

青铜器修复的过程是怎样的？涉及了哪些工艺？在几十年的发展过程中又发生了哪些变化？

故宫青铜器修复技艺的特点其实蕴含在一件件修复过的青铜重器当中。这些曾经埋藏于历史深处的文物，在修复后恢复容光，以绝佳的面貌震撼世人。

而当我们回顾它们的修复过程，细究它们隐藏的工艺，会发现其中凝聚了一代代修复师的手艺与修复理念。

精工奇技藏于器 故宫青铜器修复技艺实录

于燕

故宫博物院文物保护科技部馆员，故宫「青铜器修复及复制技艺」第七代传承人，硕士毕业于首都师范大学文物与博物馆专业

「京派」传统青铜器修复的第四代传承人赵振茂进入故宫博物院后，不仅修复了大量珍贵的青铜文物，而且培养了一代代故宫青铜器修复人。

传统青铜器修复技术在故宫发展至今已历七十多个春秋。在这一传承过程中，随着时代变迁，传统青铜器修复技术也在发生着变革与创新。而故宫青铜器修复技术的特点其实正蕴含在一件件他们修复过的青铜重器当中。因此，我们不妨回顾一下从第四代到第六代这三代故宫青铜器修复人在不同时期的一些经典修复案例。



河南上蔡郭庄楚国墓出土
四耳铜鉴局部

案例一 铜奔马

一九七一年由第四代传承人赵振茂主持修复

铜奔马，即著名的「马踏飞燕」，一九六九年出土于甘肃省武威市雷台东汉墓，通高三十四点五厘米，身长四十五厘米，宽十三点一厘米，重七点三

东汉 铜奔马 高三四·五厘米 身长四五厘米 宽一三·一厘米 甘肃省博物馆藏



阅读链接

“马踏飞燕”的发现

◎ 一九六九年，甘肃河西地区武威当地农民在挖战备地道时，在方形高台雷台下发现了一座东汉晚期的大型砖室墓。后考古人员对其进行清理，出土有金、银、铜、铁、玉、骨、漆、石、陶等文物二百三十多件，古钱币三万余枚。其中铜器一百二十七件（部分有铭文），铸造最为精致的是铜车马仪仗队，里面有一件造型极其生动的铜奔马铸像。一九七〇年六月，该铸像被运往甘肃省博物馆作为出土珍贵文物收藏时，以“马踏飞燕”的名称登记收藏入库。

飞鹰呈回首惊顾状，构思极其巧妙。

一九七一年夏天的一个早晨，正在湖北咸宁文化部「五七」干校稻田里劳动的赵振茂被紧急召回北京，第二天他到故宫博物院报到时才知道自己的任务——修复来自全国十一个省市出土的部分文物，确保这些文物在当年的全国出土文物展览上顺利展出。（本文所述铜奔马的修复过程综合参照：贾文超执笔、赵振茂口述《记青铜珍品马踏飞燕的修复》，《中国文物报》一九八八年十月一日；赵玉中（赵振茂之子）《修复「马踏飞燕」纪实》，《中国文物报》二〇〇五年四月二十九日；赵振茂的大弟子霍海峻回忆口述等）

铜奔马就是其中的一件。它被送修至故宫博物院时已残缺不全：马头上的几络鬃毛已经脱落，马颈处有数个一厘米大小的洞孔，马尾也断了，三个腾空的马蹄心更是空着。赵振茂运用传统青

铜器修复技艺对铜奔马进行了修复，修复主要分为两个方面：一是对文物外观进行补缺和完善；二是针对文物安全进行稳固处理。首先修复文物的残缺部位，用锡焊法（以铅锡合金为焊接材料焊接）将马头处脱落的鬃毛和断掉的马尾焊接回原处，马颈部的数个洞孔亦用锡焊补全，然后对焊接和补全的部位进行咬旧（亦称咬黑，利用化学材料使金属表面颜色变深）、填缝（处理焊接缝隙和补配块边缘的凹陷处）和做色。做色主要是做与铜奔马本体接近的地子色（所谓地子，即指铜器由于埋藏环

漆皮汁及其原料
漆皮汁是由虫胶漆（俗称漆皮、漆片）与无水乙醇混合形成的溶液



技艺聚焦

咬旧和填缝

- 咬旧色的炮制用料：盐脑沙、西绿、硫酸铜各二两混合后，加入上好的白酒四两（或老醋），浸泡一天，即可使用。
- ……修复古代铜器，在补配缺块、雕刻花纹的工序告竣以后，在做地子和锈色以前需要进行咬旧。焊接接缝和补配的新块必须经过咬旧。咬旧色只涂抹在器物补块和焊缝上，不要等候干燥，即用清水浸泡刷洗干净。咬旧材料可使铜器变旧变黑，器物从清水中取出晾干，用毛笔沾上漆皮汁，涂刷缝隙和缺块处。先后可涂刷两次。勿使漆皮汁回流。漆皮汁晾干，再加热烘干。经过这样处理，就比较结实了。
- 用漆皮汁抹缝（填缝）：原件地子色如果是黑灰色，先用立德粉（硫化锌和硫酸钡的混合物，为白色结晶性粉末），加少许黑烟子（即锅底灰）、石黄（即雄黄），在磁钵里磨研成为黑灰色粉。这就是做黑灰色地的色彩。再加入漆皮汁，充分搅拌均匀，调成成为黑灰色地子色泥，用小刀、小铲把色泥在焊接缝隙及配块边缘、凹陷处抹平。一般需抹二三次，不得凸起。干后，再用细纱布碾磨细平。用小刻刀将新旧花纹交接处刻通，修整平坦，以加好颜料的稀漆皮汁在焊接接口和补块上涂刷一两两次。干后，再用最细砂纸打磨细平。

——节选自赵振茂《青铜器的修复技术》，紫禁城出版社，一九八八年，页二三、二四

技艺聚焦

点土喷锈

- 用牙刷沾上漆皮汁调和的色泥，一手拿牙刷，一手拿小刀拨动牙刷，使锈色从牙刷上弹飞，射到器物上。……漆皮汁不可过于浓稠，稠了锈色容易发亮，也不可太稀淡，稀了容易被水冲落。
- 喷完锈色，可用牙刷沾一点用漆皮汁调合的黄土，在补配的新块上压按，做些积土的样子，也可以用牙刷沾色泥在小盘里揉匀，在配块上压按，做一种锈片。以上工作完毕，再找找细，按按色。直至完全干透（用指甲掐压坚硬，不出印痕），全器再用清水浸泡，用干净的牙刷刷洗，把黄土洗刷冲掉。如有泡状，可用指甲划破，使水渗透，自然散开，再刷洗，泥土就全部掉落了。刷洗干净，取出晾干，再用毛笔沾矿石色随随边沿，使喷射的锈色与原件相同，如自然形成。至此，锈色才算全部完成。

——节选自赵振茂《青铜器的修复技术》，页三九



原铜镜地子



点土，即用牙刷在地子上喷泥



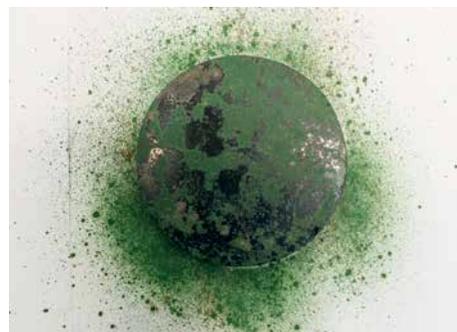
点土完成



喷锈

境不同，铜质不同，年月长久发生腐蚀，表面自然产生的紧贴基体表面的不同的锈地）和锈色，其所需原料为虫胶漆（俗称漆皮、漆片）的无水乙醇溶液（这类混合溶液俗称漆皮汁，用四两漆皮和半斤酒精充分搅拌，经十小时溶化制成）、各种颜色的矿物颜料和细黄土粉。做地子时，将原料调和成与原物地子接近的地子色，直接涂抹至焊接及

锈」的工艺，即先用牙刷在地子上喷泥，待泥干后开始喷锈（调和的锈色要与铜奔马的锈色接近），待锈色完全干燥后去掉泥点留下锈色。这样处理后的器物表面有的地方有锈色，有的地方没有，增强了整体的层次感，且呈色自然逼真。由于铜奔马的头部、腹部和尾部内都有残留的范土（铸造青铜器的陶土模范残留），其重心偏移，无法直立站稳。



去掉泥点后留下的锈色效果

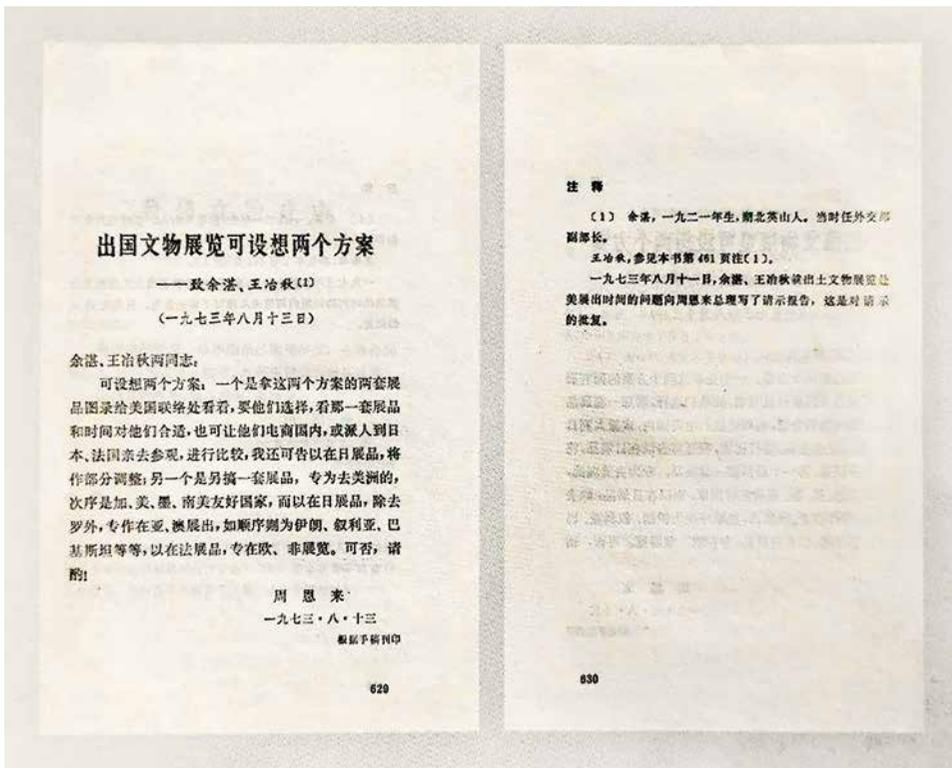
“点土喷锈”操作示意图

阅读链接

出土文物展览与 文物外交

◎ 一九七一年，尚处于封闭状态的中国开始筹备中华人民共和国出土文物展览，在此过程中成立了“出国文物展览工作室”，即中国文物交流中心的前身。一九七一年七月在故宫慈宁宫举办了出土文物展览。展览在基辛格秘密访华前夕开幕，是周恩来打出的一张文物牌。各国外宾在参观了此次展览后，纷纷希望这些出土文物能去本国展览。

◎ 一九七三年五月八日，“中华人民共和国出土文物展览”第一站在法国巴黎开幕。展览持续了四个月，随即在伦敦皇家艺术学院开始了第二站展出。英国女王伊丽莎白二世和首相希思都参观了展览。展览共展出文物四百九十三件、复制品二十七件、辅助展品一百三十五件。展品中最引人注目的就是河北满城汉墓出土的中山靖王刘胜和王后窦绡的金缕玉衣和甘肃武威雷台汉墓刚出土不久的“马踏飞燕”等。之后展品又转道北美，赴加拿大和美国等国展出。



一九七三年八月十三日周恩来总理《出国文物展览可设想两个方案》

图片取自网络 <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1705628323872150625&wfr=spider&for=pc>



一九七三年在英国展出的中国出土文物“马踏飞燕”

图片取自网络 <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1705628323872150625&wfr=spider&for=pc>

于是，赵振茂将马腹内的大部分范土掏出以减轻腹身重量，又用漆皮汁、细黄土粉和章丹红（一种矿物颜料，四氧化三铅，别名铅丹）调和成稠泥填补空心的马蹄，细致调整文物的重心点，使马和飞鹰整体可以保持平衡，最终使得铜奔马能够直立站稳。

经赵振茂精心修复后的铜奔马，其历史价值和艺术价值都得到了提升，并于一九七三年至一九七五年间先后到法国、英国、日本等多个国家参加巡回展出，获得了一致好评。一九八三年，铜奔马被确定为中国旅游标志，一九八六年被定为国宝级文物，现作为镇馆之宝藏于甘肃省博物馆。

案例二 班簋

一九七三年由第四代传承人赵振茂主持修复

西周班簋，又称毛伯彝，高二十二点五厘米，口径二十五点七厘米，口沿外有四象首环耳，耳下接内卷的象鼻形长足将簋身悬起。其口沿下两道弦纹间饰有圆涡纹，腹部饰有凸起的兽面纹。器腹内底有铭文二十行，共一百九十八字，具有非常重要的史料价值。班簋原为清官旧藏古铜器，被收录于《西清古鉴》

（清乾隆皇帝命将内府度藏的鼎、尊、彝等青铜器分门别类，仿效《考古图》《宣和博古图》体例汇编成编）卷十三中，故推测其最晚在清乾隆年间已入藏清宫。但不知何时，其从清宫流出并遭损毁。郭沫若先生认为西周班簋有可能是在八国联军入侵北京时流散至宫外的。（郭沫若《班毁的再发现》，《文物》一九七二年第九期）

一九七二年六月的一天，北京市文物清理拣选小组工作人员在北京市物资回收公司有色金属供应站的废铜堆中发

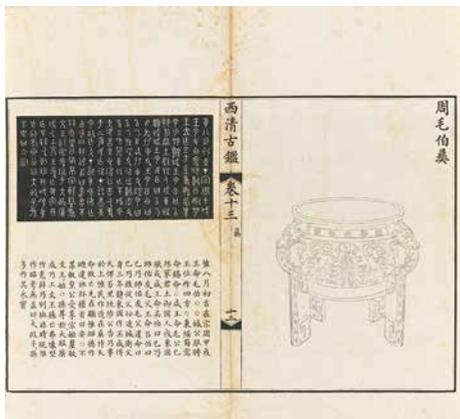


西周 班簋
高二·五厘米 口径二五·七厘米 首都博物馆藏

阅读链接

簋

◎ 簋，读作：guǐ，是古代中国用于盛放煮熟饭食的器皿，也用作礼器，一般为圆口、双耳。流行于商朝至东周，是中国青铜器时代标志性青铜器具之一。



《西清古鉴》（清乾隆内府刊本）之“周毛伯彝”内页

阅读链接
程长新

◎ 程长新，河北香河人。国家级著名青铜器鉴定专家。曾任北京市文物鉴定委员会常委、国家文物鉴定委员会常委，中国历史博物馆、首都博物馆、北京市文物商店等文物鉴定顾问，文博副研究员、中国古陶瓷研究会文保协会会员。著有《镜花水月：铜镜鉴赏与辨伪》《古铜器鉴定》《铜器辨伪浅说》等。

现了损毁严重的古铜器残件和碎片，残件上的铭文令他们意识到这件器物的重要性。经小组内的一名成员——著名青铜鉴定专家程长新先生考证后，确定这件残件就是从清宫流失的班簋。于是工作人员又回到供应站反复拣选并找到了更多碎片。（此处叙述综合参照：霍海峻、王五胜、李化元《京派古铜器修复技术百年发展脉络概述》，《中国文物科学研究》二〇〇六年第四期；程长新、张先得《历尽沧桑 重放光华——北京市拣选古代青铜器展览简历》，《文物》一九八二年第九期；霍海峻回忆口述等）

一九七三年夏天，班簋残件及碎片被送到故宫博物院交由赵振茂主持修复。当时班簋严重残毁：整个器底变形翘起，三分之一的器身缺失，器底有洞，使得

藏于首都博物馆。

部分铭文缺失；从破碎的残片中只能拼对出一耳和一足，修复难度很大。赵振茂带领第五代中大弟子霍海峻对班簋进行了修复。首先通过翻砂铸造（翻模铸造

的一种，指用粘土粘结砂作造型材料）的方式将缺失的器身及另外三耳和三足补配完整，并重新篆刻修整了其上纹饰。再对器底的变形进行矫正，用锡焊法补全了器底的残缺，并参照《西清古鉴》收录的铭文拓片篆刻复原了缺失的铭文。最后根据原件的地和锈色对补配处进行做色，使其最大程度地恢复原貌。（本

案例修复过程参照：霍海峻、王五胜、李化元《京派古铜器修复技术百年发展脉络概述》，《中国文物科学研究》二〇〇六年第四期；霍海峻回忆口述等）修复后的班簋作为镇馆之宝收藏于首都博物馆。

西周班簋（修复前）
图片取自赵振茂《青铜器的修复技术》，紫禁城出版社，一九八八年



赵振茂（左）与贾文超（中）、王五胜（右）



赵振茂（左）与王五胜（右）



赵振茂（右二）与霍海峻（右三）在展厅与众人研究班簋

赵振茂师徒研究古代青铜器技法



河南上蔡郭庄楚国墓出土四耳铜鉴整形



海昏侯墓出土青铜缶整形

传统修复中的铜器整形操作示意图

技艺聚焦

古铜器的翻模铸造

- 古代铜器多是翻模铸造的……翻模铸造从用料上区分有：一、黄土翻模；二、沙翻模；三、石膏红砖粉混合翻模；四、石膏翻模。
- 黄土翻模：黄土翻模需要长方形木模子。木模由两扇长方件拼合，类似脱砖模；在四角有插梢，可拼合四框，中间可放置活动的挡土板，根据铸件的大小挡土板可移动。这个木模一头是固定的，一头是活动的。闭合时可把活动木框挂好，再放上挡木板。木模亦称沙箱。木模有大、中、小多种。
- 黄土翻模只适合铸造扁平铜件，立体形的铜件和咬模的铜件都不能用这种方法铸造。黄土翻模适合于翻造兽片、铸件铜板及条形铜件。
- 沙翻模：沙，指上等的白沙土，无土性。白沙翻模与黄土翻模的方法一样，但铸件不如黄土翻模铸得细致。沙翻模操作比较快，翻好模型，不必撒沙箱，潮湿时，用比较重的东西压住沙箱模子，在合模平面上挖好铸口，即可浇铸。

——节选自赵振茂《青铜器的修复技术》，页七、八

技艺聚焦

古铜器的整形

- 修复春秋晚期至唐代铜器可以用钢锤或锡锤敲震，敲震时要垫着铅砣或木块；也可用长的木棍，一头插入墙洞，把变形的铜器放在棍子下轻轻压顶整形。顶压时，需要适当，轻压轻砸，否则，会出现破裂和掉块现象。经过处理如果圆形还是欠圆，方形仍是欠方，就用木棍支在器物内部矫形，也可以用粗绳或铅丝捆上，用钢锉锉，或用桌钳夹等矫形法。
- 修复古代铜器的原则是尽量恢复其原状。锤砸、锯断时需要更加注意它的铜性和铜质。所以，尽量少用锤砸、锯断的方法。

——节选自赵振茂《青铜器的修复技术》，页六



卡钳

木柄卡钳

G字定位夹

整形所用工具

案例三 蟠蛇纹卣

一九九九年十月—二〇〇〇年五月由第五代传承人王有亮主持修复

蟠蛇纹卣，一九八六年出土于湖南省岳阳县莲塘村，一九九九年一季度被故宫博物院征集购买成为藏品。该卣是一件春秋时期的青铜器，通高三十三厘米，腹径二十九厘米，由器盖和器身两部分组成，二者均有纹饰，尤其器身饰有上、中、下三层不同的繁复纹饰。

一九九九年十月，「青铜器修复及复制技艺」第五代传承人王有亮承接了蟠蛇纹卣的修复工作，这是他在师父赵振茂去世后第一次独立承担修复的青铜器。修复前的卣破损十分严重，器身自口沿下方有一处大面积的缺失，圈足也仅余四分之一，而器物残存部分有严重的变形、断裂等问题；其碎片多达一百三十余块，不仅数量多、厚度薄，且碎

阅读链接

卣

卣，读作 yǒu，是中国古代酒器，盛行使用时期为商代跟西周时期。其外观上大部分是圆形、椭圆形，底部有脚，周围雕刻精美的工艺图案。



蟠蛇纹卣（修复前）

古铜器的传统焊接

- 用长铁钳夹着烙铁，烙刃朝上放在火炉里烘烤。待烙铁变为粉红色时立即夹出，先沾松香，再沾六成锡（俗名焊铜锡）。此时烙铁刃已沾锡，变为白色，行话叫杠烙铁。这时在焊接物的缝隙涂上熟盐酸，即可进行焊接。

——节选自赵振茂《青铜器的修复技术》，页二一



传统修复中的铜器焊接操作示意图

片小、纹饰繁复，甚至部分碎片因腐蚀而丧失了铜性（即发生矿化，失去弹性，十分脆弱），修复难度极大。面对这样艰巨的修复任务，王有亮也有点犯难，但在师兄们的鼓励下他还是迎难而上，对蟠蛇纹卣进行了整形、碎片拼对、焊接、粘接、补缺、做色等一系列的修复工作。

在修复过程中，整形和碎片拼对是第一个重点和难点，两项工作需要同时进行。对于数量众多的碎片，要根据器物纹饰和器形的特征进行分类整理、拼对。整形时则运用顶撑法（即用质地软于器物本身的木棍、竹板等工具在其内进行扩撑）在器物内部进行扩撑，并通过碎片拼对出的器物形状及时调整整形的方向和位置。

焊接和粘接是修复工作的另一个难点，更是蟠蛇纹卣连接成形的关键步骤。此次修复选用了—个贴合器形且方便移动的外置模型进行辅助，对于铜性较好的碎片采取先点焊（将接头处的个别点焊接起来）、再整体焊接的方式进行焊接，对于铜性较差或者过于细小（即不具备焊接条件）的碎片则使用环氧树脂材料进行粘接。



拼接碎片

蟠蛇纹卣（修复中）



运用顶撑法整形

补缺时，根据器物不同部位的具体情况使用了翻模补配和铜板补配两种补配方法。对于器身的十几处缺失，根据纹饰选择对应的位置进行翻模，并利用模具制作出铅锡合金补块，然后或焊接或粘接补全。而对于圈足缺失处，由于缺失较多且器壁薄、脆弱，采用更为安全的铜板补配法，即选取厚度适宜的铜板进行剪裁形状、打制弧度、锤揲随形和篆刻纹饰后，再与原器进行焊接。最后，要清理焊接和粘接留下的痕迹，再通过传统的做色工艺使蟠蛇纹直整体颜色效果协调一致。



春秋 蟠蛇纹卣（修复后正视、侧视及盖细节）
高三三厘米 腹径二九厘米
故宫博物院藏



青铜簋的铜板补缺



四耳铜釜的铜板补配

传统修复中的铜器补缺操作示意图

传统铜板补配

- 比如，一件汉代圆壶短缺三分之一，又有变形，需矫形、补缺块。……首先用纸托在铜壶缺块的背面，以毛笔描画好短缺轮廓，揭下来，贴在与铜壶厚度相同的铜叶（打薄了的铜板）上，再按所画的轮廓在铜叶上錾上坑点，画上墨线，用剪刀裁下来（如厚铜叶可用钢锯锯或用脱錾脱），然后，把它烧红变软再放凉（放到凉水里滚凉也可）。
- 根据器型，将补块用炮锤炮鼓（形容一种将平面敲击使其变鼓有弧度的敲击手法。炮锤头是横长的，木把，锤头两端一大一小，都是圆鼓顶）。可以将铜叶放在地上，用炮锤敲打，等到炮鼓，再放在铅砧的凹处轻轻打，待鼓园起来，再放在砧子上炮打（用炮锤敲打铜片的一种方法，使铜叶由平面经过敲打变为弧度造型）。铜叶烧红，炮一次便硬了，需再烧再炮。这样，反复炮到与补配的缺块要求相符时，就停止炮打……以上工序，可概括为打、拢、炮、收、杀。{打、拢、炮、收、杀均为使用铜板（叶）制作补缺配件材料的具体操作手法。以捶揲的方法作为主要造型手段根据不同的制作需要使用相应工具进行操作。打：初步加工铜叶，使其达到合适的厚度。拢：使用此手法以调整铜叶的延展性。炮：使铜叶由平面向立体过度的造型手法。收：对立体造型进一步精确调整，使有凹陷造型的部位准确到位。杀：对铜叶的造型进行收尾工作，使有器底造型的部位准确到位}

——节选自赵振茂《青铜器的修复技术》，
页一六、一七

四耳铜鉴，二〇〇五年出土于河南上蔡郭庄楚国墓，器身整体饰有繁复的蟠螭纹和蟠虺纹，鉴口外壁有四兽首形耳呈对角线分布，兽口衔蟠螭纹扁片圆环，圈足，是一件典型的春秋晚期青铜器，由河南省文物考古研究院送修至故宫博物院。

铜鉴送至时，因受到墓室坍塌挤压而损毁严重，碎裂成数十块大小不一的碎片，最小碎片的直径仅为两到三厘米，且部分碎片变形严重；四耳均与器身分离，兽口衔的四片圆环仅剩一片。「青铜器修复及复制技艺」第五代传承人王有亮、吕团结、郑坤和第六代传承人高飞共同开展修复工作，制定了包括碎片分类与清理、整形、拼对、焊接与粘接、补缺、做色为主要步骤的修复方案。

首先，对碎片进行分类整理，按照由大到小、由整体到局部、由外形规则到不规则的原则进行，同时还参照了铜鉴本身的器形特征、纹饰布局 and 走向。

然后将碎片浸泡在蒸馏水中清洗，同时利用竹签、手术刀等工具辅助去除碎片表面附着的腐土、沙石等硬结物。

由于铜鉴的变形属于塑性变形（即器物在外力的作用下发生变形，去除外力后无法恢复到原来的位置），整形过程往往比较复杂且耗时久，整形时一旦撤掉整形工具，变形的极易发生回弹，复原到原来的位置。因此为了达到最佳的整形效果，此次整形针对不同位置的变形状况综合运用了顶撑法、模压法（又称扭压法，给变形器物做一套模具夹住，在台钳上施加压力扭压，并不断缓慢改变器物受力位置而使之恢复器形的一种方法）、锤击法（利用铅锤或锡锤敲击变形部位，使之改变变形方向，直到恢复原状）等多种方法，使用了千斤顶、U形钳、台钳等工具，在四人共同的努力和配合下，约耗时三个月才达到了预期效果。整形之后，再对碎片进行拼对组合、焊接和粘接。

将碎片整体连接完成后，器身仍然

阅读链接

河南上蔡郭庄楚国墓

◎ 上蔡故城位于河南省驻马店市上蔡县，是西周至春秋时期蔡国（姬姓，周代重要诸侯国之一）的都城，春秋晚期至战国末年成为楚国的军事重镇。一九九〇年前后，此处由于窑厂起土发现了楚墓群，并受到了各界的关注。二〇〇五年，河南省文物考古研究所对该地区进行了综合发掘。考古发现了两座大型墓葬，南北并列，墓向朝东，墓葬形制均呈土坑“甲”字形，墓上由夯筑封冢。其中出土了一批精美的楚国青铜重器，如圆形盖印鼎五件、四龙耳鉴二件、方壶二件、鬲一件、敦一件、浴缶一件、甬钟三件、柱头饰十余件、石编磬十件，以及一些青铜戈、矛、簇、马衔、节约等和一定数量的包金铜片、玉贝、海贝、骨质仿贝等。

阅读链接

鉴

◎ 鉴，指映照的工具——盛了水的大盆，类似于后来的镜子；也可用来盛放冰等。



四耳铜鉴（修复前）



四耳铜鉴（修复中）

存在多处缺失，需要打制铜板进行补配，即选取厚度适宜的黄铜片，按照缺失部位的形状进行裁剪，并捶打至理想的弧度。而此次补配的特殊性在于，铜鉴纹饰极其复杂，这使得手工篆刻的难度极大，因此采用了先将与缺失部位对应的纹饰完好的部位进行拓印，然后送到相关单位依据拓印好的纹饰对补配的黄铜片进行专业化学腐蚀处理，由此得到饰有理想纹饰的黄铜补配件，再进行补配件与器身的焊接或粘接。最后，将焊接和粘接的部位打磨平滑后，仍然采取传统工艺对其进行做色处理，使修复后的器物达到最佳的整体视觉效果。（王有亮、吕团结、高飞《河南上蔡楚墓出土四耳铜鉴的修复保护》，《中国文物保护技术协会第十次学术年会论文集》）



四耳铜鉴（修复后）

案例五「亚□」鼎

二〇一五年六月~九月由第六代传承人高飞主持修复

「亚□」鼎，是故宫博物院院藏

的一件商代青铜器，通高三十一厘米，宽二十五点七厘米，口沿下饰一周涡纹，腹部饰有兽面纹，器物内壁有二字铭文，一字为「亚」，另一字不可辨，二字共同作为该鼎的命名，定级为二级文物。据文物档案记载，「亚□」鼎是北京市文化局从古玩商倪玉书（一九〇三年~一九六七年，河北武清县人。一九一八年在

北京同益恒古玩铺学徒，后独立开设古玩店，对青铜器鉴别有独到研究）处没收而来，并于一九五七年拨交故宫。

阅读链接

鼎

◎ 鼎，是古代一种煮食物的器具，也是放在宗庙里祭祀用的一种礼器。鼎也是国家政权的象征。

二〇一五年，此鼎因器身有一碎块

脱落，因此送至故宫博物院文物保护科技部进行修复。修复前，「亚□」鼎的口沿处有疑似「有害锈」（青铜器锈蚀层中能够引起器物发生再次腐蚀的锈蚀产物）的表面锈蚀；自口沿至器身有一碎块脱落，碎块上有一处明显的裂隙，同时器身还有其他轻微的缺失和裂隙；器腹有多处黑色线条，疑似为早年焊接痕迹，脱落的碎

「亚□」鼎（修复前）及脱落的碎块



阅读链接

传统古铜锈的分类

- ◎ 贴骨锈：贴着铜器表层的结实锈，用小锤敲震都不易掉落。
- ◎ 发锈：铜器从其胎内发起来的锈。如有的铜器从腹部内发起一处或多处锈，使得器内出现凹陷，外部凸起，花纹、铭文也随之高起。
- ◎ 釉锈：包住整件铜器的有深浅及绿、蓝、红三色之分的锈，厚度可达数毫米，可掩盖花纹、铭文，较牢固且坚硬。
- ◎ 浮锈：铜器上不是很结实的锈，多是贴骨锈的外层，或贴着铜器长出的锈，可达很厚，轻震即脱落。
- ◎ 糟坑绿锈：铜器上外溢的绿色泡沫状锈，俗称“杨梅锈”“有害锈”。

——节选自赵振茂《青铜器的修复技术》，页三三、三四

块边缘处亦有焊锡痕。

为了制定更加科学有效的保护修复方案，在实验室同仁的帮助下，通过成分分析、X射线影像分析、锈蚀产物分析等科技检测对「亚□」鼎进行了前期分析研究。结果表明：鼎身材质为铜-锡-铅三元合金；其表面锈蚀物发现有氯铜矿 $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ 、副氯铜矿 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{Cl}$ 、赤铜矿 Cu_2O 。赤铜矿属于稳定的「无害锈」，而氯铜矿和副氯铜矿都属于「有害锈」。〔高飞、尚素红、刘建宇、曲亮《故宫博物院藏商代亚「□」鼎的修复保护》，《中国文物保护技术协会第十次学术年会论文集》〕；器腹整体矿化严重且有多处焊接的修复痕迹，碎块脱落应为虚焊（在焊接点有氧化或有杂质，或焊接温度不佳，导致焊接不密实）导致。根据修复使用的工艺、方法和材料，推测「亚□」鼎可能是经以赵振茂为代表的第四代传承人之手进行过修复。

据此，高飞制定了以去除「有害锈」、缓蚀封护、粘接和加固、补缺、做色为主要步骤的保护修复方案。对于有害锈，「选用了5%的倍半碳酸钠溶液置换的方法去除，并用含BTA（苯并



用 EVA 热熔胶对碎块和器身进行临时定位固形



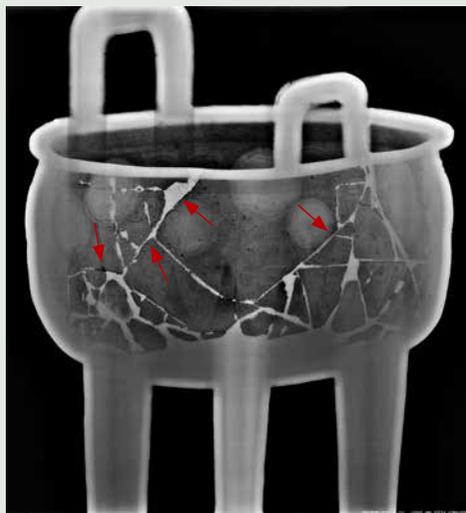
用现代高分子材料 HXTAL NYL-1 树脂粘接剂粘接碎块

“亚□”鼎（修复中）

三氮唑，常作为金属的缓蚀剂)的5%丙烯酸树脂 Paraloid-B72 的丙酮溶液局部封护，取得了比较理想的效果」。(高飞、尚素红、刘建宇、曲亮《故宫博物院藏商代亚「亚」鼎的修复保护》)粘接和加固时，考虑到「亚」鼎的矿化程度，先选用 EVA 热熔胶对碎片和器身进行临时定位固形，然后使用现代高分子材料 HXTAL NYL-1 树脂粘接剂(环氧树脂粘合剂的一种，具有流动性强、固化后粘接强度大、抗老化时间长等特点)进行粘接，其他裂隙部位也用同样的方法进行粘接和加固。补缺时，考虑到几处缺失部位均为比较细小的裂缝且有纹饰，选用了强度和硬度适中的福乐阁 (Flügger) 精细表面填充膏(此类填充膏具有良好的粘接力，强度和硬度适中，打磨后表面平滑细腻，便于后续在其上进行纹饰雕刻等操作)进行填充，待膏体固化后打磨表面，并在其上雕刻纹饰。最后做色时，仍采取传统的方法和材料——使用虫胶漆、无水乙醇调和矿物颜料形成所需的地子色和锈色，用牙刷蘸取喷弹，用毛笔点染在需做色部位，使「亚」鼎整体颜色协调一致，达到展览要求。



用福乐阁精细表面填充膏填充细小的裂缝



X 射线影像显示的黑色缝隙(红色箭头所示)为虚焊处



「亚」鼎(修复后)
通高三·八厘米 宽二五·七厘米
故宫博物院藏

古铜器修复的粘结剂选择

传统青铜器修复在第四代传承人时期使用的主要粘接剂是虫胶漆和无水乙醇的混合溶液（漆皮汁）、清漆等。第五代和第六代时期，粘接能力更强的环氧树脂成为最主要的粘接材料被使用，分为双组份慢干胶和单组份瞬干胶两种。前者包括合众 AAA 超能胶、914 室温快速粘接剂、UHU 双组份环氧树脂粘合剂、HXTAL NYL-1 树脂粘接剂等，后者主要是汉高乐泰系列的 401、406、416、495 瞬干胶等。

在修复过程中，需要根据文物的具体情况和粘接剂的不同性能选择最合适的粘接材料。而在发展的过程中，漆皮汁、502 胶、AAA 胶、914 胶等由于粘接强度差，耐老化性、耐黄变性差等原因已逐渐被淘汰。同时更应值得关注的是一些临时加固材料的研发和应用，比如环十二烷、薄荷醇具有临时加固后可以在室温下升华的特性，非常适合脆弱质薄的文物的修复。



常用的粘接材料及工具

案例六 人面铜甲片 二〇一三年九月—二〇一五年九月由第六代传承人高飞主持修复

辽代人面铜甲片，又名人面纹饰牌，于一九四六年由德国人杨宁史「捐赠」给故宫博物院。杨宁史 (W. J. Janzing)，一九〇八年在德国禅臣洋行从事贸易工作，一九一一年来华在天津禅臣洋行任职，二十世纪三十年代成为洋行在华代理人，开始周游中国，期间收集、购买了大量珍贵的铜器和兵器。抗战胜利后，国民政府开始查封德国和日本在华的产业并遣送德日侨民回国，杨宁史为了保存禅臣洋行和逃避遣送，在宋子文（宋庆龄之弟，时任行政院长兼外交部长）的「点拨」之下决定「捐宝救德产」。此件辽代人面铜甲片就是「捐赠」文物的其中一件。（周立成《杨宁史献宝记》，《天津档案》二〇一五年第六期）

铜甲片长二十一厘米，宽十九厘米（带耳），厚度仅为零点五毫米，非常轻薄。二〇一三年，铜甲片被送至故宫博物院文物保护科技部修复，当时其表面存在多处锈蚀且局部伴有织物痕迹，并存在碎片

断裂、缺失、局部开裂等问题，整体保存状况较差。在修复前，对铜甲片进行了系统的科技检测分析和前期研究。在实验室同仁的帮助下，通过便携式X射线荧光光谱、X射线照相、X射线衍射、紫外荧光照相等方法，明确了

铜甲片的材质是银—铜—锡三元合金，而非文物档案记载的青铜，并明晰了锈蚀产物状况、制作工艺、修复历史（包括曾经的修复区域和使用的修复材料）、出土环境、残存织物成分和状况等重要信息。

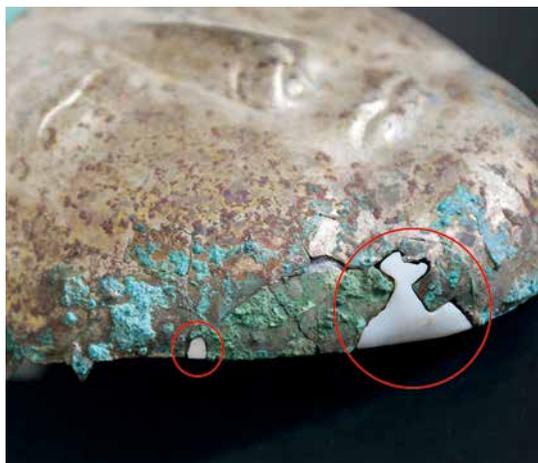
根据检测分析结果，高飞制定了更



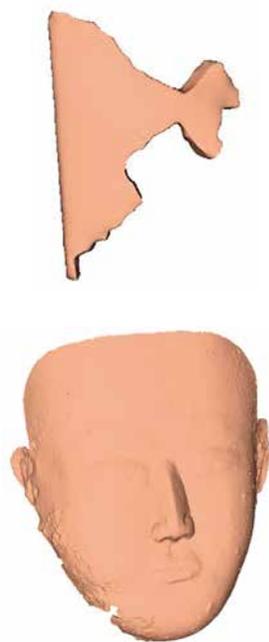
铜甲片（修复前）

加科学有效且有针对性的保护修复方案，包括临时加固、选择性去锈、脱盐处理、缓蚀、封护、补缺、粘接、做色等主要步骤，在坚持传统青铜器修复技术的同时，使用了一些新材料和新技术。

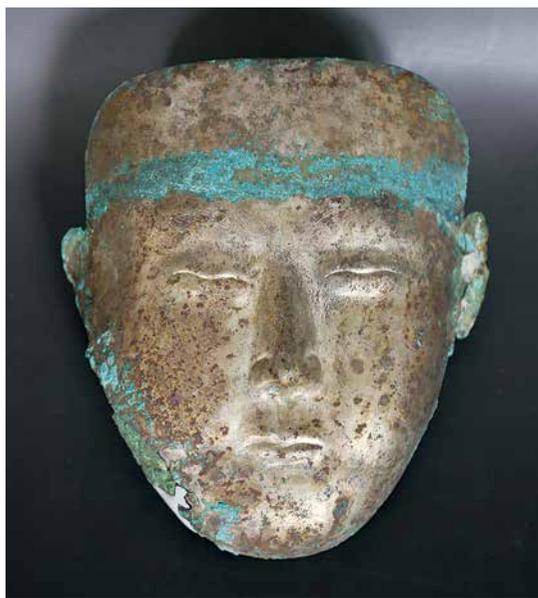
鉴于铜甲片基体的轻薄和脆弱程度，保护修复前需要对其进行临时加固，另外碎块粘接和补缺时也需要临时定位和固形，因此临时加固材料的选择就变得非常重要。此次修复选择了环十二烷（「在室温下，环十二烷是一种白色蜡状粉末或者结晶，有微弱的气味。在使用环十二烷进行临时加固时，为了使其很好地和文物基体结合，常常使用日本纸、棉纱布、或者纤维素纸浆等支撑层先将文物包裹，再喷涂环十二烷。」参见罗宏杰、韩向娜、黄晓、李伟东《环十二烷在文物保护中的应用进展》，《中国材料进展》第三一卷第十二期）作为临时加固材料。环十二烷作为近年来国际文物保护修复领域广泛使用的新材料，具有在室温下可以自动升华的特点，避免了常规加固材料（如无酸纸胶带）在揭取时对文物可能造成的损伤。除锈时，则需根据锈蚀产物的成分和有害程度的不同而选择不同的去锈方法，并在除锈后通过脱盐处理（一般



打印制作的补块



铜甲片及其补块的 3D 扫描模型



补块与铜甲片粘接

铜甲片（修复中）



辽 铜甲片 (修复后)
长二一厘米 宽一九厘米
故宫博物院藏

传统做色工艺

- 做色主要分为做地子和做锈两部分，根据铜器地子和锈色的不同，其做法亦有很多种。其要点主要为：
- 做地子色，可用中量漆皮汁，剩余的色浆再加进色粉，搅拌称为色泥，填平凹陷处。花纹刻通。干后，用细纱布将色泥蹭擦整平。再用各色磁漆对照原件地子色去配色。稠厚的加进喷漆稀料，搅拌均匀，在焊缝和补块上刷涂二三道。干透后，用酒精调和漆皮汁、色粉，充分搅拌，为使补块上花纹的阴沟里的锈色与原件一样，可用牙刷往新块上弹喷。再经蹭擦、轧亮，直至与原色光泽相同。（赵振茂《青铜器的修复技术》，页三二）
- 地子做毕，依照原件锈色适当做一点锈片，如发锈、釉锈等等。做贴骨锈用毛笔画些锈点，再用牙刷压按。做疙瘩锈（多在器物表面最外层，呈疙瘩状的锈）用竹竿捞起色泥，贴按在新块上。做高锈（高出贴骨锈的锈层）用刻刀铲起厚块色泥，侧按在新块上，必要时加热烘烤。（赵振茂《青铜器的修复技术》，页三九）
- 此外，前述“点土喷锈”亦为“京派”青铜修复常用的做锈色技法之一。

3D 打印技术在文物保护中的应用

- 3D 打印是一种以数字模型为基础，通过叠层成型的方式来制造物体的技术。3D 打印技术具有快速、灵活及适应性强等特点，近年来逐渐应用在文物修复与保护领域。首先，与传统翻模复制不同，3D 打印技术可以做到对文物无损保护（翻模不可避免地会与青铜器发生直接接触，从而易造成二次伤害）。其次，3D 打印技术具有快速、较高精度等操作优点，是文物修复中的一项前沿技术。

指采用溶剂去除金属器物锈蚀层中的有害离子）、**缓蚀、封护**（使用封护剂在文物表面形成防护层，以隔绝外界环境中的水分、氧气和其他有害成分，从而保护文物的过程。引自许淳淳、潘路主编《金属文物保护——全程技术方案》，化学工业出版社，二〇一二年）**对铜甲片进行保护**。补配断裂脱落的碎片时，基于铜甲片的脆弱程度，放弃了传统的锡焊法而采用环氧树脂材料（HXTAL NTL-1树脂）

进行粘接补配。粘接前，为了使粘接材料不直接接触文物表面，先在需要粘接处刷涂5%的B72丙酮溶液，并用环十二烷将碎块与面具基体进行临时粘接固定，再使用HXTAL NTL-1树脂粘接剂进行粘接。除了断裂的碎片，铜甲片的右脸颊下方还存在缺失部位，本次修复采用了3D打印技术制作高精度的补块，在提高修复效果的同时还避免了对文物

可能造成的损伤。最后，仍然采用传统工艺对补配位置进行做色处理，使铜甲片整体的颜色协调一致。~高飞《故宫辽代人面铜甲片修复案例：发现肉眼看不见的文物信息》，《典藏（古美术）》二〇一六年六月；曲亮、高飞、刘建宇、何林、雷勇、税午阳《现代科技与传统技艺结合的金属文物保护修复研究——以故宫博物院藏辽代金属面具为例》，《博物院》二〇一八年第二期）

故宫青铜器修复技艺的特点

以上提到的青铜器修复案例在故宫众多青铜器修复实践中颇具代表性。通过对这六个案例的回顾和梳理，我们可以总结出一些故宫青铜器修复技艺的基本特点。

传承有序

自「京派」传统青铜器修复的第四代传承人赵振茂等人进入故宫工作，他们不仅利用自身精湛的技术修复了包括前述案例中铜奔马和西周班簋在内的大量珍贵文物，使这项传统技艺在文博行业中发挥重要作用，还将这项传统技艺在故宫里得以传承下去——其第五代传承人中的王有亮、吕团结、恽小钢先后被评为国家级非物质文化遗产代表性传承人。到目前为止，故宫传统青铜器修复技艺仍以师徒模式进行传承，现已传至第六代（六人）、第七代（一人）。

辐射范围广

修复技艺辐射范围广主要体现在两方面：

一是修复的文物范围广，修复对象

不仅面向馆藏文物，还涵盖了全国十几个省的文物。从第四代传承人开始就一直兼顾全国各地兄弟博物馆及考古出土青铜器的修复。多年来，故宫「青铜器修复及复制技艺」传承人们修复了瓜州博物馆、邯郸市博物馆、沈阳故宫博物院、临淄齐国故城遗址博物馆、北京艺术博物馆、南京市博物馆、内蒙古自治区文物考古研究所等全国各地考古所和博物馆送修的青铜器，参与修复了河南上蔡郭庄春秋晚期楚国墓、江西新干大洋洲商代墓、江西南昌海昏侯墓、四川宣汉罗家坝、城坝遗址等出土的几十件青铜重器（见表一）。

前述案例中，铜奔马是甘肃省博物馆送修的文物；西周班簋原为清官旧藏，流散在外被发现再修复后藏于首都博物馆；春秋蟠蛇纹卣是故宫征集购买的文物；四耳铜鉴是河南省文物考古研究院送修的文物；商代「亚□」鼎是由北京市文化局拨交给故宫的文物；辽代人面铜甲片是德国人杨宁史「捐赠」给故宫的文物。

表一：第五代“青铜器修复及复制技艺”传承人为外单位修复的典型文物统计表

出土墓葬	合作单位	修复时间	修复文物数量	文物名称
河南上蔡郭庄春秋晚期楚国墓	河南省文物考古研究院（原河南省文物考古研究所）送修至故宫	二〇〇六年十一月～二〇〇七年十一月	四件（套）	升鼎（两件） 铜鉴（两件）
江西新干大洋洲商代墓	吕团结、王五胜、贾文超赴江西省博物馆参与修复	一九九〇年九月～十一月	十二件（套）	刀（四件） 正鼎 圆鼎（两件） 四羊罍 立鸟双尾青铜虎 虎耳兽面纹方鼎 罍 钺
江西南昌海昏侯墓	江西省文物考古研究院（原江西省文物考古研究所）送修至故宫	二〇一七年六月～二〇二〇年八月	七件（套）	青铜缶 鎏金铜钟 捉梁卣 钟虞 博山炉 青铜灯 熏炉罩
四川宣汉罗家坝、城坝遗址	四川省文物考古研究院送修至故宫	二〇二一年七月至今（即将完成）	七件（套）	铜鼎及鼎盖 铜鉴（两件） 缶 釜甗（两件） 铜盘

二是修复技艺传授范围广。从第

四代传承人开始，故宫博物院一直致力于帮助其他兄弟单位培养修复人才。由于当时地方博物馆的修复基础较为薄弱，而赵振茂的专业技术强、经验丰富，「一九七二年，国家文物局委托故宫举办文物修复培训班，赵振茂承接了青铜器修复的培训任务，先后为湖北、湖南、广东、辽宁、重庆、广西、新疆、陕西、甘肃、山东、云南、北京、江苏、陕西等十几个省市培养了一批青铜器修复工作者，将「京派」传统修复技艺传授到全国各地」。（霍海峻、王五胜、李化元《京派古铜器修复技术百年发展脉络概述》，《中国文物科学研究》二〇〇六年第四期）第五代传承人亦为青海省博物馆、西藏博物馆、天津博物馆、辽宁省文物考古研究院、瓜州博物馆、河南博物院等多个单位培养过修复工作者。

技术性强

传统青铜器修复的主要工序有整形、焊接、粘接、补缺和做色等，这些工艺均从第四代传承至第七代。在各个工序中，做色工艺技术性最强，且最具「京派」传统青铜器修复的技术特点。从第四代至今的传承过程中，做色的材料和方法一直没有太大变化，其材料主要是虫胶漆、无水乙醇、矿物颜料和细黄土粉等，工具主要是牙刷、小刀、各型号的毛笔等。「京派」做色工艺的「绝活」——「漆地磨光」和「点土喷锈」——参考霍海峻、王五胜、李化元《京派古铜器修复技术百年发展脉络概述》，推测为第二代传承人张泰恩接触到木工行业的「榆木擦漆」工艺，将试验任务交给大徒弟兼侄子张文普，张文普将该工艺引用到铜器中并加以改进。王德山又在此基础上，发明了「漆地磨光」和「点土喷锈」。

阅读链接

王德山

◎ 王德山，“古铜张”张泰恩门下高徒，“京派”传统青铜器修复的第三代传承人。他一九一一年生于河北衡水，十三岁拜张泰恩为师，于二十世纪三十年代初自立门户，在前人基础上发明了“漆地磨光”和“点土喷锈”两种做地子和做锈的技术，技术全面，手艺极好。

——霍海峻、王五胜、李化元《京派古铜器修复技术百年发展脉络概述》，《中国文物科学研究》二〇〇六年第四期

技艺聚焦

漆地磨光

“漆地磨光”是对照原器上的锈色，在浓度适宜的漆皮汁中调入相应的石色配好色浆，涂抹到伪器或修补处，待干后用砂布将其磨平，再用粗布揉蹭擦亮，即成光地。

——霍海峻、王五胜、李化元《京派古铜器修复技术百年发展脉络概述》，《中国文物科学研究》二〇〇六年第四期



传统做色所用工具及材料

由此做出来的地子和锈色层次分明、自然流畅，与原器物浑然一体。前述六个经典案例的修复都继承和运用了「京派」传统的做色工艺。

传统技艺与科技紧密结合

随着时代的进步和科学发展水平的提高，传统的修复技艺也要与现代科学技术相结合才能不断发展，焕发新的生命力。在此过程中，保护修复理念、修复工具和材料、科学检测技术都在不断地发生变化。

由于历史的局限性，「京派」青铜器的修复理念沿袭了清末民初的「商业化」目的，前四代传承人工艺的初衷都是为了在古铜铺里修复铜器以维持生计。直到建国后第三、四代传承人投身文博行业后才开始转变思维，但受到当时科学发展水平和修复材料的限制，他们对青铜器自身及其价值的认识缺乏一定的科学依据，修复目标是通过外形修整和表面做旧而达到展览的要求，更加注重文物的历史价值和艺术价值。直到第五代和第六代，修复理念开始逐渐发生变化并与国际相融合，在运用传统技艺修

复青铜器的同时，开展科学化的修复保护研究，实现展览、研究和价值提升的目的。

从第四代到第六代，「青铜器修复及复制技艺」传承人所用的修复工具和材料在当时而言都很先进，但是随着科学技术水平的不断发展和新材料的不断涌现，原有的修复工具和材料的局限性也逐渐显现，因此对修复工具和材料的选择也要与时俱进。

例如，在青铜器修复中，将器物破损部位连接起来的方法主要有焊接和粘接两种，视青铜器金属性能的具体情况进行选择——前者适用于铜性较好的铜器，后者则适用于矿化较为严重的铜器。从第四代到第六代传承人所用的焊接和粘接的工具和材料都在随时代的发展而不断变化。（见表二）

再如补配缺块方面，传统的补配方式主要分为两类：第一类是打制铜板、铜叶补配器物的缺块，如案例中四耳铜鉴和蟠蛇纹直圈足的补块；第二类是翻模铸造补配缺块，如案例中班簋和蟠蛇纹直器身的补块。从材料上区分，翻模铸造又可以分为黄土翻模、砂翻模、石

表二：第四代到第六代“青铜器修复及复制技艺”传承人所用焊接和粘接工艺对比表

	焊接工具	助焊剂	焊料	粘接材料	修复方法	修复效果
第四代	火烙铁（不仅笨重，且温度不稳定，易造成虚焊和假焊） 恒温电烙铁	松香（杂质较多且流动性较差）	焊锡	虫胶漆的无水乙醇溶液、清漆、氨基丙烯酸酯胶粘剂（502胶）、环氧树脂胶粘剂	基本采用焊接技术	焊接易造成虚焊或假焊
第五代	恒温电烙铁	松香 氯化锌溶液（俗称镪水，不仅流动性更强、与金属的化学反应也更好）	焊锡	氨基丙烯酸酯胶粘剂（502胶）、环氧树脂胶粘剂（合众AAA超能胶、914室温快速粘接剂）	以焊接为主、粘接为辅	根据器物的铜性合理选择，能够保证焊接或粘接的强度。
第六代	可调恒温电烙铁	氯化锌溶液	焊锡	环氧树脂胶粘剂（UHU双组份环氧树脂粘合剂、HXTAL NYL-1树脂粘接剂等） 氨基丙烯酸酯胶粘剂（汉高乐泰系列401、406、416、495瞬干胶）	焊接和粘接并行	科学有效地完成修复并更好地保护文物。

膏红砖粉混合翻模、石膏翻模。而随着新技术和新材料的引进，使用硅橡胶材料翻模、树脂填充的补配方式开始更多地应用到青铜器的修复工作中，其修复效果更胜于传统的翻模铸造技术。另外，对于细小的缺失洞孔，传统修补可以用锡焊补全，如案例中铜奔马颈部的数个洞孔、班簋器底的缺失都是用这种传统方式补全的。如今文物修复专用的福乐阁 (Fulgore) 精细表面填充膏被广泛使用，用来填充孔洞及细小裂缝，其安全性能更好，如前述修复案例中商代「亚□」鼎的缺失补配即使用了这类新材料。此外，近年来，用3D打印技术直接制作高精度补块的方法也逐渐应用到青铜器修复的补配工作中，如案例中的辽代人面铜甲片的补缺即采用了这种方法。这种补配方法不仅剪精度高、剪率快，对文物自身来说也更加安全和稳定。

另一方面，现代科学检测技术也应用到了修复之中，检测仪器设备也在不断更新，使我们可以进行更科学、更超前、更细致的有效分析，有助于明确文物的材质、制作工艺、修复历史、锈蚀

产物等重要信息，从而帮助修复师制定出更加科学的修复保护方案。

青铜器的保护和修复是一个长期的

过程，不是一蹴而就的，我们在坚守和传承故宫传统青铜器修复技艺的同时，不能故步自封，要通过学习新技术、新

材料和新方法提高对文物价值的认知，与时俱进。

致谢：

感谢霍海峻先生对本文的大力支持！



火烙铁 (第四代传承人使用)

恒温电烙铁 (第五代传承人使用)

可调恒温电烙铁 (第六代传承人使用)

焊接工具演变图

故宫博物院藏春秋时期蟠蛇纹百



附：传统青铜器修复工具及所需材料一览图



除锈

- 24、钢丝刷：用于金属文物的除锈
- 25、小型尼龙刷：用于青铜器做色的点土喷锈，及金属文物的除尘、除锈
- 26、牙刷：用于青铜器做色的点土喷锈，及金属文物的除尘、除锈
- 27、铜丝刷：用于金属文物的除锈
- 28、木锉：用于木头的打磨、塑形、挫锡
- 29、平板钢锉：用于金属配件的打磨、塑形
- 30、两头忙钢锉：用于金属配件的打磨、塑形
- 31、木锉：用于木头的打磨、塑形、挫锡
- 32、两头忙钢锉：用于金属配件的打磨、塑形
- 33、文物除尘布：用于金属文物的除尘、除锈等
- 34、竹刀：用于去锈等的表面清理
- 35、手术刀：用于机械去锈、文物取样等

件的塑形

- 10、一字螺丝刀（大）：用于拆卸安装螺丝
- 11、一字螺丝刀（小）：用于拆卸安装螺丝
- 12、兵锤：用于金属配件的制作和塑形
- 13、橡皮锤：用于局部整形
- 14、G字定位夹：同3
- 15、卡钳：同3
- 16、老虎钳：用于青铜器的整形及金属配件的塑形
- 17、铁剪：用于铜、铁等材质的剪裁
- 18、镊子：用于夹取
- 19、羊毫毛笔：用于青铜器修复部位做色
- 20、勾线笔：用于青铜器修复部位做色
- 21、猪鬃刷：用于金属文物的除尘、除锈
- 22、尼龙刷：用于金属文物的除尘、除锈
- 23、马鬃刷：用于青铜器及金属文物的除尘、

工具名称及用途

- 1、钢锯：用于切割铜、铁、木头等材质的工具
- 2、小钢锯：同1
- 3、木柄卡钳：用于青铜器局部整形，调整形变位置
- 4、手持显微镜：用于观察器物的表面微观形貌
- 5、金工钳六件套：用于青铜器的整形及小型金属配件的制作、塑形等
- 6、耗材配件木盒套装：包含各种材质的磨头，配合打磨机用于文物表面的除尘、去锈、清理保护及金属配件的打磨、抛光、雕刻等
- 7、电动打磨机：配合不同的磨头用于文物表面的除尘、去锈、清理保护及金属配件的打磨、抛光、雕刻等
- 8、扳手：用于安装、拆卸螺丝的工具
- 9、尖嘴钳：用于配合青铜器的整形及金属配



- 9、汉高乐泰 495 瞬干胶：用于金属文物的粘接
- 10、汉高乐泰 406 瞬干胶：用于金属文物的粘接
- 11、文艺复兴微晶抛光蜡 (Renaissance Micro-crystalline Wax Polish)：用于金属文物表面防护及抛光
- 12、金属文物修复表面清洁抛光剂 (Renaissance Pre-Lim)：用于金属文物表面除锈
- 13为树脂、15为固化剂，二者混合后为 HXTAL NYL-1 树脂粘接剂：用于金属文物的粘接或缺
- 14、95% 无水乙醇：用于去除金属文物表面的尘污、调和漆皮汁
- 16、合众 AAA 超能胶：用于金属文物的粘接或缺
- 17、克林莱擦擦克林：用于金属文物的除尘、去污及除锈
- 18、细黄土：用于点土喷锈和做色
- 19、矿物颜料：用于青铜器做色

材料名称和用途

- 1、古铜咬旧液：用于青铜器修复处局部做色前金属表面的咬旧，使其表面颜色变深
- 2、虫胶漆、无水乙醇混合溶液（俗称漆皮汁）：用于青铜器做色
- 3、虫胶漆（漆皮、漆片）：用无水乙醇浸泡、稀释调和成漆皮汁，用于青铜器做色
- 4、文艺复兴金属除锈剂 (Renaissance Metal De-Corroder)：用于去除金属文物的锈蚀
- 5、福乐阁 (Flügger) 精细表面填充膏：用于青铜器修复中的填充或缺
- 6、高登紫外线聚合物光油 (Golden Polymer Varnish With UVLS)：用于做色
- 7、去离子水：用于去除文物表面的尘污、及青铜器做色
- 8、UHU 双组份环氧树脂粘合剂：用于金属文物的粘接

- 36、油画刮刀：用于刮抹、填缝、做色等
- 37、钢尺：测量尺寸
- 38、钢卷尺：测量尺寸
- 39、打磨块：金属配件表面的打磨、抛光等
- 40、净化棉签：用于金属文物的除尘、去污、除锈等
- 41、热熔胶枪：配合热熔胶用于文物修复中碎块焊接或粘接的临时固定
- 42、可调恒温电烙铁：用于青铜器的焊接，电烙铁的温度可调节
- 43、恒温电烙铁：用于青铜器修复中碎块的焊接
- 44、电烙铁架：用于放置电烙铁