

新疆阿敦乔鲁墓地出土釉砂分析研究*

谭宇辰¹ 王颖竹² 丛德新³ 贾伟明⁴

(1. 北京科技大学科技史与文化遗产研究院; 2. 首都博物馆保护科技与传统技艺研究部;
3. 中国社会科学院考古研究所; 4. 澳大利亚悉尼大学)

关键词: 阿敦乔鲁, 釉砂, 青铜时代, 生业互动

摘要: 新疆西北端阿敦乔鲁墓地是西天山地区一处青铜时代早期遗址, 该墓地 SM41 出土 47 件连体串珠经鉴定是目前中国境内发现年代最早的釉砂制品。本文选取 6 件釉砂珠通过电子探针进行分析, 结果显示均为混合碱类型。6 件釉砂采用内芯成型法制成, 成分特征与埃及、欧洲较为接近。对其研究为早期釉砂的传播与交流提供新的证据, 也进一步补充对欧亚草原青铜时代生业互动模式的研究。

KEYWORDS: Adunqiaolu, Faience, Bronze age, Interaction of subsistence strategies

ABSTRACT: The Adunqiaolu cemetery is an Early Bronze Age site in the Western Tianshan mountains region, Northwest Xinjiang. Tomb no. SM41 at the site yielded 47 pieces of faience beads, representing the earliest faience products that were found in China. This paper reports the analytical results of six pieces in the assemblage. Scientific analysis shows that the six pieces have high Na glaze and were made from a prepared inner core. The technological characteristics of these six pieces are similar with thoes discovered in Egypt and Europe. Therefore, the discovery from the Adunqiaolu cemetery provides new information for studying the spread of faience technology and interaction between different subsistence strategies during the Bronze Age in the Euroasian Steppe.

新疆西部的阿敦乔鲁遗址出土 47 件连体串珠饰件, 经鉴定为釉砂制品, 这是目前新疆西天山地区首次发现釉砂。这些釉砂出现的时间和位置都处于东西方釉砂存在的中间环节, 对于釉砂传播的研究提供了新的、关键的实物资料。本文首先通过阿敦乔鲁连体串珠的结构和成分特征进行定性分析, 考察其技术特点, 最后初步探讨阿敦乔鲁连体(釉砂)串珠与西方以及黄河流域出土的同类器物的联系与区别。

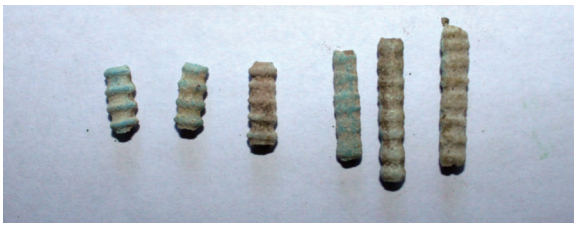
一、材料及实验方法

阿敦乔鲁遗址位于新疆博尔塔拉河中游河谷北侧, 阿拉套山山前坡地, 地处温泉县城西

北约 41 公里处, 是一处同时包含有房址和墓地的综合性遗址。遗址年代集中于公元前 19 世纪至公元前 15 世纪的范围内^[1]。此次发现的 47 件连体串珠, 全部出自墓葬 SM41 (图一)。SM41 碳 14 测年距今为 3330 ± 30 , 经 Oxcal 校正为公元前 1661 ~ 公元前 1546 (置信区间 1σ)。

选取 6 件有代表性的连体串珠残片, 使用浓度为 3% 的 B72 溶液加固 6 件样品, 样品编号 ADQL001 ~ 006。切取 6 件样品的断面用环氧树脂包埋, 打磨后抛光, 喷金。采用日立 S-3600N 扫描电子显微镜观察釉砂的显微结构, 使用岛津 EPMA-1720H 电子探针进行微区成分分析, 工作电压 15kV, 束流 $20\mu\text{A}$, 束斑直径 $5\mu\text{m}$ 。

*本研究得到 2019 年度国家社会科学基金重大项目“新疆温泉阿敦乔鲁遗址与墓地综合研究”(项目批准号: 19ZDA226) 资助。阿敦乔鲁资料现存于中国社会科学院考古研究所博尔塔拉河流域课题组。



图一 阿敦乔鲁 SM41 出土连体串珠状釉砂

二、实验结果及讨论

(一) 阿敦乔鲁连体串珠的定性分析

阿敦乔鲁连体串珠的显微结构为非均质的烧结态，断面呈现颗粒物与玻璃相胶结的特征，连体串珠的外表层和亚腰位置的玻璃相较多，内层玻璃相对较少、孔洞相对较多，穿孔内粘附有高亮颗粒物，可能是残留的内芯材料或后期环境污染引入的杂质。

成分分析显示（图二），6件连体串珠中的颗粒物大部分为石英颗粒；玻璃相的 SiO_2 含量在 70 ~ 77% 之间，主要熔剂为 Na_2O 在 8 ~ 9% 之间、 K_2O 含量在 3 ~ 6% 之间。6件样品的大部分测试区域 $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 比值在 1.5 左右波动，少数区域比值超过 2。6件样品中还有一定量的 CaO （含量在 1 ~ 5% 范围）， MgO 含量在 1% 左右。6件釉砂的主要着色元素为铜， CuO 含量 3 ~ 8%（表一）。从阿敦乔鲁 6 件珠饰的结构和成分来看，它们均属于混合碱釉砂^[2]。

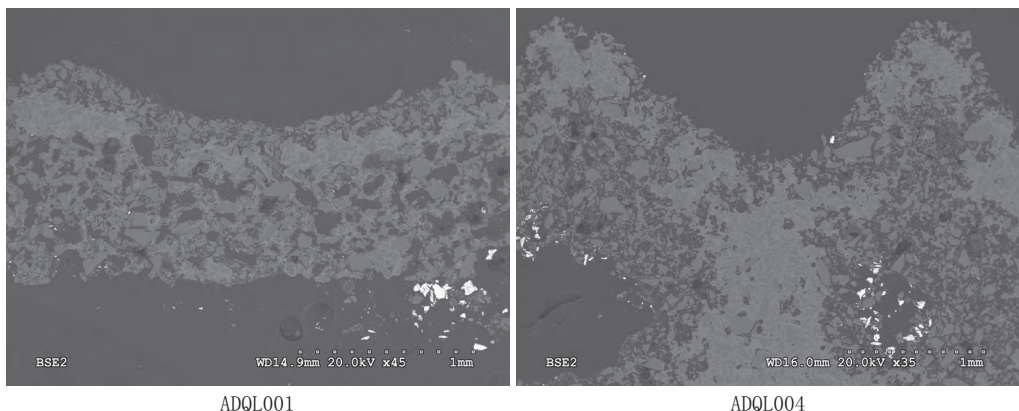
(二) 阿敦乔鲁釉砂的原料

釉砂的主要原料为石英、助熔剂和着色剂。石英有两种可能来源，一种为杂质含量较少的石英石，另一种是杂质含量较多的石英砂，后者通常含有一定量的石灰石、贝壳、长石、铁或钛氧

化物等杂质^[3]。阿敦乔鲁的 6 件釉砂铁、钛等杂质含量较低，大部分样品的 Fe_2O_3 含量低于 0.5%，所有样品的 TiO_2 含量不超过 0.2%，说明所用原料的杂质含量较少。值得注意的是，阿敦乔鲁釉砂含有多寡不等的 CaO ，虽然 CaO 与 SiO_2 含量的线性关系不显著，但仍可见两者之间存在一定的负相关趋势（图三），这说明 CaO 不是 SiO_2 引入的杂质。从现有材料看，阿敦乔鲁釉砂使用较纯净的石英石的可能性较大。

除石英外，助熔剂也是釉砂的重要原料，助熔剂可降低石英熔融温度，促进玻璃相的形成。西方学术界对混合碱釉砂的助熔剂原料存在不同认识。Robert H. Brill^[4] 提出混合碱熔剂的三种可能来源，其中就包括不纯净的天然泡碱和经过提纯后的草木灰。Alison Sheridan^[5] 和 Ivana Angelini^[6] 主张草木灰或耐盐植物灰可能是混合碱的熔剂原料，而 Julian Henderson^[7] 则主张混合碱的助熔剂氧化钠、氧化钾分别来自两种矿物原料。然而泡碱约在公元前 1 千纪大规模用于制作釉砂和玻璃^[8]，阿敦乔鲁釉砂的年代明显早于天然泡碱大规模使用的年代；此外，釉砂中 CaO 和 MgO 含量的高低也受制作过程的影响^[9]， CaO 和 MgO 含量偏低的情况既可能是原料本身所含钙、镁较低，也可能是对原料进行提纯处理后作为杂质被排除出去。所有这些因素，无疑增加了判断混合碱釉砂原料的复杂性。

(三) 阿敦乔鲁釉砂的技术特征



图二 阿敦乔鲁连体串珠 ADQL001 和 ADQL004 SEM 图像

图四是 表一 阿敦乔鲁连珠釉砂微区玻璃相成分 (wt%)

阿敦乔鲁釉砂在旧大陆釉砂成分体系中的位置,取阿敦乔鲁釉砂釉层 (GLZ) 和胎体 (BDY) Na_2O 和 K_2O 含量的平均值,与埃及、两河流域、印度河谷^[10]、欧

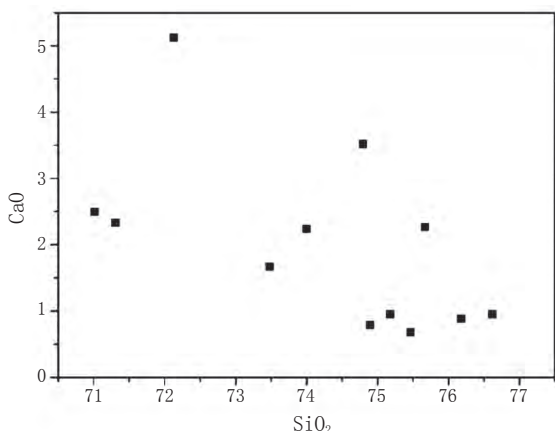
样品编号	测试区域	Na_2O	K_2O	TiO_2	MgO	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	Cl	CuO	CaO	SnO_2	PbO	P_2O_5	$\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$
ADQL001	釉层	9.27	4.71	0.03	0.84	71.01	0.23	0.99	2.48	7.82	2.50	0.01	0.00	0.09	2.0
	胎体	8.69	5.84	0.10	0.96	71.31	0.42	1.27	2.27	6.68	2.33	0.00	0.02	0.11	1.5
ADQL002	釉层	7.62	6.29	0.10	0.32	76.18	0.17	1.25	1.55	5.55	0.89	0.00	0.00	0.07	1.2
	胎体	7.85	6.49	0.01	1.35	75.67	0.17	1.17	1.46	3.45	2.27	0.00	0.00	0.10	1.2
ADQL003	釉层	8.71	4.49	0.01	0.38	75.18	0.13	1.34	1.71	6.96	0.95	0.00	0.00	0.13	1.9
	胎体	9.32	4.30	0.01	0.37	76.62	0.15	1.22	0.73	6.14	0.95	0.00	0.00	0.19	2.2
ADQL004	釉层	9.64	3.24	0.07	1.01	72.13	0.28	1.01	2.27	5.10	5.12	0.01	0.04	0.10	3.0
	胎体	9.50	3.23	0.07	1.20	74.80	0.21	1.99	2.17	3.22	3.52	0.00	0.00	0.09	2.9
ADQL005	釉层	8.32	5.65	0.04	0.36	74.90	0.19	1.03	1.88	6.77	0.79	0.00	0.00	0.07	1.5
	胎体	8.44	5.85	0.00	0.37	75.47	0.13	1.83	1.69	5.49	0.68	0.00	0.00	0.06	1.4
ADQL006	釉层	9.30	3.88	0.03	0.72	74.00	0.28	1.10	2.51	5.84	2.24	0.00	0.00	0.10	2.4
	胎体	8.06	5.98	0.08	0.97	73.48	1.01	1.67	1.78	5.18	1.67	0.00	0.00	0.10	1.3

洲^[11]和中国东部地区的西周时期釉砂^[12]进行比较,可看出有5件阿敦乔鲁釉砂属于欧洲和埃及的区域内,而与两河流域、印度河谷以及中国东部地区西周时期釉砂有较大差异。

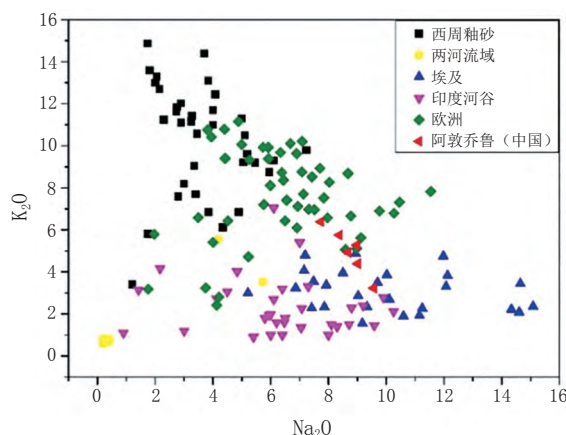
目前中国境内其他地区尚未发现这种连体串珠状釉砂,中国自制釉砂的成分(以氧化钾为主要熔剂)也与阿敦乔鲁釉砂(以氧化钠为主要熔剂)不同。而远在埃及的 Amarna 遗址 (1575 ~ 1308 B.C.E.)^[13]和印度河谷 Harappa 遗址 (2600 ~ 1900 B.C.E.)^[14]却发现相似器形的釉砂制品。但是,阿敦乔鲁釉砂与印度河谷釉砂的成分存在较大差异,主要熔剂氧化钠和氧化钾普遍高于印度河谷,氧化钾含量也超过大部分埃及釉砂(图五);因此,从现有材料看,阿敦乔鲁釉砂与印度河谷和埃及的联系并不是

那么密切。在北高加索地区^[15](也曾)发现连珠釉砂,同时含有较高的氧化钠和氧化钾,无论是器形还是成分都与阿敦乔鲁釉砂较为接近。

釉砂制作工艺分为成型工艺和施釉工艺。成型工艺又分为手塑成型和借助模具(或内芯辅助成型)两类^[16]。阿敦乔鲁釉砂均呈连体串珠形,每件连体串珠釉砂有2~8颗不等的小珠构成,部分连体串珠的小珠数量较少,可能是后期损毁所致。釉砂珠的尺寸较小(穿孔直径约0.05~0.08cm),器壁极薄,单纯依靠手塑成型存在很高的技术难度。同时,釉砂珠的穿孔内壁平滑笔直(图五),说明釉砂使用了内芯成型工艺。阿敦乔鲁同一件釉砂珠的各个连珠的尺寸亦存在差异,显示出人工制品的随意性,推测阿敦乔鲁连体串珠釉砂是胎体成型后,



图三 阿敦乔鲁釉砂 SiO_2 、 CaO 散点图



图四 阿敦乔鲁与其他地区釉砂 Na_2O 和 K_2O 散点图

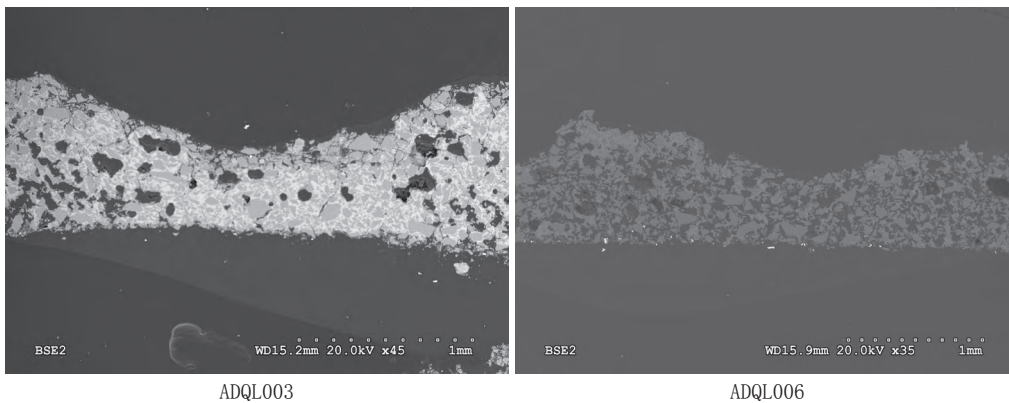


图5 阿敦乔鲁釉砂 ADQL003 和 ADQL006 SEM 图像

在胎体还保持一定可塑性的情况下，借助平板拍^[17]或镊子类的工具，在平滑的粗坯表面按压或夹出亚腰，从而形成凹凸起伏的形状。

(四) 技术传播

目前，新疆区域内出土釉砂从西至东依次为新疆阿敦乔鲁墓地、萨恩萨伊墓地^[18]、天山北路墓地^[19]、亚尔墓地^[20]。萨恩萨依墓地釉砂的研究数据尚未刊布，但其余几处墓葬釉砂均有数据发表。新疆西部的阿敦乔鲁墓地 SM41 年代最早（公元前 1661 ~ 公元前 1546），新疆东部的天山北路墓地 M200 年代约公元前 1500 ~ 公元前 1400、亚尔墓地年代约在公元前 1000 年前后，三处墓葬所出釉砂均为混合碱类型。林怡娴^[21]认为公元前第 2 千纪中期，新疆的混合碱釉砂可能来自北高加索地区。阿敦乔鲁釉砂的发现说明混合碱釉砂经新疆西部传播至东部哈密地区的可能性，暗示早在公元前 2 千纪新疆区域内很可能存在一条混合碱釉砂由西向东的传播路线。

约在公元前 1000 年，高钾釉砂开始出现于河西走廊（甘肃于家湾墓地）^[22]和黄河流域中游地区（山西天马——曲村墓地）^[23]，一般认为高钾釉砂是中国自制的^[24]。鉴于新疆区域内所出釉砂均为混合碱类型，而晋陕地区则以高钾类型为特征，且新疆釉砂多连珠形釉砂，而晋陕地区未见该造型的釉砂，林怡娴等人^[25]主张新疆和晋陕地区的釉砂为两个体系，应该谨慎评估新疆在釉砂传播的影响方面的作用。事实上，晋陕地区的高钾釉砂往往含有一定量的

氧化钠，按照林怡娴等人提出的釉砂划分标准，一部分高钾釉砂应划入混合碱类型，例如山西晋侯墓地、山西大河口霸国墓地、陕西韩

城梁带村墓地均发现混合碱釉砂。对釉砂研究而言，改变釉砂类别会直接影响对它们产地的判断，而三处晋陕地区发现混合碱釉砂，显示新疆在釉砂传播中的作用仍然值得重视。

三、结论

阿敦乔鲁的釉砂是目前中国境内年代最早的釉砂制品，均为连珠形的混合釉砂。它一方面反映了公元前第 2 千纪以来新疆地区与西方的物质文化交流，另一方面也契合了釉砂由西向东传播的设想。这批新材料的发现填补了在此之前的时间和空间的空白，对更深入的研究无疑提供了新的、重要的线索。以新疆西天山为中心的区是青铜时代文化交流互动较为活跃的区域，阿敦乔鲁遗址所代表的青铜文化类型在与欧亚草原的早期生业模式互动中起到了至关重要的作用。阿敦乔鲁的釉砂可能是欧亚地区在更大范围交流互动的背景下，出现于中国新疆西天山地区。以此为契机对史前釉砂的工艺和传播过程的进一步研究，将有助于全面了解以阿敦乔鲁为代表的西天山地区的青铜时代人群在东西方文化交流互动的过程中所扮演的角色和作用。

致谢：在此项研究取样工作中，新疆博尔塔拉州温泉县文物局的尚国军、巴特尔提供了大量的帮助；北京科技大学钢铁冶金新技术国家重点实验室左晓剑在实验过程中提供帮助；在本文研

究过程中,北京科技大学科技史与文化遗产研究院李延祥、陈坤龙、马泓蛟,山东大学文化遗产学院马清林,北京大学考古文博学院崔剑锋给予了有益的建议,在此一并表示感谢!

- [1] a. 丛德新,贾伟明,艾莉森·贝茨,等.阿敦乔鲁:西天山区青铜时代遗存新类型[J].西域研究,2017(4):15-28. b. Jia P W, Betts A, Cong D, et al. Adunqiaolu: new evidence for the Andronovo in Xinjiang, China[J]. Antiquity, 2017(357):621-639.
- [2] a. 董俊卿,后德俊,干福熹.中国古代釉砂的科学研究[M]//中国古代玻璃技术发展史.上海:上海科学技术出版社,2016:49-67. b. Vandiver P B. Raw materials and fabrication methods used in the production of faience[C]// Tite M S, Shortland A J. Production technology of faience and related early vitreous materials. Oxford: Oxford University School of Archaeology, 2008.
- [3] 同[2]b.
- [4] Brill R H. Chemical analyses of some glasses from Frattesina[J]. Journal of Glass Studies, 1992(34):11-22.
- [5] a. Sheridan A, Eremin K, Shortland A. Understanding Bronze Age faience in Britain and Ireland[C]// Materials Research Society Symposium Proceedings (852), 2005: 217-229. b. Shortland A, Shishlina N, Egorkov A. Origin and Production of Faience beads in the North Caucasus and the Northwest Caspian Sea Region in the Bronze Age[C]// Les cultures du Caucase: leur relations avec le Proche-Orient, 269-283.
- [6] Angelini I. Faience production in Northern and Western Europe[C]// Tite M S and Shortland A J. Production technology of faience related early vitreous materials. Oxford: Oxford University School of Archaeology, 2008:129-146.
- [7] Henderson J. Ancient Glass, an interdisciplinary exploration. New York and Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- [8] a. Shortland A, Schachner L, Freestone I, et al. Natron as a flux in the early vitreous materials industry: sources, beginnings and reasons for decline[J]. Journal of Archaeological Science, 2006, 33(4):521-530. b. Kaczmarczyk A, Vandiver P B. Faience production in Egypt [M]// Production technology of faience and relation early vitreous materials. Oxford University School of Archaeology, 2008:66-72.
- [9] Rehren T. A review of factors affecting the composition of early Egyptian glasses and faience: alkali and alkali earth oxides[J]. Journal of Archaeological Science, 2008, 35(5):1345-1354.
- [10] a. Tite M S, Shortland J. Production technology of faience and related early vitreous materials [M]. Oxford: Oxford University School of Archaeology, 2008. b. Gu Z, Kenoyer J M, Yang Y. Investigation of ancient Harappan faience through LA-ICP-AES and SR- μ CT[J]. Journal of Instrumentation, 2016, 11(4: C04001):1-9.
- [11] Angelini I. Faience production in Northern and Western Europe[C]// Production technology of faience and related early vitreous materials. Oxford: Oxford University School of Archaeology, 2008:129-146.
- [12] a. 谷舟,谢尧亭,杨益民,等.显微CT在早期釉砂研究中的应用:以西周倬国出土釉砂珠为例[J].核技术,2012(04):265-269. b. Lei Y, Xia Y. Study on production techniques and provenance of faience beads excavated in China[J]. Journal of Archaeological Science, 2015:32-42. c. 张福康,程朱海,张志刚.中国古琉璃的研究[J].硅酸盐学报,1983(1):67-76.
- [13] Tite M S, Manti P, Shortland A J. A technological study of ancient faience from Egypt [J]. Journal of Archaeological Science, 2007, 34:1568-1583.
- [14] 同[10]b.
- [15] Shortland A, Shishlina N, Egorkov A. Origin and Production of Faience beads in the North Caucasus and the Northwest Caspian Sea Region in the Bronze Age, 2007[C].
- [16] Vandiver P B. A review and proposal of new criteria for production technologies of Egyptian faience[C]// Colinart S, La couleur dans la peinture et l'emaillage de l'Egypte ancienne. Bari: Edipuglia, 1998:121-139.
- [17] Beck H C, Stone J F S. VIII.—Faience Beads of the British Bronze Age[J]. Archaeologia, 1936, (85):203-252.
- [18] Lin Y, Rehren T, Wang H, et al. The beginning of faience in China: A review and new evidence[J]. Journal of Archaeological Science, 2019(105): 97-115.
- [19] 同[18].
- [20] Liu N, Yang Y, Wang Y, et al. Nondestructive characterization of ancient faience beads unearthed from Ya'er cemetery in Xinjiang, Early Iron Age China[J]. Ceramics International, 2017 (13):10460-10467.
- [21] 同[18].
- [22] 王颖竹.两周时期费昂斯技术研究[D].北京科技大学,2019.
- [23] 同[12]b.
- [24] a. Brill R H, Tong S S C, Zhang F K. The chemical composition of a faience bead[J]. Journal of Glass Studies, 1989(31):11-15. b. 同[2]a.
- [25] 同[18].

(责任编辑 张鹏程)