利用在线粒度测量来指导水泥生产

周 颉
（上海联合水泥有限公司，上海 200232）

摘要：目前我国水泥企业几乎都采用 80um 筛余和比表面积来控制水泥的粉磨细度，进而控制水泥强度。但是它对于调整水泥性能和充分发挥水泥颗粒中各组分含量的作用是远远不够的。本公司利用英国马尔文公司的 Insitec 在线激光粒度仪来监控粉磨细度，操作更加方便，水泥性能指标更加稳定、合理。

关键词：Insitec 在线粒度 强度 选粉机 转速

水泥用户要求水泥均匀、质量稳定，特别是现代建筑施工工程对水泥质量要求越来越高，愈来愈迫切。一方面我国水泥行业不仅需要重视如何提高水泥的 3 天和 28 天强度，而且还需要重视如何提高水泥的质量稳定性，减小波动。另一方面还必须充分考虑到水泥的性能适应混凝土的要求（工作性和耐久性）。

1 对水泥粒度参数与水泥强度的认识

目前我国水泥企业几乎都采用 80um 筛余和比表面积控制水泥的粉磨细度，它对于控制水泥性能和充分发挥水泥各组分的作用是远远不够的。细度（80um 筛余）和勃氏比表面积只能部分的体现水泥的颗粒情况，无法完全了解水泥颗粒的分布。众所周知，即使筛分细度相同或比表面积相近，水泥的性能有时也会表现出较大的差异，其原因是粒度分布可能不同（当然，颗粒形状的因素也很重要）。勃氏透气法比表面积实际含有颗粒堆积因素，并非真正几何意义上的颗粒比表面积。激光计算比表面积值比较细致地考虑了颗粒形状和细度且与颗粒堆积状况无关，与水泥使用过程中强度的发挥对应性可能会更好。激光粒度仪能够得出水泥行业原来无法测量的粒度分布，建立起粒度分布与强度的关系。

根据国外专家的研究结果，水泥颗粒大小与水化过程有着直接的影响，不同粒径的水泥水化速度及水化程度差异很大。水泥中 0~30um 的颗粒对强度起主要作用，其中 0~10um 部分早期强度高，10~30um 部分后期强度高。3~30um 这部分颗粒含量越多，水泥质量越好。粉磨过程中，不能完全消除>32um 的颗粒（但应尽量减少>60um 的颗粒），同时又必然产生<3um 的颗粒。最佳水泥颗粒级配是：3~32um 的颗粒含量>65%，<3um 的颗粒含量在 10%左右。在适当的条件下，提高这一阶段的含量，就可达到提高强度的目的。

通过对粉磨方法及粉磨工艺的研究可知，调节选粉机产品的粒度分布可以提高水泥的强度，而不一定要由提高粉磨细度来实现这个目的。

2 水泥粒度测试方法的选择

在水泥粒度测试中，现在普遍采用的是离线测定，但最好是在线测定，对仪器本身的要求是要做到机电一体化，以便及时修正工艺设备的操作状态和打印监测报告。

本公司在做了一段时间的调查后，选用了英国 Malvern 公司的 Insitec 在线粒度监控系统来在线监控水泥的粒径分布。因为 Insitec 系统能自动监控质量，提供连续的数据，使实时生产优化成为可能。生产优化是终极目标，通过生产监控来决定哪些参数需要优化，如何进行优化。Insitec 系统还使操作员免于直接测量产品，并提供了比人工取样的实验室测量结果更为精确而连续的数据。

3 本公司使用 Malvern/Insitec 的情况

3.1 本公司的基本情况

上海联合水泥有限公司(SAC)创立于 1993 年 12 月，由香港联合国际工业（上海）有限公司与上海建材集团总公司所属上海水泥厂合资建立。有一套水泥磨闭流系统，台时产量 125 吨，年产 42.5 高标号硅酸盐和普通硅酸盐水泥 90 万吨，生产能力在上海地区规模最大，品质最优。

在使用 Insitec 以前，每小时测量 Blaine 值和 80μm 筛余 1 次。但我们发现，有时人工 Blaine 值并不能及时地反映粉磨系统操作状态的变化。有时生产很平稳，人工 Blaine 值却波动较大，有时生产已出现较大波动，人工 Blaine 值却没有什么变化。

本公司安装新的 Insitec 在线分析系统的目的是，在线监控水泥的粒径分布，及时调整选粉机的转速，通过对水泥在线粒径分布的更佳控制来提高对水泥质量的控制力度。

3.2 设备安装

安装在本公司的 Insitec 分析系统主要包括三大部分：

1. 取样和分散系统
2. 电器控制柜
3. 流动池和激光侦测系统

图 1 现场安装图

使用一种可调速的螺旋取样器将样品取出，调节螺旋取样器转速以确保收集到足够的样品给下一级取样系统。利用Eductor，次级取样系统每小时取样量可达20kg。Eductor通过陶瓷管吸入样品并将其输送到流动池做激光衍射粒径测量。当颗粒通过激光光束时，前散射光被接收镜接收并聚焦到圆环孔环形检测器，被高速扫描、记录和数字化 结束

（瞬时测量）后，样品通过有陶瓷内衬的回料管回到水泥主管路中去，避免损失和泄漏。

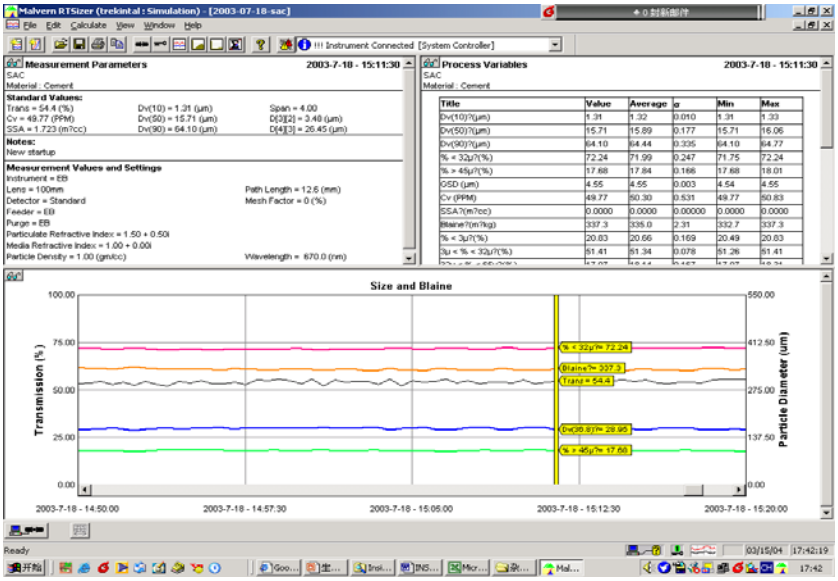


图 2 操作员界面上粒径参数

3.3 生产监控测试

在线设备的主要优点是它提供闭合回路并使用根据粒径分布计算而得的关键参数去自动控制选粉机的可能性。Insitec 系统每秒测量一次，但我们选择 30 秒钟的平均值来控制选粉机。

3.3.1 在线粒度仪能及时真实地反映生产线上的情况

利用选粉机速度微调的性能，可以对选粉机的转速做细微的改变，操作人员坐在中央控制室，几秒钟之后就可以看到水泥的粒度是如何随着选粉机转速的变化而变化以及变化大小，好像一台实验室仪器搬到了现场。而目前现有的实验室测量粒径和 Blaine 仪器，由于取样的局限性，不能及时、真实的反应生产线上的实际情况（如图 3 绿线所示）。

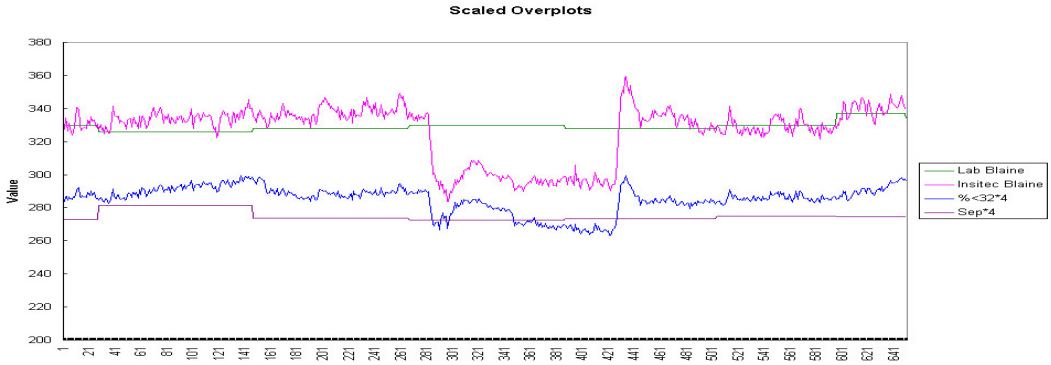
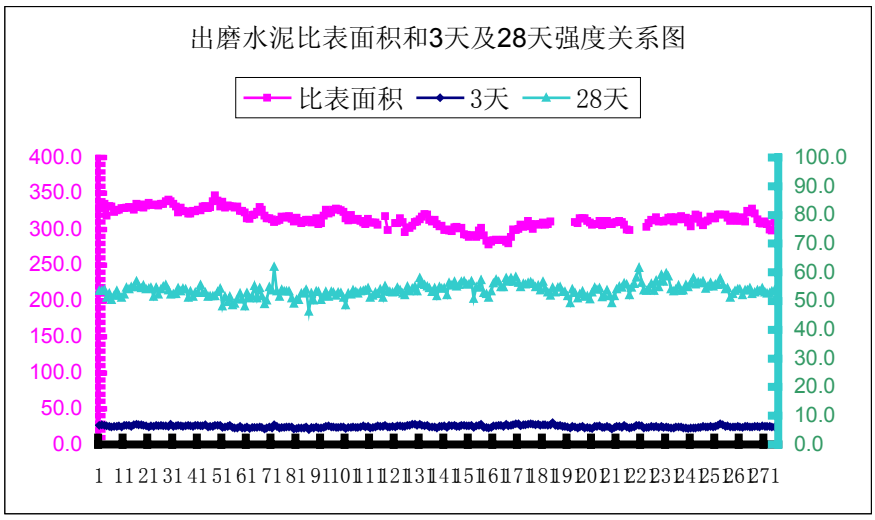


图 3 水泥粒径与操作参数的关系

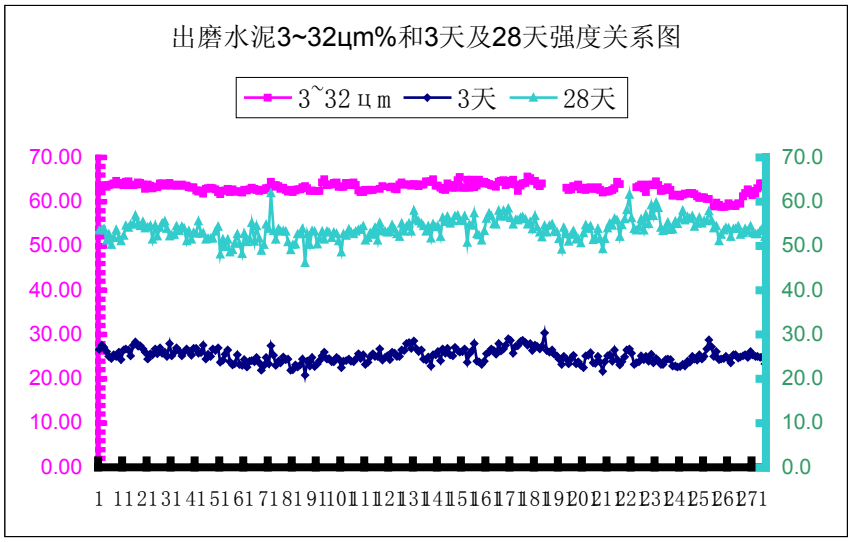
3.3.2 水泥质量与 Blaine 值的关系

根据国外水泥专家的研究结果和我们的实验证实，对于本公司这样的普通硅酸盐水泥而言，Blaine 值可以与抗压强度的提高有很好的相关性，见表 1（ Blaine 值与水泥 3 天和 28 天的对应关系）。所以我们用在线粒度仪测得的 Blaine 值来控制出磨水泥的细度.



3.3.3 水泥质量与 3~32μm%的关系

本公司经过几个月的观察，发现 3~32μm% 与水泥强度也有很好的相关性。见表 2（3~32μm%值与水泥天和 28 天的对应关系）。因此目前 3~32μm%也作为质量监控参数来控制生产。



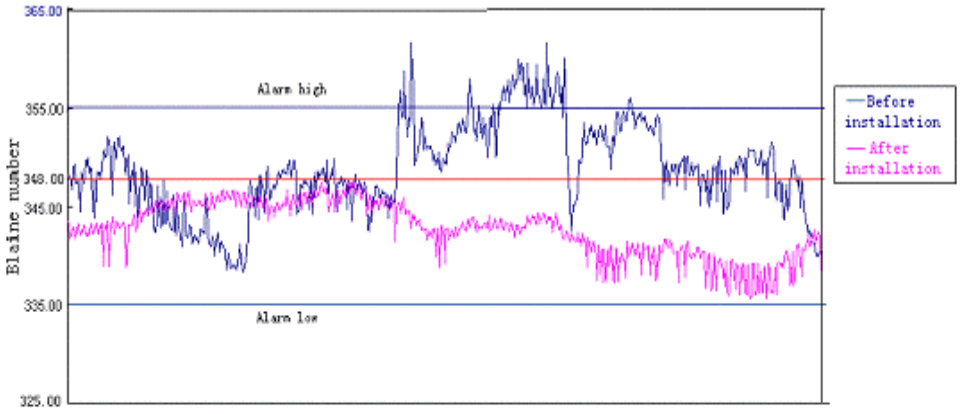


图 4 Insitec 安装前后 Blaine 值的控制情况

结论

- 在线水泥细度监控使操作员能将水泥细度控制在更窄的范围内。
- 在线监控 3-32um 的百分比，能更好的控制水泥的颗粒级配
- 实验室每天的工作量减少 22 次。这样实验室可以将更多的时间用于分析其他更严格的参数控制上，比如游离钙、煤粉细度、原料。
- 实验室每天只需测试一次一天平均细度值，来验证细度在设定范围。
- 水泥细度标准偏差更小，早期强度和后期强度更稳定。
- 对所有光学分析仪器来讲，最少的窗口污垢和保持校准是产生很长的正常运行时间的关键。一旦系统调试结束并连续工作，保养需求会很少。

本公司使用英国 Malvern 公司的在线粒径监控系统 Insitec 后，生产的水泥具有 Blaine 值偏差更小，颗粒级配更加合理，分散性更好，早强高，后期增进好，质量更稳定等特性，更加具有竞争力。

参考文献:

1、 Mariola López Vargas etc., Online Analysis, June2004, 79-82
2、 乔龄山，硅酸盐水泥的现代水平和发展趋势[J]，水泥，2002，（6）1-6
3、 胡晓芳，夏靖等，水泥颗粒的激光测试及数据特征分析[J]，水泥，2001，（5）46-48
4、 赵辉，水泥颗粒组成对水泥性能影响及采取的技术措施[J]，水泥技术，2002，（6）56
5、 韩仲琦，水泥粒度的表征与评价[J]，水泥技术 2002/增刊，3-6
6、 王文义，我国目前水泥实物质量水平的分析[J]，水泥工程，1997（3），5-8
7、 阎培渝，关于优质水泥的思考[J]，水泥，2001（10），9-10
8、 George Crawley, On-line Particle Size Analysis- an essential requirement for the Chinese cement industry [J], INTERNATIONAL (Chinese edition), 2004(2), 31-36