

隧道窑结构、热工参数与能耗分析(一)

姬广庆

(甘肃省墙改领导小组办公室,甘肃省兰州市 730000)

由于各种原因,目前砖瓦行业内介绍原理、经验型的文章较多,但实际测试、基础数据型的较少,生产过程的很多问题虽然解决得很好,但缺少系统性的数据、资料参考。公开的不同轮窑、隧道窑在砖瓦生产过程中的产量、消耗、热效率及工艺的实际测试参数缺乏,不利于行业技术水平的提高。为此,将我们以前热平衡测试的数据进行整理,从窑炉的结构和热工参数、能源利用率、热效率及测试时的工艺参数等几方面进行介绍,为砖瓦生产、窑炉设计提供参考^①。为了节约大家宝贵的时间,重点介绍测试结果的有关指标,不再介绍测试过程。

1 人工干燥、小断面隧道干燥窑、二次码烧中断面拱顶单筒隧道窑

1.1 测试条件

热平衡企业的生产工艺是1条非真空挤出机成型生产线、小断面干燥窑干燥、单筒隧道窑烧成的生产工艺生产普通砖,有职工153人,占地面积10620m²,建筑面积5720m²,主要耗能设备有150制砖机组(绞刀直径500mm)1套,拱顶单筒隧道窑(断面3m,全长105m)1座,12条隧道干燥窑,电力变压器1台共560kVA,各类电机46台,总容量586.9kVA,能平衡测试年生产普通红砖3310.89万块,产品合格率93.6%。

1.2 能源构成

进入能源主要有煤、电、油、水等,测试年共耗能折标煤2650.76t,其中耗煤2815.95t,占总耗能的68.31%,耗电202.14万kWh,占总耗能的30.81%,

耗油10.73t,占总耗能的0.68%。水42452t,占总耗能的0.2%。见图1。

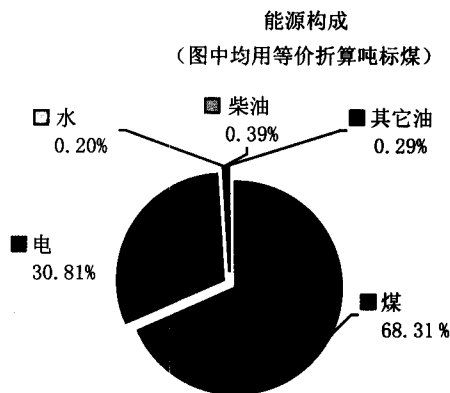


图1

1.3 隧道窑的热工结构、热平衡数据

从隧道窑的基本情况、热工结构、操作特性、原料与燃料、半成品与成品、热平衡参数介绍隧道窑的生产、热平衡参数,见表1。

1.4 干燥室的基本参数及热平衡数据

见表2。

1.5 工厂能流图

非真空挤出机成型、小断面干燥窑干燥、单筒隧道窑烧成的生产工艺生产普通砖的能流图(图中均用等价折算吨标煤),见图2。

1.6 隧道式干燥室——隧道窑体系热平衡示意图

见图3。

1.7 隧道窑的热能收入和支出

见表3。

^①在此需要特别说明的是,由于数据是实际测试结果,企业管理水平、气候特征等其他因素对数据的影响较大,因此不能作为评价工艺先进性、节能或其他指标的依据,仅供参考。

表 1 隧道窑热工结构、热平衡数据

		项目	单位	数值	备注	
隧道窑的基本情况	隧道窑结构及历史	名称		中断面拱顶单筒隧道窑	12号	
		尺寸	m	3×3×105		
		基本情况		测试年共生产4年,基本完好	人工干燥	
	生产产品	产品		普通黏土砖		
		产品规格	mm	240×115×53		
	窑车	窑车数	台	70	单筒	
窑车尺寸(长×宽×高)		m	3×3×2.06			
窑车容积		m ³	18.54			
隧道窑热工结构	排烟系统	排烟口个数	个	2		
		排烟口面积	m ²	0.36		
		总烟道的横截面积	m ²	3.13		
		烟囱高度	m	9		
		排烟风机规格、型号		4-72-11 No 16B		
		电动机功率	kW	30		
	抽送热风系统	热风烟道的横截面积	m ²	5.019		
		排烟风机规格、型号		4-72-11 No 22D		
		电动机功率	kW	130		
	投煤孔	投煤孔直径	mm	120		
		1个窑车纵向投煤孔排数	排	3		
		1排投煤孔的个数	个	4		
		1个投煤盖的外表面积	m ²	0.015		
	窑体	1个窑室的窑顶外表面积	m ²	15.9		
1个窑室的窑墙外表面积		m ²	8.7			
隧道窑的操作特性	窑室装载量		万块	0.3		
	窑道部火数		部	1		
	各带分配的窑室数	干燥预热带	m	57		
		焙烧带	m	12		
		保温冷却带	m	36		
	1部火分配的窑室数		个	4		
	火行速度		m/h	4.13		
	窑的部火小时产量		万块	0.3625		
	窑的日产量		万块	10.89		
焙烧周期		h	25.42			
原料与燃料的性能	黏土原料化学成分	SiO ₂	%	59.72		
		Al ₂ O ₃	%	11.45		
		Fe ₂ O ₃	%	2.54		
		CaO	%	7.06		
		MgO	%	1.94		
		K ₂ O	%	0		
		Na ₂ O	%	0		
		烧失量	%	8.36		
	内燃料(炉渣)	全水分	%	21		
		分析基组成	C ^f	%	/	
			W ^f	%	21	
			A ^f	%	58.71	
			V ^f	%	/	
干燥基低位发热量		kJ/kg	12148			

续表 1

		项目	单位	数值	备注	
原料与燃料的性能	内燃料(炉渣)	分析基弹筒发热量	kJ/kg	9600		
		每万块砖坯掺配量(干燥基)	kg	2500		
	原煤	全水分	%	9.9		
		分析基组成	C ^f	%	0	
			W ^f	%	9.9	
			A ^f	%	26.02	
			V ^f	%	/	
		应用基低位发热量	kJ/kg	18520		
	分析基弹筒发热量	kJ/kg	20553			
	每万块砖坯掺配量(应用基)	kg	240.6			
外燃入窑时温度	℃	43.73				
半成品与成品	砖坯与砖	干坯残余含水率	%	7.84		
		入窑砖坯温度	℃	30.4		
		万块干坯重量	kg	29835		
		砖出窑时的温度	℃	30.1		
		万块砖的重量	kg	24210		
		砖内残余含碳量	%	0		
		天气	天气		晴	
环境温度	大气压	Pa	84659.72			
	干球	℃	17.4			
	湿球		/			
热平衡测试数据	热风	热风温度	℃	95		
		热风内水蒸气的容积百分数	%	2.9		
		热风量	m ³ /h	668939.18		
		热风的成分	CO ₂	%	1.26	
	CO		%	0.14		
	O ₂		%	19.92		
	窑体散热	窑墙	测试点矩形面积	m ²	609	
对应周围空间温度			℃	17.4		
热流计测得散热流量			kJ/(m ² ·h)	144	平均	
窑顶		测试点矩形面积	m ²	556.5		
		对应周围空间温度	℃	17.4		
		热流计测得散热流量	kJ/(m ² ·h)	96.7	平均	
灰渣	生产万块砖产生的灰渣重量	kg	103			
	含碳量	%	34			

1.8 干燥窑的热能收入和支出

见表 4。

1.9 能源平衡结果分析

根据上述能源构成及利用情况,通过能源平衡测试可以得出非真空挤出机成型、小断面干燥窑干燥、单筒隧道窑烧成的生产工艺生产普通砖的热平衡的结论。

(1) 热效率(不同能源的效率)

不同能源类型能源的效率:

- 隧道窑的热效率: 34.1%
- 干燥室热效率: 80%
- 隧道窑与干燥室的综合热效率: 78.36%
- 机电效率: 55.05%
- 汽油利用率: 25%
- 柴油利用率: 25%
- 其它油利用率: 65%

表 2 干燥室的基本参数及热平衡数据

项目		单位	数值	备注	
干燥室的基本情况	干燥室结构及历史	名称	小断面隧道干燥室		
		尺寸	m	55.4×1.16×1.02	
		测试时的基本情况	已生产 4 年, 12 条小断面隧道干燥室基本完好		
	生产产品	产品	普通黏土砖		
		产品规格	mm	240×115×53	
	概况	长×宽×高	m	55.4×1.16×1.02	
		干燥室容积	m ³	786.59	
		干燥洞条数	条	12	
	排风系统	排风机数量	台	1	
		排风机规格、型号	4-72-11 No 20B		
		电动机功率	kW	110	
		排风支烟道的横截面积	m ²	0.36	
		排风总烟道的横截面积	m ²	3.13	
	送风系统	热风总道截面积	m ²	5.019	
		热风总烟道尺寸(长×宽×高)	m ²	/	
		其它热源输送烟道截面积	m ²	/	
		送风风机规格、型号	4-72-11 No 22D		
	外表面积	电动机功率	kW	130	
		干燥室顶外表面积	m ²	1045	
		干燥室外墙面积	m ²	209	
	干燥车	每辆干燥车的重量	kg	185	
		每辆干燥车的装载量	万块	0.028	
		每条干燥洞能容纳干燥车数量	个	50	
	热风及其它热源	热风	热风温度	℃	27.5
热风内水蒸气的容积百分数			%	3.36	
热风量			m ³ /h	51713	
热风的成分			CO ₂	%	1.26
			CO	%	0.14
		O ₂	%	19.92	
		N ₂	%	78.68	
其它热源		热风温度	℃		
		热风内水蒸气的容积百分数	%		
		热风量	m ³ /h		
		热风的成分	CO ₂	%	
			CO	%	
O ₂			%		
N ₂			%		
废气		废气温度	℃	27.5	
	废气内水蒸气的容积百分数	%	3.36		
	废风量	m ³ /h	51713		
	热风的成分	CO ₂	%	1.26	
		CO	%	0.14	
O ₂		%	19.92		
N ₂		%	78.68		
坯体	湿坯	湿坯含水率	%	19.01	
		入窑湿坯温度	℃	30.75	
		万块湿坯重量	kg	32932.5	

续表 2

		项目	单位	数值	备注
坯体	干坯	砖出窑时的温度	℃	38.73	
		万块干砖的重量	kg	30000	
		干坯含水率	%	7.84	
	干燥车	装载万块需要干燥车的重量	kg	35.71	
		温度	进干燥室时	℃	30.75
出干燥室时			℃	38.73	
窑体表面散热	侧墙	测试点矩形面积	m ²	197.6	
		对应周围空间温度	℃	17.4	
		用热流计测得散热流量	kJ/(m ² ·h)	-208.26	平均
	侧墙	测试点矩形面积	m ²	197.6	
		对应周围空间温度	℃	17.4	
		用热流计测得散热流量	kJ/(m ² ·h)	-306.3	平均
	顶面	测试点矩形面积	m ²	988	
		对应周围空间温度	℃	17.4	
		用热流计测得散热流量	kJ/(m ² ·h)	-259.4	平均
风机	风机散热损失	面积	m ²	40.48	
		测定次数	次	6	
		热流量	kJ/(m ² ·h)	579442.49	平均
其它	干燥周期	干燥周期	h	24	
	干燥室小时产量		万块/h	0.392	
	干燥 1 万块砖坯蒸发水分		kg	2932.5	

表 3 隧道窑的热能收入和支出

序号	热能收入			热能支出		
	项目	数值 / (10 ⁴ kJ)	占总能耗比例 / %	项目	数值 / (10 ⁴ kJ)	占总能耗比例 / %
1	内燃料燃烧的反应热 Q_N	3037	85.15	干坯内残余水分汽化潜热 Q_{zf}	561.38	15.74
2	外燃料燃烧的反应热 Q_w	445.59	12.49	砖坯化学反应的吸热 Q_{hx}	598.43	16.78
3	外燃料带入的显热 Q_{wx}	0.9	0.03	输出热风的显热 Q_{df}	1927.06	54.03
4	干坯带入的显热 Q_{GP}	41.69	1.17	烟气出窑热损失 Q_y	0	0
5	窑车带入的显热 Q_{CR}	41.47	1.16	砖出窑热损失 Q_z	25.1	0.7
6				固体不完全燃烧热损失 Q_{ϕ}	118.61	3.33
7				气体不完全燃烧热损失 Q_{ϕ}	325.74	9.13
8				窑体表面散热热损失 Q_b	-142.2	-3.98
9				操作散热热损失 Q_f	0	0
10				窑车带出的显热 Q_{ϕ}	69.6	1.95
11				其它热损失 Q_i	82.93	2.32
	合计	3566.65	100	合计		
	有效热量 Q_{YX}				1188(284.21) 10 ⁴ kJ(10 ⁴ kcal)	
	热效率 η / %				34.1	

(2) 能量利用系数

能源利用率为 58.67;

有效能占总能耗的 69.75%。

(3) 体系单位热耗、单位煤耗

见表 5。

(4) 能源损失主要方面分析

见表 6。

(5) 隧道窑热损失主要方面分析:(热损失占总热耗的比例)

见表 7。



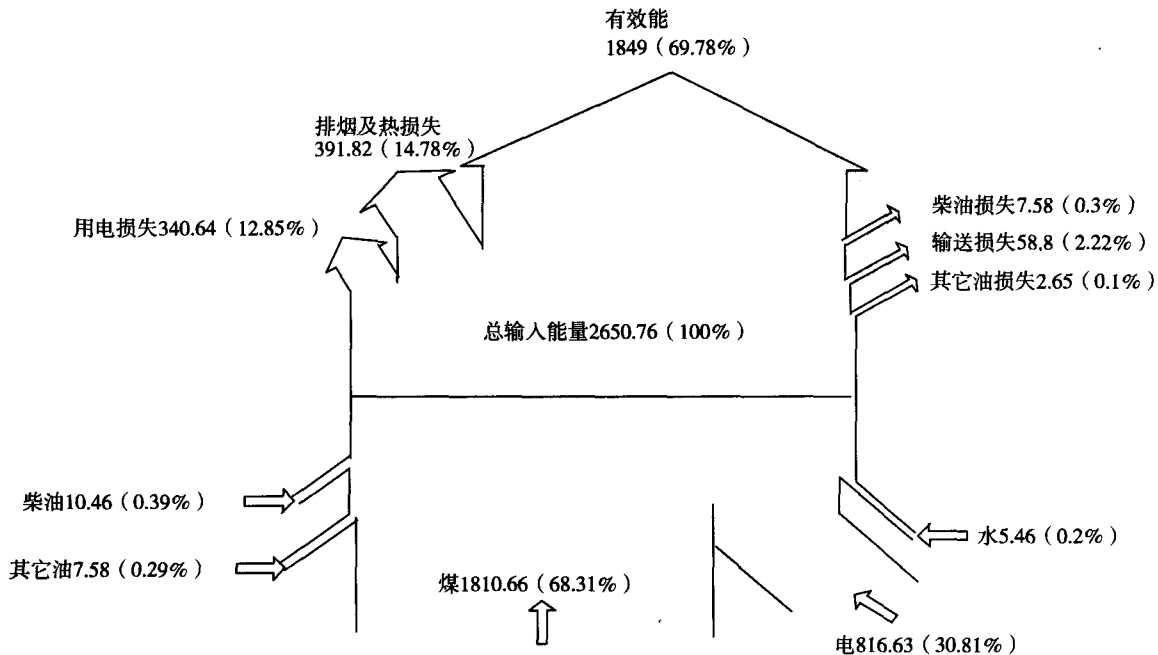


图2 能流图

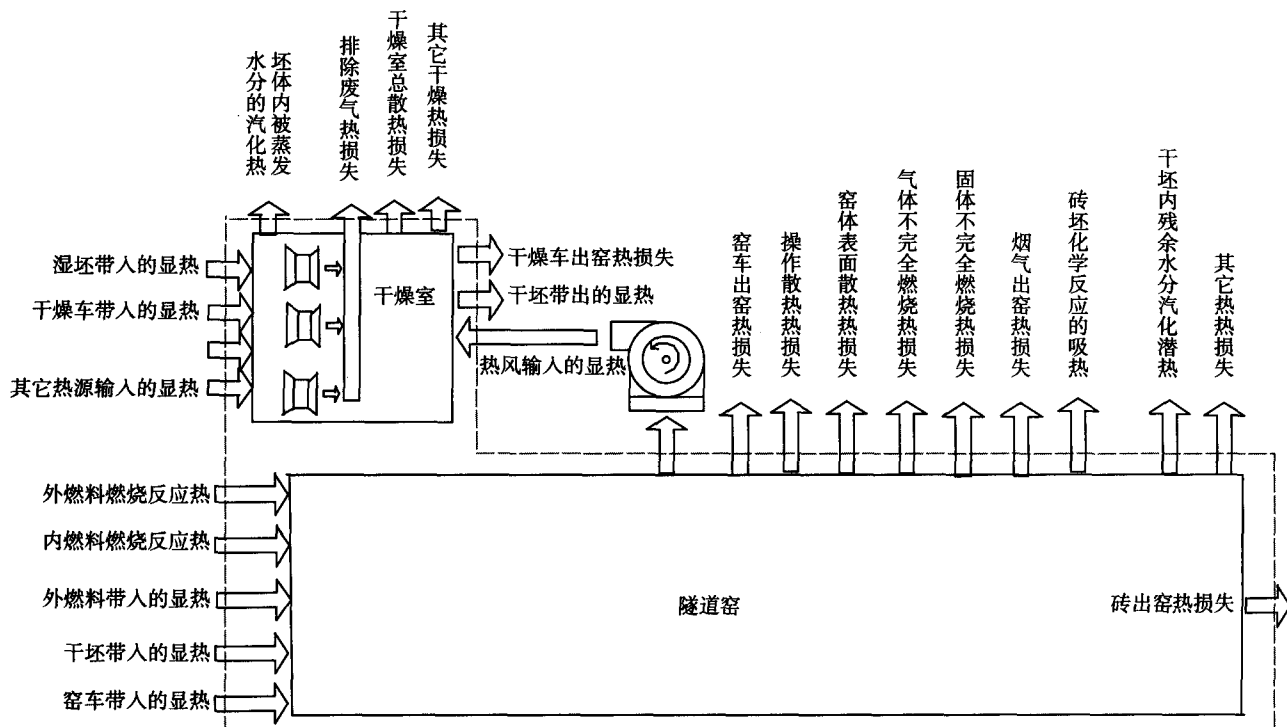


图3 隧道窑体热平衡示意图

表4 干燥窑的热能收入和支出

序号	热能收入			热能支出		
	项目	数值/(10 ⁴ kJ)	占总热能比例/%	项目	数值/(10 ⁴ kJ)	占总热能比例/%
1	热风输入的显热 Q_{RFR}	1877.85	97.73	坯体内水分汽化潜热 Q_{ZF}	743.4	38.69
2	其它热源输入的显热 Q_{QR}	0	0	干坯带出的显热 Q_{GP}	68.31	3.56
3	湿坯带人的显热 Q_{SP}	43	2.24	干燥车出窑的热损失 Q_{CC}	10.74	0.56
4	干燥车带人的显热 Q_{CR}	0.53	0.03	排除废气的热损失 Q_{FG}	325	16.91
5				散热损失 Q_r	290	15.09
6				其它热损失 Q_i	425.99	22.17
7				风机热损失 Q_S	57.94	3.02
	合计	1921.38	100	合计	1921.38	100
有效热量 Q_{YX}				1502.3(359.4) 10 ⁴ kJ(10 ⁴ kcal)		
热效率 η /%				80		

表5 体系单位热耗、单位煤耗

	单位	数值	备注
每万块砖质量	t	24.21	
体系热效率	%	78.36	
体系单位热耗	10 ⁴ kJ/万块	3635.11	
体系单位煤耗(折标煤)	kg/万块	1197.94	
其中:原煤耗(折标煤)	kg/万块	240.6	
电	kWh/万块	610.5	
水	t/万块	12.8	
油类	t/万块	0.0032	

表6 能源损失主要方面分析

	损失主要方面	损失主要方面占总能耗的比例/%
1	排烟及热损失占总能耗	14.78
2	用电损失占总能耗	12.85
3	柴油损失占总能耗	0.3
4	其它油损失占总能耗	0.1
5	输送损失占总能耗	2.22

表7 隧道窑热损失主要方面分析

	热损失主要方面	热损失占总热耗的比例/%
1	干坯内残余水分汽化潜热	15.74
2	砖坯化学反应的吸热	16.78
3	输出热风的显热	54.03
4	砖出窑热损失	0.7
5	固体不完全燃烧热损失	3.33
6	气体不完全燃烧热损失	9.13
7	窑体表面散热热损失	-3.98
8	窑车带出的显热	1.95
9	其它热损失	2.32

1.10 结语

(1) 工厂能源利用率 58.67%。隧道窑热效率 34.1%，隧道干燥窑热效率 80%，隧道窑与干燥窑综

合热效率 78.36%，电效率为 55.05%。单位产品热耗 3635.11×10⁴kJ/万块，(其中：原煤单耗 240.6kg 标煤/万块)，电耗 610.5 kWh/万块。

(2) 热平衡是通过采取测试、统计、计算等手段，用热平衡的各项技术指标来分析和掌握企业的能耗状况及用能水平，从而找出能源利用中存在的问题、浪费的原因，为加强能源科学管理、改革工艺流程、改造低效设备、制定综合节能措施、实现合理用能、节约用能提供科学的依据。

2 人工干燥、一次码烧中断面平顶双筒隧道窑

2.1 测试条件

热平衡企业的生产工艺是一条非真空挤出机成型生产线、一次码烧、中断面平顶干燥窑、双筒中断面平顶隧道窑烧成的生产工艺生产普通砖，建筑面积 7042m²，占地面积 16567 m²，有职工 196 人。主要耗能设备有 450 制砖机组 1 套，中断面平顶双筒隧道窑(断面 3m，全长 90m)1 座，中断面平顶双筒干燥窑(断面 3m，全长 90m)1 座，880kVA 电力变压器 2 台，各类电机 65 台，总容量 1053KW，测试年生产普通红砖 3884.46 万块，产品合格率 94.6%。

2.2 能源构成

进入的能源主要有煤、电、油、水等，测试年共耗能折标煤 2719.65t，其中耗原煤 2846.9t，占总耗能的 69.15%，耗电 213.9 万 kWh，占总耗能的 29.91%，耗油 11.02t，占总耗能的 0.69%。水 50600t，占总耗能的 0.25%。工厂能源利用率 50.32%。隧道窑热效率 32.8%，隧道干燥窑热效率 79.49%，隧道窑与干燥窑综合热效率 67.11%，电效率为 54.5%。

2.3 隧道窑的基本参数及热平衡数据(一次码烧)

从隧道窑的基本情况、热工结构、操作特性、原

料与燃料、半成品与成品、热平衡参数介绍隧道窑的生产、热平衡参数,见表1。

见表2。

2.5 工厂能流图

2.4 干燥室的基本参数及热平衡数据(一次码烧)

非真空挤出机成型、中断面平顶干燥窑干燥、

表1 隧道窑热工结构、操作特性、热平衡数据

项目		单位	数值	备注		
窑的基本情况	隧道窑结构及历史	名称	中断面平顶双筒隧道窑			
		尺寸	m	3×3×90		
		基本情况		采用普通混凝土板悬吊,以500号硅酸盐水泥配制的耐火混凝土顶板,采用耐火水泥混凝土顶板,承重板上再设保护板。测试年共生产12年,基本完好。	人工干燥	
	生产产品	产品		普通黏土砖	双筒	
		产品规格	mm	240×115×53		
	窑车	窑车数	个	60		
		窑车尺寸(长×宽×高)	m	3×3×1.5		
		窑车容积	m ³	13.5		
	隧道窑热工结构	排烟系统	排烟口个数	个	2	
			排烟口面积	m ²	0.36	
总烟道的横截面积			m ²	2.72		
烟囱高度			m	9		
排烟风机规格、型号				4-72-11 No 16D		
电动机功率			kW	55		
抽送热风系统		热风烟道的横截面积	m ²	2.72		
		排烟风机规格、型号		4-72-11 No 16D		
投煤孔		电动机功率	kW	55		
		投煤孔直径	mm	125		
	1个窑车纵向投煤孔排数	排	3			
	1排投煤孔的个数	个	3			
窑体	1个投煤盖的外表面积	m ²	0.018			
	1个窑室的窑顶外表面积	m ²	20.25			
隧道窑的操作特性		1个窑室的窑墙外表面积	m ²	7.2		
		窑室装载量	万块	0.26		
	各带分配的窑室数	窑道部火数	部	2		
		干燥预热带	m	45		
		焙烧带	m	12		
	1部火分配的窑室数	保温冷却带	m	33		
		火行速度	m/h	3.6		
		窑的部火小时产量	万块	0.3358		
		窑的日产量	万块	16.1232		
	原料与燃料的性能	黏土原料化学成分	焙烧周期	h	25	
SiO ₂			%	56.14		
Al ₂ O ₃			%	12.39		
Fe ₂ O ₃			%	4.96		
CaO			%	8.08		
MgO			%	3.36		
K ₂ O			%	0		
Na ₂ O			%	0		
烧失量	%	9.48				

续表 1

项目		单位	数值	备注		
原料与燃料的性能	内燃料 (炉渣) 内燃料 (炉渣)	全水分		%	29.4	
		分析基组成	C ^f	%	/	
			W ^f	%	29.4	
			A ^f	%	59.12	
			V ^f	%	/	
		干燥基低位发热量		kJ/kg	11060	
		分析基弹筒发热量		kJ/kg	/	
	每万块砖坯掺配量(干燥基)		kg	3009.7		
	原煤	全水分		%	10.2	
		分析基组成	C ^f	%	/	
			W ^f	%	10.2	
			A ^f	%	9.78	
			V ^f	%	/	
		应用基低位发热量		kJ/kg	25445	
分析基弹筒发热量		kJ/kg	22850			
每万块砖坯掺配量(应用基)		kg	320			
半成品与成品	砖坯与砖	干坯残余含水率		%	8.92	
		入窑砖坯温度		℃	37.36	
		万块干坯重量		kg	30430	
		砖出窑时的温度		%	94	
		万块砖的重量		kg	24370	
		砖内残余含碳量		%	0	
		热平衡测试参数	天气	天气		
大气压				Pa	84659.72	
环境温度	干球		℃	5.76		
	湿球			/		
热风	热风温度		℃	91		
	热风内水蒸气的容积百分数		%	3.46		
	热风流量		m ³ /h	52682.92		
	热风的成分		CO ₂	%	0.22	
			CO	%	0.16	
O ₂			%	21.1		
烟气	出窑烟气温度		℃	91		
	烟气内水蒸气的容积百分数		%	3.46		
	烟气流量		m ³ /h	52682.92		
	烟气的成分		CO ₂	%	0.22	
		CO	%	0.16		
		O ₂	%	21.1		
N ₂		%	78.52			
窑体散热	窑墙	测试点矩形面积		m ²	432	
		对应周围空间温度		℃	6.8	
		热流计测得散热流量		kJ/(m ² ·h)	1044.71	平均
	窑顶	测试点矩形面积		m ²	1215	
		对应周围空间温度		℃	6.8	
		热流计测得散热流量		kJ/(m ² ·h)	774.94	平均
灰渣	生产万块砖产生的灰渣重量		kg	100.76		
	含碳量		%	54.85		



表2 干燥室的基本参数及热平衡数据

项目		单位	数值	备注		
干燥室的基本情况	干燥室结构及历史	名称	隧道式双筒平顶干燥室			
		尺寸	m	90×13.2×2		
		基本情况		生产12年,2条双筒平顶隧道干燥室基本完好		
	生产产品	产品		普通黏土砖		
		产品规格	mm	240×115×53		
	概况	长×宽×高	m	90×13.2×2		
		干燥室容积	m ³	405		
		干燥洞条数	条	2		
	排风系统	排风机数量	台	1		
		排风机规格、型号		4-72-11 № 16B		
		电动机功率	kW	55		
		排风支烟道的横截面积	m ²	0.36		
	送风系统	排风总烟道的横截面积	m ²	2.28		
		热风总道截面面积	m ²	2.33		
		热风总烟道尺寸(长×宽×高)	m ²	1.42×1.42		
		其它热源输送烟道截面面积	m ²	/		
		送风风机规格、型号		4-72-11 № 16D		
	外表面积	电动机功率	kW	55		
干燥室顶外表面积		m ²	1188			
干燥车	干燥室外墙面积	m ²	360			
	每辆干燥车的重量	kg	7200			
	每辆干燥车的装载量	万块	0.26			
热风及其它热源	每条干燥洞能容纳干燥车数量	个	30			
	热风	热风温度	℃	91		
		热风内水蒸气的容积百分数	%	3.46		
		热风流量	m ³ /h	52682.92		
		热风的成分	CO ₂	%	0.22	
			CO	%	0.16	
	O ₂		%	21.1		
	N ₂		%	78.52		
	其它热源	热风温度	℃	/		
		热风内水蒸气的容积百分数	%	/		
热风流量		m ³ /h	/			
热风的成分		CO ₂	%	/		
		CO	%	/		
	O ₂	%	/			
	N ₂	%	/			
废气	废气温度	℃	32.25			
	废气内水蒸气的容积百分数	%	5.46			
	废气流量	m ³ /h	61884.6			
	热风的成分	CO ₂	%	0.22		
		CO	%	0.16		
O ₂		%	21.1			
N ₂		%	78.52			
坯体	湿坯	湿坯含水率	%	16.7		
		入窑湿坯温度	℃	25.16		
		万块湿坯重量	kg	32526		

续表 2

		项目	单位	数值	备注
坯体	干坯	砖出窑时的温度	℃	37.36	
		万块干砖的重量	kg	30430	
		干坯含水率	%	8.92	
	干燥车	装载万块需要干燥车的重量	kg	3.85	
		温度	进干燥室时	℃	55
出干燥室时	℃		109.2		
窑体表面散热	侧墙	测试点矩形面积	m ²	360	
		对应周围空间温度	℃	5.76	
		用热流计测得散热流量	kJ/(m ² ·h)	5.76	平均
	侧墙	测试点矩形面积	m ²	360	
		对应周围空间温度	℃	5.76	
		用热流计测得散热流量	kJ/(m ² ·h)	254.66	平均
	顶面	测试点矩形面积	m ²	1188	
		对应周围空间温度	℃	5.76	
		用热流计测得散热流量	kJ/(m ² ·h)	220.23	平均
风机散热损失	面积	m ²	40.48		
	测定次数	次	6		
	热流量	kJ/(m ² ·h)	579442.49	平均	
其它	干燥周期	干燥周期	h	23	
	干燥室小时产量	万块/h	0.3358		
	干燥一万块砖坯蒸发水分	kg	2096		

双筒中断面平顶隧道窑烧成的生产工艺生产普通砖的能流图(图中均用等价折算吨标煤),见图 1。

2.6 隧道式干燥室—隧道窑体系(一次码烧)热平衡示意图

见图 2。

2.7 隧道窑的热能收入与支出项目见表 3。

2.8 干燥窑的热能收入与支出项目见表 4。

2.9 工厂电量流向及电量消耗

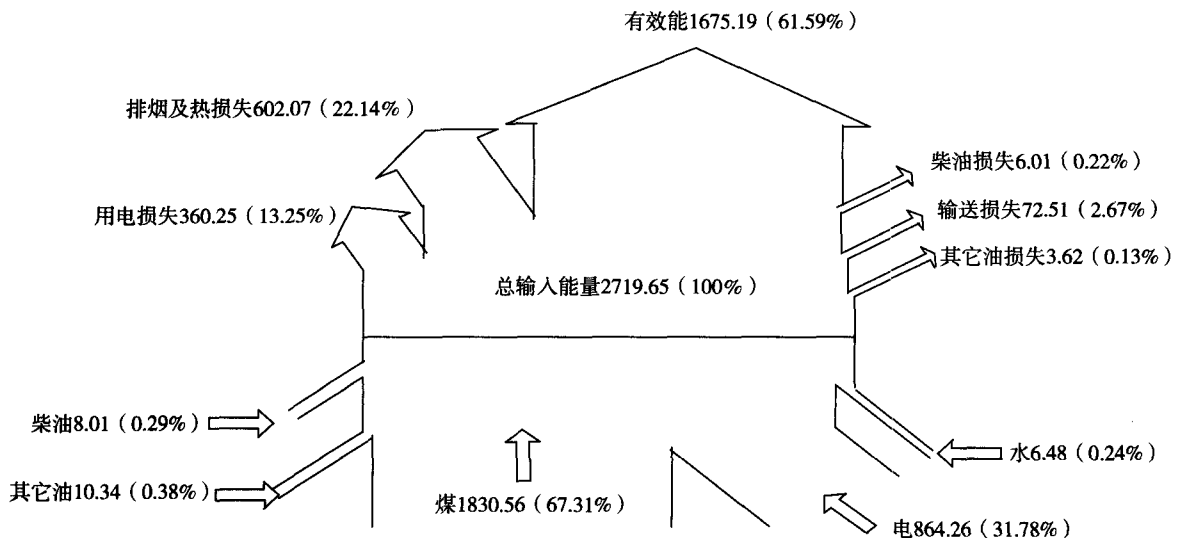


图 1 能流图

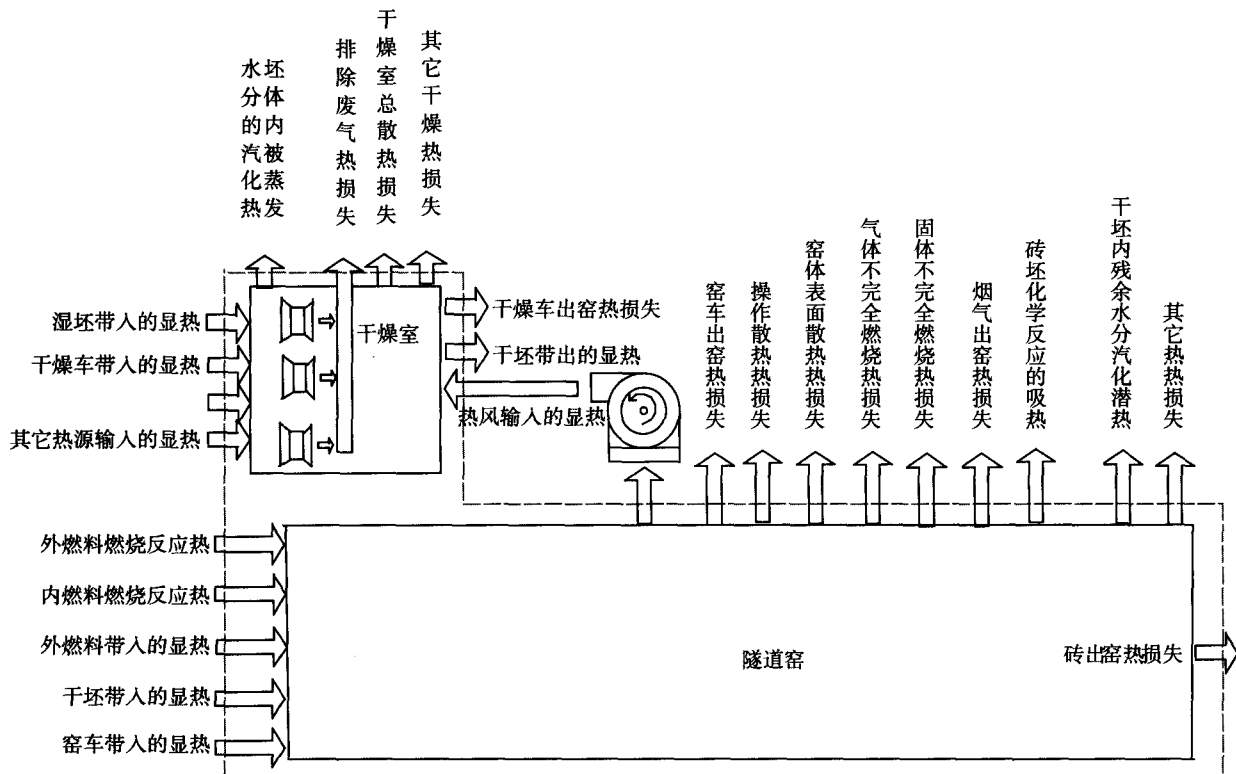


图2 隧道窑—干燥室热平衡示意图

表3 隧道窑的热能收入与支出

序号	热能收入			热能支出		
	项目	数值/(10 ⁴ kJ)	占热耗的比例/%	项目	数值/(10 ⁴ kJ)	占热耗的比例/%
1	内燃料燃烧的反应热 Q_N	3327.62	79.39	干坯内残余水分汽化潜热 Q_d	663.06	15.82
2	外燃料燃烧的反应热 Q_w	731.2	17.44	砖坯化学反应的吸热 Q_{rx}	640.1	15.27
3	外燃料带入的显热 Q_{wx}	0.51	0.0001	输出热风的显热 Q_{fc}	1753.11	41.82
4	干坯带入的显热 Q_{CP}	106.96	2.55	烟气出窑热损失 Q_y	0	0
5	窑车带入的显热 Q_{CR}	25.37	0.62	砖出窑热损失 Q_z	179.78	4.29
6				固体不完全燃烧热损失 Q_{gb}	187.19	4.47
7				气体不完全燃烧热损失 Q_{qb}	308.63	7.36
8				窑体表面散热热损失 Q_b	58.69	1.4
9				操作散热热损失 Q_r	0	0
10				窑车带出的显热 Q_{qb}	142.78	3.41
11				其它热损失 Q_i	258.32	6.16
	合计	4191.66	100	合计	4191.66	100
	有效热量 Q_{yx}	1330.31(318.36) 10 ⁴ kJ(10 ⁴ kcal)				
	热效率 η /%	32.8				

见图3。

2.10 能源平衡结果分析

(1) 热效率(不同能源的效率)

隧道窑的热效率 32.8
干燥室热效率 79.49

隧道窑与干燥室的综合热效率 67.11

(2) 能量利用系数:

能源利用率为 50.32%

(3) 体系单位热耗、单位煤耗

表4 干燥窑的热能收入与支出项目

序号	热能收入			热能支出		
	项目	数值/(10 ⁴ kJ)	占的比例/%	项目	数值/(10 ⁴ kJ)	占的比例/%
1	热风输入的显热 Q_{RFR}	1753.1	91.66	坯体内水分汽化潜热 Q_{ZF}	512.01	26.77
2	其它热源输入的显热 Q_{QR}	0	0	干坯带出的显热 Q_{GP}	106.96	5.59
3	湿坯带入的显热 Q_{SP}	86.52	4.52	干燥车出窑的热损失 Q_{CC}	25.37	1.33
4	干燥车带入的显热 Q_{CR}	72.86	3.82	排除废气的热损失 Q_{FC}	632.38	33.07
5				散热损失 Q_r	58.36	3.05
6				其它热损失 Q_l	577.41	30.19
	合计	1912.48	100	合计	1912.48	100
有效热量 Q_{YX} :				1393.59(333.39) 10 ⁴ kJ(10 ⁴ kcal)		
热效率 η %				79.49		

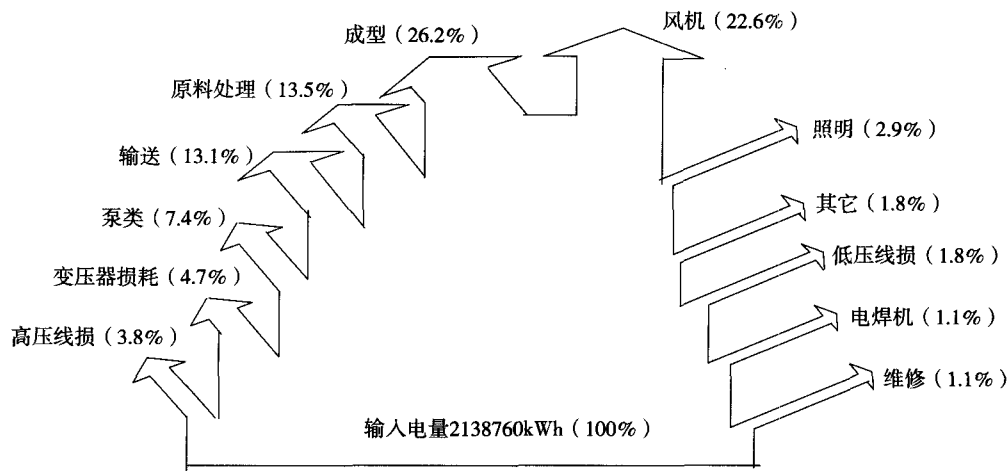


图3 工厂电量流向及电量消耗

表5 体系单位热耗、单位煤耗

	单位	数值	备注
每万块砖质量	t	24.37	
体系热效率	%	67.11	
体系单位热耗	10 ⁴ kJ/万块	4160.1	
体系单位煤耗(折标煤)	kg/万块	1392.26	
其中:原煤耗(折标煤)	kg/万块	320	
电	kWh/万块	551	
水	t/万块	12.75	
油类	t/万块	0.0028	

(4) 能源损失主要方面分析

表6 能源损失

	损失主要方面	损失主要方面占总能耗的比例/%
1	排烟及热损失占总能耗	22.14
2	用电损失占总能耗	13.25
3	柴油损失占总能耗	0.22
4	其它油损失占总能耗	0.13
5	输送损失占总能耗	2.67

(5) 工厂电能中不同工艺设备所占的比例分析

表7 工厂电能中不同工艺设备所占的比例

	工艺设备类型	不同工艺设备所占用电总量的比例/%
1	成型占工厂用电	26.2
2	原料处理占工厂用电总量	13.5
3	风机占工厂用电总量	22.6
4	输送占工厂用电总量	13.1
5	照明占工厂用电总量	2.9
6	电焊机占工厂用电总量	1.1
7	泵类占工厂用电总量	7.4
8	低压线损占工厂用电总量	1.8
9	高压线损占工厂用电总量	3.8
10	变压器损占工厂用电总量	4.7
11	维修占工厂用电总量	1.1
12	其它占工厂用电总量	1.8

(6) 隧道窑热损失主要方面分析:(热损失占总热能的比例)

(下转第31页)

烧结砖企业强有力的监督体系,可以大大提升企业品牌的知名度,提升产品在市场中的竞争能力,提高企业的经济效益。

5 开发体系

企业要想在激烈的市场竞争中立于不败之地,必须要做好企业的营销工作和新产品开发。

只有不断地把握市场的发展方向,开发出适合市场需求的新产品,才能提高产品的销售量和销售额,才能提升企业的竞争力。

页岩砖在中国尚属于很前卫的产品,真正大量使用也不足 10 年。在这 10 年中,页岩路砖的规格一直固定在 230mm×114mm×50mm。

客户的需求永远是第一重要。我们企业在满足正常规格产品的生产外,还根据客户的需要,生产出 200mm×100mm×50mm 产品,并且为远程的客户考虑,在满足功能需要的前提下,降低产品的厚度,生产出 200mm×100mm×40mm 的产品。

这些 40mm 厚的产品投放市场后,得到了客户广泛的欢迎。

不仅如此,公司还研发了页岩盲道砖。

目前,中国常见的盲道砖有水泥盲道砖、瓷质盲道砖、塑胶盲道砖及不锈钢盲道砖。

欧美国家选择盲道砖时,往往选择页岩烧结盲道砖。主要有以下几个方面:

①页岩烧结盲道砖的环保性

当绿色环保的理念在人们心中扎根,绿色环保的材料必将成为宠儿。

在产品放射性的检测中,烧结页岩盲道砖因其取材天然无放射性而被定为 A 类材料,属于绿色环保材料,室内室外均可使用。

②页岩烧结盲道砖的防滑性

毛面的、有孔的、粗糙的页岩盲道砖构成了其防滑性。据郑州冠威建材科技有限责任公司专业人士介绍,光面的烧结砖生产工艺要远远简单于生产毛面的,那他们为什么要反其道而行呢?

听到这些疑问声,厂家拿出了美国检测中心的防滑测试报告。原来,美国客户计划引进中国的烧结砖。他们把中国的烧结砖拿到美国检测中心做了检测。除了抗压强度等常规测试外,还做了防滑性测试。测试结果表明,其防滑性远远强于其他的路面材料。

我们知道,盲道砖除了其装饰性外,最重要的功能是它的使用性。平日里,走在粗糙的路面上,盲人们感到的是舒适,下雪天,雪附着在砖面上,有效地增加了砖面的摩擦力,增强了砖面的防滑性,这样,盲人们走在这些防滑的盲道砖上,安全系数将大大增加。

为使这些页岩烧结盲道砖的砖面达到一定的粗糙性,烧结砖企业不断地改进生产工艺。控制原料颗粒大小,控制产品成型工艺,同时,控制产品烧成温度。

原来,页岩烧结盲道砖表面的粗糙,不是生产工艺的落后造成的,而是为了给盲人提供更加舒适、更加安全的路面材料。

(上接第 23 页)

表 8 隧道窑热损失分析

	热损失主要方面	热损失占总热耗的比例 /%
1	干坯内残余水分汽化潜热	15.82
2	砖坯化学反应的吸热	15.27
3	输出热风的显热	41.82
4	砖出窑热损失	4.29
5	固体不完全燃烧热损失	4.47
6	气体不完全燃烧热损失	7.36
7	窑体表面散热热损失	1.4
8	窑车带出的显热	3.41
9	其它热损失	6.16

2.11 结语

(1) 工厂能源利用率 50.32%。隧道窑热效率

32.8%,隧道干燥窑热效率 79.49%,隧道窑与干燥窑综合热效率 67.11%,电效率为 54.5%。单位产品热耗 $4160.1 \times 10^4 \text{kJ}$ /万块,单位产品煤耗(折标煤) 1392.26kg/万块(其中:原煤单耗(折标煤)320kg/万块),电耗 550.6 kWh/万块。

(2) 热平衡工作是一个系统的、巨大的基础测试工作,过程长而且复杂,是企业管理的基础工作,也是企业经营状态的具体反映,各企业应根据自己的原料、产品、工艺等实际情况,进行企业能量平衡,不仅对企业降低消耗、提高经济效益提供了科学的依据,而且对提高能源利用、提高环境效率、发展循环经济有着重要的意义。