

第三章 建材（筑）行业

案例24.

建材企业能效管理系统

建材企业能效管理系统

——水泥行业清洁生产关键共性技术案例

技术来源：中国建筑材料工业规划研究院

北京贝之瑞系统

控制技术有限公司

技术示范承担单位：北京水泥厂有限责任公司

项目背景

水泥生产企业数量 (家)	水泥产能 (亿吨)	水泥产量 (亿吨)	新型干法 生产线数 量(条)	标准煤消 耗量 (亿吨)
3492	30.7	22.1	1637	1.76

存在问题

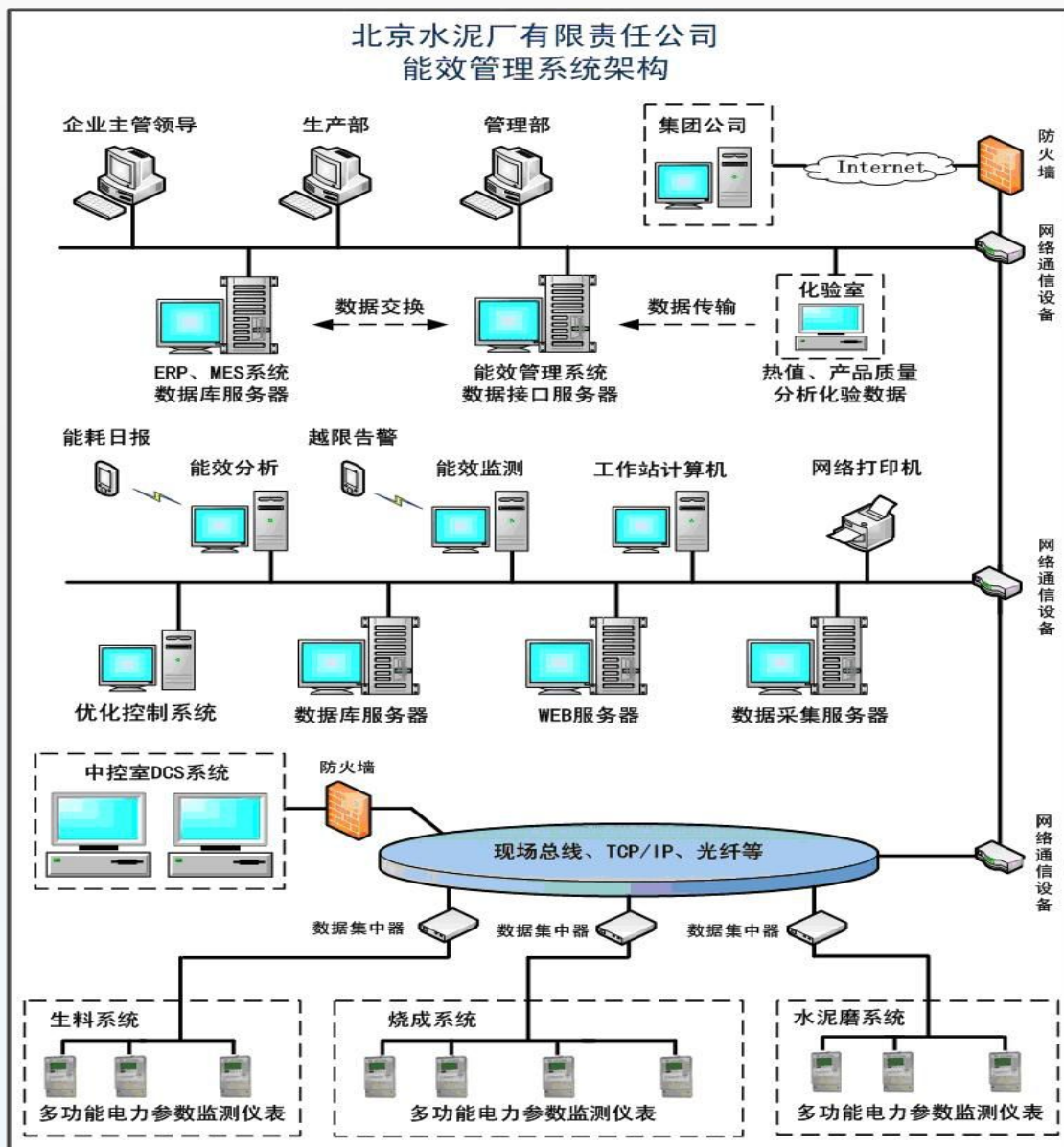
- 能效分析缺乏可靠依据
- 非正常启停机操作
- 设备处于非满负荷运行状态
- 设备空开情况
- 设备之间的非匹配运行

能效管理系统

- 在线监测
- 能效对标
- 专家系统
- 统计分析

水泥能效管理系统

基本原理：能效管理系统是一种管理理念和管理体系，以降低能源消耗、提高能源利用效率为目的，利用系统的思想和过程方法，结合管理流程、生产组织、工艺调整，对能源生产、输配、消耗等环节实施集中化、扁平化、全局化管理。



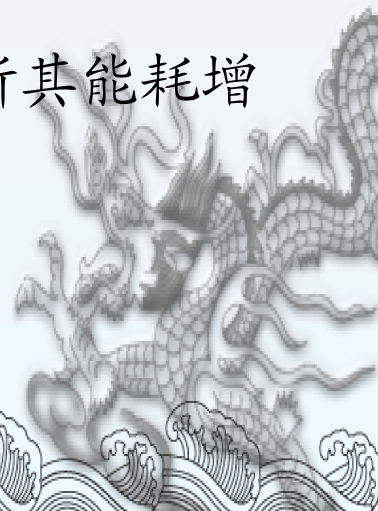
水泥能效管理系统

技术创新点

本系统具有强大的对水泥生产过程中出现

的能耗超标问题的分析诊断功能。在可视化界面引导下将超标能耗数据分解到工序、生产环节和大型能耗设备的能效指标上，通过逐级查找确定发生耗能问题的具体环节及产生原因提供技术手段。

- 能够及时对所有用能设备的能耗数据自动生成报表
 - 能够深入对各个用能单元进行能效考核
- 实现生产能耗在线监测和及时报警
- 能够对所有数据进行查询并分析其能耗增减原因
 - 从能源管理向能效管理的提升



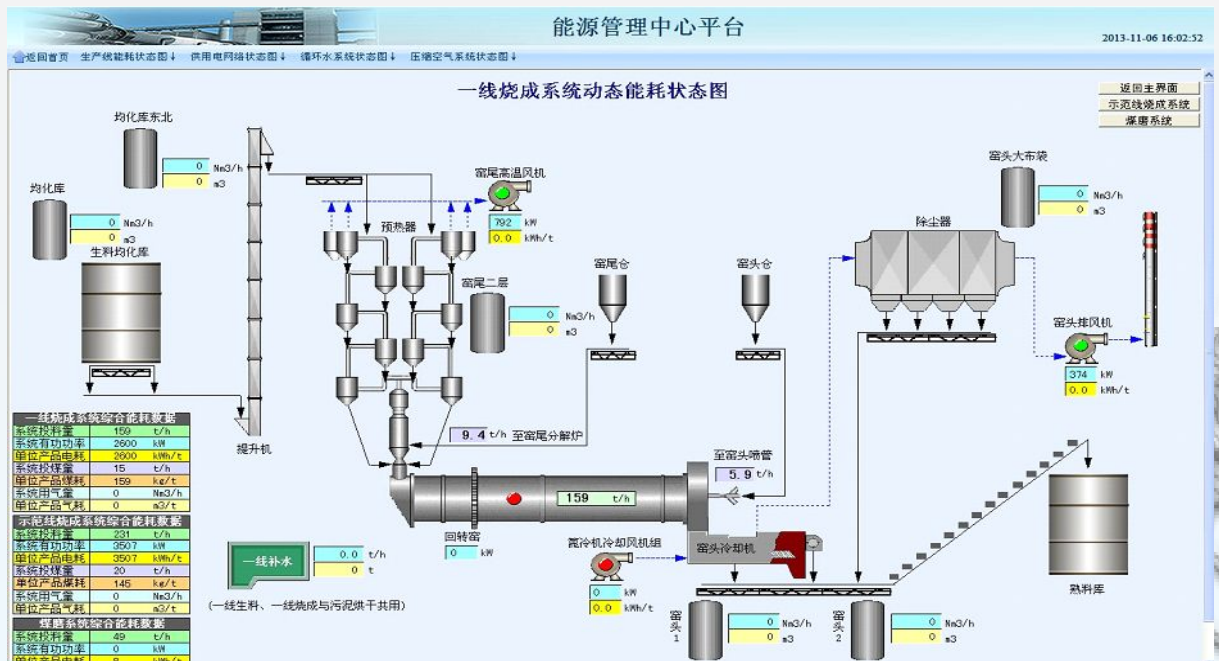
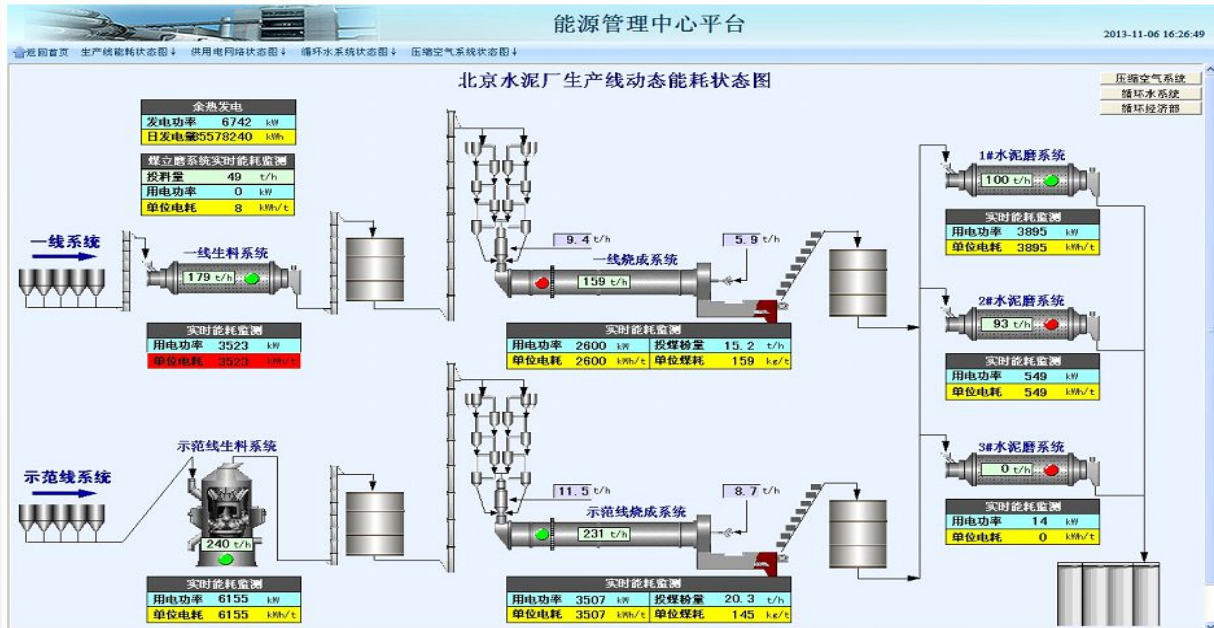
示范工程项目简介

北京水泥厂有限责任公司作为金隅集团水泥板块的主要企业之一，拥有国内首套自主研发、具有自主知识产权的依托水泥窑处置工业废弃物的环保示范线，年产水泥**200**万吨，年可处置城市废弃物**10**万吨，承担着节能减排和资源综合利用的重要使命。公司于**2012年10**月开始建设能效管理系统。



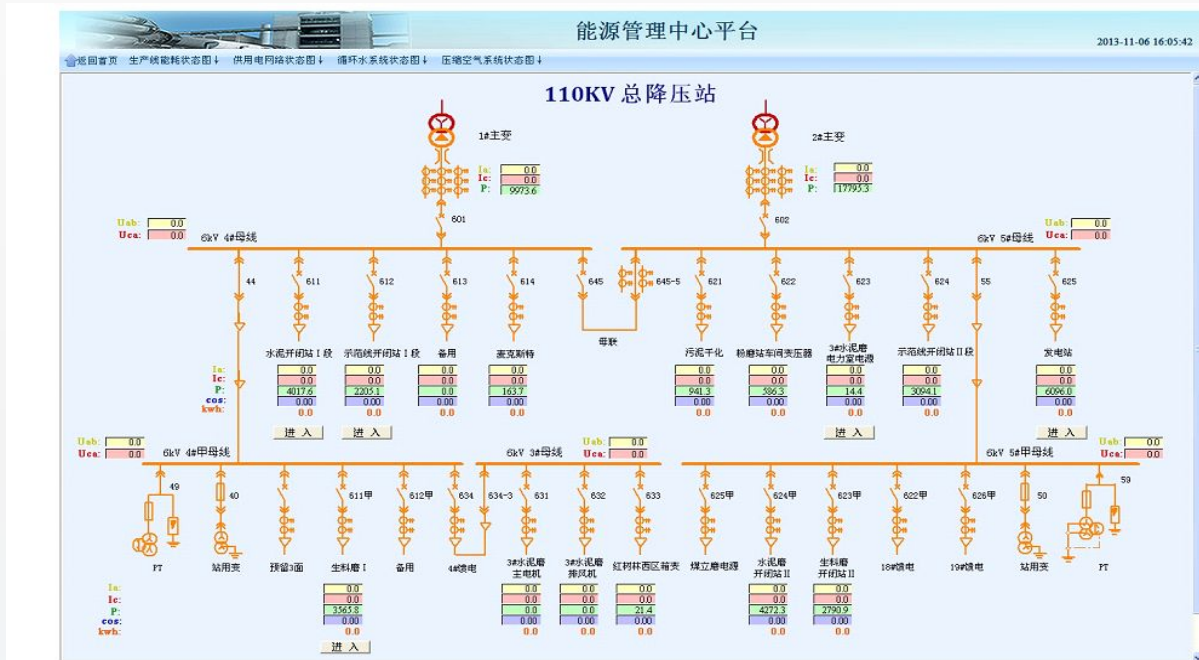
示范工程项目简介

能源管理中心的在线监测、报警功能：对生产过程中实时能耗和能效数据进行在线监测，并具备越限报警



示范工程项目简介

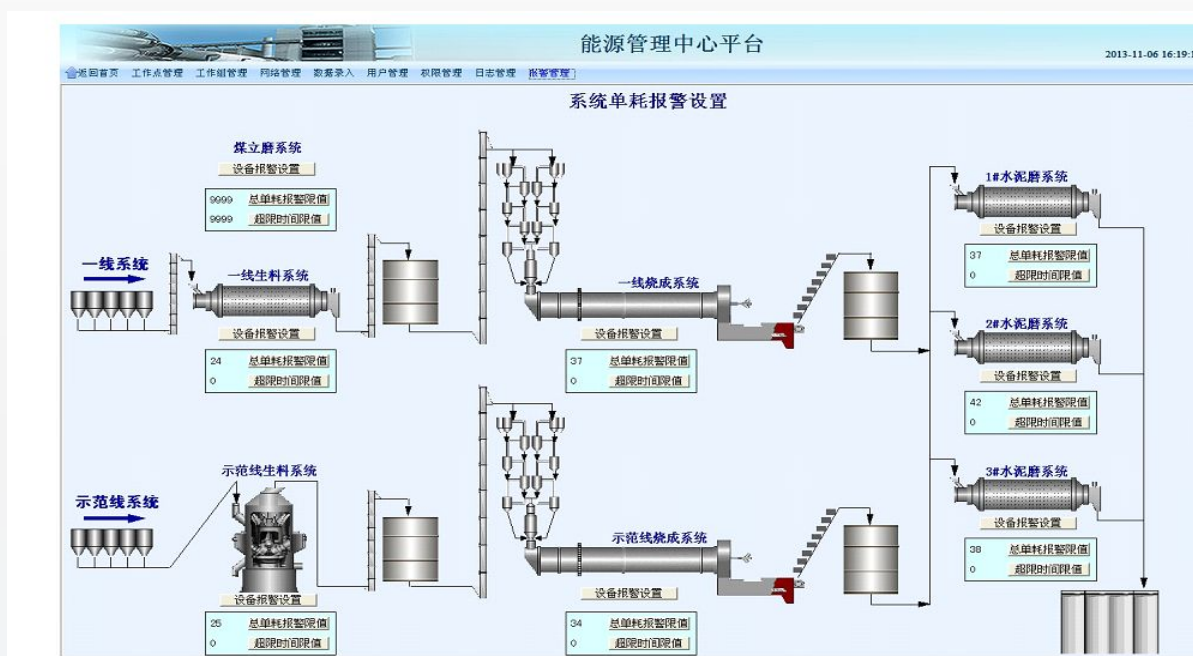
能源管理中心的在线监测、报警功能



- ◇ 对公司高低压供用电网络主、次干线的用电参数进行在线监测，并可实现对参数超标和异常情况的报警。

示范工程项目简介

能源管理中心的在线监测、报警功能



- 对主要设备和变压器运行情况进行监测，计算主要设备和变压器是否处于经济运行状态，并对设备的空载、轻载、故障、非正常启停等异常情况进行报警和记录

示范工程项目简介

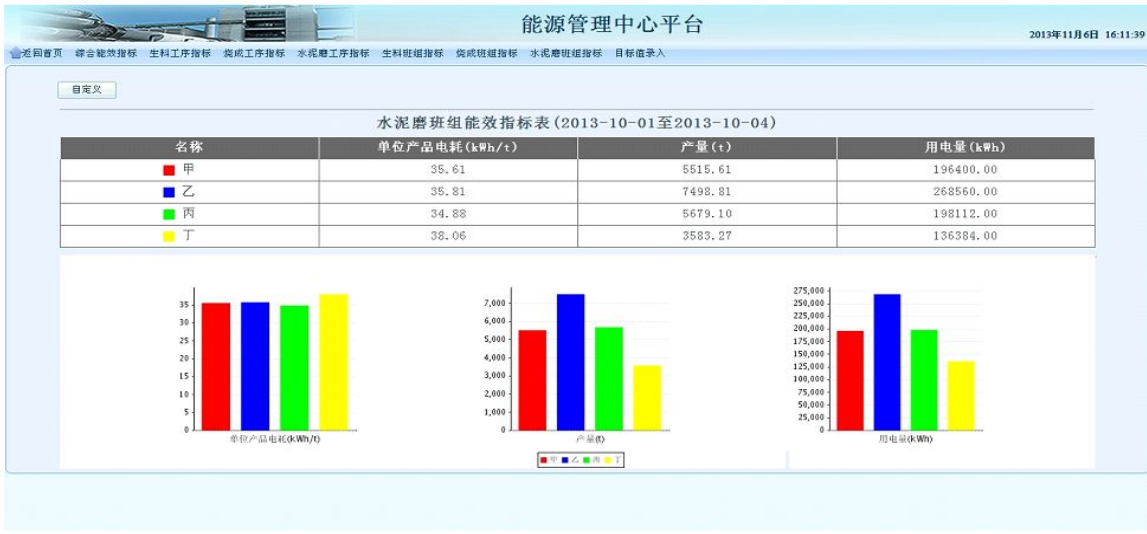
能源管理中心的考核功能



- 此项功能的宗旨就是建立完善的“企业-车间-工段-班组-岗位”五级能效考核管理体系。

示范工程项目简介

能源管理中心的考核功能



示范工程项目简介

能源管理中心的统计报表功能

能源管理中心平台 2013年11月6日 16:12:33

综合能耗数据 分步能耗指标表 生料能耗数据 烧成能耗数据 水泥磨能耗数据 循环经济能耗数据 循环经济数据录入 电量数据汇总表 电量数据查询 煤量数据查询

报表参数设置 日报表 月报表

能源消耗统计表(2013-10-01至2013-10-04)

名称	单位产品电耗(kWh/t)	产量(t)	用电量(kWh)	用煤量(t)	综合能耗(kgce)
一线生料系统	24.17	9433.91	227984.00		28019.23
示范线生料系统	23.46	16651.07	390648.00		48010.64
一线烧成系统	23.89	7117.87	170052.00	973.00	715913.31
示范线烧成系统	26.98	9645.29	260224.00	1013.00	755567.44
1#水泥磨系统	30.08	6138.88	184672.00		22696.19
2#水泥磨系统	45.02	4448.41	200276.00		24613.92
3#水泥磨系统	35.91	12153.83	436424.00		53636.51
煤立磨系统	17.53	1887.00	33072.00		4064.55
污泥干化系统	0.00	0.00	0.00		0.00
固废处理系统	一线污泥泵	0.00	0.00		0.00
	二线污泥泵	0.00	0.00		0.00
	成浆	0.00	0.00		0.00
全厂用水量		0.00(t)	全厂用气量		0.00(m ³)

能源管理中心平台 2013年11月6日 16:13:06

综合能耗数据 分步能耗指标表 生料能耗数据 烧成能耗数据 水泥磨能耗数据 循环经济能耗数据 循环经济数据录入 电量数据汇总表 电量数据查询 煤量数据查询

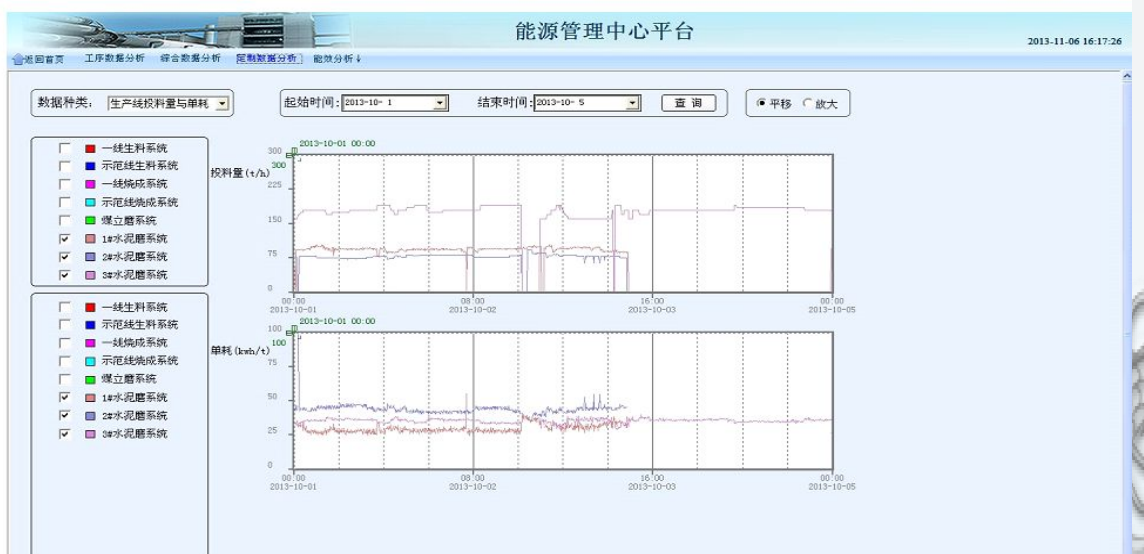
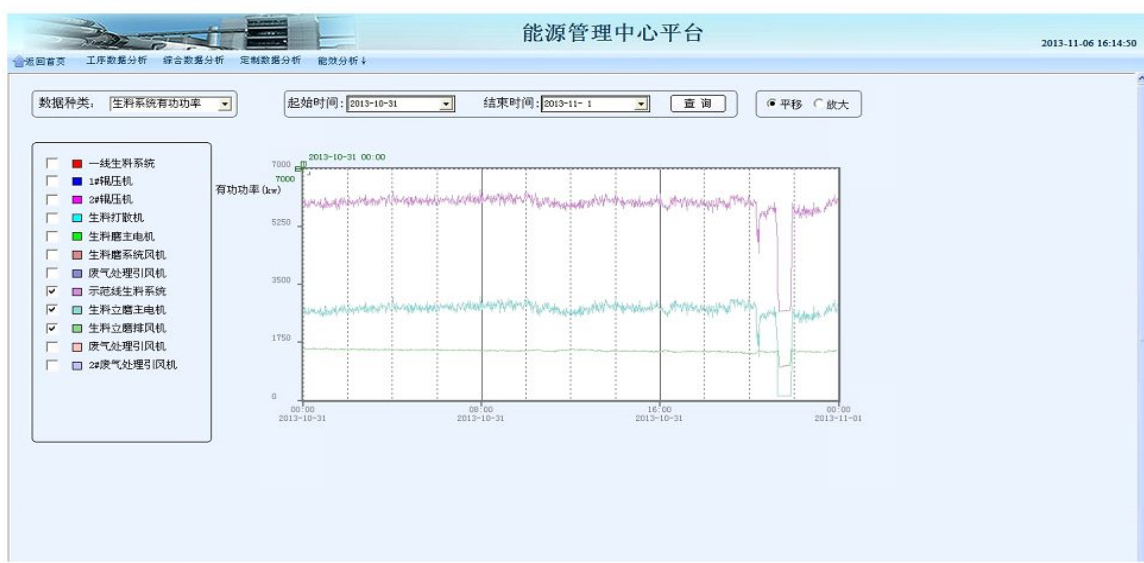
报表参数设置 日报表 月报表

分步能耗指标表(2013-10-01 至 2013-10-04)

分步能耗指标	产量(t)	用电量(kWh)	单位产品电耗(kWh/t)
原料破碎电耗	1#		
	2#		
	合计		
原料预均化电耗	1#	0.00	
	2#	0.00	
	合计		
生料粉磨电耗	1#	9433.91	24.17
	2#	16651.07	23.46
	合计	26084.98	23.72
生料储存与输送电耗	1#		
	2#		
	合计		
生料辅助生产电耗	1#	9433.91	0.00
	2#	16651.07	0.00
	合计	26084.98	0.00
煤粉制备电耗	1#		
	2#		

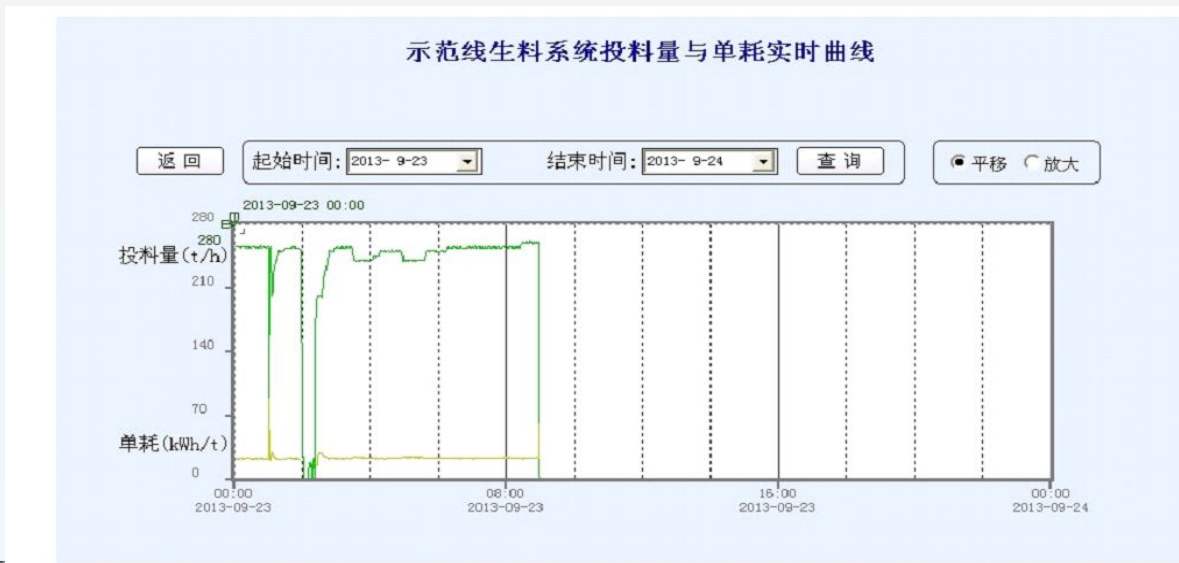
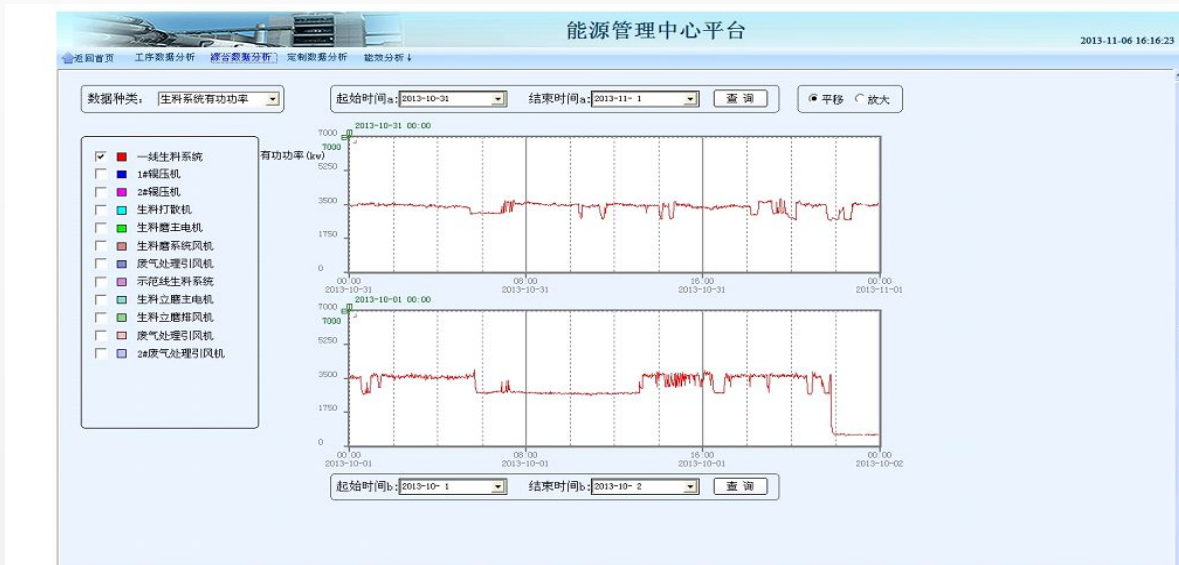
示范工程项目简介

实时及历史数据对比分析功能



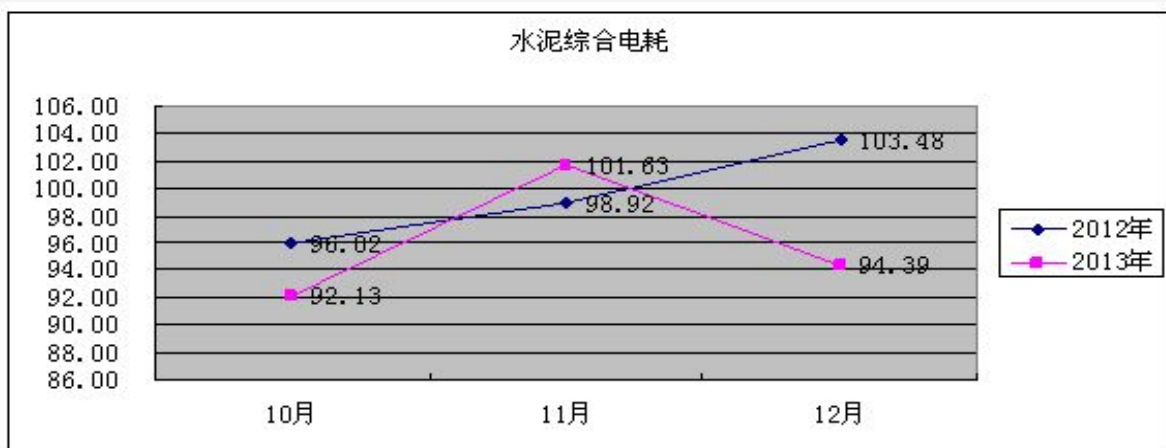
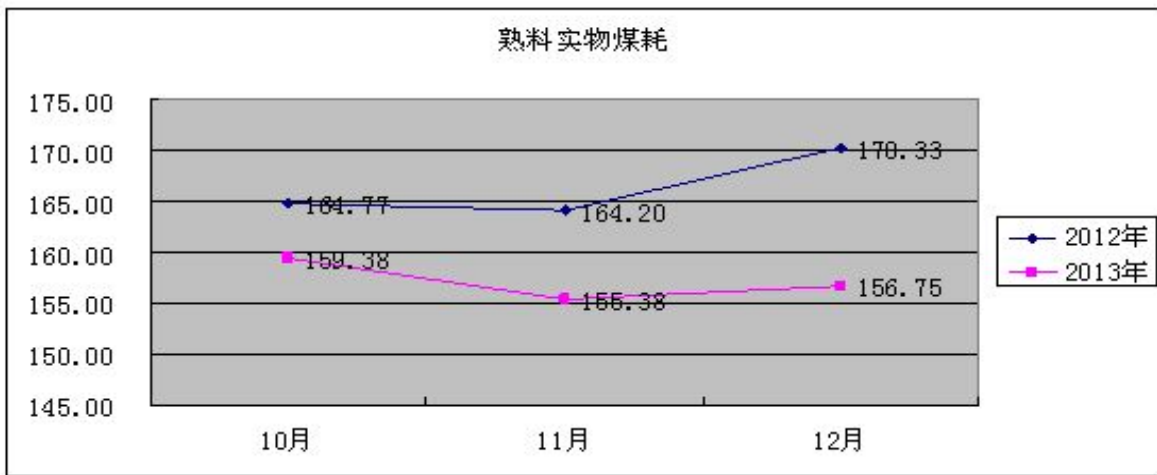
示范工程项目简介

实时及历史数据对比分析功能



项目效益

经济效益：从项目开始实施后2013年四季度数据对比看，项目实施后水泥综合能耗可实现综合能耗节约5-10%。



行业推广分析

技术使用范围

- 目前已经投产的水泥企业：需完成节能减排指标
- 新建水泥企业：国标对能耗限额要求很高

水泥行业

技术投资分析

- 项目总投资234万元
- 全投资财务内部收益率为130.15%(所得税后)
- 投资回收期(所得税后) 1.07为年
- 投资利润率 141.39%

推广情况分析

- 国家政策的支持：《“十二五”节能减排综合性工作方案》
- 市场前景广阔：截止2012年底，全国水泥生产企业已达3492家，其中新型干法水泥生产线1637条
- 节能减排的现实需要
- 企业生存及可持续发展的需要
- 行业协会支持：该技术得到中国建材联合会的大力支持、推广

第三章 建材（筑）行业

案例25.

水泥窑降低氮氧化物技术

水泥窑降低氮氧化物技术

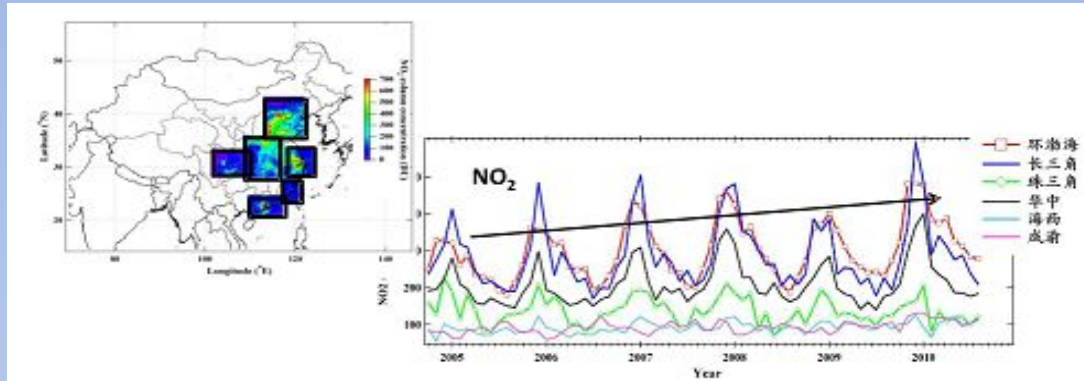
——水泥行业清洁生产关键共性技术案例



技术来源: 中国中材国际工程股份有限公司

技术示范承担单位: 中国中材国际工程股份有限公司

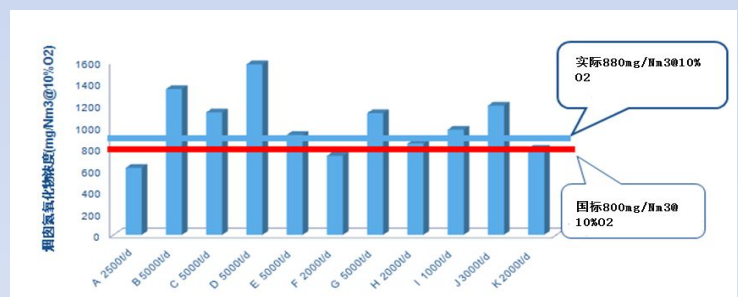
我国已经是世界上氮氧化物（NO_x）排放量最大的国家。目前，由于我国大气中NO_x造成的酸雨、海洋的富营养化等危害相当严重。



水泥工业的氮氧化物排放量达到全国的**10%**。水泥工业已是居火力发电、汽车尾气之后的第三大氮氧化物排放大户。

年度	烟粉尘排放量	SO ₂ 排放量	NO _x 排放量	CO ₂ 排放量
	排放量（万吨）			
2006	515	105.83	59.48	7.27
2007	444	94.83	68.48	7.98
2008	368	86.37	76.48	8.15
2009	358	88.7	169	9.7
2010			227.30	
2011			244.73	

我公司对国内多家企业预分解窑生产线进行测试，平均排放水平~**880 mg/m³**（未脱硝时）。



氮氧化物排放影响大气质量，是水泥工业可持续发展的制约因素之一，亟待建立引导行业的清洁生产标准化技术。

氮氧化物排放的国家政策、标准

★氮氧化物排放量已被国家列入“十二五”规划的控制性目标，要求**2015**年氮氧化物排放总量比**2010**年下降**10%**。

工业和信息化部发布的《水泥行业准入条件》（工原[2010]第127号文件）中也提到，“对水泥行业大气污染物实行总量控制，新建或改扩建水泥（熟料）生产线项目须配置脱除NO_x效率不低于**60%**的烟气脱硝装置”。

★工业和信息化部发布的《关于水泥工业节能减排的指导意见（工信部节[2010]582号）》要求在“十二五”期间水泥工业氮氧化物在**2009**年基础上降低**25%**。

★**GB50259-2008**水泥厂设计规范规定，水泥厂焚烧废弃物NO_x排放量应小于**500mg/m³**。

★**GB4915-2013**水泥工业大气污染物排放标准，水泥窑NO_x排放量应小于**320/400 mg/m³**（按照重点地区和非重点地区划分）。

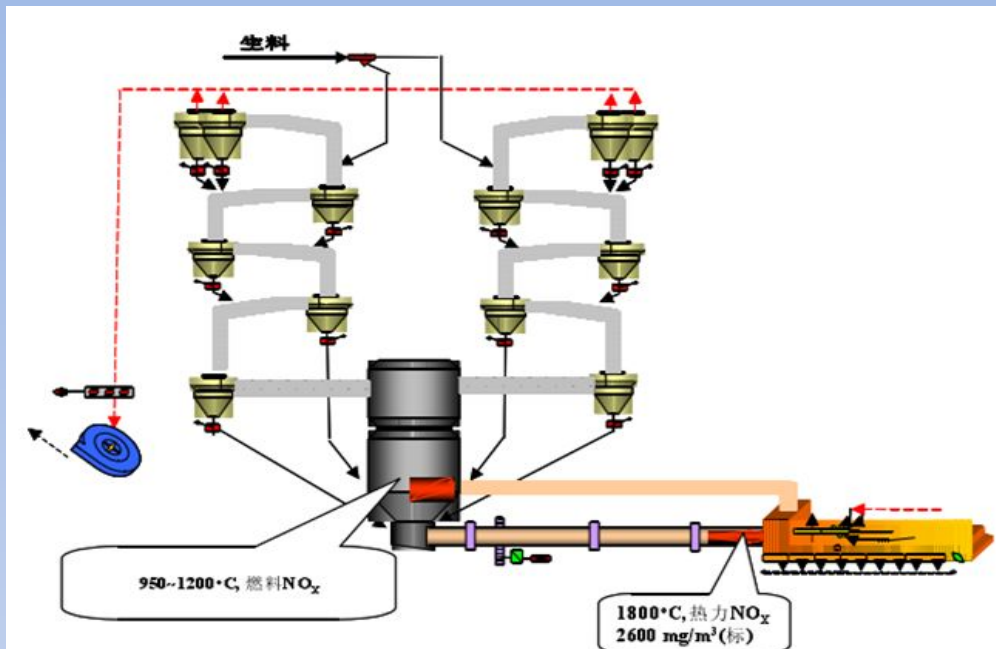
氮氧化物排放的地方政策、标准（以北京为例）

★**DB11/501-2007**《大气污染物综合排放标准》（北京市环境保护局、北京市质量技术监督局发布），水泥窑NO_x排放量应小于**200 mg/m³**

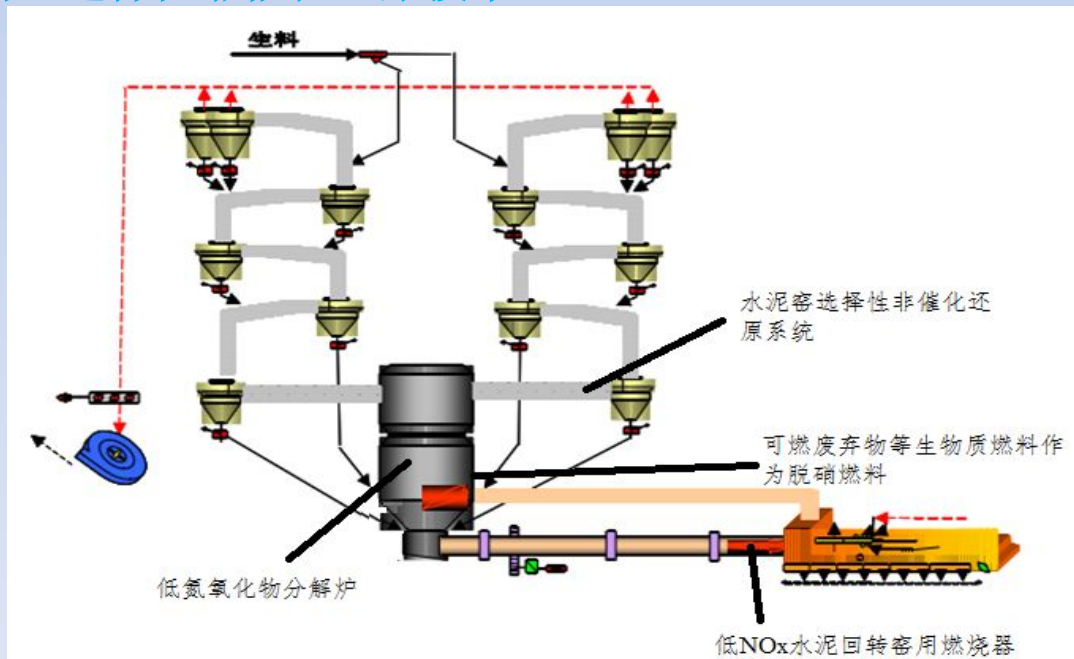
★**DB11/□□□□□-201□**《水泥工业大气污染物排放标准》（北京市环境保护局、北京市质量技术监督局征求意见稿，**2013**年发布），水泥窑NO_x排放量应小于**500/200 mg/m³**（**2014**年**12**月**31**日前执行**500**，后执行**200**）

★北京市发展和改革委员会 北京市财政局 北京市环保局关于二氧化硫等四种污染物排污收费标准有关问题的通知（京发改[2013]2657号）：氮氧化物排污收费标准调整为每公斤**10**元，根据污染物排放情况同时实施阶梯式差别化排污收费政策。

水泥窑在正常生产过程中释放出来的氮氧化物主要是在回转窑内形成的热力氮氧化物和在分解炉内形成的燃料氮氧化物。



本技术水泥窑降低氮氧化物排放的方法是：低NO_x燃烧器，低氮氧化物分解炉，可燃废弃物等生物质燃料作为脱硝燃料，选择性非催化还原技术。



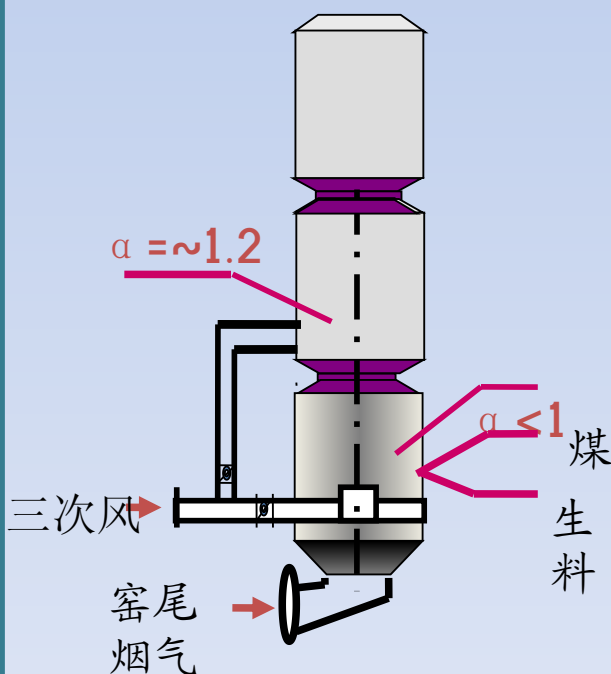
本技术原理

无烟
煤

1、开发出适应于不同煤种，特别是无烟煤的三次风分级燃烧工艺技术和低NO_x分解炉，分级燃烧脱硝效率稳定在30%以上。

将分解炉内燃烧所需的空气量分成两级送入，使第一级燃烧区内过量空气系数小于1，燃料先在缺氧的条件下燃烧，燃烧生成的一氧化碳与氮氧化物进行还原反应，以及燃料氮分解成中间产物(如NH、CN、HCN和NH_x等)相互作用或与氮氧化物还原分解，抑制燃料氮氧化物的生成。

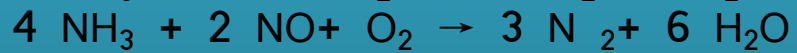
为解决我国烧无烟煤水泥窑降低氮氧化物排放开发了新的技术路线。



本技术原理

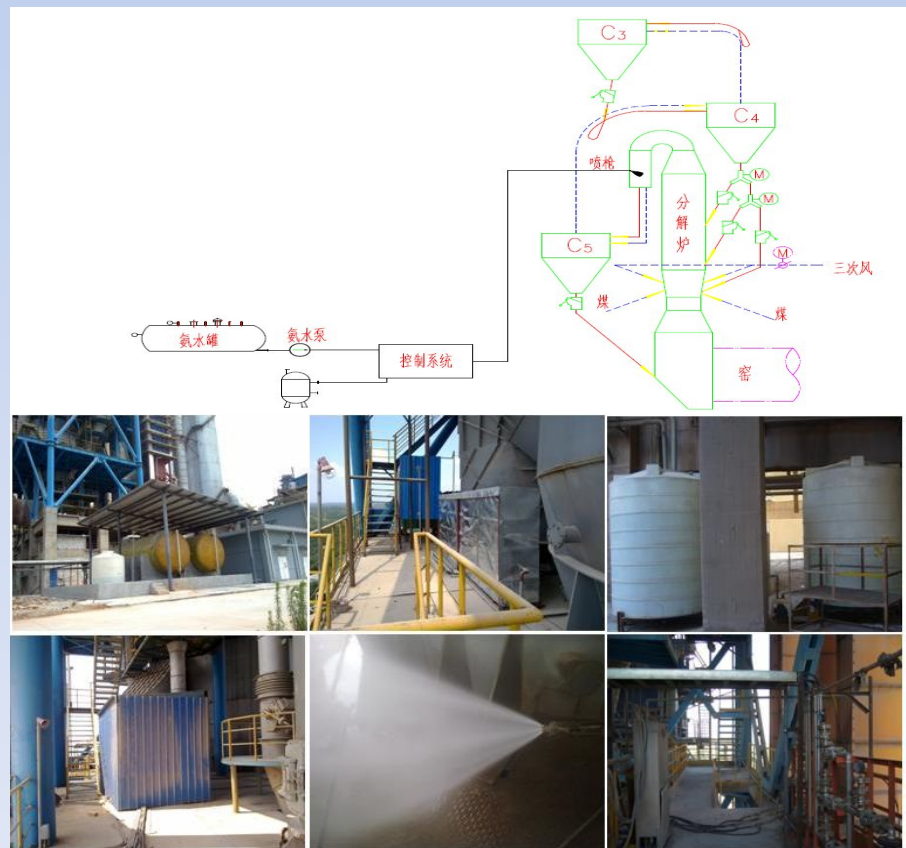
还原剂

选择性非催化还原（Selective Non-Catalytic Reduction，以下简称为SNCR）技术属于烟气脱硝技术，是将氨水或尿素等氨基物质在一定的条件下与烟气混合，在不使用催化剂的情况下将氮氧化物还原成为无毒的氮气和水，氨水还原氮氧化物总的化学反应为：



2、开发出适应于预分解水泥窑的选择性非催化还原技术，利用氨水、尿素等作为还原剂，在不影响水泥窑系统正常生产运行的前提下，系统脱硝效率达到60~80%，系统可连续稳定运行

为解决国内水泥窑到达新的氮氧化物排放标准提供有效的技术支撑。



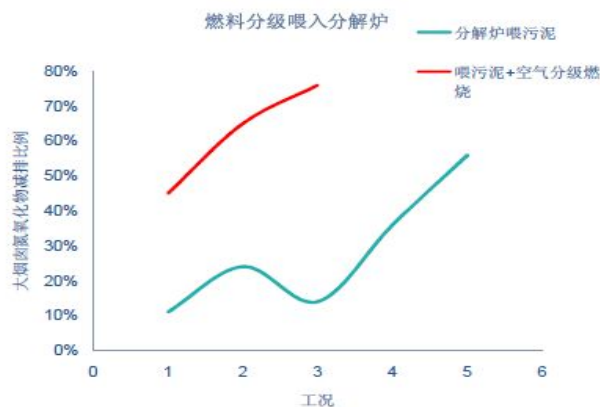
本技术原理

减排
NOx

含氨基替代燃料可以作为水泥窑系统的替代燃料使用，还可以实现降低氮氧化物排放的效果。含氨基替代燃料与煤粉相比，基本以挥发份为主，挥发份占可燃物比例可达到**90%**以上，且其中含有大量的氨（胺）基物质。其在燃烧过程中容易释放出大量的NH₃等基团，还原性的NH₃等基团可以与NO发生如下反应：
$$\text{NH}_3 + \text{NO} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$$

3、结合采用污泥、可燃废弃物等生物质燃料作为脱硝燃料，可进一步提高脱硝效率，显著降低水泥窑NO_x减排的运行成本

与废弃物处置技术相结合，可以大大降低脱硝系统的运行成本。



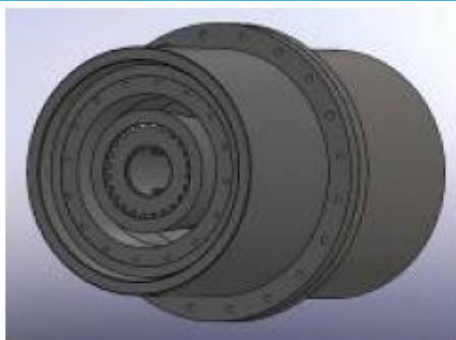
关键设备创新突破1： 低氮氧化物分解炉

- ★增加C4下料分料，便于控制分解炉各部位温度。
- ★设置三次风上行管道，保证分解炉下部柱体处在还原性气氛。
- ★三次风管增加阀门，协调三次风左右进分解炉管道和上行管道以及回转窑内的风的平衡。



关键设备创新突破2：低NO_x煤粉燃烧器

- ★采用现代最新燃烧技术的大速差和强旋流理论，提高一次风的动量。
- ★通道风速较高，燃烧器的推力达**1500 m/s**以上。
- ★可满足各种燃料的充分燃尽，对提高劣质煤的利用十分有利。
- ★低的一次风风量对降低热力型氮氧化物的形成极为有利。



示范工程介绍

示范工程为烧**100%**无烟煤的**5000t/d**熟料生产线，在采用本技术后氮氧化物排放浓度降低至**200mg/m³**以下，氮氧化物日排放量可降低**~5.7吨**，年排放量可降低**~1700吨**。

采用三次风分级燃烧后



CO 0.01 %
O2 4.38 %
NOX 409 ppm

折合废气总管氮氧化物浓度
554mg/m³

采用三次风分级燃烧+选择性非催化还原技术后



在采用分级燃烧和SNCR的组合技术后，氮氧化物排放浓度可连续稳定降低到**200mg/m³**以下。

二、检测结果

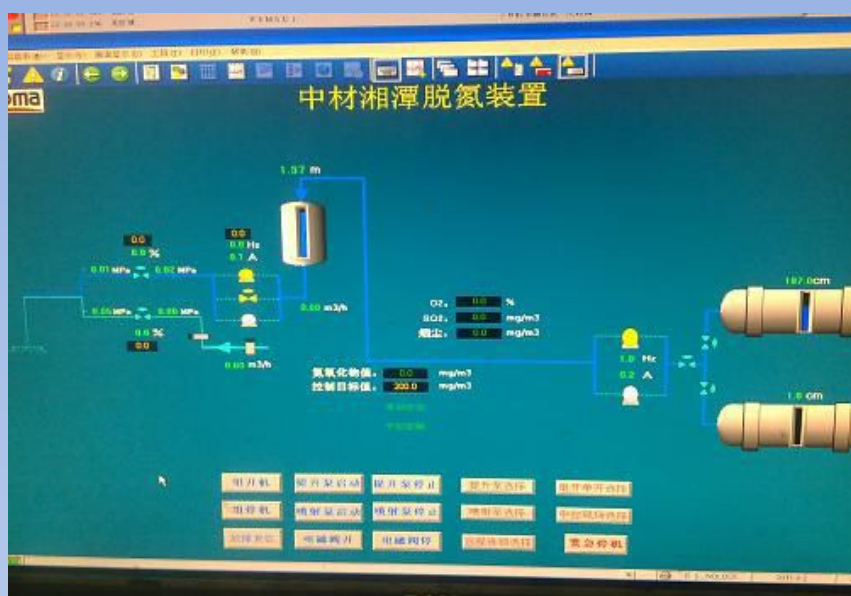
单位: mg/m³

工况	氮氧化物浓度 (以NO ₂ 计)	氨浓度	标况风量 (m ³ /h)
工况 1	496	1.92	500008
工况 2	173	2.33	501674
工况 3	190	2.06	497076
工况 4	107	1.83	509163
工况 5	530	1.90	507334

备注: 氮氧化物为烟气中 O₂ 含量 10% 状态下的浓度

(以下无正文)

选择性非催化还原系统

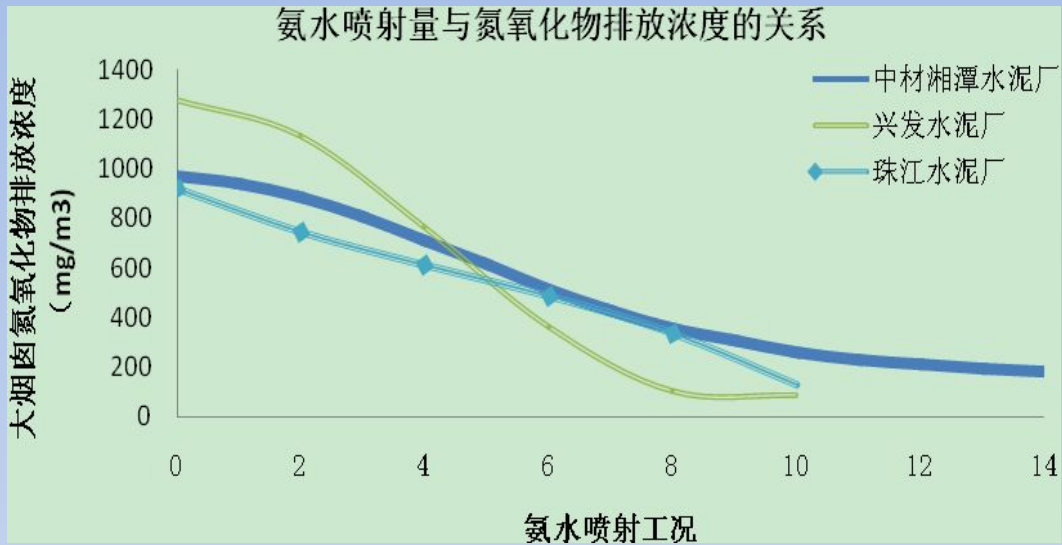


脱硝对水泥生产的影响



(本底数据/脱硝时数据)	平均值	最大值	最小值	标准偏差	单位
喂料量	343.3/342.4	360/350	330/325	7.1/6.1	t/h
窑头喂煤量	9.9/10.1	10.7/11	9.5/9.8	0.3/0.3	t/h
窑尾喂煤量	24.2/22.7	25.7/25	22.3/21.2	1.0/1.3	t/h
分解炉出口温度	941.5/955.1	969/968	916/934	17.2/7.8	°C
ID风机电流平均值	99.7/99.4	101/100	97/99	0.8/0.5	A
熟料f-CaO	1.3/1.4	1.7/2	0.8/0.9	0.8/0.9	%
熟料3d强度	33.2/34.2	36.1/36.2	31.7/30.4	1.5/1.6	MPa
清理结皮频次	4	4	4	0	次/班
废气总管气体温度	344/343	348/345	335/337	0.5/0.4	°C

应用本技术的一些项目
的氮氧化物排放浓度



先进性

与国外水泥行业的相关工程建设情况相比较，本项目在脱硝效率、脱硝成本（氨水耗量）等指标方面具有明显的优势。应用本技术的中材湘潭水泥有限责任公司系统最低氮氧化物浓度可降低到 $\sim 100\text{mg}/\text{m}^3$ ；在运行成本方面，采用技术组合后减少 1kg 氮氧化物排放仅消耗氨水 $\sim 1.3\text{kg}$ ，大大低于国外技术的 $2.4\text{-}2.7\text{kg}$ 的水平。

推广分析

截止**2013**年底，
我公司利用本技术承建
了全国约有**200**条水泥
窑的这些水泥窑在**2014**
年将减少氮氧化物排放
约**24**万吨，我国氮氧化
物的排放总量将下降**1%**。



技术投资分析

我公司应用本技术对新型干法水泥窑进行降低氮氧化物排放技术改造，项目总投资约**200-500**万元。

水泥企业应用本技术进行改造，可比同类技术降低运行成本**20-50%**，一条**5000t/d**的熟料生产线年可节约脱硝系统运行成本**75-150**万元。

效益分析

应用本技术对新型干法水泥窑进行降低氮氧化物排放技术改造，项目总投资约**200-500**万元。我公司**2011**年起至**2013**年为止，进行水泥窑脱硝技术改造累计实现合同额约**4**亿元。

第三章 建材（筑）行业

案例26.

木耳菌渣代替部分燃料在干法窑上的应用
研究

木耳菌渣代替部分燃料在干法窑上的应用研究

一、案例概述

技术来源：四川利森建材集团有限公司

技术示范承担单位：四川利森建材集团有限公司

主要研究人员：何洋 潘伟东

项目所属技术领域:

环境和制造业，研究固废处理与综合利用技术，利用农业废弃物替代部分燃料生产绿色建材。

项目所在地:

四川省德阳什邡市种植木耳已有**30**年的历史，规模从开始的**2000**余袋发展至今有近**2**亿袋（含菇类）的产量。每年产生菌渣量达**20**万吨，若处置不当将极大的危害当地环境，影响人们的健康。

项目概况:

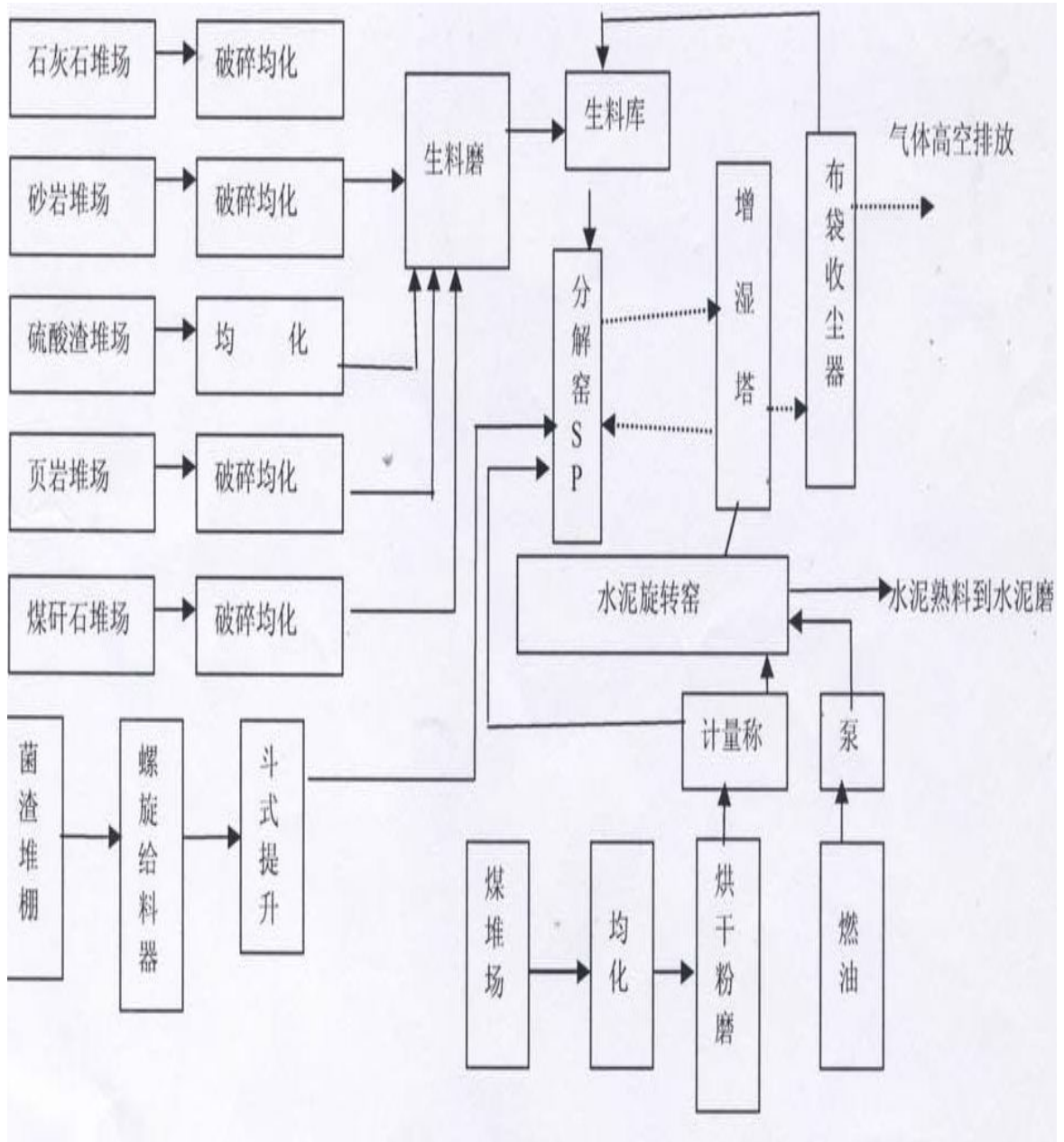
本项目为了解决木耳菌渣的氯碱化合物对水泥窑结皮堵塞影响，开发了一种全新的水泥窑炉处置飞灰高温脱氯脱硫关键技术及氯离子有害组分捕集、分离技术，使新型干法窑**2500t/d**的生产线能够较大规模的处置木耳菌渣（年处置量最高可达**20**万吨）、秸秆等农业废弃物，达到适用量产阶段。该技术“用有机垃圾替代部分燃料生产水泥工艺”已经申请国家发明专利。

- 四川利森建材集团有限公司**2500t/d**生产线木耳菌渣替代部分燃料制备水泥熟料技改项目**2009**年底完成，运营生产表明，生产线运行稳定，设备状况良好，各项工艺和质量指标均达到控制目标。
- 目前，国内有**70%**以上的水泥生产线采用新型干法窑外分解窑生产工艺，这些水泥生产线只要管理运行正常，都具备利用农业废弃物（秸秆、菌渣等）协同生产绿色建材的潜力。本项目研究利用有机垃圾秸秆、菌渣等固体废弃物，属于国内常见的农业废弃物，其资源来源非常丰富，而且目前这些固体废弃物尚未有其他合适的资源化利用途径。因此本项目有良好的推广前景。该技术研究是国内水泥行业走循环经济的一项重大创新，充分利用木耳生产排放的农业废渣，生产绿色建材，提高企业经济效益，同时解决木耳菌渣乱排乱放、污染环境的问题，促进农业生产的可持续发展，具有良好的社会效益。

二、技术内容

(一) 基本原理

菌渣通过螺旋给料器，定量输送到提升槽，通过斗提进入分解窑、旋转窑，窑内气流与料流整体呈逆向运行，系统全过程在负压下操作。随着水泥窑的运行，废物被分解，有机污染物被完全分解氧化，无机物也呈熔融状态，一些重金属元素通过液相反应进入到水泥半成品熟料组分的晶格中，经急冷后被完全固化。焚烧过程中产生的酸性气体在窑内被碱性物料中和，气化的重金属吸附在烟尘上，大部分烟尘随预热器中的物料返回窑中，少部分烟气经增湿塔迅速降温降尘，出塔后又进入布袋收尘器被彻底除尘，收集下的尘（飞灰）用输送带传送，与生料混合，再进入水泥窑烧制水泥熟料。具体生产工艺流程如下图所示：



- (二) 工艺技术

- 利用生产水泥的新型干法窑处置木耳菌渣类有机垃圾的优势在于焚烧处置温度高、焚化后的废渣能作为水泥原料固化进水泥熟料中，因此能解决一般窑炉处置有机垃圾出现的窑炉结焦、焚化分解不彻底，废气排放产生二次污染、焚化后废渣需要二次处置等问题。

- 新型干法水泥窑处置木耳菌渣类有机垃圾的技术原理，与新型干法水泥窑的特点有关：水泥窑内温度高，物料温度可达到**1450℃**，而烟气温度则达到**1750℃**，这远远高于垃圾焚烧炉的**850℃**和**1200℃**；（2）烟气在水泥窑中的停留时间为**4s**以上，而在垃圾焚烧炉中则只有**2s**；（3）水泥窑内气流和物料的运动方式有利于废弃物的完全燃烧；（4）水泥熟料煅烧的碱性条件有利于废弃物中的氯、硫和氟等被窑内的碱性物质完全中和；（5）废弃物焚烧残渣通过固相和液相反应进入水泥熟料中，一些危险的重金属元素也被固化在水泥熟料中；

(6) 可燃的废弃物通过燃烧提供了熟料煅烧所需的部分热量，且燃烧产物为无害气体，同时达到废弃物处理、能源节约和CO₂减排的多重效果；

(7) 水泥回转窑系统的全负压运行，高效收尘系统和回灰循环利用系统保证了有害粉尘的收集和利用，是废气达到了安全排放；(8) 以上提到的水泥窑在处理废弃物时所具有的优势都是和水泥生产的工艺过程同时进行的，也就是说，在对水泥窑系统不进行大的设备调整的条件下，可以利用现有的水泥窑系统进行废弃物的焚烧处理。

2.1性能指标

2.1.1原料性能指标

原料木耳菌渣来自于四川省什邡市木耳生产排放的废渣含有一定的可燃物。木耳菌渣的组成成分、热值以及菌渣灰化学成分见表1、表2和表3。菌渣（湿基）的有害成分分析如下：

全硫：0.53%

碱：K₂O 1.63% Na₂O 0.51% Na₂Oeq 1.58

Cl⁻：0.095%

表1 菌渣组成成分

成分	稻谷壳、棉籽壳等	生石灰、石膏等	其他成分
百分含量	80%	5%	15

表2 菌渣热值表

项目	应用基重量%				热值 kJ/kg
	水份	挥发份	固定碳	灰分	
菌渣	49.6			20	17255

表3 菌渣灰化学成分分析

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Cl ⁻	K ₂ O	Na ₂ O	Na ₂ Oep
(%)	42.44	3.37	2.55	32.35	3.73	0.16	5.09	0.99	4.34

- **2.1.2产品的性能指标**
- 本项目研究考核指标主要是水泥熟料的质量和废气排放指标，分析如下：
- 水泥熟料质量指标
- 处置木耳菌渣不能对水泥产品的质量造成危害，因此，参照国家标准，水泥熟料的化学成分和抗压强度应满足的性能指标分别如表4和表5所示：

表4 基本化学性能指标

f-CaO 质量分数/ %	MgO 质量分数/ %	烧失量 质量分数/ %	不溶物 质量分数/ %	SO ₃ 质量分数/ %	(3CaO·SiO ₂ +2CaO·SiO ₂) (质量分数)/%	CaO/SiO ₂ 质量比
≤1.5	≤5.0	≤1.5	≤0.75	≤1.5	≥60	≥2.0
a 当制成型硅酸盐水泥的压蒸安定性合格时，可以放宽到6.0%						
b 也可以由买卖双方确定						
c 3CaO·SiO ₂ 和 2CaO·SiO ₂ 由下式计算：						
$3CaO \cdot SiO_2 = 4.07CaO - 7.60SiO_2 - 6.72Al_2O_3 - 1.43Fe_2O_3 - 2.85SO_3 - 4.07f-CaO$						
$2CaO \cdot SiO_2 = 2.87SiO_2 - 0.75 \times 3CaO \cdot SiO_2$						

表5 水泥熟料抗压强度指标

类型	抗压强度/Mpa		
	3d	7d	28d
通用、低碱水泥熟料	26.0	—	52.5
中热、中抗、高抗硫酸盐水泥熟料	18.0	—	45.0
低热水泥熟料	—	15.0	45.0

- 废气排放指标:

表6 废气排放指标

生产过程	生产设备	颗粒物		二氧化硫		氮氧化物 (以NO ₂ 计)		氟化物(以总氟计)	
		排放浓度 mg/m ³	单位产品 排放量 kg/t	排放浓度 mg/m ³	单位产品 排放量 kg/t	排放浓度 mg/m ³	单位产品 排放量 kg/t	排放浓度 mg/m ³	单位产品 排放量 kg/t
水泥制造	水泥窑及 窑磨一体 机*	50	0.15	200	0.60	800	2.40	5	0.015

注: *指烟气中 O₂ 含量 10% 状态下的排放浓度及单位产品排放量。

- 2.1.3根据实际生产测定,水泥熟料以及废气实际达到的性能指标分别见表7和表8所示:

表7 水泥熟料质量检验结果

检验项目	单位	技术指标	实际测量指标					
			第一天	第二天	第三天	平均		
抗压强度	3天	MPa	≥ 26	28.2	25.8	26.1	26.9	合格
	28天	MPa	≥ 52.5	27.8	26.5	26.9	56.5	合格
				58.2	55.2	56.3		合格
				57.4	54.9	56.8		
烧失量	%	≤ 1.5			1.12			合格
三氧化硫	%	≤ 1.5			0.92			合格
氧化镁	%	≤ 5.0			3.9			合格
$3CaO \cdot SiO_2 + 2CaO \cdot SiO_2$	%	≥ 60			65.4			合格
CaO/SiO ₂		≥ 2.0			2.3			合格
不溶物	%	≤ 0.75			0.36			合格

表 8 固定污染源废气监测结果表

设备名称	采样位置	监测项目	单位	监测结果						标准限值	
				第一天			第二天				平均值
				1	2	3	4	5	6		
窑尾除尘器	出口	烟气流量	Nm ³ /h	277714	287355	283774	284790	289742	291008	285731	/
		年运行时间	h	7440						/	
		烟尘排放浓度	mg/m ³	15	11	12	8	11	8	11	50
		排放速率	kg/h	4.17	3.16 ³	3.41	2.28	3.19	2.33	3.14	/
		年排放量	t/a	31.0	23.5	25.3	17.0	23.7	17.3	23.4	/
		单位产品排放量	kg/t	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.15
		SO ₂ 排放浓度	mg/m ³	34	34	27	14	29	32	28	200
		SO ₂ 排放速率	kg/h	9.44	9.77	7.66	3.99	8.40	9.31	8.00	/
		年排放量	t/a	70.2	72.7	57.0	29.7	62.5	69.3	59.5	/
		单位产品排放量	kg/t	0.10	0.10	0.08	0.04	0.09	0.10	0.08	0.60
		NO _x 排放浓度	mg/m ³	346	345	352	358	359	342	351	800
		NO _x 排放速率	kg/h	96.09	99.14	99.89	102.00	104.01	99.52	100.29	/
		年排放量	t/a	714.9	737.6	743.2	758.5	773.9	740.4	746.2	/
		单位产品排放量	kg/t	0.99	1.02	1.03	1.05	1.07	1.03	1.03	2.40

- 从上述表中对比可以看到，水泥熟料和废气排放实际达到的性能指标可以满足国家标准要求的考核指标。说明利用木耳菌渣代替部分燃料在干法窑上应用在技术上是切实可行的。
- **（三）技术创新点及特色**
- **3.1**利用新型干法窑处置木耳菌渣类有机垃圾在国内为首次，具有创造性。
- **3.2**利用新型干法窑，可实现菌渣的无害化分解处置（前面已有介绍）。
- **3.3**新型干法窑处置木耳菌渣生产水泥熟料，可以抑制二恶英的生成。
- 实际应用表明，水泥窑处置危险废物产生的二恶英是所有焚烧炉中最低的，远远低于**0.1ngTEQ/Nm³**的排放标准，干法窑处置木耳菌渣可以破坏二恶英的形成条件。
- **3.4**木耳菌渣可以降低熟料煅烧时的煤耗。
- 生产实验结果表明，每吨菌渣可以替代**110kg**标煤。
- **3.5**本项目中的新型氯硫抑制技术，可以保证新型干法窑处置木耳菌渣时窑况的稳定性。

- 三、实施效果

- （一）环境效益

- 四川省德阳什邡市种植木耳已有**30**年的历史，规模从开始的**2000**余袋发展至今有近**2**亿袋（含菇类）的产量。木耳产业极大的促进了当地的经济的发展。据当地政府统计，每年种植**2**亿袋木耳，产生菌渣量达**20**万吨，而这些菌渣处理不善将极大的污染当地环境，危害市民的健康，影响什邡经济的可持续发展。

- 鉴于以上情况，四川利森建材集团有限公司在**2500t/d**新型干法窑处置木耳菌渣的生产实验，将废弃物处置与水泥生产有机的结合起来，既实现废弃物的无害化处置，保护环境，又实现废弃物的高效资源化利用。

- **（二）经济效益**

- 四川利森建材集团有限公司**2500t/d**生产线木耳菌渣替代部分燃料制备水泥熟料技改项目**2009**年底完成，运营生产表明，生产线运行稳定，设备状况良好，各项工艺和质量指标均达到控制目标。并已常态化使用，年可处理**20**万吨木耳菌渣，生产绿色水泥**40**万吨，增收节支**2000**多万元。年节约标煤**4.6**万吨，减排**CO2 9.23**万吨，减排**SO2 126**吨。

- **（三）关键技术装备**

- 菌渣均化设备，喂料及计量系统，新型水泥干法生产线高温分解炉。

- **（四）水平评价**

- 本研究项目的实施解决了木耳菌渣类有机垃圾在新型干法窑的处置难题，该技术能在国内水泥行业可推广应用，将对国内干法窑利用和处置工农业有机垃圾的科技进步起到示范作用，是切实可行且比较先进的废弃物处理工艺技术。
- 该技术**2010年5月**通过了四川省科学技术厅成果鉴定，技术成果达到国内领先水平。

- 四、行业推广

- （一）技术使用范围

- 目前，国内有**70%**以上的水泥生产线采用新型干法窑外分解窑生产工艺，这些水泥生产线只要管理运行正常，都具备利用农业废弃物（秸秆、菌渣等）协同生产绿色建材的潜力。本项目研究利用有机垃圾秸秆、菌渣等固体废弃物，属于国内常见的农业废弃物，其资源来源非常丰富，而且目前这些固体废弃物尚未有其他合适的资源化利用途径。因此本项目有良好的推广前景。该技术研究是国内水泥行业走循环经济的一项重大创新，充分利用木耳生产排放的农业废渣，生产绿色建材，提高企业经济效益，同时解决木耳菌渣乱排乱放、污染环境的问题，促进农业生产的可持续发展，具有良好的社会效益。

- **（二）技术投资分析**

- 按年处置**20**万吨计算，投资在**1000**万左右，年节煤**4.6**万吨，节省资金**2000**万元，一年可收回成本，并新增税收**340**万元。

- **（三）技术行业推广情况分析**

- 本项目将木耳菌渣废弃物的处置与水泥生产有机的结合起来，在国内为首次利用新型干法窑处置木耳菌渣类有机垃圾，既能实现废弃物的无害化处置，保护我们的环境，又能实现废弃物的资源综合再利用，充分利用了木耳菌渣的可燃性，降低了熟料生产的煤耗，节能减排。该项目取得了可观的经济效益和明显的社会效益。

- **资源效益：**
- 木耳菌渣属有机废弃物，可以降低熟料煅烧时的煤耗，生产实验结果表明，每吨菌渣可以替代**110kg**标煤，在能源日益紧张的情况下具有很大的经济效益，因此推广使用木耳菌渣替代燃煤在水泥窑上应用可以推动水泥产业的节能减排，降低生产成本，可推动水泥行业循环经济向良性发展。
- **环境效益：**按年处理**20**万吨木耳菌渣，增收节支**2000**多万元。年节约标煤**4.6**万吨。减排CO₂**9.23**万吨，减排SO₂ **126**吨。
- **经济效益：**实现年节约成本**2000**万元以上，新增利税**340**万元以上。

第三章 建材（筑）行业

案例27.

水泥行业“高能效熟料烧成关键技术
与装备”

水泥行业“高效熟料烧成关键技术 与装备”

——水泥熟料生产线节能降耗优化改造案例

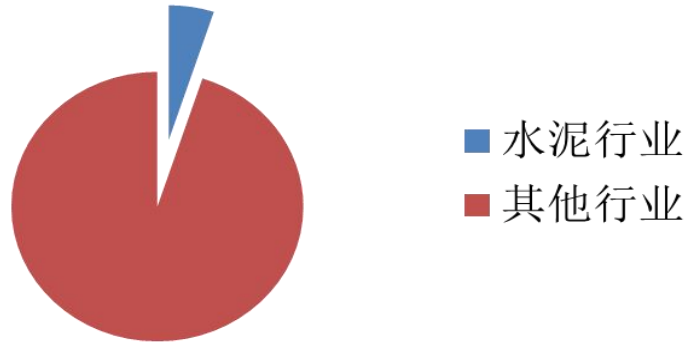


技术来源：合肥水泥研究设计院

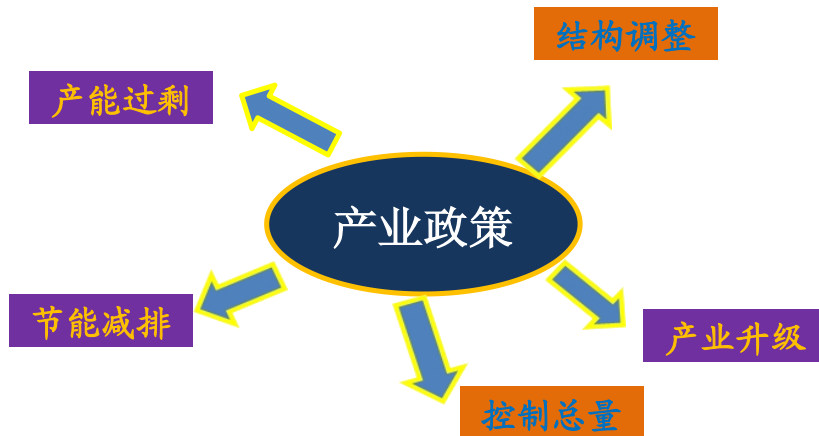
中建材（合肥）热工装备科技有限公司

背景情况

能耗



全国水泥行业能源消耗总量的5%以上。

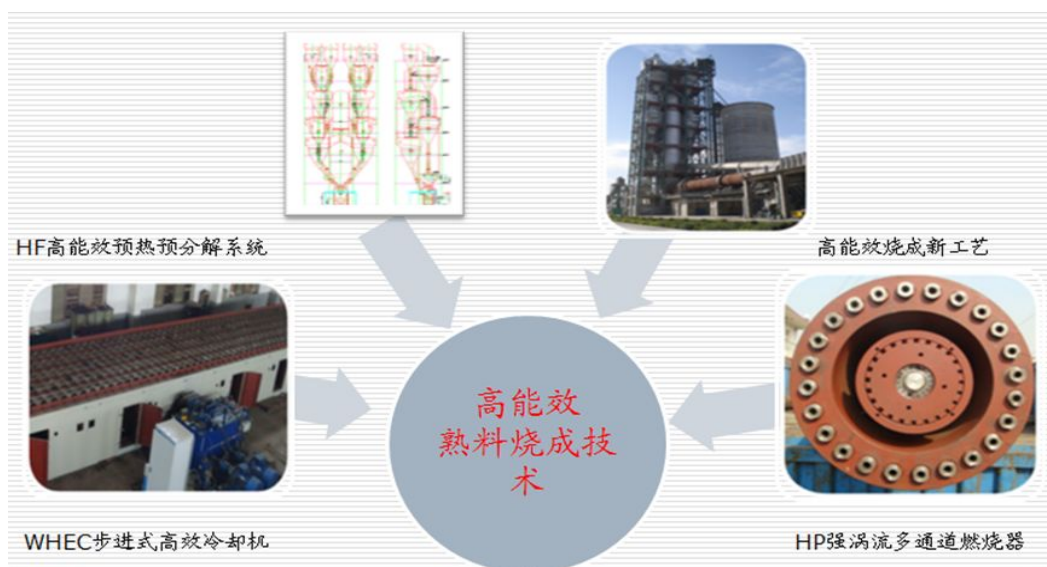


合肥水泥研究设计院热工技术装备公司（现中建材（合肥）热工装备科技有限公司）承担的“高效能熟料烧成关键技术装备”项目是国家科技部制定的“十一五”科技支撑计划重大项目“绿色制造工艺与装备”中“高性能水泥绿色制造工艺和装备”子课题。该研究成果获2012年度中国建材联合会、中国硅酸盐学会科学技术一等奖，中国建材集团2012年度科学技术一等奖和2013年度安徽省科学技术二等奖。

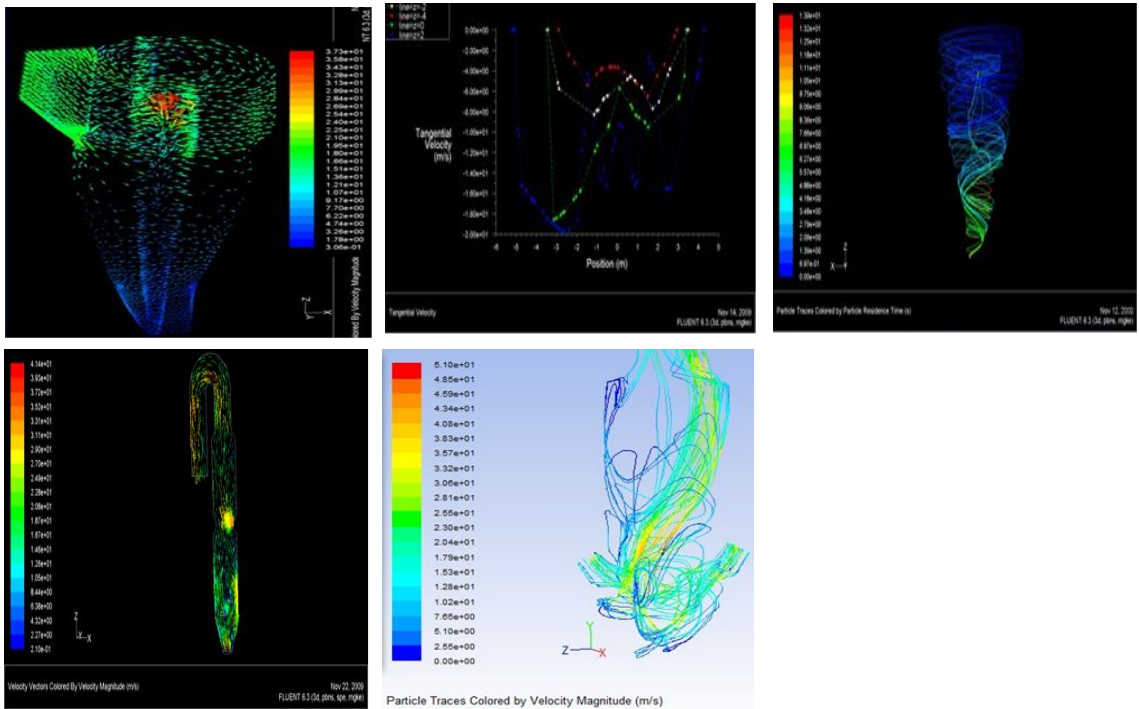
本技术基本原理

本技术主要针对烧成系统设备间的配合和工艺进行了研究，做到逐个攻关，统筹兼顾，以充分发挥各设备的优点，使系统达到高效、节能、环保的设计要求。

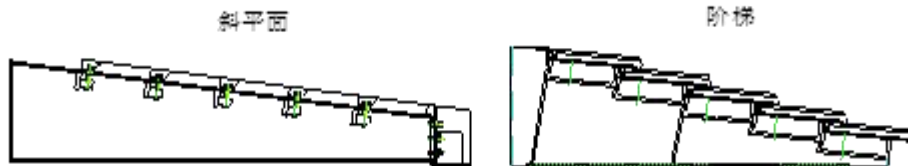
- ◆ 高效熟料烧成关键技术与装备主要做了以下几方面的研究：窑尾预分解系统预热器、分解炉的结构设计、分解炉内燃烧分析、系统联接部件设计等；
- ◆ 冷却机输送方式、KID系统、流量控制阀、智能现场总线控制系统等内容；
- ◆ 燃烧器耐磨损的材质、耐变形的新型结构、适应不同煤种的个性化设计参数等。



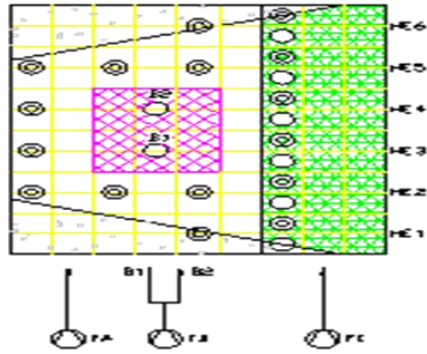
1. 采用计算机模拟仿真研究



2. 新型熟料运动方式的研究



技术工艺

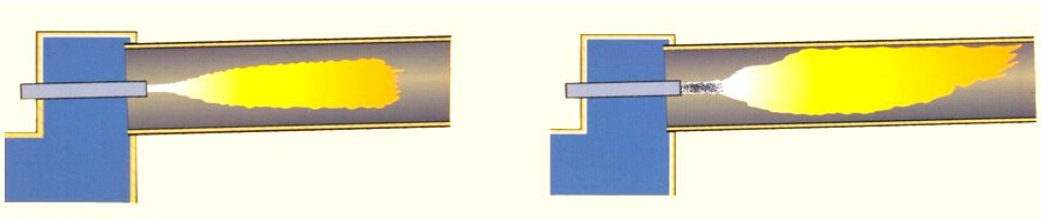


KID系统



新型流量调节
阀

3. 适应性强的新型多通道喷煤系统



HP型燃烧器火焰
器火焰

传统燃烧



技术创新点及特色

- 高效的旋风筒，该设备采用大蜗壳偏心结构和底部偏锥结构；新型扩散式撒料装置；连接筒及偏心结构高温卸料锁风阀；下料管布置角度进行了合理的优化；旋喷结合、二次喷腾的分解炉新型流场技术；三次风入口、进料点、进煤点的相互位置关系。

- 冷却系统采用标准化模块设计，通过增加模块的数量；篦床采用国际上最先进的步进式输送技术；研发出能自动调节风量的独立式自动均衡机械空气流量控制阀；智能控制液压系统。

- 喷煤系统特殊的头部结构；将不同的旋流器和不同的喷嘴组合能烧劣质煤；外流风管头部与煤流风管特别设置的密封层；一次风量（净风与送煤风之和）小于8%。

**关键技术设备1——水泥预分解系统撒料装置ZL
200920142938.1**

结构简单、加工方便、使用周期长、成本低、
撒料效果好，提高了换热效率、分解率

**关键技术设备2——一种采用连接筒及偏心结构
的高温卸料锁风阀 ZL201020286796.9**

结构简单、加工方便，而且锁风卸料效果
好，热态下动作轻巧、灵活，锁风可靠，
提高了旋风筒的分离效率，解决了锁风阀
的漏风问题

**关键技术设备3——一种预热器旋风筒挂片的连
接方式 ZL 201320748748.0**

结构简单、加工方便，有利于提高旋风筒
的收尘效率

**关键技术设备4——篦床冷却机用自动调节阀ZL
200920187749.6**

提高冷却效率和热回收效率

**关键技术设备5——煤粉通道出口喷嘴可更换的
燃烧器 ZL 200920299416. 2**

**关键技术设备6——燃烧器外流风通道与煤粉通
道出口处的密封结构 ZL 200920299417. 7**

**关键技术设备7——一种燃烧器外流风出口处的
结构 ZL 200920299418. 1**

**关键技术设备8——一种多通道煤粉燃烧器
ZL 201320780846. 2**

喷煤系统特殊的头部结构可保证长时间使用不易变形；火焰形状容易调整，且调节幅度大，窑皮平整坚固，可有效保护耐火砖；将不同的旋流器和不同的喷嘴组合，使内外流风速得到大幅度的调节，因而不但能烧烟煤，也能烧劣质煤；外流风管头部与煤流风管特别设置的密封层能确保高压的外流风不窜入煤粉流；一次风量小于8%。

关键技术设备9——一种水泥熟料锤式破碎机转子 ZL 201320677607.4

能有效破碎较大的熟料，减少因大料堵塞而造成的停窑事故

关键技术设备10——一种篦式冷却机 ZL 1320780944.6

避免了补偿器因受到连续的弯应力而磨损；

多个可控制风量的补偿器分别为活动篦床各区供风，结构简单，安装更换方便

关键技术设备11——一种窑口护板 ZL 201120021133.6

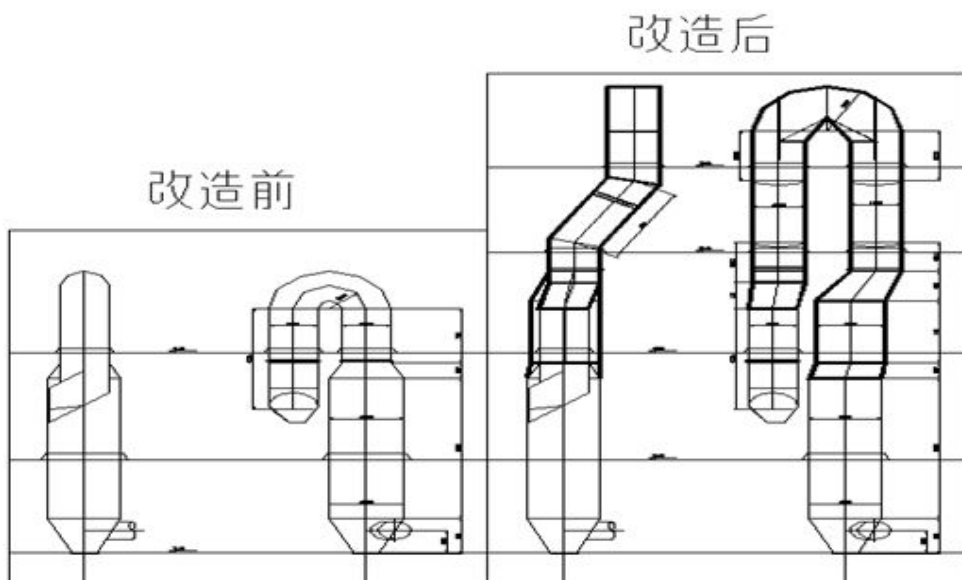
能有效保护窑口，增加窑口寿命

玉山南方水泥有限公司节能优化工艺示范线

江西玉山南方岩鹰熟料生产线采用本技术改造前：预热器出口温度 $350\sim 360^{\circ}\text{C}$ ，吨熟料标准煤耗 115kg ，吨熟料综合电耗 60kwh ，系统存在烧成热耗高、熟料综合电耗高等问题经过技术改造优化，烧成系统的适应性、稳定性大幅度提升，C1出口温度下降到 300°C 以下，出篦冷机熟料温度下降到 100°C 左右，系统热耗大幅度下降，熟料质量稳定提升。2012年9月国家建材工业水泥能效环保评价检验测试中心对系统进行了热工标定，标定结果如下：吨熟料标煤耗 103.74kg ，吨熟料综合电耗 56.93KWh ，熟料28天强度 60MPa ，达到了预期的目标。



玉山南方水泥有限公司节能优化工艺示范线





环境效益

江西玉山南方岩鹰
2500t/d熟料生产线经过
节能优化技术改造，吨熟
料标煤耗由改造前的**115**
kg下降至**103.74kg**，年可
节约标煤**8600**吨，减少
CO₂排放 **23000** 吨；吨
熟料综合电耗由改造前的
60KWh 下降至
56.93KWh，年节约用电
量**234.5** 万KWh。



经济效益

原煤

使用全烟煤煅烧时，每年可节约煤成本**797**万元；

使用**50%**无烟煤时，每年可节煤成本**1341.81**万元；

使用全无烟煤时，每年可节约煤成本**1919.39**万元。

熟料综合电耗



改造后，年节约电费**177.48**万元。

毛利润

使用全烟煤时年增加**632.65**万元；

使用**50%**无烟煤时年增加**1177.33**万元；

使用全无烟煤时年增加**1754.91**万元。

投资回收期

全烟煤情况下回收周期**2.54**年；

50%无烟煤情况下回收周期**1.35**年；

全无烟煤情况下回收周期**0.91**年。

技术使用范围

高效能熟料烧成关键技术装备可用于新建或改造1000~10000吨水泥熟料生产线。该技术还可广泛应用于冶金、有色等行业，可以替代进口烧成关键设备。

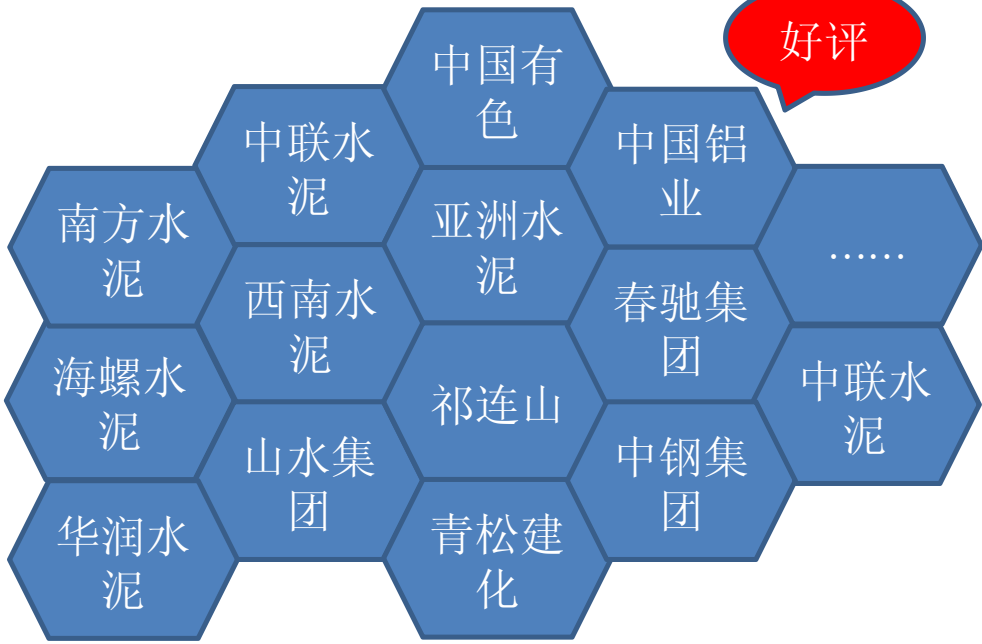


技术投资分析

采用本技术改造一条日产**5000**吨水泥熟料生产线，约需投入资金**1500**万元。改造完成后每年可节约标准煤**11500**吨，每年节约燃煤费用约**725**万元，所得税前投资回收期约为**2.07**年，大大优于建材行业基准投资回收期**13**年的标准总投资收益率，具有良好的社会效益和企业自身的经济效益。

技术行业推广情况分析

高能效熟料烧成系统与装备运行稳定可靠，技术指标达到国内领先水平，受到用户的好评。



特别是华润水泥和台资企业亚东水泥有限公司采用本项目产品，改造和替代了德国CP公司5000t/d、3200t/d生产线烧成关键设备，取得了

显著效果。若采用本技术改造现有水泥熟料生产线，年实现效益如下：

规模	节约标煤 (万吨/年)	节约电量 (万kWh/年)	减少CO2排放 (万吨/年)	节约煤、电费 (万元/年)
5000t/d (改造200条)	230	93000	615	212150
2500t/d (改造200条)	172	46500	460	145975
合计	402	139500	1075	358125

第三章 建材（筑）行业

案例28.

采用无铬耐火砖替换直接结合镁铬砖清洁
生产技术

采用无铬耐火砖替换直接结合镁 铬砖清洁生产技术

——水泥行业清洁生产关键共性技术案例



技术来源：罗江利森水泥有限公司

技术示范承担单位：罗江利森水泥有限公司

耐火砖



耐火砖

耐火砖简称火砖。用耐火黏土或其他耐火原料烧制成的耐火材料。淡黄色或带褐色。主要用于砌冶炼炉，能耐**1,580℃—1,770℃**的高温。也叫火砖。具有一定形状和尺寸的耐火材料。

耐火砖的应用

可用作建筑窑炉和各种热工设备的高温建筑材料和结构材料，并在高温下能经受各种物理化学变化和机械作用。

适应于各种研磨机械的优质研磨介质。可应用于精密机床、高速电机、汽车、空调机中的传统轴承，亦右用于石油、化工、航天、航海等高科技领域。



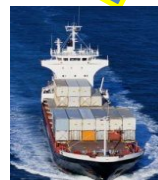
石油领域



化工领域



航天领域



航海领域



水泥窑炉

耐火砖的应用

案例概述

公司回转窑烧成带使用耐火材料直接结合镁铬砖，经镁铬砖实测报告Cr₂O₃含量为**3.02%**，以及其他各项指标均满足相关标准要求，**2012**年使用量约为**125t**，该耐火材料使用期限为**1**年。

直接结合镁铬砖具有较高的抗高温性能、抗SiO₂侵蚀和抗氧化还原作用，同时具有较高的抗高温强度和抗机械应力，以及较好的挂窑皮性能。但是在高温、氧化性气氛和碱性环境下，C r³⁺ 会转变为剧毒、致癌的C r⁶⁺，对生态环境造成极大危害。

因此世界上很多国家和地区已禁止将镁铬砖用于回转窑烧成带。

公司拟采用无铬碱性耐火材料替换直接结合镁铬砖。

直接结合镁铬砖与无铬耐火砖

- ◆ 目前无铬碱性耐火材料主要有铁铝尖晶石、镁铁尖晶石、镁铝尖晶石、氧化锆等。

直接结合镁铬砖 现状及特点

- ◆ 耐火度高，高温强度大，抗碱性渣侵蚀性强，热稳定性优良，对酸性渣也有一定的适应性。
- ◆ 镁铬砖制造过程中形成六价铬。
- ◆ 在热介质(含钙、钠、钾)较多的情况下，六价铬急剧升高。比如在水泥回转窑中服役的镁铬砖，水泥熟料与镁铬砖反应，生成六价铬盐 $3\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCrO}_4$ 。六价铬含量超标的镁铬砖，不能排放到露天环境中。

镁铁尖晶石砖 现状及特点

- ◆ 窑皮稳定，停窑时不剥落。
- ◆ 抗侵蚀性好，没有碱裂、疏松现象。
- ◆ 导热系数小，回转窑筒体表面温度低。
- ◆ 新一代大型回转窑烧成带用无铬碱性耐火材料，同时还具有直接结合镁铬砖易于粘挂窑皮的特性，解决了水泥窑用镁铬砖在使用过程中生成六价铬对环境造成污染的难题。
- ◆ 真金镁铁铝尖晶石砖的开发应用符合镁铬砖在一定时期内将退出水泥行业舞台的发展趋势，满足了水泥行业在新形势下对环境友好无铬碱性耐火材料的市场需求。



本技术可行性及内容

铁铝尖晶石砖由镁砂和预合成铁铝尖晶石制成。烧成中，Fe从铁铝尖晶石颗粒中扩散出来进入基质，形成方镁石-镁铁尖晶石固溶体，提高了挂窑皮性。同时，Mg扩散进入铁铝尖晶石颗粒，形成围绕铁铝尖晶石的镁铝尖晶石裙边，降低了砖对气氛的敏感性。尽管如此，铁铝尖晶石砖的耐高温性和耐侵蚀性还是不足，需要得到窑皮的保护才能获得较长使用寿命。

镁铁尖晶石砖由镁铝尖晶石替代低铬镁铬砖中的铬铁矿制成，并通过调整氧化铁或镁铁尖晶石的掺加量和分布来进一步提高挂窑皮性。与铁铝尖晶石砖类似，镁铁砖也需要窑皮的保护才能获得较长寿命。

如果不使用镁铁尖晶石砖和铁铝尖晶石砖，烧成带也可以使用镁铝尖晶石砖。为提高抗氧化钙的侵蚀和挂窑皮能力，烧成带使用的镁铝尖晶石砖的氧化铝含量要低于过渡带用镁铝尖晶石砖的。为进一步提高抗侵蚀性和挂窑皮性，可以使用电熔镁铝尖晶石代替烧结镁铝尖晶石，或者再用氧化锆替代部分镁铝尖晶石。



本技术可行性及内容

氧化锆是一种可以全面提高镁质材料性能的添加物，但价格很高，只适合少量使用。如果用氧化锆或锆酸钙大量取代镁铝尖晶石，将显著提高制砖成本，产品就没有竞争力；而且，锆质耐火原料在我国不能自给，需要大量进口。

故根据各耐火材料的特性，结合企业实际情况，公司拟

采用镁铁尖晶石砖，它是**20世纪90**年代末出现的新品种，具

有耐火度高和较强的抗氧化性，与白云石砖、镁铬砖相比，此类尖晶石砖具有较高的机械和热化学性能。经企业实际调研，该类耐火砖能够满足生产要求，技术可行。



技术创新点及特色

■ 使用无铬砖替代以前使用的直接结合镁铬砖，可改善水泥工业镁铬残砖的污染问题，大量使用镁铬砖无疑将对人民的健康和环境造成巨大损害。

■ 我国在条件成熟后也会制定限用镁铬砖的法规和标准。

关键技术——镁铁尖晶石砖

- ◆ 窑皮形成迅速。
- ◆ 挂窑皮性能好。
- ◆ 窑皮稳定，停窑时不剥落。
- ◆ 抗侵蚀性好，没有碱裂、疏松现象。
- ◆ 导热系数小，回转窑筒体表面温度低。



目标		指标		
		QB/ZJMFA-1	QB/ZJMFA-2	QB/ZJMFA-3
化学成份	MgO % \geq	88	86	85
	Fe ₂ O ₃ %	3-5	5-7	3-5
	Al ₂ O ₃ %	3-5	3-5	7-9
	SiO ₂ % \leq	1.0	1.0	1.0
体积密度 (g/cm ³)		2.95	2.95	2.95
显气孔密 % \leq		16	16	16
常温耐压强度 MPa \geq		80	80	80
荷重软化开始温度 °C [0.2MPa×0.6%] \geq		1700	1650	1680
热震稳定性, 次 [1100°C, 水冷] \geq		10	8	10



环境效益

采用镁铁尖晶石替换直接结合镁铬砖，杜绝了铬污染，以年消耗镁铬砖125t， Cr_2O_3 含量为3.02%来计算，减少了125t废镁铬砖产生和排放，其中含铬量为： $125 \times 3.02\% \times 52 \times 2 / (52 \times 2 + 16 \times 3) = 2.58\text{t}$ ，减少2.58t铬使用，杜绝含铬危险废料的产生，使用废弃后的镁铁尖晶石砖可回收利用，作为水泥配料使用，具有较大环境效益。



经济效益

该技术为原材料的替代，产生的费用主要为镁铁尖晶石原料费，预计该产品每吨为0.42万元/吨左右，年使用量在170t左右，总计原料费约为72万元/a，原使用直接结合镁铬砖年费用为56万元/a，原料成本增加了16万元/a，但减少了约125t含铬废料末端处置费用，减少2.58t铬使用和排放，所有产生的废料全部回收利用用于水泥配料中。环境效益远大于经济效益，具有良好的社会效益，满足了环境保护要求，该技术不做具体经济效益分析。



技术投资分析

总投资**72**万元，产生的费用主要为镁铁尖晶石原料费，预计该产品每吨为**0.42**万元/吨左右，年使用量在**170t**左右。原使用直接结合镁铬砖年费用为**56**万元/a，原料成本增加了**16**万元/a，但减少了约**125t**含铬废料末端处置费用，减少**2.58t**铬使用和排放，所有产生的废料全部回收利用用于水泥配料中。

技术行业推广情况分析



碱性耐火材料应用量大、面广，仅水泥工业一年就有**40万吨**的使用量。国产无铬碱性耐火材料将解决铬公害问题，保证**2000t/d**级以上水泥窑的正常运转，改变进口碱性耐火材料的需求弹性，为提高水泥企业的经济效益做出贡献。鉴于本技术所属行业为水泥制造行业，主要产品为各种品种水泥。该技术对不同类型的水泥制造行业的适应性都好，是水泥窑用含铬耐材的最好替代产品。

环境效益

减少了约**125t**含铬耐火砖末端处置费用，减少**2.58t**铬使用和排放。

经济效益

该技术环境效益远大于经济效益，具有良好的社会效益，满足了环境保护要求，该技术不做具体经济效益分析。