

宁夏姚河塬遗址出土马车木材鉴定与相关问题*

张万辉¹ 魏晓莲² 关晓武³ 马 强⁴

(1. 清华大学人文学院科学史系; 2. 陕西省林业科学院;
3. 中国科学院自然科学史研究所; 4. 宁夏回族自治区文物考古研究所)

关键词: 姚河塬遗址, 马车木材, 制车技术

摘要: 本文通过对姚河塬遗址出土的9件西周早期马车木材样品的鉴定, 认为这些木材属于青檀、锥木和榆木等。在马车制作选材上, 了解到西周早期马车不同构件采用了不同类别的树种, 尤其是受力较重的核心构件车轴和辐条均采用了强度、硬度和韧性较高的青檀树种, 可能当时工匠已经注意到马车构件与不同木材之间的物理力学特性。同时, 青檀与《诗经》中对周人“檀车”的记载相吻合, 为深入探究姚河塬遗址马车技术来源、礼制文化及其与周原遗址、丰镐遗址的关系等问题提供了重要启示。

KEYWORDS: Yaoheyuan site, Chariots wood, Vehicle manufacturing technology

ABSTRACT: This study analyzes nine wood samples unearthed from the Yaoheyuan site, dating to the early Western Zhou Dynasty, and identifies them as belonging to various species, including *Pteroceltis tatarinowii*, *Castanopsis* sp., and *Ulmus* sp. Evidence shows that different tree species were selected for different structural components of early Western Zhou horse-drawn chariots. Notably, high-stress components such as axles and spokes were made from *Pteroceltis tatarinowii*, a wood valued for its strength, hardness, and toughness. This suggests that craftsmen of the period were aware of the mechanical and physical properties required for different chariot parts and selected materials accordingly. Moreover, the use of *Pteroceltis tatarinowii* aligns with textual references in the *Shijing Book of Songs*, which mention ‘chariots of *Pteroceltis tatarinowii*’ used by the Zhou people. These findings offer important insights into early chariot technology, ritual practices, and their connections to the Zhouyuan and Fenghao sites.

马车木材材质研究关乎马车制造技术及马车来源等重大学术问题。商周考古遗址出土马车木材鉴定及相关研究有助于解开马车木材选材、关键制作技术、机械性能及马车来源等一系列重要问题。中国对考古遗址干木材和浸水木材的分析研究工作开始很早, 几乎与国际同步^[1]。早在20世纪40年代末, 夏鼐便委托何天相对河南安阳殷墟商代晚期车马坑和浚县辛村西周墓葬等地出土的木材样品进行木材种属鉴定和分析^[2]。随着近些年木材考古学和科技考古的蓬勃发展, 考古遗址出土的马车木质构件

样品日益受到考古研究者的重视, 比如陕西韩城梁带村芮国墓地^[3]、宝鸡陈仓区吴山祭祀遗址^[4]、凤翔雍山血池祭祀遗址^[5]、秦始皇陵兵马俑坑^[6]以及江苏淮安运河村战国墓^[7]等均做过马车木材鉴定分析工作。

整体而言, 能够保存下来的商周马车木材构件极为稀少, 且多数未做木材种属鉴定分析工作。在宁夏姚河塬遗址车马坑和出土马车的墓葬中, 获得了一些西周早期的马车木材样品, 本文通过对该批样本的种属鉴定分析研究, 结合先秦历史典籍文献和车辆制造技术理

*本文为宁夏哲学社会科学规划重点项目“宁夏百年考古发现与研究(1923—2023)”(编号: 23NXAKG01)、中国国家博物馆2024年度科研一般项目“国馆藏青铜车马器整理与研究”(编号: GBKX2024Y14)的阶段性成果。

论知识，对姚河塬遗址马车木材选材等相关学术问题作一探讨。

一、姚河塬遗址马车出土概况

姚河塬遗址位于宁夏固原市彭阳县新集乡姚河村北部，是西北地区首次发现的西周时期分封的诸侯国都邑城址，遗址年代从西周早期延续至春秋早期，发现并清理了诸如高等级墓葬区、马坑、车马坑、祭祀坑、墙体、铸铜作坊、道路和灰坑等遗迹，勘探发现护城河、大型建筑基址、道路、水网和陶窑等遗迹^[8]。

在姚河塬遗址 I 象限北墓地共计发掘清理车马坑4座和葬车墓2座，分别为CMK1~4及M4、M41。其中CMK1葬车4辆，CMK2葬车3辆，CMK3和CMK4分别埋葬车1辆；M4二层台葬车3辆，M41二层台葬车1辆。拆车葬是姚河塬葬车的主要特点，2座墓中仅有木车遗存，未见马匹；4座车马坑均为车马分离的殉葬方式，马车车轮与其他主体构件处于分离状态，车轮多数被摆放在四壁或者坑壁拐角处，墓中的车轮被摆放于二层台的东西两侧或南侧^[9]。

二、研究材料与方法

(一) 研究材料

本研究共取样9件，其中6件来自CMK1，分别取自一、二、三号车的车轴、车毂、车辐和车軛等不同部位的构件；3件来自M4，其中2件分别取自二、三号车衡末饰内衡木，1件取自椁室填土出土的车輿栏木（表一）。

(二) 研究方法

在中国林业科学院木材工业研究所实验室将样品用甘油和乙醇进行软化，软化好后用冷冻切片机按照横、径、弦三个方向分别切出厚度约为10~20微米的切片。经生物试剂染色、脱水、封片等步骤，制成永久光学切

片。由于样品存在腐朽现象，采用聚乙二醇进行包埋。用光学体式显微镜对切片的微观构造进行观察，记录木材特征，并拍照。通过与标本馆保存的正确定名的木材标本及其光学显微切片进行比对，得出结论，确定鉴定结果。

三、研究结果

经过鉴定分析，9件样品中，4件样品属于榆科青檀木，3件样品属于榆科榆木，1件样品属于壳斗科锥木，1件样品为松科硬木松（表一）。

(一) 青檀木样品

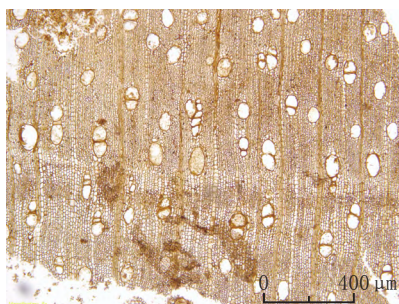
1~3、5号样品鉴定结果为青檀木，隶榆科。主要微观特征为散孔材；单管孔及径列复管孔，管间纹孔式互列，导管内具侵填体，导管与射线间纹孔式类似管间纹孔式；轴向薄壁组织环管束状、翼状、聚翼状及带状；射线组织非叠生，异形Ⅱ型，射线组织同形单列及多列，具鞘状细胞及晶体（图一~三）。

(二) 椎木样品

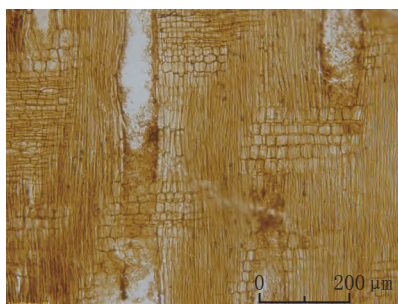
4号样品鉴定结果为椎木，隶壳斗科。主要微观特征为环孔材至半环孔材；单管孔为主，单穿孔，管间纹孔式互列，导管内具树胶，导管与射线间纹孔式刻痕状及大圆形；轴向薄壁

表一 姚河塬遗址出土马车木构件样本信息及材质鉴定结果

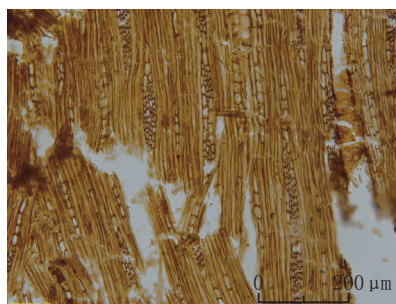
编号	出土单位	具体位置	种名	科名
1	CMK1	一号车左侧车軛内轴木	青檀 (<i>Pteroceltis tatarinowii</i>)	榆科 (Ulmaceae)
2	CMK1	三号车北侧轴饰内轴木	青檀 (<i>Pteroceltis tatarinowii</i>)	榆科 (Ulmaceae)
3	CMK1	三号车左侧车軛内轴木	青檀 (<i>Pteroceltis tatarinowii</i>)	榆科 (Ulmaceae)
4	CMK1	三号车左侧毂饰内毂木	椎木 (<i>Castanopsis</i> sp.)	壳斗科 (Fagaceae)
5	CMK1	二号车东侧车轮下辐条	青檀 (<i>Pteroceltis tatarinowii</i>)	榆科 (Ulmaceae)
6	CMK1	二号车东侧銮铃内軛木	榆木 (<i>Ulmus</i> sp.)	榆科 (Ulmaceae)
7	M4	二号车衡末饰内衡木	榆木 (<i>Ulmus</i> sp.)	榆科 (Ulmaceae)
8	M4	三号车衡末饰内衡木	榆木 (<i>Ulmus</i> sp.)	榆科 (Ulmaceae)
9	M4	椁室填土出土车輿栏木	硬木松 (<i>Pinus</i> sp.)	松科 (Pinaceae)



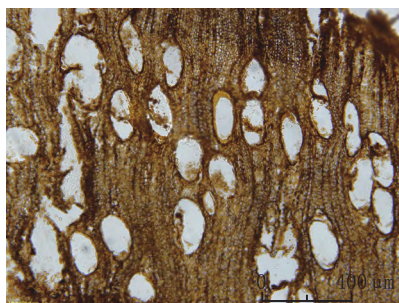
图一 2号样品横切面显微照片



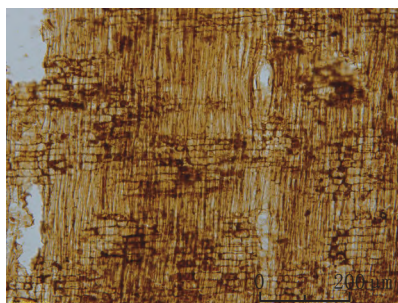
图二 2号样品径切面显微照片



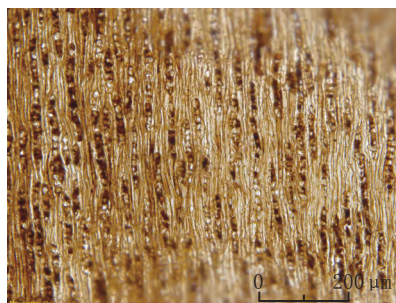
图三 2号样品弦切面显微照片



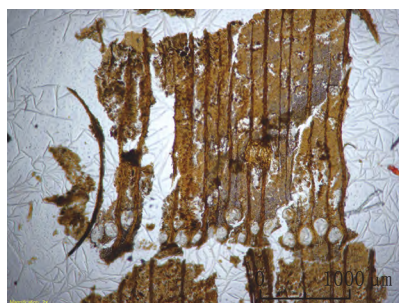
图四 4号样品横切面显微照片



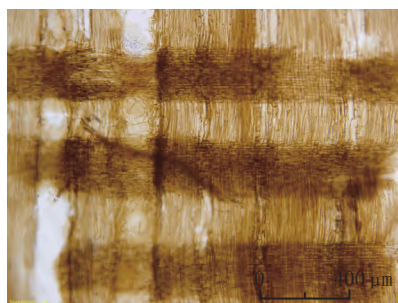
图五 4号样品径切面显微照片



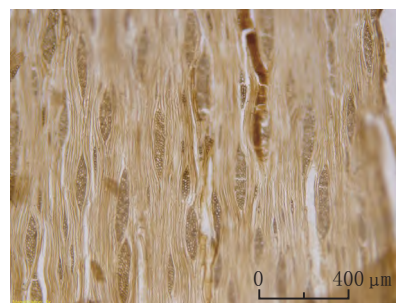
图六 4号样品弦切面显微照片



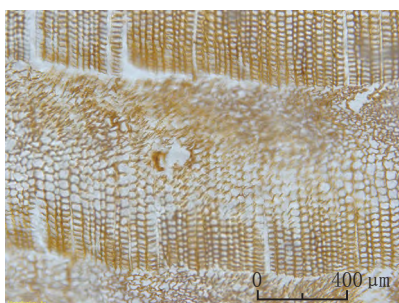
图七 6号样品横切面显微照片



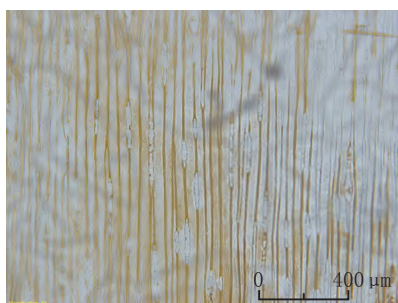
图八 6号样品径切面显微照片



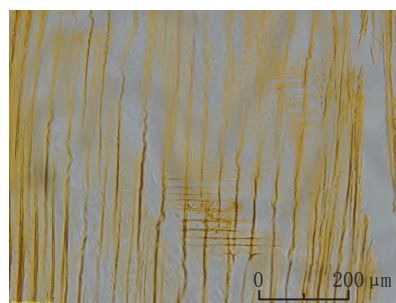
图九 6号样品弦切面显微照片



图一〇 9号样品横切面显微照片



图一一 9号样品径切面显微照片



图一二 9号样品弦切面显微照片

组织稀疏环管状、环管束状、星散及星散一聚合状；射线组织非叠生，射线组织同形单列，具树胶（图四~六）。

（三）榆木样品

6~8号样品鉴定结果为榆木，隶榆科。主要微观特征为环孔材；单管孔及管孔团，管间纹孔式互列，导管内具侵填体，晚材导管具

螺纹加厚，导管与射线间纹孔式类似管间纹孔式；轴向薄壁组织环管束状、星散及轮界状；射线组织非叠生，射线组织同形单列及多列（图七~九）。

（四）硬松木样品

9号样品鉴定结果为硬木松，隶松科。主要微观特征为生长轮明显；早晚材急变；轴向管

胞径壁具缘纹孔1列；单列及纺锤形射线，具射线管胞，内壁齿状加厚；交叉场纹孔窗格状；具轴向及径向树脂道（图一〇～一二）。

根据实验结果可知，CMK1中一号车和三号车的车轴均为青檀木，三号车右侧车轮车毂为锥木；二号车的辐条也是用青檀木制作，而车轭是用榆木制作；M4内的一号车和二号车的车衡木是用榆木制成；M4椁室填土中出土车舆栏木是用硬木松制成。

四、讨论

（一）姚河塬马车选材问题

马车作为一种具有较高运转速度的机动性机械装备，材料的强度和韧性等力学性能指标是衡量车辆性能的重要关键因素，尤其是车轴、车轮等核心构件的材料选择，直接影响到车辆的性能和使用寿命。

1. 历史文献记载

《考工记》记载：“殷人上梓，周人上舆。故一器而工聚焉者，车为多。”^[10]周人不仅建立了完善的车舆制度，而且还拥有发达的造车技术，周人墓地殉车数量也侧面印证了周人车辆制造产业的发达。

目前流传下来的《诗经》中，随处可见周人与马车的相关史料，涉及到马车的篇章有近80篇^[11]。其中所提及的马车类型包含有兵车、公车、婚车和田车等种类，有些篇章还专门提到了马车关键核心构件的制作材料问题^[12]。例如《诗经·伐檀》：“坎坎伐檀兮，置之河之干兮。……坎坎伐辐兮，置之河之侧兮。……坎坎伐轮兮，置之河之漘兮。”^[13]其记载了制作车辆的车轮，特别是辐条所用的木材材质为檀木。《诗经·大明》：“牧野洋洋，檀车煌煌，騂駟彭彭。维师尚父，时维鹰扬。凉彼武王，肆伐大商，会朝清明。”^[14]直接用车的主要材质来指代西周王室及贵族军队中所用的车，即所谓的“檀车”。

姚河塬遗址出土西周马车木材鉴定分析

结果提供了西周时期采用青檀木材制作马车车轮、车轴等核心构件的实物证据，印证了《诗经》中“檀车”记载的可靠性。

2. 木材物理强度与工匠选材

不同的木材拥有不同的物理力学性能指标（主要包括顺纹抗压强度、抗弯强度、顺纹抗拉强度、冲击韧性、硬度和气干密度等）。姚河塬遗址出土马车使用的青檀、榆木、锥木和硬木松等木材，均具有较高的抗压强度、抗弯强度和硬度，能够满足不同构件的受力需求。其中核心构件车轴和车轮辐条选用的青檀材料整体性能更优，不仅结构细密均匀，硬度大，强度高，而且冲击韧性高，是非常好的造车材料^[15]。从技术的视角看，工匠可能在长期的实践经验中，已经认识到不同木材，特别是青檀木的物理力学特性，有意识地选择具有足够强度和韧性的材料，确保车辆的性能。

（二）姚河塬马车木材来源

姚河塬遗址西周马车青檀等木材原料的来源问题，直接关系到姚河塬遗址所在诸侯国贵族所用马车来源及其制造技术等问题，同时，也有助于揭示姚河塬遗址所在诸侯国都邑与西周丰镐、周原等京畿之地的关系。

青檀，为榆科青檀属落叶乔木，是温带至亚热带中、低山分布较广的树种，有特定的生活环境及生态习性。青檀适应性强，耐干旱瘠薄、根系发达、萌蘖性强，多生于石灰岩或花岗岩中低山地及河流、溪谷两侧，生长海拔在100～1200米之间不等，在多数省份垂直分布于海拔600米以下的山谷地带。黄河流域、长江流域及我国西南部皆有分布，在西北地区主要分布在陕西、甘肃、青海等省区，尤其是分布于关中平原两侧的山谷地带^[16]。姚河塬遗址位于宁夏回族自治区东南部，六盘山东麓，海拔较高，遗址区所在的海拔位置为1639米，气候属于宁南中温带半干旱地区，天然植被以干草原为主体类型，南部也有部分草甸草原群落^[17]。这种地理环境及海拔高度不适宜青檀树种的生长，也不适宜锥木等木材树种的生长。

姚河塬遗址人群构成复杂、文化多元,虽然该遗址政治、族属等问题尚未形成定论,但其很可能是青铜时代东亚广泛交流网络的参与者。商周时期,车辆的获取可以通过不同族群之间的战争等方式获得^[18]。此外,西周时期,西周王室还会通过赏赐车马的方式赐予诸侯国贵族^[19]。姚河塬遗址出土的马车、车马器与陕西西安丰镐遗址张家坡墓地、北京琉璃河燕国墓地和河南浚县辛村卫国墓地等出土的马车及车马器有相似的时代特征和风格^[20],结合马车木材材质的生长环境及马车制作技术的复杂性,笔者推测姚河塬遗址出土西周马车可能并非本地生产,而是随着贵族的迁徙从周原或者丰镐等地输入,但需后续研究来进一步证实。

五、结语

本研究鉴定分析了宁夏姚河塬遗址出土的9件马车木材样品,揭示了其使用了青檀、榆木、锥木和硬松木等木材,证实了先秦典籍《诗经》中对周人“檀车”记载的可靠性。同时也间接说明至少在西周早期,工匠在车辆制作选材上,可能已经注意到不同木材之间的物理力学特性。姚河塬遗址马车具有典型的周式风格,且现今附近地理环境不适合青檀等树木生长,因此姚河塬马车制作所需要的青檀、锥木等木材树种,可能并非本地所产,需要进一步结合古地理环境进行验证。

[1]王树芝.考古遗址木材分析简史[J].南方文物,2011(1).

[2]T'ien-Hsiang Ho. The woods of acient China[J]. Gymnospermae,1948(4).

[3]a. 赵泾峰,冯德君,吕智荣.韩城梁带村芮国M502墓葬出土木材研究[J].西北林学院学报,2012(1).b.冯德君,等.韩

城梁带村芮国M28墓葬出土木材研究[J].西北林学院学报,2012(5).

[4]邱振威,沈慧.吴山祭祀遗址出土木材鉴定与相关问题[J].中国国家博物馆馆刊,2022(7).

[5]王树芝,焦延静,冯丹.凤翔雍山血池遗址出土木材鉴定与相关问题[J].考古与文物,2020(6).

[6]秦始皇帝陵博物院.秦始皇帝陵一号兵马俑陪葬坑发掘报告(2009~2011年)[M].北京:文物出版社,2018:269-276.

[7]淮安市博物馆.淮安运河村战国墓木雕鼓车保护与修复报告[M].北京:文物出版社,2014:92-102.

[8]a.宁夏回族自治区文物考古研究所,彭阳县文物管理所.宁夏彭阳县姚河塬西周遗址[J].考古,2021(8).b.宁夏回族自治区文物考古研究所,彭阳县文物管理研究所.宁夏彭阳县姚河塬遗址铸铜作坊区2017~2018年发掘简报[J].考古,2020(10).c.马强.姚河塬城址出土“穆稷”甲骨文及其相关问题[J].江汉考古,2023(4).

[9]a.宁夏回族自治区文物考古研究所,彭阳县文物管理所.宁夏姚河塬遗址 I 象限北墓地M4西周组墓葬发掘报告(上)[J].考古学报,2021(4).b.宁夏回族自治区文物考古研究所,彭阳县文物管理所.宁夏姚河塬遗址 I 象限北墓地M4西周组墓葬发掘报告(下)[J].考古学报,2022(1).c.马强.精耕细作——姚河塬城址田野考古工作理念探讨[J].南方文物,2022(1).

[10]闻人军译注.考工记译注[M].上海:上海古籍出版社,2008:1.

[11]杨文胜.试探《诗经》中的先秦车马[J].中原文物,1996(2).

[12]李滨.《诗经》车马考[D].西安:西北大学,2009:12-16.

[13]崔富章主编.诗经[M].杭州:浙江古籍出版社,1998:66-70.

[14]同[13]:192-193.

[15]中国林业科学研究院木材工业研究所主编.中国主要树种的木材物理力学性质[M].北京:中国林业出版社,1982:68-69.

[16]a.韩恩贤主编.西北主要木本经济植物栽培与利用[M].杨凌:西北农业科技大学出版社,2004:12-13.b.李峰著,徐峰译,汤惠生校.西周的灭亡:中国早期国家的地理和政治危机[M].上海:上海古籍出版社,2016:32.

[17]宁夏农业勘察设计院,宁夏畜牧局,宁夏农学院.宁夏植被[M].银川:宁夏人民出版社,1988:10-11.

[18]田醒农,雒忠如.多友鼎的发现及其铭文试释[J].人文杂志,1981(4).

[19]吴晓筠.商至春秋时期中原地区青铜车马器形式研究[C]//古代文明(第1卷).北京:文物出版社,2002:180-277.

[20]Feng Luo.Political and cultural complexity in north-west China during the Western Zhou Period(1045-771BC): new evidence from Yaoheyuan[J].Antiquity,2023(395).

(责任编辑 郑 颖)