

文化和自然
遗产
特别报道

跨界文保专家葛家琪： 如何为文物定制抗震标准？



铜奔马 甘肃省博物馆藏

博物馆是一个城市、一个国家、一个民族保存记忆的殿堂，收藏在博物馆的宝藏，是连接过去、现在和未来的桥梁，不受时间限制，向世人诉说着文明交流的故事、历史变迁的精彩。

若你想要一眼千年观古丝绸路，感受“丝绸古道三千里，黄河文明八千年”，来到中国唯一一个以丝绸之路为主题的综合性博物馆——甘肃省博物馆，便可瞬时理解这句话的含义。

馆藏铜奔马、中国邮政标志原型文物邮差画像砖等国家一级文物686件(组)的甘肃省博物馆，地处8度抗震设防区，近年周边地区强震频发，馆藏文物安全稳定性受到较大威胁。如何在地震来临保证房子安全的同时，还能保证房子里的文物安全？

6月9日，在成都举办的第三届文物科技创新论坛上，中国航空规划设计研究总院有限公司首席专家、总结构师、全国工程勘察设计大师葛家琪以“馆藏文物一体化防震关键技术研究”为题作了报告。

葛家琪告诉华西都市报、封面新闻记者：“文物是人类社会宝贵的文化遗产，如遭遇强震极可能造成馆藏文物大量损毁，对历史文明信息造成不可逆的重大损失。”



成都博物馆

如何预测文物风险？

2007年11月，成都市计划在天府广场边上建一座新博物馆，2007年12月葛家琪团队为此确定了方案。2008年5月12日项目公示结束，却正赶上汶川大地震。葛家琪开始思考文物防震，当时国际上只有少量研究，研究成果也非常少。航空工业规划总院结合成都博物馆新馆设计、馆藏文物防震规范编制，与上海博物馆、成都博物院开展了初步研究，在“十三五”期间承接了国家重点研发计划项目，开展了馆藏文物防震领域的系统研究。

十几年过去，目前，葛家琪带领团队已经研发出包括产品、检测检验，设计、评估等一系列新技术开发和规范标准。

“我们第一项任务，就是要跨界给文物口建立一个兼具科学性和实用性的风险评估方法。”葛家琪告诉记者，1976年唐山大地震后，国家颁布了建筑抗震规范，并严格实施，因此汶川地震当中，1976年之后建设的博物馆，基本上没有发生严重损害，但是文物有震损，这里面到底隐含着什么样的科学问题？

“从2009年到2012年，我们跟清华大学、上海博物馆联合做了相关问题的博士后课题研究，就是首先要从基本理论方面来回答这样一个问题。”葛家琪说。

不论是(抗震)风险评估，还是文物安全设计，是不是需要针对每一件文物来进行耦合系统的分析，并据此进行文物安全设计，以及基于文物安全的防震措施产品设计？“如果答案肯定，那还面临一个问题——即使是技术成立，对于每一个设计院、产品厂商或是文物保护单位来说，从技术难度和人力、时间、资金等现实情况考虑，这样的成果可能难以实现推广应用。“所以我们要研



山西应县木塔

究一个复杂耦合系统到底怎么可实用化的问题。”

传统防震措施以经验为主，没有一个科学量化的判别方法与标准。对葛家琪团队而言，如何重新建立具有我国自主知识产权的产品体系？难度极大。

地震能量的传递是非常复杂的力学传递过程，地震波传到房子里的每个地方，频率和幅值都不一样。因为鞭梢效应作用，越到上层震动越厉害。葛家琪团队研究的主要防震措施是在展柜底下安装防震平台，浮置文物置于浮置文物承台之上，其特征在于：所述浮置文物承台与浮置文物之间设置防震装置，所述防震装置进行严格控制，包括刚度控制、阻尼控制及行程控制，以“建筑结构+浮置文物承台+浮置文物”全模型分析为依据，以浮置文物的安全性能指标为目标，对防震装置进行优化。

基于地震动传播全过程，同时考虑了地震动输入、建筑结构特性、浮置文物承台特性对防震效果的影响，为地震作用下重要浮置文物的安全性能控制提供科学依据。

针对不同大小尺寸和重量的文物，防震台也“私人定制”，效果非常理想。据葛家琪介绍，“馆舍结构+展柜+文物”一体化模型振动台试验是国际上首次开展，提出了安全性指标和一体化设计方法，形成系列自主知

识产权的防震措施装备和有效性评价方法集成成果及成套技术后，在甘肃省博物馆、秦始皇帝陵博物院、西安碑林博物馆等开展示范应用，并在甘孜民族博物馆中经历了泸定6.8级地震的考验和验证。

在国家重点研发项目资金支持下，葛家琪带领团队，通过大量的“地震动+馆舍子结构+展柜+文物”模型实验与数值仿真分析对照研究，提出了地震对文物地震作用效应和震损程度分析的模型建立方法，并提出兼具实用性和科学性的文物震害风险评估方法，文物防震安全设计方法；基于震害风险调查完成地震易损馆藏文物的界定，专门针对馆藏文物防震装备研究检验和加工生产，开发建设了国际领先的超低频、大位移、高精度振动台和高精度自动化示范组装机；形成馆藏文物风险评估、安全设计与措施装置集成应用一体化防震系统解决方案。

为古建筑量身定做抗震理论

随着馆藏文物防震保护技术的成熟与推广，葛家琪又把目标瞄向了与结构工程联系更加紧密的古建筑保护上，在古建筑结构安全稳定评估和保护领域开展研究工作。

保证古建筑的安全与稳定，是葛家琪用科技跨界文保的第二步。历经千百年岁月的冲刷，不少古建筑在风吹雨打后伤痕累累，劣化严重。在葛家琪看来，现代工程抗震的理论不适用于古建筑，古建筑必须有自己的一套理论方法。古建筑的安全稳定目前已纳入国家战略规划，这也是团队未来要做的事。

中国古建筑是世界上独具特色的文化遗产，其特点之一便是“以柔克刚”的结构，一般都采用木材、砖石等材料，这些材料包容性强，能够适应地震和自然环境的变化，从而保证了古建筑长久稳定的存在。

针对中国木结构千年古塔——应县木塔，葛家琪团队在广泛调研和总结前人研究的基础上，与中国文化遗产研究院等单位合作，开展了为期两年的研究。

据葛家琪介绍，团队成员建立了三维数值仿真分析模型，开展了深入而全面的结构稳定和倒塌数值模拟，并提出了应急措施和保护建议，研究成果得到国内众多文保专家、两院院士和设计大师的认可，为下一步保护实施奠定了一定的理论研究基础。“针对砖石质古建筑，我们和陕西省文物保护研究院合作，已经开展了五年多的研究，并首次在清华大学老图书馆加固保护工程中创新应用。”葛家琪说。

葛家琪带领的创新工作室，利用防震减灾核心技术，近十年在文物保护领域持续研发，形成了与大跨度钢结构齐头并进的科研和市场领域。创新团队先后承接国家重点研发计划项目、国家文物局、工信部产业化项目等多项省部级以上课题，并获得国家科技进步奖1项，中国土木工程詹天佑奖4项，授权发明专利100余项。

“文化遗产保护有很多科学技术难题还没有得到解决，需要开展跨学科交叉技术研究，是大家都已认识到的问题，但如何开展跨学科交叉技术研究，是解决现实问题的关键。”当被问及跨界文保多年来的感受，葛家琪表示，十多年来最大的体会，就是面临文物保护时，要永远保持对文物的敬畏之心，认真倾听，全面理解文物管理者的需求。“否则技术再‘牛’，也只是闯进瓷器店的牛。”

华西都市报-封面新闻记者 边雪