

■ 赓续历史文脉

探寻古建智慧

“啪啪……”在山西省介休市后土庙古戏台的后台站定，山西大学教授杨阳拍了拍手，然后走向“凸字形”前台，再次拍手，静听两次声反馈的强度。这是他十几年来实地探访古建的习惯。

北京天坛回音壁、钟楼，山西永济市普救寺莺莺塔……声学古建筑是中国古建筑的特殊类型之一，包括古塔、古戏台、钟鼓楼等，为了让传声的效果更好，这些古建筑利用台下设瓮、墙上设瓮、后台设洞等建造方式，形成混响、共振、隔声降噪等效果，达成“十有余里，莫不耸听”的声学效应。

然而，这些技术几乎没有史料记载，唯有民间口口相传。18年来，杨阳实地考察了3000多座古建筑，希望通过自己的研究，让湮没于历史长河中的古建智慧为今人所知。

实地探访，揭示“山西唱戏陕西听”的声学原理

在山西省临县的碛口古镇，重檐歇山顶灰瓦顶的山门下，坐落着黑龙庙古戏台。戏班正在台上唱着晋剧《打金枝》。昔日没有音响设备的时候，观众是如何听清台上声音的呢？

2012年，杨阳来到碛口黑龙庙山门戏台考察，院内有完整的17孔窑洞和两个半孔的窑洞，听当地村民讲，这个戏台很不一样——窑洞内外的声音效果不一样，演员唱戏不费力，甚至能达到“山西唱戏陕西听”的效果。

窑洞内外的声音效果如何能做到不一样？杨阳搬来锣鼓，分别在上午10点和晚上8点模拟唱戏时的锣鼓声，在庙院内和碛口镇的不同点位试听效果，并利用声学分析仪测量声音、分析音频。

他发现，原来戏台内顶和后山墙能形成一个声罩，将戏台声音传向庙院内，庙院的正殿等建筑再将声音反射回院内，并传入台底的窑洞。在大小厢房以及戏台下的窑洞内，杨阳都能听到与院子、看台处不同的声音，窑洞中声音的音质发生变化，甚至比窑洞外的声音还清楚。窑洞作为“天然音箱”，形成不同声部的高低音共振，增强了戏台声音的声强。

“山西唱戏陕西听”的效果是怎么实现的？村民的一句土话——“吃风圪梁上”，让杨阳有了思路。黑龙庙位于卧虎山半山坳，在凸出的山脊上风更大，且庙前方没有高大的建筑物和吸声体，声音在晋陕峡谷中顺风传播。峡谷中石滩遍布，风、石头、水等吸音系数低的传播媒介都有利于声音传播。如此一来，悠远的唱戏声回荡在峡谷，就传到了对岸陕西的村庄。

古戏台形制、结构的设计考虑到了演出视听效果需要，是建筑艺术与声学技术的融合，这就是古人的营造智慧。要探寻其中的奥秘，必须有一定的科技史、音乐学、建筑学、声学等学科知识，还要一遍遍实地探访。比如为了研究黑龙庙古戏台，我前后去了8次。写平遥朝山庙古戏台的论文，从发现到写完一共现场考察了17次。”杨阳说。

实验验证，提升研究方法的科学性

2017年，杨阳带团队前往山西省高平市的二郎庙古戏台考察。经2008年修缮、增砌后，古戏台的山墙形成一面观形制。“一面观形制是宋金元戏台声学技术演进的最后节点，二郎庙建于金代，金代建造的古戏台建筑形制应为四面观或大三面观。”杨阳说，二郎庙古戏台一面观的形制，改变了原本的声学特性，源于不恰当的文物修缮方案。

杨阳深感研究的紧迫性：“古建声学研究的缺位，影响了现代人对古建筑结构的理解，一些古戏台的修缮只在外表上‘照猫画虎’，没有考虑到对其声学功能的保护。”

科学保护，离不开科学的研究方法，需要将田野实测和实验室仿真模拟的研究方

山西大学教授杨阳十八年来考察三千多座古建筑

揭开古建里的声学奥秘

本报记者 马睿姗



法结合起来。

在研究“墙上设瓮”古戏台时，瓮的测量方法、评价方法一直无法确定。杨阳联想到自幼学小提琴的经历：“既然乐器有不同的形制，会影响发声、扩声的效果，那么古戏台是否存在同样原理？”于是，杨阳进行了田野实测，把戏台里的瓮当作小提琴的共鸣箱，进行声学测量。在原址附近的露天空地上，摆上几个陶瓮，在距瓮口0.2米处放置测量麦克风和声学分析仪，播放扫频信号后，分别测量陶瓮腔体发声振动的频率，证实瓮具备助声效果。

仅基于田野实测，无法排除多变量的影响：有的地方台顶影响很大，有的地方侧墙影响大，杨阳决定引入实验室仿真模拟的研究方法。

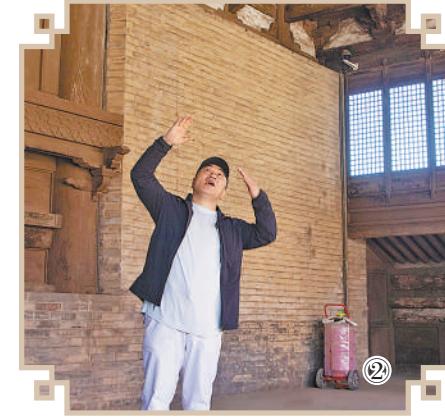
在山西大学中国古戏台声学实验室里，博士生翟晓多正伏在电脑前，将古戏台的“八”字形音壁三维数据“打包”导入专业软件，便可实现对八字音壁的反射系数和声学特性的测量。对比各项数据后，她发现倾斜角度为45—60度，且八字音壁上存在歇山顶造型的时候，戏台的整体传声效果最佳。

“今年，我们还计划将古戏台、钟楼等比例还原成古建筑模型，放置在（全）消声室里，以不同建筑构件为单位进行声学测量，实验结果跟仿真模拟实验相互验证，进一步提升研究方法的科学性，努力为更多古建筑

仰望飞檐斗拱直
指天际，触摸青砖黛瓦沉淀
时光……从山西古戏台里的声
学智慧，到徽州古民居里精巧的防
火设计，再到天津独乐寺的抗震奥秘，
中国的传统建筑不仅是凝固的历史标本，
更是用土木和金石写就的文化典籍。每
道飞檐都折射出中华优秀传统文化的精
巧构思，每根立柱都潜藏着古代先民的营
造智慧。

今起，本报推出“赓续历史文脉·探寻古建智慧”系列报道，走近太行山脉的褶皱深处、皖南水乡的层层院落、华北大地的木构建筑，记录专家和团队揭示古建筑背后秘密的故事。

——编者



人物小传

杨阳，1978年生，山西太原人，山西大学科学技术史研究所和音乐学院教授、博士生导师，关于古代建筑声学的国家社科基金冷门绝学研究专项首席专家。2017年开始钟鼓楼声学研究，2023年进行原生表演声环境研究，2025年牵头制定中国传统戏台声学测量的术语及测量指标。

杨阳采用的声学技术经历了由繁入简的过程，很有我们民族的特色。然而，古戏台声学研究的测量和评价标准很多时候依旧沿用国外音乐厅的指标和方法，一些古代

的修缮提供更科学的方案。”杨阳说。

多学科融合，阐释我国声学古建筑独特魅力

穿过介休市的后土庙院落，始建于明代的古戏台迎面而立，重檐歇山顶上满覆黄绿色琉璃瓦，翼角高低错落，台顶上黄绿红三色脊刹和宝塔，在正午的日头下发出微光。

在杨阳看来，影响中国古戏台声学效果的因素之一便是原生表演声环境。他走到八字音壁前说，“你看，八字音壁像个大喇叭，把原本传到两侧的声能，全部反射到观众席上，中国古戏台中很早就应用这项技术了。”

1953年，中国科学院院士、中国科学院上海技术物理研究所研究员汤定元研究北京天坛回音壁的声学特性，开启了我国古建筑声学的研究。33年后，山西大学科学技术史研究所教授高策接续汤定元院士的研究，揭示了普救寺莺莺塔“普救蟾声”效应的奥秘。杨阳正是高策的学生，古建声学研究的接力棒落在他的手中。

“古人采用的声学技术经历了由繁入简的过程，很有我们民族的特色。然而，古戏台声学研究的测量和评价标准很多时候依旧沿用国外音乐厅的指标和方法，一些古代

“没了，应该没了。”司机有气无力地回应着，大约沉默了几十秒，他突然慌了起来，微微颤抖着说：“坏了坏了，还差一个，是个小孩！”

“噗通”一声，伍友付跟郑朝廷再次下水。下潜不到1分钟，在离车子一侧三四米远的地方，他们找到了一名幼儿，体重不到30斤，已经没了呼吸。

“我接受过急救培训，先抢救试试。”胡应刚将孩子平放在地上，头偏向一侧，马上对孩子进行心肺复苏，司机帮忙做人工呼吸。持续抢救了约10分钟，伴着一声咳嗽，一阵哭声，孩子苏醒了。8名落水人员全部获救，众人悬着的心落了地。与此同时，120救护车也赶到了现场。

日前，伍友付、郑朝廷、胡应刚入选中央政法委发布的2025年第二、三季度见义勇为勇士榜。

回想起当时救人的经历，伍友付直言：“人没事才是最重要的！这是人命关天的大事，只要遇到，就一定会下水救人！”

暖心故事

贵州省息烽县伍友付等3名村民救起8名落水人员

“只要遇到，就一定会下水救人”

本报记者 苏 滨

分别拉着落水者的胳膊，往岸边拖。

河边钓鱼的人、闻讯赶来的人……此时的岸边，逐渐聚集了一些人，他们不善游泳，但主动配合救援。村民胡应刚找来一根长竹竿，站在岸上协助。众人合力，成功把落水者抬上岸。

“那边还有人落水！”伍友付指了指前方，“哗”的一下，便一个猛子扎进水里，郑朝廷紧随其后。

第二个、第三个、第四个……根据车子落水位置，两人仔细排查，反复寻找，前后10多分钟，记不清往返几次，先后救起7名落水人员后，伍友付才拖着疲惫的身体游上岸。看到落水者渐渐恢复意识，两人随即坐在地上休息，大口喘着粗气。

“水里真没人了吧？再数一下！”看着刚被救起的司机，伍友付有些不放心。

本报天津10月22日电 （记者郁静娴）日前，农业农村部主办的第二十二届中国国际农产品交易会在国家会展中心（天津）举办。本届农交会以“塑强品牌助振兴 提振消费增活力”为主题，来自全国3965家企业超2.5万种优质产品参展，近6万名采购商和专

业观众到会洽谈。据不完全统计，参展人数超30万人次，日均参展人数超10万人次，现场销售额超1亿元，达成意向合作8500多项。

专设精品品牌展区，各地精品品

牌、新品潮牌亮相，举办“品牌之夜”直

播助农、全国农产品采购商联盟采购

和对接等系列活动，组织对接发布活

动100余场，头部电商、大型农批市

场、供应链企业、集采单位等3000多个

大买家到场采购，全方位促进农产品

消费。

强农论坛聚焦农业强国建设，探讨如

何大力发展科技农业、绿色农业、质量农

业、品牌农业。突出区域协同和省

际合作，创新搭建京津冀协同发展展

馆。展会参

展产品基本覆盖全品类，充分展示农

产品全产业链发展的丰硕成果。

后恢复重建各项工作。“灾后恢复重建在严格执行房屋面积、选址规划、风貌样式等相关政策标准的同时，房屋建设采用钢筋混凝土框架式结构，选用加气砖、多孔页岩砖等材料，增强了安

全及保温性能。”定日县委常委、副县

长巴桑罗布说。

下一步，定日县将持续做好灾后恢

复重建工作，统筹抓好村容村貌改

善、乡风文明培育和特色产业发

展，加快宜居宜业和美丽乡村建设，持续

提升群众的获得感、幸福感、安全感。

共话文明互鉴 共绘发展图景

本报记者 王丹

窑火不熄，延烧千载。景德镇不仅是一个地理名称，更是一个文化符号。它见证了古丝绸之路上的商旅往来，也彰显着当今文明互鉴的深远意义。10月19日，世界市长对话·景德镇暨2025景德镇论坛在千年瓷都江西省景德镇市举办。来自意大利、韩国、土耳其、俄罗斯、吉尔吉斯斯坦等国的市长及国内外文化界、商界等代表齐聚一堂，围绕“窑耀千年，融通四海”展开对话，共同探讨文化与城市治理等问题。

“相通则共进，相闭则各退。”

论坛中，“文旅”“开放”“文明”等关键词频频出现。近年来，景德镇依托国家陶瓷文化传承创新试验区建设，成为令人瞩目的文化交流客厅，吸引了数万名海内外“景漂”常驻本地。和景德镇一样，世界各地在推动城市发展和文明进步中形成各自经验。与会嘉宾认为，文明因多样而精彩，发展因开放而蓬勃，城市间的理解与合作因此显得尤为珍贵。

“陶瓷是文化交流的使者，能够成为跨越隔阂、凝聚共识的共同语言。”吉尔吉斯斯坦奥什市议会副议长努尔巴耶夫·尼娅兹别克表示，“通过完善物流体系、发展线上交易、推动品牌联名，陶瓷艺术还可以推动经济发展。”

土耳其伊兹尼克市与景德镇市是国际友好城市。伊兹尼克市市长卡根·穆罕默德·乌斯塔说：“丝绸之路不仅是一条商路，还是国与国文明交流的通道。土耳其有35个城市成立了丝绸之路协会，近年来，我们借鉴中国的文化艺术，并与相关伙伴展开合作。我们希望通过论坛对话，互相学习更多经验。”

在圆桌对话环节，中外市长围绕“文旅呈美”“开放促荣”“文明相伴”三大议题展开深入交流。各市长分享了各自城市在文化遗产保护、文旅融合、产业创新、开放合作以及文明传承等方面的经验与思考。

文化遗产是城市发展的宝贵财富。活动期间，各嘉宾走访陶阳里历史文化街区和御窑博物馆，现场体验手工制瓷。“景德镇千年制瓷史留下众多老窑址、老里弄，都是‘文明的活化石’。”景德镇市市长陈克龙表示，景德镇全域实施陶瓷文化遗址保护系列项目，原真保护古窑址、古码头、古厂房、古戏台，形成了以陶阳里、陶溪川、陶源谷、陶科园、陶博城为依托的文化格局。他说：“陶阳里历史文化街区的64条里弄、700余间老屋重焕生机，保留了明清窑作群的历史风貌，实现了遗产保护与文旅产业发展的良性互动。”

“匠从八方来，器成天下走”，景德镇始终在以更高水平的开放促进互利共赢。“了解不同国家合作伙伴的思维方式和文化底蕴，才能让我们更好地开展合作。”俄罗斯戈罗杰茨市行政长官穆德诺夫·亚历山大·尤里耶维奇表示。

文明传承不只是简单的复制或者延续，更需要创新探索，景德镇在这方面所做的努力得到了与会嘉宾的点赞。韩国公州市前市长金正燮说：“城市的发展需要年轻人的参与，景德镇吸引了不少年轻人到来这里创作，年轻人可以通过合作加强交流学习，挖掘出更多的创新技艺。”

意大利蒙特卢波·菲奥伦蒂诺市文化底蕴深厚，且同样发展陶瓷业。走访景德镇后，该市市长西蒙·隆迪表示：“陶瓷的元素融入到了很多城市景观中，让整个城市都散发着独特的文化韵味。陶瓷业是手工技艺的展现，手工传承凝聚着手工艺人的心血和智慧，只有加强交流合作，才能在技艺传承中挖掘更多创新元素。”

“奥什是古丝绸之路上的重要城市，景德镇瓷器是海上丝绸之路的重要商品，这种特殊的歷史基础使两个城市的合作成为必然。”努尔巴耶夫·尼娅兹别克说，他计划邀请景德镇陶瓷专家到奥什开办陶瓷培训班，同时在奥什丝绸之路上的贸易展览会上开设景德镇瓷器展馆，向中亚及其他地区的合作伙伴介绍景德镇陶瓷文化。

景德镇陶瓷曾跨越山海，成为连接东西方文明的重要纽带。如今，这座千年瓷都正以更加开放的姿态拥抱世界，与全球72个国家180多个城市建立友好联系，吸引了50多个国家的艺术家常驻创作，成为文明交融的生动注脚。此次“世界市长对话”在景德镇举办，必将为增进各城市间友谊、深化互学互鉴作出积极贡献。

本报责编：张彦春 康 岩 宋 宇

版式设计：蔡华伟



①
②
③
④

建成具备中国特色的古建声学学科体系，还要走多远？
杨阳认为，“要靠两条腿走路。”一条腿是阐明各种助声技术原理。在中国古戏台半开放声场生成的助声技术，能反映中国特有声场创造的独特之处。

表演声环境研究是“第二条腿”。杨阳认为，戏曲与古戏台相互依存，但戏曲表演研究与古戏台研究却“分道扬镳”。2023年，他带领团队基于文、理、艺、工等多学科交融的视角，开启古戏台原生表演声环境研究，搭建起古戏台与传统戏曲研究的桥梁。

今年，中国声学学会已经批准杨阳牵头制定传统戏台声学测量指标标准等。“未来，我们将继续扎根本土，阐释我国声学古建筑的独特魅力，让古建筑焕发新的生命力。”杨阳说。

图①：介休后土庙古戏台屋脊。
马睿姗绘
图②：杨阳在介休后土庙古戏台演示声学原理。
王帆摄
图③：介休后土庙古戏台全景。
王帆摄
图④：高平二郎庙古戏台。
马睿姗绘

延伸阅读

古建声学研究什么，怎么研究？

古建声学是研究中国传统声学建筑声科学的新型交叉学科，其研究对象包括古塔、古戏台、钟鼓楼、古代桥梁等声学建筑，同时涉及乐器声学、歌唱声学、表演声环境和古代声学文化，旨在探明各类声学建筑的技术互动，揭示