

内 部

“748”会议资料选编

工业控制与数据处理部分

“七四八”会议秘书处

一九七五年四月

出 版 说 明

在批林批孔运动普及、深入、持久发展的大好革命形势下，经国务院、中央军委批准，中国科学院、四机部、国防科委于一九七四年九月二日至十八日，在北京召开了“电子计算机技术经验交流会”(代号为“748会议”)。

根据到会同志的要求和会议领导小组决定，现将十个专业组（总体运控、计算数字、程序系统，内存贮器、结构工艺、外部设备、电源、元器件、模拟计算机、工业控制及数据处理）的技术资料，分别整理选编成册，供参考。如有错误和不妥之处，希批评指正。

“748”会议秘书处

目 录

电子计算机在煤气罩式退火炉上的应用.....	(1)
ARCH-1000 型电子计算机综合控制裂化炉与合成炉的试 验报告.....	(13)
高井电站电子计算机调试、改进和初步应用的总结.....	(27)
电子计算机在光谱分析中的应用.....	(35)
水泥窑冷却机的计算机控制系统.....	(39)
具有非线性调节函数的计算机控制系统.....	(64)
地震勘探中的数据处理问题.....	(73)
电子计算机在铁路数据处理方面的应用.....	(88)
数据处理技术的情况介绍.....	(98)
DJS-C-1型电子数据处理机在铁路运输统计中的应用.....	(101)

电子计算机在煤气罩式退火炉上的应用

一、前言

我厂党委在省、市委的领导下，以“鞍钢宪法”为指南，发扬“独立自主，自力更生”的革命精神，为加速社会主义建设的步伐，挖掘生产潜力，在设备改造中积极推广和应用电子计算机技术。无产阶级文化大革命中，在武字 250 部队（原中国科学院武汉数学计算技术研究所）的帮助下，设计、制造和安装了一台 K-351 电子计算机。厂党委对这台机器的工业试验及应用工作非常重视，热情扶植这一新生事物。试验中每前进一步，党委都给予极大的鼓励。使主体部件于 69 年调试成功，稳定运行。

领导决心大，群众干劲足。在有丰富生产经验的工人师傅直接参予和密切配合下，计算机的应用工作及时地铺开了，只经过了近三年时间的努力，就将 K-351 机于 71 年 11 月投入生产使用，全面地控制我厂热处理车间的钢板光亮退火生产。

K-351 机的使用已初显效果。不但可以大大减少看火工人在高温、有害气体下的工作时间，降低劳动强度，而且由于测温精度高，回控及时，提高了产品的质量，使产品合格率从过去人工控制时的 91—93% 提高到 94—96% 的较高水平。特别是今年三月份，热处理车间产品合格率曾达 96.44%，超过了历史最高水平。

本文将扼要叙述 K-351 机应用工作的基本情况

二、控制对象

1. 冷轧钢板生产的工艺流程：

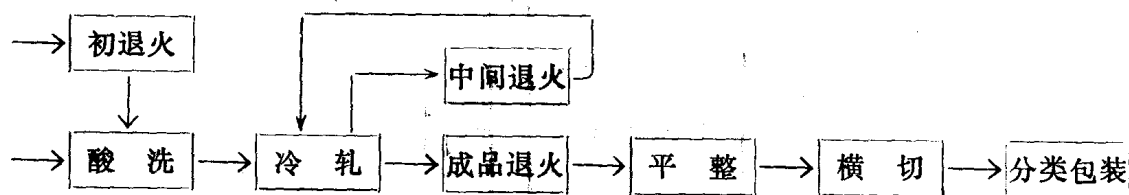


图 1

从图中可知，“退火”是冷轧生产流程中不可缺少的一道工序，它的生产状况直接影响冷轧厂产品的质量和产量。

2. 退火工艺

为了提高冷轧制后钢材的机械性能，必须进行低温再结晶退火。实现这种热处理过程的设备即是煤气罩式退火炉，简称罩式炉。

退火过程大致由三个阶段组成：加热保温和冷却。对于不同钢质，不同规格的钢卷在退火过程中又各有不同的规定。现场把这种规定称做退火工艺制度。它在“时间—温度”平面

坐标系统中对应着一条由三个阶段组成的工艺曲线。如图 2 所示：

加热阶段：是把板卷由常温加热至保温温度，但对温升速度有一定限制。

保温阶段：使钢卷里、表、上、下按规定温度均热，并实现再结晶。要求钢卷温度能在一个相当的时间里，维持在一个温度范围以内。

冷却阶段：即降温，一般在保温结束后，自由冷却，以达到退火的目的。

严格执行工艺制度是提高产品质量的保证。

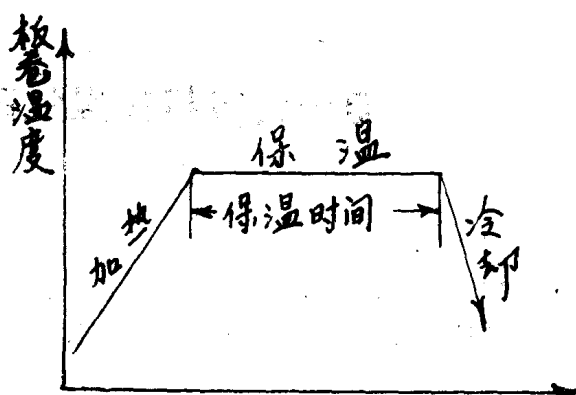


图 2

3. 罩式炉结构简介 (参看图 3)

每座罩式炉都包括炉台、氮气循环电机、内罩、外罩、烟道及煤气管道、高压风管道和调节阀门。

钢卷垛放在炉台上，扣在内罩里，内罩与外罩之间所构成的空间称为外层，燃烧着的煤气由均匀分布于外罩四周的 16 个烧嘴打入外层。

外层的废气由高压风抽出，进入烟道。

每座炉上插放 αA 型套管热电偶两支，其一置于外罩上部，探入外层，称它为“外电偶”，由它测得的温度称为“外温”，记做 T_w 。另一支电偶插放在最下层钢卷的底部，“称为内电偶”，由它测得的温度称为“内温”，记做 T_N 。

热处理车间是由罩式炉群组成。应用一台 K-351 电子计算机实现对 75 座炉退火温度的巡回检测和自动控制。

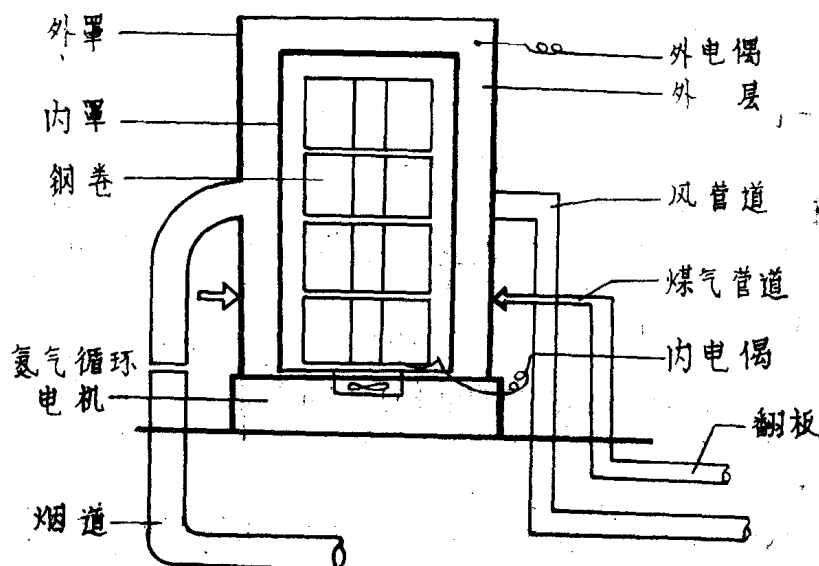


图 3

三、控制系统

为了实现罩式炉的温度自动控制，必须对控制系统有足够的了解，而首先应该探讨的是系统的特性。

1. 罩式炉环节

罩式炉做为整个系统的一个环节，可以看成是由两个具有单向性惯性环节串联而成（见图4）。

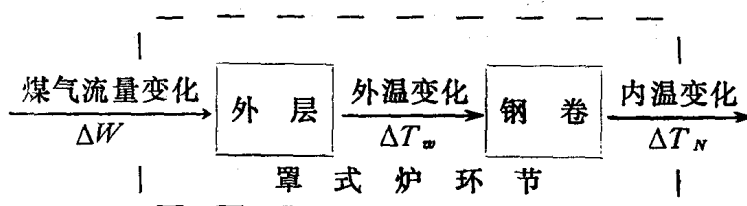


图4

第一个环节是外层部分。煤气流量的增量 ΔW 是输入，外温的变化是输出。第二个环节是钢卷。外温的变化是输入，卷温（即内温）的变化是输出。

设： x 表示输入量 ΔW ，

y 表示输出量 ΔT_N

则罩式炉环节应满足下面的微分方程：

$$T_0^2 y'' + T y' + y = kx$$

$$\text{式中：} \begin{cases} T_0^2 = T_1 \cdot T_2 \\ T = T_1 + T_2 \end{cases}$$

T_1, T_2 分别为两串联环节的时间常数， k 为放大系数。

方程的解：

$y(t) = kx \cdot F(t, T_1, T_2) + Q(t, y_0, y'_0, T_1, T_2)$ 描述了罩式炉过渡过程的反应曲线，它应依赖于 T_1, T_2, k 这三个参数。

我们是从实验所得的反应曲线中求取 T_1, T_2 和 k 的。当然，欲想直接从曲线的图型中去找 T_1, T_2 是困难的，但是从反应曲线中找辅助值 T_0 和 T_c 还是比较容易的。然后，借助于 T_0, T_c 与 T_1, T_2 的关系：

$$\begin{cases} T_0 = T_1 \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{T_2}{T_1 - T_1}} \\ T_c = T_1 + T_2 \end{cases}$$

用图解法就能得到 T_1 和 T_2 的值了。

由于生产条件的限制，我们的试验做得很粗糙，也很不充分。表格中所列出的数字是实验的部分结果。

表1 有N₂马达、升温时的特性

炉号	吨位	外 温			内 温		
		τ_1	T_1	K_1	τ_2	T_2	K_2
11	29	0	23	6.75	15	94	4.63
43	18	0	29	3.10	16	72.5	2.71
45	21	0	22	6.81	15	63	3.47
13	40	0	22.6	8.99	15	104	3.81

表2 无N₂马达升温时的特性

炉号	吨位	外 温			内 温		
		τ_1	T_1	K_1	τ_2	T_2	K_2
66	38	0	23	7.39	33	85.0	3.42
72	21	0	32.1	5.25	27	82.9	2.99
17	25	0	31.6	2.13	30	88.4	1.50
72	16	0	44.5	11.92	27	73.5	5.11

表3 有N₂马达、降温时的特性

炉号	吨位	外 温			内 温		
		τ_1	T_1	K_1	τ_2	T_2	K_2
15	46	0	73.7	6.6	25	20.2	2.33
55	29	0	56.6	3.22	24	22.4	2.33
44	21	0	58	4.69	24	21.8	3.96
75	9	0	51.1	4.74	24	30	3.83

表4 无N₂马达、降温时的特性

炉号	吨位	外 温			内 温		
		τ_1	T_1	K_1	τ_2	T_2	K_2
48	28	0	52	7.36	16	30	6.13
75	48	0	61	4.33	22	27	3.20
15	36	0	58	5.55	24	29	3.65
42	36	0	59.4	5.50	18	27.6	3.17

实验结果使我们产生了这样的印象：罩式炉是一个具有长滞后的慢过程环节。

2. 外界扰动分析

针对整个控制系统，影响其被调节量（内温）的扰动因素往往不止一个，这些因素错综复杂，不停地变化。扰动产生的原因大致可分为三类。

（1）热源波动：煤气的总流量、配比、热值、总压力等发生变化。

(2) 燃烧波动: 风量、燃烧条件发生变化, 炉座与内、外罩的配合不当以及排烟道、烧嘴、外电偶等故障。

(3) 吸热波动: 内电偶插放位置不当、钢卷各层之间疏密程度不均, 开卷, 塔型氮气循环电机工作状况不佳。

以上三类波动的任意一种都会引起内温偏离设定值。而控制系统的作用, 就是通过改变热能源物质的多少去克服这种偏离。也即是用阶跃扰动的方法去克服其他扰动给整个系统造成的后果。

控制系统本身是无法测量或预料外来扰动的强弱, 控制系统对外来扰动而言是被动的。当外来扰动的幅度超过一定范围时, 调节都将失灵。例如在生产中会遇到煤气波动大于调节作用的现象。

3. 调节阀及其特性

控制系统的调节阀是由执行电机驱动的翻板式阀门, 简称翻板。

翻板置入煤气管道, 用以调节煤气量的大小, 这是本系统中唯一的可调节量。为了便于计算机采用任意阀位调节, 应将翻板位置数量化。

设翻板全部堵截管道时的位置为 0, 则最大转角为 90° , 把 $0 \sim 90^\circ$ 这一段行程划分成 900 等分。那么, $0 \sim 900$ 之间的任何一个值都分别与翻板的一个位置相对应, 我们称这个值为阀位值。

不难看出, 翻板转动时, 管道流通面积的变化与阀位的关系是非线性的。因此, 板后流量、压降与阀位的关系也是非线性的。由于目前生产条件的限制, 计算机无法随时得知各炉的板后流量和压降, 计算机本身只能通过测出的阀位去换算成相应的流量或压降。而流量与压降又有一定的关系, 所以只要求得其一即可。

我们知道, 测量板后压降比起测量流量来得简便。于是我们对 75 个炉座的“阀位—压力”关系进行了测试。从实测的曲线中看出, 炉与炉之间各有差异, 但曲线形状大体上是一致的。为了便于计算机进行控制, 实现阀位与板后压降之间的相互转换, 我们对实测的曲线族进行回归, 确定出一条公用曲线, 用它来近似代替各炉的“阀位—压力”曲线, 方程型式为:

$$p = -1.656x^2(x - 0.9)$$

其中: p ——板后压降值 (比例因子为 10^{-4})

x ——阀位值 (比例因子为 10^{-3})

反过来根据这条公用曲线对各炉翻板又进行了调整, 使得每个炉翻板的实用曲线与公用曲线更加接近。

4. 控制系统结构

该温度控制系统是要对 75 个罩式炉的退火过程实现群控。而对每个单一的炉座来讲, 控制方法是一致的。分别由计算机自动接通采样开关 K_7 进行实时控制。大致结构如图 5。

5. 计算机的作用

K-351 计算机用于罩式炉温度自动控制系统后, 它的主要职能为:

进行巡回检测;

根据各炉钢样, 自动选择工艺规范;

进行过程控制计算;

直接数字控制, 整定翻板;

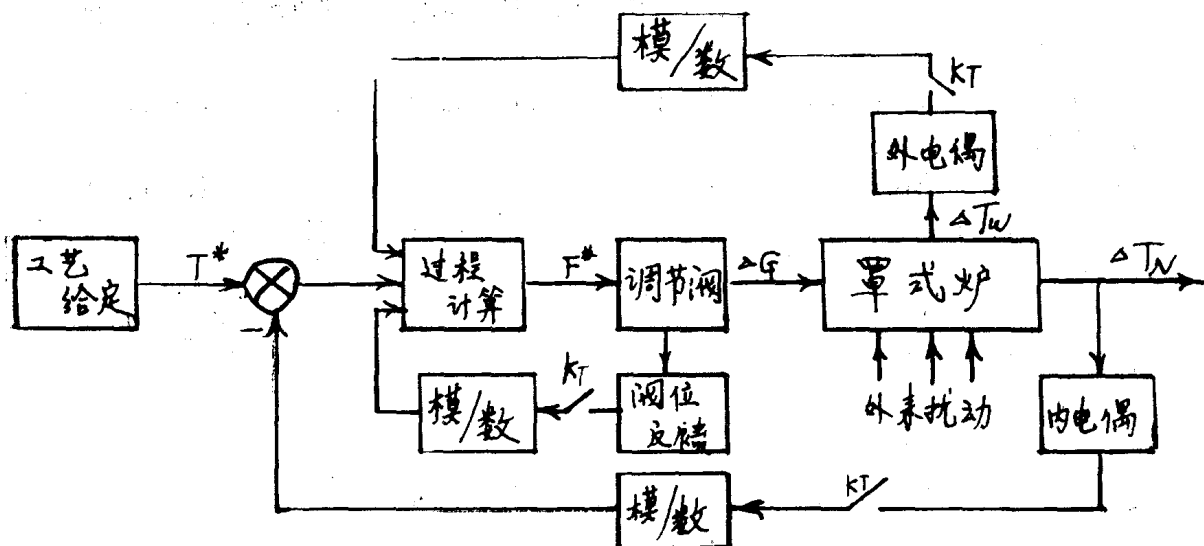


图 5

保温、吊罩、出炉等生产呼叫；
参数显示；
越限报警；
定时生产制表等。

四、数学模型

应用数字式电子计算机控制生产，必须给出有关参量之间的数量关系，把控制对象的生产规律用数学公式表达出来。K-351 控制系统的数学模型工作主要是建立过程控制计算的模型，其中较重要的是温度调节计算公式。即实测温度与给定值出现偏差以后的校正计算。

1. 因素分析

为了摸索控制规律，我们首先组织了有现场生产工人参加的“三结合”试验小组。进行开环控制实验，定时记录温度、阀位的变化规律。经过两个多月的努力，我们积累了大量的第一手数据资料，这是我们数学模型工作的起点。

根据 K-351 机的特点，对于每一个炉，可控变量只是阀位值 x ，而不可控变量也仅只有内温 T_n 和外温 T_w 两个，可以由主机测得。

在自动控制理论里，关于调节规律及过渡过程的分析中可知，调节方程中自变因素应包括：

实测值与设定值的偏差记做 X ；
实测值的变化率，记做 ΔX ；
实测的二阶变化率，记做 $\Delta^2 X$ ；
调节周期，记做 τ 。

事实上，这些因素对调节量的影响在我们所做的开环实验的记录中，已明显地反映出来。这里调节量即是我们计算所得的输出增量 ΔY 。只要适当选择调节周期 $\tau \Delta Y$ 就可以表

达成关于 $X, \Delta X, \Delta^2 X \dots$ 的函数形式。为了使函数形式呈线性关系式, 必须选择这样的 ΔY , 使得它与诸自变因素之间有较好的线性关系。那么, ΔY 做为计算结果应该选择什么样的量较为合适呢? 应从阀位、压降、流量三者之中选择其一。很明显, 如果煤气热值恒定的话, 流量的大小与温升应该成正比变化。根据流量与压降的关系,

$$G = a \varepsilon F_0 \sqrt{\gamma g p};$$

以及阀位与压降的关系:

$$p = -1.656x^2(x - 0.9);$$

相比较, 对于温升, 在一个不大的变化范围里, 压降 p 要比阀位 x 的线性度要好。

又因为压降比流量较易测量, 所以我们在线性计算公式中所得的输出增量 ΔY 是以压降的增量形式 Δp 给出的:

$$\Delta p = aX_N + b\Delta X_N + c\Delta X_W + \dots$$

(角标上大写字母 N, W 分别为内温和外温的标记)

2. 调节计算公式

在长期的工业试验中, 综合了几个方案的特点, 形成了目前方案中使用的计算公式 (71年9月):

(1) 控制内温的调节计算

$$\Delta p_n = -k_{\text{内}}[0.5(T_{Nn} - T^*) + 1.006(T_{Nn} - T_{Nn-1}) + 0.0468(T_{Wn} - T_{Wn-1}) - 0.006\Delta p_{n-1}]$$

式中:

Δp_n ——计算机第 n 次输出的板后压降增量 (单位为毫米汞柱, 比例因子为 5×10^{-4})

T_{Nn} ——第 n 次内温测量值 (单位为 1°C , 比例因子为 10^{-3})

T^* ——保温温度 (单位为 1°C , 比例因子为 10^{-3})

T_{Wn} ——第 n 次外温测量值 (单位为 1°C , 比例因子为 10^{-3})。

$k_{\text{内}}$ ——放大系数, 其值与装炉量有关, 它由下面几个等式给出。

有 N_2 马达, 升温时: $k_{\text{内}} = 0.1353D + 0.235$

有 N_2 马达, 降温时: $k_{\text{内}} = 0.1286D + 0.335$

无 N_2 马达, 升温时: $k_{\text{内}} = 0.1420D + 0.134$

无 N_2 马达, 降温时: $k_{\text{内}} = 0.1261D + 0.101$

(此处升、降温系指内温而言),

式中 D 为装炉量的整数部分, $k_{\text{内}}$ 的比例因子为 10^{-1} 。

(2) 控制外温的调节计算

$$\Delta P_n = -k_{\text{外}}[0.6666(T_{Wn} - T_{W}^*) + 0.0468(T_{Wn} - T_{Wn-1}) - 0.006\Delta P_{n-1}]$$

其中 T_{W}^* 为外温的设定值。计算机区别不同阶段, 根据工艺制度自动给出。

自由升温段:

$$T_{W}^* = 600^\circ\text{C}$$

升速控制阶段:

$$T_{W}^* = T^* + \Delta T;$$

式中 T^* 为工艺制度中内温的保温温度, 而

$$\Delta T = \begin{cases} 30^{\circ}\text{C}, & \text{当有 } N_2 \text{ 马达时,} \\ 50^{\circ}\text{C}, & \text{当无 } N_2 \text{ 马达时.} \end{cases}$$

保温阶段当内电偶故障时,按下式确定 T^* 的值:

$$T_w^* = \frac{t_B - t_b}{t_B} \times \Delta T + 10^{\circ}\text{C} + T^*$$

式中 t_B : 工艺制度给出的保温时间 (单位 1 分);

t_b : 已保温的时间 (单位: 1 分);

T_w^* 的单位是 1°C , 参加 Δp_n 的计算时比例因子为 10^{-3} .

$k_{\text{外}}$ 亦称放大系数, 由下列方程给出:

外温升温时: $k_{\text{外}} = 0.0385D + 0.469$;

外温降温时: $k_{\text{外}} = 0.0385D + 0.637$

$k_{\text{外}}$ 的比例因子亦为 10^{-1} .

(3) 调节计算公式的几点说明

a. 计算结果给出了 Δp_n , 它与实测阀位值 F_n 所对应的 p_n 求和, 即得到了压力整定值:

$$p^* = p_n + \Delta p_n \quad (\text{比例因子为 } 5 \times 10^{-4})$$

当然, 不能直接用 p^* 去整定翻板, 而需要把 p^* 再换算成阀位整定值 F^* 。不难看出, F^* 是方程:

$$-0.8278x^2(x-0.9) - p^* = 0$$

的根。当 p^* 在 $[0, 0.8000]$ 取值时, 方程有一实根, 用比例求根法就可解出。

b. 从对罩式炉特性参数的测定中 (参看表 1-4) 可以看到装炉量、升温、降温、有无 N_2 马达等诸因素对罩式炉特性的影响。反映到调节计算中来的就是放大系数 k 。

c. 公式中所有的系数均由实验确定。对试验结果进行统计分析, 找出各自的取值范围, 然后用二分法取值, 再引入到闭环控制中考验。

d. 实践表明, 该计算公式在正常生产中对大部分炉座可将保温阶段的温度长时间地维持在 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 以内。

3. 控制温度升速的计算

在加热阶段, 当外温尚未越限时, 计算机按工艺制度给出了内温升速的上、下限, 即升速 v 应满足不等式:

$$v \leq v \leq \bar{v}$$

这里要求计算机选择一个适当的阀位, 把升速控制在工艺制度所允许的范围以内。

因为各炉的生产状况千差万别, 所以我们希望计算机能够自寻一个阀位, 用来实现对升速的控制, 目前采用的方法是“优选法”。只要经过几次调整就能确定出我们所要求的阀位。使得升速落入给定范围。实现的方法是: 进入控制升速阶段以后, 首先给出一个初始压力值 p_{03} , 此后的调整就以 p_{03} 为起点。当升速第一次越限时, 用下面的计算公式算出初次的调节增量:

当 v 越上限时: $\Delta p_0 = -0.382(p_{03} - p_{\min})$

当 v 越下限时: $\Delta p_0 = -0.382(p_{03} - p_{\max})$

其中 $p_{\min}$ 和 $p_{\max}$ 分别为加热阶段所允许的板后压力降的最小值和最大值。

用 $p_i = p_{0i} + \Delta p_i$ 所对应的阀位值去调整翻板, 观察升速在下一个周期的值 v_{i+1} , 如若已满足升速要求, 就不再进行调整了。否则将按等式:

$$|\Delta p_n| = 0.618 |\Delta p_{n-1}|$$

计算出当次调节增量的绝对值, 然后依调节方向确定符号。只要外界环境在较长时间内是相对稳定的, 一般地说, 只须经过四、五次调整, 就可寻找到所需要的阀位。图 6 为此种方法的示意图。

工艺制度要求在 400°C 左右进入控制升速阶段, 为了给计算机以充分的时间去选择阀位, 计算机内将起控温度提前至 300° 。

4. 生产过程计算

K-351 计算机是通过生产过程计算去指挥每座炉的退火生产进程的, 并根据计算、判断控制过程中两个不同阶段之间的衔接点 (亦称拐点)。从而完成退火全过程。其中加热阶段与保温阶段的拐点是下面的线性预测计算公式去控制的:

$$\hat{T}_{Nn+1} = T_{Nn} + (T_{Nn} - T_{Nn-1})$$

只有当不等式:

$$\hat{T}_{Nn+1} \geq T^*$$

成立时, 才可认为加热阶段结束, 立即转入保温阶段。其次, 控制保温结束的标志 $t_B = t_b$ 一旦成立, 便可自动把生产过程转入冷却阶段, 并发出“吊罩”的生产呼叫。

当进入每个阶段转折点时阀位的初始设定值 p_{0i} 都是模仿人工控制时所选定的值而给出的。进入每一阶段以后的工作, 将分别以这些初始值为起点, 通过数学模型的计算进行调整, 目标则是努力去逼近相应的工艺制度。

图 7 给出了对每一个炉座生产过程计算的主要内容和计算顺序, 我们不妨叫它为“罩式炉生产过程计算的梗概图”。

图中符号“→”表示计算顺序;

“⇒”表示尾部为本周期的计算终点, 箭头所指顺序为下一周期的计算起点。

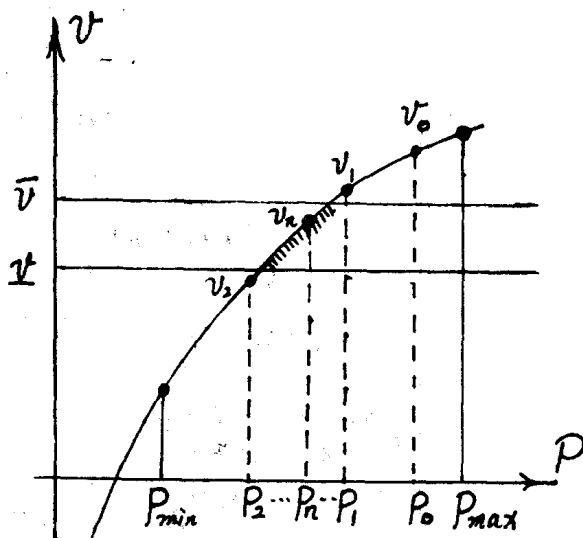


图 6

五、控制方案

1. 系统的运行方式

罩式炉系属于慢过程对象, 每炉控制周期一般都取 10—15 分钟, 所以它对 K-351 计算机的输出速度要求很低, 如果按每天有 40 个炉座处在生产控制阶段的话, 那么平均输出速度为 3—4 炉/分就完全能够满足要求。因此, 我们对要求计算机控制的炉座采用了串行实时控制的方式。即完成一个炉座本周期的实时控制任务以后, 才去考虑下一个炉的工作。

2. 任意阀位调节

“任意阀位”在 K-351 控制系统中的实现, 是由一个通过主机闭环的多点数字随动系统

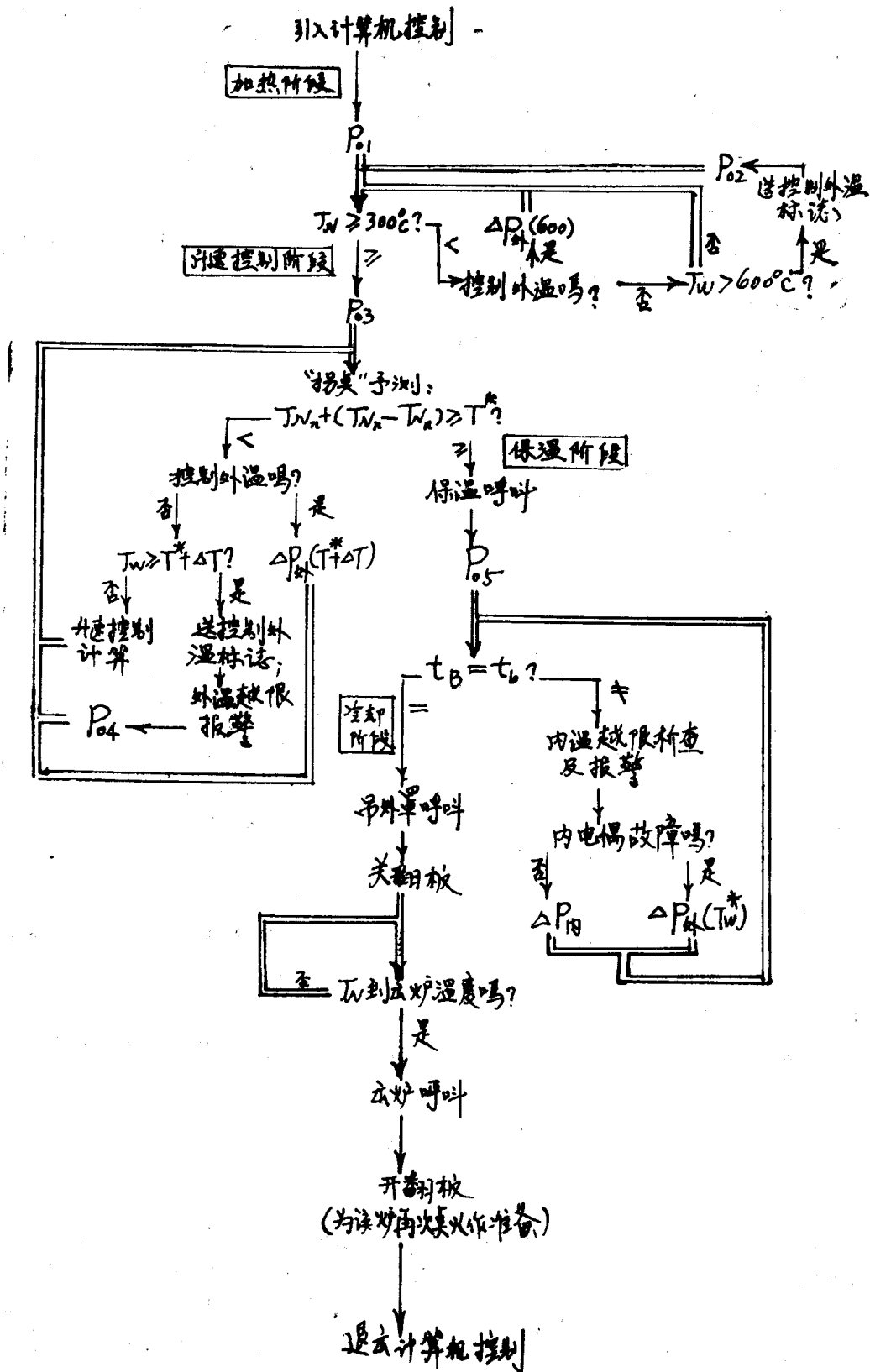


图 7

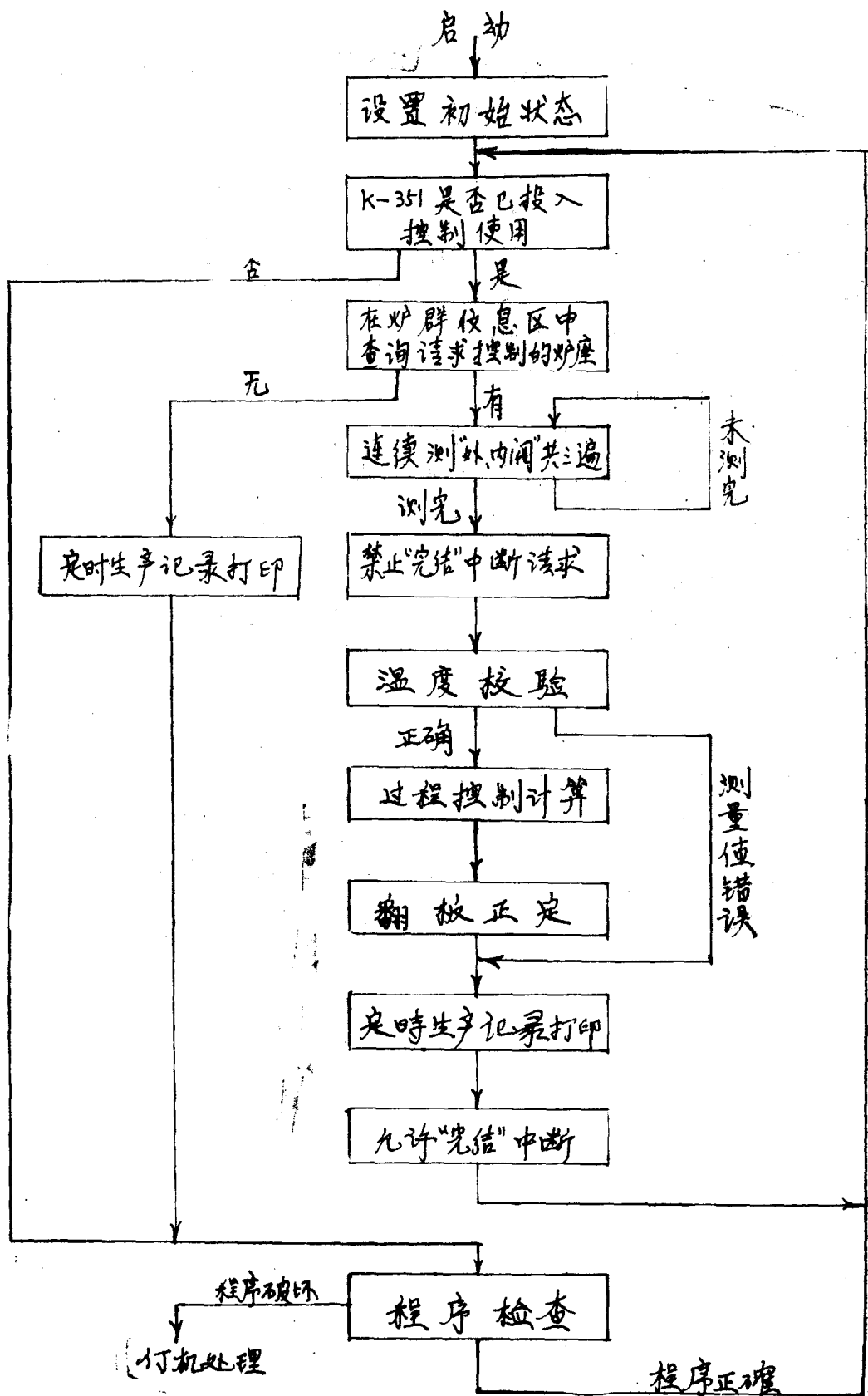


图8

完成的。输出转换电路中特别安排的第四种（代码为11）的操作，以及阀位反馈是构成这个系统的必备条件。而采用串行控制方式则为“任意阀位”的实现提供了可能性。

“任意阀位”调节的整定过程是：主机通过计算给出阀位的数字设定值，然后与原有阀位值进行比较，决定“驱动信号”（开关信号），通道选择开关根据输出地址代码接通相应的输出通道及反馈通道，经过“驱动电路”变换的驱动信号经由输出通道发送到指定的执行机构；而执行机构的实际位置（阀位）由反馈元件测量（模拟量），经由反馈通道进入“模-数转换”装置、形成二-十进制的数码后，送入主机与阀位设定值进行比较，并再次发送开关信号。重复以上过程，直到阀位进入给定值范围时为止。

3. 巡回检测的实现

K-351系统的巡回检测装置在自动状态下是由计算机指挥其工作的。本控制方案所设计的“巡回检测”功能是由计算机对投入控制的炉座按采样周期间隔进行检测。也即对同一个炉座来说，在非采样周期时刻不进行测量；一经计算机查询，到达采样周期时，便立即向巡回检测装置发送命令，开始对该炉的外温、内温和阀位分别各测三次，各自取其平均值，为本周期的过程控制计算提供原始数据。

4. 实现控制方案的主控程序

K-351机需要对热处理车间的75座罩式炉退火生产进行管理。实现串行实时控制方案的主控程序方框图如图8。

六、后 语

在认识真理的道路上没有终点，在三大革命的实践中不能停步。K-351机虽然已用于生产多年了，但这项工作还仅仅是开始，今后我们还准备把计算机的应用工作提高到更高阶段。由于我们思想水平、技术水平都很有限，所以难免有很多缺点、错误和不当之处，衷心希望同志们给予批评指正，并殷切期望同志们对K-351机的应用提出宝贵的改进意见，以便使本计算机控制系统以崭新的面貌为社会主义建设事业做出更大贡献。

鞍钢冷轧薄板厂 计算机班

ARCH-1000型电子计算机综合控制裂化炉 与合成炉的试验报告

根据去年兰州召开的部电子计算机应用的会议精神, 由于部领导和部有关直管部门的关怀, 在我们厂党委的直接领导下, 一年来我们厂的电子计算机应用又有了新的发展, 取得了新的进步。一年来, 我们的电子计算机应用工作加强了党的领导, 厂党委有一名党委委员直接管计算机的应用工作, 责成厂技术科管理电子计算机的应用, 制定了电子计算机的应用规划。加强了与协作单位的联系, 请西安交大、西北大学、第六设计院、临潼化肥研究所等单位给我们作指导。特别是在毛主席亲自发动和领导的批林批孔运动开始以来, 从思想和路线上更为我们厂电子计算机的应用坚定了正确的方向。由于深入学习毛主席的光辉著作“矛盾论”、“实践论”, 深入批判林彪、孔老二“克己复礼”的反动纲领和唯心论的先验论, 电子计算机应用的工人和技术人员进一步明确了电子计算机必须为社会主义建设服务, 进一步打破了电子计算机技术神秘论, 解放了思想。我们进行电子计算机应用试验的指导原则是: “面向生产, 群众路线, 坚持实践”, 我们的口号是“加紧试验, 作出贡献。”从生产实践实际需要中去选题, 制定控制方案, 请工艺、仪表老工人、技术人员、领导参加开诸葛亮会。我们专责人员理论水平低, 就向实践学习。在生产允许的条件下, 坚持实践——总结——再实践。机器功能简单, 指标低, 不能进行数学模型等高一级的试验, 在可能的情况下, 发挥人的作用创造条件进行综合控制试验。一年来, 我们巩固了用电子计算机综合控制裂化炉的成果, 并且总结经验, 找规律性的东西。根据生产的需要, 又对合成炉进行了一段时间的综合控制试验, 取得了初步的效果。现在用电子计算机综合控制裂化炉, 稳定了生产, 深受操作人员的欢迎, 只要正常生产, 工艺就要求计算机投控, 生产与机器已经不可分离了。现将我们的几个试验项目的内容分述如下:

一、改进控制方法

1. 单参数回路:

原来对单参数回路, 我们是按偏差进行反馈控制, 其控制算法是数字化的PID三作用调节规律——用给定和测量表示伐门位置进行全量输出(位置型)。

$$\Delta p_n = K_p(M_{n-1} - M_n) + K_I(R - M_n) + K_D(2M_{n-1} - M_{n-2} - M_n) \quad (1)$$

$$P_n = P_{n-1} \pm \Delta P_n \quad (2)$$

通过几年来的试验, 发现上述控制算法对于控制流量、压力、液面都可以, 用来控制温度、分析量等滞后大的量时, 怎么整定参数不见效(见图三), 看来, 滞后大小是分水岭。于控制来说, 滞后大就是温度和分析量区别前述各类量的特殊本质, “不同质的矛盾, 只有用不同质的方法才能解决”。就是说本来就不应当期望上述控制算法是万应灵药。而应针对各个量的不同规律, 采取不同的措施。通过长期观察、分析、试验, 我们初步掌握了一些规律, 例如对于温度和分析量, 其记录曲线一般的是一条围绕给定波动的曲线, 这样曲线上就产生了极

点和拐点。对于温度，每到极点后给它另加一个适当的反调；对于分析量每过极点后就不调，进行等待，直到越过给定后再调一半PID，这样调节效果都比较好（见图四）。

又如控制有的温度时（如重油预热），记录曲线也比较平稳，但往往与给定值保持一个小的余差不易消除，这是由我们这台计算机造成的，原因是：其一速度太慢，算一次双字长乘法要0.1秒，不得已而舍精度去争取时间，采用单字长乘法。又因字长不够，故在算 $kI(R-M_n)$ 时这时①式第1、3两项基本无作用），对二个因子均丢掉了二位尾数，而 kI 又不能任意大，故小偏差 $(R-M_n)$ 就反映不出来。其二为节省设备，在全量输出时又丢掉了三位尾数—— P_n 的计算结果为12位，输出时丢掉低三位，只用高九位，使低位的小增量送不出去。为克服这个问题，在①式第二项采用带权积分，使对小偏差 $(R-M_n)$ 进行累积，积到大于人工给定的限值时，就对输出起作用了，此后将累积单元清零，重新累积。限值选择得适当时，基本上可以消除上述余差。

这样我们就将上述①、②式改造如下形式：

$$\Delta P_n = K_P(M_{n-1} - M_n) + K_I \sum_x^y (R_0 - M_i) + K_D(2M_{n-1} - M_{n-2} - M_n) \quad (3)$$

$$P_n = P_{n-1} \pm \Delta P_n \quad (4)$$

$$P_n = P_{n-1} \pm \Delta P_n \mp K \sum_z^n \Delta P_i = P_{n-1} \pm \Delta P_n \mp K(P_n - P_z) \quad (5)$$

其中 $X \leq n \leq y \quad \sum_x^y (R_0 - M_i) < \text{人工限值}$

P_z 为前一个极点时输出

k 是人工给定的一个系数， $k=0$ 则是无反调要求，在 $k>0$ 的条件下，发现极点后，输出用⑤式，在非极点上输出用④式。

又考虑到 kP 、 kI 、 kD 三个系数等情况，在新编的工作程序中，我们对单参数的控制算法综合成下列的表格（见表一）。对于各个不同的量，可以自由选择由不同条件构成的不同算法，这样就方便灵活多了。

2. 综合控制

如果用计算机只是进行单参数控制，大不过就是能代替多套常规调节器，实际上没有发现它的长处。计算机的显著特点就是计算速度快，有存贮和判断能力，要实现最佳控制离不开它，但在初期试验阶段充分发挥这些特长，可以方便地实现串级（比值）等多种方法的控制，可以方便灵活地构成和改变控制方案，尤其在多参数的综合控制上，可以大显身手，常规表是望尘莫及的。

经过几年的实践，我们现在用计算机重点进行综合控制试验。

所谓的综合控制，其意有三。其一、从控制方法上看，就是单参数、比值、多参数等其他方法有机的结合在一个控制系统中。其二、从思想方法上看，就是抓住主要矛盾，将一个装置或一个系统中诸因素的影响综合起来，用一个影响最大的可控因素去调节。其三、从控制目的看，要有全局观点，就是在一个系统的各个控制回路中，不受限于对这一被控量的控制品质，主要看它对一个装置或一个系统最终结果的影响，下面介绍二例。

例一、重油裂化系统闭环综合控制