

推拉酸洗线 L2 过程控制系统

L1-L2 接口需求说明书（共同评估版）

文件编号：PKL-L2-ICD-001 | 版本：V1.0 | 日期：2026-05-25

1. 概述

本文件用于 L1（PLC/基础自动化）与 L2（过程控制系统）共同评估阶段的接口对齐，说明 L2 系统需要从 L1 获取哪些数据、目前尚缺哪些信息，以及对报文结构的推荐建议，并展示 L2 内置预测模型在当前阶段的能力与效果。

报文的具体格式（字段定义、编码方式、数据类型等）由 PLC 方负责定义，L2 方按最终确认的协议文档进行适配开发。

2. 报文基本结构（已确认）

PLC 方已确认报文头部固定结构如下：

报文类型 ID	数据长度	数据体
4 字节	4 字节	N 字节

- 报文类型 ID**：4 字节，标识报文种类，具体编码由 PLC 方定义
- 数据长度**：4 字节，表示数据体的字节数
- 数据体**：内容和格式由 PLC 方定义

其余字段（魔数、校验和、序列号、编码方式等）均以 PLC 方最终协议文档为准。

3. L2 系统需要的数据

以下是 L2 实现各业务功能所必须获取的数据，按报文场景分类。具体归并为几条报文、字段如何排列，由 PLC 方决定。

3.1 卷材入口（带钢上线时触发一次）

所需数据	用途
卷号	物料跟踪唯一标识
钢种代码	工艺参数查询、预测模型输入
来料厚度（mm）	张力计算、酸洗速度预测
来料宽度（mm）	张力计算、消耗预测
卷重（t 或 kg）	消耗量预测、实绩统计
班次标识	实绩归班统计

3.2 卷材出口（带钢下线时触发一次）

所需数据	用途
卷号	与入口报文关联
实际处理长度（m）	实绩记录
平均处理速度（m/min）	实绩记录、质量评估
出口测厚实测值（mm）	质量记录
出口测宽实测值（mm）	质量记录
一级质量判定结果	质量管理

3.3 过程数据（带钢在线期间周期推送）

所需数据	用途
当前在线卷号	与物料记录关联
当前机组速度（m/min）	实时监控、趋势记录
各酸槽酸液温度（℃）	酸洗速度预测模型输入 ⭐
各酸槽游离酸浓度（g/L）	酸洗速度预测模型输入 ⭐
入口/出口张力（kN）	张力监控

推荐推送周期：2~5 秒一次；⭐ 标注字段对预测模型精度影响最大，建议优先接入。

3.4 设备状态（状态变化时触发）

所需数据	用途
设备编号或名称	设备管理定位
状态（运行/停止/故障/维修）	停机管理、设备管理
故障码	停机原因记录
发生时间	停机时长统计

3.5 心跳（周期推送）

所需数据	用途
PLC 侧时间戳	L2 判断通信是否在线，时钟偏差监控

推荐周期：10 秒；L2 超过 30 秒未收到则标记通信中断。

4. 目前缺少的信息

编号	缺少内容	影响
C-01	报文类型 ID 的具体编码值	L2 无法识别报文种类
C-02	数据体的字段格式（字段顺序、数据类型、编码方式）	L2 无法解析数据
C-03	各酸槽浓度、温度是否包含在过程数据报文中，还是单独报文	影响预测模型接入
C-04	设备编号的编码规则或设备标签列表	设备管理无法关联
C-05	通信异常时 PLC 的处理策略（是否重发、超时时间）	L2 需对应处理逻辑
C-06	网络地址规划（L1 侧 IP、端口，L2 侧期望监听端口）	环境配置前置条件

5. L2 对报文结构的推荐建议

以下为 L2 方的推荐，仅供 PLC 方参考，不作强制要求：

- 1. **校验机制**：建议在头部或尾部增加校验字段（如累加和或 CRC16），避免因网络抖动导致数据静默错误。
- 2. **序列号**：建议每帧携带递增序列号，L2 可据此检测丢包，便于联调排查。
- 3. **时间戳**：建议过程数据报文携带 PLC 侧采样时间戳，避免 L2 仅能用收包时间记录，存在网络延迟误差。
- 4. **浓度与温度字段**：酸洗速度预测模型需要 6 个酸槽各自的温度和游离酸浓度，建议在过程数据报文中全部包含，而不是仅传代表值。

5. 编码方式：字符串字段（卷号、钢种等）建议使用 ASCII 或 UTF-8，避免 GBK 在部分平台的解析兼容问题。

6. 待双方确认事项

序号	问题
Q-01	各场景报文的类型 ID 编码值是什么？
Q-02	数据体使用固定列宽文本还是二进制结构体？
Q-03	酸槽浓度/温度数据来源于哪个仪表？是否已接入 PLC？
Q-04	L1 端通信程序由 PLC 方开发，还是需要 L2 方配合提供测试工具？
Q-05	联调时间安排及测试环境（FAT 地点/网络）？

7. 工艺预测模型

L2 系统内置四个基于物理/工程公式的预测模型，无需历史数据即可在线运行。当前阶段为理论计算模式，精度受参数标定程度影响； 后续积累实测数据后可对关键系数进行回归标定，逐步提升准确度。

7.1 酸洗速度预测模型

理论依据

酸洗反应速率遵循 Arrhenius 方程（化工传质动力学），酸洗指数（Pickling Index, PI）为各槽累积去氧化铁皮程度：

$$k_i = K_0 \times \exp(-E_a/R \times (1/T_i - 1/T_{ref})) \times (C_i/C_{ref})^n$$
$$PI \text{ 累积: } \Delta PI_i = k_i \times t_i \times (1 - PI_{prev}/100)$$

其中 t_i = 槽长(18m) ÷ 线速度 (m/s)

以目标 $PI \geq 95\%$ 为约束，在 20~180 m/min 范围内二分搜索最大允许速度。

当前标定参数（理论默认值）

参数	符号	当前值	来源
指前因子	K_0	0.85 s^{-1}	文献经验值
活化能/R	E_a/R	3000 K	HCl酸洗文献
参考温度	T_{ref}	75 °C	规格书推荐值
参考浓度	C_{ref}	180 g/L	规格书推荐值
浓度指数	n	0.6	文献经验值
单槽长度	L	18 m	设备规格书

需要哪些数据进行标定

数据	数量建议	标定目标
不同工况下的实际最大速度（已知条件：各槽温度、浓度）	≥ 50 组	回归 K_0 、 E_a/R 、 n
酸洗不足（欠酸洗）卷的工艺数据	≥ 20 组	确定 PI 阈值
各钢种的氧化铁皮初始重量	按钢种分类	修正 scale_weight 系数

计算示例 A — 正常工况

输入条件

厚度：2.5 mm 宽度：1000 mm 钢种：SPHC 铁皮重量：8.5 g/m²

目标 PI：95%

酸槽	游离酸浓度	酸液温度
1#	160 g/L	72 °C
2#	170 g/L	75 °C
3#	180 g/L	78 °C
4#	180 g/L	78 °C
5#	175 g/L	76 °C
6#	165 g/L	74 °C

输出结果

推荐最大速度：21 m/min 累计酸洗指数：96.65% 工艺正常

酸槽	累计 PI	停留时间
1#酸槽	37.79%	51.43s
2#酸槽	64.07%	51.43s
3#酸槽	80.98%	51.43s
4#酸槽	89.93%	51.43s
5#酸槽	94.37%	51.43s
6#酸槽	96.65%	51.43s

计算示例 B — 酸液浓度和温度偏低

输入条件

厚度：2.5 mm 各槽浓度：80~100 g/L（偏低） 各槽温度：60~65 °C（偏低）

输出结果

推荐最大速度：**20.0 m/min** 累计酸洗指数：**77.44%**

⚠ 即使在最低速度下酸洗指数也低于目标值，请检查酸液浓度或温度

结论：酸液条件不足时模型自动将速度限制到最低值，提示操作员补充新酸或提升温度。

7.2 张力设定模型

理论依据

最大允许张力由带钢截面积与屈服强度决定，取安全系数 25%：

$$T_{\max} = \alpha \times \sigma_{\text{yield}} \times (h \times w) / 1000 \text{ [kN]}$$
 其中 $\alpha = 0.25$ （安全系数）， h = 厚度 (mm)， w = 宽度 (mm)

各工艺区张力为 T_{\max} 乘以固定比例系数，比例系数依据酸洗线张力分布的工程惯例确定。

需要哪些数据进行标定

数据	数量建议	标定目标
各工艺区实测张力值（在线张力计数据）	≥ 30 组不同规格	修正各区比例系数
各钢种实测屈服强度	按钢种覆盖	替换默认屈服强度
焊缝通过时张力波动记录	≥ 20 次	确定焊缝通过限速值

计算示例 — SPHC 2.5×1000 mm， $\sigma_{\text{yield}} = 280 \text{ MPa}$

截面积：**2500.0 mm²** 最大张力 T_{\max} ：**175.0 kN** 加速附加张力：**0.01 kN**

焊缝通过限速：**60.0 m/min**

工艺区	比例	设定张力
入口张力	100%	175.0 kN
S1夹送辊	85%	148.75 kN
酸洗入口	80%	140.0 kN
1#酸槽	75%	131.25 kN
2#酸槽	70%	122.5 kN
3#酸槽	70%	122.5 kN
漂洗段	72%	126.0 kN
拉矫机	78%	136.5 kN
S2夹送辊	90%	157.5 kN
出口张力	100%	175.0 kN

7.3 质量预测模型

理论依据

综合两个子评分加权得出质量等级：

PI评分 = 100 × (1 - exp(-exposure/12)) [基于Arrhenius曝露量] 表面评分 = PI评分 × 0.6 + 速度评分 × 0.4 [速度偏离最优区间扣分] 综合评分 = (PI评分 + 表面评分) / 2 等级映射：≥90→A1, ≥80→A2, ≥70→B1, ≥60→B2, <60→C

需要哪些数据进行标定

数据	数量建议	标定目标
实际质量检验报告（与对应工艺参数匹配）	≥ 100 卷	验证/修正评分阈值
表面检测仪（SSD）缺陷数据	按批次积累	引入缺陷扣分权重
欠酸洗/过酸洗的确认案例	≥ 20 组	修正 PI 评分曲线参数

计算示例

场景一：工艺参数正常（速度 100 m/min，浓度 170 g/L，温度 76 °C）

PI 评分：98.9 表面评分：97.3 预测等级：A1 优质

建议：工艺参数在正常范围内，继续保持当前设定

场景二：工艺参数异常（速度 160 m/min，浓度 90 g/L，温度 60 °C，铁皮重 14 g/m²）

PI 评分：68.6 表面评分：74.2 预测等级：B1 不合格风险

- 酸洗指数偏低，建议提高酸液浓度至200 g/L以上或提高酸液温度至80°C
- 酸液温度偏低（当前60.0°C），建议升温至75–85°C
- HCl浓度偏低（当前90 g/L），建议补充新酸至150 g/L
- 线速过高（160 m/min），过酸洗风险高，建议降速至140 m/min
- 氧化铁皮重量偏重（14.0 g/m²），建议检查加热炉气氛控制

7.4 消耗预测模型

依据

直接采用浙江企鹅1250mm推拉酸洗机组技术规格书中的单位消耗定额，乘以卷重得单卷消耗量。

介质	单位消耗（有再生站）	依据
31% 盐酸	2.0 kg/t	规格书表 3-2
蒸汽	39.8 kg/t	规格书表 3-2
电力	14.0 kWh/t	规格书表 3-2
冷却水	1.21 m³/t	规格书表 3-2

计算示例 — 20t 卷，有酸再生站

盐酸消耗：40.0 kg 蒸汽消耗：796.0 kg 电力消耗：280.0 kWh 冷却水：24.2 m³

注：无酸再生站时盐酸单耗约 35 kg/t，即本例约 700 kg/卷。

7.5 当前阶段精度说明与标定路径

模型	当前精度估计	标定后预期精度	最少需要数据量
酸洗速度	±15~20 m/min	±5 m/min	50 组工况数据
张力设定	±10~15%	±5%	30 组实测张力
质量预测	等级吻合率约 70%	等级吻合率 85%+	100 卷质检报告
消耗预测	±5%（规格书定额）	±3%	30 班次实际计量

结论：当前模型在没有任何历史数据的情况下即可提供有参考意义的工艺指导； 投产后建议持续采集实测数据，6个月内完成一次参数标定，可显著提升预测精度。

版本	日期	说明
V1.0	2026-05-25	初稿，共同评估用