

首钢京唐 2250 热轧 CTC 控制及自学习参数优化

刘光

(河北钢铁集团有限公司唐钢公司自动化公司, 河北唐山 063000)

[摘要] 热轧带钢的卷曲温度控制是热轧生产过程中重要的控制过程之一, 卷曲温度的目标值控制结果和精度直接影响到成品带钢的性能, 首钢京唐公司热轧 2250 轧线控制系统由 TMEIC 公司开发, 本文主要介绍了层流冷却系统的构成、控制思想及控制模式、自学习原理及相关参数调节。

[关键词] 热轧; CTC 层流冷却; 自学习; 参数调节

热轧带钢在精轧抛钢后应该以指定的温度进行卷曲, 卷曲温度对带钢的金相组织影响很大, 是决定成品带钢加工性能、力学性能的重要工艺参数。

首钢京唐 2250 热轧生产线带钢终轧温度在 800~930℃, 而卷曲温度在 350~750℃之间, 从精轧出口高温计 FDT 到卷曲机前高温计 CT 之间输出辊道距离是 136 米, 在这范围内带钢的温降达到 300~400℃, 甚至对于 X80 等高强度管线钢 CT 温度在 350℃, 温降达到将近 500℃。并且生产工艺要求卷曲温度误差为目标值 $\pm 17^\circ\text{C}$, 所以现场采用了水压低、流量大的层流冷却控制技术, 层流冷却系统由 22 组喷水集管系统构成, 每组喷水系统由分别位于输出辊道上、下的冷却集管构成, 并且为了减少前面冷却水流对后面集管冷却效果的影响, 还设有侧喷集管用于将前面积水冲出带钢, 以使冷却效果达到最佳。

1 基本控制策略

层流冷却系统 1~20 主冷区每组喷水系统由四根集管构成, 每组长度 4.56 米, 根据精轧出口实际温度 FDT^{ACT} 和目标温度 FDT^{TAR} 差值对阀开关进行前馈控制, 21~22 精冷区每组喷水系统由 8 根集管构成, 每组长度 6.08 米, 根据卷曲机前高温计测得的实际温度 CT^{ACT} 和目标卷曲温度 CT^{TAR} 之间的差值对阀进行反馈控制。

由带钢头部开始, 带钢在长度方向上划分为指定长度的片段 segment, 作为冷却控制中的最小控制单位, 每个 segment 的中间点即为前馈控制计算的目标点和反馈控制学习的数据采集点。同时为每个 segment 分配一个缓存区用于存储当前 segment 下采集的带钢速度、FDT 和 CT 温度等数据, 利用采集的数据由 CTC 模型进行计算, 控制水阀的开闭。从带钢头部到达 FDT 开始, 每个 segment 将进行前馈控制, 从 CT 开始, 每个 segment 采集到的温度数据将用于后面带钢的反馈控制。

带钢片段长度划分由带钢的厚度决定:

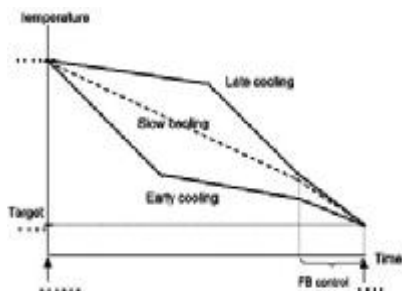
$h \leq 4\text{mm}$, 时 segment 长度为 4.5m, $h > 4\text{mm}$ 时 segment 长度为 2.5m。

2 冷却模式

2.1 标准冷却包括

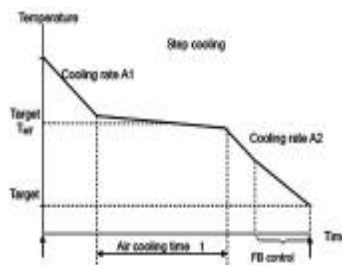
- 1) Earlycooling: 前段冷却方式, 即前段快速水冷, 后段缓慢空冷;
- 2) Latecooling: 后段冷却方式, 即后段快速水冷, 前段缓慢空冷;
- 3) Slowcooling: 均匀冷却方式, 即整个冷却过程中水冷空冷穿插使用。

对于标准冷却模式, 对于不同品种带钢和工艺要求 CTC 模型设定喷水方式, 三种冷却模式如下图所示:



2.2 阶段冷却

对于“阶段冷却”, CTC 同样设定喷水方式, 目的就是期望在“the early cooling zone”获得一个特定的冷却速率 $A1$; 同时获得一个空冷时间 t 。如果是人工指定了喷水方式, 那么“the early cooling zone”的冷却速率 $A1$ 和“the late cooling zone”的冷却速率 $A2$ 将由所使用的喷水模式决定。示意图如下:



3 自学习功能及其参数调整

CTC 自学习控制是通过前一块带钢生产后采集到的相关数据对自学习的系数进行调整, 以提高 CTC 模型的设定和前馈控制精度, 更好实现目标温度控制。

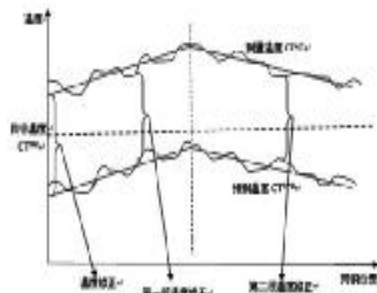
根据投产以来的情况来看, 对于轧制 17mm 以下规格带钢的冷却控制温度比较理想, 但是对于 17mm 以上较厚规格带钢的实际测量温度和模型预测温度存在较大偏差, 导致自学习系统处于不工作状态, 即模型判定为现场采集数据存在异常情况而不再对带钢进行自学习, 所以对于这一情况需要手动对自学习参数进行调整, 以保证带钢达到目标卷曲温度。

3.1 自学习原理

自学习方式主要包括三类:

- 第一类: 带钢头部自学习;
- 第二类: 带钢长度方向上自学习, 系数包括: tmp_vern_ce、tmp_corr_ce (firsthalf)、tmp_corr_ce (Secondhalf);
- 第三类: 带钢穿带自学习, 系数包括: thd_spd_avg。

对于第一类和第二类自学习参数的学习, 采用回归分析方式。原理如下: 根据带钢样本测量卷取温度和预测卷取温度分别进行一元线性回归分析, 得到实际回归曲线和预测回归曲线之间的差异, 进行平滑处理, 得到自学习参数调整量, 最后更新调整后的自学习参数。示意图如下:



第一类和第二类的区别在于: 选择的数据样本不同和平滑处理中条件不同。

对于第三类自学习参数的学习: 根据当前穿带速度与自学习穿带

速度自学习前的值之间的偏差,进行适量修正得到自学习参数的调整量,最后更新调整后的自学习参数。

3.2 自学习参数的使用

3.2.1 基本数据

除了包括第二类和第三类自学习参数外,其他数据包括: thd_spd_comp (穿带速度修正系数)、len_tot (预测带钢总长度)、strip_len (实时计算带钢通过长度)、thread_vel (实际穿带速度)。

3.2.2 自学习参数使用

自学习系数在使用主要分两类情况:卷取咬钢前和卷取咬钢后。其中卷取咬钢前需要考虑无张力时温度补偿情况。具体如下:

卷取还未咬钢时: 1) 当卷取机未卷上钢时, vernier 由三部分组成: tmp_vern_ce, 穿带速度补偿和无张力补偿

$$a = \text{tmp_vern_ce} + \text{tmp_corr_ce} * \text{strip_len}$$

2) 带钢长度大于一半长度值时:

$$a = \text{tmp_vern_ce} + \text{tmp_corr_ce} * 0.5 * \text{len_tot} + \text{tmp_corr_ce} * (\text{strip_len} - 0.5 * \text{len_tot})$$

$$b = \text{thd_spd_comp} * (\text{thread_vel} - \text{thd_spd_avg}) / \text{thd_spd_avg}$$

对于 c:

$$\text{当 } \text{ftvern} - \text{tmp_vern_ce} < 0 \text{ 时 } c = 0$$

$$\text{当 } \text{ftvern} - \text{tmp_vern_ce} > 5 \text{ 时 } c = 5$$

$$\text{其余时候 } c = \text{ftvern} - \text{tmp_vern_ce}$$

$$\text{最后自学习修正参数 } \text{vernier} = a + b + c$$

卷取咬钢后:

当卷取咬钢后 vernier 由两部分组成: tmp_vern_ce 和穿带速度补偿, 其中 a、b 计算同上。

$$\text{vernier} = a + b$$

3.3 自学习参数调整

tmp_vern_ce、tmp_corr_ce[0]、tmp_corr_ce[1]一定程度上决

定了带钢沿长度方向上的温度补偿情况,尤其是 tmp_corr_ce[0]和 tmp_corr_ce[1]的大小直接决定沿长度方向上的温度补偿改变程度。各参数调整方向为:

1) 参数 tmp_vern_ce: 当实际卷曲温度高于目标值时,可以增大 tmp_vern_ce 值,反之减小。2) 参数 tmp_corr_ce [0] 和 tmp_corr_ce [1]: 结合实际采集的温度曲线确定调整方向。tmp_corr_ce[0]调整的基本原则是当带钢前半段呈下降趋势时,适量减小 tmp_corr_ce[0]; 反之增加。tmp_corr_ce 调整的基本原则是当带钢后半段呈下降趋势时,适量减小 tmp_corr_ce[1], 反之增加。

带钢头部出现温度偏高或偏低,通过调整 tmp_vern_ce 一般可以解决; 当带钢存在中间区域温度偏低或偏高时,通过调整 tmp_corr_ce[0] (firsthalf) 和 tmp_corr_ce[1] (Second half) 可以解决。

由于卷曲温度控制需要保证通长,调整时必须要考虑通常方向上的温度变化。

4 总结

CTC 层流冷却系统在轧线投产后对于大多数规格钢种控制效果及控制精度达到了技术要求,但是对于厚规格的管线钢的控制还处于不太稳定的阶段,实际卷曲温度波动较大,时常要靠人工对自学习参数进行干预,以使其自学习功能对带钢的影响发挥作用。而充分发挥自学习控制技术的优越性,不再由人工对某一品种或某一规格带钢进行干预,是下一阶段需要继续研究的课题。

作者简介:刘光,毕业于河北理工大学,本科学历,现在河北钢

【参考文献】

- [1] 刘玢,杨卫东,刘文仲编著.热轧生产自动化技术.北京:冶金工业出版社,2006.
- [2] 首钢京唐 2250 二级模型和功能说明.

(上接第 12 页)

的要求是在 10 分钟的飞行时间内,航向变化不超过 4 度即为正常。如果长时间不做修正的话将会累计较大的误差。因此,当遇到此类问题时询问机组使用过程中对罗盘的校正情况。

4.3 基本型飞机 KLN94 GPS 系统导航页面 (NAV4) 无地图显示

在飞机移动的情况下,导航页面 (NAV4) 有地图显示,而在飞机没有移动的情况下,导航页面 (NAV4) 无地图显示。这种情况也有学生机组在刚开车不久反应为收不到 GPS 信号。这是由于 KLN94 GPS 系统导航页面地图的参考基准选择不同造成的。在该页面下按压菜单 (MNU) 键,在第三条菜单中将地图的参考基准改为“N↑”即可有地图显示。

4.4 基本型飞机 KLN94 GPS 系统显示器黑屏

KLN94GPS 系统的亮度和电源控制是同一开关。只不过电源是按压打开,亮度是旋转调节的。通过实际操作发现:当把 KLN94GPS 系统的亮度调节旋转到最小后再按压开关接通电源,开始时系统显示器正常显示,十几秒后显示器变暗变黑,旋转旋钮调节亮度可恢复正常显示。较多的电子设备的电源开关是通过旋转关闭的和亮度跳到最小相似。当前一个机组在关机时误把亮度跳到最小,换后一个机组如果打开了电源而忽视了亮度调节话,显示器在亮了十几秒后变黑很容易被误认黑屏,不能正常工作。

5 真空系统常见误报故障

飞机慢车时低真空度警告:

172R 飞机在真空度低于 3.0 英寸汞柱时将给出低真空度警告。如果在慢车时 (大约 600 转 / 分钟) 出现低真空度警告,慢慢增加发动机的转速到 800 转 / 分钟时,警告消失、真空度计指示在通常的工作范围,则系统是正常的。否则应对系统进行检查。

6 结语

通过以上的分析,不难发现出现误报的原因主要是学生机组对设备的使用还不熟悉、设备的性能不清楚。特别是基本型的飞机由于是分离式仪表,加上学生飞行的时间较短,问题更加突出。作为机务维修人员在排除故障的时候,更应对这些细节问题加以重视,从而避免不必要的维修工作。

作者简介:刘德胜,1976 年出生,男,大学本科,飞机维修电子助理工程师。

【参考文献】

- [1] 王有隆.航空仪表.西南交通大学出版社,2001.
- [2] Cessna 172R 飞机机型培训教材.中国民航飞行学院,2006.
- [3] Cessna 172R AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL.Cessna 172R 飞机制造公司,2005.