

包米勒伺服系统在钢板飞剪机上的应用

上海晟昱自动化技术有限公司 赵亮 张军会

The Application of Baumueller servo system for steel flyingcut machine

摘要：本文介绍了包米勒公司的伺服驱动系统，通过针对飞剪应用开发的功能模块，实现对钢板进行高速高精度的定长剪切。本文描述了包米勒飞剪控制的关键技术。

Abstract: The article introduces the Baumueller servo system; it uses special flyingcut function blocks to control the steel's cut-to-length with high speed and high precision. This paper describes the keys control technologies about baumueller servo system on the steel flyingcut machine.

关键词：飞剪 包米勒 钢板横切

Key word: flyingcut, Baumueller, crosscut

1 飞剪应用介绍

飞剪应用于钢铁加工行业，是指在钢板送料过程中驱动剪切刀运动实现钢材的定长剪切。因为飞剪运动在剪切过程中不需停止送料，并能在加工过程中自由修改剪断长度和送料速度，所以大大提高钢板剪切的加工效率。

包米勒提供全系列大功率范围的同步/异步伺服电机以及高性能 B maXX 系列伺服驱动器。B maXX 系列伺服驱动器由驱动级 PLC 控制，该驱动级 PLC 通过背板总线与伺服驱动器快速同步存取/访问数据，并支持 IEC 61131-3 多任务实时操作系统。Baumueller 公司专为飞剪、旋切和追剪等应用开发了系列功能块，方便实现这三类应用。

2 系统结构

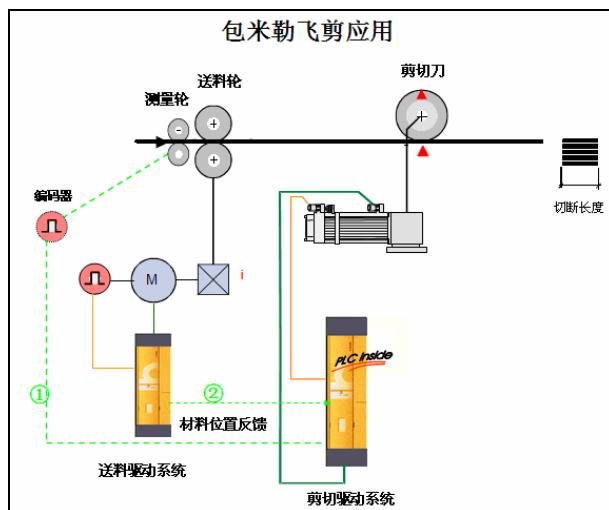


图 1 包米勒飞剪应用系统机构

图 1 为包米勒飞剪应用的系统构成。其送料单元由送料驱动系统控制，负责平稳无打滑的送料；剪切单元由剪切伺服系统控制，它根据设定的切断长度和送料的速度，驱动剪切刀对钢板进行定长剪切。伺服系统控制参数如切断长度、送料速度等由人机界面输入；材料的速度和位置由编码器反馈到剪切驱动系统。编码器信号来源分为被动式和主动式：

- 被动式：由安装在测量轮上的编码器反馈材料速度和位置；

优点是测量轮由材料带动旋转，检测值为材料的实际速度和位置；缺点是信号波动较大。

- 主动式：由送料电机编码器反馈材料速度和位置；

优点是信号平稳，波动小；缺点是当材料与送料轮之间打滑时送料电机编码器反馈信号不能准确反应材料实际速度和位置。

3 包米勒旋切、飞剪模块

包米勒用于飞剪的主要功能块如下：

TM_SyncRot_Init: 根据控制要求初始化旋切/飞剪功能；

TM_SyncCam_Init: 设置同步区的曲线；

TM_MasterEncoder: 根据编码器反馈值计算出材料的速度和位置；

TM_SyncRot: 根据材料的速度和位置生成当前轴的位置设定值和速度设定值；

TM_DriveEncoder: 根据转速设定值控制当前轴的运动。

此外，包米勒在控制剪切刀飞剪运动的基础上，还能实现一些特殊的工艺要求，如在同步区剪切速度与送料速度之间存在固定的比例；设定加减速切换点；套色标剪切等。

4 运动方式

剪切单元采用偏心轴方式传动，并采用机械同步定位轴，保证上下两个刀座定向、同速、定位，使剪切刀固定刀座作回转运动。其中剪切刀速度和送料速度同步的区域称为同步区，同步区内上下刀刃咬合的区域为剪切区域，同步区之外的运动区域称之为补偿区。

包米勒飞剪应用中剪切刀运动轨迹分为同步区和补偿区，其运动方式也分为同步运动和补偿运动。同步运动为剪切电机在同步区与材料速度和位置实现同步，其间上刀刃和下刀刃咬合，完成对钢板的剪切过程；而离开同步区后，根据切断长度的不同，剪切刀需要加速或者减速来补偿，以适用不同的切断长度，即为补偿运动。根据切断长度的不同，有三种不同的补偿运动方式：

1) 长料切断

剪断长大于两倍刀刃周长情况下，在剪切周期中刀刃在剪断动作完成后减速并停止在设定点，然后加速进入同步区。

2) 中料切断

剪断长大于刀刃周长但小于两倍刀刃周长情况下，剪断动作完成后减速但不停止在设定点加速进入下一次剪切。

3) 短料切断

剪断长小于刀刃周长情况下，剪断动作一旦完成马上加速到设定点，然后减速进入下一次剪断。

5 在飞剪项目上的应用

当未设置同步区附加曲线时，剪切刀的默认运动方式为旋切，剪切刀在同步运动时剪切刀转速和送料速度一致，在中料切断时的曲线实测如下：

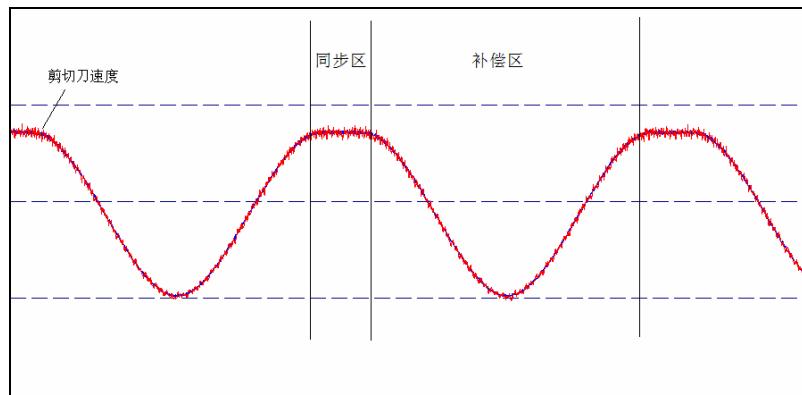


图 2 旋切运动曲线

但是对于钢板剪切，假如剪切刀在同步运动时剪切刀转速和送料速度一致，则在剪切时剪切刀在送料方向上的分量与送料速度不一致，将会造成堵住钢板或者拖拽钢板的情况，所以切割钢板时需要剪切刀速度在送料方向的分量和送料速度在同步区一致。这时需要在同步区附加一段曲线来实现上述功能。

同步区运动的数学模型如图 3，其中 $r = 60mm$ (r 为偏心轴半径)， $\varphi_{sync} = 80^\circ$ ($0^\circ \sim 80^\circ$ 为同步区)， $\varphi_{cut} = 60^\circ$ ($10^\circ \sim 70^\circ$ 为剪切区域)，同步区之外的区域为补偿区。这里同步区大于剪切区域，是因为需要有一定距离来平滑速度的变化，否则会造成较大的机械冲击。

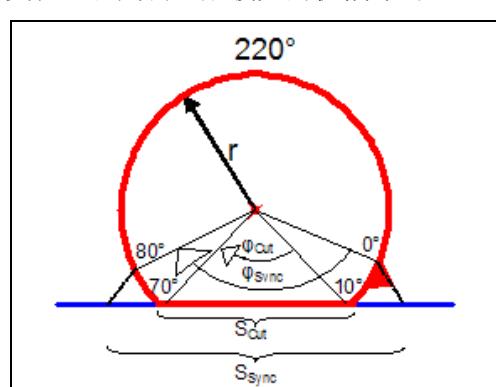


图 3 同步区运动模型

$$\text{材料在同步时运动的长度: } S_{sync} = 2r \sin\left(\frac{\varphi_{sync}}{2}\right) = 77.135mm \quad (1.1)$$

$$\text{材料在剪切时运动的长度: } S_{cut} = 2r \sin\left(\frac{\varphi_{cut}}{2}\right) = 60\text{mm} \quad (1.2)$$

设定材料进入同步区的位置为原点，则：

$$\text{剪切起始位置: } x_{0cut} = \frac{S_{sync} - S_{cut}}{2} = 8.567\text{mm} \quad (1.3)$$

$$\text{剪切结束位置: } x_{1cut} = S_{sync} - x_{0cut} = 68.567\text{mm} \quad (1.4)$$

$$\text{可得关系式: } \alpha(x) = \arcsin\left(\frac{x - \frac{S_{sync}}{2}}{r}\right) + \frac{\varphi_{sync}}{2} \quad (8.567 \leq x \leq 68.567) \quad (1.5)$$

其中 $\alpha(x)$ — 剪切刀在同步区的角度；

x — 材料在同步区的位置；

r — 剪切刀半径；

$$\text{速度关系式: } \frac{d\alpha(x)}{dx} = \frac{2}{\sqrt{4r^2 - (2x - S_{sync})^2}} \quad (8.567 \leq x \leq 68.567) \quad (1.6)$$

为了让剪切刀实现平滑的加减速运动，在同步区的 $0^\circ \sim 10^\circ$ 、 $70^\circ \sim 80^\circ$ 各附加一段过渡曲线，以使速度平滑过渡，减小机械冲击，附加过渡曲线后的同步区剪切刀速度曲线如下：

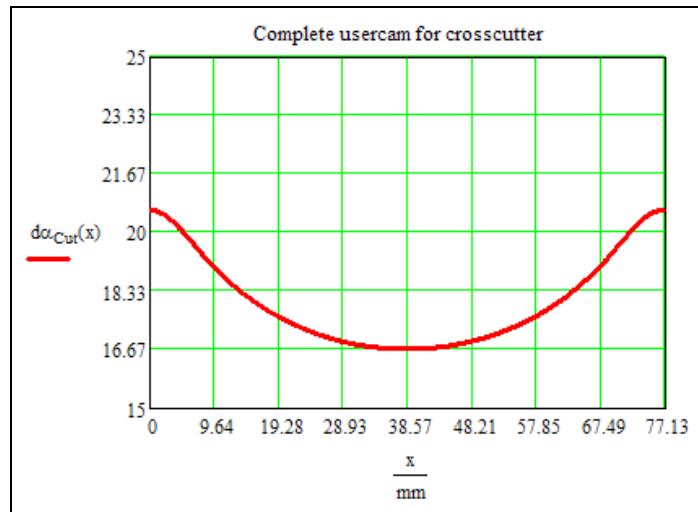


图 4 同步区运动曲线

添加同步区曲线后，在中料剪切时完整的剪切刀速度曲线实测如图 5 所示，该运动曲线能完全满足飞剪运动控制需求，且机械冲击小，控制精度高。

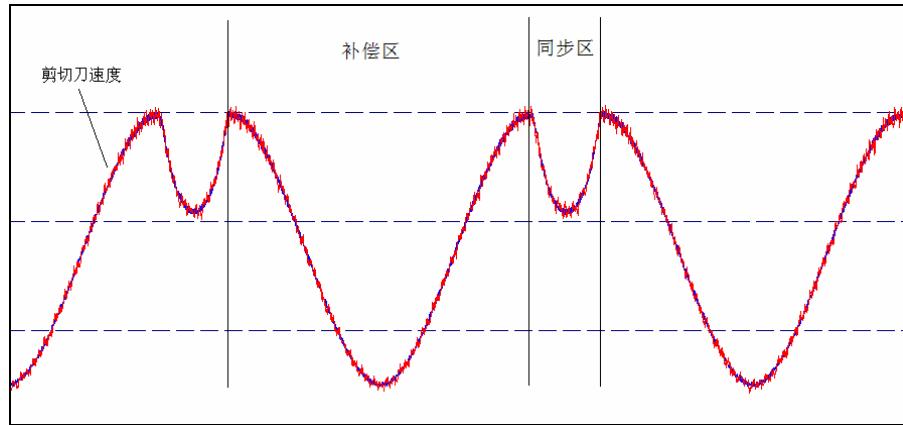


图 5 飞剪运动曲线

5 结论

经过半年的测试运行，机床运行状态正常稳定，剪切口平整，在不同的剪切长度和高速送料时都达到了良好的精度，大大提高了客户的生产效益。

参考文献：

- [1] 包米勒飞剪功能说明书.包米勒公司.2005,9.
- [2] 葛延津,高峰,陈栋.飞剪速度基准的研究.东北大学学报(自然科学版),2003,12.
- [3] 常新宇,王瑞,赵旭.新型钢板切割的飞剪技术开发.机电产品开发与创新.2006,5.