

在线料堆分析

美国赛默飞世尔科技公司
(Thermo Fisher Scientific)
的 Darrell Leetham 在本文中
阐述了其公司新推出的
CB Omni 分析仪在三菱水泥
公司的 Lucerne Valley 水泥厂
的使用情况。



前言

三菱水泥公司的 Lucerne Valley 水泥厂位于圣伯纳迪诺山脚，靠近莫哈维沙漠，供应南加州市场（图 1）。它始建于 1957 年，是一条湿法生产线，已经进行了多次现代化改造，包括于八十年代早期湿法转干法的改造工程。该水泥厂使用三级破碎系统、圆形预均化料堆和一个四级双列预热器塔，年产约 170 万吨水泥。

因为水泥市场竞争日益激烈，各厂家都在不断寻找方法提高生产效率、降低成本、优化产品质量。Lucerne Valley 水泥厂也是这样，那里的管理层多年来都在积极地引进最新的技术和改善的有利工艺。最近，又使用在线分析系统升级了原料堆预均化过程，该系统利用高效的分析和质量控制软件来自动地将采出原材料混合进圆形预均化料堆。

预均化过程

Lucerne Valley 水泥厂的采石场为粗碎和中碎工序提供两个级别的石灰石。这两个级别的石灰石分别进行破碎，然后根据钻切分析决定的材料质量分别储存在两个不同的锥形储料堆里。原料堆分成高等级石灰石和低等级石灰石。双锥储料堆下面的定量给料机为一个输送系统提供两种原材料的混合物，这个输送系统将原材料输送到一个三级破碎机，然后输送到一个 50,000 吨的圆形预均化储料堆（图 2-4）。在任一时间，高等级和低等级石灰石的混合比例均由圆形储料系统尾部混合料的化学特性和预均化的目标化学特性所决定。预均化后的物料然后被回收，放到下一阶段的容器里：生料配比工序。在过去，通过将从传递塔获取的样品送到工地实验室进行评估来得出预均化原料堆的材料分析。

过去的分析频率是两小时一次。该过程能够满足水泥厂的质量目标，但最好还是有一个更好、更高效和更低成本的预均化控制方法。

2006年，该水泥厂决定安装并使用一个在线分析仪。这种系统的益处如下：

- 不需使用样品塔
 - ◆ 消除了样品错误
 - ◆ 消除了和样品塔有关的维护成本
 - ◆ 减少或消除了因为样品塔故障引起的分析中断
- 高频率分析和控制能力（每分钟一次，以前是每两小时一次）
- 高频率分析和控制可以减少材料质量变化

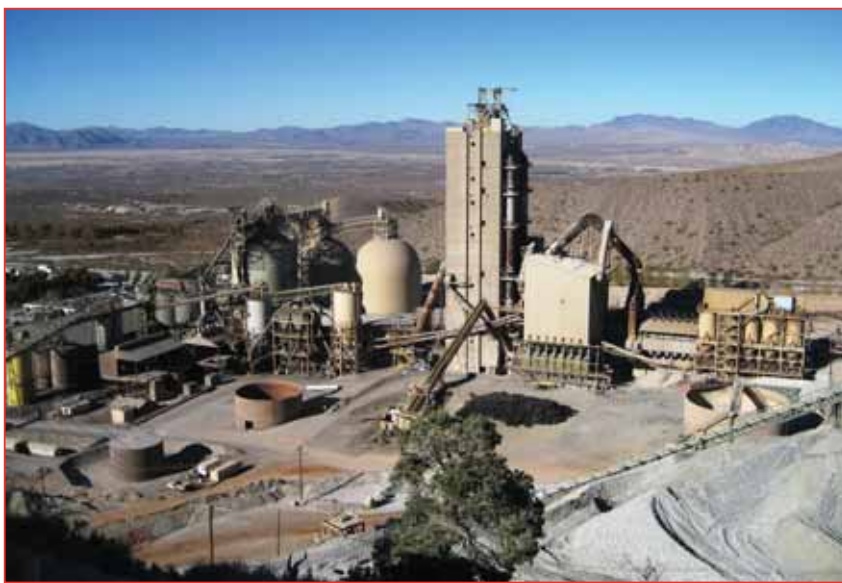


图 1. 三菱在加州的 Lucerne Valley 水泥厂。

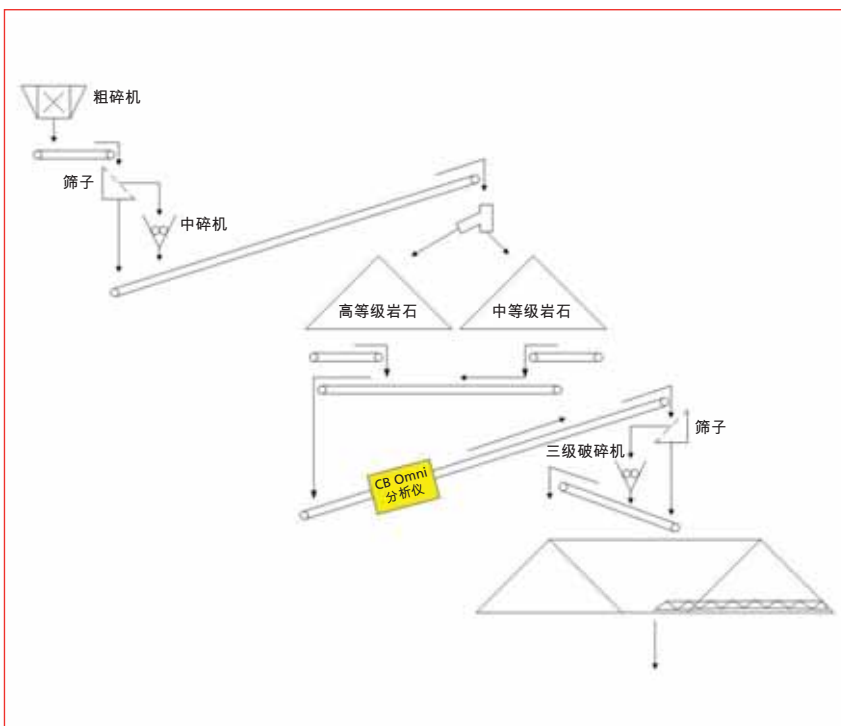


图 2. Lucerne Valley 水泥厂使用在线分析仪的预均化过程。

- 取消了预均化分析任务就可减少实验室的负担
- 新的在线分析仪每分钟产生一次关于被输入预均化堆的所有材料流的分析。这些分析由史密斯自动化公司的 QCX 系统收集，混合后的部分自动返回到位于高等级和低等级锥形原料堆之下的定量给料机。

使用的技术

三菱水泥公司选择了赛默飞世尔最新型的在线分析仪 CB Omni，这是该公司首次安装此类分析仪。CB Omni 使用快速伽玛中子活化分析 (PGNAA) 技术，这使得在输送带上不断运动的 100% 的原材料都可以被分析。

为水泥工业设计的 PGNAA 线分析技术由 Gamma-Metrics 公司（现在的赛默飞世尔）于二十世纪八十年代中期首创。使用中子（通常是放射性同位素）来检查材料并与材料核子相互作用。这样做的时候，就会射出伽玛射线。由钙 (Ca)、硅 (Si) 或铝 (Al) 等元素的核子产生的每一条伽玛射线都具有独一无二的能量。一个探测机制就会计算伽玛射线并对其能量进行分类。软件算法产生并分析能量的能谱，能谱给出不同元素的浓度。用元素组成来调整质量控制过程（图 5 和图 6）。

首先采用 PGNAA 技术的分析仪是“斜槽型”系统，在这种系统里，材料垂直地流过分析仪。PGNAA 在线分析在线分析于 1993 年由赛莫飞世尔引入首个跨带式分析仪 (CBA) 后产生了飞跃性发展。这种独特的系统不需要安装昂贵的立式分析仪，能直接整合到一个新的或原有的输送带上。跨带式分析仪非常受欢迎，在几年内产生了许多型号并有了显著的进步。取得的进步包括数字电子和信号处理能力，以及和输送带整合的更佳方法，节省了安装成本并提高了灵活性。

2006 年底，当赛默飞世尔并购了 Analyser Systems Inc 后，两家 PGNAA 在线分析仪龙头供应商合并成一家。对这两家公司的技术进步进行评估后，于 2007 年年中推出了新一代分析仪：CB Omni 分析仪（图 7）。

赛默飞世尔 CB Omni

CB Omni 是前述两家公司技术结合的产物，在上二代系统的基础上吸收了多个层面的技术进步：新型高效探测器设计、新型尖端数字信号处理电子装置、系统防护新概念和更高水平的性能灵活性。除了这些新进步，还出现了原来没有的分析仪和操作人员控制台以及操作人员控制台和遥远终端之间的无线数据通信（固定式和移动式）。

类似其他跨带式分析仪，CB Omni 分析仪包括多种组成部分，能将系统变成一个整体：分析仪装配、电子单元、操作人员控制台和参考标准（图 8）。

独特的模块化分析仪装配和防护

当 CB Omni 分析仪还在设计阶段时，一个设计特色就是在安装时不需要设备或者只需稍微使用设备便可以迁移屏蔽。要达到这个目标，同时还需要保持前一代分析仪系统提供的安装灵活性。CB Omni 分析仪实现了这些目标，设计了一个包括一个可以轻易地直接放在原有的输送机纵梁上，而无需切入输送机结构中的框架和屏蔽模块的总成，使得安装变得更加容易。原有的结构下方增加了撑杆来支承系统的重量。一旦框架到位后，一系列标准化的屏蔽模块就被装进框架。使用形状相似的模块的组合以及一个源和探测器模块使得 CB Omni 分析仪可以用许多种方法组装，产生适合各种不同用途的不同大小的分析仪系统。所有标准化的屏蔽模块都很轻，可以由一个或两个人搬移，这使得系统组装非常容易（图 9）。

该分析仪的设计使得单位宽度和输送线和高架狭窄通道（维修通道）的尺寸保持相称。这就可以避免拓宽维修通道，从而使安装成本降至最低，在很多情况下，也无需对原有的电力和信号管道进行改道。另外，整个系统的体积和重量也比前代系统要小。这些改进使得 CB Omni 分析仪可以安装前代系统难于安装的有限空间或受限区域内。

隧道开口的大小是完全灵活的，取决于水泥厂的产能、产量变化、输送带速度和材料粒度。根据材料的额定高度和高度变化来选择合适的尺寸，这样原材料就不会对系统产生影响（图 10）。

系统安全最为重要，模块内部使用的新屏蔽材料方便人员检测，并可确保系统周围的人员安全。其本身是安全的，不需要进行隔离和使用围墙来使水泥厂人员远离该系统。在该系统周边测出的辐射水平也远低于规定的限度，和许多日常活动的相当（表 1）。另外，和所有赛默飞世尔前代系统一样，这一系列分析仪是由结实的复合材料制造的，适用于



图 3. 一级和二级破碎工序，背景为预均化库的圆顶。



图 4. 高等级和低等级石灰石储料堆。

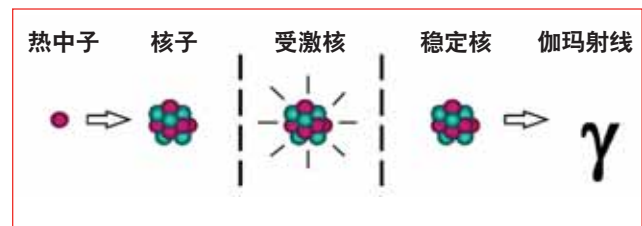


图 5. 快速伽玛中子活化分析仪。

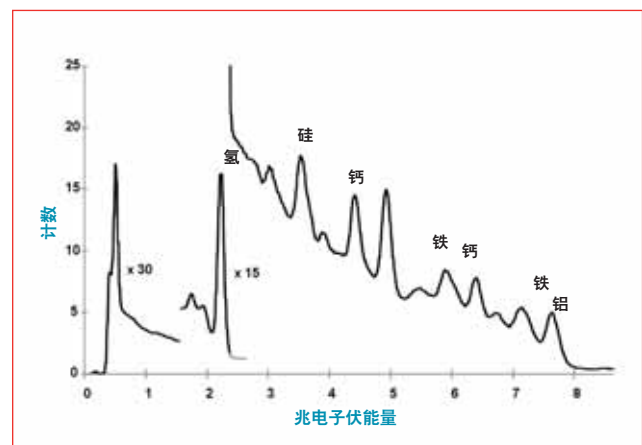


图 6. 由 PGNA 产生的分析用光谱。



图 7. 三菱 Lucerne Valley 水泥厂中的赛默飞世尔 CB Omni 分析仪。

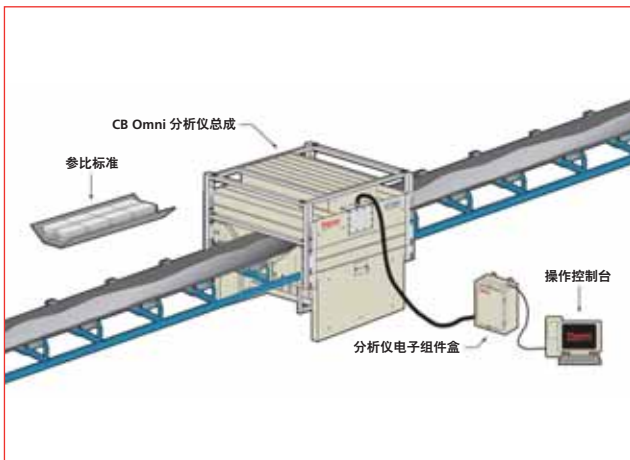


图 8. CB Omni 分析仪组成部分。

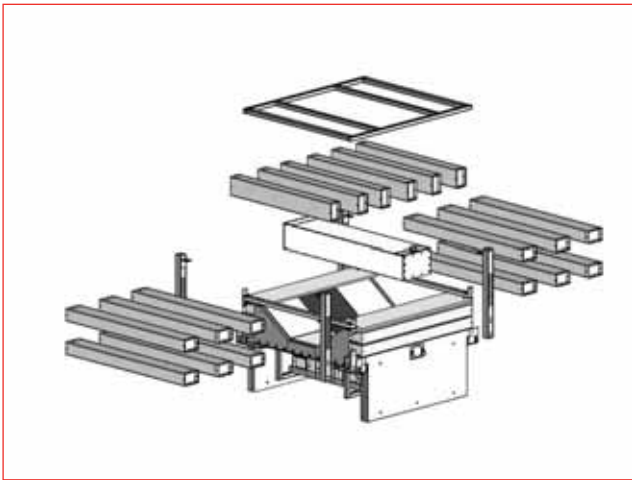


图 9. CB Omni 分析仪模块屏蔽组成部分。

表 1. 不同活动产生的辐射		
	辐射水平	
	飞越大西洋	6 mR
X- 射线胸透	10 mR	0.1 mSv
居住在砖房里	75 mR/yr	0.75 mSv/yr
居住在科罗拉多 (海拔 1600 米)	120 mR/yr	1.2 mSv/yr
工人接触限值	5000 mR/yr	50 mSv
公众接触限值	100 mR/yr	1 mSv
使用 Omni 每工作日内, 10 分钟 / 天	<10 mR/yr	0.1 mSv

任何外部环境，而不需要另外保护使其免受自然环境的影响。

探测器和电子设备的测量效率再上新台阶

CB Omni 分析仪的设计变化和改进并不局限于系统的机械方面。为这个项目工作的主要科学家设计出了一个独特的新闪烁探测机制，使分析仪的功能取得了显著提高。重新设计了整个探测器组件，新的尖端数字信号处理组件来支持高性能探测器。该组件能比前代系统多提供高达 40% 的脉冲供分析，因此分析仪具有更好的统计效果和更好的重现性。

而且，在可利用的系统性能水平方面，CB Omni 设计现在提供非常高的灵活性。最终用户可以自由选择最适合分析仪应用的性能水平。重新设计的探测器和探测器外壳允许每个系统使用一个、两个或四个探测器。以前没有这种灵活性，前代系统只为每个系统提供一个标准双探测器。因为新探测器的计数效率提高了 40%，所以源强度较低也可取得高水平的重现性，或者通过使用另外的探测器可以使性能显著提高。例如，有些用户可能会需要最少量的同位素来节省长期补给成本，而有些用户可能想通过增加额外的源、额外的探测器或者同时两者来提高性能。CB Omni 分析仪提供三个水平的源和三种探测器的配置供选择，总共有九种不同的组合和性能水平。

PGNAA 系统里的探测器是晶体，当伽玛射线进入时产生光子。有几种不同的晶体可以做到这点。用于商用 PGNAA 在线分析仪系统里的两种晶体是锗酸铋 (BGO) 和碘化钠 (NaI)。CB Omni 分析仪使用的是 NaI 晶体，如同来自赛默飞世尔的前代系统所用的一样，但是使用方法独特。CB Omni 分析仪使用 NaI 有许多原因，主要原因之一是 NaI 晶体的光线输出比 BGO 晶体大约多五倍，也就是说，NaI 的光谱分辨率要高。NaI 在光线输出时对因为温度变动引起的变化的敏感度较弱。另外，NaI 总体上比 BGO 要便宜，所以 CB Omni 分析仪显然要选择使用 NaI 晶体。

测量的一致性

与 X- 射线荧光、X- 射线衍射、近红外线或可视光线等光谱分析技术不同，基于中子的在线分析仪系统能对物料进行体积测量。其它技术只能进行表面测量，穿透的深度有限，只能测量有限的表面面积，比如测量光束的光斑大小。如果表面材料不能代表输送带上所有的物料，可能会对正确的过程情况做出不正确的信息判断，从而做出不恰当的反应。这种情况的例子包括输送带上的隔离（分层）的物料、被