

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

现场混装乳化炸药生产系统智能化 技术规范

Technical Specification for Intelligentization of On-site Mixed Loading Emul
sion Explosive Production System

(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 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 原材料储存智能化要求 1

 4.1 固态硝酸铵储存 1

 4.2 液态硝酸铵储存 1

 4.3 复合油相材料储存 3

5 水相、油相制备 3

 5.1 系统总体要求 3

 5.2 智能化系统架构 3

 5.3 关键智能化技术模块 4

 5.4 数据管理与追溯 4

 5.5 安全与应急管理 5

 5.6 运维与优化 5

 5.7 验收标准 5

6 乳化 5

 6.1 系统总体要求 5

 6.2 智能化系统架构 5

 6.3 关键智能化技术模块 6

 6.4 数据管理与追溯 6

 6.5 人员与运维管理 7

 6.6 验收与优化 7

7. 乳化基质储存与输送 7

 7.1 储存罐设计 7

 7.2 输送安全 7

8 乳化炸药现场混装车制药（含重铵油炸药和乳化粒状铵油炸药车型） 7

 8.1 系统总体要求 7

 8.2 智能化系统架构 8

 8.3 关键智能化技术模块 8

 8.4 数据管理与追溯 9

 8.5 安全防护与应急 9

 8.6 运维与验收标准 9

9 智能化监控与数据管理 9

 9.1 中央控制室 9

 9.2 安全预警与应急 10

10 人员培训与系统维护 10

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：黄明健、崔雪峰、闫大洋。

现场混装乳化炸药生产系统智能化技术规范

1 范围

本文件规定了现场混装乳化炸药生产系统智能化技术的原材料储存智能化要求、水相/油相制备、乳化、乳化基质储存与运输、乳化炸药现场混装车制药及智能化监控与数据管理要求。

本规范适用于现场混装乳化炸药生产系统的设计、建设、运行及管理，涵盖原材料储存、水相/油相制备、乳化基质生产、储存及混装车装药全流程的智能化技术要求。

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 18218 危险化学品重大危险源辨识
GB 28283-2024 民用爆炸物品生产、销售企业安全管理规程
GB/T 44067-2024 工业互联网平台技术要求及测试方法
GB 50058-2014 爆炸危险环境电力装置设计规范
GB 50089-2018 民用爆炸物品工程设计安全标准
T/UNP359-2024 民爆行业数字化转型建设指南
WJ9072-2012 现场混装炸药生产安全管理规程

3 术语和定义

3.1

智能化生产系统 Intelligent production system

集成自动化控制、物联网、数据采集与分析等技术，实现生产过程无人化操作、实时监控与自主决策的系统。

3.2

乳化基质 Emulsified matrix

由氧化剂（硝酸铵等）、水相溶液与油相材料经乳化工艺形成的乳胶状中间体。

4 原材料储存智能化要求

4.1 固态硝酸铵储存

4.1.1 储存条件

仓库温度 $\leq 35^{\circ}\text{C}$ ，湿度 $\leq 70\%$ ，配备温湿度自动监测及通风系统。
堆垛高度 $\leq 2.5\text{m}$ ，与墙体间距 $\geq 0.5\text{m}$ ，智能叉车实现自动码垛。

4.1.2 安全监控

设置红外热成像摄像头监测温升，异常时触发声光报警并启动喷淋降温。
采用 RFID 标签实现库存动态管理，超期或异常批次自动锁定。

4.2 液态硝酸铵储存

4.2.1 系统总体要求

4.2.1.1 储存与生产系统

通过防爆、防火、防静电认证，满足危险化学品存储的防火间距、泄爆设计等要求。

4.2.1.2 智能化目标

实现液态硝酸铵的自动存储、输送、混装全流程无人化操作。

集成实时监测、数据分析和故障预警功能，降低人为操作风险。

4.2.2 智能化系统架构

4.2.2.1 硬件层

4.2.2.1.1 储罐与管路系统

储罐材质耐腐蚀（如 316L 不锈钢），配备液位、温度、压力传感器及紧急切断阀。

管道采用防静电设计，设置流量计和自动清洗装置。

4.2.2.1.2 智能控制设备

PLC/DCS 控制系统，冗余设计保障可靠性。

防爆型工业机器人或机械臂，用于物料转运和混装操作。

4.2.2.2 软件层

4.2.2.2.1 SCADA 监控系统

实时监控储罐液位、温度、压力、流量等参数，数据可视化展示。

支持远程操作和紧急停机功能。

4.2.2.2.2 数据分析与预测平台

利用大数据分析历史数据，优化储存周期和混装配比。

基于 AI 算法的故障诊断（如管道堵塞预警、泄漏检测）。

4.2.3 关键智能化技术模块

4.2.3.1 安全监测与预警

4.2.3.1.1 泄漏监测

部署红外气体探测器（检测 NH_3 、 NO_x 等副产物）和液体泄漏传感器。

联动声光报警和自动喷淋系统。

4.2.3.1.2 环境监控

库区安装温湿度、可燃气体浓度监测装置，数据实时上传至云端。

4.2.3.2 能源与环保管理

4.2.3.2.1 节能控制

储罐加热系统采用变频控制，根据环境温度动态调节能耗。

4.2.3.2.2 环保合规

废气处理系统（如活性炭吸附）与废水回收装置，数据联网环保部门监管平台。

4.2.4 数据管理与网络安全

4.2.4.1 数据存储

本地服务器+云备份，存储周期 ≥ 3 年。

4.2.4.2 网络安全

工控系统与外网物理隔离，防火墙和加密传输（如 OPCUA 协议）。

定期漏洞扫描和权限分级管理。

4.2.5 人员与运维管理

4.2.5.1 培训与应急

操作人员需通过智能化系统操作培训及危化品安全考核。

设置虚拟仿真演练平台，模拟泄漏、火灾等应急场景。

4.2.5.2 维护策略

基于物联网的预测性维护（如泵阀寿命预测），减少停机时间。

4.2.6 验收与改进

4.2.6.1 验收标准

4.2.6.1.1 系统稳定性

连续运行 720 小时无故障。

4.2.6.1.2 安全指标

泄漏误报率 $\leq 0.1\%$ ，预警响应时间 ≤ 3 秒。

4.2.6.2 持续优化

通过数字孪生技术模拟工艺改进，迭代升级算法模型。

4.3 复合油相材料储存

4.3.1 防爆设计

罐体、管道静电接地电阻 $\leq 4\ \Omega$ ，实时监测并上传数据。

4.3.2 供料自动化

油相储罐与制备工段通过密闭管道连接，流量计与 PLC 联动控制供料速率。

5 水相、油相制备

5.1 系统总体要求

5.1.1 安全与合规性

符合《民用爆炸物品生产、销售企业安全管理规程》（GB28263-2024）、《危险化学品仓库储存通则》（GB15603-2022）及《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB50058-2014）。

油相制备区需满足防爆（Ex d IIB T4）、防静电及防火要求，水相制备区需防腐、防泄漏。

5.1.2 智能化目标

实现水相（硝酸铵溶液）、油相（燃料油/乳化剂混合液）的自动配料、加热、混合及输送。

通过在线质量监测与闭环控制，确保水相浓度、油相粘度等参数稳定，误差 $\leq \pm 1\%$ 。

5.2 智能化系统架构

5.2.1 硬件层

5.2.1.1 水相制备系统

溶解设备：耐腐蚀反应釜（材质 316L 不锈钢），配备搅拌器（变频控制）、蒸汽/电加热模块（温度控制 $\pm 1^\circ\text{C}$ ）。

5.2.1.2 检测仪表

在线密度计（精度 $\pm 0.1\%$ ）、温度传感器（PT100）、pH 计（精度 ± 0.1 ）。

油相制备系统

5.2.1.3 混合设备

防爆型夹套式加热罐（带防爆搅拌器），温度控制范围 40-100℃（精度±2℃）。

5.2.1.4 输送系统

防爆齿轮泵、质量流量计（误差≤±0.5%）及防静电管道。

5.2.1.5 控制设备

冗余 PLC/DCS 控制系统，防爆型 I/O 模块，紧急切断阀（ESD 系统）。

5.2.2 软件层

5.2.2.1 SCADA 监控平台

实时监控水相浓度、油相粘度、温度、液位等参数，支持配方自动调用与报警分级管理。

5.2.2.2 工艺优化系统

基于机器学习算法，动态调整水相溶解时间、油相加热功率，降低能耗并提升效率。

5.3 关键智能化技术模块

5.3.1 水相制备智能化

5.3.1.1 自动配料与溶解

硝酸铵自动投料系统（失重式喂料器或螺旋输送机），误差≤±0.5%。

5.3.1.2 溶解过程闭环控制

根据密度计反馈调节加水量，确保浓度达标（如 80%±0.5%）。

5.3.1.3 安全防护

溶解罐设置溢流传感器和紧急排空阀，防止过载；蒸汽管路压力超限自动泄压。

5.3.2 油相制备智能化

5.3.2.1 精准温控与混合

油相加热采用 PID 控制，温度超限自动切断热源；搅拌速度与油相粘度联动（如粘度升高时自动提速）。

乳化剂添加量通过质量流量计精确控制，配比误差≤±0.3%。

5.3.2.2 防爆与防火

油相罐区设置氮气惰化系统，可燃气体浓度≥20%LEL 时触发报警并启动抑爆装置。

5.3.3 在线质量检测与反馈

5.3.3.1 水相检测

在线折光仪或电导率仪实时监测硝酸铵浓度，数据同步至控制系统。

5.3.3.2 油相检测

在线粘度计（量程 0-5000cP）与闪点分析仪（开口杯法），确保油相安全性。

5.4 数据管理与追溯

5.4.1 生产数据存储

记录每批次水相/油相制备参数（投料量、温度、时间、质检结果），保存期限≥5 年。

5.4.2 批次追溯系统

通过 MES 系统生成唯一批次号，关联原料供应商、操作人员及工艺参数，支持质量回溯。

5.4.3 网络安全

工控网络与企业管理网物理隔离，采用工业防火墙和 VPN 加密通信，定期进行漏洞扫描。

5.5 安全与应急管理

5.5.1 环境监测

库区部署可燃气体探测器（检测燃料油蒸气）、氨气检测仪（水相区域），数据实时上传。

5.5.2 应急预案

自动喷淋系统（水相区防结晶堵塞）、紧急泄压阀（油相区防过热膨胀），联动声光报警, 人员防护。

5.6 运维与优化

5.6.1 预测性维护

利用振动传感器监测搅拌电机状态，AI 算法预测设备寿命（如轴承更换周期）。

5.6.2 能效管理

水相溶解蒸汽能耗、油相加热电能消耗数据可视化，优化工艺降低单位能耗。

5.6.3 远程运维

支持 5G/工业互联网远程诊断，专家系统提供故障处理建议。

5.7 验收标准

5.7.1 工艺性能

水相浓度波动 $\leq \pm 0.3\%$ ，油相粘度波动 $\leq \pm 2\%$ ，连续生产 100 批次合格率 $\geq 99.8\%$ 。

5.7.2 安全指标

泄漏误报率 $\leq 0.05\%$ ，紧急停机响应时间 ≤ 0.5 秒，防爆系统通过第三方认证。

本规范需结合具体工艺参数（如水相浓度、油相配方）调整，建议由具备危化品智能装备设计资质的单位实施，并通过行业主管部门的安全验收。

6 乳化

6.1 系统总体要求

6.1.1 安全与合规性

符合《民用爆炸物品生产、销售企业安全管理规程》（GB28263-2024）、《民用爆炸物品工程设计安全标准》（GB50089-2018）及《工业企业信息化集成系统规范》（GB/T26335-2010）要求。

乳化设备需通过防爆认证（Ex d IIB T4），满足粉尘防爆（ATEX）和防静电设计标准。

6.1.2 智能化目标

实现乳化工艺的自动配料、混合、质量检测全流程无人化操作。

建立动态工艺参数调整机制，确保乳化基质质量稳定（密度、粘度、爆速等指标）。

6.2 智能化系统架构

6.2.1 硬件层

6.2.1.1 乳化设备

T/CIECCPA XXX—20XX

低剪切乳化器（转速 $\leq 600\text{rpm}$ ），配备变频调速和扭矩监测功能。

原料储罐（硝酸铵溶液、油相）设置高精度质量流量计（误差 $\leq \pm 0.3\%$ ）和温度控制模块（ $\pm 1^\circ\text{C}$ ）。

6.2.1.2 控制与传感设备

防爆型 PLC/DCS 控制系统，冗余设计保障连续生产。

在线粘度计、密度计、pH 传感器及温度传感器，实时反馈乳化状态。

6.2.2 软件层

6.2.2.1 SCADA 监控系统

实时显示原料配比、乳化温度、搅拌速度、基质密度等参数，支持历史数据回溯。

异常工况自动触发停机保护（如超温、超压、扭矩异常）。

6.2.2.2 智能优化平台

基于 AI 算法的工艺参数自学习（如转速-粘度关联模型），动态优化乳化效率。

6.2.2.3 质量预测系统

通过在线检测数据预判乳化基质合格率，减少废料。

6.3 关键智能化技术模块

6.3.1 自动化配料与混合

6.3.1.1 精准配比控制

油相与水相流量闭环控制，配比误差 $\leq \pm 0.5\%$ 。

采用失重式喂料器，防止原料断流或过量。

6.3.1.2 混合过程自动化

乳化器转速与进料流量联动控制，确保剪切效率与产能匹配。

自动清洗程序（CIP 系统），减少人工介入。

6.3.2 在线质量监测与反馈

6.3.2.1 实时检测

在线粘度计（量程 $0\text{--}10000\text{cP}$ ）和密度计（精度 $\pm 0.001\text{g/cm}^3$ ），每 5 秒更新数据。

近红外光谱（NIR）分析仪，实时监测硝酸铵浓度与乳化均匀性。

6.3.2.2 闭环控制

检测数据自动反馈至控制系统，动态调整转速、温度或配比（如粘度超标时自动升速）。

6.3.3 安全防护与预警

6.3.3.1 防爆与防泄漏

乳化区设置可燃气体探测器（检测油相蒸气）。

紧急泄压阀与自动喷淋系统联动，抑制爆炸风险。

6.3.3.2 故障诊断

基于振动分析的设备健康监测（如轴承磨损预警）。

AI 图像识别技术监控乳化罐液面高度，防止溢流。

6.4 数据管理与追溯

6.4.1 生产数据记录

存储每批次乳化参数（时间、配比、转速、温度、质检结果），保存期限 ≥ 5 年。

6.4.2 追溯系统

通过二维码或 RFID 标识关联原料批次与乳化成品，支持质量问题溯源。

6.4.3 网络安全

工控网络与外部隔离，采用 OPCUA 协议加密通信，定期进行渗透测试。

6.5 人员与运维管理

6.5.1 操作培训

人员需通过乳化工艺理论、智能化设备操作及应急处理培训，持证上岗。

6.5.2 预测性维护

利用物联网（IoT）监测设备运行状态，提前更换磨损部件（如密封圈、搅拌桨）。

6.5.3 应急预案

虚拟现实（VR）模拟乳化区火灾、泄漏事故演练，确保响应时间 ≤ 2 分钟。

6.6 验收与优化

6.6.1 验收标准

6.6.1.1 工艺稳定性

连续生产 100 批次，乳化基质合格率 $\geq 99.5\%$ 。

6.6.1.2 安全指标

误报警率 $\leq 0.1\%$ ，紧急停机响应时间 ≤ 1 秒。

6.6.2 持续改进

利用数字孪生技术模拟工艺优化方案，迭代 AI 算法模型。

7. 乳化基质储存与输送

7.1 储存罐设计

夹套保温结构，基质温度维持在 20-50℃，低温时启动电伴热。

7.2 输送安全

基质管道采用电伴热保温，压力损失 $\geq 10\%$ 时触发堵塞报警。

8 乳化炸药现场混装车制药（含重铵油炸药和乳化粒状铵油炸药车型）

8.1 系统总体要求

8.1.1 安全与合规性

符合《民用爆炸物品安全管理条例》《现场混装炸药生产安全管理规程》（WJ9072-2012）及《爆炸性环境用非电气设备基本方法和要求》（GB/T3836.28-2021）。

现场混装车需通过防爆认证（Ex d IIB T4）、防静电设计，配备自动灭火系统和紧急泄爆装置。

8.1.2 智能化目标

实现车载制药全流程（配料、乳化、敏化、装药）的无人化操作与实时质量监控。
支持远程数据交互与故障诊断，确保移动环境下的工艺稳定性和作业安全。

8.2 智能化系统架构

8.2.1 硬件层

8.2.1.1 车载制药设备

8.2.1.1.1 乳化系统

防爆型高剪切乳化器（转速 0-1000rpm 可调），配备扭矩监测和过载保护。

8.2.1.1.2 敏化装置

微气泡发生系统或化学敏化模块，精度控制（密度误差 $\leq \pm 0.02\text{g/cm}^3$ ）。

8.2.1.1.3 装药机构

自动计量装药器（误差 $\leq \pm 1\%$ ），防爆型输送泵及防静电软管。

8.2.1.2 传感与控制设备

防爆 PLC/RTU 控制系统，支持 5G/北斗双模通信。

在线粘度计、密度计、温度传感器（量程 $-20\sim 150^\circ\text{C}$ ）、压力传感器（0-10MPa）。

8.2.2 软件层

8.2.2.1 车载 SCADA 系统

实时监控乳化参数（温度、转速、粘度）、敏化密度、装药量，支持触屏操作与报警记录。

8.2.2.2 云端协同平台

与地面站 MES 系统数据同步，远程下发配方、接收故障预警及优化指令。

8.3 关键智能化技术模块

8.3.1 自动化制药控制

8.3.1.1 动态配比调节

根据水相/油相实时流量（质量流量计精度 $\pm 0.5\%$ ）自动调整乳化器转速，确保剪切强度与工艺匹配。

根据炸药爆炸性能要求实时调整乳化基质和多孔粒状硝酸铵或铵油炸药比例。

敏化剂添加量闭环控制，基于密度反馈动态修正（如敏化剂浓度、流量）。

8.3.1.2 装药自适应校准

装药量通过称重传感器实时补偿（环境振动干扰抑制算法），误差 $\leq \pm 0.5\text{kg}$ 。

8.3.2 在线质量监测与预警

8.3.2.1 乳化质量检测

近红外（NIR）光谱仪实时分析乳化基质均匀性，异常时自动触发停机或报警。

8.3.2.2 安全风险监测

现场混装车周边部署防爆摄像头（AI 图像识别烟雾/火焰）、可燃气体探测器（检测燃料油蒸气）。

基于振动分析的设备健康监测（如泵阀磨损预警）。

8.3.3 移动端智能管理

8.3.3.1 远程运维支持

5G/卫星通信传输关键数据，支持专家远程介入故障诊断（如输送泵堵料处理）。

8.3.3.2 电子围栏与路径规划

北斗定位系统划定作业禁区，偏离预设路线时自动锁车并上报监管平台。

8.4 数据管理与追溯

8.4.1 生产数据记录

存储每孔装药参数（时间、坐标、装药量、乳化工艺数据），保存期限 ≥ 10 年。

8.4.2 质量追溯系统

装药孔位与现场混装车工艺数据、地面站原料批次双向关联，支持质量问题精准溯源。

8.4.3 网络安全

车载系统采用硬件加密模块（HSM），通信数据加密（AES-256），防篡改与劫持。

8.5 安全防护与应急

8.5.1 防爆与防火

现场混装车底盘静电导出装置（电阻 $\leq 100\ \Omega$ ），作业区配置干粉自动灭火系统（响应时间 ≤ 0.5 秒）。

8.5.2 紧急停机机制

三级联动停机

一级：参数超限（如温度 $> 90^{\circ}\text{C}$ ）自动停机；

二级：人工急停按钮（防爆型，双回路触发）；

三级：远程强制停机（监管平台权限）。

8.5.3 环境适应性

现场混装车耐候设计（ $-30^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 、IP65 防护等级），抗震性能满足 GB/T28046.3-2023 标准。

8.6 运维与验收标准

8.6.1 人员培训

操作人员需通过车载智能化系统培训、爆炸物作业资格认证及应急演练考核。

8.6.2 工艺稳定性

验收指标：连续作业 24 小时无故障，装药量合格率 $\geq 99.9\%$ 。

8.6.3 安全响应

报警触发至动作执行时间 ≤ 1 秒，防爆系统通过第三方（如国家民爆质检中心）认证。

8.6.4 持续优化

利用数字孪生技术模拟极端工况（如高海拔、低温环境），优化控制算法。

本规范需结合现场混装车具体型号（如 BCJ 系列、EMT 系列）及作业场景（露天矿、隧道）调整，建议由具备民爆专用车辆智能化改造资质的单位实施，并报工业和信息化部民用爆炸物品主管部门备案。

9 智能化监控与数据管理

9.1 中央控制室

集成 SCADA 系统，实现全流程数据可视化。

关键参数历史数据存储 ≥ 3 年，支持趋势分析与工艺优化。

9.2 安全预警与应急

建立三级报警机制

一级报警（黄色）：参数偏离正常范围，提示人工干预。

二级报警（橙色）：设备故障，触发部分停机。

三级报警（红色）：爆炸风险，启动全系统急停与人员疏散。

10 人员培训与系统维护

操作人员需通过 VR 模拟系统完成爆炸物品操作资质考核。

每月执行一次智能化系统冗余测试，确保控制回路切换时间 $\leq 500\text{ms}$ 。
