调节系统

根据传感器数据自动调节储罐温度（如冷却水循环）、通风量或添加稳定剂。

##### 10.2.4.2.2 紧急切断装置

在检测到异常（如泄漏、超温）时自动关闭阀门、启动应急喷淋或惰性气体保护系统。

#### 10.2.4.3 大数据与 AI 分析

##### 10.2.4.3.1 风险预测模型

利用机器学习分析历史数据，预测储罐腐蚀速率、材料老化趋势等潜在风险。

##### 10.2.4.3.2 故障诊断

AI 算法识别异常模式（如压力波动异常），提前预警维护需求。

#### 10.2.4.4 无人化操作

AGV（自动导引车）或机器人辅助原料运输，减少人员进入高危区域。

智能巡检机器人替代人工，执行储罐外观检查、焊缝检测等任务。

#### 10.2.5 安全管理与应急预案

##### 10.2.5.1 人员培训

操作人员需持证上岗，定期进行安全培训（如 HAZOP 分析、应急处置演练）。

##### 10.2.5.2 应急预案

制定泄漏、火灾、爆炸等场景的应急预案，配备应急物资（中和剂、消防砂、防爆工具等）。

定期联合消防部门开展应急演练。

##### 10.2.5.3 环保要求

###### 10.2.5.3.1 废水处理

泄漏液体需经中和处理（如用碱性物质中和）后排放，符合《污水综合排放标准》（GB8978）。

###### 10.2.5.3.2 废气处理

挥发性气体通过洗涤塔或活性炭吸附处理。

##### 10.2.5.4 智能化系统验收与维护

通过第三方安全评估（如 SIL 认证）。

定期维护：每季度检查传感器精度、系统冗余备份及网络安全（防黑客攻击）。

##### 10.2.5.5 总结

液态硝酸铵储罐的智能化升级需以安全为核心，通过物联网、AI 等技术实现实时监控与风险预警，同时严格遵守国内外技术规范，结合人员培训和应急预案，构建“人-机-环-管”一体化的安全管理体系。

#### 10.3 油相材料库房智能化技术规范

##### 10.3.1 库房设计与防火防爆

###### 10.3.1.1 防火分区

按 GB50016-2014《建筑设计防火规范》划分独立防火分区，耐火等级 $\geq 2$  小时，门禁系统与消防系统联动（火灾时自动封闭库房）。

###### 10.3.1.2 防静电与防雷

所有设备接地电阻 $\leq 4\Omega$ ，入口设置人体静电释放柱；库房防雷等级按一类设计，接地网独立铺设。

###### 10.3.1.3 温度控制

油相材料（如柴油、乳化剂、复合油相材料）存储温度 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ ，采用防爆型空调与温度连锁控制系统。

### 10.3.2 安全监测与防火

#### 10.3.2.1 可燃气体监测

部署甲烷( $\text{CH}_4$ )、VOC 传感器, 浓度 $\geq 10\% \text{LEL}$ 时触发报警, $\geq 25\% \text{LEL}$ 时启动惰性气体灭火(如 $\text{CO}_2$ )。

#### 10.3.2.2 火焰探测

双光谱火焰探测器(紫外+红外)覆盖全库房, 响应时间 $\leq 3$ 秒, 联动喷淋系统。

#### 10.3.2.3 防溢流与防泄漏

储罐安装液位传感器, 液位超限时关闭进料阀; 地面设导流沟与应急收集池。

### 10.3.3 智能化管理

#### 10.3.3.1 自动化灌装

油相材料输送管道配备流量计和自动阀门, 通过 PLC 控制灌装量(误差 $\leq 0.5\%$ )。

#### 10.3.3.2 智能消防系统

火灾报警系统与消防机器人联动, 机器人可携带灭火剂进入危险区域。

#### 10.3.3.3 库存优化

通过 AI 算法分析历史消耗数据, 动态调整库存量(如安全库存量=日均用量 $\times 7$ 天)。

### 10.4 通用智能化技术规范

#### 10.4.1 物联网与数据平台

##### 10.4.1.1 统一监控平台

集成硝酸铵、油相材料库房数据至 SCADA 系统, 支持 3D 可视化展示(如库房温湿度、设备状态、报警记录)。

##### 10.4.1.2 预测性维护

利用振动传感器和电流监测设备, 预测堆垛机、风机等设备的故障周期, 提前更换部件。

#### 10.4.2 人员与操作安全

##### 10.4.2.1 电子围栏

UWB 定位系统划定危险区域, 人员误入时触发声光报警并锁定 AGV 运行。

##### 10.4.2.2 智能培训系统

AR 眼镜模拟油相材料泄漏、硝酸铵结块等场景, 培训人员应急处理技能。

#### 10.4.3 应急响应

##### 10.4.3.1 智能应急预案

事故发生时, 系统自动推送处置流程至负责人手机 APP(如硝酸铵火灾需用大量水灭火, 禁用干粉)。

##### 10.4.3.2 应急物资管理

防爆应急柜内置灭火毯、防毒面具, 柜门与报警系统联动, 紧急情况下自动解锁。

### 10.5 合规与认证要求

符合《危险化学品仓库储存通则》(GB15603)、《民用爆炸物品储存库治安防范要求》(GA837)。

每季度开展 HAZOP(危险与可操作性分析), 每年委托第三方进行防爆设施检测。

## 11 自动化称量

### 11.1 系统基本要求

11.1.1 安全性

符合《民用爆炸物品生产、销售企业安全管理规程》及《民用爆炸物品工程设计安全标准》。  
系统需具备防爆设计（Ex 认证），包括防静电、防火花、惰性气体保护等。  
原料输送及称重区域应与其他生产区域隔离，设置泄爆装置。

11.1.2 精度

静态称重误差 $\leq \pm 0.1\%$ ，动态称重误差 $\leq \pm 0.5\%$ （依据 GB/T7724-2023、GB/T7723-2017）。  
关键原料（硝酸铵）需采用冗余传感器设计。

11.1.3 可靠性

系统 MTBF（平均无故障时间） $\geq 5000$  小时，支持  $7 \times 24$  小时运行。  
配备 UPS 电源及备用控制模块，断电时数据保存 $\geq 72$  小时。

11.2 硬件配置规范

11.2.1 称重设备

11.2.1.1 固态原料

高精度料斗秤（分辨率 $\leq 1g$ ）或皮带秤（动态补偿算法）。

11.2.1.2 液态原料

质量流量计（精度 $\pm 0.2\%$ ）或防爆型称重罐。

11.2.1.3 粉末原料

防尘密封式称重料仓，配备防堵振动装置。

11.2.2 传感器

采用不锈钢材质应变式传感器，IP67 防护等级，耐腐蚀、抗过载。  
关键工位配置双传感器+PLC 交叉校验。

11.2.3 输送系统

螺旋输送机（粉末）、气动输送（易爆物料）或密闭式传送带（固态）。  
急停按钮、物料堵塞检测及自动停机功能。

11.3 软件及控制系统

11.3.1 自动化功能

11.3.1.1 配方管理

支持多配方切换，自动匹配原料配比（如硝酸铵与燃料油比例）。

11.3.1.2 动态补偿

根据温湿度、振动等环境因素实时修正称重值。

11.3.2 数据管理

每批次称重数据存储（时间、重量、操作员、误差值），保留 $\geq 3$  年。  
支持与 MES/ERP 系统集成，实现生产数据追溯。

11.3.3 报警与联锁

超差报警（ $\geq$  设定值  $5\%$ ）、传感器故障报警、通信中断报警。

异常状态下联锁停机，并触发声光报警及短信通知。

11.4 防爆设计

11.4.1 环境控制

称重区湿度 $\leq 40\%$ （防潮），温度控制  $10\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。  
粉尘浓度监测及自动抑爆系统（如消防水、 $\text{CO}_2$  灭火装置）。

11.4.2 操作安全

权限分级管理（操作员、技术员、管理员）。  
紧急停机按钮、安全门锁及红外人体检测（无人化操作）。

11.5 安装与调试

11.5.1 安装要求

称重设备基础需独立于厂房结构，避免振动干扰。  
传感器安装水平度误差 $\leq 0.5^{\circ}$ ，电缆屏蔽接地（接地电阻 $\leq 4\Omega$ ）。

11.5.2 调试流程

空载校准 $\rightarrow$ 静态砝码标定（满量程 0%、50%、100%） $\rightarrow$ 动态物料测试。  
模拟异常工况（如断电、超载）验证系统稳定性。

11.6 维护与培训

11.6.1 定期维护

每日检查传感器零点漂移，每周清洁防尘罩，每月校准一次。  
年度全面检修（更换磨损部件、防爆结构检测）。

11.6.2 人员培训

操作人员需通过《民用爆炸物品安全操作考核》。

11.6.3 培训内容

系统操作、故障处理、应急预案演练。  
通过以上规范，可确保原料称重过程的安全性、精度及合规性，同时提升生产效率和可追溯性。实际应用中需结合具体原料特性（如感度、腐蚀性）进一步优化设计。

12 水相制备

12.1 生产安全规范

12.1.1 原料与工艺安全

12.1.1.1 原料纯度控制

硝酸铵原料纯度 $\geq 99.5\%$ ，杂质（如氯离子、有机物）含量需严格检测（参考 GB/T2945-2017）。

12.1.1.2 溶液浓度监控

水溶液浓度控制在  $75\% - 85\%$ ，避免高温或杂质引发分解风险。

12.1.1.3 温度与压力控制

溶解/蒸发工序温度 $\leq 120^{\circ}\text{C}$ ，压力 $\leq 0.3\text{MPa}$ ，配置冗余传感器和自动联锁保护（SIS 系统）。

12.1.2 防爆与隔离措施

生产区域按爆炸危险区域（1 区/2 区）划分，设备符合《爆炸性环境用设备》（GB3836）标准。

使用本质安全型仪表（IS）、隔爆型电气设备，避免火花或静电引燃。

## 12.2 智能化技术应用

### 12.2.1 自动化控制系统

#### 12.2.1.1 DCS/SCADA 系统

实现溶解、蒸发、结晶等工序的全流程自动化控制，关键参数（温度、pH、流量）实时反馈调节。

#### 12.2.1.2 AI 工艺优化

通过机器学习模型预测溶液稳定性，优化蒸发效率与能耗。

### 12.2.2 智能监测与预警

#### 12.2.2.1 传感器网络

部署光纤测温、在线浓度分析仪（如近红外光谱），数据上传至云平台。

#### 12.2.2.2 异常预警

建立风险数据库，对超温、浓度异常、设备故障等实时报警（阈值参考 AQ3005-2010）。

### 12.2.3 机器人应用

高危区域（如储罐巡检、泄漏处置）使用防爆巡检机器人，替代人工操作。

## 12.3 数据管理与追溯

### 12.3.1 工业互联网平台

生产过程数据（原料批次、工艺参数、质检结果）全生命周期存储，支持区块链技术防篡改。

对接政府监管平台（如应急管理部危险化学品监测系统）。

### 12.3.2 数字化孪生

建立硝酸铵生产线的数字孪生模型，模拟事故场景并优化应急预案。

## 12.4 人员与培训

### 12.4.1 智能穿戴设备

作业人员配备防爆智能手环，实时监测生命体征及位置（UWB 定位），紧急情况一键呼救。

### 12.4.2 VR 培训系统

通过虚拟现实模拟生产事故（如泄漏、火灾），提升应急处置能力。

## 12.5 环保与应急

### 12.5.1 废水处理智能化

硝酸铵废液需中和处理（pH6-9），配置在线水质监测仪，数据直连环保部门。

### 12.5.2 应急联动

智能消防系统与 DCS 联动，泄漏时自动启动喷淋抑爆、紧急排空。

## 13 油相制备

### 13.1 总体要求

#### 13.1.1 目标

实现油相制备全流程的自动化控制、实时监测、数据追溯及智能决策，确保油相质量稳定、生产效率提升、能耗降低及生产安全。

### 13.1.2 适用范围

适用于硝酸铵复合油相、柴油-石蜡混合物等油相材料的智能化制备工艺。

## 13.2 智能化工艺流程

### 13.2.1 原料识别

采用 RFID 或二维码标签对油相原材料（柴油、石蜡、复合油等）进行批次追踪，记录供应商、成分、有效期等信息。

### 13.2.2 环境监控

仓储区配备温湿度传感器，确保油相原料储存条件符合要求（如柴油储存温度 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ ，防静电措施）。  
油相熔融智能化控制

### 13.2.3 自动加热系统

采用电加热或导热油间接加热，通过 PLC/PID 算法动态调节加热功率，避免局部过热导致油相分解。

### 13.2.4 熔融状态监测

通过在线粘度计、红外热成像仪实时监测熔融均匀性，数据反馈至控制系统自动调整搅拌速率。

### 13.2.5 精准计量与混合

#### 13.2.5.1 动态配比

采用科里奥利质量流量计或高精度称重模块，实现柴油、石蜡、添加剂等成分的误差 $\leq \pm 0.5\%$ 。

#### 13.2.5.2 智能混合

利用多级搅拌机+变频控制，根据实时粘度数据优化搅拌参数（转速、时间），确保油相均质化。

### 13.2.6 油相质量在线检测

#### 13.2.6.1 关键指标检测

集成近红外光谱（NIR）或激光粒度仪，实时分析油相密度、粘度、闪点等参数，超标时触发自动报警及工艺调整。

#### 13.2.6.2 数据闭环反馈

检测结果与工艺参数联动，自动修正配方比例或混合参数。

## 13.3 智能化设备要求

### 13.3.1 核心设备选型

#### 13.3.1.1 熔融罐

材质需耐腐蚀（如 316L 不锈钢），配备防爆型搅拌电机及冗余加热系统。

#### 13.3.1.2 计量泵

采用伺服电机驱动的齿轮泵或螺杆泵，精度等级 $\geq 0.2$ 级。

#### 13.3.1.3 控制系统

基于工业物联网（IIoT）架构，支持 OPCUA 或 Modbus 协议，与上位机（SCADA/MES）无缝对接。

### 13.3.2 智能运维功能

### 13.3.2.1 预测性维护

通过振动传感器、电流监测模块分析设备健康状态，预判泵阀磨损、管道堵塞等故障。

### 13.3.2.2 自动清洗（CIP）

配置管道清洗机器人及溶剂循环系统，按预设程序完成罐体及管路的残留清理。

## 13.4 数据管理与追溯

### 13.4.1 数据采集与存储

#### 13.4.1.1 实时数据库

记录温度、压力、流量、粘度等工艺参数，采样频率 $\geq 1$ 次/秒，存储周期 $\geq 3$ 年。

#### 13.4.1.2 电子批记录

自动生成每批次油相的配方、工艺参数、质量检测报告，支持 PDF/Excel 格式导出。

### 13.4.2 智能分析与优化

#### 13.4.2.1 工艺模型

基于历史数据建立油相质量与工艺参数的机器学习模型，动态推荐最优配比及操作条件。

#### 13.4.2.2 能效管理

通过能耗监测模块（电、蒸汽）优化加热策略，单位产品能耗降低 $\geq 15\%$ 。

## 13.5 安全与环保控制

### 13.5.1 本质安全设计

超温、超压、液位异常时自动切断热源并启动紧急冷却。

### 13.5.2 环保合规

#### 13.5.2.1 VOCs 治理

熔融废气经冷凝+活性炭吸附处理，非甲烷总烃排放浓度 $\leq 50\text{mg}/\text{m}^3$ （符合 GB31572-2015）。

#### 13.5.2.2 废料回收

设置废油相收集罐，接入厂区危险废物管理系统。

## 14 乳化基质制备

### 14.1 总体要求

#### 14.1.1 目标

实现乳化基质制备的精准控制、质量实时监测、工艺自优化及全过程可追溯，确保乳化稳定性、粒径均匀性及本质安全。

#### 14.1.2 适用范围

适用于水相（硝酸铵溶液）与油相（复合蜡/柴油混合物）的连续乳化工艺智能化改造。

### 14.2 智能化工艺流程

#### 14.2.1 原料预处理

通过流量计（精度 $\leq \pm 0.3\%$ ）与密度计联动，实时计算水相与油相质量比（目标范围 90:10~95:5），

偏差 $\geq\pm 1\%$ 时自动报警并调整阀门开度。

采用动态补偿算法，消除温度波动对原料密度的影响。

## 14.2.2 乳化工艺智能控制

### 14.2.2.1 温度控制

乳化反应温度设定  $70\sim 85^{\circ}\text{C}$ ，采用 PID+模糊控制算法调节夹套循环水流量，温度波动 $\leq\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

超温 $\geq 80^{\circ}\text{C}$ 时，触发紧急冷却系统（冷媒注入或夹套快速降温）。

### 14.2.2.2 剪切速率优化

基于在线粘度反馈（旋转式粘度计），自动调节乳化泵转速（范围  $500\sim 600\text{rpm}$ ）。

采用变频器+伺服电机组，响应时间 $\leq 1$ 秒。

## 14.2.3 压力平衡

乳化管道安装压力传感器（量程  $0\sim 10\text{MPa}$ ），压力异常（ $\geq 8\text{MPa}$ ）时启动旁路泄压阀，防止爆管。

乳化质量实时检测

## 14.2.4 在线粒径分析

集成激光粒度仪或动态光散射（DLS）装置，实时监测乳胶粒子粒径分布（目标  $1\sim 5\mu\text{m}$ ），超标时触发工艺参数自修正。

## 14.2.5 稳定性评估

通过电导率传感器（量程  $0\sim 200\text{mS/cm}$ ）与显微成像系统，判断乳化相分离风险，异常时自动添加稳定剂（如 Span-80 等）。

## 14.3 智能化设备与系统

### 14.3.1 核心设备要求

#### 14.3.1.1 低转速乳化器与活塞泵

材质需耐腐蚀（如哈氏合金 C276），配备双机械密封与冷却系统。

#### 14.3.1.2 支持 AI 故障诊断

基于电流、振动频谱分析预判轴承磨损或叶片断裂。

配置多级搅拌桨（锚式+涡轮式），变频控制转速（ $50\sim 600\text{rpm}$ ），扭矩实时监测防止结焦。

### 14.3.2 智能运维系统

#### 14.3.2.1 预测性维护

通过振动传感器+声发射仪监测乳化系统健康状态，建立故障特征库（如气蚀、堵管），提前 7 天预警维护。

#### 14.3.2.2 自动清洗（CIP）

管道与制乳器内壁部署旋转喷头，按预设程序实现无人化清洗，残留物 $\leq 0.1\%$ 。

## 14.4 数据管理与智能优化

### 14.4.1 数据采集与追溯

#### 14.4.1.1 实时数据库

采集温度、压力、转速、粘度、粒径等参数，采样频率 $\geq 10\text{Hz}$ ，存储周期 $\geq 5$ 年。

采用区块链技术实现关键数据防篡改。

#### 14.4.1.2 批次追溯系统

每批乳化基质生成唯一二维码，关联原料批次、工艺参数、质检报告，支持手机端扫码追溯。

#### 14.4.2 工艺优化与仿真

##### 14.4.2.1 数字孪生模型

建立乳化过程 CFD（计算流体力学）模型，模拟不同配方、转速下的流场分布，推荐最优剪切速率与温度组合。

##### 14.4.2.2 AI 动态优化

基于 LSTM 神经网络预测乳化质量趋势，动态调整水油相比例及乳化时间，目标一次合格率 $\geq 99.5\%$ 。

#### 14.5 安全与环保控制

##### 14.5.1 本质安全设计

###### 14.5.1.1 防爆与联锁

乳化区域设备满足 ATEXZone1 防爆认证，静电接地电阻 $\leq 4\Omega$ 。

###### 14.5.1.2 设置

三级联锁超压 $\rightarrow$ 停泵 $\rightarrow$ 泄压 $\rightarrow$ 紧急停机，响应时间 $\leq 0.5$ 秒。

##### 14.5.2 人员防护

作业区部署 UWB 定位+电子围栏，人员误入危险区时自动切断设备电源并启动声光报警。

##### 14.5.3 环保治理

###### 14.5.3.1 废气处理

乳化废气经冷凝+活性炭吸附+催化燃烧处理，非甲烷总烃排放 $\leq 20\text{mg}/\text{m}^3$ （符合 GB31572）。

###### 14.5.3.2 废水循环

清洗废水通过 pH 调节+膜过滤系统回收，回用率 $\geq 80\%$ 。

#### 15 多孔粒状硝酸铵上料智能化技术规范

##### 15.1 智能化上料系统设计

###### 15.1.1 自动化输送

采用无人化输送设备（如防爆型 AGV 小车、气力输送系统）将 PPAN 从仓储区输送至地面站或混装车，减少人工接触风险。

配备智能称重模块，实时监控上料量，误差控制 $\pm 0.5\%$ 以内。

###### 15.1.2 环境适应性

输送管道及设备需防静电、防爆设计符合标准。

###### 15.1.3 温湿度控制

料仓内湿度 $\leq 40\%$ ，温度 $\leq 30^\circ\text{C}$ ，防止 PPAN 吸湿结块。

##### 15.2 智能化控制技术

###### 15.2.1 物联网（IoT）平台

通过传感器（温度、湿度、重量、振动）实时监测物料状态和设备运行参数。

数据上传至地面站中央控制系统，实现远程监控与预警。

#### 15.2.2 AI 算法优化与异常检测

利用机器学习预测上料需求（基于爆破作业计划或生产任务），动态调整输送速率。

自动识别堵料、泄漏或设备故障，触发停机保护。

### 15.3. 安全规范

#### 15.3.1 防爆要求

设备需符合 GB3836 防爆标准，电气元件采用本质安全型（Exia/ib）。

输送系统接地电阻 $\leq 4\Omega$ ，消除静电积累风险。

#### 15.3.2 人员防护

操作人员需穿戴防静电服，禁止携带金属物品进入作业区。

设置电子围栏和红外感应装置，防止误入危险区域。

### 15.4 中央控制中心

集成 DCS（分布式控制系统）和 SCADA（数据采集与监控系统），实现全流程自动化管理。

可视化界面显示 PPAN 库存量、设备状态、环境参数及报警信息。

### 15.5 混装车对接

通过 RFID 或二维码识别混装车身份，自动匹配配方和装填量。

采用机械臂或上料塔全自动灌装系统，实现无人化装料。

### 15.6 数据管理与通信

#### 15.6.1 工业互联网架构

5G 或工业 Wi-Fi 网络支持实时数据传输，延迟 $\leq 50\text{ms}$ 。

数据加密存储（符合 ISO/IEC27001），防止恶意篡改。

#### 15.6.2 云边协同

边缘计算节点处理实时控制指令，云端存储历史数据并生成分析报告（如能耗、效率优化建议）。

### 15.7 应急响应机制

#### 15.7.1 智能消防系统

配备红外热成像摄像头和气体探测器，早期预警火灾或泄漏。

联动自动灭火装置（自动喷淋消防水）和排风系统。

#### 15.7.2 应急预案

系统自动触发停机、隔离危险区域，并通过声光报警和短信通知应急小组。

## 16 现场混装车炸药生产智能化技术规范

### 16.1 设备技术要求

#### 16.1.1 智能控制系统

混装车应配备自动化控制系统，实现炸药配方自动配比、混合参数（温度、压力、流速）实时调节，并与车载传感器联动。

#### 16.1.2 定位与导航

集成高精度 GPS/北斗定位系统，确保混装车在爆区内精准移动，避免偏离作业区域。

#### 16.1.3 传感器与监测

配置流量计、密度计、温度传感器等，实时监测炸药混合状态。

设置环境监测传感器（如温湿度、静电监测），确保作业环境安全。

### 16.2 数据与信息化

#### 16.2.1 数据采集与传输

实时采集生产数据（配方参数、装药量、作业轨迹等），通过加密通信协议传输至中央控制平台。

#### 16.2.2 数据分析与预警

利用 AI 算法分析历史数据，预测设备故障风险，自动触发异常报警（如配比偏差、环境超限）。

### 16.3 安全联锁机制

混装车与爆区安全系统联动，实现：装药量与炮孔设计匹配性校验；作业区域人员侵入自动停机；静电防护装置自动激活。

### 16.4 作业流程规范

#### 16.4.1 前期准备

##### 16.4.1.1 爆区数字化建模

利用三维建模技术生成爆区地图，规划混装车行进路径及装药孔位坐标。

##### 16.4.1.2 配方验证

通过智能系统验证炸药配方符合设计要求，避免人为输入错误。

#### 16.4.2 生产过程

##### 16.4.2.1 自动配比与混合

系统根据预设配方自动控制原料投料顺序、混合时间及搅拌速度。

##### 16.4.2.2 装填监控

实时监测装药量、装填深度，误差超过 $\pm 2\%$ 时自动报警并暂停作业。

#### 16.4.3 质量控制

##### 16.4.3.1 在线检测

通过近红外光谱（NIR）或 X 射线技术对混合炸药进行质量抽检，确保性能达标。

##### 16.4.3.2 数据追溯

所有操作记录、传感器数据存储至少 3 年，支持回溯分析。

### 16.5 安全管理

#### 16.5.1 人员要求

操作人员需通过智能化系统操作培训并持证上岗。

远程监控岗位需具备实时数据分析和应急响应能力。

#### 16.5.2 环境安全

混装车配备防爆、防静电装置，作业区设置智能防雷系统。  
禁止在雷电、强电磁干扰等高风险环境下作业。

#### 16.6 应急预案

系统预设紧急停机程序，异常情况下自动切断动力和原料供应。  
配备无人机或机器人辅助爆区人员疏散和应急处理。

#### 16.7 维护与升级

定期对智能系统进行校准、软件更新和漏洞修复。  
建立设备健康管理档案，预测性维护替代传统周期维护。

---