

# 北京冬奥会低碳办赛经验及启示

徐加豪<sup>1</sup>, 陈家起<sup>1</sup>, 璩张源<sup>2</sup>, 张保国<sup>3</sup>, 高奎亭<sup>3</sup>

(1.南京师范大学 体育科学学院,江苏 南京 210023;2.无锡市连元街小学,江苏 无锡 214000;3.山东理工大学 体育学院,山东 淄博 255000)

**摘要:**为积极响应“双碳”目标,北京冬奥会实现全面“碳中和”的创举为我国未来大型体育活动提供了绿色办赛范式。推动北京冬奥会与生态环境融合协调发展的背后逻辑,主要包括,外部因素:全球生态环境的不断恶化以及大型体育活动与生态环境保护之间的矛盾持续加剧;内部因素:中国履行大国担当和国际奥委会在可持续发展上寻求突破。北京冬奥会通过严格低碳管理实现全面核算碳排放当量、从场馆、交通、能源及自身行动 4 个方面降低碳排放以及通过林业碳汇、企业自主捐赠、碳普惠制创新活动实现碳抵消。基于该成功经验,对大型体育活动绿色办赛提出:加强赛前低碳谋划,评估城市生态承载力;完善相关制度体系,提高监督评价客观性;推进数字技术应用,优化赛事资源配置。

**关键词:**北京冬奥会;碳中和;大型体育活动;“双碳”目标

**中图分类号:**G812.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-983X(2023)08-0683-06

## Experience and Inspiration of Low-carbon Olympic Games in Beijing

XU Jiahao<sup>1</sup>, CHEN Jiaqi<sup>1</sup>, QU Zhangyuan<sup>2</sup>, ZHANG Baoguo<sup>3</sup>, GAO Kuiting<sup>3</sup>

(1.School of Sport Science and Physical Education, Nanjing Normal University, Nanjing Jiangsu, 210023; 2. Wuxi Lian Yuan Street Primary School, Wuxi Jiangsu, 214000; 3. School of Physical Education, Shandong University of Technology, Zibo Shandong, 255000)

**Abstract:** In order to actively respond to the Carbon Peaking and Carbon Neutrality Goals, the pioneering work of the Beijing Winter Olympics to achieve comprehensive carbon neutrality provides a green paradigm for China's future large-scale sports activities. The logic behind promoting the integrated and coordinated development of the Beijing Winter Olympics and the ecological environment mainly includes external factors, such as the continuous deterioration of the global ecological environment and the intensifying contradiction between large-scale sports activities and ecological environmental protection. Internal factors includes China fulfils its role as a great power and the IOC seeks breakthroughs in sustainable development. Through strict low-carbon management, the Beijing Winter Olympics will achieve a comprehensive accounting of carbon emissions equivalent, reduce carbon emissions from four aspects: venues, transportation, energy and their own actions, and achieve carbon offset through forestry carbon sequestration, enterprise independent donation, and carbon GSP innovation activities. Based on the successful experience, the paper puts forward the following suggestions for the green holding of large-scale sports events, strengthen the low-carbon planning before the competition and evaluate the urban ecological carrying capacity, improve the relevant system and improve the objectivity of supervision and evaluation, and promote the application of digital technology and optimize the allocation of tournament resources.

**Keywords:** Beijing Winter Olympics; carbon neutral; major sports event; Carbon Peaking and Carbon Neutrality Goals

自迈入 21 世纪以来,经济社会持续发展所带来的环境问

题日发严峻,成为人类未来发展所面临的重大生存挑战。而碳排放作为全球环境恶化的主要影响因素之一,成为世界各国改善环境的有力抓手。中国作为全球碳排放最大的“贡献者”,应对这一突出问题是我国实现社会主义现代化强国的最大挑战,但同时也是我国转变产业结构,实现经济发展新模式的最大机遇。2020 年 9 月 22 日,习近平总书记在第 75 届联合国大会上提出“中国将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值,努力争取 2060 年前实现碳中和”<sup>[1]</sup>。随后,党中央、国务院以及地方各级政府相继颁布施行多项意见举措。

收稿日期:2023-06-01

基金项目:教育部人文社科青年基金项目(18YJC890045);山东省一流本科课程立项项目(2021-253)。

第一作者简介:徐加豪(1999~),男,山东泰安人,在读硕士,研究方向:体育管理。

通讯作者简介:陈家起(1970~),男,山东菏泽人,博士,教授,研究方向:社会体育,E-mail:309052365@qq.com。

国际奥委会从 20 世纪 70 年代就认识到现代体育赛事必须与环境保护这一时代命题相匹配,并提出一系列改革措施。2008 年我国在“绿色奥运、科技奥运、人文奥运”三大理念指引下成功举办北京夏季奥运会。时隔 14 年,北京再次承办奥运会,成为历史上第一个“双奥之城”,奥运会作为大型体育赛事所涉及的领域之广,资源调用之多是其主要特点。在新冠疫情持续蔓延的大背景下,“绿色、开放、共享、廉洁”作为此次冬奥会办赛理念始终贯穿整个冬奥周期,也使北京冬奥会成为历史上第一个实现“碳中和”的冬奥会。北京冬奥会能够在如此复杂的条件下实现“碳中和”,体现了我国践行人类命运共同体理念,实现“碳中和”的坚定决心。另外,其背后的办赛经验也值得深思。因此,本文将着重分析总结北京冬奥全周期低碳办赛以及实现碳中和的成功经验,以期为我国未来实现绿色办赛提供理论参考。

## 1 碳中和奥运会,绿色办赛的时代选择

### 1.1 全球形势与大国担当

据统计,全球平均气温在过去的百年时间里增长近  $0.74^{\circ}\text{C}$ <sup>[2]</sup>。全球变暖所带来的负效应在人类社会凸显,冰盖融化导致海平面上升、臭氧层破坏以及海洋生态系统恶化所造成的海啸、台风等自然灾害直接威胁到人类的生存环境。碳排放是造成全球变暖的主要影响指标之一,已成为全球共识。早在 2006—2008 年间,世界气象组织发布的 4 期全球温室气体公报中人们就发现大气中主要温室气体浓度已经达到较高水平,其中主要包含二氧化碳、甲烷等气体。随后政府间气候变化专门委员会发布的报告更进一步指出,在总增温效应中以二氧化碳为首的温室气体达到近 63%。二氧化碳等温室气体也都被列入 1977 年在日本京都通过的《京都协议书》减少排放的清单中。在过去的几年里,世界各组织、国家相继对减碳做出承诺。据统计数据显示,截至 2020 年 10 月份,对减少碳排放实现碳中和作出承诺的国家已多达 127 个,包括日本、韩国等<sup>[3]</sup>。此外,作为我国邻国,也是世界人口第一大国家的印度在 2021 年英国召开的《联合国气候变化框架公约》第 26 次缔约方大会上承诺,印度将在 2070 年实现净零排放。2021 年 4 月,欧盟的《欧洲气候法》也将其 2050 年实现碳中和的承诺正式写入法律。

中国作为世界上最大的发展中国家,同时也是碳排放量最大的国家始终积极参与全球环境治理,并站在解决全球环境恶化问题的前列。在维护全球环境的各纲领性文件中,中国担任着不可或缺的角色,如中国是《联合国气候变化框架公约》的首批缔约国之一,同时也积极参与包括《巴黎协定》《京都协议书》等协定中细则的制定。2009 年,提出 2020 年相对减少碳排放的目标,积极发展绿色和低碳经济;2015 年进一步提出 2030 年相对减排的目标;2020 年中国第一次提出要实现碳达峰和碳中和这 2 个伟大的目标。处在当今世界局势复杂以及新冠疫情持续蔓延的国际大背景下,在国际上,中国的碳中和承诺不仅践行了人类命运共同体理念,更为构建绿色生态的地球环境做出大国担当。在国内,“双碳”目标一方面是对国家整体产业以及经济结构的调整和升级,另一方面也是为中华民族的生生不息的发展做出的长远决策。随着我国碳中和

相关建设能力的逐步提高,包括全国碳交易试点的正式启动等,以及北京冬奥会成功实现“碳中和”都有力证明我国在全球环境保护上的决心,向世界展现了“言行一致”的大国担当。

### 1.2 大型体育赛事与生态保护相悖

大型体育赛事的举办对所在城市来讲是一把双刃剑,一方面可以借助赛事的举办提升其城市的知名度及影响力,以此带动地区经济的发展。另一方面,大型体育赛事所带来的负面影响也不容小觑,包括生态环境的破坏、场地设施的浪费等(见表 1)。环境承载力是生态环境进行自身调节和维持的基本能力,以及在能力范围之内生态环境所能够的支持社会活动强度和人口数量<sup>[4]</sup>。一旦超过生态环境的承载力,将会对生态环境造成严重危害。举办大型体育赛事可以划分为 3 个阶段,包括申办阶段、举办阶段和赛后阶段。首先,在申办成功后,举办地需要大兴土木,修建与赛事相配套的一系列建筑设施,如比赛场馆、运动员餐厅、运动员村等。考虑赛后的场馆再利用以及城市的合理布局,一些场馆设施会建立在紧邻城市区域,而修建这些场馆所需要的土地会减少城市绿地范围,以及部分建筑耗材及废弃物均会对当地的生态环境产生破坏。其次,大型体育赛事的凝聚效应会短时间内将大量的人员、物资等聚集至赛事举办地,使当地人口密度及城市治理难度急剧上升。由观众、运动员以及赛事相关人员也会产生额外消耗,如在交通运输过程中所排放的大量汽车尾气(二氧化碳等)、噪音以及在服务业包括餐饮等生产过程中所产生的能源消耗。据相关研究,这些社会生产活动会轻易对当地环境造成严重污染<sup>[5]</sup>。最后,赛后阶段所遗留的场地建筑所造成的资源浪费。赛前阶段修建的大量场馆等基础设施在赛后阶段需要进行合理的再次利用。而一些举办地在筹备之前却未将其放在考虑范围内,从而造成赛后的场地设施等出现闲置,如著名的“蒙特利尔陷阱”。这些闲置的场地若没有投入大量的资源进行维护,将最终沦为废弃物。处置这些废弃物,如爆破拆除等传统处置措施必定会产生大量空气悬浮颗粒(PM<sub>2.5</sub>等),不仅会对大气产生污染,并且更会携带细菌及病毒物质从而损害人的呼吸系统。虽说赛后场馆再利用是举办地所要考虑的重点问题,但在具体的执行过程中,由于不可控因素较多,难免会出现各种问题。如南京投资近 5 亿的国际赛马场最终沦为停车场,2008 年北京奥运会的沙排馆、棒球馆也变为“无人区”。

### 1.3 国际奥委会寻求突破

国际奥委会作为非政府组织以及世界最大的体育组织,始终致力于解决政府间无法解决以及市场主体不愿涉及的灰色区域,其中就包括环保领域。在这一领域,国际奥委会作为双面人,担任着以轮流方式举办奥运会给举办地带来环境破坏的角色以及积极发挥自身作为非政府组织为世界宣扬普世价值的角色。随着社会的发展,奥运会的规模逐渐增大,所涉及的领域也越来越复杂。冬夏两类奥运会的举办均会产生大量的环保问题,相比之下,冬季奥运会对气候场地有更严格要求,多在以自然条件并加以人工改造的环境下进行竞赛,更会产生人与自然不可调和的问题。鉴于举办奥运会所带来的环境影响的内部因素以及全球大背景下可持续发展战略的提出的外部因素,国际奥委会积极调整自身的价值观念,探寻日益扩张的办赛规模与自然环境之间矛盾的辩证关系,并大力宣

表 1 大型体育赛事对生态环境的影响

| 赛事名称             | 对生态环境的负面影响                                          |
|------------------|-----------------------------------------------------|
| 1992 年阿尔贝维尔冬奥会   | 为修建拉普兰雪橇场馆,砍伐近 10 hm 树林,造成当地地面下沉,土地丧失稳定性            |
| 2018 年平昌冬奥会      | 为修建旌善高山滑雪场,将珍稀植被砍伐一空,造成当地水土严重流失,生态失衡                |
| 2004 年雅典奥运会      | 办赛以及赛后一段时间内,共排放约 100 万 t 二氧化碳;21 个体育场馆废弃闲置,造成资源浪费   |
| 2007 年法国橄榄球世界杯   | 产生近 50 万 t 二氧化碳以及 700 多万 t 垃圾                       |
| 2011 年全国摩托艇锦标赛   | 由摩托艇产生的大量有害物质对当地的水域造成严重污染                           |
| 2011 年深圳世界大学生运动会 | 志愿者人数将近 127 万人,远远超过参赛人员,给当地交通、水资源等造成巨大压力            |
| 2000 年悉尼奥运会      | 赛事期间噪音污染导致当地 12.5% 居民迁移其他居住地                        |
| 2010 年广州亚运会      | 政府花费约 350 亿用于修复由赛事导致的生态失衡,花费 70 余亿的 12 个场馆设施在赛后出现闲置 |
| 1964 年东京奥运会      | 花费余万美元建造的运动员村全部废弃                                   |

扬环保意识。1991 年国际奥委会对纲领性文件《奥林匹克宪章》进行修订时就提出各申办地在申办过程中需提供详细的环境保护计划,初步建立国际奥委会在环境保护问题上的政策导向<sup>[6]</sup>。1992 年,国际奥委会将环保作为奥林匹克精神的第 3 个方面,其中前两项为体育及文化。1995、1996 年两年间,国际奥委会将保护环境列为重点任务,并成立环境委员会<sup>[7]</sup>。一直以来,国际奥委会对申办城市的环保计划评估愈显重视,如北京在申办 2000 年夏季奥运会时就因为环保问题考虑不周全而在最后一轮投票中被悉尼击败。此外,针对举办奥运会所需的场地场馆以及器材的环保标准也做出要求,包括《环境管理指南》《比赛场馆设计标准技术手册》及《体育场地技术手册》等<sup>[8]</sup>。另外,1999 年通过的《奥林匹克运动 21 世纪议程》、2014 年《奥林匹克 2020 议程》及 2021 年《奥林匹克 2020+5 议程》等国际奥委会颁布的文件中无不强调改善环境问题,实现可持续发展的重要意义。除自身做出改革之外,国际奥委会还积极探索与其他国际环保组织的合作,如 2017 年与联合国环境组织开展的“清洁海洋运动”。全球环境形势的恶化要求国际奥委会这一非政府、非营利的全球最大体育组织必须做出行动,正视体育赛事与环境保护之间的矛盾,通过内部持续改革以及加强与外部合作,最终早日实现体育与自然的和谐相处的办赛路径,而这些为环境保护方面所做出的努力,也极大地促进了各申办地以及全球其他体育组织对环境保护的重视程度。

## 2 北京冬奥低碳办赛经验

北京冬奥会是我国提出“双碳”目标以来第 1 次举办的大型体育赛事,在延续 2008 年奥运会绿色办奥的基础上,本次冬奥会继续深化践行环保意识,在申办时就提出实行碳排放交易等市场化、碳排放评估及管理机制。随后在办赛初期相继发布《北京 2022 年冬奥会和冬残奥会低碳管理工作方案》和《北京 2022 年冬奥会和冬残奥会可持续性计划》两个指导性文件,提出通过碳减排和碳中和两大举措实现低碳办赛。作为对两份指导性文件的回应,2022 年 1 月 13 日和 28 日,北京奥组委分别发布《可持续·向未来——北京冬奥会可持续发展报告(赛前)》《北京冬奥会低碳管理报告(赛前)》,系统总结了北京冬奥会碳管理以及实现可持续发展的相关工作。

### 2.1 严格低碳管理,实现全面核算

碳中和是指在一定时期内,由人为直接或间接产生的二氧化碳再次全部由人为的活动,如植树造林等举措相抵消,以此实现“产消平衡”达到相对意义上的“零排放”。在历届奥运会的举办中,也有部分举办国将碳中和作为目标,如 2010 年温哥华奥运会及 2020 年东京奥运会。但相比之下,从北京奥组委所公布的《北京冬奥会低碳管理报告(赛前)》来看,北京冬奥会所采用的低碳管理方法是核算边界最广的,包括温室气体种类、时间跨度等。在核算方法上,北京冬奥会统计温室气体排放总量是将各类排放源的活动水平与相对应的排放因子相乘的总和。在各类排放源的活动水平以及排放因子上,北京冬奥会均对其进行了创新处理。在排放源活动水平上全部采用实物量进行统计,如在场馆建设中实际消耗的物料,包括水泥、沙子等。在排放因子上则根据我国的实际情况进行了本地化处理。在组织边界上分为 3 类,包括百分百由北京奥组委出资所造成、部分出资造成以及能够影响其业务活动所产生的温室气体。另外在碳抵消方法学上,北京冬奥会的碳抵消量都是时产时消的,相比之下,这与东京奥运会所采用的通过未来的碳汇与当下碳排放所抵消的形式更具有“含金量”。在时间跨度上,北京冬奥会所产生的温室气体核算时间是从在北京成功获得举办权后的次年 2016 年 1 月 1 日至 2022 年 6 月 30 日。这个时间跨度涵盖了北京冬奥会的整个周期,包括赛前的筹备、赛中的管理以及赛后的善后工作,相对于往届部分奥运会所采用的从开幕式到闭幕式的时间跨度来讲是最完整的。在所涵盖的温室气体种类上,不仅包括《联合国气候变化框架公约》所规定的 6 种温室气体,包括二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟碳化物及六氟化硫,还将后来追加的三氟化氮纳入涵盖范围。在气体排放来源范围界定上,往届奥运会的计算范围包括直接控制或拥有的化石燃料燃烧以及对外购买的自用的电力、供暖制冷等所产生的温室气体两个范围,而北京冬奥会更将间接排放也纳入其中,覆盖了筹办运行过程、场馆和交通设施以及观众 3 大项以及其下属的 200 种排放源,具体细化到办公所需的纸张墨盒以及日常生活所产生的饮料包装等,甚至将冬奥期间的顶流“冰墩墩”的制造过程所产生的温室气体排放也列入其中。

### 2.2 加强科技应用,助力低碳冬奥

在能源方面,能源供应结构是降低碳排放最显著的影响因素之一。一直以来,我国的能源供应以煤炭为主,也被形象的概

括为“富煤贫油少气”。国家统计局的数据显示,2020 年间我国煤炭消耗占全面能源消费总量的 56.8%,占据世界首位<sup>[9]</sup>。另外,我国约 54%的煤炭使用量都集中在煤电行业,在全球范围环境恶化的背景下,以消耗煤炭数量最大的火电行业亟待转型,以化石能源为主的供能形式必然会被绿色清洁的可再生能源所取代。此次北京冬奥会在能源供应方面实现历史性突破,所有冬奥场馆实现百分百“绿电”供应,并且部分场馆在建设初期就已实现此目标。突破的背后往往蕴藏着大量的科学技术的创新,实现这一突破主要包括 2 个措施。首先是建设低碳能源示范项目,其中张北柔性直流电网工程是其重要的保障。电力是历届奥运会常用的能源,这一工程是世界首个汇集和输送大规模风电、光伏、储能、抽蓄等多种形态能源的 4 端柔性直流电网工程,它可将河北张家口市的绿色能源安全高效地输送至北京和延庆两个冬奥赛区,为冬奥会构建了坚实的能源保障。而且冬奥会结束后这一工程还可以继续为北京等地输送绿色能源,相关资料显示,其每年输送“绿电”量可达 141 亿 kW·h,占据北京用电总量的 1/10<sup>[10]</sup>。其次是建立了与北京冬奥会相适应的跨区域绿电交易机制,依托电力交易平台,通过市场化直购绿电的方式保障对冬奥场馆的电力供应。通过以上技术,不仅可以提高能源的高效传输,而更为重要的是这些可再生能源实现了碳的零排放,对环境产生了正面影响。

奥运会的主体建筑在建造过程中会产生大量的温室气体。因此,在建造时需尽量采用环保可回收的建筑材料,以减少对环境的损害。2000 年悉尼奥运会是首个以绿色奥运为主题来规划和组织的奥运会,在场馆建设上尤显,其场馆选址于一片大垃圾场之上,在设计上多采用自然光照及通风,场馆建设简单且用料多来自其他建筑拆除之后的废料再利用,废物利用率达到 94%<sup>[11]</sup>。北京冬奥会在场馆的设计规划中始终充分遵守减量化、低碳化理念,在新建的 6 个室内场馆、7 个雪上场馆及在原有基础上改造的 3 个场馆均达到由北京冬奥组委会制定的《绿色雪上运动场馆评价标准》的星级认证。其主要采取的措施包括建设超低能耗示范工程,如充分利用可再生

能源、采用绿色标志建材及可拆卸的钢架循环结构建等低碳措施。另外,相比于夏季奥运会来讲,冬季奥运会由于项目的特殊性,因此对场地也有所要求。北京冬奥会所采取的技术手段相较于传统手段来讲更加环保,如造雪、制冰技术。在制冰技术上其所采用的为跨临界直冷制冰技术,使用这一技术不仅不会对臭氧层产生危害,另外还可以提升制冰效率及质量以此大幅度节约能源。在造雪方面,北京冬奥采用智能化和移动式针对性技术造雪,这不仅可以控制出雪量以提升能源利用率,而且还可以针对不同区域的实际情况进行针对性造雪以避免水浪费。除此之外,造雪所采用的造雪机也是特殊的无油压缩机,不会对环境造成污染。

在交通方面,传统燃油车在行驶过程中会产生大量汽车尾气,而此次北京冬奥会在赛时则大量使用了清洁能源车辆。其中在北京赛区内部多以使用电动以及天然气能源车辆,在延庆及张家口赛区,则大规模使用氢燃料车辆。据统计,在整个冬奥期间,清洁能源车辆占到全部使用车辆的 84.9%,其中氢能源汽车投入近 1 000 余辆,相较于传统车辆,其百公里可减少 70 kg 的碳排放<sup>[12]</sup>。这不仅大幅度降低了碳的排放,还减少了由交通对环境造成的危害,而且这也是全球范围内最大规模的氢能源汽车的应用,作为“练兵场”为我国未来大规模建设清洁能源交通体系提供了丰富的实践经验。同时,为保障氢能源的供应,张家口市联合壳牌还建设了世界最大的电解水制氢装置。在交通管理方面,北京冬奥搭建了智能交通管理系统,这一系统可实时对赛事服务车辆进行监控、调度,以提升应急响应及优化资源配置。

在低碳行动中,北京冬奥组委会身先士卒,以改造的首钢废旧厂房作为其办公区域并利用太阳能及天然气作为能源供给;倡导工作人员共享出行、实行垃圾分类以及加强低碳意识的宣传等<sup>[13]</sup>。北京冬奥组委会通过对能源供应、场馆建设、交通管理及自我管理 4 大举措的创新实施不仅为低碳办赛提供了坚实的基础,更为我国未来低碳发展提供了宝贵的实践经验。因此,北京冬奥会碳排放总量预计相较前几届奥运会将大

表 2 往届奥运会低碳办赛情况

| 时间地点    | 理念              | 主要措施                                          | 碳排放量(万t) | 碳排放核算时间范围           |
|---------|-----------------|-----------------------------------------------|----------|---------------------|
| 2012 伦敦 | 面向同一个星球         | 可拆卸场馆<br>低碳制服<br>氢能汽车<br>零垃圾目标                | 330      | -                   |
| 2016 里约 | 一个新的世界          | 推广生物燃料<br>增加植被面积                              | 450      | -                   |
| 2020 北京 | 3R(减量化、再利用、再回收) | 奥运村低碳建筑<br>利用回收废弃物<br>100%可再生能源               | 301      | -                   |
| 2018 平昌 | 可持续发展<br>新境界    | 建立绿色交通网络<br>修复自然环境<br>最大限度采用地热、<br>风能等可再生清洁能源 | 156      | 运动员村启用日至冬残奥会<br>闭幕日 |
| 2022 北京 | 绿色、开放、共享、廉洁     | 低碳(交通、能源、<br>场馆、标准)                           | 预计102.8  | 冬奥全周期               |

注:数据来源各奥运会报告。



幅度下降(见表 2)。

### 2.3 创新举措并施,实现余碳抵消

虽然北京冬奥会在各个方面所做出的创新措施大幅度降低了碳的排放,但与碳的零排放还存在差距。据测算,北京冬奥会在 2016—2021 年 6 月赛前时段内二氧化碳排放量达 48.9 万 t, 预估 2022 年赛时以及赛后还将产生 53.9 万 t 二氧化碳当量<sup>[14]</sup>。如此来看,尽管在严格管理碳排放的条件下,北京冬奥全周期的二氧化碳排放当量却也是达到 100 万余 t。若按照一辆汽车年排放量 2.7 t 计算, 这相当于 37 万余辆汽车年二氧化碳排放量总和。因此,为进一步实现碳中和,还必须将多余的碳排放抵消。碳排放权抵消机制近年来受各大体育赛事的青睐,如 2021 年在西安举办的全运会,就通过碳汇以及购买国家核证自愿减排量(CCER)等措施实现我国全运历史上的首届“碳中和”。对此,北京冬奥会采取 3 种方式对其进行抵消,包括林业碳汇、企业赞助和碳普惠制。林业碳汇是利用植物的光合作用,以大面积种植树木等手段吸收和固定大气中的二氧化碳。在全球范围内,这一举措已成为各个国家吸收碳排放,应对全球气候变化的主要途径。北京冬奥会在办赛之初,造林项目就确定为碳抵消的主要措施,包括建设北京市新一轮百万亩造林绿色工程和京冀生态水源保护林建设工程。这两大工程所产生的碳汇量均通过监测、计量和核算等过程后捐赠给北京冬奥组委会。其中北京市新一轮百万亩造林绿色工程共造林 47 337.94 ha,涉及北京 14 个区,共捐赠 53 万 t 林业碳汇量;京冀生态水源保护林建设工程共造林 33 396 ha,涉及张家口市的 5 个区县,共捐赠 57 万 t 林业碳汇量<sup>[14]</sup>。在企业赞助上,主要包括中国石油、国家电网以及三峡集团。3 家国有企业通过线上购买 CCER、注销自身 CCER 以及和核销自身的核证减排量(CER)等措施,总计向北京冬奥组委会赞助 40 tCCER 产品和 20 tCER 产品。碳普惠制创新活动主要利用数字化技术,向全社会宣传低碳环保意识,引导公众践行绿色低碳生活,增强其对环境的责任感和荣誉感。其主要措施为利用微信平台,搭建“低碳冬奥”小程序,截至 2021 年底共有 11 万人参与活动。虽然这一举措的碳减排量并未考虑至北京冬奥碳中和范围内,但从社会层面讲这产生了良好的社会效益,为今后大规模减排奠定了一定基础。

## 3 我国大型体育活动绿色办赛的体系建构

### 3.1 加强赛前低碳谋划,评估城市生态承载力

赛事举办地生态承载能力的评估是绿色办赛的先决条件。生态承载力评估是通过科学的模型计算方法对城市的生态容量进行测算,以找出城市生态承载力安全的临界值<sup>[4]</sup>。与大型体育赛事相关联的一系列行为活动会在短时间内加大城市生态承载的压力。因此,在评估时应充分考虑举办地的各生态要素以及交通服务体系并留有弹性空间,防止由赛事凝聚效应所造成的生态危机。依据城市生态承载力评估报告,赛事主体应在赛前多维度综合考量赛事的相关配套设施服务等。1)场馆等基础设施建设应遵循经济性及普适性原则。首先场馆的选址应与城市布局框架协调一致,场馆建设往往需要以牺牲城市土地面积为代价,而城市中的土地使用往往是精打细算。因此在建设过程中应综合考虑场馆选址周围的交通体

系建设、人口密集程度、运动喜好程度以及各生活服务区布局等情况。场馆选址应设立在交通体系发达并且人口密集程度相对较大的地方,应最大限度的避免动植物、水源保护区以及文化古迹等。另外在施工建设前应充分调研周边群众对该项目的喜爱和普及程度以及考虑项目与城市地理环境是否融合,如周边居民热衷于足球,所以应尽量将足球场建设于此。既可以提升赛事期间各参赛运动员、观众等人员生活服务便捷度,又可以与周边的产业形成良好的互动,在赛事结束后,还可以提升场馆的利用率,防止场馆资源浪费。其次,场馆建设时应多采用环保材料并能够做到不建或少建场馆,通过利用已建好的场馆或改造旧厂房改造等措施实现最大经济性原则。在场馆施工前,还应做好建筑废料以及施工过程中所产生的声光以及粉尘污染的管理措施。2)优化交通网络体系。赛事人员的大量聚集会导致城市交通网络陷入瘫痪,因此在赛前应全方位估算赛事期间人员数量以及其出行方式的选择,并根据结果合理增设或改进相关交通线路和公共交通的运行路线及时间。此外,在增设或改进过程中还应考虑体育赛事的短期效应,以免造成赛事结束之后的资源浪费。3)做好碳中和措施。针对赛事筹备运行及善后全周期所产生的二氧化碳等温室气体,应提前通过多种举措实现最大程度的抵消。如新建林场、修复绿地等举措,另外也可拓展与企业合作,鼓励企业捐赠国家认证相关的相关碳抵消产品。另外可借助赛事举办的宣传效应,大力宣传环保理念,倡导居民低碳生活以提升其环保理念。第四,加强绿色清洁能源的使用。可通过政企合作途径,建设新能源示范区,综合利用非化石等可再生能源,如太阳能、风能等,降低煤炭发电的比重。第五,构建节水排水和废弃物回收处理体系。主办方应在赛前合理规划水资源的回收以及再利用,可通过建立废水回收系统,将赛事过程中产生的废水二次加工,防止废水污染当地的水资源。另外也可通过雨水收集来促进水资源的节约利用。针对赛事过程中产生的废弃物,要建立严格的分类回收和转运处理体系以降低二次污染。

### 3.2 完善相关制度体系,提高监督评价客观性

制定大型体育赛事与生态环境保护的相关制度,提高赛事生态保护监管能力以及对生态环境所产生影响的评价客观性是大型体育赛事实现绿色办赛的基础。大型体育赛事在举办的过程中往往涉及多领域、多机构的协同运行,而这一现状也关联到不同的利益主体。各利益主体在行使权利的过程中,难免会出现利益冲突以及权利之间的交叉重叠,这就导致在解决相关问题时出现效率低下的现象。因此,1)应明确各职能机构的权力边界,在相关问题的处理上要落实到明确的责任主体。针对在行政过程中出现的各种问题现象要建立问责处罚以及奖励制度,达到以罚促改,以点带面的效果。2)设立全方位监察渠道和公开制度。第一,加强内部监察力度。如大型体育赛事会涉及项目招标过程,在场馆等基础设施建设上,环保建筑材料需经过专业机构的认证,达到相应绿色标准才可以被应用于场馆建设上。但在项目招标的过程中,受利益驱使,责任主体与项目承接方之间容易产生私相授受的情况,导致一些资历不够,未达到相应绿色标准的承接方及建设材料介入,使场馆等基础设施的绿色效益大打折扣。另外还包括赛事人员的聘用及配套生活建筑物审批等。因此在各项目招标以及其他权利行使的过程中需通过加大公开透明力度,将相

关信息、材料予以公示和再次核查检验等措施保障赛事正常运转。第二,应拓宽畅通群众监督渠道。充分利用群众热线、电子邮箱以及网站平台等通道收集群众的利益诉求和问题反馈。群众通过自身的生活体会可以感受到举办体育赛事所带来的一些问题或影响,而这些恰恰是赛事举办方所觉察不到或容易忽略的。通过群众的反馈,赛事举办方可以快速对突出问题做出重点响应,如建设场馆的噪音问题、污水排放问题等。3)提高赛事生态环境保护成效的评价客观性。针对赛事前后对生态环境保护的预期及真实影响,往往是与赛事利益相关者内部为主要测算评估主体,这在一定程度上缺乏客观性和专业性。在生态环境问题上,前者往往以表面可观察到的现象进行评估,如观赛人数的多少、场馆建设使用多少物料设备等。但不可忽视的是这些现象背后以及间接对生态环境所产生的影响。因此,引入第三方专业的环境监测评价主体对赛事的各环节、要素进行评估更具客观性和全面性。

### 3.3 推进数字技术应用,优化赛事资源配置

加强数字技术的应用,可合理优化赛事中各项资源的配置,使办赛效率质量大幅度提高,同时减少对环境的污染程度。在2018年平昌冬奥会期间,组委会在全面应用数字化平台背景下,其共产生156万t碳当量,而这相较于2014年索契冬奥会减少了近325万t<sup>[45]</sup>。数字技术涵盖数据实时收集分析、数据储存以及智能控制等技术手段<sup>[46]</sup>。在举办大型体育赛事中,数字技术的赋能可以将现有的资源进行合理调动分配,避免资源的过度使用,实现资源利用的最大效益,具体体现在场馆、交通、赛事服务及环境监测等方面。1)场馆在运行期间由于需要满足赛事的各方面要求,如灯光的亮度、室内空气的温湿度等,而这些恰是二氧化碳等温室气体的主要来源之一。通过数字技术赋能,运用智能化操作平台实时收集相关数据并加以分析,以此达到精准调控各项参数以达到赛事的具体要求,不仅可以降低各设备的能源消耗,更能够减少相关温室气体的排放。2)在赛事服务方面,数字化技术的应用可以大幅度减少相关人员的配置,实现管理人员的轻量化并减少相关资源的消耗。如在赛事的票务管理上,大型体育赛事会聚集大量的观众观赛,观众通过购票、验票等流程最终得以进入场内观赛。因观众基数较大,因此在整个流程中所配置的管理人员也会相应增加,而相应的资源消耗也会随之增长。应用数字化技术平台可以提供一站式票务管理系统,赛事主办者可以在减少相应管理人员的同时高效精准的完成以上流程。在购票上,观众可以通过登录系统进行流程操作以此减少线下的窗口式售票,另外,以二维码等形式取代纸质票的使用也能降低由纸质票所产生的间接污染。在门禁验票上,可以通过人脸识别等技术,来核查相关内容。3)在交通方面。通过数字技术的应用,赛事主办方可以利用大数据分析赛事人员的出行轨迹及特点、各时段交通客流量情况以及结合赛事安排合理配置相关车辆和路线,减少空车或少员运载,降低车辆产生的消耗。另外,针对赛事期间发生的交通应急情况,主办方也可通过相应识别技术快速反应处理,降低因其导致产生的道路拥堵等情况。4)在赛事期间可以利用数字化技术,通过各类传感器收集城市声光、土地、大气以及水资源等相关信息以此搭建是赛事环境监测预警系统,当某一项指标超过一定范围后,主办方可根据赛前预案及时响应,及时削减封堵污染源。因此,

在进行大型体育赛事的筹备谋划上,充分利用数字化技术,是实现资源利用最优化,降低碳排放的切实保障措施。

## 4 结语

大型体育活动具有凝聚力强、涉及领域多、覆盖范围广等特点,若不在赛前精心且全面的谋划赛事的各项具体内容,则很容易对当地的生态环境产生负面影响。在全球环境形势不断恶化以及新冠疫情持续肆虐的背景下,北京冬奥会如期成功举办并成为历史上首次实现“碳中和”奥运会的这一创举,不仅是我国继双碳目标提出之后的一次伟大实践,也是我国贯彻新发展理念,加强生态文明建设的有力宣传。本研究在基于分析总结绿色办奥背后的逻辑背景下系统梳理了北京冬奥会实现“碳中和”的经验措施,并以此提出我国未来举办大型体育赛事活动的绿色办赛优化策略,以期为后续大型体育活动举办实现可持续绿色办赛提供理论参考。

## 参考文献:

- [1] 胡鞍钢. 中国实现2030年前碳达峰目标及主要途径[J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2021, 21(3): 1-15.
- [2] LEGG S. IPCC, 2021: climate change 2021—the physical science basis[J]. Interaction, 2021, 49(4): 44-45.
- [3] 王灿, 张雅欣. 碳中和愿景的实现路径与政策体系[J]. 中国环境管理, 2020, 12(6): 58-64.
- [4] 曹秀玲, 张俊伟, 田以麟, 等. 城市承办大型体育赛事生态承载力及其预警策略[J]. 沈阳体育学院学报, 2010, 29(6): 62-64.
- [5] 梁波, 张卫星, 李莉, 等. 大型体育赛事对城市生态环境的胁迫效应及应对策略研究[J]. 武汉体育学院学报, 2018, 52(5): 31-35.
- [6] 龚希丹. 低碳时代环境保护与奥林匹克运动可持续发展研究[J]. 四川体育科学, 2014, 33(4): 22-25.
- [7] 吴燕波. 析奥林匹克运动的第三内涵: 环境保护[J]. 体育与科学, 2001(4): 12-13+3.
- [8] 任振朋, 李利利, 肖丽斌, 等. 全球环境治理视野下国际奥委会的历史使命与行动方略[J]. 河北体育学院学报, 2020, 34(3): 1-7.
- [9] 庄贵阳. 我国实现“双碳”目标面临的挑战及对策[J]. 人民论坛, 2021(18): 50-53.
- [10] 环境经济. 绿色冬奥专刊: 第一个碳中和的奥运会[EB/OL]. (2022-03-02)[2023-05-02]. <https://www.cenews.com.cn/news.html?aid=232894>.
- [11] 何永. 悉尼的绿色奥运[J]. 北京规划建设, 2001(2): 54-57.
- [12] 环球零碳. 北京冬奥会: 如何成为碳中和经典教科书[EB/OL]. (2022-02-09)[2022-05-06]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1724268850583836421&wfr=spider&for=pc>.
- [13] 马春, 陈元欣. 2022北京冬奥会推进大型体育赛事碳中和的经验启示[J]. 湖北体育科技, 2022, 41(10): 847-851+857.
- [14] 北京2022年冬奥会和冬残奥会组织委员会. 北京冬奥会低碳管理报告(赛前)[EB/OL]. (2022-01-28)[2022-05-28]. <https://news.gting.com/tnews/14d56945/56c3/14d56945-56c3-4487-bd70-623b367a99ee.pdf>.
- [15] 傅钢强, 魏歆媚, 刘东锋. 人工智能赋能体育场馆智慧化转型的基本表征、应用价值及深化路径[J]. 体育学研究, 2021, 35(4): 20-28.
- [16] 郑江淮, 张睿, 陈英武. 中国经济发展的数字化转型: 新阶段、新理念、新格局[J]. 学术月刊, 2021, 53(7): 45-54+66.