



团 体 标 准

T/CEATEC XXXX—XXXX

堆取料机无人值守系统技术要求

Technical requirements for unattended system of stacker-reclaimer
(征求意见稿)

2026 – XX – XX 发布

2026 – XX – XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 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 系统组成与功能 2

 4.1 控制与计算单元 2

 4.2 定位检测子系统 2

 4.3 三维料堆与料流及负荷监测 2

 4.4 安全防护与视频监控 2

 4.5 通信与网络 2

 4.6 中央控制与辅助系统 3

5 监测与控制 3

 5.1 工况监测 3

 5.2 控制模式 3

 5.3 堆料与取料控制 4

 5.4 系统联动与自动顺控 4

6 通信与接口 4

7 安全与应急 4

8 性能要求 4

 8.1 定位精度 4

 8.2 作业能力 4

 8.3 料流控制精度 4

 8.4 三维扫描精度 4

 8.5 视频监控性能 5

 8.6 系统可靠性 5

 8.7 环境适应性 5

 8.8 电源与能耗 5

 8.9 互操作性 5

8.10 安全完整性 5

9 试验方法 5

9.1 一般规定 5

9.2 功能检查 5

9.3 性能试验 6

9.4 联合调试 6

9.5 结果评定 6

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

堆取料机无人值守系统技术要求

1 范围

本文件规定了堆取料机无人值守系统的系统组成与功能、监测与控制、通信与接口、安全与应急、性能要求及试验方法。

本文件适用于各类堆取料装备及其配套的堆取料机无人值守系统。

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 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.5 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击
- GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 2423.17 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾
- GB/T 2423.22 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化
- GB/T 2423.37 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验L：沙尘试验
- GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
- GB/T 36572 电力监控系统网络安全防护导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

堆取料机 stacker-reclaimer

能够完成散状物料堆料、取料单一或复合作业的大型散料装卸成套设备总称，覆盖堆料专用设备、取料专用设备、堆取合一复合型设备三大类；行业常见机型包含斗轮式、桥式、门式、刮板式、圆形料场式、门式混匀式、梭式、摇臂式等十余类结构形式。

3.2

无人值守系统 unattended operation system

非直接人工干预下，通过远程监控、自动控制与安全防护，实现堆取料机安全、连续、稳定运行的系统。

3.3

堆料 stacking

利用堆取料机将输送来的散状物料按指定区域、层次与堆形要求在料场内堆积成垛的作业过程。

3.4

取料 reclaiming

利用取料机或复合型堆取料设备，从成型料堆连续剥离散状物料，通过设备自身输送结构向外输送至下游输送系统的作业过程，作业应按指令实现稳定出料流量。

4 系统组成与功能

4.1 控制与计算单元

- 4.1.1 采用 PLC、DCS、工业控制计算机或边缘计算装置作为核心控制器，配置专用控制软件，实现行走、回转、俯仰、斗轮及输送等机构的联动控制。
- 4.1.2 I/O 与工业以太网/现场总线接口齐备，满足实时性与可靠性要求。
- 4.1.3 控制柜防护等级不低于 IP54，电气与抗扰度应符合 GB/T 5226.1 要求。

4.2 定位检测子系统

- 4.2.1 无人值守系统应采用卫星定位与角度、行程编码器等多源融合定位技术，并设置校准基准点或标识（如 RFID 标签、尺标等），以提高定位的精度与可靠性。
- 4.2.2 系统定位精度宜满足 8.1 的规定。

4.3 三维料堆与料流及负荷监测

- 4.3.1 系统应配置激光、雷达或视觉传感装置，用于获取点云信息并建立料堆三维模型，计算体积。料堆体积计算的重复误差应不大于 $\pm 5\%$ （仅适用于单体存量 ≥ 5000 t 的成型规整料堆），存量极低、料堆破碎不规则工况下，误差指标由供需双方协商确定。系统应支持作业过程中或作业间隙的自动盘点与库存信息更新。
- 4.3.2 在悬臂皮带机上应配置连续累计自动衡器（皮带秤），或采用断面扫描与带速测量相结合的方式，实现物料瞬时流量与累计量的监测。无悬臂皮带结构的桥式、门式、刮板式取料设备，可采用断面扫描+带速检测、刮板流量采集等替代计量方案，实现物料瞬时流量监测。流量计量相对误差应不大于 $\pm 2\%$ 。
- 4.3.3 系统应监测堆取料机各运行机构负荷、电流、扭矩、切深和入料状态。当检测到异常负荷或超限情况时，应自动限速或联锁保护。应同时采集驱动电机及液压系统的压力等参数，用于异常运行状态的判断与报警。

4.4 安全防护与视频监控

- 4.4.1 危险区域应布设障碍物检测装置，包括激光、雷达或红外传感器等。人体或车辆的探测可靠率应不低于 95%，当目标进入安全距离时，系统应自动报警并联锁停机。
- 4.4.2 行走、回转和俯仰机构应设置硬件行程限位及软件虚拟限位。
- 4.4.3 现场及中央控制室应设置紧急停止装置，采用安全回路设计。设备在紧急停机后，应由人工复位后方可重新启动。
- 4.4.4 在关键部位应布设摄像机，防护等级不低于 IP65，并具备低照度、夜视及录像存储功能，实现作业全过程的无盲区监控。
- 4.4.5 系统应具备远程动力控制电源分合功能，以及远程照明启停功能。
- 4.4.6 系统应具备就地远程控制状态监控，就地端应具备实体按钮进行远程和就地的切换操作。

4.5 通信与网络

4.5.1 网络架构

系统网络严格遵循 GB/T 36572 的安全分区要求，按生产大区（含安全 I 区、安全 II 区）和管理信息大区（安全 III 区）进行分区部署：

- a) 安全 I 区（生产控制区）：PLC、DCS、驱动控制、定位联锁、安全保护、紧急停机回路、三维料堆扫描、视频监控画面存储与调阅平台等实时控制业务应部署于安全 I 区；该区域直接与现场被控设备交互，承担堆取料机行走、回转、俯仰、斗轮及输送等机构的实时联动控制功能；
- b) 安全 II 区（生产管理区）：库存盘点、设备状态监测、生产调度指令、远程运维等非实时但属于生产管理范畴的业务应部署于安全 II 区；
- c) 安全 III 区（管理信息区）：厂级管理信息系统（MIS）、企业资源计划（ERP）、燃料管理系统、办公自动化（OA）等企业管理信息业务应部署于安全 III 区；涉及人员入侵检测、安全联锁触发的视频智能分析功能应通过安全 II 区防火墙受控接口与安全 I 区联动。

4.5.2 边界防护

系统各安全分区之间的边界防护应符合下列要求：

- a) 安全Ⅰ区与安全Ⅱ区之间应设置防火墙，实现逻辑隔离和受控双向通信，访问策略应遵循最小权限原则，仅开放必要的通信端口与协议；
- b) 安全Ⅱ区与安全Ⅲ区之间应设置横向单向安全隔离装置（正向型或反向型），禁止无隔离直连互通；从安全Ⅲ区向安全Ⅱ区的数据传输应采用反向隔离装置，且须经内容过滤与病毒扫描；
- c) 安全Ⅰ区严禁与互联网或安全Ⅲ区直接连接。

4.5.3 本体通信

本体内部通信应符合下列要求：

- a) 系统应能与输煤程控系统、DCS系统及调度系统实现数据交换与联锁接口，支持 Profinet、EtherNet IP、Profibus、Modbus、OPC UA 等常用通信协议；
- b) 监控视频信号应通过工业交换机汇聚，并经光纤或无线桥接方式传输；设备可 360° 无限制连续旋转的相对转动部位，应采用高可靠集电滑环或光纤滑环实现不间断通信传输；局部有限转角的旋转机构可采用拖链、柔性线缆等其他通信方案；
- c) 关键控制信号在本体内部的端到端传输时延应小于 100 ms，应区分实时控制网络与信息网络，确保控制指令通道具有更高优先级与可靠性。

4.5.4 远程通信

堆取料机与中央控制系统之间的远程通信应符合下列要求：

- a) 宜采用光纤（含滑环）或工业无线方式，关键通信链路应具备冗余与自动切换功能；
- b) 远程通信网络应区分实时控制通道与信息传输通道，确保控制指令通道具有更高优先级与可靠性；
- c) 户外堆场部署的工业无线通信设备应具备完善的防雷、接地保护，防护等级不应低于 IP65；室内多金属粉尘、高扬尘料场，无线网关与天线应高位安装，远离扬尘源头，配套非金属防尘防护套件，避免导电粉尘堆积造成信号衰减、硬件短路故障。

4.6 中央控制与辅助系统

4.6.1 中央控制站应配置操作员站和工程师站，具备远程启停、模式切换、参数设定、报警确认和历史数据追溯等功能。

4.6.2 系统应能够实时显示设备位置、姿态、物料流量、报警信息和视频画面，并将关键运行数据和库存信息上传至厂级监控系统及燃料管理系统，实现信息共享。

4.6.3 系统应配置物料温度监测、风速监测、粉尘监测、照明系统及声光警示装置。当检测到风速超限或物料温度异常时，应自动报警并联动执行相应的安全处置措施。

5 监测与控制

5.1 工况监测

系统应实时采集设备姿态、驱动电流、流量、电压、电流、液压压力、温度及振动等数据，并具备故障报警与诊断功能。

5.2 控制模式

系统应具备就地手动、远程手动、半自动及全自动四种模式：

- d) 就地手动：设备本地面板单机构点动操作；
- e) 远程手动：中控远程单机构分步操作；
- f) 半自动：远程下发单段作业指令，关键动作人工确认后执行；
- g) 全自动（无人值守核心模式）：接收调度作业计划后，自动完成垛位寻址、路径规划、分层堆料、分层取料、恒流调节、边界避让、作业完成归位全流程，全程无需人工持续干预；所有启动、换层、转场、停机等关键操作弹窗二次确认，防止误触触发误动作。

5.3 堆料与取料控制

5.3.1 全自动无人值守模式下系统内置智能作业算法，具备以下核心无人化功能：

- a) 作业计划自动解析：接收调度下发堆料总量、取料总量、目标垛位、料种、堆形参数，自动计算完整作业路径、分层高度、取料步进参数；
- b) 自动对位寻址：多源融合定位自主行走、回转、俯仰至指定垛位，自动避让料堆、设备边界；
- c) 标准化自动堆料：支持定点堆、行走分层堆、鱼鳞堆、梭式堆多种工艺，自动控制堆高、堆宽，防止超界、超高；
- d) 恒流分层自动取料：依据目标流量实时调节回转速度、斗轮/刮板切入深度，自动换层、边界尺寸动取料，减少流量大幅波动；
- e) 智能扫仓/清垛：料堆末端低料量区间自动降低取料速度，完成剩余物料回收；
- f) 作业闭环归档：单垛作业完成自动停机归位，生成作业总量、平均流量、运行时长统计报表上传调度系统。

5.3.2 自动防过载、防碰撞、防离析调节功能应完整配置，保障无人作业连续性与安全性。

5.4 系统联动与自动顺控

5.4.1 系统应与输送控制系统实现自动顺控，按作业计划完成启动、运行、停机及报表生成。

5.4.2 逻辑参数可设定，允许人工干预。

6 通信与接口

6.1 本体传感器与控制单元之间应采用工业以太网或现场总线通信，实时网络与信息网络应分层管理。

6.2 远程通信宜采用光纤、无线网络或 5G 专网，具备链路冗余与自动切换功能。

6.3 系统应与输送控制系统、厂级监控系统、安全与消防系统等实现数据共享与联锁控制，接口协议应标准化并具权限控制。

7 安全与应急

7.1 作业区应划定危险区，配警示标志与监控，检测到人员进入时应自动报警并停机。

7.2 设备应具备防滑、防倾覆、过载及过压保护功能；强风时臂架应自动锁定。

7.3 系统应具备紧急停机、故障安全与人工接管功能；火情或异常环境时自动停机并联动消防。

7.4 运行单位应制定应急预案并定期演练，确保人员具备应急处置能力。

8 性能要求

8.1 定位精度

系统定位精度应不低于：

- a) 大车行走定位误差 ≤ 50 mm；
- b) 臂架俯仰角误差 $\leq 0.2^\circ$ ；
- c) 臂架回转角误差 $\leq 0.3^\circ$ 。

8.2 作业能力

无人值守系统不应降低设备额定能力。自动模式下堆取料效率应达到人工操作的90%以上，峰值能力应等同于额定出力。

8.3 料流控制精度

恒流取料平均流量误差宜不超过 $\pm 10\%$ （特殊可与供需双方协商确定），系统应在30 s内将流量调整至设定值。系统配套连续累计自动衡器（皮带秤）计量精度不应低于2级，累计流量相对最大允许误差 $\leq \pm 2\%$ 。

8.4 三维扫描精度

三维扫描设备单点测距重复误差宜不超过 ± 0.1 m；料堆体积重复误差不超过 $\pm 5\%$ （仅适用于单体存量 ≥ 5000 t规整料堆），小体量、破碎料堆指标供需协商确定；扫描频率应满足作业需求，系统应能在粉尘、雨雪条件下稳定运行。

8.5 视频监控性能

监控画面应覆盖堆取料机关键区域，白天可视距离 ≥ 50 m，夜间识别距离 ≥ 20 m。摄像机分辨率不低于1080p，视频传输延迟应 ≤ 500 ms，录像保存时间不少于15 d。

8.6 系统可靠性

系统平均无故障运行时间（MTBF）不低于5000 h，系统年度可用度应不低于99%，关键控制模块可用度不低于99.9%。

8.7 环境适应性

系统各设备应在项目所在地实际气候条件下正常运行，具体工作温度范围由供需双方根据项目所在地气候条件和设备选型协商确定。现场安装的控制柜、传感器、摄像机等设备的防护等级不应低于IP65。

8.8 电源与能耗

控制系统应配置UPS，断电后能维持不少于15 min的安全停机。

8.9 互操作性

系统应具备良好的兼容性与扩展性，控制参数可调整，通信接口应符合行业标准，支持后续功能升级与数据融合。

8.10 安全完整性

关键安全功能（如防撞、急停、限位、越位保护等）应满足不低于SIL2的安全完整性等级要求。安全相关回路应具备自诊断和故障导向安全设计，确保急停与防撞等保护动作可靠有效。

9 试验方法

9.1 一般规定

9.1.1 除另有规定外，试验应在实际安装现场或能等效模拟现场工况的条件下进行。

9.1.2 试验所用计量器具与测试设备应在校准有效期内，其准确度等级应高于被测参数要求的3倍以上。

9.1.3 试验过程中应采取必要的安全防护措施；对可能引发风险的项目应采用逐步逼近的方法，不得直接满负荷触发。

9.1.4 试验应形成完整记录，包括试验条件、步骤、结果数据、异常现象与处置情况。

9.2 功能检查

9.2.1 控制模式试验：验证就地手动、远程手动、半自动及全自动模式的有效性，模式切换应平稳、无意外动作；全自动、远程启动、作业换层等关键操作需弹窗二次确认，杜绝误点击触发设备动作。

9.2.2 定位精度试验：在给定目标坐标下进行自动寻址，测定停位误差，应符合第8.1的定位精度要求。

9.2.3 三维扫描试验：对形状与尺寸已知的料堆进行扫描建模，体积计算误差应符合第8.4的规定。

9.2.4 视频监控试验：控制室应能清晰显示全部监控画面，图像延时与识别能力应符合第8.5的要求；摄像机故障或遮挡时系统应报警提示。

9.2.5 安全防护试验：

- a) 检测到人员、车辆侵入设备危险作业区域时，系统立即声光报警，并连锁停止堆取料机全部危险动作机构（行走、回转、俯仰、取料执行机构），下游皮带输送系统根据工艺逻辑分级连锁，避免全线无差别连跳；
- b) 行程越界应触发限位保护；
- c) 急停装置动作后设备应立即停机，解除后须人工复位。

9.3 性能试验

9.3.1 堆料效率：全自动模式下连续堆料不少于 1 h，单位时间堆料量与额定能力的比值应符合第 8.2 要求。

9.3.2 取料精度：设定多组目标流量进行测试，稳态误差与调节时间应符合第 8.3 要求。

9.3.3 料堆盘点精度：以称重或第三方方法获取，与系统计算结果比对，误差应符合第 8.4 要求。

9.3.4 可靠性与环境适应性：系统应在高温、低温、高湿、粉尘等条件下稳定运行；连续考核运行不少于 168 h，不得出现影响作业的异常停机。环境试验可按 GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 2423.3、GB/T 2423.22、GB/T 2423.10、GB/T 2423.5、GB/T 2423.17、GB/T 2423.37 进行试验。

9.4 联合调试

9.4.1 输送系统联动试验：验证堆取料机启停与下游皮带、破碎、筛分等设备的顺控和连锁逻辑正确，故障停机时应及时连锁停机并给出来源提示。

9.4.2 数据接口试验：在厂级监控系统、调度系统和库存管理系统中，应能正确接收并刷新堆取料机的关键运行数据。模拟通信异常并恢复后，接口应能自动恢复正常通信，系统不应出现死锁。

9.4.3 远程维护试验：在授权与安全防护前提下，验证远程诊断、日志获取与参数读取等功能有效，断开后本地控制不受影响。

9.5 结果评定

9.5.1 对量化指标应与第 8 章要求逐项比对判定；对功能性项目以达到预期功能为合格判据。

9.5.2 对严重影响安全或核心功能的不符合项，应判定验收不合格，整改后应重新进行相关试验；对一般性偏差，可在整改后实施相应复测。

9.5.3 所有试验合格后，应由需方、供方及（如适用）第三方共同签署验收试验报告。