

激光粒度仪在水泥粒度检测与性能分析中的应用前景

沈兴志¹、张广田¹、韩洪伟²

1 珠海欧美克仪器有限公司；1 河北建研科技有限公司；2 河北建研工程技术有限公司

摘要：

现代对于水泥的粒度测试在标准上一般只有勃氏比表面积法，筛析法，本文结合现代常用的粒度分析仪器——激光粒度分析仪，对同一标号水泥的样品做了比较，发现激光粒度分析仪更能适应现代水泥粒度分析的要求。本文同时对不同颗粒分布的水泥，其标准稠度，用水量，和强度做了比照验证。

关键词：水泥、高性能混凝土、粒度、颗粒级配、激光粒度分析

0. 引言

水泥是国民经济建设的基础原材料，针对不同用途，水泥的粒度（颗粒级配）对最终混凝土商品的耐久性、适用性、强度，以及其施工性和经济性是起着重要影响的关键因素，水泥的质量与工程质量有着密切的关系。高性能混凝土在现代建筑工业中发挥了重要的作用，对于高速铁路，大跨度桥梁以及超高建筑物建设起到了及其重要的意义。

在高性能混凝土配置过程中，由于水泥的矿物组成和水泥颗粒粒度的分布差别导致了混凝土的性质产生了较大的差异。市场对水泥粒度的快速、简便、精确地检测有着广泛的需求。传统的勃氏比表面积法和筛析法可以获得水泥整体粗细和部分不同粒径段的信息，现代常用的粒度分析仪器——激光粒度分析仪，其粒度分析具有动态范围大，粒径分级详细，测试速度快，操作方便，重复性好等优点，干法激光粒度仪可以作为先进的水泥企业日常测试仪器。

本文采用珠海欧美克 LS-C(IIA)激光粒度仪，对不同厂家的同一标号水泥样品做了比较，获取其粒度分布信息，与传统的勃氏比表面积法和筛析法结果进行对比，并以水泥标准稠度需水量、凝结时间和强度测试来进行验证。

1. 实验原理

1.1 勃氏比表面积

勃氏比表面积法采用一定量的水泥粉末，主要依据一定量的气体通过具有固定厚度的水泥层，水泥的孔隙率固定，气体所受水泥层阻力不同而引起流速的变化来进行测定。在固定空隙率的水泥层中，其空隙的大小和数量是颗粒尺寸的

函数，同时也影响了通过水泥层的气流速度。

1.2 筛析法

称取一定量的水泥，测其通过一定尺寸的筛孔的筛子，经过一定时间后，测其筛子上的筛余量，筛余量越大，那么大于该筛孔的颗粒越多。本实验用的是45微米的方孔筛。

1.3 激光粒度仪法

激光粒度仪的原理是不同的水泥颗粒大小对光的散射光能分布不同的原理来进行粒度测定的。光线在传播中碰到细小颗粒时，会发生散射现象，颗粒越小，散射光散射角越大。散射光的光能分布与颗粒大小之间的定量关系可以用“Mie 散射理论”或“Fraunhofer 衍射理论”来描述。

2. 实验所用的仪器及原材料

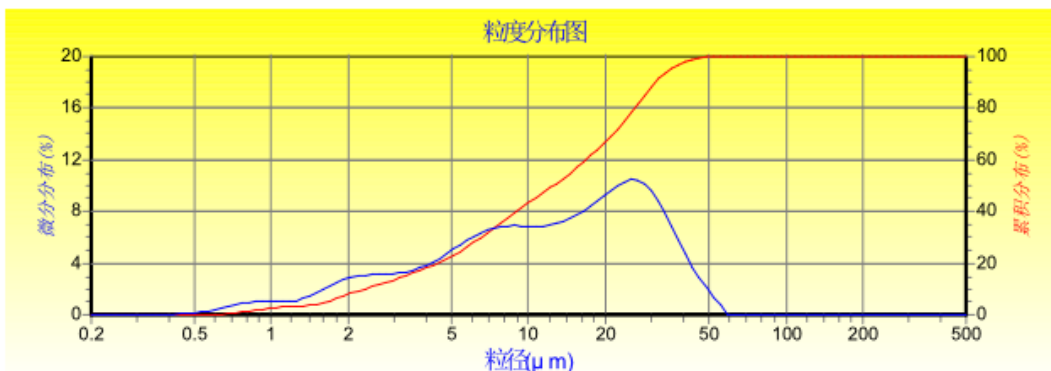
P·O 42.5 品牌 A 水泥，P·O 42.5 品牌 B 水泥，勃氏比表面积仪，负压筛，欧美克干法激光粒度分析仪

3. 实验结果数据与分析

表格 1 水泥比表面积与筛余量测试结果

水泥品种	比表面积 (m ² /kg)	筛余量
P·O 42.5 品牌 A	287	2.5%
P·O 42.5 品牌 B	286	3.1%

图 1 品牌 A 水泥粒度分析图



表格 2 品牌 A 水泥粒度分析

粒 径 (μm)	微分分布 (%)	累积分布 (%)	粒 径 (μm)	微分分布 (%)	累积分布 (%)	粒 径 (μm)	微分分布 (%)	累积分布 (%)
0.20			2.89	5.18	13.19	41.8	6.92	98.09
0.24	0.02	0.02	3.00	0.54	13.73	50.6	1.66	99.75
0.29	0.03	0.05	4.00	4.41	18.15	61.3	0.24	99.99
0.35	0.03	0.09	5.13	4.95	23.10	65.0	0.00	99.99
0.43	0.04	0.13	6.21	5.32	28.42	80.0	0.00	99.99
0.52	0.05	0.18	7.51	5.87	34.28	108.6	0.00	99.99
0.63	0.06	0.24	8.00	2.04	36.32	131.5	0.00	100.00
0.76	0.94	1.18	11.00	10.17	46.50	159.1	0.00	100.00
0.92	1.05	2.23	13.31	5.66	52.16	192.6	0.00	100.00
1.00	0.44	2.67	16.00	6.49	58.65	233.1	0.00	100.00
1.35	1.02	3.69	19.50	7.66	66.31	282.1	0.00	100.00
1.63	1.40	5.09	23.60	8.71	75.01	341.4	0.00	100.00
1.97	2.73	7.82	28.56	10.48	85.50	413.1	0.00	100.00
2.00	0.19	8.01	32.00	5.68	91.17	500.0	0.00	100.00

图 2 品牌 B 水泥粒度分析图

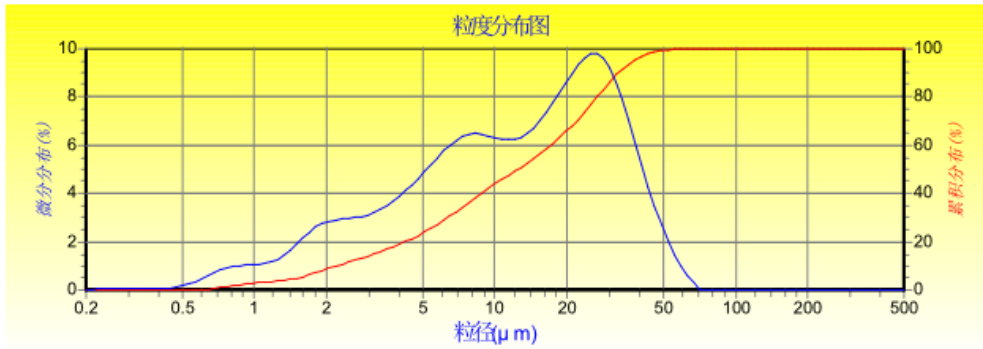


表 3 品牌 B 水泥粒度分析

粒 径 (μm)	微分分布 (%)	累积分布 (%)	粒 径 (μm)	微分分布 (%)	累积分布 (%)	粒 径 (μm)	微分分布 (%)	累积分布 (%)
0.20			2.89	5.01	13.86	41.8	7.92	97.10
0.24	0.03	0.03	3.00	0.52	14.37	50.6	2.30	99.40
0.29	0.04	0.07	4.00	4.72	19.10	61.3	0.56	99.96
0.35	0.05	0.11	5.13	5.13	24.23	65.0	0.03	99.98
0.43	0.06	0.17	6.21	5.07	29.29	80.0	0.00	99.98
0.52	0.07	0.24	7.51	5.77	35.06	108.6	0.00	99.99
0.63	0.08	0.32	8.00	2.02	37.08	131.5	0.01	99.99
0.76	1.08	1.40	11.00	9.73	46.82	159.1	0.01	100.00
0.92	0.99	2.39	13.31	5.10	51.92	192.6	0.00	100.00
1.00	0.43	2.82	16.00	6.00	57.92	233.1	0.00	100.00
1.35	1.28	4.10	19.50	7.42	65.34	282.1	0.00	100.00
1.63	1.77	5.87	23.60	8.49	73.83	341.4	0.00	100.00
1.97	2.79	8.66	28.56	9.80	83.64	413.1	0.00	100.00
2.00	0.19	8.85	32.00	5.55	89.18	500.0	0.00	100.00

从表 1 中及表 2 中可以看出品牌 A 水泥的 $1\ \mu\text{m}$ 的颗粒含量为 2.67%，品牌 B 水泥的为 2.82%。2-3 μm 品牌 A 水泥为 11.06%，品牌 B 水泥为 11.55%。3-32

$1\mu\text{m}$ 品牌 A 水泥为 80.11%，品牌 B 水泥为 77.63%。 $\geq 80\mu\text{m}$ ，品牌 A 水泥约为 0.01%，品牌 B 水泥约为 0.02%。 $32-80\mu\text{m}$ 的颗粒品牌 A 为 19.88%，品牌 B 水泥为 22.35%。 $\geq 45\mu\text{m}$ 的含量品牌 A 水泥大约为 2%，品牌 B 水泥大约为 2.9%。

表格 4 水泥标准稠度需水量与凝结时间测试结果

水泥品种	标准稠度	初凝时间(min)	终凝时间(min)
P·O 42.5 品牌 A	27.7%	212	240
P·O 42.5 品牌 B	29.2%	200	231

表格 5 水泥强度测试结果

水泥品种	3d	7d	28d
P·O 42.5 品牌 A	27.8	35	49.5
P·O 42.5 品牌 B	26.3	32	46.2

在激光粒度仪测试与比表面积法和筛析法的比较中，比表面积测试结果两者接近，无法明确的显示出两种水泥的优劣，而负压筛析法的出的结果与激光粒度仪测试结果一致。

从上述实验结果对比可以得出，由于品牌 A 水泥在 $1\mu\text{m}$ 的颗粒含量略大与品牌 B 水泥含量，由于 $1\mu\text{m}$ 的颗粒及小，在水泥和水拌合的时候就可以完全水化，使得品牌 B 水泥的标准稠度需水量大于品牌 A 水泥的标准稠度需水量，初凝时间短。早期强度和标准稠度需水量的实验结果与粒度分析结果一致。 $2-3\mu\text{m}$ 的颗粒中，品牌 A 水泥要大于品牌 B 水泥的颗粒含量，使得水泥 3 天早期强度比较高。 $3-32\mu\text{m}$ 中品牌 A 水泥颗粒的含量高于品牌 B 水泥颗粒的含量。使得 7 天，28 天强度品牌 A 水泥的强度高于品牌 B 水泥。 $32\mu\text{m}$ 以上颗粒，尤其是 $65\mu\text{m}$ 以上颗粒水化率较低，是对熟料的浪费，两者的含量中，品牌 B 水泥含量稍高一些。使得标准稠度需水量略有些提高。以上的颗粒粒度分析和实际实验结果一致。

4. 结论

- 1). 激光粒度仪在测试水泥负压筛筛余量的时候，结果非常一致，可以进行取代。
- 2). 激光粒度仪测试结果与比表面积法测试具有更多信息和更加明显的数值，用来比较水泥性能具有较好的优势。与此同时，利用粒度分析仪测试步骤简单，分析快速。
- 3). 激光粒度仪测试粒度的分布可以对水泥的标准稠度，初终凝时间，早期强度，后期强度有预测作用，而且结果与预测一致。并且粒度数据对粉磨系统调整的有一定指导作用，为生产出性能较好的水泥有一定指导作用。

参考文献:

- 1、张福根,郭华,徐薛雁. 水泥粒度(颗粒级配)测试方法及应用. 粒度测量基础理论与研究论文集, 论文九.
- 2、李鼎. 水泥企业水泥粉体颗粒级配的激光粒度测试与数据分析[J]. 福建建材,2006,01:20-24.
- 3、牛占,李静,和瑞莉,吉俊峰. 筛法/激光粒度仪法接序测定全样泥沙级配的调整处理[J]. 水文,2006,01:72-75.
- 4、梁国标,李新衡,王燕民. 激光粒度测量的应用与前景[J]. 材料导报,2006,04:90-93.
- 5、李向召,谢康,黄志凡,曾宏勋. 激光粒度仪的技术发展与展望[J]. 现代科学仪器,2009,04:146-148.
- 6、李化建,万广培,谢永江,黄佳木. 基于激光粒度分析仪的硅灰粒度检测条件研究[J]. 建筑材料学报,2013,03:549-554.