

# 中国古代建筑：贯越古今的营造智慧

## 科技文明探源

◎实习记者 沈唯

位于山西北部的应县木塔，始建于辽代，是世界上现存最古老的高层木结构建筑，与意大利的比萨斜塔、法国的埃菲尔铁塔并称“世界三大奇塔”。整座木塔全靠榫卯咬合，高约67米，采用“明五暗四”共计9层的双套筒结构，总构件数在10万以上，共有54种斗拱，造型奇绝美观，屹立近千年不倒；应县木塔又名释迦塔，五座佛殿连成一气，形成秩序严整的造像格局，塔内雕塑、装饰与佛教文化紧密相关。中国古代精妙的营造技艺与深厚的传统文化在木塔上集中体现。

建筑往往反映着一个时代的审美与认知水平，深受艺术和文化因素的影响，同时也在某种程度上代表着整个社会的科技水平。正如应县木塔既有中国古建筑“斗拱博物馆”的美誉，又被称为抗震避雷等科技领域研究的知识宝库。

在同济大学建筑与城市规划学院教授李滨看来，科技与文化是中国古代建筑“一刚一柔”的两个属性：技术是建筑的明线，文化则可理解为建筑的暗线；两条线并举交织，在它们的共同作用下，形成了不同时期、不同地域和不同民族的有一定差异的建筑风格。

### 土木是核心营造材料

土和木是中国古代建筑的两大核心材料，在中国传统营造技术和建筑文化遗产中具有举足轻重的地位，“土木”也被用来泛指建筑工程。

生土，是指未经焙烧、仅做简单加工的原状土，是我国乃至世界上历史最悠久、应用分布最广泛的传统营造材料之一。从距今约8000年的新石器时代，人类就开始以土为材料营造建筑，当今的窑洞就是典型的生土建筑。木材绝对是传统营造的主流材料，也成就和凝结了中国古代木构营造技艺的高度和智慧，应县木塔就是最有代表性的木构建筑之一。

中国古代建筑既可以单独用土或木做结构，也可以是土木混合结构。“中国的传统民居如土楼，是典型的土木混合结构。土楼本身的建筑形制比较特殊，是由一米多厚的夯土外墙和内部木构架相结合而成，具有一定的防御功能。在特定环境下，古人能把土和木这两种最常见的营造材料结合利用，把它们的作用发挥到极致。”李滨说。

对营造材料的运用也和科技发展水平息息相关。李滨以大跨度结构举例，今天我们大多采用钢网架结构等来完成大跨度建筑的营造，但在古代，人们通过积累的经验改进技术，仅用木结构就已经实现了大跨度的桥梁建造。

“木结构建筑中主流的梁柱结构，就是由跨度较小的梁、柱为主要的传力体系构造，它受到了材料长度本身的限制。跨度再大光靠柱梁体系就不行了，于是人们又发明了编木为拱的技术。”李滨解释，编木拱桥是一种十分奇特和罕见的桥梁形式，运用这种技术能够加工出更大跨度的结构体系。这种编木拱桥就像用竹条编箩筐一样，是不用砖石仅用木材“编织”而成的桥。在传世名画《清明上河图》中，横跨汴河上的那座规模宏大的虹桥正是编木拱桥。这种桥梁和技术迄今还在浙西、闽东以及贵州等地的山区中大量使用。

“无论是对营造材料的利用，还是对结构手法的使用，这些技术的成熟都有一个循序渐进的过程，并且和当时社会的科技发展水平相匹配。高超的营造技术不是一蹴而就的，都是从最简单的技术和材料开始，最后才形成了结构复杂、功能完备、丰富多彩



的中国传统古代建筑营造技术。”李滨认为。

### 营造技艺中的民间智慧

中国古代有关营造技术的典籍流传至今者甚少，最为著名的两部分是宋代的《营造法式》和清代的《工程做法》，我国著名建筑学家梁思成将这两部书称为研究中国建筑的“文法课本”。

位于河南少林寺的木构建筑初祖庵大殿，其建造结构和技术细节等与《营造法式》的记录较为一致，而故宫中多数木构的构造特征则与《工程做法》基本接近。在李滨看来，记载中国古代营造技术的典籍以及具有代表性的古代建筑，都是中国传统文化和古代建筑的一张重要名片。

“但需要注意的是，我们不能简单地认为宋代建筑都是受到《营造法式》的影响，清代建筑都是受到《工程做法》的影响。”李滨解释，因为当时社会交通水平和传播手段的限制，这两本所谓的官方建筑标准并不能真正做到全国统一推行，因而各地建筑呈现出不同的地域乡土特色。

窑洞是黄土高原上最主要的民居建筑，在新石器时代人们就将自然洞穴作为容身之所。最初人们开始在黄土崖上人工挖几孔窑洞，居住的过程中又发现窑洞面容易毁坏、耐久性差，就用石头或砖块等垒砌成窑脸进行保护或加固。当古人掌握了拱券结构的原理后，又利用券技术来建造独立于地面的窑洞，称之为窑洞，现在山西、陕北一带还在使用这种建筑形式。

李滨介绍，中国有六大窑洞区，根据地域分别具有不同的特征。比如河南一带因古代中原战乱频繁，因此靠崖式窑洞较多，“一门一窗一气流”，内部相对封闭；而陕北地区的窑洞特点则是采光好，内部通风和阳光能力强。

“再比如夯土技术，春秋战国时期就已经很成熟了。当时已广泛使用版筑技术，把生土夹在两块木板中间，一堵一堵夯实成墙，这种古老的营造技艺现在农村中也还在用。”李滨补充说，古人在建造建筑时能够就地取材，充分发挥能动性，把当地营造材料的特性和生活需求结合得非常巧妙。古人依靠经验选择类似高岭土等具有黏性的土作为夯土材料，这种土可塑性强，夯实之后强度很高，“这些说明古人对材料和结构的掌握是非常精准的。”

现今保留下来有历史记载的多是一些官式建

筑，民间建筑则相对较少。李滨认为，如果仅用《营造法式》等典籍来了解一个时代的建筑特点是不够全面、系统和立体的。对民间营造技术与文化的研究和掌握是不容忽视的重要领域，而这正是过去研究和认识中相对较少的。

“实际上，官式建筑也并非无源之水、无本之木，许多营造技艺都来源于乡土建筑。所以乡土建筑中有着更为丰富的营造智慧，也更能代表中国古代的传统营造文化。”李滨强调。

### 建筑内核思想一脉相承

建筑大多具备一定的实用功能，除了生活必需的民居，还有许多古代建筑的功能都与今天的社会功能相对应。李滨举例说，“比如书院就像我们现在学校，具备教育功能。还有古代一些城市会设置望火楼，可以在楼顶眺望以便发现火情，有消防报警的功能。”

在农耕文明背景下，以土木为主要结构的中国古代建筑几千年来在历史变迁中缓慢发展，直到今天依然为建筑建设提供着灵感与启示。当代，我国在国际上首创的全预制装配式地铁站，就充分运用了榫卯结构的营造原理，这种建造方式大大减少了施工人数，提升了建造速度，同时还可减少建造过程中产生的建筑垃圾；在北京冬奥会场馆国家高山滑雪中心的建设过程中，设计人员利用传统吊脚楼的“吊脚”架空建造方式，在不破坏山体地形的基础上还为当地珍稀的动植物保留了活动和生长空间，也大大降低了施工难度。

李滨认为，现代建筑工程所利用的营造智慧，有一部分就是对古代营造技术的借鉴和提升发挥，它们是一脉相承的，几千年来一直在延续和发展。

建筑来源于生活和生产，生活中很多语汇也来源于营造的智慧。例如“瓦解”，就可以从瓦的制作技术上理解这个词的由来。制瓦是在制陶的技术上发展而来的，因此古代的瓦也多为陶瓦。李滨介绍，瓦片并不是直接做成半圆形的，制瓦是先将黏土烧制成筒状，再从中间锯开变成两片瓦，故而“瓦解”就代表了分离、分裂的意思。另外还有“规矩”“准绳”“水平”等词汇，都是由建筑的规范标准或营造工具引申得来。

“由此可见，中国古代的营造智慧渗透到了我们今天的生活和哲学中。”李滨说。

## 字里行间

◎余佳穗

《数学家的发现》是浙江大学数学系教授蔡天新写给孩子们的数学故事集。作者亲自探访10多个国家，追寻近3000年的时间线，撰写了18篇文章，分“公元前后的千年、中世纪和17世纪、近代和现代世界”三辑，详述如毕达哥拉斯、阿基米德、祖冲之、斐波那契、秦九韶、笛卡尔、费尔马、牛顿、欧拉、高斯、黎曼、庞加莱、希尔伯特、华罗庚、陈省身等耳熟能详的数学家的故事，并用富有文学情调的语言，讲述了从古希腊先贤创造的数学荣光，到17世纪“天才的世纪”法国的数学传统，再到近代并喷式的突破性数学研究成果，进而向小读者展示了一个广阔而深远的数学世界。与此同时，绘图师黄乐瑶为该书绘制了300多幅插图，帮助小读者更好地理解本书中的内容。

蔡天新是浙江台州人，曾是少年大学生，他提出了形素数和加乘方程的概念，有关新华林问题的研究被英国数学家、菲尔兹奖得主阿兰·贝克赞为“真正原创性的贡献”。他还是一位诗人、作家，至今已出版文学、艺术、科普著作40多部，其中，《数学传奇》获“国家科学技术进步奖”，《数学简史》和《数学与艺术》获“吴大猷原创科普著作佳作奖”，他的著作被译介到世界各地，出版了20多部外版著作。近年来，他应邀在普林斯顿大学、伦敦政治经济学院、澳洲国立大学、新加坡国立大学、墨西哥学院、内罗毕大学等六大洲数十所高校，以及国内数百所大中小学、书店、图书馆等机构做公众讲座。作者专业的背景和深厚的文学素养让本书内容翔实，特色鲜明。

其中一大特色便是通过介绍数学家所生活年代的历史背景，让小读者理解数学发展和文明进程密不可分。大家熟知的阿拉伯数字其实是印度人的发明，为什么我们现在把印度数码叫“阿拉伯数字”呢？通过书中所写的百年翻译运动，我们了解到，在公元8世纪之后，阿拉伯人翻译了来自希腊、波斯、印度的典籍，印度数码由此传入阿拉伯世界。后来，由于大量希腊学术著作因希腊文明的衰败而遗失，欧洲人不得不通过阿拉伯人的译本认识希腊数学成果，再译成拉丁语和欧洲各国文字，在这个过程中，印度数码不断地被改进，成为现在的阿拉伯数字。

本书的另一个特色是语言的可读性和故事的有趣性。除了让小读者了解历史背景，作者还向小读者展示了数学家的“多面性”，数学家可不是整日闭门苦读的“书呆子”，他们也拥有创造性的、有趣的灵魂。作为数学家的笛卡尔发明了直角坐标系，创立了平面解析几何，将相互对立的“数”与“形”统一起来，为微积分的发明奠定了基础。同时，他也是一位伟大的哲学家，被誉为“近代哲学之父”，那句著名的“我思，故我在”，是他二元论哲学最好的注解。他的哲学思想与他的数学发现有着紧密的联系。

## 赤壁大湖咀遗址新发现先秦冶金遗物

科技日报讯（记者吴纯新）近日，记者从赤壁市委宣传统战部获悉，由湖北省文物考古研究院与北京大学考古文博学院联合举办的“大湖咀遗址发掘与周代金道锡行的新认识——先秦时期冶金考古与金属物科溯源研究学术研讨会”日前在该市召开。来自全国20余家单位的60余位专家学者齐聚一堂，聚焦先秦时期锡、铅冶金考古新发现与新认识，探讨早期冶铸铜手工业资源研究方法。

本次会议的重要议题为湖北省文物考古研究院2022年在赤壁新发现的大湖咀遗址。该遗址被初步判断为长江以南

面积最大、保存最完好的周代前期城址。该项目2023年度考古发掘已取得重要进展，在城址年代、城市功能分区上发现了诸多的遗迹和文物证据，特别是青铜冶铸遗存的发现，对于认识周代南方与中原之间的“金道锡行”具有重要学术价值。北京大学考古文博学院党委书记陈建立介绍，赤壁大湖咀遗址发现了与铸铜、炼锡有关的周代冶金遗物，出土了纯度很高的锡壶和金属锡的金属丝，为我国南方地区寻找早期冶金遗址以及如何聚落考古思路下开展手工业考古工作提供了很好的示范。

## 一戏绘千载 飘飘传四海



近日，中国工艺美术馆·中国非物质文化遗产馆举办非遗·天籁侗音——侗族传统音乐社教活动。活动集中展示了人类非物质文化遗产代表作名录项目、国家级非物质文化遗产项目侗族大歌以及国家级非物质文化遗产项目侗族琵琶歌、侗戏，让观众一起聆听天籁侗音，感受侗族传统音乐的魅力。

图为侗族“行歌坐月”习俗展示现场。

本报记者 周海梅摄

## 曲水流觞：故宫中的园林雅趣

### 博览荟

◎周乾

位于故宫博物院珍宝馆内的宁寿宫花园，建于乾隆四十一年（1776年），为乾隆皇帝归政后游赏的场所。宁寿宫花园的禊赏亭内，有一条蜿蜒的石刻水槽，称为流杯渠，是乾隆帝模仿王羲之《兰亭集序》中的“曲水流觞”而建造的。其中，禊又名修禊，是指古人于春秋两季，在水边举行的一种祭祀活动，主要是为了洗濯去垢，消除不祥；觞是一种酒杯，杯身如船形，两侧有耳。“曲水流觞”的酒杯，一般为木制，底部有托，因而在水上稳如行舟。皇帝和大臣们围绕水渠而坐，酒杯漂到谁的位置附近，谁就作诗一首，或者罚酒一杯。

禊赏亭内的“曲水流觞”活动，源于中国古代的临水祭祀。这种祭祀活动早在西周时期就出现了，随后逐渐发展成文人雅士参与的诗酒游艺。其中最具有代表性的，当属永和九年（353年）三月初三，时任会稽内史的王羲之在会稽兰亭（今浙江绍兴西南）举行的修禊活动。王羲之与

友人谢安、孙绰等41人会聚兰亭，饮酒赋诗，并把诗赋汇编成集，称为《兰亭集》。王羲之特为诗集作序，称为《兰亭集序》，他认为在崇山峻岭中，茂林修竹旁，尽管没有丝竹管弦之乐，但是大家临水吟诗，在天然园林中寄情于景，乐在其中。而乾隆皇帝命人在禊赏亭内建造流杯渠，亦表达了这种园林雅趣。

流杯渠所在的地面区域长约4.5米，宽约3.7米，由石板铺成。其造型特点为：以中间部分石板为对称轴，南北两侧各有4道弯曲的水槽；进水口、出水口则分别设在南侧、北侧最外道水槽的中部。水槽长27米，且为“九曲”之形状，不同位置的弯曲弧度大小不一。这样一来，酒杯在水中漂移，很容易因“九曲”的渠壁而被临时“截停”。水槽断面为上宽下窄的凸弧状：上宽约0.21米，下宽约0.05米，深度约0.18米。这种断面设计，与船形的酒杯相对应，便于酒杯在水上漂流。远眺流杯渠，其形状犹如一条蜿蜒游动的长龙，又犹如一个繁体的“风”字。从现场调查来看，该流杯渠的建造方法是先将若干石板平铺在地面，然后在上面画出水槽的轮廓，再分别对每块石板进行凿挖及打磨，开凿

出流杯渠的不同部分，再进行现场组装，最后用防水灰浆对组装后的石块接缝处进行勾缝处理。

禊赏亭内的“曲水流觞”，其供水方式及景观设计，均包含了丰富的古代智慧。

从供水方式角度而言，“曲水流觞”所用水汲取巧妙。禊赏亭的南侧为假山，再往南为水房。水房内有两口缸，每口缸上口直径1.4米，下口直径0.8米，高1米，可存水2.7吨。缸的底部开口接水管，水管穿过假山底部，到达流杯渠。水从流杯渠南侧的栏板底部进入，底部水口的直径约为0.1米，涓涓细流沿着“风”字形的流杯渠缓缓流动，充满了诗情画意。

需要说明的是，水缸的水源位于水房南面的水井。在举行“曲水流觞”游艺时，需从水井内取水倒入缸中，保证水流不断。水的流动主要通过水压产生。缸中的水越多，其重力越大，产生的水压越大，水的流速也越快。当缸中水快见底时，水流减速，并逐渐停止，产生与因“碰壁”而临停相同的效果。据初步计算，1缸水在水渠内流动完，需要约6分钟的时间。这个时间可满足一个饮酒作诗的“节目”需求。

从景观设计角度而言，“曲水流觞”体现了我国古代精巧的造园技艺。此处，“曲”包含了两种用途：其一是显示出水景曲折多姿的艺术形态，其二是使得酒杯漂流一定的时间和距离，有利于营造较好的活动氛围；“水”作为生命之源，使人亲近，产生愉悦的感受，而形态丰富的水体，不仅与假山形成“一刚一柔”的景致呼应，而且为临水而设的君臣活动提供了重要载体；“流”动的活水赋予了禊赏亭区域生机，营造出山涧溪流的意境，亦为君臣的吟诗赋对提供了雅趣的方式；“觞”则体现了人文活动的公共属性，这与我国古代园林的休闲属性不谋而合。不仅如此，流杯渠南侧的假山因地制宜堆叠，灵活分割园林空间，巧妙点缀禊赏亭周边的风景，增添了人工环境中的山野情趣，并对水房进行了巧妙遮挡。而流杯渠两侧的汉白玉栏板上，均雕刻有竹纹，与王羲之的“茂林修竹”之境相呼应，亦反映出古人的风雅情趣和造园智慧。

综上所述，故宫里的“曲水流觞”是我国古代园林中精巧景观的代表，不仅包含了浓厚的人文意境，更是古代工匠卓越智慧的体现。

（作者系故宫博物院研究馆员）