

## 第五章 合浦汉墓出土玻璃器的科学研究

### 三、玻璃珠饰的科技分析

玻璃珠饰是合浦汉墓出土玻璃器的大宗，其中单色玻璃珠数量最多，包括不同颜色的“印度-太平洋贸易珠”、几何多面体珠、双锥珠等。除了珠饰，广西合浦汉墓还出土有耳珥、胜形饰、动物形微雕（蛙形饰、狮形饰等）、玻璃璧等多种器型。本节分析广西合浦汉墓出土的部分典型玻璃珠饰，对其玻璃体系进行了划分，对铅钡硅酸盐玻璃（铅钡玻璃）、钾硅酸盐玻璃（钾玻璃）等玻璃体系进行了介绍。同时，对其他学者所分析的广西合浦汉墓出土的玻璃珠饰化学成分结果进行了分析与汇总。

#### （一）铅钡玻璃

铅钡硅酸盐玻璃，简称铅钡玻璃，为中国自制玻璃体系，主要流行于战国中晚期至西汉时期。<sup>[17]</sup>广西汉墓出土铅钡玻璃器数量较少，主要集中在合浦和贵县两地，出土的铅钡玻璃数量仅有 26 件，器型主要有耳珥、璧、剑珥、双锥珠（榄形饰）等，样品信息如表 5-4 所示，典型样品照片加图 5-4 所示。



a. 榄形饰珠（±10900）（西汉早期，贵县罗泊湾M1）



b. 耳珥（±10901）（西汉早期，贵县罗泊湾）



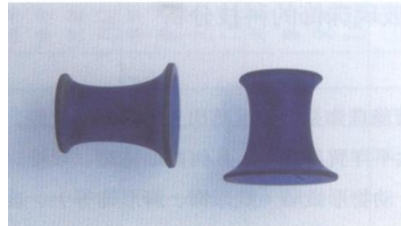
c. 玻璃璧（西汉晚期，1972年合浦望牛岭M2）



d. 玻璃璧（东汉，1956年贵县加工厂M3）



e. 剑珥（东汉早期，1990年合浦黄泥岗M1）



f. 耳珥（东汉，1955年贵县高中部M14）

图 5-4 广西汉墓出土铅钡玻璃珠饰

仅供阅读 请勿侵权



g. 方塔形玻璃珠（东汉晚期，1986年合浦风门岭M10）

h. 心形片（汉，1976年合浦罐头厂M10）



i. 双锥形珠饰(000733)（汉，1990年10月23日合浦环城乡五旗岭M3）

续图 5-4

表 5-4 广西汉墓出土铅钡玻璃样品信息

序号	器名	数量	年代	出土地点	简述	资料来源
1	耳珰	1	西汉早期	贵县罗泊湾	半透明蓝色	广西博物馆藏品
2	榄形饰 <sup>[18]</sup>	1	西汉早期	1976年贵县罗泊湾M1	深绿色，圆榄形，中穿孔。长1.6 cm，中径0.6 cm	
3	鼻塞	1	西汉早期	1976年贵县罗泊湾M1	绿色，半透明。长1.3 cm，大端径0.8 cm，小端径0.55 cm	本章参考文献[18]
4	璧	1	西汉晚期	1972年合浦望牛岭M2	正面饰谷纹，内外缘旋刮宽带一周，背平素，无纹较薄。肉径12.9 cm，好径3.2 cm，厚1 cm，边缘厚0.2 cm	广西博物馆藏品
5	剑璜	1	东汉早期	1990年合浦黄泥岗M1	图案由祥云阴线配减地卷云纹组成，长10.3 cm、宽2.8 cm	合浦县博物馆藏品
6	耳珰	2	东汉晚期	1978年昭平北陀乐群M5		本章参考文献[18]
7	方塔形玻璃珠	1	东汉晚期	1986年合浦风门岭M10出土	茶色，表面有泥锈	合浦县博物馆12藏品
8	璧	1	东汉	1956年贵县加工厂M3	绿色，谷纹排列整齐致密，内外缘饰凹弦纹一匝。正面泥土锈蚀，表皮局部脱落，背面平素光滑。外径12.2 cm，内径2.8 cm	广西博物馆藏品
9	耳珰	2	东汉	1955年贵县高中部M14	蓝色，长1.3 cm，大端径0.7 cm	广西博物馆藏品
10	心形片	1	汉	1976年合浦罐头厂M10	无色透明，中部稍凸，长1.4 cm，宽1.1 cm	合浦县博物馆藏品
11	耳珰	1	汉	贵县高中部M13	蓝色	
12	榄形饰	12	汉	1990年10月23日合浦环城乡五旗岭M3出土	蓝绿色双锥形珠饰，12粒	

表 5-5 广西汉墓出土铅钡玻璃化学成分分析结果

器名 (编号)	出土地点	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	SnO <sub>2</sub>	PbO	BaO	数据来源
耳珰	贵县罗泊湾	1.75	1.19	1.97	49.14	0.04	0.62	4.45	n. d.	0.73	0.09	0.11	0.08	30.9	8.94	PXRF
榄形饰	1976年贵县罗泊湾 M1	1.32	0.35	4.93	40.2	n. d.	1.03	1.14	n. d.	0.65	n. d.	0.92	0.08	37.54	11.83	PXRF
鼻塞	1976年贵县罗泊湾 M1	7.2			39.87			0.29				0.81		34.4	17.4	本章参考文献[10]
剑璜	1990年合浦黄泥岗 M1	0.89		1.22	29.28			2.73	0.12	0.17		0.001		PbO+BaO ~50	PbO+BaO ~50	本章参考文献[16]
				7.1	63.7		0.2	0.7	0.09	0.36		0.01		22.41	5.4	HXRF
耳珰	1978年昭平北陀乐群 M5	5.1	2.24	1.99	55.04		0.27	2.67		0.315				22.28	8.28	本章参考文献[10]
方塔形玻璃珠	1986年合浦风门岭 M10			2.05	18.901	0.349			0.499	0.262		0.03		24.595	12.485	HXRF
璧	1956年贵县加工厂 M3		9.3	15.11	39.54		0.35	7.74	0.15	0.57		0.18		PbO+BaO 30~50	PbO+BaO 30~50	本章参考文献[16]
		3.4	7.4	6.1	51.3		0.6	6.1	0.12	1.34		0.25		17.8	5.6	PXRF
耳珰	1955年贵县高中部 M14	1.64	0.26	0.83	45.86			0.7	0.18	0.2	0.05	0.009		PbO+BaO ~45	PbO+BaO~4 5	本章参考文献[16]
心形片	1976年合浦罐头厂 M10			4.62	51.74	0.72	0.14	0.86	0.05	0.34				23.16	16.06	本章参考文献[16]
耳珰	贵县高中部 M13	2.7	0.4	5.8	66.6		0.2	1.6	0.16	0.24		0.02		17.41	4.8	PXRF
000733-1	1990年10月23日合浦			<LOD	28.58	<LOD	0.99	<LOD	0.90	7.59		0.99		55.79	3.62	HXRF
000733-2	环城乡五旗岭 M3			5.20	66.59	<LOD	0.19	0.32	0.38	1.17		0.37		16.91	8.51	HXRF

表 5-6 广西汉墓出土玻璃珠饰化学成分分析结果<sup>[19-23]</sup>

实验 编号	样品 名称	年代	出土 地点	测试 区域	玻璃成 分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据 来源
						wt%														μg/g								
XZHM -06-01	透明 无色六 棱柱玻 璃珠	西汉 晚期	合浦风 门岭 M26	珠体	中等钙 铝钾玻 璃	0.96	0.57	2.98	75.56	0.77	16.64	1.56	0.20	0.06	0.55	n. d.	0.00		n. d.		8		84	58	83		48	PXRF
						0.66	0.28	1.72	77.08	0.46	16.95	1.66	0.15	0.05	0.73	0.00	0.01		0.00	14	19			50	80	125		5
XZHM -06-02	半透 明蓝色 玻璃珠	西汉 晚期	合浦风 门岭 M26	珠体	中等钙 铝钾玻 璃	0.64	0.90	4.92	72.24	0.94	14.32	1.98	0.32	1.31	1.81	0.08	0.24		n. d.		132		119	355	18		831	PXRF
						0.08	0.32	3.14	76.55	0.15	14.67	1.30	0.17	1.22	1.79	0.06	0.04		0.00	30	93			38	369	52		155
XZHM -0602B	半透 明蓝色 玻璃珠	西汉 晚期	合浦风 门岭 M26	珠体	中等钙 铝钾玻 璃	0.75	0.67	3.81	75.44	0.48	14.55	1.18	0.24	1.06	1.45	0.06	0.03		n. d.		103		65	266	21		220	PXRF
FMLM 26-2	透明 浅绿 六棱 柱玻 璃珠	西汉 晚期	合浦风 门岭 M26	珠体	中等钙 铝钾玻 璃	1.12	0.45	2.64	76.68	1.42	15.28	1.46	0.20	0.05	0.54	n. d.	0.00		n. d.		11		71	60	95		54	PXRF
						0.49	0.24	1.72	80.62	0.64	13.55	1.45	0.16	0.06	0.69	0.00	0.01		0.00	13	19			69	78	115		6
FMLM 26-4	半透 明蓝色 玻璃珠	西汉 晚期	合浦风 门岭 M26	珠体	低钙高 铝钾玻 璃	1.04	0.25	3.46	74.68	0.47	16.33	0.91	0.22	1.12	1.18	0.06	0.02		n. d.		113		100	195	n. d.		50	PXRF
FMLM 26-5	半透 明蓝色 玻璃珠	西汉 晚期	合浦风 门岭 M26	珠体	低钙高 铝钾玻 璃	0.68	0.46	4.21	73.33	0.71	15.96	0.92	0.29	1.48	1.38	0.07	0.24		n. d.		112		68	381	10		89	PXRF

实验编号	样品名称	年代	出土地点	测试区域	玻璃成分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据来源	
						wt%														μg/g									
03HFM 26-83-1	半透明蓝色玻璃珠	西汉晚期	合浦风门岭M26	珠体	低钙高铝钾玻璃	0.85	0.81	3.99	70.23	0.54	18.64	0.77	0.37	1.68	1.49	0.07	0.27		n. d.		124		72	376	18		129	PXRF	
GX-3	半透明蓝色玻璃珠	西汉晚期	合浦风门岭M26	珠体	低钙高铝钾玻璃	0.73	0.35	4.29	73.99	0.12	15.80	0.93	0.28	1.49	1.37	0.07	0.24		n. d.		137		80	393	12		74	PXRF	
GX-4	半透明蓝色玻璃珠	西汉晚期	合浦风门岭M26	珠体	中等钙铝钾玻璃	1.06	0.81	3.53	74.57	0.00	15.92	1.45	0.18	0.69	1.17	0.03	0.11		n. d.		94		51	207	12		3197	PXRF	
						0.11	0.34	3.70	75.63	0.22	15.16	1.45	0.17	0.77	1.45	0.03	0.14		0.04	24	50			45	350	50		2488	本章参考文献[19]
XZHM -06-07a	半透明蓝色玻璃珠	西汉晚期	合浦风门岭	珠体	中等钙铝钾玻璃	0.59	0.69	2.74	71.05	0.21	18.14	1.50	0.28	1.91	2.34	0.09	0.02		n. d.		113		88	63	43		44	PXRF	
						0.28	0.29	1.78	87.65	0.28	3.28	1.97	0.18	1.79	2.18	0.10	0.03		0.00	36	183			50	84	90		5	本章参考文献[19]
XZHM -06-07b	半透明蓝色玻璃珠	西汉晚期	合浦风门岭	珠体	中等钙铝钾玻璃	0.09	0.20	1.96	72.95	0.45	18.17	1.47	0.22	1.86	1.89	0.09	0.03		0.00		35	127		46	69	97		8	本章参考文献[19]
XZHM -06-08	铜红珠	西汉晚期	合浦风门岭	珠体	中等钙铝钾玻璃	0.53	3.63	2.64	58.87	0.54	22.82	4.80	0.54	0.16	1.63	n. d.	3.71		n. d.		63			76	89	104		82	PXRF
						0.63	3.68	2.72	59.47	1.00	20.55	5.60	0.50	0.15	1.96	0.00	3.21		0.01	31	164					133	157	219	
FMLM 23B-2	半透明蓝色玻璃珠	西汉晚期	合浦风门岭M23	珠体	中等钙铝钾玻璃	0.63	0.29	2.04	77.24	0.49	13.83	1.52	0.24	1.48	1.77	0.08	0.02		n. d.		140		63	56	38		43	PXRF	

实验 编号	样品 名称	年代	出土 地点	测试 区域	玻璃成 分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据 来源
						wt%														μg/g								
FMLM 23B-3	玻璃珠 半透明 明蓝色 玻璃珠				珠体	中等钙 铝钾玻 璃	0.81	0.45	2.13	77.54	0.50	12.83	1.52	0.24	1.61	1.90	0.09	0.03		n. d.	196		123	60	33		33	PXRF
FMLM 28-1	半透明 明蓝色 玻璃珠	东汉 晚期	合浦风 门岭 M28		珠体	低钙高 铝钾玻 璃	1.29	0.21	5.70	67.49	0.16	20.22	1.04	0.41	1.77	1.31	0.06	0.02		n. d.	122		75	481	n. d.		38	PXRF
FMLM 28-2	半透明 明蓝色 玻璃珠	东汉 晚期	合浦风 门岭 M28		珠体	低钙高 铝钾玻 璃	1.22	0.29	5.61	69.29	0.00	18.74	0.93	0.41	1.88	1.44	0.06	0.02		n. d.	110		64	454	n. d.		90	PXRF
FMLM 28-13	半透明 明蓝色 玻璃珠	东汉 晚期	合浦风 门岭 M28		珠体	低钙高 铝钾玻 璃	0.88	0.78	4.57	70.22	0.00	19.11	0.51	0.36	1.83	1.37	0.03	0.01		n. d.	59		59	345	n. d.		63	PXRF
XZHM -06-05	半透明 明蓝色 玻璃珠	东汉 晚期	合浦风 门岭	珠体	低钙高 铝钾玻 璃	1.14	0.27	5.73	66.93	0.00	20.84	1.16	0.41	1.77	1.34	0.05	0.02		n. d.		121		74	514	n. d.		50	PXRF
						0.43	0.13	6.51	74.52	0.09	12.69	0.68	0.26	2.24	1.72	0.07	0.03		0.00	31	82		40	735	22		15	本章 参考 文献 [19]
XZHM -06-06	半透明 明蓝色 玻璃珠	东汉 早期	合浦九 只岭 M5	珠体	低钙高 铝钾玻 璃	0.75	0.82	3.64	72.08	0.31	17.92	1.14	0.32	1.47	1.05	0.04	0.03		n. d.		80		74	376	n. d.		532	PXRF
						0.17	0.16	3.69	77.67	0.15	14.13	0.75	0.17	1.51	1.00	0.03	0.08		0.02	24	41		38	500	26		421	本章 参考 文献 [19]
JZLM5 -1A	半透明 明蓝色 玻璃珠	东汉 早期	合浦九 只岭 M5		珠体	低钙高 铝钾玻 璃	0.73	0.45	4.26	72.03	0.50	16.71	1.09	0.46	1.49	1.63	0.04	0.30		n. d.	82		56	366	n. d.		24	PXRF

实验 编号	样品 名称	年代	出土 地点	测试 区域	玻璃成 分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据 来源
						wt%														μg/g								
JZLM5-1B	半透明蓝色玻璃珠	东汉早期	合浦九只岭M5	珠体	低钙高铝钾玻璃	0.71	0.56	4.31	72.47	0.48	16.16	1.08	0.44	1.48	1.60	0.04	0.29		n. d.		93		60	355	n. d.		30	PXRF
JZLM5-1C	半透明蓝色玻璃珠	东汉早期	合浦九只岭M5	珠体	低钙高钾玻璃	1.11	0.81	2.37	76.13	0.00	11.20	0.95	0.14	4.92	1.98	n. d.	0.04		n. d.		48		90	171	14		783	PXRF
JZLM5-1D	半透明蓝色玻璃珠	东汉早期	合浦九只岭M5	珠体	低钙高铝钾玻璃	0.66	0.41	5.37	72.08	0.46	16.35	0.81	0.41	1.40	1.49	0.05	0.31		n. d.		110		61	385	n. d.		26	PXRF
JZLM5-5	半透明蓝色玻璃珠	东汉早期	合浦九只岭M5	珠体	低钙高铝钾玻璃	0.90	0.45	3.81	74.19	0.79	16.03	0.85	0.31	1.32	0.88	0.04	0.03		n. d.		69		83	395	3		624	本章参考文献[19]
						0.17	0.15	3.78	77.02	0.14	14.93	0.68	0.17	1.41	0.94	0.03	0.08		0.02	18	37		40	485	27		472	
JZLM5-6	半透明蓝色玻璃珠	东汉早期	合浦九只岭M5	珠体	低钙高铝钾玻璃	0.62	0.44	4.97	73.28	0.48	15.65	0.73	0.37	1.38	1.47	0.05	0.22		n. d.		40		49	359	n. d.		35	PXRF
JZLM5-7	半透明蓝色玻璃珠	东汉早期	合浦九只岭M5	珠体	低钙高铝钾玻璃	0.82	0.71	4.16	72.25	0.00	18.43	0.73	0.25	0.03	0.49	n. d.	1.86		n. d.		11		43	302	n. d.		1532	PXRF
JZLM5-9	半透明蓝色玻璃珠	东汉早期	合浦九只岭M5	珠体	低钙高铝钾玻璃	0.75	0.79	4.70	72.97	0.00	16.32	0.48	0.38	1.48	1.58	0.04	0.31		n. d.		48		39	337	n. d.		40	PXRF

实验编号	样品名称	年代	出土地点	测试区域	玻璃成分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据来源	
						wt%														μg/g									
JZLM 5-10	半透明蓝色玻璃珠	东汉早期	合浦九只岭 M5	珠体	低钙高铝钾玻璃	0.93	0.43	4.96	73.23	0.41	15.61	0.73	0.37	1.37	1.49	0.05	0.26		n. d.		50			41	365	n. d.		45	PXRF
						0.17	0.12	4.99	74.43	0.10	15.65	0.52	0.26	1.41	1.63	0.03	0.23		0.00	30	30					25	492	15	
JZLM 5-11	半透明红色玻璃珠	东汉早期	合浦九只岭 M5	珠体	低钙高铝钾玻璃	1.59	0.19	2.77	78.12	0.00	13.14	0.34	0.16	2.49	0.79	n. d.	0.00		n. d.		82			95	122	2		76	PXRF
JZLM 5-15	半透明淡绿色玻璃珠	东汉早期	合浦九只岭 M5	珠体	中等钙铝钾玻璃	1.71	0.40	3.97	75.20	0.81	13.33	2.33	0.12	0.06	0.61	n. d.	1.02		n. d.		n. d.			24	204	n. d.		1723	PXRF
JZLM 5-16	半透明绿色玻璃珠	东汉早期	合浦九只岭 M5	珠体	低钙高铝钾玻璃	0.79	0.47	4.44	74.37	0.41	16.07	0.77	0.24	0.03	0.45	n. d.	1.72		n. d.		10			48	308	n. d.		1396	PXRF
JZLM 5-17	半透明棕色玻璃珠	东汉早期	合浦九只岭 M5	珠体	中等钙铝钾玻璃	1.02	0.55	3.09	73.20	0.00	14.50	1.02	0.16	4.45	1.79	n. d.	0.04		n. d.		140			59	224	27		917	PXRF
						0.17	0.28	3.21	72.74	0.20	15.46	1.16	0.13	4.52	1.46	0.01	0.07		0.02	18	19					118	410	81	
08HL WM 15-1	半透明蓝色玻璃珠	东汉晚期	合浦寮尾	珠体	低钙高铝钾玻璃	0.76	0.68	3.54	72.20	0.00	18.45	0.91	0.23	1.40	0.93	0.03	0.07		n. d.		60			109	388	8		4175	PXRF
08HL WM 17-3	半透明蓝色玻璃珠	东汉晚期	合浦寮尾	珠体	中等钙铝钾玻璃	0.82	0.58	2.53	65.82	0.00	21.00	1.50	0.43	3.84	2.85	0.12	0.03		n. d.		231			90	135	35		32	PXRF



实验编号	样品名称	年代	出土地点	测试区域	玻璃成分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据来源
						wt%														μg/g								
08HL WM 19B-1	半透明蓝色玻璃珠	东汉晚期	合浦寮尾	珠体	中等钙铝钾玻璃	0.69	0.87	4.05	80.07	0.42	7.83	1.71	0.29	1.75	1.81	0.08	0.02		n. d.		120		69	110	58		45	PXRF
08HL WM 19B-5	半透明蓝色玻璃珠	东汉晚期	合浦寮尾	珠体	中等钙铝钾玻璃	1.06	0.74	2.68	74.32	0.31	15.86	1.61	0.22	1.46	1.41	0.07	0.02		n. d.		134		68	98	54		25	PRF
08HL WM 19B-6	半透明蓝色玻璃珠	东汉晚期	合浦寮尾	珠体	中等钙铝钾玻璃	0.88	0.72	2.83	73.82	0.63	16.41	1.43	0.23	1.32	1.37	0.06	0.02		n. d.		88		87	87	48		33	PXRF
08HL WM 19B-8	半透明蓝色玻璃珠	东汉晚期	合浦寮尾	珠体	中等钙铝钾玻璃	0.63	0.61	2.42	65.83	0.00	21.41	1.51	0.46	3.71	2.81	0.12	0.03		n. d.		221		89	145	41		36	PXRF
HP14-01	蓝色玻璃珠	西汉晚期	合浦凸鬼岭汽齿厂	风化面	低钙高铝钾玻璃	0.86	0.59	6.89	76.34	0.24	10.51	0.97	0.29	1.10	2.04	n. d.	n. d.		n. d.	n. d.	69	179	38	246	7		45	PXRF
				新鲜面		0.87	0.64	4.88	75.73	0.63	12.69	1.05	0.26	1.09	1.89	n. d.	n. d.		n. d.	n. d.	55	233	48	262	5		60	PXRF
HP14-02	绿色玻璃珠残片	西汉晚期	合浦第二炮竹厂	风化面	泡碱型钠钙玻璃	2.47	0.48	2.22	70.77	n. d.	n. d.	15.38	0.02	0.05	0.98	n. d.	0.64	6.48	0.25	120	n. d.	M	n. d.	n. d.	n. d.		M	PXRF
				风化面		2.23	0.35	n. d.	74.05	n. d.	n. d.	12.97	n. d.	0.05	0.84	n. d.	1.11	7.73	0.56	122	10	M	n. d.	n. d.	n. d.		M	PXRF
HP14-03a	铜红珠	西汉晚期	合浦凸鬼岭汽齿厂	红色珠风化面	混合碱玻璃	3.95	1.09	n. d.	87.66	n. d.	4.61	0.14	n. d.	0.12	0.64	n. d.	0.76	n. d.	n. d.	24	n. d.	M	n. d.	7	n. d.		37	PXRF
HP14-03b	蓝色玻璃珠残片			蓝色残片风化面	(?)	3.06	0.45	n. d.	91.70	n. d.	n. d.	0.22	0.15	2.77	0.78	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	8	4	31	8	n. d.	n. d.		13	PXRF

实验 编号	样品 名称	年代	出土 地点	测试 区域	玻璃成 分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据 来源
						wt%														μg/g								
HP14-03c	黄色玻璃珠残片			黄色残片风化面	(?)	4.06	0.66	n.d.	91.96	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.31	n.d.	n.d.	2.27	0.18	64	n.d.	133	n.d.	n.d.	n.d.		M	PXRF
HP14-04	蓝色玻璃珠残片	西汉晚期	合浦凸鬼岭汽车厂	风化面	中等钙铝钾玻璃	1.15	0.60	7.92	80.75	0.50	4.04	0.76	0.38	2.05	1.54	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	83	283	4	219	12		660	PXRF
				新鲜面		0.86	0.54	4.80	73.15	0.98	14.75	1.62	0.28	1.69	1.09	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	87	261	47	281	30		820
HP14-05	深蓝色玻璃珠?	西汉晚期	合浦第二炮竹厂	风化面	中等钙铝钾玻璃	0.97	0.48	6.66	73.08	0.44	12.30	1.56	0.32	2.06	1.65	0.19	0.02	n.d.	n.d.	26	139	469	80	253	29		116	PXRF
				新鲜面		1.12	0.49	4.58	73.86	0.58	13.89	1.44	0.27	2.00	1.44	0.18	0.02	n.d.	n.d.	n.d.	127	448	29	277	35		119	PXRF
HP14-06	深蓝色玻璃珠残片	东汉早期	合浦第二炮竹厂	风化面	中等钙铝钾玻璃	1.24	0.42	2.74	88.41	0.98	0.70	0.41	0.30	2.31	1.99	0.24	n.d.	n.d.	n.d.	8	93	185	45	71	21		42	PXRF
				新鲜面		0.97	0.46	2.39	77.49	1.01	12.27	1.33	0.31	1.82	1.50	0.19	n.d.	n.d.	n.d.	13	117	180	72	105	33		40	PXRF
HP14-07	蓝色玻璃珠	东汉晚期	合浦第二炮竹厂	风化面	低钙高铝钾玻璃	0.86	0.67	7.17	75.73	0.28	11.54	0.76	0.28	1.20	1.27	n.d.	0.05	0.13	n.d.	n.d.	46	593	16	245	9		M	PXRF
				新鲜面		0.80	0.69	5.78	73.62	0.58	14.81	0.87	0.29	1.16	1.11	n.d.	0.02	0.12	n.d.	n.d.	29	481	17	256	16		M	PXRF
HP14-08	深蓝色玻璃珠	东汉晚期	合浦公务员小区	风化面	中等钙铝钾玻璃	1.06	0.48	4.32	82.43	0.97	4.12	2.44	0.25	1.72	1.80	0.19	n.d.	n.d.	n.d.	15	190	201	50	117	103		552	PXRF
				新鲜面		0.98	0.44	2.71	76.98	0.77	12.24	2.35	0.23	1.54	1.52	0.17	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	114	164	47	103	94		543	PXRF
HP14-09	深蓝色玻璃珠	东汉晚期	合浦公务员小区	风化面	中等钙铝钾玻璃	0.95	0.44	3.01	80.78	0.68	8.64	1.82	0.21	1.57	1.61	0.18	n.d.	n.d.	n.d.	11	127	179	36	97	60		752	PXRF

实验编号	样品名称	年代	出土地点	测试区域	玻璃成分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据来源
						wt%														μg/g								
HP14-10	蓝色玻璃珠残片	东汉晚期	合浦禁山官塘岭	风化面	低钙高铝钾玻璃	0.98	0.46	6.54	76.76	0.79	11.75	0.75	0.26	0.75	0.66	n.d.	0.09	n.d.	n.d.	47	33	882	9	519	n.d.		117	PXRF
				新鲜面		0.87	0.49	5.67	73.13	1.17	15.79	1.01	0.33	0.71	0.58	n.d.	0.08	n.d.	n.d.	n.d.	69	818	n.d.	497	n.d.			79
HP14-11	蓝色玻璃珠	东汉晚期	合浦第二炮竹厂	风化面	低钙高铝钾玻璃	1.20	0.39	5.87	78.28	n.d.	10.55	0.33	0.30	1.24	1.39	n.d.	0.21	n.d.	n.d.	n.d.	13	998	n.d.	214	n.d.		38	PXRF
				新鲜面		1.37	0.47	6.37	70.48	0.86	15.45	1.02	0.43	1.40	1.52	n.d.	0.31	n.d.	n.d.	n.d.	55	M	37	402	n.d.		28	PXRF
HP14-12	淡青色透明玻璃珠	东汉晚期	合浦第二炮竹厂	风化面	低钙高铝钾玻璃	1.05	0.51	5.26	78.56	0.70	10.26	0.55	0.16	0.13	0.39	n.d.	1.92	0.29	0.12	23	0	M	27	377	n.d.		M	PXRF
				新鲜面		0.98	0.40	4.31	73.67	1.08	15.19	1.02	0.23	0.12	0.35	n.d.	2.03	0.28	0.12	n.d.	17	M	22	533	n.d.		M	PXRF
HP14-13	绿色透明玻璃片	东汉晚期	合浦第二炮竹厂	风化面	混合碱玻璃	2.01	0.56	13.50	70.17	0.39	10.64	0.61	1.08	0.02	0.85	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	29	6	174	126	88	205		32	PXRF
				新鲜面		10.92	0.90	11.47	59.75	0.17	12.14	1.79	1.26	0.03	1.43	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	25	31	241	147	83	258		18	PXRF
HP14-14	蓝色玻璃珠	东汉晚期	合浦第二炮竹厂	风化面	中等钙铝钾玻璃	1.42	0.50	5.11	75.89	0.26	10.96	1.86	0.28	1.45	2.09	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	71	101	33	84	21		78	PXRF
				新鲜面		1.52	0.55	3.78	72.87	0.56	12.02	4.85	0.25	1.45	2.01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	55	76	109	65	94	35		65	PXRF
HP14-15	蓝色玻璃珠	东汉晚期	合浦第二炮竹厂	风化面	中等钙铝钾玻璃	1.74	0.46	2.59	74.72	n.d.	8.03	9.33	0.05	1.25	1.42	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	90	11	29	21	60	18		46	PXRF
				新鲜面		1.92	0.49	2.55	74.56	0.17	11.81	4.73	0.18	1.48	1.62	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	46	48	63	27	76	33		60	PXRF

实验编号	样品名称	年代	出土地点	测试区域	玻璃成分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据来源
						wt%														μg/g								
HP14-16	蓝色玻璃珠、绿色不透明玻璃珠	东汉晚期	合浦第二炮竹厂	风化面	中等钙铝钾玻璃	1.56	0.51	4.35	76.38	0.11	10.05	3.20	0.22	1.44	2.01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	18	36	90	7	81	18		122	PXRF
				新鲜面		1.97	0.56	2.55	77.54	n.d.	12.09	1.51	0.21	1.40	1.89	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	54	68	37	70	19	
HP14-16	绿色珠	东汉晚期	合浦第二炮竹厂	风化面	混合碱玻璃(?)	2.53	0.42	1.49	69.62	n.d.	4.00	9.91	n.d.	0.22	0.79	n.d.	1.17	8.77	0.79	40	13	M	n.d.	n.d.	n.d.		M	PXRF
				新鲜面		3.51	0.41	0.00	67.80	n.d.	4.26	16.01	n.d.	0.17	0.62	n.d.	0.99	5.26	0.65	99	n.d.	M	n.d.	n.d.	n.d.		M	PXRF
HP14-17	浅青色透明玻璃珠残块	东汉晚期	合浦第二炮竹厂	风化面	低钙高铝钾玻璃	1.12	0.48	5.23	79.88	0.09	9.43	0.71	0.14	0.13	0.46	n.d.	1.90	0.30	0.04	12	n.d.	M	15	322	n.d.		M	PXRF
				新鲜面		1.28	0.46	4.55	77.36	0.75	11.17	0.96	0.20	0.14	0.52	n.d.	2.07	0.30	n.d.	n.d.	n.d.	M	20	420	n.d.		M	PXRF
MSK-2	马赛克珠	东汉早期	1992年合浦铁路新村卫生所	珠体1	矿物碱型钠钙玻璃	10.49	0.56	0.99	68.82		0.75	8.92		1.76	1.71		0.05	4.00	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 0.83									PXRF
				珠体2		10.92	0.65	0.75	66.13		0.59	6.55		1.23	1.43		0.03	10.03	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 0.69									
GX-01	深蓝绿色玻璃珠	西汉晚期	合浦风门岭M26	珠体	低钙高铝钾玻璃?	0.09	0.29	2.98	75.82	0.27	14.45	0.93	0.25	1.48	2.09	0.09	0.31		—		244		105	328	114	435	3635	本章参考文献[20]
GX-02	深蓝绿色玻璃珠	东汉	合浦九只岭M5	珠体	低钙高铝钾玻璃	0.11	0.10	2.29	73.87	0.10	21.61	0.24	0.09	0.00	0.84	0.05	0.05		—		65		0	403	48	142	1726	本章参考文献[20]

实验编号	样品名称	年代	出土地点	测试区域	玻璃成分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据来源
						wt%														μg/g								
GX-03	半透明蓝色玻璃珠	西汉晚期	合浦风门岭M23	珠体	中等钙铝钾玻璃	0.09	0.16	1.63	80.50	0.42	10.26	1.26	0.33	1.95	1.75	0.31	0.07		—		319		181	62	319	572	678	本章参考文献[20]
GX-04	半透明蓝色玻璃珠	东汉后期	合浦风门岭M28	珠体	低钙高铝钾玻璃	2.30	0.21	4.72	65.70	0.11	24.56	0.38	0.04		0.98	0.04			—					250				本章参考文献[20]
ZY-8001	蓝色玻璃珠残片	东汉后期	合浦风门岭M28	珠体	低钙高铝钾玻璃	0.53	0.08	2.84	76.54		15.89	0.21	0.14	1.40	0.98	0.04	0.02		—	23	73			683	21	109	25	本章参考文献[19]
ZY-8004	蓝色玻璃珠	东汉早期	合浦九只岭M5	珠体	低钙高铝钾玻璃	0.13	0.09	2.47	85.90		12.78	0.16	0.15	1.00	1.06	0.02	0.22		—	60	31			515	16	173	7	本章参考文献[19]
ZY-8005	豆绿色六棱柱玻璃珠残片	西汉晚期	合浦风门岭M26	珠体	中等钙铝钾玻璃	0.44	0.21	0.97	90.44		12.17	1.01	0.09	0.04	0.47	0.00	0.00		—	106	32			147	118	52	n. d.	本章参考文献[19]
ZY-8006	蓝色玻璃珠残片	东汉后期	合浦风门岭M28	珠体	低钙高铝钾玻璃	0.50	0.09	2.79	87.91		14.82	0.19	0.13	1.36	0.99	0.04	0.02		—	122	107			589	10	109	153	本章参考文献[19]
G-HP06	浅蓝色蛙形饰	西汉晚期	1986年合浦第二麻纺厂南墓	珠体	中等钙铝钾玻璃		0.30	5.20	65.70		3.90	2.40	0.20	0.11	0.36		0.79	0.02	—					70	80			PXRF-Japan

实验 编号	样品 名称	年代	出土 地点	测试 区域	玻璃成 分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据 来源
						wt%														μg/g								
G-HP07	深蓝 色蛙 形饰	西汉 晚期	1986 年合浦 第二麻 纺厂南 墓	珠体	中等钙 铝钾玻 璃		0.30	2.80	68.00		5.80	1.90	0.30	0.94	0.81	0.07	0.83	0.01	—					80	80			PXRF- Japan
HP-1a	透明 浅绿 色六 方桶 形一 大	东汉	合浦北 插江 M10	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			4.18	92.06	0.00	1.44	1.35	0.04	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	—									本章 参考 文献 [21]
HP-1b	透明 浅绿 色六 方桶 形一 小	东汉	合浦北 插江 M10	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			3.84	90.75	0.00	1.23	2.52	0.11	0.38	0.60	0.00	0.00	0.00	—									本章 参考 文献 [21]
HP-1c	透明 浅绿 色六 方双 锥形	东汉	合浦北 插江 M10	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			3.42	91.56	0.00	1.04	2.83	0.10	0.08	0.64	0.00	0.00	0.00	—									本章 参考 文献 [21]
HP-3	透明 绿色 六棱 柱形 珠	新莽	合浦黄 泥岗 M1	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			3.55	90.91	0.12	2.76	1.46	0.17	0.03	0.75	0.00	0.00	0.00	—									本章 参考 文献 [21]
HP-4	透明 近无 色耳 珰	东汉	合浦鸡 射岭 M18	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			4.91	89.72	0.09	2.20	1.76	0.09	0.10	0.77	0.02	0.00	0.00	—									本章 参考 文献 [21]

实验 编号	样品 名称	年代	出土 地点	测试 区域	玻璃成 分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据 来源	
						wt%														μg/g									
HP-4	半透 明蓝 色玻 璃小 珠	东汉	合浦鸡 射岭 M18	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			4.54	81.09	0.00	8.42	1.12	0.20	2.28	1.86	0.13	0.05	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-6a	紫色 玻璃 珠	汉	合浦北 插江二 麻厂 M23	珠体	低钙高 铝钾玻			7.89	81.39	0.00	8.10	0.19	0.21	0.87	0.82	0.05	0.02	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-6b	浅蓝 色玻 璃珠	汉	合浦北 插江二 麻厂 M23	珠体	低钙高 铝钾玻 璃			7.60	80.90	0.00	7.98	0.69	0.23	0.05	0.82	0.02	1.40	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-6c	蓝色 玻璃 珠	汉	合浦北 插江二 麻厂 M23	珠体	低钙高 钾玻璃			7.37	78.34	0.00	10.86	0.28	0.21	0.07	0.76	0.02	1.66	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-7	透明 浅绿 色胜 形饰	东汉 早期	合浦机 械厂 M1	珠体	低钙高 铝钾玻 璃			6.77	87.56	0.00	3.33	0.78	0.15	0.00	0.67	0.00	0.02	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-8a	半透 明深 蓝色 六方 双锥 珠	汉	合浦北 插江 M10	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			3.90	88.14	0.00	2.99	1.15	0.18	1.58	1.54	0.07	0.02	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-8b	半透 明深 蓝色 六方 双锥 珠	汉	合浦北 插江 M10	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			4.22	89.63	0.00	1.78	1.16	0.18	1.27	1.18	0.07	0.02	0.00	—										本章 参考 文献 [21]

实验 编号	样品 名称	年代	出土 地点	测试 区域	玻璃成 分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据 来源	
						wt%														μg/g									
HP-10a	透明 浅绿色 管状珠	新莽	合浦母 猪岭 M1	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			4.15	89.30	0.10	1.34	3.21	0.18	0.11	0.80	0.00	0.01	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-10b	半透 明紫色 圆珠	新莽	合浦母 猪岭 M1	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			5.97	86.11	0.00	1.35	3.86	0.14	0.88	0.99	0.05	0.09	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-10c	铜红 珠	新莽	合浦母 猪岭 M1	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			6.34	68.72	1.18	14.57	2.15	0.20	0.30	2.01	0.02	3.27	0.61	—										本章 参考 文献 [21]
HP-10d	半透 明黑色 珠	新莽	合浦母 猪岭 M1	珠体	低钙高 铝钾玻 璃			6.61	74.33	0.03	12.80	0.41	0.21	4.11	0.72	0.00	0.17	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-3	透明 绿色 六棱 柱形 珠	新莽	合浦黄 泥岗 M1	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			3.55	90.91	0.12	2.76	1.46	0.17	0.03	0.75	0.00	0.00	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-4	透明 近无 色耳 珰	东汉	合浦鸡 射岭 M18	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			4.91	89.72	0.09	2.20	1.76	0.09	0.10	0.77	0.02	0.00	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-4	半透 明蓝 色玻 璃小 珠	东汉	合浦鸡 射岭 M18	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			4.54	81.09	0.00	8.42	1.12	0.20	2.28	1.86	0.13	0.05	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-6a	紫色 玻璃 珠	汉	合浦北 插江二 麻厂 M23	珠体	低钙高 铝钾玻 璃			7.89	81.39	0.00	8.10	0.19	0.21	0.87	0.82	0.05	0.02	0.00	—										本章 参考 文献 [21]



实验 编号	样品 名称	年代	出土 地点	测试 区域	玻璃成 分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据 来源	
						wt%														μg/g									
HP-6b	浅蓝色玻璃珠	汉	合浦北 插江二 麻厂 M23	珠体	低钙高 铝钾玻 璃			7.60	80.90	0.00	7.98	0.69	0.23	0.05	0.82	0.02	1.40	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-6c	蓝色玻璃珠	汉	合浦北 插江二 麻厂 M23	珠体	低钙高 铝钾玻 璃			7.37	78.34	0.00	10.86	0.28	0.21	0.07	0.76	0.02	1.66	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-7	透明浅绿色胜形饰	东汉 早期	合浦机 械厂 M1	珠体	低钙高 铝钾玻 璃			6.77	87.56	0.00	3.33	0.78	0.15	0.00	0.67	0.00	0.02	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-8a	半透明深蓝色六方双锥珠	汉	合浦北 插江 M10	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			3.90	88.14	0.00	2.99	1.15	0.18	1.58	1.54	0.07	0.02	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-8b	半透明深蓝色六方双锥珠	汉	合浦北 插江 M10	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			4.22	89.63	0.00	1.78	1.16	0.18	1.27	1.18	0.07	0.02	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-10a	透明浅绿色管状珠	新莽	合浦母 猪岭 M1	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			4.15	89.30	0.10	1.34	3.21	0.18	0.11	0.80	0.00	0.01	0.00	—										本章 参考 文献 [21]
HP-10b	半透明紫色圆珠	新莽	合浦母 猪岭 M1	珠体	中等钙 铝钾玻 璃			5.97	86.11	0.00	1.35	3.86	0.14	0.88	0.99	0.05	0.09	0.00	—										本章 参考 文献 [21]













实验 编号	样品 名称	年代	出土 地点	测试 区域	玻璃成 分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据 来源	
						wt%														μg/g									
	绿色 六棱 柱玻 璃饰	汉代	合浦风 门岭 M26		中等钙 铝钾玻 璃		0.00	1.44	80.29	0.34	3.38	11.98	0.23	0.00	2.30	0.00	0.04	0.01	0.00										HXRF
	绿色 六棱 柱玻 璃饰	汉代	合浦风 门岭 M26		中等钙 铝钾玻 璃		0.00	2.92	86.55	0.37	2.04	6.83	0.12	0.00	1.15	0.00	0.01	0.00	0.00										HXRF
	蓝色 玻璃 珠	西汉	合浦盐 堆	珠体	中等钙 铝钾玻 璃	0.79	0.49	2.69	81.20		12.16	1.00		0.36	0.65														本章 参考 文献 [10]
	紫色 系领 状珠	西汉	合浦	珠体	中等钙 铝钾玻 璃	0.41	0.27	2.56	78.22		13.81	1.45	0.14	1.85	1.28														本章 参考 文献 [10]
	蓝色 玻璃 珠	西汉	合浦廉 州爆 竹厂 M1	珠体	低钙高 铝钾玻	0.18	0.28	3.20	74.75		15.54	0.60		1.70	1.35	0.06													本章 参考 文献 [10]
	无色 珠	西汉	贵港	珠体	中等钙 铝钾玻 璃	0.23	0.19	2.25	80.71		14.17	1.22			0.43														本章 参考 文献 [16]
	蓝玻 璃碎 片	西汉 晚期	合浦堂 排	珠体	中等钙 铝钾玻 璃	0.58	0.22	1.41	79.00		14.10	1.64		0.30	0.56														本章 参考 文献 [22]
	堂排 蓝玻 璃珠	西汉 晚期	合浦	珠体	中等钙 铝钾玻 璃	0.21	0.35	2.74	75.80		14.50	1.30		0.95	1.20														本章 参考 文献 [22]





实验 编号	样品 名称	年代	出土 地点	测试 区域	玻璃成 分体系	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	SnO <sub>2</sub>	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb	数据 来源	
						wt%														μg/g									
	蓝色 玻璃珠	西汉	合浦	珠体	低钙高 铝钾玻 璃	0.18	0.28	2.96	74.71		15.52	0.61		1.70	1.35	0.06													本章 参考 文献 [23]
	深蓝 系领 状珠	西汉	合浦	珠体	中等钙 铝钾玻 璃	0.73	0.23	2.56	76.90		14.90	1.42		1.85	1.36	0.07													本章 参考 文献 [23]

表 5-5 给出了广西汉墓出土铅钡玻璃化学成分分析结果, 同时包含其他学者的分析结果。由表 5-5 可知, 广西汉墓出土的铅钡玻璃中,  $PbO$  的含量范围为 16.91%~55.79%,  $BaO$  的含量范围为 3.62%~17.4%。深蓝色耳珥样品由钴离子着色, 其他样品则为铁离子、铜离子着色。器型特征表明, 铅钡玻璃珠饰器型主要为双锥形珠饰、耳珥、璧、剑璜等。西汉时期铅钡玻璃器有 4 件, 其中西汉早期有 3 件, 东汉时期铅钡玻璃器有 8 件, 还有 14 件样品为汉代。

## (二) 钾玻璃

表 5-6 为广西汉墓出土除铅钡玻璃外, 其他玻璃体系的珠饰样品信息及化学成分。由表可知, 广西汉墓出土玻璃器的成分体系主要有钾硅酸盐玻璃(钾玻璃)、钠钙硅酸盐玻璃(钠钙玻璃)、混合碱型硅酸盐玻璃(混合碱玻璃)、高铅硅酸盐玻璃(铅玻璃)等玻璃体系。

钾硅酸盐玻璃, 简称钾玻璃, 其玻璃基体助熔剂主要为氧化钾( $K_2O$ )。通常来说,  $K_2O$  含量范围为 14%~18%, 但由于古代玻璃样品长期埋藏于地下, 不可避免地会受到风化作用的影响, 风化作用会导致玻璃基体中的  $K_2O$  大量流失, 从而在玻璃器表面形成一薄层风化层, 风化层中  $K_2O$  的含量可低至 1%以下,  $SiO_2$  的含量明显升高。根据钾玻璃中  $CaO$ 、 $Al_2O_3$  的含量, 可将钾玻璃划分为三个亚类, 分别是中等钙铝型钾玻璃、低钙高铝型钾玻璃和低铝高钙型钾玻璃。<sup>[24]</sup> 由于风化凶素的影响, 古代玻璃中  $CaO$ 、 $Al_2O_3$  的含量与真实值之间存在一定差异, 但玻璃器中所含微量元素受风化作用影响较小, 且不同亚类钾玻璃之间微量元素存在差异。因此, 钾玻璃亚类的划分, 在考虑  $CaO$ 、 $Al_2O_3$  含量的基础上, 还需要结合微量元素铷( $Rb$ )、锶( $Sr$ )的含量进行亚类划分。<sup>[25]</sup>

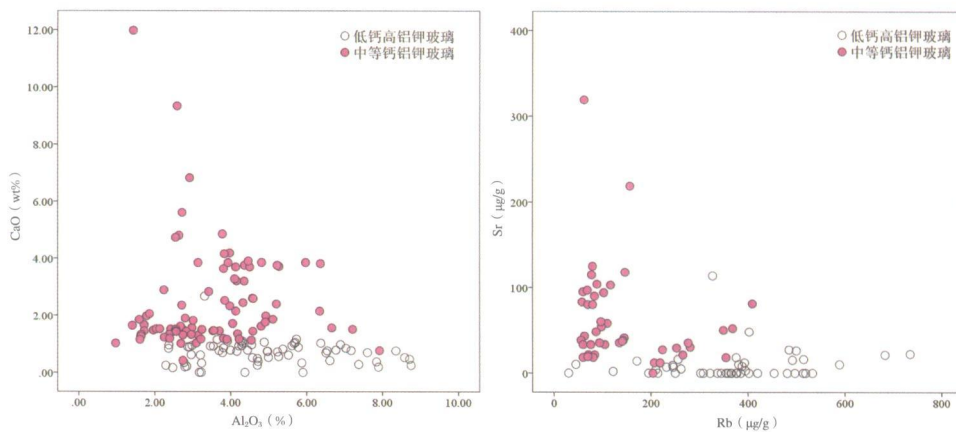


图 5-5 合浦汉墓出土钾玻璃化学组分二维分布图

合浦汉墓出土的钾玻璃主要包含低钙高铝钾玻璃和中等钙铝钾玻璃两种亚类。图 5-5 为广西合浦汉墓出土钾玻璃部分化学组分二维分布图。广西合浦汉墓出土的中等钙铝钾玻

璃珠饰中  $\text{CaO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  的含量范围均主要集中在 1%~5% 之间,  $\text{Rb}$ 、 $\text{Sr}$  含量水平较为接近,  $\text{Rb}/\text{Sr}$  值一般低于 10。低钙高铝钾玻璃中  $\text{CaO}$  的含量水平较低, 低于 1%, 而  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的含量较高, 一般高于 3%, 且  $\text{Rh}$  的含量水平较高,  $\text{Sr}$  含量水平较低, 部分样品中均未检测到  $\text{Sr}$ ,  $\text{Rh}/\text{Sr}$  的比值基本大于 10。

从器型特征来说, 低钙高铝钾玻璃器型主要以太平洋拉制珠为主, 同时前文所分析的玻璃器皿, 除了 3 件环, 其余器皿也为低钙高铝钾玻璃。中等钙铝型钾玻璃有大量的太平洋拉制珠, 以及前文所提到的玻璃环和蛙形饰、深蓝色瓜棱型分段珠等器型。

从年代特征上来说, 西汉时期测试样品小计有 50 件, 其中低钙高铝钾玻璃有 9 件、中等钙铝钾玻璃有 33 件、混合碱玻璃有 4 件, 还有 4 件玻璃体系不能明确判断。东汉时期测试样品小计 62 件, 其中低钙高铝钾玻璃为 35 件、中等钙铝钾玻璃为 23 件、混合碱玻璃 2 件、矿物碱型钠钙玻璃 1 件、铅玻璃 1 件。还有 7 件样品年代为汉代, 其中 4 件为中等钙铝钾玻璃、3 件为低钙高铝钾玻璃。需要说明的是, 有 3 串蓝色瓜形分段珠, 总数量有 573 颗, 随机测试了其中 15 颗, 测试结果表明, 这 15 颗均为中等钙铝钾玻璃, 表明此种类型的玻璃珠均为中等钙铝钾玻璃。上述种种说明西汉时期中等钙铝钾玻璃的数量与其他体系的玻璃珠饰相比, 占有绝对优势。

### (三) 泡碱型钠钙硅酸盐玻璃

泡碱型钠钙硅酸盐玻璃, 简称泡碱型钠钙玻璃, 在合浦汉墓中发现数量较少。所检测的样品中, 仅有 1 件样品为泡碱型钠钙玻璃, 为马赛克珠 (图 5-6)。除了对其进行化学成分分析, 还利用共焦激光拉曼光谱分析技术和扫描电镜分析技术对马赛克珠不同颜色部分进行分析。图 5-7 为马赛克珠黄色部分拉曼图谱。由图可知, 黄色部分拉曼特征峰位于  $140\text{ cm}^{-1}$ 、 $332\text{ cm}^{-1}$ 、 $462\text{ cm}^{-1}$  和  $510\text{ cm}^{-1}$  附近。通过与  $\text{PbSb}_2\text{O}_6$  标准拉曼谱对比<sup>[26]</sup>, 可以确定马赛克珠黄色部分为锑酸铅着色。化学成分中检测到  $\text{PbO}$ 、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$  的存在, 与拉曼物相结果是相吻合的。 $\text{Pb}$  和  $\text{Sb}$  可以形成锑酸铅 ( $\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ ), 此种化合物具有立方焦绿石结构, 可以用一种一般的形式  $\text{A}_2\text{B}_2\text{O}_7$  表示。二元氧化物所构成的锑酸铅的拉曼光谱具有以下特征: 在  $510\text{ cm}^{-1}$  处有一强峰, 此峰可以归因于  $\text{SbO}_6$  八面体的系统性伸缩; 在低波数范围  $400\text{ cm}^{-1}$ ~ $200\text{ cm}^{-1}$  内, 有两个相互叠加的弱峰, 两个峰是由  $\text{Sb-O}$  键和  $\text{Pb-O}$  键的振动所引起的。在  $150\text{ cm}^{-1}$ ~ $110\text{ cm}^{-1}$  范围内有一强峰, 是由于  $\text{PbO}_4$  四面体品格的横向振动引起的。<sup>[27]</sup> 一般来说, 有很多的因素可以引起峰位的漂移, 如玻璃的加热温度、锑酸铅结构中所引入的杂质粒子, 以及原料中  $\text{PbO}$  和  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  的摩尔比例。<sup>[28]</sup> 图 5-8 为马赛克黄色部分显微形貌图, 表 5-7 为 SEM-EDS 所获得的化学成分分析结果。分析结果表明, 马赛克珠玻璃基体为泡碱型钠钙玻璃,  $\text{Na}_2\text{O}$  的平均含量为 8.58%,  $\text{CaO}$  的平均含量为 6.94%,  $\text{MgO}$  的含量为 0.52%, 同时还检测到一定含量的  $\text{PbO}$  (4.19%)。玻璃基体中含有的乳浊粒子主要为锑酸铅粒子,

此类粒子化学成分特征为 Pb、Sb 含量水平高，分别为 26.51%和 25.74%。除了锑酸铅粒子，还检测到富含 Pb 的粒子，其 PbO 含量为 22.69%。

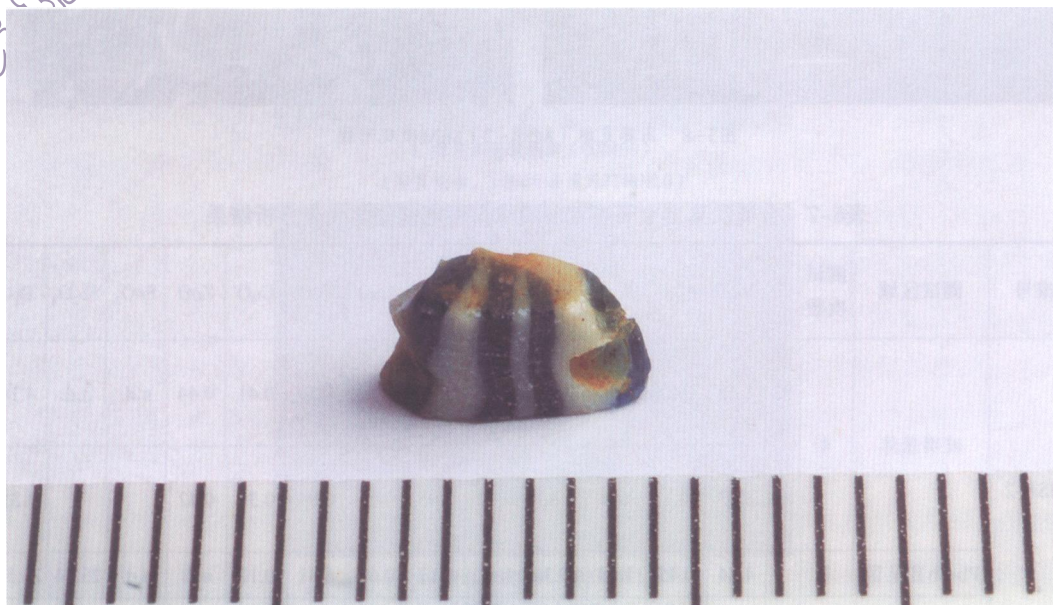


图 5-6 马赛克珠 (MSK-2) (东汉早期, 1992 年 10 月贵县铁路新村卫生所)

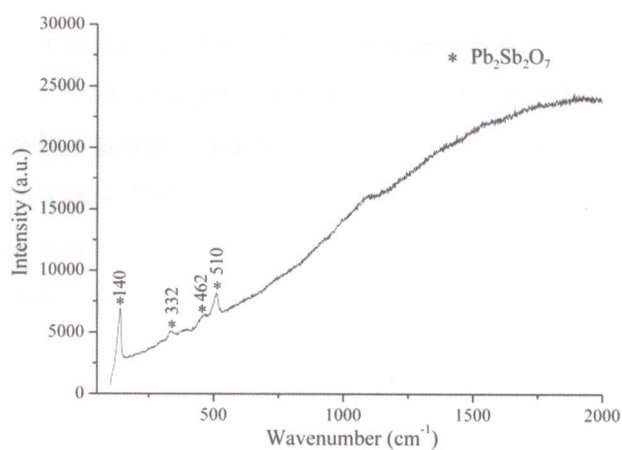


图 5-7 马赛克珠黄色部分锑酸铅(Pb<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)拉曼图谱

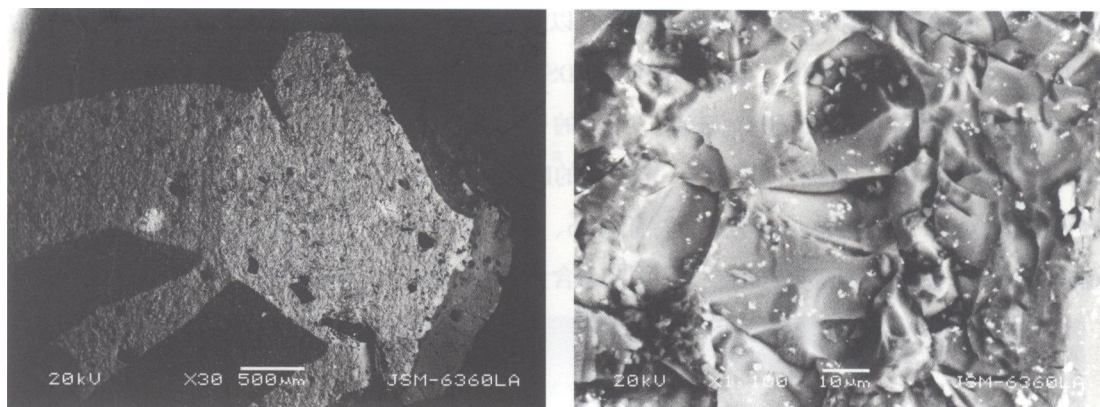


图 5-8 马赛克珠 (MSK-2) SEM 微观形貌

表 5-7 合浦汉墓出土马赛克玻璃珠扫面电镜化学成分分析结果

编号	测试区域	测试次数	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Cl	K <sub>2</sub> O	CaO	FeO	CuO	ZnO	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PbO
MSK-2	玻璃基体	平均值	8.58	0.52	3.22	67.81	1.41	2.77	6.94	1.59	0.41	0.44	n. d.	n. d.	4.19
		标准差	3.03	0.1	0.8	3.81	0.22	1.05	1.05	0.96	0.36	0.42			3.35
	Pb-Sb 富集区	1	4.84	0.45	1.75	29.34	1.44	1.17	0.68	6.81	0.12	n. d.	n. d.	25.74	26.51
	Pb 富集区	1	2.57	1.02	4.53	47.96	1.87	0.51	3.74	3.66	8.95	0.92	n. d.	n. d.	22.69

#### (四) 混合碱硅酸盐玻璃

混合碱硅酸盐玻璃，简称混合碱玻璃，其玻璃中主要助熔剂为 Na<sub>2</sub>O 和 K<sub>2</sub>O，通常来说，二者的含量均不低于 6%，但由于风化作用的影响，实际检测到的 Na<sub>2</sub>O 和 K<sub>2</sub>O 的含量可能会低于 6%。本次所分析的广西合浦汉墓出土玻璃样品中，混合碱玻璃数量并不多，只有 6 件混合碱玻璃样品。从器型上来说，混合碱玻璃珠饰以单色珠为主，颜色主要为乳浊红色、绿色。从时代上来说，西汉时期有 4 件，东汉时期有 2 件。

#### (五) 铅硅酸盐玻璃

铅硅酸盐玻璃，简称铅玻璃，其助熔剂主要为 PbO，含量范围一般在 20%~50%之间。合浦汉墓所测试的玻璃样品中铅玻璃数量较少，仅有 1 件透明绿色双锥形玻璃珠(图 5-9:a)，年代为东汉晚期。另外一串粉红色玻璃珠(图 5-9:b)为高铅玻璃，其化学成分定性分析图谱如图 5-10 所示。



a. 绿色双锥玻璃珠(000456)

(东汉晚期，1986 年合浦风门岭 M10)



b. 粉红色玻璃珠(000418)

(汉代，1976 年 1 2 月合浦罐头厂 M12)

图 5-9 合浦汉墓出土的铅玻璃

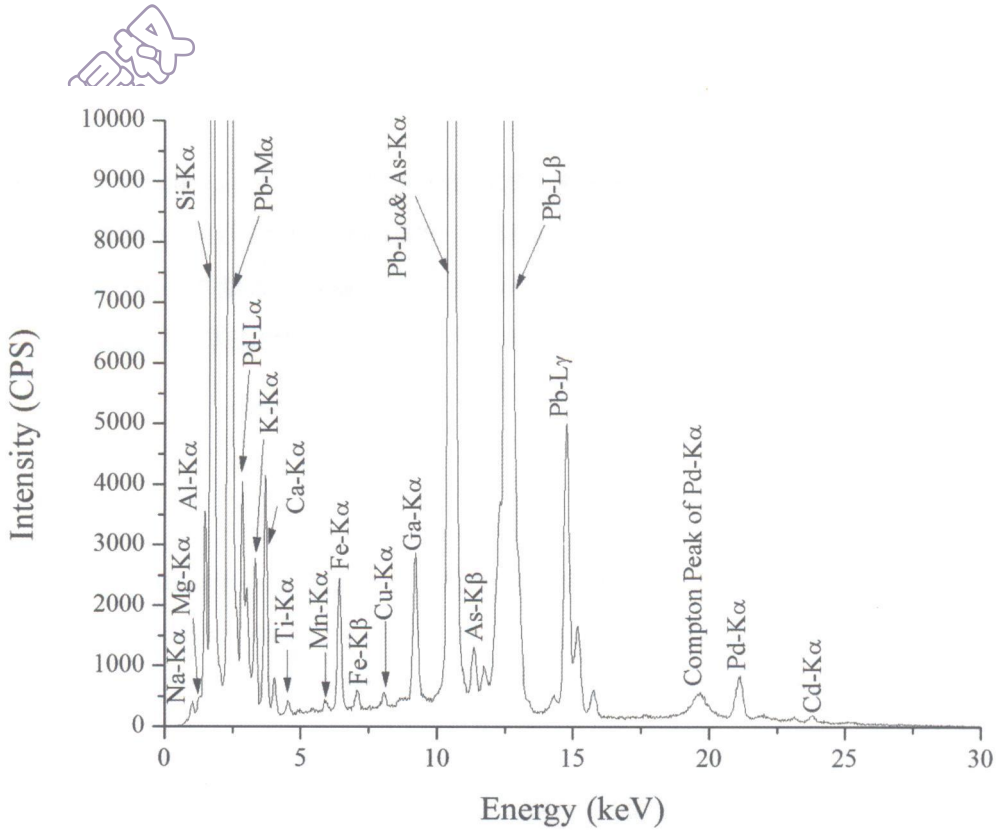


图 5-10 粉红色玻璃珠(000418)化学成分定性分析图谱

### (六) 小结

广西汉墓主要是集中在合浦和贵港两地，其出土的玻璃器包括前面章节所介绍的玻璃器皿、玻璃珠饰等，存在多种玻璃体系，主要有中等钙铝钾玻璃、低钙高铝钾玻璃、铅钡玻璃、混合碱玻璃、泡碱型钠钙玻璃、铅玻璃等类型。基于目前所测试分析的玻璃器物，广西汉墓出土不同玻璃体系数量比例见图 5-11。由图 5-11 可知，两汉时期广西汉墓出土数量最多的是钾玻璃，占总数量的 78%，其中中等钙铝型钾玻璃数量（占 41%）稍多于低钙高铝型钾玻璃（占 37%），铅钡玻璃占总数量的 17%，混合碱玻璃则占 4%，泡碱型钠钙玻璃和铅玻璃数量很少，均占总数量的 0.5%。图 5-12 则给出了玻璃体系与年代的分布规律，由图可知，西汉时期有 4 种玻璃体系，分别是中等钙铝钾玻璃、低钙高铝钾玻璃、铅钡玻璃和混合碱玻璃，其中中等钙铝钾玻璃、低钙高铝钾玻璃数量较多。东汉时期，在西汉时期原有的 4 种玻璃体系的基础上，增加了泡碱型钠钙玻璃和铅玻璃，但数量较少。钾玻璃依然在数量上占有绝对优势。需要注意的是，低钙高铝钾玻璃在东汉时期数量剧增。

仅供阅读 请勿侵权

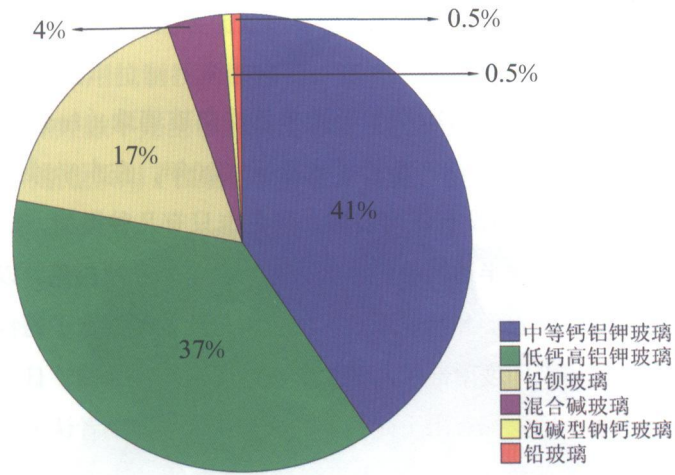


图 5-11 广西汉墓不同玻璃体系饼状图

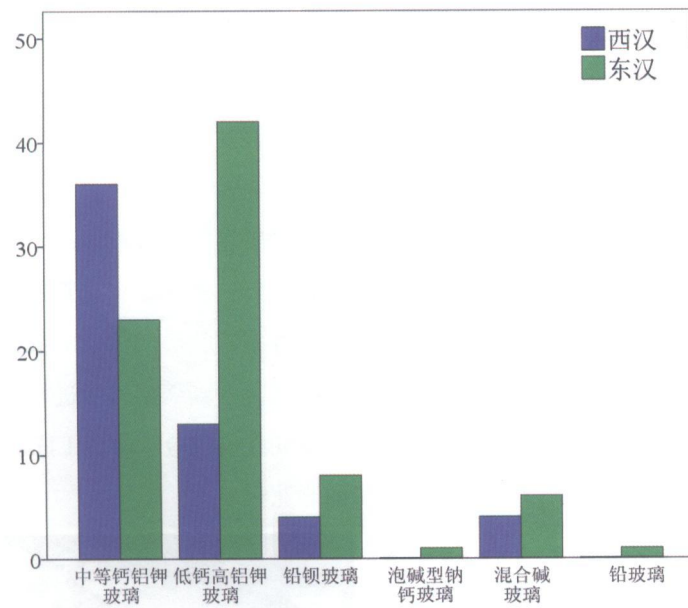


图 5-12 广西汉墓出土玻璃器条形分析图