

20年来,天津大学教授张玉坤和团队,一直致力于挖掘长城的更多故事——

“长城从来就不只是一堵墙”

本报记者 梁丹

1 长城保护：真实性和完整性是两大原则

提起长城，你会想到什么？

是“大漠孤烟直，长河落日圆”的雄壮，还是“万里长城今犹在，不见当年秦始皇”的怀古？

无论哪一种回答，作为意象的长城，本身的面貌却似乎总是遥远、陌生和模糊。

面对一个已经不再“活着”的长城，我们难以想象它具体是如何运转的，不知道它的全貌，更不了解它是如何实现信息传递、墙内外互联互通的。

20年来，天津大学建筑学院教授张玉坤和团队，一直致力于挖掘长城的更多故事，越是投入，他们越是发现，“长城就像被一张巨幕包裹着，每拨开一点儿，都有令人惊喜的东西呈现出来”。

哪一段长城最陡峭？

为了吸引关注和游客，不少长城都曾打出“最陡”“最险峻”的宣传招牌。但实际上，在很长一段时间里，因为缺乏全线的数据对比，这个看似简单的问题迟迟没有定论。

2016年，张玉坤和团队回答了这个问题。借助摄影测量生成出的长城及两侧地形的三维模型，他们确定出位于北京市怀柔区的长城段落最为陡峭，其中有30米长的墙体坡度达到了64度，最陡峭的一段达到了72度。

“作为民族叙事史诗的重要主角，我们对长城的感知却一直是遥远、模糊和扁平的。”张玉坤说。

研究长城这些年，张玉坤和团队揭开了长城的不少秘密，用数据揭示了长城上“最密集的敌楼区段”、平均高度或者坡度，发现了长城不只是单调的“长城灰”而是一条“五彩长城”……

长城保护的家底如何？由于体量过大，这个问题一直是个谜。2007年，国家文物局与国家测绘局合作开展了明长城资源调查，并在2009年首次公布了明长城总长度等调查数据。这项基于各省级文物部门专业力量的调查，主要是以二维数据勾勒出了长城的轮廓，但是明长城的平均



高度、坡度是多少？全线的连续图像是怎样的？可动态对比的保存情况如何？很多更进一步的问题依然没有答案，而“长城无秘密”的普遍认知，也极大影响了长城对公众的吸引力。

“基础工作做不好，会影响我们未来对长城的整体保护。”2009年，张玉坤和团队把目光聚焦于长城建筑遗产保护与信息技术应用，从此开始了漫长的丈量 and 测绘工作。2021年年底，他们完成了“明长城防御体系空间数据库”和“明长城全线图像与三维数据库”的基本建设。至此，明长城全线1000多个城台、2000多个驿传和2000多座烽燧，长城墙体上的每个关隘、敌楼、敌台，甚至每块砖石，都有了全面、清晰的数字记录。

作为汇聚团队20年研究重要发现的数据集，防御体系空间数据库不仅包括长城本体，还有边镇城池、边贸市场等此前研究中容易被忽视的要素，而后者正是团队研究的缘起。

作为“中国民居建筑大师”，张玉坤的重点研究对象是民居、聚落。2003年，在研究北方军事要塞中，张玉坤和团队发现，不少看似随意散落分布、彼此独立的堡子，其实都从属于一个更庞大的军事防御体系——长城。“我们把这些堡子看作一颗颗珠子，串起他们的正是长城。”张玉坤说。从城到墙，随着研究的推进，长城这个“巨系统”自然而然地落入了他们的视野。

“长城从来就不只是一堵墙。”这是张玉坤常挂在嘴边的一句话。今天的长城不再有人驻守，也彻底卸下了职责和使命。如何想象和还原这个巨大系统运作的模样，通过对长城的数字再现，张玉坤和团队让长城自己讲述出了更多故事。

自古以来，“烽火戏诸侯”都是人尽皆知的历史故事。但很少有人知道，明长城上高耸的“烽火台”其实多用于瞭望和防守。根据团队航拍的图像数据，对照明代古籍、舆图，明代烽火台上多建有楼橹（房屋），是士兵休憩和储存火器粮食的地方。真正的明代烽火其实是在台下散落排列、更低矮的“附燧”“火池”等烽烟燃放点点燃的。

长期以来，长城被认为是单纯的“阻隔”。通过大量实地调研和文献查证，张玉坤和团队发现并考察了长城沿线的大量边市贸易口和暗门。作为长城上朝向关外的隐蔽门洞，暗门不仅是明军探子通行关内关外的重要通道，也常是明王朝和塞外政权外交、交流的便道渠道。

“长城与其说是人为的天堑，不如说是一个巨大的‘秩序带’。”在张玉坤眼中，长城与其说封闭包裹，不如说是通过“拒止”功能为整个北方建立了生活、交往的秩序。

真实性和完整性是遗产保护的两大原则。走在今天的长城上，高耸的烽火台被围起来修缮保护，但同为一体的“附燧”“暗门”等组成部分，却没受到足够的重视。

“如果对长城的研究不全面、不完整，会导致长城的保护传承工作的局限性和片面性，直接影响对长城的价值认知及其文化影响力的发挥。”张玉坤说，希望通过团队的研究，不仅为长城保护和监测提供助力，更能呈现出长城真实、完整的历史价值和文化内涵，增强长城遗产的文化阐释力和吸引力。

2 长城研究：一个富有生机的交叉学科领域

2003年，团队成员、天津大学建筑学院研究员李哲还是张玉坤的硕士研究生。第一次做长城数据测绘时，他“全靠着一双腿”。跑了一圈后，看着蜿蜒起伏、走向不定的墙体，李哲和团队知道，“只凭借人力完成全线测量是不可能的”。

明长城全线长度超过8000公里，不少段落依仗天险修建，如何在这样大的空间尺度和地形难度上完成勘测描绘？他们选择了一条跨学科的解决路径——无人机低空遥感测绘。

在当时，国内无人机市场还处在萌芽阶段，没有成熟的无人机产品可以直接使用。为了拍摄高精细度的画面，需要研发更高级别的无人机，并搭载上能穿透林木的激光扫描设备。如何自主研发实现拍摄目标？如何设计野外作业方案，高效率地测绘蜿蜒呈曲线的长城？有一段时间，李哲泡在制造厂商处，“提需求，一起想办法”。读博士期间，为了解决无人机航拍测绘难题，李哲干脆转变了研究方向，专注研究建筑遗产的低空遥感测绘问题。

跨出这一步并不容易。传统建筑学以单体建筑研究为主，量尺、卷尺是常见的测量工具，而无人机低空遥感测绘的基础知识则是地理信息学。

“你要去理解其他学科的基础知识，这个扩展的开始是痛苦的。”离开了自己“狭小的舒适圈”，李哲还记得最开始自己一边对照着英文翻译，一边摸索着使用摄影测量软件，“把年轻人抛到这样的环境里，很能激发出自己的小宇宙。”李哲“聪明”了，带着自己测绘的作品在会议活动上、校园里“拦”住前辈专家请教，“他们的一句话、一个点拨、一个软件推荐就能帮你破掉困扰很久的瓶颈”。

这些年来，李哲带领的无人机航拍团队在业内享有知名度，先后参与了航拍清东陵、海龙屯、左江岩画等遗产测量与保护项目。而随着无人机航拍测绘技术的不断成熟，当初他踏入的“小众”方向已经成为一个富有生机的交叉学科领域。

其实，不仅是测绘，长城研究本身就是综合性极强的跨学科领域。长城的设计与修建，通常是一个时期内社会科技发展水平、政治治理能力等多方面的集中展示，因此，研究长城也常常需要借助历史学、地理学、军事学等多学科知识。

“长城体量庞大，涉及面广，单一学科是做不了长城研究的，一定要借助跨学科。”张玉坤说。



从城市规划专业转入长城研究后，博一学生姚旺发现，自己遇到的第一个难题竟是来自阅读。

“我研究明长城在山西和陕西段的驿传系统，需要了解古代文献里对驿站、急递铺的记载，还原消息是怎么从长城向墙内、两侧传递的。”捧起地方志，姚旺有些崩溃，“古文阅读和理解对我是一道坎儿。”

团队的支持帮助她快速完成了过渡。建筑学、化学、计算机、考古学，在这个团队里，“我们非常多元又很有凝聚力”。

在团队成员、天津大学建筑学院副教授李严看来，能够集结起跨学科的研究团队，正是高校团队的一大优势。

由于门洞矮小、位置隐秘，并且常常被灌木遮掩，长城上的暗门并不容易被发现。2007年进行的长城资源调查，也只在明长城数据库中标记了3处暗门。

在海量基础数据的基础上，通过人工智能分类检索，李哲带领博士生张梦迪等发现了130多处暗门，并且还按照彼此之间的区别联系，为这些暗门画出了清晰的“家族树”。

化学学科背景的学生结合专业知识研究长城，基于全线不同区域地质分析得来的“五彩长城”现身了；考古专业学生的加入，为明长城研究相关文物梳理、史籍考辨工作提供了历史学科的视角、方法……

“跨学科团队的形成，是因为长城研究开展的必然。而这种跨学科的合作，一定会带来更多创新的诞生。”李严说。

3 长城探秘：一场穿越两千年的对话



进入团队前，研究生李明帅没料想到研究对象是体量如此巨大的长城。

传统上看，长城并不是建筑学的典型研究对象，尽管每个建筑专业的学生都会在课堂上了解长城。“我们会学官式建筑，像皇家宫殿、园林、陵墓，佛教、道教等宗教建筑和民居，但唯独长城好像没什么好说的，一语带过。”李明帅说。

作为大型建筑遗址，长城超尺度的时空跨度，对研究者提出考验和挑战。而相较于园林、民居等建筑对象，长城又似乎“简单，缺乏吸引力”。

在张玉坤和团队开始这项浩大而漫长的研究前，质疑声也曾围绕他们。“长城尺度太大难以把握，不是长城而是建筑学科自身的局限。”张玉坤如此回应，“全世界都知道，长城是一个伟大的建筑，那建筑学为什么不去研究？我们觉得长城应该是建筑学研究的内容。”

相较于其他学科，建筑学科在长城研究上有着得天独厚的优势，注重实地勘探、测绘的研究方法，能帮助验证、拓展历史等学科对长城的研究。而长城研究也促进了团队对建筑学科的理解和把握。

“传统的建筑学更注重单体建筑研究，长城研究则要求研究者更自觉地从小尺度上看待建筑问题和建筑遗产保护。”在张玉坤看来，学习研究和掌控这样大体量的建筑遗产，能够帮助学生拓展出更开阔的研究视野。

如何在同一流域、区域等大地理范围内，寻找建筑的相似性，确定研究主题？姚旺说，在此之前，自己在理解涉及大尺度建筑研究的论文上有很大困难，“有了更宏观的视角后，我现在能更好地理解这些研究是以什么为核心开展的，能更清楚地看清一些问题”。

“问题的关键不是长城是否属于建筑学，而是建筑学能不能有胸怀把长城纳入进来。”张玉坤说。

两万千米的无人机飞行距离，近五十篇的长城研究论文和专著，长城全线的三维数字化呈现……20年来，团队依靠核心成员和一批批学生的接力，一点一点“摸”清楚了长城这个巨系统，完成了这项浩大的“拼图”事业。

以明长城军事防御聚落子研究主题为例，李严在2004年完成了以榆林地区明长城军事堡寨为主题的硕士论文后，继续把明长城整体性研究作为博士论文主题，为团队研究提供了重要框架。目前，有近10位硕博研究生按照明朝“九边”重镇（镇：明朝军事防御区划单位）布局图，分镇完成了明长城九镇具体的军事防御系统研究。

这些年来，张玉坤团队有34位硕博研究生以长城研究为硕士或博士毕业论文选题，涉及明长城“九边”重镇军事防御系统、明长城重要关隘、长城驿传系统等内容。团队还承担了明长城整体性研究与保护规划示范“十二五”科技支撑计划、明长城防御体系空间分布研究等10项国家自然科学基金项目。依托项目研究，团队为长城保护培养了一批中坚力量。

“长城变成一个健身场所，大家都去爬，但是又说不出这里的故事。”在李哲看来，这是当下长城保护的一大困境。

“说实话，最开始我对长城研究没有特别感兴趣。”姚旺的家乡是千年古县城，在进入团队前，她更对“有人的聚落”感兴趣。

这些年，姚旺跟着团队一起见证了取材于各地的建材，在历经百年后，仍然支撑长城雄立；体验了古人对每个长城关隘的选址“和计算机模拟数据跑出来的结果一模一样”的震惊，“长城已经成为我很热爱的方向”。

2022年暑假，在甘肃金塔县汉长城古城，站在建于汉代的古长城墙下，望着城外宁静的湖泊和戈壁，姚旺说自己“仿佛穿越到了两千多年前，被前辈的智慧所折服。”下一步，汉代长城的全线梳理和研究，将是张玉坤和团队研究的重点。

“长城是我们民族一部壮阔的史诗，我们做的工作，就是抽丝剥茧地去挖掘、还原长城的真实样貌。”张玉坤说，这件工作就像修补一件衣衫，“把遗珠遍野、残缺不全的长城‘补’全了，让大家对长城有个更全面完整的认识。”

① 张玉坤教授团队在内蒙古自治区武川县北魏阴山皇家祭坛遗址调研。

② 李哲航测北京怀柔响水湖段长城。

③ 研究团队在航测明辽东镇长城。

资料图片



长城

视觉中国 供图