

水泥科技

2
2017

SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CEMENT

善用资源 服务建设

主办单位：

合肥水泥研究设计院

Email: snkj@hcrdi.com

越南广福日产5000吨熟料生产线



水泥科技

(季刊 1988年创刊)

2017年第2期

6月20日出版

主办单位：合肥水泥研究设计院

编委会

名誉主任：周云峰

主任：包玮

副主任：朱大来、丁奇生

主编：陆树标

委员：(按姓氏笔划排序)

王仕群 王学敏 毛志伟 邓小林

朱文兵 许涛 邱文斗 何宏涛

张平洪 张自力 陆树标 武青山

林红星 周啸 郑青 侯贵斌

施德祥 姚强 熊焰来

本期编辑：陆树标 解姗姗

编辑出版：《水泥科技》编辑部

地址：合肥市望江东路60号

邮编：230051

编辑部电话：(0551) 63439575

广告部电话：(0551) 63439575

传真：(0551) 63439575

网址：<http://218.22.22.203/>

投稿邮箱：snkj@hcrdi.com

目次

利用钢渣替代部分铜渣生产熟料的试验分析	田之文 胡春静 /1
各种工业废渣的粉磨特点与难点	罗帆 /7
济源中联水泥生产线设计总结	唐根华 冀亚琼 赵景顺 /19
济源中联水泥有限公司余热电站的优化设计	李伟明 冀亚琼 周合江 /33
联合粉磨工艺与半终粉磨工艺的生产实践	李邦宪 孙继亮 何正凯 /36
RSP分解炉红炉原因分析	肖其忠 田之文 /43
矿山数字化智能化均化开采的成功实践	武青山 张翔 袁亮国 /46
水泥生产线污染源PM _{2.5} 排放的监测	穆璐莹 毛志伟 沈玉祥 /53
利用PCS7自定义功能库实现DCS控制	张宏图 /60
建设工程招投标规范化管理措施探讨	王彬 /64



利用钢渣替代部分铜渣生产水泥熟料的试验分析

田之文 胡春静

(合肥水泥研究设计院 安徽 合肥 230051)

1 引言

常山南方水泥有限公司现有两条4000t/d熟料水泥生产线和天马分部水泥粉磨站，年产水泥约400万吨。根据《“十二五”资源综合利用指导意见》、《大宗固体废物综合利用实施方案》和《资源综合利用“双百工程”建设的通知》等文件精神，及当地存在大量的铜渣、钢渣、钴渣、脱硫石膏、磷石膏、氟石膏、粉煤灰、废石等固废资源的具体情况，浙江省发改委将常山县列入全省矿产资源综合利用试点县，并将常山南方水泥有限公司列为建设废弃资源综合利用“双百工程”首选企业，期望建设成为示范基地。

常山南方水泥有限公司为了科学合理地利用当地废弃资源，有针对性地做了废矿替代部分石灰石、钴渣替代部分硅质原料、钢渣替代部分铜渣等生产试验。本文就钢渣替代部分铜渣等生产试验进行总结和分析，供读者参考和借鉴。

2 试验方案制定

2.1 试验目的

利用钢渣替代部分铜渣进行生料配料，并统计试验数据，分析使用钢渣对生料粉磨产量和熟料质量指标及生产成本的影响等。

2.2 试验方案和时间

2015年1~2月，公司同时利用两条4000t/d熟料生产线，用钢渣替代部分铜渣进行生料配料、煅烧熟料试验。钢渣与铜渣按1:1搭配比例进行试验。

生料各种原料的化学成分(%)见表1:

表1 原料化学成分表

原料	水份	LOSS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O
石灰石	0.9	42.39	1.83	0.65	0.19	53.92	0.35	0.05	0.07	0.05
砂岩	5.2	3.80	76.69	10.42	5.26	0.37	0.74	0.06	2.04	0.17
页岩	11.9	6.20	59.52	18.92	8.39	0.48	1.95	0.09	3.62	0.41
铜渣	11.0	-4.38	30.98	7.23	57.25	1.83	3.01	0.11	1.31	0.53
钢渣	3.4	-0.73	11.05	5.99	25.77	41.74	10.80		0.07	0.11

2.3 试验流程

钢渣由汽车运输进厂，与铜渣1:1搭配均化后输送到铜渣预均化堆场堆放，通过取料机取料后输送到配料站进行配料，经生料立磨粉磨、均化后再入窑煅烧。

3 质量数据统计和对比分析

3.1 生料配比合格率

生料配比合格率对比见下表2。

表2 生料配比合格率对比表

时 间	KFUI	KH	SM	IM
1 月份	8.22	77.09%	99.26%	100%
2 月份（试验阶段）	21.47	66.06%	99.48%	100%

从生料KFUI和KH合格率来看，试验阶段合格率较试验前明显降低。归纳总结起来主要是以下两个原因：

一是入磨石灰石质量不稳定，且2月份较1月份石灰石质量下降，钙偏低、硅铝偏高明显；

二是钢渣从配料站入磨，一、二线的钢渣配比存在明显差异，一线钢渣配比较二线高1%~2%。钢渣和铜渣搭配均化效果差，或者在皮带机输送入配料站过程中存在离析现象。

3.2 熟料质量数据

熟料质量数据对比（平均值）见表3。

表3 熟料质量数据对比表

时间	KH	SM	IM	f-CaO	C ₃ S	C ₃ A	3天强度	28天强度
1月份	0.904	2.48	1.51	1.18%	54.94%	8.26%	33.2MPa	65.8MPa
2月份	0.901	2.48	1.50	1.14%	54.38%	8.12%	32.7MPa	66.4MPa

从表3中熟料强度数据可以看出，利用钢渣配料对熟料强度质量无明显影响。

3.3 一线生料磨台产与钢渣配比

一线生料磨台产（t）与钢渣配比（%）见图1

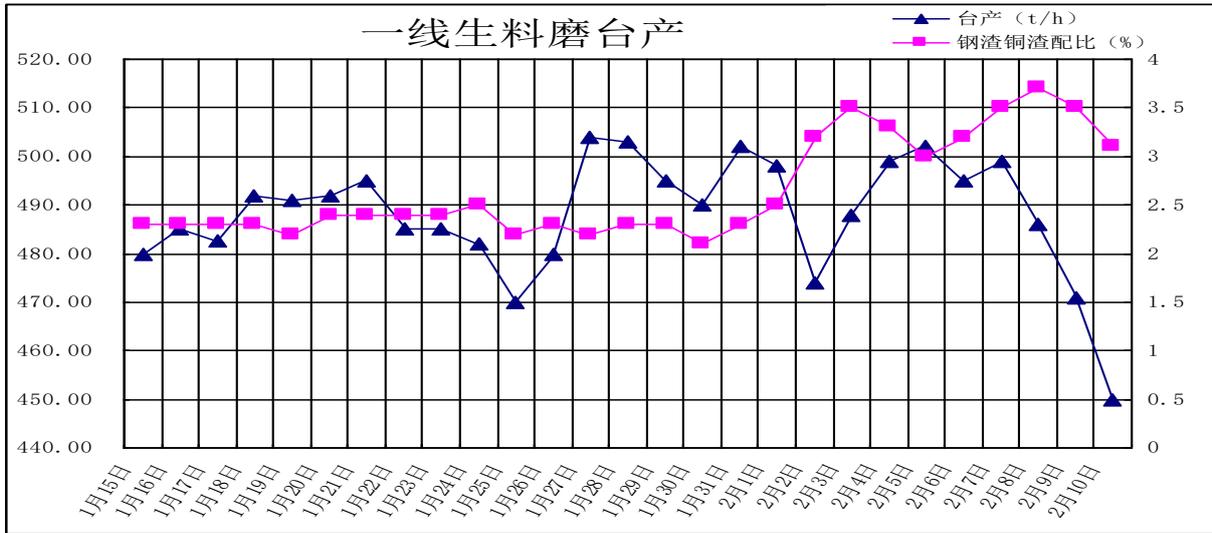


图1 一线生料磨台产（t）与钢渣配比（%）曲线图

图1曲线的前段表明，当钢渣的配比相对稳定时，生料立磨的台产处于一个相对稳定水平；曲线的后段表明，当钢渣的配比上升时，生料立磨的台产降低比较明显，说明钢渣的易磨性差，其配比越大，对立磨的产量影响也越大。

在试验期间，石灰石共有13次换堆操作，不同品质的石灰石易磨性也对立磨的台产产生扰动和影响。

3.4 二线生料磨台产与钢渣配比

二线生料磨台产（t）与钢渣配比（%）见图2。

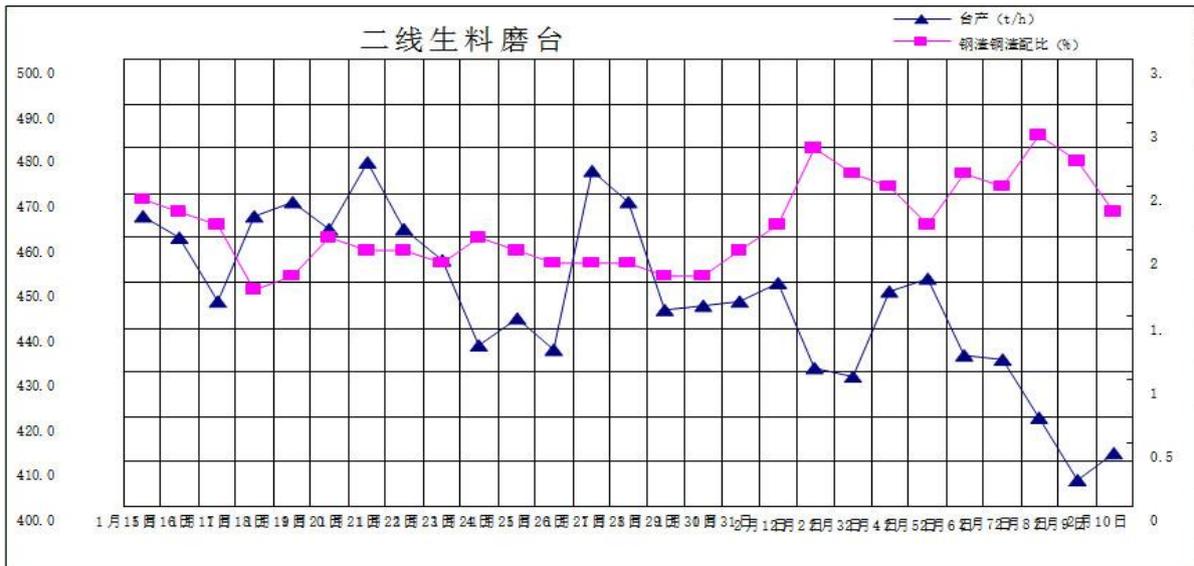


图2 二线生料磨台产 (t) 与钢渣配比 (%) 曲线图

图2曲线表明，二线的生料立磨台产与钢渣的配比关系与一线的曲线相似。

3.5 一、二线生料磨主电机平均功率

一、二线生料磨主电机（磨机+循环风机）平均功率功率对比见图3、表4。

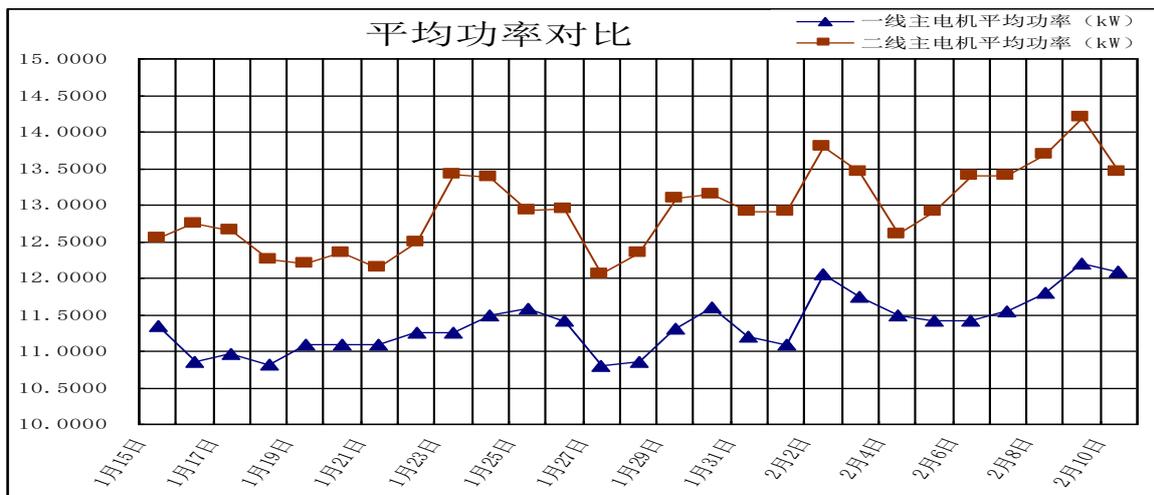


图3生料磨主电机（磨机+循环风机）平均功率对比图

表4 一、二线生料磨主电机（磨机+循环风机）平均功率功率对比 (kWh/t)

生产线	1月15日~31日	2月1日~10日	对比结果
一线	11.20	11.69	+0.45
二线	12.68	13.36	+0.68

从对比图表中可以看出钢渣试验阶段磨机电耗有明显上升。

电耗上升的主要原因是钢渣易磨性差，随着钢渣的配比上升，磨机的电耗增加；另外石灰石易磨性和后期生料磨磨辊的辊皮磨损也有可能影响电耗上升。

3.6 生产成本分析

原料成本及综合成本对比见表5，表6。

表5 原料成本对比表

原 料	1 月 15~31 日	2 月 1~10 日 (试验阶段)	修正后试验阶段配比
石灰石 (%)	81.60	82.70	80.90
页岩 (%)	4.30	2.60	4.10
砂岩 (%)	11.90	11.90	12.10
铜渣 (%)	2.10	2.90	2.90
钢渣 (%)			
原材料成本 合计 (元/吨)	13.34433	12.93794	12.93752
对比		-0.40639	-0.40681

表6 综合成本对比表

成 本	1 月份 (对比参照)	2 月份 (试验阶段)	对比结果
原材料成本 (元/吨)	13.34	12.94	-0.40
电耗成本 (元/吨)		+0.37	+0.37
设备损耗成本 (元/吨)			未评估
注：设备损耗成本评估较为复杂，需排除其他原料易磨性波动产生的影响。			

上表说明：在未考虑设备损耗的情况下，利用50%钢渣替代铜渣制备生料能降低生产成本0.03元/吨，即原材料降低的成本与电耗增加的成本相当。

3.7 磨辊磨耗

使用钢渣后，2月1日对一线生料磨磨辊的辊皮进行测量，发现磨损最深为8mm左右，2月15日检修期间对磨辊的辊皮进行测量，磨损深度最大达到14mm，平均在12mm左右，设备磨损比较严重。同时从磨辊磨损轨迹看，辊皮磨损呈一条150mm左右直线，深度光滑，辊皮局部位置有掉块现象。在磨盘上进行局部取样，清除表层石灰石后，磨盘底层有一层结块积料，取样进行除铁试验，发现有大量金属物被除铁器吸附，说明钢渣内有大量铁质原料。

4 试验分析和总结

此次利用钢渣替代部分铜渣生产熟料的试验综合评价较成功。从试验分析可以明确得出以下结论：

(1) 因钢渣本身铁含量不稳定，试验使用的细钢渣水分较高；钢渣和铜渣使用铲车搭配，搭配均化的效果差，在入配料站或入磨过程中有离析现象。因此，试验过程中对生料配料影响较大。

(2) 试验阶段生料定检时，从磨盘积料中取样筛余发现有6%左右的钢渣铁质颗粒，远超出铜渣配比中的3%，因此可以判断钢渣易磨性差，对生料磨设备损耗有影响。根据笔者和上海宝钢集团的有关技术人员的合作交流经验，建议把钢渣作为替代原料使用前，需进行陈化、破碎、除铁等预处理。

(3) 从成本分析上看，若利用钢渣配料，生料原材料生产成本会有明显下降。但包含设备损耗在内的综合生产成本有待进一步探讨。

(4) 从生产工艺、生料和熟料质量分析，说明钢渣替代部分铜渣是可行的。



各种工业废渣的粉磨特点与难点

罗帆^{1,2}

- (1. 合肥水泥研究设计院, 安徽 合肥 230051;
2. 中建材(合肥)粉体科技装备有限公司, 安徽 合肥 230051)

中国水泥工业每年要消纳全国近一半的工业废渣和尾矿^[1]，“十一五”期间，用作水泥混合材共消纳固废 26.08 亿吨，占我国利用总量 36 亿吨的 70%以上。在国家列出的 36 种废渣目录中绝大多数都可以被利用^[2]。这些废渣和尾矿主要包括热电、冶金、化工、煤炭、有色金属等行业产生的固体排放物以及生活、建筑垃圾等。近年来随着矿渣、粉煤灰资源紧缺，一些厂尝试开发其他废渣和尾矿来替代混合材，利用的废渣种类增多，但迄今为止，很多废渣都无国家标准，也少见其系统的粉磨试验报道。因此，进行相关试验对生产应用和今后的标准完善均具有参考意义。

1 国家标准对废渣的基本要求及试验内容

用于水泥和混凝土的废渣，现行国家标准只有矿渣（GB/T 18046、GB/T 203）、钢渣（GB/T 20491、GB/T 28293）、粉煤灰（GB/T 1596）和电炉磷渣（GB/T 6645）等 4 种，另有个别纳入 JC、YB 行业标准，其余均处于无章可循的状态。国标规定的主要指标有：Cl、SO₃、fCaO、碱度、烧失量、安定性、放射性以及活性、需水量、细度（筛余或比表面积）等，其中活性、需水量与粉磨细度有关，其他指标均由渣源头决定。通常认为，活性与粉磨细度成正比，而需水量则主要取决于粉体的颗粒形貌，并非越细越好。上述标准都有活性要求，需水量只有粉煤灰规定，但却是所有水泥的重要指标之一。

本文试验采用邦德易磨性 W_i （GB/T 26567-2011）、哈氏可磨性 HGI（GB/T 2565-2014）、 $\Phi 500 \times 500\text{mm}$ 小磨对比等方法，部分试样同时进行活性和生产要求的其他试验。受测试样按送样标识分为 20 类共 300 多例，分别由国内相关企业

提供, 少量来自国外。试验结果相互比较, 力求分析其粉磨特点和难点, 探讨粉磨工艺和试验方法的适宜性以及成品细度与活性的关联。限于篇幅, 仅摘要分述。

2 各种废渣的粉磨特点与难点

表 1 可见, 每种废渣 W_i 最小与最大值的差距非常悬殊, 介于两者之间的中位值 (约 80% 以上的试样分布值) 大多比水泥熟料高, 而且所有废渣必须粉磨得更细才能满足其活性要求, 因此, 用作水泥混合材尤其是掺量较大的废渣, 几乎都不适合与熟料混合粉磨, 这是各种废渣的共性特点和难点。

采用邦德易磨性 W_i 试验结果见表 1

表 1 各种工业废渣的邦德易磨性 W_i (成品筛孔径: 80 μ m)

废渣种类	试样数	W_i /kWh/t		
		最小值	最大值	中位值
铬渣	10	14.33	28.28	23~28
镍渣	14	10.72	24.16	21~24
磷渣	11	18.57	24.71	19~22
锂渣	2	17.59	25.33	
锰渣	15	9.17	30.92	20~28
镁渣	4	14.01	18.00	14~18
铜渣	3	40.00	41.82	40~42
钛渣	2	18.57	21.49	
矿渣	127	16.43	30.19	20~26
钢渣	55	18.91	36.06	25~31
粉煤灰	35	14.61	34.26	16~31
玻璃碎块	2	19.79	36.15	
炉渣	16	17.99	31.71	20~25
粘土砖碎块	9	11.41	15.96	13~16
混凝土废渣块	10	16.42	18.39	16~18
焦炭末	11	75.20	187.6	90~150
石油 (焦) 渣	8	13.91	200.8	22~34
煤矸石	12	17.14	24.09	17~19
石煤渣	8	30.32	34.63	30~34
电石渣 (生料)	14	6.61	16.63	9~15
对比样: 水泥熟料	148	13.1	21.8	14~18

2.1 矿渣

容重 0.92~1.29kg/L, 密度 2.8~2.98g/cm³。 W_i 试验 ≤ 19 kWh/t 占 3 例, $> 26.5 \sim 30.2$ kWh/t 占 16 例, 其余居中位值 20~26kWh/t 的试样占 85%。小磨试验粉磨至比表面积 S 为 420 ± 10 m²/kg 和 500 ± 5 m²/kg 的所需时间 t 及试样占比见表 2。

表 2 相近 S 的矿渣粉磨时间及试样占比

粉磨时间/t/min	≤ 30	40~ 50	60~ 70	80~ 90	100~ 110	120~ 130	140~ 150	160~ 180	≥ 190
矿渣 (420±10m ² /kg) 占比/%	0	0	8.0	16.0	44.0	32.0	0	0	0
矿渣 (500±5m ² /kg) 占比/%	0	0	0	4.0	8.0	24.0	32.0	28.0	4.0
水泥 (420±10m ² /kg) 占比/% ^①	8.0	28.0	52.0	8.0	4.0	0	0	0	0

注：①包括熟料， t 、 W_i 与混合材种类及配比有关。

表 2 可见， $S=420\text{m}^2/\text{kg}$ 时，88% 的水泥粉磨时间 t 仅为 30~70min，而 92% 的矿渣 t 需要 80~130min， $S=500\text{m}^2/\text{kg}$ （标准 S105 级矿粉）时，有 64% 的矿渣 t 高达 140~190min 以上。可见矿渣的难磨程度高、占比大，并随 S 越大粉磨越困难。现在普遍采用分别粉磨，就是基于易磨性的差异而形成的共识。

矿渣 $S=420\text{m}^2/\text{kg}$ 时，都能满足标准 S95 级活性指标，与此对应的 d_{45} 筛余一般为 6~12% 左右， d_{80} 筛余基本为零，筛余都很小但 S 较低且增长缓慢，粉磨越接近目标 S 时，有的 10min 最小增长值不足 $15\text{m}^2/\text{kg}$ 。此外还有一些生产现象如：相近 W_i 、 S 下有的产量或 d_{45} 筛余相差较大，有的使用助磨剂出现 S 倒缩、活性降低等，反映出矿渣的复杂粉磨特性。但总的看，立磨、辊压机的粉磨效率远比表 2 高得多，系统电耗约为 1.4~1.5 W_i 左右。

2.2 粉煤灰

热电厂燃煤排放的废渣，有干排/湿排之分，松散容重 0.69~1.15 kg/L，密度 1.85~2.55 g/cm³。小磨试验 39 例粉煤灰，按标准 d_{45} 筛余和实际生产要求的比表面积 $S=500\sim700\text{m}^2/\text{kg}$ 对比见表 3。粉煤灰原料的 d_{45} 筛余一般在 25%~80% 之间表 3 可见，有近 50% 的原料无需粉磨也能达到 III 级灰筛余，粉磨基本不残留 d_{80} 以上的粗颗粒。

表 3 粉煤灰原料和粉磨试验统计

对比项目	GB/T 1596 标准 d_{45} 筛余			比表面积 $S/\text{m}^2/\text{kg}$		
	III 级 (≤45%)	II 级 (≤25%)	I 级 (≤12%)	500	600	700
原料达标的试样占比%	48.6	5.7	0	5.7	0	0
粉磨达标最短时间 t/min	5	5	10	30	30	60
粉磨达标最长时间 t/min	20	50	80	140	260	>340

因此，用其配制生料或与熟料配料混合粉磨，普遍具有增产节电的效果。但单独粉磨影响复杂，其中 W_i 试验为 14.61~34.26 kWh/t，最大相差 2.3 倍；小磨粉磨至 $S=500\sim 700\text{m}^2/\text{kg}$ 的最长时间 t 相当于生产 I 级灰的 1.8~4.2 倍，有 11.4% 的试样粉磨 10min 新增 $S<5\text{m}^2/\text{kg}$ 而难以再增长，还有近 9% 的试样 d_{45} 筛余 $<1.5\%$ 而 S 没超过 $500\text{m}^2/\text{kg}$ ，有的甚至还不到 $300\text{m}^2/\text{kg}$ ，都表明这类粉煤灰用筛余控制容易而用 S 控制困难，标准只规定筛余似乎不能完全反映生产需要，是否可规定 S 低限也值得商榷；二是细度与活性、需水量的矛盾。生产中往往以较高的 S 来提高活性，当 $S>500\text{m}^2/\text{kg}$ 时，活性都达到 $\geq 70\%$ 的标准指标，但需水量有的超标。可见需水量并不在于很细，关键取决于成品的粒度均齐和颗粒形貌^[3]。现在生产 I 级灰多采用先分选后粉磨的半终粉磨工艺，先分选的一部分成品由于不经过粉磨而能够保持其原始形貌，对降低需水量有利。但若要求成品 S 很高时，另一部分则需粉磨得更细来提升比表面积，磨机负担加重。

2.3 钢渣

松散容重 1.89~2.12kg/L，密度 2.9~3.9g/cm³，是一种资源丰富的活性混合材。有关钢渣的粉磨试验已有专述^[4]，其中两点值得关注，一是筛余，按 W_i 试验 (d_{80} 筛余 $<2\%$)，有 83.3% 的钢渣 $>25\text{kWh/t}$ ，矿渣只占 24.4%，水泥熟料最高为 20~21.8kWh/t 且仅占 5%，表明难磨钢渣的占比数大于矿渣；而小磨试验 $S=396\sim 420\text{m}^2/\text{kg}$ 时， $t>110\text{min}$ 的占比则以矿渣 (54.2%) 大于钢渣 (11.2%)。两种试验不同结果，主要是因为相同 t 时钢渣的 S 大，但出磨粗颗粒也多，有的 d_{80} 筛余可达 20% 以上，故而按 S 控制显得比矿渣容易，而要减小筛余就势必延长粉磨时间，电耗随之增大。鉴于现行标准无筛余规定，因此，生产对粗颗粒的控制不可忽略；二是标准也无铁含量规定。钢渣含铁通常为 2%~4%，有 5 例 (国外占 3 例) 高达 11%~27% 以上，磁选过程需要多次破碎才能吸出被渣体包裹的铁粒，另有 2 例含非磁性金属无法进行磁选，这对产量和设备磨损的威胁增大，因此无论是单独还是混合粉磨都需配套完整的除铁系统，生产工艺复杂化，辊压机粉磨系统目前可

做到成品含铁量 $<0.1\%$ 、系统电耗约 $1.4Wi$ 左右。

2.4 煤矸石、石煤（渣）

黑色、灰黑色块状，松散容重 $0.9\sim 1.41\text{ kg/L}$ ，是煤或多种金属矿开采过程选排的尾矿，具有一定热值和活性，多用作燃料、生料和水泥配料。煤矸石和石煤的易磨性定性比较模糊， Wi 试验 11 例煤矸石为 $17.5\sim 18.6\text{ kWh/t}$ ，1 例为 24.09 kWh/t 。7 例石煤 Wi 均为 $30.3\sim 34.6\text{ kWh/t}$ ，另有 1 例标称为闪石煤 Wi 高达 110 kWh/t 。表明石煤比煤矸石甚至钢渣难磨；但用哈氏可磨性 HGI 试验， Wi 高达 31.1 kWh/t 的石煤 HGI 仅为 59，只居于煤质原料的中等水平；小磨试验与熟料混磨，则又反映出大幅缩短粉磨时间 t 和提升比表面积 S 的作用，见表 4。

表 4 可见，用煤矸石或石煤作混合材，按水泥 $S=400\text{ m}^2/\text{kg}$ 所节省的 t 计算，可比矿渣、钢渣等配料降低粉磨电耗 $14\%\sim 40\%$ 。问题在于，1) 有的 d_{80} 筛余也大，不利于混合粉磨；2) Wi 和 HGI 的试验结果不对称，方法取向不明确；3) 对原料及产品研究不多，标准不配套，应用有待深化。

表 4 煤矸石和石煤渣作水泥混合材的粉磨对比

试样	主要配料	t/min	S/m ² /kg	d ₈₀ /%
A	熟料 72%+石灰石 16%+钢渣 8.0%	40	407	3.5
		50	462	2.5
	熟料 47%+石煤渣 36.5%+煤矸石 10%+石灰石 3%	30	448	7.8
		40	529	2.7
B	熟料 78%+石灰石 5%+矿渣 10%	70	455	0.9
	熟料 69%+石灰石 12%+煤矸石 14%	60	454	0.5
C	熟料 95%	50	410	2.6
	熟料 63%+石煤渣 31%	30	417	12.1
D	熟料 100%	50	399	1.8
	熟料 80%+石煤渣 20%	40	382	2.3

2.5 电石渣

电石水解制取乙炔时排放的残渣，经沉降浓缩后含水约 70% ，呈灰白色膏状凝结体，干燥打散后基本为细粉，无法直接测其 Wi ，故按生料试验。国内以电石渣配料目前已全部或部分取代石灰石，其中配比 25% 以上的生料 Wi 见表 5。

表 5 电石渣配比 25%以上的生料易磨性 W_i

试样编号	原料配比%					W_i /kWh/t
	电石渣	石灰石	砂岩	铁粉①	其他	
869	78.59	0	10.08	2.73	粉煤灰 8.6	6.61
537	61.0	18.95	14.33	5.72		8.88
577	78.16	0	13.51	3.33	铝矾土 5.0	9.22
899	48.69	32.71	16.36	2.24		10.74
502	60.0	19.24	18.81	1.95		10.81
559	58.0	23.7	12.5	5.8		11.24
595	28.0	52.8		1.6	煤矸石 17.6	11.25
596	28.0	53.8	16.9②	1.3		11.29
597	28.5	52.8	16.2②	2.5		11.68
805	30.0	0	32.0②	12.0	石煤渣 26	12.38
981	25.0	61.84		3.59	铅锌矿渣 9.57	14.78
572	61.39	19.52	7.77②	2.38	页岩 8.94	14.74
447	40.0	43.43	13.5②	3.13		16.49
517	40.0	40.26	5.78②	1.96	页岩 12.0	16.63

注：①包括铁矿石、铜渣、硫酸渣等；②高硅砂岩或石英砂岩。

14 例生料中，10 例 $W_i \leq 6.6 \sim 12.5$ kWh/t，4 例 $W_i \geq 14.5 \sim 16.6$ kWh/t。与常规生料平均 $W_i = 12.5$ kWh/t 相比，电石渣配料平均 W_i 仅为 11.9 kWh/t，且试样数占到 2/3；若与 $W_i < 10$ kWh/t 的试样数相比，常规配料只占 3%，而表 5 可占到 21%。表明电石渣配料具有节电作用。

分析表 5，电石渣配比愈大的生料， W_i 有降低趋势，但采用高硅砂岩、矿渣等难磨原料配料，节电趋势减弱或丧失殆尽，可见对这些原料的选材依然重要。更主要是电石渣的脱水和烘干工艺复杂，一般需入磨前经压滤脱水至 40% 以下再进行预烘干至 $< 12\%$ 左右，而球磨则需使其终水分 $< 1\%$ ，烘干和防吸湿成本较大，但与节省的电耗和石灰石资源相比，社会经济效益显然不可低估。

2.6 镍渣

青灰色、灰黑色粒状，有的呈熔融状球形颗粒。烘干后颜色变浅或泛绿色，磨细后为灰白色。松散容重 1.1~1.65kg/L，密度 2.91~2.99g/cm³。较细的试样达 98% < 2.5 mm，较粗的则 40% 以上 > 10 mm。 W_i 试验 ≤ 10.8 kWh/t 占 3 例，其余 11 例占 78% 的试样为 21~24.2 kWh/t。采用 W_i 为 23.56 kWh/t 的镍渣与矿渣各 50% 配料混磨，所得 W_i 为 23.76 kWh/t；小磨试验粉磨至 $S = 420 \sim 450$ m²/kg 时， t 为 80~

150min，均表明这类镍渣的粉磨特性与矿渣相似，但又有类似于石灰石一样的易磨原料并存，可见其原料差别大，选择性强。

表 6 的活性试验表明，镍渣 $S=420\sim 450\text{m}^2/\text{kg}$ 、配比 30%时，28d 强度比基本达到 $\geq 70\%$ 的活性指标，具有与粉煤灰相同的活性。但不同镍渣满足于这个活性指标的 S 不同，达到 S 的粉磨时间 t 也有很大差距。与矿渣和钢渣同比掺入 50% 的强度相比，镍渣活性很低

表 6 不同镍渣的细度与活性对比试验

镍渣	Wi/ kWh/t	t/ min	S/ m ² /kg	d ₄₅ /%	d ₈₀ /%	强度活性%	
						7d	28d
A	20.8	90	397	14.5	1.3	57	67
		96	422	12.0	0.8	60	70
B	23.1	130	399	15.5	1.2	57	66
		140	425	13.1	0.9	60	69
		150	450	12.4	0.6	62	70

注：参照粉煤灰活性试验，按对照样（熟料 98%+石膏 2%）70%、镍渣 30%进行活性试验。

2.7 铬渣

黑色砂粒状，磨细后为灰黑色，1 例状似黏土，松散容重 1.15~2.27kg/L。较细的试样为 98% $<0.35\text{mm}$ ，较粗的为 20% $>4\sim 15\text{mm}$ 。Wi 试验 14.3~15.6kWh/t 占 3 例（其中包括黏土状试样），7 例为 23.4~28.3kWh/t。分别取 $Wi=15.6\text{kWh/t}$ 、23.42kWh/t、28.28kWh/t 的试样进行小磨试验，粉磨到 $S=420\text{m}^2/\text{kg}$ 所需时间 t 依次为 70 min、100 min 和 120min，表明铬渣 Wi 分布宽，大多数具有矿渣的粉磨难度。

国内最早有用铬渣作立窑活化剂的应用报道，个别用作混合材使用，试验配比都只在 3~6%左右，现在使用极少。因为其含有的可溶性六价铬具有强氧化性易被吸收，在还原为三价铬的过程中对细胞具有刺激性和腐蚀性。是美国 EPA 确认的 129 种重点污染物之一^[5]。因此铬渣用于水泥生产，难点不在粉磨而在于原料解毒，其解毒工艺复杂、投入成本高，原料及产品的安全性尚待标准规范。

2.8 磷渣

灰白色或泛绿色矿渣状颗粒，松散容重 1.05~1.6kg/L，密度 2.7~2.9g/cm³。不同磷渣及其配料试验见表 7。

表 7 可见，90%的磷渣 W_i 都集中于 19~22kWh/t，仅 1 例最高为 24.7 kWh/t，均居于矿渣的中位值范围。用作水泥混合材与炉渣配料或直接掺入熟料混磨，在掺量 6~11%时， W_i 呈梯次降低，而生料配料则随磷渣配比增大， W_i 呈上升趋势。

表 7 不同磷渣的粉磨试验对比

试样配比		W_i /kWh/t 和试样数				
		9.5~11	13~15	16~18	19~22	24.7
混合材	磷渣 100%	0	0	0	10	1
	磷渣 90%+炉渣 10%	0	0	1	2	0
	熟料+磷渣 6~11%	0	1	3	0	0
生料	磷渣 3%~7%	2	1	0	0	0
	磷渣 8%~12%	1	2	2	0	0
	磷渣 15%~19%	0	3	1	0	0

小磨试验 3 例磷渣 $S=450\text{m}^2/\text{kg}$ 时， t 为 90~100min，每 10min 平均新增 $50\text{m}^2/\text{kg}$ 左右，粉磨并不困难。但 2 组活性试验都是在磷渣 $S\geq 500\text{m}^2/\text{kg}$ 、配比 30%条件下才达到对照样的 80%强度比，虽高于镍渣和粉煤灰，但与 S95 级矿渣粉（ $S\geq 400\text{m}^2/\text{kg}$ 、配比 50%）的活性相比，磷渣 S 大、掺量少却活性较低。因此，与熟料混合粉磨很难发挥其活性，而最好的工艺还是分别粉磨， S 也最好在 $500\text{m}^2/\text{kg}$ 以上。另外，选择相宜的废渣与之混掺粉磨，可弥补色差大、 P_2O_5 含量高、活性低等方面的不足。

2.9 锰渣

浅黑色矿渣状颗粒，略泛绿，松散容重 0.48~1.56 kg/L，密度 2.5~2.9g/cm³。 W_i 试验 9.2~13.5kWh/t 占 2 例，1 例 30.9kWh/t，其余 12 例占 80%的试样居于中位值 20~28kWh/t。不同锰渣配料的 W_i 、 t 试验见表 8。

表 8 在不同工况下，试样 A 分别与矿渣 20%~50%配料， W_i 和 d_{45} 几乎没变，说明该两种原料的粉磨特性相同，混掺可互补活性；试样 B 掺入 12%的锰渣较之同

比粉煤灰配料 W_i 增大 13.1%；试样 C、D 则反映出粉磨时间 t 随 W_i 的减小而缩短。

表 8 不同锰渣的 W_i 和 t 试验

试样	原料及配料	入磨粒度 F_{80}/mm	成品 d_{45} 筛余/%	W_i / kWh/t	t / min
A	锰渣 50%+矿渣 50%	2.31	27.6	27.65	
	锰渣 60%+矿渣 40%	2.25	29.3	27.38	
	锰渣 70%+矿渣 30%	2.37	26.2	27.43	
	锰渣 80%+矿渣 20%	2.46	27.2	27.48	
B	熟料 85%+锰渣 12%	3.08	22.6	15.18	60
	熟料 85%+粉煤灰 12%	2.50	16.5	13.19	50
C	锰渣 100%	1.82	422m ² /kg	26.14	130
	锰渣 100% (挤压后)	0.29	418m ² /kg	20.39	105
D	锰渣 100%	2.21	420m ² /kg	13.47	70

锰渣的活性按 $S=450\text{m}^2/\text{kg}$ 、掺量 50% 分别进行 3 组试验，其 28d 强度比最大为 81%，最小为 62%，用相近 S 的 S95 级矿渣粉衡量，锰渣活性较低，且随原料不同而差距较大。但按掺量 30% 推论，都可达到粉煤灰的活性指标。鉴于锰渣原料及其活性差异大，亟待制定标准进行规范。

2.10 焦炭末、石油焦渣

冶金、化工用焦的筛选物和炼制过程的残留物。焦炭末 2~4mm 黑色多孔颗粒，容重 0.75~0.90kg/L，用作燃料单独粉磨的电耗极高，11 例试样中 W_i 最小为 75kWh/t，最高达 187 kWh/t。3 例以 5% 焦炭末与 90% 以上的石膏和粘土配料， W_i 仅为 9.5~11kWh/t，表明该配比还不足以明显改变石膏 ($W_i=9\sim11\text{kWh/t}$)、粘土 ($W_i=3\sim6\text{kWh/t}$) 的易磨性。但在铬渣中掺入 12% 时， W_i 即由 14.3kWh/t 增至 24.4kWh/t，增幅 41%。曾有生产尝试与熟料混磨，终因电耗很高而弃用。

石油焦渣黑色粒状、块状或球形颗粒，有高温粘结、表面油渍等现象，颗粒以 <4mm 为主，容重 0.8~1.2kg/L，多与其他燃料混磨用于窑煅烧。单独粉磨有 2 例 W_i 为 13.9~16.5kWh/t，1 例标称煅烧石油焦的 W_i 为 200.8kWh/t，其余 5 例为 22~34 kWh/t。3 组以焦渣 55~65%+烟煤 35~45% 的配料，HGI 在 62~69 之间。试验发现：有的试样 W_i 和 HGI 的可比性很差，如： $W_i=200.8\text{kWh/t}$ 的焦渣，HGI=32，

其 HGI 与褐煤相似，都属最难磨范畴，但褐煤实际粉磨电耗不会像 W_i 这样高；再如 $W_i=13.9\text{kWh/t}$ 的焦渣， $\text{HGI}=77$ ，而相近 $W_i=13.5\text{kWh/t}$ 的烟煤， HGI 却达 136。可见两种试验结果对应混乱，容易产生误导。

2.11 炉渣

工业锅炉排放的炉底渣，密度 $2.4\sim 2.8\text{g/cm}^3$ ，容重 $0.8\sim 1.2\text{kg/L}$ 。因燃烧物不同，渣体颜色、构造及其粉磨的差异大，以含炉灰、炭渣、焦渣、欠烧夹心块居多，有的为黑色晶状物或含铁钉、铁屑等。 W_i 试验有 2 例 $<18.3\text{kWh/t}$ ，2 例 $>31\text{kWh/t}$ ，其余 12 例居中为 $20\sim 24.8\text{kWh/t}$ 。19 例掺炉渣 $4\%\sim 10\%$ 的生料和水泥配料，仅 1 例生料 $W_i=18.2\text{kWh/t}$ ，其余均 $\leq 12\sim 16\text{kWh/t}$ 。小磨试验不同配料的粉磨对比见表 9。

表 9 可见， W_i 为 $18\sim 25\text{kWh/t}$ 的炉渣，在 $t=40\sim 60\text{min}$ 内， S 都很高，10min 的 S 增长幅度也与熟料相似，所以单独粉磨或与熟料混磨都有利。但与其他废渣混掺则各有不同，其中钢渣配料的 W_i 较大、 t 耗时较长；粉煤灰配料 t 虽短， S 却相差很大，但都比不掺炉渣的粉磨效果好。例如表中钢渣单独粉磨到相近 S 需 120min，掺入炉渣后即缩短至 100 min，与玄武岩、磷渣等配料也具有类似效果，可见炉渣是用作混掺粉磨的一种上佳原料。

表 9 不同炉渣及配料的试验对比

原料及配料	$W_i/\text{kWh/t}$	d_{45} 筛余/ %	$S/\text{m}^2/\text{kg}$	t/min
炉渣 100%	24.8	23.5	544	50
		18.4	603	60
炉渣 100%	21.6	21.8	455	50
		18.6	512	60
炉渣 100%	18.3	23.3	594	40
		17.7	670	50
炉渣 30%+钢渣 70%	26.3	23.9	448	100
炉渣 60%+粉煤灰 40%	28.3	18.3	512	70
炉渣+粉煤灰各 50%	19.7	18.1	657	50
炉渣+粉煤灰各 50%	20.5	17.9	588	40
炉渣+粉煤灰各 50%	18.9	18.4	383	30

2.12 废砖块、混凝土渣块

砖混建筑垃圾，废砖为粘土砖碎块，混凝土渣块含砂、石及砂浆残体，松散容重 1.08~1.35kg/L。9 例废砖 W_i 试验均为 11.6~14.7 kWh/t，10 例混凝土废渣均为 16.4~18.5 kWh/t。两种废渣 W_i 都小而且分布比较集中，粉磨难度不大，但因色泽、渣源稳定性等原因，实际使用较少。仅从试验分析，废砖、混凝土渣配料各 50%时， W_i 仅为 13.4~15.9kWh/t， d_{80} 筛余 <1.8%，均与熟料粉磨相似；以混凝土渣 10~12%分别掺入磷渣、锰渣、钢渣进行对比试验， W_i 都比单独粉磨这些废渣降低 8%~15%。可见借助其 W_i 和 d_{80} 筛余小的特点，用作混掺使用可起到节电作用。

2.13 其他废渣

包括镁渣、锂渣、钛渣、铜渣、玻璃渣等，鉴于受测试样不多，仅作为个例。

镁渣 4 例，浅灰色粉粒状， d_{80} 筛余 55%~80%不等，含少量死烧状大块，容重 1.4~1.5kg/L，单独试验 W_i 为 14~18kWh/t，与水泥熟料相近，适于混合粉磨。7 例掺镁渣 9%~14%的生料和水泥， W_i 均为 13.5~15.6kWh/t，其中生料多居高值，但与其掺量没有线性关系。镁渣硅酸盐水泥 2009 年已纳入国家标准，而作为其主要混合材尚无标准。一般认为镁渣活性较高，关键是对 MgO 含量的限制。

锂渣 2 例，浅灰色泛黄、泛白色砂粒状，80%以上 <1.6mm，含少量 10~30mm 炭渣，容重 1.24~1.62kg/L。 W_i 试验泛黄渣为 17.5 kWh/t、泛白渣为 25.3kWh/t，可见其 W_i 的分布与矿渣类似。

玻璃渣 2 例，2~5mm 厚平板玻璃碎块，密度 2.45g/cm³，容重 1.25~1.37kg/L，磨细后多用作隔热保温材料。 W_i 试验分别为 19.79 kWh/t、36.15kWh/t。其粉磨特点是：成品量小（0.4~0.9g/r）、成品 P_{80} 粒径粗（70~78 μ m）， W_i 与矿渣、钢渣相近，但成品粒径较之偏粗 10~20 μ m，即不易磨细。

铜渣 3 例，<1.5mm 黑色粒状，容重 2.06~2.20g/cm³， W_i 为 40.0~41.8kWh/t，是冶金废渣中 W_i 最高的一种，多用其替代铁粉配制生料。在 19 例铜渣配比 1%~

4%的生料中，有 5 例 $Wi > 14 \text{ kWh/t}$ ，9 例 $\leq 8.9 \sim 12.5 \text{ kWh/t}$ 偏低，说明这个掺量对粉磨尚不构成明显影响。但在相同条件下用 1.8% 的铁粉与铜渣配料对比，后者粉磨电耗增大 3%，可见其影响实际存在。

钛渣 2 例，95% 以上 $< 4 \text{ mm}$ 黑色粒状，粉磨后颜色变浅，密度 $3.0 \sim 3.11 \text{ g/cm}^3$ ，容重 $2.3 \sim 2.4 \text{ kg/L}$ ， Wi 试验高钛渣 18.6 kWh/t 、矾钛渣 21.5 kWh/t ；小磨试验矾钛渣粉磨至 $S=450 \text{ m}^2/\text{kg}$ 所需时间 t 为 140 min ， d_{45} 筛余 6.1%。特点是密度、容重近于钢渣，而 Wi 、 t 、 d_{45} 与矿渣相似。

3 结 语

各种工业废渣几乎都具有高难磨特性，加之都需要磨得更细才能发挥其活性，因此用作水泥混合材最好是单独粉磨，并配套完善的除铁、烘干、均化、调质等工艺，其投入的设备多、成本大。可以说，水泥工业消纳固废是以增加成本来担负生态环保的社会责任。

纵观上述试验，有的筛余小却比表面积很低，有的比表面积高但粗颗粒也多，有的含铁或非磁性金属，同类不同质的特点突出，标准应对此有所兼顾。不同废渣搭配使用可起到改善粉磨和调节细度、活性等作用。对石煤、焦渣等煤质废渣，建议同时进行 Wi 和 HGI 试验，以分析其合理性，在使用上做出正确的选择。

参考文献：

- [1]孔祥忠，不要在环境问题上妖魔化水泥工业，中国水泥，2014（1）：17-18.
- [2]孔祥忠，调整水泥资源综合利用税收政策的建议，中国水泥，2013（7）：41-42.
- [3]董江波，年产 72 万 t I 级粉煤灰的大型化半终粉磨工艺，中国水泥，2015（5）：46-47.
- [4]罗 帆，钢渣的粉磨试验及其影响因素分析，水泥，2015（5）：19-21.
- [5]肖忠明，工业废渣用于水泥生产时重金属污染问题的思考，水泥，2014（11）：13-17.

济源中联水泥生产线设计总结

唐根华¹ 冀亚琼² 赵景顺² 白金铭²

(1.合肥水泥研究设计院,合肥 230051; 2. 济源中联水泥有限公司, 济源 459010)

济源中联水泥有限公司 4000t/d 熟料水泥生产线是对收购的水泥生产线进行技术改造而成,由合肥水泥研究设计院完成技术改造。该项目由于是收购工程,合肥水泥院结合已建工程、场地等条件,在技术改造中进行大量的优化调整,既合理利用了已建的建构筑物,又满足了生产工艺新的要求。

1 收购工程情况

1.1 基本情况

原工厂为半拉子熟料生产线工程,批文为 2×4500t/d 熟料生产线,方案设计为 3000t/d 熟料生产线,预留一条熟料生产线,设计中途名义上改为 4500t/d 熟料生产线,但施工仍然为 3300t/d 熟料生产线,设计资料、施工资料、设备订货均较为混乱。

厂区占地面积 9.57 公顷,一期工程主生产线场地平整为一个标高,场地经过粗平;原燃料等建设条件没有做细致工作,基本没有考虑原燃料预均化设施。

1.2 建设场地情况

建设场地北部为山坡地,坡地上有一条东西向的引沁渠,南部为全场最低,现有围墙建在挡土墙上,西部为乡间道路,路边为一条乡村沟渠,东侧为沥青道路,为入厂物料和出厂成品的必经之道。在场地的东北角有一条 11 万千伏的高压线斜贯厂区东北角;场地部分有低压线杆,可移除。场地内有一口附近乡村用水井,场地内从北向南有一条泄洪沟穿过原料堆场区域。现有场地已进行了部分场平,主要集中在烧成系统区域。改造前水泥生产线厂址地形如图 1 所示。



图 1 改造前水泥生产线厂址地形图

1.3 已建构筑物

已建构筑物见表 1:

表 1 已建构筑物

序号	项目名称	进展情况
1	废气处理系统	土建已完成，窑尾袋收尘器正在安装
2	烧成窑尾	第一层混凝土平台已完成
3	烧成窑中	三个窑墩已完成，回转窑已经就位
4	烧成窑头	窑头厂房、篦冷机基础均已完成
5	煤粉制备系统	球磨机基础、厂房已完成
6	中央控制、化验室	已封顶，在做屋顶防雨
7	生料均化库Φ18×54m	现已施工至 22 米高度，已到底板位置

由于施工质量不高，加上停工后未采取合理的保护措施，导致砼工程出现了不同类型的质量问题。对已建工程进行了砼强度、砼表面碳化、钢筋的保护层及间距、外露钢筋的表面质量及力学性能的抽样检测，有关检测结果和结论见表 2。

表 2 生产线土建工程质量评价及初步处理措施

序号	项目名称	土建形象进度	工程质量状况及加固措施						
			砼强度检测情况	砼表面碳化程度	钢筋保护层情况	钢筋平均间距情况	外露钢筋锈蚀及力学性能	结构承载能力评价	拟采取的加固措施
1	煤磨车间	煤磨钢筋砼框架完成	强度不满足设计要求	2~10mm	22~44mm	满足要求		部分梁柱承载能力不足	外包钢筋砼, 扩大梁柱截面尺寸
2	生料磨及废气系统	收尘器钢筋砼框架完成	强度不满足设计要求	10mm	22~32mm	满足要求		部分梁柱和基础承载能力不足	外包钢筋砼, 扩大构件截面尺寸
3	生料均化库	钢筋砼库壁滑模至+12.0m(估)标高	强度不满足设计要求	10mm	32~39mm	满足要求	满足要求	承载能力不足	部分拆除
4	预热器框架	首层框架(钢筋砼)完成	强度不满足设计要求	4~6mm	25~40mm	满足要求	满足要求	部分梁柱承载能力不足	外包钢筋砼, 扩大构件截面尺寸
5	回转窑	窑基础完成	强度不满足设计要求	7~10mm	36~51mm	满足要求		承载能力不足	外包钢筋砼, 扩大基础截面尺寸
6	篦冷机	篦冷机基础及窑头钢筋砼框架完成	强度不满足设计要求	5~15mm	21~37mm	满足要求		基础及部分框架柱承载能力不足	外包钢筋砼, 扩大构件截面尺寸
7	中控化验楼	钢筋砼框架完成, 墙体砌筑和抹灰基本完成						部分墙体沉降开裂, 且歪斜	歪斜开裂墙体需拆除重建

1.4 设备订购情况

已订购设备情况见表 3。

表 3 设备订购情况表

序号	设备名称	规格型号	主要参数	配套情况	备注
1	回转窑	Φ 4.55×68	减速机 B3SH20 输入功率 375KW 速比 36.5 电机 560KW 调速范围： 160-1500rpm	弗兰德减速机 电机未配套	史密斯旧湿法 窑改造
2	煤粉通风机	M6-31NO16.50	风量 87000m ³ /h 全压 7500Pa	电机 YRKK450-4 , 280kW	
3	窑头排风机	Y4-73NO28D	风量 572000m ³ /h 全压 3200Pa	电机 YRKK630-8, 710kW	
4	窑尾排风机	Y5-2×51NO 23.5F	风量 750000m ³ /h 全压 4500Pa	电机 YRKK710-6 , 1400kW	
5	高温风机	W6-2×39 NO29.5F	风量 700000m ³ /h 全压 8200Pa	电机 YRKK800-6 , 2240kW	
6	原料磨	Φ 4.6×10+3.5	产量 190t/h	功率 3550kW	
7	风扫煤磨	Φ 3.6× (6+2.5)	产量 28t/h		
8	篦冷机		冷却面积 96.8m ²		
11	窑尾袋收尘		处理风量 750000m ³ /h		
12	窑头电收尘				
13	预热器	C1: 2-Φ 4900mm C2: 1-Φ 7600mm C3: 1-Φ 7600mm C4: 1-Φ 7800mm C5: 1-Φ 7800mm			
14	分解炉	TDF 带鹅颈管 Φ 6500mm			



图 2 改造前水泥生产线厂区全貌

2 技术改造方案

2.1 生产规模的确定

根据已订购 $\Phi 4.55 \times 68\text{m}$ 回转窑为设计基础, 结合篦冷机(冷却面积 96.8m^2)、煤磨($\Phi 3.6 \times 6 + 2.5\text{m}$, 无烟煤为燃料, 平均发热量 5000kcal/kg 左右, 挥发份 $4 \sim 8\%$, 产量 28t/h) 的规格, 以及窑尾框架尺寸($16 \times 19\text{m}$) 等因素, 确定本项目改造为一条 4000t/d 熟料生产线, 年产熟料 120 万吨。

此外, 根据济源中联的要求, 水泥制成采用一套 HFCG160-140 辊压机+HFV4000 气流分级机+ $\Phi 4.2 \times 13.0\text{m}$ 球磨机+O-Sepa4000 高效选粉机组成水泥挤压联合粉磨系统, 年产水泥 100 万吨。

2.2 工艺技术改造方案

2.2.1 增设原燃料预均化设施

原燃料的处理对稳定水泥生产至关重要。通过对原燃料等建设条件进行细致工作, 确定增设原燃料预均化设施和原料配料站。

石灰石破碎车间布置在矿山, 石灰石卸料车间布置在生产线的东北角, 充分利用场地集水坑和山地的高差, 山地作为石灰石卸料平台, 集水坑布置卸料仓, 节约了挖填土方量和建设投资, 同时保证引沁渠的畅通。石灰石布置卸料装置详

见图 3。

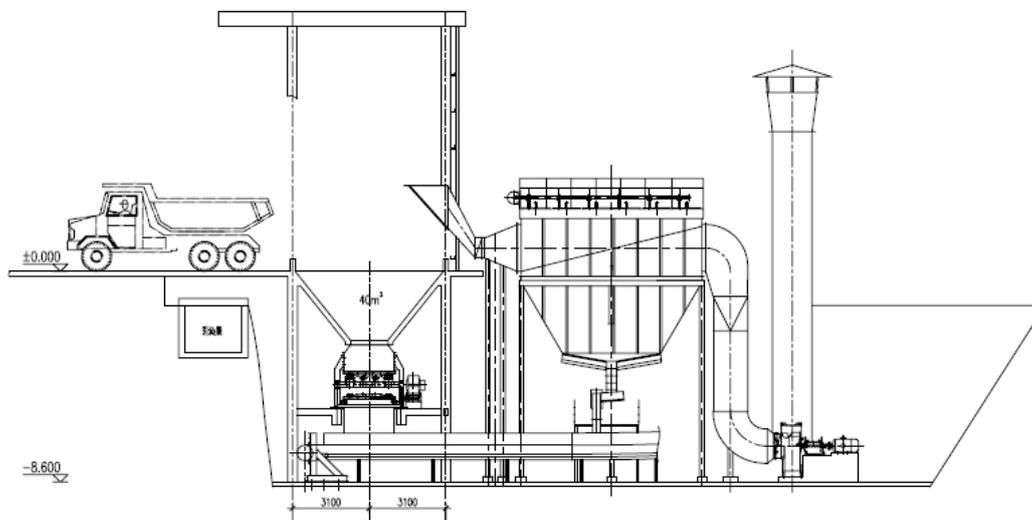


图 3 石灰石布置卸料示意图

破碎后的石灰石通过皮带机输送至 1- Φ 80m 圆形石灰石预均化堆棚，均化后的石灰石通过皮带机输送至 1- Φ 10 \times 26m 石灰石砵配料库。

砂岩和铅锌渣：由汽车运送至原料卸料场，由铲车或自卸车倒入受料斗，通过板喂机、皮带机送至 48 \times 294m 原煤和辅料预均化堆棚，均化后的砂岩或铅锌渣由取料机、皮带机输送至 Φ 6 \times 20m 钢板库。

粉煤灰：通过罐装车运输进厂，气力输送至 1- Φ 6 \times 20m 粉煤灰钢板配料库。

煤：由汽车运送至原料卸料场，由铲车或自卸车倒入受料斗，通过板喂机、皮带机输送至 48 \times 294m 原煤和辅料预均化堆棚，均化后的原煤由取料机、皮带机输送至煤磨。

2.2.2 生料制备

已订 Φ 4.6 \times (3.5+10) m 中卸磨一台，产量 190t/h，不能满足技改后生产要求，同时电耗、成本高，从长期使用及节能方面来看，中卸磨不宜使用。生料制备车间只是磨机基础已经施工，基础尺寸与设备基础不吻合，不能使用，其他设施均没有施工。结合节能要求及入磨物料水分情况，决定采用立式磨制备生料，窑尾废气作为烘干热源。

2.2.3 预分解系统

根据已订购 $\Phi 4.55 \times 68\text{m}$ 回转窑的规格，结合篦冷机、煤磨的规格，以及 $16 \times 19\text{m}$ 窑尾框架尺寸，综合考虑各种因素，确定 4000t/d 熟料的预分解系统为 5 级单系列旋风预热器。

窑尾废气处理采用袋收尘器，如果利用已建收尘器框架，将收尘器滤袋加长到 7400mm ，收尘器净过滤风速仍然在 1.0m/s 左右，将导致收尘器滤袋清灰不彻底、收尘效果下降、滤袋寿命缩短，影响生产线的正常运转。因此，经综合考虑，对已建 $30 \times 11.68\text{m}$ 收尘器框架增加 6m 一跨，改造为 $36 \times 11.68\text{m}$ 收尘器框架，窑尾袋收尘器风量为 $80 \text{万 m}^3/\text{h}$ ，过滤风速调整为 0.85m/s 。

2.2.4 $\Phi 4.55 \times 68\text{m}$ 回转窑

已安装就位的仅是回转窑的筒体部分，要修复到满足生产要求的完整回转窑，尚需补齐缺少的部分，如窑头罩及窑头、窑尾密封、窑头和窑尾护板、大齿轮罩、托轮轴承组的冷却水管、测温、隔热板及挡轮液压站等，以及对传动装置进行改造。

回转窑筒体检测结果分析及处理：（1）筒体同心度偏差 25mm ，圆度偏差 20mm ，筒体成弯曲状态，这种情况已经远远超过了回转窑的设计标准及《水泥机械设备安装工程施工及验收规范》，无法保证回转窑长期正常稳定运转。（2）回转窑一、二档间和窑头悬臂部分的筒体厚度仅 $24 \sim 25\text{mm}$ ，达到了设计规范下限，虽短期内可以满足回转窑的运转，但在回转窑使用一段时间后，筒体氧化、磨损后，将引起回转窑筒体的事故，彼时再更换筒体将造成很大的经济损失。综上所述，现场的旧窑使用价值不大，长期使用易对设备运行造成事故隐患。根据已建窑墩情况，重新设计一台满足工艺要求的全新 $\Phi 4.6 \times 67.4\text{m}$ 回转窑，以保证设备长期正常稳定运转，满足生产要求。

2.2.4 熟料冷却

熟料冷却采用 TC-1380 篦式冷却机，实际面积 96.8m^2 ，两段传动，该机是早期产品，存在熟料冷却效率差等缺点，确定采用史密斯十字棒式篦冷机 $\text{CB}14 \times 43$

新产品，对已建的设备基础进行改造，使之达到新型篦冷机的要求。

同样，对于窑头余热废气处理采用袋收尘器，对已建 22.652×11.45m 收尘器框架增加 7.5m 一跨，改造为 30.152×11.45m 收尘器框架，窑头袋收尘器风量为 50 万 m³/h，过滤风速调整为 0.80m/s。

2.2.4 主机设备

表 4 全厂主机设备表

序号	名称、规格、型号	主要技术性能	台数	年利用率(%)
1	石灰石预均化	悬臂连续合成式堆料机 堆料能力：700 t/h	1	29.6
		圆型刮板取料机 取料能力：400t/h	1	51.7
2	原煤和辅助原料均化	悬臂侧式堆料机 堆料能力：300 t/h	1	29.5
		桥式刮板取料机 取料能力：150t/h	2	29.5
3	生料粉磨	HRM4200 立式磨 入磨粒度：≤80mm 生料细度：R0.08≤14% 原料综合水分：≤10% 生料水分：≤1.0% 生产能力：330~360t/h	1	60.1
4	立磨风机	处理风量：750000m ³ /h 风 压：10500Pa 工作温度：90~150℃	1	60.1
5	煤磨	Φ3.6×(6.5+2.5)m 风扫煤磨 入磨粒度：<20mm 煤粉细度：R0.08≤2% 原煤水分：≤10% 煤粉水分：≤1.0% 生产能力：28~30t/h	1	74.1
6	预热器分解炉	HXPG5/4000D C1：2-Φ5500mm C2：1-Φ7200mm C3：1-Φ7400mm C4：1-Φ7800mm C5：1-Φ7800mm 预燃室：Φ5200mm 混合室：Φ6400mm 入窑分解率：>92%	1	85

水泥科技 STC

序号	名称、规格、型号	主要技术性能	台数	年利用率(%)
7	熟料烧成	Φ 4.6×67.4m 回转窑 斜 度: 3.5% 转 速: 0.41~4.1r.p.m 熟料产量: 4000t/d	1	85
8	熟料冷却	史密斯十字棒式篦冷机 CB14×43 面积: 102.5m ² 入料温度: 1400℃ 出料温度: 65℃+环境温度 生产能力: 4000~4400t/d	1	85
9	高温风机	余热锅炉运行时: 处理风量: 630000m ³ /h 风 压: 8500Pa 工作温度: 200℃ 最高工作温度: 220℃ 余热锅炉不运行时: 处理风量: 780000m ³ /h 风 压: 7500Pa 工作温度: 350℃ 最高工作温度: 450℃	1	85
10	窑尾袋收尘器	处理风量: 800000m ³ /h 使用温度: 80~150℃ 入口浓度: <100g/Nm ³ 出口浓度: <30mg/Nm ³	1	85
11	窑尾风机	处理风量: 800000m ³ /h 风 压: 3500Pa 工作温度: 90~150℃	1	85
12	窑头袋收尘器	处理风量: 500000m ³ /h 入口温度: 80~260℃ 入口浓度: <100g/Nm ³ 出口浓度: <30mg/Nm ³	1	85
13	窑头余风风机	处理风量: 500000m ³ /h 风 压: 4500Pa 工作温度: 100~150℃	1	85
14	水泥粉磨	HFCG160-140 挤压机 通过量: 675~780t/h 入料粒度: <80mm 入料温度: ≤100℃ 综合水分: ≤1.5% 出料粒度: ≤2mm (>65%)	1	62.6
		静态气流分级机 HFV4000 处理量: 750 t/h (最大 1100 t/h) 生产能力: 160-275 t/h 设备阻力: 1.5~2.0kPa	1	62.6

序号	名称、规格、型号	主要技术性能	台数	年利用率(%)
		风量：180000-240000 m ³ /h		
		高效水平涡流选粉机 LX4000 产量：170~240t/h 比表面积：≥320m ² /kg 最大循环量：750t/h 选粉空气量：240000 m ³ /h 设备阻力：1.4~1.8KPa	1	62.6
		Φ 4.2×13m 球磨机 产品细度：R0.08=3~5% 比表面积：≥320m ² /kg 系统产量：160t/h	1	62.6
15	辊压机循环风机	处理风量：270000m ³ /h 风 压：4200Pa 工作温度：80~120℃ 入口浓度：<120g/Nm ³	1	62.6
16	选粉机后排风机	处理风量：260000m ³ /h 风 压：5500Pa 工作温度：80~120℃	1	62.6
17	水泥磨尾排风机	处理风量：48000m ³ /h 风 压：3600Pa 工作温度：90~120℃	1	62.6
18	水泥包装(袋装率 30%) 8 嘴回转式包装机	能力：100t/h.台	2	34.2

2.2.5 主要储存设施

表 5 生产系统储存设施一览表

序号	物料名称	储存方式	规格(m)	数量	储量(t)	储期(d)
1	石灰石	预均化堆棚	Φ80	1	24000	4.6
		圆库(配料)	Φ10×26	1	1400	
2	砂 岩	预均化堆棚	合用48×294m	1	5000	14.3
		圆库(配料)	Φ6×20	1	400	
3	粉煤灰	圆库(配料)	Φ6×20	1	200	3.7
4	铅锌矿	预均化堆棚	合用48×294m		2000	9.4
		圆库(配料)	Φ6×20	1	400	
5	原 煤	预均化堆棚	合用48×294m	1	2-7500	11.6 (按一堆)
6	生 料	均化库	Φ18×52	1	8000	1.4
7	熟 料	圆 库	Φ45	1	45000	11.4
		圆库(水泥配料)	Φ6×27	1	750	

水泥科技 STC

序号	物料名称	储存方式	规格(m)	数量	储量(t)	储期(d)
		圆库(散装)	Φ8×27	2	2000	
8	矿渣	堆棚	合用21×78	1	1000	9.0
		圆库(水泥配料)	Φ6×23	1	600	
9	石膏	堆棚	合用21×78	1	1300	9.0
		圆库(水泥配料)	Φ6×23	1	550	
10	脱硫石膏	堆棚	30×48	1	2000	10.0
11	粉煤灰	圆库(水泥配料)	Φ12×26	1	1500	1.3
12	矿渣微粉	圆库	Φ12×26	1	1900	3.0
13	水泥	圆库(带散装)	Φ15×42	4	20000	4.0

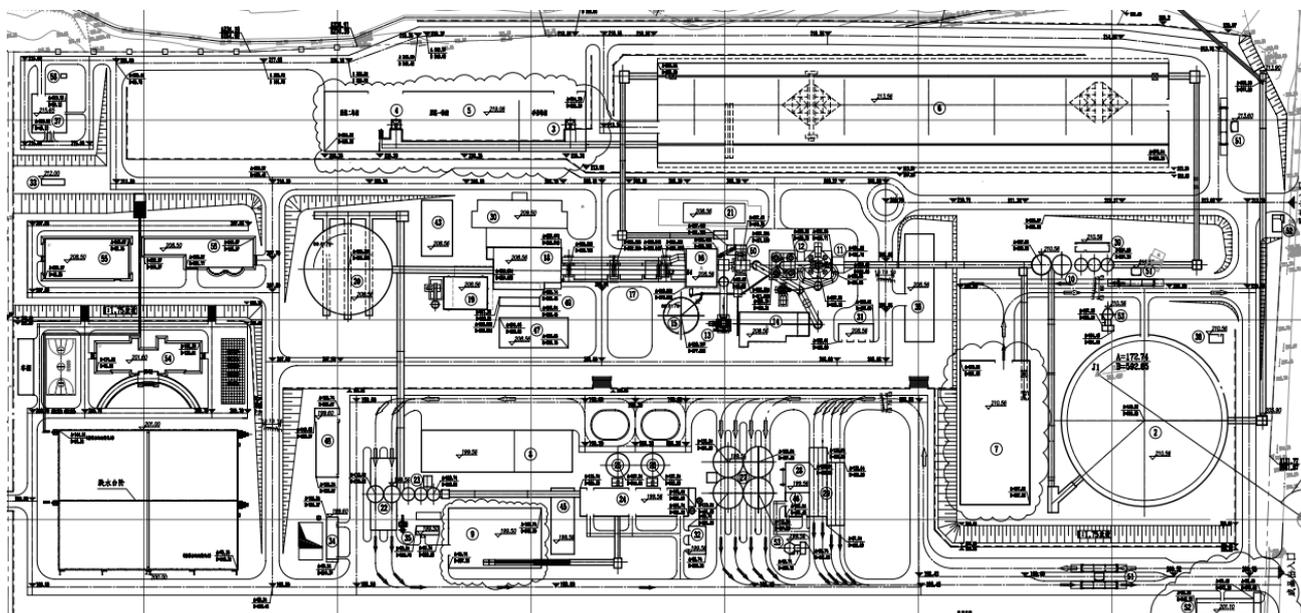


图 4 改造后水泥生产线总平面布置图



图 5 改造后的水泥生产线全貌

3 运行情况

3.1 生料磨及烧成系统运转情况

该技改工程于 2011 年 12 月开工建设，于 2013 年 7 月建成投产，2014 年 10 月 29~31 日对生产线进行考核。烧成系统连续 72 小时稳定运转，其中停窑次数 0 次，每次停机时间分别为 0 小时。生料磨运转情况及烧成系统运转情况详细数据见表 6~表 8。

表 6 生料磨运转情况表

日期	产量 (t)	运转时间 (h)	台时 (t/h)	备注
2014.10.29	6182.37	16.37	377.74	设计台时为350 (t/h)
2014.10.30	6544.66	16.98	385.36	
2014.10.31	6875.91	17.75	387.37	
考核期间生料磨台时产量平均值 (t/h)			383.62	

表 7 熟料产量及热耗表

项 目	实际生产数据			
	日 期			平 均
	2014.10.29	2014.10.30	2014.10.31	
入窑生料量 (t/d)	6514	6650	6583	6582
熟料产量 (t/d)	4071.25	4156.25	4114.38	4114
窑头用煤 (t/d)	201	205	204	203
分解炉用煤 (t/d)	323	327	316	322
熟料标准煤耗 (kg/t)	107.82	107.23	105.87	106.97
熟料热耗 (kcal/kg)	754.74	750.61	740.67	748.79

表 8 熟料质量表

项目名称		实际生产数据			
		日 期			平 均
		2014.10.29	2014.10.30	2014.10.31	
3天强度 (Mpa)	抗折	6.1	6.3	6.4	6.3
	抗压	31.4	31.4	31.7	31.5
28天强度 (Mpa)	抗折	9.0	8.8	9.1	9.0
	抗压	58.2	58.7	58.8	58.6

3.2 水泥磨运转情况

考核时间：2014 年 10 月 26~28 日

考核期间运转情况：水泥磨运行比较稳定，由于受销售影响，每天只能保证 20h 左右的运行时间。最长连续 19.42h 稳定运转。其中停磨次数 3 次，每次停机时间分别为 4.58h、4.92h、4.58h。考核数据和相关指标详见表 9~表 12。

表 9 P.042.5 水泥品种、水泥配比表

水泥品种	水泥配比 (%)				
	熟料	矿渣	粉煤灰	石灰石	脱硫石膏
P.O42.5	86.40	1.40	4.20	2.80	5.20

表 10 主要技术经济指标表

序号	名 称		单 位	实际生产数据
1	生料磨台时产量		t/h	390
2	熟料产量		t/d	4214
3	熟料标准煤耗		kg/t	104.87
4	熟料热耗		kcal/kg	740.67
5	熟料电耗		kWh/t	56.12
6	吨熟料发电量		kWh/t	37.25
7	3 天抗压强度		Mpa	31.5
8	28 天抗压强度		Mpa	59.5
9	水泥磨台时产量 (P.O42.5)		t/h	187.62
10	水泥比表面积		m ² /kg	349.4
11	水泥电耗		kWh/t	30.28
12	循环水利用率 (生产用水)		%	97
13	生产线占地面积		ha	19.5070
14	建构筑物占地面积		ha	5.4450
15	排放浓度	热力排放	mg/m ³	27.2
		通风排放	mg/m ³	18.4
16	工程投资(竣工决算)		万元	51994.01

表 11 水泥磨产量、质量及水泥综合电耗表

考核内容	实际生产数据			
	日期			平均
水泥品种 (P.O42.5)	2014.10.26	2014.10.27	2014.10.28	
水泥产量 (t)	3623	3574	3492	3563
水泥比表面积 (m ² /kg)	345.4	349.4	346.0	346.9
产品细度 (%) (80um)	0.2	0.3	0.2	0.3
综合电耗 (kWh/t)	31.30	30.28	32.19	31.25

表 12 P. 042. 5 水泥产量表

日期	产量 (t)	运转时间 (h)	台时 (t/h)	备注
2014.10.26	3623	19.42	186.59	设计台时为 160~170 (t/h)
2014.10.27	3574	19.08	187.28	
2014.10.28	3492	19.42	179.85	
考核期间水泥磨台时产量平均值 (t/h)			184.55	

4 结束语

本工程为根据半拉子工程改建的熟料生产线工程，在技术改造中充分利用已建工程和复杂的场地条件，进行大量的优化调整，盘活了固定资产，满足了生产工艺要求，对类似工程的改造具有一定的借鉴指导作用。由于自备石灰石矿山未投入使用，石灰石采用外购，质量存在一定波动，随着自备石灰石矿山投入使用，各项技术经济指标还会进一步优化。

2014 年 11 月份以来，通过不断努力，济源中联各项技术指标又有了新的突破和提高，吨熟料余热发电量、水泥磨台时产量等技术指标优于行业先进指标，且现场整洁、美观，使济源中联真正成为技术先进、形象良好的示范性工程和花园式工厂。

济源中联水泥公司余热电站的优化设计

李伟明¹ 冀亚琼² 周合江²

(1.合肥水泥研究设计院,合肥 230051; 2. 济源中联水泥有限公司, 济源 459010)

1 前言

济源中联水泥有限公司有一条利用电石渣 4500t/d 熟料新型干法水泥生产线,其熟料冷却机采用史密斯的十字棒式篦冷机,煤磨为立式磨,烘干热风来自窑尾废气。针对已有的熟料水泥线工艺方案,在余热发电设计中,对窑头、窑尾余热锅炉的烟风系统进行优化设计,取得了良好的效果。

2 设计方案

通过与史密斯公司的交流,确定窑头余热锅炉从篦冷机抽取的烟气温度为 380~420℃。根据窑头工艺布置,考虑回转窑生产时波动大的特点,结合篦冷机、余热锅炉的情况,设置篦冷机尾部余风管与余热发电取风管之间的连通管,连通管详见图 1 风管①。电站运行时可根据窑的运行情况,调节各风管阀门开度,以稳定入炉烟气温度。

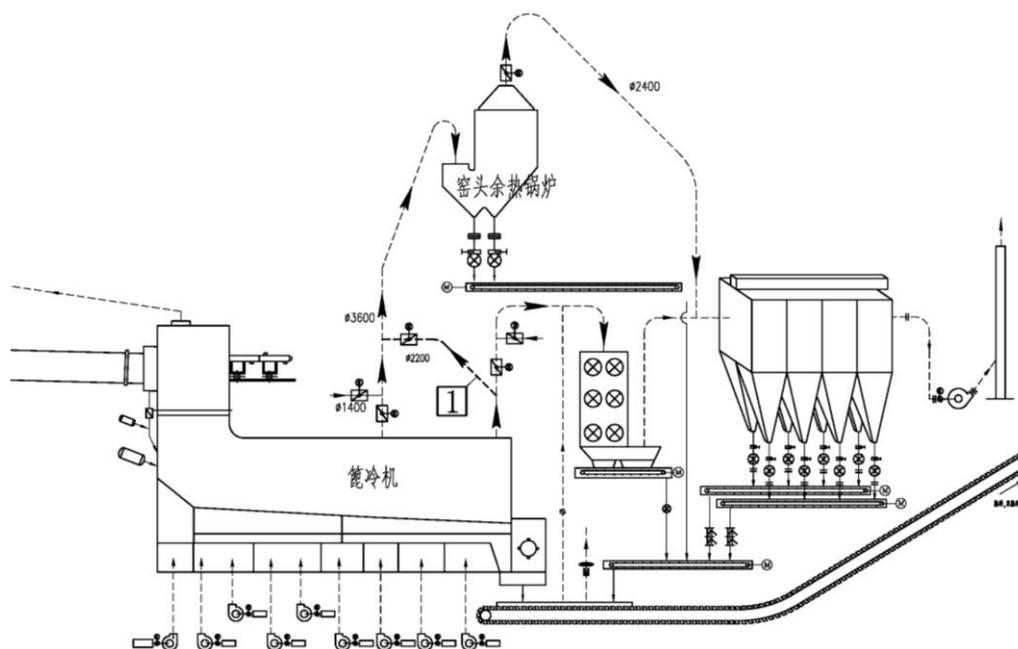


图 1 窑头工艺流程图

由于煤磨烘干用风来自窑尾，预热器系统出口的烟气温度的为 310℃，而熟料线原煤的综合水分根据季节不同，有较大波动，根据煤工业全分析显示，原煤的综合水分波动范围为 8%~14%，煤的烘干取风位置在 C1 出口，见图 2 风管②。

根据原料的烘干需要，要求窑尾余热锅炉出口温度为 210℃，而原煤综合水分低时（综合水分≤10%），该温度满足煤磨烘干要求。考虑此情况，在锅炉出口设置旁路，接至煤磨收尘器出口，见图 2 风管③。

窑尾增湿管道旁通阀一般为百叶阀，在窑尾余热锅炉运行时，阀门虽全部关闭，但还存在漏风，同时增湿管道底部排灰口一般也存在漏风。考虑这两个情况，设计窑尾余热锅炉出风管直接接入高温风机进风管前部，在此接口处与增湿管道之间增设一个百叶阀，见图 2 风管④。该烟风组合系统解决了上述漏风问题，在提高锅炉发电量的同时，也降低了高温风机电耗。

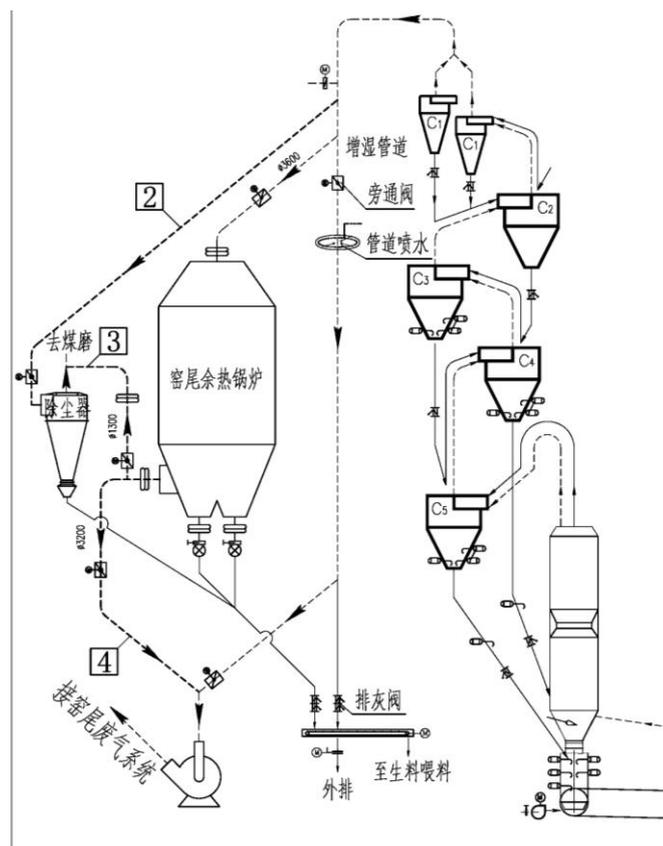


图 2 窑尾工艺流程图

从以上风管设计可看出，优化后的余热锅炉烟风系统有以下特点：1、减少系统的漏风；2、尽量不使用环境空气作为冷风源，而是利用熟料线的低温废热资源。

3 运行情况

济源中联水泥有限公司 7.5MW 余热电站于 2013 年 8 月底开工，2014 年 3 月并网发电，并于同年 6 月通过 72 小时验收，平均发电功率 $\sim 7100\text{kW}$ （熟料线产量 4400 \sim 4500t/d, 熟料热耗 $\sim 3000\text{kJ/kg-cl}$ ）。

电站运行时，通过风管①阀门的调节，控制入窑头余热锅炉的温度为 420 $^{\circ}\text{C}$ 左右。同时，根据原煤水分情况，通过对风管②、风管③的阀门调节，调整煤磨的入口风温、风量，即在满足煤磨烘干要求的废气风量下，让其他废气全部进入窑尾余热锅炉。

原煤综合水分为 11% \sim 14%时，可根据水分的情况，调节风管②、风管③的阀门开度，使 C1 出口的 310 $^{\circ}\text{C}$ 烟气与锅炉出口的 210 $^{\circ}\text{C}$ 烟气混合后进入煤磨，此时，熟料线中控操作应遵循以下原则，在满足煤磨烘干要求的前提下，尽量调小风管②阀门开度，让更多的窑尾烟气进入窑尾余热锅炉进行发电。在余热电站实际运行中，当原煤综合水分为 14%时，电站发电功率 $\sim 6800\text{kW}$ 。

原煤综合水分 $\leq 10\%$ 时，关闭风管②阀门，煤磨烘干用风全部来自风管③的锅炉排风。此时，窑尾废气全部进入锅炉，锅炉产生的蒸汽最大。窑尾锅炉产生的 290 $^{\circ}\text{C}$ 蒸汽与窑头锅炉蒸汽汇合后进入窑头锅炉的公共过热器，过热后的蒸汽温度 $\sim 400^{\circ}\text{C}$ ，电站发电功率最高可达 7500kW。

由上可看出，通过风管①、风管②、风管③、风管④的设置，优化后的余热锅炉烟风系统对熟料生产线的有较好的适应性，对提高余热电站发电量有明显效果。

4 结语

水泥窑余热发电的设计已经比较成熟，在不增加热耗的情况下，能否多发电，关系到水泥的成本高低，只有更低的生产成本，企业才能在激烈的水泥市场中生存，而电站是否有合适的锅炉烟风系统将直接影响到电站的发电量高低。

在水泥窑余热电站设计中，应根据熟料水泥生产线的工艺特点，设计与之相适应的锅炉烟风系统，在达到在最大限度地利用废热资源的同时，也实现废热资源梯度利用的效果。

水泥联合粉磨工艺与半终粉磨工艺的生产实践

李邦宪 孙继亮 何正凯

(合肥水泥研究设计院, 安徽 合肥 230051)

近年来, 辊压机技术在国内得到大范围成功应用, 其增产及节能降耗作用十分显著。这大大降低了水泥企业的生产成本, 为水泥企业获得了更大的利润空间, 也为应用该技术的水泥企业在市场提高了竞争能力。现阶段增产节能效果最明显的水泥粉磨工艺系统有辊压机联合粉磨工艺和辊压机半终粉磨工艺。笔者最近走访了几家近期投产运行的辊压机联合或半终粉磨工艺生产线, 就所见情况介绍如下, 供广大水泥技术工作者参考。

1 联合粉磨工艺与半终粉磨工艺的概述

1.1 联合粉磨工艺系统

联合粉磨工艺系统的流程图如图 1, 图 2 所示。将经过辊压机挤压后的粉状物料喂入 V 型选粉机进行打散分级, 较粗颗粒返回辊压机重新挤压; 细粉物料再经卧式或立式动态选粉机进行预分级 (如图 1、图 4), 分选出一定细度的细粉 (一般 0.08 mm 细度筛余: $\sim 10\%$, 比表面积: $180\sim 200\text{ m}^2/\text{kg}$) 经旋风筒收尘器收集后, 喂入球磨机内进一步粉磨。喂入球磨机内的粉状物料是经过选粉机分选过的, 物料的颗粒大小均齐, 粒径小, 适合球磨机内小研磨体的研磨作业。出磨水泥的细度也能满足用户的要求。其水泥品质具有以下特点:

(1) 比表面积大, 颗粒分布较宽, 水泥颗粒的球状形态较好。

(2) 水泥的需水量小, 净浆流动度大。所以受到商品混凝土水泥搅拌站的欢迎。该工艺系统适合球磨机开路、闭路生产。

1.2 辊压半终粉磨工艺

辊压半终粉磨工艺如图 3、图 4 所示。准确地说, 就是在辊压粉磨的预粉磨

阶段，用高效动态选粉机选出一部分细度已经合格的微粉料（一般 0.045 mm 细度）筛余：3~10%，比表面积：360 m²/kg）作为成品。由于减少了这部分微粉料在球磨机内的过粉磨，从而会提高球磨机的粉磨效率。但由于微粉料的提前支取，造成其产品的化学成份与出球磨机的粉料化学成分不一致，原因有二：1）部分原料（如脱硫石膏）从磨机头部喂入磨内粉磨；所以这些成份在提前支取的粉料中就不会含有。2）原料的粉磨难易不同，有的物料磨细快，在经过辊压后就生成大量细粉，造成这部分物料的成分含量也高。尤其在为了提高系统产量，大量提取的半成品微粉料其成分与出磨水泥有较大差异。会造成入库水泥的质量不稳定。半终粉磨提前支取的微粉料具有以下特点：

（1）由于其是经过辊压机挤压后产生的细粉，未经过球磨机内研磨体研磨整形，造成其颗粒微观形状的球形度较差，颗粒形态呈片状或针状。

（2）在水泥施工时会造成需水量较大，净浆流动度偏小。甚至影响水泥的使用性能。

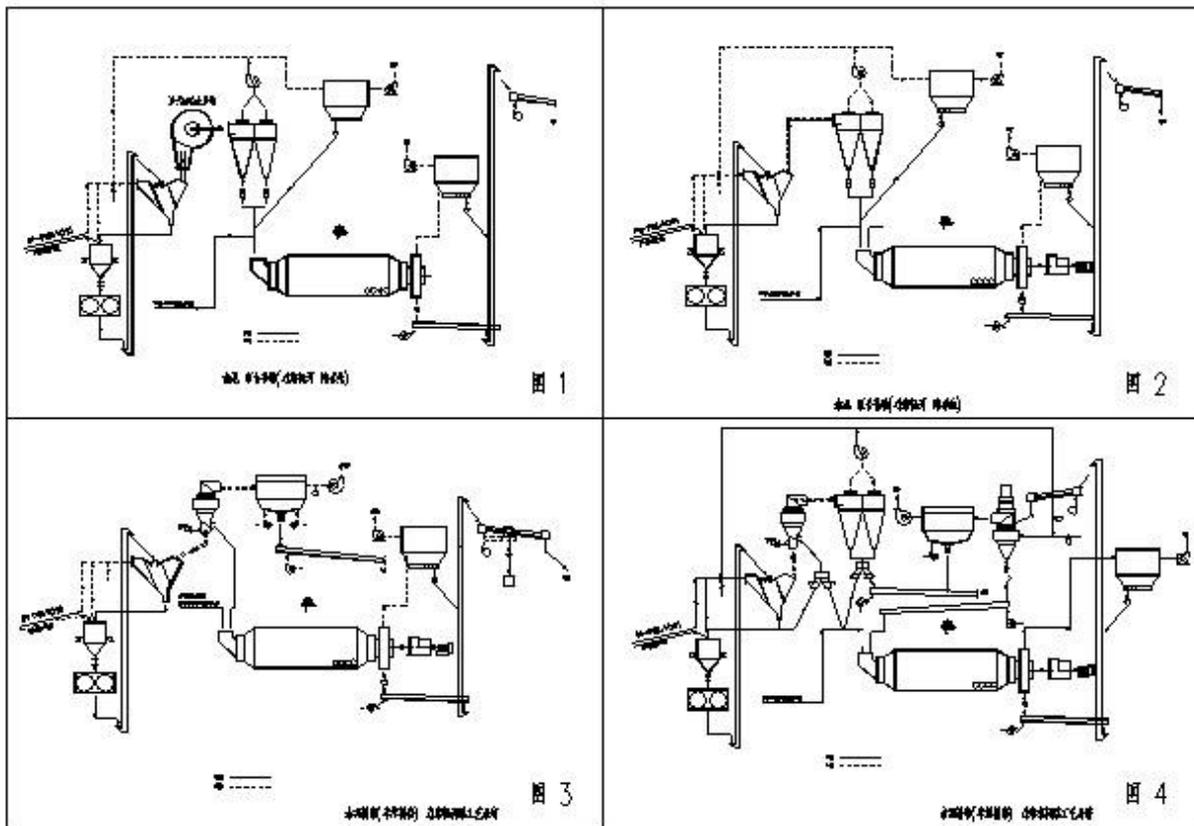


图 1、2、3、4 辊压粉磨工艺系统流程图

2 成功案例实施

2.1 联合粉磨工艺系统实施

福建 FQ 企业水泥粉磨站，原有两台 $\Phi 3.2\text{m} \times 13\text{m}$ 球磨机（1600kW）。其中一台已于 2012 年进行了辊压机技术改造。配 $\Phi 1.5\text{m} \times 1.0\text{m}$ 辊压机（ $2 \times 710\text{kW}$ ）组成联合粉磨工艺系统，V 选后配卧式动态分选机，其工艺系统如图 1 所示。球磨机采用开路工艺生产，台时产量 124t/h（品种 P.C 32.5，含添加 10%矿粉）。另一台 $\Phi 3.2\text{m} \times 13\text{m}$ 球磨机，不带辊压机，配 T-Sepa 高效旋风式选粉机（风量 $90000\text{m}^3/\text{h}$ ）一台，组成闭路球磨机工艺系统，台时产量 60t/h（品种 P.O 42.5）。

2014 年初，该厂对第二台闭路工艺的球磨机系统实施辊压机半终粉磨工艺改造，其工艺流程如图 4。设备安装完成后，于当年 8 月份进行系统运行调试。调试初期，利用半终粉磨工艺生产出水泥产品，该水泥产品经化验室检测后，与原先工艺生产的水泥产品相比较，在标准稠度用水量及净浆流动度等性能指标上有所改变。由于当地水泥销售市场竞争激烈，市场上用户对 P.O 42.5 水泥品质要求较严，且该粉磨站的水泥成品库数量少，库容量也偏小。质检部门担心半终粉磨工艺生产的水泥产品质量不稳定，会影响产品的销售。随即暂停实施半终粉磨工艺生产。由于该项目改造实施时，合肥院将该系统设计成半终粉磨工艺和联合粉磨工艺可以相互切换的新型工艺系统。随后该厂改用联合粉磨工艺试生产。由于原球磨机系统配用的 T-Sepa 选粉机规格偏小（见表 2），制约了整个系统产能的发挥。目前，台时产量只有 115t/h（品种 P.O 42.5）。据测算，该公司 1#磨生产品种 P.C 32.5 水泥的主机综合电耗为 27.5kwh/t；2#磨生产品种 P.O 42.5 水泥时的主机综合电耗为 29.0kwh/t。FQ 工厂生产的水泥品种见表 1，其主机设备表见表 2：

表 1 FQ 工厂产品明细表

品种	台产 t/h	成份配比 (%)						比表 m^2/kg	45 μm 筛余	80 μm 筛余	备注
		熟料	水渣	石灰石	煤灰	脱硫石膏	矿粉				
P.C 32.5R	124	59	12	12	13	3.7	10	420	12.8%	3.1%	1#磨（联合粉磨）
P.O 42.5R	115	87.3	5.1	5.6	8.0	3.9	/	380	6.2%	0.4%	2#磨（联合粉磨）

表 2 FQ 工厂主机设备表

序号	设备名称	数量	主机设备型号及参数	
			1# 磨	2# 磨
1	辊压机	1	型号: HFCG150-100, 功率: 2×710kW	型号: HFCG150-100, 功率: 2×710kW
2	V 型分级机	1	型号: HFV2500,	型号: HFV2500,
3	动态选粉机	1	型号: HFX-W2500, 功率: 75kW	型号: HFX-M2500, 功率: 90kW
4	旋风收尘器	1	型号: XF-2500	型号: XF-2500
5	离心风机	1	风量: 180 000m ³ /h, 功率: 500kW	风量: 180 000m ³ /h, 功率: 450kW
6	球磨机	1	型号: Φ3.2×13m , 功率: 1600kW	型号: Φ3.2×13m , 功率: 1600kW
7	O-SEPA选粉机	1	无	T-Sepa-90 风量: 90000 m ³ /h, 总功率: 245kW

2.2 联合、半终粉磨工艺系统共同实施

江西 SC 企业也是一家水泥粉磨站,原有一台 Ø3.2m×13 m 球磨机(1600kW) 1#磨,配 Φ1.4 m×0.8 m 辊压机 (2×500kW) 组成联合粉磨系统,其工艺系统如图 2 所示,球磨机开路生产,台产 100t/h (品种 P.C 32.5)。

为了满足企业扩大产能的需求,2014 年初,该公司新上一台 Ø3.2m×13m 球磨机 (1600kW),配一台 Φ1.5m×1.0m 辊压机 (2×710kW)。该企业主要求:辊压机工艺设计成半终粉磨和联合粉磨可相互切换系统模式;球磨工艺为闭路球磨机系统,磨尾配一台 O-SEPA 改进型 HFX-N2500 高效选粉机,其系统工艺流程如图 4。项目于 2014 年 9 月竣工并投入生产。投产开始,用联合粉磨工艺生产品种 P.O 42.5 标号水泥。经一个多月的调试,台时产量达到 140t/h。2014 年 10 月份,在市场销售淡季,该厂将此生产线切换成半终粉磨生产工艺运行,生产 P.C 32.5 水泥台时产量达到 160t/h。1#磨系统生产品种 P.C 32.5 水泥时的主机综合电耗为 27.0kwh/t; 2#磨系统生产品种 P.C 32.5 水泥时的主机综合电耗为 23.0kWh/t ;另外 2#磨系统生产品种 P.O 42.5 水泥的主机综合电耗为 27.0kWh/t。从现场生产数据分析可以看出,生产品种 P.C 32.5 标号水泥产品时,半终粉磨工艺系统在大幅提高产量的同时,能降低单位产品吨电耗。其提产和节电效果十分明显。SC 企业的水泥产品如表 3 所示。其主机设备表如表 4

表 3 (SC 企业产品明细表)

品种	台产 t/h	成份配比 (%)					比表 m ² /kg	45 μm 筛余	80 μm 筛余	备注
		熟料	煤矸石	石灰石	矿渣	脱硫石膏				
P.C 32.5R	100	58	16.9	18	8	5.0	380	10%	/	1#磨(联合粉磨)
P.C 32.5R	165	58	16.9	18	8	5.0	380	10%	/	2#磨(半终粉磨)
P.O 42.5R	140	82	/	5.5	6.5	5.0	360	10%	/	2#磨(联合粉磨)

表4 (SC企业主机设备表)

序号	设备名称	数量	主机设备型号及参数	
			1# 磨	2# 磨
1	辊压机	1	型号: HFCG140-80, 功率: 2×500kW	型号: HFCG150-100, 功率: 2× 710kW
2	V 型分级机	1	型号: HFV2000,	型号: HFV2500,
3	动态选粉机	1	无	型号: HFX-W2500, 功率: 90kW
4	旋风收尘器	1	型号: XF-2500,	型号: XF-2500,
5	离心风机	1	风量: 130 000m ³ /h, 功率: 400kW	风量: 180 000m ³ /h, 功率: 450kW
7	球磨机	1	型号: Φ3.2×13m , 功率: 1600kW	型号: Φ3.2×13m , 功率: 1600kW
8	O-SEPA选粉机	1	无	HFX-N2500, 功率: 132kW
9	布袋收尘器		/	PPM128-2×6 风量: 180000m ³ /h
10	离心风机		无	风量: 180 000m ³ /h, 功率: 450kW

2.3 半终粉磨工艺系统球磨机开路实施

贵州西南集团 RX 公司, 原有两台 Φ3.2m×13m 球磨机 (1600kW), 开路工艺生产。在 2013 年初, 该厂回转窑烧成系统经升级改造后, 熟料产能得到了较大提升。原计划将球磨机系统改造成简单的辊压联合粉磨工艺系统。即在磨前增加一台 Φ1.4m×0.8m 辊压机 (2×500kW) 和一台 V 选。2013 年底, 该项目的设计及土建的施工工作都已结束。但在 2014 年初, 集团公司技术部门决定将该系统改造成半终粉磨工艺系统, 在 V 选后新增一台 DSM2000 型动态高效选粉机。其系统工艺流程如图 3。该技改项目于 2014 年 8 月运行, 投产一开始就取得了较好的效果, 台时产量达到 110t/h。且在生产过程中, 两条线系统可以实现在不停机的情况下, 随时都能切换生产 P.O 42.5 和 P.C 32.5 两个品种的水泥。该工艺线的主机综合电耗为 25kWh/t。RX 工厂的水泥品种如下表 5: 其主机设备表如表 6:

表 5 (RX 工厂产品明细表)

品种	台产 t/h	成份配比 (%)				比表 m ² /kg	45μm 筛余	80μm 筛余	备注
		熟料	粉煤灰	石灰石	脱硫石膏				
P.O 42.5R	110	83.0	6.0	5.0	6.0	360	10%	/	1# 磨 (半终粉磨)
P.C 32.5R	110	63.0	16.0	15.5	5.5	380	10%	/	2# 磨 (半终粉磨)

表 6 (RX 工厂主机设备表)

序号	设备名称	数量	主机设备型号及参数
			1#磨 / 2#磨
1	辊压机	1	型号: HFCG140-80, 通过量: 415~500t/h, 功率: 2×500kW
2	V 型分级机 (静态)	1	型号: HFV2000, 选粉风量: 110 000~120 000m ³ /h
3	动态选粉机	1	型号: DSM-2000, 选粉风量: 110 000~120 000m ³ /h, 功率:
4	旋风收尘器	1	型号: XF-2000, 处理风量: 110 000~120 000m ³ /h
5	离心风机	1	风量: 130 000m ³ /h, 功率: 450kW
6	球磨机 (开路)	1	型号: Φ3.2×13m, 功率: 1600kW

2.4 半终粉磨工艺系统球磨机闭路实施

NFFY 水泥公司, 原有 Ø3.8m×13m 球磨机 (2800kW) 一台, 联合粉磨双闭路工艺生产。在 2014 年初, 在 V 选后新增加一台 TS2000 型动态高效选粉机。将现有联合粉磨系统改造成辊压机半终粉磨工艺系统。改造后的系统工艺流程如图 4。该技改项目于 2014 年 6 月投入运行, 从该厂的目前运行来看, 由于实施了半终粉磨工艺, 台时产量较技改前有所增加, 达到台产 132t/h (品种 P.O 42.5)。该工艺线的主机综合电耗为 31.5kWh/t。生产出的水泥产品的需水量比技改前有所增加。NFFY 工厂的技改前后对比数据如下表 7: 其主机设备如表 8:

表 7 (NFFY 技改前后对比)

项 目	台时 产量 t/h	工序电耗 (kwh/t)	比表面积 (m ² /kg)	需水量 %	细度 (0.045mm 筛筛余) %	水泥品种	备注
2013 年 1-12 月 (技改前)	110	34.0	313.0	28.2	7.4	P. O42.5	联合粉磨
2014 年 6 月 (技改考核)	140	30.0	325.0	29.2	4.3	P. O42.5	半终粉磨
2014 年 6-10 月 (技改考核)	132	31.5	332.0	29.1	2.3	P. O42.5	半终粉磨

表8 (NFFY工厂主机设备表)

序号	设备名称	数量	主机设备型号及参数	
			技改前	技改后
1	辊压机	1	型号: GLF140-65, 功率: 2×500kW	同左不变
2	V 型静态分级机	1	型号: VX5810,	同左不变
3	动态选粉机	1	/	型号: TS2500, 功率: 55kW (新增)
4	循环风机	1	风量: 150 000m ³ /h, 功率: 200kW	风量: 175 000m ³ /h, 功率: 315kW (更新增大)
5	球磨机	1	型号: Φ3.8×13m , 功率: 2800kW	同左不变
7	O-SEPA选粉机	1	N2500, 功率: 132kW	同左不变
8	布袋收尘器		PPM128-2×6 风量: 180 000m ³ /h	同左不变
9	离心风机		风量: 180 000m ³ /h, 功率: 450kW	同左不变

3 结语

从以上几个案例来看, 利用辊压机粉磨技术, 所有项目均能达到提产和节能降耗的效果。提产方面, 半终粉磨工艺系统优于联合粉磨工艺系统, 尤其在生产品种 P.C 32.5 水泥方面, 更能起到较好的节能降耗作用, 但在生产高标号的品种 P.O 42.5 水泥时, 提产幅度不明显, 且对水泥的使用性能 (如水泥需水量及净浆流动度等) 会有些影响。这种由工艺系统造成水泥的需水量及使用性能的改变, 应引起水泥企业的质量控制部门重视。将辊压机粉磨工艺系统设计成半终粉磨和联合粉磨能相互切换的双工艺系统则更科学合理。

RSP分解炉红炉原因分析

肖其忠 田之文

(合肥水泥研究设计院, 安徽 合肥 230051)

鄂尔多斯某条2500t/d熟料生产线于2012年建成投产, 16个月后仍然无法达标达产, 在此期间, RSP分解炉红炉数次, 原因不明, 被迫弃用, 只能往MC室底部喷少量煤粉, 所以生产线长期低产运行。应业主之邀, 笔者于2013年前往该厂调查原因, 提出整改意见, 改造后一切正常。如今3年过去, RSP分解炉依然正常运行。因为此前红炉原因未曾听闻, 笔者决定形成文字, 供大家讨论。

1 现场异常现象汇总

通过与业主交流, 了解到分解炉曾数次发生红炉事故, 主要集中在炉体中、上部, 位置没有规律。业主现在已经停用分解炉。实地调查发现整个生产线还有其它诸多异常现象, 主要表现在以下几个方面:

窑尾收尘器回灰量时大时小, 目前投料量是1600t/d, 回灰输送机已满负荷运行, 而在同规格的生产线上则没有这种情况; 三次风阀间歇性正压、向外喷射粉尘, 散落在中控室, 每天工人上班第一件事便是清扫粉尘, 粉尘多是细小的熟料结粒; 高温风机进口连接大立管, 进口内的斜盲板已被塌料砸坏, 业主自行修建了混凝土漏斗用来代替斜盲板, 漏斗上的检修门也经常被塌料冲开。

2 整改措施及效果

混凝土漏斗这件事立刻让笔者想到: 肯定是大立管上的管道增湿出了问题, 修建混凝土漏斗治标不治本, 大立管塌料可以解释所有故障现象包括红炉。

经检查管道增湿的8个喷嘴雾化效果良好, 改造前如图1, 但笔者认为喷嘴水平安装, 水雾容易挂壁, 与废气中的粉尘结合后, 形成积料, 并且越来越厚。当重力克服粘结力后, 积料下塌。高温风机功率富余, 没有停机, 叶片将积料打散并输送至窑尾收尘器。在这段时间内, 整个系统出现暂时堵塞。

利用大修机会，笔者建议业主调整喷嘴角度，上调30度，改造后见图2。改造完成后，整个系统恢复正常，上述异常现象包括红炉均没有再出现。

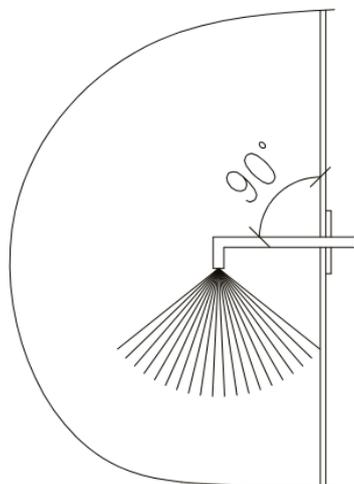


图1

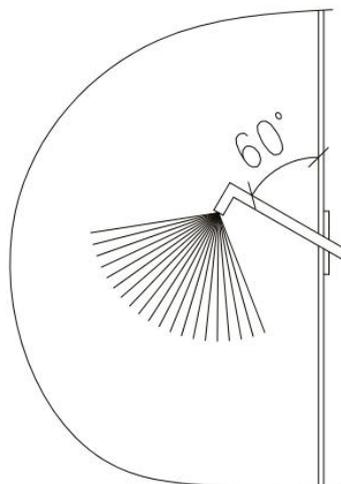


图2

3 原因分析

水泥生产线的管道增湿喷嘴都是水平安装的，为什么偏偏在本厂出现问题？这要从电石渣的特性说起。这条生产线生料配比中电石渣占60%，电石渣就是 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，比常规生料中的 CaCO_3 活性强。在蒸压条件下， $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 或 CaO 能和硅质原料反应直接生成水化硅酸钙，工业上生产硅钙板就是利用这种反应。在管道增湿位置，有水蒸汽，又有一定温度，正好形成了蒸压条件。如果水雾挂壁，吸附的粉尘很容易生成水化硅酸钙，造成积料越结越厚。积料引发的塌料也远比常规生产线严重。大立管塌料期间，废气含尘浓度瞬时增大，这正是窑尾收尘器回灰量时大时小的原因。

常规生产线废气中也含 CaO 和部分熟料颗粒，这些都是能与水反应的物质，但所占比例很少。这也能解释常规生产线的喷嘴即使水平安装，也没有出现本文中的问题。或是塌料不严重，还没到引起系统堵塞的地步，但要引起注意。事后与业主再次沟通时发现：磨制生料不掺电石渣时系统正常，红炉都是发生在掺入电石渣后，这进一步证实了笔者的判断。

RSP分解炉是强制涡流燃烧室(reinforce suspison preheater)的简称,气流挟带物料沿炉壁有旋转向下再向上汇入MC室的过程,煤粉从炉顶中心喷入,越接近炉体中心温度越高,因此RSP分解炉可以燃烧到很高的温度。从结构上讲,RSP分解炉发生红炉事故并不容易。但炉体结构也决定了它阻力较大,一旦气流运行的动力消失(即预热器系统堵塞),可以预想的是煤粉必然向上部聚集,保护炉壁的涡流也随之消失,煤粉燃烧产生的热量必然聚集在炉体中、上部,发生红炉。后期运行虽然停用RSP分解炉,仅在MC室底部喷煤,但系统堵塞依然存在。三次风阀正压、向外喷射粉尘也证明了上述。现代水泥生产都是负压操作,即使三次风阀密封不严,现场也只会听到空气吸入的丝丝声,而不会向外喷射粉尘。以往数次、各地专家调查,都只关注到分解炉本身,而分解炉本身并无问题。

4 结束语

本事例基本可以确定:管道增湿喷嘴角度不合适导致积料,积料导致大立管塌料,塌料造成预热器系统堵塞,堵塞导致分解炉发生红炉。

电石渣生料与常规生料相比,在物理、化学性质上存在差异,生产中有时会出现异想不到的问题。技术人员要从两者的差异入手并分析原因,才有可能解决问题。

新型干法生产线从本质上来讲就是一根首尾相通的管道,预热器、分解炉只是其中的膨胀部分而已,物料在其间经历数次分散、收集的过程。如果一个部位出现问题,必然会影响到其它的部位。而某部位出现问题,也许症结并不在此。作为水泥工作者要认真思考。

矿山数字化智能化均化开采的成功实践

武青山¹ 张翔¹ 袁亮国² 李广明² 吴新利³ 苏晓川³

(1. 合肥水泥研究设计院, 合肥 230051; 2. 中国联合水泥集团有限公司, 北京 100037;
3. 山东泰安中联水泥公司, 山东 泰安 271000)

1 引言

2011年10月, 中国联合水泥集团有限公司计划在山东泰安建设一条5000t/d熟料水泥生产线, 集团有限公司要求该水泥生产线具有较高建设水平: 自矿山至水泥出厂, 突出建设项目低投入、高技术水平、低能耗的特点。为此, 山东泰安中联水泥公司根据合肥水泥研究设计院矿山专业在水泥行业的研究成果和设计能力, 委托我院承担泰安中联矿山数字化智能化均化开采设计和矿山智能化开采建设项目的统筹工作。该矿山项目自2013年开始, 2014年底投产, 在我院矿山设计和科研项目人员的不懈努力, 和厂方矿山技术人员的大力配合下, 经过一年多的生产运行, 项目各项指标达到项目初期提出的要求, 即矿山资源完全得到合理利用, 水泥生产线取消石灰石预均化堆场建设, 实现较低建设投入, 较高的成品产出。矿山建成后取得较好的经济和社会效益。

2 石灰石矿山均化开采设计对矿山地质资料的要求

我院的矿山智能化均化开采技术, 是通过研究矿山水泥生料配比方案, 将矿山开采的高品位石灰石与低品位石灰石、夹层、第四纪等, 按照生料配料要求进行配比后再进入破碎环节。通过数字化矿山开采技术, 实现矿山资源与开采数字化、技术装备智能化、生产过程自动化、管理信息化、决策科学化等智能化矿山开采均化技术, 控制各个矿山的生产环节来实现矿石的合理调配, 保证入库矿石质量稳定, 并且满足水泥生料的配料要求。

结合泰安中联落虎山石灰石矿山的实际情况, 我们仔细分析了矿山的地质勘探资料, 对与设计要求有偏离的地质资料, 提出重新勘探要求, 以便完全掌握矿

山的矿层、夹层、覆盖层的赋存情况，使矿山原始资料基本满足我们进行均化开采设计的要求。

3 石灰石矿山数字化均化开采方案的论证与选取

3.1 建立数字矿山

矿山均化开采设计是建立在矿山数字模型的基础上，将矿山详勘的每个台阶、矿段的矿石、夹层和覆盖层的各类有益、有害的成分，基本准确地分布于各单元中。使调度者可以实时准确的了解矿山每个区位的矿石成分，用以按照水泥厂生料配料要求进行矿山开采生产计划的编制。

3.2 开采设计与配矿系统

根据矿山各平台、采区的矿石、夹层及表土层的地质成分数字信息，依次进行采区粗放的开采计划编制、初步规划矿山的矿石质量目标函数。使矿石的质量经过调度配矿后达到水泥厂对矿石原料的要求。利用数字化矿山技术对矿山的开拓道路，铲车分配和汽车运输的吨位分配等进行生产计划安排，达到采场配矿要求。

3.3 采场汽车调度系统

由于矿山生产爆破，铲装矿块位置等各种不确定因素。当采场内部的矿石夹层成分与原设计的配矿基本条件不一致时，按照原设计配矿要求进行采场配矿的矿石、夹层、覆盖土等经过采场破碎系统后不一定满足矿山出矿要求，因此，设计矿山各采场、各矿块的矿石运输的采场汽车调度系统，将该矿山各采场、各矿块不同质量的矿石，按照水泥原料质量要求指标，分吨位、矿量等依次进入破碎站卸料口卸料，使得进入破碎站的矿石基本达到和满足水泥厂对矿石原料的要求。

3.4 破碎站矿石预均化系统

为克服采场来的矿石并不均匀的问题，在矿山的破碎系统设计一条预均化配矿系统，即在矿山或厂里的破碎系统，按照不同来料要求设计 2 条或 3 条破碎机入料口，将矿山来料按不同的品位和级别，分别进入破碎机。使得由采场采出的

多种化学成分品位的矿石进入破碎机入料仓进行均化搭配后，进入破碎机进行破碎。

3.5 均化效果在线检测反馈系统

破碎后的矿石，经破碎机出料口矿石在线检测系统进行在线检测，并将检测结果返回至原料中心控制室。原料中心控制室根据矿石品位进行调整，由控制室发布调度命令，调整不同矿段、矿区的原料入口的板喂机入料速度，从而调整各种品位矿石入料的量，再进入破碎机进行破碎。以此反复，以保证矿山的各种原料矿石的化学成分波动范围的标准偏差 CaO 控制在 3% 和 MgO 控制在 1.5% 之内，为水泥厂提供合格的水泥矿石原料。

根据我院提出的泰安落虎山石灰石矿山数字化均化开采方案，中国联合水泥集团有限公司三次组织集团内外和国内本行业知名专家进行论证，提出很多修改完善意见，我院该项目组充分汲取专家们的意见，并结合矿山实际条件，对均化开采方案进行修改完善，提出一条切实可行的、符合实际的矿山均化开采建设方案。

4 矿山均化开采系统设计、招标与建设

由于矿山智能化均化开采设计对矿山建设有较高的要求，我们对矿山建设队伍提出一定的要求，由企业进行招标。最后，根据我院的意见，泰安中联水泥公司石灰石矿山建设由中材国际山东兖州矿山建设并保证生产。

为实现矿山地质、采矿设计数字化，生产过程自动化，经营管理与决策过程数字化；需要对矿山各类信息的采集、传输、处理、集成、显示到应用于生产过程，实现闭环控制，设计计划采购相关设备，经过招标，企业采购了矿山均化开采主要设备。

5 数字化、智能化石灰石矿山均化系统的建成与运行

2014 年底，数字化、智能化石灰石矿山均化系统安装调试结束，2015 年 3 月开始正式运行。在运行过程中，结合矿山生产实际，不断调试数字化、智能化石

灰石矿山均化系统的可靠性，使得该系统直接指挥矿山生产，具体做法如下：

5.1 建立矿山三维矿体模型系统

矿山三维地质矿体模型的建立，是将矿山地质资源及储量分布管理进行数字化，由于将矿山开采区进行数字化，满足设计露天开采年计划、月计划和日计划的开采计划编制要求。同时根据爆孔数据计算相邻区域的品位，根据划定的要开采区域进行配矿配比计算，使配矿量与剩余量可控化及可视化。

数字化开采利用三维软件技术对矿山储量及品质进行综合分析，在综合分析的基础上根据开采平台破孔化验数据进行综合分析，确定若干个采区的不同品质的石灰石数量，根据计算结果确定搭配方案，依托 GPS 生产调度系统进行挖掘搭配生产。在实施过程中，需要对破孔数据进行录入分析，通过 GPS 调度系统确定每台设备的作业状态及产能，从而使运输及卸料过程中进行搭配。

5.2 建立 GPS 矿车调度系统

GPS 矿车智能调度系统将精细配矿作为关键的约束条件，实现自动调度卡车、指挥生产，不仅完成日采矿计划，而且在达到配矿目标的同时，提高效率和安全系数。具体调度流程如下：

(1) 设定配矿的精细化程度，以矿山一个平均运输周期为最小时间单元，在每一个运输周期内，达到配矿目标；例如：假如总共 10 辆运矿卡车，在这 10 辆车每车一次的情况下达到配矿目标。

(2) 规划每个周期内各电铲出矿量。根据三维矿体模型将开采爆堆配矿比例进行录入，系统依据每个配矿区域所在电铲的能力和能够出动的卡车数量及卡车大小，规划出每个电铲在每个运输周期内的出矿量。

(3) 自动派车。根据实际出动的卡车的总数和大小，结合运距和破碎站能力，自动向各个电铲派车，严格控制各个电铲派车间隔，完成每个电铲的单周期采矿计划。即自动控制派车，完成配矿生产，达到计划要求。

(4) 控制重车卸载。根据已经完成的生产，经过计算，若当前重车的卸载后

的配矿目标控制误差不在要求范围内，即不具备卸载条件的重车，系统自动调度其在破碎站待命，具备条件时系统自动发出卸载指令，以保证达成精细化配矿目标。

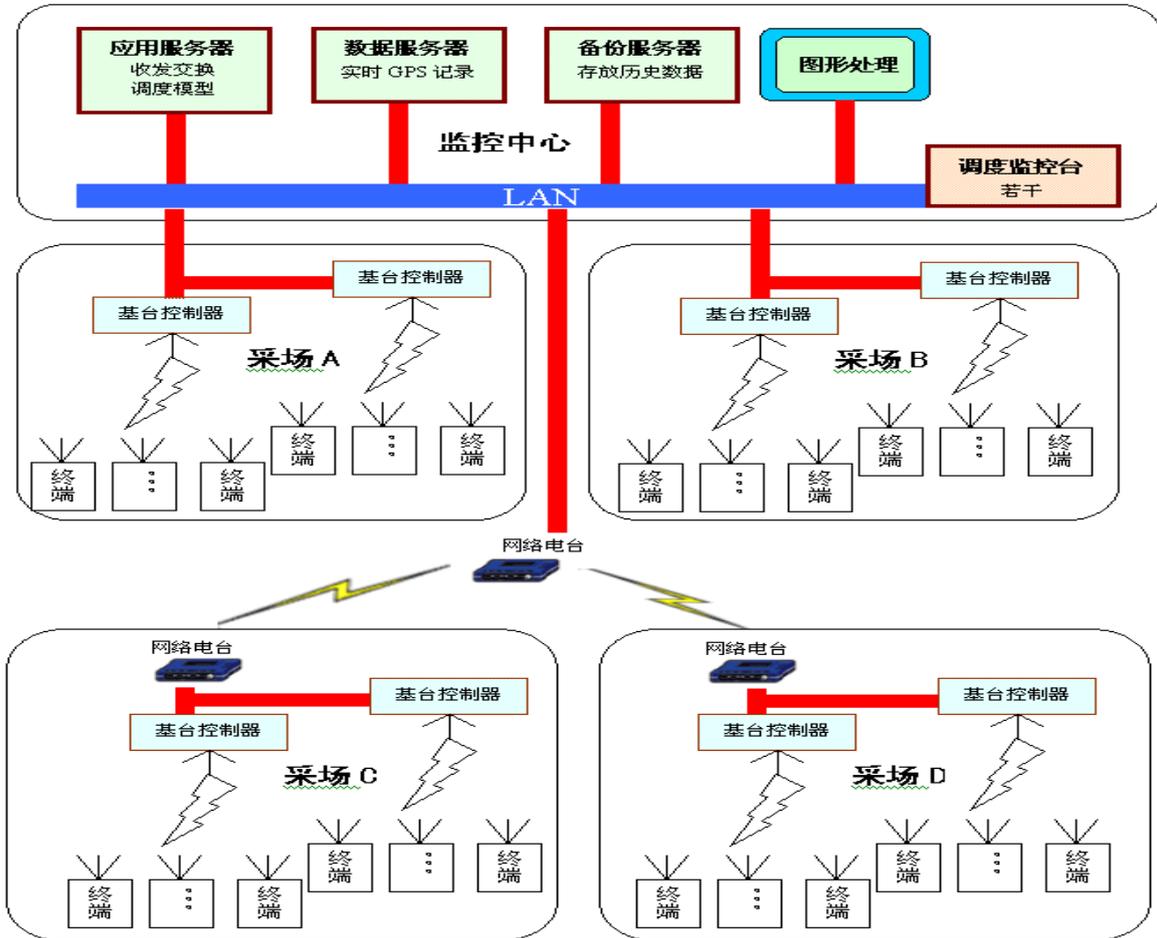


图 1 调控中心流程图

5.3 建立完善矿石质量在线检测系统

该矿山在矿石破碎出口安装 1 台中子实时监控系统，为克服采场来的矿石并不均匀的问题，在矿山的破碎系统设计 1 套预均化配矿系统，即在矿山或厂区的破碎系统，按照不同来料要求设计几条破碎机入料口，将矿山来料按不同的品位和级别，分别进入破碎机的卸料口。使得由采场采出的多种化学成分品位的矿石进入破碎机入料仓进行均化搭配后，进入破碎机破碎。破碎后的矿石，经破碎机出料口的在线检测系统进行在线检测，并将检测结果返回至原料中心控制室。原料中心控制室根据检测结果进行调整，由控制室发布调度命令，调整不同矿段、

矿区的原料入口的板喂机入料速度，从而调整各种品位矿石进入破碎机的入料量。通过在线连续调控，使矿山的各种原料矿石的化学成分波动范围控制在 CaO 3% 和 Mg 1.5%，为水泥生产线提供合格的矿石原料。本矿山采用 DF-5701 中子活化水泥元素在线分析仪，该仪器采用中子活化瞬发 γ 分析(PGNAA)技术。利用中子及高能 γ 的贯穿能力，能对大宗散装物料进行元素成分的在线检测，可 1min 得出测量结果。该仪器可用于石灰石矿山配矿、配料过程控制，稳定矿石化学成分，为生产创造良好条件，有助于企业提高矿石质量的均化性。

6 矿山数字化均化开采系统的运行效果。

(1) 矿山数字化均化开采系统，采用我院的石灰石矿山均化开采技术，利用了 DIMINE 数字矿山软件系统编制了矿山配矿计划，运用矿车 GPS 调度管理信息系统及在线品位分析仪有效配合，确保出矿山破碎机石灰石达到矿石目标质量的要求。本系统采用的是先控制后矫正的模式（即通过配矿计算进行调度搭配生产，破碎后由在线分析仪进行分析调整配矿系统，从而形成生产闭环）保证了生产系统的可靠性。利用本系统运行方法实现全矿精细化配矿和优化调度，大大提高大量低品位矿石的利用率，实现了消耗最低、产量最大的采运目标。同时该套系统提高了工作和生产效率，使采矿更加数字化、安全化。

(2) 利用该套系统代替了传统水泥行业的石灰石预均化堆场，减少了水泥生产线的初期投资，在水泥生产中，减少了水泥生产环节，降低水泥熟料的生产成本；优化工艺结构，减少设备投入；减少粉尘排放量及人员投入。实现水泥熟料生产线减员增效，节能减排。

(3) 提高了水泥生产线的管理水平。在水泥生产的日常生产中将数字化系统深入的应用到矿山生产，实现对矿山地质、测量、采矿、资源储量动态管理等方面的三维可视化管理，有利于多专业的应用集成。使传统水泥行业的矿山开采实现数字化、可视化，打破传统的调度模式，实现采矿自动化、科学化、安全化。运出矿山的矿石产品标准化，有利于水泥生产的配料均衡。

7 经济效益和社会效益

(1) 从资源利用情况来看，经过智能化均化开采后矿山废石和剥离物的利用率可达到 70%以上，基本实现无排放，同时可延长矿山的服务年限，增加企业的长期经济效益。

(2) 根据废石和剥离物的利用率达到 70%左右，其利用的矿石量可使得矿山开采每吨矿石的成本降低 10%左右。

(3) 通过智能化均化开采技术有效利用矿山开采的废石等，可大幅度减少废石堆放量，从而减少废石场占地面积，平均每百万吨矿山可减少废石场占地率 60%以上，大幅减少征地费用。

(4) 该项技术同计算机控制技术结合起来，将有力地推动水泥矿山的技术水平和管理水平的大幅度提高，促进水泥矿山的技术进步，提高矿山安全生产。

(5) 我国水泥生产能力已超过 20 亿吨以上，年消耗石灰石约 30 亿吨，每年矿山剥离的矿床的夹层和顶地板岩的页岩、砂岩、白云岩和第四纪粘土层约 1.32 亿吨。如果全面采用均化开采技术，可使这部分剥离矿石得到充分利用，可使矿山服务年限明显延长，并可大大减少废石场占地面积，避免矿山废石场对生态环境的影响。



水泥生产线污染源 PM2.5 排放的监测

穆璐莹 毛志伟 沈玉祥 曹宗平
(合肥水泥研究设计院, 安徽 合肥 230051)

1 概论

空气中颗粒物的水平和人体的健康存在着一定的关系。由于 PM2.5 更易于进入人体, 在环境中滞留的时间更长, 以及吸附的重金属和有毒有害的物质较多, 因而对人体的危害也更大。2012 年 2 月 29 日环境保护部和国家质检总局联合发布的《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) 中新增了 PM2.5 指标并给出了明确的浓度标准值, 此次标准修订后已经与世界卫生组织(WHO)过渡期第 1 阶段的目标值相同, 但与美国、日本、欧盟等仍存在很大的差距。水泥工业是我国重要的人为 PM2.5 排放源之一。但是国内水泥行业存在 PM2.5 排放现状不清、法律法规及标准缺失等问题, 因此对水泥行业 PM2.5 细颗粒物开展监测和研究具有非常重要的意义。

2 监测技术路线

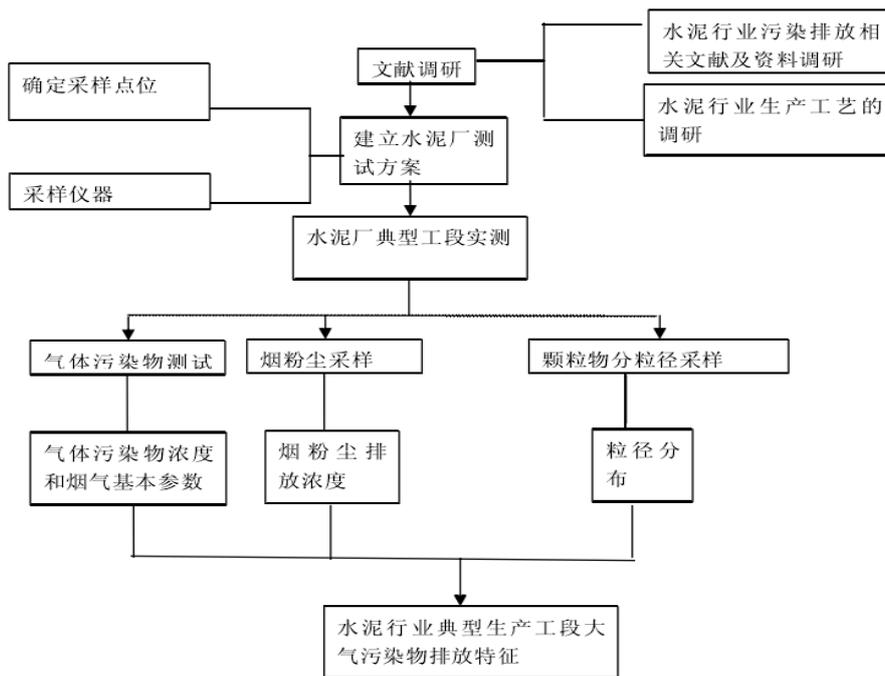


图 1 技术路线图

3 采样设备

采用匈牙利 KALMAN KS220 型+KS400 型烟道气多级颗粒物采样仪对水泥生产线的细颗粒物排放浓度进行了测量，KALMAN KS220 型+KS400 型的切割粒径为： $10\mu\text{m}$ \2.5 μm \1.0 μm 。



图 2 采样头内部切割器构造

设备主要技术参数：

额定采样流量：1.5~2.3 m³/h；

带清洁过滤器时的气动阻力：42 mbar；

碰撞器级数：3×2（三级双级板）；

切割粒径：10 μm \2.5 μm \1.0 μm ；

采样嘴直径：4.5mm\5.6mm\7.6mm\10.7mm\ 14mm\17mm；

末端滤膜直径：43mm；

额定采样流量：1.5~2.3 m³/h；

带清洁过滤器时的气动阻力：42 mbar；

碰撞器级数：3×2（三级双级板）；

切割粒径：10 μm \2.5 μm \1.0 μm ；

采样嘴直径：4.5mm\5.6mm\7.6mm\10.7mm\ 14mm\17mm；

末端滤膜直径：43mm；

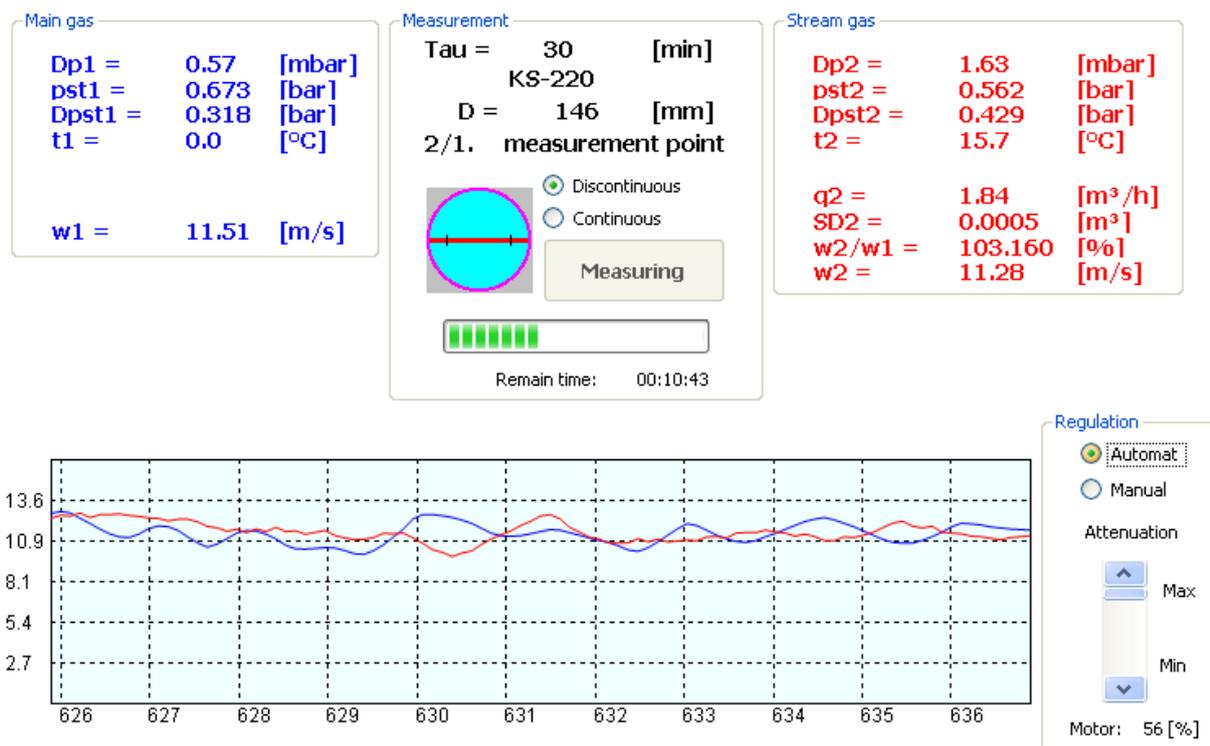


图 3 烟气等速追踪采样时软件截图

4 采样步骤

(1) 采样前，先将烟枪旋开，在切割器七个不同切割层装上相应切割粒径的经过恒温恒湿预处理后的滤膜；

(2) 采样时，将干燥器、采样泵、烟枪、温度针、电脑等与 KS-404 主机连接好，打开电脑软件，进行泵测试，检查是否连接正确；

(3) 输入烟囱直径大小，电脑能通过烟枪所测烟气动静压与温度针反馈的实时温度推算烟气流速，通过一段时间的测量，得出应选用的烟枪采样头大小与后续采样时烟枪所需插入烟囱的点位；

(4) 取出烟枪，将切割器装入烟枪，再插入烟囱相应位置，注意烟枪采样头要正对烟气流向，然后根据测试经验设定相应的采样时间，采样时一般一个烟囱要插入至少两个不同深度进行采样；

(5) 一个采样深度测完后，进行下一个深度的连续测量，直至测完；由于本研究主要用此设备测量粉尘中不同粒径的颗粒在粉尘中的占比，如果所测烟囱内烟气浓度非常小，可通过延长采样时间或不采用等流速采样，直接将人工控制采样泵

流速，将其采速调大。相应的，如果所测点粉尘量较大，可相应缩短采样时间或将切换泵工作模式，改为人工控制，例如高浓度烟气流速过大可调小泵采速；

(6) 测量结束时，将切割头内的滤膜取出进行称量；

(7) 将采样后的滤膜进行与采样前一样的恒温恒湿处理，然后进行称量计算。

5 采样的质量保证

5.1 膜前处理

膜盒的处理：去离子水超声清洗 30min 后，置于清洁平台自然晾干；酒精擦拭膜盒内壁，晾干后装盒置于密封袋备用。

Teflon 膜前处理：用铝箔纸包好放到干燥器中衡重 48 小时称重，记录重量 W₁；第一次称重完后，干燥器中衡重 24 小时后，再次进行称量，记录重量 W₂。最后以 W₂ 作为采样前膜重量。

铝膜前处理：铝膜直径 25mm 且表面平整。用铝箔纸包好放到干燥器中衡重 48 小时称重，记录重量 W。铝膜采样表面需要涂一层薄脂，如高纯度的阿皮松脂，以减少颗粒物反弹对测量造成的影响。

铝膜和 Teflon 膜每组采样膜均带一个空白膜，除不进入实际采样外，其他操作与采样膜一致，采完样后，无论称量、元素和离子分析，空白膜也同样分析，最后扣除测定的每组空白膜相应的分析结果，以防止操作及保存过程中的系统误差。

取放膜和膜盒时佩戴一次性手套，避免膜受污染。

5.2 滤筒的处理

依据《固定污染源排气中颗粒物和气态污染物采样方法》(GB/T16157-1996) 规定，采样前的滤筒在 105—110℃烘箱中烘烤 1h，取出放入干燥器中冷却至室温，用感量 0.1mg 天平称量，连续两次重量之差不超过 0.5mg 认为达恒重，称重后密封装袋备用。

5.3 膜的称重

称量采用梅特勒 METTLER-TOLEDO MT5 天平称量，max: 5.1 g, d=1μ g 称重时，要保证天平处于恒温恒湿安静的环境中，称量过程中应戴一次性手套防止膜受污染。称重后的膜应立即放入膜盒中。

5.4 颗粒物的采样

每次测试前均要按规定方法彻底清洗各级撞击器。采样系统现场连接安装后，应进行气密性检查；采样嘴应先背向气流方向插入烟道，采样时采样嘴必须对准气流方向。采样结束，应先将采样嘴背向气流，迅速抽出烟道，防止烟道负压将尘粒倒吸。

滤筒在安放和取出采样枪时，须使用镊子，不得直接用手接触；滤筒安放要压紧固定，防止漏气；滤筒在取出和运送过程中切不可倒置。

5.5 采样后样品的存储与分析

采集的滤膜样品密封保存于专用的滤膜盒，储存在冰箱（0-4℃）中以待称重。采样后滤膜的称重条件同采样前一致。

6 监测数据统计

本次监测对各大水泥集团的不同地区不同规模的水泥生产线排放源进行了现场监测，其中包括 2 条 2500t/d、4 条 3000 t/d、5 条 4500 t/d、7 条 5000 t/d 和 2 条 10000 t/d 规模的窑尾，窑头、水泥磨、煤磨收尘器的出口进行了采样监测，具体采用结果如下：

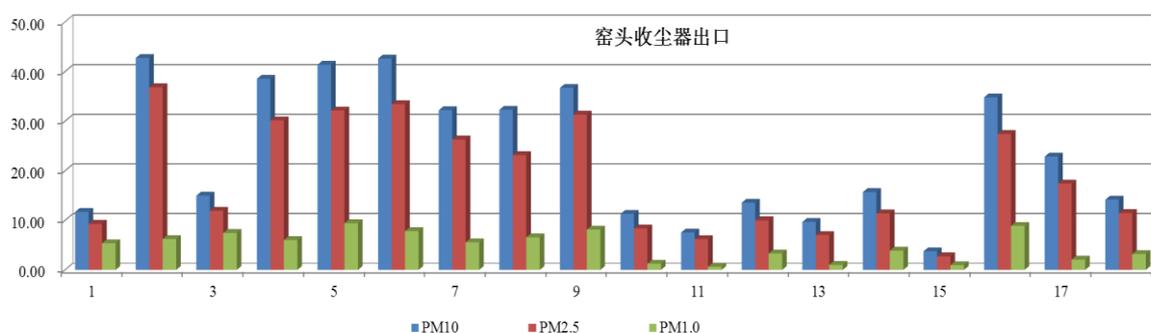


图 4 窑头收尘器出口 PM10、PM2.5 和 PM1.0 排放浓度

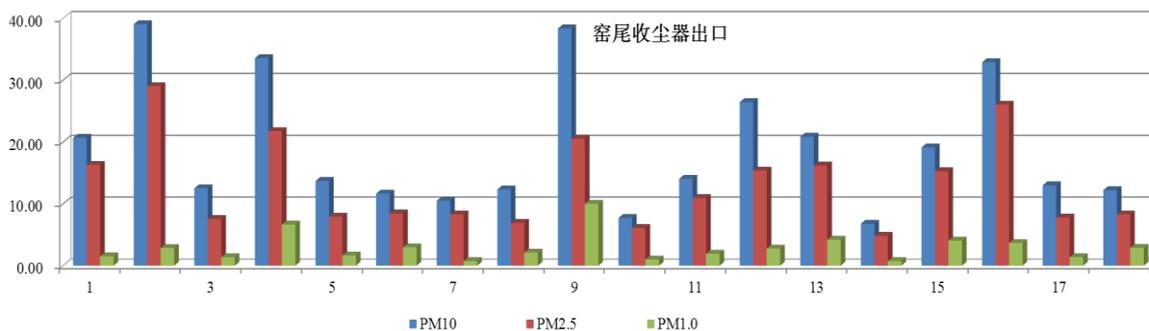


图 5 窑尾收尘器出口 PM10、PM2.5 和 PM1.0 排放浓度

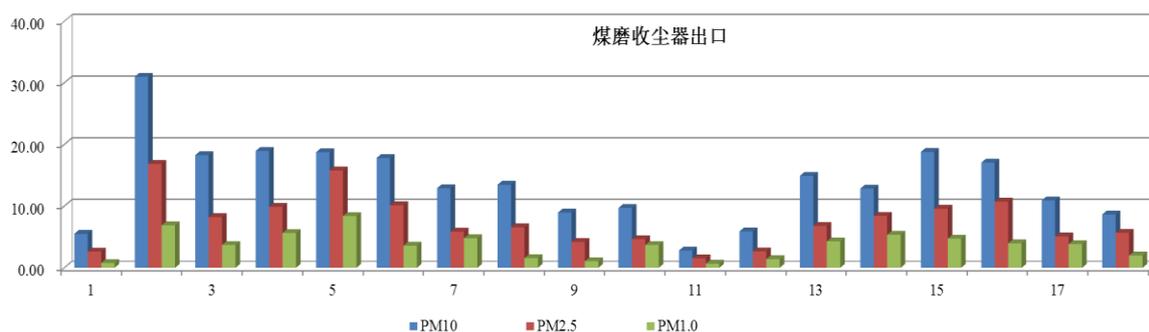


图 6 煤磨 PM10、PM2.5 和 PM1.0 排放浓度

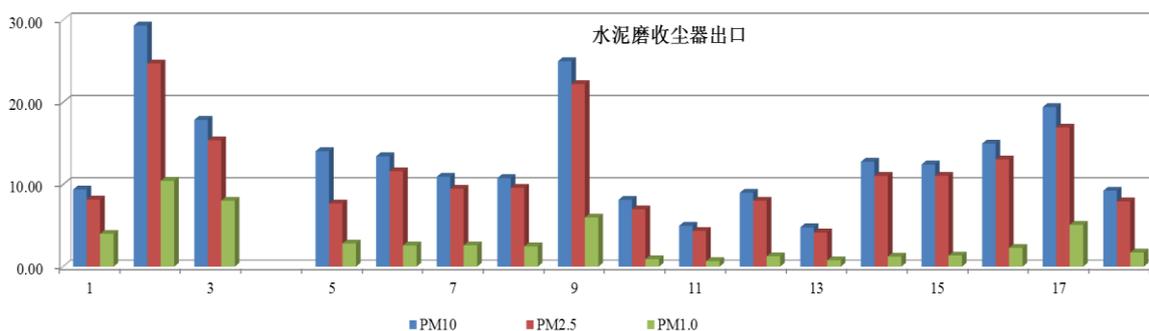


图 7 水泥磨 PM10、PM2.5 和 PM1.0 排放浓度

根据监测结果，我们计算了 PM10 中 PM2.5 所占的比例。窑头、窑尾、煤磨和水泥磨等工段除尘器出口 PM10 中 PM2.5 的含量存在较大的差别。窑头除尘器出口 PM2.5 在 PM10 的平均比例约为 77.87%，最低为 71.65%，最高可达 88.16%；窑尾除尘器出口 PM2.5 在 PM10 的平均比例约为 69.35%，最低为 53.55%，最高可达 79.90%；煤磨除尘器出口 PM2.5 在 PM10 的平均比例约为 53.68%，最低为 44.93%，最高可达 84.14%；水泥磨除尘器出口 PM2.5 在 PM10 的平均比例约为 85.13%，最低为 54.68%，最高可达 89.22%。上述结果表明，在窑头、窑尾、煤磨和水泥磨等工段除尘器出口 PM2.5 在 PM10 中的比例基本过半，这说明 PM2.5

对 PM10 总质量浓度的影响大，各工段除尘器出口 PM10 中不同粒径质量分布是以细颗粒为主。

7 结论

2013 年我国修订了《水泥工业大气污染物排放标准》，对水泥行业粉尘的排放要求提高，但我国还没有水泥行业 PM2.5 排放的相关规定标准等。而从目前的监测结果来看，水泥行业排放的 TSP 中，PM2.5 所占的比例较高，如不能出台相关的政策来控制工业废气中 PM2.5 粉尘的排放，那我国《环境空气质量标准》的要求将难以实现。



在 P. CS7 中采用自定义功能库 实现水泥生产线 DCS 控制

张宏图

(合肥水泥研究设计院, 安徽 合肥 230051)

1 前言

随着 DCS 系统的普及应用, 水泥生产线自动控制基本采用 DCS 控制系统实现。由于德国 SIEMENS 公司 S7 控制器及 P. CS7 控制系统较高的性能价格比, 该系统在本院的设计和总包生产线上得到了广泛的使用, 通常采用 SIEMENS 公司 CEMAT 水泥专用库或者 P. CS7 APL 库实现自动控制。如沙特 NRCC 6000t/d 及约旦 AMCP 6000t/d 生产线, 均采用了 SIEMENS 公司的 CEMAT 专用库实现。但使用过程中发现, 这类库或多或少存在一些与国内控制理念不符合的地方(如不能正确显示现场运行状态; 以中控优先模式而非现场优先模式等), 因此笔者产生了自行编制自定义功能库实现生产线 DCS 控制的想法, 并成功应用于江西宝华山水泥公司 4500t/d 生产线上, 该生产线于 2012 年 6 月投产。本文主要对自定义功能库的实现方法进行说明。

2 自定义功能库的实现

江西宝华山 4500t/d 生产线采用了德国西门子公司的 SIMATIC S7 控制系统, 全线配置了 6 个现场控制站(包括石灰石破碎、原料配料、原料粉磨及废气处理、预热器、窑头及篦冷机、煤磨)。控制站除了石灰石破碎和原料配料采用了 S7 412-2DP 处理器模块外, 其他 4 个现场站均采用了 S7 414-2DP 处理器。在中控室配置了 6 台操作员站和 1 台工程师站, 系统总点数 3288。

通过在国外总承包生产线 DCS 系统编程和调试发现 CEMAT 水泥专用库其马达控制功能块按照国外中控优先的控制理念实现, 与国内设计的现场优先方式不吻合, 因此若未发出中控允许而直接打到现场运行, 操作站显示故障报警, 且无法正确显示现场运行状态。此外, 对设备跳停的报警记录不够详细, 不能区分是何种故障

导致设备跳停，而只是统一产生一个动态故障报警，具体的故障分析还需要额外编制代码实现。因此，我们采用 SCL(一种类 PASCAL 的高级语言)语言自行编制了符合国内水泥生产线控制要求的自定义功能库。

自定义功能库实现了包括单向电机启停功能块、双向电机启停功能块、组启停功能块、电动推杆功能块、电动执行器功能块、计量秤启停功能块、空气炮控制功能块、均化库循环控制功能块等多种自定义功能块及操作面板。

以单向电机启停功能块为例，其在 CFC 功能块中调用如图 1 所示。

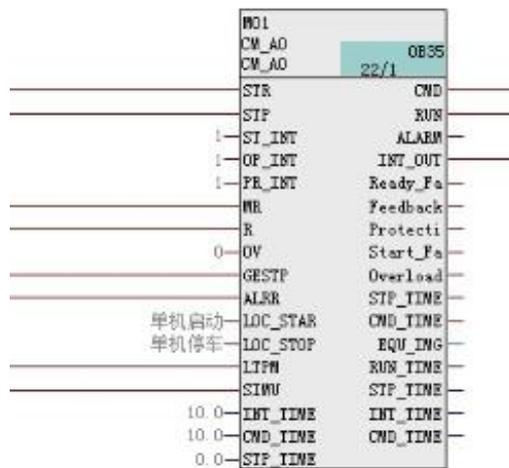


图 1 CM_A0 CFC 功能块界面

在 WinCC 中各功能块均需要编制相应的块图标以及操作面板供操作使用。

其用户操作面板 (FACEPLATE) 如图 2 所示，所有该类型的设备均使用同一个操作面板进行操作：



图 2 单向电机启停操作面板

通过使用自定义功能库可以直观准确的表示设备的各种状态,如预热分解流程图如图 3 所示,该图中设备现场运行以深绿色显示,仿真设备以 S 符号显示。

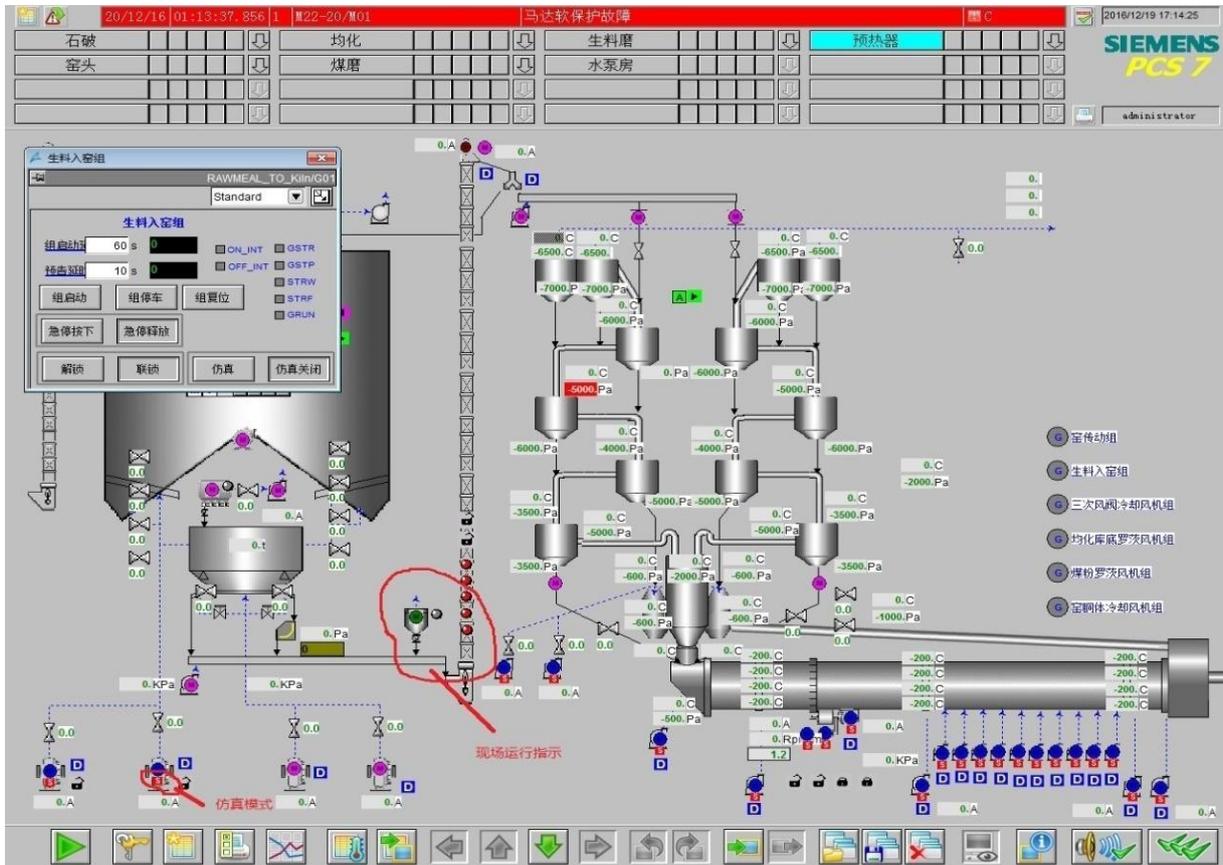


图 3 预热分解人机界面

3 几点体会

在使用自定义功能库实现水泥生产线 DCS 控制的过程中有以下 3 个特点:

(1) 自定义功能库可以灵活地实现设计者的控制理念。如,该项目利用自定义功能库成功将中控优先的控制模式改为更符合国内习惯的现场优先的控制模式。

(2) 与使用 CEMAT 专用库相比,使用 CEMAT 专用库需要购买众多的服务器及操作站软件授权,一般来说费用高达 30 至 40 万元,而采用自定义库可以去除该项费用,节省大量投资,且具有完全的自主知识产权,该应用已于 2017 年申请获得 5 项软件著作权,包括水泥生产线预热分解智能控制系统、水泥生产线窑头及熟料输送智能控制系统等。

(3) 更直观清晰地表示设备的各种状态,解决了现场优先模式下 P. CS7 APL 库或者 CEMAT 水泥专用控制库的缺陷。

(4) 详细的设备报警信息处理,从而可以在设备故障调停时根据操作站记录的报警信息迅速找到故障点,完成故障的处理,较以前凭主观判断进行检修相比大大缩短了故障处理时间。

(5) 具有仿真功能,若开启仿真功能,可以不需要连接现场设备通过计算机进行设备的组启停联锁模拟,方便对操作员进行培训,仿真模式以 S 符号直观显示在设备下方。

参考文献:

- [1] 西门子公司 P. CS7 V6.1 中自定义功能库使用入门 2008
- [2] 张宏图,单距程 西门子 CEMAT 系统在 6000t/d 水泥生产线中的应用 水泥科技 2009 (4):29-30



建设工程招标投标规范化管理探讨

王彬

(合肥水泥研究设计院, 安徽 合肥 230051)

1 引言

当前, 随着城市化进程不断加快, 大量由政府财政或银行资金投资建设的房屋建筑、交通运输、市政基础设施、公共工程等都必须采取招标投标形式开展工作。招标投标制度作为一种新型建设工程管理模式, 其建立不仅能够保证和提高工程质量, 还能够有效降低工程建设和管理成本、合理控制和缩短工程工期。然而受到我国招标投标管理形式起步较晚、缺乏管理等诸多因素的影响, 加之相关管理机制尚不完善, 在具体实践过程中, 常出现一些违规现象, 缺乏规范性和科学性, 极大地挫伤了工程招标投标政策的公信力, 因此加强对建设工程招标投标规范化管理和提高其科学管理水平迫在眉睫。

2 工程招标投标概念

招投标, 是招标投标的简称。招标和投标是一种商品交易行为, 是交易过程的两个方面。招标投标是一种国际惯例, 是商品经济高度发展的产物, 是应用技术、经济的方法和市场经济的竞争机制的作用, 有组织开展的一种择优成交的方式。这种方式是在货物、工程和服务的采购行为中, 招标人通过事先公布的采购和要求, 吸引众多的投标人按照同等条件进行平等竞争, 按照规定程序并组织技术、经济和法律等方面专家对众多的投标人进行综合评审, 从中择优选定项目的中标人的行为过程。其实质是以较低的价格获得最优的货物、工程和服务。

工程招标投标是应用技术经济的评价方法和市场经济的竞争机制的相互作用, 通过有组织、有规则地开展择优成交的一种相对成熟、高级和规范化的交易活动。

工程招标投标是一种方法, 它既延续了人类商品交易原始的思想与方法, 又运用了市场经济的竞争机制。还应用了技术经济的评价方法, 将技术比较、经济分析

和效果评价运用于工程建设交易，在技术比较中展示实力，在经济分析中突显效益，在效果评价中追求管理、质量、诚信的一致性。

建筑工程招投标是指以建筑产品作为商品进行交换的一种交易形式，它由唯一的买主设定标的，招请若干个卖主通过秘密报价进行竞争，买主从中选择优胜者并与之达成交易协议，随后按照协议实现招的。

工程招标制度也称为工程招标承包制，它是指在市场经济的条件下，采用招投标方式以实现工程承包的一种工程管理制度。工程招投标制的建立与实行是对计划经济条件下单纯运用行政办法分配建设任务的一项重大改革措施，是保护市场竞争、反对市场垄断和发展市场经济的一个重要标志。

建设工程通过招投标，会出现：

- (1) 工期普遍缩短。
- (2) 工程造价普遍有效合理下降，有效防止不正当竞争。
- (3) 促进了工程质量不断提高，使企业不断提高管理水平，增加管理储备。
- (4) 简化了工程结算手续，减少扯皮现象，密切了承发包双方协作关系。
- (5) 促进了施工企业内部经济责任制落实，调动了企业内部的积极性。

3 现阶段建设工程招投标管理工作不规范问题分析

自改革开放以来，我国建筑行业发展的外部环境发生了翻天覆地的变化，建筑企业、产品制造与销售企业、服务业等除了要参与本国市场竞争，还需要放眼于国际市场，此时，现行的招投标管理工作也随之暴露出诸多问题。

3.1 法律制度不健全、招投标文件的标准及内容设置不规范

现行的建设项目招标文件的制定常掺杂了一些特定人群的诸多非客观的人为因素，严重干扰和影响项目招投标的质量，虽然国家和地方政府都出台了一系列关于招投标方面的政策、法律法规和实施办法或执行条例及其示范文本，但具体到单一的建设项目时，仍然存在着一一定的利益和权力相关人群，实际掌控和最终决定其招标文件中关键条款的制定，有的是设定形式多样的排斥性条款拒绝大量

潜在的合适投标人，有的是设定只有少数投标人才具备中标条件的评分规则或致胜性条款把项目巧妙的利用招投标形式授予某特定的小范围投标人（因中标人设定条款），也有的为了让某部分不具备实力和竞争的利益者参与竞争甚至中标而放宽限制条件让大量滥竽充数的投标人参加投标甚至是串标、围标，甚至很多招标文件放纵投标人可能以伪造假合同、假文件等影印作品作为有效文件参与投标并可能中标等等。诸如此类扰乱正常招投标秩序的行为和案例屡见不鲜。

3.2 项目编制或设定的招标控制价与工程实际建造成本相悖

在具体工作中，由于诸多建设工程项目存在单一性和地域性差异，项目控制价编制和确定大多仍旧采用传统的计价标准（定额标准、清单标准、信息指导价、政府政策性税费标准），逐一项目由专门的造价咨询服务企业独立完成，审核和审定程序几乎缺失或流于形式，很少采用和分析参考类似建设项目的经济数据来确定招标控制价；而建设工程的实际建造价格是以形成工程实体的施工承包企业的成本构成为基础的。现行的定额、计价标准、部分施工规范远滞后于市场经济的飞速发展，其制订和修编多半是以过时的滚动式的基础资料为基准，没有真正形成在时间价值体系中与市场接轨的新的突破和创意，形成工程实体的新材料、新方法、新工艺不能得到迅速贯彻和体现；适应市场经济发展的作为计价标准或定额依据的工期定额、机械台班定额、劳动力消耗定额等基础定额的修订工作严重缺失；各地政府或行业服务部门出台的信息指导价和政策性价格调整文件等本来是对定额、标准、规范在地域和时效性方面进行完善和修正、补充，但现行的调价政策和《信息指导价》与市场价格严重不符以及采集数据和编制发布信息过程中的乱象等问题非常突出，采用其作为制定工程招标控制价的依据，其结果一定与工程实际建造成本大相径庭，与投标人的投标价格（及时的实际市场成交价格）和中标价格出现较大的偏差；建设工程的施工承包企业管理成本及其税费实际缴纳与控制价编制中的计取也有很大差异。凡此种种导致了控制价在工程招投标中失去了应有的指导作用。

3.3 项目招标投标方案的设定存在缺陷

招投标是项目实施过程中决策阶段的重要工作，其方案设定关系项目实施的成败，对潜在的投标人范围缺乏分析评估、对合理使用和节约社会资源缺乏综合考虑、对中标人的合格标准界定抽象和约定简单，这三方面的问题一旦出现，就会导致很多不恰当的投标人错误的参与本项目的投标活动，会形成下述几方面的影响：第一、设定不恰当的公开招投标方式和没有用合法有效的正确条款设定合适的投标人数量界限，极易产生过度竞争问题；在多数情况下，公开招标工程会比较单一的根据竞标人的竞价选择承包商；有些工程虽然实际标的却不大，但是大量竞标人对竞标成本的支出累计，远远高于工程标的金额，在一定程度上浪费了社会资源，既增加社会成本又增加评标工作量。不但如此，过度竞争还可能导致成交金额低于工程实际成本，竞标人为了获得机会，不择手段，给出低于成本的价格，在施工过程中，选择质量较差的施工材料等，难以保证施工质量。第二，招标方案设定的商务标价格与对标的形成的工艺过程及其产出物品质的设定通常是分离的，面对激烈的竞争，承包商为了获得竞标机会，不惜降低成本以达到目的，但是低于合理工程成本的竞标价格和没有明确约定的实施过程和细化的产出物品质指标，自然会带来实施过程中管理困难和大量扯皮现象，并且难以保证工程质量，不利于建筑行业健康发展。第三，方案设定中技术标内容与合同内容不符，在竞标过程中，承包商会提出某种施工工艺过程或技术，具体实践中会经常发生，由于过分降低成本并未明确要求采取相应的施工技术，导致施工技术执行不统一问题的出现^[1]。第四，招标方案上忽视对施工企业真实实力的考察和审核，在招投标过程中，对于承包商对投标项目的实际投入以及以往施工业绩和经验等没有恰当的约定，而承包商综合实力高低直接决定工程项目施工质量，由于缺乏足够的重视，极易出现承包商难以胜任工程建设任务而出现的施工质量不达标问题频繁出现。

3.4 执行专家评审制度缺陷或局限性

现阶段，较为普及的做法是由政府招标投标管理部门组建评标专家人才库，从事招标投标代理工作的企业根据招标投标项目需要，在评标前较短的时间内从相应的专家库中随机抽取符合法定数量的经济技术类专家会同业主代表专家临时组建项目评标委员会，并选定其中一人担任评标委员会组长，进行并完成评审及其确定中标人。在现行工作实践中尚存在下列问题，亟待解决：

(1) 对项目招标方案正确与否、内容及其控制价编制正确与否不予评审，作为商务标的评审标准的形成和有效是非常不严实的，这就决定了对该项目的招标投标过程及其结果将是在一个不完善的招标投标及其评审制度中形成；

(2) 常见的以价格定中标人的招标投标项目评审中，评委专业水平、参与评审的时间和技术手段都非常有限，大多不能做到对投标人的商务标内容进行详细分析和评审，商务标和技术标的对应和有机结合几乎在所有的评标中都是不考虑的。这样通常的评标过程评委几乎成了以示公平和公正的见证人的角色，经济技术性无从体现；

(3) 对评委会组长的要求过于简单、普通，大多没有高于一般评委的条件设定和限制；

(4) 由于评审内容的单一和程式化，导致专家评审过于简单而流于形式并实质性的影响招标投标工作的质量；

(5) 专家库成员的继续教育和知识更新工作需持续加强。

3.5 缺少完善的监督体系

在现有的监督制度下，大多数招标投标项目业主仅是法律意义上的投资主体，就其本质来看，仅是各级政府的代理人，而业主的价值取向等直接决定招标投标活动的公平性。在此种情况下，招标机构将会按照业主的意愿完成项目招标投标运作，提高业主意愿中标人的合理化程度，在一定程度上会忽视政府的政策法规。另外，与施工企业的长期交往，加之行政过度干预等现象的存在，导致权钱交易现象时有发生，产生一系列的“暗箱操作”行为也鲜为人知。近年来，政府加大了对招

投标工作的监督管理和违法打击力度，但还远远不够，政府管理部门聘请的社会监督员参与的招投标监督工作只是在项目开标和评审阶段，对招投标项目实施中的实质性违法违规无从监督，如同专家评审一样，较多的流于形式。可见，招投标监督体系的进一步完善和加大执行力度已经迫在眉睫。

4 加强建设工程招投标规范化管理的有效对策

如果忽视对建设工程招投标的规范化管理，势必会引发一系列问题，阻碍建筑领域健康发展，对此，笔者认为应从以下几个方面入手，提高工程招投标管理工作规范化水平。

4.1 规范招标人行为，加强行政监管和行政执法

(1) 政府行政主管部门应组织对投标文件的编制标准进行研究，出台相关细则或规范性文件等，对具体的具有一定规模或性质的项目的投标文件要进行严格的专家评审和论证；

(2) 对具有一定规模或性质的项目的招投标要切实加强招投标过程全程行政监督和执法监督；

(3) 规范投资人和招投标代理人及各类招投标参与人员的行为准则和执业规范，建立健全其法律和行政处罚措施；

(4) 完善招投标评审制度，除对投标文件进行把控外，还要重视由造价类专家对招标控制价的事先审核、对投标人商务标的独立详细评审，评审结果作为技术经济专家评标定标的重要依据。

4.2 推进招投标市场的制度建设，建立健全信用机制建设

信用机制建设是市场经济发展的必然趋势，第一，构建统一的市场监控体系，实现信息实时共享，为监督工作顺利开展提供依据；第二，构建并完善诚信档案，结合招投标参与单位生产经营活动，划分多个层次，构建诚信档案，并将其公布于公共资源信息披露网络，从而营造良好的竞争环境；第三，完善资信评级制度，综合考虑行业及企业实际情况，利用统一评价标准对全行业的各类实体进行全面、

系统化评价，以此来约束企业行为。以上制度的建立，从市场经济角度不仅规范了投标人，也规范了招标人和招标代理机构以及咨询服务机构、评审专家等全面的参与者的从业行为。

针对不正当竞争行为而言，可以从两个方面入手：一方面，规范投标人准入要求，如提高企业参与活动的诚信保证金额、对企业进行竞争承诺限制、公示不通过处罚等手段，淘汰那些素质较低和实力较差的企业，确保参与竞争主体都具有恰当的實力；另一方面，改革投资管理机制，减少同体投资等问题的出现，以此来有效划分咨询、投资、建设、服务、监管等职能，积极落实责任制度，最大限度消除不正当竞争行为。不但如此，对于招投标活动，项目投资主体和监管部门要用程序来保证对各参与者进行事前实力考察，考察结果排序并公示，摒弃招投标过程中可能出现的弄虚作假、围标串标等现象，提高招投标透明化，从根源上避免不正当竞争行为。

4.3 对招投标项目进行严格的标前审查，提高招标文件编制规范性

招投标管理工作作为一项基础性工作，其不仅限于场内交易，更多的是坚持标前审查及标后跟踪。对此，管理部门应提前参与到工程各类审查工作中，严格落实现场勘查、清单审查等工作，提高招标人投资效益的同时，实现对承包商资质和实力的审查。招标文件作为该活动的核心，也是招投标文件的重要依据，因此应严格按照相关《办法》对招标文件内容作出明确要求^[2]。具体来说，应坚持完整性、合理性等原则，细化并规范文件内容，如文件重点内容要涉及货物、工程等多个方面，根据项目特点确定具体内容，以提高针对性；另外，文字表述要清晰，针对招标文件中的字句要进行仔细的推敲，使用规范性术语，避免使用含义模糊的词语等，确保条款内容符合法律法规，确保项目后续系列活动有序、严谨、科学、合法，真正做到确保项目利益最大化。

4.4 完善招投标监督机制，加大机制落实力度

市场经济体制下，招投标监督机制的构建已经不仅仅限于法律或者行政方面，

更多的在于市场、舆论等方面。具体来说，首先，完善制度，作为基础监督形式，法律完善与否直接决定招投标管理规范化水平。因此政府部门应结合当前建筑领域发展现状，完善相关制度，并加大对制度的执行力度，采取强制性手段规范招投标活动。其次，加强建筑行业市场建设，兼顾有形与无形市场，促使市场在监管工作中充分发挥积极作用，推动招投标各个环节都能够按照市场既定标准运行。最后，通过舆论及新闻监督，提高招投标活动细节的曝光度，促使营私舞弊等问题暴露在阳光之下，以此来规范招投标过程的公正性。

4.5 进一步贯彻落实好“管办分离”制度，重视标后管理

招投标代理机构是项目招投标管理工作的实际操作主体，对其结果和项目实施成败及其经济和社会效益产生直接地决定性作用。因此，在招投标管理和招投标代理机构之间真正做好“管办分离”工作，从源头上避免权力滥用、政治腐败，割断部门之间的利益链，具有十分重要的意义。对现行的政府招投标管理部门或监管部门在行政审批、机构、职能部门职责分工等方面进行细划，定期总结与考核，定期接纳新的信息和新的管理技术，定期对不符合市场发展需要的陈规陋习进行改进，通过这种方式，逐步适应市场经济发展形势。

对于施工项目，标后管理是解决挂靠、分包等问题的主要手段，也是监管部门的基本职责。中标后，项目业主应及时与中标单位签订合同，并将其上报至相关部门完成备案登记工作，按照合同内容及时拨款，与此同时，监理单位要充分行使自身职能，对工程质量、施工进度等方面进行全过程监督和管理，及时发现问题，并督促承包商对问题进行高效处理，直至问题解决^[3]。政府监管部门应严格督查项目监理机构，如若发现监理单位不作为，应坚决清退，严肃政治。而当工程竣工结束后，特别是政府投资项目，审计部门应加大对工程结算的管理，以此来规范工程招投标管理工作。

此外，还应建立综合素质高、政治素质过硬的专家队伍，保证评标工作顺利开展。在队伍建设中，可以通过抽签方式评选专业人员，避免利益相关的专家进

入到评标程序当中，建立完善统一的管理、惩戒及退出制度，增强专家队伍独立性，并借助现场录像等手段，实现对整个招投标过程的监控。同时定期对评标专家进行培训，增强其职业道德素养的同时，提高其专业水平，为招投标规范化管理工作顺利开展奠定坚实的人才基础。

5 结语

根据上文所述，招投标管理作为工程建设行业发展的必然产物，随着市场经济的不断发展，我国招投标管理模式将逐渐朝着科学化、制度化、规范化的方向健康发展，并为项目建设带来更多的经济效益。但是在此过程中，我们要明确认识到当前招投标管理工作存在的问题，并采取行之有效的措施，从多个角度入手，努力营造和谐、有序的市场环境，不断提高招投标规范化管理手段和水平，从而促进工程建设领域在国民经济发展中的社会及经济效益得到充分发挥，并更好地与国际市场接轨和参与国际项目竞争。

参考文献：

- [1]莫健霞. 建设工程招投标管理的优化策略探讨[J]. 现代经济信息, 2010, (16):170-171.
- [2]冯乐乐, 王峰. 我国建设工程招投标管理的研究[J]. 山西建筑, 2014, (30):243-244.
- [3]车兰玉. 浅谈我国建设工程招投标存在的问题及解决措施[J]. 民营科技, 2015, (05):163.

