

国外陶瓷工业的节能

(专题汇编)

建材研究院技术情报室

1 9 8 3 . 8

目 录

1982年第2届国际陶瓷会议关于节能方面的文章选择	- - -2
一种新设计的节能梭式窑	- - -12
传统陶瓷的快速烧成	- - -16
陶瓷工业的节能	- - -21
控制隧道窑冷却空器和排气可节约燃料20%	- - -25
利用陶瓷交换气回收余热	- - -32
工业窑炉用耐火材料及其在节能方面的应用	- - -44
使用氧化铝纤维做窑炉衬里,可节省燃料20%	- - -49
熔铸耐火材料与节能	- - -52

70174/4

1982年第2届国际陶瓷会议关于节能方面的文章选择	- - -2
一种新设计的节能梭式窑	- - -12
传统陶瓷的快速烧成	- - -16
陶瓷工业的节能	- - -21
控制隧道窑冷却空器和排气可节约燃料20%	- - -25
利用陶瓷交换气回收余热	- - -32
工业窑炉用耐火材料及其在节能方面的应用	- - -44
使用氧化铝纤维做窑炉衬里,可节省燃料20%	- - -49
熔铸耐火材料与节能	- - -52

70174/4

1982年第2届国际陶瓷会议

关于节能方面的文章选择

每隔三年一届的国际陶瓷会议的第二届会议于1982年10月底在慕尼黑举行。

(一) 现代化低能耗窑炉

陶瓷生产需要消耗能源，因此，陶瓷工业把节能列为头等研究课题就不足为奇了。陶瓷工厂中温度高于 20°C 的地方就存在着能量损耗，不会有人自称：那样的地方在我们厂很少。但是节能需要投资，并且也需要在现有陶瓷技术基础上研究出更新的技术方法。

在新技术研究方面，面砖工业可作为一个例子。我们知道在60年代德国有过一个改革即把烧煤改为烧油，那时，油是廉价燃料。在1978年德国的油烧窑炉的比例停留在53%左右，现在已降到28%；而气体燃料已经成为廉价燃料，纵观慕尼黑展览会展出的新成果，可以预见煤可能有希望重新大量使用。在陶瓷烧成中，不可避免地存在大量能量损耗。在现代化工厂中，墙面砖的干燥和烧成以及瓦的干燥和烧成的耗能量分别是1.6千焦耳和2千焦耳，其中，损耗掉的能量就有50%。因此，本届会议把人们特别关注的节能作为主要内容。

(1) 降低能耗的现代化窑炉设计

传统的辊道窑在不断发展，西德某公司设计出一次烧成和二次烧成面砖的窑炉。十一月份在Witterschlick一座管道式辊道窑已交付使用，它的整个操作不受面砖类型限制。窑内坯体运行精确，可以保证坯体之间不会碰撞。将面砖坯体放在由一种特殊材料制成的管

状耐火支承体上，每根支承管长4米，沿着托辊凹槽向前推进。因此，由于减少了辊子数量，机械不需要很多，磨损也会降低。这种窑炉主要用于快速烧成，它采用的温度为 1180°C ，烧成周期为 $45\sim 80$ 分钟。

西德某公司展出了 Iso-Jet 实验室的 BL-1-40 窑炉，那是一种底部装密的圆形高温窑炉。窑炉采用砂封，在烧成温度高达 2300°C 时，能够严实地封闭，防止外部气氛侵入。这种窑炉在烧成进行时，可装料卸料。双烧系统采用 1650°C 下作业时，仅使用汽油和混合空气，在 1650°C 以上作业时，使用汽油和混合氧气。这显著地降低了高温烧成时氧气的消耗费用；同时，在一般温度下烧成，不必加氧气，普通烧成窑炉也节省了设备。直径为152毫米，高为178毫米的烧成室有99%的内衬砖是镁砖及合适的隔热材料，这适应于还原烧成、氧化烧成和中性烧成。

某公司有一个令人感兴趣的发展，即烧成耐火石墨砖不需匣钵。这种砖的表面有一层釉，起封闭作用，石墨不会氧化。意大利某公司已实际验证了一次烧成、二次烧成辊道窑和餐具、卫生器隧道窑的新结构。

法国某公司展出了整个窑炉结构分布，这种快烧窑炉与老式窑炉比较，节能30%，并且窑炉横断面的温度分布相当均匀。同时，还展出了在 1600°C 下烧成工业陶瓷的辊道窑，以及在真空和纯净的特殊气氛中烧成用的各种窑炉。有座改进了烧成曲线的重烧卫生器的窑炉，它用于重烧已烧器件，这种已烧器件过去一直被当作废品丢掉，现在从经济考虑给予修正，然后又可出售。

(2) 陶瓷纤维窑炉的发展

丹麦的 Dan 窑炉公司是提倡使用陶瓷纤维作为窑炉内衬的公司之

一。这个窑炉建造公司以容量为 1.8 立方米的传统室式窑炉为例做了详细说明（隔热砖的比重为 0.8 克/厘米³）。这种窑炉在 1350°C 下烧成器皿的总重量为 600 公斤，能量消耗为 4.37 百万焦耳。全部使用陶瓷纤维作隔热材料的窑炉取代传统窑炉，其能耗降低到 2.03 百万焦耳，这是因为，从最初就能有效地防止了能量损耗。当然，除隔热材料外，还有某些因素如烧嘴、设计、控制设备对这个改进也起了作用。以新改进的“单”式气烧嘴为例，它既流畅，调节又精确，因此，它可用于 10Pa 气压和 1MPa 空气压力下的预先干燥，且不会发生逆火和不稳定现象。

近两年来，这个公司已大批量生产电加热 DKF 窑炉，这种窑炉大面积采用陶瓷纤维隔热材料，并且，采用电子计算机全自动数控。众所周知，窑炉在中性烧成气氛下，所耗能量的效率最高，损耗最小。使用电子计算机数控设备能够得到窑炉温度的读数；这种设备不仅可以监测窑炉气氛，而且还能调节窑炉气氛，为特殊要求的氧化或还原状态。

西德 Heimsöth 公司设想装配一种单层隧道窑炉，这种窑炉用最小的窑具快速烧成小型面砖。面砖放在非常轻的窑车上，窑车下是格栅和托辊，空车由地板下的全自动输送机送回到窑炉口。小型面砖是蓄热量非常低的结构，同时，它的烧成时间短，并且，所用的窑具非常小，所以，能量的效率高。

(5) 经过实验的新型窑炉

意大利 POPPI 公司展出了独特结构的窑炉，该窑炉的通道结构和窑车都非常轻；在通道中，器皿沿着双轨送入窑炉。一次烧成，在支柱上要加网板，但是，二次烧成，器皿是直接放在支柱上面的。这种窑炉采用纤维作衬里，烧成温度达 1250°C ，烧成周期 $90 \sim 120$

分钟。一座双通道二次烧成窑每天生产大型面砖大约4500平方米。

西德某公司谈到新型纤维里衬的间歇窑炉。例如烧成装饰陶瓷的容量为50米³的快速烧成窑，这种窑每日装窑两次；又如容量为100米³的烧成地面砖窑。这些窑炉的产量还有很大潜力。它们都由微信息程序控制操作，都具有操作简便的特点，并且，所需操作人员少。

顶喷烧嘴系统。这种系统就是在窑的顶部竖向设置高速烧嘴；这使结构陶瓷窑炉的热气循环处于最佳状态，器皿受到的热传递非常均匀，从而节约了能量。这种烧嘴系统和最新控制系统的设计工作可能已完成，打算明年（83年）实际使用。在一次烧成转为回烧的同时调整烧成曲线，在两小时之内，窑炉每个部份的温度将调整成新的曲线。

为了装备电子设备，对窑炉结构已经做了许多改进。在预烧结硬铁氧体时，摆式窑炉由于恰当调节了窑温，能够节能达40%，同时，烧成参数更加精确，废气中的灰尘比例明显降低。烧结硬铁氧体的辊道窑与传统窑相比多节能50%。并且，窑具成本降低，操作灵活，窑温很均匀，烧结自动化。

现在，市场需要电加热和气体燃料加热，用耐火砖和纤维作衬里，容量为25米³的室式、梭式和顶活式的标准窑炉。

（二）耐火材料

陶瓷烧成工艺的一个重要问题是节能，节能需要改进耐火材料。现在耐火材料的产量是1958年的一倍多。在本届慕尼黑展览会上又展出了许多重要的新制品。板式匣钵，特别是大型板式匣钵的寿命主要受其底部应力的影响和早期常发生的裂缝影响。西德某公司已研

究出新的斜棱面匣钵，新匣钵确实具有期望的优点，即避免了底部形成应力以及早期裂缝的形成。因而，延长了匣钵的寿命。同时，匣钵的漏泄减少了。这样就降低了由碳化硅匣钵引起的器皿污染，提高了器皿的质量等级。匣钵竖直面与板之间增加的空间改善了热循环，烧成时，温度和气氛比较均衡。令人感兴趣的第三代密具是由再结晶碳化硅制成的，这种密具的大小，形状可根据用途做相应地变化，所以它的经济价值是明显的。另一个令人感兴趣的是堇青石材料制品，如用于制瓦的干压成形的匣。据确实的最新资料，“Anna Coritoo”——一种类似堇青石材料，它具有较高的热膨胀系数和热传导性，用至今天仍有很好的抗热冲击性能，它可用于 1400°C 高温下。

西德某公司展出了一个新的吊顶设计，这个设计大大降低了重量，改善了隔热性。这种吊顶安装较快，不需使用螺栓联接；另外，紧固夹也很好地避免了热应力和侵蚀。由于这种吊顶不存在漏热、漏气的纵向缝隙，所以紧固夹不需任何特殊材料。这个公司在研究节能和窑车用耐久密具组件方面处于领先地位。现在该公司已研制出烧成瓦用的带肋U型匣，这种匣采用干压成形，重量轻，可压成各种尺寸。为了建立一个窑车调节系统，保证能耗最少，该公司首次采用了EDP程序控制。根据烧成条件，窑车和密具以蓄热或幅射的形式耗能45%。

西德等国的研究人员已经把再结晶硅质密具的研究向前推进了一步。他们展出了烧成绝缘体的轻质柱状密具，它是一个可调节的系统，其重量减轻了；器皿与密具的重量比为1比0.5或1比0.25，这个比值是陶瓷工作者梦寐以求的。除新型板式匣钵外，经过改进的堇青石制品也引起人们极大关注，它可用于在12号测温锥的温度下烧成砂轮。为了能用在 1380°C 下进行烧成，建议使用改进了的等级为M14的堇青石，它具有高级碳化硅那样好的抗弯强度，并且，具有

很好的抗热冲击性能。堇青石的快速推进器和石英器具在窑中可停留时间即将接近30分钟。

西德某公司生产了一种“Cerachromeblanket”陶瓷纤维耐火材料，它所能承受的应力有可能比类似成份的普通纤维砖高。这种陶瓷纤维砖可使窑炉框架与螺栓或砌面牢固安全，如果出现不稳定情况，维修也是容易的。Z型陶瓷纤维砖已经在1千多个窑中使用，7号砖能够在1260℃下使用，8号砖能够在1430℃使用。

西德某公司生产再结晶碳化硅制品，该公司已经就使用再结晶碳化硅制品解决某些高温技术问题做了专门研究。经过协商，该公司提供了再结晶碳化硅的烧成系统、窑部件，以及工厂用的零件和机械。

西德某公司是世界上生产再结晶碳化硅制品大公司之一，该公司展出了再结晶碳化硅材料的新型烧成系统。这种系统具有结构轻，寿命长，材料热稳定性和机械稳定性好等优点；因此，有可能节能25%，从经济上讲，这是可观的。以展出的卫生器装窑系统为例，它的承载梁（空心）的规格是50毫米×50毫米×2000毫米，壁厚6毫米，最大载重量为400公斤。一种等级为CX200的新型的氧化铝结合匣钵可在1450℃下使用，不发生漏泄。

意大利最大的窑具生产公司展出了在1200℃下一次和快速烧成面砖的新型堇青石网板，同时还展出了增强莫来石托辊、辊道窑用特殊托辊和一次烧成用带肋耐火垫片。

西德某公司展出了采用特殊工艺制成的堇青石和莫来石轻质U型箱（匣），该箱（匣）用于烧成面砖，其表面呈普通蜂窝状，其重量比传统的轻30%~40；并且，它的抗弯强度增强了。该箱（匣）表面没有设计成穿孔和凹槽状，所以底层箱（匣）不会被落下的灰尘污染，且热循环仍然很好。

西德某公司展出了窑炉和窑车用泡沫莫来石轻质耐火砖 (Porital 4-153), 这种砖与纤维衬里有很大差别, 它既适于作直接接触火焰的表面砖, 又适于作加了贴面的第二层砖。这种砖具有令人满意的数据, 如氧化铝含量为 74%, 体积密度为 0.4 克/厘米³, 开放气孔占 87%, 抗冷压强度为 2.5 MPa, 可经受的最高温度为 1530°C。西德另一公司采用了适合于捣打浇注和喷涂成形为整体的耐火材料配方; 这种材料抗机械应力较强。该公司还展出了直径为 0.4 毫米, 长为 25 毫米的短线和陶瓷材料的混合物, 短线占整个坯料的 2%~4%。

(8) 比较经济的烧成和控制系统

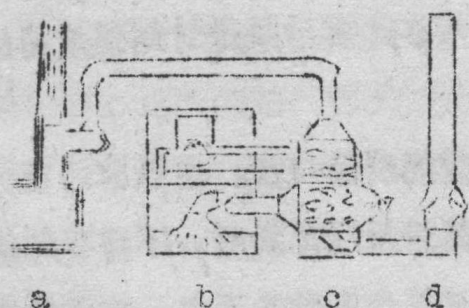
在上文讲述新型窑炉时, 已多次提到控制系统; 下文将谈谈在慕尼黑同新型烧成系统一起展出的控制系统。

澳大利亚某公司展出了隧道窑用微信息控制设备, 这种设备是一种测量和控制都可靠的设备。该设备的能力足够控制十个区域, 其程序由键盘控制。彩色监测器可显示需要的烧成曲线如实际温度、预期温度、最高和最低温度限, 监测器用非编码语言即闪光可显示错误的操作。勾通工厂负责人办公室和领班工作地点的印象机和第二级萤光屏在相交处能够容易地连接。这套设备系统主要用于控制整个窑炉的烧嘴, 提供连续调节和脉冲频率的全荷载和部分荷载无级调节, 以及继续开关。根据烧成的器皿选择这些功能。

美国的 Flamoco-Eclipse 公司是一个有 50 年历史的烧嘴生产厂家, 它在西德的分公司展出了一种新产品, 即喷射速度为 140 米/秒的新型喷气烧嘴, 它专门用于有陶瓷纤维内衬的窑炉; 它的喷射功率达 80 千瓦, 可预热空气高达 400°C。这种烧嘴能根据自动调节器调制的理想配比 (10:1) 的空气和气体燃料进行操作, 在

• 8 •

过量空气 $n=1.0$ 或过量气体燃料 $n=0.8$ 情况下，烧嘴操作仍很稳定。这种烧嘴能用于碳化硅的或普通耐火砖的燃烧室。



- (a) 烧成或加热过程 (烟道气产生处)；
- (b) 能量的再利用；
- (c) 烟道气和热回收；
- (d) 烟道气处理装置。

图 4 (热交换器从废气中回收热能；回收的热能用于加热、干燥器和处理水。烟道气经气体凝结净化器消除有害物质后，放入大气)。

① 注意利用当地燃料

西德某公司展出了全自动化燃料供给系统“Carbo Mill”这种系统适用于顶烧和侧烧隧道窑，以及特殊设计的间歇窑。煤供应线包括干燥、气力输送系统、带有过滤器的中间储仓，除铁和分配系统，在供燃料的地方设有粉磨装置，粉磨温度由热电偶和伺服电动机自动调节。每台粉磨装置为一至五个燃烧地点供煤。这种 Carbo Mill 系统能粉磨、分等，不管料粒大小都能粉碎，其粉磨质量是比较稳定的。这种系统是一种较好的防爆式装置，因为，粉磨后的燃料能够以较近的距离输送。制品、燃烧过程、自动化和输送方法都决定了该系统采用防爆式，这是从几种可能清除灰尘的方法中选择出的一种方式。

西德某公司正在使用一种加煤机和一种窑炉用微信息控制调节系

统，煤集中粉碎成3~5毫米的颗粒，穿过不断装入细煤粉的贮库（有3天的库存量），再由直流电马达驱动的链式变速输送机输送到燃烧地点。添加煤量要根据窑炉实际温度和规定温度而定。整个供煤系统的送煤量直接取决于煤的需要量。如果窑炉温度适当，添煤量少，如果窑炉温度低，添煤量就要增多；其结果是计划温度曲线稳定而均衡，同时，能耗最低。

在德国烧成系统现在很少采用重燃料油烧成。在巴黎的西方工业公司展出了顶烧和侧烧系统。该系统采用气化烧嘴，不需要燃烧室。烧嘴的燃料油气化较完全；因此，该系统既使是用在一直使用天然气的系统中，也将具有许多优点。这种烧嘴喷射空气和燃料气的速度较高，尽管是侧烧系统，窑炉温度分布仍很均衡，甚至4500毫米宽的窑炉也是如此。

西德某公司除普通固体燃料烧嘴外，还展出了SFS4新型全烧煤系统。在这个系统中，烧嘴彼此分开设置或成对设置或12支为一组，或一双为一组；它们都要根据窑炉温度的变化，供煤传动装置供煤的多少来调节和控制。脉冲式烧嘴的燃料供给既可是间歇性的，也可是连续性的。燃料供给机械中的（热）回爆装置能防止爆炸，因为烧嘴喷射距离可能很远、设置的高度在6000毫米范围内各不相同，所以，燃料气装置和计量装置在窑炉附近比较有利。燃料本身的水分含量可达到10%。

② 热回收与净化

过去几年，工厂常常把热回收这一经济性的研究放在寻求某种适宜的热交换器上，那种热交换器的基本要求是：抗侵蚀性要非常好，不易受污染，并且清扫容易。但是，没有交换器能满足这些要求。

瑞士一家专门生产热交换器的公司展出了满足上述要求的耐酸热

交换器，它已经在砌砖中使用。这种热交换器能够降低烟道气中酸的露点，从而使排出的能量输送到水或空气中。其它类型的热交换器计划用于干燥器和锅炉车间的热回收。这种热交换器的寿命将会延长，其寿命为三年至四年。

这家瑞士公司还展出了一种新型烟道气处理装置即“Fumex”净化器，这种凝结气体式净化器可消除氯化物和氟化物。净化器在砌砖中使用是成功的，氟化物含量从 25.5 毫克/米³降低到 0.6 毫克/米³，氯化物从 4.0 毫克/米³降低到 0.15 毫克/米³；总含量控制在正常工作条件下。“Fumex”净化器还可消除 SO_2 ，根据监测器对一个带中和设备重油锅炉的单独测试，表明 $90\sim 95\%$ 的 SO_2 被消除。

西德几个公司协作研制的氟化物消除装置的详细技术内容已做了报导，它们在慕尼黑都引起了人们注意，但是，在这里仅能对其技术做扼要的说明。

西德Steimer公司展出了一个全新的方法，该方法命名为WS——吸收法，此方法可在回收热的同时消除氯化物。这种方法与前面提到的两种方法相似，即利用石灰与挥发性氟化物的结合能力来消除氟。WS——吸收——过滤器有一个放置石灰石碎片的格栅，格栅以固定角度倾斜设置。石灰石碎片要经选择，厚度要适宜操作条件。计量装置可通过添加或削减吸收剂自动调节适宜操作条件。不清洁的气体从块料层上面穿过，它所含的氟化物和灰尘被消除。如果含尘量很大，气体可经过第二层块料进行除尘。清洁的气体穿过换热器时，它所含的大多数热量被回收，作为干燥用气体。因此，Steimer公司与其它公司不同，该公司既不使用普通的收尘器，也不使用固体过滤器收尘。

周庆宏 译自《国际陶瓷评论》82, NO6, 653~656

一种新设计的节能梭式窑

以纤维耐火材料为内衬，轻质钢材结构为外壳设计的梭式窑，通过采用全部倒焰烧成和连续循环窑内气流的方法，可大大提高燃料的利用率。首先，由于烧成中窑内气流连续循环产生对流，提高了热传递效率。气流循环主要依靠高速燃烧器。其次，通过采用纤维耐火材料内衬大大减少了热幅射损耗和内衬本身的吸热损耗。

一、循环对流

在陶瓷烧成过程中，由于窑内气氛和制品在温度上的差异不太大，所以限制了热传递率。补偿的办法只有增加制品间炉内气体的流动，并将烟道气体及其损耗降至最低。在这种新设计的窑炉中，大量气体在变为废气排出之前可在制品间循环流动数次。此外，窑炉设计为倒焰烧成——这是保证烧成制品间温度均匀一致的最好方法。这种窑炉既不需要地下烟道，也不需要高温排风机。

图1是窑炉循环对流系统示意图。安装在窑炉两侧下部的高速燃烧器喷咀都带有延长的喷咀砖部分，每一延长部分通过 90° 的角度同燃烧器喷咀相联并向上垂直喷气。而窑内底部气体则先由高速喷咀吸入，再喷出至窑顶进行制品的倒焰烧成。这样燃烧器喷出的气体和窑内气体完全混合为一体，然后在制品中间均匀一致地由上至下流动。

废气由设在窑侧燃烧器之间的地面烟道收集（见图2）。未参加循环对流的部分炉气也流入燃烧器之间的废气道排出。

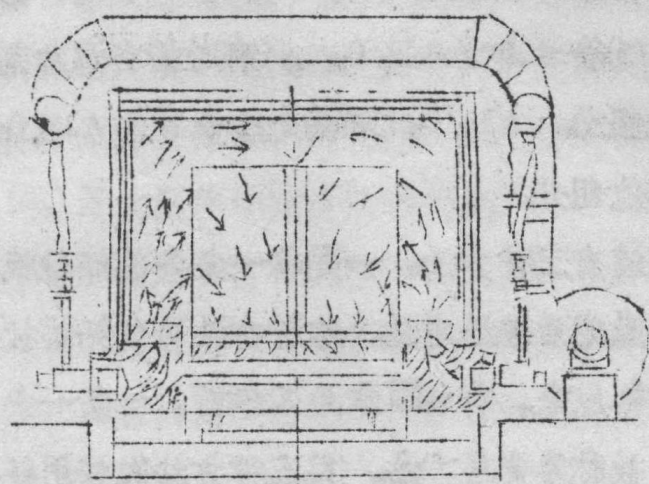


图 1

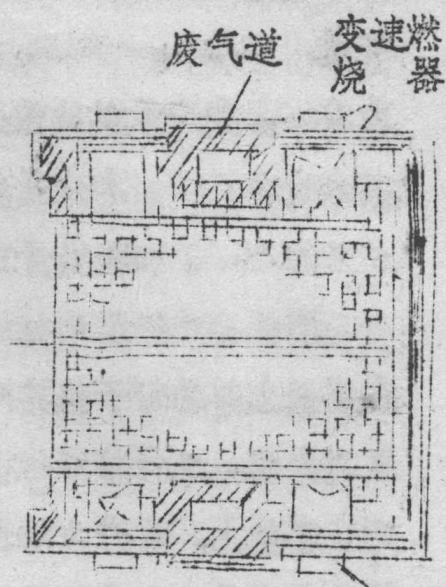


图 2

二、窑炉结构

采用钢外壳、耐火纤维内衬的窑炉很适合操作温度。窑门也采用同样内衬，并可设计为垂直或水平开门。窑侧下部安有废气管道和烟道口的部位须用隔热耐火砖。燃烧器喷嘴延长部和文丘里式砖采用不锈钢纤维增强高铝可浇铸耐火材料。

高速燃烧器可用两种燃料：天然气或二号燃料油。窑内燃烧空气由一台单叶轮鼓风机供给。具有自动挡板控制的鼓风机还可根据需要供给自动控制的冷却。此外，窑炉还装有控制器，自动点火，专用紫外线防火扫描和专用燃烧器电磁阀等装置。

窑温由程序控制器通过窑顶的热电偶进行控制。它既可控制燃料流量也可控制燃料和空气的比例。这种比例调节可在制品烧成早期提供大量的空气加速热传递（采用加大低温窑内空气含量的方法）。

三、纤维内衬

耐火纤维主要有两类： Al_2O_3 — SiO_2 和一种纯多晶 Al_2O_3 纤维。 Al_2O_3 — SiO_2 纤维又分为两种：(1)含50% Al_2O_3 ，其余为 SiO_2 和少量其他组分；(2)含60% Al_2O_3 ，有时掺有添加剂，其余也为 SiO_2 和少量其他组分。 Al_2O_3 纤维是含95% Al_2O_3 ，5%的 SiO_2 和极微量的其他组分。

陶瓷窑炉纤维内衬的安装有三种方法：一是将一条条的纤维板贴在窑壁上并用钉子将其同外壳或后墙固定住。这种方法可使纤维板面直对火焰。二是将纤维板切割成条，将切面作为工作面，一条一条排列在窑壁上，这种方法通常被称为叠层方法。第三种方法包括用纤维板作的组件，也是将切面作为工作面。采用第二和第三种方法可减小纤维板收缩。纤维板的固定器件主要根据窑内工作温度和环境来选择。

如果安装得法，一层 Al_2O_3 — SiO_2 纤维板可在低于1140℃的温度下发挥作用。若超过1140℃，纤维板的收缩将会成为一个难题。

有人采用面积为2平方英尺的小型纤维板，工作温度可达1200~1260℃，小型纤维板的收缩影响较小。但是将预压的耐火纤维用叠层方法安装，更适于工作温度高于1182℃的窑炉。

安装纤维板要避免其收缩开裂而使热量穿透直至钢板外壳。第三种方法采用的搭叠装置可防止这种情况发生。

采用垫圈紧固件隔热层并加用一层纤维内衬可得到更高的工作温度，助熔窑气氛和高速窑气氛都必须避免。含95%纯 Al_2O_3 的纤维板结构比 Al_2O_3 — SiO_2 纤维板结构更能经受高温，且其收缩和弹性损失也小许多。它们虽然成本较高，但从节约的热能来看还是可取的。

四、工作性能

除了梭式窑原来具有的灵活性强的特点，这种特殊结构的梭式窑还有许多别的特性。它的燃烧器火力在烧成周期中可快速升温而不损害制品的烧成。燃烧器还具有一种提供大量空气的能力，在需要时可维持含氧相当高的炉内气氛。在不需要高氧气氛时，则可提供合适的比例，最大限度地减少烟道损耗。

窑炉适用于各种大型陶瓷制品，各种不同的烧成温度和烧成时间。

窑炉可根据预定时间表进行烧成和冷却，其速度至少同隧道窑一样快，而窑内温度的均匀性也相同甚至更佳。它还能用于特殊的烧成温度。

窑炉的维修量很小，不需更换燃料设备和燃烧器喷嘴。由于烟道同燃烧器设计得很近，因此很适合在烟道上安装热交换器。为燃烧器提供预热气体，而不需要为此安装管道。

这种适用于大型陶瓷制品窑炉的节能设计有可能对其他类型的窑炉设计有所帮助。

杜立 译自《Industrial Heatuy》

1981, NO4