

助磨剂 LT2003 的研究

陶龙忠, 卢迪芬

(华南理工大学材料学院, 广东 广州 510640)

摘要 对助磨剂 LT2003 的使用效果、影响因素和作用机理进行了研究。结果表明,该助磨剂能够使水泥的流动性、细度和粒度分布明显改善,水泥 3d、28d 的强度也有一定的提高。影响助磨剂使用效果的主要因素是助磨剂的掺量、浓度以及粉磨物料的性质和熟料的温度。添加助磨剂可以降低物料的表面硬度、防止细粉的团聚、提高流动性,从而提高粉磨效率。

关键词 水泥;助磨剂;细度;颗粒分布

中图分类号 TQ172.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-6532(2004)06-0019-05

1 前言

在水泥生产中,粉磨是一个重要的环节。目前,我国大多数水泥企业都是使用球磨机来粉磨水泥熟料,不但能耗大,效率低,而且粉磨产品的粗颗粒多,粒度分布不合理,影响了水泥质量。为提高粉磨效率、降低能耗、改善水泥产品性能,部分水泥厂家通过改进粉磨机械的结构、优化粉磨工艺等措施来解决,但是需要增加厂房、设备等投资和增加动力消耗。

在对现有粉磨设备等不做改动的前提下,在粉磨过程中添加助磨剂可以强化物料的粉磨过程,加快物料的粉磨速度,从而提高粉磨能量利用率和磨机产量,改善产品质量。

目前,发达国家绝大多数的水泥生产厂家(超过 90%)都使用助磨剂,但国内的推广应用却不尽人意。究其原因主要是国内的助磨剂研发生产技术还不成熟,存在着助磨效率低、适应性差且价格较贵等缺点。

针对国内助磨剂助磨效果的不足,本试验以助磨剂的作用机理为理论基础,在前人研究的基础上,开发了一种高效、低廉、适应性强的复合助磨剂 LT2003。实验室试验结果表明,该助磨剂对水泥具有良好的助磨效果,且成本远低于三乙醇胺,值得推广使用。

2 实验

2.1 主要原料

粉磨物料分别选用了旋窑熟料、立窑熟

2. Wulongquan Mine of Wuhan Iron and Steel Company, Wuhan, Hubei, China)

Abstract Using coal as a fuel, the industrial-scale tests of calcining technology for activating lime were performed in the industrial rotary kiln. The effects of calcining temperature and calcining time on sulphur content and activity of lime were examined. Some important technological parameters were determined and several reliable technological parameters for establishing production line of coal-burning activating lime were provided.

Key words Active lime; Coal-burning; Limestone; Calcination; Rotary kiln

料以及矿渣,其化学成分见表 1。

表 1 粉磨物料的主要化学成分/%

项目	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₃ O ₄	CaO	MgO	SO ₃
旋窑熟料	19.56	4.78	4.68	62.16	2.77	0.29
立窑熟料	20.96	5.76	4.30	65.31	1.26	0.81
矿 渣	33.39	17.14	1.15	35.28	10.61	0.10

助磨剂:三乙醇胺(TEA),稀释到浓度 50% ;LT2003 助磨剂是由表面活性剂 A、B、工业废液 C 以及某酸、某碱按一定比例和程序配制而成,浓度为 40% ,pH = 8 ,密度为 1.12g/cm³。

2.2 实验方法

为了使每次入磨的物料颗粒大小相似,经颚式破碎机破碎后旋窑熟料和石膏都采用四分法取样,按 95/5 配比配 4kg 料,在 $\phi 500\text{mm} \times 500\text{mm}$ 试验磨中粉磨。助磨剂 TEA 和 LT2003 的掺量均为 0.3‰,在入磨前滴加入物料中并拌和均匀。掺助磨剂后粉磨时间与空白样相同。水泥休止角用等高注入法测定,细度检验依据 GB1345,比表面积测定依据 GB8074 - 87,水泥粒度分布用日本岛津离心粒度分析仪 SA - CP2 测定,水泥胶砂

强度试验依据 GB177。在检测 LT2003 对不同物料的助磨效果时,选择了旋窑熟料、立窑熟料和矿渣三种物料作为对比进行实验。

3 结果与讨论

3.1 水泥的流动性

水泥的流动性是衡量水泥使用性能的一项重要指标,常用休止角来衡量,休止角越小则流动性越好。表 2 显示,掺助磨剂后水泥粉体的休止角都比空白样有不同程度地降低:三乙醇胺使水泥的休止角减小 2.5°,LT2003 使水泥的休止角减小 3.5°。可见使用助磨剂后水泥的流动性增强,而后者对水泥流动性的影响要优于前者。

助磨剂能提高水泥的流动性是因为助磨剂中表面活性物质能吸附在粉体颗粒表面,形成单分子吸附薄膜,减少了粉体颗粒间的摩擦力和吸引力,从而使粉体颗粒容易滑动^[1]。

3.2 细度

水泥的细度使用 80 μm 方孔筛的筛余来表示。从实验结果看(见表 2),空白样的筛余值为 6.6%,掺助磨剂 TEA 和 LT2003 后水

表 2 助磨剂对水泥物理性能的影响

编号	助磨剂	掺量 /‰	休止角 /(°)	80 μm 筛余 /%	比表面积 /m ² · kg ⁻¹	抗折强度/MPa		抗压强度/MPa	
						3d	28d	3d	28d
1	空白	0	50.0	6.6	416	6.1	9.3	36.2	63.3
2	TEA	0.3	47.5	3.2	404	6.2	9.2	37.1	63.8
3	LT2003	0.3	46.5	2.1	386	6.5	9.7	38.5	65.8

泥的筛余值分别下降到 3.2% 和 2.1%,其细度分别提高了 51.5% 和 68.2%。可见助磨剂对提高水泥的细度效果甚佳,使水泥中大颗粒明显减少,且 LT2003 助磨效果优于 TEA。

3.3 粒度分布

在水泥粉体中,3 ~ 32 μm 的颗粒对强度增进率起主要作用,总量应不低于 65%,其中 16 ~ 24 μm 的颗粒部分对水泥的性能尤为

重要,含量愈多愈好,> 65 μm 的粗颗粒仅是表面水化,对水泥强度的贡献不大。用离心粒度分析仪测定三个样品的粒度分布,其结果见表 3。

表 3 水泥的粒度分布/%

编号	< 3 μm	3 ~ 30 μm	30 ~ 60 μm	> 60 μm
1	10.6	56.4	21.6	11.4
2	10.2	61.8	24.7	5.3
3	10.3	65.5	20.4	3.8

从表 3 的结果看,空白样中 3 ~ 30 μm 的细颗粒含量为 56.4%,使用助磨剂 TEA 和 LT2003 后该粒级细颗粒含量分别增加到 61.8% 和 65.5%,而大于 60 μm 的粗颗粒含量由原来的 11.4% 分别减少到 5.3% 和 3.8%,可见助磨剂对水泥粒度分布的影响很大,使细颗粒增加,粗颗粒减少,从而水泥的粒度分布变窄。从结果中还可以看出,助磨剂 LT2003 对水泥粒度分布的影响优于 TEA。

为了进一步分析水泥粉体的特性,根据 Rosin - Rammbler - Bennet 方程分别作出各自的筛析直线^[3] (如图 1),筛析直线可以反映粉体各个粒级的累积筛余量、特征粒径和均匀性系数(见表 4)。从图 1 和表 4 中可以看出,使用助磨剂后,水泥粉体的特征粒径减小,均匀性系数增大,即细颗粒增多,粒度分布变窄,而且掺 LT2003 的效果优于 TEA。

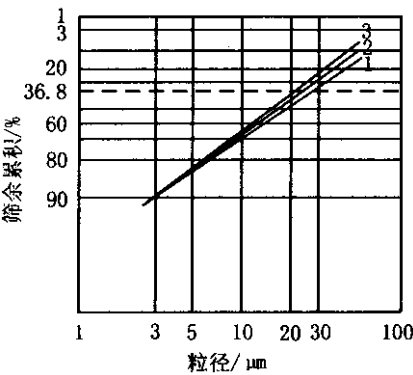


图 1 水泥粉体的 RRSB 图

表 4 通过筛析直线所得水泥粉体的
参数及计算比表面积

编号	水泥密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	特征粒径 / μm	均匀性 系数	计算比表面积 / $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$
1	3.14	28	0.996	420
2	3.14	25	1.07	438
3	3.14	22	1.13	471

3.4 勃氏比表面积

比表面积是表征粉体性质的一个综合物理量。然而从勃氏比表面积仪测出的数值来

看(见表 2),使用助磨剂后水泥比表面积降低。有学者认为^[2],衡量助磨剂的助磨效果不宜用勃氏比表面积来评价,这是因为颗粒的平均粒径、粒度分布及颗粒表面性质对比表面积的测量影响较大。相同的比表面积可能具有较大的平均粒径和宽的粒度分布,也可能具有较小的平均粒径和窄的粒度分布。前面的研究表明,掺助磨剂后水泥的特征粒径变小,粒度分布变窄,再者助磨剂使水泥颗粒的流动性增强。而勃氏法原理是根据一定量的空气通过具有一定空隙和固定厚度的水泥层时,所受阻力不同而引起流速的变化来测定水泥的比表面积,由于助磨剂使气体通过水泥层时受到的阻力减小,而使测得的比表面积比实际的低。

由筛析曲线可得各样品的均匀性系数 n ,特征粒径 D_e ,通过公式 $S = 36.8 \times 10^4 / (D_e \cdot n \cdot \rho)$ 可计算出比表面积(见表 4)。由此可见,掺助磨剂后水泥的比表面积确实增加,且 LT2003 使水泥的比表面积的增幅很大,达 12%。

3.5 水泥强度

从颗粒的粒度分布看,加入助磨剂后,水泥粉体中 3 ~ 30 μm 的颗粒增多,大于 60 μm 的粗颗粒减少,由此可知助磨剂对水泥的强度将有一定的提高。表 2 显示,助磨剂 TEA 和 LT2003 都使水泥砂浆的强度有一定的增加:3d 的抗压强度分别增加了 0.9 MPa 和 2.3 MPa,28d 抗压强度分别增加了 0.5 MPa 和 2.5 MPa。

4 影响助磨剂使用效果的因素

4.1 助磨剂的掺量

助磨剂的掺量要以能在粉体颗粒的表面上形成单分子吸附层为宜,这样就能把所有颗粒活性表面屏蔽起来,发挥助磨作用。超过一定掺量时,就会在前一吸附层上形成极性取向相反的第二吸附层,削弱了助磨剂的分散效应,使小颗粒易于聚结。这样,不但增

加了成本,还使得助磨效果降低。表 5 显示随着 LT2003 掺量的增加,水泥的 80 μm 筛余值逐渐减小,掺量为 0.3‰、0.4‰时下降较

为显著,超过 0.5‰后,筛余值反而增大。考虑到经济成本,该助磨剂以 0.3‰作为最佳掺量。

表 5 不同掺量或不同浓度时 LT2003 的助磨效果

项 目	浓度 40% 时 LT2003 掺量/‰					掺量 0.3‰时 LT2003 浓度/%		
	0.0	0.2	0.3	0.4	0.5	30	40	50
80 μm 筛余/%	6.6	3.72	2.10	1.97	2.15	4.21	2.10	2.05

4.2 助磨剂的浓度

助磨剂的浓度对助磨效果也有较大的影响。溶液过稀,表面张力几乎不变,逐渐加大浓度,表面张力就会急剧下降,但是超过临界胶束浓度时,水溶液的表面已形成单分子膜,胶束虽然增加,但表面张力不会再减少。因此,作为助磨剂的表面活性剂的浓度要有一个适宜的范围。从表 5 中可以看出,该助磨剂浓度为 40% 时助磨效果较好。

4.3 粉磨物料的性质

为了检测 LT2003 对不同物料的助磨效果,特选择了旋窑熟料、立窑熟料和矿渣三种物料作为对比,结果见表 6。由表 6 可见,该助磨剂对旋窑熟料、立窑熟料和矿渣都有一定的助磨作用,然而效果却有较大的差别:LT2003 对旋窑熟料的助磨效果最好,细度可以提高 64.4%,立窑熟料次之,为 52.3%,对矿渣的助磨效果较差,只有 27.7%。

表 6 LT2003 对不同物料的助磨效果

粉磨物料	旋窑熟料		立窑熟料		矿 渣	
LT2003 掺量/‰	0	0.3	0	0.3	0	0.3
80 μm 筛余/%	6.62	2.34	6.18	2.95	6.71	4.85

助磨效果产生差异的原因是这三种物料的性质不同。对于旋窑和立窑熟料,因为前者的煅烧温度高,窑内停留时间长,所以熟料晶体发育较完善,结构缺陷较少,因而其结构键能大,粉磨时细颗粒自发团聚的作用强,故助磨剂对旋窑熟料的助磨效果优于立窑熟料。这与我们前期的研究相一致^[4]。对于水泥熟料和矿渣,前者具有各向异性晶体结

构,而后者具有各向同性玻璃体结构,所以在熟料相对薄弱的矿物间界面上存在着应力集中现象,粉磨时容易产生新断面,加入助磨剂后更容易吸附,因此助磨剂对水泥熟料的助磨效果要优于矿渣^[5]。

4.4 熟料的温度

大部分助磨剂都是配成液体在磨头加入。如果熟料的温度太高,助磨剂就会随着蒸汽一起挥发,造成不必要的浪费,所以熟料的温度要合理控制。如果在生产中熟料来不及冷却,可以利用粉煤灰作为载体,将助磨剂与其混合,再加入熟料中,这样就可以解决挥发的问题。

5 助磨剂的助磨机理

实验室试验及相关资料表明:表面活性剂 A 对细粉具有很好的助磨效果,能够使水泥粉体的比表面积稳定增加,但对中粗颗粒的助磨效果下降;表面活性剂 B 对比表面积的提高几乎没有作用,但在粉磨的后期对细度的增加有很大影响;工业废液 C 分散性好,且价格便宜。

通过大量的实践,我们将 A、B、C 物质及某酸、某碱按一定的比例配制,形成了助磨剂 LT2003。它含有极性很强的表面活性物质,包括阴离子型和非离子型。阴离子型表面活性剂含有带电荷的活性基团,会迅速地吸附于裂纹扩展或物料断裂形成的界面上,从而有力地平衡该界面上的不饱和价键,起到所谓“劈楔作用”,而非离子型表面活性剂由于在颗粒表面上的吸附作用,可有效地减缓和

削弱颗粒间的相互团聚,二者对颗粒助磨的作用相互补充、相互促进,从而充分地提高粉磨效率、降低能耗和改善水泥的质量。

6 结 论

1. 助磨剂 LT2003 对普通硅酸盐水泥具有良好的助磨作用,能使其流动性、分散度明显改善,水泥的强度也有部分提高,且效果优于 TEA。对矿渣也有较好的助磨效果。

2. 在水泥中使用助磨剂不宜用勃氏比表面积来反映助磨效果。

3. 助磨剂的掺量、浓度以及粉磨物料的性质和熟料的温度对其助磨效果有很大影响。

4. 助磨剂可以降低物料的表面硬度、防止

细粉的团聚、提高流动性,从而提高粉磨效率。

参考文献:

- [1] 戴丽莱. 水泥厂粉体流动性能的研究[J]. 江苏建材,1984(4): 1~10.
- [2] 蔡安兰. 助磨剂对普通硅酸盐水泥性能的影响及作用机理[J]. 南京化工大学学报,2001(1): 50~53.
- [3] 卢迪芬,陈森凤. 颗粒学导论[M]. 广州:华南理工大学出版社,2001.
- [4] Lu Difen, Wei Shiliu, et al. Effect of grinding aids on the comminution of clinker minerals, The 3RD Beijing international symposium on cement and concrete, Oct. 27, 1993: 151~155.
- [5] 陶珍东. 助磨剂对不同水泥的适应性[J]. 建材技术与应用,2002(4): 5~8.

Research on the Grinding-aids of LT2003

TAO Long-zhong, LU Di-fen

(South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong, China)

Abstract The applied effect, influencing factors and mechanism of LT2003 grinding-aids were researched in this paper. The research results show that LT2003 grinding-aids can improve the flowability, fineness and particle-size distribution of cement, and increase the strength of 3d and 28d cement mortar. The main factors which influence the applied effect of grinding-aids are dosage and concentration of grinding-aids, characteristics of grinding materials and temperature of clinker. The grinding-aids can decrease surface rigidity of materials, prevent agglomeration of fine grains and improve the flowability of cement, and then increase the efficiency of grinding.

Key words Cement; Grinding-aids; Fineness; Particle-size distribution

《矿业工程》杂志 2005 年征订启事

《矿业工程》系原《国外金属矿山》杂志,由国家新闻出版总署及国家科技部批准向国内外公开发行的国家级期刊。《矿业工程》杂志由中冶集团鞍山冶金设计研究总院和中国冶金矿山企业协会主办。其读者遍及全国黑色冶金、有色金属、稀有金属、黄金和核工业系统的生产建设矿山和教学、设计科研单位,在煤炭、化工、建材、水电、交通、国防工程和矿山机械制造业也有广泛的读者。

《矿业工程》为双月刊,大 16 开,64 页,每册定价 8.00 元,全年 48.00 元。国内统一刊号 CN21-1478/TD,邮发代号 8-38。如有漏订,请向我杂志社索取订单,每册单价 9.00 (包括邮费和包装费),全年定价 54.00 元。

地址 辽宁省鞍山市南胜利路 35 号《矿业工程》杂志社(邮编 114002),电话 0412-5537630,传真 0412-5538649。银行汇款时,开户银行 鞍山市工商银行铁东支行,帐号 0704021009221016583。帐户 鞍山冶金设计研究总院矿业工程杂志社。

http://gwks.chinajournal.net.cn E-mail kygczz@163.com kygczz@sina.com