

小型水泥厂 生产经验汇编

本社編

建筑工程出版社

小型水泥厂生产經驗汇编

本社編

江苏工业学院图书馆
藏书章

建筑工程出版社出版

• 1959 •

小型水泥厂生产经验汇编
本社编

1959年11月第1版 1959年11月第1次印刷 5.075册

787×1092 $1/32$ • 40千字 • 印张 $17/8$ • 插页1 • 定价(9) 0.23元

建筑工程出版社印刷厂印刷 新华书店发行 书号: 1755

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第052号)

編 者 的 話

去年建起的許多小型水泥厂，經過今年的整頓、巩固和提高，有了很大进步，許多小型水泥厂已經开工生产或正在准备投入生产；在这种情况下，許多工厂迫切地要求交流各地的生产經驗，以进一步提高小型水泥厂的产量和质量。最近，我們收集到一些有关这方面的資料，現在將它們汇编出版，以滿足广大讀者的需要。

这里共搜集了五篇有关生产方面的資料：“熟料生燒、粉化和安定性不良的原因及解决办法”、“立窑生产水泥的几点經驗”、“煨燒湿泥生料的一些体会”、“利用粉尘翻制高标号水泥”，以及“立式烘干窑”。这些經驗都是来自生产实践，内容較实际，对目前小洋羣水泥厂的生产将有所补益。当然，这些經驗也不是很完善的，希讀者結合各地的具体情况，加以参考。

本書的汇编出版工作，由于受到時間和水平的限制，不妥之处在所难免，敬希讀者指正。承蒙水泥工业管理局土立窑生产技术处曾令仪、朴玉倫两位同志在百忙中加以审閱，謹此志謝。

建筑工程出版社

1959年9月

目 录

熟料生燒、粉化和安定性不良的原因及解决办法

.....安徽省安庆响洪甸水庫材料試驗室 王德森 (1)

立窑生产水泥的几点經驗..... 济南水泥厂 (19)

煨燒湿泥生料的一些体会

.....包鋼煉鉄厂水泥車間 郑惠康 (39)

利用粉生翻制高标号水泥..... 广州芳村水泥厂 (49)

立式烘干窑..... 济南生建水泥厂 (55)

熟料生燒、粉化和安定性不良的原因及解决办法

安徽省安庆响洪甸水庫材料試驗室 王德森

用土立窯生产水泥，在生产过程中，常常发生燒出的成品有生燒、料块容易粉化和强度低，以及安定性不良等現象。这些不正常的現象，不仅严重地影响了水泥的正常生产，增加了水泥成本，甚至因水泥質量差而影响工程質量和进度，給工程帶來不可估計的损失。

产生这些現象的原因很多：有的是立窯本身及机械設備存在着問題和缺陷；有的是由于操作不当，火力不均，溫度不足所致；有的是因为原料質量不好，顆粒細度不够，混合不均和配料不当等等。

下面仅就土立窯生产水泥过程中常易发生質量事故的原因及其解决办法，分別加以叙述。

一、生 燒

煨燒溫度不够，是生燒的主要原因。由于溫度不够，熟料中的化学反应不完全，熟料中主要矿物組成——矽酸三鈣（ $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ）不能形成，以致熟料中的矿物組成主要是活性較低的矽酸二鈣（ $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ），未化合的游离石灰增多，而造成安定性不良，水泥强度很低。这样的熟料基本上是廢品，必須揀去重燒或棄去。

严重的生燒，将使燒出的熟料呈草黃色（此时煨燒溫度

約在 $1,200^{\circ}\text{C}$ 以下)，這種熟料的升重很輕，強度極低，而且安定性不良。在生產不正常時，這種生燒黃料有時高達50%以上。生燒的另一種情況是煨燒溫度約在 $1,200\sim 1,300^{\circ}\text{C}$ 左右，此時矽酸三鈣仍未生成，不過由於鐵酸二鈣（ $2\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）及鐵鋁酸四鈣（ $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）的生成，熟料由草黃色轉呈黑淡綠色；此種熟料強度仍然較低，安定性不良，基本上仍是生燒。有的熟料雖然外部已經燒結，但內部由於溫度不足，煨燒不完全，形成黃心，也是生燒的一種。

煨燒溫度不夠，常常是由於採用了不正確的操作方法，風壓風量配合不當，燃料不足或分布不均，以及配料不當和料粒太粗等原因所致。減少生燒的措施是，保證窯內溫度均勻，各個部位的生料都能得到良好的煨燒條件。為此，必須保證窯面阻力均衡，通風均勻，各部位的燃料能得到充分的燃燒。在這方面，可以採取如下的措施：

1. 選用合適的煨燒方法：

在全國範圍內，目前在土立窯的煨燒方法上，大抵採用着“暗火深燒”及“明火淺燒”兩種不同的方法。

明火淺燒的方法，其特點是料層（預熱帶）淺，高溫層（燒成帶）短（一般濕料層僅 $0.1\sim 0.3$ 米左右，而高溫層一般僅 $0.5\sim 1.0$ 米左右，其餘部分為冷卻帶）。這種煨燒方法的優點是：操作時可根據窯面的火苗情況來判斷窯內的煨燒是否正常；邊風過剩現象少；冷卻帶長，熟料的冷卻條件較好；出料比較方便無大塊熟料等。它的缺點是：由於濕料層淺，熱量散失較多；而且加料的速度及下料輕重，對窯面阻力影響很大；加料少的、輕的地方阻力小，風量就多；而加料多、加得重的地方阻力就大，風量就少。往往造成窯面阻力不均，通風不良，而使室內煨燒不均勻；特別是由於燒

成帶短，生料在高溫層煨燒的時間不長，欲使熟料在短時間內燒成，較為困難，在石灰飽和系數較高和生料細度較粗的情況下更為突出，不容易燒好，以致生燒較多，安定性不良。因此，使用的生料飽和系數不宜過高。此外，在下料中如果物料下落稍有不勻，也極易造成坍邊、坍窩等事故，并使廢品率增加。

暗火深燒的方法，是根據蘇聯專家庫茲涅佐夫的建議，而在山東濟南水泥廠試驗成功的。其特點是加厚濕料層及高溫層（濕料層厚約1米，而高溫層厚約3~5米），窯面不見火，根據窯面上升之煙氣濃度、顏色及試驗情況而掌握窯內煨燒情況。此法的優點是：由於濕料層厚，本身的阻力就較大，加料輕重、快慢對窯面阻力的影響，因而相應的減小，沒有象淺燒那樣敏感，容易造成窯面阻力不均的缺點；因為濕料層較厚，窯面沒有漏火現象，火力更加集中，溫度也較高，特別是熟料預熱情況較好，並在高溫層停留的時間較長，使煨燒更加完全，因而可適當提高生料的飽和系數，生產出的水泥強度較高。此外，也由於濕料層厚，物料下沉儘管有些不勻，但也不致象淺燒那樣容易造成漏火、串火等事故。深燒的缺點是：窯面不見火，只能根據煙氣及試驗情況來判斷窯內情況，對窯內煨燒情況不易掌握，其次是由於煨燒溫度較高，煉結成大塊的機會也就較多，易使物料下沉不勻，冷卻較差，有時出紅料并使出料增加困難。

這兩種煨燒方法，各有其優缺點。在目前看來，深燒方法的優點較多，生產出的水泥質量較好，強度較高。安徽省有些廠，根據濟南廠的深燒經驗，改淺燒為深燒後，水泥標號有了提高，有的可達400~500號，而且很久未獲解決的安定性不良問題，也得到相當程度的改善。由於各地具體情況

不同，鼓风机的能力有大有小，操作人员操作技术熟练程度也有高有低，对以上两种方法的选用，应根据各厂具体情况而定；如鼓风机能力较大，以采用暗火深烧为佳。但对于采用自然通风或鼓风能力较小的立窑来说，则以采用明火浅烧为宜，否则，由于风压风量不足，反而会造成质量下降，生烧废料增加。

2. 选择适当的风压风量：

鼓风机的能力（风压、风量的大小），不仅决定窑的产量，也决定熟料的质量。其大小主要决定于窑的规格。

为了解决高温层的空气不足，有的地区采用“腰风”；即从窑身中部鼓入空气。腰风的使用应谨慎进行，风量不宜太大，否则会相应降低底风的风压风量，并使边风过剩；一般以不超过全风量的 $1/5$ 为宜。有的地区，由于鼓风机的能力不强，全部采用腰风来供应燃料所需的空气。这样，常会造成窑面通风不均、边风过剩、中间通风不良，以致造成生烧。同时，由于腰风不如底风那样，在通过冷却带时能得到预热，因而鼓入高温层的空气为冷空气，对煅烧不利，也不能加速熟料的冷却，致使熟料冷却较差。因此，除非在不得已的情况下，不宜全部采用腰风；必要时，可与底风配合使用。

在有氧气供应的地区，也可将氧气直接鼓入高温层中，以提高煅烧温度；或者在某处煅烧不正常和温度较低时，鼓入氧气。

鼓风机风压风量的选择，也必须与料球的粒径相配合；鼓风能力大的，料球的粒径可细一些（一般在 $5\sim 20$ 毫米左右）；这样，料球可以烧透。在采用较小的鼓风机时（或采用自然通风时），料球的粒径可以大一些，以增加空隙，减

少通风时的阻力，但也不能太大，以免燒不透，形成黃心，一般粒徑以40毫米以下为宜。有时为了便于通风，也可将料球制成不規則的形状，如方形或圆柱形等均可，以增加其空隙率，但必須保証在加料或落窖时，其棱角不致被碰掉，以免碎屑填充了空隙，使通风反而不良。由于这比制球麻煩，一般很少采用。此外，在制球时，应尽量使料球的粒徑一致，不要相差太大，特别是生料中的細粉碎屑应予篩除，以免空隙减少，影响通风，对燒成不利。

在立窖中，由于靠窖壁处阻力較小，而风都是向压力小的地方跑。因此，就会发生窖壁处风多而中部风少，即所謂边风过剩的現象。边风过剩，将使窖身四周溫度高而中部溫度高，使中部物料不能很好燒結而造成生燒。为了减少边风过剩的現象，在窖壁处可多加料；也可采用借风，即将鉄钎从窖身中部斜插至窖壁，使风通过中部帮助燃燒。济南水泥厂为了避免生料因受热收縮，使落窖时造成窖壁处空隙增加，边风过剩的現象，在立窖結構上进行了改革：将立窖的上口直徑放大20厘米，以减少边风的影响，这是比較合理的一种形式。

3. 正确掌握出料時間和加料速度：

出料時間和加料速度，应根据煨燒情况而定。如果溫度不足或燒成時間太短，即行出料，都会造成生燒。因此，在立窖生产过程中，应正确地了解和掌握窖內煨燒情况，如果煨燒溫度不正常时，應該延長出料時間。

对窖內溫度的控制，一般可用高溫計（热电偶）插入預先在高溫層周圍留出的測溫孔中，以观察溫度。如无此条件，也可由看火工根据高溫層內料球的顏色来判断窖內溫度。根据北京市第一建築公司的試驗，料球的顏色与溫度的关系

如下：

500°C	800°C	1,200°C	1,400~1,450°C
料球开始 燃烧发红	料球全燃 又紅又亮	料球呈 金黃色	料球发出强烈 耀眼的熾白色

有經驗的看火工，亦可从插入窖中的鉄钎插入的难易程度及鉄钎被燒紅的情况，来判断料球的煨燒是否正常。当試钎时，钎子插入料层时松软，插入一定深度后，既試不着硬底，又未被燒紅，或仅微紅，說明高溫层內火力不足，溫度过低或底火太深，則必須延迟出料。如一节节地被燒紅，則說明火力不集中；如钎子插入料层需用力或用鉄錘輕敲即可插入，钎子插入一定深度后感有硬底，并沒燒紅，說明溫度正常，燒結良好；如插入后钎子被燒熔，則說明火力太强，必須立即出料；如果钎子无法插入，甚至用大錘也无法打入，則說明該处料球已經結成大块，必須及时处理，使煨燒正常。

在用明火淺燒时，亦可根据边火及火苗的情况来判断煨燒是否正常，而决定加料或出料時間。如四周边火均匀，窖面火苗上升尖而有力，根部呈白色，則說明煨燒正常；如有部分无边火，或窖面火苗呈紅色，散而无力，則說明該处风力不足、溫度較低或底火不均，必須打钎提火或多加煤。

判断煨燒正常与否，也可从廢气的分析中看出，下面的数字可供参考：当廢气溫度在200~300°C左右，說明煨燒正常；廢气溫度偏高偏低，則說明燃燒带过高或过低。在煨燒正常时，廢气中的二氧化碳（ CO_2 ）的含量应在25~29%左右，氧气（ O_2 ）应在1~2%左右，而一氧化碳（ CO ）应小于4%。若廢气中二氧化碳含量偏低，說明窖內煨燒不完全，热力不够，可能产生生燒；若二氧化碳的含量偏高，

則是火力太大。氧氣的含量偏低偏高，則說明通風不良或風量太大，而一氧化碳含量偏高時，則說明通風不良，窯內空氣不足或分布不均，燃燒不完全。

不根據窯內溫度加料，也會造成生燒。採用明火淺燒時，除根據上述情況來判斷煨燒是否正常外，還可根據窯面火苗情況——顏色及上升快慢來決定加料。火苗上升快、顏色發白處可先加料，在不上火及火苗發黃處則應不加或少加料。如採用暗火深燒時，應該是見火就壓，做到窯面不見火。此外，並可根據窯面上升之煙氣及顏色來判斷；如煙氣白而濃，則說明濕料層較厚；氣青而淡，則說明料層較薄；煙氣發黃並挾帶小物料，則是太薄，必須多加生料。

4. 控制燃料：

燃料是生料煨燒時所需熱量之來源。燃料不夠，將使溫度降低，物料得不到充分的煨燒，造成生燒；但燃料過多，不僅增加成本，也會使高溫層不適當地延長，熟料冷卻較差，質量降低。因此，燃料不應過多，也不應過少。

燃料用量應根據燃料本身的熱量及料球含水量、風壓大小等情況而定。發熱量大，質量好的燃料可以少用；反之，就要多用。燃料最好能用焦炭，因為焦炭熱量大，揮發物及灰分少。如無焦炭時也可用無煙煤，最好能選用熱量在5,500~7,000大卡/公斤的無煙煤。有煙煤由於揮發物較多而熱量少，質量較差，用量需增多。有時也可根據當地燃料情況，將上面幾種燃料混合使用。

燃料用量也可根據熟料煨燒時所需熱量及燃料的發熱量來估算，一般一公斤的熟料，約需熱1,000~1,100大卡，因此，在煨燒正常時，100公斤的干料球，約需煤11~14公斤左右，如料球較濕或風壓較小時，則尚需適當增加。

为了使燃料分布均匀，在不影响料球强度的前提下，燃料尽可能直接掺入料球中，即所謂黑料球，特别是采用灰分較多的燃料时，更应如此，以使灰分能分布均匀而不致集中，影响熟料的質量。此外，也可适当留一部分外加煤，以便根据煅燒溫度灵活掌握。若煤中有害成分（如硫）含量較高时，或揮发物过大，則不宜掺入料球中，应作为外加煤使用。

外加煤的加入，应随窑內火力情况加以調整，如由于窑壁处阻力小，风力較大，而中部风力較小，造成四周溫度高，中心溫度上升較慢；因此，在窑壁处可少洒或不洒煤，而在窑中心則可稍多加些，以免溫度不足，而产生生燒。又如某处溫度較低时，可适当增添外加燃料，以提高溫度。总之，溫度高的地方少加或不加煤，溫度低的地方应多加。

燃料的細度，对溫度也有影响；燃料过細，将使火急而集中，易燒融結瘤；过粗，則不易燒透，溫度不足或煤耗增加，并不适当延長高溫层，使冷却較差。一般掺入料球中燃料的粒徑，在自然通风的立窑中，可以細一些，最好不超过3毫米；在鼓风的窑中，可粗一些，但亦以不超过5毫米为宜。外加煤的粒徑，在小窑中可在15~20毫米，而大窑中可在20~30毫米左右；窑內风压大时，燃料可細一些，风压小时，可粗一些。燃料用量的多少，煤粒的大小应根据具体情况灵活掌握，总的說，应保証生料在煅燒时，能得到所需的热量并使燃料在高溫层內能得到充分的燃燒。

5. 保証物料下沉均匀：

物料下沉不均，易出現通路，并造成漏火串火，以致窑內溫度降低和溫度不均，并常会造成人身安全事故。窑內出

現通路，使未經高溫煨燒的料球沿通路滑下；或料球未能得到充分煨燒，即進入冷卻帶，造成生燒黃料。

下沉不均的主要原因是窯內產生燒煉結瘤，使部分物料停滯而不能均勻下沉。所謂燒煉，就是物料結成塊；所謂結瘤，則是料球與窯壁粘結在一處（也有稱結圈）。嚴重的燒煉結瘤可以將窯結死，致使生產無法進行，窯的壽命降低。一般的燒煉結瘤，如上所述，也會使通風不良和物料下沉不均。

由於物料經高溫煨燒後，部分物料將熔融而產生液相，再加上物料在窯身內部不能經常移動，因此很易燒結成大塊，這在溫度正常的情况下，也可說是難免的現象，特別是在採用深火暗燒時，更易燒結。此外，燒煉結瘤也常常是由於其它原因造成的，如：

（1）風壓過低以及通風不良，常使煤與粘土燒煉，特別在使用有煙煤時，因其粘性較大，更易燒結。

（2）外加煤過多，加煤不均，煤粒太細，或在窯壁處加的過多，使火力過猛，致使燒結。

（3）配料不正確或拌和不均，使生料中熔融性較大的鐵、鋁成分分布不均，增加液相而燒煉。

（4）出料不及時，間隔時間過長，使溫度過高，物料熔融而煉結。

從上述原因看來，如能事先採取措施，改進操作技術，燒煉結瘤的情況是可能得到改善的。如採用勤加快出的操作方法，使料球在窯內能得到經常移動的機會，可使燒煉的可能性降低；外加煤少加，窯壁處少加或不加，以及在可能條件下，提高石灰飽和系數也都可以達到一定的效果。如果在煨燒過程中出現燒煉結瘤，可用鐵棍將其擊碎。也可將燒結

的物料打成几个洞，加大风量使其自行散裂。

造成物料下沉不均，也可能是由于在出料时掌握不当，出料不均，或者出料門太少，一处出料，不能使物料均匀下沉；如果窑身直径过大，更易造成上述情况，为此，应在窑上可以多开几个出料門，一般应不少于两个，在出料門的上口也可以增設一小門，帮助捣击，以防大块堵塞，影响出料。对于出料的数量，每个出料門亦应大致相等，使窑面均匀下沉。

6:产生生燒，除去上述原因外，配料不恰当，也会使燒成温度需要提高，料球难燒。因此，飽和系数值应根据各地煨燒情况，进行慎重的选择，对立窑內煨燒正常的厂，石灰飽和系数可以适当提高些，鉄粉可以少加些；对于煨燒不太正常、質量尚不太稳定的厂，則应该选用較低的石灰飽和系数，及适当增加生料中的熔剂；这样虽然强度可能要低一些，但在生燒黃料和安定性方面，可能得到改善。待取得經驗后，再适当提高石灰飽和系数。

生料細度过粗，会使物料間的化学反应难于完成，以致生燒；料球的机械强度过高，料球过于密实，也往往使料球难于燒透，造成黃心；在这些方面均应予以注意。

二、粉 化

熟料燒成后，常发现料球上有大量的細粉流下，有时几公斤大的料块，在不到几十分鐘的时间內，就粉化成灰，这就是所謂粉化。有的地区又由于它出窑見风就粉，又称“风化”。由于产生粉化的原因不同，熟料块可能是全部粉化或局部粉化。熟料粉化后的灰色細末，活性很低，基本上是廢品。

造成熟料粉化的主要原因，是在熟料冷却条件較差时，熟料中不稳定的乙型（或称 β 型）矽酸二鈣变为丙型（或称 γ 型）的矽酸二鈣；此时，体积发生膨胀，較原来体积增加約10%，致产生內应力而使料块崩裂为細末。在熟料中矽酸二鈣含量較高时，这种变化将更加剧烈。

解决熟料粉化的主要办法，應該是尽量設法降低熟料中矽酸二鈣的含量和加速熟料的冷却。熟料的急冷，可使熟料顆粒为玻璃体所包围，使乙型矽酸二鈣得以稳定，減少其向丙型的矽酸二鈣轉化。由于土立窖本身结构的缺陷，冷却条件較差，因此，在用土立窖生产水泥时，降低熟料中矽酸二鈣的含量，是防止熟料粉化的主要措施。

熟料中矽酸二鈣含量增加，常常是由于下面的原因：

1. 煨燒溫度不足，使熟料中矽酸三鈣难于生成，而矽酸二鈣含量增加。

在生料中矽酸二鈣形成时，所需溫度較低，約在 $1,300^{\circ}\text{C}$ 即可全部生成，而矽酸三鈣的形成，則必須在更高的溫度下（ $1,450^{\circ}\text{C}$ ），由已生成的矽酸二鈣，与生料中尚未化合的游离氧化鈣再化合而生成。因此，矽酸三鈣生成的愈多，矽酸二鈣就愈少，反之，矽酸三鈣愈少，則熟料中矽酸二鈣的含量就会增多。矽酸三鈣能否生成，及其含量多少，由煨燒溫度的高低及生料中尚剩余的游离氧化鈣的多少而定；如果溫度不足，則矽酸二鈣不能或很少与游离氧化鈣化合而生成矽酸三鈣。这样，在熟料中的矿物組成将是大量的矽酸二鈣，而易造成熟料出窖后全粉。

如果在生产中火力不均，溫度較低的熟料將如上所述，也会粉化，不过粉化只限于一部分熟料而已。

如果熟料粉化是由于溫度不足，則必須采取相应措施来

提高煅燒溫度和使火力均勻。這在第一節中已經談過，這裡不再重複。

2. 配料不當，使熟料的石灰飽和系數過低，氧化鈣含量較低，致使矽酸二鈣生成後，生料中所剩餘的游離氧化鈣不足以滿足部分矽酸二鈣轉化為矽酸三鈣的需要。這樣，雖然煅燒溫度正常，但熟料中的主要礦物組成仍將是矽酸二鈣；根據對熟料粉化後的細末進行分析來看，粉化的熟料其石灰飽和系數大部均低於0.80，其值愈低，熟料粉化的百分率也就愈高。為了減少粉化，應適當採用較高的石灰飽和系數，但也不應太高，以免游離石灰增加，安定性不良，一般石灰飽和系數控制在0.82~0.85左右較為適宜。

有時雖然選擇了適當的石灰飽和系數，但如果原料拌和不均，也會使部分的生料石灰飽和系數降低，而造成局部粉化的現象。

此外，在配料時，對熔融性較大的氧化鐵的含量，也應進行適當的選擇， Fe_2O_3 含量過多，易使熟料煉結成大塊，使熟料冷卻較慢，如含量較低，又會使燒成較為困難，矽酸二鈣增加。因此，氧化鐵含量過多過少，均會影響熟料的粉化，一般應控制在3.5~4.5%左右。

3. 煤灰過多，也往往是熟料粉化的主要原因。煤灰中主要成分為氧化矽及氧化鋁；它們在生料中含量過多，便會使生料中粘土質的原料相應增加，石灰飽和系數相應降低，而使矽酸二鈣含量較高，造成粉化。

對於黑料球來說，由於煤粉與生料一同混合成球，煤灰分布較均勻，但如果在配料時，不考慮它對熟料成分的影響，將會使石灰飽和系數相應降低，使熟料易產生全粉。對於採用外加煤較多的熟料來說，大量的煤灰與熟料表面的物