



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101934292 A

(43) 申请公布日 2011. 01. 05

(21) 申请号 201010266910. 6

(22) 申请日 2010. 08. 31

(71) 申请人 江苏省沙钢钢铁研究院有限公司  
地址 215000 江苏省张家港市锦丰镇江苏沙  
钢科技大楼

(72) 发明人 刘金存 安部可治 韩仁生

(74) 专利代理机构 北京华夏博通专利事务所  
11264

代理人 孙东风

(51) Int. Cl.

B21B 37/68(2006. 01)

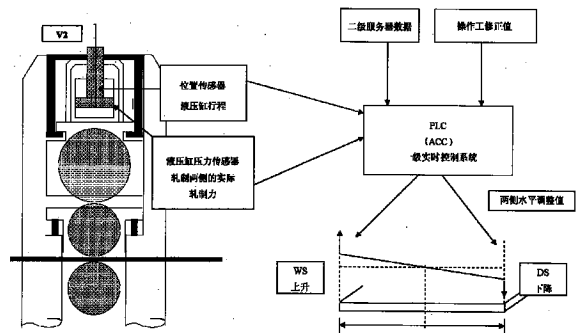
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 10 页

(54) 发明名称

热轧带钢粗轧机组镰刀弯和楔形自动控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种热轧带钢粗轧机组镰刀弯和楔形自动控制方法,其是通过在热轧带钢粗轧机控制系统中增设一辅助控制模块实现的。本发明主要通过将现场粗轧机两侧轧制力的实际值、辊缝的实际计算值和机架两侧的弹跳参数等等作为输入,经过精确的计算后,最终通过调节轧机单侧或两侧辊缝大小以实现对其镰刀弯和楔形的纠正。应用本发明所述控制方法,不需要添加任何中加坯的镰刀弯形状检测装置,就能够实现非常精确的镰刀弯以及楔形控制;而若实际现场拥有镰刀弯形状的检测装置,则本发明的控制效果会更有保障。



1. 一种热轧带钢粗轧机组镰刀弯和楔形自动控制方法,其特征在于,该方法是通过在热轧带钢粗轧机控制系统中增设一辅助控制模块实现的,其过程为:

(1) 辅助控制模块读取如下参数,包括:所有道次的粗轧设定值,所述粗轧设定值包括轧件硬度、轧制刚度;

(2) 测量轧机工作侧和传动侧的轧制力实际值以及辊缝的实际计算值,并输入辅助控制模块;

(3) 在动态控制模式下,即在从粗轧机咬钢后,在轧制时实时修正辊缝的水平调整量的模式下,则,辅助控制模块依据下式计算辊缝的水平调整量 L:

$$L = 2*(F^{WS}-F^{DS})/Q+(F^{WS}-F^{DS})/M$$

上述  $F^{WS}$ ,  $F^{DS}$  为轧机工作侧和传动侧的轧制力实际值,  $M$  为轧制刚度,  $Q$  为轧件硬度;

或,而在坯到坯控制模式下,即在依据本块铸坯在每个道次的轧制情况修正下块铸坯每个道次的水平调整量的模式下,则,辅助控制模块依据下式计算辊缝的水平调整量:

$$L_{i,j} = 2*(\bar{F}_{i,j}^{WS} - \bar{F}_{i,j}^{DS})/Q + (\bar{F}_{i,j}^{WS} - \bar{F}_{i,j}^{DS})/M$$

上述  $i$  为轧制道次,  $j$  为每道次中取轧制力平均值的次数,  $M$  为轧制刚度,  $Q$  为轧件硬度,  $\bar{F}_i^{WS}$  和  $\bar{F}_i^{DS}$  为第  $i$  个道次、第  $j$  次的轧机工作侧和传动侧的轧制力平均值,而  $L_{i,j}$  为第  $i$  个道次、第  $j$  次输出的水平调整量,所述  $i$ 、 $j$  均为  $\geq 1$  的整数;

(4) 辅助控制模块输出水平调整量,通过调节轧机单侧或两侧辊缝大小以实现镰刀弯或楔形的纠正。

2. 如权利要求 1 所述的热轧带钢粗轧机组镰刀弯和楔形自动控制方法,其特征在于,在步骤 (1) 中,辅助控制模块读取的数据包括:

轧件原始数据,包括轧件钢卷号码和轧件的钢种;

所有道次的粗轧设定值,包括出口宽度  $W$ 、出口厚度设定值  $h$ 、入口厚度设定值  $H$ 、预设轧制力  $F^{ref}$ 、预设辊缝值  $S^{ref}$ 、轧件的硬度  $Q$ 、轧机传动侧刚度  $M^{DS}$  以及轧机工作侧刚度  $M^{WS}$ 。

3. 如权利要求 1 所述的热轧带钢粗轧机组镰刀弯和楔形自动控制方法,其特征在于,在步骤 (2) 中,轧机工作侧和传动侧的轧制力实际值是经液压缸压力传感器测得的,所述辅助控制模块与液压缸压力传感器连接。

4. 如权利要求 1 所述的热轧带钢粗轧机组镰刀弯和楔形自动控制方法,其特征在于,在步骤 (3) 中,在动态控制模式下,轧制力实际值为实时信号,轧机工作侧和传动侧的轧制力实际值经过辅助控制模块处理后得到的实时水平调整量  $L(t)$  如下式所示:

$$L(t) = 2*(F(t)^{WS}-F(t)^{DS})/Q+(F(t)^{WS}-F(t)^{DS})/M;$$

进一步地,考虑到轧机中辊缝有调整上限  $MAX$  和下限  $MIN$ ,则辅助控制模块最终输出的水平调整量为:

$$L(t) = \begin{cases} MIN; & L < MIN \\ g * r * [2*(F(t)^{WS} - F(t)^{DS})/Q + (F(t)^{WS} - F(t)^{DS})/M] & \\ MAX; & L > MAX \end{cases}$$

上述  $L$  为水平调整量,  $(F(t)^{WS})$ ,  $(F(t)^{DS})$  为轧机工作侧和传动侧的轧制力实际值,  $M$  为轧制刚度,  $Q$  为轧件硬度,  $g$  为输出的放大系数,  $g < 1$ 。

5. 如权利要求 4 所述的热轧带钢粗轧机组镰刀弯和楔形自动控制方法,其特征在于,

在动态控制模式下,为令辊缝调节更为平缓,实时水平调整量  $L(t)$  是经下式处理后输出的,即:

$$r = dL(t)/dt。$$

其中,  $r$  为水平调整量  $L$  对时间的变化率,  $t$  为时间。

6. 如权利要求 1 所述的热轧带钢粗轧机组镰刀弯和楔形自动控制方法,其特征在于,在步骤 (3) 中,在坯到坯控制模式下,若对于每一道次,每  $t$  秒测量一次轧制力实际值,在整个道次  $T$  秒内将获取  $M = T/t$  个信号,则在每一道次取一次轧制力平均值的情况下,轧制力平均值  $\bar{F}(M)$  系采用如下方程式计算得出,即:

$$\bar{F}(M) = \frac{\sum_{i=0}^M F^{act}(i)}{M}$$

上式中,  $i$  为测量轧制力实际值的次数,  $F^{act}(i)$  为第  $i$  次获取的轧制力实际值。

7. 如权利要求 1 所述的热轧带钢粗轧机组镰刀弯和楔形自动控制方法,其特征在于,在步骤 (3) 中,在坯到坯控制模式下,若将每一道次分为  $j$  段分道次,每段分道次取一次轧制力平均值,  $j$  为  $> 1$  的整数,采取在每段分道次中每  $t$  秒测量一次轧制力实际值,在每段分道次  $T$  秒内将获取  $M = T/t$  个信号,则轧制力平均值  $\bar{F}(M)^j$  系采用如下方程式计算得出,即:

$$\bar{F}(M)^j = \frac{\sum_{i=0}^M F^{act}(i)^j}{M}$$

上式中,  $i$  为每段分道次中测量轧制力实际值的次数,  $F^{act}(i)^j$  为每段分道次中第  $i$  次获取的轧制力实际值。

8. 如权利要求 1 所述的热轧带钢粗轧机组镰刀弯和楔形自动控制方法,其特征在于,在步骤 (3) 中,在坯到坯控制模式下,对于同一道次,第  $(n+1)$  块铸坯根据如下自学习公式调整预设辊缝水平调整量,即:

$$L(n+1) = L(n) + \alpha * (L^{act}(n) - L(n))。$$

其中,  $L(n+1)$  为对第  $n+1$  块连铸坯的辊缝水平调整量的计算预测值,  $L(n)$  为对第  $n$  块连铸坯的辊缝水平调整量的计算预测值,  $L^{act}(n)$  为对第  $n$  块连铸坯的辊缝水平调整量,  $\alpha$  为学习系数。

9. 如权利要求 1 所述的热轧带钢粗轧机组镰刀弯和楔形自动控制方法,其特征在于,步骤 (4) 中,辅助控制模块是向热轧带钢粗轧机控制系统中的液压缸位置控制系统输出水平调整量,以通过伺服来移动轧机工作侧和传动侧的液压缸,完成水平调整动作。

10. 如权利要求 9 所述的热轧带钢粗轧机组镰刀弯和楔形自动控制方法,其特征在于,所述热轧带钢粗轧机控制系统中还设置人工干预模块,以此操作工可输入水平调节的人工修正值和 / 或中断辅助控制模块输出的水平调整量。

## 热轧带钢粗轧机组镰刀弯和楔形自动控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及热轧带钢和热轧板材生产线的自动控制技术,具体而言是涉及一种在带钢生产过程中进行一级动态中间坯或带钢的楔形、镰刀弯的自动控制方法,以满足中间坯或带钢的良好板型要求。

### 背景技术

[0002] 热轧带钢生产过程中,一般都将对板坯首先进行粗轧,粗轧轧制时中间坯经常会有向水平方向弯曲的现象,即通常所称的镰刀弯。中间坯的镰刀弯现象本质原因是由于板坯在两侧长度方向上的延伸不一致。而造成延伸不一致的原因有很多,主要有:板坯两侧的温度不均匀;水平轧机工作侧和传动侧的辊缝偏差较大;或是在板坯温度良好情况下,轧机两侧轧制力偏差大或轧机弹跳偏差大等等。中间坯的镰刀弯往往会造成精轧入口不对中,进而导致带钢在精轧机架中跑偏、侧移、边部起浪、甩尾或堆钢等严重后果,危害很大。

[0003] 针对中间坯镰刀弯、楔形等板型问题,目前国内外已经有很多自动化的控制系统来纠正,比如,目前应用最广泛的带有镰刀弯检测装置的闭环控制系统(如,专利公开号为CN101224471A、JP60083715A、JP61092714A、JP62033009A以及JP11319925A的专利等等所披露的)。这类控制系统都有各自不同类型的检查装置,将镰刀弯的弯曲程度用不同的表示方法量化后形成反馈信号传递给自动控制系统,自动控制系统根据反馈信号计算辊缝调节量,然后自动调节两侧水平来矫正镰刀弯或楔形。但这类镰刀弯自动反馈控制系统还具有如下不足之处:一是对检测装置的依赖,而检测装置检测到镰刀弯时,中间坯已经被轧制很长一段长度,此时修正镰刀弯已经不是最佳时机,即镰刀弯调整不够及时;二是此类系统控制器很难根据镰刀弯弯曲程度求解出对应的辊缝调节量,因此在控制结果出现异常情况时,事后无法分析查找原因,尤其是在操作工干预的情况下;三是此类系统控制逻辑并不是从本质上分析得到控制输出量,这些控制结果无法被进一步统计并继承到下一块板坯,也无法分析出镰刀弯产生的本质原因;四是此类控制系统需要对检测装置进行辨别与选取,而一般的高精度检查装置费用昂贵、占地大、安装调试要求高、维护困难,容易受到如除磷水、水蒸气等现场环境的影响。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提出一种热轧带钢粗轧机组镰刀弯和楔形自动控制方法,其可在不借助任何中间坯的镰刀弯形状检测装置的前提下,实现精确的镰刀弯以及楔形控制,从而克服了现有技术中的不足。

[0005] 为实现上述发明目的,本发明采用了如下技术方案:

[0006] 一种热轧带钢粗轧机组镰刀弯和楔形自动控制方法,其特征在于,该方法是通过在热轧带钢粗轧机控制系统中增设一辅助控制模块实现的,其过程为:

[0007] (1) 辅助控制模块读取如下参数,包括:所有道次的粗轧设定值,所述粗轧设定值包括轧件硬度、轧制刚度;

[0008] (2) 测量轧机工作侧和传动侧的轧制力实际值以及辊缝的实际计算值,并输入辅助控制模块;

[0009] (3) 在动态控制模式下,即在从粗轧机咬钢后,在轧制时实时修正辊缝的水平调整量的模式下,则,辅助控制模块依据下式计算辊缝的水平调整量 L:

$$[0010] \quad L = 2*(F^{WS}-F^{DS})/Q+(F^{WS}-F^{DS})/M$$

[0011] 上述  $F^{WS}$ ,  $F^{DS}$  为轧机工作侧和传动侧的轧制力实际值, M 为轧制刚度, Q 为轧件硬度;

[0012] 或,而在坯到坯控制模式下,即在依据本块铸坯在每个道次的轧制情况修正下块铸坯每个道次的水平调整量的模式下,则,辅助控制模块依据下式计算辊缝的水平调整量:

$$[0013] \quad L_{i,j} = 2*(\bar{F}_{i,j}^{WS} - \bar{F}_{i,j}^{DS})/Q + (\bar{F}_{i,j}^{WS} - \bar{F}_{i,j}^{DS})/M$$

[0014] 上述 i 为轧制道次, j 为每道次中取轧制力平均值的次数, M 为轧制刚度, Q 为轧件硬度,  $\bar{F}_i^{WS}$  和  $\bar{F}_i^{DS}$  为第 i 个道次、第 j 次的轧机工作侧和传动侧的轧制力平均值,而  $L_{i,j}$  为第 i 个道次、第 j 次输出的水平调整量,所述 i、j 均为  $\geq 1$  的整数;

[0015] (4) 辅助控制模块输出水平调整量,通过调节轧机单侧或两侧辊缝大小以实现镰刀弯或楔形的纠正。

[0016] 进一步地讲:

[0017] 在步骤 (1) 中,辅助控制模块读取的数据包括:

[0018] 轧件原始数据,包括轧件钢卷号码和轧件的钢种;

[0019] 所有道次的粗轧设定值,包括出口宽度 W、出口厚度设定值 h、入口厚度设定值 H、预设轧制力  $F^{ref}$ 、预设辊缝值  $S^{ref}$ 、轧件的硬度 Q、轧机传动侧刚度  $M^{DS}$  以及轧机工作侧刚度  $M^{WS}$ 。

[0020] 在步骤 (2) 中,轧机工作侧和传动侧的轧制力实际值是经液压缸压力传感器测得的,所述辅助控制模块与液压缸压力传感器连接。

[0021] 在步骤 (3) 中,在动态控制模式下,轧制力实际值为实时信号,轧机工作侧和传动侧的轧制力实际值经过辅助控制模块处理后得到的实时水平调整量 L(t) 如下式所示:

$$[0022] \quad L(t) = 2*(F(t)^{WS}-F(t)^{DS})/Q+(F(t)^{WS}-F(t)^{DS})/M;$$

[0023] 进一步地,考虑到轧机中辊缝有调整(用 MAX 表示)和下限(用 MIN 表示),则辅助控制模块最终输出的水平调整量为:

$$[0024] \quad L(t) = \begin{cases} MIN; & L < MIN \\ g*r*[2*(F(t)^{WS}-F(t)^{DS})/Q+(F(t)^{WS}-F(t)^{DS})/M] & \\ MAX; & L > MAX \end{cases}$$

[0025] 上述 L 为水平调整量,  $(F(t)^{WS})$ ,  $(F(t)^{DS})$  为轧机工作侧和传动侧的轧制力实际值, M 为轧制刚度, Q 为轧件硬度, g 为输出的放大系数,  $0 < g < 1$ 。

[0026] 在动态控制模式下,为令辊缝调节更为平缓,实时水平调整量 L(t) 是经下式处理后输出的,即:

$$[0027] \quad r = dL(t)/dt。$$

[0028] 其中, r 为水平调整量 L 对时间的变化率, t 为时间。

[0029] 在步骤 (3) 中,在坯到坯控制模式下,若对于每一道次,每  $t$  秒测量一次轧制力实际值,在整个道次  $T$  秒内将获取  $M = T/t$  个信号,则在每一道次取一次轧制力平均值的情况下,轧制力平均值  $\bar{F}(M)$  系采用如下方程式计算得出,即:

$$[0030] \quad \bar{F}(M) = \frac{\sum_{i=0}^M F^{act}(i)}{M}$$

[0031] 上式中,  $i$  为测量轧制力实际值的次数,  $F^{act}(i)$  为第  $i$  次获取的轧制力实际值。

[0032] 在步骤 (3) 中,在坯到坯控制模式下,若将每一道次分为  $j$  段分道次,每段分道次取一次轧制力平均值,  $j$  为  $> 1$  的整数,采取在每段分道次中每  $t$  秒测量一次轧制力实际值,在每段分道次  $T$  秒内将获取  $M = T/t$  个信号,则轧制力平均值  $\bar{F}(M)^j$  系采用如下方程式计算得出,即:

$$[0033] \quad \bar{F}(M)^j = \frac{\sum_{i=0}^M F^{act}(i)^j}{M}$$

[0034] 上式中,  $i$  为每段分道次中测量轧制力实际值的次数,  $F^{act}(i)^j$  为每段分道次中第  $i$  次获取的轧制力实际值。

[0035] 在步骤 (3) 中,在坯到坯控制模式下,对于同一道次,第  $(n+1)$  块铸坯根据如下自学习公式调整预设辊缝水平调整量,即:

$$[0036] \quad L(n+1) = L(n) + \alpha * (L^{act}(n) - L(n))。$$

[0037] 其中,  $L(n+1)$  为对第  $n+1$  块连铸坯的辊缝水平调整量的计算预测值,  $L(n)$  为对第  $n$  块连铸坯的辊缝水平调整量的计算预测值,  $L^{act}(n)$  为对第  $n$  块连铸坯的辊缝水平调整量,  $\alpha$  为学习系数。

[0038] 步骤 (4) 中,辅助控制模块是向热轧带钢粗轧机控制系统中的液压缸位置控制系统输出水平调整量,以通过伺服来移动轧机工作侧和传动侧的液压缸,完成水平调整动作。

[0039] 所述的热轧带钢粗轧机控制系统中还设置人工干预模块,由此操作工可输入水平调节的人工修正值和 / 或中断辅助控制模块输出的水平调整量。

[0040] 本发明针对现有技术中的不足,设计了一套中间坯自动镰刀弯、楔形控制工艺,该工艺可应用到热轧粗轧机组上,根据热轧机传动侧和操作侧两侧轧制力的实际值、设定值、两侧辊缝大小、轧机两侧的刚度和辊缝调零时的辊缝初始值等数值作为输入,并相应输出轧机的单边或双边水平调整量。

[0041] 与现有技术相比,本发明具有如下积极效果:一是控制方法简便,非常容易实现;二是不需要再添加任何硬件设置,如镰刀弯检测装置、服务器或 PLC 系统等等,只需在原有粗轧控制系统中添加控制模块即可;三是辅助控制模块能体现很强机理性,控制量的给出是辅助控制模块根据多种轧制实际值输入,这些输入能够体现轧机的实际情况,根据这些输入能够有助于找到镰刀弯产生的根源;四是本发明有较强的扩展和结合性,亦能够应用在精轧系统中,并能够与原有的自动厚度控制系统相配合使用;五是本发明功能的调试非常轻松。

## 附图说明

- [0042] 图 1 是本发明具体实施方式中一种热轧带钢粗轧机控制系统的结构示意图；
- [0043] 图 2 是图 1 所示热轧带钢粗轧机控制系统的运行原理框图；
- [0044] 图 3a 是坯到坯控制模式的运行示意图；
- [0045] 图 3b 是动态控制模式的运行示意图；
- [0046] 图 4 是坯到坯控制模式中将一道次分成三份取轧制力测量值平均值方式的运行示意图；
- [0047] 图 5a 是在坯到坯控制模式下将每一道次分成三份取轧制力测量值平均值方式的采样和控制输出示意图；
- [0048] 图 5b 是在动态控制模式下对每一道次取轧制力测量值平均值的采样和控制输出示意图；
- [0049] 图 6 是辊缝水平调整量计算推理图；
- [0050] 图 7a 是在坯到坯控制模式下对每一道次取一次轧制力测量值平均值方式的采样和控制输出示意图；
- [0051] 图 7b 是坯到坯控制模式中将每一道次分成三份取轧制力测量值平均值方式的运行示意图；
- [0052] 图 8 是本发明中辅助控制模块的工作状态选择示意图；
- [0053] 图 9 是在坯到坯控制模式下热轧带钢粗轧机控制系统 (ACC) 选择工作状态 (I) 时的工作流程图；
- [0054] 图 10 是在坯到坯控制模式下热轧带钢粗轧机控制系统 (ACC) 选择工作状态 (II) 时的工作流程图；
- [0055] 图 11 是在动态控制模式下热轧带钢粗轧机控制系统 (ACC) 选择工作状态 (III) 时的工作流程图；
- [0056] 图 12 是在动态控制模式下热轧带钢粗轧机控制系统 (ACC) 选择工作状态 (IV) 时的工作流程图；
- [0057] 图 13 是辅助控制模块输出和人工干预的方框图；
- [0058] 图 14 是本发明具体实施方式中热轧带钢粗轧机控制系统 (ACC) 的工作流程图之一；
- [0059] 图 15 是本发明具体实施方式中热轧带钢粗轧机控制系统 (ACC) 的工作流程图之二。

## 具体实施方式

- [0060] 以下结合附图及一较佳实施例对本发明的技术方案作进一步地说明。
- [0061] 本实施例的镰刀弯或楔形自动控制工艺系应用于热轧带钢粗轧机组中,其是通过在热轧带钢粗轧机控制系统中增设一辅助控制模块从而形成一镰刀弯或楔形自动控制系统(如图 1 所示,简称 ACC)而实现的,其过程包括:ACC 输入数据处理、ACC 控制周期的设定、ACC 控制器计算和 ACC 控制量的输出(参考图 2)。
- [0062] 如下具体说明该镰刀弯或楔形自动控制工艺的实施过程。
- [0063] 1. ACC 的控制模式定义以及开始和停止时刻
- [0064] ACC 的控制模式有两种,一是坯到坯(bar to bar)模式,用在二级系统里;另一种是一级的实时动态控制。两种控制模式的启停具体如下文所述。

[0065] 坯到坯模式（如图 3a）：ACC 的坯到坯模式将会在第一块板坯轧制条件满足时（即粗轧机接到板坯出炉信号，二级完成粗轧设定计算）被启动，而后 ACC 将记录每个道次的轧制力、辊缝以及该块板坯的其他原始数据。在第一块板坯轧制完毕，ACC 将计算出下一块板坯每个道次的水平调整量，该调节量将加入到辊缝设定值中。当第二块板坯轧制完毕后，ACC 将计算出第三块板坯的水平调整量。以此类推 ACC 将不断地根据本块板坯的轧制情况来修正下一块板坯。

[0066] 一级动态控制模式（如图 3b）：ACC 的一级动态控制模式是在每个道次咬钢成功后开始启动，在轧制时实时修正水平调整量。

[0067] 2. ACC 计算、操作

[0068] 镰刀弯（楔形）自动控制的计算和操作按照以下 4 个步骤进行，分别是：ACC 输入数据处理、ACC 控制周期的设定、ACC 控制器计算和 ACC 控制量的输出。如下具体说明。

[0069] 步骤 1 ACC 输入数据处理

[0070] (1) ACC 输入数据的声明：

[0071] (I) ACC 系统将从 PDI, RMSC 中读取必要的的数据，如机架的弹跳特性参数，轧件的硬度等，具体为：

[0072] PDI（轧件原始数据）：

[0073] Coil ID- 轧件钢卷号码

[0074] Steel grade- 轧件的钢种

[0075] RMSC（粗轧设定值）：

[0076] Exit width- 出口宽度，W(mm)

[0077] Exit thickness setup value- 出口厚度设定值，h(mm)

[0078] Entry thickness setup value- 入口厚度设定值，H(mm)

[0079] Predicted rolling force- 预设轧制力， $F^{\text{ref}}$  (ton)

[0080] Work roll gap setup value- 预设辊缝值， $S^{\text{ref}}$  (mm)

[0081] Metal material stiffness- 轧件的硬度，Q

[0082] 注意：以上的数据包含所有道次。

[0083] Mill modulus on drive side- 轧机传动侧刚度， $M^{\text{DS}}$  (ton/mm)

[0084] Mill modulus on work side- 轧机工作侧刚度， $M^{\text{WS}}$  (ton/mm)

[0085] (II) ACC 系统将从液压缸压力传感器和通讯接口读取如下数据。

[0086] 实际轧制力：

[0087] 传动侧的实测轧制力， $F^{\text{DS}}$  (ton)

[0088] 工作侧的实测轧制力， $F^{\text{WS}}$  (ton)

[0089] 辊缝：

[0090] 传动侧辊缝实际值， $S^{\text{DS}}$  (mm)

[0091] 工作侧辊缝实际值  $S^{\text{WS}}$  (mm)

[0092] (III) ACC 系统将受到操作工控制，来自操作工的控制信号包括如下几种：

[0093] Operator starts- 人工开启，ON/OFF (1/0)

[0094] Operator reset- 人工重置，ON/OFF (1/0)

[0095] Operator stops- 人工停止，ON/OFF (1/0)



[0096] (2)ACC 输入数据的处理：

[0097] 针对 ACC 系统的不同工作模式，输入的数据将会有如下不同的处理过程：

[0098] (I) 坏到坏模式：

[0099] ACC 系统的坏到坏模式不需要高速的实时反映，因此在这个模式下 ACC 将会对传感器的输出信号进行取平均值计算。

[0100] 假设压力传感器每  $t$  秒传出一个轧制力信号，那么在整个道次  $T$  秒内将收到  $M = T/t$  个信号，应用下面方程式 (1) 即可取平均值。

[0101]

$$\bar{F}(M) = \frac{\sum_{i=0}^M F^{act}(i)}{M} \quad (1)$$

[0102] 在此坏到坏的模式下，ACC 还将有一个工作状态，后文将会详细给出，此状态对轧制力的取平均值方式与前面整个道次的有些不同。此模式将一个整道次分成三份（当然也可分为更多份），即  $\bar{F}(M)^1$ 、 $\bar{F}(M)^2$  and  $\bar{F}(M)^3$  等，由此，实际轧制力回馈值将会为向量的形式  $(\bar{F}(M)^1, \bar{F}(M)^2, \bar{F}(M)^3 \dots)$ （如图 4 所示）。

[0103] (II) 一级动态控制模式：

[0104] ACC 在此控制模式下对实测值的处理需要一个滤波器来完成，此滤波器可以与自动化控制 (AGC) 中的所用的滤波器一样，滤波器的目的是平滑轧制力信号，避免高脉冲点。一般情况下 AGC 中都会有滤波器存在，因此不必另行设计。

[0105] 步骤 2ACC 控制周期的设定

[0106] 在坏到坏模式下：

[0107] ACC 在坏到坏模式的控制周期要远大于动态控制模式的周期，当轧制力取整个道次平均值的时候，其控制周期为每个道次的轧制时间；而当轧制力在一个道次内取多个平均值是，则其周期将被缩短（如图 5a 所示）。

[0108] 在一级动态控制模式下：

[0109] ACC 的输入实际是 AGC 输入的一部分，因此采样时间可以与 AGC 一样。ACC 的实时控制输出将在两次采样时间间隔内完成，如图 5b 所示。

[0110] 步骤 3ACC 控制量计算。

[0111] 如图 6，根据下面 3 个方程式，可以推导出 ACC 系统的水平调整量。

$$[0112] \quad \Delta F = \frac{Q}{2} * \Delta h \quad (2)$$

$$[0113] \quad M^{ws} = \frac{\Delta F}{\Delta S - \Delta h} \quad (3)$$

$$[0114] \quad \Delta F = (F^{ws} - F^{ds}) ; \Delta h = (h^{ds} - h^{ws}) ; M^{ds} = M^{ds} = M \quad (4)$$

[0115] 水平调整量为  $L$ ，从方程 (4) 和方程 (5) 中消掉中间变量  $\Delta h$ ，最后可得到调整量方程 (6)。

$$[0116] \quad L = \Delta \Delta S = 2 * (F^{ws} - F^{ds}) / Q + (F^{ws} - F^{ds}) / M \quad (5)$$

[0117] 在方程 (6) 里， $M$  是轧机两侧的刚度， $Q$  轧件的硬度。应用模式的详细说明如下：

[0118] 如前文所述,ACC 有两种工作模式,而坏到坏的设定模式又有两种工作状态。事实上如果现场添加了楔形和镰刀弯检测仪,那么一级动态控制也将有新的动态工作状态,下文将给出 ACC 在不同状态下的具体定义,以及如何启动和停止这些工作状态。

[0119] (1) 坏到坏模式:

[0120] 在前文已提到,坏到坏模式是用于二级设定的。现在定义在此模式下根据轧制力在一个道次中取一个平均值时,ACC 水平调整量设定输出值为每道次一个,此情况为坏到坏的状态 (1),如图 7a。

[0121] 定义当轧制力取多个平均值时,ACC 水平调整量在每个道次中设定输出将会有多个,此情况为坏到坏的状态 (2),如图 7b。起初将一个道次取 3 个设定输出值。

[0122] 在工作状态 status(1) 时,ACC 辊缝水平调整量 L 为:

[0123]

$$L_i = 2 * (\bar{F}_i^{WS} - \bar{F}_i^{DS}) / Q + (\bar{F}_i^{WS} - \bar{F}_i^{DS}) / M \quad (7)$$

[0124] 其中,( $i = 1, 2, 3 \dots 5$ ) 为轧制道次; $\bar{F}_i^{WS}$ 和 $\bar{F}_i^{DS}$ 第  $i$  个道次的轧制力平均值。在工作状态 status(2) 时,ACC 辊缝调整量 L 为:

$$L_{i,j} = 2 * (\bar{F}_{i,j}^{WS} - \bar{F}_{i,j}^{DS}) / Q + (\bar{F}_{i,j}^{WS} - \bar{F}_{i,j}^{DS}) / M \quad (8)$$

[0126] 其中,( $i = 1, 2, 3 \dots 5$ ) 为轧制道次号, $j$  是每个道次需要取几个平均值, $\bar{F}_{i,j}^{WS}$ 和 $\bar{F}_{i,j}^{DS}$ 为第  $j^{\text{th}}$  次的轧制力平均值。

[0127] 为了使设定值能够更好更快的达到最优值,可以应用下面的自学习公式:

$$L(n+1) = L(n) + \alpha * (L^{\text{act}}(n) - L(n)) \quad (9)$$

[0129] (2) 一级动态控制模式:

[0130] 在一级实时动态控制下,从压力传感器传送出的轧制力信号是实时的,两侧轧制压力偏差值经过 ACC 处理后得到的实时水平调整量为如下公式所示:

$$L(t) = 2 * (F(t)^{WS} - F(t)^{DS}) / Q + (F(t)^{WS} - F(t)^{DS}) / M \quad (10)$$

[0132] 为了保护机械设备,通常对输出需要加上限定值,这样最终 ACC 的输出值为:

$$L(t) = \begin{cases} MIN; & L < MIN \\ g * r * [2 * (F(t)^{WS} - F(t)^{DS}) / Q + (F(t)^{WS} - F(t)^{DS}) / M] & \\ MAX; & L > MAX \end{cases} \quad (11)$$

[0134] 其中, $g$  为输出的放大系数,此系数为了方便系统的调试,通常  $g \in (0, 1)$ 。

[0135] 另外,为了让输出更平滑,辊缝的运动由低速到高速有个过渡过程,下面的功能块也是必要的:

$$r = dL(t) / dt \quad (12)$$

[0137] 其中, $r$  为水平调整量 L 对时间的变化率, $t$  为时间。

[0138] 上文介绍的 ACC 动态控制模式,是在没有镰刀弯和楔形的检查装置的情况下,此时 ACC 为一个前馈控制。

[0139] 如果现场已经安装了一台楔形检测货镰刀弯装置(或楔形传感器),那么现有的 ACC 控系统则可以在原系统上加入一反馈信号,实现一个闭环控制,这样的控制效果将更好。因此在动态控制下 ACC 可以有以下两种工作状态:

[0140] 状态 Status(3) :ACC 动态控制 - 无楔形传感器；

[0141] 状态 Status(4) :ACC 动态控制 - 有楔形传感器。

[0142] 总结：

[0143] 前文已分述 ACC 的两种不同的工作模式，一种是二级设定模式，另一种为一级的动态实时控制模式，这两种模式又分别有两种不同的工作状态，状态 (1) 和状态 (2) 在每个道次中所给出的水平调整值有所不同，状态 (3) 和状态 (4) 主要区别为是否有楔形货镰刀弯的传感器反馈信号。在实际应用时这四种工作状态是可以自由选择的，其结构如图 8 所示，其中 HPC 是液压缸位置控制系统。

[0144] 为了更好的理解 ACC 系统，下文将给出 ACC 在不同工作状态下的图示。

[0145] (1)ACC 坯到坯控制模式下，轧制力在每个道次下只取一个平均值，此时 ACC 为工作状态 (I)，工作流程如图 9 所示，图中  $J = 1, 2, \dots, 5$  以上两个模块将会不断的重复运行确保中间坯无镰刀弯或楔形问题。

[0146] (2)ACC 坯到坯控制模式下，轧制力在每个道次下取 3 个平均值，水平调整量也将有 3 个值，此时 ACC 为工作状态 (II) 如图 10 所示，图中  $J = 1, 2, \dots, 5$ ，以上两个模块同样将被不断重复以消除镰刀弯或楔形。

[0147] (3)ACC 一级动态控制系统，在没有镰刀弯和楔形检测装置的情况下，此时为 ACC 的工作状态 (III) 如图 11 所示。

[0148] (4)ACC 一级动态控制系统，现场配有镰刀弯和楔形检测装置的情况下，检测信号将会反馈到控制系统。通常只在奇数道次，此时为 ACC 的工作状态 (IV)，如图 12 所示。

[0149] 进步的，热轧带钢粗轧机控制系统 (ACC) 在工作状态 (I)-(IV) 的具体工作流程可参考图 14-15。

[0150] 步骤 4ACC 控制输出与人工干预。

[0151] ACC 输出为工作侧和传动侧的水平调整量，水平调整量信号将会传送到 PLC 中的液压缸位置控制系统中。位置控制系统接收到 ACC 传输过来的水平调整量以后直接通过伺服来移动两侧液压缸，完成水平调整动作。

[0152] 如图 13 所示，ACC 的输出能够被人工直接干预，当操作工发现中间坯板型有异常情况时，可以通过操作台按钮，或画面直接中断 ACC 或输入认为修正量，来消除异常状况。

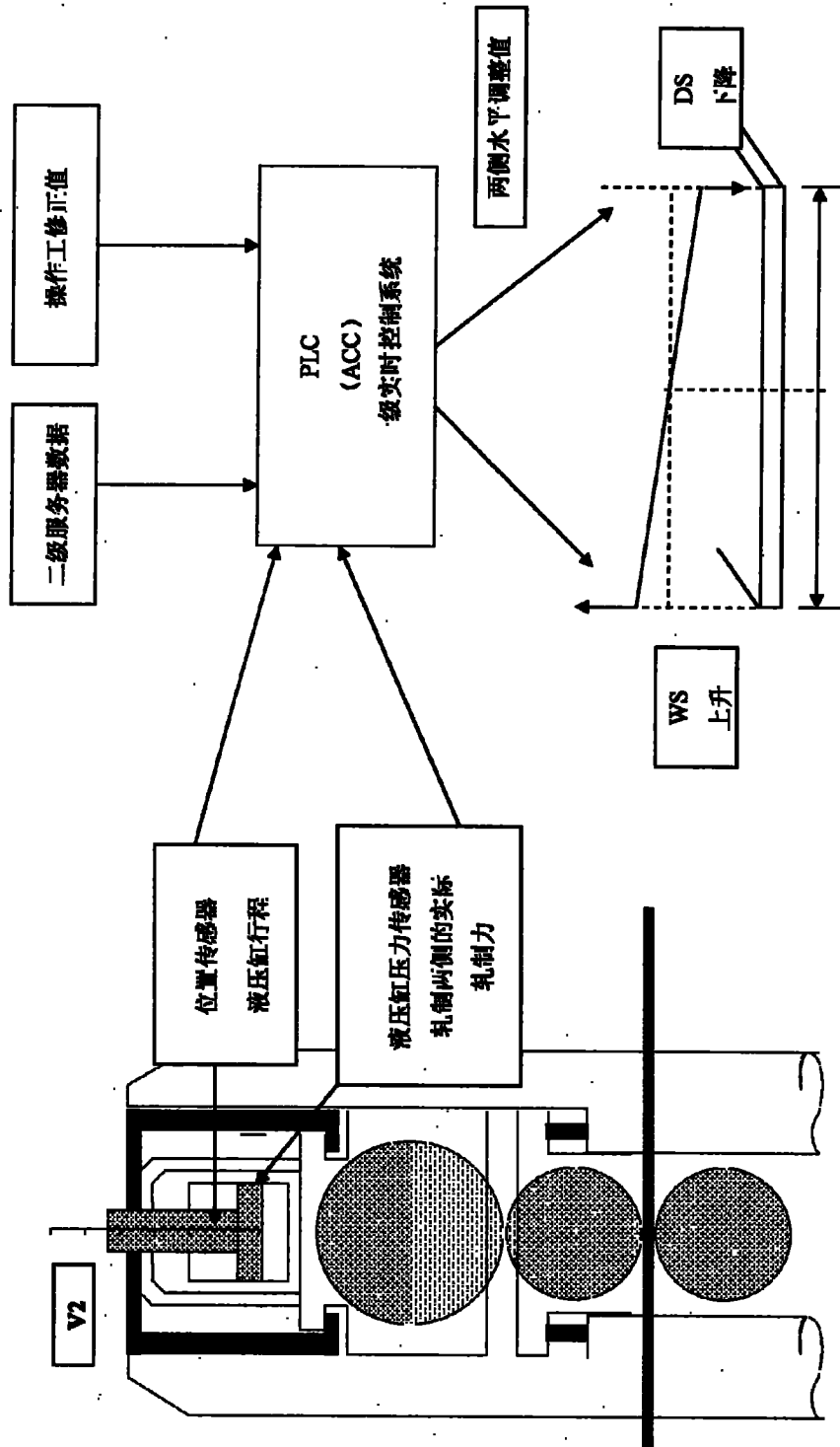


图 1

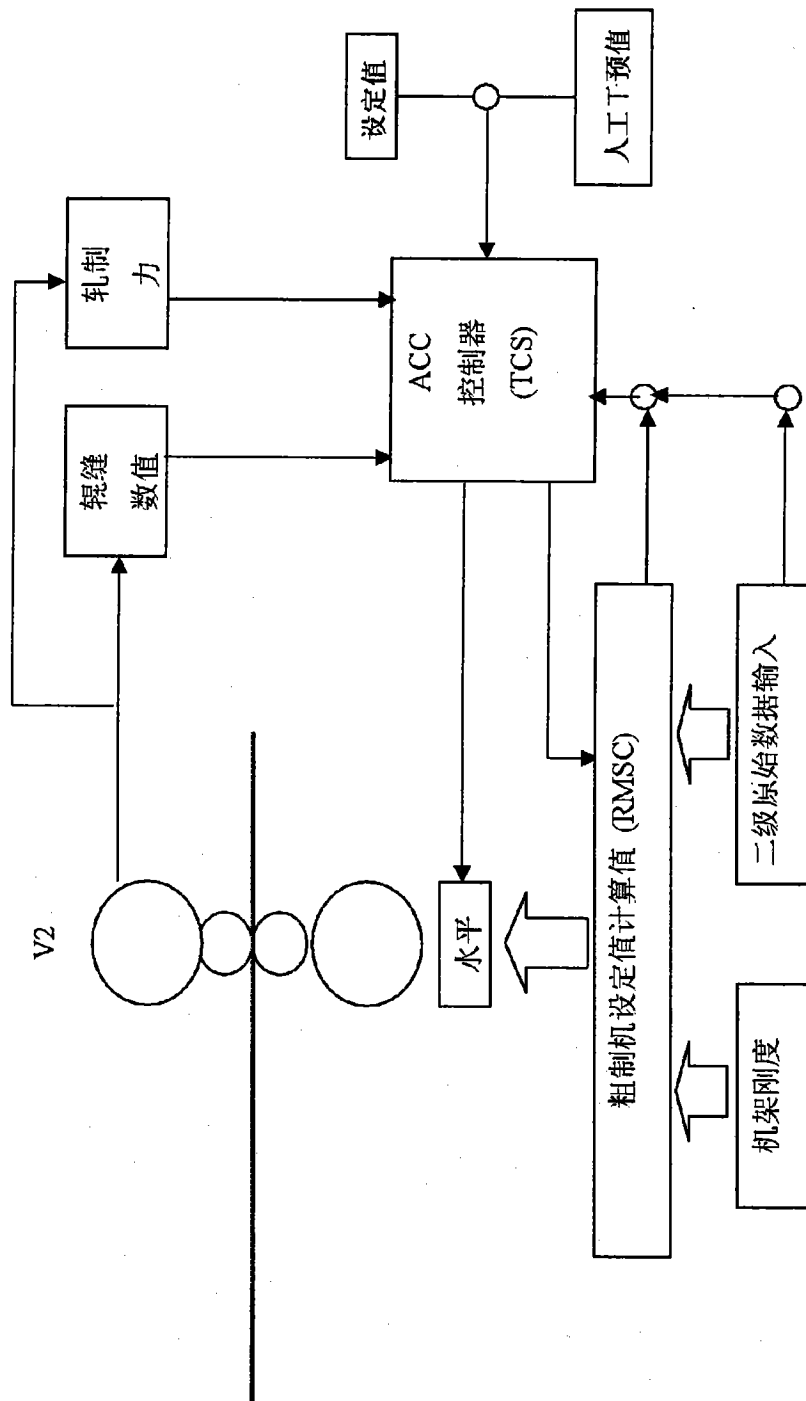


图 2

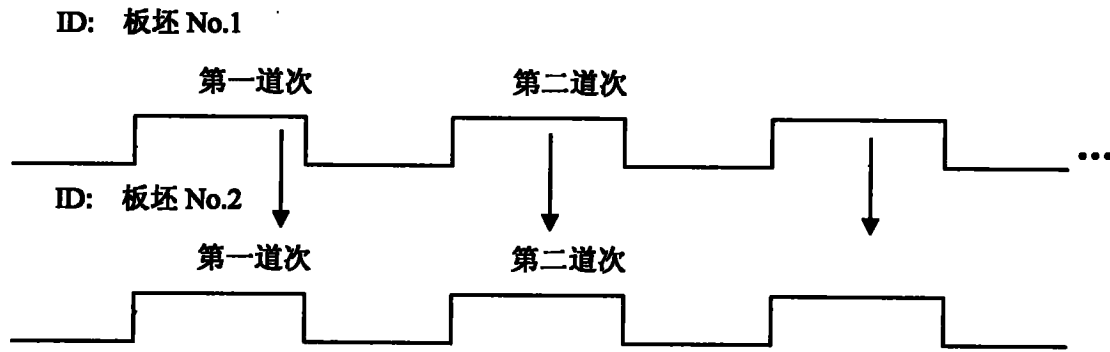


图 3a

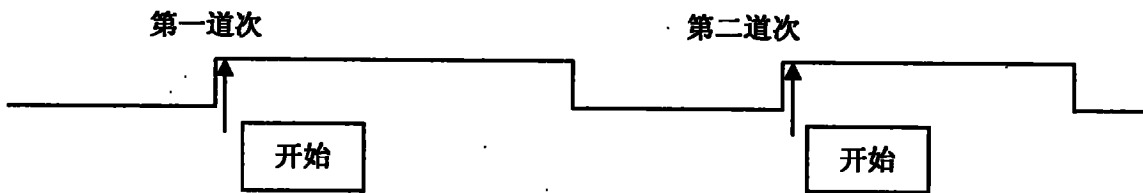


图 3b

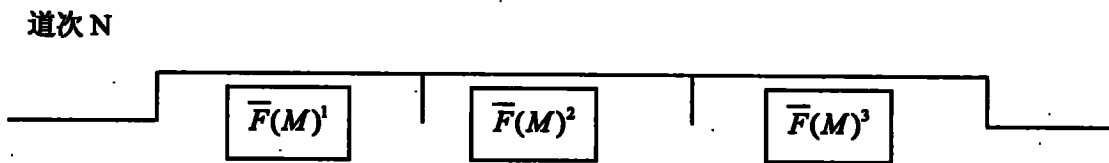


图 4

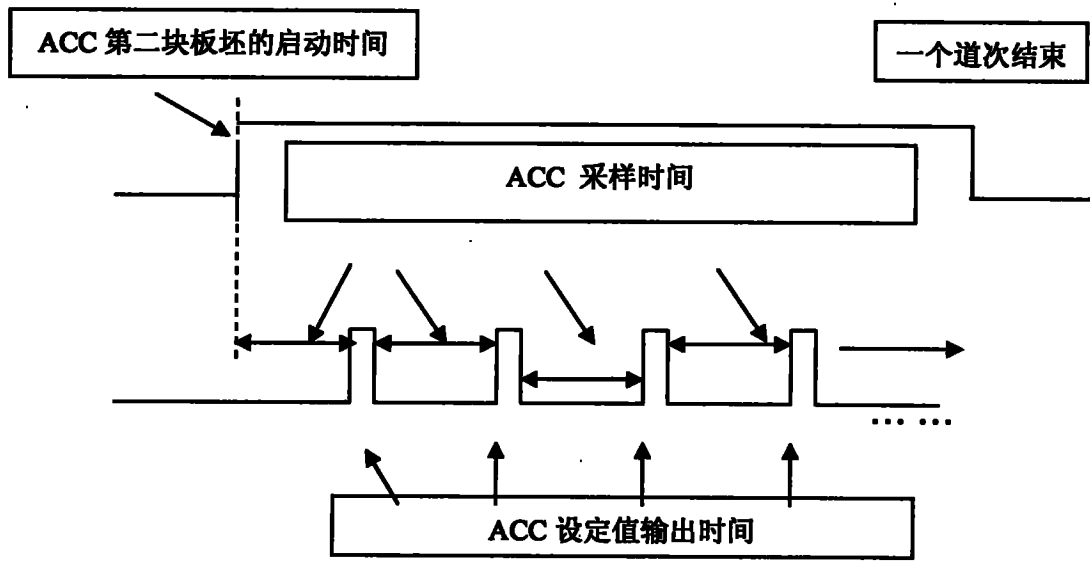


图 5a

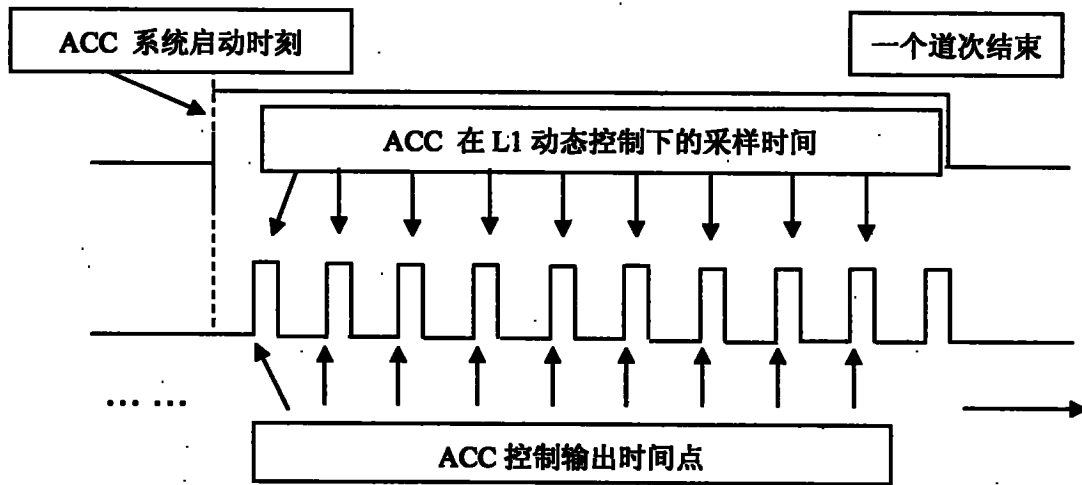


图 5b

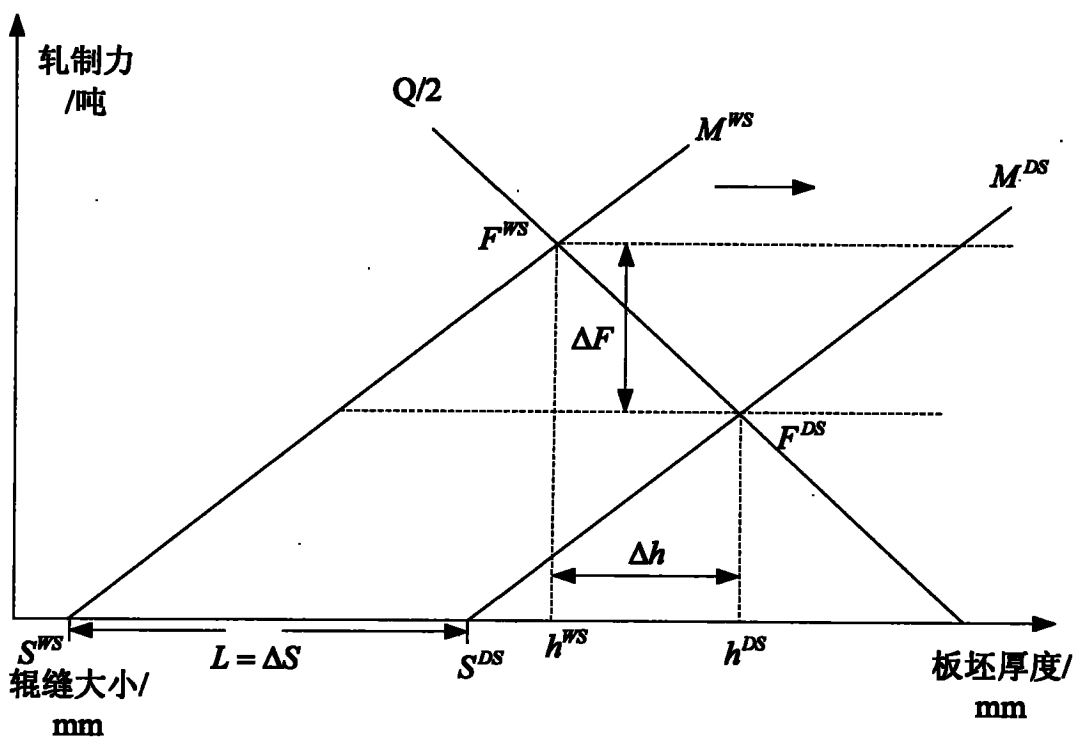


图 6

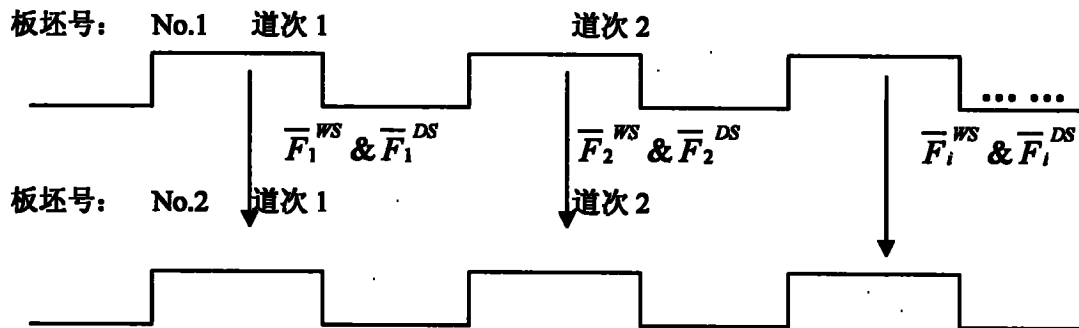


图 7a



板坯号: No.1

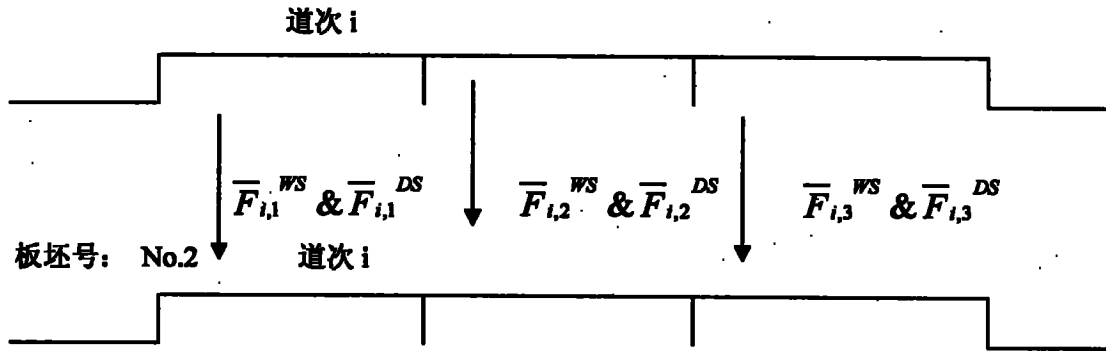


图 7b

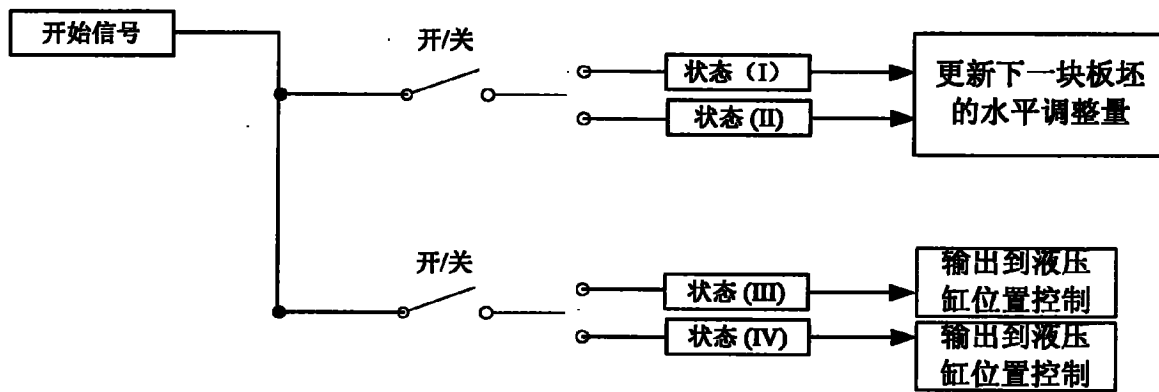


图 8

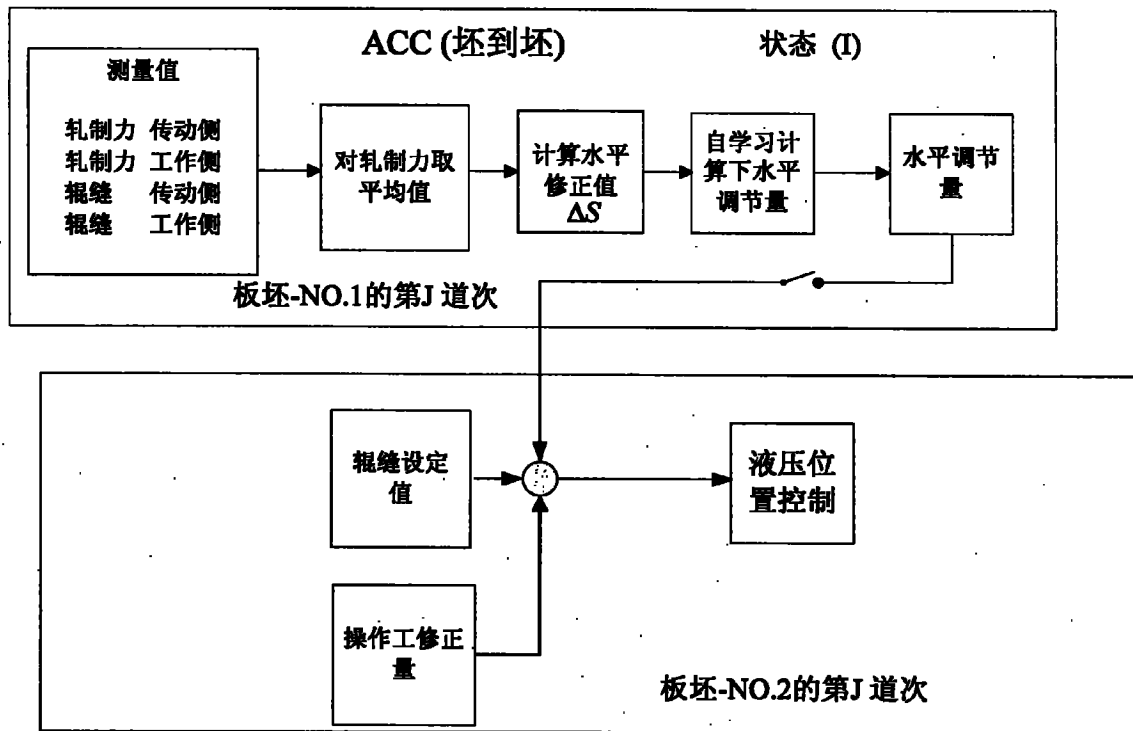


图 9

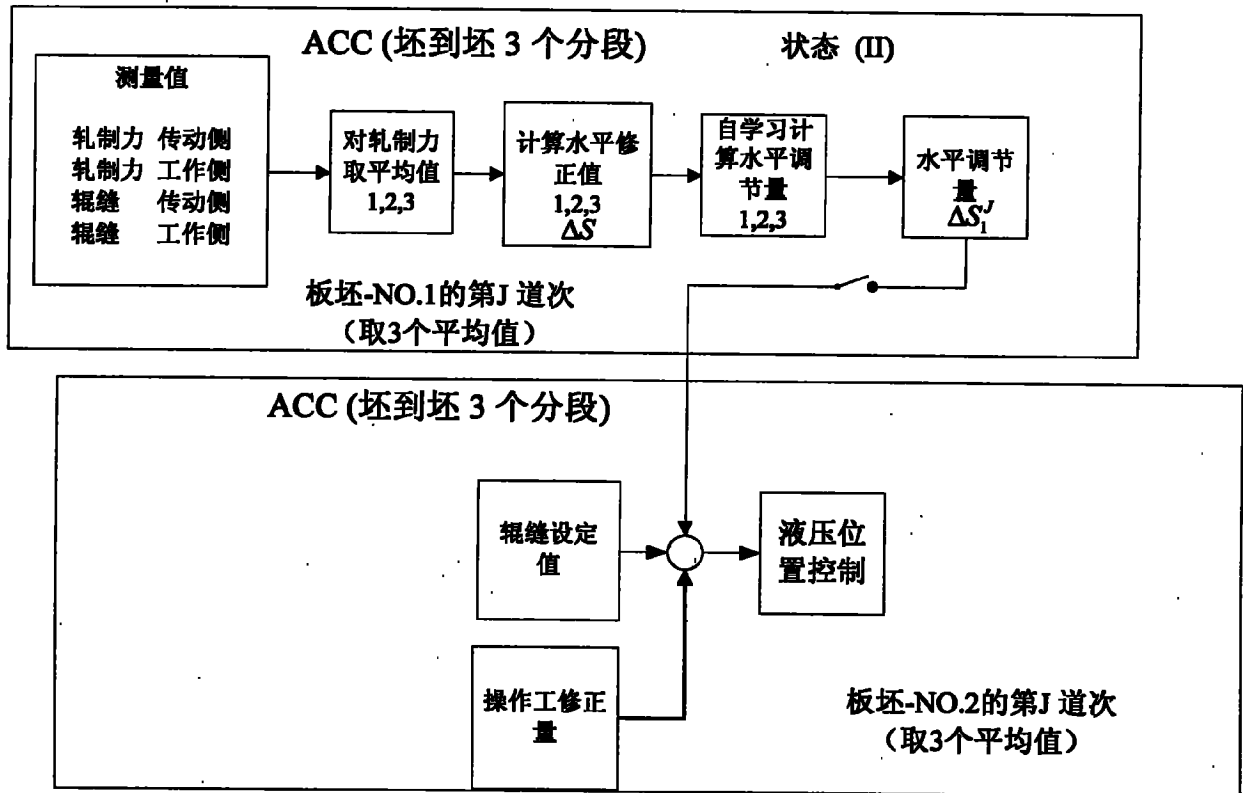


图 10

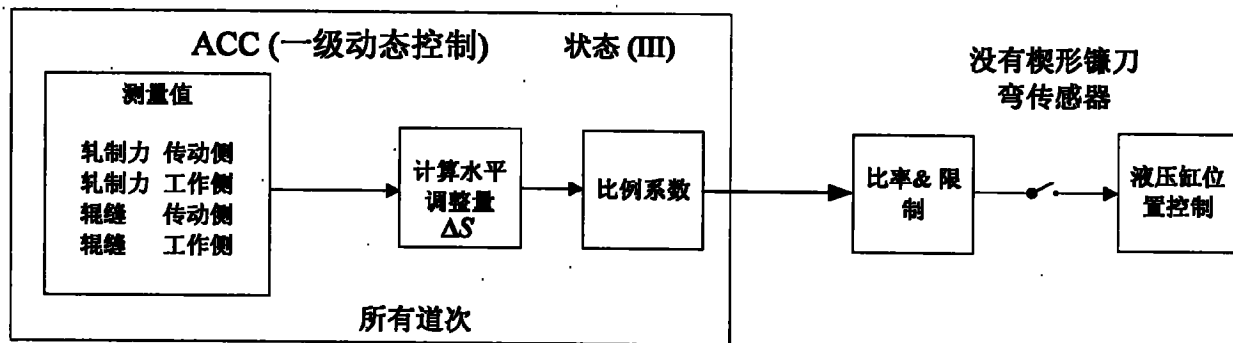


图 11

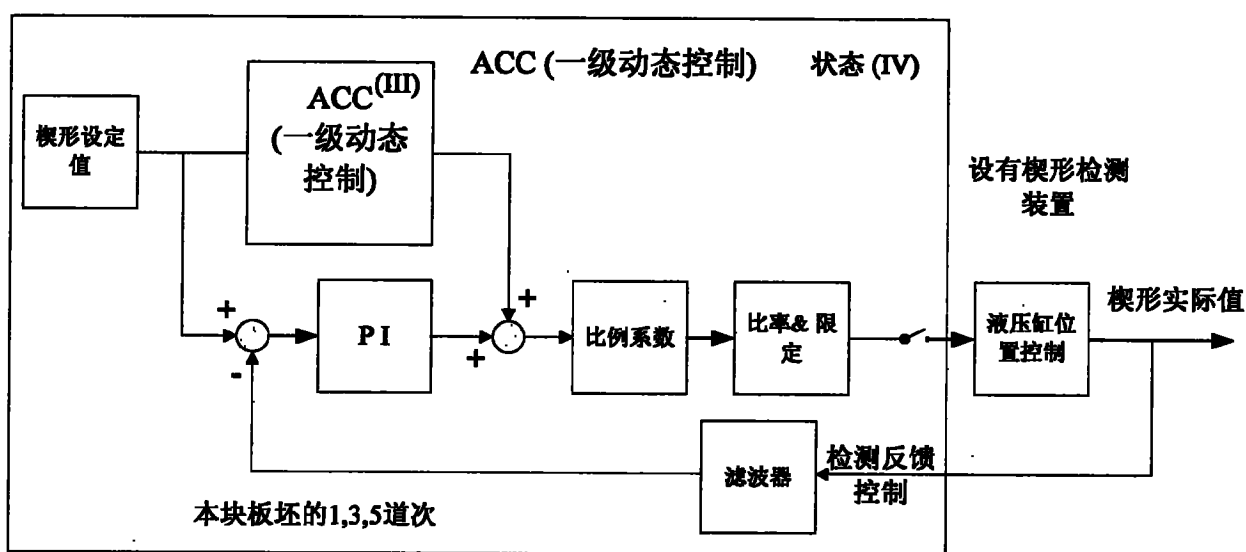


图 12

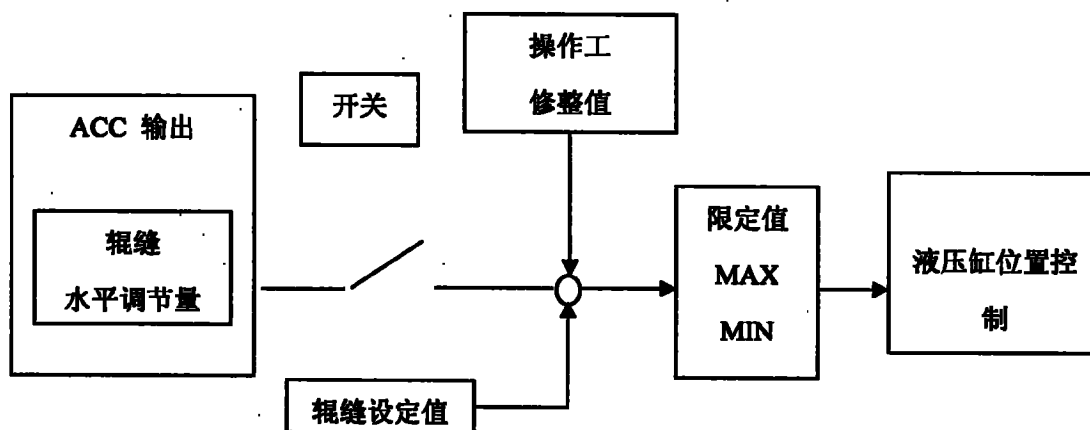


图 13

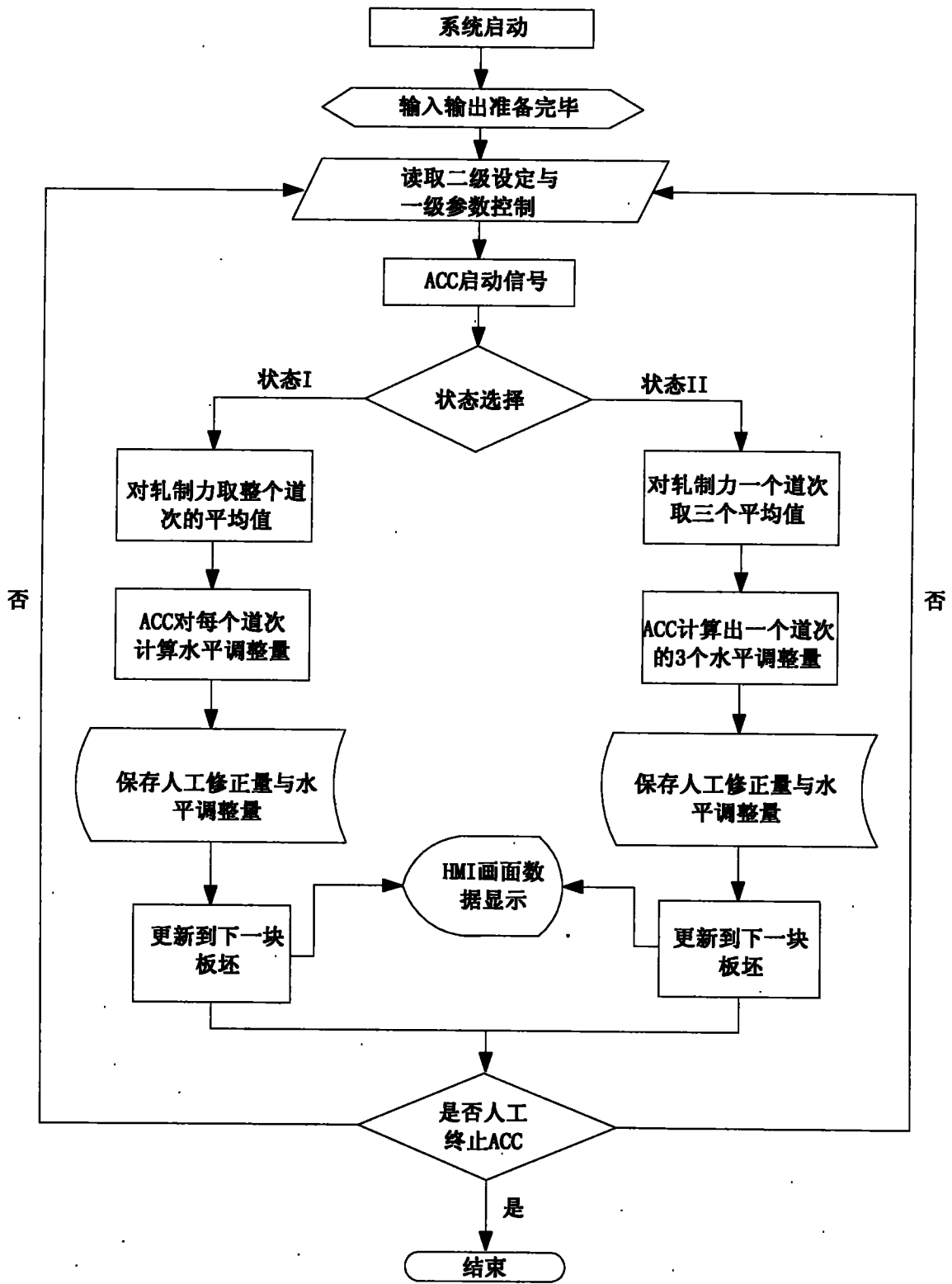


图 14

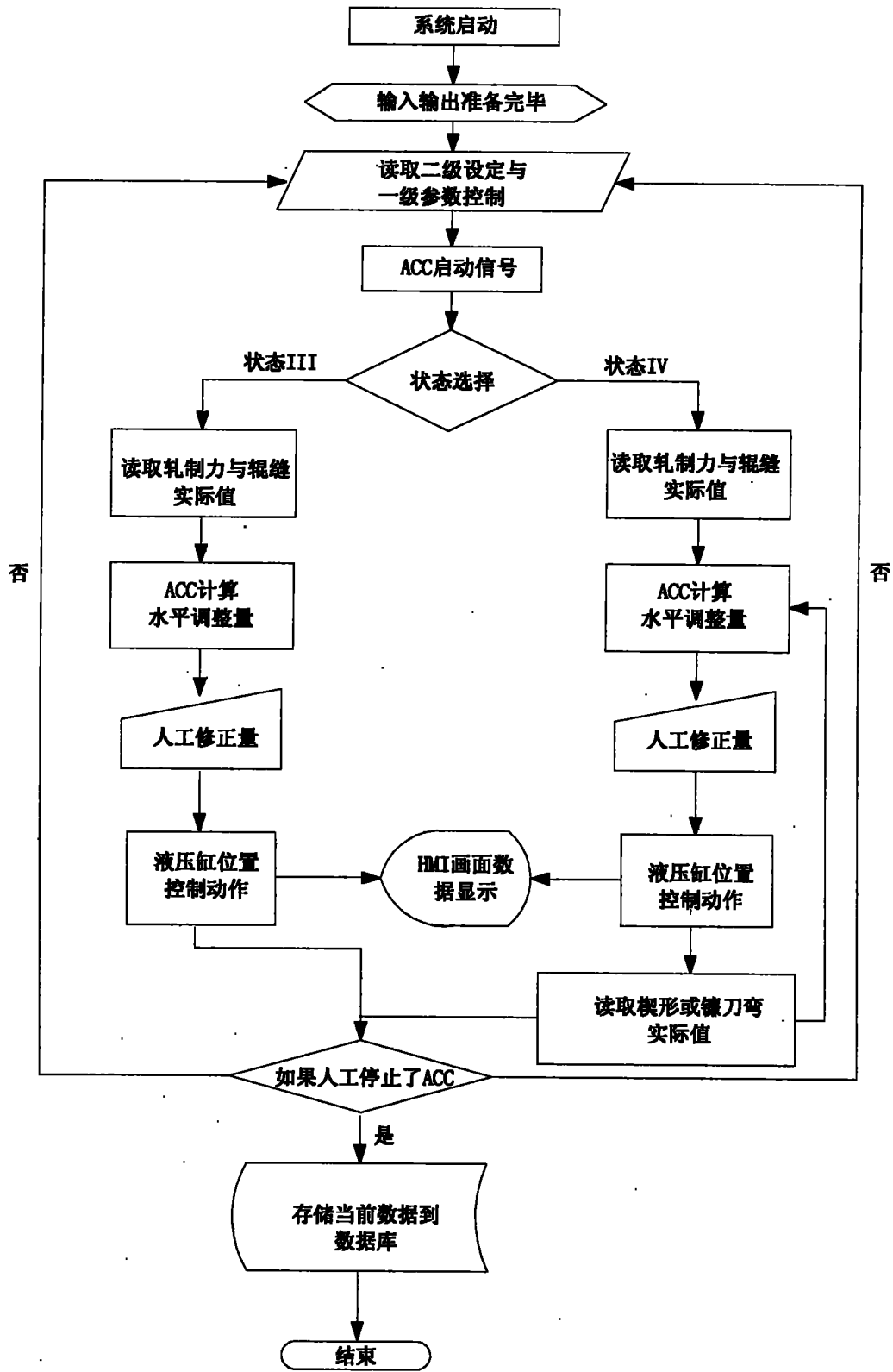


图 15