



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101256136 B

(45) 授权公告日 2010. 11. 10

(21) 申请号 200710191295. 5

审查员 王伟

(22) 申请日 2007. 12. 11

(73) 专利权人 马鞍山钢铁股份有限公司

地址 243003 安徽省马鞍山市湖南西路 8 号
技术中心

(72) 发明人 叶光平 徐璐

(74) 专利代理机构 芜湖安汇知识产权代理有限公司 34107

代理人 徐晖

(51) Int. Cl.

G01N 19/00 (2006. 01)

B21B 33/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 2374288 Y, 2000. 04. 19, 全文.

JP 58-215211 A, 1983. 12. 14, 全文.

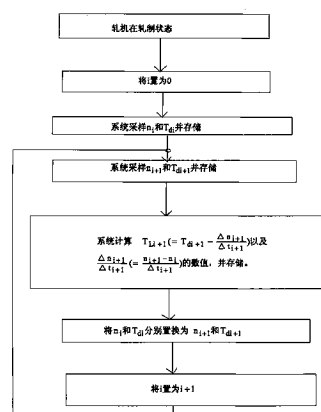
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 6 页

(54) 发明名称

轧机传动机构安全销断裂的在线诊断方法

(57) 摘要

本发明公开了一种轧机传动机构安全销断裂的在线诊断方法,该方法可直接用于轧机可编程序控制器 PLC,即轧机控制系统,设定的采样周期为 50 毫秒,不影响轧机控制系统的正常工作。轧机主传动逆变器通过通讯网线将主传动电动机实际速度和实际输出转矩传送到轧机可编程序控制器 PLC,PLC 按照本方法完成采样、计算并储存数据,然后判断安全销是否断裂。一旦安全销断裂,轧机控制系统将立刻封锁连轧机组各轧机主传动逆变器的使能信号,连轧机组自由停车,避免发生连轧机组在安全销断裂后机架间出现严重的推拉而导致的机架锁紧装置及其机架地脚板频繁被拉坏现象,保障轧机及其它设备的稳定运行。



1. 一种轧机传动机构安全销断裂的在线诊断方法,其特征在于,包括以下由计算机执行的步骤:

(1) 在轧制状态下,计算机以设定的采样周期 Δt 对轧机主传动电动机的实际速度 n_i 和实际输出转矩 T_{di} 进行采样,计算机始终存储当前采样时刻及上一个采样时刻的主传动电动机实际速度 n_{i+1} 、 n_i 和实际输出转矩值 T_{di+1} 、 T_{di} ,并在每个采样周期内计算当前和上一个采样点之间的时间段内主传动电动机实际速度变化率 Δn_{i+1} 以及当前采样时刻的主传动电动机实际负载转矩 T_{Li+1} 并存储,所述的主传动电动机实际负载转矩 T_{Li+1} 通过电动机转矩公式计算而得:

$$T_{Li+1} = T_{di+1} - (GD^2/375) \times (\Delta n_{i+1} / \Delta t_{i+1})$$

式中 GD^2 ——轧机整个传动机构折算到电动机输出轴上的飞轮惯量,牛顿·米²;

Δn_{i+1} ——两个电动机实际转速采样点之间的速度差(转/分),即

$$\Delta n_{i+1} = n_{i+1} - n_i;$$

Δt_{i+1} ——第 i 个采样周期时间

T_{di+1} ——第 $i+1$ 个采样点的电动机实际输出转矩,牛顿·米;

T_{Li+1} ——第 $i+1$ 个采样点的电动机实际负载转矩,即轧机的实际负载转矩,牛顿·米;

所述飞轮惯量由电动机转矩公式计算而得:

$$T_d - T_L = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}$$

式中 GD^2 ——整个传动机构折算到电动机输出轴上的飞轮惯量,牛顿·米²;

n ——电动机实际转速,转/分;

T_d ——电动机的电磁转矩,牛顿·米;

T_L ——电动机的负载转矩,牛顿·米,

由数字式录波仪可知空载运行转矩约为电动机额定转矩的 $k\%$,空载起动时的电动机电磁转矩约为电动机额定转矩的 $m\%$,在此转矩起动下,电动机实际速度发生 r 转/分的变化所需要的时间约为 s 秒,设电动机额定转矩为 T_{dN} ,由电动机转矩公式可得:

$$m\%T_{dN} - k\%T_{dN} = \frac{GD^2}{375} \frac{r \text{转/分}}{s \text{秒}}$$

这样,

$$\frac{GD^2}{375} = (m - k)\%T_{dN} \times \frac{s \text{秒}}{r \text{转/分}}$$

m , k , s , r 均已确定,故飞轮惯量已确定。

(2) 在完成上述采样和计算后,计算机首先根据当前采样时刻主传动电动机的实际负载转矩 T_{Li+1} 和该采样时间段内电动机的实际速度变化率 Δn_{i+1} 判断当前采样时刻安全销是否断裂,若主传动电动机的实际负载转矩 $T_{Li+1} \geq \alpha T_{dm}$ 且 $(\Delta n_{i+1} / \Delta t_{i+1}) \geq \beta$ 转/分/秒,则安全销在负载冲击下断裂;若 $T_{Li+1} \leq \delta T_{dn}$ 且 $(\Delta n_{i+1} / \Delta t_{i+1}) \geq \beta$ 转/分/秒,则安全销在无负载冲击下断裂; T_{dm} 为电动机的最大输出转矩, T_{dn} 为电动机的额定输出转矩, α 、 β 、 δ 通过对大量轧机传动机构安全销断裂事故的分析获得;若断裂,传动机构安全销断裂诊断控制程序将立刻封锁连轧机组各轧机主传动逆变器的使能信号,连轧机组自由停车。

2. 根据权利要求 1 所述的轧机传动机构安全销断裂的在线诊断方法,其特征在于:采样周期 Δt 为 50 毫秒。

轧机传动机构安全销断裂的在线诊断方法

技术领域

[0001] 本发明属轧机安全保护技术领域,尤其涉及轧机传动机构安全销断裂的在线诊断方法。

背景技术

[0002] 对于连轧机组来说,轧机传动机构安全销的断裂事故绝大多数是发生在轧机瞬时大负载冲击的情况下,这也是轧机传动机构设置安全销保护的原因,但轧机传动机构安全销也有因疲劳以及自身质量问题,在正常轧制过程中在无瞬时负载冲击的情况下而断裂的现象。然而,当某个机架在轧制过程中传动机构安全销出现断裂事故时,如果没有设置轧机传动机构安全销断裂的在线诊断功能程序,则该机架将在其上下游机架的大力推拉下继续轧钢,这将给该机架以及其上下游机架的机架锁紧机构带来严重破坏,严重时可导致轧机倾翻事故,此种事故在国内外连轧机生产线尤其是线棒以及型钢连轧生产线屡见不鲜。鉴于目前还没有一种可靠的办法能够在线及时准确地检测出轧机传动机构安全销的断裂事故,故此,至今国内外没有一家轧机机械和电气设备制造公司能够为轧机控制系统提供轧机传动机构安全销断裂的在线诊断功能程序。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是提供一种轧机传动机构的在线诊断方法,通过此方法可以比较准确及时地判断安全销是否断裂,一旦安全销断裂,计算机将立刻封锁连轧机组各轧机主传动逆变器的使能信号,连轧机组自由停车,避免发生连轧机组在安全销断裂后机架间出现严重的推拉而导致的机架锁紧装置及其机架地脚板频繁被拉坏现象,使轧机及其它设备能稳定运行。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明提供的一种轧机传动机构的在线诊断方法,包括以下由计算机执行的步骤:

[0005] (1) 在轧制状态下,计算机以设定的采样周期 Δt 对轧机主传动电动机的实际速度 n_i 和实际输出转矩 T_{di} 进行采样,计算机仅存储当前采样时刻及上一个采样时刻的主传动电动机实际速度 n_{i+1} 、 n_i 和实际输出转矩值 T_{di+1} 、 T_{di} ,并在每个采样周期内计算当前和上一个采样点之间的时间段内主传动电动机实际速度变化率 Δn_{i+1} 以及当前采样时刻的主传动电动机实际负载转矩 T_{Li+1} 并存储;

[0006] (2) 在完成上述采样和计算后,计算机首先根据当前采样时刻主传动电动机的实际负载转矩 T_{Li+1} 和该采样时间段内电动机的实际速度变化率 Δn_{i+1} 判断当前采样时刻安全销是否断裂,若断裂,传动机构安全销断裂诊断控制程序将立刻封锁连轧机组各轧机主传动逆变器的使能信号,连轧机组自由停车。

[0007] 所述的主传动电动机实际负载转矩 T_{Li+1} 通过电动机转矩公式计算而得:

[0008] $T_{Li+1} = T_{di+1} - (GD^2/375) \times (\Delta n_{i+1} / \Delta t_{i+1})$

[0009] 式中 GD^2 ——轧机整个传动机构折算到电动机输出轴上的飞轮惯量,牛顿·米²;

[0010] Δn_{i+1} ——两个电动机实际转速采样点之间的速度差（转 / 分），即

[0011] $\Delta n_{i+1} = n_{i+1} - n_i$ ；

[0012] Δt_{i+1} ——第 i 个采样周期时间

[0013] T_{di+1} ——第 $i+1$ 个采样点的电动机实际输出转矩，牛顿·米；

[0014] T_{Li+1} ——第 $i+1$ 个采样点的电动机实际负载转矩，即轧机的实际负载转矩，牛顿·米。

[0015] 所述飞轮惯量 GD^2 由电动机转矩公式计算而得：

$$[0016] \quad T_d - T_L = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}$$

[0017] 由数字式录波仪可知空载运行转矩约为电动机额定转矩的 $k\%$ ，空载起动时的电动机转矩约为电动机额定转矩的 $m\%$ ，在此转矩起动下，电动机实际速度发生 r 转 / 分的变化所需要的时间约为 s 秒，设电动机额定转矩为 T_{dN} ，由电动机转矩公式可得：

[0018]

$$m\%T_{dN} - k\%T_{dN} = \frac{GD^2}{375} \frac{r \text{ 转/分}}{s \text{ 秒}}$$

[0019] 这样，

[0020]

$$\frac{GD^2}{375} = (m - k)\%T_{dN} \times \frac{s \text{ 秒}}{r \text{ 转/分}}$$

[0021] 不同的连轧机 m, k, s, r 值不同，飞轮惯量也不同，对同一套连轧机， m, k, s, r 值是确定的，故飞轮惯量也是确定的。

[0022] 通过对轧机传动机构安全销在轧机各种运行状态下发生断裂事故的特征可知：若主传动电动机的实际负载转矩 $T_{Li+1} \geq \alpha T_{dm}$ 且 $(\Delta n_{i+1} / \Delta t_{i+1}) \geq \beta$ 转 / 分 / 秒，则安全销在负载冲击下断裂；若 $T_{Li+1} \leq \delta T_{dn}$ 且 $(\Delta n_{i+1} / \Delta t_{i+1}) \geq \beta$ 转 / 分 / 秒，则安全销在无负载冲击下断裂； T_{dm} 为电动机的最大输出转矩， T_{dn} 为电动机的额定输出转矩， α, β, δ 通过对大量轧机传动机构安全销断裂事故的分析获得。

[0023] 对于型钢、线棒连轧机来说，目前还没有在线预测和诊断安全销断裂的有效办法。为了获得稳定可靠的轧机传动机构安全销断裂的在线诊断方法，就必须充分了解轧机传动机构安全销在轧机各种运行状态下发生断裂事故的特征，以确定 $\alpha, \beta, \delta, \Delta t$ 的数值。轧机主传动逆变器通过通讯网线将主传动电动机实际速度和实际输出转矩传送到轧机可编程序控制器，再由轧机可编程序控制器通过 TC-net 以及 Ethernet 通讯网线传送到轧机数据采集和显示系统中进行显示，也即在数字式录波仪显示。可以通过录波仪显示的图形来分析安全销在轧机各种运行状态下发生断裂事故的特征，确定 $\alpha, \beta, \delta, \Delta t$ 的数值。对不同的连轧机， $\alpha, \beta, \delta, \Delta t$ 的数值可能不同，需要在大量的统计分析的基础上获得准确的数值。

[0024] 本方法可直接用于轧机可编程序控制器 PLC，即轧机控制系统，设定的采样周期为 50 毫秒，不影响轧机控制系统的正常工作。轧机主传动逆变器通过通讯网线将主传动电动机实际速度和实际输出转矩传送到轧机可编程序控制器 PLC，PLC 按照本方法完成采样、计算并储存数据，然后判断安全销是否断裂。一旦安全销断裂，轧机控制系统将立刻封锁连

轧机组各轧机主传动逆变器的使能信号,连轧机组自由停车,避免发生连轧机组在安全销断裂后机架间出现严重的推拉而导致的机架锁紧装置及其机架地脚板频繁被拉坏现象,保障轧机及其它设备的稳定运行。

附图说明

[0025] 下面结合附图对具体实施方式进行详细说明:

[0026] 图 1:15# 轧机主传动电动机空载起动的实际速度和实际电磁转矩波形

[0027] 图 2:15# 轧机传动机构安全销在瞬时负载冲击下发生断裂时的电动机实际速度和输出转矩波形

[0028] 图 3:13# 轧机传动机构安全销在瞬时负载冲击下发生断裂时的电动机实际速度和输出转矩波形

[0029] 图 4:7# 轧机传动机构安全销在正常轧制无瞬时负载冲击下发生断裂时的电动机实际速度和输出转矩波形

[0030] 图 5:轧机传动机构安全销断裂诊断控制程序的数据采样和计算处理流程图

[0031] 图 6:轧机传动机构安全销断裂诊断控制程序的安全销状态判断和处理流程图

具体实施方式

[0032] 现结合附图以马钢小 H 型钢连轧机为例来具体说明本发明是如何实施的:通过对小 H 型钢连轧机大量轧机传动机构安全销断裂事故的分析可知:(1) 在轧机咬钢和正常轧制过程中,若轧机的瞬时冲击负载过大而导致轧机传动机构安全销断裂,则轧机的瞬时冲击负载通常都在轧机主传动电动机最大容许输出转矩 T_{dm} 的 1.1 倍以上,即 $\alpha = 1.1$,并且在安全销断裂后,主传动电动机实际速度由陡然下降转变成陡然上升,并且其速度上升率通常都大于 300 转/分/秒,即 $\beta = 300$,而在轧机传动机构安全销未发生断裂情况下正常咬钢过程中,主传动电动机的实际速度在咬钢后期的回升过程中其速度上升率通常远低于 300 转/分/秒;(2) 若轧机咬钢过程中出现打滑现象而轧机传动机构安全销未发生断裂,则轧机的咬钢冲击负载一般都在轧机主传动电动机最大容许输出转矩的 1.1 倍以下,但轧机传动电动机的实际速度在咬钢打滑后的回升过程中,其速度上升率有时会超过 300 转/分/秒;(3) 轧机在瞬时冲击性负载作用下主传动电动机的实际速度并不是以一条恒定斜率的直线降速,而是以多段不同斜率的直线形式陡然下降,如下图 2 和图 3 所示,这就是说,轧机因瞬间轧卡而产生的瞬时冲击性负载在整个轧机卡阻过程中是一个变化量,这样,诊断传动机构安全销在轧机瞬间轧卡过程中是否发生了断裂,就必须计算轧机传动机构安全销在轧机负载冲击的过程中的不同段所承受的最大负载转矩是否达到了其最小剪切扭矩值;(4) 轧机传动机构安全销的断裂不仅与轧机瞬时冲击负载的大小有关,而且也与瞬时冲击性负载的作用时间长短有关,瞬时冲击负载越大,作用的时间越长,则安全销就越容易发生断裂事故,对于小 H 型钢轧机而言,较大的冲击性负载若持续 40 毫秒以上,通常即可使轧机传动机构安全销发生断裂;(5) 在正常轧制过程中,若轧机传动机构安全销在无负载冲击的情况下出现断裂,则在安全销断裂后,主传动电动机的实际速度会发生陡然升速,其速度上升的变化率将在 300 转/分/秒以上,并且轧机的负载转矩将会陡然(通常在 40 毫秒以内)降至 5%电动机额定转矩以下,即 $\delta = 5\%$ 。

[0033] 通过上述对轧机传动机构安全销发生断裂事故的特征研究,我们可知,要实现轧机传动机构安全销断裂的在线诊断,关键是如何在线实时计算轧机传动机构安全销的实际剪切扭矩,即折算到主传动电动机输出轴上的轧机实际负载扭矩。在充分考虑轧机控制系统的计算能力的前提下,为了获得较为准确有效的轧机实时负载转矩,小 H 型钢轧机控制系统的传动机构安全销断裂诊断控制程序可以将主传动电动机实际速度和实际输出转矩的采样周期设定在 50 毫秒,即 $\Delta t = 50$ 毫秒,并以 50 毫秒为一个计算周期,即以 50 毫秒为一个时间段实时计算轧机实际负载转矩。若计算机速度允许, Δt 可小于 50 毫秒, Δt 越小,诊断越精确,但从实际情况看, Δt 取 50 毫秒已完全满足要求。针对每个时间段或采样周期的轧机实际负载转矩,可以通过电动机转矩公式计算获得。

$$[0034] \quad T_d - T_L = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} \quad \text{--- (1)}$$

[0035] 上式中的 GD^2 可通过轧机传动机构空载起动过程中的电动机实际速度和转矩波形以及电动机转矩公式计算获得。

[0036] 由图 1 可知,轧机的空载运行转矩约为电动机额定转矩的 0.6%,轧机空载起动时的电动机电磁转矩约为电动机额定转矩的 8.4%,在此转矩起动下,电动机实际速度发生 446 转/分的变化所需要的时间约为 4.9 秒。这样,设电动机额定转矩为 T_{dN} ,由电动机转矩公式可得:

[0037]

$$8.4\%T_{dN} - 0.6\%T_{dN} = \frac{GD^2}{375} \frac{446 \text{ 转/分}}{4.9 \text{ 秒}} \quad \text{--- (2-2)}$$

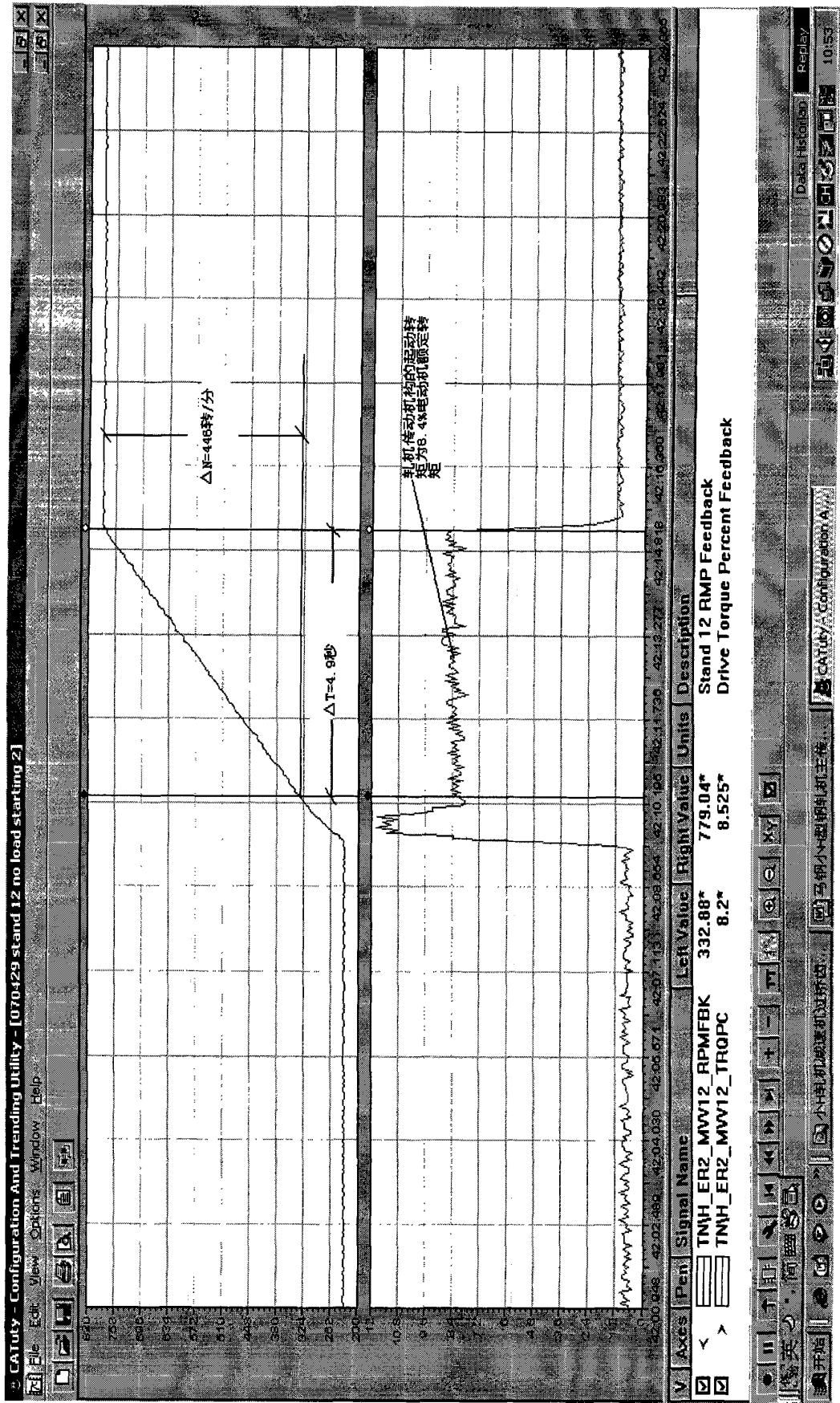
$$[0038] \quad \text{这样, } \frac{GD^2}{375} = 7.8\%T_{dN} \times \frac{4.9 \text{ 秒}}{446 \text{ 转/分}}$$

[0039] 根据轧机传动机构安全销在轧机各种运行状态下发生断裂事故的特征以及传动机构安全销断裂诊断控制程序分段实时计算所获得的轧机实际负载转矩 T_L ,并设轧机主传动电动机的额定输出转矩和最大输出转矩分别为 T_{dN} 和 T_{dm} ,现马钢小 H 型钢轧机主传动电动机的最大输出转矩 T_{dm} ($= 25\text{kNm}$) 为额定输出转矩 T_{dN} ($= 15.5\text{kNm}$) 的 1.61 倍。以马钢小 H 型钢连轧机为例,给出轧机传动机构安全销断裂的在线诊断功能程序流程图。

[0040] 马钢小 H 型钢轧机控制系统通过 TOSLINE-S20 通讯网线以 2Mbps 的传输速度从轧机主传动逆变器获得主传动电动机的实际速度和实际输出转矩。由图 5 可知,在轧机进入轧制状态后,轧机控制系统首先将 i 设为 0,然后采集传动电动机的实际速度 n_i 和实际输出转矩 d_i 并存储,50 毫秒后采集 n_{i+1} 和 d_{i+1} 并储存,并在 50 毫秒时间内系统计算 $T_{Li+1} = T_{di+1} - (GD^2/375) \times (\Delta n_{i+1}/\Delta t_{i+1})$ 和 $\Delta n_{i+1}/\Delta t_{i+1} = (n_{i+1} - n_i)/\Delta t_{i+1}$ 的数值并存储,随后系统将 n_i 和 d_i 分别置换为 n_{i+1} 和 T_{di+1} ,再将 i 置换 $i+1$,如此每隔 50 毫秒一次循环采样和计算。由图 6 可知,在完成上述采样和计算后,传动机构安全销断裂诊断控制程序首先判断当前采样时刻主传动电动机的实际负载转矩 T_{Li+1} 是否大于或等于 1.1 倍的电动机最大输出转矩 T_{dm} ,若 $T_{Li+1} \geq 1.1T_{dm}$,则说明当前和上一个采样点的时间段内的电动机负载转矩过大,有可能导致传动机构安全销断裂,这样传动机构安全销断裂诊断控制程序将判断在该采样时间段内电动机的实际速度变化率 $\Delta n_{i+1}/\Delta t_{i+1}$ 是否小于和等于零,若 $\Delta n_{i+1}/\Delta t_{i+1} \leq 0$,

则表明电动机的负载转矩仍然大于或等于电动机的实际输出转矩,同时也表明传动机构安全销还没有发生断裂。通过大量的安全销断裂事故的分析可知,轧机的瞬时负载冲击有时可能会持续数个采样周期,在这几个采样周期内,负载转矩的大小也将有所不同,有的采样段,负载转矩冲击相当大,有的则相当小。并且传动机构安全销有时在负载冲击大的采样周期内并没有即刻发生断裂,而是在后续较小的负载冲击下发生了断裂。鉴于此,一旦对应某个采样点电动机实际负载转矩大于或等于 1.1 倍的电动机最大输出转矩,传动机构安全销断裂诊断控制程序将在每个采样周期判断一次电动机实际速度变化率是否仍然小于或等于零,若电动机实际速度变化率 $\Delta n_{i+1}/\Delta t_{i+1} > 0$,则传动机构安全销断裂诊断控制程序将判断电动机实际速度变化率 $\Delta n_{i+1}/\Delta t_{i+1}$ 是否大于或等于 300 转 / 分 / 秒,若成立,则说明轧机传动机构安全销在轧机瞬时大负载冲击后发生了断裂,这样,传动机构安全销断裂诊断控制程序将立刻封锁连轧机组各轧机主传动逆变器的使能信号,连轧机组自由停车;若不成立,则轧机传动机构安全销在整个轧机瞬时负载冲击的过程中未发生断裂,这样,传动机构安全销断裂诊断控制程序又开始继续判断下一个采样周期电动机的实际负载转矩是否大于或等于 1.1 倍的电动机最大输出转矩。

[0041] 上述控制程序解决了在轧机大负载瞬时冲击下传动机构安全销断裂的在线诊断。对于正常轧制过程中传动机构安全销在无负载冲击下的断裂诊断,传动机构安全销断裂诊断控制程序采用每个采样周期判断一次轧机主传动电动机的实际速度变化率 $\Delta n_{i+1}/\Delta t_{i+1}$ 是否大于或等于 300 转 / 分 / 秒,以及电动机实际负载转矩 T_{Li+1} 是否小于或等于 5% 电动机额定转矩,若两者同时成立,则表明轧机传动机构安全销在正常轧机过程中因自身问题而发生断裂,同样,传动机构安全销断裂诊断控制程序将立刻封锁连轧机组各轧机主传动逆变器的使能信号,连轧机组自由停车。



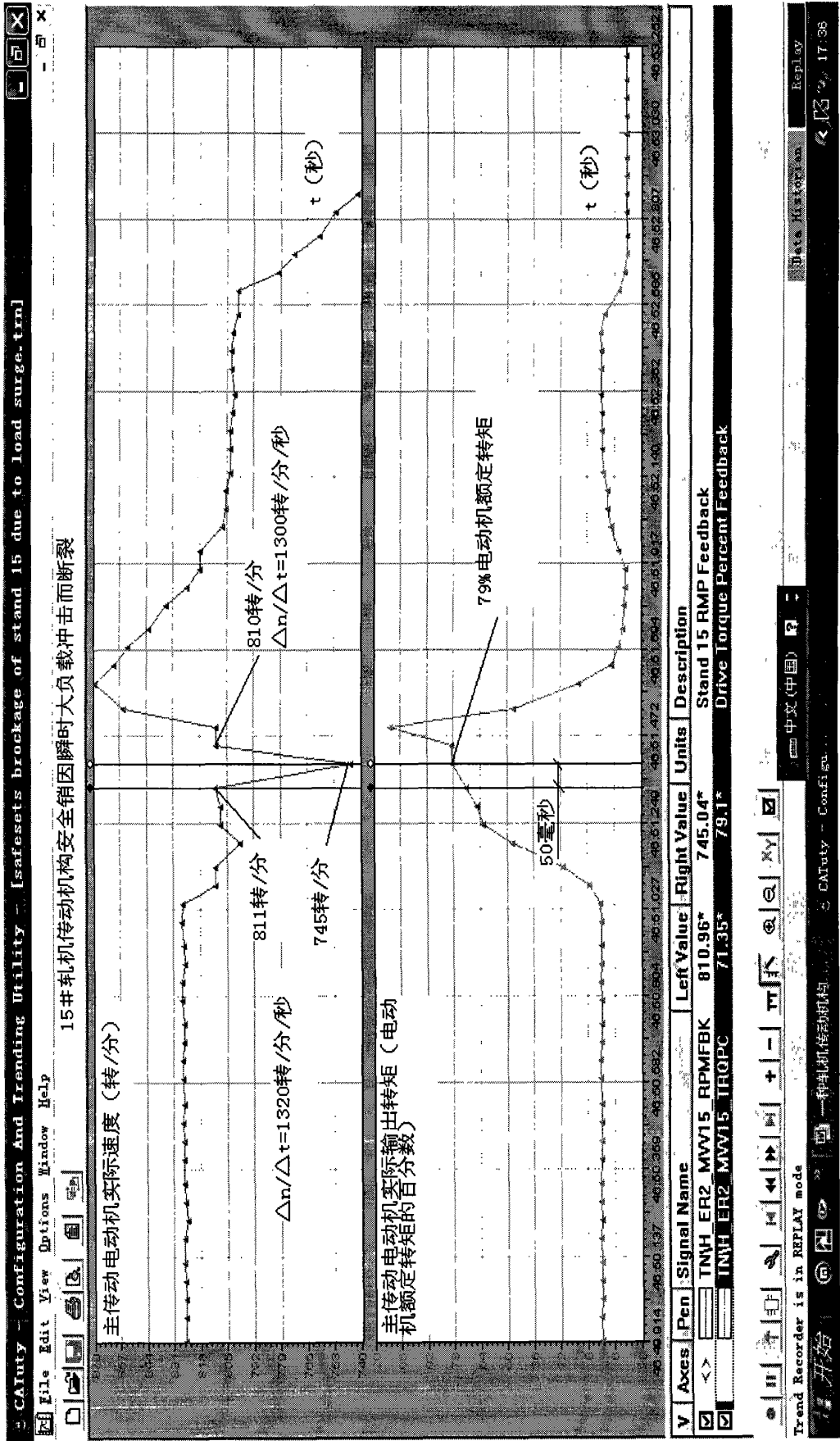


图 2

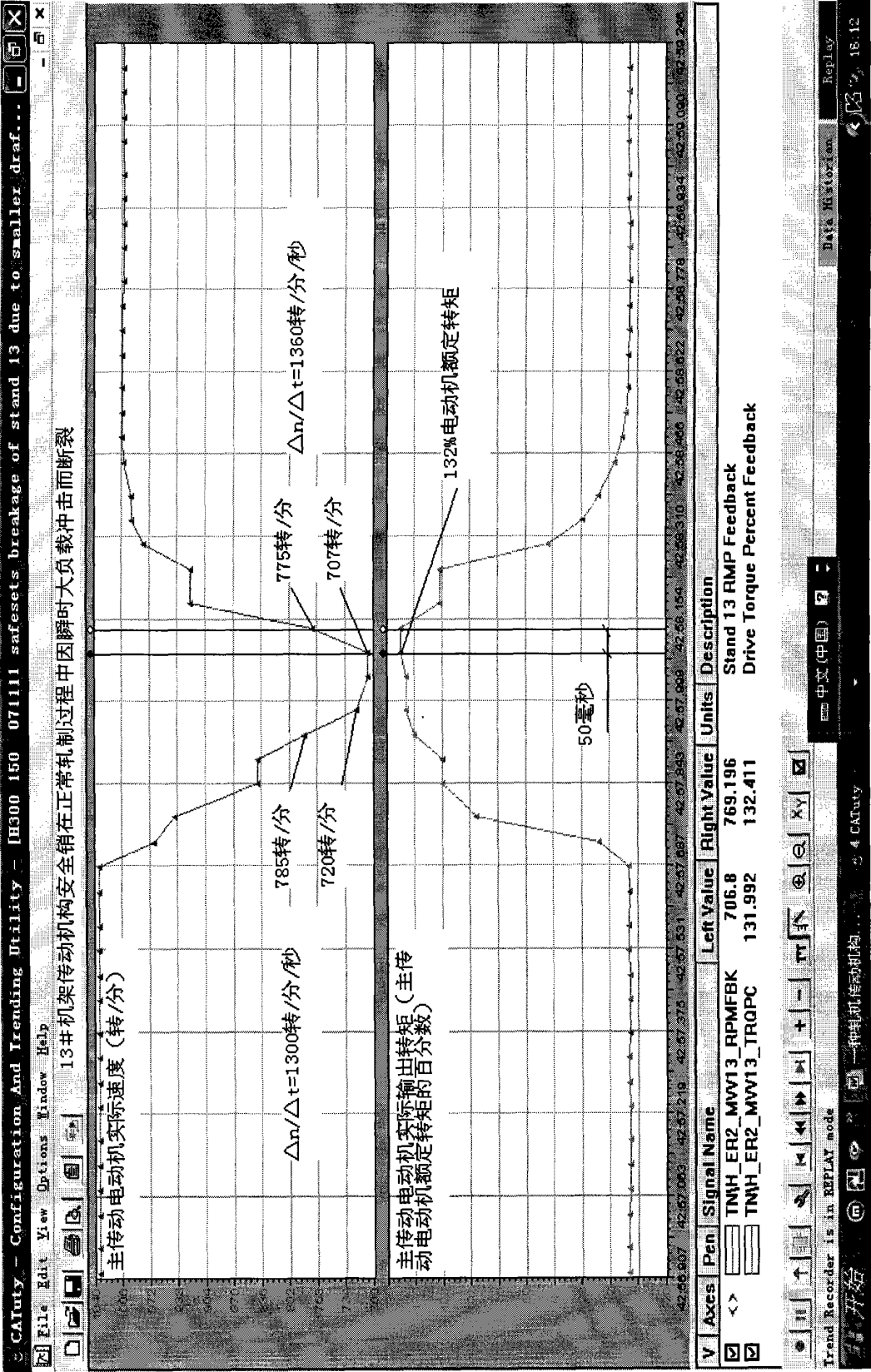


图 3

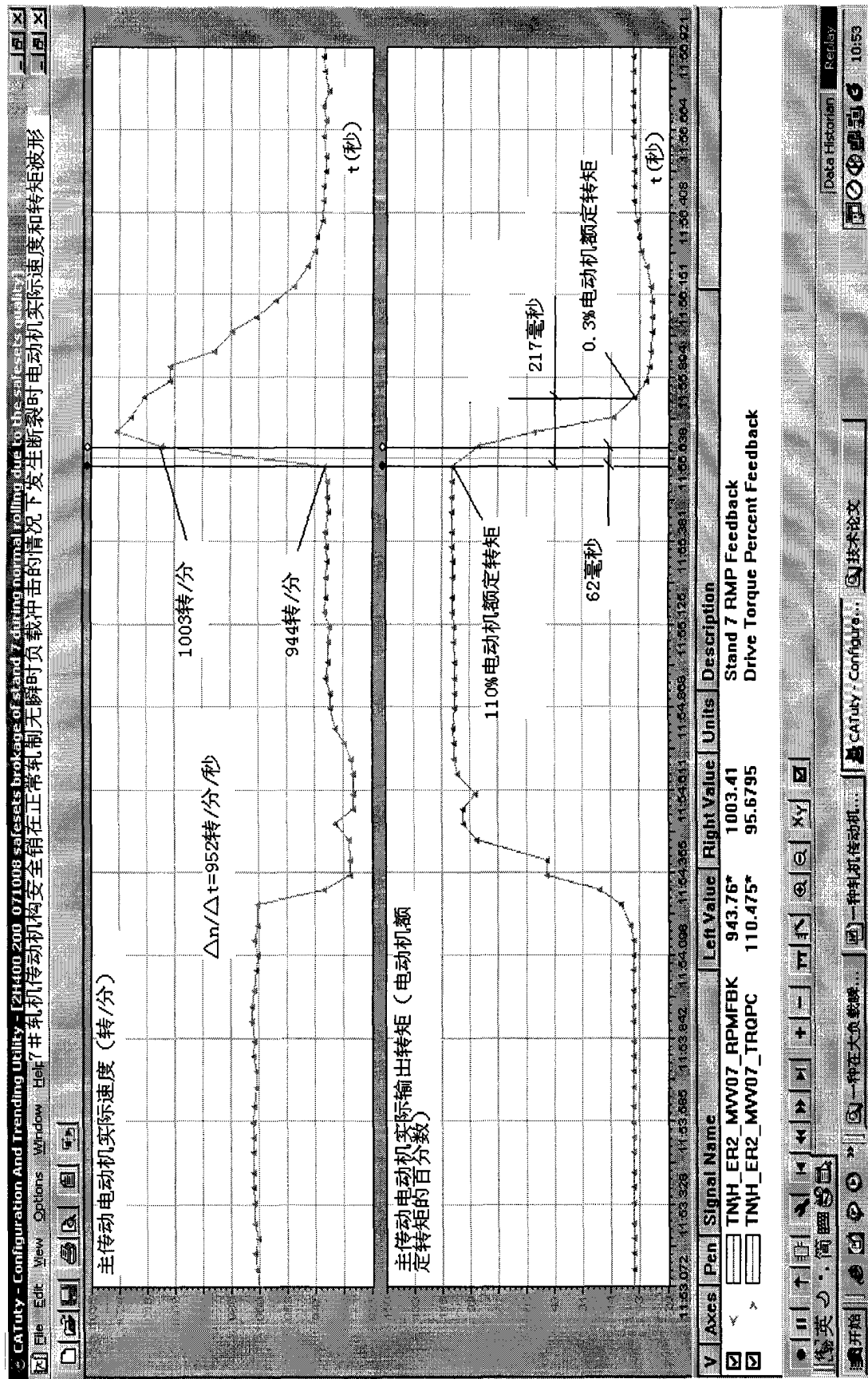


图 4

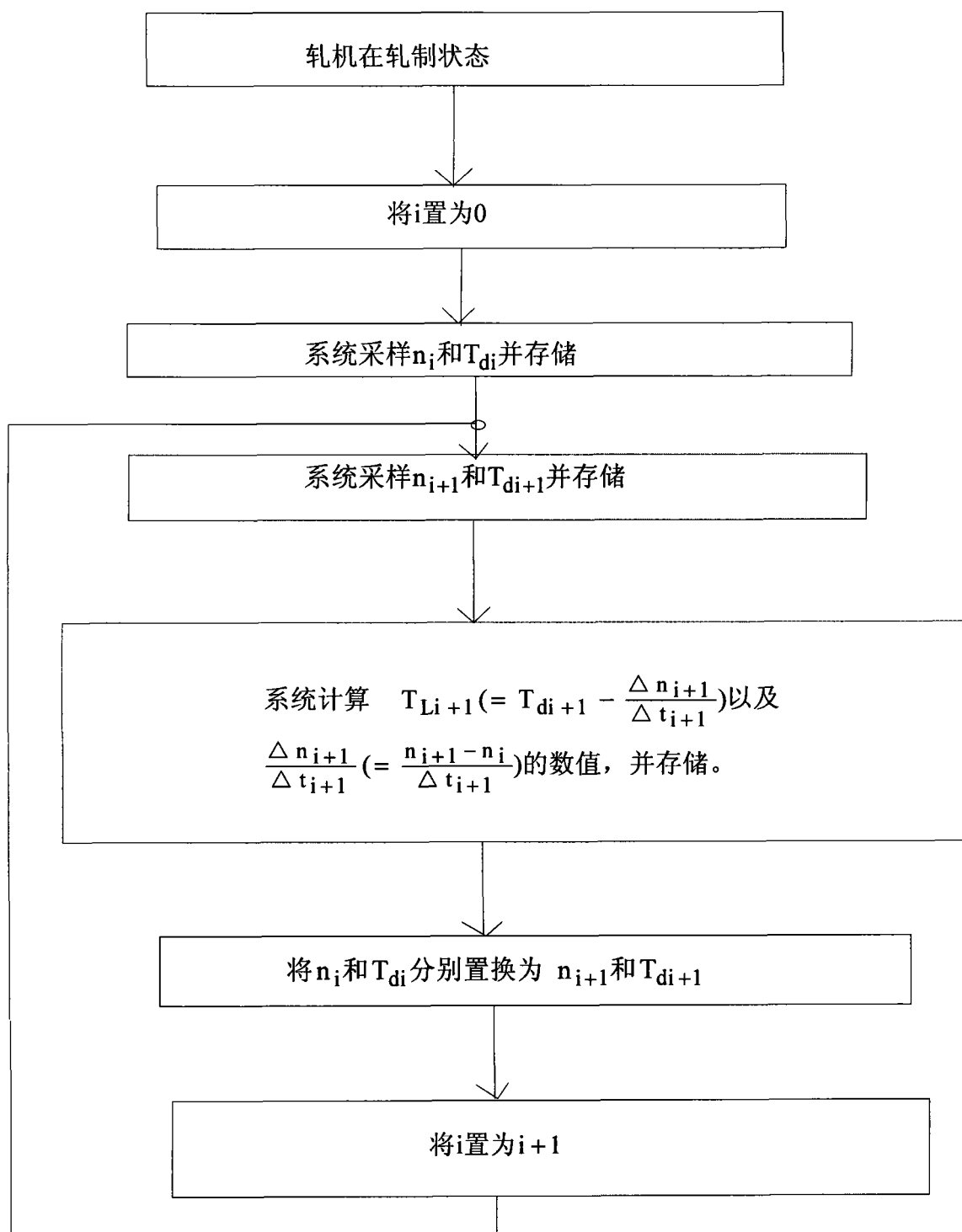


图 5

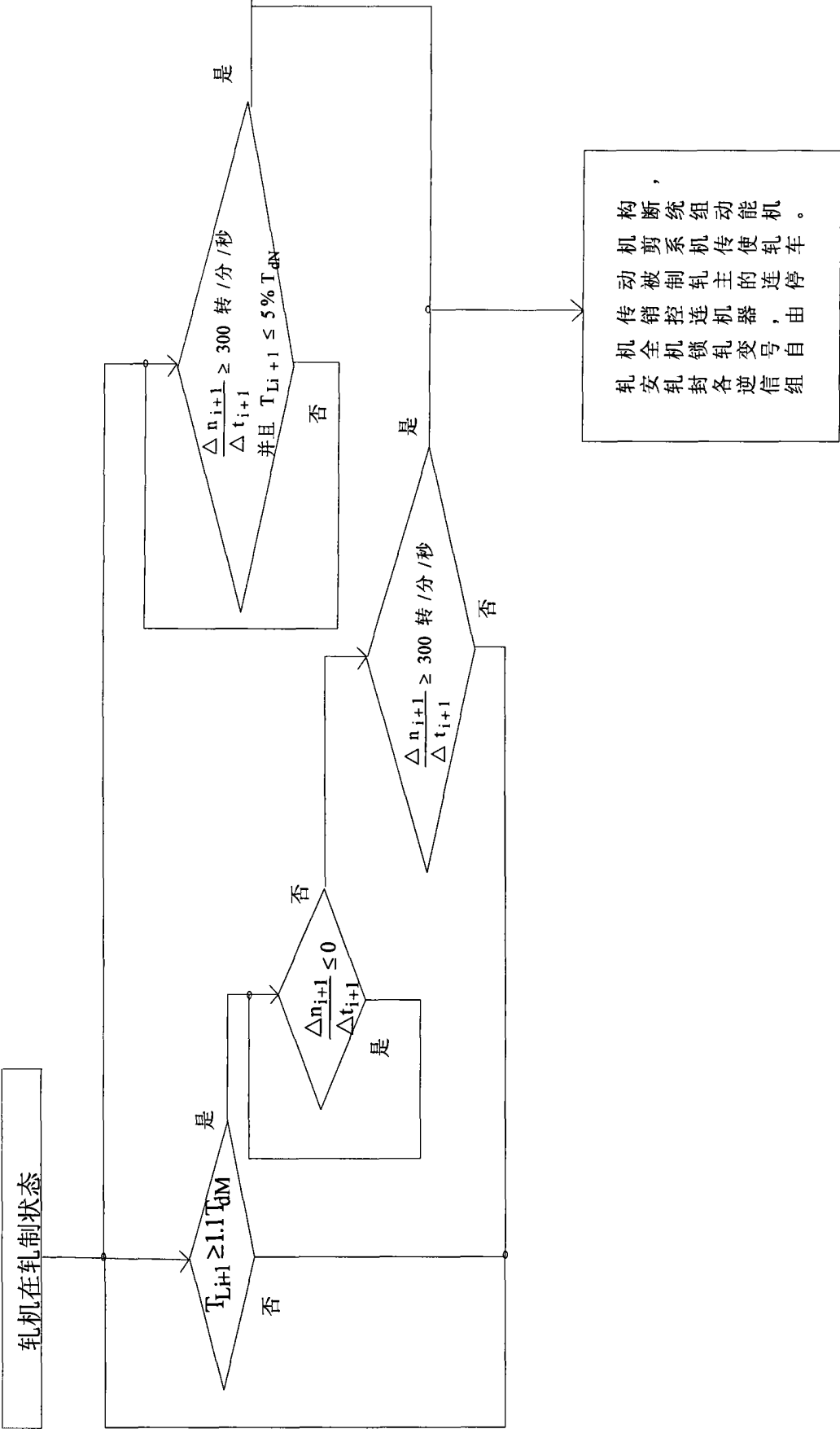


图 6