

中国新闻奖参评作品推荐表

作品标题	科技支撑 办一届精彩非凡卓越的奥运盛会	参评项目	重大主题报道
		体裁	系列报道
		语种	中文
作者 (主创人员)	集体（张伟斌、刘荣霞、柯兵、李堂军、杨帆、潘冰玉、安静、陈亚东、徐斌、李久林、陈利敏、梅笑寒、张铭琦、于思佳、刘莉、高丽倩）	编辑	徐庆群、张晓、张伟斌
原创单位	《国际人才交流》编辑部	刊播单位	《国际人才交流》杂志
刊播版面 (名称和版次)	《国际人才交流》2022 年第 1 期，总第 380 期	刊播日期	2022 年 1 月 20 日
新媒体作品填报网址			
（采编 作品 简介 过程）	<p>早在 2015 年 7 月申奥成功之初，习近平总书记即作出重要指示，强调要确保把北京冬奥会、冬残奥会办成一届精彩、非凡、卓越的奥运盛会。而这一办奥目标的实现必然离不开科技力量的强有力支撑。纵观北京 2022 年冬奥会、冬残奥会筹办进程，习近平总书记五次调研考察冬奥筹备工作，尤其关注科技冬奥成果的应用情况，指出中国冰雪运动必须走科技创新之路。</p> <p>《国际人才交流》编辑部组织策划了“科技支撑 办一届精彩非凡卓越的奥运盛会”专题系列报道，聚焦科技冬奥主题，邀请中国 21 世纪议程管理中心等单位对“科技冬奥”重点专项进行全面解读。清华大学、北京服装学院、北京国家速滑馆经营有限责任公司等单位围绕赛馆、赛道、赛服三个应用场景介绍科技创新支撑冬奥典型案例。此外，编辑部采访了北京冬奥组委新闻宣传部教育和公众参与处处长孙斌，与读者一起回顾科技与现代奥运的发展历程；2022 年是中韩建交 30 周年，编辑部选取了一篇报道中韩冰壶友谊赛的文章，为北京冬奥会助力加油。</p>		

社会效果

《国际人才交流》杂志创刊于1989年，由中华人民共和国科学技术部主管，科学技术部国外人才研究中心主办。以“访天下英才，汇全球智慧”为宗旨，服务国际人才交流，服务国际科技合作，服务科技对外宣传。习仲勋同志为杂志题词“积极开展国际人才交流 推进现代化建设事业”。

“科技支撑 办一届精彩非凡卓越的奥运盛会”专题系列报道作为2022年1月刊主打报道，受到了广大读者、科技和外专工作者以及外国专家的一致好评。该系列报道为讲好中国筹办北京冬奥会、冬残奥会的故事，面向国际社会宣传展示我国科技创新成果在支撑冬奥筹办中的应用情况作出了重要贡献。

（初推
评荐
评理
语由）

为贯彻落实习近平总书记关于举办冬奥会和冬残奥会的系列重要指示精神，2016年科学技术部联合北京市政府、河北省政府、北京冬奥组委、国家体育总局等研究制定了“科技冬奥（2022）行动计划”，系统布局科技冬奥重点任务，助力冬奥筹办。随后几年，国家重点研发计划“科技冬奥”重点专项有序推进。各科研单位扎实完成研发任务，全方位保障了北京2022年冬奥会、冬残奥会的办赛、备赛和观赛环节。我国自主研发的一系列科技成果在冬奥会的筹办、力争实现全项目参赛目标、推动冰雪运动实现跨越式发展等各方面体现出了巨大的价值和贡献。

“科技支撑 办一届精彩非凡卓越的奥运盛会”专题系列报道围绕“科技冬奥（2022）行动计划”，有点有面地报道了北京2022年冬奥会赛馆、赛道、赛服等亮点科技创新成果，并回顾了科技与现代奥运会的发展历程，产生了较大的社会影响力。同意推荐。

签名：（盖单位公章）

2023年3月14日





2021年11月27日，“相约北京”系列测试赛2021/2022国际雪联自由式滑雪障碍追逐世界杯男子组决赛在张家口赛区云顶滑雪公园举行（新华社记者 杨世尧 摄）

科技支撑 办一届精彩非凡卓越的奥运盛会

文/张伟斌



2022年1月4日，习近平总书记在北京考察2022年冬奥会、冬残奥会筹办备赛工作时强调，要坚定信心、振奋精神、再接再厉，全面落实简约、安全、精彩的办赛要求，抓紧抓好最后阶段各项赛事组织、赛会服务、指挥调度等准备工作，确保北京冬奥会、冬残奥会圆满成功。要坚持绿色办奥、共享办奥、开放办奥、廉洁办奥的理念，突出科技、智慧、绿色、节俭特色。

第24届冬季奥林匹克运动会2月4日将在北京开幕。早在2015年7月申奥成功之初，习近平总书记即作出重要指示，强调要确保把北京冬奥会、冬残奥会办成一届精彩、非凡、卓越的奥运盛会。而这一办奥目标的实现必然离不开科技力量的强有力支撑。纵观北京2022年冬奥会、冬残奥会筹办进程，习近平总书记五次调研考察冬奥筹备工作，尤其关

注科技冬奥成果的应用情况，指出中国冰雪运动必须走科技创新之路。

为贯彻落实习近平总书记关于举办冬奥会和冬残奥会的系列重要指导指示，2016年科学技术部联合北京市政府、河北省政府、北京冬奥组委、国家体育总局等研究制定了“科技冬奥（2022）行动计划”，系统布局科技冬奥重点任务，助力冬奥筹办。随后几年，国家重点研发计划“科技冬奥”重点专项有序推进。各科研单位扎实完成研发任务，全方位保障了北京2022年冬奥会、冬残奥会的办赛、备赛和观赛环节。我国自主研发的一系列科技成果在冬奥会的筹办、力争实现全项目参赛目标、推动冰雪运动实现跨越式发展等各方面体现出了巨大的价值和贡献。2021年2月、4月，“科技冬奥”重点专项的37个项目133项技术成果应用在“相约北京”雪上、冰上测试活动中；10月5日，北京2022年冬奥会国际测试赛事活动开启，61个项目228项技术成果陆续测试应用，实现科技成果落地转化。

2018年9月，国家体育总局公布《2022年北京冬奥会参赛科技保障工作计划》，强化科技保障，以科技助力提升我国运动员竞技水平。截至2021年年底，我国冰雪健儿已在93个小项上获得冬奥会参赛资格，占总项目数（109项）的85%以上，达到历年最高。

为讲好中国筹办北京冬奥会、冬残奥会的故事，面向国际社会宣传展示我国科技创新成果在支撑冬奥筹办中的应用情况，本期“特别策划”聚焦科技冬奥主题，邀请中国21世纪议程管理中心等单位对“科技冬奥”重点专项进行全面解读。清华大学、北京服装学院、北京国家速滑馆经营有限责任公司等单位围绕赛馆、赛道、赛服三个应用场景介绍科技创新支撑冬奥典型案例。此外，本刊编辑部采访了北京冬奥组委新闻宣传部教育和公众参与处处长孙斌，与我们一起回顾科技与现代奥运的发展历程。2022年是中韩建交30周年，本期“特别策划”选取了一篇报道中韩冰壶友谊赛的文章，为北京冬奥会助力加油。

习近平总书记指出，当今世界，科技在竞技体育中的作用越来越突出。建设体育强国，必须实现高水平的体育科技自立自强。要综合多学科、跨学科的力量，统筹推进技术研发和技术转化，为我国竞技体育实现更大突破提供有力支撑。

1月6日，2022年全国科技工作会议在北京以视频形式召开。会议指出，2021年是中国共产党成立100周年，在革命、建设、改革各个历史时期，我们党都高度重视科技事业，科技创新在党和人民事业中始终具有十分重要的战略地位、发挥了十分重要的战略作用。在迎接党的二十大召开之际，广大科技工作者需要继续担当使命、永攀科技高峰，为加快发展我国冰雪运动作出新的更大贡献。■

科技让冬奥更精彩

文/刘荣霞 柯兵 李堂军 等

习近平总书记指示，要筹办一届“简约、安全、精彩”的奥运盛会，“中国冰雪运动也必须走科技创新之路，一方面要坚持自主创新，一方面要善于吸收国际上的先进技术和训练方法”，强调要通过举办冬奥会带动“3亿人参与冰雪运动”。为提升北京冬奥会办赛水平，在北京冬奥组委统筹协调下，从筹办伊始，科技部会同有关部门确定了以科技创新赋能冬奥的思路，从国家层面建立了跨部门、两地三赛区协同推进科技冬奥的工作机制，成立“科技冬奥”领导小组、专家委员会，加强统筹协调，科学化开展顶层设计；2016年，研究制定了“科技冬奥（2022）行动计划”，组织实施国家重点研发计划“科技冬奥”重点专项，北京和河北两地也分别设立省级“科技冬奥”专项，共同布局近200个科研项目，涵盖办赛、参赛、观赛，积极汇聚资源和创新能力，努力举办一届高科技含量的奥运盛会。

系统布局全面支撑冬奥会重大关键需求

科技冬奥强调应用导向、场景驱动，针对场馆、运行、指挥、安保、医疗、气象、交通、转播等关键场景的应用需求，按照科学办赛、运动科技、智慧观赛、安全保障、绿色智慧综合示范五大板块部署科研任务，在场馆智慧建设、赛事智能服务、冰雪产业发展等方面实施一批与提升举办地城市发展质量相关的科技项目，加强核心关键技术攻关，强化办赛、参赛、观赛等不同场景的技术应用，并且建立起一批综合应用示范工程，为举办一届“简约、安全、精彩”的冬奥会持续提供有力支撑。

科技冬奥专项实施以来，已有约130项新技术落地应用和展示。其中，过百项技术在国家速滑馆、水立方、五棵松体育馆、国家高山滑雪中心、云顶公园滑雪场等北京冬奥测试赛现场进行了应用展示，在气象预报、疫情防控、5G通信、智慧安保、救援医疗、绿色交通、高清转播、无障碍服务等冬奥场景集中开展测试应用，并将服务北京冬奥会赛时运行。多项核心关键技术在跳台滑雪、速滑、钢架雪车、冬季两项等多支国家队日常训练中实际应用。

奥运会是展示国家形象和创新实力的重要载体，也是助

推高新技术产业化发展的重要契机。科技冬奥形成的创新成果不仅满足当前北京冬奥会筹办和参赛的重大科技需求，同时也对后奥运时代的京津冀地区经济社会发展和“3亿人参与冰雪运动”发挥积极作用。通过推动5G共享、8K转播、氢能出行、智能车联网、100%清洁电力等高新技术，在观赛、交通、能源供给等场景中示范应用，借助冬奥会平台加速技术转化进程，充分发挥奥运的带动和示范效应，为赛后相关领域高技术产业发展储备创新能力，为京津冀协同发展打造新的经济增长点。

科技创新赋能场馆高质量建设

北京冬奥在两地三赛区共设21个场馆，包括竞赛类和非竞赛类。科技冬奥专项对所有场馆工程项目布局安排了研发支持，特别是重点支持了5个新建竞赛场馆（包括1个冰上场馆和4个雪上场馆）和两个标志性夏奥场馆改建工程。此前，国内从来没有建设过奥运级别的冰雪场馆和赛道，加上国际冬季单项体育组织对冬奥场馆赛道标准有着特殊要求，例如，国际雪联对高山滑雪赛道的刚性要求是竞速赛道的垂直落差要达到800米，对建设工作提出了挑战。而我国业界几乎没有人参与过真正的冬奥赛道建设，尤其是雪上项目的设计建造经验极度缺乏。因此，在启动北京冬奥场馆建设之初，就面临无成熟技术可参考，无施工先例可循，材料、设计标准和施工方法缺失等难题。科技冬奥紧紧围绕国家雪车雪橇中心、国家高山滑雪中心、国家跳台滑雪中心、首钢滑雪大跳台、国家速滑馆、国家游泳中心等重点冬奥建设工程的实际需求研发攻关。在公共建筑领域首次实现了从设计、施工到运维的全过程数字化，突破了复杂地形、高寒气候环境条件对工程建设的限制，掌握了多项冰雪场馆建设关键技术，全面支撑北京冬奥场馆高质量建设。至2020年年底，所有新建竞赛场馆全部完工，并顺利通过国际单项组织测试认证，达到办赛要求。

在创新规划设计方面，采用数字化技术，实现高精度模拟，国内首次掌握了符合国际标准的竞技型赛道设计与关键技术，成功应用于国家跳台滑雪中心、首钢滑雪大

北京冬奥两地三赛区场馆建设和使用情况表

赛区	场馆类型	编号	场馆/场地名称		冬奥/冬残奥使用	用途		建设类型	科技冬奥支持情况
						大项	分项/小项		
北京赛区	竞赛场馆	1	国家游泳中心		冬奥+冬残奥	冰壶	冰壶	现有改建	全面支持
		2	国家体育馆		冬奥+冬残奥	冰球	冰球(I)	现有改建	部分支持
		3	五棵松体育中心		仅冬奥	冰球	冰球(II)	现有改建	部分支持
		4	首都体育馆		仅冬奥	滑冰	花样滑冰、短道速滑	现有改建	部分支持
		5	国家速滑馆		仅冬奥	滑冰	速度滑冰	新建	全面支持
		6	首钢滑雪大跳台		仅冬奥	滑雪	单板滑雪、自由式滑雪	新建	全面支持
	非竞赛场馆	7	国家体育场		冬奥+冬残奥	开、闭幕式		现有改建	全面支持
		8	北京冬奥村/北京冬残奥村		冬奥+冬残奥	冬奥村、冬残奥村		新建	部分支持
		9	主媒体中心		冬奥+冬残奥	媒体运行、转播服务		临建	部分支持
		10	北京颁奖广场		仅冬奥	颁奖		临建	部分支持
延庆赛区	竞赛场馆	11	国家高山滑雪中心	高山滑雪速度场地	冬奥+冬残奥	滑雪	高山滑雪	新建	全面支持
				高山滑雪技术场地					
	12	国家雪车雪橇中心		冬奥+冬残奥	雪车、雪橇	雪车、钢架雪车、雪橇	新建	全面支持	
非竞赛场馆	13	延庆冬奥村/延庆冬残奥村		冬奥+冬残奥	冬奥村、冬残奥村		新建	部分支持	
张家口赛区	竞赛场馆	14	云顶滑雪公园	平行大回转和障碍追逐场地	冬奥+冬残奥	滑雪	平行大回转、障碍追逐	现有改建	部分支持
				U型场地和坡面障碍场地			U型场地技巧、坡面障碍技巧		
				空中技巧和雪上技巧场地			空中技巧、雪上技巧		
	15	国家冬季两项中心		冬奥+冬残奥	冬季两项	冬季两项	新建	部分支持	
	16	国家跳台滑雪中心		仅冬奥	滑雪	跳台滑雪、北欧两项	新建	全面支持	
	17	国家越野滑雪中心		仅冬奥	滑雪	越野滑雪、北欧两项	新建	部分支持	
	非竞赛场馆	18	张家口冬奥村/张家口冬残奥村		冬奥+冬残奥	冬奥村、冬残奥村		新建	部分支持
		19	张家口山地新闻中心		仅冬奥	媒体运行		现有改建	部分支持
		20	张家口山地转播中心		冬奥+冬残奥	转播服务		新建	部分支持
21		张家口颁奖广场		冬奥+冬残奥	颁奖		临建	部分支持	

注：表格内信息依据相关文献整理



北京交通大学风洞实验室研究团队成员通过风洞辅助训练系统进行风洞测试。该系统应用于冰雪项目运动姿态优化、强化训练及高性能运动装备研发
(新华社记者 任超 摄)

跳台、国家雪车雪橇中心和高山滑雪中心的建设。国家雪车雪橇中心作为世界第16条赛道，在设计选址之初就面临地形、坡向的双重挑战。工程技术人员通过数值模拟、风洞试验等，首创了赛道“地形气候保护系统”，实现遮阳、保温等功能，保护赛道冰面，有效解决了南坡向阳的融冰风险，突破国际雪车雪橇赛道选址一直依赖“北坡”的限制，通过科技创新保障了世界唯一的南坡赛道比赛安全性。在绿色施工方面，国家跳台滑雪中心在建设中利用局部山体切削面精细爆破成型优化技术，使岩体利用率高达95%。减少对山地生态环境负面影响，解决爆破石方量大、施工环境复杂、工期紧等难题，在崇礼严寒条件下节省工期1/3，生态效益显著。在智能建造方面，国家速滑馆建设中，通过自主研发的新材料、新结构等，实现了像造汽车一样建造大型场馆，节钢近3/4，科技创新让结构轻质、绿色节能和建筑设计动感轻盈相融合，彰显出“冰上丝带”的灵动感。在智慧化改造运维方面，国家游泳中心水立方自主研发的“冬夏场景转换”关键技术体系，实现毫米级高精度测量，冰场安装精度控制在3毫米以内，支撑国家游泳中心创造性建成世界首个智能化、快速拆装的水冰转换场地，“水”转“冰”用时14天完成，科技创新成功保留两届奥运遗产，节省投资4亿元。初步估算，未来每年可服务5万人参与冰上运动，有效破解了世界上大型场馆长期运营难题。

科技创新助力中国队全项备战冬奥

相较于夏奥运动参赛水平而言，我国冬奥运动竞技水平基础薄弱。2015年北京刚获得举办权时，中国队在索契冬奥

会98个小项中参加了49个，有半数的项目从来没有开展过。在2018年平昌冬奥会上，中国队参赛项目为55项，约占项目数量总数的一半，距离北京冬奥会109个小项全项参赛目标有不小差距。

科技冬奥面向北京冬奥会备战训练的重大需求，针对制约我国冬季竞技体育发展的“人一机一环”关键要素，重点对运动员技能优化、专项体能训练、跨界跨项选材、智慧化训练基地建设、高效运动减阻、高性能竞赛装备和服装、运动营养和伤病防治等方面加强研发，以“体—工—医”相结合的模式组建起一批来自清华大学、北京体育大学、上海体育学院、北京理工大学、中国科学院、航天科技集团、航天科工集团、国家体育总局体育科学研究所、北医三院等高校、科研院所、医疗机构的科学家、工程师、医生、营养师、科研教练，开展数学、物理、材料、生物、机械、气象、运动医学、仿真等多学科跨领域交叉研究，已初步形成我国冰雪运动训练和比赛的科技支撑体系，持续为国家队训练参赛提供科研助力。

在科学训练方面，融合AI、超宽带精准定位、北斗、高速自动跟拍等多项技术，自主构建的雪上技巧类项目多模态生物力学快速反馈系统，可快速精准分析运动员助滑、起跳、飞行和落地姿态，就像给教练员装上了“第三只眼睛”，实时反馈的三维动作捕捉，可以多角度为教练提供数据，实现训练环节精细量化；通过运用可穿戴设备等技术，进行神经启动、肌肉控制等方法研究，建立数字化高速影像、冠军选手模型、运动员心理分析等，为运动员和教练员提供理论和数据支撑，为及时调整训练方案提供科学依据，实现运动成绩的突破。身处金字塔尖的运动员，每提高一秒

成绩都可能面临几何级增长的受伤风险，科技的介入能对每个动作数据进行生物力学分析，帮助提出改进方案，打破过去依靠教练经验感觉的传统训练方式，精准量化技术诊断，有效提升了运动员成绩。在**运动技能优化方面**，利用生命科学、生物医药、基因技术、心理认知与脑科学等来帮助运动员进行科学选材、训练和提高运动能力。自主研发的神经—生物力学增能系统，有效提升运动员耐力、爆发力、注意力、技能学习效率，为快速提升运动成绩提供科学支持，多支国家队的运动员在训练中多次突破个人历史最好成绩。在**训练装备方面**，利用和融合新材料、航空航天技术、5G、人工智能、可穿戴设备等研发高端运动装备、器材、智能化场地等，打造出适合我国运动员生物特征和运动特点的高性能装备。创新研发的我国首辆国产双人雪车，其风阻系数较国际同类产品降低8%，装备可靠性和操控性有效提升，满足了国家雪车队的需求。创新研制的新型短道速滑比赛服在防切割性能基础上，增加减阻功能，与2021赛季现役比赛服相比具有空气动力性能优势，其最大减阻率约为10%。新技术的应用有力支撑了我国冬季运动项目短时间内完成组队和提升成绩。目前，中国运动员共有29支冰雪项目国家集训队，480名运动员正在全力冲刺，实现了在109个小项全项开展、全项建队、全项训练的目标，力争全项参赛。

科技创新守护赛事安全稳定运行

气象、雪务、医疗、指挥等是安全举办一届冬奥会的重要方面。北京举办冬奥会面临两大特殊的挑战，第一个挑战来自特定的气候条件。北京冬奥会是世界冬奥史上首次在大陆性季风气候条件下举办的一届赛事，严酷的气候条件影响气象预报、雪务保障、参赛安全。为满足北京冬奥组委“一项一策”的气象保障需求，科技冬奥专项针对气象监测、气象预报、气象服务、赛事用雪保障等关键方面部署研发任务，通过融合高精度精密气象观测、人工智能、机器学习等多技术创新，为提高气象监测精度、短临预报精准性、赛事用雪保障能力提供核心支撑。在**气象保障方面**，构建形成了冬奥气象保障自主可控的核心技术体系，达到“分钟级、百米级”精准预报，为北京冬奥前期筹备规划、赛场赛道建设、北京冬奥测试赛气象服务和雪上项目国家队训练比赛提供了有力保障，并已具备冬奥正赛期间气象预报服务应用的条件。在**雪务保障方面**，突破了雪质预报、储雪、造雪等关键技术，逐步构建形成适合我国雪场属地特性的雪务保障技术体系，在标准建立和赛道质量检测方面形成了自主创新能力，根据属地特性“量身定制式”储雪设计，可应对暖冬、寒潮和沙尘暴等极端天气事件影响，为冬奥会应对不利气象

条件下赛道雪质和雪源保障提供科学预案。

第二个挑战是在新冠肺炎疫情全球大流行背景下，举办大型体育赛事面临巨大压力，做好疫情防控对于成功举办北京冬奥会至关重要。延期1年的2020夏季奥运会期间，虽然东京在远端防控、入境、交通、会场、住宿、餐饮、核酸检测、数据信息监测等方面做了较为精细的方案，但感染事件仍有发生。根据东京奥运会组委会发布的数据，东京奥运会和残奥会相关人员中有848人感染新冠病毒，其中包含41名运动员。东京夏奥的疫情防控方案也为北京冬奥筹备提供借鉴，疫情防控除了制定实施严格精细的管理措施外，离不开应用科技手段来强化防控和应急处置能力。科技冬奥专项在支撑北京冬奥疫情防控方面作出重点部署，组织跨领域专家团队，针对疫情风险防控研判、入境口岸防疫和重点场馆环境消毒等关键领域开展联合攻关，在疫情防控监测预警、风险应急决策、快速检测、预防和应急消毒等方面形成一批新技术和新装备，为北京冬奥会实施科学防控提供创新支持。在**科学研判方面**，冬奥会疫情风险分析与应急辅助决策系统已上线冬奥组委主运行中心，为疫情防控提供综合技术支持。在**环境消杀方面**，研制应用的行李物品消毒机，实现对入境行李包裹表面全覆盖消杀；新型简易物品消毒柜，采用紫外线杀菌和铝反射控制等技术，可快速形成封闭消毒空间，适用于对小型电子设备、文件及其他存在交叉感染风险小件物品的消毒，可应用于赛事中口、手经常接触的对讲机、麦克风、手机、PAD、证件卡片等物品的日常消毒，有效保障了闭环内外重要文件、物品的安全传递。

此外，科技冬奥专项在冰雪场地应急医疗救护、食品安全快筛快检等方面也进行了针对性的应用研发部署。对赛场可能发生的创伤、冻伤等紧急情况，围绕赛场医疗救护、航空转运、辅助诊疗等场景，研发集成了一批多功能生命救援装备、移动式医疗救护平台，实现医疗信息互联互通、运动损伤辅助诊疗、空地一体化医学应急救援等目标，已投入使用的智能移动方舱，成为冰雪赛场上的“应急大夫”。食品安全防伪追溯技术、常见多发病毒细菌快检技术等应用于冬奥食品供应链，支撑全流程监控和预警管理，为冬奥餐饮服务提供保障。

科技创新提升观赛体验

受限于冬奥会室外观赛环境、当前疫情防控常态化管理等原因，许多观众不能亲临现场观看北京冬奥冰雪赛事，加上冰雪运动本身的极限速度、超高空展示视角等特殊要求，如何让观众不到现场就能有“身临其境”的观赛体验，是科技冬奥在观赛领域布局关键技术研发和集成应用高新技术的

重点。

在网络新基建方面，全面布局5G技术创新应用。北京冬奥会将是5G规模化商用后的第一届奥运会，科技冬奥专项支持新型5G基站、大带宽射频技术等实现创新突破，助力5G网络稳定高效运行。5G作为主力承载网，已在北京、张家口两地67个场馆、高铁、高速、周边酒店实现全覆盖。充分利用成熟的5G网络实现智慧共享，北京冬奥会将首次在奥运历史上大规模商用5G回传视频转播，通过5G网络转播高山滑雪、越野滑雪、冰壶等冬奥赛事，拍摄角度更灵活，赛事展现更精彩。基于5G大上行和云网协同的云转播，能够降低转播成本，满足更多的转播需求。科技冬奥专项借助5G网络高速视频回传和远程调度指挥，打造智慧医疗新模式，使现场与院诊救治实时交流。**在观赛方面**，5G创新技术赋能全新赛事体验，无需特殊的装备和专用带宽，只要5G手机配合5G网络，用户就可以实现高质量的交互式观赛。科技冬奥创新打造的交互式多维度观赛体验系统（“自由视角”），使用户在观看比赛的过程中可以连续地改变观看点，进而从不同的角度去看同一场赛事活动。例如冰球比赛行进速度快、对抗激烈，现场观看受限于一个固定的视点，而“交互VR”的应用，让观众只需手持一部5G手机点开应用软件，即可自主选择观赛角度，让进球轨迹就像电影《黑客帝国》中的子弹时间特效，带给观众强烈的视觉冲击。

在超高清数字转播和智能语言服务方面，科技冬奥专项构建的高性能8K转播体系，将5G、AI、8K等先进技术应用于冬奥体育赛事直播、转播，更好地向世界呈现这场精彩的盛会。在2021年10月的北京冬奥会短道速滑测试赛——国际滑联短道速滑世界杯活动中，投入使用的8K IP转播车对此次赛事进行8K全流程制作，转播系统可实现8K超高清图像的拍摄、切换、收录、图文处理、监测及传输，音频具备全景声制作能力，展现效果良好。科技冬奥专项研发的多语种语言服务，为解决冬奥会跨语言沟通和多语种赛事国际传播提供关键技术和设备支撑。冬奥语音及语言服务平台支持7个语种语音合成、35个语种语音识别、30个语种机器翻译和6个语种交互理解，冬奥场景重点语种语音识别准确率达到95%；基于5G的跨域多语种冬奥赛事和中国文化传播服务平台（支持29种语言），已应用于冬奥组委新闻宣传、冬奥资讯及中国文化对外传播工作，研发的智能会议转写系统已在奥组委服务各类会议超过300场次。

科技创新支撑绿色办奥

习近平总书记强调“‘绿色、共享、开放、廉洁’的办奥理念，是新发展理念在北京冬奥会筹办工作中的体现，要

贯穿筹办工作全过程”，把绿色办奥摆在了首位，强调“坚持生态优先、资源节约、环境友好，为冬奥会打下美丽中国底色”。科技冬奥围绕落实绿色办奥理念，以创新赋能北京冬奥会在供能、建筑、制冰、交通方面实现绿色低碳。

在能源方面，全赛区场馆采用绿电供能，围绕冬奥专区能源系统建设，攻克清洁、可再生能源供能核心关键技术，实现100%清洁电力高可靠供应，为创造奥运会首次全绿电供能提供技术保障。建立跨区域绿电交易机制，通过绿电交易平台，赛时将实现奥运史上首次所有场馆使用绿色电力，预计实现碳减排32万吨。**在交通方面**，以绿色、低碳技术为支撑，建成智慧的绿色出行奥运工程。围绕北京冬奥会“两地三赛区”的交通出行需求，推行“一张票”智能出行方案，建设京张高铁智慧化服务、氢能出行等交通示范性工程，有力支撑履行“全部使用清洁能源汽车”的申办承诺。**在绿色建筑方面**，低碳场馆建设和运营成为实现北京冬奥会碳中和的重中之重。“科技冬奥”国家速滑馆智慧场馆建设任务，攻克全新的超大跨索网结构找形难题，实现高钒密闭索国产化，从建筑结构轻量化设计出发，研发复杂曲面玻璃幕墙平曲玻璃耦合方法，节省周围幕墙玻璃面积约4800平方米、相当于减排320吨二氧化碳。**在绿色制冰方面**，国家速滑馆应用大规模二氧化碳跨临界制冰技术，建成全世界最大1.2万平方米的二氧化碳跨临界直接蒸发制冷冰面，制冰部分碳排放趋于零，不仅能够为冬奥比赛提供温度高度均衡的冰面，而且相比传统技术能效提升20%以上；研制的冷凝热回收系统实现回收率高达86%，年节约180万度电，减排约1795吨二氧化碳。

奥运会是推动举办城市改善发展、转型升级的契机。北京冬奥会从申办到筹办，将办奥理念与推动城市、区域发展相结合，充分发挥冬奥会筹办对发展的牵引作用，加快推动京津冀地区的绿色发展和高质量发展。在北京冬奥会的契机下，新技术有更多的应用展示空间，推广有了方向和动力，科技冬奥围绕办赛、参赛和观赛形成的一系列创新成果和最新的应用解决方案，从近期目标是满足冬奥会需求，从长远发展看将进一步促进核心关键技术的产业化、推动行业技术升级，以及带动更多相关领域的发展，利用在智能建筑、5G+8K、虚拟现实、冰雪装备、氢能利用、智慧医疗等形成的自主创新能力，结合在冬奥场景下积累的应用实践，将会在未来打造出更多新业态，为引领区域经济社会发展注入新动力。北京冬奥会的脚步日益临近，让我们携手努力“一起向未来”。（本文其他参与人员：杨帆、潘冰玉、安静、陈亚东、徐斌；作者和参与人员单位为中国21世纪议程管理中心、北京体育大学、河北工业大学、大连理工大学）

“冰丝带”的三大理念

文/李久林 陈利敏

国家速滑馆是北京2022年冬奥会速度滑冰项目的比赛场馆，又名“冰丝带”，位于北京奥林匹克森林公园西侧，是北京冬奥会标志性场馆，与水立方、鸟巢交相辉映。该馆复用了2008年北京奥运会的曲棍球和射箭场地，总建筑面积约12.6万平方米，总座席12038座，在本届冬奥会上将产生14枚金牌。

面对世界最大跨索网屋面结构、复杂曲面玻璃幕墙，如何打造“最快的冰”和“智慧的馆”等技术问题，在科学技术部、北京市委市政府、北京冬奥组委等的大力支持下，北京国家速滑馆经营有限责任公司等单位先后承担了国家重点研发计划、北京市科技计划课题、朝阳区社会发展科技计划项目，通过理论研究、仿真模拟、试验分析、样板测试、系统研发、示范应用等，确保实现国家速滑馆高效高精度地建造和智慧化应用，实现“以运动员为中心、可持续发展、节俭办赛”三大理念的同时，实现其全生命期安全、稳定、高效地运行。

首创单层椭圆马鞍形索网+环桁架+幕墙斜拉索的高性能结构体系

研发的多重弹性边界找形方法实现了结构的精准优化分析，使全体系力学性能最优；创造性提出支座后锁定、短拉索后张拉等措施，大大降低了结构及基础负担，节约综合造价；发明滑移—锁定支座、梭形调节器、索力保持器、自适应索夹、预负载水箱等关键技术，使工程高效、高精度实现；通过模型试验，研发了主动索优选定量分析和评价技术，实现建造关键环节验证，提出了影响张拉成形的敏感性因素，为质量标准制定和健康监测提供依据。

自主研制建筑用国产大直径高钒密闭索。研发建立了完整的构件加工制作工艺和生产与质量保证体系，实现国产高钒密闭索量产，并首次应用于国家重大建筑工程。产品性能达到欧洲标准，彻底打破了

国外技术垄断，使密闭索价格显著降低，密闭索单价由整体进口索的每吨14万元下降至约每吨3.5万元，供货期缩短近1/2，极大推动相关产业发展。产品已推广应用于上海浦东足球场、张家口崇礼冬奥会滑雪场大跳台、三亚体育中心、成都凤凰山体育中心、卡塔尔世界杯开闭幕式体育场、柬埔寨国家体育场和印度尼西亚雅加达国际体育场等大型项目。

研发了基于平行施工的高精度技术体系。首创了基于计算机控制的异位与原位混合安装、高低位二次变轨滑移的环桁架施工方法；研究形成了超大跨度单层正交索网主被动、大吨位同步张拉技术，控制智能张拉力最大偏差为9.45%，高于验收标准的15%；建立了工程全生命周期健康监测系统，实现了高效施工；历经多次大风、大雪等极端恶劣天气考验，以及某日阵风8级条件下，索力变化平均值仅为1.27千牛（KN）。满足了安全、质量、工期、场地、投资的要求。

曲面幕墙、单元式屋面板块填补技术空白

国家速滑馆外立面二层以上为天坛形曲面幕墙系统，总玻璃数量为3360块，单曲玻璃为1440块，平板玻璃为1920块。为了实现曲面幕墙满足“冰丝带”特殊的造型要求，研发了单索支承异面网壳曲面幕墙体系，实现了弧形幕墙玻璃的高效精细化加工制作，推动了曲面玻璃幕墙的技术进步，创造了建筑工艺美学新高度，实现功能、科学和艺术的结合，并大幅度降低自由曲面玻璃幕墙的建造成本。

为了适应索网结构柔性变形，研发了金属单元柔性屋面体系，由1080块4米×4米单元屋面板组装而成，解决了与索网结构配套使用的围护系统技术难题；利用水箱荷载置换法，实现了198米×124米索网屋面的装配化施工，填补了装配式模块化屋面系统的空白。



国家速滑馆，又称“冰丝带”

二氧化碳跨临界直冷制冰系统打造最快的冰

针对国家速滑馆研究多功能、全冰面设计方案并采用二氧化碳跨临界直冷制冰系统，开展了国家速滑馆快速滑道冰面形成理论与多功能超大冰面冰池构造、多功能二氧化碳跨临界制冰系统、室内环境精细控制、冰面与室内环境自动化监控等关键技术研究，形成了完整的二氧化碳跨临界直冷制冰系统技术体系。发明了基于三维激光测量的超大速滑场地制冰排管安装高精度检测方法，实现了制冰排管安装过程快速数据获取和处理，有效指导制冰排管施工期安装检测和完工验收；发明了一种平板拖拽式和轮式惯性平整度测量系统，融合高精度全站仪平面坐标、高精度里程计和惯性相对高程，获取连续测线的冰面混凝土平整度，实现混凝土平整度快速测量，施工期测量精度达到5米范围不超过1毫米，完工期测量精度达到5米范围不超过0.5毫米，确保了1.2万平方米冰板平整度不大于3毫米，远小于国际滑联的不大于5毫米的要求，有效保障了国家速滑馆冰面混凝土施工的质量和效率。

经多次实测，在冰面30个温度测点中，29个温差不超过0.5℃，1个为0.7℃。此外，制冰系统能效比传统技术提高20%以上，回收制冰废热制取了近70℃的浇冰热水，证实了大型二氧化碳跨临界制冷

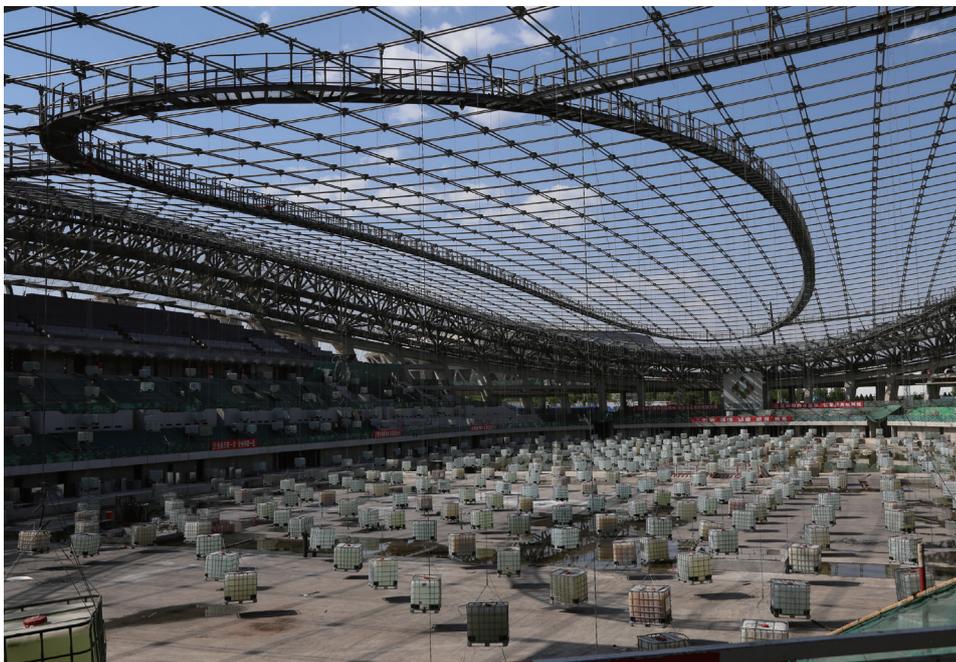
系统的可行性。在2021年10月进行的2021年速度滑冰中国公开赛中，4名运动员在测试赛中5次滑出个人最好成绩。

低碳冬奥监测与碳中和调控关键技术在国家速滑馆推广应用

针对冬奥赛事特点，在国家速滑馆布设60个点位分布式二氧化碳传感器以实现场馆内部碳排放的全覆盖监测。运用车载红外光谱测试仪（FTIR）和温室气体探测卫星数据反演实现对场馆周边区域二氧化碳排放的空基和天基测量。并通过将多尺度碳排放数据与场馆运行管理数据的拟合，构建场馆碳排放数据库。

为对赛事相关碳排放的精准评估，开展了从速滑馆建设到赛后利用全生命周期的碳排放核算，用以量化赛事筹备、赛时运营、观众观赛及赛后利用等活动产生的碳排放。通过核算赛事相关活动直接与间接碳排放量，为碳排放智能管控提供数据基础。

运用超低能耗建筑技术制造并搭建“零碳小屋”，具有选材环保、可回收利用、装配速度快等特点，并采用全热交换新风确保室内空气质量。搭载“风、光、储”清洁创能系统和零碳智能控制平台，可实现建筑电气系统智能控制，最终达到运行过程的碳中和。



单层椭圆马鞍形索网+环桁架+幕墙斜拉索结构体系

先进信息技术实现智慧场馆集成应用

在国家速滑馆基于5G技术的云网雾端架构，借助5G网络用户面功能（UPF）下沉能力，为场馆提供了媒体专网设施，升级了智慧场馆运营所需的网络条件。其核心是通过下沉的UPF可将用户数据流量就近分流至靠近场馆的雾计算或边缘计算平台，能够满足用户对时延要求较高的服务要求，并通过5G网络的无线跟踪区域（TA）控制技术，实现对场内外用户的精准区隔。推出的现场低时延视角定制服务，实现了比赛现场与观众现场手机之间600毫秒的时延效果，观众在赛场内可实时观看到不同角度的比赛实况，不错过任何一个精彩的瞬间，让用户享受无与伦比的观赛体验。

构建了基于物联网的国家速滑馆智能化集成平台，作为神经中枢系统连接着速滑馆的视觉系统、听觉系统、嗅觉系统、呼吸系统、循环系统、动力系统、运动系统，支持毫秒级数据采集，数据点查询速度不低于每秒5万点，单数据节点支持100万点以上的数据管理；可实现对国家速滑馆36个系统进行数据实时采集、汇总、分析，设备运行监控管理，能源管理，安全管理，冰面养护，智能化联动控制与调度等。

运用数字化融合技术将“源—网—荷—储”等所有与能源相关的系统有机联系在一起，通过柔性互联形态使得能量能够在各个系统间自由流动，利用虚

拟储能及多时间尺度预测和调度方法，让能量的运动变得井然有序。最后，结合人工智能算法实现能源取用的精准控制，使速滑馆的各种能源系统不再单独工作，而是构成一个统一的整体，用能、蓄能、产能各系统彼此相互关联、相互协调、灵活调度、精准控制。

为了避免传统场馆存在的人工运维工作效率低、运维成本高、响应速度慢等问题，基于全过程建筑信息模型（BIM）和全域数字孪生技术，建设了国家速滑馆智能化运维系统来实现运维的可视化，提升建筑全生命周期内的运维效率，降低人工、运维成本，保障场馆内安全管理。建设国家速滑馆可视化运维系统，进行建筑、设备和基础设施的控制系统，包括智能照明、视频监控系统、出入口控制系统、安防监控技术系统、楼控系统集中展示和管理，通过数据分析，第一时间了解场馆内建筑及系统环境，支持场馆管理人员设备巡检、设备维修、设备调控、工单管理等运维工作，为场馆运营、决策提供精准服务。

冬奥会后，国家速滑馆将可承办所有冰上项目国际顶级赛事，进行二次开发利用，成为集“体育赛事、群众健身、文化休闲、展览展示、社会公益”五位一体的综合性体育场馆，实现更新和功能的快速转换。（作者单位：李久林，北京国家速滑馆经营有限责任公司、北京城建集团有限责任公司、清华大学；陈利敏，北京国家速滑馆经营有限责任公司）■



国家跳台滑雪中心“雪如意”

人工剖面赛道类场馆新技术的实现

文/梅笑寒 张铭琦

北京2022年冬奥会的人工剖面赛道类场馆包括国家跳台滑雪中心、首钢滑雪大跳台、国家雪车雪橇中心，以及云顶滑雪公园障碍追逐、U型场地技巧、坡面障碍技巧、雪上技巧、空中技巧场地。在这些场馆中产生的奖牌数量将占到北京2022年冬奥会奖牌总数的40%以上，我国雪上优势项目均属此类。

国家跳台滑雪中心“雪如意”位于张家口赛区，地处崇礼山区，占地约62公顷，其竞赛场馆造型恰似中国传统饰物“如意”，包括山上顶峰俱乐部、山下看台区、竞赛区（HS106与HS140两条赛道）以及综合区等，HS140赛道垂直落差达到136.2米，场馆建设施工难度极大。首钢滑雪大跳台“雪飞天”位于北京赛区，与首钢工业园区改造相结合，旨在让这座百年历史的钢厂回归市民生活。国家雪车雪橇中心“雪游龙”位于延庆赛区，赛道全长1975米，垂直落差121米，设置16个角度不同、倾斜度各异的弯道，同样具有极大的建设施工难度。

上述三座人工剖面赛道均以预先精确设定的几何剖面形状来控制赛道完成面，以达最佳竞技效果。其办赛精彩程度

取决于赛道剖面的建造质量，对加速、转弯、腾空等动作的精确控制依靠对剖面曲线的设计拟合与精细建造。场馆赛道或对自然山体局部地形进行较大修整，或以人工结构支架支撑基准面，因此在建造过程中的生态保护和场馆的全季利用也是可持续发展考虑的重点。

针对上述需求，研究团队以服务冬奥办赛和支撑场馆可持续为目标，研发了数字化设计建造运维、赛道基准面平整性检测、喷射混凝土、观赛热环境保障、赛道剖面转换、山体局部切剖面生态再造、装配式建造等技术，应用于国家跳台滑雪中心、首钢滑雪大跳台、国家雪车雪橇中心等人工剖面赛道类场馆，贡献于北京2022年冬奥会科学办赛，并为国内其他雪上项目场馆建设提供指导和示范。

精细建造与观赛热环境保障

如何将赛道曲线与场馆形态结合，如何精确控制赛道曲线的建造精度，都是冬奥场馆建设中需要考虑的重点。国家跳台滑雪中心、首钢滑雪大跳台通过数字化设计建造技术拟



首钢滑雪大跳台“雪飞天”



国家雪车雪橇中心“雪游龙”

合赛道剖面曲线，通过赛道基准面平整性检测技术检测赛道表面建设精度，同时研发观赛热舒适保障技术在上述两跳台进行测试实验，并应用于涞源国家跳台滑雪科研训练基地；国家雪车雪橇中心研发赛道喷射混凝土材料达到毫米级精度，为赛时运动员取得更好成绩提供保障。

数字化设计建造技术。我国冬季项目的现状是“冰强雪弱”，雪上项目比赛场馆的设计亦是如此。北京冬奥会雪上项目场馆设计建设之前，人工剖面赛道设计技术仅被少数国外企业掌控，单板大跳台等平昌冬奥会新增项目场馆设计建造国际技术标准亦不成熟。针对这一现状，国家跳台滑雪中心、首钢滑雪大跳台结合“如意”“飞天”等中国传统元素造型，建立数字化建筑信息模型（BIM）和建造运维云平台指导设计施工，使得符合国际标准的赛道S形曲线与我国文化元素巧妙结合。同时，通过上述场馆建造，我国首次掌握符合国际标准的跳台设计方法与建造技术，并应用于涞源国家跳台滑雪科研训练基地，为国家集训队的训练备战提供符合奥运标准的赛道，未来更可为我国建设同类场馆提供技术指导。

赛道平整性检测技术。国家跳台滑雪中心和首钢滑雪大跳台均采用人工结构支撑基准面，后加堆雪完成赛道表面铺设，因此其基准面与表面的平整性对于赛道的建造精度和运动员高水平发挥具有重要意义。往届冬奥会跳台多采用定点检测的方式核验赛道精度，较少连续检测表面平整性。基于此，研究团队研发了具有铺层表面平整度智能分析评定功能的智能检测车，可快速完成赛道基准面与表面平整性、线形的检测与评定，精度达到厘米级。并基于北斗定位系统和5G传输技术，在国家跳台滑雪中心、首钢滑雪大跳台、涞源国家跳台滑雪科训基地获取了赛道线型与赛道雪面平整性数据，卫星记录数据信息达6000余次，测试效果良好，数据准确可靠。

喷射混凝土材料。国家雪车雪橇中心是世界第17条、亚

洲第3条、中国第1条雪车雪橇赛道。国家雪车雪橇中心赛道整体为空间扭曲双曲面板壳结构，赛道全长1975米，垂直落差121米，16个弯道角度不同、倾斜度各异，其中第11个弯道为360度回旋，施工难度极大。赛道建设前，国内并无用于主体结构的喷射混凝土，已有技术和材料难以达到表面平整误差毫米级的控制要求。针对这一现状，国家雪车雪橇中心创新研发了赛道喷射混凝土材料，该材料具有高密度、良好的泵送性能、粘聚性能、易抹面性能等，同时耐久性良好，抗冻等级可达到F500。同时研发了曲面喷射混凝土赛道毫米级精度成型技术，成功打破国外对赛道施工技术的垄断，帮助国家雪车雪橇中心成为国内首条符合奥运竞赛标准的雪车雪橇专业赛道。

观赛热环境保障技术。冬奥会雪上项目多在室外场馆举行，往届冬奥会也曾因观赛区热舒适度不足而受到争议，因此观众观赛的热环境保障也是本届冬奥会人工剖面赛道类场馆设计建设的重点关注之一。通过实验室测试及在国家跳台滑雪中心、首钢滑雪大跳台等场馆进行实地测试，研发了与场馆站席、座席和服装整体相结合的观赛人员热舒适提升措施。结合被试主观评价，在温度为-15℃、湿度为60%RH的低温环境中，观赛热环境保障技术对于人体全身热感觉的提升幅度可达约50%，且后续的动态交替加热模式可以实现维持人员热感觉在可接受温度范围内，提升观众观赛舒适度，同时兼顾能源节约。

全季利用与生态保护

除了保障场馆在赛时的利用，奥运场馆的可持续也是设计关注的重点。如何使冬奥场馆在赛后得到有效利用，如何在施工过程中兼顾生态保护、减少碳排放，都是通过冬奥建设帮助该地区长期可持续发展所要考虑的内容。首钢滑雪大

跳台研发赛道剖面转换技术实现两个项目的赛道共享，国家跳台滑雪中心运用山体局部切剖面生态再造技术减少对山地敏感生态环境的干预，两跳台均采用装配式建造技术减少材料用量，提高建设效率，有效减少建筑物化阶段碳排放。

赛道剖面转换技术。首钢滑雪大跳台是我国首座结合工业遗产再利用的冬奥会场馆，也是首个滑雪大跳台的永久性竞赛设施。其赛后利用不仅关系到冬奥场馆自身的可持续性，也对促进京西地区发展、延续首钢园区工业记忆具有重要意义。首钢滑雪大跳台创造性地提出单板大跳台（Big Air）与空中技巧（Aerials）比赛赛道共享的设计思路，并研发一种正四面体模块及连接节点，完成世界首例跳台赛道剖面转换。赛时，首钢滑雪大跳台将举办北京2022年冬奥会中的单板滑雪项目；赛后，跳台自身可转换为空中技巧项目赛道，整个园区也将作为冬季奥林匹克体育主题公园向公众开放，从而有效减少建设量，为该区域带来可预见的经济效益与社会效益。

山体局部切剖面生态再造技术。国家跳台滑雪中心地处崇礼山区，生态敏感度高，往届冬奥会也曾因选址山地而在生态可持续方面受到争议。为减少对山地生态环境的负面影响，国家跳台滑雪中心赛道从山体表面架起，保护地表径流及植被超过10000平方米。其高陡边坡开挖工程采用精细爆破成型优化技术，突破了施工环境复杂、工期紧、成本高等难题，在崇礼地区因严寒气候条件每年施工期仅有6个月的情况下，节省工期1/3。同时，该技术实现了局部山体切剖面的成型与保护，有效控制了爆破震动对岩体的破坏和周边环境的影响。爆后岩石块度均匀，保障了冬奥赛区生态再造格宾支护体系的建设，使得本地原有岩体利用率达到90%，取得了显著的生态效益和经济效益。

装配式建造技术。在建造过程中尽量减少碳排放是冬奥场馆回应可持续发展目标的重要措施之一，北京冬奥会的人工剖面赛道类场馆也不例外。为应对山地地形复杂、气候寒冷、施工周期短的特点，国家跳台滑雪中心多处采用装配式结构。通过建筑信息化等手段，形成跳台出发区、裁判塔、看台等建（构）筑物的预制装配式建筑信息化技术体系，并结合云平台进行一体化管理，实现了冬奥场馆装配式临时建筑设施的高效率、高质量安全建造，减少山地现场施工作业工程量并减少建筑垃圾产生。

首钢滑雪大跳台主体结构采用装配式钢结构体系，研发了大部件模块化分段制作与安装、空间异形钢结构精密测控等技术，在保障跳台施工精度的同时实现了高效装配化，300天完成整个场馆建设，使首钢滑雪大跳台成为北京2022年冬奥会第一座竣工并投入使用的竞赛场馆。同时设计选用高强度钢、耐候钢以减少材料用量，有效减少碳排放。

以国家跳台滑雪中心、首钢滑雪大跳台、国家雪车雪橇中心为代表的北京冬奥会人工剖面赛道类场馆，研发新型喷射混凝土材料，采用数字化设计建造技术、赛道基准面平整性检测技术、观赛环境热舒适保障技术等，保障场馆赛道的精细建造与观赛舒适；研发赛道剖面转换技术、山体局部切剖面生态再造技术，采用装配式建造技术等，贡献于场馆赛道的全季利用与建设区域的生态保护。场馆的精细设计建造、赛后利用与生态保护，既是北京冬奥会的办赛要求，也是奥林匹克运动可持续发展的诉求，人工剖面赛道类场馆通过上述设计策略及相关技术研发，以期回应科学办赛理念，贡献于北京冬奥会的成功举办。（作者单位：梅笑寒，清华大学建筑学院；张铭琦，清华大学建筑设计研究院有限公司）



山体局部切剖面生态再造效果

快护暖美：“中国造”战衣助阵冬奥

文/于思佳 刘莉

为做好北京2022年冬奥会备战参赛工作，加快冰雪运动普及和提高，2019年北京服装学院科研团队获批国家重点研发计划“科技冬奥”重点专项“冬季运动与训练比赛高性能服装研发关键技术”项目。北京服装学院作为牵头单位，联合东华大学、上海体育学院、安踏（中国）有限公司、清华大学、天津工业大学、武汉体育学院、探路者控股集团股份有限公司、广东德润纺织有限公司、吉祥三宝高科纺织有限公司共十家单位开展技术攻关，该项目得到科学技术部、国家体育总局大力支持。

国家体育总局冬季运动管理中心与北京服装学院共建国家冬季运动服装装备研发中心，建立了跨学科的冬季项目训练与比赛服装材料选型、功能设计、样衣制作、工效分析于一体的科教融合平台，培养一批了解中国竞技体育比赛项目、熟悉中国专业服装装备制造企业、掌握“人一机一环”科学设计方法和研制技术的高层次工程技术与设计人才，实现冬季运动高性能服装国产化，助力冬季项目国家队运动员竞技表现提升，促进专业装备企业核心竞争力提升，推动冬季运动服装产业链发展，带动大众冰雪产业发展。经过几年的努力，研究内容涉及纺织科学与工程、服装设计与工程、机械工程（摩擦学）、热物理、生物力学、体育科学六个学科，解决“快、护、暖、美”四个关键技术问题，实现竞速类项目服装、防护材料及装备、耐低温保障材料和服装技巧类项目服装四类产品创新。

竞赛场上，0.01秒或者0.01米的优势，都能决定冠军的归属。身处金字塔尖的运动员，若想取得傲人的成绩，自身的努力固然非常重要，科技创新的力量也不容忽视。科技不仅能让运动员提高备战训练水平，更能在赛场上获得事半功倍的效果。

那么，在科技日新月异的今天，有哪些高科技能助运动员一臂之力？这正是“科技冬奥”重点专项攻关的重要内容：从比赛装备，到科学训练、技能优化，再到气象、医疗等全方位保障……如今，一项项“黑科技”正在或即将运用于我国冬季运动项目的训练和比赛中，助力运动员在冰雪赛场上更快、更强。在国际体坛竞争日益激烈的当下，运动员比赛服早已不仅仅是一件“衣服”。

冰雪运动是一个典型的人机环境耦合的复杂系统，北京服装学院组织跨学科科研团队，服务于21支冰雪国家队的训练比赛服装研发。2021年3月，9个运动基地的400余名国家队运动员的三维量体工作拉开序幕。通过大型测量设备和手持类三维扫描仪，追踪运动员的动作，细化研究运动员的皮肤伸展规律，进而精细化设计比赛服的结构以最大程度符合运动员的动作规律。同时，有关运动员的人体关键指标及体型特征被精准记录下来，为冬奥会比赛服的设计提供数据支撑。以往中国冰雪高水平运动员比赛服大多需要从国外进口，现在北京服装学院科研团队打破了比赛服依赖进口的状态，实现了超世界水平的“中国造”。当前科研团队成果已经历奥运测试赛、年度世界杯和世锦赛等检验，除了系统化研究冬季项目比赛服的功效机理外，在“快、护、暖、美”四项关键技术上都有显著突破。

“快”针对的是短道速滑、高山滑雪等竞速类项目比赛服的综合减阻问题。竞速类项目比赛服通过科学化设计面料组织结构、服装结构设计，增强最佳姿态运动版型适度度，实现跨尺度协同减阻，有效降低阻力，帮助运动员提升赛场表现。通过参考中国运动员体型特征、训练及比赛环境等，运用流体动力学仿真技术构建三维空气动力模型，在全球范围内筛选并自主研发减阻面料共计150余种，北京服装学院科研团队设计减阻服装结构110余种，通过800小时以上的风洞综合验证，定制符合中国运动员体型和技战术特点的“最佳运动姿态”比赛服。从项目阶段性研发成果看，速度滑冰、短道速滑比赛服比现役服装减阻超10%，高山滑雪、钢架雪车等运动项目成绩也有显著提升。

速度滑冰比赛服的研发是历时两年才啃下来的“硬骨头”。中国速度滑冰队运动员、平昌冬奥会速度滑冰男子500米铜牌得主高亭宇的赛服制作从模型入手到面料制造，曾经对比过56种服装结构，单是帽型就做了21种，并筛选出最适合中国运动员技战术特点的比赛服结构。运动员比赛服是由多种面料组成的，结构上要适度分割。2021年9月26日，高亭宇在新疆乌鲁木齐举行的2021—2022中国杯速度滑冰精英联赛中，以33秒83的成绩刷新了他个人保持的速度滑冰男子500米全国纪录，创造了目前为止本赛季速度滑冰男



“快、护、暖、美”是冬奥备战服装设计四个关键技术

子500米的世界最好成绩，而33秒83的成绩也是全世界速度滑冰男子500米项目的历史第三。高亭宇在这场比赛上穿的正是科研团队研发的第七版样衣，但就是这件集合了所有科技亮点的样衣助力选手取得了好成绩。北京时间2021年11月14日凌晨结束的2021—2022国际滑联速度滑冰世界杯波兰站男子500米比赛中，高亭宇以34秒265的成绩为中国队夺得一枚金牌，打破了世界纪录保持者、俄罗斯名将库利日尼科夫在该场地保持的34秒67的场地纪录。

“护”涉及训练比赛过程中服装装备的保护性能。冬季运动项目速度高、环境复杂，运动员损伤风险较大，主要有冲撞和刺割两类损伤，多个研发单位联合攻坚这一课题。采用复合纱线技术，将两种性能的纱线复合，使得所织造的面料超强、超韧、超弹，具备防切割性能，面料防切割等级满足国际滑冰联盟（ISU）要求。针对高山滑雪运动员在训练比赛中因旗门反弹造成抽打损伤情况，科研团队使用新型材料设计柱型阵列护具结构，已制成专项防护装备应用于高山滑雪、自由式滑雪大跳台队日常训练。短道速滑比赛服则全身使用防切割面料，全面保护运动员身体，同时研制肌肉压缩、服装减阻功能。当前，短道速滑比赛服高弹防切割面料的防切割性能提高了20%—30%。北京时间2021年11月28日，在2021—2022赛季国际滑联短道速滑世界杯荷兰站比赛中，短道速滑运动员任子威以2分20秒352的成绩夺得男子1500米冠军。

“暖”是冬季项目的普遍需求。实际上，保暖是冬季项目比赛服中最“不受关注”的部分。原因有三：一是竞技运动赛前都有热身，肌肉已处于活跃状态，除长距离运动以外，比赛时间短短几分钟的过程，身体还没传导完全，不需要保暖，而运动员在长距离项目比赛中会逐渐释放大量的热量，不必担心冻伤；二是如高山滑雪类项目，国际雪联对比赛服的透风性等参数有严格规定；三是所有竞技运动都是以成绩为导向，一切阻碍成绩获得的设计都会被认为是无效设计。但是，赛前、赛后、日常保障保暖非常重要。2020—

2021赛季的冬天是近40年最冷的冬天，训练基地温度在零下20℃以下，海拔较高的地方体感能低至零下30℃，运动员训练受到影响。科研团队从新型保暖纤维研发、智能加热材料和技术两方面入手，突破传统纤维直径难以细化的瓶颈，立足冬季训练，研发出独特的仿鹅绒微米纳米分形结构，实现高效环保生产。团队为雪上项目研发了“堡垒”综合保暖装备，设计了针对女性运动员的户外加热坐垫、保持体能的加热T恤、加热马甲，针对钢架雪车项目方便穿脱的“快拆热裤”。“堡垒”的综合保暖系统羽绒服，集防风、防水、透气、耐磨多功能高效保暖于一体，通过智能主动加热技术，保障穿着人员在零下30℃环境下可持续作业8小时以上。目前向国家队综合提供1600余套保暖装备，针对体能保持使用，全面覆盖冬奥国家队运动员。

“美”主要涉及技巧类项目比赛。技巧类项目比赛服面向空中技巧、花样滑冰等表现“难—美”类项群，结合服装数字化动态三维人体虚拟试衣技术，构建服装视觉影响因素与竞技性表现评价关系模型。花样滑冰项目探索并融合多种服装高级定制元素，形成了适合中国的花样滑冰比赛服设计定制体系，提升了艺术表现力，充分展现了国家形象。

2019年花样滑冰世锦赛期间，中国花样滑冰队开始与北京服装学院合作。此后，北京服装学院组建了一个专门的设计研发团队来对接国家花滑队的需要，并逐渐深入冰雪项目中去。短短几年时间，为国家花样滑冰队提供比赛服设计方案超过900套，制作比赛服100余套、表演服100余套，助力运动员获得世界级比赛奖牌达24块之多。2019年在国际最大主流花滑论坛Golden Skating中获评“最佳比赛服”（Best Costume）。

2021年12月，距离北京冬奥会只有一个多月的时间，运动员们正在做最后的冲刺训练，科研团队正在紧锣密鼓地对北京冬奥会比赛服最后设计调试。预祝运动员们在“中国制造”冬奥战衣的助力下取得更好的战绩！（作者单位：北京服装学院）



一起向未来 Together for a Shared Future



北京2022年冬奥会和冬残奥会组织委员会
Beijing Organising Committee for the 2022 Olympic and Paralympic Winter Games

2021年9月17日，北京2022年冬奥会和冬残奥会主题口号正式发布——“一起向未来”（英文为“Together for a Shared Future”）（新华社发 北京冬奥组委供图）

科技创新赋能现代奥运

——访北京冬奥组委新闻宣传部教育和公众参与处处长孙斌

文/张伟斌

奥林匹克运动的渊源可以追溯到古希腊奥林匹克运动会。古代奥运会是人类体育文化宝库的一颗明珠，对世界体育发展产生了深远影响。现代奥运会作为奥林匹克运动活动体系的核心，延承了100多年，反映了社会的进步和现代体育发展的需求，其影响力涵盖了社会的各个方面。现代奥运的发展与科技息息相关，从场地建设到器材装备革新，从赛事组织到赛事全球直播，方方面面都烙上了科技的印记。

北京2022年冬奥会和冬残奥会将以“冬奥，智能新时代”为理念，全方位展现科技对冬奥筹备的支撑。近日，本刊编辑部采访了北京冬奥组委新闻宣传部教育和公众参与处的孙斌处长，他不仅带领我们一起回顾了科技与现代奥运100多年来共同发展的历程，更讲述科技在北京2022年冬奥会的应用。

奥运会发展史也是科技进步史

1896年，第一届现代奥运会在希腊雅典举办。受当时条件影响，比赛器材和设备都相当简陋，游泳比赛不像现在是在场馆里进行，而是直接在公海里举办，起终点的标志只是用浮艇接着的缆绳。

“与第一届现代奥运会相比，接下来的奥运会越来越有

科技范，回顾奥运会的发展史，更像是一部人类科技的进步史。”孙斌处长在采访中说到。

“事实上早在1901年，国际奥委会就决定在布鲁塞尔召开奥林匹克会议，深入探讨体格教育问题，然而这次大会直到1905年才最终召开。大会的议题已不再是国际奥委会最初的任务：统一奥林匹克比赛项目，而是探讨体育活动在各个教育领域及生活领域的可实现性。通过勒阿弗尔大会和布鲁塞尔大会，体育与科学的联系得以确立。”

1912年，第五届斯德哥尔摩奥运会。本届奥运会在科技应用方面有了一个非常大的突破。首次在田径赛场使用电子计时器和终点摄影装置，使计量时间精确到1/10秒。它先利用摄像机拍摄运动员撞线的瞬间画面，再把动作分解成多幅画面来弥补人为计时的不足。但是，这种方法仍然存在致命缺陷——计时器与摄像装置无法同步，裁判员的肉眼判断还是决定比赛输赢的关键。另外，广播转播奥运会在这届奥运会得以实现，人们终于可以通过收音机来“听奥运”了。

1928年，阿姆斯特丹奥运会。奥运会上第一次出现了大型成绩显示板，并且第一次使用了高速摄像机。高速摄像机不仅能够精确记录赛事实况，而且摄录的图像还可以慢速重播帮助裁判和观众非常精准地判定运动员的动作，以便正确地进行裁决。

1936年，柏林奥运会。首次通过电视的方式向全世界转播报道奥运盛况。有趣的是，虽然当时已经有了摄像机，但拍摄下来的影像无法通过电视传播，只能进行实况直播。所以在很长一段时间里，全球各大广播公司先后建设开办的电视台内的节目，一直局限于实时的新闻、音乐或者是体育节目的直播，并在电影艺术的影响下，开始在直播的条件下涉足电视剧的制作。1930年，英国BBC公司播出了世界上第一部电视剧《花言巧语的人》，总长50分钟，受制于直播的限制，专注于在简单场景下演员之间的对白，以及不同的手势和面部表情。该剧只有文字记录，并无影像保存，关于该剧的其他信息少之又少。

1952年，赫尔辛基奥运会。第一次采用终点摄像机技术来记录运动员的终点成绩。其工作原理是指向终点线的摄像机在运动员冲刺时高速拍下各位运动员冲刺的图像，经图像处理系统将图像叠加后显示出来，虽然图像是拉伸变形的，但完全不影响裁判员们第一时间作出正确的判断。

1964年，东京奥运会。卫星转播使奥运会实现了全球实况直播。人类第一颗人造卫星是1957年10月4日由苏联发射升空的。为奥运会服务的卫星也是跟我们日常生活联系最紧密的通信卫星。我国第一颗人造卫星“东方红一号”于1970年发射成功。

1972年，慕尼黑奥运会。第一次使用电脑设备。精度高达1/1000秒的电子计时器，使官方记录从十分之一秒精确到了百分之一秒，这一计时单位一直沿用至今，使运动员越来越朝着人体的极限突破。第一台电脑出现在1946年美国宾夕法尼亚大学，其用途是计算弹道。

1976年，蒙特利尔奥运会。在本届奥运会上，卫星激光点燃奥运圣火。圣火的点燃方法非常高科技：人们把圣火的电子转化为电子脉冲，然后借助宇航卫星在1秒内转发到目的地，点燃加拿大首都渥太华火焰塔中的火炬。随后进行火炬接力跑把圣火传递到蒙特利尔，最后由一对少年男女共同点燃主体育场的奥林匹克圣火。这也是奥运史上第一次也是唯一一次由两人共同执行这一光荣的使命。但这种以现代科技传递圣火的方式引起了不少争议，从1980年开始，又恢复传统的奥运圣火接力活动。

1984年，洛杉矶奥运会。美国航空航天局的科学家劳伦斯·库兹涅茨参与设计了1984年美国田径队的制服。他运用人类登月时的科学研究成果，使用加速排汗和能反射太阳光的铝涂层双层纺织材料，以帮助运动员在闷热的洛杉矶能够快速散热、保持干爽。

1992年，巴塞罗那奥运会。第一次使用了数字电视直播技术，标志着从此电视直播能够提供高质量高分辨率的赛事画面，而不再是使用低质量的磁带来进行记录。

1996年，亚特兰大奥运会。奥林匹克走进网络时代，第一次使用互联网技术转播，运用三个网络计算机系统，让世界各地的人们可以随时了解本届奥运会的动态。互联网指的是网络与网络之间所串联成的庞大网络，这些网络以一组通用的协议相连，形成逻辑上的单一巨大国际网络。互联网始于1969年美国的阿帕网，最早的时候被用于军事。

2000年，悉尼奥运会。伊恩·索普穿着鲨鱼皮泳衣一举夺得3枚金牌。国际泳联于2009年7月底作出了决定：禁止在比赛中使用高科技泳衣。为什么国际泳联会发出这样的禁令？这是因为，高科技泳衣不是每个运动员都能用得起，这样借助外力提高成绩违背了奥运的公平竞赛原则，所以国际泳联禁止使用鲨鱼皮游泳衣。

2004年，雅典奥运会。在雅典奥运会开幕式上，用激光投影技术呈现出了人类DNA螺旋结构。激光全息投影技术是把图像信息通过技术处理，将图像的长波部分转变成相位调制的全息图，利用衍射光学的方法来实现投影，预示着3D图像技术的未来。

2012年，伦敦奥运会。在2004年残奥会上，就有运动员穿着刀锋形状的高科技碳纤维假肢参加比赛。当时这套假肢价值超过20万元人民币。到了2012年伦敦奥运会，终于有残疾人运动员穿着这套装备站在了奥运会（而不是残奥会）的舞台。

北京奥运会的“高科技”

2008年，北京奥运会。提到北京奥运会时，孙斌处长侃侃而谈，详细地介绍了当年奥运会上惊艳世界的各种“高科技”。“令我们引以为豪的北京奥运会当然也是一届科技含量很高的奥运会。”我们的国家体育场——鸟巢，就是科技的结晶。鸟巢结构设计奇特新颖，而这次搭建它的钢结构的Q460也有很多独到之处：Q460是一种低合金高强度钢，它在受力强度达到460兆帕时才会发生塑性变形，这个强度要比一般钢材大，因此生产难度很大。这是国内在建筑结构上首次使用Q460规格的钢材。而这次使用的钢板厚度达到110毫米，是以前绝无仅有的，在国家标准中，Q460的最大厚度也只是100毫米。以前这种钢一般从卢森堡、韩国、日本进口。为了给鸟巢提供“合身”的Q460，从2004年9月开始，河南舞阳特种钢厂的科研人员开始了长达半年多的科技攻关，前后3次试制终于获得成功。如今，为鸟巢准备的Q460钢材已经开始批量生产。2008年，400吨自主创新、具有知识产权的国产Q460钢材撑起了鸟巢的铁骨钢筋。

北京奥运会上的另一个“高科技”是开幕式上的LED。在2008年奥运会开幕式上，LED得到了最大限度的利用。

开场的卷画轴就打开在一个巨大的LED屏幕上。屏幕长147米，宽22米，是科技含量最高的一个巨大平台，上面铺了4.4万颗LED。LED制造的光影效果和表演密切结合，幻化出各种图案，将观众引入梦幻般的世界中。经过反复测试，LED经受住了演员踩踏、水浸等考验。虽然整个开幕式时间很长，但有蓄电池等辅助技术的支持，还是彻底解决了LED的能源难题。

另外，开幕式上点燃的礼花采用了电脑系统控制。北京奥运会的礼花燃放采用了国际先进的膛压发射技术和芯片礼花弹来完成。在这次奥运会开幕式中，一共使用了超过12万发礼花弹，其中凡是需要造型的，都采用了这两种技术。膛压发射技术不再采用传统的火药发射，而是采用压缩空气作为动力。通过对炮膛内压力的细微调节，可以精确控制礼花弹的发射高度。为了达到这一目标，必须保证每个礼花弹的重量都几乎相同，同时每一个炮筒内都经过镜面打磨，保证摩擦力相同。在芯片礼花弹中，采用了电引爆装置，而控制电引爆装置的，是一枚小小的芯片。每个礼花中内藏的芯片与地面的电脑控制中心通过微波联系，在芯片收到指令后才发出起爆信号，从而可以让礼花在同一时间绽放。

同样闪烁着科技之光的还有国家游泳中心水立方。在整个建筑内外层包裹的ETFE膜（乙烯—四氟乙烯共聚物）是一种轻质新型材料，具有有效的热学性能和透光性，可以调节室内环境，冬季保温、夏季散热，而且还会避免建筑结构受到游泳中心内部环境的侵蚀。“更神奇的是，如果ETFE膜有一个破洞，不必更换，只需打上一块补丁，它便会自行‘愈合’，过一段时间就会恢复原貌！”孙斌处长介绍说。

奥运会与科技共发展互促进

2020年，东京奥运会。受到新冠肺炎疫情的影响，东京奥运会也是历史上机器人参与最多的一届奥运会。其中松下公司推出了一款形似背包的助力外骨骼设备，可以大大减轻体力劳动者腰部负担，最多减轻腰部肌肉负担约40%。这款设备在东京奥运会上被用于搬运运动员行李等。此外，丰田公司研发的“人类支持机器人”高度可以在105厘米到140厘米之间调节，可以任意方向移动，也可与人对话。它有一个机械臂可以拾捡物品或递送物品给人。机器人的参与大大减轻了人力负担，同时减少了人员接触，为疫情防控保驾护航。

孙斌处长说：“刚才提到的，仅仅是科技奥运的九牛一毛。计算机技术、生物力学、材料科学、现代生理和心理学，都在竞技体育中得到了广泛应用。”

毋庸置疑，现代奥运的发展离不开科技支撑。然而我们



2008年8月8日晚，第29届北京奥运会开幕式在国家体育场隆重举行。图为开幕式上的焰火表演“红闪鸟巢”（新华社记者 陈凯 摄）

也应该意识到，举办奥运会也能促进科技的发展。最突出的一个事例，就是1964年东京奥运会的召开，加速了日本对新干线的开发。1964年10月1日，第18届奥运会开幕前9天，东海道新干线投入使用。同样，在北京冬奥会的筹备中，2019年年底试运行的京张高铁，将冬奥三大赛区相连，北京到张家口的车程缩短为一个小时。京张高速铁路是北京2022年冬奥会的重要交通保障设施，是中国第一条采用自主研发的北斗卫星导航系统、设计时速为350公里的智能化高速铁路，也是世界上第一条最高设计时速350公里的高寒、大风沙高速铁路。

在即将到来的北京2022年冬奥会上，我们还将看到众多先进技术的应用，科学技术部等相关部门制定实施科技冬奥行动计划，积极推进氢燃料、5G通信、云转播、人工智能等新技术示范应用。例如，水立方采用科学绿色环保建造技术，变身“冰立方”，承接冰壶和轮椅冰壶比赛项目；京张高铁媒体车厢内实现5G信号全覆盖……我们即将切身感受到这些科技创新成果带来的便捷高效。

北京2022年冬奥会和冬残奥会是检视国家能力、展现国家形象、促进国家发展的重要窗口和机会，是讲好中国故事、提升国际影响力、共享奥运成果的重要平台，寄托着奥林匹克运动和残奥运动的圣洁理想，也寄托着一个古老民族伟大复兴的梦想。在申办、筹办和举办的过程中，绿色、共享、开放、廉洁的办奥理念逐渐深入人心。在我国科技创新成果的有力支撑下，2022年，灿烂的冬奥圣火必将映衬出一个全面建成小康社会的中国，在送给世界一届精彩、非凡、卓越的奥运盛会的同时，构建一个环境更优美、发展更均衡、生活更美好的家园。■

中韩冰壶友谊赛为北京冬奥加油

文/高丽倩

为迎接北京冬奥会、庆祝中韩建交30周年，在北京冬奥会倒计时50天来临之际，中国驻韩国大使馆携手韩国文化体育观光部、京畿道议政府市等于2021年12月16—17日在位于京畿道北部议政府市韩国最大规模的冰壶竞技场举办“中韩冰壶——北京冬奥会加油赛”。此次交流赛是为祈愿北京2022年冬奥会成功举办、为两国的友好与发展加油助威举行的活动。

中韩冰壶友谊交流赛。在本次大赛中，中韩双方各组成4支参赛队伍，选手们先后接受10次冰壶基础培训。中方分为网红和留学生队，韩方分为国家运动员队、歌手队等。韩国著名歌唱家、2018年平昌冬奥会宣传大使仁顺伊也参加了本次活动。

本次大赛主办方为参赛队员提供了专业的运动设备，其中中韩双方的队服更是采用了最新的科技面料，不仅坚挺有型，更具有超好的保温效能，为队员们在寒冷的赛场上提供了体温保护。此外，还聘请了专业教练对选手进行特训。

议政府冰壶竞技场。位于韩国京畿道北部的议政府冰壶竞技场，是通过应用物联网和人工智能技术建设而成的数字、智能的体育场馆。拥有6条长50米宽4.75米的赛道，竞技场分地下一层、地上两层规模，总面积达2964平方米，可容纳243名观众席现场观赛，总投资达99.8亿韩元，于2016年12月动工，2018年2月竣工，是韩国继2007年开始运营的庆北义城郡之后的第2个冰壶竞技场，也是韩国规模最大、设施最新的冰壶竞技场。

为了具备最高的冰质和设施，该场馆在韩国国内首次选用二氧化碳跨临界直冷制冰系统，冰面温差控制在0.5摄氏度以内，拥有韩国国内第一家符合地面温度零下5—7摄氏度石质保管箱；另外，为了方便能够在冰场侧面观看选手们的比赛情况，设置了滑动半自动入室门和可同时乘坐4台轮椅的电梯，充分做到了用科技让观赛变得更智慧、更安全、更人性化。

疫情防控。最近两年间受新冠肺炎疫情影响，中韩两国间相互访问交流有所减少。在两国经济、文化、艺术交流受到阻碍的情况下，我们要齐心协力创造克服危机的动力，此次活动就是为增进两国友好交流而举办的大会。在北京冬季奥运会开幕前50天之际举办的此次中韩冰壶友谊交流赛，必



中国中央电视台关于中韩冰壶友谊赛的直播画面

将进一步促进新形势下的中韩文化交流。

科技力量有效地支撑了本次大赛的防疫工作。主办方、场馆方面通过组织科技防疫，在人员进场、物品环境消毒、环境中病原体检测、人员体温监测等防疫重点环节，切实发挥科技对大赛疫情防控的支撑作用，全力保障所有办赛、参赛人员的安全。

智能拍摄云转播系统。由于新冠肺炎疫情的影响，本次大赛采用云转播，现场几乎没有观众，是一场真正意义上的“云上赛事”。通过韩国文化放送株式会社（MBC）体育频道录播向韩国观众展示，还通过中国中央电视台（CCTV）、中国新闻网、人民网、深圳卫视、东方卫视等向海内外的中国观众进行现场直播。

场馆内设置数个便于维持管理的自动升降照明装置和高速摄像机，特别是“速滑巨蛋”相机可以智能追踪冰壶轨迹，使观众实时观看活灵活现的比赛细节。

在赛事现场，信号通过5G背包、利用5G网络传输到云转播平台。只用笔记本电脑等轻量级设备，就可实现信号的云上导播切换，替代传统转播车的大部分功能，减少了现场人员，降低了成本，提高了制作效率。特别是，在做好疫情防控的同时让不同地域的更多观众看到本次精彩赛事，这体现了主办方的良苦用心，彰显了中韩真诚的友谊。（作者系韩国京畿大学国际经营专业博士在读生）^[1]