

水泥机械化立窑安全生产技术

习题解答集

湖北省建材职业技术培训站

目 录

第一章 概 述

- 一、问答题..... (1)
- 二、填空题..... (6)
- 三、选择题..... (8)

第二章 机立窑烧制水泥熟料的原理

- 一、问答题..... (11)
- 二、填空题..... (17)

第三章 机立窑的煅烧

- 一、填空题..... (20)
- 二、选择题..... (21)
- 三、问答题..... (22)

第四章 机立窑煅烧的不正常窑况

- 一、填空题..... (33)
- 二、选择题..... (33)
- 三、问答题..... (34)

第五章 机立窑喷火事故

- 一、填空题..... (40)
- 二、选择题..... (40)
- 三、问答题..... (41)

第六章 机立窑安全技术措施和安全管理

- 一、问答题..... (45)
- 二、填空题..... (49)

第一章 概 述

一、问答题

1、水泥机械化立窑具有哪些特点，在我国水泥生产中所处的地位如何？

(1) 建厂投资小，建设速度快。

(2) 省钢材，占地面积小。

(3) 热耗低，窑内传热效率高，散热损失小，(约为总耗热3%，而回转窑为总热耗15%)目前我国较先进的机械立窑热耗为770千卡/kg熟料左右故而节省燃料

(4) 窑内填充系数高，因而单位容积产量高。

(5) 能充分利用劣质煤，充分利用地方资源所处的地位：

由于机械立窑具有以上优点，适应了我国国土大，经济基础差，交通运输不发达的国情，所以在我国得到进一步巩固提高。1986年立窑生产水泥占全国水泥总产量的70%左右质量上熟料标号已达到525号以上，并能稳定地生产425号水泥，同时已经实现了用微机控制自动操作的立窑，所以机械化立窑在我国经济建设中发挥了较大作用并占有重要地位。

2、为什么要进行原燃料的预均化？

所谓预均化，就是使原料、燃料在入磨之前达到成分稳定，波动减小的工艺过程。随着水泥工业的发展，能提供的原料质量有普遍下降的趋势，这就要求有计划的选用品位较

低而成分波动较大的，但尚能用来生产水泥的劣质原料，劣质燃料为水泥工业扩大应用低品位原、燃料创造条件，由于原、燃料在入磨以前先行均化，就有可能简化出磨后的生料均化系统，从而简化了操作，降低成本并节省投资，预均化堆场可以在完全自动化的条件下进行操作，为进一步实现工厂自动化创造了前提。限于目前立窑水泥厂的技术水平，可以将预均化堆场的基本原理应用到一般的堆场，堆棚内，从而减少物料的成分波动。

3、生料均化的意义如何？生料均化有哪些具体措施？

生料均化是指通过均化措施使生料化学成分均匀稳定，从而稳定熟料的成分，稳定窑的热工制度，提高熟料产质量。为求得熟料质量稳定，要求生料碳酸钙滴定值波动值不能超过 $\pm 0.28\%$ ，这个波动值除了湿法生产厂容易达到外，一般干法厂只有原料简单，均匀且生料有空气搅拌和倒库配库装置比较完全的工厂才能达到，生料碳酸钙波动值 $\pm 0.5\%$ 与 $\pm 0.25\%$ 所生产的熟料标号要相差一个标号以上，所以生料均化实质上就是提高入窑碳酸钙合格率，生料均化较好，入窑碳酸钙滴定值合格率就高，窑的热工制度就稳定，熟料质量就好，由此可见生料均匀对熟料煅烧和质量稳定有重要意义。

生料均化具体措施是：

(1) 提供质量合格的原料并掌握原料成分的变化情况，及时调整配料

(2) 采用几何形状合理的磨头仓，保持仓内物料压力的稳定，减少入库物料粒轻，（最好小于15毫米）

(3) 选用运转可靠计量准确的配料设备。

(4) 采用多个生料库储存生料，搭配生料混合入窑，提高 (CaCO_3) 滴定值合格率

(5) 设立机械倒库或空气搅拌装置

4、熟料煅烧对配煤有哪些要求？配煤工艺满足熟料煅烧的措施有哪些？

熟料煅烧对配煤的要求是：

配煤是立窑水泥厂特有的一个工艺环节，它包括磨头配煤和在生料中的二次配煤，配煤在立窑生产中具有配热和配料的双重意义，从热工角度上说为了保证生料烧结成熟料，就必须在生料中配有足够的燃料，这时配煤就是配热量，从配料角度上说，由于燃料灰分全部成为熟料组分，影响熟料化学成分和矿物组成，也影响熟料质量，所以配煤也具有配料意义，为了保证生料在立窑煅烧过程中能够均匀地获得所需要热量，便熟料化学组成均齐一致，就必须使生料中燃料加入量在数量上有足够的准确性，在分布上有充分的均匀性。

配煤工艺满足熟料煅烧的措施有：

(1) 生料量和加煤量必须准确、稳定、波动范围尽可能小，当烧成煤全部由磨头加入时要控制各种物料的配比，生料流量波动控制在 $\pm 4\%$ 以内，煤流量波动在 $\pm 3\%$ 以内，生料、煤流量每小时测定 1 次。

(2) 当煤以外加形式与出磨生料配合时，一定要使配煤过程计量准确，所以要配置计量设备，而且该设备安全可靠，流程与结构简单

(3) 稳定物料流量，把螺旋输送机槽加高，做成积灰箱，来料多时依靠节流闸板将生料积存在箱体内，来料少时，从积煤箱里补充

(4) 要有抽查装置

只有做到这些才能使生料与煤配得准确，混合均匀，才能使立窑煅烧操作稳定。

5、生料成球有哪些主要工艺参数？它们对煅烧的影响有哪些？

生料成球主要工艺参数是：

为使料球之间孔隙率大，利于通风，为此生料成球时要求料球具有一定机械强度，具有一定气孔率，料球粒度大小要适当，水份要适当，热稳定性要好，否则将影响立窑产质量。

对煅烧的影响：

(1) 具有一定机械强度，料球在输送和入窑过程中要能经受机械磨损冲击，在窑内能承受物料的互相挤压而不破坏，否则料球强度低。在上层物料的重压下，碎裂成碎粉或碎球，堵塞窑内或球内空隙而增加通风阻力，所以要求料球机械强度：耐压强度—500克/个（ $\varnothing 10$ 毫米料球）冲击强度—从1米高度落下，不粉碎

(2) 具有一定气孔率。料球孔隙率太大，强度降低，孔隙率太小，球内水蒸汽及煤燃烧后生成CO或CO₂气体不易从料球内逸出，影响料球热稳定性，燃烧速度减慢。

(3) 料球粒度大小要适当，且要均匀，球径过大不易烧透，球径过小，球之间孔隙小，影响通风，料球粒度要均匀，否则小球填在大球之间，增加通风阻力，影响通风。

(4) 料球水份要适当，水份过大，球内气孔隙大，料球强度降低，易压扁，影响通风，水份过小、料子发散、不成料球，影响通风。

(5) 热稳定性要好, 料球热稳定性差, 加热过程中炸裂, 通风阻力增加。

料球只有具备以上五点, 才能使料球性能好和粒度合适, 使窑内气体阻力小, 因而通风良好, 高温带的温度可以提高, 而且由于煤的燃烧速度加快、上火快、缩短了料球煅烧时间, 同时, 也加快了熟料的冷却速度, 这些都有利于提高立窑产量和熟料质量。

6、试述熟料率值对煅烧的影响。

(1) 硅酸率: 表明熟料中生成硅酸盐矿物与熔剂矿物相对含量

在煅烧过程中, 硅酸率过高时说明熔剂矿物减少, 液相量少, 烧成温度就要提高, 使煅烧困难。硅酸率过低时硅酸盐矿物减少而影响水泥强度, 且由于液相量过多, 在立窑中易结大快, 结炉瘤等, 影响立窑的操作, 为此硅酸率一般范围为 $n=1.7\sim 2.7$ 之间。

(2) 铝氧率: 表示熔剂矿物中铝酸盐矿物与铁铝酸盐矿物相对含量。铝氧率的高低在一定程度上反映了煅烧过程中高温液相的粘度, P 值高的时(C_3A 含量高, C_4AF 含量少, 液相粘度增大, 不利于 C_2S 与 CaO 在液相里扩散而形成 C_3S 。此时底火比较结实、严整、有利于稳定底火, 但物料难烧。铝氧率过低, 虽粘度较小, 液相中质点易于扩散, 对 C_3S 形成有利, 但烧洁范围变狭窄, 窑内易结大快, 不利操作, P 值一般范围为 $P=0.9\sim 1.7$

(1) 石灰饱和系数, 表明二氧化硅被氧化钙饱和成硅酸三钙的程度, 熟料中 KH 高, C_3S 含量越多, 熟料质量好, 但 KH 过高, 烧成过程困难, 保温时间要求长, 窑的产量低,

热耗高，窑衬工作条件恶化，且使 $f-CaO$ 增多。 KH 值低， C_3S 含量少， C_2S 含量多。物料易烧，但强度太低，质量差。

7、熟料外观构造有哪几类？试根据各种不同的外观构造判断窑内煅烧情况？

从外观可将熟料分为四大类：即优质熟料，还原熟料，欠烧熟料、生烧熟料。

(1) 优质熟料，呈黑色致密块状和黑色葡萄串状。

黑色致密块状熟料，孔隙较小，煅烧时底火较深，配煤准确，通风良好。

黑色葡萄串状：熟料球粒相互粘结在一起，并保持每个料球外形，这种熟料煅烧时配煤适当，底火较浅，温度较高，通风良好。

(2) 还原熟料

棕色致密块状：这种熟料煅烧时加煤过多，煤粒粗，通风不良，底火太深，在窑内中度还原气氛下烧成的。

白色块状：是还原气氛很浓情况下烧成的，通风不良，底火太深。

(3) 欠烧熟料

通风过盛，底火薄而浅，高温煅烧时间短，煅烧温度低

(4) 生烧料

通风过盛，配煤量不够，或者煅烧时出现风洞、垮边、塌窑。

二、填空：

1、生产水泥的原料主要有三种(1)_____其主要成分是_____它是水泥熟料中_____的主要来源，(2)_____原料，它主要供给熟料中_____、_____，当生

料中_____不足时,可以采用。(3)_____原料,

2、熟料中主要矿物有_____等四种其中_____称为_____后两种称为_____矿物,在这四种矿物中28天强度值顺序为_____水化热大小顺序为_____。

3、水泥熟料中f—CaO存在的三种形式是:_____,_____,_____ f—CaO存在,对熟料质量有影响,故水泥企业质量管理规程规定_____。

4、水泥熟料中四种主要氧化物是_____还有少量有害化合物,它们是_____。

(5)硅酸率表示_____,其计算公式为_____ n 值高时,_____减少,液相量_____反之,液相量_____立窑中易_____,故机械化立窑 $n =$ _____。

6、铝氧率表示_____公式为_____ P 提高时,液相粘度_____底火_____, P 值范围为_____。

7、石灰饱和系数高时 C_3S 含量_____, C_2S 含量_____ 计算公式为 $KH =$ _____, $KH =$ _____。

8、煤和生料配合要_____,_____,入窑生料配煤量不足,使煅烧温度_____,引起_____,_____严重影响_____.煤的计量设备,目前机立窑用的多的是_____。

9、生料球必须要有以下五种性能才能适合立窑煅烧

10、立窑熟料外观质量主要分为_____。

_____五种，其中生烧料是由于_____产生的。

三、选择题

1、机械化立窑采用生产方法是()

(1)干法 (2)湿法 (3)半干法

2、生料经过粉磨出磨机后应()

(1)入窑 (2)入贮存库 (3)入成球机

3、国家标准规定：硅酸盐水泥熟料中氧化镁含量不得超过()

(1)3.5% (2)5% (3)6%

4、一般来说增加熟料中氧化钙含量， C_3S 含量增加，这种料子()

(1)难烧 (2)易烧 (3)中等

5、已知熟料中 $Al_2O_3=5.42$ 。 $Fe_2O_3=2.80$ 这种配料方案是()

(1)高铁 (2)高铝 (3)低铁

(4)低铝。

6、当熟料中石灰饱和系数为()时熟料耐压强度较低。

(1)0.89 (2)0.80 (3)0.70

7、当熟料中 $f-CaO$ 为()时水泥安定性不良

(1)1.2% (2)2.0% (3)4.0%

8、要使生料易于成球有利于机立窑煅烧在选择粘土时要注意选择含粘粒较多的()

(1)高岭土 (2)水云母。 (3)伊利石

(4) 蒙脱石。

9、入窑无烟煤粒度要求为()

(1) $< 25\text{m/m}$ (2) $< 10\text{m/m}$

(3) $< 5\text{m/m}$

10、优质熟料是在下列情况下形成()

(1) 通风过盛 (2) 通风不良

(3) 通风良好。

答 案

一、填空：

1、(1) 石灰石质原料。(2) Ca_2O_3 (3) CaO
(4) 粘土质 (5) SiO_2 Al_2O_3 (6) Fe_2O_3
(7) 铁质校正

2、(1)、 C_3S (2)、 C_2S (3) C_3A
(4) C_4AF (5) C_3S 和 C_2S (6) 硅酸盐
矿物 (7) 熔剂矿物 (8) $\text{C}_3\text{S} > \text{C}_4\text{AF} > \text{C}_3\text{A} > \text{C}_2\text{S}$
(9) $\text{C}_3\text{A} > \text{C}_3\text{S} > \text{C}_4\text{AF} > \text{C}_2\text{S}$ 。

3、(1) 死烧状态 (2) C_3S 分解 (3) 欠烧f- CaO
(4) 机立窑水泥熟料中f- CaO 不得超过3.0%

4、(1) CaO (2) SiO_2 (3) Fe_2O_3
(4) Al_2O_3 (5) MgO 、 SO_3

5、(1) 熟料中生成的硅酸盐矿物与熔剂矿物的相对含量

$$(2) \quad n = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

(3) 熔剂矿物减少 (4) 减少 (5) 增多

(6) 结大块、炼窑 (7) 1.7~2.7

6 (1) 熔剂矿物中 C_3A 与 C_4AF 相对含量

$$(2) P = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

(3) 大 (4) 结实严整、不易破裂和产生风洞、火等现象 (5) $0.9 \sim 1.7$

7、(1) 大 (2) 小

$$(3) KH = \frac{CaO - 1.65Al_2O_3 - 0.35Fe_2O_3}{2.8SiO_2}$$

$$(4) KH = \frac{CaO - 1.65Al_2O_3 - 0.35Fe_2O_3 - f-CaO}{2.8SiO_2}$$

8、(1) 准确 (2) 均匀 (3) 降低

(4) 生烧 (5) 欠烧 (6) 出现大量黄球、黄粉 (7) 影响熟料成品率及质量 (8) 园盘喂料机

9、(1) 具有一定机械强度 (2) 具有一定气孔率

(3) 料球粒度大小要适当 (4) 水份要适当

(5) 热稳定性好。

10、(1) 优质熟料 (2) 还原熟料 (3) 欠烧熟料 (4) 生烧料 (5) 配煤量少，通风过盛时形成

二、选择题；

1、(3) 8、(1) (2) (3)

2、(2) 9、(3)

3、(2) 10、(3)

4、(1)

5、(2) (3)

6、(3)

7、(3)

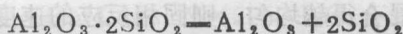
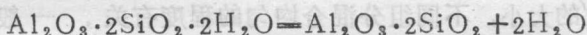
第二章 机立窑烧制水泥熟料的原理

一. 问答题:

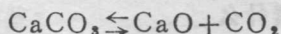
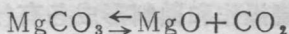
1. 水泥生料在煅烧过程中发生那些物理化学变化?

水泥生料在煅烧过程中主要发生了以下物理化学变化:

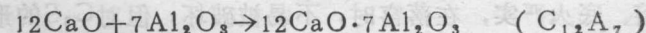
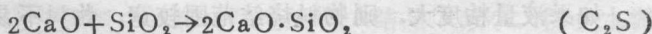
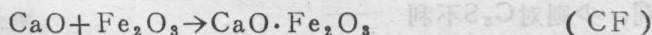
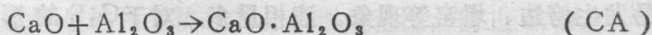
①粘土的干燥脱水与分解。干燥即物料中自由水的蒸发。脱水则是矿物分解放出化合水。以粘土矿物中的高岭石为例,其脱水及分解反应如下:



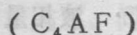
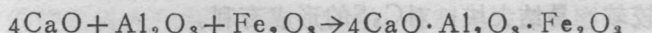
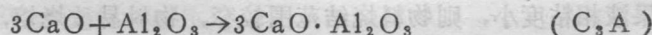
②碳酸盐的分解。生料中的碳酸钙与碳酸镁在煅烧过程中分解,放出二氧化碳,其反应式如下:



③固相反应,石灰质与粘土质组分间,通过质点的相互扩散,进行固相反应,其过程大致如下:



C_2AS 形成后又分解:



④熟料的烧结（烧成），反应式为 $C_2S + CaO \rightarrow C_3S$
液相

⑤熟料的冷却，

当冷却速度较慢时，会发生 C_2S 的晶型转变，使熟料粉化，降低熟料活性。

2. 什叫么固相反应，影响固相反速度的因素有那些？

狭义的固相反应是指纯粹固体物质之间，通过质点的扩散而进行的化学反应。广义的固相反应系指凡有固相（固体物质）参加的反应称皆为固相反应。影响固相反应的因素，除了和液相反应相似的温度、压力、浓度等因素外，还与反应组分颗粒的大小，不同组分混合均匀的程度有关，一般地讲，各组分颗粒越细，混合得越均匀，则固相反应的速度就越快。此外，还与固相的物理性质，内部质点的结构有关，是晶体状态的物质比是无定型状态的物质难于参加固相反应，

3. 煅烧过程中，液相对于煅烧操作和熟料形成各有什么影响？影响液相粘度和数量的因素什么

煅烧过程中，如果液相量过多，则易结大块、炼边、结瘤；如果液相量过少，则料子发散，不易形成完整的底火，易发生垮边、塌窑等现象。液相量多，对于 C_3S 的形成有利，少则对 C_3S 不利

如果液量粘度大，则物料烧结范围较宽，物料不易被烧熔，底火严实，在落窑时，不易被破坏；但对 C_3S 的形成不利，这种熟料一般含 Al_2O_3 较高，熟料早期强度高。如果液相粘度小，则物料烧结范围较窄，物料易被烧熔，底火较软，易结大块；对 C_3S 的形成有利。

液相量的多少与生料成分，烧成温度有关，生料组分较

多，则在同样温度下形成的液相量比组分较少时多，温度高时形成的液相量也多。

液相粘度与生料中 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 的含量有关， Al_2O_3 含量高的生料则粘度大， Fe_2O_3 的含量高则液相粘度小，温度高液相粘度小，反之则粘度大。

4. 某厂熟料主要氧化物含量如下： CaO 、65 %； SiO_2 、22 %； Al_2O_3 、5 %； Fe_2O_3 、4 %，求物料在 1400°C 时的液相量？如果温度提高到 1450°C ，固相量为多少？

$$\begin{aligned} 1400^\circ\text{C时} \quad W &= 2.95\text{Al}_2\text{O}_3 + 2.2\text{Fe}_2\text{O}_3 + R \\ &= 2.95 \times 5 + 2.2 \times 4 \\ &= 23.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1450^\circ\text{C时} \quad W &= 3.0\text{Al}_2\text{O}_3 + 2.25\text{Fe}_2\text{O}_3 + R \\ &= 3.0 \times 5 + 2.2 \times 4 \\ &= 24 \end{aligned}$$

5. 熟料快速冷却有什么好处？在煅烧中，快冷的主要措施有那些？

熟料的快速冷却有如下好处：

①能防止 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 转化成 $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ ，从而防止熟料粉化

②能使熟料很快越其分解温度范围，防止或减少 C_3S 的分解。

③使熟料中具有快凝性的 C_3A 结晶体减小，防止水泥快凝。

④能防止或减少 MgO 生成方镁石从而减少 MgO 对水泥石的安定性的破坏作用。

⑤使熟料内产生较大的内应力，有利于提高易磨性。

在煅烧过程中，应保证风机有足够的风量和风压，同时

要减少和均匀窑内通风阻力。另外要保证立窑有一个合适的高径比，过短的窑身，也会造成冷却不够的缺点。

6. 立窑烧熟料时通常划分为几带？各带的高度是否固定不变，为什么？各带的传热以那种方式为主？

立窑在高度方向上大致可划分为三个带，既预热带、烧成带、冷却带，各带的高度不是固定不变的，当卸料速度快，上火速度慢时，冷却带就缩短，烧成带位置下移，预热带增厚，反之亦然。

立窑预热带的传热以对流、传导两种方式为主。烧成带的传热以对流、传导为主，兼有少量辐射，冷却带的传热以对流、传导为主。

7. 掺加复合矿化剂后，对熟料的形成有那些作用？

掺加复合矿化剂后，①能加速碳酸钙的分解，破坏 SiO_2 的晶体结构，从而加速固相反应。

②降低烧成温度，掺入复合矿化剂后，硅酸盐水泥熟料可以在 $1300-1350^\circ\text{C}$ 的较低温度下烧成，阿利特含量高且发育良好，还形成 $\text{C}_4\text{A}_3\text{S}$ 和 $\text{C}_{11}\text{A}_7\cdot\text{CaF}_2$ 两种早强矿物，因而熟料强度较高。③如果煅烧温度超过 1400°C ，就等于延长了物料在高温层的反应时间，此时，虽然早强矿物会分解，但形成的阿利特数量多，且晶体发育良好，也同样可以获得高质量水泥熟料，其强度可能还高于低温煅烧的熟料。④复合矿化剂能降低液相出现温度，降低液相粘度，有促进 C_2S 吸收 $f\text{-CaO}$ 的作用，因而使熟料中 $f\text{-CaO}$ 下降。

8. 有一台 $42\times 8\text{M}$ 机立窑产量5 /吨时，要求物料在高温带停留25分钟，求底火厚度？

物料平均向下运动速度 $w = \frac{G}{0.785 D^2 \rho}$

$$8 = \frac{5}{0.785 \times 2^2 \times 1.3}$$

$$= 1.22 \text{ (米/时)}$$

底火应控制的厚度 $H = W \cdot T = 1.22 \times 25 / 60 = 0.51 \text{ (米)}$

9. 立窑窑口为什么要扩大成喇叭口？窑口扩大 以多少为易？

料球在煅烧过程中，由于水分的蒸发，碳的燃烧， CO_2 的逸出，体积会发生收缩，在烧结时，料球之间的空隙也会缩小，这样就引起物料的整体收缩。这样一来，物料与窑壁之间就会形成一环形缝隙而使边风过剩，为了缓和这一现象，将窑上口做成扩大的喇叭口，使料球的收缩基本上与喇叭口的锥角和高度相适应（此与料球性能、煅烧速度有关）从而改善窑中部的通风，使底火形状由深锅底形变为浅碟形。窑口扩大角的选择应根据本厂物料线收缩率的大小，煅烧速度的快慢而定，目前我国机立窑扩大角一般在 $17^\circ \sim 21^\circ$ ，欧州一般为 $7^\circ \sim 8^\circ$ ，本教材认为以 $15^\circ \sim 19^\circ$ 较为适宜。

10. 立窑中那一带调风阻力最大？在横断面上什么地方阻力最大？

如何改善立窑料层的透气性及横断面上通风的不均匀性？

立窑中预热带通风阻力最大，要改善预热带的透气性，一是要采用浅暗火操作，减薄湿料层厚度，二是要改善料球性能，成球水分不能太大，粒度要均匀，直径在 10mm 左右，无大泥团和细粉粒，料球强度及热稳定性良好，这样，不至于出现加料时摔碎料球及料球爆裂现象，三是改进操作方