

冷轧板形控制系统 解决方案

◆

鞍钢集团信息产业有限公司



目录 / contents

需求分析

—
01

解决方案

—
02



PART ONE

需求分析

1

需求

随着工业现代化的进程，冷轧带钢产品广泛应用于汽车、农机、化工、建筑等工业领域以及人们的日常所用的电冰箱、洗衣机等产品中。在生产及应用中对带钢产品的质量提出越来越高的要求。

冷轧板形控制技术代表轧钢领域单项技术最高水平之一。板形控制是厚度控制沿带材宽度方向上的延伸，调节机构多，各板形调节机构对板形的影响规律复杂，因此板形控制系统是一个多变量，强耦合，非线性的复杂控制系统。随着用户的要求逐渐增高，以及市场竞争的愈加激烈，国内主要冷轧带材生产厂均在冷轧生产线上使用板形控制系统，而这些板形控制系统全部依赖进口。全世界只有极少数著名跨国公司可以提供全套工业生产所需的冷轧板形控制技术与控制系统。

分析

一般地讲板形基本包括凸度、楔形、平直度、边部减薄量、局部高点等。



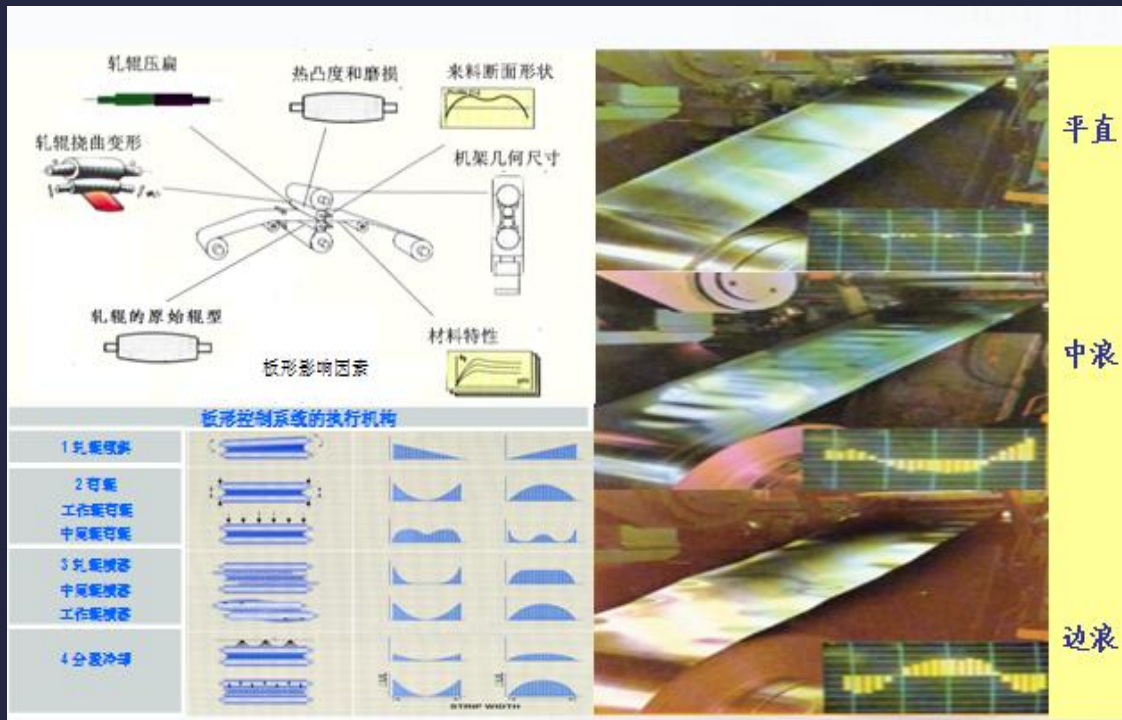
2

PART TWO

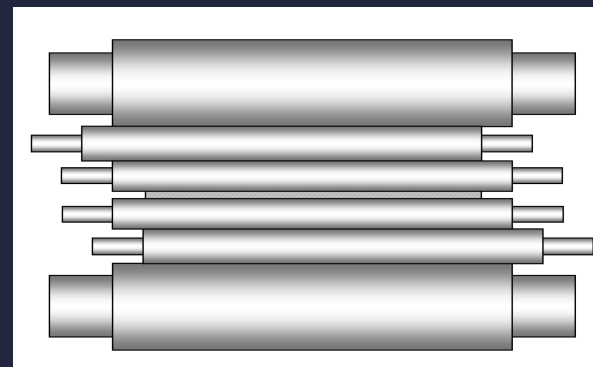
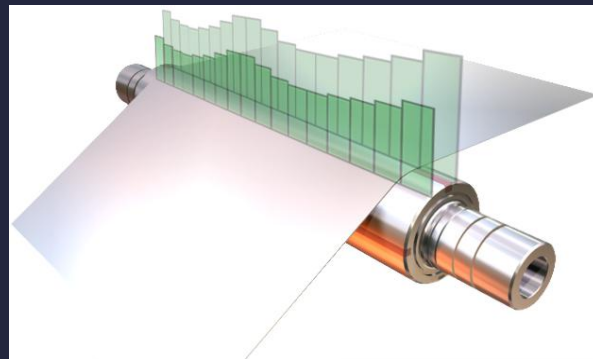
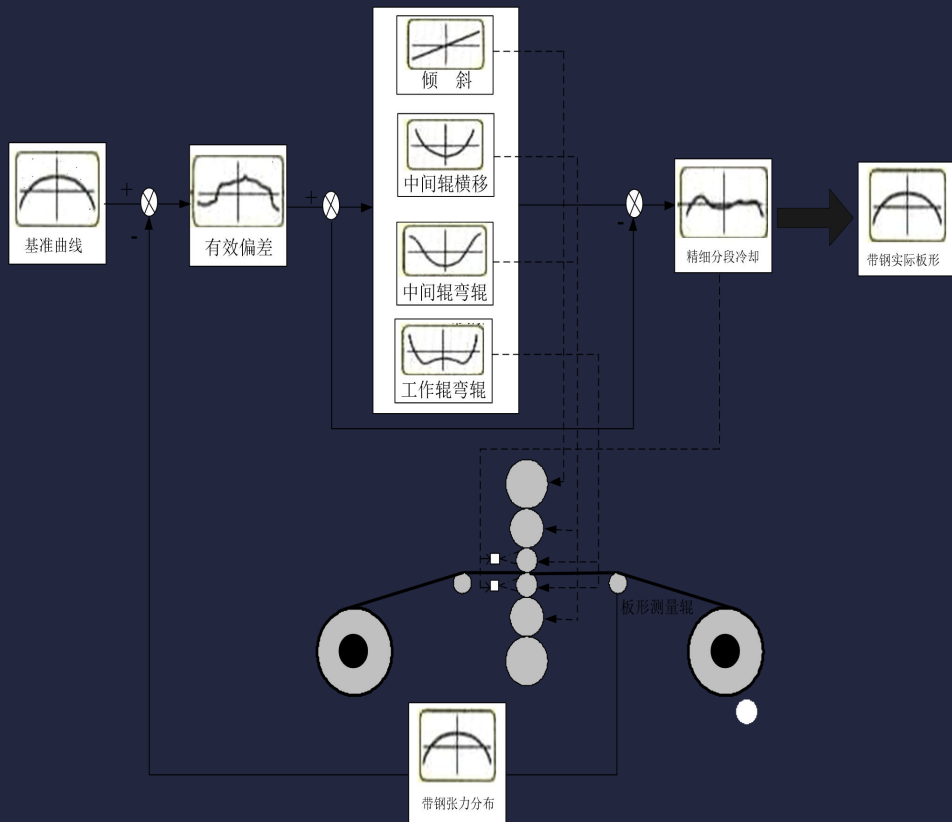
解决方案

冷轧平直度控制系统

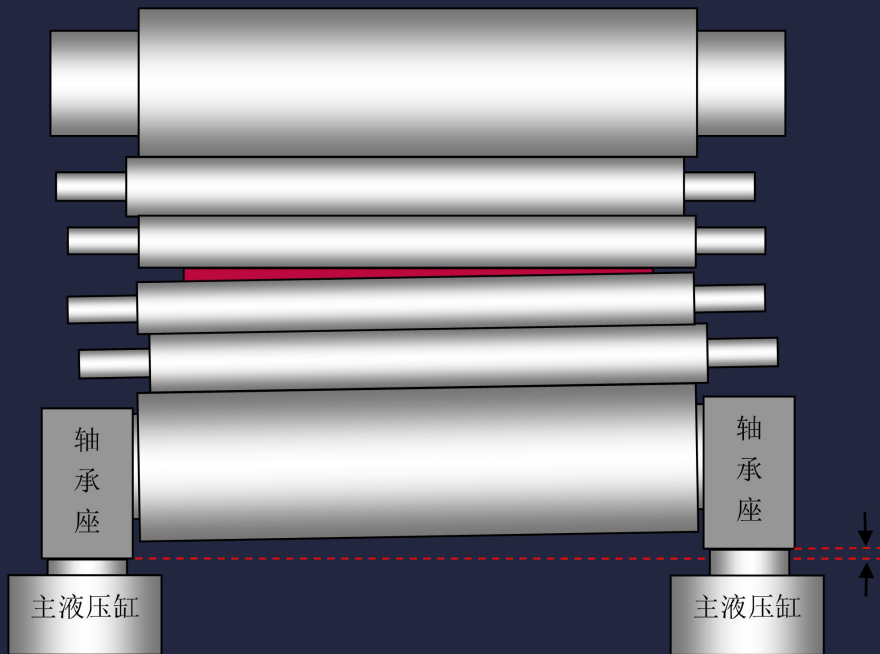
冷轧带钢板形直观地说是**指板材的翘曲程度**。其实质是指带钢内部残余应力的分布。带钢中存在残余内应力足够大，以致引起带钢翘曲，则称为**表现的板形不良**。



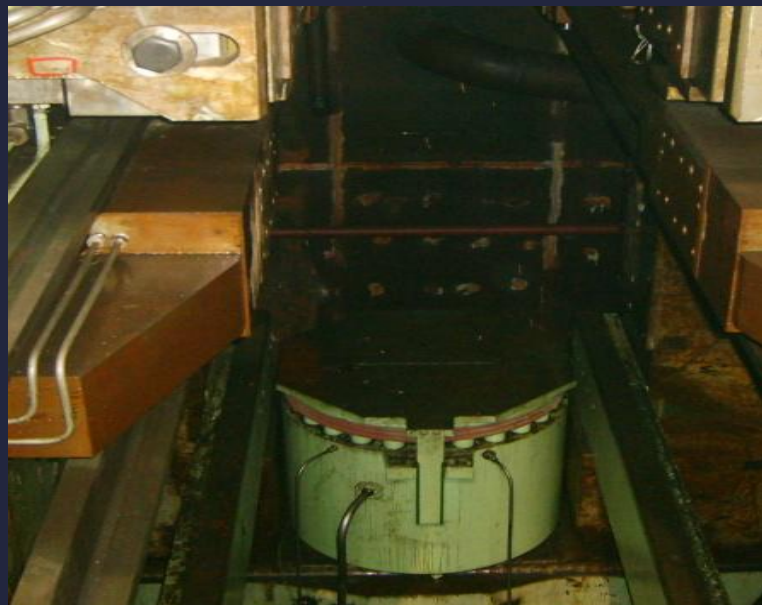
冷轧平直度控制系统



闭环控制执行器 - 轧辊倾斜设备

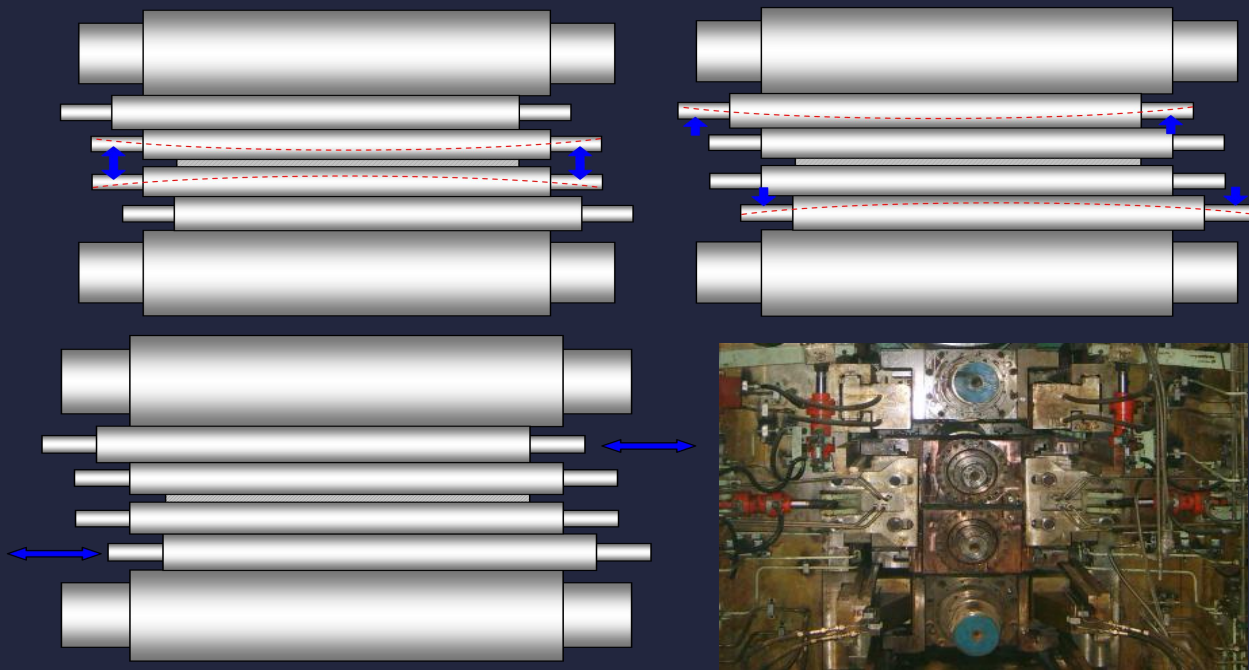


轧辊倾斜控制



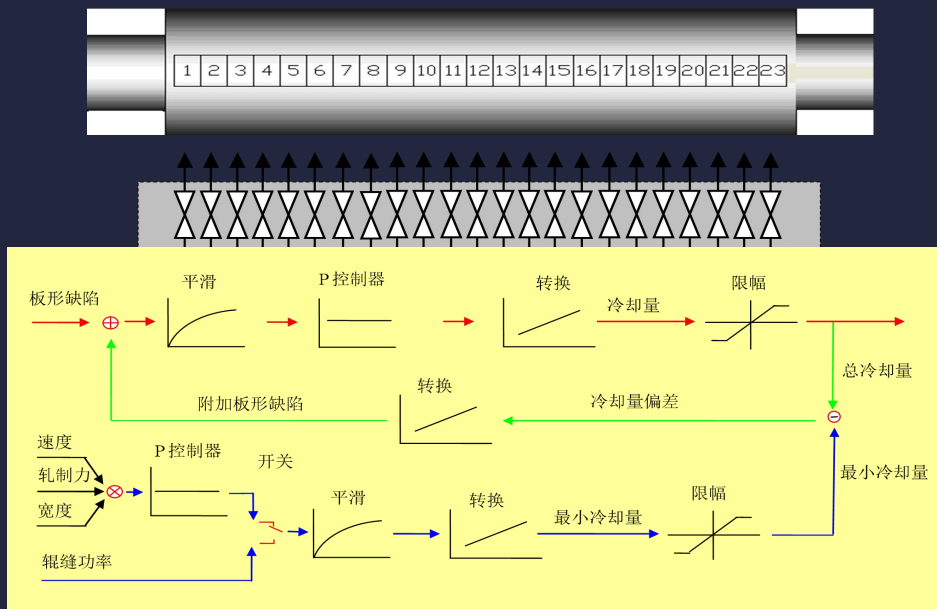
轧辊倾斜控制主液压缸

闭环控制执行器 - 轧辊弯辊和横移设备



工作辊、中间辊弯辊与中间辊横移

闭环控制执行器 - 轧辊分段冷却控制

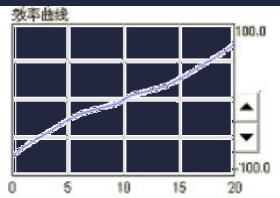


分段冷却控制逻辑

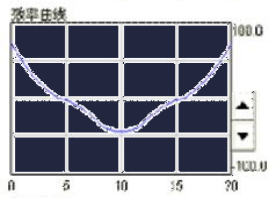
基于影响效率函数的平直度闭环控制多目标优化控制

使用各板形调节机构的调控功效系数及板形辊各测量段实测板形值运用线性最小二乘原理建立板形控制效果评价函数，求解各板形调节机构的最优调节量。

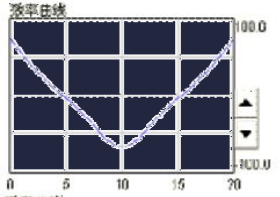
倾斜效率



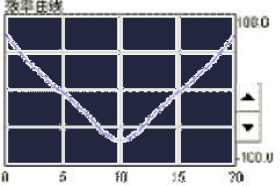
中间辊窜辊效率



中间辊弯辊效率



工作辊弯辊效率

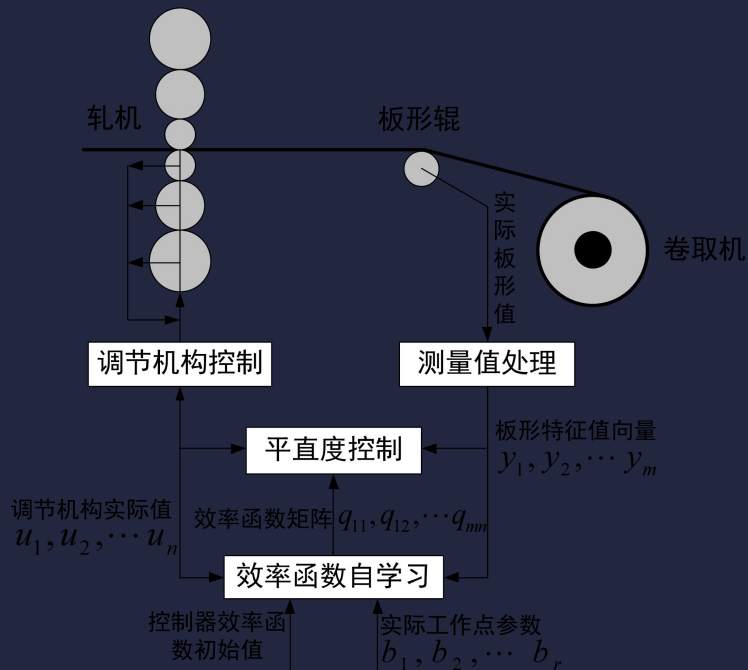


$$J = \sum_{i=1}^m [g_i(\Delta y_i - \sum_{j=1}^n \Delta u_j \cdot Eff_{ij})]^2$$

$$\partial J / \partial \Delta u_j = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

求解方程组可得各板形调节结构的调节量。

效率函数自学习



为了提高影响效率函数中参数的精度，进而提高板形控制效果。研发板形控制系统效率函数自学习模型。利用实际板形检测值、板形控制执行器实际值对影响效率系数进行自适应学习优化，提高系统控制精度。

冷轧平直度控制系统



生产实际应用



冷轧平直度控制工业应用与推广

(2011年国家科技进步二等奖)

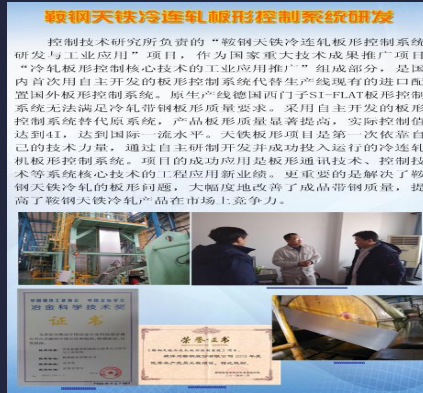
- (1) 鞍钢股份冷轧1250单机架冷轧机平直度控制项目;
- (2) 鞍钢莆田冷轧1450冷连轧机平直度控制项目;
- (3) 鞍钢天铁冷轧1800冷连轧机平直度控制项目;
- (4) 鞍钢股份冷轧1780平整机平直度控制项目;
- (5) 鞍钢股份冷轧2130连退光整机平直度控制项目;
- (6) 马钢股份冷轧1720平整机平直度控制项目。



鞍钢1250冷轧机板形控制系统



鞍钢冷轧1780平整机板形控制系统

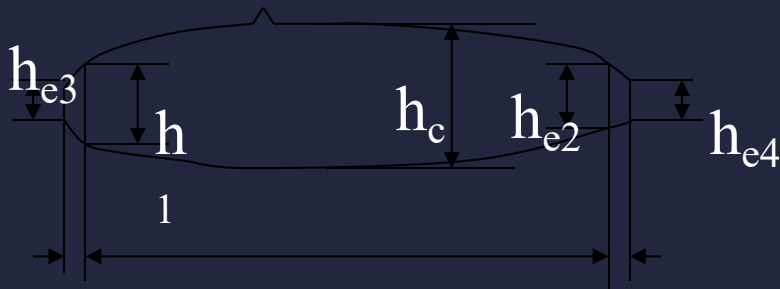


鞍钢天铁1800冷轧板形控制系统

冷轧边部减薄控制系统

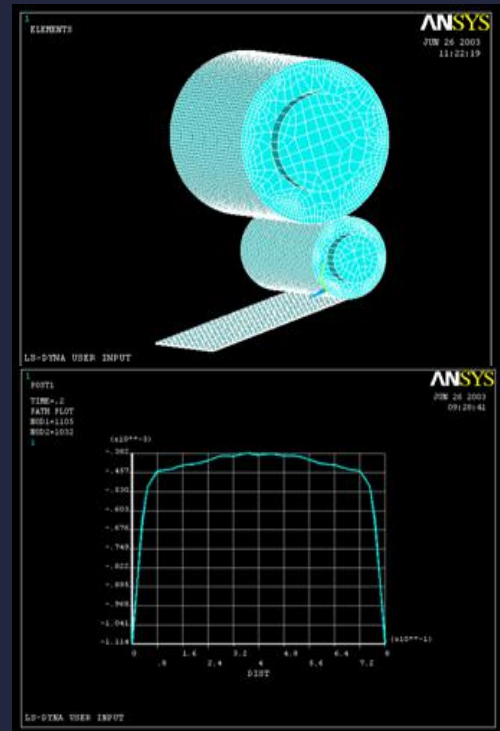
对于一定宽度的冷轧或热轧带钢轧制过程中，在距带钢两边一定位置处，带钢厚度发生急剧减小的现象称为边部减薄。

a. 板带材横断面



b. 厚度方向放大后

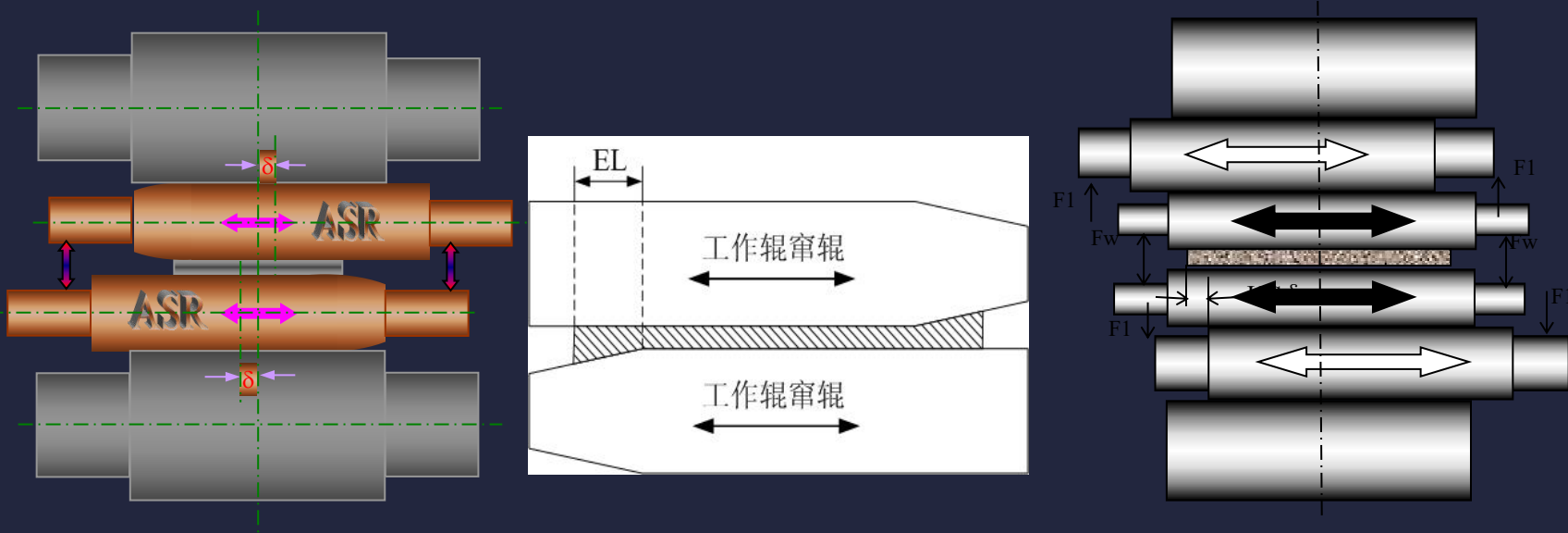
边部减薄: $h_{e1}-h_{e3}$ (传动侧)
 $h_{e2}-h_{e4}$ (操作侧)



冷轧边部减薄控制系统

移锥形工作辊横

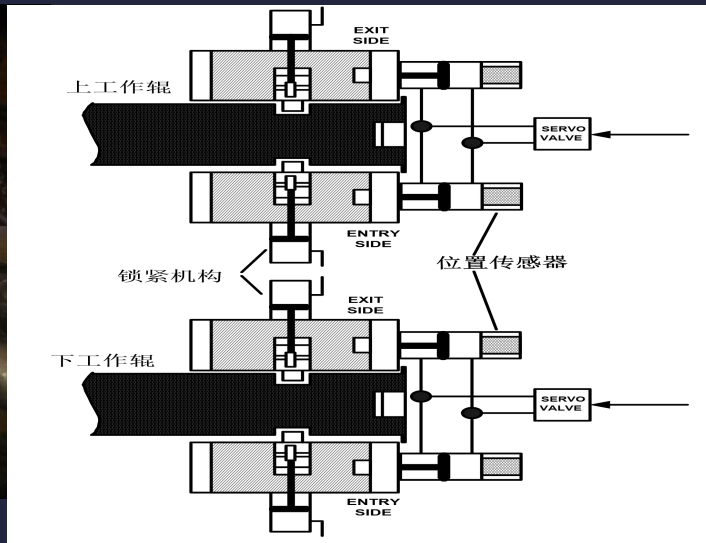
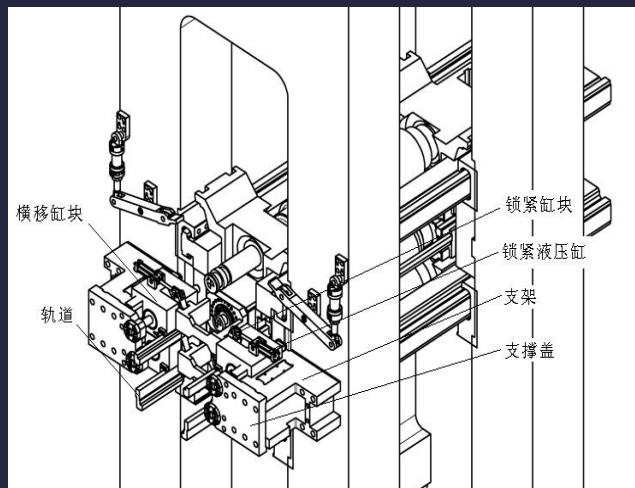
采用锥形工作辊横移，利用锥形段与带钢边部的有效锥形段长度，使带钢轧制过程边部增厚来达到控制边部减薄的作用。该方法是目前全世界范围内唯一公认有效的边部减薄控制方法。



冷轧边部减薄控制系统

工作辊窜辊机械设备

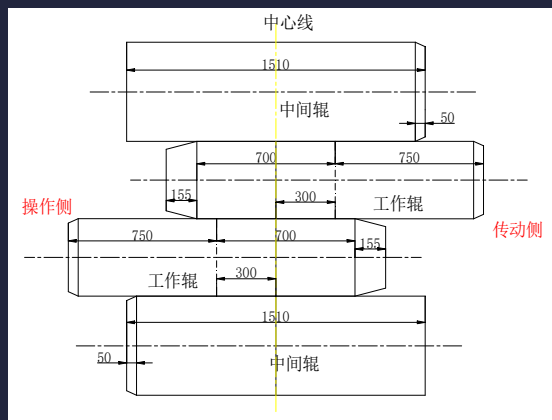
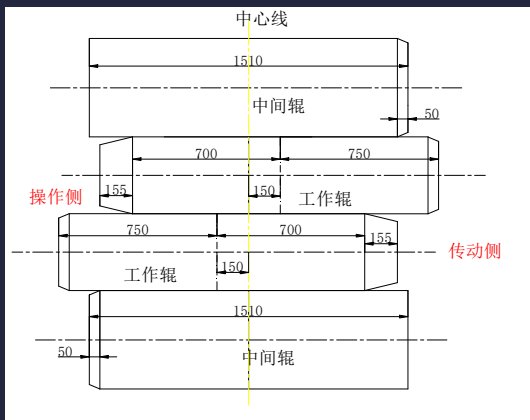
开发了缸杆固定、缸体随动、机械同步的工作窜辊装置，每个工作辊由两个液压缸驱动，用机械同步装置连接在一起，保证两个液压缸的完全同步，用同一个伺服阀驱动。



冷轧边部减薄控制系统

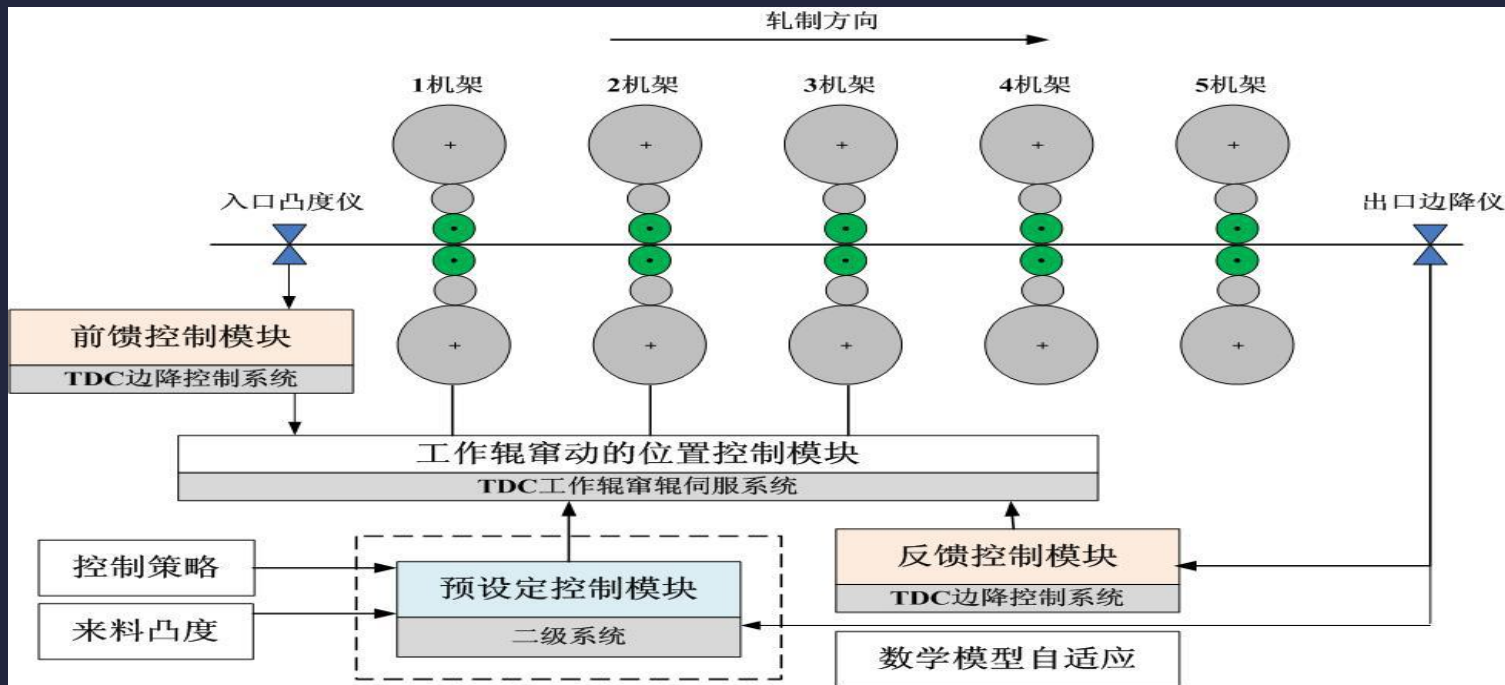
总体技术方案

通过工艺研究，确定鞍钢硅钢1500冷连轧机增加1# - 3#机架工作辊短行程窜动技术方案。在轧机入口和出口增加多点凸度仪和边降仪。



工作辊辊身长1605mm，锥形段155mm，窜辊缸行程(+150,-150)mm，带钢生产宽度 (800 - 1300) mm。

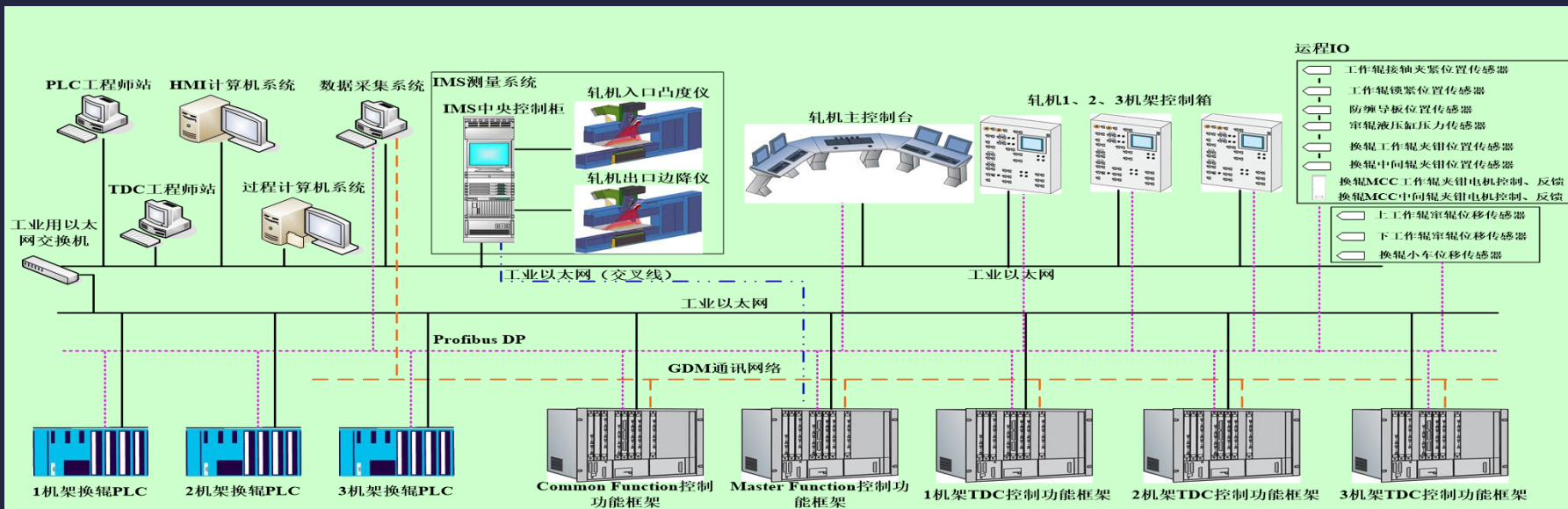
边部减薄控制系统功能



冷轧边部减薄控制系统

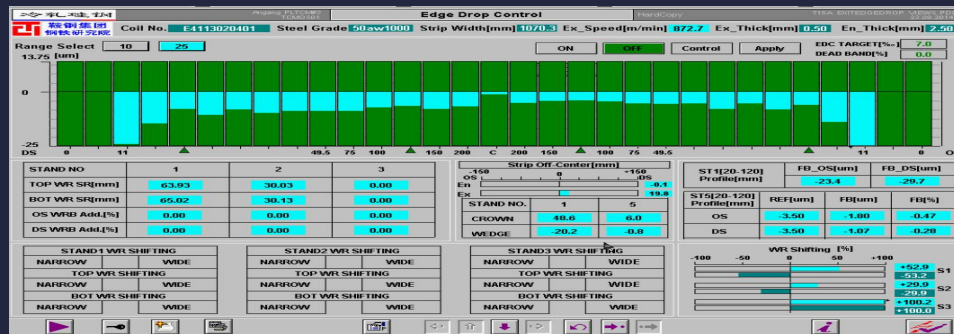
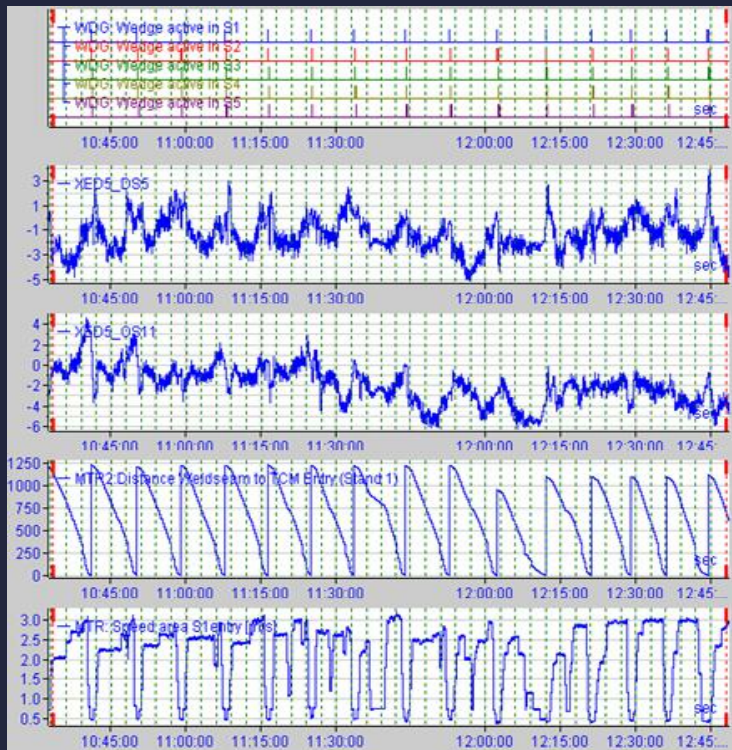
控制系统构架

为保证新增的边部减薄控制系统与原有轧机控制系统之间的兼容性，提高系统运行稳定性，边部减薄控制系统使用了分散式的控制方式，该方式需要各个子系统之间具备稳定的通信系统。包括：工业以太网、PROFIBUS DP、GDM、MPI。



冷轧边部减薄控制系统

生产实际应用



宽度1120mm，出口厚度0.5mm，钢种50a-mz13，第1架插入量为60mm，第2机架的插入量为30mm，连续轧制16卷。稳态轧制时，边降控制 2σ 值 $3.75\mu\text{m}$ 。对热轧来料凸度质量要求大幅降低。

冷轧边部减薄控制技术工业应用与推广

(2016年度中国冶金科学技术一等奖)

(1) 鞍钢股份硅钢1500冷连轧机边部减薄控制项目





THANKS

◆

鞍钢集团信息产业有限公司