

733.09
10168

II-2

水泥生产自动化

(译文集)

山东水泥工业设计室资料组

1977年6月

目 录

一、自动化技术改进了水泥厂的过程控制	1
二、水泥和小型计称机	15
三、水泥生产设备自动化中程序系统的应用	27
四、水泥生产过程中小型计称机和钢板射流管的应用	37
五、委内瑞拉伯帝冈雷特水泥厂新的整体化和自动化生产线	39
六、美国杜尔格和里昂水泥厂用在线计称机进行进程控制的进展	92
七、阿根廷 Loma Negra S.A 水泥厂的工艺流程自动化	117
八、加拿大拉法兹水泥公司所用进程计称机的比较	142
九、瑞典 Limhamn 水泥厂的自动化	59
十、意大利 Robilante 水泥厂用控制计称机确定生料的组成	168
十一、控制室的设计和操作	174

701726/26

自动化技术改进了水泥厂的过程控制

E. A. E. Rich

大约十五年前，水泥工业开始使用数字过程控制计算机，以改善水泥生产过程的一些控制面貌。从那时以来，已在实际上取得了很大的进展。在这期间，对于工厂工艺布置与达到良好的人工和自动控制之间的相互影响，大大增加了了解，各种类型的能经济地完成单一过程控制作用的、有效的硬设备和软设备，有了迅速的发展。

工厂布置和良好的过程控制

假若在最初的设计方案中就考虑到所设计的工厂使用的良好的人工或自动过程控制的规则的话，那么就比较容易地定出工厂工艺布置的许多要素。这里举一些例子。

1) 提供单独的化学成分喂料——在数学上，要介含有三个或更多的未知数的联立方程式时，除了某些特殊情况外，需要三个或更多的求介方程式。水泥厂中，通常用来控制生料化学成分喂料的保持类为潜在化合物 C_3S 、 C_3A 烧成指数如硅酸率，有时也有 C_4AF 。

用校正误差的方法来不断地介决这些潜在化合物的关系，对于三种这一类独立的潜在化合物，至少需要三种，最好是四种独立的相互独立的原料喂料机。图1以“高钙”“油页岩”和“砂子”示出了五个独立的喂料机。每台喂料机分别对钙、铝和硅的氧化物比之其它外加剂喂料机起更有效的校正作用。

对于外加剂则较有效地校正所需的其他氧化物，从而使独立化学成分的控制程度得到改善。



12) 使延时减至最小限度——这里的意思是各种延时是过程精确控制^的误差。再看一下图1，假若在重号喂料机 and 生料磨系统之间使用店头仓，就会在重号喂料机和取样器之间由于输送存在不必要的长时间延迟，从而使成分误差增加，这种误差就会进入到混合均化系统中去。

同样地，图1中所示总的控制环路“反馈部分”的延时也增加了可能的时间误差。这种误差会进入到混合系统内。总的控制环路的反馈部分大部分以虚线示于图中。它从取样器经X射线化学分析仪，然后经过形成决定的过程（计算机或人工控制）并返回到校正各喂料机的本身。

较长的延时，需要增加混合和均化设备的投资，以便其在一定化学成分误差范围内操作的投资，这种误差可不但如图1所示的每一单独的重号喂料机。图2 A, 2B, 2C 进一步表明延时的情况并解释于后。

图 2

此外，假若在生料磨各喂料机及其取样点之间物料输送的延时以及取样器到校正生料磨喂料机的控制讯号的延时得以减少的话，那么，对于一套一定的均化设备来讲，入窑生料潜在成分的误差也就减少了。从设计一个新工厂的观点来看，使上述延时减少到最低限度的布置，可以大大地降低均化设备所需的投资和操作费用。

13) 使过程变量可以控制——每一个重要的过程变量应当安排得能够遥控并且在大部分情况下能无级操纵。对于一台窑的拖动装置，这一原则指示，从过程可控性的观点来看，带有电阻调速的卷线型电动机是粗劣的。同样地，许多重要的包括排风机的窑各部分的传动装置，装以使用电阻调速的卷线电动机，对窑气体系统的控制是粗糙的，尽管比起慢转板的窑的拖动装置来说要好一些。

此外，每一过程变量，如进入过程控制的可调速的拖动装置，气闸，阀门等，需要用选择控制的方法(手动或自动)装成具有遥控的性能，以满足良好过程控制的要求。

(4) 将互相影响减至最小限度——通过设计，过程的比较无关的部分不致发生相互影响。每公水泥磨有它自己的附属设备，不应与水泥厂的另一磨机或另一车间共用附属设备。每台窑应使用它自己的回灰而不致有相互影响。假若一台个别的窑不得不用它旁边另一台窑的窑灰时，将不可避免地出现比较复杂的控制问题。

(5) 保证适宜的控制范围——这里的概念是保证组分的选择每一种都有足够的物料量，以不仅适应正常地情况，而且也适应任何相当不正常的情况。例如，生料磨系统的辅助原料喂料机在至少应有 10:1 的速度范围，常常甚至更大，有时达 50:1。如图 1 中的“混合石灰石”喂料机那样的松散物料喂料机和一台典

型的水泥磨用的熟料喂料机以变速范围小于2:1进行操作也并不是不经常的。但是如果让辅助原料喂料机也有这样的限制范围，事实上会妨碍良好的化学成分的过程控制，并需要大大增加随后的混合和均化设备的投资。

(6) 测定关键性的流号——不管人工和自动控制，假若对关键的过程流号装有适当的测定装置就会使好的过程控制得到改进。这些测定装置中有：磨机和生料系统用的各种重量传感器，重要的闭路循环粉磨系统的循环负荷传感器，窑和冷却机上燃料号 and 选择的气体系统的各种流号计，以及许多其他传感器。

(7) 对闭路循环粉磨系统的提升机，测定其功率（瓦），而不测定其拖动装置的电流——用以拖动提升机的直流电动机上的电流与加到电动机接线端的电压成反比。在许多水泥厂，加到这种电动机上的电压随这个区域为该水泥厂服务的民用和工业用负荷而变化，而与提升机所提升物料的情况无关。因此，在一定程度上，提升机的荷载可作为闭路循环粉磨系统循环负荷号的有效控制信号，拖动电动机的瓦数比安培数要有用得多。拖动这电动机的瓦数实际上不受水泥厂所在范围内电动机工作电压的影响。这样，许多闭路循环粉磨系统，在其循环负荷号足够大时，可由提升机的功率或瓦数提供有用的控制信号。

(8) 按规定量向窑内喂入回灰——基本的概念是将窑灰作为一种单独的化学组分入窑。在过程设计时要使回灰的喂入量能尽可能均匀地入窑。同时还要使流号或流速能够调制得非常慢，以使回灰仓不致放空或溢流。

(9) 保持燃料质号一致——当燃料的质号，如每呎³天然气的发热量值，每磅油和煤燃料的发热量值以及煤中的灰分含量变化范围太宽时，每一种都可能引起烧成过程的扰乱。作为燃料一部分喷入烧成过程中的每百分灰分含量中的 C_2S 百分率不可避免

地会引起烧成的熟料中 C_3S 含量的大大变化。实际上，作为燃料喂入窑内的灰分变化太大时，会部分地破坏促使新入窑生料成分均匀的良好程序。

(10) 装配可变速的拖动装置——这些装置要有低偏移、平稳的转速—转矩曲线，较好的零转速工作区等特性，还要有变速的可能。

(11) 工艺流程的联系——包括装有检查工艺流程联系的各种装置、流动秤测器，以及在许多情况下，料仓、储库等处的料位秤测器等。

上述各点即使对人工控制的改善也有帮助。

经验因素

过去十五年的经历表明“人的因素”占有主要地位。一个好的过程控制系统，配以知识缺乏的操作人员或不抱同情态度的管理人员，就难以成功。假若操作管理人员建立一种正确的和建设性的风气，许多其他有限的自动控制系统都能够完全的成功。

在过去几年内，有效的硬设备发展变化得很快，以致正急剧地影响着可能的解决方法。而且这几年来，那些侧重于概念和执行得到简化的装置，就能够为他们的用户取得更多的利益，特别是当其以正确的、高水平的、现实的管理者的支持相结合的时候。

水泥厂自动化装置

这些装置的范围从少量只作数据记录的装置到使用较多的具有广泛的控制功能的系统。大部分的装置只用一台计算机。有些是成功的，有些失败了。那些成功的装置，是由于用户为这种自动控制的操作人员一级提供良好风气方面作出了很大的努力。

各种小型计算机的出现以及它们所用的减低正趋向于在一个特定的水泥厂内不只用一台计算机来完成所赋予的控制功能。

硬设备的趋向

在过去几年中，在典型的加工工厂内从事各种功能的不同型式的计算机的种类激增。从适于水泥厂需要的观点来看，这些装置可分为四类：小型计算机，程序控制器，双线数据传递和可见图象显示。

这一系列硬设备的特性是一些专用装置。每一种在技术上和经济学上都有可能专门控制过程的一个单独部分。另一结果是，每一工厂的几台这样的装置经过适当的安排同样可用于许多水泥厂。它还可能以遗失的方法应用于自动控制。在这种情况下，对一个现有的工厂，这样的控制可用于一个主要的工艺过程。

硬设备趋向的另一结果是，以前存在于传统的模拟仪表型控制机和数字计算机之间的各自的领域正在被消除。例如，在过去，存在有较大滞后时间（deadtime）（在发生误差和开始用控制作用除去误差之间的时间）的地方，使用传统的模拟控制器曾经是困难的。允许有滞后时间的控制律法的领域实际上只限于数字控制器或计算机的范围之内。而现在一些可用的硬设备是单回路控制器式的，可以用于处理某些具有滞后时间的律法。

小型计算机

小型计算机主要以增加使用集成电路为基础而兴起的，现在已发展成作用很大的非常小的计算机。这种计算机已被广泛使用，其硬设备费用比以前的中型计算机降低 50% 之多。

假若水泥厂选用小型计算机的话，它就能够用自己的专用计算机完成每一个单项控制功能。以下是一些单项控制功能的例子，其中每一个都是相当复杂的：(1) 发电（密西根的一家水泥厂正在这样做）；(2) 入窑生料化学成分的控制；(3) 窑和冷却机的控制；(4) 磨机负荷的控制，以及(5) 直接数字控制。

有些小型计算机可以用 FORTRAN 语言。在许多情况下

可使水泥厂代表们已独立解决问题。

迄今，程序控制器是一类较小的数字计算机，它具有的一些特点特别适用于完成各个过程或部分过程的顺序启动和行车逻辑。因此，程序控制器可典型的代替继电器逻辑矩阵。一个典型水泥厂内的这种继电器逻辑矩阵，在一个车间或一台主要设备及其附属设备内，经常有多至几百个继电器，每个车间或主要工艺过程用一台小的程序控制器来代替那种联锁、时序和定时继电器组的办法，引起了使用程序控制器的兴趣。

程序控制器可安排成单独供电或作为车间电动机控制中心的一部分，或者作为一个车间的一大部分。程序控制器的另一个固有的优点来自这一事实：在一组按时序排列的拖动装置内，对每一启动器的指令和反馈电路长度趋向于为其定同类启动器的双倍。

不仅同的启动器需要一组指令和反馈线，任何同的启动器需要另外一组。但是，在同一类内，每一台到程序控制器的布线都是相同的。这就是说，启动器和程序控制器的布线或程序控制器到用于单独就地指示和其他装置的接线板的布线都可提前进行。甚至在知道该车间的总时序以前就可进行。实际上，被控制过程部分的带有时序和定时逻辑的程序控制器的负载，当设备正在制造和安装期间，就可根据得来的时序逻辑数据，在启动以前的一个非常短的时间内完成。

程序控制器的另一优点是可以很容易地改变联锁，而不需改变布线。例如，一些粉磨系统布置成这样：当确定磨机的准确位置时，某些附属设备也必须先运转一下，即使是空转，为了避免当磨机定位时这种不必要的空转，需要对某些时序联锁加以旁路，然后恢复到无旁路的位置。有些程序控制器的形式容许这种联锁旁路，然后经就地操作者的遥控，恢复必要的联锁。

双线数据传送

这里的功能是通过一条单根线对传送包括模拟和数字型的指令和反馈信息。这种系统的经济性在于：它在包括许多需要用单根线对替许多线路的长线路上更为有用。为了增进其可靠性，有时装一根备用线对。

有些双线数据传送的形式可与程序控制器及小型计算机结合起来。

尽管这些系统在水泥工业中使用得还不多，但确有这种可能性，并且在线价高昂的地方不能对此忽视。

可见的图介显示

许多传统的中央操作盘装有模拟图，并且在图中用带色符号描绘出工厂的流程。模拟图通常布置有指示灯，以表明流程的某些部分的情况。传统的中央操作盘上的这种大部分模拟图的特质是占有许多空间并加大整个盘的所带的占地面积。

一种显示这种可见图介数据的形式是使用象机场上常见的电视屏。还有其他不同的形式可用。最简单的一种是可适当连接到移动选择电路的移动放映机。

用这种形式的可见图介显示可根据需要显示出所选择的工厂过程和电流或单线图表。许多这种装置安装得能够带色显示。许多这种系统允许当工厂过程改变时可相当容易地改变个别的流程图。

经验与硬设备的关系

在认识水泥工业的要求和硬设备能够满足这些要求之间存在着很大的相互影响。目前硬设备激增得如此之多，以致选定有用的硬设备以而现已认识到的或潜在的水泥工业的要求相配合是一个很大任务。因此，从过程控制的观点来看，水泥工业目前处于

一种过渡阶段。

此外，在清楚地说出一个需要的概念并使这个需要得到满足并随后评价那种能满足已承认的操作需要的特殊方法的有效性之间，有一个明显的不相协调的关系。从识别出最初的概念到获得试验的反馈资料常需要三到六年的延后时间。有些例子可能有所帮助。

①在50年代认为四速鼠笼式感应电动机拖动迴转窑是很优良的，因为它们的偏移低并有明显的可选择的速度。过去水泥厂安装了許多这类电动机，在它们的限度内工作得很满意。但是到50年代末和60年代内，当对良好的过程控制的要求有更多的了解时，窑的四速拖动装置的有级调速不能很好的控制迴转窑。这样，这种现实情况就妨碍了进一步采用这种装置。现在几乎所有的迴转窑的拖动装置都装有精确度相当高的速度调节器，它具有很少的偏移，有效而平稳地转速——转矩曲线和无级调速。

②球磨机的无齿轮传动装置曾被设想并发明于60年代初。在60年代末和70年代初一些装置已在欧洲安装。北美的第一台这种装置是在加拿大，它的额定功率为8750马力，拖动了一台大型水泥磨。在这种情况下，10年的时间过去了，而对这种拖动大型球磨机的方法的经济性和适用性仍然处于取得经验的阶段。

③以前，许多可调速的拖动装置是直流型，由直流发电机组供电。可控硅整流器的发明和转入使用以后，应用到几个水泥厂的有限范围内用了几年的时间。经过了这样几年的有限经验，明显地看出，它的费用和可靠性是这样的好，它的启动控制的适宜性是这样的强，以致现在水泥厂的大部分可调速的拖动装置都使用可控硅整流器。目前，大多数水泥厂使用交流电动机。但是，在来年几年内，看来好象许多这样的装置将是可调频率型的，并

用交流电动机来作实际的拖动装置。

同样地，自动控制的应用过程也是相当谨慎的。成功的和失败的实际经验的混合状态加上整个工业的利润下降，使得工艺改进，实质上是放慢了。

看来同样地，对于一个新的、产量高的单—工艺线的水泥厂，用一台计算机进行许多控制功能的方案在得到足够的经验以进行充分的评价以前，要经历好几年的时间。以设计时可能利用的工艺为基础的方案看来是稳妥的。将方案变成实际而只能操作的现实，以及各种型式的硬设备不断增加，有助于指出了这样的道路：无论多么比较新的计划都应设计成能有最大限度的利润和在操作上的有效性。

图3是本工业中很多新想法操作结果所达到的实际评价与方案之间关系的方框图。

图 3

单项控制举例

图1所示为控制入窑生料化学成分的典型流程图。图中表明的一些原则为：独立的各化学成分的喂料，减少过程和过程控制本身的时间滞后，测定经选择的主要过程流号，在磨机循环负荷的提升机上使用功率而不用电流，以及提供宽范围的可控变量。

图2A, 2B, 2C, 为图1所示生料化学成分控制系统所发生的延时情况。图2表明，用改进各种延时现象和（或）改变所采用的混合和均化仓容量的办法，使有关成分的误差有潜在变化的可能。参考文献1中对此作了比较充分的说明。但是，很明显，必须缩短物料输送路线和控制反馈路线的延时。此外，由于均化仓的容量（随之而来的费用）是所设计工厂及其控制系统延时的函数，可以得出用图2A, 2B, 2C所示的原则以降低水泥厂原料部分投资的结论。

展望未来，用专用的小型计算机对一台窑及其冷却机作单机控制也已引起兴趣。但是，着手窑及其冷却机的自动控制时不首先使入窑生料及其回灰的细度与化学成分达到充分均匀就进行自动控制是比较困难的。根据经验，建议在从事窑及其冷却机的控制以前，要先控制好生料的化学成分及其细度。

其它可以使用同一专用小型计算机的一些例子是：控制所选用的磨机的磨机负荷或细度；如前所述，用程序控制器控制一个给定的车间或一个车间的大部分时序；在有废热或就地发电的地方控制发电，以及其他等。仅在磨机负荷控制的情况下，通常的负荷控制逻辑是这样的：就控制计算机的观点而言，在同一装置上，控制一台磨机比控几台磨机稍为容易一些。

结果和期望

典型的成功的自动控制的结果，参考文献中都已指出。一般

说来，总的希望是：成功的应用自动控制会增加工厂的利润并提高产品的质量。这些情况的改善通常特别表现在以下因素中：

- (1) 降低每吨产品的燃料成本；
- (2) 有时降低粉磨的电力成本；
- (3) 提高标准月的月产量；
- (4) 有时降低工厂投资；
- (5) 短期内以及在长期的平均基础上，产品的均匀性较好；
- (6) 当工厂设计从开始就考虑到控制因素时，即使采用手控，过程也较易于控制；
- (7) 良好的过程控制的维修费用较低；
- (8) 有时降低工厂总的人工需要量。

看来可以预言，对基本的过程控制和工厂设计及操作的知识知道得越多，就越经常能达到成功的自动控制，特别是使用较新的设备时。

参 考 文 献

1. "Recent developments in automation of cement plants," by E. H. Gautier, M. R. Hurlbut, and E. A. Rich, Thirteenth Annual IEEE Cement Conference, Seattle, May 11-13, 1971.

2. "Seven years of process computer control at California portland cement," by R. E. Evans and T. H. Herz, IEEE cement Conference, Indianapolis, May 1970.

3. "Automatic Sampling and measurement of surface area of pulverized material" by J. Warshawsky and E.S. Porter, IEEE Cement Conference, Toronto, May, 1969.

4. "Scoreboard of process control computers for the cement industry," by Kaiser Engineers, IEEE Cement Conference, Computer User's Symposium, Toronto, May, 1969.

5. "The Influence of automation on the conception of new cement manufacturing plants," by H. Egger, IEEE Cement conference, Toronto, May, 1969.

6. "The first gearless drive for a tube mill," by E. Blavenstein, DDC Review, vol. 57, March, 1970.

(译自美国 "Rock Products" 1974年第5期)

114 ~ 122, 130页)

水泥和小型计算机

A. L. Mozina

水泥工业用第一台计算机时是大胆的，同时包括了原料磨、迴转窑和水泥磨车间。那时的计算机要一应用是不经济的。

最近的论文(1,2)和已计算机化的水泥厂的第一手操作经验报告指出，工厂三个主要操作区的成功程度如下：原料粉磨和混合区，很好；迴转窑区，相当好；水泥磨区，好。

考虑到计算机系统的整个投资中，按分配给各主要操作区程序控制的投資数量来看，以迴转窑区为最多，而其收获并不理想。

根据过去的经验新的或现代化设计的水泥厂倾向于以一个操作区为基础应用计算机，而不以整个工厂为基础。选择主要工艺设备时，常考虑非传统设计的设备，以便从计算机控制中得到充分的利益。

小型计算机

小型计算机的一种定义如下：一台通用的计算机，可用于控制和获得数据，包括基本的中心处理部件和电传打字机，售价25,000美元或者更少一些。

50,000美元的全套装置包括下列部分：

(1)中心信息处理机，具有8K 12位字磁心存储器，1.5微秒循环时间，24位址寄存器，存储器奇偶，10个优先次序中断，机群乘除和动力供应；

(2)具有穿孔带的穿孔机和读数器的托架电传打字机；

(3)系统箱；

(4)100个通道的模拟输入子系统，每秒抽样200次，12位