

第二章 海上丝绸之路沿线古代珠饰科学研究概述

二、东南亚的古代玻璃珠饰

单纯依靠类型学建立东南亚古代珠饰的时空分布模式是十分困难的，珠饰的制作技术和艺术风格都可以通过交流而得到共享，珠饰的原料可以通过同区域内或不同区域间贸易获得，因此制作地与原料产地可能并非一致。就玻璃生产而言，还需要区分初级生产(primary glass production, 即将矿物原料按照一定配方在高温条件下熔制玻璃, 以玻璃锭、块等形式存在, 可理解为“半成品生产”)和次级生产(secondary glass production, 即对初级生产的玻璃或玻璃器碎料等进行重熔和再加工, 制作出最终器物, 可理解为“再加工生产”)。[107]东南亚未发现属于公元前后几个世纪内的初级玻璃生产的考古学证据, 但泰国有些遗址的发掘资料显示其可能进行了次级玻璃生产。现有对亚洲古代玻璃化学成分的分析成果表明, 至少已经使得一些特定成分类型玻璃的分布和贸易路线变得较为清晰。

(一) 东南亚古代玻璃珠饰的主要化学成分体系

目前, 东南亚尚未发现明确早于公元前 400 年的玻璃制品。对泰国(如班东达潘遗址、三乔山遗址、Khuan Lukpat 遗址)、越南(东山文化和沙莹文化遗址, 如 Giong Ca Vo、俄厄)、马来西亚(如 Kuala Selinsing、Sungai Mas)、菲律宾(如巴拉望岛的 Manuggul Cave)、缅甸等国家发现玻璃器的主要遗址和墓葬的研究, 已有文献进行了较好的总结。^[108-113]从化学成分特征来看, 东南亚的古代玻璃有矿物碱型高铝钠玻璃(m-Na-Al 玻璃)、钾玻璃、混合碱玻璃(K_2O 和 Na_2O 的含量均超过 5%)、植物灰型钠钙玻璃(v-Na-Ca)、泡碱型钠钙玻璃(MgO 和 K_2O 的含量通常均低于 1.5%)、高铅玻璃等类型, 制作技术包括拉制、铸造、缠绕等, 器物主要为玻璃珠、手镯、耳饰等小型器物, 铸造法制作的器物部分采用了与宝石加工技术相似的抛磨和钻孔技术。

1. 矿物碱型高铝钠玻璃

矿物碱型高铝钠玻璃(m-Na-Al 玻璃)是海上丝绸之路沿线发现数量最多的一类玻璃(特别是印度-太平洋贸易珠), 分布范围包括非洲、印度、东南亚、东亚, 延续时间从公元前 4 世纪至公元 19 世纪。这类玻璃使用来自矿物的 Na_2O (含量多在 14%~18%)作为助熔剂, 原料可能是一种叫做“reh”的物质(一种钠的碳酸盐、氯化物和硫化物的混合风化物质), Al_2O_3 含量多在 5%~10%, MgO 、 K_2O 含量通常均低于 1.5%, CaO 含量在 3%~9%。Dussubieux 等学者根据其化学成分特征将这类玻璃划分为 5 个亚类, 其中有 2 个亚类(m-Na-Al 1 亚类和 m-Na-Al 3 亚类)与汉代海上丝绸之路交流密切相关。这两个亚类玻璃主要利用微量元素铀(U)、锶(Sr)、钡(Ba)、锆(Zr)等进行区分, m-Na-Al 1 亚类玻璃具有低含量的铀($11 \pm 10 \mu g/g$)和较高含量的钡($931 \pm 432 \mu g/g$)、锶($373 \pm 145 \mu g/g$)、

锆 ($561 \pm 420 \mu\text{g/g}$) (玻璃基体中发现有锆石晶粒); m-Na-Al 3 亚类玻璃具有较高含量的铀 ($98 \pm 87 \mu\text{g/g}$) 和较低含量的钡 ($352 \pm 43 \mu\text{g/g}$)、锶 ($132 \pm 31 \mu\text{g/g}$)、锆 ($193 \pm 27 \mu\text{g/g}$)。^[114] m-Na-Al 1 亚类玻璃在南亚存在时间从公元前 4 世纪至公元 5 世纪, 在东南亚存在时间从公元前 4 世纪至公元 10 世纪。铁器时代东南亚最普遍的是 m-Na-Al 1 亚类玻璃珠、玻璃镯子, 这类玻璃的颜色多变, 有不透明的红色、橙色、黄色、绿色、浅蓝色、黑色, 半透明的蓝绿色, 但未发现使用钴离子着色。印度南部、斯里兰卡西北部 Giribawa 是 m-Na-Al 1 亚类玻璃的一个重要产地, 在公元前 4 世纪至 5 世纪制作并输出这个亚类玻璃 (成品或半成品) 至东南亚地区。^[115,116]

在公元前后的几个世纪内, 东南亚地区可能利用输入的 m-Na-Al 1 亚类玻璃料, 并采用拉制、铸造等技术在本地区进行次级玻璃生产。斯里兰卡南部 Godavaya 附近海岸的古代沉船 (公元前 2 世纪至公元 2 世纪) 中发现有 12 个蓝色馒头状 (bun-shaped) 玻璃锭, 每个锭底部直径约 20 cm、重 2~3 kg, 其化学成分分析结果显示, 这些玻璃为高铝钠 (钙) 玻璃, 为海上丝绸之路沿线玻璃原料的流通提供了实物证据。^[117]

m-Na-Al 3 亚类高铝钠玻璃目前只在泰国的三乔山遗址、Khao Sek 遗址, 越南沙莹文化遗址 Giong Ca Vo 等地有发现, 延续时间短 (公元前 4 世纪至公元前 3 世纪), 似乎仅在南中国海贸易网络内较小区域进行流通。泰国三乔山遗址发现的采用宝石加工技术制作的玻璃珠和手镯, 采用的是一种绿色半透明玻璃 (可能用于模仿天然祖母绿), 具有明显的本地特色, 另外该遗址发现有加工作坊和未加工完成的玻璃制品等与玻璃制作相关的证据。^[118] 尽管有分析显示东南亚 m-Na-Al 3 类型玻璃与印度北部 Kopia 发现的一些玻璃制品关系密切^[119], 但不能排除三乔山等遗址发现的珠饰是利用从印度输入的原材料在当地制作的可能性。

其他发现高铝钠玻璃比较多的是地点有泰国孔通的路宽把特村、越南的俄厄、印度尼西亚的 Gilimanuk、马来西亚吉打州的布秧山谷等。^[120-123]

需要指出的是, 在巴基斯坦、印度北部、中国新疆等地还发现有植物灰型高铝钠玻璃 (v-Na-Al 玻璃), 其中的 Al_2O_3 含量高于 4%, CaO 含量在 50~8%, 但是 MgO、 K_2O 含量均高于 1.5%, 应是使用了植物灰作为原料之一, 可能的产地是巴基斯坦的 Bara 遗址 (时间从公元前 2 世纪至公元 2 世纪)。^[124] 从特征来看, 称其为植物灰型高铝钠钙玻璃 (v-Na-Ca-Al 玻璃) 更为合理。

2. 钾玻璃

钾玻璃珠饰是亚洲分布最广的另外一类古代珠饰, 与高铝钠玻璃一样, 绝大多数珠子采用了拉制法, 少量为铸造后再进行冷加工。在早期研究中, 由于对其化学成分的检测较少, 学者们所说的印度-太平洋贸易珠是同时包含了这两个成分体系的玻璃珠。钾玻璃珠饰在亚洲的出现时间约从公元前 4 世纪一直延续到公元 5 世纪, 在公元初的几个世纪内,

钾玻璃似乎一直在慢慢被高铝钠玻璃替代，在公元3世纪之后其数量锐减。

亚洲发现的古代钾玻璃是以矿物来源的 K_2O [可能来自硝石(KNO_3)]作为主要助熔剂，其重量百分比通常为12%~18%；氧化镁(MgO)的含量通常低于1%。根据其中氧化钙(CaO)、氧化铝(Al_2O_3)以及微量元素铷(Rb)、锶(Sr)的含量和重量比(Rb/Sr)^[125-127]，可以将其划分为以下3个亚类：

(1) 低铝高钙钾玻璃： $m-K_2O-CaO-SiO_2$ 玻璃 ($m-K-Ca$ 亚类)。这个亚类的钾硅酸盐玻璃中的 Al_2O_3 含量通常低于10% (最高不超过3%)，而 CaO 含量多在3%~8%之间。

(2) 低钙高铝钾玻璃： $m-K_2O-Al_2O_3-SiO_2$ 玻璃 ($m-K-Al$ 亚类)。这个亚类的钾玻璃中的 CaO 含量通常低于1%， Al_2O_3 含量多为5%~10%。 Rb 与 Sr 的质量比值大，通常在5~20或更高。

(3) 中等钙铝钾玻璃： $m-K, O-CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 玻璃 ($m-K-Ca-Al$ 亚类)。这个亚类的钾硅酸盐玻璃中的 CaO 、 Al_2O_3 含量通常都在1%~4%。 Rb 与 Sr 质量比值小，通常小于3。

不同亚类钾玻璃成分的差异可能与采用了不同的石英砂有关。 $m-K-Ca$ 亚类钾玻璃目前主要发现于泰国的班东达潘以及缅甸的萨蒙河谷(Samon Valley)地区^[128-130]，而 $m-K-Ca-Al$ 亚类钾玻璃在海上丝绸之路沿线的南亚、东南亚、东亚地区广泛分布，在韩国发现的不同亚类钾玻璃的年代主要在1~3世纪^[131]，在俄罗斯和哈萨克斯坦边境地区波克罗夫卡(Pokrovka)的萨尔马提亚人早期墓葬(公元前4世纪至公元前2世纪)^[132]和中国新疆多地(战国至汉晋)都有发现^[133]。而 $m-K-Al$ 玻璃则主要发现于中国广西、越南东山文化遗址、泰国三乔山、缅甸北部等地区，其中这个亚类的玻璃器皿主要发现于合浦汉墓，判断属于环南海贸易圈的一个钾玻璃亚类。^[134]目前，学者们比较一致的看法是印度(北部和南部)、东南亚、中国合浦周边地区可能分别存在钾玻璃的生产或制作中心。从目前考古资料来看，钾玻璃在海七丝绸之路沿线的分布时间下限是公元5世纪。

有学者将南亚和东南亚的矿物碱型高铝钠玻璃按时间大致划分为：非常早期[公元前5世纪至公元前2世纪(或公元前1世纪)]、早期[公元前3世纪(或公元前2世纪)至公元5世纪]、晚期(公元5世纪后)三个阶段，每个阶段中玻璃器的主要产地、化学成分特征、贸易规模等具有不同特征。^[135]在公元前4世纪至公元3世纪，钾玻璃和高铝钠玻璃均在东南亚区域内流通，这两类早期玻璃的分布规律尚需进一步研究。

3. 混合碱玻璃及其他

在东南亚也经常发现有混合碱玻璃。不透明橙色或红色的混合碱玻璃珠在南亚和东南亚都广泛发现。^[136, 137]以铜离子着色的蓝色和红色的拉制玻璃珠在泰国三乔山遗址有发现，可能是 $m-Na-Al$ 3亚类高铝钠玻璃与钾玻璃的混合物。这类玻璃珠在泰国的班东达潘也有发现。泰国Ban Non Wat和诺乌罗遗址发现有混合碱玻璃珠，时间在公元前200年至公元400年。这种橙色不透明混合碱玻璃珠并不是拉制珠，而是缠绕珠(将玻璃熔体围绕一个

金属棒缠绕，以生产一种长的薄管或切割为圆盘状珠)；橙色的混合碱玻璃的成分在一个较宽的范围内变化，反映出可能存在多个制作地点。^[138]

矿物碱型钠钙铝玻璃(m-Na-Ca-Al 玻璃)是早期铁器时代东南亚发现的另外一种成分体系的玻璃，其中 Al_2O_3 含量多为2%~5%，CaO含量可高达7%，微量元素铀的含量较高(21±6 μg/g)。在不考虑微量元素的情况下，m-Na-Ca-Al 玻璃很容易与叙利亚、巴勒斯坦地区的一些玻璃混淆。m-Na-Ca-Al 玻璃在阿里卡梅度遗址出土的玻璃中占有很大的比例，斯里兰卡的阿努拉达普拉(Anuradhapura)和Ridiyagama都有发现此种类型的玻璃。其中，一些绿色、红色和黑色的玻璃样品的化学成分非常特殊，称为“Arika”类型，其中的 K_2O 和MgO存在明显的线性正相关性。“Arika”类型玻璃仅在印度南部的Alagankulam(公元前300年至公元300年)，斯里兰卡的凯勒尼耶(Kelaniya)(公元前300年至公元200年)有发现。^[139,140]东南亚地区发现的Arika类型、m-Na-Ca-Al 类型玻璃主要分布在泰国的金山镇、孔通区和柬埔寨的Phum Snay等地，技术上可能与印度的阿里卡梅度遗址有密切的关系。但是，金山镇发现的这类玻璃数量较大，可能是在当地制作。^[141]这类玻璃中有助离子着色的深蓝色珠饰。

中国两汉时期，东南亚还发现有来自罗马地域内的泡碱型和植物灰型钠钙玻璃，但总体数量较少。较晚时期(9~16世纪)，发现有来自中国的铅玻璃、钾铅玻璃。^[142]

(二) 几个重要遗址出土的玻璃珠饰的科技分析

1. 泰国三乔山遗址出土的玻璃珠饰

与红玉髓、蚀刻石髓珠、高锡青铜器等器物一样，三乔山遗址发现的玻璃器同样显示了这一遗址在海上丝绸之路贸易、技术传播、人群移动等研究领域中的重要作用。^[143,144]现有考古学和科技分析资料都表明，在公元前4世纪至公元前3世纪期间，三乔山遗址所连接的庞大贸易网络已形成，所生产的玻璃和石质珠饰与缅甸、菲律宾、中国的合浦和广州等地有密切联系。尽管三乔山遗址制作玻璃和石质珠饰的技术以及原材料可能来源于印度北部，但化学成分特征接近的玻璃制品在柬埔寨吴哥博雷，泰国的诺乌罗、孔通，以及越南的俄厄等地很少有发现，这从侧面反映了海上丝绸之路货品贸易可能是由多个不同的流通路径来完成。

三乔山遗址发现的2000多件玻璃器包括加工完成的拉制玻璃珠、带有红色线条装饰的黑色玻璃珠、马赛克玻璃珠，以及铸造后采用宝石学工艺加工的多面体玻璃珠(图2-14)；小块的玻璃块、留有热加工工具痕迹的玻璃废料、玻璃镏残片等可能显示次级玻璃加工的证据，如热加工和冷加工技术相结合制作的玻璃珠和多面体玻璃珠；直径小于3 mm的拉制玻璃珠、直径为1 cm左右的缠绕珠或铸造珠，以及直径为数厘米的玻璃镏。^[145-147]

根据对三乔山遗址2号山丘发现的157件玻璃制品的电感耦合等离子体质谱

(LA-ICP-MS)分析结果, 其中 61%的样品以 Na_2O 作为主要助熔剂, 这些玻璃制品的化学成分体系包括以下几个方面: (1) m-Na-Al 3 亚类矿物碱型高铝钠玻璃, 其中铀的含量较高 (18 件样品中铀含量平均为 $157 \pm 115 \mu\text{g/g}$, 有些样品中铀含量接近 $400 \mu\text{g/g}$)。 (2) 钾玻璃, 包括 m-K-Al (29 件) 和 m-K-Ca-Al (79 件) 两个亚类, Rb、Sr 质量比值分别为 1.5~3.0 和 14, 数量约占所分析样品的 21%。 (3) 混合碱玻璃, 约占所分析样品的 15%。 其中, NaO 和 K_2O 的平均含量 (5 件样品) 分别约为 9.61%和 7.06%。 (4) 少量的 m-Na-Al 1 型玻璃、植物灰型钠钙玻璃和泡碱型钠钙玻璃。^[148]



a



b

图 2-14 在三乔山遗址出土的各式不同质地的珠饰、玻璃料块 (泰国春蓬国立博物馆藏, 笔者摄)

与三乔山遗址发现的 m-Na-Al 3 亚类矿物碱型高铝钠玻璃（主要是翠绿色的玻璃镯、多面体玻璃珠）相似的制品，在柬埔寨的 Krek 52/62 遗址和越南南部沙莹文化遗址中均有发现，但在三乔山的居址区域很少发现，可能主要用于出口。^[149]三乔山遗址发现的 77 件拉制玻璃珠则同时有 m-Na-Al 3 高铝钠玻璃（8 件）、m-K-Al（42 件）和 m-K-Ca-Al（16 件）钾玻璃、混合碱玻璃（2 件）、m-Na-Al 1 高铝钠玻璃（5 件）、植物灰型钠钙玻璃（3 件），也显示了该遗址可能是一个次级玻璃加工、贸易中心。从着色特征来看，铁离子着色的浅绿色玻璃最多（104 件），不同成分体系玻璃中均有发现。m-K-Ca-Al 亚类钾玻璃的颜色最为丰富，着色离子包括铁离子、铜离子、钴离子等。m-K-Al 亚类钾玻璃主要为铁离子、铜离子着色。铜离子着色的钾玻璃、混合碱玻璃中含有少量的铅(Pb)、锡(Sn)，为半透明的蓝绿色玻璃珠。

2. 泰国克拉地峡孔通的玻璃珠饰

孔通区宽路把特村遗址发现有大量的各色印度-太平洋贸易珠、双锥形珠(图 2-15:a)、辉映鸟纹珠(图 2-15:b)、无花果形珠(图 2-15:c)、黑色带棕红色和白色线条装饰珠(当地人称为“同旗莎蓝珠”，图 2-15:d)、夹金分段珠(图 2-15:e)，以及系领状珠、马赛克眼纹珠等风格的玻璃珠。^[150]孔通发现的马赛克玻璃中比较特殊的是当地人称为“太阳神珠”的人面形珠饰(图 2-16)，除孔通外仅在中国新疆的营盘墓地(出土地点为 99BYM45:3)中有发现此类珠饰。^[151]



图 2-15 泰国孔通地区出土的各式玻璃珠饰^[152]



图 2-16 泰国孔通出土的人面形玻璃饰，属植物灰型钠钙玻璃^[153]

Kuan Luk Pad 在泰语中的意思是“珠丘”(bead hill)，这也说明了该遗址发现的玻璃、石质珠饰的数量是很大的。与泰国南部其他遗址状况相似，孔通遗址的盗掘也十分严重，该地区目前只进行了少量科学发掘，对遗址年代的判定主要依赖所发现的钱币、印章、戒面的宝石微雕等器物，大致年代是从 1 世纪（或 2 世纪）至 7 世纪。从对采集的 200 多件样品的科技分析结果来看，数量最多的是 m-Na-Ca-Al 玻璃，约为样品总数的 39%，约 33% 的样品为 m-Na-Al 玻璃，约 26% 的样品为 v-Na-Ca 玻璃，只有约 2% 的样品属于钾玻璃。^[154]这与三乔山遗址发现的玻璃制品的成分体系、不同成分体系玻璃的数量比例，都明显不同。

m-Na-Al 玻璃有超过 80% 的样品为拉制的印度-太平洋贸易珠，直径为 1~6 mm，从其中铀的含量看（14~47 $\mu\text{g/g}$ ）应属于 m-Na-Al 1 亚类玻璃，可能自南亚输入。m-Na-Ca-Al 玻璃中 Al_2O_3 和 CaO 平均含量分别为 5.0% 和 5.4%，器物包括非拉制技术制作的珠饰、马赛克珠、玻璃镯，多采用铁离子、钴离子着色，部分为铜离子着色，有加工证据（如重达数千克的玻璃块、玻璃热加工废料）表明至少有部分 m-Na-Ca-Al 玻璃可能为孔通当地制作。另外，孔通也发现有来自罗马帝国的夹金玻璃珠。

3. 泰国 Khao Sek 遗址的玻璃珠饰

Khao Sek 遗址与三乔山遗址的珠饰手工业有惊人的相似性，都生产相似的史前晚期南海风格(Late Prehistoric South China Sea Style)器物，这两个遗址可能属于互补的贸易港口，为了控制跨越泰国-马来半岛的路线而形成了一定的联盟。Khao Sek 遗址可能作为一个控制朗萱河河口的前哨，并将货品重新分配到三乔山遗址，而较大规模的三乔山遗址则在一定程度上充当了国际市场的作用，吸引来自国外的工匠和商人。^[155]

Khao Sek 遗址的玻璃材料主要发现于遗址西侧朗萱河一条小支流的岸边，为这块土地的所有者挖掘出的，绝大多数没有明确的考古背景资料。该遗址至少发现了数千件玻璃制品，包括大量未成形的玻璃碎片、加工完成的玻璃镯、印度-太平洋贸易珠、多面体珠等（图 2-17）。^[156]其中，未成形玻璃碎片或原料有蓝绿色、绿色、黑色、深蓝色等。玻璃珠

的制作方法主要为拉制、采用宝石加工技术制作。拉制珠的颜色主要为不透明红色和透明深蓝色，未发现显示拉制珠在当地制作的证据。Khao Sek 遗址发现有超过 100 件采用宝石加工技术制作的珠饰，为透明绿色、半透明深蓝色、近无色，形状多样，大量可能在制作过程中敲击形成的玻璃碎片表明这些珠饰可能是当地制作的。约 80% 的玻璃镯为透明绿色，约 14% 为黑色，截面形状包括半圆形、五边形、三角形等。



图 2-17 在泰国 Khao Sek 遗址出土的玻璃珠饰及碎片^[157]

在 Khao Sek 遗址发现的玻璃制品中有 45 件经过了 LA-ICP-MS 分析。根据化学成分特征，这些玻璃制品分别属于以下几个类别：(1) 钾玻璃，共 22 件，约占所分析样品总数的 49%；(2) m-Na-Al 3 亚类高铝钠玻璃，共 19 件，约占所分析样品总数的 42%；(3) v-Na-Ca 玻璃，共 4 件，约占所分析样品总数的 9%。^[158] 钾玻璃中有 4 件可明确划分为 m-K-Al 亚类（包括 1 件镯），8 件可划分为 m-K-Ca-Al 亚类。从发表的数据来看，m-K-Al、m-K-Ca-Al 两个亚类钾玻璃都有使用锰离子着色（MnO 含量约为 1%），微量元素钡(Ba)含量都较高（1000~1400 $\mu\text{g/g}$ ），在制作技术上存在一定联系。有 2 件 m-K-Ca-Al 亚类钾玻璃采用钴(Co)离子着色(钴含量分别约为 0.12% 和 0.11%)，但锰(Mn)的含量较低(0.04%)，同时砷(As)的含量(分别为 453 $\mu\text{g/g}$ 和 747 $\mu\text{g/g}$)也明显高于其他深蓝色钾玻璃，这与中国合浦发现的钴离子着色钾玻璃中含有较多的锰(MnO 含量高于 1%)和铁明显不同。^[159]

至于 Khao Sek 遗址发现的 m-Na-Al 3 亚类高铝钠玻璃的颜色有橙色、不透明红色、黑色、透明绿色，着色主要与铁离子、铜离子或金属铜有关，橙色样品中 CuO 含量可高达 9.4%，同时 Fe₂O₃ 的含量可高达 4.2%。这类玻璃与三乔山遗址的同成分体系玻璃存在密切关系，另外其在印度北部的 Kopia 遗址也有发现^[160,161]，确切的生产地尚需进一步研究。Khao Sek 遗址发现的 v-Na-Ca 玻璃中有 1 件采用钴离子、铜离子共同着色，并含有微量砷

(300 $\mu\text{g/g}$)；另外 2 件不透明绿色珠子中含有 0.5%~0.7%的 SnO_2 、3.0%~6.6%的 PbO 、0.5%~0.7%的 CuO ，为锡酸铅和铜离子共同着色。从钴料特征和采用锡酸铅作为着色剂和乳浊剂来看，这些 v-Na-Ca 玻璃应该来自罗马帝国范围内。

4. 泰国差那港的玻璃珠饰

差那港是泰国南部著名的古珠产地之一，在这发现有大量的玻璃、石质珠饰、金质珠饰，如印度-太平洋贸易珠、橙色的圆盘形玻璃珠、螺旋形玻璃珠、蓝色或黑色基体上装饰白色条纹的玻璃珠、系领状珠（玻璃和石质的均有）、分段珠，以及蚀刻石髓珠、红玉髓、水晶、玛瑙、费昂斯等石质珠饰（图 2-18）。^[162]



图 2-18 泰国差那港采集的各式玻璃珠^[163]

2012 年 4 月，中国科学院上海光学精密机械研究所科技考古中心通过国际学术合作，采用能量色散型 XRF 技术分析了 57 件采自差那港的玻璃样品，包括未抛光的玻璃耳珥、器皿残片、珠饰、未成形玻璃块等（图 2-19），颜色有蓝、绿、红、黄等，时间为公元前 1 世纪至公元 4 世纪。根据分析结果表明，样品化学成分体系包括钾玻璃（28 件）、钠钙玻璃、矿物碱型钠铝玻璃（18 件）和钾铅玻璃。钾玻璃有中等钙铝（m-K-Ca-Al）、低钙高铝（m-K-Al）两个亚类；钠钙玻璃有植物灰型和泡碱型钠钙玻璃两个亚类。其中，低钙高铝钾玻璃 16 件，中等钙铝钾玻璃 12 件，泡碱型钠钙玻璃 5 件，植物灰型钠钙玻璃 4 件，钾铅玻璃 2 件。样品主要采用铁、铜、钴等过渡金属元素离子着色，不透明红色样品中可能有 Cu_2O 或金属铜，不透明黄色玻璃样品采用锡酸铅着色。其中，深紫色玻璃耳珥为中等钙铝钾玻璃， CoO 含量为 0.16%，并且含有较多的 Fe_2O_3 (2.68%) 和 MnO (4.11%)。两件钾铅玻璃中的 PbO 含量分别为 11.82% 和 17.03%， K_2O 含量分别为 11.73% 和 7.03%。差那港区发现

玻璃制品化学成分多样性，说明这些玻璃制品是多来源的，也反映了该地区是海上丝绸之路贸易的活跃地带。



图 2-19 差那港采集的部分玻璃样品

5. 缅甸萨蒙河谷地区的古代玻璃

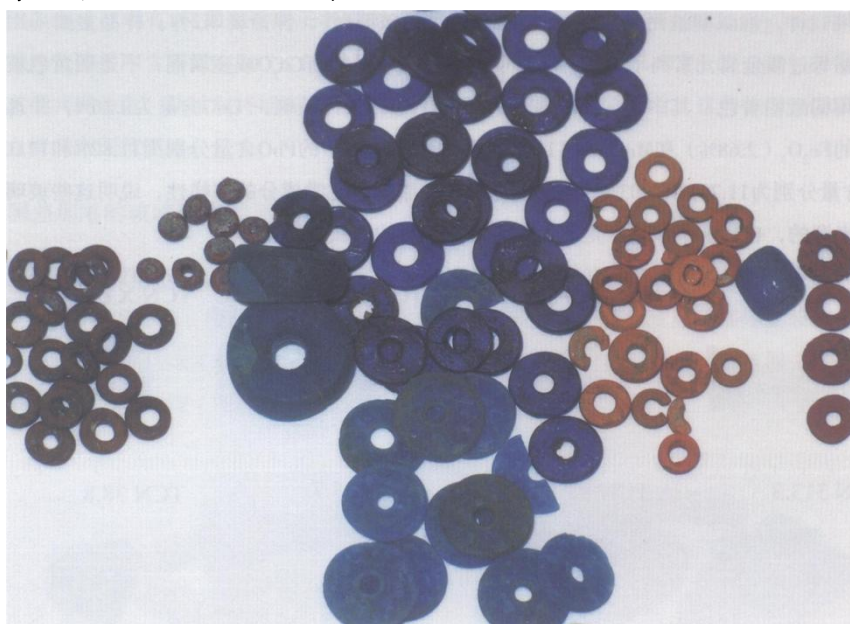


图 2-20 缅甸萨蒙河谷出土的玻璃珠饰(图中最大的珠饰直径为 10 mm)^[165]

缅甸的萨蒙河谷 Htan Bo、Htan Ta Pin 等地发现的玻璃制品主要为红色、橙色、深蓝色、蓝绿色的圆环状、圆盘状、轮胎状、管状、椭圆状等形状玻璃珠（图 2-20），另外有 2 件玻璃耳饰，透明度从不透明至半透明，主要采用拉制技术制作，年代为公元前 1000 年的中期至晚期。^[164]

Dussubieux 和 Pryce 从萨蒙河谷发现的 472 件玻璃制品中挑选了 63 件，采用 LA-ICP-MS 技术对其化学成分进行了分析。其中保存状况较好的 54 件样品根据其助熔剂的种类和其他成分特征，可以划分为 3 个主要的成分类型：(1) 钾玻璃（29 件），其中 K_2O 含量最低为 11%， Na_2O 含量最高为 3%；(2) 矿物碱型高铝钠玻璃（m-Na-Al 玻璃，18 件），其中 K_2O 含量最高为 6%， Na_2O 含量最低为 10%；(3) 混合碱玻璃（7 件）， K_2O 、 Na_2O 含量接近，在 5%~11% 之间。根据 Al_2O_3 、 CaO 、 Ba 、 Sr 、 U 、 Zr 等少量或微量组分分析，其中的钾玻璃包含 m-Ka-Ca、m-K-Ca-Al、m-K-Al 3 个亚类，而 m-Na-Al 玻璃（均为红色， CuO 含量在 1.3%~3.7%）属于 m-Na-Al 3 亚类。^[166] 通过比较萨蒙河谷与印度、中国南部、泰国班东达潘、越南 Giong Ca Vo 等地发现的玻璃制品的化学成分特征、钾玻璃中钕 (Nd) 和锶 (Sr) 的同位素特征^[167-171]，Dussubieux 和 Pryce 认为萨蒙河谷发现的 m-Na-Al 3 亚类玻璃可能与印度东北部恒河流域存在密切关系，部分 m-K-Ca 玻璃与泰国班东达潘遗址发现的同类制品可能来自同一作坊，对其余玻璃的来源则没有明确结论。橙色的圆盘状和圆环状的混合碱玻璃珠饰在泰国南部的差那港、孟河 (Mun River) 河谷的 Ban Non Wat 和诺乌罗等地均有发现^[172]，可能与萨蒙河谷的混合碱玻璃存在一定联系。根据萨蒙河谷发现的玻璃器的科技分析结果表明，在公元前 1000 年的中、晚期，这一地区是连接印度恒河流域、泰国南部和中部、越南南部的贸易网络的有机组成部分。

6. 柬埔寨的古代玻璃

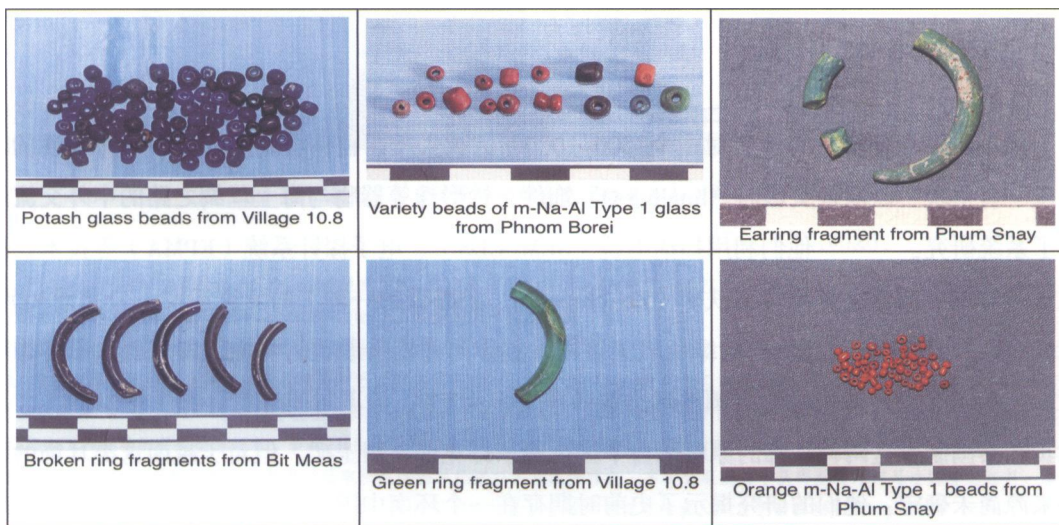


图 2-21 柬埔寨几个遗址出土的玻璃珠饰^[174]

柬埔寨是东南亚铁器时代（公元前 500 年至公元 500 年）贸易网络的重要组成部分，

所发现的玻璃和石质珠饰对于海上丝绸之路沿线和东南亚大陆区域内的交流研究，都具有重要意义。卡特(A. Carter)在2010年对Bit Meas(公元前200年至公元100年)、Phnom Borei(公元前700年至公元前100年)、Phum Snay(公元前350年至公元200年)、Prei Khmeng(公元100~600年)、波赫(公元前200年至公元100年)、Village 10.8(公元前400年至公元50年)这6个遗址所发现的玻璃制品的科技分析结果进行了报道，部分器物的照片见图2-21。^[173]从3151件样品中选取157件玻璃珠，采用LA-ICP-MS技术进行了分析。

根据分析结果，柬埔寨东南的波赫、Bit Meas和Village 10.8这3个遗址的玻璃珠绝大多数为钾玻璃(含m-K-Al和m-K-Ca-Al两个亚类)，而其他3个遗址的玻璃主要为高铝钠玻璃(m-Na-Al 1亚类)，仅有少量钾玻璃。不同成分体系玻璃珠在分布特征上有明显不同，这可能显示了不同成分体系玻璃的传播途径是不同的。在波赫遗址还发现了较多的m-Na-Ca-Al玻璃，Phum Snay和Prei Khmeng遗址发现有少量植物灰型钠钙玻璃(v-Na-Ca玻璃)。从器物种类来看，除珠子外，Phum Snay遗址发现有m-K-Ca-Al亚类钾玻璃制作的不透明蓝绿色、深蓝色耳饰或环，在Bit Meas遗址发现有m-K-Ca-Al玻璃制作的蓝绿色玻璃镯残件、深蓝色和绿色耳饰。