

揭秘“北京中轴线”科学密码

□ 科普时报记者 张英贤

编者按 “北京中轴线”上的一系列古建筑早已为人熟知，但它们又有着怎样的科学价值呢？9月15日，作为全国科普日主场活动之一，由北京市科协主办的文明薪火永传承——北京中轴线古代科技展在国家科技传播中心开展。与此同时，北京科学中心、鼓楼、天坛公园在全国科普日期间也举办了“北京中轴线”主题活动。

在国家科技传播中心二层，一方古香古色的小天地精妙地汇聚并展现了“北京中轴线”上古代科技的风采。在这里，参观者可动手拼插榫卯模型，品读与“北京中轴线”相关的科学典故，感受古人的智慧与匠心。

“近年来，有关‘北京中轴线’的展览层出不穷，如文化展、历史展。我们经过调研走访发现，关于古代科技方面的展览内容还存在空白，决定将‘北京中轴线’上的科技点进行挖掘、展示。”文明薪火永传承——北京中轴线古代科技展（以下简称科技展）策展人、北京科学中心策展开发部副部长宋男迪告诉科普时报记者。科技展共分为4个篇章：一是天人合一（天文篇），二是营造之美（建筑篇），三是神工天巧（力学篇），四是金声玉振（声学篇）。

天文

站在科技展序厅前，一个赫大的“中”字映入眼帘。“首先，我们要告诉公众‘何以中国’？这个‘中’字是怎么来的？怎么找到‘中’。”科技展布展人、北京万方荣辉文化发展有限公司策划总监罗奇向记者介绍，中国素来重视“择中建国、择中而治”的治国理念，而这种最古老的哲学观和宇宙观，不仅来源于天文观测，也通过科学的手段加以验证落实。

建筑

“北京中轴线”全长7.8公里，北起钟鼓楼，向南经过万宁桥、景山、故宫、端门、天安门、外金水桥、天安门广场及建筑群、正阳门、中轴线南段道路遗存，至南端永定门，包括太庙和社稷坛、天坛和先农坛等东西对称布局的建筑群，共计15处遗产点。

“中国古建筑其实蕴含着大量数学知识，这些数学密码造就了建筑美学。”罗奇讲了一个有趣的现象：故宫太和门庭院的深度130米，宽度200米，形成宽阔的平面，长宽比为0.65，接近黄金分割率。

力学

榫卯连接、斗拱飞檐、明柱彩船、雕梁画栋，能工巧匠的精妙设计，是

古人将力学原理与建筑艺术的完美结合，让古建筑既具有良好的抗震性能，又极具观赏价值。

“不少古建筑历经千年依然屹立不倒，就是因为榫卯和斗拱结构。如果我们把建筑物严丝合缝地粘连起来，由于材料会膨胀、变形，它反而容易倒塌。我国古人对膨胀系数有着很深刻的理解，他们在设计榫卯结构时，巧妙地预留了空间以应对材料的变化。”罗奇说。

斗拱一般多用于古建筑的大屋檐之下，通常起着承托梁架和出挑屋檐的作用。“我们在横梁下每增加一个斗拱，便会给横梁一个托力。横梁的重心会向前移，它的受力会越来越小。”宋男迪告诉记者。

声学

“北京中轴线”上的建筑不仅是视觉的盛宴，更是听觉的享受。利用声音的聚焦效应，钟鼓楼的暮鼓晨钟，天坛的回音壁、三音石，让响彻九天的天籁之音回荡千年。

钟楼就像一个巨大的计时器，记录着日升月落、朝代更迭。罗奇告诉记者：“以前，古人在钟楼和鼓楼上敲钟，都城（今北京二环以内）的市民都能听到声音。”为何声音能传播这么远？宋男迪解释，钟楼的一层、二层之间有一个天井，钟声除了从二层传播，还能通过天井传到一层的十字券洞。由于天井与十字券洞四壁光滑，声波在此反射、散射、干涉，形成共鸣腔体，从而放大了音量。

回音壁，作为天坛的三大奇迹之一，以其独特的声学现象吸引着无数游客。“回音壁的墙面非常光滑，墙砖质地细密，对声波的吸收极少。声音通过墙面反射之后，正好构成圆的内接正方形，所以在内接正方形的1个点对着墙壁说话，其他3个点可以听到比较清晰的声音。”宋男迪说。

全国科普日期间，北京市科协在北京科学中心设置的“科技中轴——北京中轴线上的科技”常设展也拉开帷幕。该展从“北京中轴线”15个遗产点中选取25个与科学相关的概念点展出，并为观众呈现了17件展品。

神工天巧（力学篇）

图为文明薪火永传承——北京中轴线古代科技展现场。洪星 摄



图为鼓楼展览现场。刘倩 摄

来鼓楼听北京城的“心跳”

在悬浮于空中的“报时更鼓”和“永乐大钟”前，可以体验虚拟击鼓、撞钟，理解“暮鼓晨钟，鼓为号令，钟为传声”的内在联系；在“四九城里听钟声”展项前，通过选择收听《乾隆京城全图》中不同位置的钟声，感受当年“钟声十里，莫不耸听”的盛况；在触摸屏上点选日晷、铜刻漏、碑漏、时辰香，了解它们的计时原理和精巧构造，读懂箭尺、十二时辰和二十四节气的含义……全国科普日期间，鼓楼以时间为切入口，向公众奉上关于“北京中轴线”的科普盛宴。

探访“科技中轴”

大雨过后，故宫的水都去哪里了？天坛皇穹宇皇帝宝座上的“高光”从何而来？正阳门箭楼千斤闸为什么能防御千军万马？我们可以从北京科学中心的“科技中轴——北京中轴线上的科技”常设展中获得答案。

故宫的雨水哪去了

600多岁的故宫从未遭受水患。这是因为，故宫拥有强大的排水系统。故宫在建造之初，就对排水系统进行了精密设计和精细施工。故宫的地面整体走势呈西北高、东南低，其中北部的神武门地面比南部的午门地面高约两米，整体形成约2‰的排水坡度。故宫的明沟暗渠四通八达，长度超过15公里，并有涵洞、流水沟眼等。内金水河又与故宫城墙外侧的外金水河、护城河、中南海等水系相通，使雨水顺着从高到低的地势，流到明沟暗沟，再流入总干渠内金水河，然后排到紫禁城城外的河道中。只要紫禁城外的河道没有满溢，紫禁城内就不会被淹。古人通过这一完整的、成体系的排水系统，解决了紫禁城的水患问题。

天安门屋顶为何做成反曲面

天安门城楼大殿为重檐歇山式屋顶。从侧面观察可以发现，建筑屋顶并不是呈直线下降，而是有一定的弧度。屋顶的弧度对于排水会有什么影响呢？3个小球从3个弧度不一的面上掉落，谁的掉落速度最快呢？两点之间线段最短，那么最短的这条线会是小球滚落得最快的线吗？公众可以通过有关最速曲线的“小球实验”模型，观察不同弧度对于排水的影响。

正阳门箭楼千斤顶如何抵御千军万马

正阳门箭楼千斤闸，是力学与机械学的杰作。闸板系统、贯柱系统、滑车和贯绳系统，不仅使千斤闸坚固灵动，还在细节上体现出安全稳定运行、稳定传输动力的特征。

北京科学中心根据史料记载复原了千斤闸的模型。公众可以登上高台通过选择不同臂距的旋转柱，提升中间的重物，体验不同长短、粗细的旋转柱所使用力量的变化，体会力、力臂和力矩之间的关系，亲身感受物理书本上关于省力杠杆的相关知识。

天坛冬至光是怎么形成的



每年冬至正午，一缕阳光会从天坛皇穹宇正门射入，经过地面反射，恰好照射到“皇天上帝”牌匾上，形成独特的冬至光。这里面蕴含了光的直射和斜射、镜面反射和漫反射的科学原理，通过缩小比例的皇穹宇和可调节的光线设备，公众可以自行探索“皇穹光至”的秘密，揭开神奇冬至光背后的科学奥秘。

皇穹宇模型 张英贤 摄