

多学科视角下的秦汉砖瓦窑炉工艺技术与交流研究*

李清临（武汉大学历史学院）

摘要：窑炉是砖瓦生产中最重要技术设施，此前对砖瓦窑炉的研究，缺乏自然科学理论与方法的运用。通过综合运用考古学、统计学与陶瓷工艺学理论，对秦汉砖瓦窑炉的工艺技术特点进行分析，进而探讨该时期的技术交流问题。较之周代而言，秦汉砖瓦窑炉的尺寸有明显增加，从而使得单窑产量大幅提高，而这一现象与砖瓦在秦汉时期得到广泛应用密切相关。在砖瓦窑炉的构筑技术方面，秦汉时期多数地区已形成较为统一的技术规范，彼此间没有明显差异。相比之下，周代不同地区在构筑技术上具有明显的地域特异性。此外，与周代相比，秦汉时期各地在砖瓦窑炉类型上的共性也明显更大。种种迹象表明，秦汉时期各地在砖瓦窑炉技术上存在广泛交流，且交流的密切程度超过周代。

关键词：秦汉时期；砖瓦窑炉；工艺技术；技术交流

Abstract: This article analyzes the technical characteristics of brick-tile kilns of Qin and Han Dynasties with a synthesis application of archaeological, multivariate statistics and ceramic technology methods. The study reveals that the average size of brick-tile kilns in the Qin and Han Dynasties obviously increased compared with the Zhou Dynasty, which led to a great surge in the single-kiln output of bricks and tiles during the Qin and Han Dynasties, and this was closely related to the extensive application of bricks and tiles in this period. Regarding the construction technology of brick-tile kilns, statistical analysis shows an obviously positive correlation between the firing chamber area and the kiln bed area in most kilns, as are the relations between the chimney area and the kiln bed area, the firing chamber area and the chimney area. However, regional differences of the construction technology of brick-tile kilns are not obvious, and different types of kilns were mostly constructed with the same techniques, indicating that relatively unified standards of construction technology had been formed in most regions during the Qin-Han period. By contrast, regional differences of construction technology in the Zhou Dynasty are much more obvious, many kilns were constructed in unique ways, which suggests the lack of a relatively unified technical standard in this period. In addition, during the Qin-Han period, multi types of kilns were used in various regions, while in the Zhou Dynasty many regions had their unique types of kilns, showing that the similarities of kiln types among regions during the Qin-Han period are more obvious in comparison with the Zhou Dynasty. The signs are that the exchange of brick-tile kiln technology among different regions was quite extensive in the Qin and Han Dynasties, which was at a much higher level than that in the Zhou Dynasty.

Key Words: Qin-Han period, Brick-tile kilns, Technology, Technical exchange

* 基金项目：2020 年度国家社会科学基金后期资助重点项目“中国古代砖瓦窑炉研究”（项目编号：20FKGA001）。

我国有着悠久的砖瓦生产与应用历史，早在5000多年前的仰韶文化时期，具有垒砌和铺砌功能、现代形体概念上的六面体烧结红砖，就已出现在黄河流域^[1]；我国最早的瓦，则大约出现于龙山文化时期^[2]。而在整个砖瓦生产史上，秦汉时期是非常重要的一个阶段。这一阶段，我国砖瓦的发展进入了空前繁荣时期，生产的砖瓦不仅工艺技术性能出类拔萃，并且式样众多，表面装饰极富变化，故而素有“秦砖汉瓦”之美誉。

砖瓦生产中，烧制是最关键的技术环节，烧制所用窑炉则是最重要的技术设施。秦汉砖瓦所取得的辉煌成就，特别是其优良工艺技术性能的获得，砖瓦窑炉的作用不可忽视。目前，对秦汉砖瓦窑炉的研究主要基于砖瓦窑炉的类型学分析，对窑炉类型发展序列、区域特征和交流等问题的研究与探讨^[3]，而对于窑炉的工艺技术水平（窑炉结构特点与窑炉构筑时所遵循的技术规范，即窑炉的火膛、窑床、烟道等不同功能单位的相对大小应控制在一定范围内，从而能够为砖瓦烧成提供充足的能量），由于研究方法的不足，难以进行深入探讨。显而易见，砖瓦窑炉作为一类重要的技术设施和手工业遗存，对其工艺技术的研究，将有助于了解当时的生产力水平和科技水平，意义毋庸置疑。

鉴于目前的研究现状，本文尝试综合运用考古学、统计学、陶瓷工艺学的理论与方法，对秦汉砖瓦窑炉的工艺技术水平及交流问题予以探讨。而本文的研究思路，对其他古代陶瓷窑炉的研究也具有重要的借鉴、参考价值。

一 秦汉砖瓦窑炉的类型

目前已发现的秦汉砖瓦窑炉总数近700座。其中，河南省数量最多，达200余座；次为陕西省，约170座。其他地区：北京50、山东44、河北30余、重庆25、辽宁20余、浙江20余、湖北20、广西约20、内蒙古15、贵州13、湖南11、山西9、天津6、甘肃5、四川5、安徽3、福建3、宁夏2、江西1座^[4]。与周代（130座左右）相比，

秦汉砖瓦窑炉的数量呈现井喷态势。

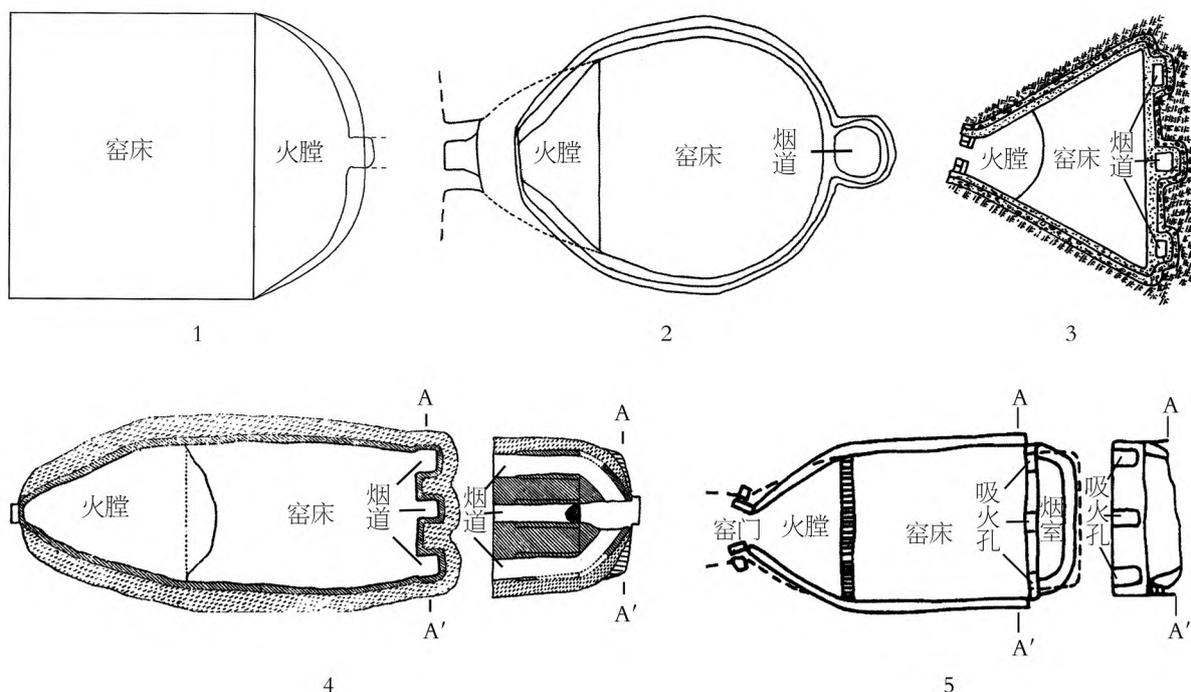
按照火焰在窑内流动方式的不同，秦汉砖瓦窑炉可分为升焰式室形窑（排烟系统位于窑顶）、半倒焰窑（内部结构与升焰式室形窑相同，但排烟系统位于窑后）和长窑（与龙窑相似，但建于平地而非山坡）三类^[5]。其中，可用于类型学分析的窑炉数量约为225座，包括升焰式室形窑9座、半倒焰窑215座、长窑1座。周代使用的竖穴窑不曾发现。

按照窑室（火膛+窑床，不含排烟系统和操作坑）平面形状的不同，秦汉的升焰式室形窑可分为A（马蹄形）、B（瓶形）、C（漏斗形）、D（长方形）、E（插头形）五型。半倒焰窑可划分为A（瓶形）、B（马蹄形）、C（漏斗形）、D（卵圆形）、E（方形）、F（梨形）、G（杵形）、H（扁形）、I（圆形）、J（插头形）十型。部分类型因内部结构（火膛或窑床平面形状）的差异，还可划分为若干亚型与式^[6]。

与周代相比，秦汉砖瓦窑的类型发生了显著变化。周代无论升焰式室形窑还是半倒焰窑，主要形制均为卵圆形窑；秦汉时期，卵圆形窑逐渐退居次要地位并最终在东汉中晚期消亡，瓶形、马蹄形窑则成为主要类型。此外，半倒焰窑排烟系统上的变化同样明显。周代半倒焰窑的排烟系统以单烟道为主，多烟道仅占很小比重；秦汉时期，单烟道窑炉的占比大为减小，多烟道（2股以上烟道，以3股为主，各股烟道均在地表形成出口）和汇合烟道（多股烟道，几股烟道向上逐渐合为一股，在地表形成一个出口）成为主流形式，此外还出现了采用烟室系统（烟室立面如倒扣漏斗状，下大，向上渐小，底部宽度一般等同于窑室后壁宽度，上方出口直径与一般烟道相近）的窑炉。升焰式室形窑和半倒焰窑结构示意图见图一^[7]。

二 秦汉砖瓦窑炉的结构特点

利用Auto CAD软件，测量窑炉火膛、窑床、烟道（烟室）、窑室的面积，测量所用样本均为各部位保存较好且绘有平、剖面图的窑炉。



图一 升焰式室形窑与半倒焰窑结构示意图

1. 升焰式室形窑（北京亦庄 Y9） 2. 单烟道半倒焰窑（巩义白河 III Y2） 3. 多烟道半倒焰窑（咸阳赵背户 73 赵 Y14） 4. 汇合烟道半倒焰窑（酒泉下河清 3 号窑） 5. 烟室半倒焰窑（洛阳九都路 Y1）

火膛测量其上口面积；窑床测量其床面面积；窑室面积为火膛与窑床面积之和；烟道（烟室）为半倒焰窑的烟道（烟室），升焰式室形窑的烟囱或出烟口位于窑顶且已不存，无法测量。半倒焰窑的烟道，若仅余底部，即测量底部面积；若保留尚多但上下截面面积基本一致，也仅测量底部面积；若上下粗细不一（下粗向上渐细），则分别测量底部和上口面积然后取二者均值。多烟道和汇合烟道的窑炉，分别测量各烟道面积然后取其总和。烟室系统窑炉，分别测量其底部和上口面积并取均值。用于测量的升焰式室形窑样本数量为8个，半倒焰窑样本数量为152个。长窑样本仅有1个，缺乏统计意义，此处不做讨论。

得到数据后，利用Origin绘图软件绘制相关图表，以探讨窑炉的结构特点。

（一）升焰式室形窑

分析表明，秦汉升焰式室形窑的火膛面积，最高值和最低值分别为8.153和0.312m²，均值为2.240m²；窑床面积，最高值和最低值分别为14.642和1.502m²，均值为6.033m²；窑室面积，最高值和最低值分别为22.795和1.814m²，均值为

8.274m²。相比之下，秦汉升焰式室形窑的窑床和窑室面积均明显大于周代的同类窑炉^[8]。

（二）半倒焰窑

分析表明，秦汉半倒焰窑的火膛面积，最高值和最低值分别为3.813和0.399m²，均值为1.992m²；窑床面积，最高值和最低值分别为9.663和0.948m²，均值为5.105m²；窑室面积，最高值和最低值分别为12.941和1.596m²，均值为7.080m²；烟道面积，最高值和最低值分别为1.025和0.027m²，均值0.206m²。该时期半倒焰窑的诸结构面积同样大于周代半倒焰窑。

由于半倒焰窑的样本数量很大，为观察此类窑炉结构的变化规律，特利用Origin软件作出半倒焰窑各部位面积分布直方图（图二）。如图二：1所示，半倒焰窑的火膛面积分布呈现出明显的正态分布态势，即一组数据中，数值与均值之差的绝对值越小的样本数量越多，绝对值越大的样本数量就越少，全部样本的分布曲线表现为一条中间高、两端逐渐下降且完全对称的钟形曲线。图二：2、3显示，窑床和窑室面积的分布也表现为一定的正态分布态势，但靠近均值的

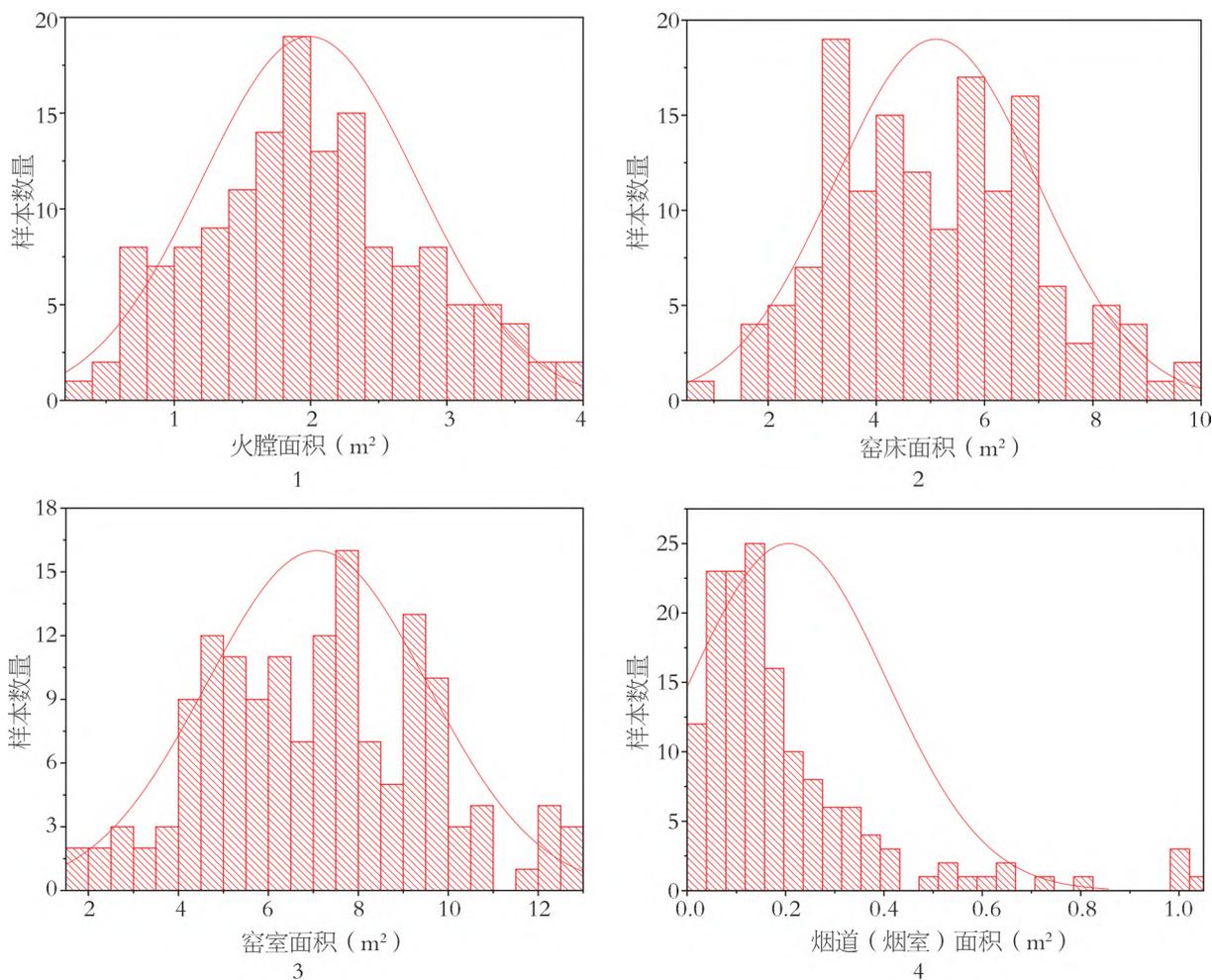
样本与曲线的吻合度稍差。这些现象表明,尽管秦汉砖瓦窑的尺寸变化范围很大,但多数窑炉选择中等尺寸,这可能与中等尺寸窑炉更能适应市场需求的变化有关。图二:4表明,烟道(烟室)面积的分布未能呈现出正态分布态势,大部分样本的烟道(烟室)面积处在小于 0.2m^2 的范围内。

前文提及,秦汉半倒焰窑结构的一个重要变化是排烟系统的改进。为考察不同排烟系统窑炉间的差异,利用Origin软件绘制了不同排烟系统半倒焰窑各部位面积及比值的箱式图(图三)。如图三:1、2所示,采用不同排烟系统的半倒焰窑,在火膛和窑床面积上的分布范围大体一致,彼此间差异不大;但在火膛和窑床面积的均值上(图中彩色矩形框内“□”所示处),从单烟道、多烟道、汇合烟道到烟室窑炉,呈现逐步上

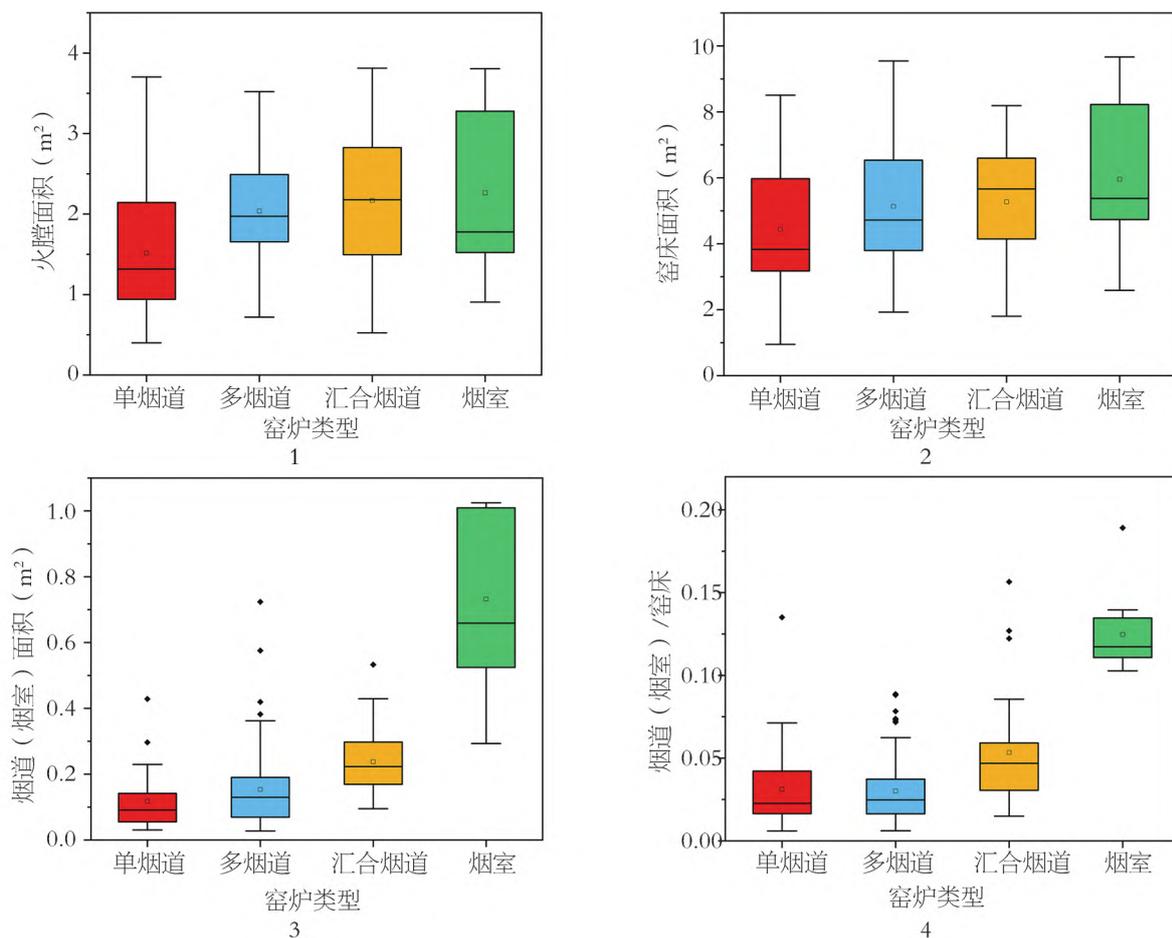
升的趋势,特别是单烟道窑炉与其他三种窑炉的差异较大。如图三:3所示,在烟道(烟室)面积上,几组样本的这一参数呈现出逐步增大的趋势,特别是烟室窑炉,其烟室面积显著高于其他三组窑炉。此外,在烟道(烟室)/窑床比值上(图三:4),单烟道与多烟道窑炉基本一致,汇合烟道窑炉略高于前二者,而烟室窑炉显著高于其他三者。

三 秦汉砖瓦窑炉的构筑技术规范

利用Origin软件绘制窑炉各部位面积及各部位面积比值关系散点图,以考察各项数据间的相关性,进而探讨秦汉砖瓦窑炉构筑时所遵循的技术规范。此处需说明的是,升焰式室形窑没有烟道面积及烟道与火膛的比值数据,故仅有火膛与窑床面积散点图。



图二 秦汉半倒焰窑各部位面积分布直方图



图三 秦汉不同排烟系统半倒焰窑各部位面积及比值箱式图

(一) 升焰式室形窑

图四：1、2分别为按形制和出土地区不同划分的秦汉升焰式室形窑火膛与窑床面积关系散点图。整体而言，大部分样本的火膛与窑床面积表现出明显的正相关性，即火膛面积随窑床面积的增大而增大。而周代的此类窑炉，各样本在图中分布于明显不同的两个区域，火膛与窑床面积间的相关性较差^[9]，与秦汉的情况截然不同。

就发现数量来说，秦汉升焰式室形窑的数量为10座，在所有窑炉中的占比为1.6%；周代此类窑的数量为14座，占比为16.7%，显著高于秦汉时期。据此来看，与周代相比，尽管秦汉时期升焰式室形窑的发现数量及占比均大幅降低，但此类窑炉构筑技术的规范性却大为提升，基本遵循随着窑床面积增大，火膛面积也增大的原则，以满足因产量提高对更高能量的需求。

由于秦汉时期的升焰式室形窑样本总数较

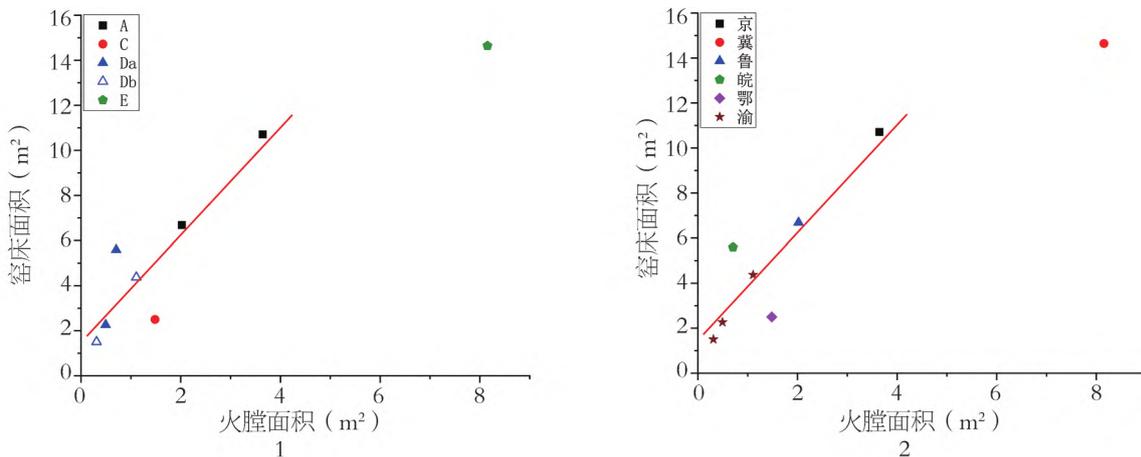
少，划分至不同形制及地区后更少，难以深入分析不同形制和地区样本的特点。仅就现有数据而言，不同形制和地区的样本在图中基本都未表现出明显的特异性，这同样反映出秦汉时期的升焰式室形窑在构筑技术上已形成较为统一的规范。

(二) 半倒焰窑

秦汉半倒焰窑的数量很多，若将所有样本同时进行对比分析，不利于观察各样本间的关系。而如图三所示，不同排烟系统的半倒焰窑在一些方面存在差异，部分差异较大，故此处将半倒焰窑按排烟系统的不同分为单烟道、多烟道、汇合烟道和烟室窑炉4组样本，分别进行分析。

1. 单烟道窑炉

图五为按形制划分的秦汉单烟道窑炉各部位面积及比值关系散点图。整体而言，如图五：1、2所示，大多数样本的火膛与窑床面积、火膛与烟道面积均呈现出明显的正相关性，即



图四 秦汉升焰式室形窑火膛与窑床面积关系散点图

1. 按形制划分 2. 按出土地区划分

火膛面积随窑床、烟道面积的增大而增大。图五：3显示，大部分样本的烟道与窑床面积也呈现出较明显的正相关性。图五：4则表明，大部分样本在窑床面积与烟道/火膛比值上呈现出明显的负相关性。

现代陶瓷工艺学理论指出，陶瓷（包括各种瓷器、陶器、砖瓦等以粘土为原料的制品）的烧制过程，其实就是一个燃料燃烧并将热量传递给制品的过程。燃料的燃烧离不开空气，因此，窑炉内气体的流动状况，对燃烧和传热过程都有至关重要的影响。古代把烧窑工匠称为“风火神”，“风”就是窑内气体的流动，“火”即是燃料的燃烧，善于运用风与火是合格的烧窑工匠所必备的技能^[10]。而在陶瓷窑炉中，窑床是摆放坯件的地方；火膛是燃料燃烧以为制品烧成提供所需能量的地方；烟道则具有抽力，可使窑内空气流通，为燃料燃烧提供所需氧气，并将窑内烟气排出。窑床面积增大，单窑的烧造量也随之增加；而随着烧造量的提高，烧成所需能量也要相应增加。为提高能量供应，加大火膛面积以容纳更多燃料，无疑是最直接有效的做法，但与此同时，燃料增多必然需要更多氧气方能使之充分燃烧，这就需要加大烟道的抽力以促进空气流动。现代陶瓷和砖瓦生产技术研究表明，烟道的抽力取决于多方面因素，包括烟道内烟气的平均温度、窑外空气的密度以及烟道的容积，烟道容积则取决于烟道的高度和截面面积^[11]。在烟道

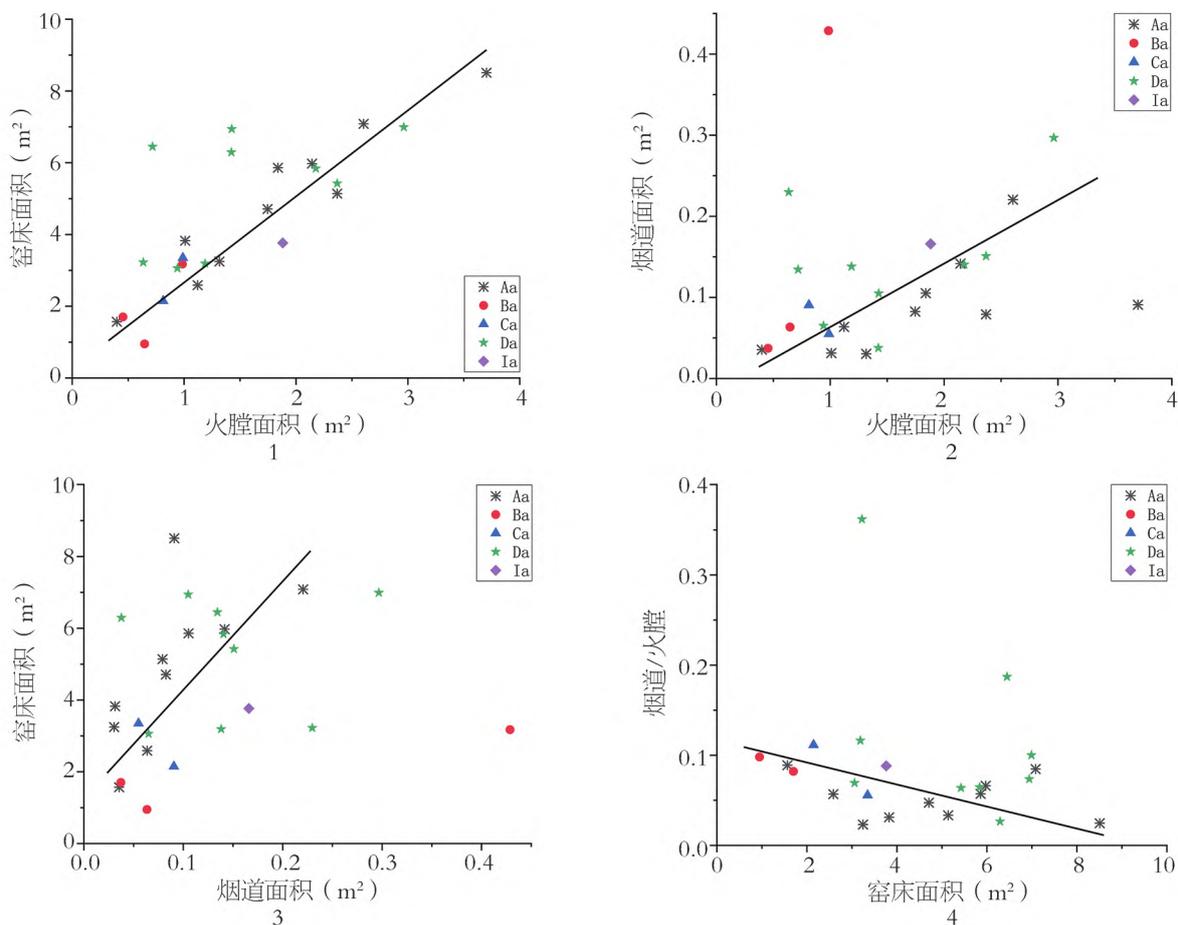
内烟气温度、窑外空气密度以及烟道高度一定的情况下，加大烟道截面面积即可增大烟道容积、提高抽力，从而促进空气流动和燃料充分燃烧。

依据现代陶瓷工艺学理论，从图五反映的情况来看，秦汉时期，砖瓦窑工显然已经认识到单烟道半倒焰窑不同功能单位之间的内在联系，以及其对砖瓦制品烧成的影响。在窑炉构筑时，窑工就已考虑到砖瓦烧造对能量的需求，按照一定的技术规范，依据窑床面积的变化，或说是窑炉产量的多少，对火膛和烟道面积进行相应调整，从而可以为制品烧成提供充足的能量。不过，火膛与烟道变化的幅度并不一致，总体而言是烟道增大的幅度小于火膛，故窑床面积与烟道/火膛比值间呈负相关性。

笔者曾对周代砖瓦窑炉的工艺技术进行研究。研究发现，周代半倒焰窑（主要为单烟道窑炉，多烟道窑炉仅占很小比重）在构筑技术上也已形成一定的技术规范，不过整体而言，与秦汉时期相比，周代的技术规范性稍差，特别是在火膛与烟道面积间未见明显相关性^[12]。

在样本分布态势与形制间的关联上，如图五所示，不同形制的单烟道窑炉，在各幅图中均未表现出明显的特异性，即未发现某种形制的样本分布于特定区域的现象。这一现象反映出该时期单烟道半倒焰窑在构筑技术上已形成较为统一的规范。

图六是按出土地区划分的秦汉单烟道窑炉



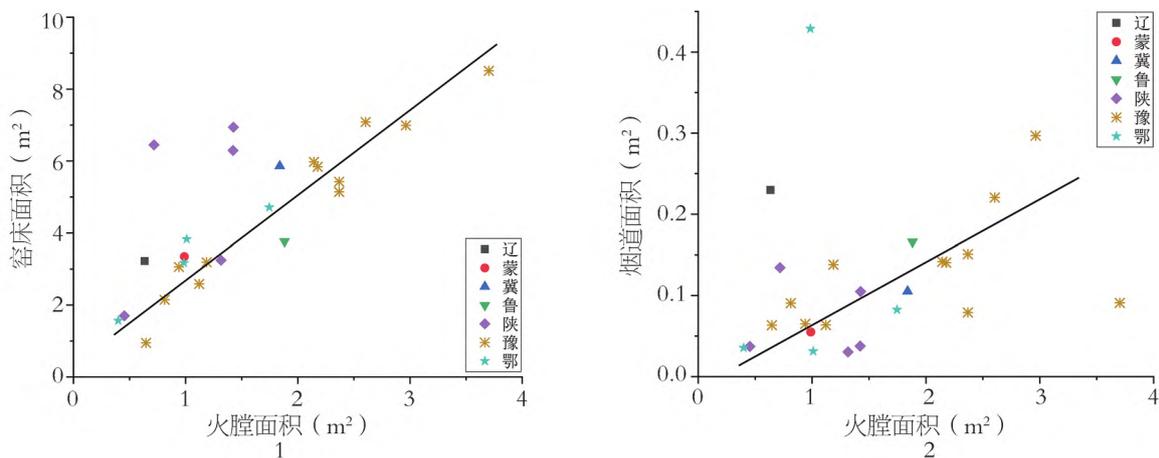
图五 秦汉单烟道窑炉各部位关系散点图(按形制划分)

各部位关系散点图。由于不同地区的样本在几幅图中分布态势基本一致，此处仅列出整体而言相关性更为明显的2幅图，另外2幅未列出（下文多烟道、汇合烟道和烟室窑炉亦如此处理）。如图所示，出土于不同地区的窑炉，在图中均呈交叉分布态势，未表现出明显的区域特性。考虑到几幅图中所示的出土区域均是以当代行政区划进行划分的，与古代尤其是较早时期的行政区划不同，而且工艺技术的交流未必是按照行政区划来进行。因此，笔者又对样本进行了更为细致的观察。在新一轮观察中，打破现代行政区划的界限，着重考虑地理条件如江河、山脉等因素可能产生的影响，观察各地单烟道窑炉在技术上的关联，但亦未发现不同地区窑炉之间存在有明显差异。这一现象表明，秦汉时期，各地在单烟道系统砖瓦窑的构筑技术方面存在广泛交流，不同地区已形成大体一致的构筑技术规范。而对周代单

烟道窑炉的分析则发现，周代单烟道窑炉的分布特点与所属地区间具有较强的相关性，即不同地区的样本分布于特定区域，表明周代在砖瓦窑炉技术上的交流尚不广泛，不同地区的此种窑炉在构筑技术上大都具有一定的特异性^[13]。由此看来，较之周代而言，秦汉时期不仅在窑炉类型与结构上有了明显变化，各地间技术交流的程度显然也更加广泛深入。

2.多烟道窑炉

图七为按形制划分的秦汉多烟道窑炉各部位关系散点图。整体来看，如图七：1所示，多数样本在火膛与窑床面积上表现出较明显的正相关性。图七：2、3表明，多数样本的火膛与烟道面积、烟道与窑床面积也呈现出一定的正相关性。在这几个方面，多烟道和单烟道窑炉的情况一致。而如图七：4所示，在窑床面积与烟道/火膛比值关系上，多烟道窑炉并未表现出明显的相关



图六 秦汉单烟道窑炉各部位关系散点图(按出土地区划分)

性,这与单烟道窑炉有所区别。

在样本分布态势与形制的关联方面,如图七所示,大多数不同形制的多烟道窑炉,在图中呈现出交叉分布态势,并未表现出特异性。个别形制如Db型即窑室平面呈卵圆形、后部设有两股烟道的窑炉,在图中分布较为集中,在图七:1、3中处于上部区域,在图七:2、4中则处于偏下的位置,体现出一定特异性。该Db型窑,其窑后设有2股烟道,与其他多烟道窑炉大都设有3股烟道不同。此外,另一种形制,即窑室平面呈杵型、窑后设有两股烟道的Ga型I式窑,在图中的分布也比较集中,且与Db型窑非常接近;此外Ga型I式窑在各结构间的相关性上也不同于其他大多数样本,如在图七:1、3中,Ga型I式窑均呈现出较强的负相关性,这与其他大部分形制样本间的正相关性相反。考虑到Db型和Ga型I式窑均仅发现于辽宁绥中县姜女石遗址^[14],不见于其他地区,因此,尽管这两种形制窑炉的样本量相对较小,但其在图中的分布特点,除是窑炉结构的反映外,与地域特点应该也有一定关联。

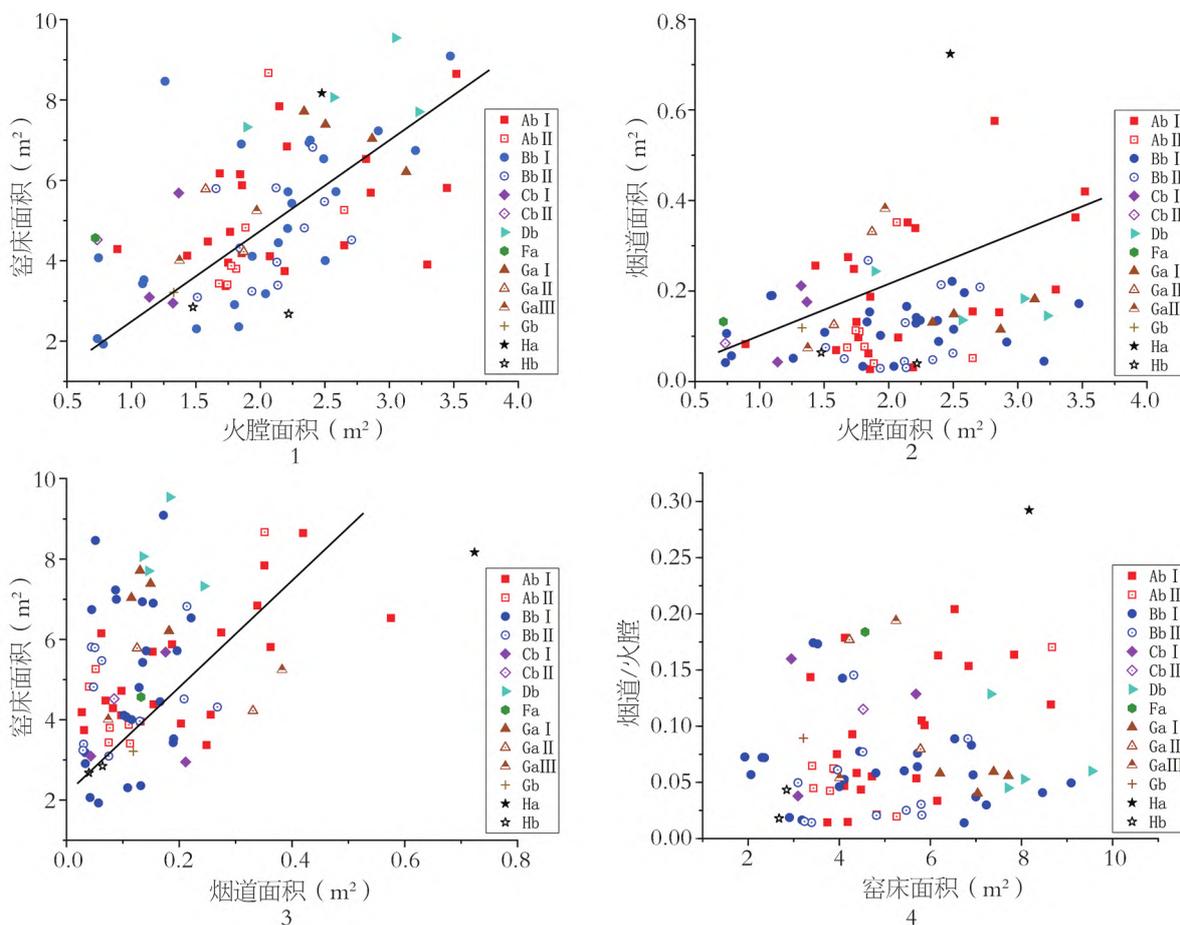
图八为按出土地区划分的秦汉多烟道窑炉各部位面积及比值关系散点图。如图所示,多数地区的窑炉在图中呈现出交叉分布态势,未能表现出地区特异性。少数地区如辽宁、天津、陕西、湖北、重庆等地的样本,在图中分布在较为集中的区域。如在图八:1中,天津的样品分布于最下方,窑炉形制包括Bb型I式和Hb型,均发

现于天津城关镇大桃园^[15],其中Hb型为当地特有类型。辽宁的样品均分布于图的上部,形制包括Db型和Ga型I式和II式,均发现于辽宁绥中县姜女石遗址^[16],且基本都为当地特有形制。此外,从图中可以看出,辽宁的样品间呈现出一定负相关性,这与其他样品基本呈正相关性的情况不同。结合该时期各地在砖瓦窑类型上明显趋同,但仍有部分地区使用地方特色类型的现象,可以认为,尽管秦汉时期大多数地区的多烟道砖瓦窑在构筑技术上遵循基本一致的原则,但仍有个别地区保持一定的特异性。

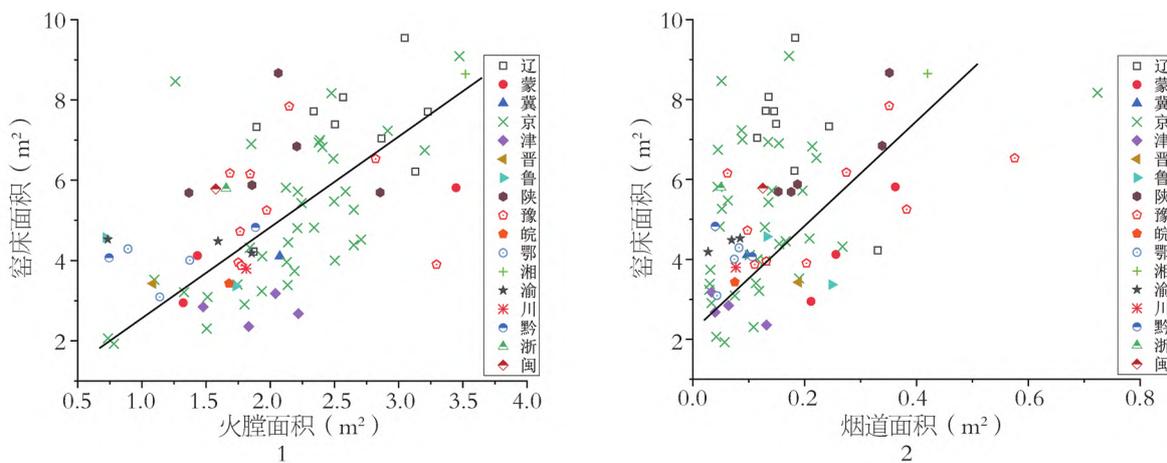
3. 汇合烟道窑炉

图九为按形制划分的秦汉汇合烟道窑炉各部位面积及比值关系散点图。整体来说,如图九:1所示,汇合烟道窑炉在火膛与窑床面积关系上表现出较明显的正相关性。图九:2、3显示,大部分样本在火膛与烟道面积、烟道与窑床面积关系上也表现出一定的正相关性。在这几个方面,汇合烟道窑炉与单烟道和多烟道窑炉情况一致。图九:4表明,大部分样本在窑床面积与烟道/火膛比值关系上呈现出较明显的负相关性,这与单烟道窑炉相同,与多烟道窑炉有别。

在样本分布态势与形制间的关联上,从图九可以看出,几种不同形制的汇合烟道窑炉,在图中有一定的分布特点。如Cc型和Fb型,在几幅图中基本均分布于主体区域之外,不过,这两型窑炉均只有一个样本,缺乏统计意义,其分布特点是否代表其具有不同于其他形制窑炉的构筑技



图七 秦汉多烟道窑炉各部位关系散点图（按形制划分）

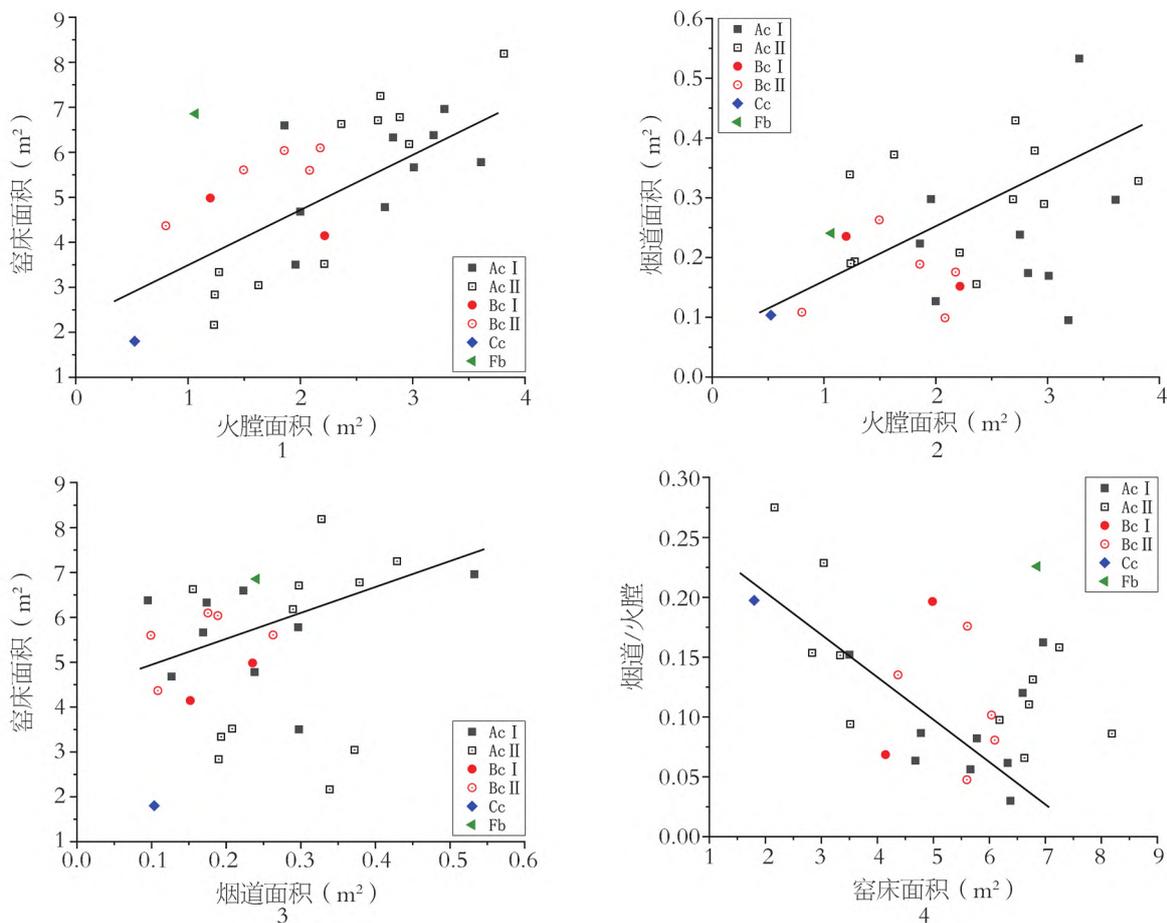


图八 秦汉多烟道窑炉各部位关系散点图（按出土地区划分）

术规范，尚难下定论。Bc型 I 式和 II 式窑在图中的分布区域非常接近，且两式窑炉的总体分布区域也较为集中；相比之下，Ac型窑在图中的分布较为分散。而在应用地区的广泛性上，Bc和Ac型窑基本一致，均在南北多个地区都有发现。由此来看，虽然均为汇合烟道窑炉，但窑室

平面近马蹄形的Bc型窑，其构筑技术规范相对于平面呈瓶形的Ac型窑更为严格。

图一〇为按出土地区划分的秦汉汇合烟道窑炉各部位关系散点图。如图所示，大部分地区的汇合烟道窑炉在图中交叉分布，分布态势与地域间未见明显关联。个别地区如山西的4个样本（3



图九 秦汉汇合烟道窑炉各部位关系散点图（按形制划分）

个Ac型Ⅱ式和1个Bc型Ⅱ式），在图中基本分布于样本的主体区域边缘；而在图八中，山西的1个样本（Bb型Ⅰ式），同样分布于主体区域边缘。此种现象反映出山西的汇合烟道和多烟道窑炉在构筑技术规范方面具有一定特异性。

4. 烟室窑炉

图一一为按形制划分的秦汉烟室窑炉各部位面积及比值关系散点图。总体来说，如图一一：1、2所示，烟室窑炉的火膛与窑床、火膛与烟室面积关系仍呈现一定的正相关性，不过与单烟道、多烟道和汇合烟道窑炉相比，烟室窑炉的这种相关性程度似乎有所降低。与此同时，如图一一：3所示，在烟室与窑床面积关系上，烟室窑炉表现出明显的正相关性，这一相关性程度超过了其余三种排烟系统窑炉。而在窑床面积与烟室/火膛比值关系上（图一一：4），烟室窑炉未见到明显的相关性。

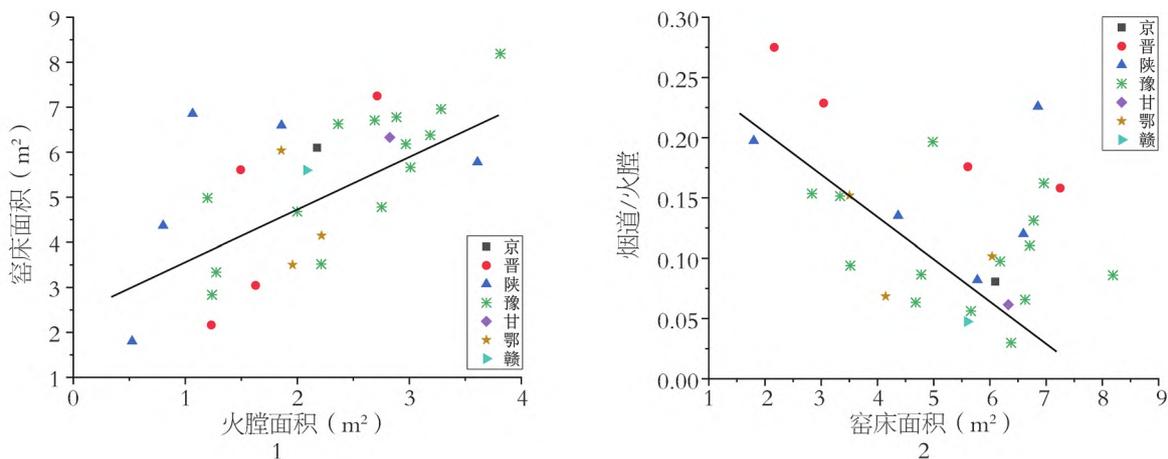
在样本分布态势与形制间的关联上，从图一一可以看出，不同形制的烟室窑炉在图中的分布基本无规律可言。不过，由于烟室窑炉的样本数总体偏少，划分至各个形制后数量更少，因此，尚难据此来对其构筑技术规范做出更为客观的推论。

图一二为按出土地区划分的秦汉烟室系统半倒焰窑各部位面积及比值关系散点图。从图中可以看出，来自不同地区的样本在图中交叉分布，分布态势与地域未见有明显关联。

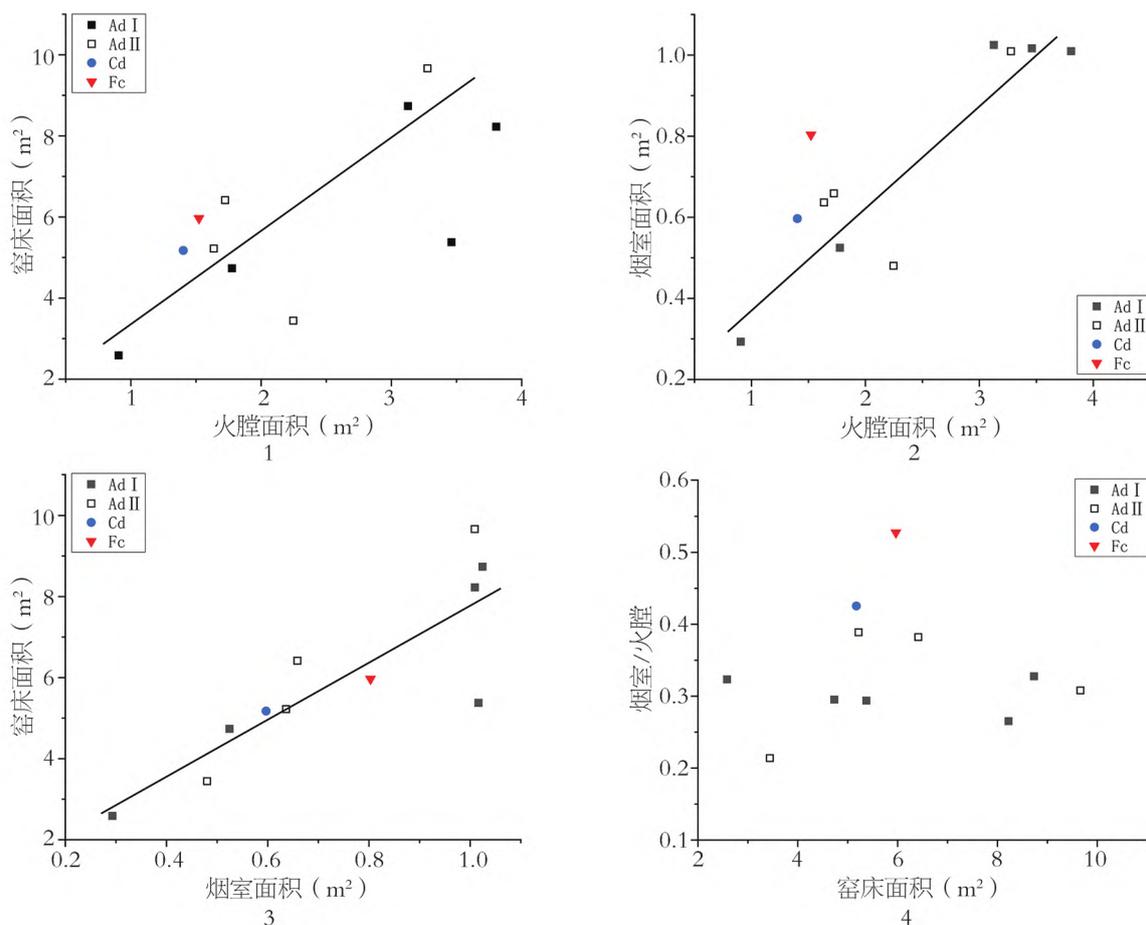
四 讨论与结论

（一）砖瓦窑炉的烧造量

在窑炉尺寸上，秦汉时期的升焰式室形窑和半倒焰窑窑床面积均值分别为6.033和5.105m²，周代这两类窑炉窑床面积均值则分别为2.752和4.544m² [17]，说明较之周代而言，秦汉砖瓦窑的



图一〇 秦汉汇合烟道窑炉各部位关系散点图(按出土地区划分)

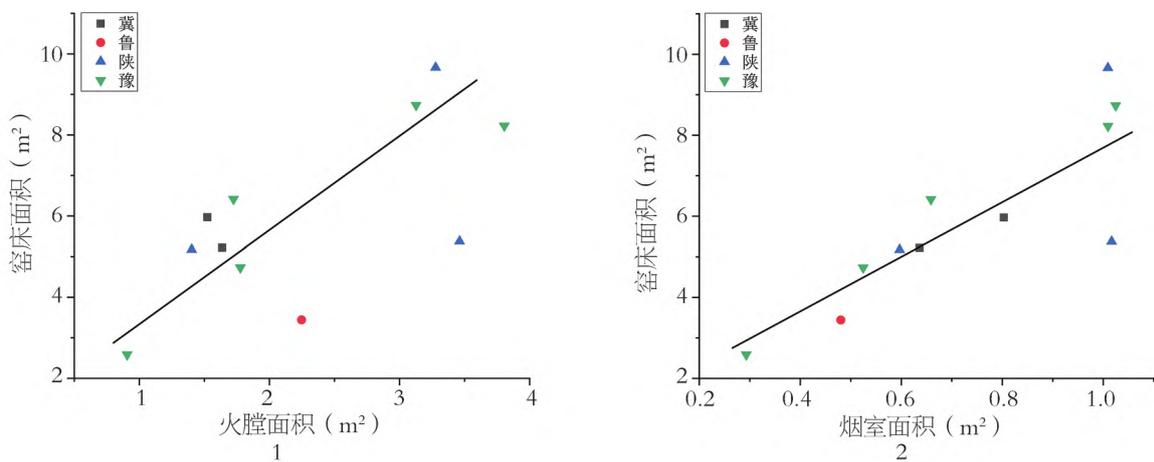


图一一 秦汉烟室窑炉各部位关系散点图(按形制划分)

单窑产量有所增加。由于绝大多数窑炉的窑顶都已无存,无法计算窑炉的烧成室(即窑床上部空间)容积。如假设周代和秦汉这两类窑炉的窑顶高度相同,那秦汉升焰式室形窑和半倒焰窑的烧成室容积分别大致为周代同类窑的2.192和1.123倍。结合秦汉时期砖瓦窑炉数量剧增的现象,可

以反映出秦汉时期砖瓦应用更为广泛,市场对砖瓦材料的需求明显增加。

周代之时,砖瓦材料的应用尚不广泛。考古发掘表明,周代砖瓦主要用于一些重要城址、宫殿建筑特别是周王室、诸侯国都城等的营建,如周原和周公庙遗址^[18]、洛阳东周王城遗址^[19]、



图一二 秦汉烟室窑炉各部位关系散点图(按出土地区划分)

晋都新田遗址^[20]、楚都纪南城遗址^[21]、郑韩故城遗址^[22]、中山国灵寿城遗址^[23]、秦雍城遗址^[24]等,在地方建筑以及墓葬上的应用有限。在这种情况下,周代砖瓦窑炉发现数量少且窑炉尺寸相对较小也就不难理解。相比之下,秦汉时期,砖瓦材料的应用范围大为拓展,不仅用于都城、宫殿建筑^[25],在地方建筑和墓葬上也已得到较广泛的应用^[26]。因此,秦汉时期对砖瓦的需求量大大增加,相应的砖瓦窑炉数量也剧增,而窑炉的尺寸也相应增大、单窑产量提高,以更好地满足市场之需。

(二) 砖瓦窑炉的构筑技术规范与区域间技术交流

秦汉时期,砖瓦窑的构筑大都遵循一定的技术规范,以满足制品在烧成时对能量的需求。

秦汉升焰式室形窑火膛与窑床面积呈现出明显的正相关性,即火膛面积随窑床面积的增大而增大。与周代相比,秦汉升焰式室形窑的火膛与窑床面积间的相关性显著增强,表明虽然这类窑炉在秦汉时期的应用大为减少,但其构筑时所遵循的技术规范却更为严格、统一。

半倒焰窑是秦汉时期最主要的砖瓦窑炉类型。这一类型的窑炉在周代即已应用,但周代此类窑炉的排烟系统以单烟道为主,多烟道仅占很小比重。相比之下,秦汉单烟道半倒焰窑基本继承了周代同类窑炉的构筑技术,均遵循随着窑床面积增大,火膛与烟道面积也同时增大的原则。

不过,秦汉单烟道半倒焰窑的火膛与窑床和烟道面积间的相关性更为明显,表明此时单烟道窑炉的构筑技术更加规范。

周代多烟道和汇合烟道窑炉发现很少,且出现较晚,在战国中晚期方才应用^[27];秦汉时期这两种排烟系统的窑炉已成为主流^[28]。同单烟道窑炉相同,大部分多烟道和汇合烟道窑炉在火膛、烟道面积与窑床面积间的关系上也表现出较明显的正相关性。但多烟道和汇合烟道窑炉毕竟在形式上有所不同,分别采用这两种排烟系统的窑炉在某方面也存在有一定差异,多数汇合烟道窑炉在窑床面积与烟道/火膛比值关系上呈现负相关性,多烟道窑炉的此种相关性则不明显。

烟室系统是秦汉时期新出现的排烟形式。同采用其他三种排烟系统的窑炉相同,烟室窑炉在火膛与窑床、烟室面积上也呈现出正相关性,但相关程度似有所降低。而烟室与窑床面积关系上呈现出很强的正相关性,其相关程度明显高于其他三种排烟系统窑炉。此种差异,显然是烟室与其他三种排烟系统间的巨大差异导致。这也充分说明,窑工根据不同类型窑炉的结构特点,在构筑技术规范上也进行了针对性的调整。

对窑炉分布态势与所属形制间关系的分析表明,除个别形制外,大多数形制的窑炉未表现出特异性,这说明尽管形制结构差别很大,但不同窑炉大都遵循着相同或相近的技术规范。对窑炉分布态势与出土地区间关系的分析同样显示,大多

数地区的窑炉未表现出特殊之处,反映了该时期各地在砖瓦窑炉构筑技术上的统一性与规范性。

从类型学研究的角度来看,秦汉砖瓦窑炉呈现出共性大于特性的特点,即多数地区所用类型相近甚至相同^[29];周代砖瓦窑炉则表现为特性大于共性的特点,即多数地区所用窑炉为本地特有类型^[30]。此外,如前文所述,周代半倒焰窑的排烟系统以单烟道为主,多烟道和汇合烟道仅占很小比重,烟室系统未见应用;秦汉时期,单烟道系统仅有少量应用,多烟道和汇合烟道成为主流,烟室系统也得到了一定应用。单烟道的抽力相对较小,且因其位于窑后正中,致使窑内不同部位间的温差较大;相比之下,多烟道、汇合烟道皆在窑后均匀分布,烟室的宽度则与窑室后壁等同,不仅抽力更大,且使得窑内不同部位的温度分布更加均匀,是窑炉工艺技术上的重大进步。

综上,同周代相比,秦汉时期不仅在砖瓦窑炉类型和结构上更为进步,对窑炉各结构的功能及相互关系的认识显然也更为深入。尽管该时期砖瓦窑炉类型丰富多样、结构差异明显,发现地域遍及大江南北,不同地域在窑炉类型、结构上还存在一定差异,但大都遵循相同或相近的构筑技术规范。因此,似乎可说,周代是砖瓦窑炉构筑技术规范的形成期,秦汉则是进入了成熟期。结合类型学研究结果,可以认为秦汉时期不同地域在砖瓦窑炉技术上存在广泛交流,且这种技术交流的密切程度已明显大于周代。

注释:

- [1] a.陕西省考古研究院:《陕西蓝田新街遗址发掘简报》,《考古与文物》2014年第4期;
b.杨亚长、邵晶:《陕西发现5000多年前的砖》,《中国文物报》2014年10月24日第6版;
c.湛轩业:《关于〈对我国古代砖瓦起源问题的探讨〉一文的商榷》,《砖瓦世界》2016年第10期。
- [2] a.中国社会科学院考古研究所山西队等:《山西襄汾陶寺城址2002年发掘报告》,《考古学报》2005年第3期。此文中并未明确表示陶寺遗址出土的板瓦是最早的,但其文化性质为陶寺文化,在

时代上相当于龙山文化时期,而其他地区出土瓦的最早时代为龙山文化时期,故笔者认为陶寺遗址出土的瓦同为中国最早的瓦;

b.何弩:《陶寺遗址出土陶瓦略论》,《中国文物报》2006年6月30日第7版;

c.宝鸡市考古研究所:《宝鸡发现龙山文化时期建筑构件》,《文物》2011年第3期。

- [3] 李清临:《秦汉时期砖瓦窑研究》,《考古与文物》2014年第2期。
- [4] 窑炉具体用途依据出土物判定。有的窑炉出土物为较单纯的砖瓦制品,此类窑炉为专烧砖瓦的窑炉;有的包括砖瓦与日用陶器,此类窑炉为兼烧砖瓦与日用陶器的窑炉;有的则为单纯的日用陶器,此类窑炉为专烧日用陶器的窑炉。本文的研究对象包括专烧砖瓦及兼烧砖瓦与日用陶器的窑炉。数据统计截止到2019年年初所见的各类学术期刊和发掘报告。其中许多报告、简报对出土窑炉数量和用途等信息的披露不够详细,笔者难以进行精确统计;此外,有些窑炉出土物极少,用途难定。因此,上述砖瓦窑的统计数量可能存在一定误差。
- [5] 分类方法参见李清临、孙燃:《中国古代陶瓷窑炉分类浅议》,《江汉考古》2017年第6期。
- [6] 关于秦汉砖瓦窑炉的类型学分析,笔者曾发专文,参见李清临:《秦汉时期砖瓦窑研究》,《考古与文物》2014年第2期。本文在原文的基础上,又增添了少量新资料并形成一些新的认识;但限于研究目的,对此不作过多涉及,仅将窑炉类型列出。
- [7] a.北京市文物研究所编著:《北京亦庄X10号地》,第15页,科学出版社,2010年;
b.河南省文物考古研究所、中国文化遗产研究院:《河南巩义市白河窑遗址发掘简报》,《华夏考古》2011年第1期;
c.秦俑考古队:《秦代陶窑遗址调查清理简报》,《考古与文物》1985年第5期;
d.甘肃省文物管理委员会:《酒泉下河清代砖窑遗址试掘简报》,《文物参考资料》1958年第12期;
e.洛阳市文物工作队:《东周王城战国至汉代陶窑遗址发掘简报》,《文物》2004年第7期。
- [8] 李清临:《周代砖瓦窑炉的工艺技术研究》,《江汉考古》待刊。

- [9] 同[8]。
- [10] 张长海编著：《陶瓷生产工艺知识问答》，第182页，化学工业出版社，2008年。
- [11] a.张长海编著：《陶瓷生产工艺知识问答》，第198~199页；
b.赵镇魁编著：《烧结砖瓦生产技术350问》，第198~200页，中国建材工业出版社，2010年。
- [12] 同[8]。
- [13] 同[8]。
- [14] 辽宁省文物考古研究所编著：《姜女石——秦行官遗址发掘报告》，第272~275、367~383页，文物出版社，2010年。
- [15] 天津市文化遗产保护中心、武清区文化馆：《武清区城关镇大桃园汉代窑址的发掘》，天津市文化遗产保护中心编著：《天津考古》（一），第185~192页，科学出版社，2013年。
- [16] 辽宁省文物考古研究所编著：《姜女石——秦行官遗址发掘报告》，第272~275、367~383页。
- [17] 同[8]。
- [18] a.陕西周原考古队：《扶风召陈西周建筑群基址发掘简报》，《文物》1981年第3期；
b.刘宏岐：《周公庙遗址发现周代砖瓦及相关问题》，《考古与文物》2004年第6期；
c.陕西省考古研究所：《陕西扶风云塘、齐镇建筑基址2002年度发掘简报》，《考古与文物》2007年第3期。
- [19] a.考古研究所洛阳发掘队：《洛阳涧滨东周城址发掘报告》，《考古学报》1959年第2期；
b.洛阳市文物工作队：《洛阳瞿家屯东周大型夯土建筑基址发掘简报》，《文物》2007年第9期；
c.洛阳市文物工作队编著：《洛阳瞿家屯发掘报告》，第25~26页，文物出版社，2010年。
- [20] 山西省考古研究所侯马工作站编：《晋都新田》，第14~15、18页，山西人民出版社，1996年。
- [21] a.湖北省博物馆：《楚都纪南城的勘查与发掘（下）》，《考古学报》1982年第4期；
b.湖北省文物考古研究所：《1988年楚都纪南城松柏区的勘查与发掘》，《江汉考古》1991年第4期；
c.湖北省文物考古研究所：《纪南城新桥遗址》，《考古学报》1995年第4期。
- [22] a.河南省文物考古研究所新郑工作站：《郑韩故城发现战国时期大型制陶作坊遗址》，《中原文物》2003年第1期；
b.河南省文物研究所：《河南新郑郑韩故城制陶作坊遗迹发掘简报》，《华夏考古》1991年第3期；
c.河南省博物馆新郑工作站、新郑县文化馆：《河南新郑郑韩故城的钻探和试掘》，文物编辑委员会编：《文物资料丛刊》3，第56~66页，文物出版社，1980年。
- [23] 河北省文物研究所著：《战国中山国灵寿城——1975~1993年考古发掘报告》，第47~58页，文物出版社，2005年。
- [24] 陕西省考古研究院等编著：《秦雍城豆腐村战国制陶作坊遗址》，第71~211页，科学出版社，2013年。
- [25] a.同[7]c；
b.中国社会科学院考古研究所汉城工作队：《汉长安城北宫的勘探及其南面砖瓦窑的发掘》，《考古》1996年第10期；
c.辽宁省文物考古研究所编著：《姜女石——秦行官遗址发掘报告》。
- [26] 中国社会科学院考古研究所编著：《中国考古学·秦汉卷》，中国社会科学出版社，2010年。
- [27] a.北京市文物研究所编著：《房山南正遗址——拒马河流域战国以降时期遗址发掘报告》，第55~76页，科学出版社，2008年；
b.河南省文物考古研究所编著：《郑州商城——1953~1985年考古发掘报告》，第962~965、966页，文物出版社，2001年；
c.郑州市文物考古研究院：《河南新郑铁岭墓地商代和战国陶窑发掘简报》，安徽省文物考古研究所、安徽省考古学会编：《文物研究》第21辑，第241~251页，科学出版社，2015年；
d.河南省文物研究所：《1992年度郑州商城官殿区发掘收获》，河南省文物研究所编：《郑州商城考古新发现与研究（1985—1992）》，第133页，中州古籍出版社，1993年。
- [28] 同[3]。
- [29] 同[3]。
- [30] 李清临：《周代砖瓦窑炉技术及相关问题研究》，《中原文物》2015年第1期。