

昆明呈贡天子庙和呈贡石碑村出土铜铁器的科学分析

李晓岑, 负雅丽, 韩汝玢

(北京科技大学冶金与材料史研究所, 北京 100083)

田建

(昆明市博物馆, 云南昆明 650041)

王涵

(云南省文物考古研究所, 云南昆明 650118)

摘要: 为了解中国古滇地区铜铁农具、兵器和工具的制作工艺, 采用金相显微镜组织观察和扫描电子显微镜分析的方法, 对昆明呈贡天子庙和呈贡石碑村出土的战国至西汉时代 11 件铜器和 2 件铁器样品进行分析。分析结果表明, 铜器的材质有红铜和铜锡合金两种, 相同的器物有较稳定的化学成分。铜器中农具、兵器和工具为铸造制作而成。2 件铜柄铁刃剑的材质为亚共析钢, 作为兵器, 具有优良的性能。本研究成果对进一步研究古滇地区铜铁器具的工艺技术有一定的价值。

关键词: 呈贡天子庙; 呈贡石碑村; 滇文化; 铜柄铁刃剑

中图分类号: K876.41; K876.42 **文献标识码:** A

0 引言

呈贡天子庙古墓群位于昆明市呈贡县, 于 1979 年 1 月到 1980 年 2 月进行了发掘。其中 M41 号大墓为贵族墓葬, 出土各种随葬金属器物 300 多件, 有兵器、生产工具、纺织工具、生活用具、乐器和装饰品等。经过放射性碳-14 测定, M41 号墓的椁木距今为 2290 ± 70 年(已经年轮校正), 年代处于战国中晚期。其他 43 座中小型墓葬都是平民墓, 出土戈、矛、剑、斧、钁、削、爪镰、釜、鼎、五牛盖贮贝器、鼓、铃、圆形扣饰、长方形扣饰、镯等器物 195 件^[1]。这些中小型墓葬处于战国中期到西汉前期。

呈贡石碑村古墓群位于昆明市呈贡县, 1979 年 11 月进行了第 2 次发掘, 清理古墓 65 座, 全部是平民墓葬。出土了铜器 78 件, 有兵器、生产工具、装饰品, 带钩等, 出土铁器 23 件^[2], 收集金属器物 57 件。其文化面貌与呈贡天子庙古墓群的早期墓十分相近, 呈贡石碑村早期墓的年代处于战国中晚期, 晚期墓则为西汉晚期至东汉初期。

呈贡石碑村和呈贡天子庙的早期墓葬, 与昆明羊甫头和晋宁石寨山古墓群在文化特征上相似, 在滇文化中处于承上启下的地位。但除个别样品进行

过金相研究外^[3], 对其进行系统的科学研究工作一直阙如。为了解古滇地区铜铁农具、兵器和工具的制作工艺, 采用金相显微镜组织观察和扫描电子显微镜分析的方法, 对昆明呈贡天子庙和呈贡石碑村出土的战国至西汉时代部分铜器和铁器进行分析。

1 样品的采取和实验方法

1.1 样品采集

在昆明市博物馆和云南省文物考古研究所取到了 13 个金属样品。其中, 昆明市博物馆取到铜器样品 10 个, 有戈、矛、铍、锄、钺、削, 均属于生产工具和兵器。其中有 3 个样品(矛、钺、锄)是呈贡天子庙 M41 号大墓出土的器物, 年代处于战国中晚期, 1 件戈是呈贡石碑村第 2 次发掘 M21 号出土, 为西汉时期中小型墓。另有 5 个石碑村和 1 个天子庙的铜器样品, 器物只登记了总号, 没有墓号。

云南省文物考古研究所取到呈贡石碑村出土的 3 件铜柄铁刃剑样品, 1 件为铜柄, 1 件是其铁刃, 另 1 件只有铁刃, 均没有总号和墓号, 所取样品的的外观, 表面无任何花纹, 呈红褐色, 很像有铁锈。

1.2 样品制备

在北京科技大学冶金与材料史研究所的实验室

收稿日期:2009-06-09; 修回日期:2010-01-21

基金项目:国家文物局文物保护科学和技术研究课题资助(20050106)

作者简介:李晓岑(1964—), 男, 教授, 从事科学技术史研究, E-mail:lixiaocenp@sina.com.

中,对样品进行镶样、磨样、抛光,铜器样品用三氯化铁盐酸酒精溶液浸蚀,铁器样品用4%硝酸酒精溶液浸蚀。

1.3 样品分析方法

样品制备好后,样品 9201、9202、9203、9205、9206、9208、9210 在德国生产的 NEOPHOT21 型卧式

金相显微镜下进行金相组织的观察并照相,样品 9204、9209、9211、呈 1、呈 2 和呈 3 采用 LeicaDM4000M 金相显微镜进行金相观察和照相。用同一样品在配有 LinkAN10000 能谱仪的剑桥 S-250MK3 扫描电子显微镜进行了成分分析。结果列于表 1 中。

表 1 呈贡石碑村和呈贡天子庙出土铜器的金相鉴定结果

Table 1 The metallographic identification results on the bronzes unearthed from shibeicun and tianzimidiao in Chenggong

实验编号	原号	文物名称	时代	成分分析/ %					显微组织	备注
				Cu	Sn	Pb	Fe	S		
9206	呈天总 8	铜戈胡部	战国中晚	98.0	0.3 *	0.8 *	0.3 *	0.6 *	基体为红铜组织,有较多 Cu ₂ S 夹杂。	红铜组织,铸造
9208	呈天 TM41:248	铜矛尖部	战国中晚	89.5	10.0	0.4 *	0.0	0.1 *	基体为树枝状偏析的 α 固溶体,锈蚀严重。	CuSn 合金,铸造
9209	呈天 TM41:109	铜锤刃部	战国中晚	97.8	0.4 *	0.3 *	1.2	0.4 *	基体为树枝状晶红铜组织,枝晶锈蚀明显,有 Cu ₂ S 夹杂。极少量滑移带。	红铜组织,铸造
9210	呈天 TM41:112	铜锄叶尖部	战国中晚	97.2	1.2 *	0.0	1.0	—	为红铜组织,有少量的偏析。	红铜组织,铸造
9211	呈天总 286	铜削尖部	战国中晚	83.3	12.6	2.8 *	1.1	0.2 *	基体为树枝状偏析的 α 固溶体,有 α + δ 共析组织,夹杂物为 Cu ₂ S。	CuSn (Pb) 合金,铸造
9202	呈石总 412	铜锄叶刃部	战国中晚	96.0	1.7 *	2.1 *	0.1 *	0.1 *	基体为红铜组织,有铸造缩孔,组织中有锈蚀。	红铜组织,铸造
9203	呈石总 420	铜铍釜口部	战国晚至 西汉	86.6	11.3	0.9 *	0.7 *	0.4 *	基体为 α 固溶体,夹杂物为 FeS。	CuSn 合金,铸造
9204	呈石总 471	铜矛刃部	战国晚至 西汉	87.7	10.3	0.0	1.8	0.3 *	基体为树枝状偏析 α 固溶体,有 FeS 夹杂和铸造缺陷。	CuSn 合金,铸造
9205	呈石总 474	铜矛尖部	战国晚至 西汉	83.3	15.5	0.4 *	0.4 *	0.8 *	基体为树枝状偏析的 α 固溶体,有铸造缺陷,夹杂物为 Cu ₂ S。	CuSn 合金,铸造
9201	呈石 M21:9	铜戈尖峰部	西汉	97.9	0.5 *	0.9 *	0.9 *	0.1 *	基体为红铜组织,夹杂物为 Cu ₂ S。	红铜组织,铸造
呈 2	呈贡石碑 村	铜柄铁刃 剑柄部	战国中晚 至西汉	94.6	4.2	0.7 *	0.0 *	0.0 *	基体为 α 固溶体铸态组织,少量 (α + δ) 共析组织,有高铁相存在。	CuSn 合金,铸造

注:“*”表示该元素含量小于仪器精确测量的限度,数据仅供参考。

2 呈贡天子庙和石碑村铜器化学成分

成分分析显示,这两处墓葬出土的 11 件铜器中,5 件为红铜,6 件为锡青铜合金。其中,呈贡石碑村有 2 件(锄、戈)红铜,4 件铜锡合金(铍、矛 2、戈),呈贡天子庙有 3 件红铜(戈、锤、锄),2 件铜锡合金(矛、削)。9211 铜削(呈天总 286)含少量 Pb,可能由矿物中带入。样品中均未发现铜锡铅合金。

在 6 件铜锡合金中,有 5 件是对兵器和生产工具的刃部进行鉴定,其铜含量均在 83% 以上,锡含量在 10.3% ~ 15.5% 之间,比较稳定,并有相当的硬度。另 1 件铜柄铁刃剑柄部的含锡量为 4.2%,

有较好的韧性。作为对比,前人曾采用扫描电镜能谱分析过石碑村剑鞘饰的成分,为铜 92.67%,Sn 含量 6.12%^[3],硬度相对低,但塑性较好,便于加工。

呈贡天子庙 M41 号大墓出土的 3 件兵器和农具,有 2 件红铜器,1 件铜锡合金。另外只有 1 件戈样品出土于呈贡石碑村 M21 号墓,其他样品均没有墓号,但可肯定都出自中小型墓,器物经过分析也是红铜器和铜锡合金两种。大墓和小墓的铜器在材质上并没有明显的区别。

2 件戈的外形根据童恩正的分类,为 B I 型 a 式^[4],其化学成分均为红铜。2 件锄外形相同,化学成分为红铜。3 件矛均为无格式,为铜锡合金,含锡

量在 10.0% 至 15.5% 之间,说明这 3 种兵器和农具的化学成分比较稳定。其他铲 1 件、锄 1 件、削 1 件、剑柄部 1 件、鞘饰 1 件为铜锡合金。分析的样品中没有发现铜锡铅三元合金,可能与取样种类和数量的局限性有关。

3 呈贡天子庙和石碑村铜器的金相组织

11 件铜器样品进行了金相显微组织观察,均为

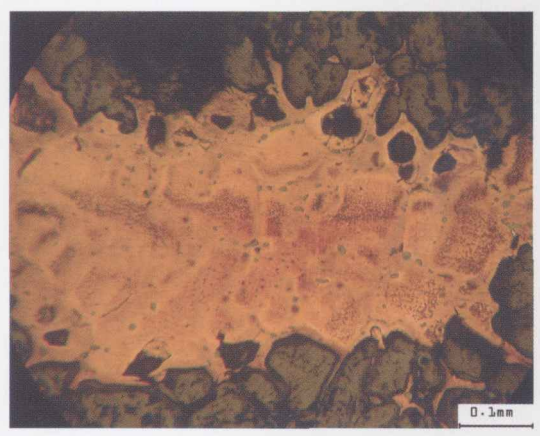


图 1 9210(呈天 TM41:112)铜锄的红铜组织
Fig. 1 9210(TM41:112tianzিমiao,chenggong)
The microstructure of copper hoe

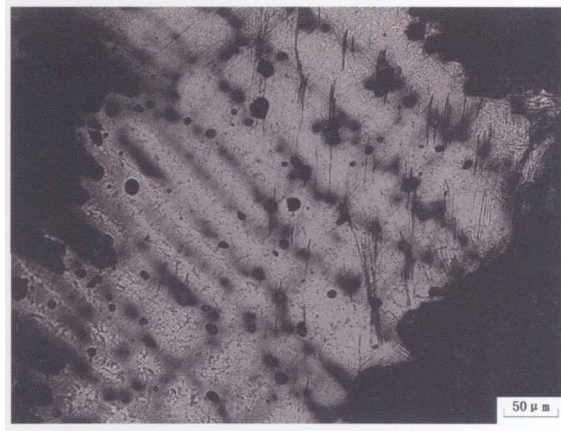


图 2 9209 呈天 TM41:109 铜锄刃部的红铜组织
Fig. 2 9209(TM41:109tianzিমiao,chenggong)
The microstructure of the blade of copper spade

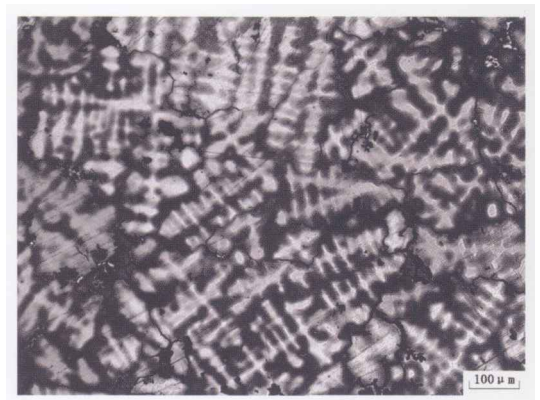


图 3 9204 呈石总 471 铜矛铸态组织
Fig. 3 9204(shibeicun,chenggong471)
Bronze spear casting

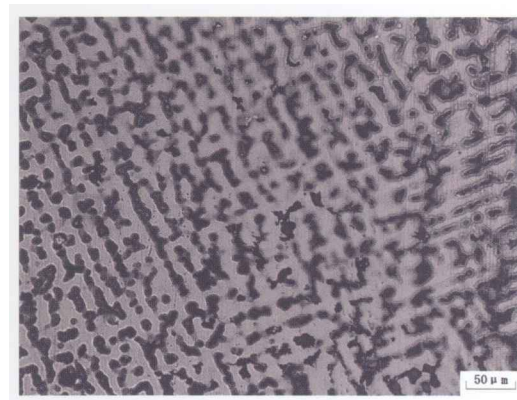


图 4 9211 铜削(呈天 TM41:112)铸态组织
Fig. 4 9211(TM41:112 tianzিমiao,chenggong)
Bronze skive casting

尤其应注意的是,这些铜器都是兵器和生产工具,有 8 件样品(矛 3 件、戈、锄、锄、铲、削)均取自器物的尖锋部和刃部,但金相鉴定显示为铸造组织,除锄的显微组织有极少量滑移带外,其他器物均没有发现锻造和冷加工的痕迹,说明这些兵器、农具和工具绝大多数在制作后未经使用。天子庙 M41 号大墓,出土的农具除锄使用过外,锄和兵器矛经鉴定是随葬器,石碑村 M21 号为中小墓,出土的兵器戈也是随葬器,反映了当时滇人贵族和平民阶层都

铸造而成。其中有 5 件是红铜组织,如 9210(呈天 TM41:112)铜锄(图 1),9209 呈天 TM41:109 铜锄刃部(图 2)。6 件样品为铜锡合金铸造组织,基体为 α 固溶体,有树枝状枝晶偏析,如 9204 铜矛(图 3),9211 铜削(呈天总 286)样品取自削尖部,金相观察表明为典型的铜锡铸造组织,有 $(\alpha + \delta)$ 共析组织均匀分布(图 4)。

有这种丧葬习俗。

铜器特别是农具仅作为随葬器,在云南青铜文化中较常见,如春秋战国时代的楚雄万家坝、祥云大波那和昆明羊甫头出土的一些农具经过金相检测,绝大多数都没有发现使用过的痕迹。说明把农具作为随葬器的习俗在云南青铜时代很普遍,反映了对农耕的重视,也是云南古代出土农具数百件,位居全国之冠的原因。

金相显微镜下观察,这些样品的铸造缺陷较多,

组织中多为 Cu_2S 和 FeS 夹杂,应是随铜矿中带入的,说明铸造器物采用了粗铜制成,与上述随葬品的分析相吻合。扫描电镜背反射像显示,样品中有高铁相存在,这应当是器物表面有铁锈的主要原因,另外,当地埋藏的土壤为富含铁质的红土,器物表面也易发生氧化铁的粘合物。

1 件呈贡石碑村铜柄铁刃剑的柄部(样品呈 2)经过金相显微观察,为铜锡合金铸态组织,有($\alpha + \delta$)相析出,扫描电镜背反射像表明这个样品有微量高铁相存在(图 5)。

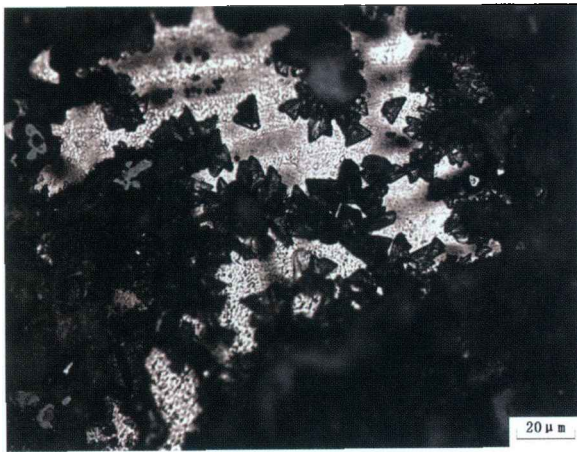


图 5 样品呈 2 铜柄铁刃剑柄部的金相组织,铸态
Fig. 5 (No. 2 chenggong) iron blade sword with bronze handle casting

4 呈贡石碑村铁器的金相组织

对 2 件呈贡碑村出土的铜柄铁刃剑的铁刃部进行鉴定,器物年代约为战国晚期到西汉时期。

样品呈 1 为呈贡石碑村出土的铜柄铁刃剑的铁刃部(其铜柄部分为样品呈 2),显微观察表明,基体为珠光体和铁素体,沿加工方向单相夹杂,组织较均匀,晶粒大小和含碳量组织显示分为四层,含碳量高处为 0.6%,含碳量低处为 0.3%(图 6)。这件器物的材质为锻制的亚共析钢,具有较高的强度和韧性,作为兵器,性能是十分优良的。

另一件样品呈 3 也是呈贡石碑村出土的铜柄铁刃剑的铁刃部,显微观察表明,基体为魏氏体组织,含碳量 0.12%(图 7),由于锈蚀严重,残留的金属颗粒较少,所以观测到的含碳量与此件器物铁质实际含碳量有一定差别。作为兵器,魏氏体的出现会降低器物的强度、韧性和塑性。

由于这 2 件铜柄铁刃剑形制具有明显的滇文化特点,可能为云南当地制作或某地为其制作,说明至迟在西汉时期,锻制的亚共析钢已出现在云南滇池地区。



图 6 样品呈 1 铜柄铁刃剑刃部金相组织
Fig. 6 The microstructure of the blade of iron blade sword with bronze handle

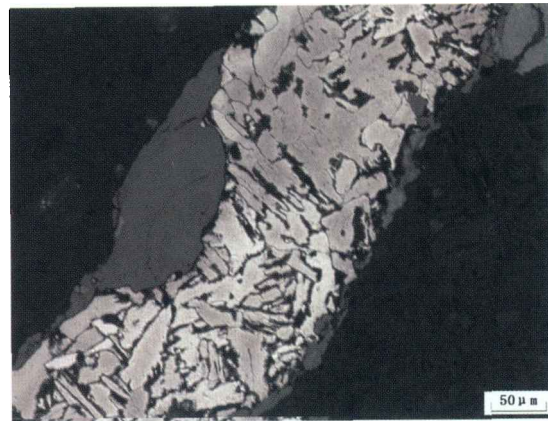


图 7 样品呈 3 铜柄铁刃剑刃部金相组织
Fig. 7 The microstructure of the blade of iron blade sword with bronze handle

5 结论

通过对昆明呈贡天子庙和呈贡石碑村出土的战国至西汉时期 11 件铜器进行化学成分分析,结果表明,5 件为红铜,6 件为铜锡合金。其中,2 件戈和 2 件锄均为红铜,而 3 件矛的锡含量在 10.0% 至 15.5% 之间,有比较稳定的化学成分。

对 11 件铜器进行了金相显微组织鉴定,有 10 件农具、兵器和工具为铸造制作而成,未见铸后冷热加工的特征,是随葬器物,反映了云南青铜时代贵族和平民阶层的丧葬习俗。

对 2 件铜柄铁刃剑的铁刃部经金相鉴定,其材质为亚共析钢,作为兵器,具有优良的性能。说明战国至西汉时期,云南滇池地区已出现亚共析钢锻制而成的钢剑。

参考文献:

[1] 昆明市文物管理委员会. 呈贡天子庙滇墓[J]. 考古学报, 1985,

- (4):507-545.
Kunming Heritage Management Committee. The Dian tomb in Chenggong Tianzimiao[J]. Archaeol J, 1985, (4):507-545.
- [2] 昆明市文物管理委员会. 昆明呈贡石碑村古墓群第二次清理简报[J]. 考古, 1984, (3):231-242.
Kunming Heritage Management Committee. The brief of the second clearing up on the ancient tombs in chenggong shibeicun, Kunming [J]. Archaeology. 1984, (3):231-242.
- [3] 何堂坤. 滇池地区几件青铜器的科学分析[J]. 考古, 1980, (4):60.
HE Tang-kun. The scientific analysis of several bronze artifacts unearthed from Dian lake region[J]. Archaeology, 1980, (4):60.
- [4] 童恩正. 我国西南地区青铜戈的研究[C]//中国西南民族考古论文集. 北京:文物出版社, 1990:118-134.
TONG En-zheng. The study of southwest Chinese bronze dagger [C]//Southwest China national archaeological essays. Beijing: Cultural Relics Publishing House, 1990:118-134.

Scientific analysis of iron and bronze artifacts unearthed from Chenggong Tianzimiao and Chenggong Shibeicun, Kunming, Yunnan Province

LI Xiao-cen, YUN Ya-li, HAN Ru-bin

(*Institute of Historical Metallurgy and Materials, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China*)

TIAN Jian

(*Kunming Museum, Kunming 650041, China*)

WANG Han

(*Yunnan Institute of Cultural Relics and Archeology, Kunming 650118, China*)

Abstract: Eleven copper alloy and two iron artifacts, dating from the Warring States period to West Han Dynasty, and unearthed from Chenggong Tianzimiao and Chenggong Shibeicun, Kunming, were analyzed by optical and scanning electron microscopy. Copper and Cu-Sn alloy were identified, and the chemical composition was similar for similar objects. The copper-made farm implements, weapons and tools were made by casting and showed no sign of usage. Two iron blade swords with bronze handles had been made of hypoeutectoid steel, which was a good quality for weapons.

Key words: Chenggong Tianzimiao; Chenggong Shibeicun; Dian Culture; Iron sword with bronze handle

(责任编辑 谢 燕)