

榫卯：凹凸之间藏智慧

科技文明探源

◎本报记者 吴叶凡

榫卯是中国传统木作的一种接合方式。它广泛应用于各类木制建筑、家具中，是我国古代工匠伟大的发明创造。作为我国古代科技成果的重要代表，榫卯对东亚地区的传统木作建筑产生深远影响。榫卯结构的建造思想，成为古人留给今人的一笔宝贵财富。

历史绵延千年

榫卯结构中，榫是指凸出部分，也称榫头。卯是指凹进部分，又称榫眼、榫槽。最基本的榫卯就是将榫插入卯中，实现构件的相连接。这一接合方式在我国已有上千年的应用和发展历史。

中国科学院自然科学史研究所研究员姚大志介绍：“考古发现，在距今7000年前的河姆渡文明时期，就已经出现了榫卯结构的木构件。”这些榫卯结构既出现在河姆渡遗址保存的干栏式木构建筑上，也存在于器把、小棒等木制工具中。

在河姆渡出土的上百件榫卯木构件中，榫的类型多种多样，包括梁头榫、燕尾榫、双叉榫等，其中有两件榫截面长宽比例为4:1，结构符合受力要求，被后世称为“经验截面”。

在干栏式木构建筑上应用的榫卯有六类之多，包括柱头和柱脚的榫卯、平身柱与梁枋交接榫卯、转角柱榫卯、受拉杆件带销钉孔的榫卯、栏杆榫卯、企口板。其中，企口板一直沿用至今并不断发展。

而后的几千年，榫卯结构不断完善，形成了多个应用、发展高峰。

在建筑领域，唐代的佛光寺大殿、辽代的应县木塔是榫卯结构应用的典型案例。姚大志介绍，应县木塔建于公元1056年，是世界上现存最高的古代木构建筑。全塔主体由数万个木构件搭建而成，900多年来，历经多次地震却始终屹立不倒，很大程度上归功于榫卯结构的设计。

在家具领域，明代榫卯家具把中国传统家具推向发展顶峰，形成的明式家具风格至今仍被人们所推崇、模仿。榫卯非遗传承人王震华介绍，明代，受郑和下西洋影响，性坚质细的硬木进入中国。相比于软木，硬木伸缩性小、耐受力强，榫卯小则易开裂，榫卯大则易脱落。因此，榫卯必须制作得更为精细。在这一时期，匠人们不断提高榫卯制作技艺和应用水平，制作出的家具能够不用一钉一胶，实现构件合理连接。家具不仅外观精巧，而且结构科学。

结构“牢而不固”

从屹立千年的木塔到美观实用的家具，几块普通

的木头因榫卯变得如此牢靠，原因何在？王震华认为：“榫卯利用错位、限位、避让的设计理念，让构件柔性组合在一起，达到‘牢而不固’的效果。”

错位，简单理解就是留间隙，这也是榫卯结构最显著的优点。很多人认为榫卯是严丝合缝的连接，实则不然。王震华介绍：“榫与卯之间存在一定间隙，有一定的灵活性。这一伸缩量不仅提高了建筑抵抗地震的能力，也延长了家具的使用寿命。”

木材会因为温度、湿度的变化而变形。榫卯的间隙，正是为了适应木材热胀冷缩的物理特性，让家具适应季节变化，避免因膨胀或收缩产生开裂或松动。而对于建筑，榫卯间隙让建筑连接的节点如同弹簧一样，能够发生一定的形变。当地震发生时，建筑通过变形吸收一部分地震波带来的冲击，尽管看似因摇晃产生了结构变形，但只要不折榫、不拔榫，就能“晃而不散，摇而不倒”。应县木塔经历了多次地震而不倒的原因就在于此。

限位，可以理解为限制榫卯构件的位置移动。王震华介绍，从三维象限角度分析，榫卯通过榫与卯形状的恰当组合、销和销孔的运用，限制了构件位置水平方向的移动。而对于榫卯在垂直方向，即在构件导入方向的移动，木制建筑大多使用重力进行锁定，北方的木制榫卯家具则使用鱼鳔胶进行固定。避让是指榫卯构件彼此避让，不在一个交点相遇，影响家具的美观和坚实。

在数千年的演变过程中，榫卯结构逐渐应用于不同材质，如石桥上用于连接石块的腰铁、牌坊上的石斗拱结构等；也形成了插肩榫、燕尾榫、楔钉榫等不同结构形式。但在王震华看来，无论是何种材质与形式，本质上都是“错位、限位、避让”理念的体现，人们应抓住榫卯的基本构造原理，按需应用，因需而变。

“例如，在家具上，主要存在面板连接、面与面连接、点的连接、三个构件组合等应用场景。榫卯就是根据不同连接需求，变化不同的样式。最简单、最实用的榫卯，就是最好的榫卯。”王震华说。

工艺传承至今

时至今日，木质榫卯结构的建筑逐渐被钢筋混凝土取代，榫卯家具也不再常见，但榫卯的设计思路依旧被应用在众多场景中——小到人们常用的笔盖、大到现代航空发动机，榫卯结构其实一直在人们身边。

例如航空发动机的叶片与轴的连接，并不是通过铆钉或焊接的方式来完成。仔细观察可以发现，叶片按一定形状插进轴上的凹槽，两者间留有一定空隙。在高速运转的过程中，空隙既让叶片在一定范围内能够自由滑动，实现动态平衡，也留给了叶片随温度变化发生膨胀或缩小的空间，避免了因离心力或热胀冷缩等导致的叶片损坏。这一设计与榫卯结构有异曲同工之处。

相似的应用例子还有很多。姚大志介绍，鲁班锁运用了榫卯结构，中国科学技术馆新馆建筑外形采



洛阳博物馆官廷文物馆展示的三层金丝楠木塔，整座佛塔全部采用榫卯工艺。视觉中国供图

用了鲁班锁的形式，并荣获中国建设工程鲁班奖；2010年，上海世博会的中国国家馆“东方之冠”，在设计上使用了传统建筑斗拱榫卯结构。在土木工程领域，钢制榫卯式榫节点成为一种装配形式灵活的金属构件连接方式。“榫卯在现代设计和工业领域仍具价值。”姚大志说。

在王震华看来，榫卯作为一种集文化特征与科学理性于一体的传统工艺，其深厚文化内涵值得人们不断挖掘传承。

从文化哲学角度看，榫卯结构牢而不固，正是中国传统哲学思想的体现。一凹一凸之间，达到巧妙的平衡，看似矛盾实则互补对方之缺，这就是中国“和”的思想体现。

从文化审美角度看，姚大志认为，由于木制榫卯结构的应用等原因，建筑和家具等物品拥有了统一的美学特征。虽然欧洲也有木构建筑，但石结构的古代神庙和中世纪教堂往往被视为该地区建筑典范。这使得西方建筑和家具分为两个不同的领域，也形成了与东方不同的审美情趣。

榫卯是中国传统木作的技术“基因”，体现着东方审美和文化传统。如今，榫卯看似与现代生活保持了一定距离，但这并不妨碍人们对榫卯的认可和喜爱。随着国潮持续升温，人们对榫卯的关注程度也在不断提升。“我相信，榫卯一定会以多种形式获得运用，不断地被传承下去，陪伴在一代又一代中国人的身边。”姚大志说。

云锦艺术展现非遗魅力

云锦因华丽雍容、灿若云霞而得名。2009年，南京云锦织造技艺被列入联合国教科文组织人类非物质文化遗产代表作名录。云锦织造选用优质蚕丝、金银线、鸟兽羽毛等材质，工序主要包括编织花本、经线穿扣、拽工提线、织工穿梭等，工艺主要有通经断纬、挖花妆彩，到目前无法用机器完成，因而有“寸锦寸金”之说。

近日，“天上云霞人间织——金文云锦艺术展”在中国工艺美术馆·中国非物质文化遗产馆对公众展出。展览通过聚焦金文先生的云锦研究、创作、传承，以“明清经典”“灿若云霞”“风韵彩”“时尚芳华”四个单元，展现云锦的悠久历史、艺术魅力、文化底蕴与现代表达，让云锦这一中华传统艺术瑰宝在新时代绽放更加璀璨夺目的光彩。

图为观众观看云锦艺术精品。

本报记者 洪星摄



故宫里的大戏楼曾不止一座

博览荟

◎李文洁

清宫历史上共修建有5座三层大戏楼，它们分别是圆明园同乐园、颐和园德和园、北京故宫的寿安宫戏楼与宁寿宫畅音阁以及河北承德避暑山庄清音阁。寿安宫戏楼在嘉庆四年(1799年)被拆除，故今人关注不多；而畅音阁至今仍保存完好，其院区现为宫廷戏曲陈列馆。

寿安宫位于故宫外西路偏北处，现为故宫博物院图书馆。该建筑群始建于明代，初名咸熙宫，几经易名，乾隆十六年(1751年)改名为寿安宫。寿安宫整体呈三进院落格局，原寿安宫戏楼位于寿安宫的第二进院落内，与寿安宫正殿相对而立。

历史上，寿安宫曾先后出现过两座三层大戏楼，一座是乾隆十六年(1751年)搭建的临时三层大戏楼，另一座是乾隆二十五年(1760年)正式修建的三

层大戏楼。它们分别是为庆贺乾隆皇帝的母亲崇庆太后六十寿辰和七十寿辰而搭建的。

据档案记载，第一座寿安宫戏楼是在临近皇太后生日时搭建，时间非常仓促，并使用了大量的夹幔、夹帘等材料。当年皇太后生日后，清宫档案中便再未见过使用、维修这座戏楼的记载。

第二座寿安宫戏楼在拆除前，多有修缮记载。尤其是皇太后七旬、八旬整寿的万寿庆典前，多有油漆、安装和修理戏楼机关、道具等修缮工程记载。乾隆四十二年(1777年)皇太后薨逝，寿安宫戏楼从此被闲置。直至嘉庆四年乾隆皇帝崩逝，嘉庆帝才下令将戏楼拆除，并将戏楼后的扮戏楼改建为春禧殿后卷殿。

两座寿安宫戏楼虽已在历史的尘烟中消失，但我们仍可从故宫博物院藏《清人万寿图卷》中略窥其形。该卷图定稿于乾隆二十一年(1756年)，从时间看画的是寿安宫临时大戏楼。画中，戏楼上的人正在匆忙检查、布置戏楼，似

在等待皇上、皇太后銮驾的到来，也让我们清晰感知清宫内廷对万寿庆典演剧的态度和活动的热闹程度。

畅音阁位于紫禁城外东路宁寿宫后区东路，其院区建筑由扮戏楼、畅音阁、阅是楼和东西两侧围房组成。该院区始建于乾隆三十七年(1772年)，4年后竣工。初建时的畅音阁院区格局与如今并不太一样。

一是现今东西两侧的围房原为转角楼，是嘉庆二十三年(1818年)才拆除了转角楼上层改建的，这极大地保障了院区观演戏曲的采光条件。二是院区建成后，嘉庆帝下令在扮戏楼南面接盖了一座抱厦式扮戏房。这座扮戏房后被拆除，故少有人知道。其位置在今扮戏楼南面月台处，月台上至今仍有立柱遗迹。

畅音阁整体通高20.71米，气势恢宏，装饰华丽，非常具有皇家气派。从表面看，畅音阁有三层，分别是一层寿台、二层禄台和三层福台，总面积达685.94平方米。实际上，畅音阁还有地下一层和寿台南侧的仙楼。畅音阁一

层和二层、二层和三层之间各有一个小的夹层。畅音阁各层之间有天井和地井相通，演员和道具可以根据表演需要在各层天井、地井自由穿梭搬运。这些天井、地井在不用时便用提环板覆盖，使之与戏楼台面看起来无异。

扮戏楼与畅音阁后檐相接，其内部与畅音阁一层、二层相通，使二者整体呈“凸”字形。扮戏楼二层至今仍有清音演剧时使用的道具龙车骨架和用于穿梭戏楼各层的升降器械。阅是楼和东西围房是皇帝、后妃与王公大臣看戏的地方，现被改造为宫廷戏曲文化展览室。其中，阅是楼一层内部多设隔罩，上面装饰有精美的清音戏画，如《昇平雅乐图》《定军山》等；东西围房的后檐墙则贴着《清人万寿图卷》中演剧画面。

虽然寿安宫戏楼已经消失，但畅音阁的存在不仅展示了清音戏楼的巍峨气派，而且反映了清音戏曲文化的繁荣和我国传统建筑技术和艺术的发展成就。

(作者系故宫博物院馆员)

照片里的科学家精神

鲍良弼：报国理想刻在心里

“作为一名党员，我们要甘做一颗螺丝钉，时刻把报国理想刻在心上。”如今已90岁高龄，在工作岗位上奉献70载的鲍良弼如是说。

1951年，16岁的鲍良弼考入淮南煤矿工业专科学校(合肥工业大学前身)。其间，学校为了进一步发展，挑选部分青年教师和高年级学生外派深造。鲍良弼被选中，前往上海交通大学工程物理系进修三年。这三年的学习为他日后的教学科研打下了良好基础。

1970年，鲍良弼阅读《科学画报》时了解到国外已经将激光技术用于军事工业。他认为学校也可以开展相关研究，服务国家发展。于是，他向所在的合肥工业大学建议开展激光研究。为成功说服校领导，他多次提议，晓之以理，动之以情。最终，学校认可了他的建议，并让他带头组建激光研究小组。

鲍良弼亲自挑人，激光研究小组成员的专业涵盖了物理、机械、电气等多个领域。当时，我国工业基础薄弱，很多仪器设备缺乏，但这并不能阻挡激光研究小组的科研热情，大家都干得热火朝天。有条件下，没有条件创造条件上！激光研究小组克服重重困难，在1970年国庆前夕，就打出了第一束激光。

鲍良弼和他的激光研究小组是那一代工大人“想尽办法搞创新，踏踏实实干事业”的写照，“工业报国”的理想印刻在每个人心中。

经过几十年的努力，激光研究小组发展为激光教研室、激光研究所，先后完成了20多项研究，获得包括国家科技进步二等奖在内的国家级奖项3项、省部级奖项9项。

以下这张图片是1972年激光研究小组与安徽省立医院合作研发眼科激光虹膜切除术时，小组成员向安徽省立医院眼科医生请教眼睛结构、眼病机理的场景(前排右二为鲍良弼)。该眼科激光虹膜切除术生产近百台，销路广阔，并荣获1978年全国科学大会奖。



(图片由鲍良弼提供，文案由合肥工业大学“芯青年”学风涵养工作室提供)

传承·分享

自1955年毕业留校任教以来，鲍良弼老师始终不忘教书育人的使命。他坚持学生作业本本批改，并作等级记录，分析学情。鲍良弼老师的课程深受学生喜爱。我是1977级物理班的学生，他为我们讲授的课程是《傅里叶光学》。40多年过去，其上课程景历历在目。

鲍良弼老师长期担任我校应用物理系(现发展为物理学院、微电子学院)领导。他要求年轻教师爱岗敬业、认真钻研，要求学生爱国爱校、刻苦学习，培养了包括中国科学院院士刘明在内的一大批优秀学生。

他退休后，还继续为学校发展作贡献，长期担任学校本科教学督导组领导；组织制定的《课堂教学教师“八要”“六忌”》《多媒体教学要领》等文件，有力推动了合肥工业大学本科生教育教育质量的提高。

近十年来，在校党委的邀请下，鲍良弼老师加入了学校关心下一代工作委员会。为加强对合肥工业大学学生的思想政治教育，学校成立了由学校老干部、老战士、老专家、老教师、老模范组成的“五老”报告团。作为报告团副团长，他带领成员们深入调研学生所思所想，认真准备每一次报告。他的经典报告《跑好人生第二棒》，每次都能引起师生的共鸣。“五老”报告团也先后荣获全国关工委、教育部关工委、安徽省关工委先进集体。至今，90岁高龄的鲍良弼老师，仍然坚持为学生作报告，为青年学子答疑解惑。

鲍良弼老师总是提学校和组织对他的培养，不论在任何岗位，他都牢牢记住自己共产党员的身份，有一份光，发一份热，尽力做好当下的工作，力争上游。他的这种精神感染了许多人。

——合肥工业大学微电子学院教授、安徽省物理学会副理事长、安徽省光学学会副理事长 何晓雄

20世纪70年代，鲍良弼老师带领团队攻坚克难，锐意进取，打出了合肥工业大学的第一束激光。鲍良弼老师真正做到了把小我融入大我，为祖国发展需要奋斗终生。

鲍良弼老师曾说：“共产党人要平时看得出来，关键时站得出，危难时豁得出！”谆谆教诲言犹在耳。他始终关心大学生的成长，引导学生学习真本领，传递党员精神。我辈青年学子要以鲍良弼老师为榜样，将青春挥洒在祖国最需要的地方。

——合肥工业大学“芯青年”学风涵养工作室成员、微电子学院本科生张恒

图片设计 田晶娟