

# 我国建筑卫生陶瓷工业能耗现状及节能潜力研究

杨洪儒<sup>1</sup> 苏桂军<sup>2</sup> 曾明锋<sup>2</sup>

(1 中国建材工业科教委 北京 100831) (中国建筑材料工业规划院 北京 100035)

## 1 建筑卫生陶瓷行业能耗状况

### 1.1 能源消耗状况

从20世纪80年代起,中国的建筑卫生陶瓷工业已高速发展了20多年,建筑卫生陶瓷产量的急剧增加,虽然单耗不断下降,但是建筑卫生陶瓷的总的能耗是逐渐增加的。

随着建筑、卫生陶瓷行业的发展、机械化、电气化水平提高,一方面因装机功率的增加而导致单位电耗上升,另一方面设备的改进,效率提高和规模经济的实现而使产品单位电耗下降,所以单位电耗变化不是很明显。表1、表2是建筑卫生陶瓷产品1995年~2005年的产品单耗表。

表1 建筑陶瓷1995年~2005年产品单耗表

	单位	1995	2000	2005
热耗	kg标煤/m <sup>2</sup>	9.50	6.86	5.10
	kg标煤/t	475	298.27	221.75
电耗	kWh/m <sup>2</sup>	4.38	4.28	4.20
	kWh/t	219	186.09	182.61
综合能耗	kg标煤/m <sup>2</sup>	11.26	8.59	6.80
	kg标煤/t	563	373.49	295.52

注:建筑陶瓷1995年按20 kg/m<sup>2</sup>计;2000~2005年按23 kg/m<sup>2</sup>计

表2 卫生陶瓷1995年~2005年产品单耗表

	单位	1995	2000	2005
热耗	kg标煤/件	15.60	13.31	11.67
	kg标煤/t	1 200	1 023.85	778
电耗	kWh/件	8.45	7.46	6.75
	kWh/t	650	573.85	450
综合能耗	kg标煤/件	18.55	16.32	14.4
	kg标煤/t	1 426.9	1 255.69	960

注:1995~2004年卫生陶瓷按13 kg/件计

### 1.2 能源品种

#### 1.2.1 现状

建筑卫生陶瓷工业的燃料多样化。传统的燃料是煤,但是由于煤烟污染环境,佛山、温州、晋江、夹江等许多瓷区已经禁止使用直接燃煤的窑炉。除了河南省还有不少卫生陶瓷用煤烧隔焰隧道窑,偏远省份有少量陶瓷砖煤烧隔焰辊道窑外,直接燃煤的窑炉在建筑卫生陶瓷工业已基本淘汰。

现在主要是利用焦炉、一段炉、两段炉等设备把煤制成焦炉煤气、发生炉煤气或者水煤气来供陶瓷窑炉使用。目前山东、河北等地陶瓷产区主要使用此类人工煤气。将煤加工成水煤浆用于陶瓷砖喷雾干燥制粉已在佛山、山东等瓷区推广使用。由于水煤浆和人工煤气价格相对低廉,是生产低档产品的陶瓷企业现实的能源选择。

轻柴油是建筑卫生陶瓷工业较理想的能源,广东、福建的陶瓷企业曾广泛使用。近年来油价的不断上升,迫使许多低端厂停产或者转烧煤气,高端厂为了降低成本采用轻重型油混合的燃料油。重油及残渣油在建陶工业也有使用,主要用于喷雾干燥热风炉、少量用于隔焰、半隔焰的隧道窑及辊道窑。

天然气是建筑卫生陶瓷工业理想的能源,以前只在四川等有天然气供应条件的瓷区使用。油价上升后出现了佛山瓷区向四川夹江等地转移,使用当地相对便宜的天然气。随着国家“西气东输”工程的实施,河北、山东、福建、上海等许多瓷区都能用上天然气了,政府也鼓励使用,但是目前天然气供应量不足,尤其在冬季,有的地方不能保证供应,影响企业生产。出于保证生产连续性和降低成本等方面考虑,一些厂又配备了煤气设施。只有一些生产中高档的陶瓷企业坚持使用天然气。按单位热值计算,天然气还是比油便宜,其用

户在不断扩大中。

液化石油气是陶瓷厂较易得到的燃料,卫生瓷产能占全国 40% 以上的潮州瓷区的卫生陶瓷生产几乎全部使用液化石油气。2003 年建筑陶瓷制品制造业主要能源消耗见表 3。

表 3 2003 年建筑陶瓷制品制造业主要能源消耗

能源名称	计量单位	能源消耗	比重 (%)
原煤	万 t	391	36.90
电力	亿千瓦时	44.05	23.53
天然气	亿 m <sup>3</sup>	8.29	13.33
柴油	万 t	53.65	10.34
燃料油	万 t	52.48	9.92
洗精煤	万 t	26.25	3.12
液化石油气	万 t	6.72	1.52
能源消耗总量	万 t 标煤	755	100.00

表 3 中的原煤主要用于制造人工煤气,少量用于窑炉、锅炉及制水煤浆。洗精煤可用于制水煤浆或者煤气。

陶瓷厂的用电均由电网供应,突然停电会给生产带来重大损失,因此要求双回路供电。但是目前电力供应紧张,经常区域性停电,许多企业因正常供电无法保证,只得自备柴油发电机作为应急电源,在电网突然停电时,保证窑炉等一类负荷继续运转,以保护窑炉和减少废品损失。近两年来我国电力紧张,特别是夏季用电高峰时,佛山等许多瓷区拉闸限电,“开四停三”,实际上瓷区根本无法正常生产,损失巨大。

### 1.2.2 燃料结构合理性

陶瓷工业生产推广使用天然气、液化石油气、轻柴油等清洁燃料,既符合世界陶瓷工业发展潮流,也符合国家产业政策。建筑陶瓷业直接烧煤,热耗大,产品质量差,环境污染大。

我国陶瓷工业早在 20 世纪 80 年代就开始逐步淘汰直接烧煤工艺,到了 90 年代中期基本完成燃烧窑炉的改造,煤的用量很少。近年来由于油价的上升,柴油、液化气成本高,大部分烧油陶瓷企业为降低生产成本,转而用煤制人工煤气或水煤浆做燃料。

当前用水煤浆做喷雾干燥塔热风炉的燃料,所排

的烟尘经喷雾干燥两级回收,对环境污染不大。但是由于煤粉燃烧不完全而进入坯粉后,有可能改变坯体色泽,容易造成上釉产品的釉面缺陷,不能作为生产超白砖的燃料。

用煤制煤气,符合国家的能源政策,但当前一个厂 1 台(或者几台)简陋的煤气发生炉,脱硫等煤气净化设备不完善,含酚的有毒废水无法有效处理,直接排放严重污染环境。管理不善时,安全隐患多,甚不合理。瓷区应该建立规模较大、净化装置齐全的区域焦炉煤气厂,来供应瓷区的企业。

### 1.2.3 发展趋势

建筑卫生陶瓷的发展方向是提升产品档次,提高产品售价,并使用清洁燃料。天然气洁净、使用方便,在有稳定气源供应并已铺设管道的瓷区,使用天然气工厂投资小,将是陶瓷企业增长最快的燃料品种;液化气、轻柴油也属于洁净燃料,是没有天然气供应的瓷区使用洁净燃料的发展趋势;在产品从低档向中高档发展的过程中,建设区域煤气站,用焦炉或两段炉制气,也是一种比较现实的选择,可以作为山东等瓷区的一种过渡,随着产品质量和档次的提高,最终会被天然气等清洁燃料取代。环保的严格要求将会淘汰一段煤气发生炉等落后的制气设备。

### 1.3 重大节能技术、工艺、装备推广、应用情况

自 20 世纪 80 年代,陶瓷工业的节能工艺、节能技术与装备都有了长足进步。

#### 1.3.1 节能工艺

##### 1) 墙地砖干法制粉工艺

20 世纪 70 年代末,湿法制粉中的喷雾干燥工艺开始应用于我国陶瓷砖工业。80 年代初,喷雾干燥器系列化产品出现,加快了压滤-烘干-打粉工艺的淘汰。喷雾干燥按照蒸发水计的热耗((800~850) × 4.18 kJ/kg 水)远低于压滤-烘干((2000~3500) × 4.18 kJ/kg 水),但是由于喷雾干燥时全部水分都靠热能烘干,而压滤-烘干工艺中大部分水靠压滤排除,因此喷雾干燥按干粉计的热耗((480~780) × 4.18 kJ/kg 粉)大于压滤-烘干工艺((385~674) × 4.18 kJ/kg 粉),为了降低制粉能耗,国内外都进行了干法制粉工艺的研究。国内的干法制粉工艺于上世纪 90 年代初鉴定,以后又完善了干法的过湿造粒-流化干燥工艺。在中小型厂中推广,节约燃料 70%~80%,节水 70%~75%,

节电 30%~50%。但是由于干粉中含铁,湿粘土需要干燥后再配料,管理不善时车间有粉尘;干粉性能不如喷雾干燥,加上红坯砖退出市场等因素,干法制粉工艺的研究和推广的步伐也减缓以至停顿了,这是很可惜的。

## 2) 陶瓷砖一次烧成

釉面内墙砖采用两次烧成传统工艺,地砖也有采用两次烧成的。与二次烧成相比,一次烧成的能耗要小得多,国际上对陶瓷墙地砖一次烧成工艺进行了深入系统的研究,一次烧成工艺得到了很大的发展。1982年时,西班牙一次烧成砖仅占13%,但在1995年时提高到了82%,国内的一次烧成产品也有所发展,但由于工艺上有一定难度(一次烧成对坯体的成分和釉的要求都很高)以及产品结构变化(釉面砖大型化),一次烧成产品比例远低于西班牙。国内发展工艺难度相对较小的所谓的“一次半烧”,即900℃左右低温素烧,加高温釉烧工艺,比传统的两次烧成工艺节能。

## 3) 建筑卫生陶瓷的低温快烧工艺

根据陶瓷热工学计算原理,越是高温烧成时,能源消耗越多,从1200℃烧成到1300℃时,耗费的能源大约是产品烧成总能耗的约40%左右。近年来建筑卫生陶瓷产品广泛采用了低温快烧技术,釉面瓷砖的烧成温度从1180~1200℃降低到现在的1050~1100℃左右,烧成周期从72h缩短到35~72min;卫生陶瓷的烧成温度已经从过去的1280℃降低到了现在的1150~1200℃左右,快烧设备现广泛使用梭式窑,烧成周期为11h,辊道窑烧成周期降低到7~8h,节能效果明显,节能潜力大。

## 4) 陶瓷砖塑性挤压成形工艺

塑性挤压成形与半干压成形相对比,塑性泥料制备比干粉制备节能,挤压成形比半干压也节能,国内陶瓷砖仅劈离砖用挤压成形,绝大部分用半干压成形。

## 5) 卫生陶瓷高压注浆工艺

卫生陶瓷采用中高压注浆成形工艺后,成形时模具所吸的水分无须干燥排除,而是用压缩空气吹出,从而节省模具干燥热耗,成形后的坯体水分下降2%,可节省坯体干燥热,这两部分约可节约综合能耗的12%。但高压注浆泥浆需要加热、加压,还需要用压缩空气和真空泵,电耗会有所增加。国内对中高压成形工艺有所研究,但设备尚未国产化,整个工艺尚未产业

化。

## 6) 窑炉余热利用

辊道窑和窑车式隧道窑冷却带余热回收得到的洁净热空气,可直接用作助燃空气(220~250℃可节省6%~8%燃料)或者用于坯体干燥、石膏模的干燥和喷雾干燥制粉。

隧道窑排出的高温烟气带走的热量一般占整个窑炉热的25%~35%,这部分热能是相当可观的。现一般将800~900℃的高温烟气通过余热锅炉产生蒸汽或者热水来回收余热。降温后的烟气通过针状管换热器或者热管换热器来加热空气,用于干燥工序。

梭式窑炉的余热因热量不稳定,一般未予利用。

## 1.3.2 节能设备

### 1) 大吨位球磨机

建筑卫生陶瓷工业中,原料加工设备的动力消耗一般占整个动力消耗的60%左右,而其中球磨机的动力消耗最大。采用大吨位球磨机,节电效果非常显著。80年代末,一个年产80万m<sup>2</sup>的釉面砖厂,当用2台14t球磨机取代10台2.5t球磨机时,每天能节电1128度,节电率为22%,如今25t、30t、50t以至100t的间歇式球磨机已投入使用,能取得更为显著的节电效果。

### 2) 大型喷雾干燥塔

国内的喷雾干燥塔从1000型~3200型发展到6000~7000型,大型喷塔的单位电耗较省,如6000型喷塔比3200型单位电耗节省10%左右。

### 3) 大吨位压机

液压压机吨位大,压力高,生产效率就高,平均单位电耗就低。现在国产液压机的最大吨位已经达到7800t,各种吨位的大型压机已经广泛用于国内建陶企业,节能效果明显。同时,国内外都开发了节能型自动压机,将终压完后主缸内积蓄的高压液体能量由低压系统的蓄能器回收一部分用于辅助系统中,有的在液压泵电机上装上飞轮蓄能。采用节能措施后,可节能约27%。

### 4) 辊道干燥器

建筑陶瓷工业现广泛使用辊道卧式干燥器,原为单层,现有三层、五层甚至七层,可缩短干燥器长度,充分的利用干燥介质的热量,干燥的热耗为:(100~120)×4.18kJ/kg坯。可以利用辊道窑的余热为热源,必要时补充一些热风炉的热能,能实现连续生产,热效率远

高于室式干燥。

#### 5) 卫生陶瓷组合浇注成形

我国卫生陶瓷工业已推广组合浇注工艺,对模具采用强化干燥,减少干燥热耗,从而节约综合热耗3~5%。

#### 6) 卫生陶瓷干燥器

上世纪80年代国产的三通道卫生陶瓷隧道干燥室(用于隧道余热)干燥周期24h,单位热耗为 $3700 \times 4.18 \text{ kJ/kg}$ 水。上世纪90年代,引进的带旋转风机的卫生陶瓷坯体干燥室干燥周期12~16h,单位热耗(1370~1850)  $\times 4.18 \text{ kJ/kg}$ 水。国内开发的干燥介质可调自控室式干燥器的单位热耗与此相近。国内开发的新型干燥器—少空气室式快速干燥器,可用于卫生陶瓷、电瓷、日用瓷、石膏模、耐火材料以至木材等的干燥。用于卫生陶瓷坯体时,干燥周期5~5.5h,单位能耗仅为(800~1200)  $\times 4.18 \text{ kJ/kg}$ 水,现正在推广中。

#### 7) 陶瓷砖辊道窑

陶瓷砖辊道窑不需要窑具(垫板)是节能型窑炉。1993年验收的我国第一台彩釉墙地砖国产化示范线上的天然气辊道窑烧成温度1140,烧成周期49min,单位热耗 $750 \times 4.18 \text{ kJ/kg}$ 瓷,十几年来,陶瓷砖的烧成已经辊道化了,辊道窑的设计、制造已经标准化;耐火材料、烧嘴的性能、保温材料的性能均有提高,单位热耗进一步降低。釉面砖素烧、釉烧(1000~1150)热耗为(380~500)  $\times 4.18 \text{ kJ/kg}$ 瓷;釉面地砖(烧成温度1050~1150)和瓷质外墙砖(烧成温度1150~1200),热耗为(430~550)  $\times 4.18 \text{ kJ/kg}$ 瓷;瓷质砖(烧成温度1180~1250)热耗为(500~650)  $\times 4.18 \text{ kJ/kg}$ 瓷。

2003年底鉴定的一条瓷质抛光砖出口生产线油烧辊道窑(烧成温度1200)热耗为 $540 \times 4.18 \text{ kJ/kg}$ 瓷,表明国产高端辊道窑的性能已接近国外先进水平。

#### 8) 卫生陶瓷辊道窑

国内使用的卫生陶瓷辊道窑数量不多(仅3条),全部国外引进,单位热耗(800~1000)  $\times 4.18 \text{ kJ/kg}$ 瓷,在卫生陶瓷窑炉中是最节能的,但是由于辊棒强度所限,现在还不能烧结连体坐便器等的大件卫生陶瓷。

#### 9) 卫生陶瓷梭式窑

用梭式窑炉烧结卫生陶瓷,与其他窑炉相比,有最大的机动性,可取消夜间生产,在潮州卫生瓷区得到了

最广泛的使用(95%以上的产品)。窑炉容积10~65  $\text{m}^3$ ,烧成温度1260,烧成周期11~12h,由于窑墙、窑顶均采用耐火纤维材料,窑具均采用轻质高强度SiC材料,燃料为液化石油气,高端梭式窑炉烧嘴和控制系统从德国进口,窑的单位热耗约为(1860~2450)  $\times 4.18 \text{ kJ/kg}$ 瓷,尚低于国内的许多隧道窑,有很好的节能和环保效果,广东伊丽卫浴公司投产的自控梭式窑容积达到180  $\text{m}^3$ ,3班生产时单窑年产可达到75万件。

#### 10) 卫生陶瓷隧道窑

隧道窑是烧结卫生陶瓷的主流窑炉,近年来其使用比例有所下降,但仍占总产量的60%。20年来,卫生陶瓷隧道窑通过使用洁净燃料、采用自动控制的高速烧嘴、轻质窑体及窑车耐火材料、轻质高强度窑具材料以及脉冲燃烧、模糊控制等先进技术。能耗在不断下降。国产烧气或者轻油的明焰裸烧的先进隧道窑,热耗降至(1400~1600)  $\times 4.18 \text{ kJ/kg}$ 瓷。而现在还有使用的卫生陶瓷煤烧隔焰裸烧隧道窑,烧成热耗高达(5000~7000)  $\times 4.18 \text{ kJ/kg}$ 瓷。

### 1.4 结构调整对提高能效的影响

上世纪90年代中期,我国建筑卫生陶瓷工业开始出现供过于求的局面,在激烈的市场竞争面前,陶瓷企业纷纷进行结构调整,包括产品结构调整、生产规模结构的调整、技术装备结构的调整等。在进入新世纪后,根据走新型工业化道路及可持续发展的要求,新一轮的以绿色、环保、节能为主题的结构调整开始了,这些调整将会对提高能源效率起到积极且持续的影响。

#### 1.4.1 产品结构调整的影响

##### 1) 产品高档化

建筑卫生陶瓷工业长期以来以低档产品生产为主,现已从数量增长型向质量效益型发展,主要在提高产品档次上下功夫。随着产品档次的提高,售价会相应提高,利润会增大,这样就允许产品成本适度上升,企业可以用上清洁无污染的燃料,可以进行技术改造、装备升级,采用节能环保型的设备,这样反过来又会促进产品档次的提高,实现良性循环。

##### 2) 产品绿色化

从绿色的角度去审视产品:红坯砖、硅灰石、透辉石等低温烧成砖,挤压成形砖和薄型砖等环保节能型产品将优先得到发展,这将有利于节约能源。

### 1.4.2 生产规模结构的调整

建筑卫生陶瓷行业具有很强的规模经济效应。随着建筑卫生陶瓷行业的技术进步,工厂中手工劳动减少,机械化、自动化、电气化水平提高和联动线的应用,大大提高了工作效率,也降低了单位产品的能耗。

20年来,陶瓷砖工业的单线规模不断提高,规模化生产趋势明显。1980年至2000年,陶瓷砖单线规模增加了4倍,卫生陶瓷增加1倍,见表4。规模大的生产线要选用大型的设备,而大型设备(如大球磨机、大压机、大型隧道窑等)的单位电耗、单位热耗都较低,有利于节约能源。

表4 1980年~2000年我国建筑卫生陶瓷生产线规模变化情况表

	1980年	1990年	2000年
釉面内墙砖(万 $m^2$ )	60	100	300
釉面地砖(万 $m^2$ )	40	70	200~250
瓷质砖(万 $m^2$ )	-	50	120~150
卫生陶瓷(万件)	40	60	80

### 1.4.3 技术装备结构调整的影响

近10年来,激烈的市场竞争加快了建筑卫生陶瓷工业的结构调整。大量装备落后,产品质量差的企业停产、倒闭,退出了市场;装备好、产品质量高的企业得以存活和发展。行业技术装备结构调整的趋势是:大型化——产品比电耗、比热耗下降;智能化——自控水平提高了,大大有利于节能;节能化——采用节能型压

机、干燥器、窑炉,采用一次(一次半)烧成、低温快烧工艺及助磨减水、余热利用等节能技术,其结果当然是能耗的下降。

可以预见:新世纪建筑卫生陶瓷工业将围绕绿色、环保、高档、优质、品牌和高效益进行的结构调整将大大的促进能效的提高。

## 2 节能潜力分析

### 2.1 我国建筑卫生陶瓷能耗水平与国外先进水平差距

陶瓷行业是一个高能耗行业,其窑炉发展经历了从倒焰窑到隧道窑再到辊道窑的过程,燃料结构也发生了很大变化,从烧煤到烧油再到烧气。在这个发展过程中,除了机械装备的不断改进完善外,能耗也大大降低了,窑炉的能耗已经从80年代的占生产成本的40%~45%降低到现在的23%~27%,不但降低了生产成本,也提升了产品的市场竞争力。

随着陶瓷工业技术进步,能源消耗水平在逐渐降低,能源结构也在发生变化。目前我国已有相当部分陶瓷企业采用天然气、液化石油气、轻柴油等清洁燃料,直接烧煤、重油的生产工艺将逐渐被淘汰。但国内能耗水平与国际先进水平相比还存在较大差距。主要能耗指标见表5。

表5 我国建筑卫生陶瓷能耗与国际先进水平的差距

对比项目		先进国家	中国
烧成热耗	建筑陶瓷(kJ/kg)	1 255~4 186	2 930~6 279(大中型企业)
	卫生陶瓷(kJ/kg)	3 350~8 370	5 023~12 558(大中型企业)
综合热耗	建筑陶瓷( $kg$ 标煤/ $m^2$ )	0.77~6.42	2.5~15(大中型企业 4.15)
	卫生陶瓷( $kg$ 标煤/t)	238~476	400~1 800(大中型企业 1 022)
电耗	建筑陶瓷(kWh/ $m^2$ )	2.3~5.12	2.5~5.5k(大中型企业 4.86)
	卫生陶瓷(kWh/t)	249~553	230~600(大中型企业 301)

从表5中可以看出,我国的陶瓷能耗指标与国外仍然有很大的差距,同时也反映了我国陶瓷工业节能的巨大潜力。

### 2.2 建筑卫生陶瓷行业节能潜力

与国外先进国家陶瓷生产水平相比,我国建筑卫生陶瓷产品在技术装备、生产过程、企业管理等方面还

有很大的差距,节能潜力巨大。现从生产过程、燃料结构、能源管理等方面来分析我国建筑卫生陶瓷工业的节能潜力。

#### 2.2.1 生产过程中的节能

##### 2.2.1.1 原料加工过程中的节能

###### 1) 干碾和造粒——干法制粉

现在陶瓷砖压型粉料的制备通常通过湿球磨 - 喷雾干燥来实现。如果用干法制粉,即:原料干燥 - 配料 - 干法粉碎 - 增湿(到湿度 10%) - 造粒 - 干燥(到 6%)。与湿法相比:需要蒸发水量大大减少,其耗能约 0.7 MJ/kg,比湿法耗能 1.8 MJ/kg 相比,节能 60% 以上。

### 2) 球磨制浆

球磨制浆的电耗占陶瓷厂全部电耗的 60%。通过采用合理的球料比,选用高效减水剂、助磨剂和氧化铝球,氧化铝衬可提高球磨效率、缩短球磨周期。选用大吨位的球磨机可减少电耗 10% ~ 30%。提高喷雾干燥塔泥浆的浓度可显著降低喷雾干燥热耗,如将喷雾干燥泥浆的浓度从 60% 提高的 65%,可节省单位热耗 21%,如浓度从 60% 提高到 68%,则可节省能耗的 33%,这可以通过加入高效的减水剂来实现。

### 3) 连续式球磨机

国内制备泥浆均采用间歇式球磨机,而国外发展出连续球磨机,球磨时给排料完全自动化,不需要停机,易制浓浆,使后面的喷雾干燥过程节约能量,能节省能耗 10% ~ 35%。

### 4) 变频球磨机等

国内的球磨机都是恒速转动的,国外部分球磨机采用变频器改变电流频率来调速,有可能缩短球磨周期 15% ~ 25%,从而减少电耗。

### 5) 大型喷雾干燥塔

大型喷雾干燥塔的单位电耗省,我国最大的喷雾塔型号为 7000 型,可向 10000 型或更大型号发展,国外最大为 20000 型。

### 6) 浆池间歇式搅拌

浆池电机上装时间继电器,搅拌 20 ~ 30 min,停 30 ~ 40 min,泥浆不会沉淀,可节电 50% 以上。

## 2.2.1.2 成形过程中的节能

### 1) 压釉一体

在此过程中,瓷砖的施釉和它们的成形同时进行,采用干釉粉优点是取消传统的施釉线,增加釉的稠度,提高釉的抗磨损性。

### 2) 大吨位压机

大吨位压机压力高,压制的砖坯质量好,合格率高。在同等产量的条件下,耗电少,节能效果明显。国内各吨级的压机均有生产。已有力泰、科达等著名品牌,科达推出的 7 800 t 压机是世界上投产使用的最大

吨位的压机,国内陶瓷砖生产采用大吨位压机,可有明显的节电效果。

大吨位压机,已有专门节能型的设计,可节电 27%,国内的压机制造厂,也应致力于节能型压机的开发。

### 3) 压力注浆

卫生瓷高中压注浆可免除模具干燥和加热工作环境所需的热,并节省坯体干燥热,有一定的节能效果,节省综合热耗的 10% 以上。

### 4) 真空注浆

这是卫生瓷工业出现的另一种方法。模型内铺设排水管网,取代传统的石膏模,注浆后排水管内抽真空,泥浆内水分被抽出,顺模型的毛细管汇入排水管网,加速坯体的形成。脱坯后模具无需干燥,一天内能重复使用多次。由于免除模具干燥而净节省的能量大约是 1 MJ/kg。

### 5) 塑性挤压成形生产墙地砖

墙地砖塑性挤压成形通常采用含水率约 15% ~ 18% 的陶瓷泥料,挤压成形后得到含水率约 14% 的墙地砖坯体,最后干燥至 1% ~ 1.5% 的入窑水分,较采用含水率约 32% ~ 40% 的泥浆喷雾干燥,制得含水率 5% ~ 7% 的陶瓷粉料,经压制成形为墙地砖再干燥至 1% ~ 1.5% 的入窑水分,所耗能量大大地减少。此成形生产技术还有投资小、无粉尘污染、产品更换快等优点。

### 6) 挤压成形节能

国外的设备制造商提出了关于挤压的先进机械,它能准确提供在某一时刻的压力,优化挤压周期,节约 55% ~ 65% 的能耗。这是通过较复杂的控制系统(可变的压力泵、压力加速器等)来实现的。通过能耗的降低来弥补挤压成本的增加而最终获利。

## 2.2.1.3 干燥过程的节能

成形后坯体包含的水分通过干燥被排除。显然,坯体含水量越低,干燥所需的能量也越少。注浆成形的坯体(如卫生陶瓷)水分约 20%,挤压成形坯体(如劈离砖)水分约 15%,半干压成形坯体(墙地砖)水分约 5%。因此,干燥消耗的能量占全部能量消耗的比例,卫生陶瓷可高达 40%,挤出砖约 30%,半干压墙地砖约 10%。常规的干燥器用热空气干燥,最少时间 30 ~ 40 min。现在陶瓷砖快速干燥取代缓慢的常规干燥

器,非常规干燥器最少用 3~4 min。它一般用电磁波(微波)作为惟一的能源或是微波与热空气结合。未来的趋势是快速和超快干燥器,减少干燥时间,同时尽可能的避免中间的储存及输送。同时,为了获得快速干燥,有必要在更复杂的程度上控制空气流动和温度。

在干燥器中采用的节能技术有:

#### 1) 优化干燥空气的循环

优化热空气的流动,采用更复杂的通风技术和体系控制基本参数,如:相对湿度、温度、空气流动度、干燥器内压力等。

#### 2) 废热利用

利用窑炉冷却带回收的干净热空气作干燥介质,有可能提供干燥器 100% 的热能。

#### 3) 卧式快速辊道干燥器

卧式辊道干燥器与立式干燥器相比能更好地控制产品的干燥曲线。在快速干燥器,干燥时间可缩短 10 min,产品含水量为 0.4%~0.6%。单层卧式辊道干燥器比立式干燥器节能 0.2 MJ/kg,节能率 20%~40%,现已取代立式干燥器。近年来发展起来的多层卧式辊道干燥器能有效缩短干燥器的长度,便于其它工艺配置。

#### 4) 少空气干燥与控制除湿

在传统的干燥器中,气流使坯体中水分蒸发,大量热的水蒸气被排放到大气中,造成很大的浪费。少空气干燥器就利用这种排出气流的能量作为干燥器的非直接加热,用此气流为热交换媒介,从而减少干燥时间和能量消耗,这用于干燥的超热流的热量是空气(作干燥介质)的两倍,而且有更高的热传导性。此外,干燥器控制除湿,除了排出潮湿的空气外,干燥器是完全封闭的,可控除湿系统能更有效地利用资源。基于此两项改进的少空气干燥器可以减少干燥时间到原来的 1/3,节省 20%~50% 的热能。

#### 5) 超热间断热空气

提高干燥气流温度,在干燥器隧道内引进一横向的、局部、间歇性的干燥热气流,而不是在长度上持续的气流,使得湿气有足够的时间从坯体中心转移到表层,这一方法可使普通辊道干燥器中 40min 的干燥周期减少到超热气流干燥的 10 min。

#### 6) 微波干燥

微波干燥时热能从湿坯体内部产生,使得湿气能

在坯体中更自由移动。这种由内而外的加热方式使得坯体被加热而干燥通道仍是冷的,被用来加热通道的热节省了。同时这使坯体与环境间有更合适的温差,因此干燥过程加速。水是极性分子,比坯体更快的被加热,然后被排出。微波干燥使干燥时间显著的缩短(从 7 min 到 30 min 不等),而且能更有效的利用能量。

#### 7) 红外线干燥

红外源(燃气加热的放射管)放射的红外线加热物体很薄的一个表层,通过从外到内的热源传导加速能源利用。仅用于形状简单的半干压砖坯,用于卫生瓷之类不规则形状的坯体,易造成坯体开裂。

#### 8) 超快干燥

第一种方法是利用“间歇”热空气而不是持续的热气流,第二种方法是利用微波或红外放射,加速干燥周期,产生超快干燥。

#### 2.2.1.4 烧成过程中的节能

烧成是陶瓷生产能耗最高的工序,因而烧成的节能问题一直备受关注。

窑炉节能的关键有两条:一是窑炉的创新要围绕现代化的设计;二是要注意充分选用现代化的炉材。窑炉是陶瓷企业最关键的热工设备,也是耗能最大的设备,窑炉设备能耗的水平,主要取决于窑炉的结构与烧成技术。其中窑炉的结构是根本,如果没有好的设计,要想提高烧制技术在某种程度上是非常困难的;同样,先进的烧成技术也需要好的窑炉结构来匹配,两者相互依存,缺一不可;只有使两者合理的配合才能保证新型窑炉提高烧成质量的同时减少能源消耗。

#### 1) 低温快烧

增加熔剂性成分,选用适于快烧的原料(如硅灰石、透辉石)和适当的窑炉(如辊道窑),实现低温快烧是烧成节能的有效途径。高温烧成能耗最高,烧成温度如从 1280 降到 1180,烧成能耗可降低近 30%。低温快烧目前国内已取得长足进步,但还有很大潜力。如潮州的卫生瓷厂,基本上是一个配方,烧成温度均在 1260,产量大(占全国 40%)。在降低烧成温度上做些工作,即可有巨大的节能总量。

#### 2) 一次烧成

一次烧比两次烧节能。我国地砖和外墙砖约 90% 采用一次烧,内墙釉面砖则仅有 10% 采用一次烧。以内墙砖产量占 35% 计,一次烧成的墙地砖占

62%左右,而西班牙此值为82%。研究适于一次烧的内墙釉面砖的坯、釉的组成,提高一次烧的比例,能效可有显著提高。

### 3) 预烧技术

当压制成形后,坯体不经过干燥工序而代之以第一阶段的快速干燥与预烧,其最高温度在900℃左右,这一阶段瓷坯没有烧结完全,但已有足够的硬度和强度来完成施釉等工序,最终坯、釉的烧结一起完成,仅需10~15 min。这一工艺可用相对低廉的原材料,而且其湿磨过程可为干磨所代替,可以总体节约制造过程中40%的能耗。

### 4) 辊道窑

辊道窑不用进出隧道吸热耗能的窑车,在烧陶瓷砖时不用任何窑具,易于连续、自动、快速烧成。国外辊道窑不仅用于烧陶瓷砖,而且已用于烧卫生瓷、日用瓷、陶瓷瓦、重质粘土砖和中空粘土砖。烧卫生瓷时用垫板,烧6~8 h(最慢8~12 h)。烧陶瓷瓦时用轻质耐高温的合金盒,烧3~5 h。烧成周期短,窑具重量比小,耗能少,是陶瓷业最经济和最节能的窑型。其唯一的不足是耐火材料质辊棒较贵,工作不当造成断辊时维修费用高,因而目前还不宜用于烧大件卫生瓷等重型坯体。辊道窑在我国基本上只用于烧陶瓷砖,若扩大其使用范围,能取得很好的节能效果。

### 5) 选用性能良好的窑体材料

用纤维材料砌筑窑体已广泛用于梭式窑。多孔耐火材料(氧化铝、红柱石、氧化锆等)密度只有传统重质耐火材料的10%~50%,仍有足够的强度与热稳定性。既耐温,又有高的热阻,可使窑体在厚度减小后仍有较低的散热(仅400 kJ/kg产品),外壁温度仅50℃。国内的许多窑炉外壁温度高,散热大,在选用优质耐火材料和保温材料上,还有很多工作要做。隧道窑开发高可靠性的窑顶耐火吊装材料,将拱顶改为平顶,可使能耗降低5%。

### 6) 采用轻质低蓄热窑车

窑车离开窑时的蓄热属于热损失,应采用轻质耐火材料、降低窑车的蓄热。最新的轻质窑车是在多铝红柱石和堇青石板壳内充填陶瓷纤维。它有传统窑车材料的稳定性及性能,蓄热却比用传统材料降低70%,因此可以显著降低燃料、运营、维修的费用。

### 7) 采用轻质高强窑具材料

加热窑具的热量是无效热支出。窑具与产品质量比每降低1,单位热耗可减少约1.37 MJ/kg产品。匣钵装烧窑用粘土质耐火材料,窑具与产品质量比高达7~8,隔焰隧道窑此值可降到3.8~5.9。现代明焰隧道窑和梭式窑,用莫来石-堇青石-SiC、SiO<sub>2</sub>结合SiC、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>结合SiC、重结晶SiC质的支柱、横梁、棚板,窑具产量重量比可降到1.5~2.5,有的卫生瓷隧道窑不用棚板,减少立柱,用重结晶SiC横梁,产品用薄形垫板和轻巧的专用垫具直接架在横梁上,使得窑具和产量质量比降至0.5~0.8,节能更显著。仅此值从5.90降到1.55,如不计余热利用,就可节能约6 MJ/kg产品,而且可减少总烧成时间,综合节能效果更好。

### 8) 高速烧嘴

高速烧嘴等新型烧嘴能在窑炉内部产生强大的热量和气流搅动,因此提高了热量的传输而被广泛采用。此类烧嘴与传统烧咀相比,可以节约10%~15%的燃料。

### 9) 脉冲燃烧

这种技术运用喷气式烧咀采用电子点火装置实现有序的点火和灭火,使烧咀产生喷射烟气的锋面呈现脉动状态,使热量传递均匀,窑内温差减小,有报道称这种方法可以节能10%~30%。

### 10) 余热利用

隧道窑和辊道窑冷却区的余热可以用在干燥工序或预热本窑的助燃空气。预热温度越高,节省燃料越多。助燃空气预热到400℃比预热到150℃可节省能耗17%,预热到600℃可节能28%,增设的换热装置投资可在两年内回收。

隧道窑和辊道窑废气中的余热可以通过余热锅炉和热管换热器予以回收。梭式窑的工作过程处于热不稳定状态,余热量一直在变化,较难利用。在窑升温与保温阶段,热烟气通过热交换器加热助燃空气,在窑冷却阶段,窑内排出的干净的热空气用于加热另一座处于升温阶段的梭式窑(梭式窑两窑成组,生产组织是一窑升温,另一座降温)是可以采取的余热利用措施。但增加的设施与回收(变化中的)余热量之间的经济性、自动控制的难度,是决定此余热是否回收利用的两大因素。国外的梭式窑大多不用热交换器回收余热。

### 11) 自动控制

自动控制可以更加严格的控制工序的参数而使喷

雾干燥塔、干燥器、窑炉等设备的运行能更接近于最低的能耗。当今先进的自控可以通过高级专家系统来实现,可以通过在线的外部参数(温度、湿度、压力、气氛等)测量来引导操作向最大的节能方向进行,降低能耗3~10%。自动控制还提高了工序的稳定性并使设备处于最佳运行状态。这些在线参数的测控与现代窑炉精确的模拟手段相结合,为窑炉在最优化的热量和热质传输条件下的程序化设计提供了很大的帮助。

### 12) 可替代的低价燃料

世界上很多国家用锯末、橄榄壳、稻秆等低价燃料和煤矸石、废纸浆等含热卡的原料来替代或节省燃油、天然气、煤等高价燃料和生热的原料来生产陶瓷砖并减少能量消耗。

### 13) 微波辅助烧结

传统的窑炉热量是以辐射和气体对流方式传递到瓷坯表面,再传导到瓷坯内部。瓷坯的低导热系数使坯中存在热梯度,易造成坯裂缺陷,因而烧成速度不能快。微波辅助烧结可以在陶瓷坯内部进行加热,同时在瓷坯外部施以传统的气体烧结从而消除了热梯度,可以极快的升高坯体的温度。有资料表明,微波辅助烧结的时间比传统烧结时间可缩短8倍。

## 2.2.1.5 其他配套设备节能

### 1) 风机

风机的高效、降噪有了很大进展。国产窑炉风机功率90~130 kW,而国外同类窑炉风机功率仅50~70 kW,其风机效能高于国产风机。费用分析表明,标准风机设备费仅为其使用寿命内消耗电费的1%左右,选用高效风机增加的费用可以在两年内收回。

### 2) 空气压缩机

空压机是高耗能设备。传统的活塞式(往复式)空压机噪音大、零部件多,易损件多,寿命短,能效比小。以后出现的双螺杆式空压机零件与易损件少,压缩比较大,效率较高,但螺杆转子轴承受力不平衡,磨损大,寿命受影响。最新开发出的单螺杆式空压机结构简单、噪音低、使用寿命长(达20万h),运行效率高。一台排气量10 m<sup>3</sup>/min、排气压力0.8 MPa的活塞式空压机,电机功率需65 kW,而同样排气量和排气压力的单螺杆式空压机电机功率仅需55 kW。陶瓷窑炉和生产线配用此类空压机,年可节电15%以上,节电的费用四年即可回收设备投资。保持压缩机入口处空气的冷

却、干燥和清洁;避免压缩机入口处空气压力降低;让空压机在尽可能小的出口压力下工作(只需其出口压力与需求压力匹配);空压机余热再利用均可使空压机节能。

### 3) 锅炉

典型的工业锅炉的效能约75%~85%,15%~20%能量损失在烟气排放中,1%以热辐射方式损耗,1%~6%为放空损耗。最普遍的节能手段是安装烟气的热交换器。优质绝热材料可将炉体和管道的热辐射损失降到1%以下。同时对炉汽排放系统细心设计也可最大限度的节约能源。

### 4) 联合生产

陶瓷厂需要热能和电能两种能源,传统的方式是购买燃料燃烧使用其热能,并购买热电厂的电能。在热电厂用燃料发电中会产生大量不能被再次利用的余热。如果此热被利用,则可输出约4/5的燃料热量,其电和热的联合费用比单独购买要低。由此国外产生联合生产(热电联动)的方式:提倡用一种方式来产出热和电能。墙地砖公司办电厂,并充分利用电厂的热能。意大利已有此类17套联合生产系统投入使用,近期还将有15套联合生产系统投运。陶瓷墙地砖公司每年将产生480 GWh的电力,相当于该部门每年总电力需求的32%。西班牙陶瓷工业也存在同样的发展趋势。联合生产技术没有减少生产中的热量和电力需求,而是将能耗比重从企业外部转移到了企业内部,这种高效率的循环系统可以使企业在3年内收回其原始资金投入,从全社会讲,能源得到更充分的利用。这种方式可能先在国内淄博、山西等产煤的瓷区实施,取得与国外相似的效果。

## 2.2.2 改变燃料结构的节能

采用清洁燃料就能使用明焰裸装的窑炉,此类窑炉的热耗最低,产品质量也最好。因此,采用清洁燃料应该是建陶业的方向。综合节能、产品质量、环保等方面看,燃料自优至劣的顺序为:天然气—液化石油气—轻柴油—人造煤气(焦炉煤气、二段发生炉煤气等)—重油—煤。

但从经济角度看,以单位产品花的燃料费计,人造冷煤气可能是最便宜的。从节能讲,烧人造煤气,气化时有25%~30%的损失,但由于燃烧热效率(比煤、重油)高20%,可以明焰裸烧,比煤、重油等燃料仍有节

能意义。还可以在现阶段作为过渡使用,但要认真解决制气酚水污染问题。

### 2.2.3 能源管理与节能

有节能技术、节能装备,必须辅之以严格的能源管理,才能确保能源最经济、最大限度的发挥作用。能源的监督和目标管理主要由两部分组成:一是连续测知工厂(车间)内各部分的能耗量,二是分析数据确定节能目标。在财务和其他约束允许的条件下,可以实施有效投资评估手段并确定一个能源有效利用的期望值,然后进行各项改进,并检测实际值。当达到并稳定在这一新水平时,这一已实现的目标就可定为新的能耗标准了,再定更高的目标。改变目前普遍存在的对能耗心中无数,“用着瞧”的状态。

## 3 节能降耗的思路与目标

### 3.1 总体思路

从分析行业节能潜力情况看,我国建筑卫生陶瓷能耗较高的主要原因在于产业结构不合理,调整和优化产业结构是行业节能降耗的根本途径。因此总体节能降耗思路是:以现有产业集群为重点,大力推进产业升级,发展新型、现代化、规模化大企业,一是利用节能型先进技术对现有落后生产系统进行技术改造,降低企业生产能耗;二是支持大企业、大集团扩张,建立高技术水平生产线,通过竞争淘汰小规模落后工艺技术;三是开发新工艺、新产品,开发超薄型陶瓷板,鼓励发展小规格的薄型陶瓷砖,降低原料和能源的消耗。加强能源管理,建立行业能源统计与发布制度,制定能源消耗标准,促进企业节能降耗。

### 3.2 节能降耗目标

#### 3.2.1 2010年、2020年我国建筑卫生陶瓷产量预测

为了预测2005年、2010年建筑卫生陶瓷的产量,我们选取了与建筑卫生陶瓷行业有密切关联的几项指标:GDP、全社会固定资产投资、全社会竣工面积、建筑业总产值,分析它们与建筑卫生陶瓷行业的相关性,选择适当的指标,依据2000~2004年的建筑卫生陶瓷产量,采用弹性系数法、线性回归法预测。从预测结果来看,未来几年陶瓷产量增长速度过快,结合实际情况,建筑卫生陶瓷的需求增长速度在今后一段时间内应该

减缓,主要理由如下:

1)国家统计局统计的企业数据可能存在一定偏差,特别是建筑卫生陶瓷行业,由于基本是民营企业,很多企业为了逃税等方面的原因,可能会少报产量,统计数据不能反映真实的情况;业内专家估计的数据,也只能大概的反映行业情况,离真实情况有一定的偏差。数据的不准确性,导致预测结果严重偏离实际情况。

2)2000~2004年,是国内经济高速发展时期,固定资产投资和房地产投资高速增长,最近几年国内建筑卫生陶瓷需求量的高速增长主要是由高速投资拉动的。从长远看,需求的增长主要靠消费而不是投资拉动的;从发展趋势看,投资不可能长期保持高速增长,今后几年投资速度会放缓,建筑卫生陶瓷的需求量也会放缓。

3)从20世纪90年代以来,我国的建筑卫生陶瓷工业高速发展,产量已经连续10年保持世界第一。考虑到今后几年建筑卫生陶瓷的发展方向为调整优化产业结构,推进产业升级,提高产品质量档次,不再以量的增长为主。

4)贸易纠纷、有些国家对中国的“反倾销”以及人民币汇率的调整等都会影响建筑卫生陶瓷的出口。最近几年,我国陶瓷机械大量出口到一些发展中国家,极大的带动了当地的建筑卫生陶瓷工业的发展,从长远看,这必将影响我国对这些国家的陶瓷出口。

综合上述原因,结合我国建筑卫生陶瓷行业的实际情况,预测结果见表6。

表6 建筑卫生陶瓷2000~2020年产量预测

	2005	2010	2020
建筑陶瓷(亿 m <sup>2</sup> )	40	45	50~55
卫生陶瓷(万件)	8 200	10 000	12 000~13 000

#### 3.2.2 能源单耗量

随着窑炉等热工设备的改进及采用更加节能的先进的生产工艺,单位产品的燃耗呈逐年下降趋势;从建筑卫生陶瓷工业总体发展趋势来看,行业的机械化、自动化、智能化水平越来越高,虽然采用了节电的设备和相应的节电措施,单位产品的电耗下降不如燃耗明显。建筑陶瓷2005~2020年产品单耗见表7。卫生陶瓷2005~2020年产品单耗见表8。

表7 建筑陶瓷 2005~2020年产品单耗表

单位		2005	2010	2015	2020
能耗	kg 标煤/ m <sup>2</sup>	5.10	3.74	3.28	2.87
	kg 标煤/t	221.75	187	164	143.5
电耗	kWh/ m <sup>2</sup>	4.20	3.80	3.70	3.60
	kWh/t	182.61	190	185	180
综合能耗	kg 标煤/ m <sup>2</sup>	6.80	5.28	4.77	4.32
	kg 标煤/t	295.52	263.76	238.74	216.22

注:2005~2009年产品按23 kg/m<sup>2</sup>计;2010~2020产品厚度降低按20 kg/m<sup>2</sup>计

表8 卫生陶瓷 2005~2020年产品单耗表

单位		2005	2010	2015	2020
能耗	kg 标煤/件	11.67	9.03	8.27	7.71
	kg 标煤/t	778	602	551	514
电耗	kWh/件	6.75	4.85	4.38	3.90
	kWh/t	450	323.33	292	260
综合能耗	kg 标煤/件	14.4	10.99	10.03	9.29
	kg 标煤/t	960	732.63	668.97	619.04

注:卫生陶瓷产品按15 kg/件计

### 3.2.3 建筑卫生陶瓷行业总能耗

结合我国建筑卫生陶瓷行业能源单耗和未来几年产量预测,估算未来几年建筑卫生陶瓷总能耗见表9。

表9 建筑卫生陶瓷 2005~2010年总能耗表

	2005		2010	
	建筑陶瓷	卫生陶瓷	建筑陶瓷	卫生陶瓷
产量	40亿 m <sup>2</sup>	8200万件	45亿 m <sup>2</sup>	10000万件
能耗(万t 标煤)	2040	95.69	1683	90.3
电耗(亿 kWh)	168	5.54	171	4.85
综合能耗	2720	118.08	2376	109.9
(万t 标煤)	2838.08		2485.9	

表10 2000~2020年环境效益表

		2000	2005	2010	2015	2020
排放量	SO <sub>2</sub>	23.52	23.9	14.6	3.68	2.68
	粉尘	4.01	7.63	7.47	8.30	9.13
	(万t) 烟尘	4.76	3.58	2.08	0.95	0.68
	CO <sub>2</sub>	4148.3	6475.02	5083.1	4424.5	4177.2

### 3.2.4 建筑卫生陶瓷行业的节能潜力与环境效益预测

据预测的产量及能耗情况,推算出粉尘、烟尘、SO<sub>2</sub>及CO<sub>2</sub>的排放量见表10。

## 4 对策与建议

节约能源是我国经济和社会发展的一项长远战略方针,也是实现可持续发展的重要措施。陶瓷产业节能必须从管理和生产技术二方面着手,以重点环节为突破口,推进全行业能源节约。

球磨机、干燥塔和窑炉等主要生产系统和关键部位是陶瓷行业的耗能重点,也是节能降耗的关键和支撑点,在陶瓷企业的节能降耗中具有举足轻重的作用。陶瓷窑炉的能源消耗占整个陶瓷生产过程能源消耗的60%~70%,所以陶瓷窑炉的节能是陶瓷企业节能工作中的重中之重,应给予高度重视。

建材工业窑炉节能的几点建议:

1) 建筑卫生陶瓷行业的节能技术重点在于陶瓷烧成窑炉上。产、学、研结合加强烧结热工基础、燃烧和微波烧结等应用基础理论研究,强化窑炉热工工程及材料的研究开发,如:重结晶碳化硅、陶瓷纤维等高级

耐火材料开发、窑炉脉冲燃烧和模糊控制技术设备等。支持高性能烧咀、高性能耐火材料、计算机自动控制技术的开发研究,用新技术改造落后的生产技术,提高能源的利用效率。

卫生陶瓷行业,应重视和支持耐火结构件的研究和开发。例如,开发轻型隧道窑吊顶迎火面耐火构件,实现卫生瓷烧成隧道窑的大型和轻质化。开发等静压成形的高质量碳化硅卫生瓷辊道窑专用辊棒,使这样节能型的卫生瓷辊道窑得以推广应用。大力支持陶瓷窑炉余热利用技术的研究,如应国家立项研究开发“双炉”梭式窑系统。

2) 开发和推广原料干法制粉技术、原料连续粉磨、低温快烧技术等节能技术。

3) 燃料政策。建筑卫生陶瓷制品烧成用燃料在近期(3~5年内)应更多鼓励使用一次清洁能源,如石油液化气、天然气、柴油等,这样有利于提高产品质量和降低单位产品的能耗。

中国燃料资源构成现状,决定了燃料以煤为主是基本国策,但建卫瓷工业如直接烧煤,产品档次低、能耗高、行不通。当前大部分企业采用的煤制气技术,在建卫瓷行业使用多年,一段发生炉煤气,含酚废冷却水的净化问题未彻底解决,环保不允许,二段炉煤气技术较好,但投资大,煤种和操作上有专门的要求,大部分小企业难于使用。建议研发新型环保的煤制气技术、在瓷区建立公用的煤气站,集约化生产,统一供应。

4) 大力推进陶瓷行业技术创新,开发和推广节能型新产品。加快超薄型陶瓷砖的开发研究与产业化进程及相应的辅助材料和安装新工艺的研究。减小陶瓷砖的厚度,降低原料与能源消耗。

5) 加强能源节能管理,强化节能、环保的立法与执法。制订陶瓷产业能源消耗标准,定期公布,对技术指标落后的生产线限期改造提高,对先进企业给予支持和鼓励。逐步引入电力需求侧管理、合同能源管理、能效标识管理、自愿协议等国际节能新机制。

(上接第8页)料。

- 2) 生态型屋面系统技术与材料。
- 3) 绿色建筑装饰装修及功能材料。
- 4) 节能型建筑门窗系统及配套材料。
- 5) 健康型厨房卫生间优化集成技术。
- 6) 绿色建筑结构材料与基础材料。
- 7) 绿色建筑部品标准、政策、评价技术和认证体系。

### 2.2.2 健康型厨房卫生间优化集成技术研究重点

- 1) 厨房卫生间设计标准、环保节能评价方法。
- 2) 开发厨房卫生间产品集成优化技术。
- 3) 研究厨房卫生间的成套化、标准化、系列化技术。
- 4) 推进健康型厨房卫生间的发展。

### 2.2.3 绿色建筑部品的发展目标

为满足节能省地建筑的需求,重点围绕节能、节地、节材、节水和环保工作,通过以大型企业为主体、坚

持技术开发与技术改造、自主创新与引进技术消化、单项技术创新与技术集成相结合,构筑我国绿色建筑部品产业的技术创新体系,开发具有自主知识产权的绿色建筑部品制造工艺技术和关键装备,推进我国建材产业的技术升级,提高我国房屋工厂化制造的整体技术水平,促进我国建材产业和建筑产业的可持续发展。

## 3 几点建议

- 1) 国家应对利用工业废料、余热、城市垃圾综合利用制定相应的资金补贴政策。
- 2) 通过产、学、研、用结合,加强绿色建材的应用基础研究 and 地基建,建立绿色建材技术创新体系。
- 3) 解决建筑和建材脱节的老问题,推进住宅产业化进程,实现建材业和建筑业的共同协调发展。
- 4) 建立和完善绿色建筑材料和部品的标准、评价和认证体系。