

富氧空气助燃煤矸石 生产水泥技术经济分析

上海焦化厂设计院 计虎掌
(200241)

摘要 本文对富氧空气助燃的优点进行了初步叙述。提出采用煤矸石代替全部燃料煤生产水泥;使用富氧空气助燃煤矸石,保证燃烧过程稳定,增加热力强度。对富氧空气助燃煤矸石生产水泥工艺进行了简要技术经济分析。结论认为,富氧空气助燃低热值在 1500—2000KCal/kg 以上,用煤矸石生产水泥是完全可行的。生产水泥成本有所下降。虽然,空分制氧装置一次投资较大,综合利用其氮气、氩气等副产品,可在较短的时间内回收其一次投资。

关键词 富氧助燃 煤矸石 生产水泥 经济性

1 前言

众所周知,煤矸石含碳量很低,采用空气助燃,烟气温度低,燃烧过程极不稳定;甚至无法燃烧。因而,影响到煤矸石的大量使用,使得煤矿上“煤矸石为患”。在我国,每年增加煤矸石量估计达 1 亿吨以上。既占据不少堆放场地,影响环境,造成污染,又致使大量能源与资源浪费。

采用煤矸石生产水泥,既利用煤矸石含碳量,提供水泥生产过程需要的热能量,又使煤矸石中的渣石成分(主要是 SiO_2 等)转入水泥之中,代替粘土,成为水泥的有效成分。而且,使水泥质量有所提高,是一举多得的大好事。然而,要利用煤矸石代替全部燃料煤生产水泥,由于大部分煤矸石热值很低(一般为 1000—1500KCal/kg),采用空气助燃,显然不能达到水泥熟料烧成要求。

在工业上,采用富氧空气助燃,增加燃烧过程热力强度,提高热效率;特别是可以燃烧低热值燃料。这一新型燃烧工艺,已经愈来愈受到人们的重视和运用。对工业窑炉,采用富氧空气助燃的主要优点有:

(1)提高工业窑炉熔化区的火焰温度。

(2)加快燃烧速度,促使燃烧完全。

(3)增加燃烧过程温度和热力强度,增强窑炉内料面的热传导,提高燃烧过程热效率。

(4)减少燃烧排出烟气与热能量损失,增加热能利用率,并延长窑炉寿命。

(5)降低烟气中空气过剩系数,达到节能目的。

(6)可以燃烧低热值燃料,如可燃废气、废液及低热值固体燃料等。

采用富氧空气助燃煤矸石生产水泥,根据煤矸石含碳量,选择合适的富氧空气浓度,既能保证燃烧过程稳定,不熄火;又能达到水泥生产过程需要的热力强度,是解决大量煤矸石出路的极好途径。然而,采用富氧空气助燃,需要安装有富氧空气装置或者纯氧空气分离设备。设备一次投资与正常运行能耗均较大,会使水泥生产成本增加,影响到这一工艺的推广使用。本文笔者试对采用富氧空气助燃煤矸石生产水泥进行简要的技术经济分析。

2 富氧助燃煤矸石生产水泥技术经济分析

2.1 煤矸石最低热值及用量分析

使用低热值煤矸石代替生产水泥用燃料

煤与粘土。煤矸石最低热值及用量必须符合生料煅烧用热耗与熟料组分比例二者要求。一般地,低热值煤矸石与石灰石烧失量均大约在 40% 上下,转入熟料成分为 50% 左右。欲得到熟料中 $\text{CaO}:\text{SiO}_2$ 之比为 (2—3):1, 根据煤矸石含 SiO_2 量不同,需用煤矸石量大约为:0.3—0.6kg/kg 熟料,石灰石大约为:1.1—1.4kg/kg 熟料。使用含钙量大的煤矸石生产水泥较好,煤矸石中石渣成分,不但代替全部原料粘土,而且代替部分原料石灰石;带入窑内碳量多,发热量大。单位熟料生产需热量,根据水泥窑容量大小与型式不同,采用空气助燃时,大约在 800—1100KCal/kg 熟料上下。又按煤矸石用量为:0.3—0.6kg/kg 熟料计算,得到需用煤矸石最低热值应在 1800—2000KCal/kg 左右。由此可见,不少煤矸石能作为富氧助燃生产水泥用燃料。再之,由于使用富氧空气助燃,生产单位熟料排出烟气体量为减少,排烟带出热能量相应减少。仅此一项,可节省水泥熟料生产用热能量 10—15% 左右。这样,用最低热值为 1500—2000KCal/kg 的煤矸石(约占总煤矸石量的三分之一左右),富氧助燃生产水泥是可行的。又随煤矸石含钙量增加,配比可增加,对最低热值限量放宽。

2.2 助燃用富氧空气量及含氧量分析

水泥窑由烧煤改烧煤矸石。由于煤矸石含石量很大,渣石熔化需热量增加。采用空气助燃,达不到合适煅烧温度(如 1300—1350℃),致使燃烧过程极不稳定,甚至无法燃烧。为此,只有改用富氧空气助燃。在助燃用富氧空气量与原来用助燃空气量相等条件下,提高空气中氧含量,保证燃烧过程温度及总烟气体量基本不变;入窑生料量变动不大。此时的生料成分主要是石灰石等组分,而不包括粘土组分。因为,需要的粘土成分已随燃料煤矸石一起进入窑中了。由此使水泥窑熟料生产率增加约 20—30%。在上述条件下,需用富氧空气的氧浓度约为 25—27% 左右。如果将部分煤矸石与石灰石等一起磨

粉,以黑料方式进入水泥窑中。虽然,水泥窑生产率增加幅度减小,保证富氧空气与原来助燃空气量相同,富氧空气含氧量还可以适当降低。

2.3 简要技术经济分析

(1)如上所述,使用富氧空气助燃煤矸石生产水泥,在原有水泥窑直径不变的前提下,增加空气中氧含量,改烧煤为烧煤矸石,水泥窑生产率增加。水泥窑需要改造:a,煤粉烧嘴,以适应由煤以煤矸石后,燃料流量大幅度增加;b,窑的容积及下料口,以适应物料量增加,对于水泥生产系统来讲,改造量相对并不大,改造投资不多。

(2)利用原有生料磨机磨煤矸石,完全可以,还能增加生料磨产量。或再增设较少磨机即可满足煤矸石粉磨的需要。

(3)使用煤矸石代替粘土。假如将煤矸石费用与粘土费用相抵不计,节约全部燃料煤费用约在 40—50 元/吨熟料左右。如再使用高硫煤矸石,还能起矿化作用与节省部分或者全部石膏等配料与费用。

(4)富氧助燃煤矸石生产水泥成本增加,主要为富氧空气或者氧气成本。如前所述,使用富氧空气含氧浓度为 25—27% 时,需要分离纯氧量约占富氧空气中总氧量的 1/4 或稍多。要求分离总空气量的 30% 左右为纯氧与另外 70% 空气混合,即可得到含氧浓度为 25—27% 的富氧空气。

按照单位熟料生产需要低热值(1500—2000KCal/kg)煤矸石量 0.3—0.6kg/kg 熟料计算,再考虑到漏风及过剩空气系数,需用氧气量约为 0.3—0.6Nm³/kg 熟料。将原有 Ø2m 水泥窑改造成为富氧助燃煤矸石水泥窑,熟料产量可由原来约 4t/h 增加到 5t/h,每年生产水泥量约 4 万吨。需用富氧空气总含氧量约为 1000—1500Nm³/h。分离其中 30% 空气,要求深冷分离生产纯氧量为 300—450Nm³/h。按低压氧气成本为 0.4 元人民币/Nm³ 计算,增加水泥成本 24—36 元/吨熟料。与节省燃料煤费用相减,每吨熟料

可节省成本 10—15 元左右。300—450Nm³/hO₂ 空分装置设备一次投资, 目前约需 300—400 万元。比新上 1t/h 能力水泥窑设备一次投资还要多。但是, 空分装置副产氮气及氩气等产品, 其销售收入可以在短时期内回收空分装置一次投资。不生产纯氧产品时, 适当降低氧气纯度, 还能降低单位氧气成本。

将原有 O4m 水泥窑改造成富氧助燃煤矸石水泥窑, 熟料热耗降低到 600 ~ 800KCal/kg 熟料以下, 需用氧气量约为 0.17~0.2Nm³/kg 熟料。生产熟料量由原约 38t/h 上升到 48t/h, 增产 10t/h, 每年增产水泥量 8 万吨以上, 需用总氧气量约为 8200—10000Nm³/h, 深冷分离 30%, 取空分装置规模为 2500 ~ 3000Nm³/h。按低压氧气成本为 0.35 元/Nm³ 计, 增加水泥成本约为 22 元/kg 熟料。即采用富氧助燃煤矸石水泥成本比燃煤时下降 20 元/吨左右。虽然需用深冷空分装置一次投资约需 2000 万元人民币, 但增产水泥与空分装置副产氮、氩气等产品收入完全可以在短时期内回收投资。

3 采用富氧助燃煤矸石生产水泥的发展前景

(1) 国内外, 采用煤矸石生产水泥工艺已有成功经验, 生产水泥质量有所提高。基本上可以代替全部粘土配料, 经济效益很好。采用低热值煤矸石生产水泥, 从水泥生产工艺来看, 仅需局部改造水泥窑, 困难不大。关键技术是, 采用富氧空气保证煤矸石燃烧过程的热力强度与原来燃烧过程的热力强度一致。

(2) 生产氧气或富氧空气的空分工艺, 深冷法, 能够大规模生产同时获得纯产品或者高纯产品的氧、氮、氩。但是, 装置一次投资很大, 正常运行能耗费用也较高; 副产氮、氩气等产品出售, 综合计算可以降低氧气与水泥成本。深冷空分装置一次投资很大, 对于中、小型水泥厂可以采用变压吸附法或者半透膜法等富氧装置, 节省一次投资与生产运

行成本。

(3) 变压吸附法与半透膜法富氧装置, 近几年来发展很快。设备一次投资及生产成本在不断下降。采用合适的变压吸附装置或者真空纤维膜分离装置, 生产富氧空气用于煤矸石水泥工艺, 也是完全可行的。随着单位氧气成本下降, 水泥成本相应下降。也许在不久的将来, 采用变压吸附制富氧助燃煤矸石生产水泥的工业装置就会出现。

(4) 大规模地采用富氧空气助燃煤矸石生产水泥, 节省大量优质煤。由于生产熟料热耗降低, 需用富氧量减少, 生产水泥成本随之下降。虽然, 空分装置一次投资较大。但是, 增产水泥量很大。而且, 对空分副产氮、氩气利用, 如矿区氮气灭火、安全保护等, 可以尽快回收空分投资。再之, 煤矸石废物利用, 减少堆场, 保护环境。综合经济效益与社会效益也是十分可观的。

(5) 前文述及, 采用最低热值为 1500 ~ 2000KCal/kg 煤矸石, 富氧空气助燃生产水泥, 在技术经济分析上是可行的。对于绝大部分低热值 1000 ~ 1500KCal/kg 煤矸石利用方式可有以下几种方法:

① 混配部分燃料煤磨粉, 达到水泥窑需用燃料热能量。

② 在大型的新型干法窑外分解窑上采用富氧空气助燃煤矸石生产水泥, 因窑的单位熟料热耗低, 需用煤矸石最低热值随之下降。

③ 采用高含钙煤矸石时, 因增加入窑煤矸石量与总热能量, 此时, 因煤矸石热值较低, 要适当增加富氧空气氧浓度, 保证煤矸石良好地燃烧。或者提高喷粉嘴用富氧空气氧浓度, 稳定燃烧。由于随煤矸石进入喷嘴物料量增大, 水泥窑生产率相应较大幅度增加。工艺设计应考虑到良好的安全防爆措施与防漏风措施, 保证高氧浓度富氧空气全部入窑, 安全燃烧。

4 结 论

本文通过对富氧助燃煤矸石生产水泥进
(下转 7 页)

添加混合材对色调的影响 表 2

	空白	高炉矿渣	石灰石	粉煤灰
L	53.2	53.6	53.9	52.5
a	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
b	6.0	6.0	6.1	6.2

杂,相互干扰(如图2)。取得理想的水泥色调,需要判断各因子的性质,作为管理的操作终端,以便作出恰当的处理。从原料成分、煅烧制度、设备特性及粉磨条件等方面,可以作出影响水泥色调的评价。

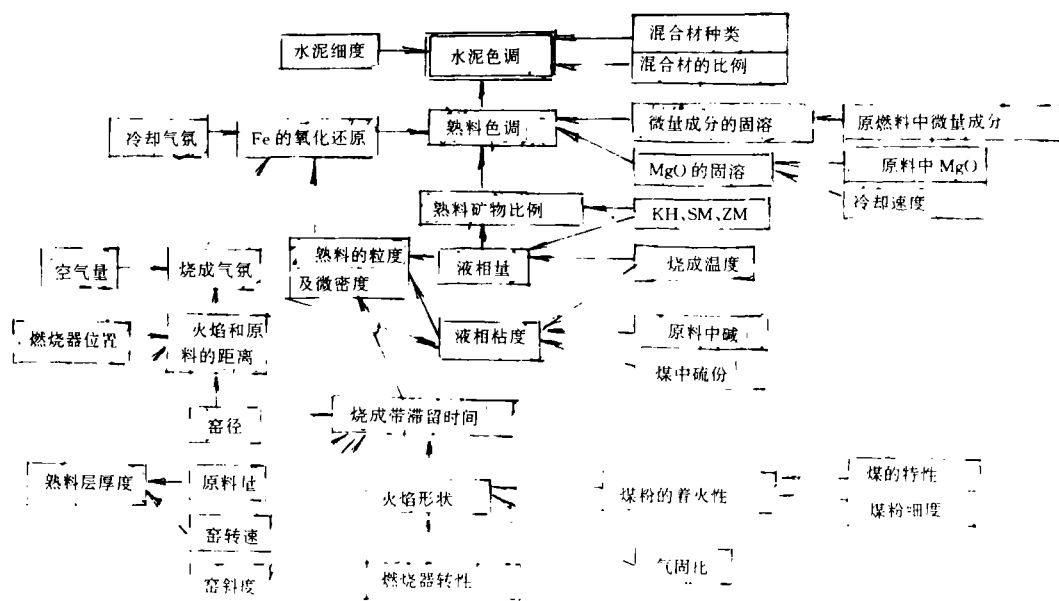


图2 影响水泥色调的主要因素及其因果关系

(上接4页)

行技术经济分析,用低热值1500—2000KCal/kg煤矸石完全代替燃料煤生产水泥,水泥窑生产率增加20—30%,生产成本有所下降,经济上是可行的。利用高含钙煤矸石,最低热值还可以降低。主要技术关键是,需要设置深冷空分制氧装置,规模为总富氧空气含氧量的30%左右,设备一次投资较大。要求综合利用空分装置副产氮、氩等副产品,在较短的时期内回收设备一次投资。

随着变压吸附等空分制氧装置的不断发展,有可能采用变压吸附装置,为助燃煤矸石生产水泥提供一次投资较少,生产能耗低的富氧空气。为大规模富氧空气生产水泥做出贡献。

参考文献

1. 利用煤矸石为原料烧制水泥,郑朝阳等,《水泥》,NO.2,94
2. 大规模富氧空气燃烧煤矸石生产水泥,计虎掌,《上海硅酸盐》,NO.3,91