

北京冬奥的“绿色密码”

本报记者 韩秉志

可持续冬奥的中国智慧

可持续发展理念贯穿北京冬奥会始终。作为空间层面的成果，北京冬奥会的规划设计是中国建筑界的一次集体练兵，从选址规划、场馆与设施设计、技术创新三个方面，彰显了中国建筑师的卓越智慧。

承办冰上项目的北京赛区、承办高山滑雪和雪车雪橇的延庆赛区及承办自由滑雪、北欧两项和冬季两项的张家口赛区，共同形成从华北平原穿越燕山和太行山脉抵达京西北山区的连续空间线索，推动了资源从城市向山区流动，促进了区域协同发展，发挥了冬奥会的经济和社会杠杆作用。

从选址规划看，北京赛区场馆选址结合2008年夏季奥运会遗产与正在转型升级的首钢工业遗产，以大型事件带动城市更新为基本策略；在延庆赛区，冰雪运动与生态系统保护的结合是重中之重；张家口赛区地处山区，较平原地区生态敏感度更高，选址规划时综合分析地形条件、生态红线与水资源容量，确定了适宜的赛区规模，场馆选址因山就势，布局紧凑，尽可能减少对山地、特别是植被覆盖区域的侵占。

在竞赛场馆及辅助设施设计层面，北京冬奥会可持续发展的回应首先体现在规划设计的最小自然足迹原则，即减少人工痕迹对自然的侵占，以集约设施满足奥运功能，并使场馆设施与自然系统相协调。以国家跳台滑雪中心为例，通过将滑道和着陆坡底部架空，保持山体的生态廊道，保护地表径流及植被。

场馆设计不仅满足了冰雪运动的需要，更契合了中国元素的表达。在国家跳台滑雪中心，设计结合了赛道的S形曲线与中国传统元素玉如意形象，也为跳台的可持续利用提供了新可能。“如意”头部设计可供举办各类活动，“如意”底部将结束区设计为最小尺寸的标准足球场。在首钢滑雪大跳台中心，设计将跳台的竞赛剖面曲线与敦煌的“飞天”飘带形象相契合，产生了相应的钢结构，并为竞赛剖面变化预留了可能。

在北京冬奥会的建设过程中，涌现了诸多技术创新与突破。首钢滑雪大跳台采用装配式钢结构体系，预制构件率达到87%以上，工期缩短近30%，并采用就近选材、模块化拼装等措施减少安装过程中产生的能耗；为国家跳台滑雪中心而研发的厘米级精度的赛道基准面平整性检测技术和毫米级精度的助滑道冰面监测系统，单通道测点密度达到30点，精度为0.1℃，填补了目前国际上跳台滑雪项目在该领域的空白。

在绿色生态方面，张家口赛区尊重场地原有地形、植被，尽可能保留和利用现状植物，并采用生态护坡技术，对可视面及切割山体后的护坡等破坏面进行重点修复；以“海绵赛区”为规划理念，张家口赛区设71万立方米蓄水池，地表水通过防洪渠流入蓄水池，经砂石滤层雨水自净化系统处理后用于冬季造雪、夏季绿化灌溉，以实现水资源的高效利用。

在可持续赛后利用方面，场馆在实现奥运功能的同时积极向普通人靠拢，在冬奥历史上第一次使用人因设计技术预测赛后利用场景、优化场馆设计。如古杨树组团设计的“冰玉环”，以步道将国家冬季两项中心、国家跳台滑雪中心与国家越野滑雪中心连接，满足旅游目的地2.5小时慢行体验；首钢滑雪大跳台结合冷却池景观改造，增加滨水体验慢行区域，结合群明湖周边设施共同形成2.5小时旅游体验，提高赛后场馆的空间利用率。

值得关注的是，首钢滑雪大跳台是世界上首个实现单板大跳台(Big Air)与空中技巧(Aerials)共享剖面的大跳台。跳台使用约1100个正四面体模块，赛道剖面能够在48小时内完成转换，建造成本远低于新建赛道。人工赛道可动剖面技术的应用为未来举办不同赛事活动预留了充分可能。

可持续性在当今国际社会面临的共同挑战，奥运会作为影响广泛的大型赛事，有服务全球可持续发展的责任和机会。期待北京冬奥会能够为国际社会可持续实践提供中国建筑的智慧与思考。(作者系清华大学建筑学院院长)

2022年北京冬奥会离我们越来越近。在办奥过程当中，随着“绿色冬奥”理念日益深入人心，一批“绿色冬奥”成果也渐入人们视野。近日，记者走访部分冬奥场馆并采访了场馆建设方和设计者，解码“绿色冬奥”的魅力所在。

绿色建筑 源头减排

2021年10月28日晚，夜幕降临，华灯初上。作为“双奥之城”标志性场馆群的国家体育场、国家游泳中心、国家速滑馆首次集体亮灯。当天，承担着北京冬奥会、冬残奥会开闭幕式任务的国家体育场“鸟巢”完成改造工程，标志着北京2022年冬奥会北京及延庆赛区场馆和配套基础设施全面完成。

从申办到筹办，绿色、生态、低碳、可持续一直是北京冬奥会的核心理念。目前，北京所有新建冬奥会场馆都达到最高等级的绿色建筑三星标准，改造场馆达到绿色建筑标准。

“北京冬奥会建设、创造了诸多科技、绿色、建筑领域的第一。通过建设世界首创的500千伏柔性直流电网工程，北京冬奥会成为历史上第一届100%使用光伏、风电等绿色电能的奥运会。通过科技创新，北京成为冬奥历史上第一个大规模采用碳排放接近于零的二氧化碳制冰技术的主办城市。可以说，我们准备好了！”北京市重大项目建设指挥部办公室副主任丁建明信心满满地说。

从2018年1月23日打下第一根桩，到今年1月22日首次制冰成功，北京冬奥会唯一新建冰上竞赛场馆“冰丝带”终于成为人们心目中的模样。“国家速滑馆建设采用世界最大跨度正交双向单层马鞍形屋顶索网，长198米、宽124米的巨大跨度屋顶没有一个支撑柱，重量仅为传统屋面的四分之一。”国家速滑馆公司设计总负责人郑方说。

场馆外丝带飞舞，场馆内别有洞天。国家速滑馆是全球首个采用二氧化碳跨临界直冷制冰的冬奥速度滑冰场馆，也是目前我国最大的二氧化碳跨临界直冷制冰系统。近12000平方米冰面的“冰丝带”，通过采用分模块控制单元，可将冰面划分为若干区域，根据不同项目分区、标准进行制冰。

“我们致力于打造‘最快的冰’，把场馆制冷产生的余热用于场馆的热水、浇冰、除

湿等场景，一年可节省200万千瓦时电，相比较传统冰场有20%以上的能效提升。”国家速滑馆公司制冰系统设计负责人马进说。

在北京城区中，还有许多地标式建筑正悄然改变模样。

没有钢铁冶炼的火热场景，迎来今年冬天首场大雪的首钢园群明湖开始封冻。视线从湖面上移，与3个冷却塔自然衔接的首钢滑雪大跳台巍然耸立，形如灵动飘逸的“飞天飘带”，又如晶莹剔透的“水晶鞋”。

“首钢滑雪大跳台将永久记录奥林匹克如何融入城市更新中。”说出这些话时，清华大学建筑学院院长、2022年北京冬奥会张家口赛区及首钢滑雪大跳台设计总负责人张利难掩自豪之情。“首钢滑雪大跳台是奥运史上首个坐落在工业遗址中的场馆，也是首个滑雪大跳台的永久性竞赛设施，这是世界首创，它将帮助所在区域聚集难以估量的基础设施资源。”张利说。

生态优先 协调发展

为落实绿色场馆和减少对生态环境的不利影响，北京冬奥会在各环节中都以生态保护为优先原则，包括从常规规划、建设、运行到赛后利用的全过程。

长城脚下，妫水河边。6年前，北京市延庆区作为北京冬奥会举办地之一，开始被全世界知悉。6年来，延庆始终高标准践行冬奥可持续发展理念，坚持生态保护与冬奥工程一体推进，着力将延庆赛区打造成为绿色发展“北京样本”。

北京冬奥会延庆赛区是一个100%使用风电、太阳能电力的绿色清洁能源赛区，也是一个水资源全部实现自我收集利用，全部净化再利用的“海绵型赛区”。不仅如此，赛区建筑施工表面的原生土全部收集，建设完工后全部原土覆盖，所有珍贵树木全部就地、迁地保护。

北京市延庆区生态环境局行政审批科负责人刘金柱说，延庆坚持以生态优先为原则，采取“工程避让、工程减缓、工程补偿”等

多种方式，最大限度降低施工对生态环境的影响。根据每一棵树在施工中受到的不同影响，“一对一”定制保护方案。

“目前，北京冬奥会延庆赛区动植物植物保护、生态安全等214万平方米以及新增的2.3万平方米生态修复工程全部完成，今年以来，延庆区通过红外相机拍摄到野猪、猪獾、狗獾等有效照片2000余张、视频500余条，物种多样性维持在较高水平。”刘金柱表示。

同样，张家口赛区借助冬奥会推动，无论是当地生态建设还是人文面貌，都发生翻天覆地的变化。

按照“海绵型赛区”理念，张家口赛区的地表水、雨水、人工造雪的融雪水等，经过整体化设计都将实现水资源全收集、全处理和再利用。“古杨树场馆群大概需要造50万立方米的蓄水池。但我们采取5个大小不同的水池，既做景观用，又做蓄水用，兼具生态涵养的作用，大大改善了当地水资源。”张利举例说。

“宏观上看，城市的可持续建设是推动区域一体化，让超大城市的机会和资源向乡村和山区等相对不太发达的地区逆向流动，使资源和机会更加平均，这才有助于社会长期发展。从申奥到现在，我大概去了500多趟张家口。从当地群众的眼神和表情，我能够感受到他们精神面貌的变化。”在张利看来，以冬奥为引领，张家口赛区所在地崇礼大力发展体育、文化、旅游等绿色产业，并结合高铁站和遗址规划修建了一片面积约3平方公里的体育小镇，继承奥运带来的遗产和优势。可以说，冬奥会助力这座塞外小城实现脱贫致富。

用好遗产 未来无限

创造丰厚的冬奥遗产，为主办城市和人民群众带来长期、积极收益，是北京冬奥会筹办工作的重要内容。从奥运会历史上看，一些大型建设和比赛设施也曾出现过投入巨资建设、赛后闲置不用，华而不实的情况。从勇敢者的运动舞台到普通民众愿意

实现场馆的长期运营有效衔接。”云顶滑雪公园设施经理陈荣钦说，云顶充分利用现有资源和设施。不仅在基础设施利用上追求可持续，在生态环境保护上也追求可持续。崇礼的场馆群都在高海拔区域，水源非常紧缺。而滑雪场造雪和生态保护都需要大量水源。为了解决这一问题，他们专门在雪场永久性设施的地下建设了总容积达到28万立方米的蓄水池，用其收集地表产生的雨水和融雪水。再利用地下砂石滤层雨水自净化系统，将雨水及山涧溪流进行蓄存，并经蜂巢系统净化后回用于景观补水、绿化用水、造雪、冲洗厕所等。

张家口奥体建设开发有限公司工程技术部副经理孙小溪表示：“通过这种自然地表的收集，大大减少了地下水开采。目前，张家口赛区竞赛场馆用于人工造雪的非

近距离去欣赏体验，一项项场馆建设颇为考验中国智慧。

谈到冬奥场馆的可持续发展，张利有一个形象比喻，就是如何将“超人”设施“常人”化。无论是国家跳台滑雪中心，还是首钢滑雪大跳台，张利都致力于把普通人休闲活动结合在赛场的设计之中。比如，“雪如意”结合跳台滑雪的特点，通过在顶部增设活动空间，两侧增加连续台阶，底部做平体育场等手段，普通人能够在冬奥赛场的游历中获得2.5小时的连续慢行体验。顶端较大的空间也可提供大型活动或餐饮等服务。

北京冬奥会又是我国承诺“力争2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和”后的首次国际体育盛会。能否创造和有效利用赛后遗产，彰显着我国的责任担当。

“北京冬奥会将实现碳排放全部中和。从我国建筑行业的角度看，建筑界在冬奥场馆建设服务碳中和战略的过程中，也已经在同时享受冬奥带来的遗产。”在张利看来，北京冬奥会在低碳场馆、低碳能源、低碳交通等多方面开展了完整的碳中和实践，这些经验为后续建筑场馆的碳中和打造了良好范本。

对于奥运遗产的可见性，马进也持同样观点。“从行业角度来说，冬奥会不是简单的一场运动会，更为我国制冷行业发展绿色低碳开启序幕。可以预见，冬奥会的举办将促使制冷行业快速落实低碳、高效理念，这些技术将反馈回来提升我国制冷工业整体水平，从而促使我国冷链包括冰雪产业取得可持续发展。”马进说。

让全民共享奥运成果，一直是北京冬奥会致力的目标。“冬奥会后，国家速滑馆将逐步打开大门向社会开放，为群众健身提供场地设施，并通过体育赛事、群众健身、文化休闲、展览展示、社会公益等多种经营业态，在长期可持续发展中，努力建成以冰雪运动为核心，全面促进全民健身、体育消费的新型城市文体综合体，成为满足人民群众对冬季美好生活向往的新坐标。”国家速滑馆公司副总经理、总工程师李久林说。

传统水源用水量占造雪总用水量的比例不低于50%，用于冲厕的非传统水源用水量占冲厕总用水量的比例不低于80%，水资源管控水平达到了国际领先水平。”

北京冬奥组委总体规划部部长李森说，在北京2022年冬奥会和冬残奥会办奥理念中，环保低碳也居于重要地位。2019年，北京冬奥组委发布了《北京2022年冬奥会和冬残奥会低碳管理工作方案》，就从低碳能源、低碳场馆、低碳交通、低碳标准4个方面提出了18项减排措施。这其中，绿色电力供应和绿色交通工具处于大头。据张家口市交通运输局相关负责人介绍，北京2022年冬奥会和冬残奥会举行期间，张家口赛区将投入655辆氢燃料电池公交车，实现百分之百的绿色电力供应和百分之百的绿色交通出行。

图① 国家速滑馆“冰丝带”夜景。(视觉中国)
图② 国家跳台滑雪中心“雪如意”一角。布 雷 摄
图③ 俯瞰河北张家口崇礼五环大桥。孙立君摄(中经视觉)

“张家口准备好了！”

本报记者 宋美倩

“经河北省建筑科学研究院对北京冬奥会张家口场馆进行生态环境、资源节约、健康人文、管理创新等方面的严格考评，张家口赛区全部4个竞赛场馆均获得绿色雪上运动场馆三星设计评价标识；张家口奥运村同样获得绿色建筑三星设计评价标识。”张家口绿色建筑发展中心工程技术人员李波说，这代表着张家口赛区的基础设施建设均已达到绿色建筑的最高等级标准，为绿色办奥奠定了坚实的基础，做好了准备。

站在高

高的太子城后山向下俯瞰，北京冬奥会张家口赛区如精致的盆景展现在我们面前：“雪如意”镶嵌林海，倚倚山峦，美丽的曲线与山体完美融合；国家越野滑雪中心和冬季两项中心矗立在茂密苍翠的山林之间，别致新颖、熠熠生辉。远观这些场馆，发现它们既独立成体系，又相互连接；既感醒目壮观，又感温馨紧凑。

李波说：“在张家口赛区冬奥场馆建设中，充分利用自然禀赋，科学规划保护周边生态，减少工程施工量，实现了与自然环境原貌和谐相融。”

在所有冬奥场馆的施工用料中，规划设计者还千方百计优化设计方案，尽量减少不可循环材料如混凝土的使用，优先使用可再生、可循环利用的材料。“我们在对场馆进行规划设计的时候，始终贯彻一个思路，就是通过可持续发展的理念来设计迎接奥运赛事和