

字载匠心
惊艳时光的中国智慧

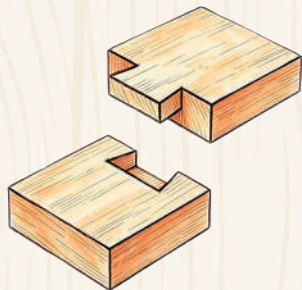
榫卯

牢而不固，彰显木构文明力与美

本报记者 朱金宜

北京城南，中轴线东侧，天坛建筑群巍然屹立。其中，三重蓝瓦、鎏金宝顶的祈年殿格外引人注目。三重檐下，斗拱仿佛精密有序的模块层叠错落。进一步细看，连接斗与拱、承托起千钧之重的，非钉非胶，而是一凸一凹、严密咬合的榫卯。

从皇家宫殿到市井民居，从寺庙宝塔到山水园林，风格各异、气度不凡的中国传统木结构建筑，都离不开榫卯这一小小构件。漫长岁月里，榫卯结构从建筑领域延伸至舟车、家具、机械等不同领域。作为木构文明的智慧结晶，榫卯穿越千年仍有创新传承，已从工程技术演变为文化符号，连接过去与未来。



燕尾榫



榫卯

中国传统木结构营造技艺的核心连接方式，距今约7000年的河姆渡文化遗址中已见其雏形。

它深度融入建筑与家具营造，启迪着现代工程与前沿制造的设计思路，不仅是传承千年的非遗技艺，更蕴藏着牢而不固、和而不同的东方哲学智慧。

7000年前的“无钉奇迹”

榫卯，凸出的部分叫榫，下凹的部分叫卯。当榫与卯精准地拼插契合，两块木头之间便能产生强大的咬合力，成为木构建筑稳定而牢固的关键力量。

在没有榫卯之前，房屋建筑顶部的木头只能用绳子、树藤等交叉捆扎，木结构连接松散，耐久性差，能够支撑起的空间也十分有限。榫卯使木材能够自由拼接，推动了建筑空间的平面扩展与立体搭建。

早在距今约7000年的河姆渡文化遗址中，榫卯技术就已经出现。考古学家在遗址中发掘出大量保存完好的榫卯结构木质构件，广泛用于构建干栏式建筑的地基桩、梁柱以及地板间的连接部分。这意味着我们的祖先很早就掌握了凹凸拼接的木料固定方式，无需其他构件即可完成木料连接，展现出对力学原理的朴素洞察与取材于自然的生存智慧。

“无钉之合”的“奇迹”背后，离不开木材加工技术的进步。在河姆渡文化遗址出土的榫卯中，有两件榫头截面长宽比例为4:1，符合现代结构科学中的受力要求。被后世称为“经验截面”。这得益于河姆渡人拥有石斧、石锛、石凿、石楔等木材加工工具，有效提升了榫卯等木构件制作的精度。

如今，榫卯相接的干栏式建筑，仍然扎根在中国大地上。在云南西双版纳，传统傣族竹楼底层架空、二层居住，整座建筑几乎不用一颗铁钉，全凭梁、柱、檩、椽通过管脚榫、穿透榫等精密咬合，形成稳定的承重系统。这些“长”在雨林里的民居，既是“会呼吸”的独特建筑，又是鲜活的“榫卯博物馆”。



傣族竹楼。

资料图片

从匠作经验到体系化营造

进入商周时期，大型宫殿、宗庙和陵墓的建设需求持续增长，榫卯工艺在实践中不断丰富与完善。到了春秋战国时期，榫卯应用领域更加多元。湖北曾侯乙墓出土的木构衣箱、当阳赵巷墓出土的漆木器等，均可见到榫卯的形态，说明这项工艺已从建筑走向生活器物领域。

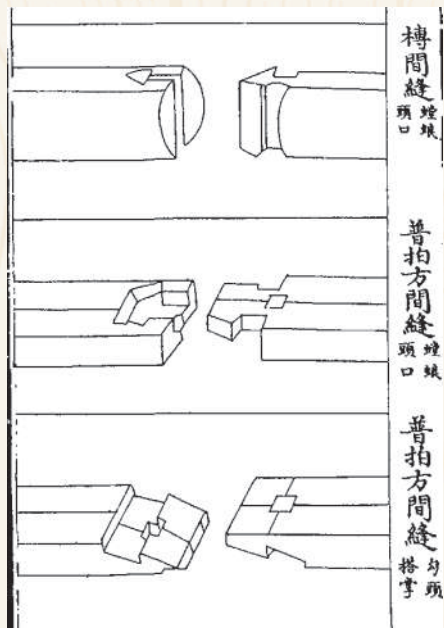
至汉代，建筑在空间布局和装饰风格上追求宏大气象，各种式样的屋顶、檐角日趋复杂。为满足不同木构架的需要，榫卯也逐渐细分出更多形态，如燕尾榫、银锭榫、直榫、斜榫等。在一些砖石建筑中，甚至可以看到“榫卯砖”，体现出古代工匠对建材及连接技术举一反三的迁移能力。

唐宋时期，中国木构建筑技术达到高峰，榫卯也迎来系统性的总结与创新。这时，榫卯结构更加繁复精密，广泛应用于各类建筑当中。山西忻州五台山的佛光寺东大殿，正是唐代木构建筑遗存，其采用榫卯结构的斗拱雄大舒展，巧夺天工，广檐翼出，气势恢宏，曾被梁思成誉为“第一国宝”。

北宋李诫编纂的《营造法式》建构起当时较为完备的建筑规范体系，总结了当时的建筑技术，对榫卯结构也有明确分类。书中提到，建筑如采用斗拱结构，其榫卯既可以左右、前后相接，又可以上下相叠，还可以

有序错落，以八角、六角、圆形、扇形或其他形状实现形制上的变通。此外，《营造法式》以“材有八等”为模数标准，使工匠能够按照定值预制构件，无须反复测算，促进中国传统木结构建筑营造技艺的标准化和模数化。

到了明清两代，中国传统木构建筑发展进入鼎盛时期，榫卯技艺也登峰造极。王世襄曾在《明式家具研究》一书中讲到，我国家具结构至宋代日趋成熟，自宋历明又经过不断的改进和发展，各部位的有机组合合乎力学原理，又十分重视实用与美观。而支持这一精巧体系的重要角色便是榫卯。在条案、交椅、圆桌、琴桌、方凳等诸多家具中，夹头榫、插肩榫、楔钉榫、棕角榫等榫卯样式千变万化，让家具等器物转折得宜，阴阳相合。榫卯不仅让器物坚固耐用，还体现出用料与做工的考究，融合了实用功能与审美意趣。



《营造法式》书影。

古老构件启迪现代应用

如今，在以钢筋混凝土为主要建材的现代建筑中，五金构件、胶黏剂等已是更普遍的连接方式。不过，古老的榫卯结构并未过时，而是在更广阔的领域中持续发挥作用，为各种设计提供灵感。

高达625米的“世界第一高桥”贵州花江峡谷大桥，如何通过狭窄的挂壁公路将宽度近8米的巨型索鞍运输到位、完成安装？答案是大件拆小、分块拼装。技术人员受到榫卯结构的启发，把巨大的索鞍拆成三段运输，再通过构件之间的咬合牢牢固定，实现分段安装的精准契合。

正在建设的盐宜高铁长江隧道工程，首次创新采用了承插式管片结构。这种结构正是借鉴了榫卯工艺，搭配可移动快速连接接头，采用纵向对缝拼装方式，让管片拼装一次性顶推到位，省去传统工法中手孔封堵、螺栓复紧等工序，在结构性能、防水性能等方面优势更为突出。

在现代航空发动机上，也能看到榫卯的身影。当发动机叶片高速旋转时，榫头和榫槽会紧紧咬在一起，通过巧妙的力学传递，将叶片承受的数十吨离心力，均匀分散到整个轮盘，保证发动机的正常运转。

在太空探索领域，或许也有榫卯的“用武之地”。未来，中国人如果在月球上搭建基地，榫卯被认为是一种理想的设计。据了解，来自国家数字建造技术创新中心、华中科技大学的科研团队研发出一种“月壤榫卯砖”，将模拟月球表面土壤成分烧制出的“砖材”通过榫卯的方式结合，这种砖可用于建造月球基地，有望抵挡月震、太阳风、微陨石等突发环境因素。



“月壤榫卯砖”样品。 资料图片

“柔性连接”传递中国智慧

在成都博物馆，以馆藏陶轺车为原型的文创积木深受家长和孩子的欢迎。通过400多块积木的拼接，孩子们能更好认识轺车的榫卯结构，感受古人的智慧，增强动手能力。

在海外社交平台上，不少解码应县木塔、悬空寺等中国古建构造的短视频走红。通过可视化动画等呈现方式，榫卯这一隐藏在中国古建筑中的木构件被越来越多的外国网友熟识，他们形象地称榫卯为“中式乐高”。一些外国木匠等尝试动手制作榫卯构件，收获大量点赞互动。

牢而不固、可拆重组的“柔性连接”，也是榫卯富有生命力的体现。所谓“牢”，是咬合后的结构强度；所谓“不固”，是节点保留活动余量。历经900多年岁月洗礼而

不倒的应县木塔，决定其稳定性的关键之一就是榫卯。应县木塔使用多种斗拱，斗拱通过榫卯连接，由于榫卯咬合的间隙具备一定柔性调节功能，当地震等灾害发生时，榫卯通过微小位移来抵消部分地震波的能量，等到地震波消失后，整个建筑构架仍能恢复原状。松紧适度的“柔性连接”，让建筑具有一定的自我恢复能力。



游客参观应县木塔。

李现俊摄（人民图片）

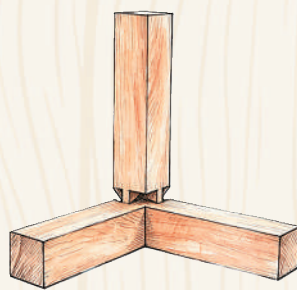
一凸一凹，咬合的是木石，贯通的是古今。凸凹之间，力与力相互制约又相互支撑，折射出阴阳相生、对立统一的中国传统哲学理念。看似矛盾、实则互补的榫与卯，也是和而不同、美美与共的具象化体现。

从7000年前河姆渡文化遗址中的木料拼接，到今天跨越山海的大国工程，再到未来星际探索的建造方案，今天的榫卯已经不仅是一项非遗技艺，更是融合科技与人文、连接传统与现代、增进中外沟通交流的一座桥梁，以其独特的智慧光芒，持续为我们展现微材载巨的力量与和谐共生的美学。



外国青少年动手体验榫卯结构模型。

李卫超摄（人民图片）



棕角榫



楔钉榫



插肩榫



扫码观看创意动画

统 筹：李 舫 张意轩
策 划：钟金叶 赖 睿
动画设计制作：李 栋
学术支持：陈 朴
版式设计：王雪婷
画面部分元素由AI辅助生成