

世界铜鼓之王—— 北流型101号铜鼓铸造工艺研究

万辅彬 李世红

(广西民族学院, 南宁530006)

华觉明

(中国科学院自然科学史研究所, 北京100010)

蒋廷瑜 邱钟仑 韦显初 农学坚

(广西博物馆, 南宁530022)

杨年凌 越

(南宁重型机器厂, 南宁530001)

谭德睿 吴来明* 徐惠康

(上海博物馆, 上海200231)

摘要 体大壁薄的世界铜鼓之王——北流型101号铜鼓是世界上迄今所见最大的一面铜鼓, 具有相当大的铸造难度。本文对北流型101号铜鼓的内外陶范及鼓耳的制作方法、内范结构、在外范上直接制作纹饰的方式、浇注工艺和垫片的使用等古代铸造工艺进行了研究。还探讨了该铜鼓的结构特征及鼓足残缺的成因。

关键词 铜鼓 北流型101号铜鼓 铸造工艺

铜鼓是一种具有地方特色和技术特色的、富有生命力的古老打击乐器。铜鼓产生、流行于我国西南和岭南少数民族聚集之地, 并传播到整个东南亚。北流型铜鼓以高大体重著称, 出土于广西北流县石窝乡(今石科乡)平田村, 清代时移存六靖乡水埔(冲)庵, 现收藏于广西博物馆的北流型101号铜鼓, 是迄今所发现的世界上最大的—面铜鼓, 被誉为“世界铜鼓之王”^[1-2]。

北流型铜鼓的铸造年代在西汉至唐代, 101号铜鼓属北流型早期铜鼓, 其铸造年代在西汉晚期之前^[3]。古代对铜鼓的铸造工艺严加保密^[4], 泰国国家图书馆收藏的一份英国殖民统治时期缅甸克耶帮铸鼓的缅文文献《铜鼓制作法》, 仅叙述了当时该地用失蜡法铸造西盟型铜鼓的工艺过程。据研究证实, 这种工艺是五百年前由中国广西壮族传授出去的^[5]。近几年来, 我国的考古、铸造和冶金史学者对铜鼓的铸造工艺进行了研究, 探讨了各种类型铜鼓的工艺特点和基本铸造方法^[6-11], 由于这些研究均非专门针对101号铜鼓, 因而有些观点还值得商榷和更正。

为复制“世界铜鼓之王”, 我们对北流型101号铜鼓作了细致的考察, 现仅就考察结果和铸造工艺作一论述。

1. 101号铜鼓的形貌、测绘结果及残足复原计算

1 形貌及测绘结果

北流型铜鼓的基本形状、结构见图1。101号铜鼓的形貌见图2, 其测绘及复原视图见图3。由图可见, 101号铜鼓的鼓面完好且较圆整。鼓面边缘整个一圈残留有铸造披缝, 故测得

*本文执笔人

鼓面直径为1636~1660mm,但大部分为1650mm,鼓面不是平面,而是稍隆起成球台状,球台上圆直径为100mm(即光体直径),底圆直径为1650mm(即鼓面直径),高30mm,经计算得出鼓面球面半径为11.3m。鼓面壁厚较均匀,基本为10mm,垂檐圆整均一,通高25mm,厚4mm。101号铜鼓鼓面装饰纹样拓片见图4(1),由图可见,鼓面共有五个晕圈,宽而疏朗,凸起的弦纹同心度极佳,各弦间距均为6mm,光体凸起7mm,四周均布八芒,除太阳纹处外,鼓面通体饰有凸起的 $\phi 6\text{mm}$ 的云纹和 $6\times 7\text{mm}$ 的填点菱形回字雷纹,鼓面上还明显可见垫片痕迹,鼓面边缘处无立体蛙饰,这在目前所见的北流型铜鼓中是特殊的一例^[4]。鼓身装饰纹样拓片见图4(2),由图可见,鼓身弦纹密集,晕圈窄而均匀,晕圈宽度均为20mm,弦间距亦为6mm,除胸腰、腰足的连接部位以及颈部25mm宽晕圈外,鼓身通体饰有与鼓面相同的云纹和雷纹,鼓身对称有二条宽厚的纵向缝隙浇口残迹(见图5)及两对圆茎蛇纹环耳。

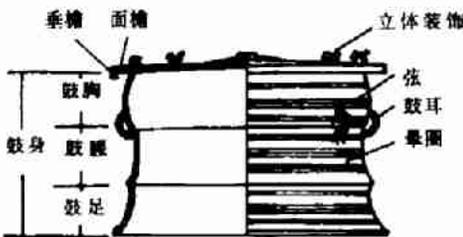
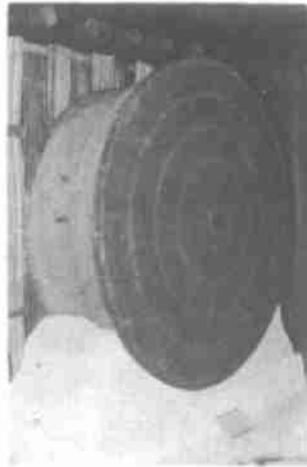
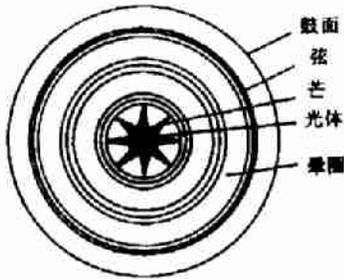


图1 北流型铜鼓的基本形状及结构

图2 陈列于广西博物馆的北流型101号铜鼓

Fig.1 Basic shape and structure of Beiliu bronze drum

Fig. 2 No.101 Beiliu bronze drum, exhibited in Guangxi Museum

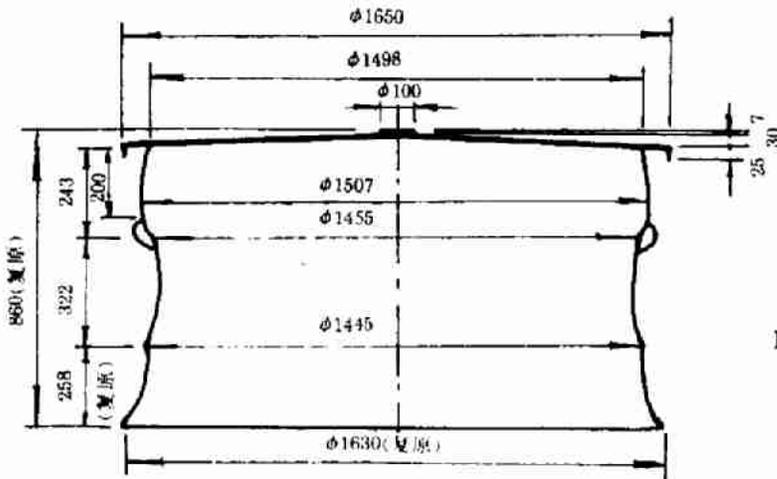


图3 北流型101号铜鼓测绘及复原视图(1:20)

Fig. 3 Surveying and restored drawing of No.101 Beiliu bronze drum

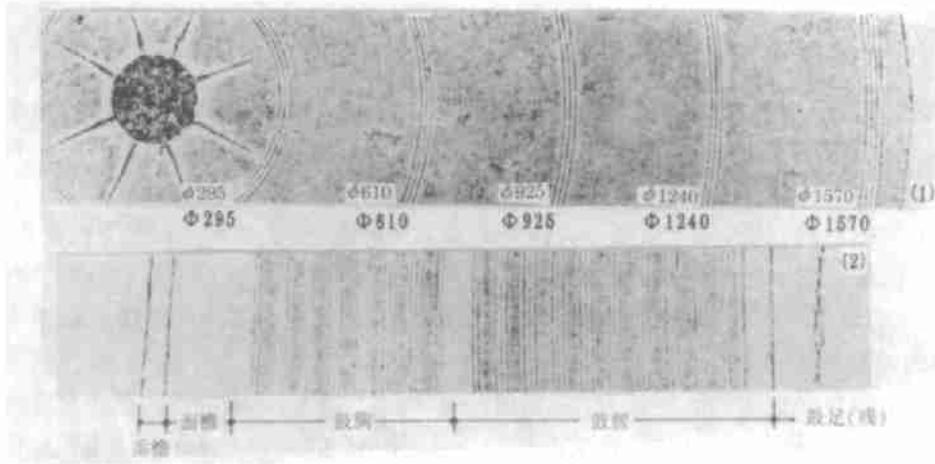


图4 北流型101号铜鼓拓片 (1)鼓面 (2)鼓身

Fig. 4 Rubbing of No.101 Beiliu bronze drum (1) Body (2) Top



图5 北流型101号铜鼓鼓身残损情况及浇口(又是合范缝) 浇口(又是合范缝)

Fig. 5 Damaged appearance and a fin gate (parting line) on the body of No.101 Beiliu bronze drum

由图5可见,101号铜鼓的鼓身残缺较重,鼓胸部有几处残损大洞,鼓腰部有少量小孔,鼓足则几乎全部残缺,仅存与鼓腰的连接部分。测量鼓胸高243mm,鼓腰高322mm,鼓身壁厚2~7mm,大部分5~7mm,平均约6mm。在鼓胸与鼓腰、鼓腰与鼓足的连接部位,内壁设计过渡平缓,形成了二圈最大厚度达10mm的加厚圈。

2 残足复原计算

对北流型大型鼓进行测量发现,其鼓胸、鼓腰、鼓足三者的高度比例有一定规律。其中排列世界第一(101号鼓)、第二(考6597,上海博物馆藏)和第四(107号鼓,广西博物馆藏)的北流型大鼓的测量和计算数据列于表1,由表1可见统计平均值:胸高:腰高:足高=1:1.33:1.06。因此,计算得到101号铜鼓的足高为258mm,身高为823mm,通高则为860mm。同样根据各大鼓鼓足外形曲率的统计情况,确定出了101号铜鼓的完整外形曲线,计算鼓足最大直径为1630mm,接近于鼓面的直径^[12]。

表1 几面大铜鼓的测量数据及计算值mm

Table 1 The surveying and calculating data of three big Beiliu bronze drums

鼓号	面径	足径	身高	胸高	腰高	足高	腰高:胸高	足高:胸高
101鼓	1650	1630 ¹⁾	823 ¹⁾	243	322	258 ¹⁾	1.33	1.06 ¹⁾
考6597	1450	1461	793	235	310	248	1.32	1.06
107鼓	1378	1345	715	210	282	223	1.34	1.06

(1) 复原数据

2. 内、外范及鼓耳的制作

根据101号铜鼓鼓面边缘有一圈铸造披缝可以确认,该鼓非用失蜡法制成,而是采用泥型(陶范、泥范)法铸造的。101号铜鼓的鼓身上仅有二条表面不平整、稍有错位的、对称分布的垂直披缝。二条披缝既是缝隙浇口,同时也是鼓身泥型的分型面。

过去的一些研究,因受中原商周青铜器铸造工艺的影响,普遍认为用泥型法制作铜鼓内、外范的过程是先用刮板制作铜鼓泥模实样,阴干后再分块翻制外范,然后在泥模实样表面“剥皮”——均匀刮去一层泥料(铜鼓壁厚)来制作内范^[8,9,11]。此观点与实际考察结果相悖。

2.1 鼓面外范的制作

北流型铜鼓的鼓面均大于鼓身,若先塑制泥质实样,那么大于鼓身的面檐部分因面积大且壁薄,不仅较难塑制,而且难于承受翻范操作。从101号和107号等许多北流型铜鼓的鼓面可见,在与鼓身分型面对应的位置,常有鼓面局部增大的现象,增大部分也具有弦纹和底纹(见图6)。这一现象说明,101号铜鼓等一些北流型铜鼓的鼓面外范是直接刮板制作的,并且鼓面外范型腔被有意地制成稍大于实际所需鼓面尺寸,这样可防止因鼓身外范变形或合箱错位而造成鼓面增大部位出现无纹饰的现象,表现了当时铸鼓匠师的合理工艺设计水平。

2.2 鼓身外范的制作

鼓身外范也用刮板直接刮制。用于制作陶范的泥料通常具有较好的可塑性^[12],因可直接刮制外范。对101号铜鼓及其他北流型大鼓的考察发现,许多鼓身的二条合范缝并不完全对称,形成了二半鼓身一大一小,如考6597铜鼓的二半鼓身相差18~20mm。若翻外范,大者将因有倒斜度而造成起模困难并增大鼓身范的变形。另外,北流型铜鼓以形大器重而著称,制作101号铜鼓时,其鼓身外范也是体大量重(若外范外形以高为0.823m、长×高为2m×1m、鼓身平均直径1.5m、阴干泥范密度1500~1600kg/m³^[13]计,其重量至少为1378kg),虽翻范



图6 北流型107号铜鼓鼓面增大部位及增大部位上的弦纹
Fig. 6 An increased position and bow-string pattern on the top of No.107 Beiliu bronze drum

后须阴干再起模,但此时泥范因未经焙烧强度不高,极易产生变形和损坏。因此,101号铜鼓的鼓身外范也应是刮板直接刮制而成的。我们采用广西产泥料成功地刮制出101号铜鼓鼓面和鼓身外范。用此方法制作外范,优点在于制范过程中无需移动外范,就可逐步完成刮制外范、滚印纹饰、烘焙、制作定位等工序,最大程度地减小了制范过程中因人为移动而产生的变形及损坏。101号铜鼓的面檐及垂檐型腔,也是用成形刮板在鼓身外范上一齐刮制而成的。

2.3 内范的制作

101号铜鼓内壁上有清晰的同心圆刮痕,表明其内范作使用了刮板。但内范不是采用在泥模实样上刮去一层泥料的方法制作的,而是直接用刮板刮制而成。

商周时期的中原青铜器,许多是非圆形的不规则形状,无法直接刮制或分别塑制内、外

范,只能在塑制泥模实样后分块翻制外范,然后在泥模上刮去一层泥料来制出壁厚和内范。而铜鼓为规则圆形,可方便地直接用成形刮板刮制内、外范。另外,古代铸鼓工匠掌握了泥范的收缩率,能够准确地定出内范刮板的尺寸,较好地控制铜鼓的壁厚。并且,古代和现代传统泥型铸造在制作内、外范时,多采用泥质较粗及多孔的背层和泥质细腻光洁的薄面层。内范阴干后若尺寸有问题,则可很容易地通过增敷或刮薄面层来修整刮光。调查发现,目前广西玉林地区的传统泥型铸铜行业,在制作口径大于1m的铁锅时,均采用直接刮制内、外范工艺。

据《铜鼓制作法》提供的资料,内范一般被制成空心的。有的研究者认为,从强度上考虑,象北流型铜鼓那样的大中型铜鼓,可能采用的是实心内范^[4]。经我们考察后认为,101号铜鼓应当采用空心内范。

101号铜鼓若为实心内范,重量约达2200kg(按内范高0.813m,平均直径1.488m,陶范密度1500~1600kg/m³计),其浇注方式应是鼓面向下(见下文论述),如此的重量将给内范的移动、翻身、合箱等过程造成困难,而空心内范则可大大减轻其重量,便于操作和安置内范。复制试验表明,101号铜鼓所用合金(取Cu 76%,Sn 11%,Pb 13%)的收缩率为1.2%,其凝固范围又较大(150℃左右),故热裂倾向大。对于平均直径为1.5m的鼓身来说,在各直径方向上将产生18mm的径向收缩,若内范不具备足够的退让性,将使铸件产生热裂。陶范泥料由泥、砂、植物物质等原料混制而成。增加植物物质的配入量,可适当提高内范的退让性和透气性,并降低范料的蓄热系数,进而提高陶范的充型性能。空心内范能进一步减少收缩阻力以避免铸件产生热裂。据扬州传统泥型铸造技师周希棠介绍,用传统泥型法铸造直径在1m以上、壁厚8~20mm的大型仿古铜钟时,常采用壁厚为200mm左右的空心内范,再配以在浇注后及时于内范上开垂直槽等措施,未出现过铸件热裂现象。这一事实从实践上证实了101号铜鼓完全有可能,而且应该采用空心内范进行铸造。

2.4 鼓耳的制作

101号铜鼓在鼓胸和鼓腰连接部有两对圆茎环耳,每对鼓耳的两耳相距175mm,饰有典型的北流型铜鼓缠丝纹(也称蛇纹)。耳根部各有凸起的三爪,既有装饰性,又同鼓胸、鼓腰连接部壁厚加厚圈共同起到加强筋作用。在环耳背部(外侧)还饰有双脊。与各鼓耳对应的鼓壁上则见有一块无纹饰、不规则形状的粗糙表面(见图7)。

鼓耳上不见有范线痕迹,四只鼓耳的形状和装饰也不完全相同。因此,鼓耳的制作过程,应是先捏塑蜡质鼓耳,待鼓身外范刮制和滚印纹饰完成后,在鼓耳位置挖去部分范料,嵌入蜡耳,再用范料填补修整并刻出三爪纹,最后在陶范烘焙时失蜡并与整鼓一次浇注而成。由于填补得不光洁,故浇注后在鼓根要部鼓壁上留下了一块粗糙表面,鼓耳的这种制作方法在复制试验时得到了验证。

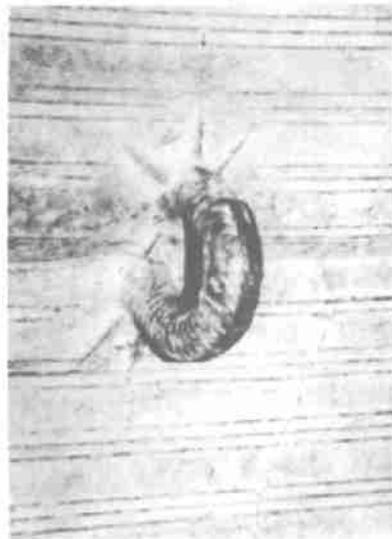


图7 北流型101号铜鼓的鼓耳及鼓身纹饰
(箭头所指为云纹、雷纹相接处)

Fig. 7 Side ears and patterns on the body of No.101 Beiliu bronze drum (The arrow points that the cloud pattern links up with thunder pattern)

3. 纹饰的制作

3.1 弦纹的制作

101号铜鼓的鼓面及鼓身均饰有凸起的弦纹和密布器身的云纹、雷纹。各道弦纹粗细均一,间距都为6mm,鼓面弦纹呈同心圆分布,圆度规整;鼓身弦纹呈等距平行分布。显然这些弦纹是用成形刮板与外范同时刮制,或用弦纹滚轮假外范刮板转轴在外范上一道道滚印而成。复制试验用滚印法获得了与原器相同的弦纹效果。

3.2 鼓面云纹及雷纹的制作

鼓面的云纹和雷纹呈同心圆和放射状分布,大小为40mm×18mm的长方形痕迹以及在痕迹边界处的纹饰重叠现象(图4(1)及图8),表明鼓面云、雷纹是用尺寸为40mm×18mm的二个石质或其他材质的阴刻云纹及雷纹印模,在鼓面外范上沿圆周方向由鼓面中心一圈圈向外压印而成的,由于操作时压印不均匀,使局部压印纹连接处产生重叠。

3.3 鼓身云纹及雷纹的制作

鼓身的云纹和雷纹未见上述一类印模压印痕迹,但可见沿圆周方向的条状印痕及纹饰重叠现象(图9)。各晕圈内的纹饰大多为同一种花纹,相邻晕圈大多呈云纹和雷纹交替装饰并以弦纹组的中线为分界线,但也有同一晕圈中同时出现成段的云纹和雷纹的现象(图7)。因此,鼓身纹饰是用二个石质或其他材质的阴刻云纹及雷纹圆柱体印轮,在鼓身外范上沿晕圈一圈圈滚印而成的,滚印时以弦纹组中线为分界线,由于滚印时的间断操作或更换印轮,造成了在同一晕圈中的纹饰重叠或出现云纹和雷纹二种纹饰相接现象。考察还认为,由于鼓身表面为曲



图8 北流型101号铜鼓鼓面纹饰及垫片块状凸痕

Fig. 8 Patterns and protruding spacer traces on the top of No.101 Beiliu bronze drum



图9 北流型101号铜鼓鼓身上垫片及云纹、雷纹重叠现象

Fig. 9 Spacers and pattern overlapping appearance on the body of No.101 Beiliu bronze drum

面,印面过宽的印轮是无法一次滚印出低凹曲面处的纹饰或保证纹饰深浅一致的,因此,印轮的印面不会太宽,约为30mm(晕圈宽20mm),沿印面宽度方向正好可分布5个云纹或4个填点菱形回字雷纹。

101号铜鼓表面云纹和雷纹制作时所用的印模及印轮的尺寸,以及压印或滚印方法亦在复制试验中得到了验证。

4. 浇注工艺及垫片的使用

北流型101号铜鼓铸造工艺见图10,工艺流程见图11。

4.1 浇注工艺

文献^[8]认为101号铜鼓的浇注工艺是采用鼓面向上方式,缝隙式浇注系统,并在光体部设一冒口。我们考察后认为,此鼓采用鼓面向下方式,缝隙式浇注系统,鼓足一圈成为自然冒口。

(1) 仔细观察101号铜鼓鼓足的整圈断口截面发现,除一小段呈铜块击断的粗糙平面外,大多是铜液自然凝固的圆滑表面和氧化现象,而且鼓足残损面除缝隙浇口部位稍突出一些外,基本处在同一水平面(图5)。这些情况说明,鼓足残缺主要是因铜液未再流入,自然凝固而引起的。可能是由于当时浇注时的铜液温度过低,无法继续充型或因熔炼配料估算不准,铜液太少而使鼓足未能浇满。这些情况只能在鼓面向下的浇注方式时才会发生。

(2) 101号铜鼓鼓身上的两条缝隙浇口存有宽窄严重不均匀现象,一条在鼓胸部的宽度为8~16mm,鼓腰部为4~6mm,而残存的鼓足部份仅为2~3mm,从鼓颈至鼓足由宽渐窄(图5)。上述现象的成因多半是分型面不平整和合范不匀。在鼓面向下的浇注方式下,因该鼓体大壁薄,铜液在充满鼓面并升到鼓足时,温度会有很大的下降,若鼓足部的缝隙浇口太薄,或因铜液浇注温度不够高,最终导致无法充型而使鼓足未能铸成,但缝隙浇口部因铜液的优先流入而使液面稍有高出。如若在鼓面向上方式下浇注,虽然存在上述诸问题,仍将首先铸出鼓足的。

(3) 采用鼓面向上的浇注方式,由于铜液最后流入鼓面,铸造的鼓面会有较多的氧化夹杂、气孔、缩松等缺陷,而鼓面向下则可获得高质量的表面。对于101号铜鼓这种大多用于盛大祭典活动、象征贵族统治权力的特大形铜鼓来说,鼓面质量的重要性尤为突出,故制定浇注工艺应首先保证鼓面的质量。101号铜鼓鼓面质量精良,几乎无铸造缺陷(仅在第四晕圈的一块垫片旁有一冷隔小孔),证明该鼓是采用鼓面向下的浇注方式。

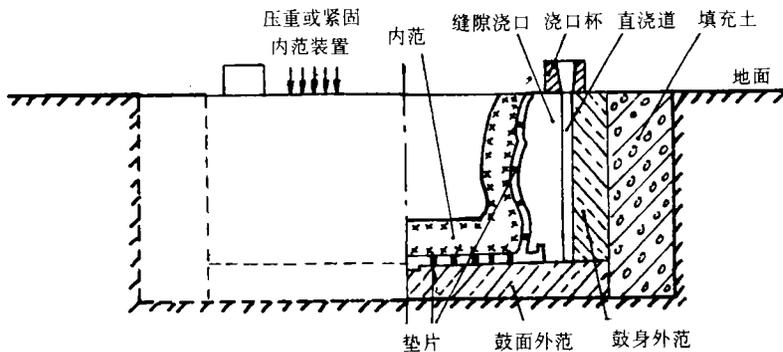


图10 北流型101号铜鼓铸造工艺示意图

Fig. 10 Sketch map of casting technique of No.101 Beiliu bronze drum

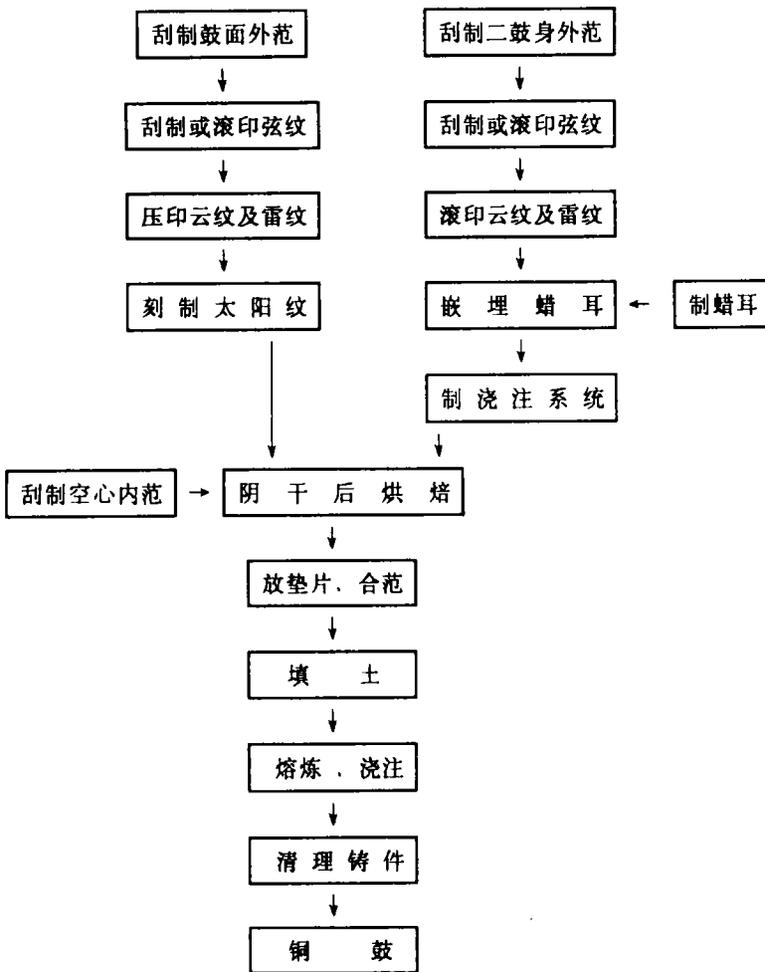


图11 北流型101号铜鼓铸造工艺流程图

Fig. 11 Flow chart of casting technique of No.101 Beiliu bronze drum

(4) 文献^[8,10]认为,由于北流型等大型铜鼓的内范又大又重,鼓面向下浇注,内范悬吊及合范定位困难。但我们考察认为,101号铜鼓的内范可以借助大量垫片来支撑安置,鼓面外范上的同心圆弦纹可方便地作为合范时的定位基准。101号铜鼓的内范是空心的,内范范料中为改善退让性而加入较多数量的植物物质,焙烧后可降低内范的比重,这些将减轻内范的重量,便于搬移、翻身及合范。

4.2 垫片的使用

101号铜鼓鼓面上共有68块垫片,由内到外的五个晕圈上分别有8、14、20、26块,以每晕6块的数量递增。垫片基本按同心圈位置均匀分布,其大小为(15~22)mm×(15~24)mm不等。这众多的、较大块的、均匀分布的垫片,可以平衡地支撑其内范。从鼓面外表面看,绝大多数垫片痕迹均凸出表面(仅2块下凹),垫片或全部或局部被铜液包覆,且可见与鼓面相连贯的云纹和雷纹(图8),鼓面内表面也可见有相应的垫片凸块痕迹并完全被铜液包覆。这种情况在其它大鼓上也有发现(图12)。

有关陶范性能的研究发现,阴干并焙烧后的陶范具有较高的强度和硬度^[13],鼓面外范还可

以特意制作得更硬,使其能够经受一定重量的内范的重压而不产生碎裂。但是由于内范的重压,也会使垫片稍稍陷入外范和内范,在泥范表面形成与垫片形状相同的、并保留有云纹、雷纹或其他痕迹的凹坑。在浇注过程中,当铜液充满鼓面型腔并沿鼓壁上升时会产生很大的抬箱力,即对内范的上浮力。由于铜液的冲击作用,致使内范略有上浮,垫片处于松动状态,于是铜液便会流入外范及内范的相应凹坑内覆盖住垫片,最终在铸件上产生具有与鼓面纹饰连贯的凸起垫片外形。

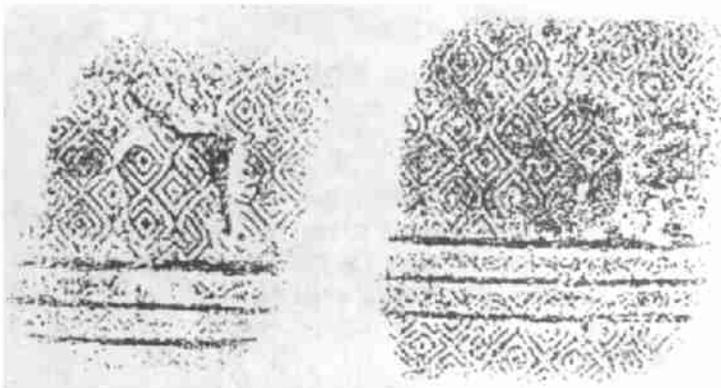


图12 考6597号铜鼓鼓面纹饰及垫片块状凸痕
Fig. 12 Patterns and protruding spacer traces on the top of No. kao 6597 bronze drum

铸鼓铅锡青铜合金的密度约为 9000kg/m^3 ^[4],由于浇注时金属液的动压头因素,使铜液对内范的抬箱力很大,101号铜鼓的鼓身也见有许多垫片(见图9),这些垫片不仅具有控制鼓身壁厚的作用,而且鼓身外范的合箱力通过垫片对内范还有固定作用。另外,古代工匠还会采取加载压重或其他方法来稳定内范,以综合防止因铜液的浮力及冲击所引起的内范大幅度上浮和移动。从101号铜鼓垫片基本保持原位、鼓面壁厚均匀、内范基本居中等情况看,当时对鼓身外范的合箱夹紧力、内范上的压重紧固力估算是准确的,对内范的稳定设计也是相当成功的。

5. 结论

(1) 世界铜鼓之王——北流型101号铜鼓是迄今所发现的世界上最大的一面铜鼓,形体庞大,器壁薄而较均匀,具有相当高的铸造难度。我国在西汉时期就能铸造如此的大型铜铸件,表明当时他们已具有高超的陶范铸造能力和工艺水平。

(2) 101号铜鼓的陶范由鼓面范、对半分型鼓身范和内范四者组成。内、外范均用刮板直接制作;内范为空心,鼓耳用蜡耳嵌埋法与铜鼓一次铸成。

(3) 铜鼓表面纹饰均在外范上加工。鼓面和鼓身上的弦纹可能是在用成形刮板刮制外范的同时形成,也可能用弦纹滚轮假刮板转轴滚印而成。鼓面云纹和雷纹用印模压印制成;鼓身云纹和雷纹用印轮滚印制得;太阳纹和耳爪纹为直接刻制获得。

(4) 101号铜鼓的浇注工艺采用鼓面向下方式,两组缝隙式浇注系统,鼓足端为自然冒口。

(5) 垫片不仅可控制壁厚,鼓面呈规则排列的大量垫片还起着支撑内范的作用,鼓身处垫片也具有固定和稳定内范的作用,鼓身的合范夹紧力和内范上的压紧力控制得相当精确。

(6) 101号铜鼓鼓足残缺的主要原因是铸造时浇注温度不够高,加上鼓足部位缝隙浇口太薄;或因配料估算不足,铜液太少,导致最终未浇满。鼓胸及鼓腰处的残损孔洞大部分断口圆滑,壁厚仅为 $2\sim 3\text{mm}$,产生的原因是鼓身外范略有变形而造成这些部位壁厚太薄,且铜液温度不够高,致使浇不足。这种铸造缺陷在316号、合浦一号、容02号、107号、143号等一些北流型大铜鼓上均有不同程度的反映,其中以北流型101号铜鼓为最严重,所以101号铜鼓原来就是

一面残鼓,并非埋藏或人为损坏。

致谢: 本课题的考察得到广西博物馆和上海博物馆青铜部的大力支持,谨致谢意。

参 考 文 献

- 1 蒋廷瑜. 铜鼓艺术研究. 广西人民出版社, 1988: 6
- 2 万辅彬等. 中国古代铜鼓科学研究. 广西民族出版社, 1992: 17, 125
- 3 姚舜安, 万辅彬, 蒋廷瑜. 北流型铜鼓探秘. 广西人民出版社, 1990: 2, 32, 8
- 4 清·屈大钧. 广东新语. 载:“广州炼铜鼓师不过十余人,其法绝秘,传于子而不传于女”。
- 5 江宁生. 考古学报, 1978, 2:
- 6 韩丙告. 现代铸造, 1981, 4: 31
- 7 唐文云. 古代铜鼓学术讨论会论文集. 北京: 文物出版社, 1982: 192
- 8 北京钢铁学院冶金史室等. 中国铜鼓研究会第二次学术讨论会论文集. 北京: 文物出版社, 1986: 74, 97, 91, 92
- 9 曹献民. 云南青铜器论丛. 北京: 文物出版社, 1981: 203
- 10 徐恒彬等. 科技史文集(第14辑). 上海科学技术出版社, 1985: 85, 90.
- 11 中国古代铜鼓研究会编. 中国古代铜鼓. 北京: 文物出版社, 1988: 182, 223, 219
- 12 李世红, 万辅彬. 世界铜鼓之王——北流型101号铜鼓外形及声学特性研究. 第三届全国科技考古学术讨论会论文, 郑州, 1991. 4:
- 13 谭德睿. 自然科学史研究, 1986, 4: 346, 352
- 14 [苏]库才烈夫等著, 史庭龙等译. 铸工工长手册. 北京: 机械工业出版社, 1956: 46, 43

A research on the casting technique of No.101 Beiliu bronze drum ——the king of bronze drums in the world

Wan Fubin Li Shihong

(Guangxi Institute for Nationalities, Nanning 530006)

Jiang Tingyu Qiu Zhonglun Wei Xianchu Nong Xuejian

(Guangxi Museum, Nanning 530022)

Hua Jueming

(Institute for History of Natural Sciences, Academia Sinica, Beijing 100010)

Tan Derui Wu Laiming Xu Huikang

(Shanghai Museum, Shanghai 200231)

Abstract

The No.101 Beiliu bronze drum with big body and thin wall thickness was called the king of bronze drums in the world. It is a biggest bronze drum in the world at present and very hard for casting.

In the base of thoroughgoing, careful investigated and first duplicate experiment, this paper researches the ancient casting techniques of this bronze drum: the manufacture method of inner and outer clay moldes and wax ears of drum, the inner clay mold (core) structure, the moldes of making patterns directly on the outer clay mold surface, the casting plan and use of the spacers (chaplets) et al. In addition to the structure features of this bronze drom and the incomplete reasons of drum foot are studied.

Key words Bronze drum No.101 Beiliu bronze drum Cast technique

1994—02—04 收到