

“小水泥”技术资料

**普通立窑包壳料球
煅烧试验**

中国建筑工程出版社

“小水泥”技术資料
普通立窑包壳料球煅烧試驗

★

中国建筑工程出版社出版(北京西外向东路19号)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售
北京印刷六厂印刷

★

开本: 787×1092 1/32 印张: 7/8 字数: 18 千字

1972年6月第一版

1972年6月第一次印刷

印数: 1—12300册

定价: 0.05 元

統一书号: 15040·3010

毛主席语录

我們必須逐步地建設一批規模大的現代化的企业以为骨干，沒有这个骨干就不能使我国在几十年内变为現代化的工业強国。但是多数企业不应当这样做，应当更多地建立中小型企业，并且应当充分利用旧社会遺留下來的工业基础，力求节省，用較少的錢办較多的事。

普通立窑包壳料球煅烧試驗

山东省梁山水泥厂

山东省基建局科研所

水泥立窑生产技术自推广差热煅烧以来，一直进展缓慢。如何继续提高立窑生产技术，是摆在我们面前的一项重要课题。

“調查就是解決問題”。我們对山东省部分地区小水泥厂进行調查后，发现立窑煅烧的主要矛盾是中部通风不良，不仅煤耗高，而且高温带长，煅烧不均匀，容易結大块和出現粉化現象，因而严重地影响水泥熟料产量和质量的进一步提高。

针对这个问题，我們于一九六九年六月在 $\phi 1.45 \times 6$ 米的普通立窑上进行包壳料球煅烧試驗，初步收到了效果。一九七〇年六月，我們又按普通立窑包壳料球煅烧工艺，因陋就簡，土法上马，制造和安装一套设备，并正式开始試生产。一年多来，生产一直正常。

所謂“包壳料球”，就是在一般的生料球的外面，再包上一层不含煤的純生料，以便减少煅烧过程中料球的相互粘結，降低一氧化碳热損失。

现将普通立窑包壳料球煅烧試驗介紹如下。

一、試驗条件及方法

1. 試驗条件

(1) 原材料化学成分及波动范围：列于表1。

表 1

原 材 料	化 学 成 分 (%)						
	烧失量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O Na ₂ O
石 灰 石	40.25 ~ 43.38	0.78 ~ 6.08	0.18 ~ 1.19	0.22 ~ 0.62	46.01 ~ 54.17	0.36 ~ 4.66	
粘 土	5.09 ~ 11.03	59.20 ~ 72.84	10.09 ~ 12.06	3.71 ~ 4.35	2.52 ~ 10.85	1.21 ~ 1.94	
电 厂 炉 渣	14.09 ~ 16.71	45.85 ~ 47.53	20.95 ~ 22.21	7.38 ~ 10.42	3.35 ~ 4.81	0.92 ~ 1.26	
铁 矿 石	—	46.09	10.37	42.70	0.73	0.14	

(2) 燃料特性: 列于表 2。

表 2

燃料	工 业 分 析				煤 灰 成 分 (%)				
	挥发分 V (%)	含碳量 C (%)	灰分 A (%)	热值 Q (仟卡/公斤)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
阳泉无烟煤	9.63	66.47	23.90	6625.4	50.16	28.18	8.38	4.96	0.79
电 厂 渣	2.30	12.36	84.32	1328.24					

(3) 生料特性: 列于表 3。

表 3

序 号	編 号	化 学 成 分 (%)					率 值			碳 酸 鈣 滴 定 值 TCaCO ₃		細 度 (4900孔篩 篩余%)	
		燒失量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	石灰飽和 系数(KH)	硅率 (%)	鋁氧率 (P)	指 标 (%)		合 格 率 (%)
1	70—A	35.67	13.30	2.76	2.99	41.89	2.26	0.97	2.31	0.92	79.50 ±0.5	50.2	<13
2	70—B	35.88	12.66	2.63	2.99	42.40	2.18	1.03	2.25	0.88		48.6	<13
3	70—C	35.81	13.18	2.70	2.99	42.23	2.04	0.99	2.32	0.90	79.00 ±0.50	46.00	<13
4	71—A	35.71	13.12	2.70	2.88	41.89	2.18	0.99	2.33	0.94	78.00 ±0.50	33.7	
5	71—B	35.41	13.42	3.01	2.63	41.56	2.54	0.95	2.38	1.14	〃	37.5	
6	71—C	35.48	13.46	2.89	2.67	41.89	2.29	0.96	2.42	1.08	〃	33.30	

注: 生料中有时含有 4 ~ 8 毫米的粗颗粒。

(4) 生产工艺及设备情况：生产工艺流程见图1。

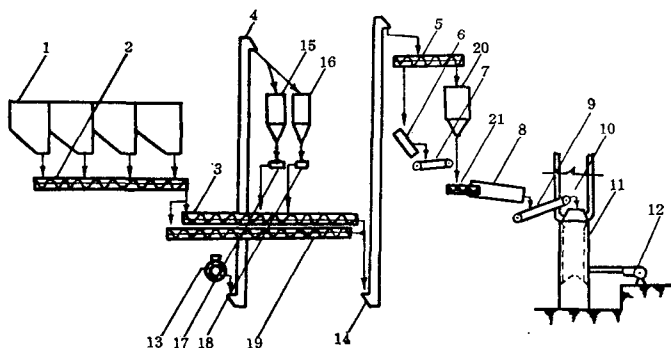


图1 包壳料球煅烧工艺流程

1—生料庫；2、3、19—絞刀；4、14—提升机；5—正反絞刀；6—成球盘；7—皮帶运输机；8—成球筒；9—皮帶运输机；10—下料器；11—立窯；12—离心鼓风机；13—錘式破碎机；15—中煤倉；16—边煤倉；17—中煤喂煤盘；18—边煤喂煤盘；20—白料罐；21—白料絞刀

工艺流程說明如下：

1) 主系統

四个生料庫1中的生料，經人工扒入絞刀2中，再經計量絞刀3与配煤系統来的細粒煤混合（边料煤、中料煤以五五制替換），經提升机4和正反絞刀5进入成球盘6成球，再入成球筒8与白料絞刀21中的白生料形成包壳，入窯煅烧之。

2) 壳料系統

利用立窯停止供球的間隙，將生料庫1中的生料人工扒入絞刀2中，再入絞刀19，入提升机4，經正反絞刀5进白料罐，备用之。

3) 供煤系統

无烟煤經錘式破碎机13破碎至5毫米以下，用手推車运至提升机14，提升到中煤仓15或边煤仓16内备用。用两个喂料盘，分別喂入中煤或边煤，以五五制交替使用。

生产設備情况如表4。

表 4

設備名称	規 格	数 量
生 料 庫	容量45吨/个	4 个
絞 刀	$\phi 0.25 \times 10$ 米, 43轉/分	1 台
絞 刀	$\phi 0.25 \times 3$ 米+ 0.15×0.8 米+ 0.25×5 米, 40轉/分	1 台
提 升 机		1 台
正 反 絞 刀	$\phi 0.20 \times 2.5$ 米	1 台
成 球 盘	$\phi 1.5 \times 0.2$ 米, 傾角 55° , 20轉/分	1 台
皮带运输机	0.4×2.7 米	1 台
成 球 筒	$\phi 0.6 \times 3.6$ 米, 斜度 5% , 42轉/分	1 台
皮带运输机	0.4×6 米	1 台
下 料 器	16轉/分	1 台
立 密	$\phi 1.45 \times 6$ 米	1 座
离心鼓风机	风量 $8500 \text{米}^3/\text{小时}$, 风压1050毫米水柱, 动力55瓩	1 台
錘式破碎机	产量4吨/小时, 粒度 <5 毫米	1 台
提 升 机		1 台
中 煤 仓	容量 0.7米^3	1 个
边 煤 仓	容量 1.4米^3	1 个
中煤喂煤盘	$\phi 0.7$ 米, 7.5轉/分	1 台
边煤喂煤盘	$\phi 0.7$ 米, 10轉/分	1 台
絞 刀	$\phi 0.20 \times 8.5$ 米	1 台
白 料 罐	容量 2米^3	1 个
白 料 絞 刀	$\phi 0.18 \times 2.4$ 米	1 台

2. 試驗方法

包壳料球煅烧水泥熟料試驗是在差热煅烧的基础上进行

的。为了简化生料制备程序，壳料和心料采用同一成分，煤在成球前同心料混合。包壳料用量按总生料量的20~25%范围控制。采用成球盘——成球筒串联二次成球。以五五制变换边、中料，实行差热煅烧。

3. 二次成球问题

成球是包壳料球新工艺中重要一环。成球质量的好坏，直接影响到煅烧和熟料质量的好坏。一次成球设备是成球盘，已配入粒煤的生料在成球盘中制成球心，球径为4~9毫米，然后进入成球筒，进行包壳。包壳料约占全部生料的20~25%，制得的包壳料球球径为5~10毫米，相对水分13%，绝对水分15%左右。这种成球方法没有无煤的料球和粉状物料，没有夹层现象，粒度均齐，水分适宜。我们认为这种成球方法是比較好的。

在安装成球筒时，必须注意白料下料嘴和喷水管的相对位置及喷水管长度，这是二次成球的关键。

成球筒水管和下料嘴装置如图2。

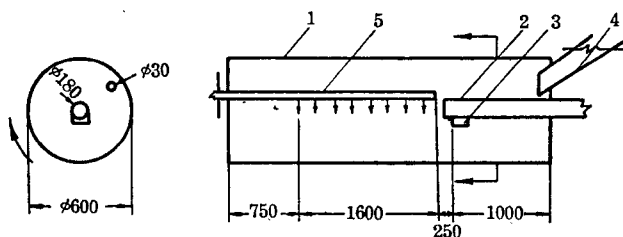


图2 成球筒水管和下料嘴装置

1—成球筒；2—白料绞刀；3—下料嘴；4—一次料球溜子；5—水管

水管直径 $\phi 30$ 毫米，喷水段1600毫米，54孔，喷水孔直径 $\phi 1$ 毫米。

这里必須指出，黑料球在成球筒里必須先滾上一层白生料粉，然后再噴水，这样才能保証料球外壳厚度一致，才避免出现无煤料球。此外，在离下料嘴0.25米处，开始沿成球筒长度方向1.60米左右設置54孔水管，孔径 $\phi 1$ 毫米，这样，可避免水量过分集中而出现“泥巴蛋”。

二、試驗結果及分析

通过一年来的試驗，用包壳料球法煅烧水泥熟料取得如下效果：

1. 提高了熟料产量，改善了立窑中部通风

采用包壳球煅烧法，立窑中部通风有所改善，上火速度快，窑面上已不是“鍋底”形，而是呈“盘子”形。我厂采用普通煅烧法立窑产量为11吨/台·班，采用包壳料球煅烧法后，熟料产量达到13~14吨/台·班，比試驗前提高18.2~27.3%。

表 5

序号	生 产 方 法	台班产量 (吨/台·班)	单位面积产量 (吨/米 ² ·小时)	单位容积产量 (吨/米 ³ ·小时)
1	普 通 煅 烧 法	11	0.833	0.138
2	包壳料球煅烧法	13~14	1.061	0.164~0.177

包壳料球煅烧法所以能提高立窑产量，我們认为是由于料球表面上包了白料壳，料球与料球之間，煤顆粒不能直接接触。燃烧时，料球表面粘性小，不易結成大块，减少了窑內通风阻力，改善了窑內中部通风，因而上火快，煅烧速度快。

2. 降低了熟料煤耗

包壳料球煅烧法，是在差热煅烧的基础上进行的。从表 6 可以看出，采用包壳料球煅烧法，与本厂試驗前相比，煤耗降低 23%，与我省一九七〇年上半年相比，煤耗降低 17.5%。

表 6

序号	生 产 方 法	实物煤耗 (公斤/吨熟料)	标准煤耗 (公斤/吨熟料)	单位热耗 (千卡/公斤熟料)
1	包壳料球煅烧法	110.0	104	728
2	普通煅烧法	143.4	135	945
3	1970年上半年全省平均	150.0	126	882

用包壳料球法煅烧水泥熟料所以能降低煤耗，这是因为废气中的 CO 的降低与包在料球表面上的一层白料壳有直接关系。在水泥立窑中，燃料在燃烧带产生大量的 CO_2 ， CO_2 上升到预热带与炽热的炭相遇时， $\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO}$ ，在燃烧带产生的 CO_2 又被部分还原为 CO。同时，在燃烧带里，料球内部的細煤粉和 CaCO_3 反应如下：

$\text{CaCO}_3 + \text{C} \rightarrow \text{CaO} + 2\text{CO}$ ，所产生的 CO 也将因氧气不足而不能充分燃烧，白白地跑掉。这是普通煅烧法煤耗高的原因所在。包壳料球法与此相反，由于包上的白料壳，因而能避免在预热带发生化学反应。同时，由于包壳料球改善了窑内通风，因而燃烧带空气充足，能使燃料得到充分的燃烧。废气中的 CO 降低了，煤耗也随之降下来了。

3. 提高了熟料质量

从包壳料球法煅烧水泥熟料的外观情况来看，多数是葡萄状料块和黑色粒子，粉化现象少。有时也有漏生现象，这

表 7

序 号	编 号	化 学 成 分 (%)					率 值		矿 物 组 成 (%)						
		烧失量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	fCaO	MgO	石灰飽和系数 (KH)	硅率 (n)	铝氧率 (P)	硅酸三鈣 (C ₃ S)	硅酸二鈣 (C ₂ S)	鋁酸三鈣 (C ₃ A)	鉄鋁酸四鈣 (C ₄ AF)
1	70-1	0.78	21.52	4.54	4.37	63.68	1.53	3.67	0.87	2.42	1.04	49.93	24.06	4.61	13.28
2	70-2	0.54	21.88	4.81	4.85	63.08	2.15	3.51	0.84	2.26	0.99	43.23	30.11	6.22	14.74
3	70-3	0.61	21.88	4.94	4.43	63.08	2.61	3.63	0.83	2.23	1.12	40.59	31.87	5.58	13.47
4	70-4	0.60	21.30	5.00	4.55	64.44	4.18	3.02	0.85	2.23	1.10	44.52	27.48	5.53	13.83
5	70-5	0.64	20.92	4.82	4.67	63.93	3.19	3.39	0.87	2.20	1.03	48.49	23.39	4.65	14.20
6	70-6	0.62	21.16	4.68	4.31	62.08	2.38	3.27	0.85	2.13	1.09	44.22	27.30	5.09	13.10
7	70-7	0.84	21.10	4.82	4.43	64.27	3.53	2.96	0.87	2.28	1.09	48.91	23.59	5.26	13.47
8	70-8	0.48	20.76	4.97	4.67	64.73	3.00	3.26	0.89	2.15	1.06	52.85	19.64	5.25	14.20
9	71-2	0.45	22.40	5.00	4.27	62.42	2.52	3.75	0.80	2.42	1.17	34.05	38.57	6.01	12.98

是因为操作不善而造成的。熟料入磨率达到 100%。游离氧化钙 ($fCaO$) 一般在 2.5% 以下, 只有在入窑生料石灰饱和系数 (KH) 值较高时, 而熟料煅烧质量较差才超过此限。实验结果表明, 熟料强度较实验前有所提高 (表 7、表 8、图 3)。

表 8

序号	编号	細度 (4900 孔篩篩 余%)	标准 稠度 (%)	凝結時間		安定性	抗拉强度 (公斤/厘米 ²)			抗压强度 (公斤/厘米 ²)		
				初凝 (时·分)	終凝 (时·分)		3天	7天	28天	3天	7天	28天
普 通 煅 烧 法												
1	67-1	7.1	23.25	2:48	4:12	合格	20.8	25.2	27.7	376	440	545
2	67-2	8.0	23.75	2:40	4:05	合格	21.0	22.1	26.1	320	385	467
3	67-3	8.0	23.75	2:40	3:31	合格	18.8	21.4	23.5	312	369	427
4	67-4	6.8	23.75	2:34	3:55	合格	23.2	24.9	25.5	343	425	504
5	67-5	6.6	25.25	2:32	3:52	合格	18.5	22.1	24.5	270	340	430
6	67-6	7.1	25.00	3:20	5:25	合格	22.2	26.0	26.4	314	395	544
7	67-7	9.3	23.25	2:26	6:17	合格	19.0	20.0	25.5	356	443	512
8	平均	7.3					20.7	23.1	25.6	327	400	490
包 壳 料 球 煅 烧 法												
9	70-1	6.4	24.5			合格	22.7	24.8	26.1	376	473	611
10	70-2	5.1	25.75	2:25	3:15	合格	22.4	22.7	28.2	311	432	571
11	70-3	5.1	25.50	2:00	3:10	合格	18.8	19.1	24.1	312	397	533
12	70-4	6.1	25.25	2:55	4:15	微曲	23.8	25.0	26.1	316	433	521
13	70-5	7.6	24.75	3:17	4:12	合格	22.2	24.2	25.4	306	410	500
14	70-6	6.9	25.00	3:10	4:21	合格	21.4	22.1	25.3	358	436	548
15	70-7	6.1	24.25	2:00	2:55	合格	26.2	25.7	27.9	375	480	581
16	70-8	5.6	24.25	3:00	4:30	合格	22.2	23.8	25.7	326	429	509
17	71-1	5.5	24.50	3:30	4:50	合格	24.9	26.3	25.4	358	473	584
18	71-2	5.3	24.75	4:20	6:00	合格	22.8	25.3	29.5	345	482	615
19	71-3	5.6	24.50	3:55	5:35	合格	22.8	24.3	26.2	326	456	555
20	平均						22.8	23.9	24.4	337	446	557

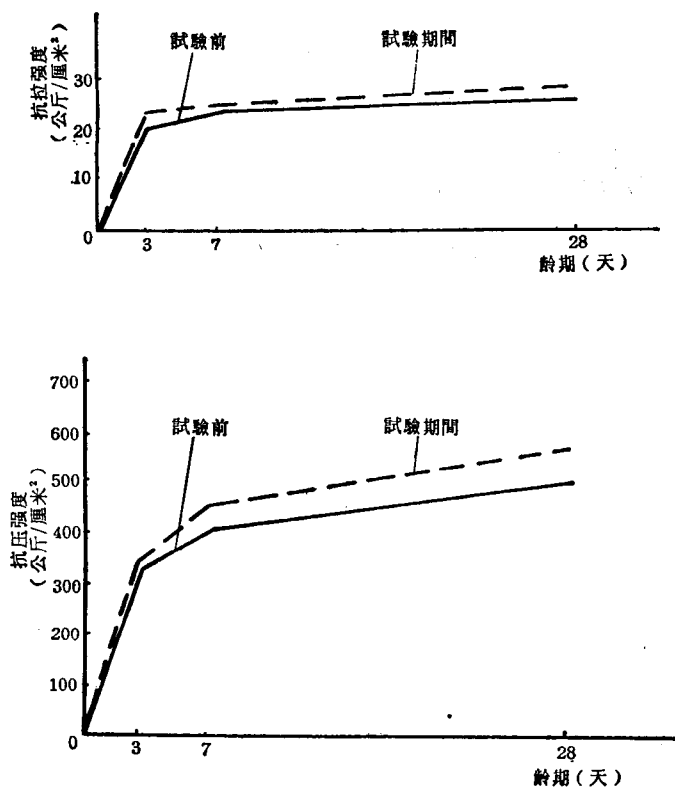


图 3

4. 改善了操作条件, 节约了维修费用

用包壳料球煅烧法, 立窑结边现象大为减轻, 因而对耐火砖侵蚀较小, 延长了耐火砖的使用寿命。实验前, 高温带耐火砖一个月更换一次, 采用包壳料球煅烧法后, 约四个月

方可更換一次，大大節約了維修費用，提高了運轉率。由於結邊現象減輕，落窯時料柱整體下落，看火工處理窯面的勞動強度大為減輕，熟料結大塊較少，減輕了出窯勞動強度，改善了操作條件。

三、若干問題的商榷

1. 關於包壳成分

根據有關資料介紹，壳料與心料礦物組成要相同。為達到這一目的，就需要製備兩種成分的生料。而本廠只有四個小生料庫，每個容量為45噸，儲量很小。若磨兩種生料，就要經常用磨換料。這樣會造成磨機產量低，碳酸鈣滴定值波動大。由於兩種生料分別儲存，生料儲存量相對更少，生料磨一出故障，往往造成停窯。針對這一具體情況，我們將壳料和心料採用同一成分的生料，這樣大大簡化了生產工藝。但是，由於心料摻入煤灰，而壳料不摻入煤灰，因而心料石灰飽和系數低，壳料石灰飽和系數高，熟料礦物組成就不相同。經過實踐，這個問題並沒有造成顯著的壞影響。

其原因何在？我們認為，壳料用量只佔總生料量的20~25%，裹在料球表面很薄的一層，厚度只有1毫米左右。在煅燒過程中，與心料相比，所處條件好，與氧氣接觸機會多，煅燒溫度高，時間長，各氧化物之間化學反應較充分。所以，儘管壳料石灰飽和系數高，也沒造成游离氧化鈣（ $fCaO$ ）太高。相反，心料雖摻入煤灰，而降低了石灰飽和系數，可是處在料球內里，反應速度較慢，反應也不夠完全。所以，儘管壳料石灰飽和系數高，也能生產出質量優良的熟料。這個方案對於設備條件較差的小廠，具有現實意義。

特別值得指出的是，通過上述實踐及分析，我們認為，

适当提高壳料的石灰饱和系数是合理的。在采用黑生料加包壳料球时，内心黑生料和包壳白生料要分别磨制，壳料石灰饱和系数要稍高于心料石灰饱和系数。至于以高出多少为宜，要通过实践而定。

2. 关于燃料掺入方式

本試驗采用在成球前将粒煤混入心料中，这个方法简单易行，对煅烧普通水泥熟料可取得满意的效果，但欲生产质量更高的水泥熟料，外加粒煤的灰分分布不匀，对水泥熟料质量会造成不良影响。因此，采用黑生料或半黑生料与包壳料球相结合的試驗方法，能够使煤灰均匀分布在熟料中，成为熟料的真正组分。同时，磨細的煤改变了燃烧方式，在无氧的情况下，也能进行燃烧反应。因而在空气不足的料球内部也不会产生还原气氛，从而提高了熟料质量。磨細的煤燃烧速度快，可加速熟料煅烧过程，使熟料产量提高。但是，黑生料法或半黑生料法，都会使煤耗上升，包壳料球与黑生料法或半黑生料法相结合，可以弥补这一缺陷。但是，实际效果如何，必须通过实践，方可得出正确的結論。

普通立窑包壳料球煅烧試驗

江西省萍乡水泥厂

在毛主席无产阶级革命路线指引下，我們同原建筑材料科学研究所研究人員一道，在普通立窑上进行了煅烧包壳料球的試驗。試驗表明，采用包壳料球，能提高立窑熟料产量、质量，降低煤耗，改善工艺操作。茲將試驗情况介紹如下。

一、試驗条件及方法

1. 試驗条件

(1) 生料特性：列于表1。

(2) 燃料特性：列于表2。

2. 工艺流程及設備

我厂有两台生料磨和八座生料庫，五座为黑生料庫，三座为白生料庫。生料由两套单独系統分別入1号窑和2号窑。1号窑生料由絞刀3經纵向絞刀入提升机11，再由絞刀6入成球盘17成球，出盘料球經成球筒18和斜皮带机19入窑。

2号窑生料由絞刀4經纵向絞刀入提升机12，再由絞刀9入窑頂成球盘成球，出盘料球直接入窑。在煅烧包壳料球的情况下，原1号窑生料入窑系統作为黑生料流程，而将2号窑系統改为輸送白生料。为控制白料流量，白生料出絞刀4后不是入絞刀5，而是先經提升机10，进入白料仓23，通过可調速的单圓管絞刀8之后再入絞刀5。在窑上，白生料不进絞