

水泥工业用 耐火材料技术

高里存 钟黎声 编著

_____ SHUINI
_____ GONGYE YONG
_____ NAIHUO
_____ CAILIAO
_____ JISHU



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

水泥工业用耐火材料技术

高里存 钟黎声 编著

北 京
冶金工业出版社
2009

内 容 提 要

本书主要介绍水泥工业用耐火材料。内容包括:我国新型干法水泥的生产技术现状及发展,新型干法水泥生产线的窑炉系统,耐火材料的性能,新型干法水泥生产线对耐火材料的要求,水泥工业用耐火材料及其进展,新型干法水泥生产线耐火材料的使用等。

本书内容丰富,注重理论与实践相结合,突出其应用性。可供水泥企业的管理、技术人员使用,也可作为高校无机非金属材料专业本科生、大专生试用教材,也可供相关专业科研、技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水泥工业用耐火材料技术/高里存,钟黎声编著.

—北京:冶金工业出版社,2009.10

ISBN 978-7-5024-5023-6

I. 水… II. ①高… ②钟… III. 耐火水泥

IV. TQ172.76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 175979 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 章秀珍 王楠 美术编辑 李新 版式设计 葛新霞

责任校对 卿文春 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-5023-6

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2009 年 10 月第 1 版,2009 年 10 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 6.625 印张;177 千字;203 页;1-2000 册

22.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号{100711} 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

随着水泥工业的结构调整,新型干法生产线已逐步发展成为水泥生产中的主导窑型。2008年,全国水泥行业新型干法生产线达934条以上,新型干法水泥产量占总产量13.88亿吨的62%,2009年新型干法水泥产量比例将超过70%。新型干法水泥生产线的发展,对耐火材料的质量提出了更为复杂和苛刻的要求。由于窑内热负荷增加,热应力、机械应力、化学侵蚀以及物料磨损增大,窑衬寿命降低,砖耗加大,致使耐火材料用量增大及检修费用增多,且停机减产损失更大。随着水泥预分解窑生产线规模的扩大,一条窑耐火材料的损坏,往往造成数十万元的直接经济损失和上百万元的间接经济损失(由于停产和重新点火)。特别是20世纪90年代以来,随着预分解技术日趋成熟和生产大型化,窑系统高温部位温度提高,入窑生料分解率增加,窑速加快等对耐火材料提出更高的要求,同时,随着环保要求的提高,对耐火材料成分及品质也制定了新的规范,促使各种新型耐火材料向着优质化、长寿化和环保化方向发展。同时,也要求新型干法生产线进一步加强管理,改进操作,进一步降低耐火材料消耗。因此,水泥生产企业科技人员应更多地了解耐火材料的原料、性能特点、蚀损机理及使用等知识,以便更好地使用耐火材料。

如何有效延长耐火材料的使用寿命,是水泥生产企业共同面临的课题。这不仅关系到耐火材料的直接消耗量,而且对生产线的运转率、生产成本进而对企业经济效益都将产生重大影响。在水泥厂从事耐火材料使用与管理的科技人员,一般对耐火材料知识了解较少,但却要管理、使用耐火材料。耐火材料企业的科技人员对新型干法水泥生产线窑炉系统也不甚了解。因此,编著本书,使水泥厂的技术人员了解耐火材料,耐火材料厂的技术人员了解水泥工业的窑炉工况和窑衬损坏原因,从而达到合理选择、

施工、烘烤及使用耐火材料的目的,承担起水泥企业耐火材料的选用与配套、施工与烘烤、运行与维护的责任,提高耐火材料的使用周期,延长窑系统的运转率,从而提高水泥企业的生产效率和经济效益。

本书由高里存、钟黎声编著。具体分工为:前言、第1章、第3章、第4章、第5章、第6章由高里存撰写;第2章由钟黎声撰写;全书由高里存统稿定稿。

本书主要是在参考了有关文献资料的基础上,结合编者多年教学与科研工作的经验编写而成。在此谨向所有文献资料作者表示衷心感谢!限于篇幅,所有参考文献未能悉数列出,祈请未予列入的作者谅解,并深致歉意。

感谢陕西省重点学科建设专项资金项目对本书出版的资助。

由于编者学识所限,不当之处,敬请专家和读者批评指正。

编 者

2009年8月20日

于西安建筑科技大学

目 录

1 我国新型干法水泥生产技术的现状及发展	1
1.1 新型干法水泥生产技术的现状	2
1.1.1 原料均化技术	2
1.1.2 预分解窑节能煅烧工艺和技术装备	3
1.1.3 节能粉碎粉磨技术与装备	4
1.1.4 自动控制技术	6
1.1.5 环境保护	7
1.1.6 2500t/d 和 5000t/d 级生产线	7
1.2 新型干法水泥生产技术的发展方向	9
1.3 新型干法水泥生产线工艺流程	13
2 新型干法水泥生产线的窑炉系统	14
2.1 悬浮预热器和预分解窑炉	15
2.1.1 悬浮预热器的发展和工作原理	16
2.1.2 分解炉的发展和工作原理	23
2.2 回转窑	37
2.2.1 回转窑的功能和发展	37
2.2.2 回转窑的结构	39
2.2.3 回转窑的工作原理	43
2.3 熟料冷却机	46
2.3.1 熟料冷却机的发展	46
2.3.2 熟料冷却机的结构与工作原理	49
2.4 燃料燃烧器	57
2.4.1 燃烧器的发展	57
2.4.2 燃料燃烧器的工作原理	58

2.4.3 典型燃烧器的结构	59
3 耐火材料的性能	63
3.1 耐火材料的化学矿物组成	63
3.1.1 化学组成	63
3.1.2 矿物组成	65
3.2 耐火材料的组织结构	67
3.2.1 显气孔率	68
3.2.2 密度	70
3.2.3 吸水率	71
3.2.4 透气度	71
3.3 耐火材料的热学性质	72
3.3.1 热膨胀	72
3.3.2 热导率	73
3.4 耐火材料的力学性质	74
3.4.1 常温耐压强度	75
3.4.2 抗折强度	75
3.4.3 耐磨性	76
3.5 耐火材料的高温使用性质	77
3.5.1 耐火度	77
3.5.2 荷重软化温度	78
3.5.3 抗热震性	80
3.5.4 重烧线变化	82
3.5.5 抗渣性	83
3.6 耐火砖的挂窑皮性能	85
4 新型干法水泥生产线对耐火材料的要求	87
4.1 新型干法水泥生产线的特点	87
4.2 窑炉系统耐火材料承受的应力	89
4.2.1 热应力	89

4.2.2	机械应力	94
4.2.3	化学侵蚀	102
4.3	生产线装备耐火材料承受的应力	108
4.3.1	不动设备	108
4.3.2	回转窑	109
4.3.3	窑内衬料应力的变化	110
4.4	新型干法水泥生产线对耐火材料的要求	111
4.4.1	易于挂好窑皮并保护好窑皮	112
4.4.2	良好的抗化学侵蚀能力	112
4.4.3	良好的抗热震性	112
4.4.4	足够的荷重软化温度和耐火度	113
4.4.5	具有较低的热膨胀率	113
4.4.6	良好的力学强度	113
4.4.7	合适的气孔率	114
5	水泥工业用耐火材料及其进展	115
5.1	水泥工业常用的耐火材料	115
5.1.1	黏土质耐火材料	115
5.1.2	耐碱砖	117
5.1.3	高铝质耐火材料	119
5.1.4	刚玉质耐火材料	128
5.1.5	隔热耐火制品	129
5.1.6	镁质耐火材料	134
5.1.7	白云石质制品	144
5.1.8	不定形耐火材料	146
5.2	窑炉系统用耐火材料的选择	161
5.2.1	窑口	161
5.2.2	下过渡带	163
5.2.3	烧成带	163
5.2.4	上过渡带	164

5.2.5	预热带	165
5.2.6	喂料带	165
5.2.7	预热器和分解炉	166
5.2.8	窑门罩	166
5.2.9	篦式冷却机	166
5.3	新型干法水泥生产线耐火材料应用实例	167
5.3.1	2500t/d 预分解窑用耐火材料的选择、设计	167
5.3.2	5000t/d 预分解窑用耐火材料的选择、设计	171
5.3.3	新型干法水泥生产线耐火材料目前配置	172
5.4	水泥工业用耐火材料的进展	175
5.4.1	国外无铬碱性砖的进展	176
5.4.2	国内无铬碱性砖的进展	180
5.4.3	不定形耐火材料的进展	184
6	新型干法水泥生产线耐火材料的使用	186
6.1	砖型的选择	186
6.2	耐火材料的施工	187
6.2.1	耐火材料的质量保证	187
6.2.2	耐火砖的施工	188
6.2.3	砌筑质量的保证	191
6.2.4	耐火浇注料的施工	192
6.3	耐火材料的烘烤与冷却	194
6.4	水泥窑用耐火材料的使用	197
6.4.1	窑皮的黏挂及保护	197
6.4.2	提高窑炉系统运转率	198
6.4.3	稳定回转窑的热工制度	199
6.4.4	窑炉系统耐火材料失效的紧急处理	200
	参考文献	202

1 我国新型干法水泥生产技术的现状及发展

新型干法水泥生产技术的问世与发展,为水泥生产线大幅度提高产量和降低能耗提供了技术保障。1970年,我国就开始了对新型干法水泥生产技术研究,几乎与德国和日本在同一个时期起步。在研究、引进、消化国外先进技术的基础上,我国先后建成了一批700~4000t/d不同规模的现代化水泥生产线,为新型干法水泥工艺技术和装备的国产化奠定了坚实的物质基础。20世纪年代中期,我国天津、南京、成都、合肥四大水泥工业设计院对新型干法水泥生产技术展开了“优化设计、低投资、国产化”工作。1993年,吉林双阳水泥厂2000t/d水泥熟料生产线建成投产,投产后很快实现达标达产,标志着我国自主开发的预分解窑技术已经成熟。20世纪初,技术水平更高的5000t/d熟料生产线又开发成功,掀起了我国新型干法水泥生产线的建设新高潮,新建生产线一般都能在很短的调试期后达标、达产。到目前为止,我国已实现了4000~6000t/d熟料新型干法水泥生产线成套装备基本自给,规模生产线的装备国产化率达到90%,装备的性能也达到了国际先进水平。其中海螺建成的4条日产万吨生产线已经成功投产运行多年。2008年末,我国已经建成投产的新型干法窑934条,熟料产能达7.8亿吨,新型干法水泥占到了总产量的62%。2008年已经开工建设但尚未投产的还有近100条生产线,到2009年末预计新型干法窑的熟料产能接近9亿吨。2000~2500t/d和4000~5000t/d预分解窑目前我国新型干法水泥生产线的主流窑型。2008年我国2000~2500t/d生产线323条,生产能力占总产能的31.61%;4000~5000t/d生产线221条,生产能力占总产能的43.5%;6000~6500t/d生产线14条,生产能力占总产能的3.49%;7200t/d以上生产线6条,生产能力占总产能的2.26%;

700~1800t/d 的小型新型干法生产线 345 条,生产能力占总产能的近 16%。

1.1 新型干法水泥生产技术的现状

新型干法水泥生产技术代表着当今世界水泥生产的潮流,其生产能力已达到世界水泥生产能力的 60% 以上。20 世纪 80~90 年代中期,我国引进一批 3000t/d、4000t/d 生产线,与此同时,进行国产化 4000t/d 生产线装备的开发。冀东二线国产化 4000t/d 生产线的成功运用,不但降低了工程投资,而且为更大规模的国产大型化装备的开发积累了经验。

20 世纪 90 年代以来,一些大型化生产线相继在国内建成投产。如山东大宇 7200t/d 熟料生产线及华新 5000t/d、京阳 5500t/d 生产线。这些生产线以其生产稳定、产品质量好、运行成本低,在国际、国内的产品市场占有了一定的份额,并显示出强劲的市场竞争力。这些生产线的投产和稳定运行,标志着我国水泥装备现代化、大型化技术已成熟。

1.1.1 原料均化技术

新型干法水泥生产产品质量得以保证的关键是原料均化技术的应用。已投入应用的技术装备如下:

(1) 矿山设计采用矿化模型系统(CQMS)。以此制定的搭配开采方案保证了所开采的矿石中的主要成分的稳定性,同时也为低品位矿石的有效利用创造了条件。

(2) 原料预均化技术已在我国得到广泛应用,其工艺与设备日益发展和完善;预均化效果不断提高;堆、取料各个环节实现了自动控制;减小了原料的短期和长期波动;堆场占地面积逐渐减小;节约了大量天然资源和能源等。开发出的圆形、长形原料预均化堆场,可根据建设条件灵活运用,设置具有良好均化效果的原燃料预均化堆场。国内已具备提供满足不同生产规模的预均化堆场技术装备的条件(圆形堆场直径可达 110m;矩形堆场跨度

达 50m,可满足 2000~10000t/d 级规模生产线的需要)。

(3)配置计量精确的块状和粉状物料计量装置,并通过质量控制系统及时调整各种原料的喂料比例,确保出磨生料和水泥的合格率。

(4)生料均化技术由间歇式空气搅拌库逐步发展到投资省、操作简单、电耗低的连续式均化库。采用高均化效果、低耗电和高卸空率的生料均化库(H 值达 8 以上,电耗约 $0.25\text{kW}\cdot\text{h/t}$,卸空率大于 98%),确保入窑生料的合格率。

1.1.2 预分解窑节能煅烧工艺和技术装备

(1)成功研发出具有自主知识产权的新型高效、低阻、低 NO_x 的预分解系统,主要技术指标达到国际先进水平,全面提升了中国新型干法水泥熟料烧成系统的国产化、大型化技术水平。通过系统实验研究,开发了系统压损在 4000~4800Pa 的高效、低压损的五级旋风预热器系统。目前已投入生产运行的有 2000t/d、2500t/d 的单系列和 2500t/d、3200t/d、5000t/d 的双系列。同时,预热器内筒、锁风阀、耐火材料等的改进确保了熟料煅烧系统的可靠性和热耗的降低。

(2)通过对各种燃煤(包括无烟煤、低热值煤和含高硫煤等)的燃烧特性及在窑炉工况条件下的燃烧机理研究和工业实验,开发出实用可靠的适合于燃料特性的煅烧技术和装备,为资源的综合利用和降低运行成本创造了条件。该项技术目前已得到推广。

(3)为满足不同规模生产线建设的需要,开发设计了回转窑系列产品,包括二支承和三支承的回转窑,其中三支承窑的最大规格为 $\phi 5.0\text{m}\times 74\text{m}$,可满足 5000~6000t/d 规模生产线的需要。

(4)在吸收国外先进技术的基础上,中国已自行开发出了第三代控制流篦式冷却机。采用空气梁供风、高阻力篦床、入料均匀分配、厚料层、脉冲分风及合理的配风等新技术,已广泛地用在日产 700~5000t/d 熟料生产线上。解决了厚层篦式冷却机冷风不易均匀透过料层的技术难点,冷风和高温熟料进行激烈的换

热:一方面有利于熟料快速冷却;另一方面提高了二次、三次风温度,篦式冷却机的热效率已提高至 74% 以上,且运转率大幅度提高。开发并推广了第三代 TC 系列空气梁熟料篦式冷却机。该技术使熟料冷却风量下降至 $1.6 \sim 1.8 \text{ m}^3/\text{kg}$ 熟料,热回收效率提高到 74% 以上,设备可靠性确保了烧成系统的运转率在 90% 以上。

(5) 开发了可适应不同性能材料(包括无烟煤)燃烧的燃烧器系列,一次风量降至 10% 以下,具有对燃料适应能力强、调节灵活、有利于保护窑皮及延长衬料使用周期等显著优点。燃烧器的发展趋势是紧跟当今世界工业发展的两大主题——节能和环保,主要体现在:一次风量小,可烧劣质燃料,耐磨损、耐变形,低 NO_x 排放。国内已开发应用了三风道、四风道的多通道煤粉燃烧器,以及燃烧两种以上燃料的五风道的多通道燃烧器。

(6) 不带补燃炉的纯低温余热发电技术已取得突破,并已在多家水泥厂应用。水泥窑纯低温余热发电,完全利用水泥熟料生产过程中产生的废气余热作为热源,整个热力系统不燃烧任何一次能源,可有效地减少水泥生产过程中的能源消耗,具有显著的节能效果。同时,废气通过余热锅炉降低了排放的温度,还可有效地减轻水泥生产对环境的热污染,具有显著的环保效果。

1.1.3 节能粉碎粉磨技术与装备

(1) 粉碎技术与装备。原料的单段破碎工艺具有破碎比大、物料不易堵塞、维修方便、电耗低、工艺流程简单等优点。经过多年的努力,目前已开发出台时产量从 $80 \sim 1800 \text{ t/d}$ 的不同形式的石灰石单段破碎机,并已投入运行。适合于黏性物料破碎的齿辊式破碎机的最大产量已达 $350 \sim 400 \text{ t/d}$;破碎高磨蚀性和难破碎性物料的破碎工艺和技术装备也已成熟,可满足工程建设需要。

(2) 原料烘干粉磨系统。根据原料的易磨性、磨蚀性和烘干的不同要求,分别开发了管磨、辊磨系统。

1) 带组合式高效选粉机的钢球磨系统(管磨系统)对原料的易磨性和磨蚀性的适应性较广,运行可靠。新近开发的 TLS 型组

合式高效选粉机因其分离效率高、产品细度调节灵活、结构紧凑等优势,使系统产量提高,电耗降低,同时简化了流程,降低了基建投资。新近开发的管磨机采用了双滑履支撑,配用了先进的边缘滑动装置。其规格已能满足 3000t/d 和 5000t/d 级生产线的要求。

2) 辊式磨系统。在原料适合的前提下,与管磨机相比,辊式磨具有流程简单、节电和烘干能力强等优点。近年来,随着材料工业和机械加工工业的发展,科研设计和装备制造单位在消化吸收国际先进技术的基础上开发出国产化的新一代辊式磨(改善磨辊结构,加快磨盘转速,采用先进可靠的液压装置,提高磨辊压力,配置高效选粉机,采用外循环设计),使磨机的可靠性和易损件使用寿命得以保证(在正常原料条件下辊套和衬板的寿命可达一年半以上),节电效果进一步提高。生料制备已由过去球磨机为主逐步发展为高效率的立式磨为主,生料制备电耗明显降低。

目前,国内已具备提供满足 5000t/d 级以下规模水泥生产线的生料和煤粉制备用的辊式磨系列产品的条件(对于 5000t/d 级的原料磨需引进部分关键部件)。

(3) 水泥粉磨系统:

1) 管磨闭路系统。由高效笼型选粉机、高效布袋收尘器和管磨机组成的水泥粉磨系统,被认为是高新技术对传统流程进行改造的最好实例之一。系统按生产 ISO 标准水泥产品的要求进行配置,管磨机采用了双滑履支撑,并配用了先进的边缘转动装置;第三代笼型高效选粉机的选粉效率在 80% 以上;高效布袋收尘器确保在进口含尘达 $800\text{g}/\text{m}^3$ 的条件下净化气体含尘小于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 。系统在运转可靠的前提下,实现了高产低耗。目前已投入运行的系统能力为 $40\sim 100\text{t}/\text{h}$ (以 $\text{PO}42.5$ 计)。

2) 辊压机系统。辊压机作为预粉磨或半终粉磨过程的主机装备,其技术可靠性和节电优势已为广大用户所认知和接受。与管磨系统相比其粉磨电耗可降低 25%。

近年来,国产辊压机解决了机体振动、辊磨面损大、寿命

短、自控不协调、液压系统调节不灵活等技术问题,并已形成系列,最大规模能满足半终粉磨系统 160t/h 产量的配套要求。随着挤压粉磨系统工艺与设备的不断完善、不断大型化,已经形成以辊压机为中心、各种新型设备组合成为优势互补的多种粉磨新工艺,如预粉磨系统、混合粉磨系统、联合粉磨系统、半终粉磨系统等。其技术水平达到了 20 世纪 90 年代末期的国际先进水平。挤压粉磨系统已成为水泥粉磨的首选方案,在全国普遍推广应用,最大规格已能满足与 5000t/d 熟料新型干法水泥生产线配套。

3) 钢球磨机大型化及其匹配设备的优化改进和提高,不仅提高了单机生产能力,满足了水泥生产线单线规模不断扩大的需求,而且有效提高了粉磨效率。

4) 在球磨机开流粉磨水泥的系统中,采用微型研磨体的高细高产磨得到广泛推广。高细高产磨技术在磨机仓位设计、磨内筛分、研磨体配比等方面已形成了自己的特色,开辟了广泛的应用市场。在水泥、超细矿渣、超细粉煤灰等生产中,这种开流粉磨系统已经可以达到或接近闭路系统的效果,而投资和运行成本则可以大幅度降低。

5) 采用新型耐磨材料,改善磨机部件材质,不断提高磨机综合效率和使用寿命。

1.1.4 自动控制技术

新型干法水泥生产工艺线整个流程有近 1000 台电动机和阀门,数百台机械设备以及上千个开关量,数百个模拟量测点和数十个调节回路。为保证稳定运行和优良的产品质量,需要通过自动控制来完成。

近年来,我国广泛采用国际上先进的计算机控制技术、通信技术和图形显示技术,采用分散控制、集中管理的集散型控制系统(DOS),并开发运用了工厂生产管理信息系统(PMIS),实现了系统的可靠、安全和实用的目标。

1.1.5 环境保护

新型干法水泥生产过程作为几乎无污染和生态友好的实践,近年来受到了社会的普遍关注。作为传统水泥生产的主要污染源(粉尘、废水和废气)已得到系统的治理:粉尘排放远低于国家标准允许的排放限度;废水实现了零排放;有害气体(NO_x)的排放也得到了有效的控制。水泥工作者们经过长期不懈努力,研制出的环境保护工艺与设备已完全能够满足粉尘以及 SO_2 、 NO_x 达标排放。如:北京水泥厂的 2000t/d 熟料新型干法水泥生产线,被国家环保总局确定为“环保教育基地”,国外一家杂志社载文称之为“生态友好型水泥厂”。

都江堰拉法基水泥厂的 4000t/d 熟料新型干法水泥生产线,全厂 85 个粉尘排放点粉尘排放浓度全部低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$,达到了欧洲标准。

新型干法水泥生产在最大限度利用工业废渣作为原燃料的同时,在利用工业和生活垃圾等方面具有极大的发展前景。回转窑焚烧可燃废弃物和有毒有害物、工业及生活污水的研究已取得很大进展,其技术已在几家水泥厂应用,北京水泥厂的焚烧有毒有害废弃物示范工程已经完成。

1.1.6 2500t/d 和 5000t/d 级生产线

2500t/d 和 5000t/d 级生产线技术装备基本配置见表 1-1。

表 1-1 2500t/d 和 5000t/d 级生产线技术装备基本配置

序号	车间名称	主机名称	2500t/d 生产线			5000t/d 生产线		
			性能指标	能力 $/\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	数量	性能指标	能力 $/\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	数量
1	石灰石破碎	锤式破碎机	进料量: $<1.5\text{m}^3$ 出料粒度: $<10\%$ R70mm	500	1	进料量: $<1.5\text{m}^3$ 出料粒度: $<10\%$ R70mm	700	1

续表 1-1

序号	车间名称	主机名称	2500t/d 生产线			5000t/d 生产线		
			性能指标	能力 $t \cdot h^{-1}$	数量	性能指标	能力 $t \cdot h^{-1}$	数量
2	石灰石预均化	堆料机	悬臂或顶部小车式	500	1	悬臂或顶部小车式	700	1
		取料机	桥式刮板	250	1	桥式刮板	450	1
3	煤破碎	环锤式破碎机	进料粒度: <300mm 出料粒度: <30mm	100	1	进料粒度: <300mm 出料粒度: <30mm	200	1
4	煤预均化	堆料机	悬臂或顶部小车式	100	1	悬臂或顶部小车式	200	1
		取料机	刮板式	60	1	刮板式	100	1
5	石膏破碎	锤式破碎机	进料粒度: <400mm 出料粒度: <30mm	50	1	进料粒度: <400mm 出料粒度: <30mm	80	1
6	原料粉磨	辊式磨	入磨水分: 正常 4% ~ 5% 入磨粒度: <10% R70mm 最大为 250mm 出磨水分: <0.5% 成品细度: <12% R80 μ m	195	1	入磨水分: 正常 4% ~ 5% 入磨粒度: <10% R70mm 最大为 250mm 出磨水分: <0.5% 成品细度: <12% R80 μ m	380	1
7	煤粉制备	辊式煤磨	入磨水分: <10% 出磨水分: <1% 入磨粒度: <50mm 成品细度: <12% R80 μ m	20	1	入磨水分: <10% 出磨水分: <1% 入磨粒度: <50mm 成品细度: <12% R80 μ m	38	1
8	熟料烧成	五级旋风预热器	单系列 C ₁ : 2- ϕ 4.7m C ₂ : 1- ϕ 6.6m C ₃ : 1- ϕ 6.8m C ₄ : 1- ϕ 6.8m C ₅ : 1- ϕ 7.0m	2500t/d	1	双系列 C ₁ : 4- ϕ 4.5 C ₂ : 2- ϕ 6.4 C ₃ : 2- ϕ 6.6 C ₄ : 2- ϕ 6.6 C ₅ : 2- ϕ 6.8	5000t/d	1
		分解炉	ϕ 5.6m		1	ϕ 7.4m		1
		回转窑	ϕ 4m $\times$ 60m		1	ϕ 4.8m $\times$ 72m		1
		充气梁篦式冷却机	篦床有效面积: 61m ² 出料温度: 65℃ + 环境温度		1	篦床有效面积: 119m ² 出料温度: 65℃ + 环境温度		1