

套筒石灰窑不同矿区石灰石煅烧热耗温度分析

曹镇声

中国石化长城能源化工(宁夏)有限公司 宁夏 银川 751400

摘要: 本文论述所涉及套筒石灰窑装置地处我国西北宁夏,其原料石灰石为就近矿区所产,大致分甘肃矿区和内蒙矿区,但由于石灰石所处矿区地质结构不一样,按照同样的控制指标煅烧出的石灰质量不稳定、生过烧存在差异,严重影响下游密闭电石炉的正常生产,为能够安全、稳定、长周期、满负荷的煅烧出生过烧合格的高活性度石灰,针对不同矿区的石灰石按照不同的工艺条件能够生产出同样品质的石灰,对关键因素煅烧控制热耗和循环温度进行生产统计分析,得出煅烧甘肃矿区和内蒙矿区石灰石的关键指标控制范围。

关键词: 套筒石灰窑; 循环温度; 热耗; 石灰石;

随着我国工业电石炉的不断扩产,尤其是西北地区近几年增长迅猛,为密闭电石炉提供重要原料的石灰窑也是以各种形式进行生产石灰,而我公司现有四台600t/d的套筒石灰窑,其原料石灰石主要为周边内蒙乌海和甘肃永登供应,因运距优势,极大的节约了运输成本。但由于两个地区地质构造时代不一样,质量指标相当的石灰石但物理性质不同,主要表现在结晶度和硬度,造成套筒石灰窑在同样的工艺指标控制下,煅烧出的石灰质量不均、生过烧不稳定,严重影响下游电石炉的正常稳定生产。为煅烧出生过烧合格且其余指标稳定的高活性度石灰,给下游密闭电石炉稳定提供合格优质的石灰,特针对内蒙矿区、甘肃矿区石灰石进行煅烧,将关键指标如热耗、循环温度控制进行生产和总结,以便更好高效的指导生产煅烧石灰窑装置产出质量合格稳定的生石灰。

1 套筒石灰窑煅烧工艺流程

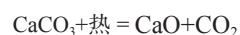
本装置套筒石灰窑利用净化降温后的电石炉尾气通过燃烧,为石灰石分解提供足够的热量。电石炉尾气通过加压风机由3kPa左右增至15kPa左右,利用煤气管道输送至套筒石灰窑燃气支管,石灰窑设有上、下两层各七个燃烧室,错开布置,并通过用耐火材料砌筑的拱桥与内套筒相联。煅烧所用的热量由燃气支管连接烧嘴燃烧提供,燃气给入量与热值、热耗、产量自控调节,燃料经烧嘴喷射进入上、下燃烧室,燃烧产生的高温气体通过拱桥下部耐火砖砌成的空间进入石灰石料层。由于上燃烧室提供的助燃空气量低,在上燃烧室的中部逆流煅烧带的为不完全燃烧,不完全燃烧的烟气中含有一定燃料,在废气引风机负压的作用下,烟气进入上部逆流煅烧带,与下方上来的过剩空气相遇,继续进行完全燃烧,由于在这两煅烧带中^[1],燃烧气流方向与物料的运行

方向相反,所以称为逆流煅烧带,在逆流煅烧带中,石灰石仅部分煅烧,而此时石灰石刚刚开始分解,需要大量吸收热量继续进行分解,在此出现一个影响石灰石煅烧的关键参考指标——循环气体温度,还有另外一个关键工艺控制指标——热耗。循环气体温度的高低是石灰生过烧的最直观的反应参考指标,所以通过控制热耗,调节燃气给入量,产量调节为辅,调整循环气体温度,达到提前预判石灰石煅烧的效果。

2 套筒石灰窑煅烧机理

石灰石在高温下分解成 CO_2 、 CaO 或 MgO 。不同煅烧温度生产出活性石灰和死烧石灰。

碳酸钙的分解反应是一个吸热反应:



理论状态下,石灰石分解反应是从810℃开始,加热至900℃完全分解完成。煅烧好1kg的石灰需要的热量为3180KJ。

在升温过程中,石灰石需要经过物理、化学和机械等几个阶段的变化,石灰石的分解反应由外皮向石灰石中心发展,其性能也由表面向内延伸发展,在套筒石灰窑煅烧石灰石过程中,以下五个阶段的变化最为明显。

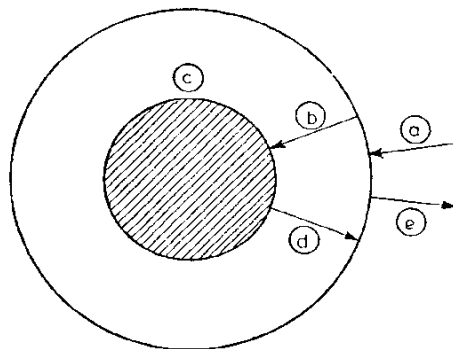


图1 石灰石煅烧过程原理

步骤a: 热量通过热量传导和热量辐射向石灰石表面输送。

步骤b: 热量从已经煅烧过的石灰间隙通过。

步骤c: 在石灰石与石灰过渡面持续吸收热量, 热量并向物料中间辐射。

步骤d: 二氧化碳从物料中心向外逃逸。

步骤e: 二氧化碳从物料表面向空间内释放。

步骤b、c和d主要由石灰石性能决定, 石灰石结晶度高、硬度高, 这三个步骤将导致步骤a和e由石灰窑加热过程决定。

石灰石煅烧过程的速度是由石灰石的密度的大小和颗粒的大小决定

3 相同工况下分矿区原料煅烧

将内蒙矿区石灰石和甘肃矿区石灰石分别储存在不同的原料库, 分别累计存放约6000吨, 质量指标必须满足控制指标要求且两个矿区的石灰石关键指标相当方可入库, 利用窑况相同的1#石灰窑和2#石灰窑分别同时段进行煅烧, 在煅烧过程中由专人全过程监控DCS数据、化验数据的真实性和准确性, 同时采集循环气体温度和热耗数据情况, 其次统计在煅烧期间产生的其他数据, 以便最后总结分析。

4 石灰石质量指标检验分析统计

对入厂石灰石进行逐车采样、制样、化验、分析, 内蒙矿区石灰石共计采样189批次, 甘肃矿区石灰石共计采样186批次, 对石灰石主要成分碳酸钙 (CaCO₃)、氧化镁 (MgO)、二氧化硅 (SiO₂) 按照国标要求进行检验分析, 内蒙矿区和甘肃矿区石灰石质量指标分析平均结果如表1所示:

表1 内蒙矿区和甘肃矿区石灰石质量指标平均数

矿区	CaCO ₃ , %	MgO, %	SiO ₂ , %
内蒙	96.13	0.43	0.96
甘肃	96.52	0.36	0.89

5 石灰石外观粒度分析统计

石灰石煅烧的速度和煅烧程度取决于石灰的粒度与石灰石表面所接触的温度。但在一定温度下, 粒度越大, 煅烧速度越慢, 且会出现夹生现象, 这里由于石灰石的导热系数小于石灰煅烧的系数, 石灰层的厚度逐渐增加, 热量越难进入石块内部, 煅烧速度也会变慢, 所以大块石灰石往往存在夹心, 生烧石灰首先就是这个原因。石灰石粒度过小, 不但会使石灰窑窑内气流不畅, 导致蓬料的发生, 还会造成热量聚集导致石灰石烧化粘结在石灰窑内壁形成结瘤, 同时还造成产品石灰粉率

升高。

石灰石粒度要求为50mm-80mm, 同时要求粒度超出该范围的石灰石占比不能大于5%, 在石灰石入窑前进行筛分, 石灰石粒度分布如表2所示:

表2 内蒙矿区和甘肃矿区石灰石粒度分布

矿区	< 50mm	50mm-80mm	> 80mm
内蒙	3.6%	95.3	1.1%
甘肃	2.2%	96.1	1.7%

6 煅烧石灰质量检测分析统计

1#石灰窑在本生产阶段全部投入内蒙矿区石灰石, 2#石灰窑在本生产阶段全部投入甘肃矿区石灰石, 由技术水平过硬的中控工和外操相互配合, 通过观察石灰窑出灰装置产出生石灰外观质量和物料流动情况, 及时调节燃气给入量来确保石灰外观不出现明显的生烧和过烧现象。期间两台石灰窑分别煅烧出14批石灰, 石灰的CaO含量、活性度、生过烧基本一致, 平均值均在控制指标范围内。氧化钙 (CaO)、氧化镁 (MgO)、活性度、生烧和过烧含量均标准进行检测分析^[2]。

质量检测数据统计如表3、表4所示:

表3 内蒙矿区石灰石煅烧的石灰质量

项目	CaO, %	MgO, %	活性度mL (10min)	生烧, %	过烧, %
控制指标	≥ 90%	≤ 2.5%	≥ 350	≤ 5%	≤ 5%
最大值	91.49	2.13	354	4.9	0.3
最小值	92.94	1.19	398	0.2	0.0
平均值	91.44	1.64	372	1.58	0.10

表4 甘肃矿区石灰石煅烧的石灰质量

项目	CaO, %	MgO, %	活性度mL (10min)	生烧, %	过烧, %
控制指标	≥ 90%	≤ 2.5%	≥ 350	≤ 5%	≤ 5%
最大值	93.11	2.38	362	4.7	0.2
最小值	90.50	1.46	398	0.1	0.0
平均值	91.41	1.86	375	1.15	0.14

7 煅烧石灰热耗及循环温度分析统计

期间石灰窑实际运行数据进行统计分析, 煅烧内蒙矿区石灰石所需热耗平均在728.5kcal/kg, 煅烧甘肃矿区石灰石所需热耗平均737.46kcal/kg, 煅烧内蒙矿区石灰石较煅烧甘肃矿区石灰石所需热量低9kcal/kg。煅烧内蒙矿区石灰石循环气体温度平均控制在824℃, 煅烧甘肃矿区石灰石循环气体温度平均控制在843℃。本生产阶段对内蒙矿区石灰石和甘肃矿区石灰石煅烧对比, 内蒙矿区石灰石易于煅烧, 且循环气体温度保持比较平稳, 易于控制, 温度相对较低。

煅烧石灰热耗及循环温度如表5、表6所示:

表5 内蒙矿区石灰石煅烧石灰所需热耗和循环温度

序号	煤气消耗量 Nm ³	热耗 (kcal/kg)	循环气体温度 (℃)
最大值	110311	788.28	829
最小值	83413	663.00	813
平均值	92051	728.50	824

表6 甘肃矿区石灰石煅烧石灰所需热耗和循环温度

序号	煤气消耗量 Nm ³	热耗 (kcal/kg)	循环气体温度 (℃)
最大值	103385	763.13	849
最小值	87156	699.52	824
平均值	92969	737.46	835

8 煅烧石灰破损统计分析

通过在石灰窑的出料皮带上取样筛分对比,内蒙的石灰破损率为3.69%,甘肃石灰的破损率平均为3.17%。甘肃石灰石烧成的石灰颜色洁白,质地坚硬,但经转运破损后大部分变成较小的颗粒与粉末,产生的粉末比内蒙石灰石煅烧的石灰要多,说明甘肃矿区煅烧出的石灰更容易碎^[3]。煅烧石灰破损检测如表7、表8所示:

表7 内蒙矿区石灰石煅烧的石灰破损率

筛前(kg)	筛后(kg)	筛下物(kg)	破损率	破损率平均值
20.045	19.385	0.66	3.29%	2.69%
20.19	19.745	0.445	2.20%	
20.185	19.665	0.52	2.58%	

表8 甘肃矿区石灰石煅烧的石灰破损率

筛前(kg)	筛后(kg)	筛下物(kg)	破损率	破损率平均值
20.125	19.3	0.825	4.10%	3.17%
20.215	19.645	0.57	2.82%	
20.15	19.63	0.52	2.58%	

9 结束语

通过本阶段煅烧石灰质量比对,以调节热耗等关键指标,参考循环气体温度,内蒙矿区和甘肃矿区的石灰石均煅烧出了合格的高活性度石灰。就本装置本批石灰石而言,内蒙矿区石灰石煅烧较甘肃矿区石灰石煅烧消耗的热量少,循环气温度易于控制且相对稳定,其次循环气体温度作为石灰质量煅烧是否彻底的重要参考指标,内蒙矿区较甘肃矿区石灰石煅烧的控制较低,约为10℃。甘肃石灰石烧成的石灰颜色洁白,质地坚硬,但经转运破损后大部分变成较小的颗粒与粉末,产生的粉末比内蒙石灰石煅烧的石灰要多。从下游装置电石炉使用情况来看,甘肃石灰石煅烧出的生石灰易造成密闭电石炉料面透气性相对不好,给电石炉正常稳定生产带来不利因素。

参考文献

- [1]马小刚,范永霞.环形套筒石灰窑在电石炉尾气煅烧石灰工艺中的应用[J].工业炉,2012,34(1):14-17.
- [2]初建民,高士林.冶金生产石灰技术手册[M].冶金工业出版社,2009(1版):1-2
- [3]韩泰伦,最新石灰生产工艺技术管理及防污染措施操作实务全书[M].吉林电子出版社,2004(1版):345-348.