

四川广汉三星堆遗址四号祭祀坑的 碳十四年代研究^{*}

四川省文物考古研究院
国家文物局考古研究中心与北京大学考古文博学院考古年代学联合实验室

摘要：2020年，广汉三星堆遗址新发现祭祀坑的田野考古发掘工作正式启动，为解决祭祀坑的年代问题，四川省文物考古研究院委托国家文物局考古研究中心与北京大学考古文博学院考古年代学联合实验室对四号祭祀坑开展了碳十四年代研究，得到6个碳十四年代数据，经过贝叶斯统计树轮校正计算得到其埋藏年代有95.4%的概率落在距今3148—2966年的时间范围之内，属商代晚期。

关键词：三星堆遗址；祭祀坑；碳十四年代；商代；青铜文化

Abstract: The first two sacrificial pits, K1 and K2 at Sanxingdui site were discovered in 1986. A great quantity of jade, gold, bronze and ivory artefacts was found from the two pits. The way of burial and the diversity of the wares are unique and never seen before in China. Because of the poor preserving condition of the radiocarbon dating samples, it is difficult to get enough amount of carbon component to produce reliable radiocarbon age of the pits by β -counting radiocarbon dating method at that time. The issues related to the function and the age of sacrificial pits at Sanxingdui site became a hot topic in the academic circles since then. After more than 30 years, the new discoveries of 6 sacrificial pits near K1 and K2 have been excavated since 2020, which shed the light on solving the problems. Multidisciplinary researches are carried out during the excavation. The AMS radiocarbon dating method is applied to get the absolute ages of the 6 pits. The chronological researches about K4, one of 6 pits, is discussed in this paper. There is thick layer deposition of bamboo charcoal mixed with clay above the elephant tusks and there are many artefacts found within or under this layer. It shows that the burnt bamboo and the artefacts were buried simultaneously, which means that bamboo charcoal can be used for radiocarbon dating in order to get the age of K4 pit. Animal bones and elephant tusks excavated from K4 couldn't be used for radiocarbon dating because all the bones and tusks were burnt before deposition and there is not enough collagen protein preserved. 15 samples were collected from K4 pit which are mixtures of clay with small pieces of bamboo charcoal and fragments of burnt animal bones. Samples were screened carefully in the lab and only bamboo charcoal pieces were selected from those mixtures. After the pretreatment protocol of bamboo charcoal, 6 graphite samples were prepared under the reduction of H₂ with Fe powder as catalyst. The radiocarbon measurement were carried out by the compact accelerator mass spectrometry at Peking University. 6 radiocarbon ages were produced and all are consistent with each other in 2σ . The calendar ages were calculated by Bayesian statistical analysis with the tree ring calibration curve 2020. The result of the calibrated age of K4 falls in the range of 3148-2966 cal.BP with 95.4% probability. If compared with the chronology of dynasties in early China, it could be concluded that K4 was buried during late Shang period.

Key Words: Sanxingdui site, Sacrificial pits, AMS radiocarbon dating, Shang period, Bronze culture

^{*} 基金项目：国家社会科学基金重大项目“前丝绸之路东段青铜文化年代研究”（项目编号：16ZDA144）。
吴小红，北京大学考古文博学院，wuxh@pku.edu.cn

一 前言

1986年发掘的广汉三星堆遗址一、二号祭祀坑出土了大量精美的文物，其中包括金、铜、玉、石、陶、象牙等质地的器物1700余件，许多器物造型奇特，如巨大的青铜面具、青铜立人、青铜神树等等，引起了国内外的广泛关注，特别是这两个祭祀坑的性质和年代等问题至今依然是学术界关注的热门话题。一、二号祭祀坑发掘时地层里出土有大约3立方米的烧骨残渣、碳屑灰烬以及大量的象牙和部分骨器等，^[1]以上材质的文物原则上是可以进行碳十四年代测定的，但由于当时碳十四测年方法并没有十分普及，发掘过程中没有采集测年样本。另外，当时的碳十四测年方法是采用 β 计数法进行测量（常规碳十四测年法），所需用的样品量很大，一、二号祭祀坑中可供测年的动植物样本基本上都经过了火烧，其中的有机组分保存较差，要从这类样品中提取到足够量的纯净的有机组分实属不易。尽管后来北京大学考古文博学院碳十四实验室于1997年采用常规碳十四测年方法对来自三星堆遗址一号祭祀坑的木炭样品进行了碳十四年代测定，得到两个碳十四年代数据分别是BK97062：3500±295；BK97063：3430±90（半衰期为5730），^[2]采用OxCal V4.4.3，^[3]IntCal20^[4]进行贝叶斯数据校正，得到日历年代分别为BK97062：4087—3271Cal.BP（68.3%置信度）和4516—2940Cal.BP（95.4%置信度）；BK97063：3685—3455Cal.BP（68.3%置信度）和3827—3377Cal.BP（95.4%置信度）。一方面这两数据的误差很大，95.4%置信度的年代范围大到500~600年，无法用这样的数据进行细致的年代讨论；另一方面没有针对这两个木炭样品做进一步的分析，无法判

断这个木炭是否会存在由于年轮而引入的误差，木炭空隙当中包含的粘土等物质也可能会引入含碳物质而造成年代差。由此，一、二号祭祀坑的年代因为缺乏可靠的绝对年代数据作支撑而引发争议。

2019年四川省文物考古研究院在三星堆遗址的考古勘探和发掘过程中新发现了6个祭祀坑（图一），并于2020年起围绕这几个祭祀坑开展了系统的田野发掘工作，多学科手段的介入，特别是发掘过程中系统地采集碳十四测年样品，为解决三星堆祭祀坑的年代问题提供了有力的保障。

二 四号祭祀坑碳十四测年样品的采集和年代测定

四号祭祀坑（以下简称K4）于2020年10月9日启动发掘，目前正在提取出土文物。K4平面呈正方形，边长2.907~2.997、最深约1.6米，面积8.3069平方米，方向为33°。坑内堆积分为三类：其一为黄褐色黏土和浅黄色细沙土的填土层，其二为黑色灰烬层，其三为灰烬层之下的埋藏文物层。实际上，灰烬层和埋藏文物层并没有严格的区分，二者应该是同一次埋藏行为的结果。截至目前，K4填土层、灰烬层分别出土文



图一 三星堆遗址祭祀坑分布图

物45件、251件，灰烬之下暴露出39根被焚烧的象牙，以及玉琮、玉凿、有领玉璧等玉器、瑗、龟背形挂饰等铜器和金器、陶器等文物116件。

由于三星堆祭祀坑里出土的象牙、骨头等动物遗存基本上都被火烧过，这为我们使用象牙的骨渣和动物骨骼等样本测年带来了一定困难。我们也尝试处理象牙残片或者骨渣等以提取可测年组分进行碳十四年代测定，但终因样品保存状况极差而没能成功。K4因为有燃烧竹子形成了竹炭灰烬层，由于竹炭结构相对紧致，而且本身的年龄对最终的结果影响不大，这为我们解决K4的年代提供了合适的测年样本。

在发掘过程中，从K4竹炭灰烬层采集了15份碳十四测年样品，目测来看，基本上是碳屑、骨渣与淤泥混杂。实验室对这15份样品进行了显微观察，在显微镜下将竹炭屑挑选出来，对挑选出来的竹炭屑按照实验室流程进行前处理，包括超声波清洗、弱酸-弱碱-弱酸处理等，采用氧化铜法将其氧化为二氧化碳，除去杂质气体后，在铁粉催化下将二氧化碳还原为元素碳并制成石墨，最终在北京大学加速器质谱仪上完成了碳十四年代数据的测量。由于样品中骨质细碎，保存状态很差，有机质几乎没有保留下来，所以最后得到的6个碳十四年代数据全部来自竹炭样品。相关的样品和数据情况见表一。

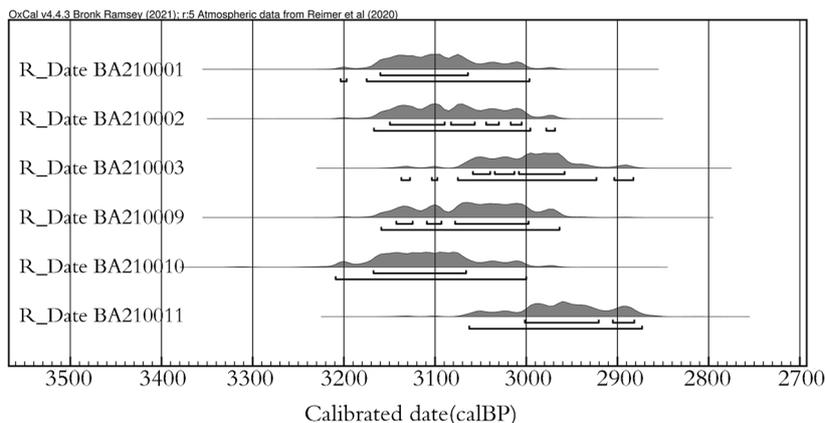
为了得到K4的6个碳十四数据的日历年代，我们利用OxCal V4.4.3^[5]进行了贝叶斯统计树轮校正，所用的树轮校正曲线为IntCal20。^[6]K4的6个碳十四数据的日历年代分布见图二。

考虑到三星堆祭祀坑的形成应该是人类短期行为所致，取自K4灰烬层的样品所代表的年代应该是相同的，OxCal程序为处理这一类碳十四

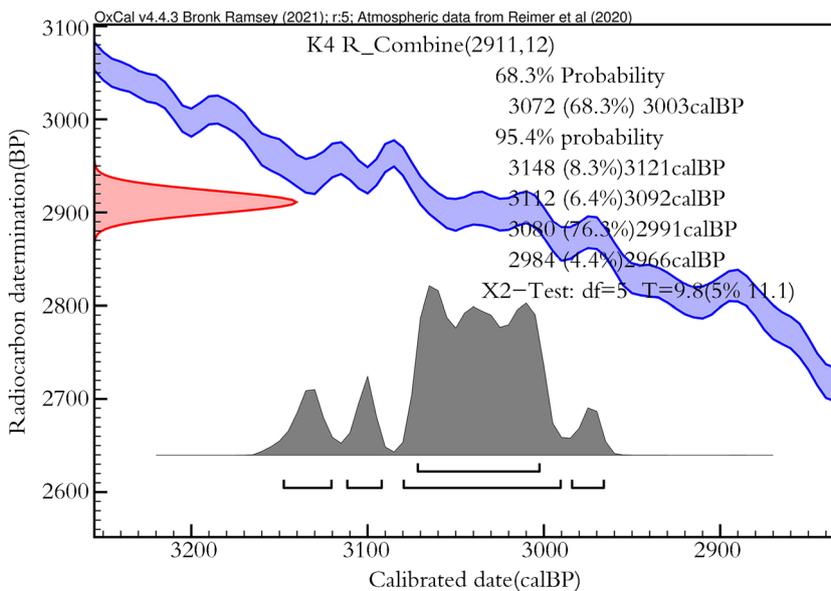
表一 K4 碳十四年代数据表

实验室编号	样品编号	样品物质	出土地点	碳十四年代 (BP, 1 σ)
BA210001	K4X②CS9-1	炭样 (骨渣)	K4灰烬层	2940 \pm 25
BA210002	K4X②CS12-1	炭样	K4灰烬层	2930 \pm 25
BA210003	K4X②CS13-1	炭样	K4灰烬层	2875 \pm 25
BA210009	K4X②CS24-1	炭样	K4灰烬层	2915 \pm 30
BA210010	K4X②CS26-1	炭样	K4灰烬层	2950 \pm 30
BA210011	K4X②CS27-1	炭样	K4灰烬层	2850 \pm 30

注：所用碳十四半衰期为5568年，BP为距1950年的年代。



图二 K4 碳十四数据树轮校正后日历年代分布



图三 K4 碳十四数据 R_Combine 模型树轮校正后日历年代

数据提供了R_Combine指令,允许把这6个样品所获得的碳十四数据作为平行样品数值取平均后进行贝叶斯统计树轮校正,得出了K4碳十四数据树轮校正的日历年代(图三)。由此针对K4的年代可以得到以下结论:K4的埋藏时间有68.3%的概率落在距今3072—3003(cal.BP)时间范围内,有95.4%的概率落在距今3148—2966(cal.BP)时间范围之内。

三 结语

三星堆祭祀坑的年代问题困扰学术界多年,2020年启动的新发现祭祀坑的系统发掘为解决这一问题提供了契机。我们针对取自K4灰烬层的15份碳屑、骨渣混杂着淤泥的样品进行了仔细筛查,挑选其中竹炭屑进行了碳十四年代测定,利用OxCal程序,采用R_Combine模型进行了贝叶斯统计树轮校正,得到K4埋藏时间的日历年代有68.3%的概率落在距今3072—3003(cal.BP)时间范围内,有95.4%的概率落在距今3148—2966(cal.BP)时间范围之内。对比《夏商周断代工程1996—2000年阶段成果报告》简本中的年表,^[7]这个时间当属殷商晚期。自1986年三星堆一、二号祭祀坑发掘以来,有众多学者针对其中出土的青铜器、玉器等器物进行了大量研究,并对这两个祭祀坑的埋藏年代进行了判断,所得观点在此不一一赘述,单提《三星堆祭祀坑》一书的观点,书中根据一、二号坑内出土铜器和玉石器的年代特征和地层叠压关系分析推测:一号祭祀坑器物埋藏的时间下限不会晚于殷墟二期,上限不会早于殷墟一期,应在殷墟一期之末与殷墟二期之内;二号祭祀坑器物埋藏的时间应在殷墟二期至三、四期之间,上限早到殷墟二期偏晚阶段,下限延续至殷墟三、四期。^[8]尽管一、二号祭祀坑没有能够得到相对精确的碳十四年代数据,但学者们根据器物类型和地层关系所做出的年代推断与此次K4碳十四年代测定结果基本相合,由此可以推测,三星堆遗址几个祭祀坑的年代大约是比较接近的,或许在年代上略有早晚,我们今后将系统地针对每个新发掘的祭祀坑开

展碳十四年代测定工作,得到准确的年代结果,为三星堆祭祀坑的多学科研究提供精细的年代支撑。

考古发掘与现场样品采集:

谢振斌 许丹阳 韩 玉 乔 钢
傅 悦 王 瑞 向 虹 李茹兰
冉宏林

碳十四年代研究团队:

吴小红 刘克新 潘 岩 蒙清平
丁杏芳 付东波 林怡嫻 宋 殷
王 玥 欧阳心怡

执笔:吴小红 冉宏林 雷 雨

注释:

- [1] 四川省文物考古研究所编:《三星堆祭祀坑》,第19、158页,文物出版社,1999年。
- [2] 原思训整理实验室碳十四数据。
- [3] a.Bronk Ramsey, C, <https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal/OxCal.html>, 2021.
b.Bronk Ramsey, C, Bayesian analysis of radiocarbon dates, *Radiocarbon*, vol51:1(2009).
- [4] Reimer, P.J. et al. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP), *Radiocarbon*, vol62:4(2020).
- [5] 同[3]。
- [6] 同[4]。
- [7] 夏商周断代工程专家组:《夏商周断代工程1996—2000年阶段成果报告》简本,第88页,世界图书出版公司北京公司,2000年。
- [8] 四川省文物考古研究所编:《三星堆祭祀坑》,第19、427~432页。

(编辑 王彦玉)