

唐代鎏金鸚鵡紋海棠形銅盤的科學分析與研究

楊軍昌、申秦雁、齊洋、方萍

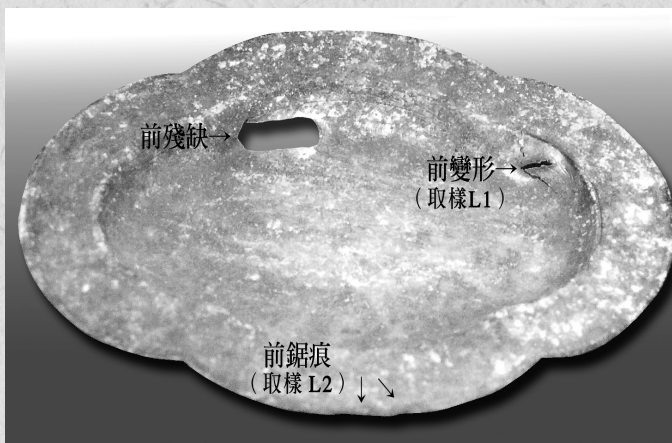
本文分析研究的鎏金銅盤為陝西歷史博物館藏品，編號為七五四三，其來源不詳。鎏金銅盤為近似橢圓，口沿最大徑約二〇六毫米，最小徑約一四六毫米，折沿厚度二毫米；該盤表面為土垢和銅銹覆蓋，但局部可見有裝飾圖案和鎏金層；鎏金銅盤有四處殘缺，二處在器物口沿，為鋸切痕，其他二處在器物腹部：一處殘缺，一處變形，如圖一所示。在對該鎏金銅盤實施保護修復之前，我們首先對其進行了X光探傷檢測，目的是反映銅盤的保存狀況，為保護修復方案的制定提供科學依據；在實施修復過程中，我們根據實際情況，在器物的兩個部位取樣（編號

分別為L1和L2），對其進行金相檢驗，以揭示銅盤的合金成分和加工工藝，為科學技術史的研究和古代藝術品的鑑定提供技術資料。

前殘缺

前變形
(取樣L1)

前鋸痕
(取樣L2)



圖一 陝西歷史博物館藏唐代鎏金銅盤（修復前），表面覆蓋著土垢和銅銹，掩蓋了銅盤表面精美的裝飾圖案



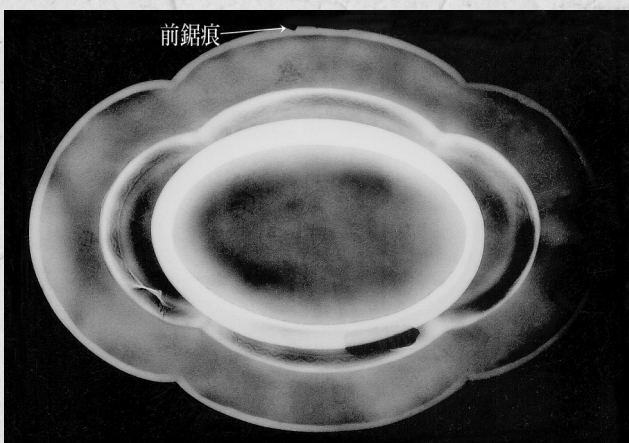
圖一之底部

一、X光照相分析

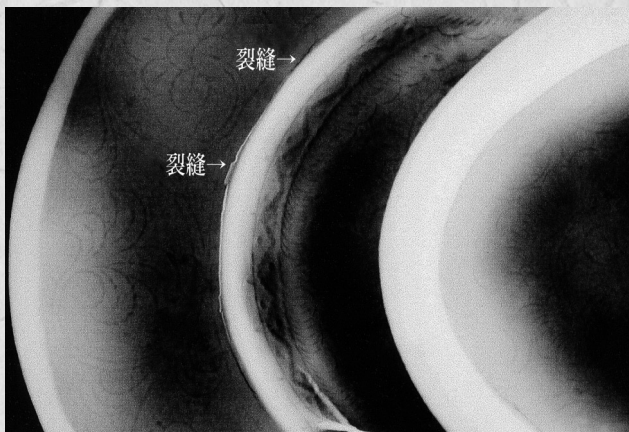
X光照相技術（也稱X光探傷技術），是一種利用X光作為光源的照相方法，它的重要特徵之一是穿透性。X光照相方法作為一種無損分析方法，正適合文物藝術品的特殊要求，主要用於揭示被掩蓋的器物表面資訊和器物內部的形貌特徵，把我們肉眼所觀察不到的器物表面，或者內部特徵、結構資訊，轉化成肉眼可見的資訊，即使「隱性」資訊「顯化」。由於X光

照相技術的無損性和它所提取圖像資訊的直觀性，而受到博物館界的廣泛歡迎。目前，這一技術方法在反映文物藝術品的保存狀況和前修復痕迹，揭示相關歷史、藝術和古代工藝特徵資訊方面已經有了成熟的應用（註一）（註二）（註三）。

本實驗所用X光檢測設備為義大利GILARDONI公司生產的X光探傷儀（型號ART-GIL350/6，工作電壓為九十五～三百五十KV，最大電流5mA），使用的X光片為AGFA工業用X光片，（型號C7 NEW FW，尺寸大小



圖二 鎏金盤整體X光片：不同部位灰度的不同，反映出銅盤厚度的不均勻特徵



圖三 鎏金盤X光片中顯示的一條裂縫

三十六×四十二毫米）。根據鎏金盤的實際情況，選擇五組參數進行試驗，以反映其保存狀況和相關的歷史藝術和古代技術資訊，其實驗參數見表一所示。

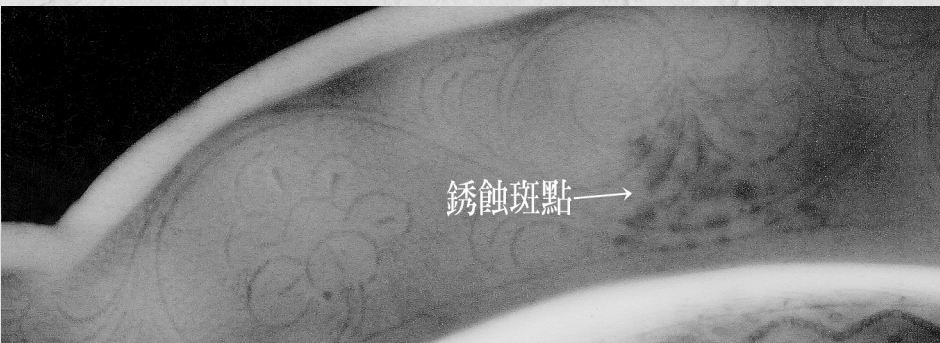
圖二是鎏金銅盤的X光片全貌。原X光片清楚地顯示出了銅盤表面的裝飾圖案，但由於圖二是縮小的照片，其紋飾圖案的細部只能通過翻拍X光片的局部照片來反映，見圖三、圖四和圖五所示。

通過對X光片的細緻觀察和分析研究，揭示的相關資訊如下：

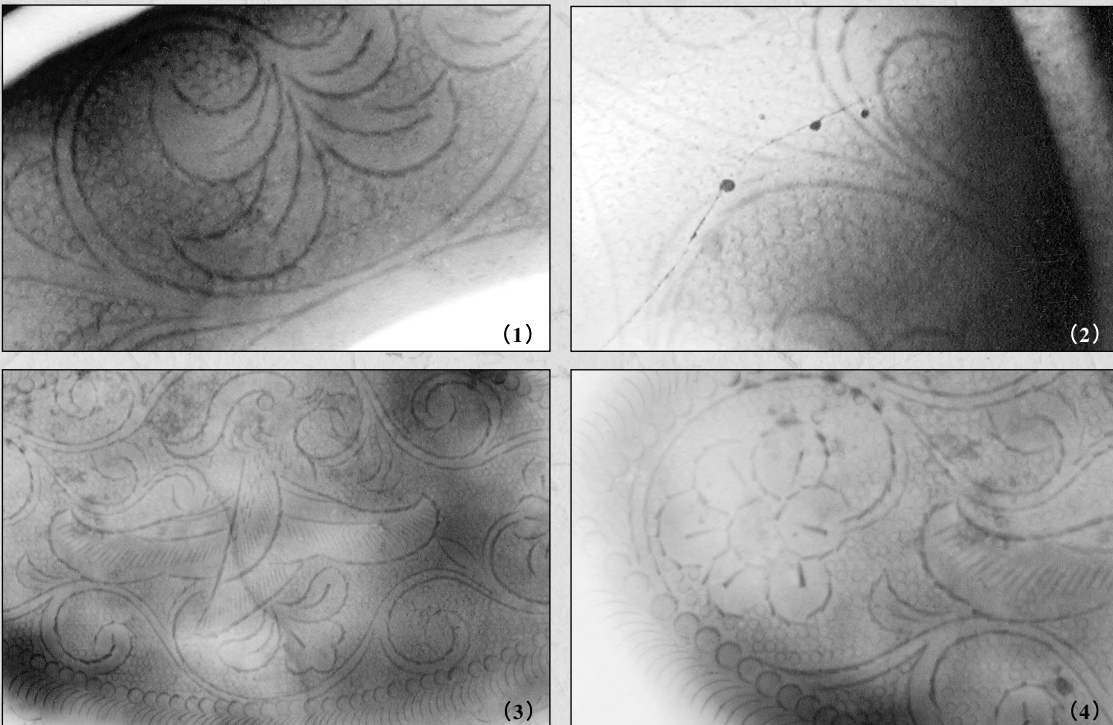
表一：X光照相分析試驗參數一覽表

X光片編號	曝光參數				備註
	電壓(kV)	電流(mA)	時間(分鐘)	距離(毫米)	
021028 B01	200	5mA	15	1000	試片
021028 B02	170		12.5		顯示:表面
021112 B0A	170		10		紋飾、裂縫
021112 B0B	140		10		分佈、
021112 B0E	110		10		工藝痕迹等。

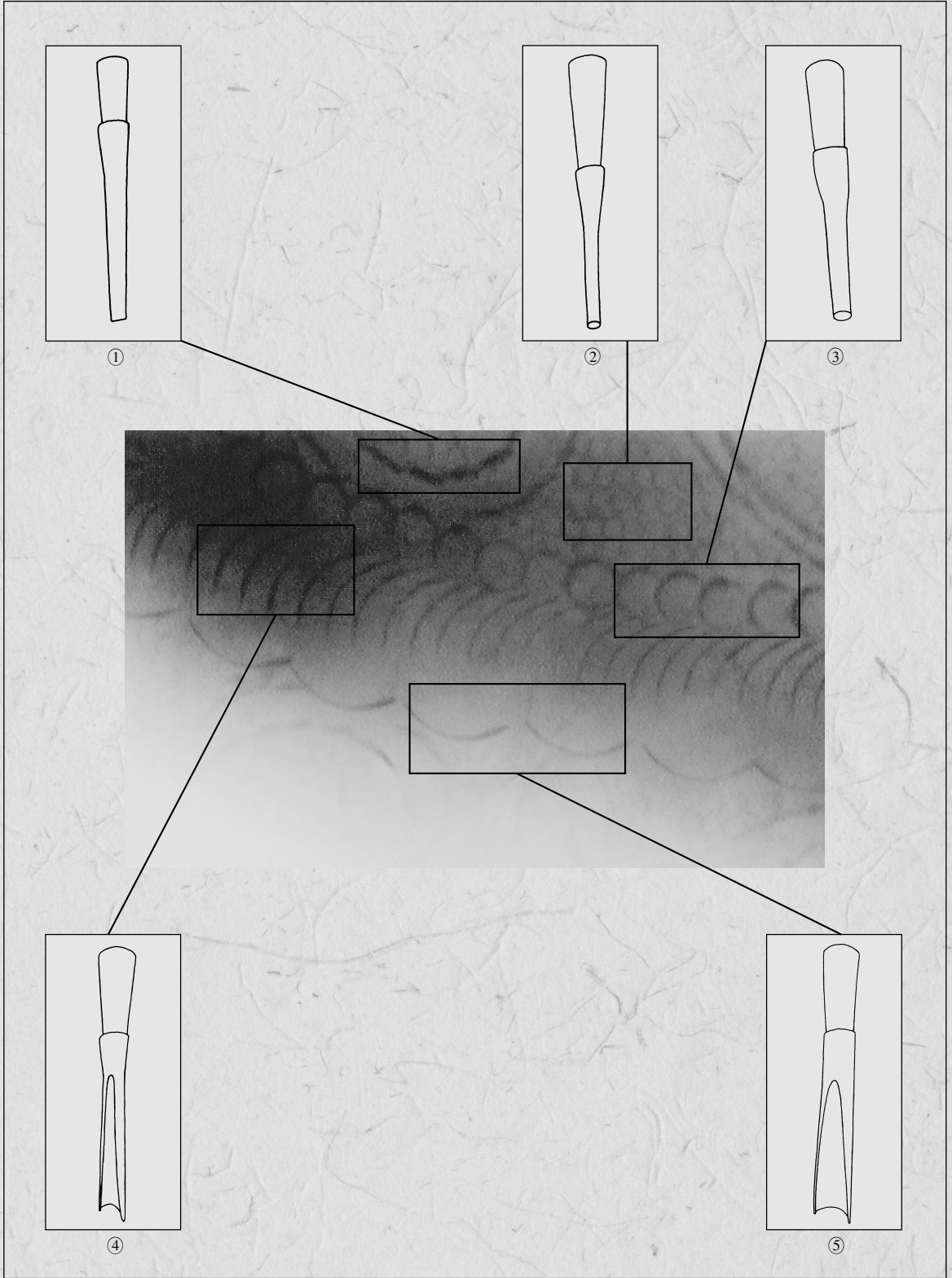
註:試驗時，器物與x光片緊貼，以使其幾何不清晰度減小到最小(接近為0)



圖四 鎏金盤局部銹斑及紋飾線條的工藝痕迹



圖五一 (1) ~ (4) 鎏金盤表面不同部位花紋的局部X光照片



圖五一(5) 從花紋線條的不連貫特徵、形狀及大小，可以判斷花紋的加工工藝—鑿刻形成，其「標準」工具至少使用了五種。

(一)、清楚地顯示出鑲金盤表面的圖案紋飾全貌：盤內底與沿面上通飾魚子紋，內底正中鑿直立展翅欲飛鸚鵡一隻，周圍繞纏枝蔓草紋一匝，其外分別鑿飾連珠紋、仰蓮瓣及波浪紋各一周，最外層仍鑿波浪狀纏枝蔓草紋；盤腹部淺直，內壁未設網底，僅鑿鏈狀三角紋一遭，凹谷間點綴魚子紋；口沿沿面上刻波浪式纏枝蔓草紋。

(二)、銅盤X光片中不同部位的灰度不同，反映出鑲金銅盤厚度的不均勻特徵。

(三)、在鑲金盤口沿折彎處有一條裂縫（圖三）。

(四)、鑲金盤總體保存狀況良好，僅局部可見有銹蝕斑點（圖四）。

(五)、從紋飾線條的加工痕迹特徵，如線條的形狀、相似性、大小、不連貫性等（圖三／圖四／圖五），判斷紋飾為鑿刻形成，其鑿刻工具至少使用了五種（圖三／圖四／圖五，尤其是圖五（5）中所揭示的紋飾特點，反映出採用的五種鑿刻工具）。比如魚子紋，是置中空的鑿刀於盤底，用錘子錘打鑿刀柄部，便形成了魚子紋，其他紋飾所用工具見圖五（5）中示意。

(六)、在X光片上實際測量，鑲金盤最大徑二〇七毫米，最小徑一四七毫米；圈足為近似橢圓形，其長軸外徑一一九·五毫米，內徑一〇五毫米，短軸外徑八二·五毫米，內徑六四·五毫米。

二、樣品的金相檢驗

(1) 樣品的來源

鑲金銅盤有四處殘缺，二處在器物口沿，為鋸切痕；其他二處在器物腹部：一處殘缺，一處變形（圖一）。金相檢驗的二塊樣品分別取自器物前變形處已經斷裂的小殘塊（編號L1）和前鋸痕處（編號L2）（圖一）。

(2) 樣品的製備

所取樣品用環氧樹脂包埋，固化後取出、修整，用二〇〇目↓四〇〇目↓六〇〇目↓八〇〇目↓一〇〇〇目↓一二〇〇目↓二四〇〇目砂紙磨光，隨後，再用1μm研磨膏進行拋光處理。拋光好的樣品，用三氯化鐵鹽酸酒精溶液浸蝕，進行浸蝕前後的金相觀察。之後，對樣品再行拋光、噴碳，進行掃描電鏡觀察和鑲金層厚度測量，同時用能譜分析對樣品基體合金、鑲金層及基體與鑲金層之間的相關幾種元素進行檢測。

(3) 分析方法和所用儀器

樣品的金相組織結構觀察，是在Carl Zeiss公司生產的型號為Axioskop 50雙目金相顯微鏡上進行的。樣品在金相檢驗時，所用浸蝕液為三氯化鐵鹽酸酒精溶液，金相觀察的同時，對其組織進行照相記錄。樣品的夾雜物觀察和成分分析是在配有能譜儀的Philips XL 20掃描電

表二：樣品的組織檢驗

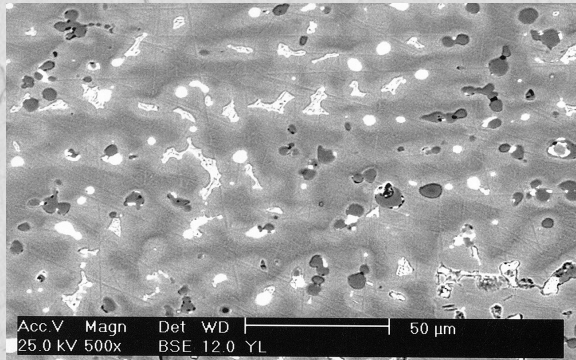
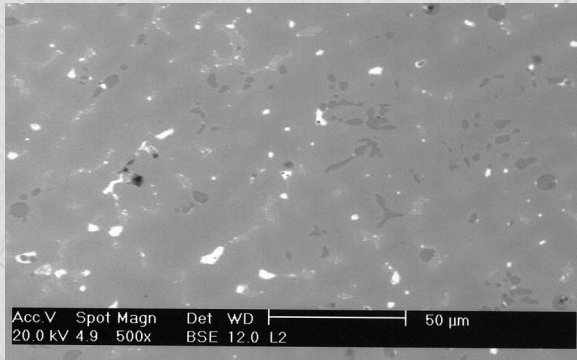
樣品名稱	材 質	組 織 檢 驗	加工工藝
L1	CuSnPb	樣品基體 α 樹枝晶明顯，存在($\alpha + \delta$)共析體，有成分偏析(圖六右)；分佈有Pb和Sn(圖六左)，及自由Cu顆粒；夾雜多為(Cu, S)；浸蝕後，樣品邊緣鍍金層下，發現有滑移帶(圖七)；鍍金層不均勻(圖八)。	銅盤為鑄造成型。鑄後表面進行了冷鍛，再行鑿刻紋飾，最後鍍金。
L2	CuSnPb	樣品基體 α 樹枝晶明顯，存在($\alpha + \delta$)共析體，有成分偏析(圖九右)；分佈有Pb和Sn顆粒(圖九左)；夾雜多為(Cu, S)；浸蝕後，樣品邊緣分佈有滑移帶(圖一一)；鍍金層不均勻，有些部位金層極薄，有些部位金層似未鍍上(圖一二)。	

表三：樣品成分分析結果

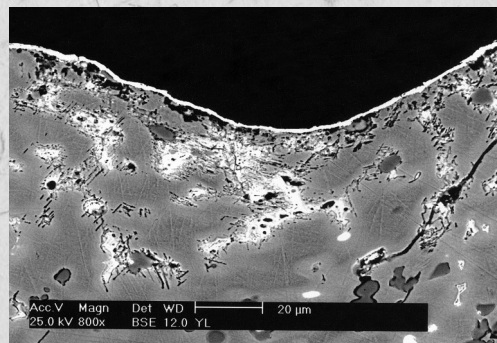
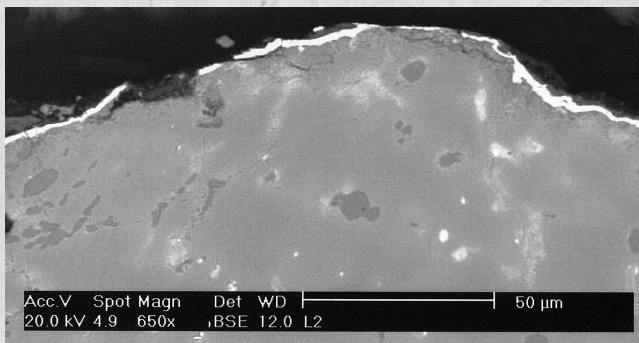
樣品編號	分析部位掃描方式	元 素 百 分 比 (%)								金層厚度
		Cu	Sn	Pb	S	Fe	Au	Ag	Hg	
L1	基體面掃(圖六)	85.4	9.5	3.2	0.8	0.6				1.5~2.5 μ m 最厚5 μ m
	深灰點掃(圖六)	66.4	1.1	11.9	16.4	2.7				
	金層點掃(圖七)	43.4	0.6	-	-	0.9	35.6	-	13.6	
	背部金層點掃(圖八)	26.4	12.8	-	-	0.5	39.6	-	13.4	
L1	基體面掃(圖九)	86.2	8.5	3.1	0.9	0.7				0~0.1 μ m
	深灰點掃(圖九)	70.6	0.3	11.9	14.7	2.0				
	與深灰相伴白點	64.9	0.2	17.9	13.4	3.1				
	白點點掃(圖九)	88.2	10.2	0.5	-	0.6				
	白點點掃A(圖九)	15.1	2.1	80.4	-	0.8				
	白點點掃B(圖九)	82.7	11.2	4.6	0.1	0.5				
	金層點掃(圖一一)	51.1	28.2	12.1	-	-	-	-	5.4	

註：① 樣品基體面掃時，應避開銹蝕區，其他特殊相的分析，要參考金相分析結果；

② 「-」表示在掃描區未檢測到該元素。

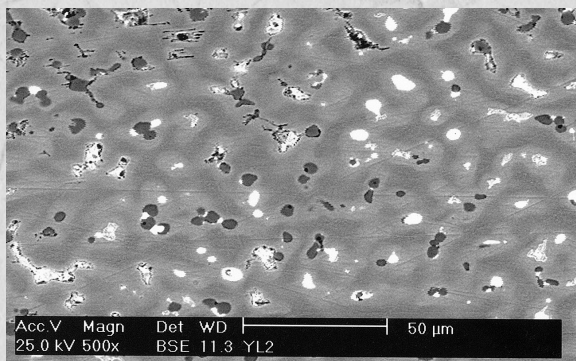
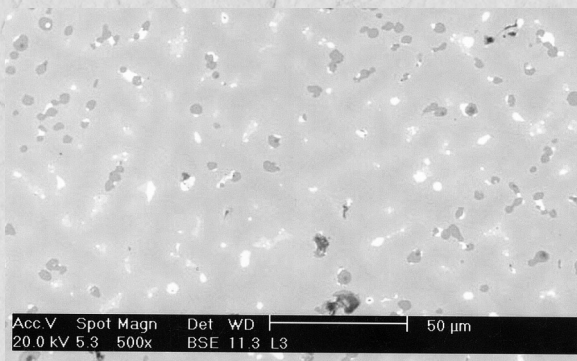


圖六 樣品L1浸蝕前後的金相組織：左圖為浸蝕前，右圖為浸蝕後

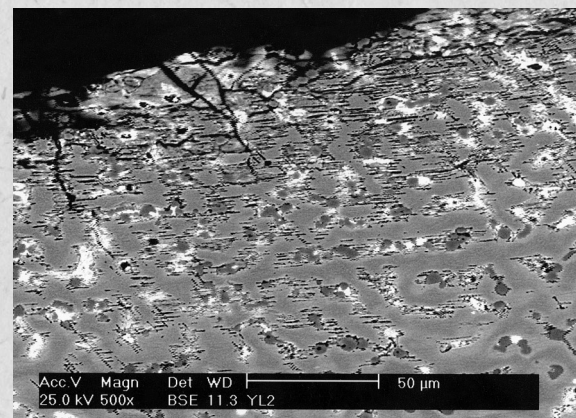
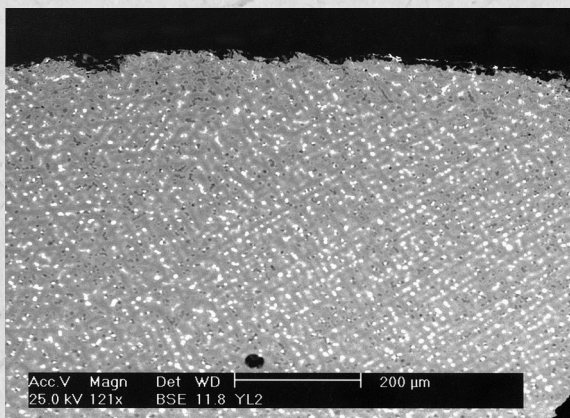


圖八 樣品L1金屬分佈的不均勻性（浸蝕前）

圖七 樣品L1金屬下面的滑移帶（浸蝕後）



圖九 L2樣品浸蝕前後的金相組織：左圖為浸蝕前，右圖為浸蝕後



圖一〇 樣品L2金屬分佈的不均勻性（浸蝕後）

圖一〇 樣品L2金屬下面的滑移帶（浸蝕後）



圖一二 保護修復後的鍍金鸚鵡紋海棠形銅盤

子顯微鏡進行的，樣品成分分析用無標樣定量分析法進行，其方法是在能譜儀顯示的X射線能譜曲線上，扣除本底，把某元素特徵X射線峰值面積與顯示的所有元素特徵X射線峰值面積和的比值，定為該元素的含量，然後歸一化處理。由於Philips XL 20使用L1視窗，Si (L1) 探測器只能檢測到原子序數大於十一的元素，所以，它不能檢測到輕元素，如氧、碳等。測量分析時的工作條件為激發電壓20kV，掃描時間30s。考慮到樣品成分的偏析，電子束應盡可能大，放大倍率盡可能小，使樣品被掃描的面積盡可能大，在未腐蝕區進行面掃分析檢測。

(4) 實驗結果

樣品的金相檢驗是浸蝕前後在金相顯微鏡下觀察，其金相組織檢驗結果列入表二。樣品金相檢驗的同時，配合使用掃描電子顯微鏡和能譜分析，一方面可以明確夾雜物的形貌、種類和特殊相的性質，一方面可以明確樣品的合金種類。其樣品基體和鍍金層成分，以及鍍金層厚度、特殊相、夾雜物分析結果列入表二。

(5) 結論

成分分析結果顯示，銅盤為Cu-Sn-Pb合金，含百分之八十五至八十七Cu，含百分之八至十Sn，約含百分之三Pb；金相顯微鏡下和SEM中觀察，鍍金層很不均勻。有些部位金層似未鍍上（也可能是後來脫落），而且鍍金層是覆蓋在紋飾凹槽的上面；實際測量，鍍金層一般厚度為一·五~二·五 μm ；在金層與銅盤之間還檢測到Hg，含量約百分之十三左右，鍍金層應為金汞齊技術形成。

金相組織檢驗結果顯示出，銅盤基體為 α 樹枝晶，存在 $(\alpha + \delta)$ 共析體，其表面存在滑移帶，說明銅盤為鑄造成形之後又經過了冷鍛處理。

三、總結

唐代銅盤不多見，這件鍍金銅盤很明顯是仿照金銀器形製作的。四曲海棠形銀盤在西安市城區、耀縣柳林背陰村、江蘇丹徒丁卯

橋、山西繁寺等地均有發現，國外一些博物館也有收藏，學者研究認為海棠形銀盤應為九世紀的作品（註四）。這件鎏金銅盤從造型看，與已發現的海棠形銀盤不同，但與四曲橢圓形銀長杯似乎有一定的淵源關係，它的製作工藝與一般的銅盤和金銀盤也不同。因此，對它的科學分析與研究無疑具有重要意義。

(1) 關於X光照相方法

鎏金銅盤在修復前表面為土垢、銅銹覆蓋，掩蓋了銅盤的表面資訊，其裝飾圖案和銅盤保存狀況不明，但X光片卻清楚地顯示了銅盤表面的裝飾圖案和良好的保存狀況。X光照相方法揭示的器物表面完整資訊，為藝術史研究和古代技術研究提供了重要依據，也為修復師保護修復這件藝術珍品提供了重要的參考。

在我們的實際工作中，在動手修復文物之前，一般都要首先進行X光照相檢查，這是一個原則，尤其是重要文物，更是這樣。我們認為，文物保護修復的過程是對文物科學、歷史及藝術價值重新認識和評估的一個過程，而且保護修復的過程本身是不可逆的。通過X光照相分析，瞭解了銅盤的保存狀況，也揭示了銅盤表面的完整資訊，這樣，修復師在修復過程中會謹慎操作，在保護器物材質本身的同时，最大限度地揭示和保存相關文物的「原始資訊」。

另外，在研究銅盤表面裝飾圖案加工工藝時，我們注意到，X光片更能反映紋飾線條的

工藝細節，而且比顯微照片要清晰。這主要是由於顯微照相記錄的是銅盤表面的反射像，而紋飾線條中大多都充填著銅銹，銅銹掩蓋了紋飾線條的工藝痕迹。而X光具有穿透性，X光片中記錄的是X光穿過銅盤的影像，由於X光穿透力較強，它能夠穿透銅銹，因而X光片上就能夠反映更多的線條工藝痕迹。

(2) 關於鎏金銅盤的製作技術

綜合分析研究表明，鎏金銅盤是用Cu-Sn-Pb合金鑄造成形，之後在表面進行過錘打修整，再行鑿刻設計好的紋飾（古代工匠可能需要畫草圖，預先設計好銅盤的紋飾圖案），最後用汞鎏金的技術方法在銅盤表面著色。但在對該鎏金銅盤進行保護修復前，凡是看過這件器物的人們，都認為銅盤應是鍛打成形。從這件器物的研究中，可以看到文物科學檢測與分析的重要性，而且這些科學資料對於科學技術史研究，以及文物鑒定等都具有重要的參考價值。

(3) 關於文物保護修復及多學科的合作

現代意義上的文物保護修復不僅僅是把破碎的文物復原，把受自然力侵蝕的文物壽命延長，而且是對其歷史價值、藝術價值和科學價值重新「發掘」、認識和評估的過程。故此，文物保護修復之前，制定科學的保護修復方案至關重要。但是，科學的保護修復方案的制定首先基於修復之前對文物本身保存狀況的科學

認識，而利用現代科學分析儀器是實現這一目標最爲基本的方法。鑲金鸚鵡紋海棠形銅盤在修復之前進行的X光照相分析，不僅清楚顯示出了銅盤表面鑿刻的紋飾全貌，而且反映出銅盤基體良好的保存狀況，爲該盤保護修復方案的制定提供了依據。

就一般而言，銅器的修復保護有機械方法和化學方法，但機械方法仍然是最主要的基本方法，其修復過程大致包括表面清洗、加固、殘塊拼對黏接、缺失補全和封護，但其修復工藝和步驟完全取決於文物的保存狀況。如果文物保存狀況較差時，其化學方法要慎用；對於嚴重銹蝕的文物，或許要先行加固處理，而對這類保存狀況極差的文物，無論是加固還是封護都不能採取浸泡的方法進行。科學分析表明，鑲金鸚鵡紋海棠形銅盤基體保存狀況良好，而且鑲金層較爲牢固。所以，鑲金鸚鵡紋海棠形銅盤表面的清洗用機械方法，而銅盤銹蝕層清洗後，又用化學方法對其進行了緩蝕處理和封護，緩蝕處理是用BTA溶液浸泡，而封護則用Baraloid-B72。

文物是古代先民遺留下來的物品，是歷史的產物，它的研究涉及到考古學、歷史學、藝術史學、科學技術史學等學科。文物本身的特殊性，就決定了文物保護修復屬於交叉學科。所以，現代意義上的文物保護修復是一門技術，但它完全不同於傳統意義上的「工匠式」的修復。它不僅要求修復師本人具有良好的素質（掌握基本的現代科技知識和基本的操作技

能），更重要的是具有合作精神（當然，具有合作精神不僅僅只限於修復師）。鑲金鸚鵡紋海棠形銅盤的保護修復和科學研究就體現了不同學科專業人員密切合作的精神，這也是對全新觀念的一次有意義的嘗試和實踐。

致謝：

鑲金鸚鵡紋銅盤的科學研究和保護修復工作得到了陝西歷史博物館和西安文物保護修復中心的大力支持，也得到了以下女士和先生的幫助，特致謝意：

西安文物保護修復中心於群力、白崇斌兩位先生和党小娟女士；

陝西歷史博物館劉芃、賀達忻先生和王西梅女士；

陝西省考古研究所張縉女士；
西北大學歷史系應屆畢業生田建花同學（參加了該鑲金銅盤的保護修復實習）。

註釋：

一、楊軍昌：〈X光無損探傷分析方法在文物保護修復及古代工藝技術研究中的應用〉，《歷史文物》，二〇〇〇年第十卷第八期。

二、楊軍昌、韓汝玢：〈X光照相技術在文物及考古學研究中的應用〉，《文物保護與考古科學》，二〇〇一年八月。

三、楊軍昌、呼林貴、馬琳燕、方萍：〈一殘銅鏡的保護與修復〉，《東南文化》，二〇〇〇年十二期。

四、齊東方：〈唐代金銀器研究〉第六十二頁，中國社會科學出版社，一九九九年五月。