穆钧给学生们讲解生土建筑

2011年，甘肃会宁马岔村夯土工作营（老师和学生）

北京建筑大学现代生土建筑研究中心里，团队学生正在凝视各地项目图

他们让中国“土房子”重新站到了世界的潮头

——穆钧教授团队重建乡土家园纪实

□本报记者 任洁 通讯员 高蕾 李守玉 汪洋海容

传统夯土民居，在许多人的心目中代表“农村危房”，甚至是贫困落后的象征。但是，在北京建筑大学建筑与城市规划学院穆钧教授团队的努力下，一栋栋经过现代技术锤炼的土房子焕发出新光彩，甚至夺得一个又一个国际大奖。他们推动了一个个乡土家园的重建与复兴，也让越来越多的人认识到中国夯土建筑的巨大价值，让古老乡村实现与现代的融合。

现代生土建筑研究中心里的各地夯土标本

头一次尝试造“土房子”，村民很不解

“你们在弄啥呢，弄这种土房子早过时了，还有啥可造的？”13年前，当穆钧站在甘肃庆阳毛寺生态实验小学项目建造现场时，一旁围观的村民们窃窃私语，对他要建的土屋满是不解。

甘肃庆阳位于陕西、甘肃、宁夏三地交汇处，冬季常刮西北风，属于严寒地区。2004年，正在香港求学的穆钧作为驻场建筑师进驻庆阳毛寺村，承担了“毛寺生态实验小学”项目，正式开启他与生土建造的难解之缘。

温饱是脱贫攻坚的首要问题。面对西北贫困农村恶劣的生态气候和当地人拮据的经济条件，如何在有限的资金里最大限度减少采暖能耗，让农村孩子能在温暖的房子里读书？严峻的现实对穆钧发起了极大挑战。

在导师吴恩融教授的指导下，穆钧将当地可获得的所有传统或工业化建筑材料及其建造技术以教室为单元模型，利用软件逐一模拟试验，研究材料、形式与空间设计对建筑热工性能的影响。

经过不断研究，他们发现，土坯与秸秆等自然材料作为建筑主材具有很好的呼吸作用，保暖性能好、造价低，而且可以就地取材，非常环保，拥有最高性价比。

他算了一笔账：如果把常规的240mm厚烧结砖墙替换为同等造价的600mm厚土坯墙，冬季教室内气温平均提升1.5℃；如果将常规屋面保温挤塑板替换为同等绝热效能的草泥垫层，造价至少降低80%。在平均气温低达零下12℃的1月，这样的校舍无需采取任何采暖措施，仅靠40多个学生的人体散热（相当于3200W的电暖气），就可以舒适生活，不仅实现全年近零能耗的生态效益，造价也仅为当地常规建筑的2/3，且全部施工由村民利用简单机具即可完成。

该项目充分证明“绿色建筑”并不等同于高价建筑，通过改良传统建造技术，完全可以实现因地制宜且经济实用的目标，这对于生态环境脆弱的西北贫困农村地区具有十分重要的示范意义。

完工的那天，村民们涌进学校，惊奇地转悠在每一间屋里。与他们记忆中的土房不同，新校舍没有生炉子，屋里却丝毫不冷，太阳透过黄色的窗棂照射在桌椅上，暖意融融，黄土色校园外观也与周围梯田融为一体，没有一点突兀。“学校过冬再也不用烧煤了，省下来的钱可以给孩子们多买一些书。”校长感慨。看到众人喜悦的模样，施工期间与村民同吃同住长达一年的穆钧笑了，乡亲们的肯定就是对他最有意义的奖励。

“毛寺生态实验小学”项目先后获得联合国教科文组织遗产保护与传统创新奖、亚洲最具影响力最高荣誉设计大奖、首届中国建筑传媒奖最佳建筑奖等多项国内外大奖，并与鸟巢、水立方等5个中国大型项目同时获得英国皇家建筑师学会国际建筑奖，穆钧成功了。

发现生土建筑的最大秘密

自攻读博士起，穆钧便投身于生土建筑领域的教学、研究与实践，以毛寺村为起点，他带领团队开始了生土项目设计建造之路。

生土，就是从自然界里取出的原状土，无需焙烧，简单机械加工后便可用于房屋建造。生土的传统形式包括夯土、土坯、泥砖、草泥、屋面覆土等，以此为主体结构材料的房屋通常被称为生土建筑。

生土与木材一样，在我国传统建筑中的地位举足轻重，基于夯筑工艺的传统夯土民居是比例最大、覆盖面最广的生土建筑类型。据不完全估计，目前全国至少有6000万人口居住在各种形式的生土建筑当中，且多分布于贫困农村地区，尤其在中西部12省中，既有的生土农房比例平均超过20%；甘肃、云南、西藏等省份部分地区该比例甚至超过60%。

由于在力学和耐久性能方面存在缺陷，传统夯土民居普遍存在结构安全性相对较差的问题，与“农村危房”划等号，越来越多的土房被以烧结砖、混凝土等建筑材料建成的房屋所取代。

实际上，生土是一种天然保温材料，具有绝热、蓄热的性能。“一般建筑材料的保温层是靠细微孔洞留住空气，实现室内外温度的隔绝。”穆钧团队核心成员、教师蒋蔚介绍，“与其他建筑材料不同，夯土是难得的多孔重型材料，只要墙的厚度、密实度、空间大小合适，它的保温性能会很好。”

同时，凭借多孔性特点，夯土的吸湿性能是混凝土和烧结砖的30倍，可以有效调节室内湿度，尤其在南方潮湿闷热的天气里，墙体可以吸收空气中的大量水分，降低室内湿度；当空气干燥时，它又可以释放出水分，增加空气湿度。“这是一款会呼吸的材料，甚至能起到美容养颜的效果。”蒋蔚打趣地说。

“一般接到项目后，我们会从项目地附近取土样进行实验室测试，选出性能最好的土，再根据生土材料优化原理，配上一定比例的砂子和石子，以原土中的黏粒取代水泥成分，使土料混合物形成与混凝土相类似的骨料构成，通过含水率的控制和基于机械的强力夯击带来的物理作用，使干燥后形成的夯筑体在力学性能、耐水、防蛀、防潮等方面得到极大提升。”团队成员顾倩倩介绍。

从2011年起，在住房和城乡建设部的支持下，穆钧率队以甘肃会宁为基地启动“现代夯土民居建造研究与示范”项目。他们借鉴国外在现代夯土技术研究方面的成功经验，首次将现代生土材料优化理论引入我国乡村建设，通过大量的田野考察和本土化的系统研究试验，有效克服了传统夯土在抗震和耐久性方面的固有缺陷，研发出一系列适合我国农村地区的现代生土房屋建造技术、设计方法及其相应的施工机具系统。

他们造的土房能抗8级地震

有着夯土建造传统的西部农村多位于地震多发地带，加上人们对传统夯土民居抗震性能的普遍担忧，要让当地人接受现代夯土房屋，就必须用新型技术说话，打消人们的顾虑。

“5.12”汶川地震后，住房和城乡建设部委托（香港）无止桥慈善基金，统筹香港中文大学、西安建筑科技大学、重庆大学等高校成立联合团队，穆钧作为项目负责人，以四川会理马鞍桥村为基地，启动了震后村落重建研究与示范项目，旨在针对贫困农村地区研究与示范一种易于被当地村民接受、掌握和传承的适宜性生态重建模式。

榫筑和版筑是我国传统夯土技术中最常见的两种模板体系，但其模板刚度均不足以抵御气动或电动夯锤带来的冲击力。欧美现代夯土普遍采用以“DOKA”为代表的混凝土铝镁合金模板体系，尽管组装灵活、操作简易，但价格高昂。

穆钧团队曾尝试利用我国市场上常见的钢模板体系，但经过试验发现，其抗横向冲击的能力不足，并且组装费时费力，不适用农村相对粗放的施工模式。根据西部农村的现状，通过大量的市场调研和多轮加工试验，团队最终选择利用竹胶板、型钢、螺杆等村镇建材市场常见材料，设计加工形成一套新型模板体系。

试验结果证明，该体系组装灵活、操作简易，可直接夯筑“T”型、“L”型、“I”型墙体，进一步加强了传统夯土房屋墙体转角和“T”型交接等薄弱环节的结构强度。基于该结构体系下的新型夯土房屋可以满足我国8度地震设防烈度的要求，实现“小震不坏，中震可修，大震不倒”的抗震设防目标。

以团队核心成员、结构专家周铁钢教授开展的大量抗震研究成果为基础，穆钧团队决定充分利用震后废墟和本地自然材料，融入抗震技术，改良当地传统夯土技术，发动和引导村民根据自身财力和需求，自力更生完成家园重建。

帮助当地村民转型为现代夯土匠人

在整个施工期间，他们派专人驻守现场，在开展技术指导的同时随时优化改进建房中产生的技术问题。由于当地村民普遍具有传统夯筑经验，通过实际操作的培训模式，他们很快便掌握了新技术的要领。

现代夯土建筑能有多结实？刚开始村民们对此不以为然，但当一段夯土墙出现施工错误不得不返工时，他们费了九牛二虎之力才将其拆除，亲眼见证了新型夯土的“厉害”，终于改变了之前的观念，变得更加积极。

一传十十传百，周边村庄的农民竞相前来参观。大家对传统技术升级版产生极大热情，于是邻里互助、全员出动，仅用3个月，全村33户受灾家庭便通过就地取材重建起夯土家园，舒适性和节能效益远优于当地震后统建的常规砖混结构农宅不说，施工技术还相对简单，造价仅为后者的十分之一。

这种土房子的另一大好处，在于它具有可再生性。房屋拆除后生土材料能反复利用，甚至可作为肥料回归农田；加工过程低能耗、无污染，据测算，其加工能耗和碳排放量分别仅为粘土砖和混凝土的3%和9%。焕然一新的村子，让村民对生活产生新的希望。

村民李洪元家盖房的夯锤后来被穆钧带到法国，展现给世界各地的朋友。大家非常喜欢中国的工具，也对中国的（建造）传统表达了关注和喜爱。老李以为这是了不起的事，但让他更想不到的是，用夯锤夯出的土房子接连获得联合国教科文组织“亚太地区文化遗产保护创新奖”、住建部“田园建筑优秀案例一等奖”等多个重要专业奖项，赢得国际瞩目。

“我们可以给村民工匠编写技术指导图册，让更多灾后重建村掌握这种技能。”说干就干，穆钧团队编写出版的技术指导图册，通过建设系统发放到有类似情况的农村地区，对于转变认识误区、科学指导灾后重建发挥了积极作用。

随着现代夯土技术的推广，甘肃会宁马岔村的工匠接受培训后开始走出村子，成为专业的现代夯土匠人。二里头夏都遗址博物馆、世园会中国馆的夯土墙.....越来越多的工地有了他们的身影，源源不断的收入汇回老家，村里经济条件持续好转。

15年来，穆钧团队的足迹遍布贫困乡村，深入调研和驻点工作的村落达300余个，见证了一个个乡土家园的重建与复兴。在住房和城乡建设部的推动下，团队与地方政府密切协作，采用指导和发动完成培训的农村工匠带领当地村民的组织模式，先后在甘肃、湖北、河北、新疆、广东等具有生土建造传统的17个省或地区，完成近200栋示范推广农房和乡村公建的设计与建设，培训村民工匠400余名，并宣讲培训了5000余名基层技术和管理人员。

扭转了人们对生土建造的误解

从黄土高原到云贵之巅，十余年来，穆钧带着团队奔走于乡村和城市之间，钻研每一地的土，孜孜寻求传统与现代的结合点，为不同人群研制各自适宜的栖身之所。

2016年，他被北京建筑大学引进，现为该校建筑与城市规划学院教授、博士生导师、建筑学学科负责人，北京未来城市设计高精尖创新中心“现代生土营建研究科研团队”负责人。学校为其组建了研究团队，让他得以全身心投入现代生土营造技术与推广研究。

在项目施工现场，他们指导村民用现代技术就地取材，建造“物美价廉”的土房；回到单位，现代生土建筑研究中心的外墙同样是用夯土制成，这些土取自云南沙溪。团队还把所到之处的生土装入瓶中带回北京，悬挂在研究中心的一整面墙上。

虽然都是黄土，但土质有所区别，颜色也颇具差异，如此布置成的标本墙，成为工作室一道亮丽的风景线，几乎每个走进来的客人都会驻足欣赏。这些土瓶，就是穆钧团队的一枚枚勋章。

生土实验室的另一面墙上，挂有大大小小师生与村民工匠一起建造家园的照片，有的脸上汗迹斑斑，有的晒得黝黑，但每个人都洋溢着灿烂的笑容。这些照片记录着穆钧团队在黄土地上建造土房子的美好瞬间，传达着他们真切的“栖居梦想”。

穆钧团队的工作有效扭转了村民和基层政府对于生土建造传统的认识误区，更加厉害的是，生土项目还走出乡村走入城市，以崭新面貌重回大众的视线。一栋栋土房悄然屹立在钢筋水泥大厦的旁边，且毫无突兀之感。

据不完全统计，近4年来，约有30余项度假酒店、精品民宿、展览馆等基于生土应用的现代建筑设计项目在各地启动，随着市场的需求旺盛，涌现出越来越多从事生土施工的企业或团队，其中包括穆钧团队设计并指导村民兴建的甘肃会宁马岔村民活动中心、负责夯土专项设计和施工技术指导的万科西安大明宫楼盘景观工程、2019北京世界园艺博览会生活馆以及建设中的洛阳二里头国家遗址博物馆，其中洛阳二里头博物馆也是当今全世界最大的单体夯土建筑。

对此，穆钧在采访时对记者强调，他们做的工作不是“一刀切”地用生土来代替钢筋混凝土，而是借助现代技术，发扬老祖宗的智慧，让建筑更加多元化。

马岔村民活动中心落成后，老年人秦腔皮影戏班，中年妇女组织的敬老自乐班，老中医开设的中医诊所，还有图书室、为留守儿童设立的课外活动小组、返乡年轻人创建的地方土特产网络商店……一个个服务于村民的区域相继开辟，村子“活”了起来，年轻人也多了。“大家都愿意往活动中心跑，那里有阳光，有笑声，是村民们想要的。”看到这一幕，团队成员特别欣慰。

中国“土房子”惊艳了世界

近年来，穆钧教授的研究成果先后获得2次WAF世界建筑节佳作奖、3次联合国教科文组织亚太地区文化遗产保护“创新设计奖”、国际优秀生土建筑设计大奖、中国建筑传媒最佳建筑奖、住房和城乡建设部田园建筑优秀实例一二三等奖等20余项国内外专业奖项。

凭借多年来在现代生土营建研究与推广方面的系列成果，穆钧团队上个月荣获2019年度世界人居奖铜奖，这是教育部建筑学学科评估指标体系认定国际奖的最高级别奖项，他们也是继吴良镛院士和刘加平院士之后获得该奖的中国专业团队。

“世界人居奖”是目前国际规格最高、最具权威性的人居类专业奖项之一。与“联合国人居奖”近年多针对官方机构的侧重不同，世界人居奖旨在遴选与表彰实用、创新、可持续且具良好推广性的住房解决方案。

该奖主办方——世界人居的首席执行官大卫爱兰德对穆钧团队是这样评价的：“全世界有三分之一的人口居住在用生土建造的房屋之中，其经济、环保且防火，是一种十分实用的房屋模式。该项目重新定义了具有更高质量的生土营建的未来。”世界人居奖评审委员会的评语则是“该项目是由学生、地方官员、村民和建筑师协同完成的一个十分成功的生土营建案例，其在城乡建设中的突出成果，为转变人们对于生土就是贫困落后象征的认识误区贡献卓著！”

谈起有关中国的“栖居梦想”，穆钧的想法极具诗意：“希望城市与乡村的区别，不再是发达与落后、富足与贫困，而是代表着两种相互平行且各富魅力的栖居模式。人们可以在其中根据自己的人生态度和情趣，自由地选择理想的栖身之所，为心灵找寻一个温暖的归宿。唯有回归本源初心，把老祖宗留给我们的建筑宝藏传承下去，留住我们的根，才能走出自己的路。”

（建造工地照片由北京建筑大学宣传部提供，现代生土建筑研究中心照片由本报记者任洁拍摄。）