

# 冷轧镀锌线过程控制系统的应用研究

王智燕, 王智锋, 朱志宏, 王振鹏

首钢京唐钢铁联合有限责任公司, 河北 唐山

收稿日期: 2022年5月2日; 录用日期: 2022年6月3日; 发布日期: 2022年6月10日

## 摘要

过程控制系统是冷轧镀锌线实现全流程自动控制的关键, 其主要功能有实现不同控制系统之间的数据通讯, 对来料数据进行逻辑处理, 添加专家经验值, 优化设定值参数, 对全线大量测量值数据, 能耗数据和其他生产信息进行接收、存储、解析和显示, 实现物料跟踪功能, 实时定位带钢的实际位置, 其强大的数据通讯和数据处理能力在某钢厂取得了良好的应用效果, 实现了镀锌线全流程的生产管理和数据共享, 提高了钢铁企业的智能化水平。

## 关键词

L2, 数据通讯, 数据库, 物料跟踪, 数据共享

# Application Study of Process Control System in Cold Rolling Galvanizing Line

Zhiyan Wang, Zhifeng Wang, Zhihong Zhu, Zhenpeng Wang

Shougang Jingtang United Iron and Steel Co., Ltd., Tangshan Hebei

Received: May 2<sup>nd</sup>, 2022; accepted: Jun. 3<sup>rd</sup>, 2022; published: Jun. 10<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

The process control system is the key to realizing the whole process of automatic control of the cold rolling and galvanizing line. Its main functions are to realize the data communication between different control systems, logically process the incoming data, add expert experience values, optimize the set value parameters, receive, store, analyze and display a large number of measured value data, energy consumption data and other production information of the whole line, realize the material tracking function, and locate the actual position of the strip steel in real time. Its powerful data communication and data processing capabilities have achieved good application results in a steel plant, realized the production management and data sharing of the

whole process of galvanizing line, and improved the intelligent level of iron and steel enterprises.

## Keywords

L2, Data Communication, Data Base, Material Tracking, Data Sharing

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

冷轧镀锌线自动化系统可以分为生产管理系统(以下简称 L3 系统)、过程控制系统(Process Control System, 以下简称 L2 系统)和基础自动化系统(Automation Control System, 以下简称 L1 系统), L3 系统是企业的生产经营决策系统, 属于企业的指挥中心, 其主要任务是生产计划的制定和下发, 生产实绩的上传统计, 质量管理, 成本管理等[1]。L1 系统主要由 PLC、远程 I/O、ET 柜、现场总线、HMI 等组成, 其功能主要包括生产线的各种传动控制, 现场机械电气设备, 传感器和仪表, 如电机, 现场仪表, 传感器, 电磁阀等的自动控制, 采集生产线的重要状态信息, 质量数据和消耗量数据, 并报送 L2 系统, 提供 HMI 画面, 方便生产线的操作和维护[2]。L2 将整个生产过程从上游到下游串联起来, 实现数据的处理和传递。

L2 系统在镀锌线自动化系统起到承上启下的作用[3], 深入剖析 L2 系统, 优化其各项功能, 可以实现质量控制和设备维护的精准控制和智慧决策, 进一步提升产品质量, 完善数据共享, 提高企业自动化水平。

## 2. 功能总览

L2 系统的主要功能包括外部通讯, 工艺功能, 物料处理和数据管理等, 其强大的数据处理能力, 使其在整个产线数据分析, 数据匹配, 专家规则等方面具有很大的优势。L2 接收来自 L3 的计划订单信息, 如生产计划、钢卷来料数据、订单成品数据、退火曲线、轧辊信息、涂油信息、切边信息等, 将数据分析并存储, 根据来料数据计算生产过程所需要的各种工艺参数, 如全线带钢张力, 机组速度, 光整机弯辊力, 光整机压下率, 切边剪参数等[4], 该工艺功能可将专家规则, 生产经验, 最优参数等相结合, 减少人工参数的干预, 以获取更好的控制效果, 将控制参数通过物料跟踪模块 MTR 传递给 L1, 实现生产过程中的参数设置; 在钢卷上料和下线时, 分别实现入口和出口的物料同步功能, 精准定位钢卷位置, 匹配钢卷对应的信息; 接收 L1 传递的全线质量数据、能源介质消耗数据、过程实际控制参数等, 对成品数据进行分析汇总, 并发送至 L3 系统进行成功产出, 用于产品的质量管理。同时, L2 根据数据库存储的大量数据, 提供生产日志和生产报表的生成, 打印功能, 方便技术人员检索和分析。其功能总框架如图 1 所示。

## 3. 通讯接口

L2 系统的通讯接口主要包括同 L3, L1 和部分单体设备(如退火炉, 表检仪, 取样贴标机器人等)的通讯, 上述接口均采用 TCP/IP 通讯协议, L2 配置不同的端口号各自通讯。L2 同各通讯接口均采用报文的方式进行, 该种通讯方式高效稳定, 通讯速率快。

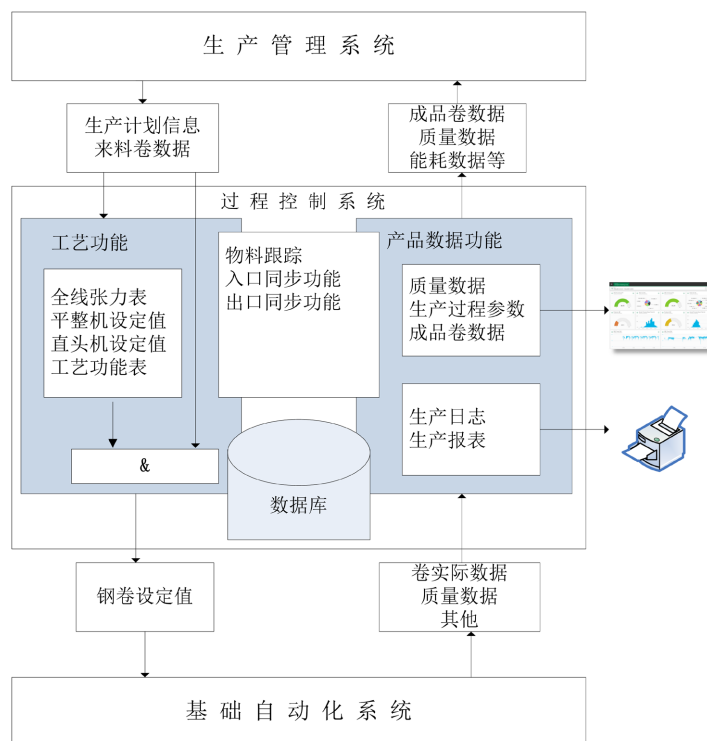


Figure 1. L2 Function overview

图 1. L2 功能总览图

### 3.1. 同 L3 系统通讯接口

L2 同 L3 系统通讯的主要功能是接收生产计划信息(包括钢卷原始数据和订单的成品要求数据),上传生产过程中的工艺数据,成品信息和能耗数据[5]。同 L3 的通讯内容是构成 L2 数据结构的基础。通讯接口如表 1, 每条报文都有对应的应答电文, 以便于监测双方通讯状态。

L2 接收和发送的电文分别是在进程 `mtl3Recv` 和进程 `mtl3Send` 中完成的, 电文的数据类型为 ASCII 码, 进程解析完成后分别存于数据表 `L3_RECV` 和 `L3_SEND` 中, 不同的数据处理功能在此表调用参数。

钢卷来料数据(如卷号, 钢种, 宽度, 厚度等)和订单数据(如镀层重量, 锌层厚度, 延伸率, 涂油量, 出口宽度, 成品重量等)是自动控制系统实现的基础, L2 数据处理完成后, 将数据发送至 L1 实现自动控制。钢卷称重完成标志着单个钢卷生产过程完成, L2 接收来自 L1 的生产信息, 将生产信息匹配至正确的钢卷上, 完成数据的收集与处理后发送至 L3。

Table 1. L2-L3 communication interface list

表 1. L2-L3 通讯接口列表

发送方	电文名称	触发时刻
L3	生产计划	生产前操作手动下发
L3	钢卷数据	与生产计划同时下发或 L2 系统手动请求
L3	钢卷删除	L3 触发
L3	轧辊数据	L3 触发
L2	生产计划请求	L2 系统手动请求
L2	上料电文	L1 扫码或者钢卷确认后发送该电文

Continued

L2	卸料电文	钢卷卸料时触发
L2	焊接报文	两卷焊接成功后触发
L2	钢卷实绩	成品卷称重完成后触发
L2	停车报文	产线停车
L2	能耗数据	每次换班时触发
L2	换辊报文	换辊成功后触发

### 3.2. 同 L1 系统通讯接口

L2 同 L1 系统通讯的主要功能有两个，一是接受产线的生产信号，如钢卷进线信号，焊缝信号，出口跟踪信号，现场测量值，能耗数据等[6]，实现带钢的入口跟踪，出口跟踪和现场运行数据的采集与处理；二是将钢卷数据和设定值下发至 L1，如张力设定值，直头机插入量，光整机延伸率插入量，涂油量，切边量等[7]。

L2 同 L1 信息交互是通过 MT 进程来完成的，由 L1 事件触发，PLC 是由 MTR 负责同 L2 通讯的。主要事件及电文流程图如图 2 所示。

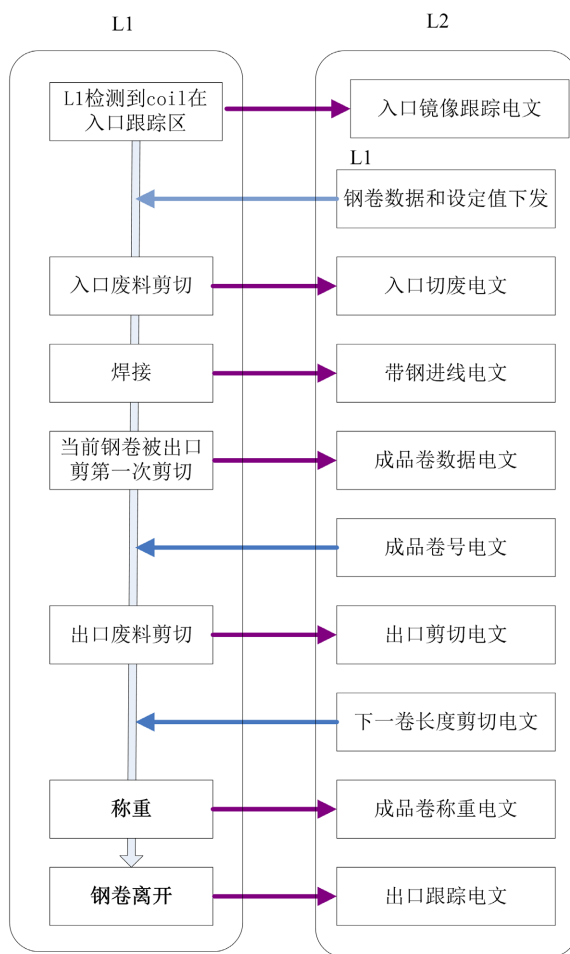


Figure 2. L1-L2 message signal trigger flow chart

图 2. L1-L2 电文触发流程图

## 4. 数据管理

数据管理是 L2 系统的核心功能，该系统采用 Oracle 数据库进行数据存储和处理，其主要数据类型有生产指导数据，工艺数据，生产结果数据，轧辊数据四种类型，分别建立数据表结构，相关联的数据通过建立大量视图来进行调用[8]。

### 1) 生产指导数据

L2 通过与 L3 的接口接收主要生产数据(以下简称 PDI)，所有原始数据保存在数据库里，接收到的原始数据可以通过 HMI 画面手动修改，这些数据一部分可以直接下发至 L1 系统供生产使用，一部分由数据库 PACKAGE 进行程序处理，间接计算设定值。

### 2) 工艺数据

该部分工艺数据主要由 PDI 数据计算得来，主要包括焊机代码，张力表，直头机插入量，退火曲线代码，光整机延伸率，轧制力，压下量，拉矫机延伸率，切边剪 GAP，LAP 值等，主要计算设定值类型见图 3。钢卷的设定值主要由原料宽度，厚度，钢种，延伸率确定，为使程序标准化，模块化，不同设定值的计算过程在不同的 PACKAGE 里进行，工艺数据表可结合专家经验，不断优化计算逻辑和控制参数，形成最优参数表[9]。

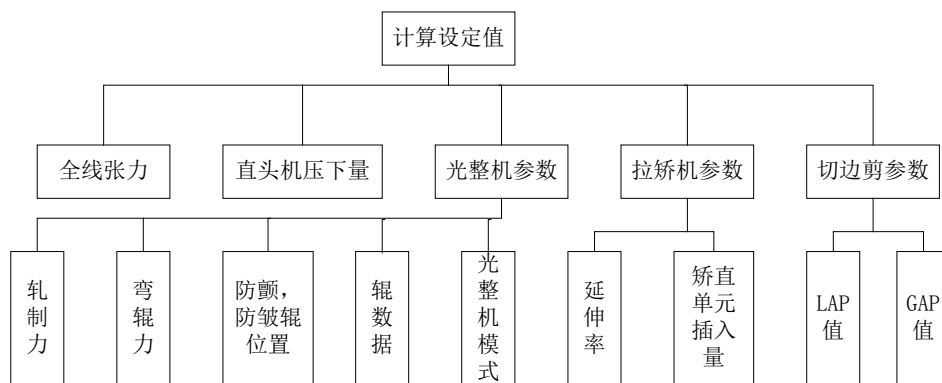


Figure 3. L2 calculation process data item  
图 3. L2 计算工艺数据项

L2 根据下发的带钢规格和钢种，分成不同的材料组，匹配至对应的焊机代码，供焊机使用。以全线张力和轧制力为例，以下为计算公式。

张力:  $F_z = f_z \times h \times b$ 。

$F_z$ : 张力设定值[N]。

$f_z$ : 单位张力[N/mm<sup>2</sup>]，来自轧制计划数据库。

$h$ : 厚度[mm]，来自原始数据或计算数据。

$b$ : 宽度[mm]，来自原始数据。

轧制力:  $F_w = f_w \times b$ 。

$F_w$ : 轧制力设定值[N]。

$f_w$ : 单位轧制力[N/mm]，来自轧制计划数据库。

$b$ : 宽度[mm]，来自原始数据。

### 1) 生产结果数据

当钢卷称重完成，标志着单个钢卷生产过程的结束，此时触发 L2 处理从 L1 发送过来的成品卷数据

和测量值数据，全线测量值 L1 每 2 s 触发一次，生产完成后，L2 在 MVA 进程将成品卷数据和测量值数据匹配至对应的钢卷上，且更新每项工艺数据的最大值，最小值，平均值和方差，以反映整个生产过程参数的整体分布趋势和偏离程度[10]。此外，还包括全线的能源计量数据和停机数据等，L1 发送至 L2 后，均由 L2 进行数据处理，L2 自动记录停车的开始和结束的时间，最终生成生产报表，能耗报表和停机报表。

2) 轧辊数据

光整机的轧辊运行状态是监控光整机功能的主要信息，操作工在停车换辊时，经 HMI 可操作换辊流程，确定辊号，辊径，轧辊类型和安装位置，每次焊缝过平整机时，L1 的 MTR 向 L2 发送辊号，轧制时间，轧制里程和轧制吨数，L2 数据表存储后，会以辊号为 ID 累计计算每根轧辊的运行数据。最终形成轧辊数据的运行报表，并上传至 L3 实现数据共享。

### 5. 物料跟踪

物料跟踪主要分为入口跟踪，线跟踪和出口跟踪，其主要目的是确定带钢在产线的具体位置，触发相应设备的控制功能并协调不同设备之间的连锁和数据通讯。其中，出入口跟踪由 L2 完成，线跟踪由 L1 完成[11]。带钢焊接完成后，进入 L1 系统线跟踪阶段，线跟踪是由 L1 根据产线速度，设备的物理位置，活套套量计算完成，同时根据产线安装的焊缝检测器 WPD 来实时进行修正。

#### 5.1. 入口跟踪

入口跟踪区域主要是天车上卷，入口步进梁，上卷小车，开卷机，直至焊接完成，入口区域位置流程如图 4。L2 根据 L1 发送的入口镜像电文，实时更新钢卷的位置。入口每个位置都有一个固定的 Location ID，该值具有唯一性，天车吊卷放入入口鞍座以后，L1 生成该卷的 Coil ID 号，该值同样具有唯一性，镜像电文每 2 s 触发一次。L2 接受到电文后，更新系统数据表 EntryCoil，该数据表用于存储各个钢卷的位置及状态，入口鞍座上的钢卷共有四种状态，分别用四个不同标志位表示，根据 Coil ID 匹配相应卷的钢卷信息。不同的钢卷状态在 HMI 画面上显示不同的颜色，方便操作人员查看[12]。

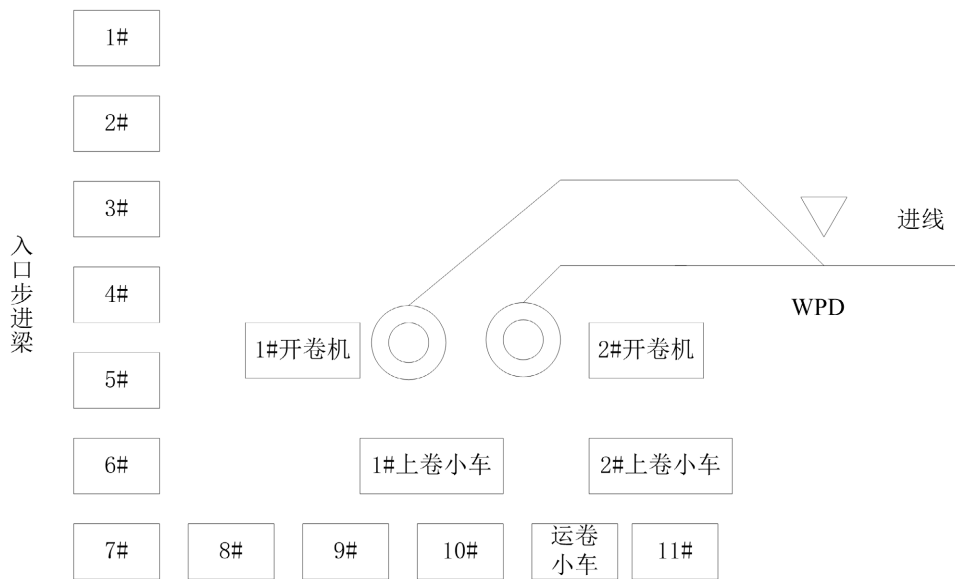


Figure 4. Flow chart of entry area location

图 4. 入口区域位置流程图

## 5.2. 出口跟踪

钢卷剪切后进入出口跟踪区域，主要是卷取机，运卷小车，出口步进梁鞍座，称重，直至被天车吊走。L2 根据 L1 发送的出口镜像电文，实时更新钢卷的位置。带钢剪切完成后，L2 生成成品卷号，同入口区域类似，出口每个位置都有一个固定的 Location ID，该值具有唯一性，L2 收到出口镜像电文后，更新系统数据表 ExitCoil，在 7#鞍座安装有称重台，称重完成后，L2 收到 L1 的称重电文，对相应的钢卷重量赋值，更新钢卷信息和钢卷状态，代表生产过程的结束，整个入口和出口的不同步镜像电文见表 2。

Table 2. Entry and exit image message

表 2. 进出口镜像电文

项目	入口镜像电文	出口镜像电文
Coil ID	钢卷 ID, L1 生成	钢卷成品卷号, L2 生成
钢卷状态	0: 鞍座无占位信号	0: 鞍座无占位信号
	1: 鞍座有占位信号, 但钢卷没被确认	1: 鞍座有占位信号, 且成品卷号已收到
	2: 鞍座有占位信号, 钢卷被确认, 但未下发数据	2: 钢卷已称重
	3: 鞍座有占位信号, 钢卷被确认, 且成功下发数据	3: 钢卷打捆完成
宽度	入口测宽装置测量	测宽仪测量
外径	入口外径测量值	入口外径测量值
重量	三级系统下发	称重台实际重量

## 6. 结论

本文研究了冷轧镀锌线 L2 系统的主要原理及功能，针对整体框架，通讯连接，数据管理，物料跟踪等方面进行了研究，L2 系统贯穿镀锌线整个自动化生产流程，承接上下游的数据传递，专家类型技术参数可有效存储，增加了专家人员对控制过程的人工干预，强大的数据处理功能提高了生产的高度灵活性，实现了全流程的生产管理和监控，为进一步优化控制参数，提高产品质量提供了数据支撑，同时，提高了钢铁企业的过程控制自动化水平，实现了生产的全流程数据共享。

## 参考文献

- [1] 靳胜利, 齐红梅, 李振芳. 过程控制系统在热连轧生产中的应用[J]. 工业控制计算机, 2008(4): 22-23.
- [2] 李波. 冷轧二级系统升级及信息化功能研发[J]. 信息系统工程, 2015(4): 110.
- [3] 李艳, 马金营. 计算机过程控制系统在炼钢厂的应用[J]. 数字通信世界, 2019(1): 193.
- [4] 金建, 李伟. 连续热镀锌的工艺控制方法[J]. 电子技术, 2020(8): 90-91.
- [5] 陈金山, 李长生, 朱涛, 曹勇. 冷连轧过程控制系统通讯功能设计[J]. 机械设计与制造, 2015(2): 150-153.
- [6] 刘曦. PLC 技术在电气工程及其自动化控制探讨[J]. 大众标准化, 2021(23): 87-89.
- [7] 洪草根, 安刚, 朱文亮. 基于 WinCC 的多串口通信研究与实现[J]. 工业控制计算机, 2012, 25(2): 12-13, 15.
- [8] 肖威. 热镀锌生产线光整机的应用研究[J]. 信息系统工程, 2017(2): 159.
- [9] 刘怡生. 转炉炼钢计算机二级管理系统开发应用[J]. 电工技术, 2019(12): 117-118.
- [10] 楼纬. 自动化设备数据采集系统的开发与应用[J]. 中国金属通报, 2018(6): 270, 272.
- [11] 孙智慧, 朱英韬, 裴云. 酸轧生产线改造中物料跟踪系统的研究与应用[J]. 自动化与仪表, 2016, 31(4): 52-55.
- [12] 李杰, 管萍. 梅钢自动炼钢过程控制系统的设计及实现[C]//2019 年第二届钢铁工业智能制造发展论坛. 2019 年第二届钢铁工业智能制造发展论坛会议论文集. 2019: 259-262.