

水泥窑用无铬碱性耐火材料的研究进展

王杰曾 袁林 成洁

瑞泰科技股份有限公司 北京 100024

摘要: 简述了水泥工业的铬公害问题,回顾了水泥窑用无铬碱性耐火材料的研究,详述了镁钙、镁铝、镁铁铝系耐火材料的技术,分析了提高耐火材料抗热震和挂窑皮性能的原理,研讨了通过改善制造工艺和使用条件来延长耐火材料寿命的措施,展望了水泥窑用无铬碱性耐火材料的未来,并对其发展提出了建议。

关键词: 水泥窑; 无铬耐火材料; 碱性耐火材料; 抗热震性; 挂窑皮性

中图分类号: TQ175

文献标识码: A

文章编号: 1001-1935(2014)03-0161-005

DOI: 10.3969/j.issn.1001-1935.2014.03.001

自 1986 年以来,我国一直在坚持不懈地研究开发水泥窑用无铬碱性耐火材料。近来,在水泥窑用无铬碱性耐火材料的研究、制造和应用方面都获得了很大的成功^[1-3],不仅制造出的产品越来越多地得到了应用,而且涌现了一些生产无铬碱性耐火材料的骨干企业。由此,全面推广水泥窑用无铬碱性耐火材料的条件已经成熟。中国水泥协会也正在全力推动水泥窑用耐火材料的无铬化。这里,将回顾水泥窑用无铬碱性耐火材料的研究,分析该材料的现状和问题,并提出应用该材料的建议。

1 水泥工业镁铬残砖对环境的污染

长期以来,水泥工业使用镁铬砖作为烧成带的主体衬砖。镁铬砖是由镁砂和铬铁矿为原料制成的耐火材料。铬铁矿具有高熔点、中等的热膨胀、中等的酸碱性和较高的抗侵蚀性等^[4]。烧结时,镁铬砖中的铬铁矿与镁砂反应形成镁铬尖晶石,增进耐火材料的直接结合,并提高材料的抗热震性。使用中,来自于水泥熟料的 CaO 与砖中 Fe₂O₃ 反应形成 C₄AF,使砖易于粘附熟料;砖释放的 Cr₂O₃ 又有稳定窑皮中 C₂S 的作用。因而,铬铁矿对提高碱性耐火材料的耐高温、抗侵蚀、抗热震和挂窑皮性都起重要作用。

然而,在高温、碱性和氧化性气氛下,镁铬砖中的部分铬会转化成水溶性 Cr⁶⁺,而 Cr⁶⁺ 强烈损坏人的皮肤、粘膜,可以引起丘疹、溃疡、鼻中隔穿孔和呼吸道炎症,还可引起皮肤癌和肺癌。图 1 显示了从河北某 4 000 t·d⁻¹ 新型干法水泥窑各部位所拆卸下镁铬砖的 Cr⁶⁺ 的分析结果(原砖中 Cr₂O₃ 质量分数 4%)。

由图 1 可知,该窑一次拆除了 181 t 镁铬砖,其中共携带 183 kg 的 Cr⁶⁺,平均 Cr⁶⁺ 含量约 1 000 mg·kg⁻¹,是国家环境标准规定的 IV 级水所允许的 Cr⁶⁺ 含量 0.05 mg·L⁻¹ 的 2 万倍。特别是在距窑头 3~9.5 m 处拆卸的镁铬砖,其中含 118.8 kg 的 Cr⁶⁺,是全部拆除镁铬砖中 Cr⁶⁺ 总质量的 65%。可见,拆窑一次的镁铬砖就可以污染 360 万 t 的纯净水。也就是说,每生产 1 t 水泥熟料要污染 2.5 t 水。所以,镁铬残砖对环境的污染和对人类健康的威胁都是十分惊人的。

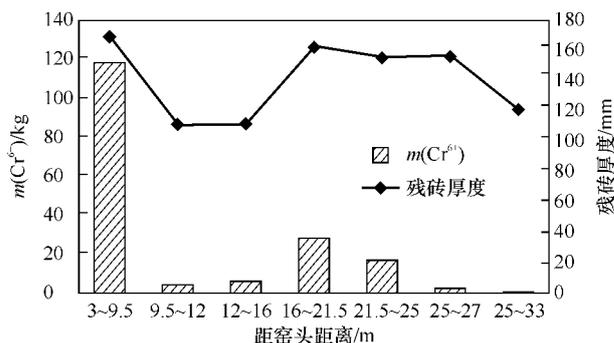


图 1 水泥窑各段镁铬砖的残砖厚度和排放的 Cr⁶⁺ 量
Fig. 1 Residual thickness and Cr⁶⁺ content of magnesia chrome bricks in different positions of cement kiln

2 无铬碱性耐火材料的研究进展

2.1 镁钙及其复合耐火材料

镁钙质耐火砖包括白云石砖、镁白云石砖和其他含游离 CaO 的镁砖。白云石砖具有优良的耐高温、挂窑皮和抵抗碱性物质侵蚀的能力。但是,制造白云石

* 王杰曾:男,1957 年生,博士,教授级高级工程师。

E-mail: wjz@bjruitai.com

收稿日期:2013-11-27

编辑:柴剑玲

砖要解决一系列技术难点。

2.1.1 白云石原料的烧结

制取优质白云石砖的先决条件是制取高纯、致密的白云石砂或镁白云石砂。如果烧结不致密,白云石砖就含有很多气孔,大气中的 H_2O 就会沿开口气孔进入砖内,致使该砖很快损毁。

制取优质白云石砂的要点是:提高原料的灼烧基密度,减少粒子半径,减少团聚和使杂质均匀分布。例如,安徽池州的禄思伟公司将白云石轻烧、粉碎、细磨、成球后,再经高温竖窑煅烧制得致密原料。再如,

德国 Wulfrath 公司就是采用杂质总量为 0.6% ~ 1.2% (w) 杂质分布均匀且晶粒细小的白云石矿石,用燃煤回转窑一步制取了致密白云石砂。我国冀东地区具有高纯度、易烧结的白云石矿石。20 世纪 90 年代初,天津耐火器材厂与德国 Wulfrath 公司和中国建筑材料科学研究院联合考察了中国各地的白云石资源。经过试验后,德方认可了冀东地区的白云石原料。表 1 示出了建材院方面的试验结果^[5]。从中可看出,冀东地区出产的白云石具有良好的烧结性,可经一步烧结制取优质白云石砂,而其他白云石的烧结性大都很差。

表 1 白云石矿石的化学组成和烧结性^[5]
Table 1 Chemical compositions and sintering property of dolomite ore

产地	$w/\%$							烧结温度 /°C	保温时间 /h	体积密度 /($g \cdot cm^{-3}$)	显气孔 率/%
	CaO	MgO	灼减	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	总杂质				
冀东	30.4	21.6	46.5	1.11	0.09	0.06	1.26	1 690	8	3.25	1.2
冀东	30.7	21.3	50.0	0.54	0.05	0.04	0.63	1 690	8	3.22	2.8
宜兴	34.0	18.9	47.0	0.02	0.02	0.10	0.14	1 690	8	2.95	2.6
镇江	30.8	21.2	47.0	1.18	0.39	0.18	1.75	1 690	8	2.10	10.1
杭州	30.3	21.7	47.2	0.62	0.01	0.06	0.69	1 690	8	2.60	23.8
海城	30.1	22.0	46.8	0.47	0.16	0.70	1.33	1 680	6	2.63	23.0
柳州	30.1	21.8	47.0	0.16	0.08	0.12	0.36	1 730	6	1.95	49.0
东安	32.0	20.7	46.6	0.05	0.05	0.10	0.20	1 780	6	2.05	39.4
东安	30.1	21.5	46.5	1.46	0.12	0.18	1.76	1 690	6	2.64	30.1

2.1.2 白云石材料的烧结

烧结白云石砖时,砖坯经常因水化、开裂而破损。为了解决这一问题,需要研究游离 CaO 水化的特点。根据热力学计算,得到由图 2 所示 CaO 的生成自由能和平衡水蒸气分压与温度的关系^[5]。由图 2 可知,常温下, CaO 水化反应的水蒸气平衡分压约为 10^{-7} MPa (10^{-12} atm)。只要水蒸气分压大于 10^{-7} MPa, CaO 就会水化。在常压下, Ca(OH)₂ 的分解温度约为 500 °C,只要温度低于 500 °C, CaO 就会水化。

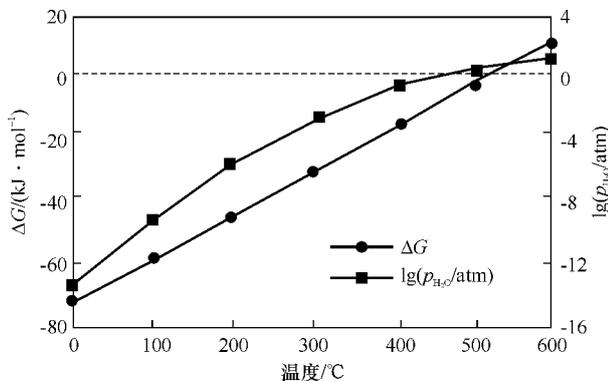


图 2 CaO 的生成自由能及平衡水蒸气分压^[5]
Fig. 2 Formation free energy of CaO and equilibrium vapor partial pressure

另外,运用统计力学可推测每次 H_2O 分子与 CaO 碰撞后形成 Ca(OH)₂ 的概率 P 与温度 T 的关系:

$$P = e^{-\frac{18.357}{T}} (1 - 1.36 \times 10^7 \times e^{-\frac{12.805}{T}}) \quad (1)$$

由图 3^[5] 可看出,随温度增高,水分子与 CaO 反应形成 Ca(OH)₂ 的概率显著增高。直至 Ca(OH)₂ 的分解温度 500 °C 左右,水化概率又急剧降低。类似地,用热天平研究轻烧白云石时,也发现随温度增高,白云石的水化速度增加很快,但增速在 500 °C 附近逆转变为负值。

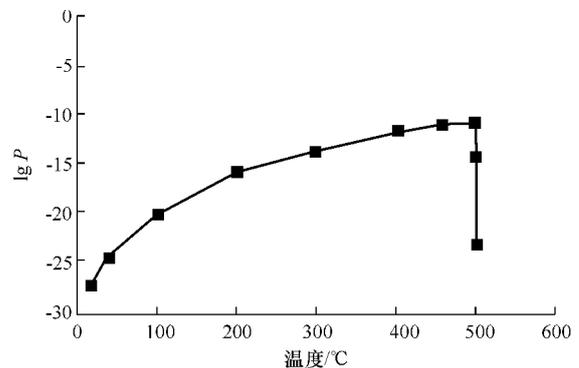


图 3 CaO 水化概率 P 与温度 T 的关系^[5]
Fig. 3 Relationship between hydration probability P of CaO and temperature T

因此,无论是从热力学还是从动力学方面来讲,防止 CaO 水化的措施是:1) 尽力切断一切 H_2O 的来源;2) 尽量减少 H_2O 与白云石材料的接触面积和接触时间;3) 尽快通过 CaO 高速水化的温度阶段。可见,制作镁钙系材料需要采用保持设备和原料干燥,缩短白云石原料的保存期,使用石蜡等无水结合剂,以及闪速升温等措施。

2.1.3 白云石材料的防水化

防止白云石砖水化的办法是沾蜡处理和绝水包装。沾蜡处理的方法是:将60~100℃的砖浸入液体石蜡后拿出,并放在空气中冷却。这时,液体石蜡渗入砖的气孔,固化后再形成厚约10 μm的薄膜,一方面,有效封闭了砖表面;另一方面,堵塞了水蒸气侵入的通道。有的厂家也涂刷沥青,但沥青污染环境,不为用户欢迎。如此,可以延长砖的储存时间达1~3个月。在拆包砌窑时,还可在短期保护砖体。

绝水包装的方法是将砖块置入铝箔之中,抽真空后密闭包装。如果没有条件,也可以采用防水塑料,用热塑等方法密闭包装,并在包装箱内部加生石灰保护。由此,可使白云石砖的保存期达到一年左右。

2.1.4 镁钙(锆)材料的抗热震性

配料时,加入1%~3%(w)的细粒氧化锆,经过混练、成型后,可在原本均匀的镁钙耐火材料中形成大量弥散的 ZrO_2 粒子。高温下,基质中的CaO与 ZrO_2 粒子反应,在其边缘形成 $CaO \cdot ZrO_2$,但其中间仍为不稳定的氧化锆。冷却时,不稳定的氧化锆发生从四方到单斜的晶型转变,形成微裂纹或残余应力,可提高耐火材料的抗热震性。综合采用以上技术后,能够可靠地制备优质镁白云石砖或白云石砖。但是,由于镁钙系材料的特殊性,需要专业化、规模化的生产线,以及绝水、连续和快速的方式生产。所以,德国Wülfrath公司一再强调白云石砖生产线要达到3万t的年产量才具有规模效益。如果使用镁砂、石灰石、氧化锆为原料,可制得不仅没有快速水化问题,而且又有优良理化性能的 $MgO-CaO \cdot ZrO_2$ 系材料。不过,该产品需添加10%(w)甚至更多的 ZrO_2 。由于 ZrO_2 价格昂贵,因此产品难以销售。

2.2 镁铝及其复合耐火材料

2.2.1 镁铝尖晶石耐火材料

迄今为止,开发了四代镁铝尖晶石砖。其中,第一代产品已被淘汰;第二代用于过渡带;第三代,特别是第四代产品用于水泥窑烧成带。镁铝尖晶石有类似于镁铬尖晶石的高熔点、中等热膨胀、中等的酸碱性等性质,但抗侵蚀、挂窑皮性较差。因此,尖晶石砖的开发需要解决这些问题。

第一代尖晶石砖系添加氧化铝或高铝矾土细粉经烧结制成。由于在高温下大量形成原位镁铝尖晶石,砖体的结构比较松散。第二代产品系添加合成尖晶石制成的材料,其体积密度、显气孔率、抗侵蚀性等性能均有较大提高。第三代镁铝尖晶石砖系复合第二代和第一代技术制成。制砖时,一部分尖晶石是预合成的,

另一部分尖晶石是原位形成的。这样,可以利用形成镁铝尖晶石的松散效应提高抗热震性。第四代产品是由电熔尖晶石取代烧结尖晶石制作的耐火材料。电熔镁铝尖晶石结构致密,晶粒粗大,有利于提高材料的抗侵蚀性和挂窑皮性。尽管如此,镁铝质材料的挂窑皮性和抗侵蚀性还是不及镁铬质材料的。

2.2.2 镁铝锆系耐火材料

对于镁铝尖晶石砖,若要提高其抗热震性,降低热导率,就要提高尖晶石掺量。但提高抗侵蚀、挂窑皮性,就要降低尖晶石掺量。为了解决这一矛盾,就需要在减少镁铝系材料中 Al_2O_3 含量的同时加入 ZrO_2 ,制得含锆的方镁石-镁铝尖晶石砖。中国建筑材料科学研究院^[6]采用75%~90%(w)的镁砂,10%~25%(w)的镁铝尖晶石砂,外加 $\leq 5%$ (w)的脱硅锆或氧化锆,经混练、成型后,再经高温烧结后制得了含锆的无铬碱性砖。

在镁铝锆系耐火材料中添加约1%(w)的 La_2O_3 ,烧成时就会形成锆酸镧。加入 $La_2O_3 + ZrO_2$ 后,可使镁铝系材料同时获得优异的抗热震性和挂窑皮性。瑞泰科技公司采用电熔尖晶石原料、脱硅锆和 La_2O_3 添加剂,并使用计算机建模优化配方,成功研制了方镁石-镁铝尖晶石-锆酸镧(钙)复合耐火材料^[7]。

不过, ZrO_2 、 La_2O_3 价格昂贵,即便添加很少量也会影响产品的销售。

2.3 镁铁铝系耐火材料

2.3.1 铁铝尖晶石砖

1999年,欧洲的VRD-Europe和Leoben大学发明了方镁石-铁铝尖晶石砖^[8]。这种砖中添加了铁铝尖晶石 $FeO \cdot Al_2O_3$,以低廉的成本获得了优异的性能。加入铁铝尖晶石颗粒后,烧结时,铁铝尖晶石中的铁离子向周围的氧化镁基质中扩散,而基质中的镁离子也会向尖晶石扩散。这样,一方面是 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} 并在基质中形成镁铁尖晶石 $MgO \cdot Fe_2O_3$,另一方面是铁铝尖晶石颗粒的边缘形成镁铝尖晶石 $MgO \cdot Al_2O_3$ 。由于反应伴随的膨胀,铁铝尖晶石颗粒产生了松散效应。这一反应引起的体积效应减小了耐火材料的脆性,从而有利于提高耐火材料的抗热震性,见图4^[9]。由图4可看出,楔形劈裂试验中,方镁石-铁铝尖晶石材料展示了远高于方镁石-镁铝尖晶石砖的断裂功和最大劈裂载荷。同时,受到侵蚀时,铁铝尖晶石砖基质中的镁铁尖晶石容易形成 C_4AF ,使砖易于粘上窑皮。因而,铁铝尖晶石砖具有很好的挂窑皮性。不过,铁铝尖晶石砖有两个问题:其一,铁铝尖晶石的耐高温和抗侵蚀性能有限,使用

时需及时挂好并维护好窑皮,使材料得到有效的保护;其二,此产品为外国人发明,中国人要进行足够的再创新,才能获得自主知识产权。

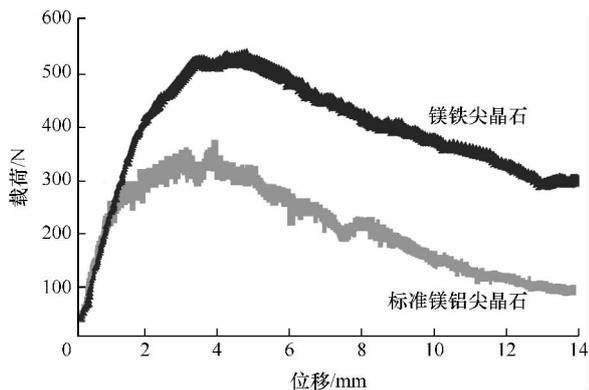


图4 不同尖晶石砖的载荷-位移曲线(楔形劈裂试验)^[9]
Fig. 4 Load-displacement curves of different spinel bricks (wedge splitting test)

2.3.2 镁铁-铁铝复合尖晶石砖

河南瑞泰科技公司采用55%~98%(w)粒度≤5mm的高铁镁砂和20%~45%(w)粒度≤5mm的铁铝尖晶石,外加2%~4%(w)的结合剂,经配料、混练、成型、烧结工序制得了方镁石-镁铁/铁铝复合尖晶石砖^[10]。该制品具有良好的耐高温、抗热震、挂窑皮性能和较低的热导率,在我国华润、中联等集团公司的多条大型水泥回转窑生产线获得了良好使用效果,最高使用寿命接近两年。

3 耐火材料制造能力的改善

近年来,一些中资耐火材料企业投入巨资,引进或在国内采购许多先进或适用装备,大幅提升了制造水平。例如,一些耐火材料厂家纷纷采用了自动配料设备,大幅改善了配料工序的工作质量。众所周知,配料是决定材料性能的重要因素。但是,配料也是一个粉尘大、任务繁、劳动强度高的岗位。因此,只有采用高精度、高可靠性的全自动配料设备,才能有效保证耐火材料的品质,进而使产品具有稳定的使用寿命。再如,一些中资耐火材料企业纷纷采用了全自动的液压设备,大幅改善了成型工序的工作质量。依靠计算机调节,全自动液压机能精准控制加压、卸压速度,甚至控制多孔模具中每块砖的压力曲线。采用全自动液压机后,大幅减少了砖体中的隐蔽性裂纹,有利于提高耐火材料的寿命。还有,一些耐火材料厂家纷纷采用计算机控制的燃气高温隧道窑,大幅改善了烧成工序的工作质量。采用计算机控制后,高温隧道窑具有适合的压力曲线和温度曲线,明显减少了欠烧、过烧、层裂、扭曲、破损、黑心等缺陷,也有利于显

著提高耐火材料产品的质量。

综上所述,耐火材料企业在配料、成型、烧结等关键工序采用了先进设备之后,显著提高了耐火材料的制造能力,初步具备了生产优质耐火材料制品的能力,明显改善耐火材料产品的质量。因而,使生产出的无铬碱性耐火材料具有不低于甚至超过原有镁铬质耐火材料的使用寿命。

4 水泥窑耐火材料使用条件的改善

目前,我国水泥回转窑的装备水平已有很大提高。例如,采用红外扫描技术监测筒体表面温度、采用彩色电视看火设备直接观察窑内煅烧情况,显著改善了烧成条件,大幅缓解了耐火材料的工作负荷。

回转窑旋转时,扫描仪一边通过镜头接受从筒体辐射出的红外信号,一边又沿窑体轴线进行扫描。由此,每进行一次扫描,就得到了筒体表面的一条包络线所发射出的红外信号。利用160~400条包络线的数据,就可得知整个窑体表面的温度分布。再将窑筒体的表面温度展为一个平面,在屏幕上就可清楚地表示整个筒体的温度分布^[11]。通过对窑筒体表面温度的观察和分析,就能反映窑皮、窑衬的厚度,以此来推知煅烧的现状和趋势,有利于防止窑衬烧损事故和提高窑衬寿命。

水泥回转窑看火系统是运用于高温环境的特种闭路电视系统。该系统由探头罩、探头、冷却装置、保护装置、信号传输、图像显示和遥控设备等组成。工作时,探头罩伸入窑内,探头罩内的摄像机从针孔镜头摄取图像,冷却装置保护探头,经过转换后,所摄图像被输送到中控室监视器上显示。遇到超温、正压、冷却故障或停电时,安全装置控制探头退出,保护设备不被烧坏^[12]。由此,高温看火电视系统能够可靠工作,直观反映窑内燃烧、烧成和窑皮情况,便于操作人员及时进行正确的调节,保证回转窑在高效稳产的条件下运行,显著提高了回转窑用耐火材料的寿命。

采用一系列先进设备之后,水泥回转窑的烧成条件得到了很大改善。由于能够随时监控窑内工况,及时采取措施纠偏和有效补挂窑皮,耐火材料内衬受到了良好的保护。因而,使用无铬碱性耐火材料后,水泥回转窑的耐火材料寿命可达到不低于甚至超过原有镁铬质耐火材料的水平。

5 水泥窑用无铬耐火材料的展望

由于耐火材料生产技术的进步、制造条件和使用环境的改善,水泥窑用无铬碱性耐火材料取得了越来

越好的使用效果。在越来越多的水泥企业,无铬碱性耐火砖都达到甚至超过了镁铬砖的寿命。同时,国内已有多家能够批量生产无铬碱性耐火材料的企业。全面推广水泥窑用无铬碱性砖的时机已经到来。

2013年5月,环保部发布了《水泥工业污染防治技术政策》(第31号公告),明确指出水泥回转窑窑衬不宜使用铬镁砖作耐火材料,废旧耐火砖需妥善处理,以防受到雨雪淋溶和地表径流侵蚀。同时,新的国家标准《水泥中水溶性铬(VI)的限量及测定方法》即将颁布实施,水泥行业铬镁砖中六价铬污染也被国家列为“十二·五”期间重点治理项目。因此,水泥窑烧成带用无铬耐火材料,特别是含有铁铝尖晶石或镁铁尖晶石的无铬耐火材料,将在我国水泥行业得到迅速推广,铬镁质耐火材料将逐渐退出市场。一批起步早、基础牢、条件好的耐火材料厂家将得到更多的市场,而一些不能及时适应形势变化的耐火材料厂家将受到很大影响。

6 结语

经过长期探索,水泥窑用无铬碱性耐火材料的研究终于结成正果。今后,水泥窑用环境友好碱性耐火材料的推广也将如火如荼地展开。以下,对该材料的生产企业提出一些建议:

(1) 要完善产品工艺。例如,利用计算机建立数学模型,以优化产品性能和改善产品质量^[13-15]。

(2) 要完善质量管理体系。根据全面质量管理理论,对生产线从头至尾实行全方位监控,特别要注意控制关键环节,并根据用户反馈的意见进行及时整改。

(3) 要提高装备水平。一方面,要在整条生产线的配料、成型、烧成等关键工序,全面采用先进或适用设备,而不仅是一两件先进设备;另一方面,要在企业的所有生产线上采用先进设备,而不仅是一两条示范生产线。

(4) 要加强售前、售后服务,与耐火材料的使用厂

家携手解决推广无铬碱性耐火材料中遇到的问题。

(5) 要完善水泥窑用其他耐火材料的研发、管理,改善其性能,提高其质量,形成系统完善的耐火材料配套能力,更好地支持水泥工业的技术进步。

参考文献

- [1] 陈肇友. 水泥回转窑烧成带用无铬耐火材料[J]. 耐火材料, 2010, 44(6): 404-408.
- [2] 袁林, 王杰曾. 新型干法水泥窑用耐火材料的现状与发展[J]. 耐火材料, 2010, 44(5): 404-408.
- [3] 杨圣玮, 汪澜, 王杰曾. 水泥回转窑用耐火材料抗结皮性的评价[J]. 耐火材料, 2012, 46(6): 475-476.
- [4] McEwan N, Courtney T, Parry R A *et al.* Chromite—A cost-effective refractory raw material for refractories in various metallurgical applications[J]. Refract Eng 2012(6): 18-23.
- [5] 王杰曾, 曾大凡. 水泥窑用耐火材料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011: 92-94, 162-170.
- [6] 中国建筑材料科学研究院. 无铬碱性砖及其生产工艺: 中国, 01129203. 2[P]. 2001-11-14.
- [7] 瑞泰科技公司. 方镁石-镁铝尖晶石-铬酸镧(钙)复合耐火材料: 中国, 200410046075. X[P]. 2005-02-23.
- [8] Gerald B, Thomas M, Harald H. Magnesite-hercynite bricks—an innovative burnt basic refractory[C]//Proc of UNITECR'99, Berlin, Germany, 1999: 201-203.
- [9] 魏瀚, 王杰曾. 新型耐火材料发展现状[J]. 中国水泥, 2013(7): 80-84.
- [10] 河南瑞泰耐火材料科技有限公司. 镁铁-铁铝复合尖晶石砖及其制备方法: 中国, ZL 201010582957. 3[P]. 2011-06-22.
- [11] 荣峥, 杨远钊. 基于红外扫描技术的窑筒体温度检测[J]. 水泥工程, 2009(3): 59-61, 63.
- [12] 李思宏, 张振峰, 张涛. 纯风冷高温看火电视系统在回转窑上的应用实践[J]. 水泥工程, 2010(3): 53-55.
- [13] 王杰曾, 袁林, 叶亚红, 等. 黑箱模型方法及其在耐火材料工艺中的运用[J]. 耐火材料, 2012, 46(4): 244-288.
- [14] 王杰曾, 袁林, 叶亚红, 等. 关键工艺作用辨识方法及其在耐火材料中的运用[J]. 耐火材料, 2013, 47(1): 31-34.
- [15] Sugita K. The past and future of refractories technology[J]. Int Ceram Refract Manual 2012(1): 8-12.

Progress in chrome free basic refractories for cement kilns/Wang Jiezheng, Yuan Lin, Cheng Jie//Naihuo Cailiao. -2014, 48(3): 161

Abstract: The chrome pollution of cement industry was introduced briefly, the research on chrome free basic refractories for cement kilns was reviewed, the production technologies of magnesite, calcium magnesium aluminate spinel and magnesite hercynite refractories were specified, the principles to improve thermal shock resistance and coating adhesiveness of refractories were analyzed, the measures to extend service life by improving production technology and service conditions of refractories were put forward, the future of chrome free refractories was expected and some developing suggestions were given.

Key words: cement kilns; chrome free refractories; basic refractories; thermal shock resistance; coating adhesiveness

First author's address: Ruitai Technology Co., Ltd., Beijing 100024, China