

建材情报资料

水泥工业自动化 译文集

下册

辽宁省水泥研究设计所
国家建委建筑材料科学研究院技术情报所

一九七六年三月

毛主席语录

抓革命，促生产，促工作，促战备。

对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

水泥工业自动化译文集(下)

目 录

用一个过程模型对预热器——回转窑——冷却机系统进行计算机自动控制	(1)
曼纳尔斯多夫水泥厂一台悬浮预热器窑使用过程计算机自动控制的初步结果	(13)
悬浮预热器窑的计算机控制	(19)
根据窑的负荷记录预测判断窑内过程	(29)
湿法窑的自动控制	(44)
湿法长窑计算机控制的实际应用	(53)
篦式冷却机的自动和手动控制	(59)
识别技术在水泥和玻璃工业自动化中的应用	(68)
用于控制的自回归模型拟合	(76)
用技术——经济准则识别复杂对象	(100)
用于系统识别的一种判定方法	(111)
反馈系统线性模型的识别	(127)

用一个过程模型对预热器——回转窑——冷却机系统进行计算机自动控制

〔西德〕G·沃尔夫

一、引言与目标的确定

随着水泥需要量的增长，机型的日益扩大，对水泥质量要求的提高，能量费用和人工费用的不断上涨，以及对人员技术要求的提高等，使水泥工业也不得不考虑进一步合理化的途径问题。

在原料方面，今天已经能够通过~~在~~在矿山适当地选择原料、控制物料流、预均化、用X射线分析调节物料质量和进行充分的搅拌等措施，得出化学成分合乎给定要求并能长期稳定的生料流，因此，也就可以进一步考虑在改进质量和成本方面做些工作，在预热器——回转窑——冷却机系统（WDK系统）也可以就这方面做些研究。在这方面所提出的要求如下：

- （1）降低单位热耗；
- （2）生产出给定质量的在窄小的公差极限范围内波动的熟料；
- （3）达到最大的熟料产量；
- （4）改善设备的时间利用率。

要想超出目前所达到的水平，只有利用过程计算机所具备的方法才能做到，为此，还需要具备下列先决条件：

- (1) 尽可能准确地分析煅烧过程;
- (2) 提出一种达到既定目标的策略;
- (3) 研制出一种调节方法;
- (4) 就精密度和可靠性方面对现有测量技术进行研究鉴定和进一步发展;

(5) 选择一种可靠的适应这项任务的过程计算机;

(6) 一个程序系统的结构, 不仅要能够胜任所提出的任务, 而且还应是一目了然的, 容易校正的, 操作人员容易处理的。

二、现有设备和附属装置的说明

对预热器——回转窑——冷却机系统的试验, 是在奥地利马诺尔斯多夫公司 (Werk Mannersdorf) 佩尔摩斯 (Perlmöser) 水泥厂1968年投产的设备上进行的。设备原设计日产1600吨, 以后上升到日产约2000吨熟料。它是一般的悬浮预热器窑, 有4级旋风筒预热器和1台炉篦子式冷却机。图1是该设备的示意图和主要的测量点与调节环节, 图中特别着重绘出了对以后的论述有重要意义的各点。图中自上而下用圆圈表示的各测点如下:

废气分析 (O_2 , CO);

废气温度;

预热器 (WT) 风机: 电功率,
转 数;

生料粉流量;

窑尾进料室温度;

窑尾进料室废气分析 (O_2 , CO_2);

窑胴体温度及高温计的位置;

窑传动机组的功率；
 窑转数；
 出口处的熟料温度；
 二次空气温度；
 油流量；
 冷却机1号炉篦子的推动次数；
 冷却机1号风室的压力。
 用箭头表示的调节环节如下：
 预热器风机转数；
 生料流量；
 窑转数；
 油流量。

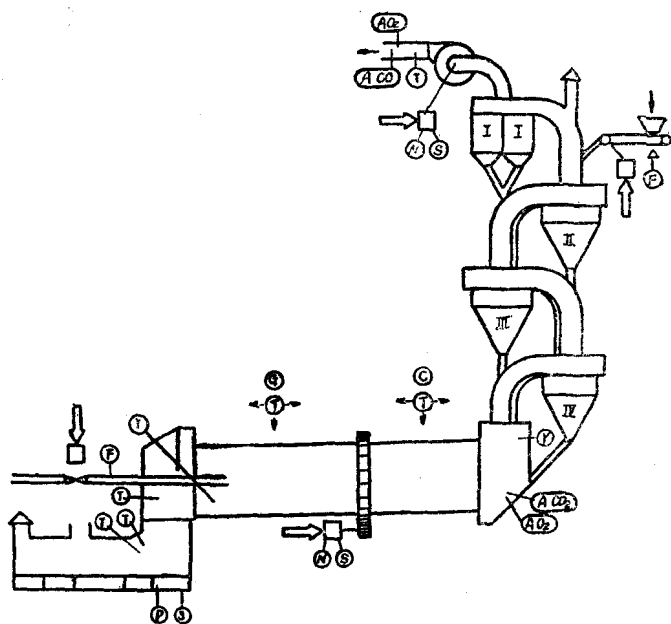


图1 马诺尔斯多夫厂试验设备的主要测点和调节环节

这里首先介绍一下,为了使计算机在使用以后能够收到效果,对现有测量仪器和调节环节作了哪些改变和改善。这项工作的主要目的,除要求精密准确外,还要使测量点能达到尽量高的可使用性和易维护性。各测点的维护周期最低要达到一个星期。一些测点要装上测量变送器。对几个测值探头的安放位置又作了些变更。在这方面值得特别提出的是对二次空气温度的测定,现在是从三点进行测量,并在通过采用自吹洗保持清洁方面下了很大功夫,在窑尾进料室的气体分析系统上作了很多改革。这里装有湿式取样探针,带自动回行装置,用于 O_2 和 CO_2 的测定。后两个测定的详细情况参见参考文献[1]。

在部份测量信号的传递方面遇到一些困难,因为没能始终确保接往计算机的测量电缆与强电电缆彼此隔开足够的间距。通过对测量电缆的适当布置和滤波能消除测量信号所受的干扰。除获得可靠的测量值外,还需要制定几个用过程计算机干预的调节环节,尤其是对油量的调整和对改变生料粉量用的计量皮带秤的控制。对窑的转数和预热器风机转数也准备用计算机调控,但在这套设备上没有采用。之所以没有调控预热器风机,原因是它始终以最大功率运转。

三、过程计算机——硬件和软件

过程计算机是用巴黎产的C II型产品,它的核心部分是由24K的磁心存贮器和一个带200K的固定头板所组成。过程计算机的其他部件组成如下:

- (1) 操作台—打印机;
- (2) 快速孔带读数和打孔机;
- (3) 萤光屏显示器;

(4) 记录打印机。

萤光屏显示器装在中央控制盘上：连续地显示生产过程的主要参数。此外，对一些感兴趣的数值，包括过去的数值，可以通过操作人员经过按键开关组进行显示。为测量值变送器和计算机中心部份间的连接服务的有：

(1) 80个模拟输入；

(2) 64个数字输入；

(3) 8个模拟输出；

(4) 32个数字输出。

如果是今天而不是在十年前来谈论过程计算机，那么首先想到的是它的软件，因为可靠的硬件几乎已是毫无疑问的了。制造厂为每一台过程计算机都提供一个在一定程度上适合于所提任务的操作系统，使用者的任务就在于制定为生产控制所必须的程序，最终得出一个适合生产控制的整个系统。图2是这套系统所必备的主要程序方框图。数据接收程序用于连续存入以测量值和开关位置形式出现的所有生产数据，然后再对这些数据进行规格化、平滑化，并就给定的极限进行监视，并与其他数据结合在一起。利用这种途径能够得到关于生产过程当时所处状态的图像（方框“过程图像”）。

因为这一状态是经过许多测量周期存贮成的，所以在下一步作决定时也可以考虑过去的情况。程序方框图的“状态分析”就应确定，生产过程是处于正常生产作业程序中，还是处于故障作业程序中。在这些方框中包括了相应的调节或控制运算。调整步距确定之后要进行数据发送，它又将软件和硬件联系起来。对由许多程序组件构成的程序系统作这样粗略地概述，对了解下文也许已经足够了。

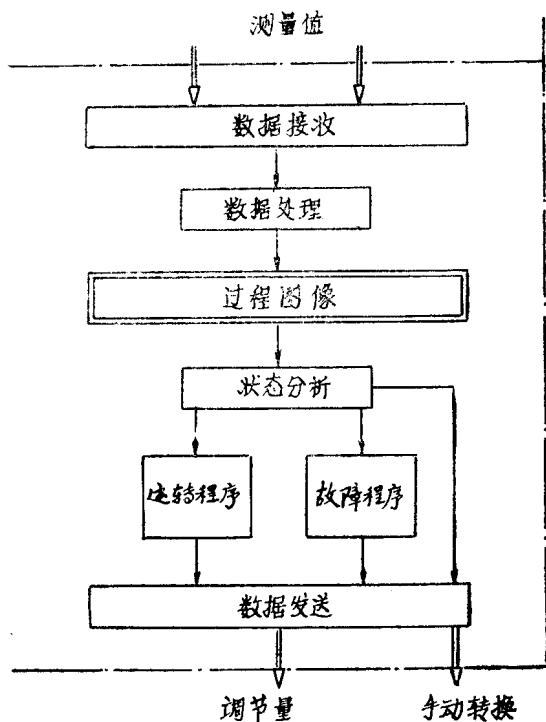


图 2 程序结构图

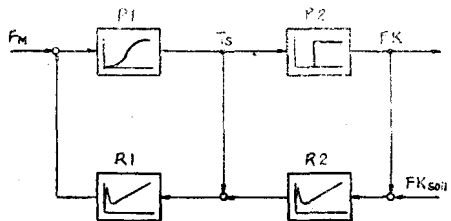
四、过程模型

再回到开始所谈到的自动化的目的问题，那就必然要问，怎样才能找到一个尽量明确而又简单可测的量值，这个量值在燃烧过程结束后能尽早地提出它与单位热耗和与熟料质量间的关系，熟料的游离石灰量即能满足这个要求，所以必须生产出

一种具有给定的游离石灰含量并在一窄小的公差范围内波动的熟料，同时这个游离石灰含量又刚好是对最终产品质量要求所能允许的量度。在这种情况下，生产过程所用的热耗最低，因为大家都知道，熟料煅烧的越强烈，燃料消耗越大。但是游离石灰测量值也有缺点，得出太晚，以致不能直接用来影响煅证过程。因为有通过冷却机的时间和游离石灰分析所需要的时间，所以熟料离开烧成带后至少一个小时才能得出所需要的结论。

因此，就必须找出一个能够更早应用的辅助变量用于调节过程。首先考虑采用烧成带温度 T_s ，于是得出如图3所示的调节回路。控制过程按上述情况分两部份绘出，其中第一部分是由预热器入口至烧成带，即反应部分；第二部分是由烧成带至冷却机出口的一段，即主要是输送过程，在图3中是用过渡函数表示的。用于这项调节部分是主调节器 R_1 ，它应能对主要的干扰作出满意的调整，并能控制生料粉流量 F_M ，或控制燃料流量，或者也还能够对二者进行综合调整。游离石灰含量 FK 只通过叠加的调节器 R_2 输入，并用来考虑长期趋向。然而，大家都清楚，由于烧成带的空间伸缩和部位移动，以及由于测量技术上的困难，要确切地测出烧成带的温度是不可能的。所以只好放弃这种简单的调节方案。

图3 WDK调节系统的设想方案



在这种情况下，另一个可能实现的出路是，引用几个可以应用的测量值作为这个理想的但又无法采用的数值的代用值。综合这些测量值，如同上述情况那样必然又得出一个被调变量，但它现在是计算值。

获得这种计算值(也称指标值)的先决条件是要有一个数学过程模型，而且对真实过程的复制必须能使指标值就好像确实是由实际过程中直接测得的测量值一样。这就需要对过程的相互关系，或者对各种不同干扰值的影响有一尽量透彻的了解。这种过程模型是由理论知识和实际经验的综合中得出的。例如，由理论基础中得出热平衡方程式和物料平衡方程式，状态方程式，或化学反应方程式，实际经验是由测量值相互关系的确定与测量中得出的。这种预先给定方法的技术关键就在于制定一个尽量简单明了的模型，当然它必须包括各主要关系。除此之

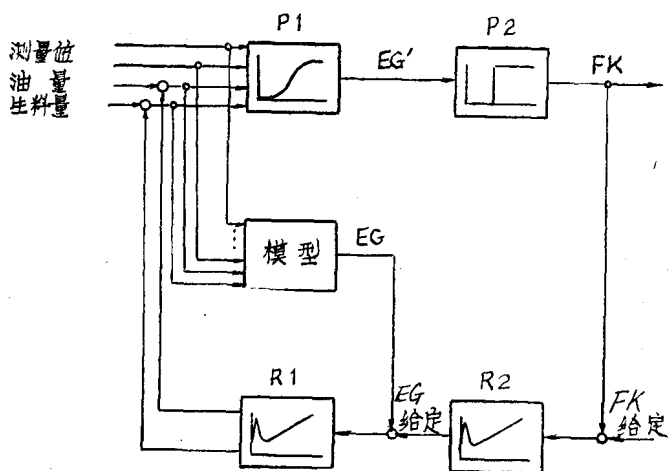


图4 WDK调节系统方案。

外，要想使它尽量完美，就要始终进行监视，使干扰能部分地通过自然稳定过程予以消除。在各种情况下，所应进行的程度，只有将模型应用到过程上时才能得出。若已经有了模型，那么调节回路就与图 3 相似，如图 4 所显示的形式。

作为特性指标的是一个表示热量工作能力（又称为放能）的指数 EG。它将在模型中予以连续计算，并通过调节器作用到油量和生料粉量上。为了确定放能指数还要连续测量下列各量值：

- (1) 二次风温度；
- (2) 油量；
- (3) 生料粉量；
- (4) 废气和窑尾进料室中的 O_2 ， CO_2 ， CO 分析；
- (5) 窑转数；
- (6) 冷却机 1 号风室的压力；
- (7) 冷却机 1 号炉篦子的推动数。

放能给定值 $EG_{0.11}$ 是通过叠加调节回路引入的，游离石灰含量 FK 是它的被调变量。这时考虑的出发点是可以取消经常的测定工作，因为游离石灰含量在此调节方案中只是经过很长时间才发生变化。虽然如此，从这个量值中得出一个可靠的测量值也很重要，这通常是不太容易做到的。对图 4 最后还应说明的是，放能指数的计算和调节都由过程计算机来承担。其数学方程式是：

$$EG = \frac{Q}{GK} \cdot \frac{T_G - T_0}{T_G}$$

它是以加到烧成过程中的热量 Q 为基础，再乘以烟气温度 T_G 与最低烧成温度 T_0 间的相对温差值，热量是以熟料量 GK 为

基准来计算的。

五、结 果

这节将讨论两段记录曲线，它们都是同一天得出的，其中一个表示烧窑工长人工操作的过程，另一个是由计算机控制的过程。图中仅绘出了 O_2 分析、窑出料端的熟料温度、油量、放能指数和生料粉量等几个感兴趣的变量。从三个半小时以上的一段记录纸带的曲线（图5）可以看出，在这段时间里操作人员并没有与放能指数发生关系，这一段的 O_2 分析和熟料出口温度几乎是稳定不变的。尽管如此，操做人员在没有明显趋

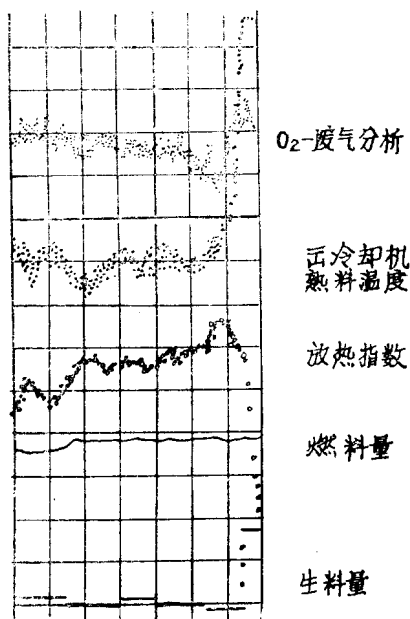
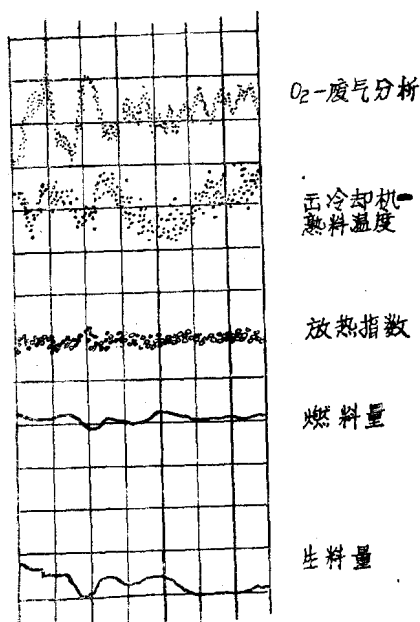


图5 人工操作的记录纸带

向的情况下也许由于向窑内观看了一下便突然改变了生料粉量，窑内几乎是突然地变弱了，这可从温度和 O_2 分析的下降中看出。这时就必须采取过激的调节干预措施，以致到一个小时以后才能恢复正常。再看一下放能指数，它在出现这种结果的很早以前就已经有明显的下降趋势，就像许多试验序列一样，这就意味着正在变弱。与此相反，自动控制的一段记录曲线（图6）则表明，这里所显示的几个变量都能以某一确定的振幅（当然是在事先整定好的极限范围之内）波动。模型和调节器，通过生料量和燃料量的调整而使放热指数保持恒定不变，借以保证运转稳定，并有一均匀的可用热能供给量。



六、结 束 语

所谈到的放能模型对大部分干扰过程的调整都能适用。但是,也有一些特殊的过程状态,例如,开窑与停窑,由于清扫预热器或窑内掉圈而突然大量地改变物料流量等等,这时就要采取特殊的故障程序进行干预,就像前面在软件的介绍中所叙述的那样。

将来通过实现游离石灰的连续测定也许能进一步改善上述调节方案。为此就应有一通过调节器 R_2 连到调节器 R_1 上的引导量值,该量值能经常存在,并具有合适的时间特性。

参 考 文 献

- [1] Hietler H: 曼纳尔斯多夫水泥厂悬浮预热器窑计算机自动化的初步结果, Zement Kalk Gips, 1975, T.28, 144.

乔龄山译自西德 Zement-Kalk-Gips, 1975,
№ 4, 140~143

曼纳尔斯多夫水泥厂一台悬浮预热器 窑使用过程计算机自动控制的初步结果

[西德] J. 希特勒 (J. Hietler)

一、引 言

1973年洪堡维达格 (KHD) 公司同意为维也纳的佩尔摩斯 (Perlmooser) 水泥厂试验安装一台过程计算机 , 用以调控一台悬浮预热器式回转窑和炉篦子式冷却机 , 设备拟定装在曼纳尔斯多夫水泥公司1969年投产的8号窑上。下面就其准备阶段和过程计算机在这套窑系统上进行自动控制的初步结果作一介绍。

二、准备阶段

1973年10月计算机组交货后, 对所有必须的测量装置都就它的功能适用程度方面作了检验或整修。一台过程计算机只有当各个信息发送机都具有足够的可靠性时才能获得成功。

在对回转窑出料端——冷却机——进料端的范围内所进行的研究中得出 , 在求取对过程控制十分重要的二次空气温度时, 随着在竖筒断面上测点位置的不同, 所得的数值也有很大差异。仅从冷却机进料竖筒中的一个测点进行测定的测量装置是不够用的, 只有从竖筒截面上的两个不同测点上测定, 再于窑头中作补充测定, 才能得出足够准确的二次空气平均温度。

测量装置本身,为了使用时安全可靠而做得十分复杂(图1)。装在旁通管路中的热电偶,在使用时还要备有强制吸风和自动吹洗装置。这套仪器使用效果良好。

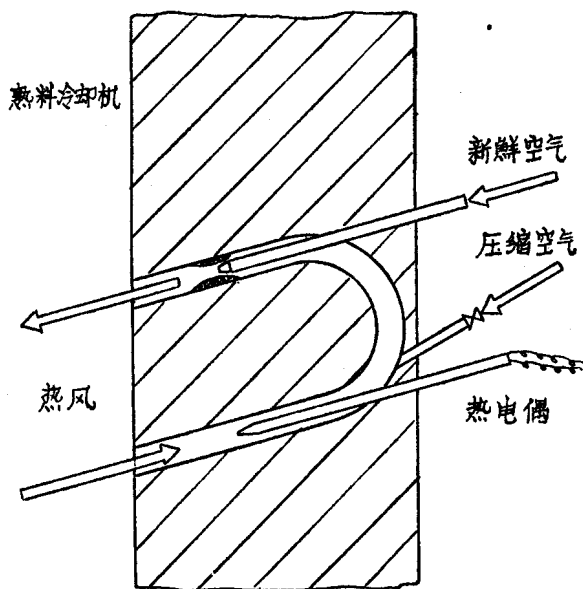


图1 二次空气温度测点的剖面图

在窑进料室范围内作准确的废气分析时遇到的困难较大。对未用过程计算机以前的操作,只在预热器风机后面作一个废气分析就够了。在用过程计算机控制窑时,对废气就必须做准确的测定,因为这个数据不仅要准确地反映窑的工作状态,而且还要送给计算机在计算时使用(例如,计算分解率和废气量)。

洪堡公司对这种比较难处理的使用情况,提供一个特殊探