

记者 张向阳

## “望舒之辇”中国式浪漫

用“望舒之辇”命名载人月球车，真是一场跨越两千多年时空的中国式浪漫。中国古代传说中，望舒是为月亮驾车的女神，也被借指月亮。屈原《楚辞·离骚》中就有“前望舒使先驱兮，后飞廉使奔属”的诗句。“辇”是我国古代交通工具，在月球车的整体构型方面，设计灵感来自秦始皇陵出土铜车马的关键元素：以一对大尺度车轮来突出“辇”的关键特征，轮毂上应用了“来氏太极图”造型，展示中华文明与哲学思想的博大精深；以圆形穹窿华盖凸显车的华丽与尊贵，它还为太阳能电池板提供了结构支撑，为航天员遮挡月昼强烈的阳光辐照；以显示器支架的“缰绳”造型，意寓驾驭“望舒之辇”的“航天员”正是载人探月的践行者；六轮独立驱动则意喻六匹马拉动“辇”，这是按照中国的传统礼仪给予航天员最崇高的礼遇。这个创意以工程技术为基础，以人文思想为灵魂，将中国古典元素与现代科学延伸到了月球与太空之中。

在人类足迹迈向太空的智能时代，说起古老的畜力车可能让人觉得原始又落后，但它体现了陆地交通运输最初的智慧，作为2200多年前的豪车，秦陵铜车马不但惊艳世界，而且科技感爆棚，是科技与艺术、造型与装饰的典范，被誉为“青铜之冠”。

时光回到1980年，在秦始皇陵封土西侧20米处发掘出土了两乘大型彩绘铜车马，车、马、俑按照二分之一的比例逼真地模拟真车、真马、真人制作。秦陵铜车马体量庞大、结构复杂、彩绘纹饰精美，因为出土时破损严重，前后历时近八年的修复，两乘铜车马才从三千余枚残片中重新站立起来。

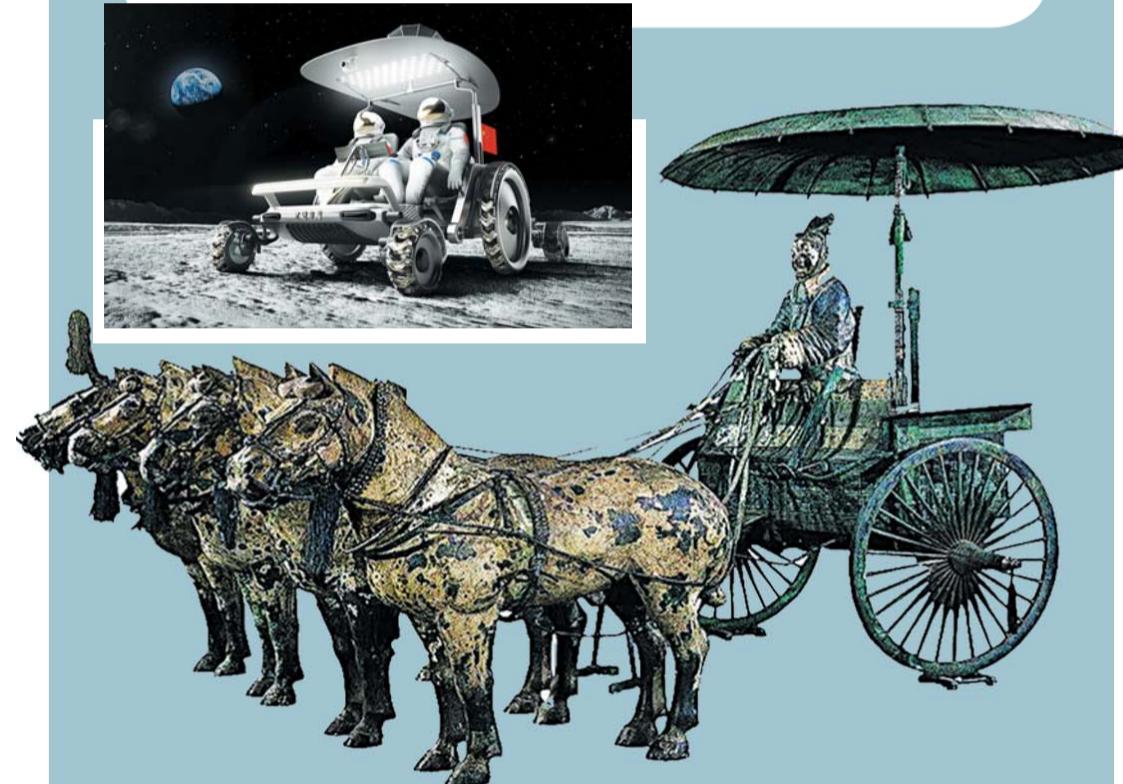
这两乘车马还原了秦始皇当年出游时跟随的仪仗交通工具，它们是秦代典型的单辕双轮车。根据历史记载，“上所乘曰金根车，驾六马”，皇帝所乘车称作金根车，次一等的是属车（副车），即立车、安车，秦陵出土的铜车马即为立车和安车。一号车有四匹铜马，是秦始皇乘舆中的立车，又名高车，车上配备铜弩、铜盾、铜箭镞等兵器，在皇帝车队中用以开道、警卫、狩猎和征伐；二号车单辕双轮四马，辔绳末端有朱书“安车第一”四字，是古代安车。安车分前后两室，前室面积较小供驭手乘坐，后室面积较大，供主人乘坐，有三窗一门，利于通风采光和调节车内温度的温凉，亦称“辒辌车”，是用于休息的马车。

## 豪车中的“战斗机”

秦铜车马无论设计还是铸造、加工、连接等环节，都不逊于现代许多复杂的机械制造。金属结构的车马工艺精湛，采用多样的工艺手法，是机械工程中一个了不起的飞跃，因为金属构件的铸、锉、磨、削、焊等，是与木构件完全不同的制造和加工工艺。两乘车马共有零件7000多个，其中在二号铜车马上就有金饰件737件，银饰件983件，加上一号车的

# 科技与“狠活儿”，秦铜车马点燃奔月灵感

日前，我国载人月球车方案初选公布，清华大学牵头的研制方案“望舒之辇”入选，灵感来自秦始皇陵铜车马。秦铜车马是20世纪考古史上出土的体型最大、结构最复杂、系驾关系最完整的古代车马，被誉为“青铜之冠”。精湛的制作技艺、爆棚的科技感，是科技与艺术融合的典范，也体现出标准化生产和严格的管理制度。即使穿越了久远的时代，依然代表着中华文明在2200余年前所达到的高度。



金银饰件共3400余件，约占两乘铜车马零件总数的一半以上，充分反映出这两乘铜车马的富丽华贵，真实地再现了秦始皇帝车驾的风采。

考古人员和工程技术专家研究发现，两乘铜车马结构设计合理、制作工艺精良，秦代工匠用嵌铸、焊接、粘接、铆接、子母扣、纽环扣接、销钉连接、活页连接等多种机械连接工艺，将众多的部件组装为一体，门扇、窗扇活页的结构与现代合页几乎完全相同。以二号车为例，全车由3462个零部件组成，总重量1245公斤，共有各种接口3962处，其中活性接口3171个，铸接、焊接、套接的接口609个，带纹接口182个，与真车没有差异。

铜车马很多部件非常精密，像铜马的辔、缰、勒等器具，都是用一节节金银或铜的构件，采用复杂的子母扣加销钉的连接组成的链条。工匠先把小节装饰件加工成一端呈凸榫、一端呈凹口的标准形状，连接时每节的凸榫套入另一节凹口，再用销钉式的活轴连接起来，成为一条伸展自如的活动链索。

铜车马铸造技术高超，铸造上使用了多范合铸法、红套铸造法、接铸、嵌铸、包铸等。在铸造方法上，根据构件的大小、薄厚以及不同的形状，采用不同的铸造方法：大而薄的构件如拱形的车篷盖，采用了铸造结合的工艺，先将车盖浇铸成形，再经过加热锻打，这是秦代的一大创举；一些大型厚壁或长杆型铸

件，都采用空心铸造，既减轻重量，节省金属材料，又可以避免铸件疏松、受热产生裂纹等缺陷，改善材质性能。另外，将一些复杂构件分解成一些简单的构件分别铸造，再把这些简单的构件组合成一个完整的构件，也是铜车马铸造工艺中的一个创新。

尽管埋藏多年，铜车马上的各种链条仍转动灵活，门、窗开关自如。铜车马不仅是20世纪考古史上发现的结构最为复杂、形体最为庞大的古代青铜器，也是科技史上震惊世界的杰出成果，可谓“豪车中的战斗机”。

## 秦人按照“国标”生产

2200多年前，秦人已经实现了手工业的标准化生产，按照“国标”大规模生产各类产品。秦统一中国后，车同轨、书同文、统一度量衡，在经济、文化、生产技术等各个领域实行标准化。为加强管理，秦朝手工业制造方面存在一套十分严密的管理制度，对生产提出了标准化要求，像湖北省云梦县秦墓出土的睡虎地秦简《秦律十八种·工律》中，很明确地记录了秦代手工业中存在的严密法规，其中规定：“为器同物者，其大小、短长、广袤亦必等”。

可以说，铜车马这样的惊世之作遵循了标准化的生产原则，也是严格制度管理的产物。秦陵铜车马出土的零件误差都很小，主要零件都经过精铸、连接、修补、打磨、抛光大致相同的工艺过程，保证零件尺寸误差及表面

粗糙度都很小，制作精湛。铜车马设计的标准化也体现在所用材料上，铜、锡、铅等主要材料的成分配比都符合《考工记》中有关要求；在铸造时有关零件均按各个部位的不同性能采用了不同的合金配比。

铜车马零部件的制造应是依照秦律的规定进行的，具有相当严格的规范性和互换性，单说铜马的笼头，都是用金银制成，零部件从180多个到200余件不等，各个零部件以子母扣紧相连，再打出1毫米的孔，用1毫米的铜丝将其连接，匪夷所思的是，古人用什么工具在金属件上打出1毫米小孔的？铜车马上有许多地方使用了铜丝，直径很多在0.25毫米—0.8毫米之间，最细的直径仅0.25毫米，把铜丝做得如此之细，难以想象。四匹铜马的身高、身长均大体相等，铜马的尺寸和重量基本相同，符合标准规定。

铜车上的车轴、车轔、车輹，以及车门、车窗、车轼等部分均是按工艺标准制成的。铜车马两个轮子按照标准化的比例加工，60根辐条可以任意调换。还有面积达2.47平方米的青铜拱形篷盖，厚仅1毫米—4毫米；镂空菱花形的窗板，厚仅1.2毫米—2毫米。研究人员感叹，能铸造出如此薄的铸件，尤其是铸造出篷盖面积那么大的曲面，没有严格的铸造工艺标准是难以实现的。

在一号车舆内曾出土一件铜方壶，外形类似军用水壶，现代感很强。壶的形状呈扁长方体，四角呈圆弧形，盖上有铜链

以便悬挂，很像时髦的链条包，铜链是用直径只有0.5毫米—1毫米的环形铜丝对接钎焊成的，焊接点小到无法用肉眼看出，只有显微镜才能观察到。壶底外侧刻有编号“戊”字。壶身和壶盖紧密套合，由两个活铰连在一起。壶正面还有一活性锁扣，开合方便，密封性好。出土时，壶内有三个铜构件，为车上的备件，方便维护更换。这件壶设计构思巧妙，或是真实立车的“标配”，壶内三个铜备件能随时更换易损零件，也是再现标准化生产的佐证。

## 逆天的“高科技”功能

在很多部件的设计上，铜车马也极具科技含量。一号铜车马的伞，除了遮阳、避雨，还要显示皇帝威仪。它是采用锻锻结合方法制成的，隐藏着很多“高科技”功能。

在设计上，伞座、伞杠之间是自锁式闭锁结构，伞座呈十字拱形，正中有一凹槽，凹槽内有暗榫和暗卯用以卡锁固定伞杠。伞杠插入伞座后，销锁套环，收紧榫卯，伞杠就被牢牢地固定住了，打开套环和榫卯，伞杠又能方便地取出。为了稳固伞杠，伞杠旁竖立一根方形的座杆，座杆上装一可以开合销锁的圆环，上面有一活扣，有点像今天的圆环形活动插销，可以锁住伞柄中部，以防剧烈运动时伞柄折断。伞座上还有调节角度的机关，可以灵活控制伞柄在十字底座上滑动，从而使得伞盖可以根据太阳方向的不同而调整合适的倾斜方位。

作为秦始皇的警卫仪仗之车，车载武器是必不可少的。一号铜车前车箱木栏的外侧偏上部位焊接着并列的两件弯曲的银质构件，其凹口内可以含持弩弓把两侧，弩臂斜置于轼前的掩板上，弩臂后端置于轼上，这两件银质构件叫弩辄。强弩很难单手拉开，必须以足搬张或以绳腰引，但在车上操作起来极为不便，辄就是为了解决这个问题：一用以承弓；二用以张弩。卫士将凹槽的勾曲部分卡住弩弓把两侧，再向斜上方用力拉弦，便可拉开弩弓，进行远程“火力”输出。

古代木轱辘马车，行驶起来必然有些颠簸。古人又是如何减震的呢？秦陵铜车马在车轴和车轔交界处，有一个部件叫伏兔，《考工记》记载：“加轸与樔”。樔，就是伏兔，因为它有点像趴着的兔子，如果在木车上就是木头的。这个部件缓冲了车厢产生的压力，就是古代马车的减震装置，相当于今天的悬挂系统。

多匹马奔跑，如何才能齐头并进，而不会各奔东西或者挤撞在一起？古人有科学又简便的方法，为了防止外侧两匹马过分内靠，在中间两匹马的胸部外侧，各装有一个锥刺状叫“胁驱”的装置，其形状好像一只展翅和翘着长尾的飞鸟，尾呈扁圆柱体，首作鸟头形，末端有四个尖形的锥齿。如果外侧的骖马过分靠近中间的马，胁驱尾部的尖锥就会刺痛骖马，使它远离。另外，外侧两匹马的缰绳的另一端被系在车衡上，使得它们也不能过分外移。这样，保证四匹马并驾齐驱，跑得又快又稳。