

基于数字智能化技术的中厚板轧机高效生产的研究和应用

檀丽静, 张胜宏

(河钢集团邯钢公司新区中板厂, 河北 邯郸 056001)

摘要: 国内外主流中板厂二级模型和操作方式均为自动控制, 主要存在生产节奏慢的劣势, 但是有高质量的控制优势。如果不想摒弃质量控制, 又想改善自动控制中节奏慢的问题, 必须基于数字、数据智能化分析基础上优化自动控制程序, 完善质量和产量之间的矛盾, 从而达到高创效的目的。本论文是在保留自动化轧钢中二级模型厚度控制精度和产品性能稳定的优势前提下, 提高产能, 加快生产节奏的创新。

关键词: 中厚板轧机; 数据智能分析; 控制; 提高产能

Research and Application of High Efficiency Production of Medium and Heavy Plate Rolling Mill Based on Digital Intelligence Technology

TAN Lijing, ZHANG Shenghong

(Hot Mill Plant, HBIS Group Handan Iron and Steel Co Ltd, Handan 056001, Hebei, China)

Abstract: The secondary models and operation methods of mainstream medium plate factories both domestically and internationally are automatic control, which mainly has the disadvantage of slow production pace, but has the advantage of high-quality control. If you do not want to abandon quality control but also want to improve the slow pace problem in automatic control, you must optimize the automatic control program based on digital and data intelligent analysis, improve the contradiction between quality and output, and achieve the goal of high efficiency. This paper is an innovation aimed at improving production capacity and accelerating production rhythm while retaining the advantages of the second level model thickness control accuracy and stable product performance in automated steel rolling.

Key words: plate mill; Intelligent data analysis; control; Increase production capacity

提高生产效率, 对自动化轧钢的产线来说非常重要, 如果能解决自动化产线的产能劣势, 那就既能做到保证产品质量, 又能提高年产量, 达到质量、产量双丰收的目的。本论文在基于数字、数据智能化分析基础上自主研发控制逻辑程序, 从节约轧制间隙时间和纯轧时间两个方面入手, 达到间隙时间与纯轧时间总和最小化, 实现自动化轧钢产能最大化的目的。

1 减少轧制间隙时间的模型建立

研发轧机一级、二级自动化控制系统控制技术使每块钢板轧制间隙时间平均缩短 14 秒。针对这部分主要做了①优化自动化 logCAD 程序, 建立 DP 模式钢板自动摆动模型; ②建立批轧 MSB、DP、SB、PD2、PD3 模式辊缝控制逻辑模型, 杜绝辊缝空跑现象; ③优化侧待温辊道区域顺序控制功能, 建立自动模式下 1#侧待温区域钢板提前抬起模型; ④建立钢板在轧机输入辊道 FE9/FE8 转钢功能模型。

1.1 DP 模式下钢板自动摆动模型的建立

基于自动化轧钢过程控制数据和 PDA 数据分析, 优化自动化程序, 实现 DP 模式下钢板自动摆动的功能模型。原有 DP 模式下第一块钢板第一轧程结束后到机后 FX4/FX5/FX6 摆动, 第二块第一轧程轧完后到

机前 FE4/FE5/FE6 摆动（如图 1 所示），由于机前新增冷却水位置在 FE7/FE8/FE9 区域，机后新增冷却水在 FX6/FX7/FX8 位置，操作工将钢板开至控冷区域进行控冷，然后再开回待温点进行温度测量，频繁操作辊道，工作量非常大。优化自动化控制程序，实现钢板在新增冷却水区域自动摆动，并且提前一个道次钢板自动回到待温点进行温度测量，然后开始第二轧程轧制，整个过程为自动智能化进行（如图 2 所示），而且不影响二轧程的温度和道次表计算。在测试 DP 模式自动冷却摆动的时，由于出口 FX6/FX7 上的 HMD 受钢板上积水的干扰严重，经常闪烁，导致跟踪不准确，所以在这种模式下屏蔽 FX6/FX7 上的 HMD 的同步功能，实现钢板实物和影像跟踪一致。这项工作的优化使我们原来 DP 模式使用率由 10% 提高到 30%，DP 模式机时产量为 16.5 块/小时，效果非常显著，并且稳定运行。

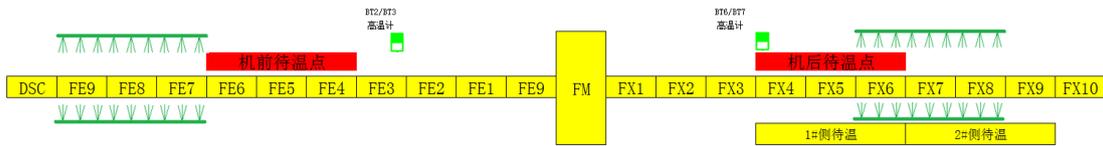


图 1 原有待温点示意图

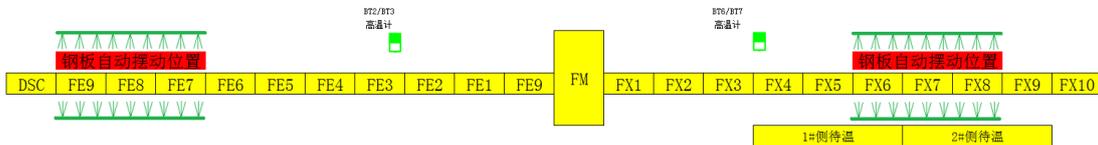


图 2 优化后待温位置示意图

该智能化功能实现后，轧制间隙时间在原来基础上平均每道次能节约 2 秒。

1.2 多种批轧模式下辊缝控制逻辑模型的建立

建立 MSB、DP、SB、PD2、PD3 批轧模式下辊缝自动化控制逻辑模型，杜绝辊缝空跑现象。目前轧制过程中，批轧模式最后一块钢板的第二轧程开轧前，辊缝总是从上一块钢板的末道次辊缝摆至 250mm 再摆到目标辊缝，待温坯已到位，需要等待辊缝到位才能进钢，这就造成板坯进钢前等待时间长。建立优化后，辊缝从上一块的放钢辊缝直接摆到下一块钢板的目标辊缝，中间省去了摆到 250mm 辊缝值的时间，这样每块钢板平均节省时间 6 秒。（下图 3 是优化前的 PDA 数据图，下图 4 是优化后的 PDA 数据图）。

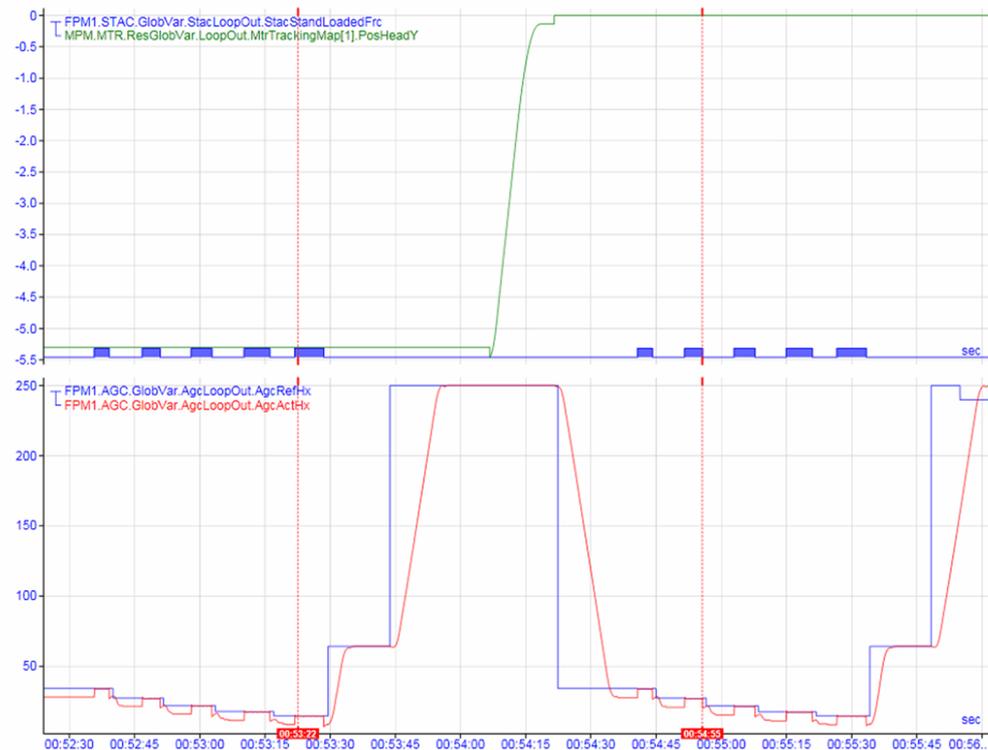


图 3 优化前批轧辊缝空跑现象 PDA 数据图

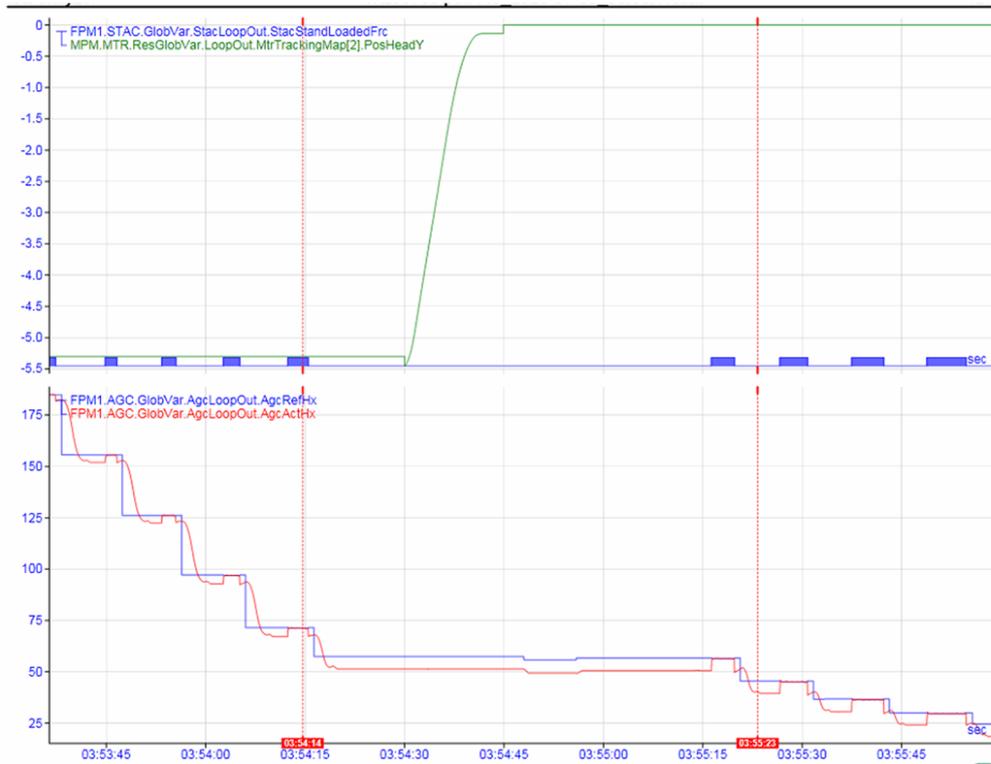


图4 优化后批轧辊缝空跑现象的PDA数据图

建立批轧MSB、DP、SB、PD2、PD3模式下辊缝控制逻辑模型后，杜绝了辊缝空跑现象，每块钢平均可以节约间隙时间6秒。

1.3 自动模式下钢板提前抬起模型的建立

优化侧待温辊道区域顺序控制功能，建立自动模式下1#侧待温区域钢板提前抬起模型，在使用侧待温辊道的PD和MSB模式时，西马克原有程序逻辑是当在线钢板轧制完成后1#侧待温区域钢板抬起，再运送到在线辊道上进行轧制。为了达到高效生产，我们修改侧待温辊道区域顺序控制功能，自动模式下实现1#侧待温区域钢板提前抬起，然后运送到在线辊道进行轧制，不用等待在线钢板轧制完成，尾部离开1#侧待温平行的在线辊道FX6辊道区域，实现PD模式、MSB模式下每块钢板间隙时间平均缩短3秒。

1.4 钢板在轧机输入辊道FE9/FE8提前转钢功能模型的建立

优化自动化控制程序，实现钢板在轧机输入辊道FE9/FE8提前转钢功能。副操作台增加FE9/FE8转钢功能选择开关，操作工将钢坯移动到FE9/FE8之间，使其进行转钢，FE9正转FE8反转或者FE9反转FE8正转，旋转完毕后，钢坯自动运送至轧机内进行轧制，实现了智能化提前转钢，钢板不用等到到达推床内再进行转钢，每块钢平均可以节约间隙时间3秒。

综上所述，四项模型建立后，累计平均每块钢板间隙时间可以节约14秒，间隙时间达到平均每道次5秒，每块钢70秒。如下图5为模型建立前某道次间隙时间，下图6为模型建立后某道次间隙时间。

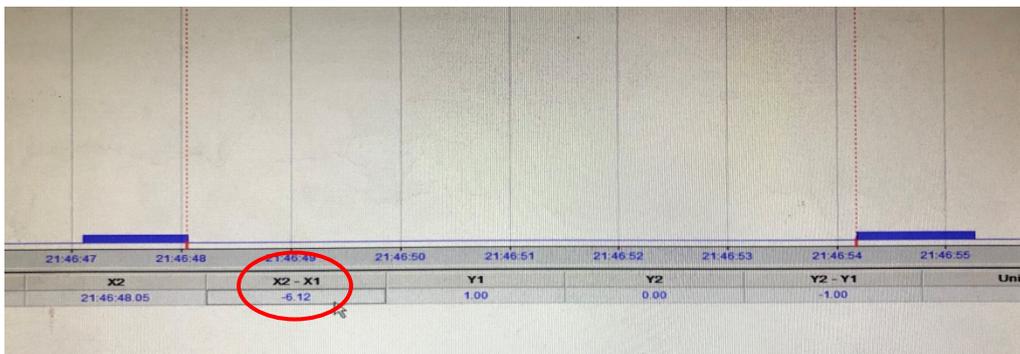


图5 模型建立前某道次间隙时间

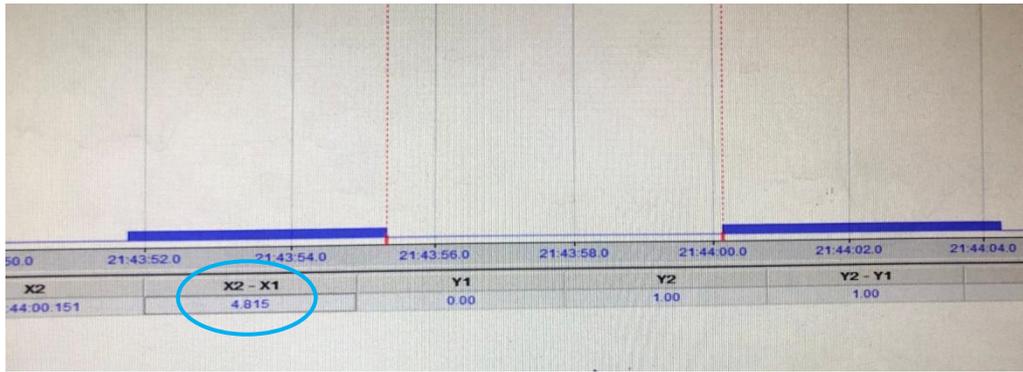


图6 模型建立后某道次间隙时间

图5某道次间隙时间为6.12秒，图6某道次间隙时间达到4.815秒，平均每道次可以达到节约5秒，每块钢板按15道次计算，每块钢14个间隙时间就能节约70秒，这对产线提高产能意义非常重大。

2 减少纯轧时间的功能实现及应用

二级过程控制系统和一级自动化控制系统的加速度制度和速度制度技术是决定纯轧时间的重中之重，基于各个钢板的钢种规格轧制大数据分析，优化加速度制度和速度制度是提高产能的重要思路。

2.1 二级过程控制系统加速度制度和速度制度技术

二级过程控制系统的速度制度和加速度制度是按钢板厚度区间进行梯度控制的，单个厚度区间是线性关系，优化二级系统的速度制度和加速度制度对产量的影响是至关重要的。

优化轧制速度制度达到不同规格钢板最快的完成轧制，间隙时间和轧制时间总和最小化。过程控制速度制度主要包括咬钢速度、最大轧制速度、抛钢速度三项速度的设定，对这三项速度的设定还要考虑抛钢距离、加速度大小、主机能力等条件的制约，所以不是速度设定值越大越好，基于大数据进行分析、研究和校验产线上的设定值是不是最佳设定值。

通过对一级控制系统、二级控制系统共同制约速度制度的设定条件进行研究分析，由理论计算、模型计算、现场轧制测试确定出最佳的速度制度，针对不同的钢板规格，来达到生产间隙时间和轧制时间总和的最小化来用最少的完成整个轧制过程，以达到提高产能的目的。

①根据中厚板轧制的特点，在定尺阶段和展宽轧制阶段，由于板坯较厚且长度较短，这时采用恒定速度来进行轧制，当钢板被轧制到一定长度后可按梯形速度图来设定轧制速度。

通过对轧制过程的分析可知，每块钢板的纯轧时间和间隙时间之间存在着此消彼长的关系，为了获得最短的轧制总时间，必须对速度曲线的咬钢速度、轧制速度和抛钢速度进行优化计算，其中最大轧制速度是设定的核心。

②计算步骤是 1.计算初始化道次压下量和前滑值；2.当初始道次压下量时计算出口长度；3.计算最小轧制速度和最大轧制时间；4.最大轧制时间判断；5.初始计算最大轧制速度；6.确定最大轧制速度；7.通过校核轧制力和轧制力矩来确定道次压下量和出口长度，最终计算出轧制速度最大值。然后将得出的计算值在过程控制系统中进行设置应用，然后上线使用，再对产量进行统计分析。经过半个月的现场校验，形成的设定值是在充分考虑保证设备安全的前提下通过计算得出的，可以充分发挥生产能力，提高生产率。

2.2 一级自动化控制系统加速度制度和速度制度技术

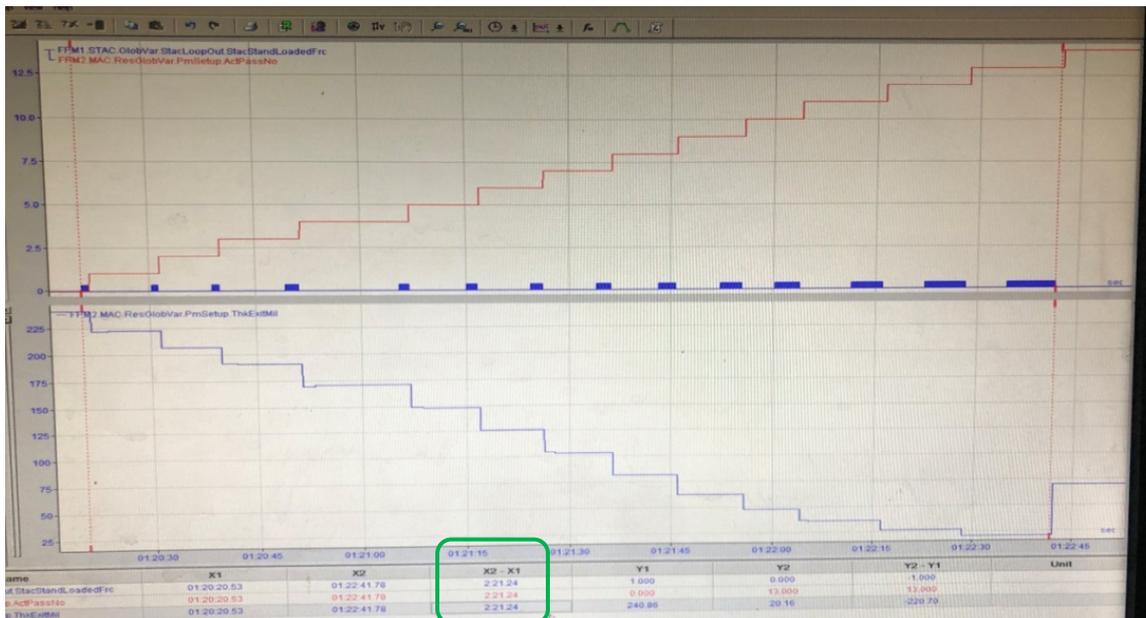
在一级自动化控制系统中优化主电机加速度和轧机电动压下运行速度，以达到缩短钢板轧制时间的目的。在保障设备安全的前提下，结合大数据分析后优化主电机加速度，主电机加速度由原来的1.5/s提高到2.0/s；回转辊道加速度由1.0/s提高到1.5/s；机架辊道加速度由1.0/s提高到1.5/s。

优化轧机电动压下的运行速度，电动压下速度由20mm/s提高到30mm/s，对应压下电机最大转速由750RPM提高到900R。每道次缩短电动压下动作时间0.5秒，末道次上抬到最高位时缩短时间3秒。

主电机提速后，根据主电机运行情况优化主电机电流保护参数。一是电流封锁值：封锁是指传动系统脉冲封锁主传动不跳闸但停止输出，将此封锁值由95%修改为105%；二是单相过流跳闸保护值：上电机R、S、T单相电流超过电机额定电流2.5倍的保护值为108%，下电机为110%，将上电机过流跳闸值修改

到 110%，与上电机一致。

通过一级自动化控制系统和二级过程控制系统加速度制度、速度制度技术优化使每块钢板轧制时间平均可以缩短 16 秒，达到平均每道次 7 秒，每块钢 112 秒，如下图 7 是钢板总轧制时间 PDA 数据图：



如上图显示该钢板轧制完成的总时间为 2 分 21 秒，规格为厚度 20MM 钢板为例，共 15 个道次，总时间从原来的 3 分 30 秒左右提高到现在的 2 分钟半左右，针对提产优化速度制度的功能效果明显，也比较稳定。

3 结论

(1) 通过研究自动化轧钢产线的模型逻辑，基于大数据智能化分析，建立各个模型来节约轧制间隙时间，使平均每块钢节约间隙时间 70 秒左右。

(2) 通过二级过程控制系统、一级自动化控制系统加速度制度和速度制度的技术，节约轧制时间，最终使每块钢板轧制时间平均可以节约 16 秒左右。

(3) 通过节约轧制时间和间隙时间，最终每块钢轧制总时间能提高到 2 分钟左右，产能得到了大幅度的提高，取得了很好的效果。

参考文献：

- [1] 胡贤磊, 矫志杰, 邱红雷, 王昭东, 刘相华, 王国栋. 中厚板精轧轧制规程的负荷协调分配法及其动态调整[J]. 钢铁. 2003 (4).
- [2] 孙一康. 带钢热连轧数学模型基础[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1979. 20-38.