

本栏编辑:孙爱玲

# 大掺量灰渣路面砖的生产工艺

王锡德 罗杰汉 (山东里彦发电有限公司, 山东 济宁 273517)

杨峰 (鱼台县住建局建筑工程质量监督站, 山东 鱼台 272300)

**摘要:**对煤粉炉水冲炉渣及循环流化床锅炉脱硫灰的性质进行了全面分析,介绍了大掺量灰渣路面砖的产品配方、生产工艺和设备。当底料灰、渣掺量达到56%时,路面砖抗压强度达到40 MPa、大块型路面砖抗折强度达到5 MPa。讨论了实际生产中出现的问题及其解决方法。

**关键词:**路面砖;掺加量;炉渣;脱硫粉煤灰;抗压强度;抗折强度;生产工艺

中图分类号:TU522.09 文献标识码:A 文章编号:1001-6945(2013)01-0051-03

## Production process for high volume fly ash brick

WANG Xi-de LUO Jie-han YANG Feng

**Abstract:** The nature of pulverized coal flush slag and FGD residues are analyzed comprehensively. The product formulation, production process and equipment are introduced. When the mixing amount of ash and slag is up to 56 %, the compressive strength of paving brick can reach 40 MPa; the flexural strength of chunk paver can reach 5 MPa. Production problems and their solutions are also discussed.

**Key Words:** Paving brick, mixing amount, slag, desulfurization fly ash, compressive strength, flexural strength, production process

随着我国城镇化建设的快速发展,城镇道路、公园广场、居民小区等地大量铺设混凝土路面砖。目前生产路面砖的原材料主要为:石子、砂子、水泥及少量颜料;材料成本普遍较高。为了就地取材,降低产品成本,利用本厂排放的脱硫灰和炉底渣生产混凝土路面砖,既降低了材料成本又消耗了固体工业垃圾,环保节能,能够取得较好的经济效益和节能减排的社会效益。本文介绍了一种利用电厂锅炉灰、渣为主要原材料生产混凝土路面砖的生产工艺。

山东里彦发电有限公司3#、4#机组锅炉炉渣是水冲渣,含有大量水分,无法直接用于生产水泥;5#、6#机组锅炉是循环流化床锅炉,其飞灰为脱硫灰,品质较差,属于三级灰,无法用于水泥或作为混凝土掺合料。为消化3#、4#炉水冲渣及5#、6#循环流化床锅炉脱硫灰,我们引进北京瑞图科技发展有限公司RT-9型全自动砌块生产线,开发生产大掺量炉底灰、渣混凝土彩色路面砖。

### 1 电厂固体垃圾—炉渣和脱硫灰

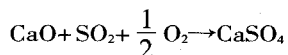
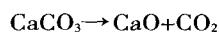
#### 1.1 煤粉炉水冲渣的性质

电厂3#、4#炉是煤粉炉,采用水冲湿排渣方式。排

渣过程是:煤粉炉炉底渣→冷渣器→捞渣机→碎渣机→渣浆泵→沉渣池→凉渣场。该炉渣由于经过碎渣机破碎,颗粒直径大多在10 mm以下,2 mm~4 mm占80%,颗粒有许多微孔,堆积密度较小,为800 kg/m<sup>3</sup>~850 kg/m<sup>3</sup>。其化学成分因煤种而异,平均值见表1。

#### 1.2 循环流化床锅炉脱硫灰的性质

循环流化床锅炉因对煤种的适应性强而逐步发展起来,我厂5#、6#循环流化床锅炉采取炉内脱硫方式,燃烧与脱硫同时进行。石灰石粉经气力输送装置送入炉膛,煅烧生成的多孔状CaO在氧化气氛中遇到SO<sub>2</sub>,反应生成CaSO<sub>4</sub>:



由于循环流化床锅炉燃烧温度低(850℃~900℃),其飞灰呈红褐色,俗称红灰,经电炉加热后变成灰白色,类似煤粉炉灰,堆积密度950 kg/m<sup>3</sup>,粒径为45 μm方孔筛筛余率43%。该脱硫灰以不规则形状为主,几乎无球型颗粒,其主要晶相为石英、方解石、硬石膏及少量莫来石,玻璃相含量极少<sup>[1]</sup>。

循环流化床锅炉脱硫灰的化学成分随煤种而异,尤其是近年来电厂为降低发电成本掺烧劣质煤及煤泥,使脱硫灰烧失量增加,近1年来平均成分见表1。

表1 煤粉炉渣和流化床锅炉脱硫灰的化学成分(平均%)

原料名称	Loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>
煤粉炉水冲渣	1.66	57.21	26.09	6.12	4.10	1.72	0.39
流化床锅炉脱硫灰	6.5	54.15	22.89	4.98	6.65	1.21	0.98

## 2 外加剂的选择

煤粉炉水冲渣和循环流化床锅炉脱硫灰均具有一定的火山灰活性,其活性来自于SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO在一定碱性条件下的水化作用,由表1看出,煤粉炉水冲渣和循环流化床锅炉脱硫灰均含有一定量的SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO,但由于灰和渣中玻璃体含量较少,特别是循环流化床锅炉脱硫灰玻璃体含量极少(CFB燃烧温度较低),因此它们的火山灰活性较差,为激活灰、渣的活性,我们进行了大量的外加剂选择试验,最终选用5组分复配外加剂,各组分之间具有协同效应,它们在一定温度与湿度下,可促进炉渣和粉煤灰中SiO<sub>2</sub>及Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等与水泥相互作用,生成水化硅酸钙、水化铝酸钙等,显微镜下观察加入外加剂后砖的断面有“玛瑙”状物质形成,而不加外加剂时则无“玛瑙”状物,这说明外加剂促进物料形成高强骨架,有助于水泥石结构的形成<sup>[2]</sup>。实践表明加入外加剂后可有效提高产品强度,同等强度可降低水泥用量10%~15%。

## 3 生产配方

### 3.1 底料配方

彩色路面砖的底料采用PO.32.5水泥作胶凝材料;由于本地粗砂稀少、价格较高,我们选用粒径为5mm~10mm碎石和3mm~5mm石屑做骨料,碎石及石屑的含泥量≤5%,泥块含量≤2%;采用5组分复配外加剂激活粉煤灰和炉渣的活性,经大量试验逐步增加底料中粉煤灰和炉渣的掺加量,综合考虑生产成本、路面砖性能,优选出灰、渣掺加量56%的底料配方,见表2所示。

表2 底料配方/%

水泥 PO32.5	粉煤灰	炉渣	碎石(5mm~ 10mm)	石屑(3mm~ 5mm)	外加剂
14.5	18	38	13.5	16	少量

试验发现,循环流化床锅炉脱硫粉煤灰粘性较大,当其掺加量过大时底料发粘,底料仓下料困难且不易脱模,实际掺加量不宜超过20%;粉煤灰作为细粉料、炉渣作为粗粉料,与5mm~10mm碎石和3mm~5mm石屑通过合理配比可获得良好级配,经振动成型及水泥胶凝作用,各种颗粒接触点之间形成内聚力,粗糙表面产生相互咬合作用,从而使大掺量灰渣混凝土路面砖获得较高强度;增加碎石用量、减少石屑用量,可提高路面砖的强度,但是碎石用量过多时路面砖会出现裂纹,尤其是生产大块型、大面型路面砖时,裂纹更

为突出。

### 3.2 面料配方

面料采用常规组分,即采用水泥、砂子和颜料,也可直接采用彩色水泥、砂子,而不加颜料,具体配比如表3所示。

表3 面料配/%

水泥	细砂(0.2mm~1mm)	颜料
32.9	65.8	1.3

面料用砂采用0.2mm~1mm河砂,俗称面砂,含泥量≤1%,可满足强度要求,同时获得光滑细腻的面层,若用粗砂则砖面粗糙,使用前需筛除泥块等杂质,否则有泥块的砖表面会在使用过程出现麻坑。水泥的选用根据颜色需要选用普通硅酸盐水泥或白色水泥。

## 4 生产设备及工艺流程

我公司路面砖生产采用北京瑞图RT-9全自动砌块生产线,其成型机振动属于台振方式,具有下模箱振动与上模头加压的复合振动成型系统,可生产出均匀密实的路面砖坯。工艺流程图见图1所示。

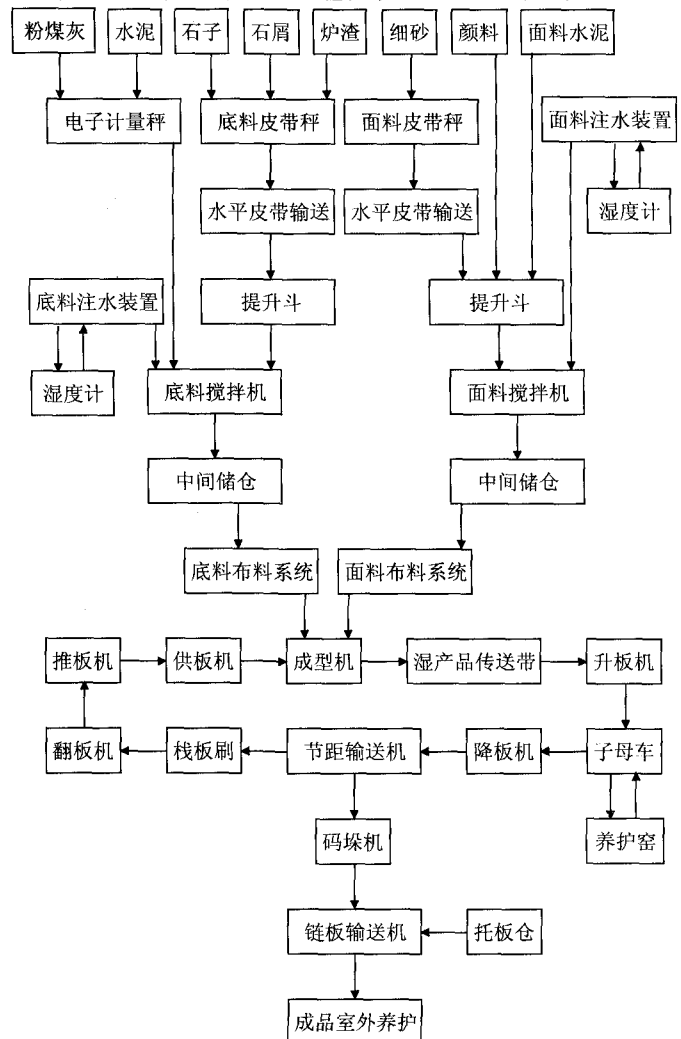


图1 RT-9型全自动砌块生产线工艺流程图

## 5 养护工艺

由于生产路面砖采用的是干硬性混凝土,水灰比较低,约0.35~0.45,为保证水泥水化所需的水分,我们在湿砖坯入养护窑后,往窑室地池及轨道两侧通水,然后封闭窑门,使窑室内接近饱和湿度,大大提高了养护效果,使路面砖获得较高的出窑强度;同时由于窑室内湿度较大,抑制了路面砖初期养护过程表面的水分蒸发,减少了内部水分对表面的补水,进而减少补水携带氢氧化钙在砖表面的沉积,有效抑制了面层“泛碱”<sup>[3]</sup>现象。

当最高气温高于28℃时采用自然养护,在窑门封闭状态下,水泥水化热使窑室内温度升高,保证了养护所需的温度,此种养护方式不用蒸汽、节约能源,同时保护栈板。

当最高气温低于28℃时,我们利用电厂发电余汽常压蒸汽养护。蒸养过程应严格控制温度不高于45℃,否则路面砖易褪色,红色和黄色为氧化铁系颜料稍耐高温,而绿色颜料属于铬绿与酞青绿复合颜料,高温更易褪色。蒸养曲线如图2所示。

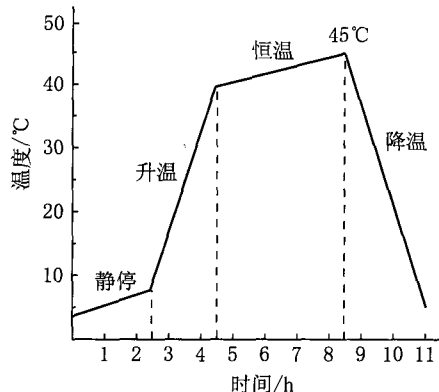


图2 路面砖蒸养曲线

## 6 产品性能

我们所生产的灰渣路面砖有200 mm×100 mm×60 mm、200 mm×200 mm×60 mm、300 mm×150 mm×60 mm、400 mm×300 mm×60 mm等多种规格。经邹城市产品质量监督检验所依据混凝土路面砖标准JC/T 446-2000进行抽样检测,结果如表4、表5所示。

表4 大掺量灰渣路面砖的性能(200 mm×100 mm×60 mm)

抗压强度 平均值/MPa	吸水率 /%	抗冻性: 强度损失/%	耐磨性: 磨坑长度/mm
41.2	5.9	12.5	25.5

表5 大掺量大块型灰渣路面砖的性能(300 mm×150 mm×60 mm)

抗折强度平均 值/MPa	吸水率/%	抗冻性:强度 损失/%	耐磨性:磨坑 长度/mm
5.3	6.2	13.1	26.1

## 7 讨论

水冲炉渣应晾晒沥水,含水量低于15%,湿度大

时粘度大,料斗下料不畅。

面料湿度较大,产品成型时会出现粘模头现象;面料湿度小,路面砖表面粗糙无光泽,且面层易脱落。实践表明,面料最佳湿度为51%~53%。

由于底料中加入了大量的粉煤灰和炉渣,若搅拌不充分,各组分不能均匀混合,将会出现通体裂纹及强度差异,因此必须加强搅拌,获得均匀的混凝土拌合料。

底料湿度是关键,湿度太大,料仓下料不畅,易造成路面砖裂纹;湿度太小,路面砖易散裂,强度降低,经试验以压制后侧面“摸浆”最佳,此时湿度为67%~68%。

底料仓往布料盒放料时,布料盒中间部位料多、边角缺料,结果造成底料布料不匀,栈板边角处的砖坯密实度差、强度低。我们尝试底仓往布料盒放料时使用布料耙转动,使整个布料盒底料分布均匀,有效消除了底料布料不匀现象。

面层厚度以5 mm~7 mm为宜,面层太薄易出现漏底,且耐磨性差;面层太厚易产生分层,同时增加成本。

振动成型时保压时间应适当延长,怠速不宜过大,以使振动能量均匀传递,内应力充分释放,防止产生成型裂纹。

应经常检查振动台是否开焊,及时更换耐磨条、减震垫,发现不合格栈板应及时下线,确保成型质量。

## 8 结语

实践表明:利用北京瑞图科技发展有限公司全自动砌块生产线,采用复配外加剂激活炉渣及粉煤灰的活性,可生产大掺量灰渣混凝土路面砖,当底料灰、渣掺加总量达到56%时,路面砖抗压强度等级达到40 MPa或抗折强度等级达到5 MPa。不仅为难以利用的循环流化床锅炉粉煤灰及煤粉炉水冲渣找到了一条应用途径,减少了环境污染,而且减少了石子、砂子用量,节约了天然石材,降低了路面砖的生产成本。

## 参考文献:

- [1] 姚志通,夏牧生,叶瑛,张路,循环流化床锅炉脱硫灰和普通粉煤灰的特性研究[J].粉煤灰综合利用,2010(1).
- [2] 党辉,王洪升,黄红,杨爱丽,循环流化床脱硫灰渣的特性及应用初探[J].国际电力,2004(8).
- [3] 张鹏,彩色混凝土路面砖色差防治初探[J].混凝土与水泥制品,2009(2).

收稿日期:2012-12-12