科技创新奏响北京冬奥会主火炬“冰与火”之歌

◎本报记者 何 亮

冰火相融，当空舞动。

2月4日晚，当最后两位火炬手擎着“飞扬”火炬跑向鸟巢中央，全场寂静，万众瞩目。

地台缓缓出现，火炬被轻轻插入基座。此时，“飞扬”开始蝶变，晶莹剔透的显示屏化作“雪花”，托举着盛开的火焰升空飘舞。

奥运史上主火炬的点燃方式各有创新，但北京2022年冬奥会主火炬仍以“意想不到”的方式展现在全世界亿万观众面前——微火、屏显、当空舞动，在科技加持下，冬奥会主火炬实现冰与火的完美结合！

三大创新缔造独一无二的主火炬

“北京冬奥会主火炬的设计研发，最大的创新之处是微火设计、视频显示以及由复杂的姿态控制系统构成鸟巢上空的完整结构，这在百年奥运史上是独一无二的。”北京冬奥会主火炬技术负责人、航天科技集团六院11所（京）事业部总工程师刘悦接受科技日报记者采访时说。

为何使用微火设计？是为了更好展现绿色低碳与可持续发展理念。此前的奥运火炬都是熊熊大火，能源消耗量巨大，北京冬奥会将绿色能源——氢气作为燃料，微火设计可实现氢气消耗量每小时小于2立方米。

“从技术角度来说，微火的实现并不容易。”刘悦告诉记者，北京冬奥会主火炬须长时间燃烧，对环境适应性、稳燃性以及抗低温、火焰显色等方面均提出很高要求。而且，氢气的供给需要达到安全、稳定，刘悦团队将氢气供给系统设计为撬装结构，使储存、减压、输送、控制集成起来。“由于特定的使用场景突破了氢气使用规范的现有要求，最终，我们的撬装结构作为航天专有产品提供给了北京冬奥组委。”刘悦说。

火焰本身太小，如何使之壮观？创意团队给出设计，采用“微火+视频显示”技术方案。刘悦表示，视频显示技术成熟，但是用在火炬的核心装置内，复杂的造型就需要大量采用“异形屏”技术，从设计到制造再到保证系统的可靠性都存在诸多挑战。“我们将结构高度集成并实现轻量化，结构变得不显眼，屏显做到轻薄，让大家只关注到唯美的火炬，感受主火炬晶莹剔透的效果。”刘悦说。

与以往火炬最大的不同还在于，北京冬奥会主火炬悬挂在鸟巢上空，宛如飘舞在空中的雪花托举着盛开的火焰，这对系统的高可靠性提出要求——保证各个环节万无一失！刘悦团队不光在结构的稳定性、承载力、空中姿态方面为主火炬找到最优方案，还在供电、信号、燃烧、机电、播控等方面都进行了冗余设计，确保主火炬在鸟巢上空美轮美奂地呈现。

精益求精实现最富创意的点火方式

手持火炬“摇身一变”成为主火炬，这是一个悬念，更是一个大胆的设想——火炬手将火炬插入基座，一个“插入”的动作成为开幕式最富创意的“点火”方式。

动作虽然简单，但实现的功能却非常复杂。手持火炬的燃料很有限，主火炬又要持续燃烧，插入基座的瞬间，气路联通、电路联通、信号控制联通……为此，刘悦团队做了多版插接结构设计，从连接的可靠性到环境适应性均进行了大量测试。

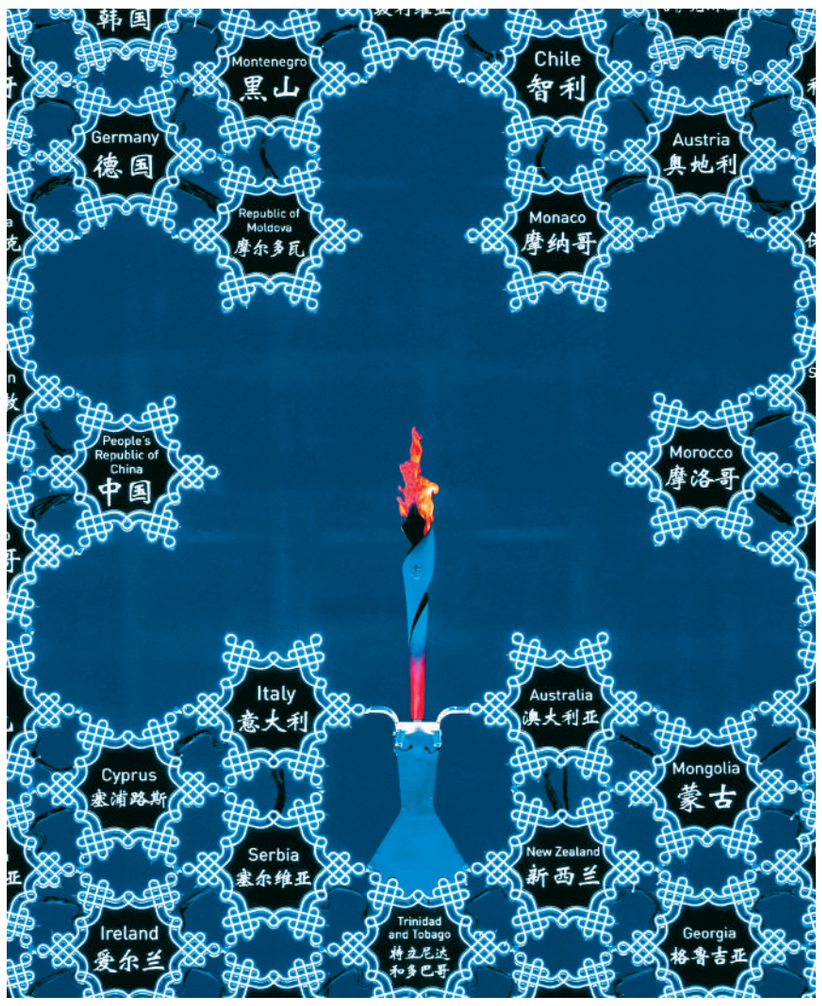
最后一棒手持火炬即主火炬，在材料和结构设计上有何独特之处？刘悦介绍，主火炬壳体材质采用耐热不锈钢，这种选择是为了耐受长时间的燃烧和室外环境对它的影响，而且主火炬的焰色实现方法与固化方式也都做了针对性设计。

航天产品讲求高可靠性、可验证性，因此测试检验过程必须做到系统性能指标和工作流程的全覆盖性。2021年10月末，经历了近10个多月的设计、研制，在航天综合测试场，刘悦第一次看到成型的北京冬奥会主火炬亮起来、动起来、转起来，他的第一反应是，“感觉与创意团队给的效果图非常接近了，我一下很有信心”。

2月4日晚，北京冬奥会主火炬成功点燃。见证北京冬奥会主火炬从无到有、惊艳现身的刘悦难掩内心的自豪与喜悦。此时，他和团队成员不辱使命，成功为北京冬奥会奉献着航天人的力量；此时，他和团队将继续奋斗，为奥运圣火熊熊燃烧保驾护航。

（科技日报北京2月4日电）

火炬手杨扬在开幕式上传递火炬。 新华社记者 曹灿摄



北京冬奥会主火炬。 新华社记者 曹灿摄

奥运史上首次使用8K技术直播开幕式

科技日报北京2月4日电（记者**华凌**）2月4日，北京冬奥会开幕式首次使用我国具有自主知识产权的高可靠、低时延EUHT无线宽带技术，进行8K超高清直播无线传输展示。

8K是当前视频显示技术的最高标准，北京市相关产业的发展应用走在世界前列。根据“科技冬奥”有关工作安排，本次冬奥会使用8K技术直播开幕式及重要体育赛事，这是全球首次规模化应用8K技术进行开幕式直播和赛事报道。

据了解，经前期部署，目前北京市已建成全球最大的城市级8K播放体系，包括20块8K超高清大屏和200台大尺寸8K电视机，涵盖国家大剧院、丰台丽泽商务区、朝阳区蓝色港湾、亦庄大族广场等公共空间，清华大学等知名高校，国家体育场等赛事场馆，城市副中心等社区，咪咕咖啡等商业场所。其间，北京市通过多层次的大屏、中屏和小屏体系，全方位展示北京8K产业在信号采集、现场直播、信号传输和终端显示等方面的技术和产品。

数字科技+美学创新 北京冬奥会开幕式点亮世界最大地屏

◎本报记者 马爱平

2月4日晚8时整，第二十四届冬季奥林匹克运动会开幕式在北京国家体育场举行，世界最大地屏也正式点亮。

“‘数字科技+美学创新’是北京冬奥开幕式的视觉标签，11000平方米地面显示屏、1200平方米冰瀑布、600平方米冰立方、1000平方米看台屏组成了世界最大的LED三维立体舞台，用一场无与伦比的视听盛宴向世界大声讲出最浪漫的中国故事。”2022北京冬奥会开幕式地屏提供方、利亚德集团冬奥会开幕式项目经理王定芳在接受科技日报记者采访时揭秘道。

科技赋能艺术是本次开幕式的一大亮点。2022北京冬奥会开幕式视效总监王志鸥表示，整个鸟巢超大地屏首次实现全LED影像，以取代传统的地屏投影，画质达到16K。

“从演出的那一刻开始，我们希望给全球人民带来中国新的视听语言。这次开幕式的画面像素非常高，是14000分辨率的巨幕。我们对画面的要求是1秒钟50帧，整场内容数据量巨大，一个节目就含有几个T的数字内容，可以想象它是非常大的数字科技工程。”王志鸥说。

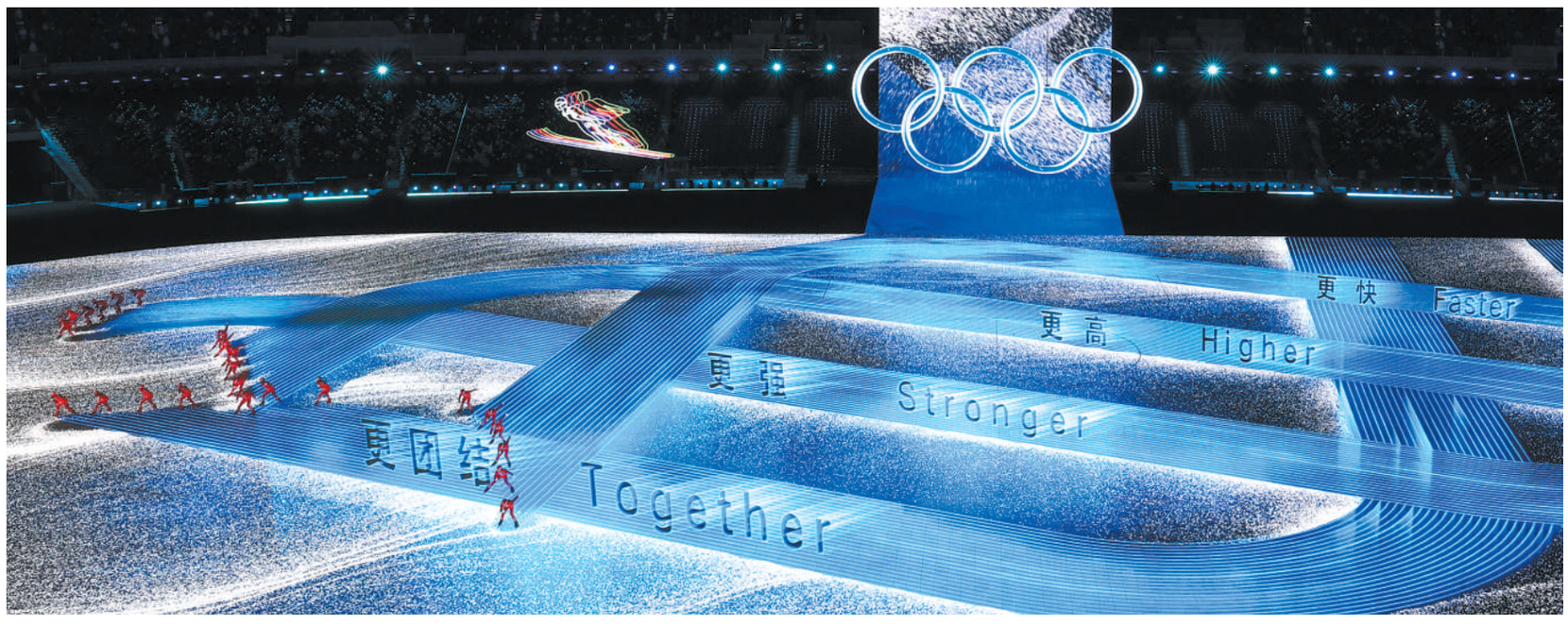
如今，手机拍的高清照片的大小约是几兆，一个蓝光电影的大小约是几G。

“这次开幕式的每一个节目就是几T的数字量，其对于清晰度的要求、细节的要求都是呈几何级增长，这之前在全球来说是前所未有的挑战，这背后的科技升级、美学升级都提出了更高的标准。”王志鸥说。

王定芳介绍说，此次开幕式播放系统包含LED地屏、冰瀑、冰立方、南北看台屏等显示屏的播放。其中，整个地屏LED负责显示4个8K播放素材，冰瀑负责显示2个8K播放素材，冰立方负责显示1个8K播放素材，配合播控系统实现多个播放器视频输出同步误差不超过2帧。

由于LED地屏需要满足开幕式的演出需求，整个显示系统有其独立的显示组件、显示系统、控制系统、结构系统和电气系统，操作人员可在控制室内通过计算机远程控制，而LED地屏显示系统则可以文字、图片、视频等多种形式显示。

“此次，LED地屏显示面板加装抗眩光、抗摩尔纹、防滑雾化面罩，显示画面柔和，为摄像转播提供全焦段无杂波、无干扰的纯净视频显示画面。”王定芳指出，而南北看台屏也达到了实时显示OBS的12G SDI 4K分辨率，同时还能显示4K宣传短片，实时回传给OBS，与地屏等其他显示装置的信号做到了整体的完美配合。



2月4日晚，第二十四届冬季奥林匹克运动会开幕式在北京国家体育场举行。这是开幕式上的“致敬人民”环节。 新华社记者 杨磊摄

◎本报评论员

相约北京冬奥会 世界一起向未来

中华大地再次迎来奥林匹克主火炬点燃的神圣时刻，全世界优秀冰雪运动员相约北京、相聚五环旗下，一同为梦想拼搏。北京，作为世界上首个既举办过夏奥会又举办冬奥会的“双奥之城”，也将在奥林匹克史上留下浓墨重彩的一笔。

全球共同见证，中国庄严兑现承诺。这是新冠肺炎疫情发生以来首次如期举办的全球综合性体育盛会。来自约90个国家和地区的近3000名运动员，将参加一场简约、安全、精彩，并且设项和产生金牌最多的冬奥会，一起践行“更快、更高、更强——更团结”的奥林匹克格言。

世纪疫情下的冰雪之约，时代新征程上的中国答卷。这份答卷，承载了我们“绿色、共享、开放、廉洁”的办奥理念和“带动三亿人参与冰雪运动”的目标，汇聚了中国统筹抓好疫情防控和组织好赛事的种种努力。书写这份答卷，习近平总书记亲自谋划、亲自推动，不断为办好北京冬奥会注入强大思想和行动力量。

开幕式上，光耀东方，冰凝雪舞，举世瞩目。2022年北京冬奥会、冬残奥会喊亮主题口号“一起向未来”，我们隐约看到，未来已来！且看会场内外：“水立方”经过水冰转换后变身“冰立方”；世界上第一座采用二氧化碳跨临界直冷系统制冰的冬奥速滑场馆“冰丝带碳排放趋近于零”；所有竞赛场馆100%使用绿色电力，为奥运历史上首次……北京冬奥会生动诠释“未来”的背后，是科技创新的不断突破，是大国工匠的精益求精，是中国制造的大显身手，是各项改革深入推进、开放合作风生水起，是中国未来虎跃龙腾的发展图景。

中国方案、中国智慧、中国担当。从“同一个世界，同一个梦想”到“一起向未来”，中国积极参与奥林匹克运动，坚持不懈弘扬奥林匹克精神，是奥林匹克理想的坚定追求者和行动派。新写入奥林匹克格言的“更团结”，正是当前世界百年变局和世纪疫情叠加、人类面临多重挑战所最需要的。“一起向未来”，唱响中国推动构建人类命运共同体的倡导，也道出全人类的共同心声。

一起向未来，时代最强音。五环破冰而出，各国运动员在奥运圣火下增进友谊和团结，播撒和平与进步的种子，全球人民也将同时收获信心、温暖与希望。“双奥之城”尽显奥林匹克风采，我们相信，北京冬奥会一定能成为国际奥林匹克运动的新注脚，增进人类社会共识，增强团结，在特殊时期鼓舞人们共克时艰，推动世界携手创造更加美好的未来！

高技术含量焰火鸟巢绽放

◎本报记者 俞慧友

2022北京冬奥会开幕式上，“spring”“迎客松”“冰立方”“漫天雪花”等烟花闪耀，璀璨夺目，惊艳世界。

“整个焰火表演分三大波次，设计结合了冬奥会开幕式创作理念，做到了‘简约、安全、精彩’。烟花原材料选用了业内最顶尖的焰火药剂，无重金属物质、低硫。烟花燃放的布点、角度、方位，则是根据多次科学测算、反复的燃放实验得出的最好方位数据来布置，这样才能产生大家看到的最终效果。”来自湖南的东信烟花集团烟花技术负责人刘勇章对科技日报记者表示。

步步惊心，他们在大雪纷飞中“飞檐走壁”

100来天的紧张生产和燃放施工，成就了开幕式上绽放夜空的一瞬绚烂，也注定被参与全程的烟花团队每个成员所铭记。这一难忘的记忆中，少不了他们首次体验大雪纷飞中在鸟巢顶部“飞檐走壁”时的惊心动魄。那一日，正是“北京下雪”微博热搜霸屏的日子。

那天，东信烟花上百人的燃放团队，正走在69米的鸟巢高空1米来宽的钢梁上，感受着7级阵风的劲吹。在降雪量2.9毫米的冰寒气候中，他们在结冰的倾斜钢梁上搬运卡具、装置和烟花产品，在没过鞋面的雪层中安装装置和产品。步步惊心的他们，还要时刻小心防范物品坠落到鸟巢的保护膜上。施工难度系数、危险系数之大，肉眼可见……

此外，还有很多人们无法肉眼可见的努力。比如，为保证燃放工作圆满完成，燃放团队的所有人严格规范燃放操作，用围挡和警戒线圈出安全燃放场地，对所有烟花和卡具做低温测试，为点火设备等做抗寒冷设计，防范因寒冷导致线路短路以及烟花燃放失败的突发状况。

他们还根据鸟巢钢梁的宽度、高度、倾斜度、环境温度以及燃放创意组的要求，重新设计安装卡具，使其基本能满足零下10摄氏度左右的燃放条件。

数数精心，他们高标准成就夜空绚烂

开幕式从10到1的烟花倒计时，只经历了短短30多秒的时间，但却“数数精心”。

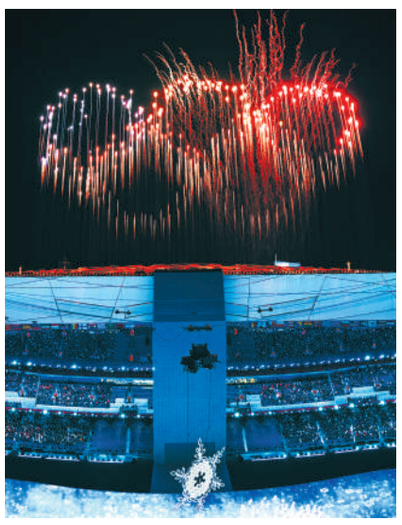
据东信烟花集团相关负责人介绍，数字烟花的单个数字长40米、高60米。为保证数字的完整和圆润度，每一发花束的位置，都由无数个点位组成。研究团队首先需要利用3D模拟等技术，根据以往的成功案例设计出初稿，再通过实验不断改进完善，确保烟花发射出去的分散程度、发射高度及发射偏斜度都达到最完美的状态。

让人同样难忘的，还有宣布北京2022年冬奥会开幕的那一刻燃放的一棵长300米、宽200米的3D立体“迎客松”。“‘迎客松’的特效烟花，是整场焰火燃放中最难且最复杂的。”国家级非遗传承人、东信烟花董事长钟自奇说。

他们需要根据发射高度，编排设计好产品在空中的各个爆炸点，模拟出“迎客松”在空中完美成型的画面。再根据已编排好的精密数据和画面在空中形成的样式，将产品在地面上摆放，不断试验精进，使产品燃放效果和电脑模拟效果达到1:1的程度。

据规定，鸟巢上空不允许有第二次开炸的烟花产品。为完美体现“迎客松”松针的燃放效果，设计研发团队将“迎客松”的发射角度朝外倾斜10度，使用弱炮手段，达成弱炸效果，确保“迎客松”完美燃放的同时，燃放位置又远离主席台。

此外，“迎客松”特效烟花的布置点位在鸟巢上的覆盖面达200米左右，但鸟巢顶上钢梁纵横交错，阻碍了其在地面燃放时的完整直线。针对这一难题，团队重新研发出了可转动、调节角度的卡具，使其在鸟巢钢梁上的布点形成基本的水平面，确保“迎客松”的完美成型。



冬奥会开幕式焰火表演。 新华社记者 宋彦桦摄

“spring”的“春”，也来之不易。它的燃放效果总覆盖面达150—200米。发射装置的定型、药物效果的燃烧速度、发射垂直度以及亮珠新体效果结合熄灭整齐度，都会影响英文字母的最终呈现。

“每一管花束的高度、偏斜度，都要做到基本一致，亮珠要齐接火、齐收尾，发射垂直度要做到99%以上，才能减少北京冬天的大风和寒冷气候对燃放效果的影响。”钟自奇说。

在北京湖景东路的礼花弹阵地上，礼花弹爆炸形成的“漫天雪花”和“冰立方”在这里安家。

“漫天雪花”是团队新研发的礼花弹产品，用白色亮珠，将礼花弹燃放后的效果模拟出雪花飘洒的场景，点亮“冬”的主题。

“冰立方”则需要蓝白色的烟花在高空炸裂出冰的轮廓。为了让冰立方的造型在猛烈的爆炸之下不变形，研发团队利用弱炮，使产品在30—40米的高空形成最终燃放效果。在保证高度又保证效果的同时，让冰立方在鸟巢上空熠熠生辉。