

# 新型干法水泥生产线 耐火材料砌筑实用手册



陆秉权 曾志明 主编 ©

中国建材工业出版社

# 新型干法水泥生产线 耐火材料砌筑实用手册

陆秉权 曾志明 主编

中国建材工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

新型干法水泥生产线耐火材料砌筑实用手册/陆秉权,  
曾志明主编. —北京:中国建材工业出版社,2005.7  
ISBN 7-80159-725-7

I. 新... II. ①陆... ②曾... III. ①水泥-回转窑,  
干法-耐火材料-技术手册 ②水泥-回转窑,干法-砌筑-技  
术手册 IV. TQ172.6-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 067130 号

### 内容简介

本书从水泥窑系统耐火材料的基础知识出发,从严格技术要求和加强生产管理入手,涉及到水泥预分解生产线耐火材料的选择、采购、保管、砌筑和维护的各个环节,并提出了建设性建议。还介绍了近年来研发的新品种耐火材料、耐火材料的新标准、水泥预分解窑炉对耐火材料的要求以及耐火材料砌筑技术和管理科学的发展。

本书可供水泥生产线安装单位的技术人员,水泥工厂的技术、管理和窑炉操作人员,以及工程监理人员参考和使用。

### 新型干法水泥生产线耐火材料砌筑实用手册

陆秉权 曾志明 主编

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市西城区车公庄大街6号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:850mm×1168mm 1/32

印 张:7.375

字 数:193千字

版 次:2005年7月第1版

印 次:2005年7月第1次

定 价:15.00元

---

网上书店:[www.ecool100.com](http://www.ecool100.com)

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010)88386906

# 前 言

水泥生产自 1824 年诞生以来,生产技术经历了多次变革。从最初间歇作业的土立窑到 1885 年出现的回转窑;从 1930 年德国伯力鸠斯公司的立波尔窑到 1950 年联邦德国洪堡公司的悬浮预热器窑;1971 年,日本石川岛播磨重工公司和秩父水泥公司在悬浮预热技术的基础上研究成功了预分解窑,即窑外分解窑。预分解水泥生产技术的出现,彻底改变了水泥生产技术的格局和发展进程。预分解水泥生产技术采用现代最新的水泥生产工艺和装备,在我国正逐步取代立窑、湿法窑、干法中空窑以及立波尔窑,把水泥工业生产推向一个新的阶段。

截至 2003 年底,我国已建成投产的 700t/d 以上规模的新型干法水泥生产线有 320 余条,其生产能力已达 1.78 亿吨,约占我国水泥总产量(8.63 亿吨)的 21%,我国自行设计和建设的 2 500~5 000 t/d 生产线的生产技术与装备已经接近国际先进水平;10 000 t/d 生产线的技术装备研制及技术开发设计工作已基本完成,在生态环境保护等方面将达到国际先进水平。我国新型干法水泥生产技术的发展,不仅标志着我国水泥工业的科技进步,而且也标志着我国水泥产业的全面提升。

水泥预分解生产技术的发展也促进了水泥窑炉耐火材料的发展。近年来,随着碱性耐火材料的技术突破,我国水泥预分解窑炉的耐火材料已经形成完整系列,极大地推动了水泥预分解生产线向高产、优质、低耗的方向发展。但是从总体水平看,我国耐火材料的质量与世界先进工业化国家相比还有一定差距。我国建材工业窑炉的耐火材料砌筑工程,更是存在大量的技术和管理问题。一些水泥企业由于缺乏水泥窑炉耐火材料的基础知识,对于耐火材料的重要性缺乏足够的认识;在耐火材料的选材和采购上,带有

极大的盲目性；在目前并不十分规范的耐火材料市场上，缺乏明晰的市场风险意识和自我保护措施；耐火材料砌筑的技术管理和生产管理粗放无章。这些问题的存在，不但影响了预分解水泥生产技术的发展，对于我国耐火材料产业的提升，也产生了不利影响。

1995年出台的《水泥回转窑用耐火材料使用规程(试行)》对我国水泥工业耐火材料的应用曾经发挥过重要的作用，但时隔十年，许多新材料和新技术成果不断涌现，工程管理的新思路和新技术如花绽放。新建的水泥企业，需要一部最新的，集耐火材料新产品和产品标准、耐火材料市场法则、砌筑技术指导、工程监理知识为一体的小块头工具书。本书从规范水泥企业的技术和管理行为，从提升耐火材料的使用水平出发，汇集了2004年底之前，与水泥工业有关的耐火材料新标准，水泥预分解生产线窑炉耐火材料砌筑技术的新进展和工程管理的新知识。希望对水泥预分解窑生产线的发展，提高水泥企业耐火材料的使用水平有所帮助。

本手册可供水泥工厂的管理人员、技术人员和采购人员使用，也可作为耐火材料砌筑人员和工程监理人员的参考书，同时可供耐火材料生产厂家有关人员备用，并希望对相关专业培训人员会有所帮助。

本书编写过程中，采用了大量资料，在此对有关人员表示感谢。由于作者水平有限，可能有不妥或疏漏之处，恳请批评指正。

编者

于中国建筑材料科学研究院

# 目 录

<b>第一章</b>	<b>水泥预分解生产线的窑炉系统</b> .....	1
第一节	水泥预分解生产线窑炉与耐火材料 .....	1
第二节	预热器及预分解窑炉 .....	2
第三节	回转窑 .....	5
第四节	篦式冷却机 .....	19
第五节	窑头罩、喷煤管与三次风管 .....	22
第六节	回转窑砖型的改进与选择 .....	24
<b>第二章</b>	<b>耐火材料的主要理化性能及检测</b> .....	33
第一节	耐火材料的结构性质 .....	34
第二节	耐火材料的热学性质 .....	36
第三节	耐火材料的力学性质 .....	38
第四节	耐火材料的使用性能 .....	41
第五节	耐火材料的抗化学侵蚀性 .....	45
第六节	耐火材料的作业性 .....	46
第七节	耐火砖的挂窑皮性能 .....	47
第八节	耐火材料的外观缺陷 .....	49
第九节	耐火材料及制品检验时的相关要求 .....	50
<b>第三章</b>	<b>水泥行业常用的耐火材料</b> .....	53
第一节	高铝质耐火材料及其制品 .....	53
第二节	碱性耐火材料及制品 .....	63
第三节	黏土耐火制品和黏土隔热耐火制品 .....	70

第四节	水泥工业中常用的耐火纤维 .....	80
第五节	不定形耐火材料 .....	81
第六节	耐火泥浆 .....	94
第七节	结合剂 .....	98
第八节	外加剂 .....	108
第九节	硅酸钙隔热材料 .....	112
<b>第四章</b>	<b>耐火材料砌筑准备 .....</b>	<b>117</b>
第一节	耐火材料砌筑应推行科学有效的管理理念 .....	117
第二节	耐火材料的进厂检查、运输及储存 .....	118
第三节	工程准备 .....	124
第四节	施工准备的检查与开工令 .....	134
<b>第五章</b>	<b>耐火材料砌筑工程的施工 .....</b>	<b>137</b>
第一节	耐火砖的砌筑 .....	137
第二节	隔热衬料硅酸钙板的施工 .....	146
第三节	耐火浇注料施工 .....	149
第四节	回转窑衬料砌筑 .....	164
第五节	窑头罩衬料砌筑 .....	181
第六节	冷却机衬料砌筑 .....	183
第七节	旋风预热器和分解炉系统衬料砌筑 .....	190
第八节	喷煤管的砌筑 .....	198
第九节	三次风管的砌筑 .....	198
第十节	砌筑工程的收尾工作 .....	199
<b>第六章</b>	<b>窑衬的使用与维护 .....</b>	<b>200</b>
第一节	窑衬的烘烤和冷却 .....	200

第二节	水泥回转窑烘烤实例 .....	208
第三节	窑点火运行 .....	209
第四节	窑皮的维护 .....	212
第五节	窑的冷却 .....	212
第六节	回转窑筒体变形及振动的控制 .....	215
<b>结束语</b>	.....	<b>220</b>
<b>参考文献</b>	.....	<b>221</b>
<b>参照标准</b>	.....	<b>222</b>



# 第一章 水泥预分解生产线的窑炉系统

## 第一节 水泥预分解生产线窑炉与耐火材料

预分解生产线窑炉系统,主要由预热和预分解、回转窑煅烧以及水泥熟料冷却三大系统构成。在这几个系统里,分别进行水泥生料的预热和石灰质原料的分解、熟料的煅烧及水泥熟料的冷却和余热的回收。由于在这几个系统中分别进行着燃料的燃烧,粉状或块状物料与冷空气或热空气之间进行着剧烈的热交换,同时也还存在着一些有害元素的挥发和冷凝。系统中的耐火材料将在承受高温气体的热侵蚀和粉状或块状物料剧烈冲刷的条件下,完成隔热、保温和对窑炉壳体实行保护的功能。因而应根据各个系统工作条件和所需完成的主要工作,正确、合理的选择适宜的耐火材料,以实现功能价值的统一。耐火材料的选择影响因素很多,除了使用价格外,通常应该考虑:

1. 较长的使用寿命。影响因素有:耐火材料的耐火度,高温强度,耐火材料与水泥熟料的化学成分适应性,也就是耐火材料的抗化学侵蚀能力,热震稳定性与煅烧的高温物料的反应结合能力等;

2. 较好的保温效果。影响因素有:保温材料的导热系数,保温材料所容许的工作温度,容许保温材料所占据的空间等;

3. 较简易的砌筑方式和较快的砌筑速度。影响因素有成型耐火材料的加工速度,所需模板的架设是否方便,浇注料的搅拌速度和消耗,浇注料振捣的便捷程度等;

4. 维修速度。除砌筑的方便与否之外,原有耐火材料拆除的时间、重新砌筑的时间以及所需的养护和烘烤时间均在包含范

围内；

5. 通用性比较好，可以从市场上较方便地获得。影响因素有：订货和市场的供应周期，附近工厂的调剂能力，是否有利于工厂减少耐火材料的品种，以确保在最少库存的条件下，取得最佳的保证能力，是否容易保管和储存等。

水泥工厂总是根据自己的生产线规模、原料的易烧性和有害元素含量等具体条件和所在地区的耐火材料市场，综合考虑使用寿命、施工方便等因素，比较总成本和总的收益，性能和价格比，在进行全面的综合比较后最终确定耐火材料的配置方案。因此，有必要具体介绍新型干法水泥生产线中各个煅烧环节的热工特点，以便读者灵活地运用选取耐火材料的原则，有效、经济地完成耐火材料的配置。

## 第二节 预热器及预分解窑炉

### 一、预热器和分解炉的热工特点

预热器及预分解窑炉是在传统的回转窑之前增加一个燃烧及热交换环节，对生料进行预热并使其中的碳酸盐矿物产生约 85% 分解率的热工设备。由于预热器和预分解窑炉是静止设备，使我们可以有较大的空间选用通常强度较低、保温性能较好的材料，加强设备的保温。在分解炉和旋风预热器内，物料是以细小的颗粒状态在高度分散状态下进行热交换的，因而在预热器和分解炉中，具有极高的热交换效率。它的热工制度有如下特点：

1. 在水泥熟料煅烧中，虽然有高达约 60% 的燃料在预分解窑炉中燃烧，但在线预热器和预分解窑炉中，燃料是在与生料混合的状态下燃烧的，壁面烟气温度始终控制在 1 000℃ 以下（由于燃料燃烧和生料的分布处在有序分布的状态，因而即使在部分离线（旁置）式的预分解炉内，虽然有温度高达 1 400℃ 的有焰燃烧，但预分解窑炉的壁面温度仍处在 1 000℃ 以下）。预热器和预分解窑炉的

温度(主要是指设置在设备壁面的热偶测试出的温度),从第一级旋风预热器到第五级预热器和预分解炉依次为:不高于 $450^{\circ}\text{C}$ 、 $650^{\circ}\text{C}$ 、 $750^{\circ}\text{C}$ 、 $900^{\circ}\text{C}$ 、 $1100^{\circ}\text{C}$ 和 $1100^{\circ}\text{C}$ 。

2. 在这样的温度下,煅烧物料基本没有液相出现,基本不存在在结块和烧结。加之系统的热工状态比较稳定,因而预热器和预分解窑炉中耐火材料的配置通常不需过高的耐火度,无需太高的强度;由于预热器和分解炉位于整个热气流流向的尾端,温度变化的频度和幅度均较小,因此也无需对耐火材料的热震稳定性提出过高的要求。

3. 由于预热器和预分解窑炉均为静止设备,可以采用较大的设备外壳,容纳较多的保温和耐火材料,因此在耐火材料的配置上,也可通过选用导热系数较低的保温材料,大幅度降低设备外壳的温度,达到节能的目的。

4. 由于部分预热器和预分解炉形状比较复杂,有锥体,有旋风筒凸出的进风口部位,有内径约数百毫米的下料管和较多的温度测量孔、压力测量孔和压缩空气吹扫孔。在耐火材料的砌筑上,可选用在成型功能上比较灵活的现场成型的耐火浇注料。

5. 在 $800^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 温度范围内是碱金属氧化物发生冷凝沉积的温度带,因此在碱含量较高的原、燃料条件下,预热器在很大范围内,耐火材料将在经受热侵蚀的同时,也要经受得住碱金属氧化物的化学侵蚀。

## 二、预热器分解炉对于耐火材料的要求

上述的热工环境,决定了各级预热器和预分解炉耐火材料的配置,通常应遵循这样的原则:

1. 结构按两层材料配置,外层为导热系数低、强度也较低的保温材料,工作面层为有一定强度的且能够较好抵抗碱性物质侵蚀的耐火材料。

2. 形状复杂处、窑炉的平顶以及小直径的下料管内,多采用耐火浇注料。大面积的直墙考虑到在设备外壳膨胀收缩的交变作

用下较易坍塌,因而多采用增加一定数量有锚固措施的耐火砖,或干脆使用耐火浇注料。而其他部位则考虑施工的进度、耐火材料的重量限制和受工程成本的制约,多采用耐火砖直接砌筑。

3. 对于一、二级旋风预热器,可以综合考虑耐火和保温的耐火材料,常采用黏土质耐碱耐火材料,以降低成本和提高保温效果;三级以下的预热器,应考虑耐火度为 $1100^{\circ}\text{C}$ 以上的耐碱耐火材料。对于耐火材料的强度要求,主要取决于气流的速度,对于气流速度较高处,采用较高强度的耐火材料。

4. 对于有温度、压力等测量孔预埋件处的配置,可采用小范围的耐火浇注料,以利于复杂形状的砌筑。

5. 在碱含量达到一定数量和有可能逐步富集的部位,如分解炉和四、五级旋风预热器,应在满足较高耐火度的前提下,考虑采用砌筑耐碱的耐火材料。

### 三、耐火材料配置的实例

表 1-1 和表 1-2 是国内几个水泥工厂预热器和预分解窑炉的耐火材料设置(其中的硅酸钙保温材料省略)。

表 1-1 国内某700 t/d水泥预分解生产线窑尾系统耐火材料配置

序号	预热器和分解炉	耐火保温材料材质	浇注料材质
1	I级预热器	钢板内衬加耐火纤维	Q-13D 轻质耐碱浇注料
2	II级预热器	NJ-30( $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量约30%的水泥窑用耐碱砖)	Q-13D 轻质耐碱浇注料
3	III级预热器		
4	IV、V预热器	$\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量40%~45%的高强耐碱砖	GT-13NL(高强耐碱浇注料)
5	分解炉上部		
6	分解炉下部	$\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量85%的高铝砖	GJ-15B 高铝质低水泥浇注料
7	窑尾烟室	$\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量约48%的高强耐碱砖	GT-13NL(高强耐碱浇注料)

表 1-2 国内某2 500 t/d生产线预热器与分解炉耐火材料配置

序号	预热器和分解炉	耐火保温材料材质	浇注料材质
1	I级预热器	NJ-30( $Al_2O_3$ 含量约30%的水泥窑用耐碱砖)	GT-13NL(高强耐碱浇注料)
2	II级预热器	NJ-30( $Al_2O_3$ 含量约30%的水泥窑用耐碱砖)	GT-13NL(高强耐碱浇注料)
3	III级预热器		
4	IV、V预热器	$Al_2O_3$ 含量40%~45%的高强耐碱砖	GT-13NL(高强耐碱浇注料)
5	分解炉上部		
6	分解炉下部	$Al_2O_3$ 含量85%的高铝砖	GJ-15B高铝质低水泥浇注料
7	窑尾烟室	$Al_2O_3$ 含量约48%的高强耐碱砖	GT-13NL(高强耐碱浇注料)

德国雷法耐火技术有限公司(Refratechnik GMBH)对于预热器和分解炉耐火材料配置的建议如表 1-3 所示(保温隔热材质和托砖板材质略)。

表 1-3 德国雷法耐火材料有限公司对于预热器和分解炉耐火材料配置的建议

序号	预热器和分解炉	耐火砖材质	浇注料材质
1	I、II级预热器	KX30( $Al_2O_3$ 含量30%的耐磨耐碱砖)	Rcy40( $Al_2O_3$ 含量42%~44%的浇注料)
2	III级预热器		
3	IV预热器		
4	分解炉上部	KX40( $Al_2O_3$ 含量40%~45%的耐磨耐碱砖)	
5	分解炉下部	KX85( $Al_2O_3$ 含量85%或更高的高铝砖)	Rcy50( $Al_2O_3$ 含量55%~57%的浇注料)
6	窑尾烟室	KX30( $Al_2O_3$ 含量30%的耐磨耐碱砖)	Rcy40( $Al_2O_3$ 含量42%~44%的浇注料)

### 第三节 回转窑

回转窑是水泥熟料煅烧的主要设备。新型干法水泥生产线由于回转窑直径更大,产量更高,窑的热力强度更高(虽然有一半的燃料移到窑尾),窑速更快和碱元素富集影响的加剧,使新型干法

水泥厂对回转窑耐火材料的选用与通常的水泥回转窑耐火材料相比,有更高的要求。

### 一、水泥回转窑的机械特点及对耐火材料的强度要求

从窑尾预热到 800℃ 以上,分解率达到约 85% 的生料,进入回转窑之后温度将继续逐步升高,直至 1450℃,从生料煅烧为熟料再离开回转窑进入冷却机。几十米长的回转窑基本可分为 5 个热工段(也可细划分为 6 个热工段)。由于回转窑内耐火材料必须固定在不断旋转的细长的窑筒体上,由于以下原因,应用于水泥回转窑上的耐火材料必须有一定的基础强度。

1. 耐火材料与回转窑壳体之间有一定程度的滑动或滑动趋势,产生一定的摩擦,耐火砖必须具有必要的强度,抵抗摩擦带来的损害。

2. 回转窑从轴向看,不是绝对的刚性体,由于回转窑筒体在支撑点之间的挠度,造成回转窑筒体随着回转窑的运转,出现与旋转同步的周期性弯曲。由于三组托轮的回转窑采用了非静定结构,当各个托轮组因温度差异有不同的膨胀量时,将使窑筒体的同轴度出现偏差,而产生较大的附加载荷。当回转窑因突然停电(在暴雨条件下这种情况将更为严重),造成窑筒体上下受热不均时,回转窑筒体还会因上下膨胀不均出现较大弯曲变形,这种筒体的弯曲也将使回转窑的耐火砖承受较大的挤压应力。这些超额的附加应力将通过窑筒体最终作用在窑衬上。

3. 筒体在径向上看,也并不是绝对的刚性体而始终保持理想的圆周。筒体的变形将使耐火砖承担附加的挤压(由于回转窑的自重和旋转,使回转窑产生周期性的与旋转同步的椭圆化,将使耐火砖承受较大的交变负荷)。设计回转窑设备,加工筒体的钢板在优选时,考虑了运转过程中有一定的变形产生一定的椭圆率。其最大的椭圆率优选为:

$$\text{窑筒体椭圆率 } \omega(\%) = \frac{\text{窑筒体钢板内径 } D(\text{m})}{10}$$

由窑筒体椭圆变形传递到窑内衬耐火砖上的压应力通常由下式计算

$$\sigma_D = \frac{3H}{4R_0^2} \cdot \omega_D \cdot E_D$$

式中  $\sigma_D$ ——压应力(N/mm<sup>2</sup>)；

$\omega_D$ ——窑体的椭圆度(mm)， $\omega_D = 2\omega R_0$ ；

$R_0$ ——窑筒体半径(mm)；

$H$ ——衬砖厚度(mm)；

$E_D$ ——压缩弹性模量(N/mm<sup>2</sup>)。

当轮带和窑筒体垫板之间的间隙较大，轮带对窑筒体的支撑面较小时，就可能造成窑筒体实际椭圆度接近或超出设计极限，而使耐火砖承受较大的挤压应力。

由于以上原因，在回转窑上不能使用强度过低的耐火材料，必须有基础的强度要求。随着回转窑规格的放大，基础强度的要求会相应提高。一般按窑的一定限度的椭圆率要求造成耐火砖的压应力来核准耐火砖的基础强度要求。对于直径为4 m的回转窑，其关系如表1-4所示。

表 1-4 回转窑椭圆率与耐火砖的压应力

椭圆率(%)	椭圆度(mm)	压应力(N/mm <sup>2</sup> )
0.3	12	11.25
0.4	16	15.0
0.5	20	18.75
0.6	24	22.5
0.7	28	26.25

从上表可看出，有效地控制窑筒体的椭圆度，有效地控制回转窑轮带和垫板之间的间隙；注意工厂保安电源的维护，加快突然停电事故时保安电源的切换速度，迅速恢复回转窑的转动，防止回转窑出现过大的挠度，对于延长耐火材料的寿命是很有意义的。我国水泥行业在回转窑设备设计时，其椭圆率通常控制在0.4%，也就是说对于直径4 m的回转窑的耐火砖，其抗压强度最小不能低

于 $15\text{ N/mm}^2$ ,即 $15\text{ MPa}$ 。但实际使用上,以上原则仅仅适用于预热带。由于有些部位耐火砖在初期加热时内外表面温差很大,窑筒体的加热和升温要滞后于耐火砖的温升很长一段时间,使耐火砖还必须承担很大的来自窑筒体的挤压应力和自身不均衡加热的热应力。因此除了预热带以外,其他工作带耐火砖的强度均应远远高于上表所示的水平。

经过几十年的努力,我国不但成功的完成了由 $700\text{ t/d}$ 级生产线 $\Phi 3\times 48\text{ m}$ 回转窑到 $5\,000\text{ t/d}$ 级生产线的 $\Phi 5.6\times 76\text{ m}$ 回转窑生产线的全部工程设计和绝大部分工装设备,耐火材料的配置,也已经形成了完整的系列,实现了耐火材料的全部国产化。各个水泥工厂完全有可能根据原料的差异和工艺的不同,选用适合于本厂特点的耐火材料配置。

## 二、沿轴向分布的回转窑的各个热工带

### 1. 喂料带

喂料带在回转窑尾部,长度大约 $1.5\sim 2.0\text{ m}$ 。主要接受由预热器分解炉系统经过预热和充分预分解的生料。由于这一段的形状为不太规则的锥体,且要与窑尾烟室伸入回转窑的喂料舌头相配合,故宜采用强度较高并耐碱的耐火浇注料砌筑。

由于喂料端和窑尾烟室的喂料舌头需要恰当配合,以减少密封接缝处的物料泄漏,要求尽量减小两者之间的配合间隙。但因二者分属两个设备,分别支撑在两个基础之上,因此,在耐火材料的砌筑上,这个间隙应控制在合理的范围内,充分考虑预留两个设备在膨胀时的安全间隙。

### 2. 预热带

预热带也称为分解带,大约在回转窑的 $12\sim 14D$ 之后的区间。国外资料中也有将预热带细分为预热带和与过渡带相接的安全带,安全带其长度大约为 $2D$ 。

在此区间,生料将进一步被预热。由于碳酸盐的分解逐渐趋于完全,粉状物料中产气量逐步减少,粉状物料流动性越来越



低,被旋转的回转窑的窑面带得越来越高,受热面积则相应变大,热交换效率进一步提高。这一区间由于气流相对于前部而言,温度已经大大下降,而且物料主要以粉状形态存在,因此这一区间一般物料的热负荷较小,固体物料的冲刷和磨损也较轻。加之回转窑的传动系统均配置在这一段,因此在可能的情况下,应选用导热系数较低的耐火材料,如高强的黏土质耐火砖、兼耐耐火与保温的复合砖。如果原料中含有超出规定要求的碱和硫酸盐,由于化学侵蚀的加剧,在耐火材料的配置上,应具备适当的耐火度和抗碱侵蚀能力的等级。中国建筑材料科学研究院针对这一段的热侵蚀和化学侵蚀的特点,开发出耐碱隔热砖 CB-20、CB-30 等,不但有效地抵抗碱沉积的化学侵蚀,也能有效的隔热,这样不仅有效地降低散热,也给回转窑的传动系统创造了一个较好的温度环境。

对于与过渡带相接的安全带,由于温度较高,使用的耐火材料的耐火度和高温荷重软化温度也要相应提高。其品位一般不低于高铝砖。

### 3. 后过渡带

后过渡带(也有称其为上过渡带)长度大约为  $2\sim 4D$ 。这一区间为水泥新型干法生产线的回转窑连接预热带和烧成带的过渡段。在这一区间内,生料中的碳酸盐已经完全分解,生料温度快速升高,并出现一定数量的液相,使几乎完全为粉状物料的生料出现一定的团聚并开始烧结过程,团聚的物料颗粒密度将逐步上升,强度也将相应提高。与此同时,有一定数量的物料黏结在窑壁上,并逐渐增厚形成窑皮,为了将这一段的窑皮与烧成带的窑皮相区别,通常称之为副窑皮。由于这一段物料的温度较低,耐火材料的表面温度也较低,窑皮的强度以及窑皮与回转窑壁面的结合强度均比较低,因此窑皮并不稳定,经常会出现大片的窑皮脱落现象,成为回转窑内大蛋的核心。因此,在过渡带里,回转窑的耐火材料不但有时以裸露的状态暴露在较高温的气流中,承受较大的热负荷和较大范围的温度变化,而且也会不时以裸露的状态,承受已经具有一定强度的熟料颗粒的冲刷。因此在这一区间,耐火材料的配