

循环经济理论下智慧体育场馆生态化设计研究

靳露云,王 旭

(天津体育学院 体育人文社科研究中心,天津 301617)

摘 要: 智慧体育场馆作为体育产业的重要载体,生态化设计是其可持续发展的必由之路。运用文献资料、逻辑分析法,剖析循环经济理论下智慧体育场馆生态化设计的价值、困境及路径。价值:以资源、环境、产业之力,赋能体育经济新发展;以健康、和谐、教育之力,构筑数字体育新生态;以政策、治理、标准之力,夯实智慧体育制度保障。困境:减量化进程受阻,资源与能源浪费严重;再利用潜力受限,设施与空间价值损耗;资源化成效欠佳,技术与效益双重失衡。路径:构建资源能源高效管控体,筑牢生态运营根基;推动设施运营协同创新变革,释放多元价值潜力;促进技术体系与效益双提升,促进可持续发展。

关键词: 循环经济理论;智慧体育场馆;生态化设计

中图分类号: G818 文献标识码: A 文章编号: 1003-983X(2025)06-0087-07

DOI: 10.20185/j.cnki.1003-983X.2025.06.014

Ecological Construction of Smart Stadiums Under the Circular Economy Theory

JIN Luyun, WANG Xu

(Tianjin University of Sport, Sports Humanities and Social Science Research Center, Tianjin 301617, China)

Abstract: As an important carrier of the sports industry, ecological construction is the only way for its sustainable development. Using documentary data and logical analysis, it deeply analyzes the value, dilemma and path of the ecological construction of smart stadiums under the circular economy theory. Value: Empower the new development of sports economy with resources, environment, and industry. Construct a new digital sports ecosystem with health, harmony, and education. And consolidate the institutional guarantee for smart sports with policies, governance, and standards. Dilemma: The process of reduction is hindered, and resources and energy are severely wasted. The potential for reuse is limited, and the value of facilities and space is impaired. The effectiveness of resource utilization is poor, with imbalances in both technology and benefits. Path: Construct an efficient resources and energy management system to consolidate the foundation for ecological operation. Promote collaborative innovation and transformation of facility operation to unleash the potential of diversified values. And boost the dual improvement of technology system and benefits to promote sustainable development.

Keywords: circular economy theory; smart stadium; ecological construction

近年来,在国家政策推动和数字化转型背景下,智慧体育场馆建设已成为体育产业高质量发展的重要抓手。2019年,国务院办公厅印发的《体育强国建设纲要》明确指出,应推动体育场馆的智能化改造与升级^[1],以提升场馆运营效率与服务质量。《“十四五”体育发展规划》进一步提出要加快体育场地设施数字化改造,推动地方完成不少于1 000个体育场馆的数字化升级改造工作,打造一批智慧体育场馆^[2],充分凸显了智慧体育场馆在体育产业发展中的重要地位。在此背景下,生态化设计作为实现场馆可持续发展的重要路径,其价值日益凸显。学界们普遍认为,生态化设计不仅是落实“双碳”目标的关

键举措^[2],更是培育体育产业新质生产力的重要支撑^[3]。然而,当前智慧体育场馆在建设运营中面临着资源配置低效、设施运维受限、产业协同薄弱等问题,导致场馆全生命周期内资源浪费与环境负荷加剧,与“双碳”目标及体育产业绿色转型需求产生结构性矛盾。循环经济理论以其“减量化、再利用、资源化”的核心原则,为破解上述难题提供了理论工具,为此,本研究以循环经济理论为分析框架,聚焦智慧体育场馆生态化设计的实践痛点,系统剖析其价值维度、现实困境及优化路径,以促进智慧体育场馆生态化设计的有效实施,推动体育产业与循环经济的协同发展。

1 理论基础与文献回顾

1.1 理论基础

循环经济理论作为一种促进资源高效利用和可持续发展的经济范式,最早由BOULDING提出“宇宙飞船经济”概念,后经PEARCE等学者系统发展而形成完整理论体系^[4],其核

收稿日期:2025-06-20

第一作者简介:靳露云(2002~),女,山西长治人,在读硕士,研究方向:全民健身与公共体育服务,E-mail:18234582564@163.com。

心在于构建“资源—产品—再生资源”的反馈式流程,以实现经济与生态系统的和谐共生。从理论内涵看,循环经济理论以马克思《资本论》的物质变换理论为根基^[5],本质上是一种生态经济,具有高效率、低消耗、低排放的特征,通过资源循环利用和减少废弃物排放,推动经济与生态协调发展。该理论遵循“减量化、再利用、资源化”原则^[6];减量化原则旨在降低资源投入与废弃物排放,实现资源利用效益最大化^[7],例如,万华化学集团股份有限公司采用更加先进的环保工艺、技术和设备,减少污染排放;再利用原则聚焦能源、空间、资源等生产要素的高效整合与循环利用^[8],通过对各类资源的重复使用,实现其全生命周期的利用价值,降低物质资源消耗^[9];资源化原则作为终端保障,旨在通过对废弃物的回收、再利用和加工,实现资源的高效循环与价值最大化。

循环经济理论在各领域展现出广泛的适用性。农业领域,基于该理论构建农业企业核心竞争力提升路径,为农业可持续发展提供理论创新^[10];工业领域,探讨制造业与文化创意产业的循环经济融合模式,推动产业转型升级^[11];建筑业中,将循环经济理论嵌入建筑全生命周期,助力绿色建筑体系构建^[12]。上述研究表明,循环经济理论能够有效指导不同行业的可持续发展,形成通用方法论。在体育产业领域,智慧体育场馆作为资源密集型设施,其建设和运营过程同样面临资源消耗、能源管理、废弃物处理等环境挑战,将循环经济理论应用于智慧体育场馆的生态化设计,可破解场馆全生命周期环境负荷与资源浪费难题,实现经济效益与生态效益的双赢。

1.2 文献回顾

在体育产业数字化转型进程中,智慧体育场馆建设作为推动全民健身与体育产业高质量发展的关键载体,已成为学术界研究热点。现有文献从4个方面展开:概念内涵上,早期研究以希尔德“体育场馆五代进化论”为基础,聚焦建筑数字化升级^[13];后续研究深化其内涵,明确智慧体育场馆依托数智化基础,以数据驱动服务转型。建设架构上,高奎亨等基于数字孪生技术构建“基础设施—数据—模型”三级架构,以数据驱动、虚实交互实现用户需求精准匹配^[14],为智慧场馆建设提供技术框架。现实挑战中,涵盖全民健身服务不足^[15-16]、数据确权难^[17]及顶层设计缺陷^[18]等问题,对应提出场景化定制、协同机制构建等策略,以优化场馆服务供给。经验借鉴方面,杨小银等总结美国智慧场馆“用户导向、专业协同、绿色贯穿”的模式^[19],也有学者提炼“技术+运营+生态”的融合路径^[20-21],为国内提供从技术落地到运营增效的参考,推动国际经验与本土实践的有机融合。

现有研究初步构建了智慧体育场馆研究体系,明晰了智慧化转型的底层逻辑与实践路径。然而,在智慧体育场馆的可持续发展探索中,生态化设计作为整合技术、服务、社会价值的关键维度,尚未得到充分聚焦。既有文献多围绕单一技术或局部管理优化展开,缺乏对“生态协同”理念的系统阐释。基于此,本文聚焦智慧体育场馆生态化设计,旨在突破建设壁垒,探索其在激活协同价值、实现长期发展中的创新路径。

2 价值意蕴

2.1 以资源、环境、产业之力,赋能体育经济新发展

第一,资源高效利用,构建全链条循环体系。通过全生命周期管理优化资源配置,实现材料、空间、废弃物闭环利用。首先,建立建筑材料环境负荷数据库,选用可再生钢材等环保材料^[22]。例如,北京某大型建设项目中采用绿色混凝土,其原材料主要包括工业废渣和再生资源。其次,引入模块化设计理念,借助智能技术动态切换场地功能。例如,国家游泳中心“冰水转换”改造,实现游泳与冰壶场地间灵活转换,节约成本并提升空间复用率^[23]。最后,依托AI分拣系统整合磁选、光选技术,实现废弃物高效分类回收。

第二,环境智能防控,打造全要素治理网络。通过智能化污染防控体系,实现环境质量与经济效益协同优化。首先,空气质量智能优化系统借智能传感器与净化设备,实时处理PM_{2.5}、甲醛等污染物,结合智能通风系统调节空气,降低二氧化碳浓度。其次,水资源智能循环系统集成水质检测与膜生物反应器技术,实现漏水监测与污水深度处理。例如,杭州奥体中心游泳馆应用该系统后,年节水达18万吨,节约运营成本120万元,水资源利用效率较传统模式提升3倍。最后,废弃物智能处理系统通过图像识别引导准确分类投放并处理有害垃圾,推动废弃物减量化。

第三,产业深度升级,激活全维度增长动能。以技术创新与产业协同驱动体育经济转型升级。首先,基于物联网与区块链技术构建智能管理系统,实现能源交易去中心化与设备提效。其次,依托“体育+”模式融合绿色建筑技术,推动单一场馆向城市活力中心转型。例如,深圳赛区“光储超充”一体化场景将场馆纳入城市能源网络,实现新能源自给。最后,借数字平台与周边体育、商业、旅游资源协同合作,形成产业集群,促进资源共享与再利用。

2.2 以健康、和谐、教育之力,构筑数字体育新生态

第一,健康体系完善,夯实数字体育民生基础。首先,智慧体育场馆依托物联网技术搭建“环境—设备—用户”数据网络,动态优化运动环境,减少损伤风险。其次,采用智能设备与防滑地坪等适老化绿色建材,为特殊人群打造优质、安全、环保的运动生活场景^[24],保障健身公平性。最后,通过跨部门数据平台实现运动数据与医疗资源共享。例如,杭州黄龙体育中心“云赛事”服务5万+市民,线上健康讲座观看量突破百万,形成“物理空间+数字平台”的双轨健康服务。

第二,社区活力激发,凝聚数字体育和谐纽带。首先,借助物联网与大数据技术构建线上线下融合的参与式运动社区。例如,苏州奥体中心运动社交APP实现活动预约、组队竞赛,增强居民参与度。其次,通过模块化改造与分时运营机制适配多元运动需求。如上海徐家汇体育公园“一轴两翼”改造提升土地资源利用率^[25]。最后,政企社协同优化资源配置,构建可持续服务网络。依托数字化管理平台整合闲置资源,通过“政府统筹—企业参与—社区自治”机制,构建区域体育服务共同体。例如,嘉兴市“社区运动家”模式推动全民健身公共服务系统性重塑。

第三,教育模式革新,培育数字体育动力源泉。智慧场馆以循环经济理念重构体育教育体系。首先,生态化空间赋能教育场景创新。基于减量化原则,利用BIM技术建立教学场景数据库,实现运动场地10s智能转换。其次,数字孪生技术依托资源化理念构建虚实结合的教学环境。例如,北京景山学校VR滑雪教学系统降低初学者受伤率。最后,产教融合平台遵

循再利用原则,搭建校企协同育人机制,整合空间、技术和人才资源,形成“教学—训练—科研”一体化教育生态系统,培育体育产业复合型人才。

2.3 以政策、治理、标准之力,夯实智慧体育制度保障

第一,政策体系的完善为智慧体育发展提供根本遵循,通过顶层设计与地方实践联动破除行业壁垒,形成全民健身与多领域融合的政策合力。其一,国家战略锚定顶层设计,国家体育总局《全民健身计划(2021—2025 年)》将“智慧化”纳入全民健身重要工作内容,要求推动体育场馆与互联网融合,为全国智慧体育场馆改造提供政策依据。其二,地方实践强化精准落地,如深圳市出台《关于加快体育产业创新发展若干措施》,通过设立专项基金、税收优惠等政策,将智慧体育纳入“国际著名体育城市”建设,推动智慧场馆建设与区域产业融合。

第二,智慧体育的高效运行依赖于政府、企业、社会的协同治理,通过明确权责分工与资源互补,形成“政策引导—技术赋能—用户参与”的闭环生态,构建全民健身融合发展的治理网络^[26]。其一,政府作为政策供给与资源统筹者,承担顶层设计、制定行业规范、提供财政支持及开放公共资源,奠定制度基础。其二,企业以技术创新与服务运营为核心,负责智能系统开发、场景运营及商业价值挖掘,驱动服务升级。其三,社会通过需求表达与自主管理参与治理,推动服务迭代优化。例如,上海“九回共享运动场”平台,政府开放场地并制定规范,企业开发技术系统,用户通过小程序实现自主管理,形成“政府监管—企业运营—用户自治”模式,提升场地利用率与服务效率。

第三,标准化建设是智慧体育高质量发展的技术基石,通过国家与地方标准协同筑牢安全底线、指引创新方向。其一,国家标准筑牢安全根基。国家体育总局发布的《室外健身器材的安全通用要求》(GB19272—2024)通过构建全生命周期安全体系,以风险防控为核心,覆盖材料、数据、运维等关键环节,为智慧体育场馆发展提供系统性保障。其二,地方标准深化实践创新。如浙江省发布全国首个省级智慧场馆标准《大中型体育场馆智慧化建设和管理规范》,从系统架构、业务应用到安全管理形成全链条规范,推动全省 72% 的大型体育场馆完成智慧化改造。

3 循环经济理论下智慧体育场馆融入生态化设计的困境

在循环经济理论的视域下,减量化、再利用、资源化三大原则为智慧体育场馆的生态化设计提供了清晰的发展导向。然而,在实践中,智慧体育场馆在遵循各原则推进生态化设计时暴露出诸多问题,严重制约可持续发展,具体困境与关联详见框架图(图 1)。

3.1 减量化困局:资源、能源、废弃物管理的三重损耗

一是,资源利用深陷低质循环。首先,空间规划弹性不足制约多功能转换。《体育建筑设计规范》要求场馆设计需预留功能转换空间,但实践中固定功能分区主导,致使中型场馆呈现“大型活动空间冗余,小型活动场地不足”的结构性矛盾^[27]。其次,设施全生命周期管理机制缺失。《绿色建筑评价标准》要求设施全周期能效监测,但 70% 的场馆更新决策仅依据短期成本,忽视设备剩余价值与长期效益,形成高投入—低产出恶性循环。最后,商业文化资源配置失衡。业态布局过度商业化偏离体育本体,且场馆缺乏文化 IP 开发体系,活动形式单一,文化资源循环增值潜力未充分释放。

二是,能源消耗结构性矛盾突出。首先,不同体育项目的特殊环境需求致使能源消耗显著分化。如冰球赛事低温环境需求致使制冷系统能耗剧增。其次,智能设备基础能耗持续攀升。智能化转型带来 24 h 持续能源需求,大型体育赛事因筹备周期长、资源聚集效应显著,碳排放问题突出^[28]。例如,巴西世界杯等赛事因临时能源设施投入使碳排放大幅飙升。最后,设备能效管理滞后。智慧体育场馆专业设备能耗高,老化设备因更新成本高低效运行,智能系统叠加加剧整体能耗。

三是,废弃物管理体系亟待完善。首先,分类处理标准专项空白。国务院要求建立“覆盖全面、运转高效”的分类体系在体育场馆场景适配失效,赛事废弃物(生活垃圾、器材残件和临时建材等)与现行城乡分类标准属性错配,致使特殊废弃物“分类无据、处理无门”。其次,循环利用渠道功能性梗阻。场馆与专业回收企业稳定合作关系比例低致使可回收物流向混乱,且回收设施覆盖率不足、布局缺规划,形成前端收集风险。最后,资金配置呈现结构性错配。其一,场馆运营主体“重建设

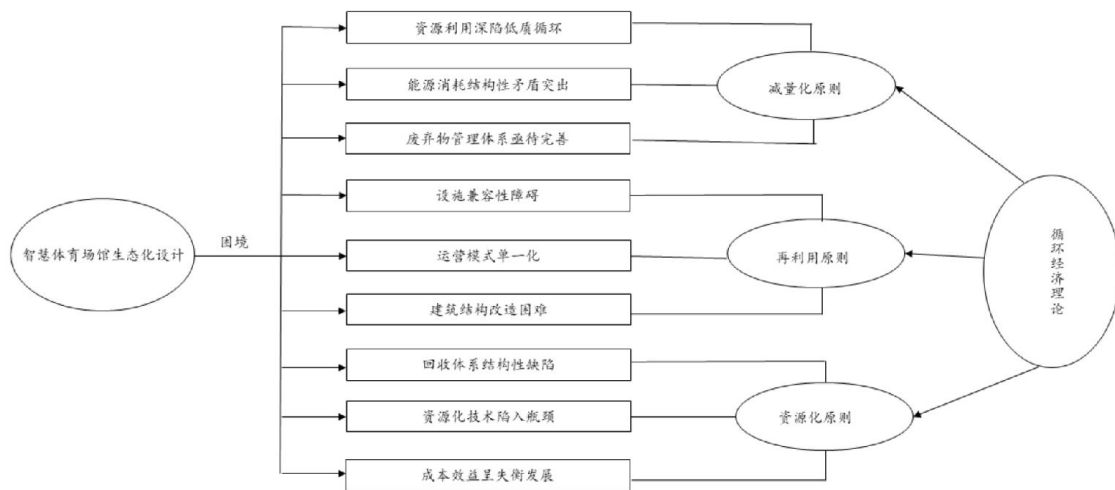


图 1 循环经济理论下智慧体育场馆融入生态化设计的困境

轻处理”,废弃物处理设施投入不足,设备更新滞后。其二,地方政府缺乏专项补贴与市场化激励,运营主体技术升级动力不足,制约资源化效率提升。

3.2 再利用阻碍:设施、运营与结构层面的多重限制

一是,设施兼容性障碍。其一,功能设计单一化导致场景锁定,体育场馆专业设施的参数标准与多元使用需求存在结构性矛盾。例如,固定式专业看台、专项赛事设备等在设计时仅适配特定运动场景,形成物理空间层面的“功能锁定”效应。其二,器材标准碎片化引发系统割裂,当前体育器材市场缺乏国家层面的统一接口规范,各品牌设备采用差异化技术协议,新旧设备及不同品牌设备间互操作性差,导致设施更新时易出现“技术孤岛”现象。

二是,运营模式单一化。首先,专业能力欠缺引发管理效能低下,运营团队缺乏全生命周期管理理念,重使用维护、轻规划更新,导致设备升级受阻。其次,处置方式粗放加剧资源浪费。设施更新策略存在“重更换、轻改造”倾向,运营方对功能过时的设备常进行简单报废处理,未探索升级再利用路径。例如,北京某体育馆 2022 年更换的座椅系统中,90%旧座椅因未考虑改造可能性而被废弃,造成可再利用价值流失。最后,场景开发单一导致价值释放受限。场馆功能过度依赖于传统赛事运营,多元化场景开发不足,呈现“赛事经济单极驱动”特征。

三是,建筑结构改造困难。首先,设计前瞻性不足,结构系统兼容性差。多数场馆采用刚性结构体系,空间布局固化,难以适应多元化使用场景。例如,广州某体育中心因主体结构承重墙设置不合理,无法满足大型会展活动的空间需求。其次,技术标准更新滞后,改造成本高。建筑结构更新速度难以匹配快速迭代的技术需求,面临新旧标准冲突问题,同时改造需多专业协同,涉及建筑、结构、机电等多领域,协调难度大。以北京工人体育场为例,其改造既要攻克老化结构加固难题,又需严格遵循设计规范与防震标准,人力、物力、财力投入巨大且耗时久,阻碍了建筑结构的再利用。

3.3 资源化难题:回收、技术与成本效益的多重矛盾

一是,回收体系结构性缺陷。首先,回收网络空间覆盖率

低,场馆内部回收点密度不足且分布不均,导致分类收集效率低下。其次,回收处理方式单一,废弃物处理方式过度依赖传统填埋技术,资源化利用率低。如北京市 2009 年垃圾处理中埋填占比达 90%^[29],堆肥与焚烧占比较低,大量可回收资源未得到有效利用。最后,回收流程协同低效,回收链条各环节衔接不畅,转运系统效率低下导致回收物积压问题突出。

二是,资源化技术陷入瓶颈。首先,核心技术缺失,电子废弃物等高价值组分的回收技术不足,如电子设备中的稀有金属等,缺乏有效的分离与再利用技术,致使大量废弃物只能依赖传统处理方式,既浪费资源又污染环境,严重影响了资源化工作的质量与效果。其次,研发投入短缺,场馆运营商资金和人力配置有限,致使技术创新能力薄弱。最后,推广条件欠缺,先进技术因缺乏配套设施难以落地,导致先进技术与实际应用脱节。

三是,成本效益呈失衡发展。首先,初期投入成本高昂,设备采购、安装调试等费用颇高,加重了场馆的资金负担。如《中国体育产业发展报告(2013)》指出:2013 年我国体育场馆收入合计 646.1 亿元,支出合计 662.6 亿元,利润率为-2.6%^[30]。其次,外部效益转化困难,环境与社会效益难以通过市场机制或者政策激励实现经济补偿。最后,运营成本控制困难。回收体系不畅致使原料供应不稳定,规模效应难以形成,压缩了利润空间。

4 循环经济理论下智慧体育场馆融入生态化设计的实践路径

面对智慧体育场馆生态化设计过程中存在的诸多困境,为推动其基于循环经济理论实现生态化转型,提升综合效益,促进体育产业与环境协同发展,本文从资源能源、设施运营、体系效益 3 个关键维度出发,提出了针对性的实践路径,具体内容详见框架图(图 2)。

4.1 构建资源能源高效管控体,筑牢生态运营根基

4.1.1 优化资源配置,夯实场馆生态基础

第一,构建弹性空间规划体系,提升空间利用效能。《“十四五”体育发展规划》“推动体育场馆绿色化、智慧化改造”要求,以数字化手段提升资源高效利用。建设方应采用模块化设

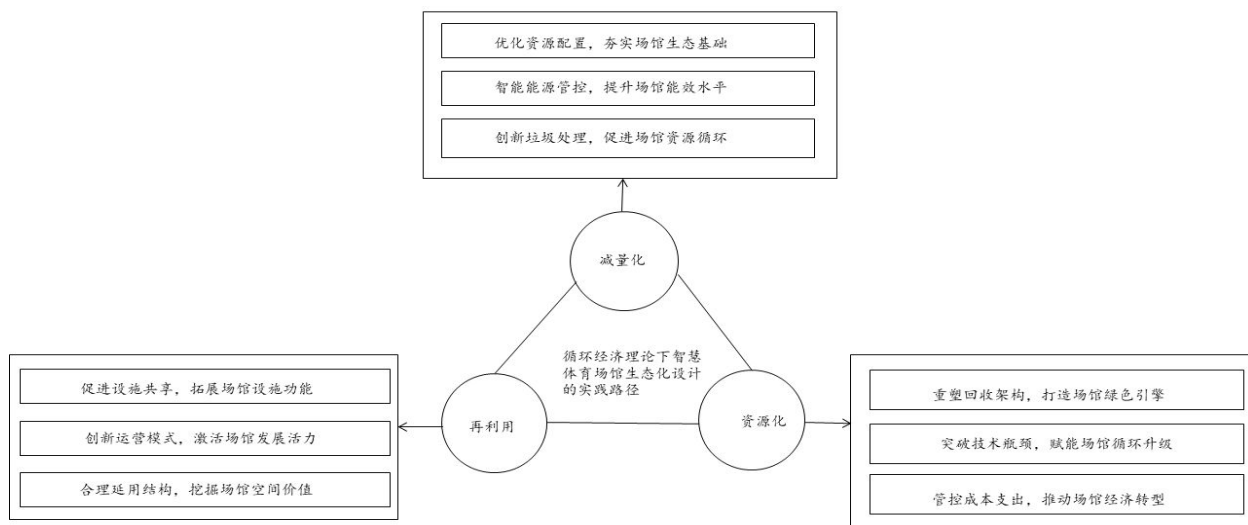


图 2 循环经济理论下智慧体育场馆融入生态化设计的实践路径

计,开发预制化隔断等可拆卸空间分隔装置,实现场馆功能快速转换;运营方基于大数据,收集历史使用数据,建立空间需求预测模型,提前优化布局。例如,某中型体育场馆通过融入可变座椅和可移动舞台,兼顾赛事、演出、展览需求,提升空间利用率。第二,完善设施全生命周期管理机制,提高资源利用效率。《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》强调要全方位全过程推行绿色规划、设计、投资、建设、生产、流通、生活以及消费模式,将发展建立在高效利用资源的基础之上。其一,场馆运营方联合技术企业开发数字化管理平台,将设施规划、建设、运维、更新全流程纳入统一数据库,运用成本效益分析模型评估设备更新节点,避免过度维护或滞后淘汰。其二,构建科学的设备能效评价体系,引入智能检测系统,实时对比行业能耗标准,动态优化设备能效。例如,将传统照明系统升级为智能系统,通过传感器实现照明亮度的自动调节,降低能源消耗。第三,优化商业文化资源配置,释放资源循环增值潜力。国务院办公厅《关于进一步培育新增长点繁荣文化和旅游消费的若干措施》强调深化“文旅+”融合,提升消费业态与场景供给能力。其一,场馆运营方应聚焦体育本体业态,削减非体育类零售占比,增加装备体验区,提升服务与效益。其二,深入挖掘场馆的历史文化与体育文化内涵,建立系统的文化IP开发体系,推出赛事主题文创产品并举办文化活动。

4.1.2 智能能源管控,提升场馆能效水平

推动体育场馆节能降耗是实现绿色低碳发展的关键路径。国家发展改革委等部门联合发布的《重点用能产品设备能效先进水平、节能水平和准入水平(2024年版)》明确指出,要推动包括体育场馆在内的公共机构充分发挥示范带动作用,积极落实政府绿色采购政策,提升能源利用效率。第一,构建赛事能耗精准调控体系。场馆运营方与技术团队合作,运用数字孪生技术搭建赛事专属场馆环境数字模型,借助传感器实时采集场馆环境数据与赛事设备运行参数,精准模拟分析能耗状况,据此制定调控策略,为能源管理提供数据支撑。例如,成都高新区企业为凤凰山体育公园综合体育馆及专业足球场打造数字孪生可视化管理平台,整合20多个子系统与千余台设施设备,实现能耗降低15%、设备效率提升20%、运维成本减少60%。第二,强化智能设备能耗管理。其一,技术人员运用边缘计算技术,对场馆智能设备进行本地化数据处理,为设备配置智能电源管理模块,按使用状态和时间进行能耗分级管控,赛事非运营时段,自动降低部分设备功率或使其休眠,减少持续运行能耗。其二,构建分布式能源系统,场馆建设方可在屋顶、外立面安装太阳能光伏板,在场馆周边建设小型风力发电设施,接入可再生能源,降低对传统电网的依赖。

4.1.3 创新垃圾处理,促进场馆资源循环

第一,体育场馆废弃物来源广泛、成分复杂,建立统一的废弃物分类标准体系。《“十四五”城镇生活垃圾分类和处理设施发展规划》明确提出,要健全生活垃圾分类标准体系,推进垃圾源头减量和资源化利用,鼓励通过技术创新和政策引导,提升垃圾分类处理效能。场馆部门联合体育管理部门、环保机构、科研院校等多方力量,针对体育场馆废弃物的多源性和复杂性,制定统一且细化的分类标准体系。例如,杭州奥体中心

在亚运会期间,依据统一分类标准,将废弃物分为8大类20小类,并部署了100余台智能垃圾分类机器人,将不同类别的垃圾精准分拣至相应处理区域,实现垃圾分拣准确率超95%,分类效率提升3倍。第二,畅通废弃物循环利用渠道。《“十四五”时期“无废城市”建设工作方案》强调,需加强各类场所废弃物的分类管理,构建废弃物循环利用体系,促进资源高效利用。其一,地方政府牵头组织体育场馆与专业回收企业对接,搭建合作平台,推动双方签订长期协议。通过税收减免、财政补贴等优惠政策,降低合作成本,保障可回收物规范化处理。其二,场馆运营方基于大数据分析场馆面积、功能分区和人流量等因素,科学规划回收设施点位,在观众密集区域增配分类回收箱,设置醒目引导标识,并引入智能废纸回收机等设备,提高回收效率。

4.2 推动设施运营协同创新变革,释放多元价值潜力

4.2.1 促进设施共享,拓展场馆设施功能

第一,优化选址布局与多功能适配设计,提升设施复用潜力。《城市公共体育馆建设标准》(建标202-2024)明确,体育馆选址需统筹人口覆盖、交通便利性与市政基础,保障临路布局,建设阶段应强化功能分区优化,融合智慧化与多功能设计,实现体育服务、产业及文化场景的复合利用。其一,规划单位可运用GIS地理信息系统,叠加城市人口密度、交通路网等数据,通过算法筛选最优区位,合理规划出入口。其二,构建一体化控制系统,集成灯光、音响等设备,利用传感器与算法自动匹配活动参数,实现设施智能联动。例如,兰州市在公共体育建设用地规划中,将场馆选址于城市交通枢纽附近,公共交通可直达,有效提升设施可达性与服务范围。第二,统一器材标准,搭建共享互通平台。统一的行业标准与规范对设施协同发展至关重要^[31],《体育标准化管理办法》强调标准对产业协同的支撑作用,明确需加强体育设施、器材等领域标准化建设。其一,由行业协会牵头,联合器材制造商与科研机构,构建统一接口标准体系,并设立专项补贴,推动老旧器材改造,打破设备兼容性壁垒。其二,搭建数字器材共享信息平台,整合场馆器材类型、数量、租赁价格等信息,实现器材跨场馆预订与流通,降低重复采购成本,提升资源利用率。例如,江西省吉安市永丰县全民健身中心,通过使用智能化系统管理方便度提升了90%,场地利用率提升了90%,场馆营收增加了80%。

4.2.2 创新运营模式,激活场馆发展活力

创新运营模式是实现体育场馆可持续发展、激发其综合效能的核心路径。《体育场馆运营管理办法》明确提出,体育场馆应在坚守公益属性与体育服务功能的基础上,遵循市场化、规范化运营原则,积极挖掘场馆资源,开展多元经营与服务,提升综合利用水平,推动社会效益与经济效益协调统一。第一,提升专业运营能力,培育资源循环思维。其一,体育场馆运营单位应强化现有员工的培训,提升业务能力和综合素质,塑造专业运营团队,为场馆的发展提供人才支撑。其二,运营单位联合体育院校、行业协会建立人才合作机制,定向引入创新复合型体育产业人才,为场馆运营注入新理念和方法,推动运营管理创新升级。第二,拓展多元运营场景,挖掘场馆综合价值。其一,构建全民健身服务体系。场馆运营方应基于周边居民健身需求,在赛事空闲期改造闲置区域为多功能健身场地,

配备专业器材并提供健身指导、运动康复服务,举办各类群众性体育赛事、培训课程,延长开放时长,提升场馆公共服务利用率。其二,整合资源构建协同生态。以场馆空间与区位优势为依托,联合文旅、商贸企业举办体育用品展销会、文化艺术展览等活动;在大型赛事期间推出“赛事+旅游”“赛事+购物”等套餐,打通体育消费与周边产业的联动链条,实现客流共享、产业共赢,推动体育场馆与区域经济协同发展。

4.2.3 合理延用结构,挖掘场馆空间价值

通过设计创新、标准优化与技术升级提升体育场馆结构的适应性与空间利用效率,是实现可持续发展的重要路径。《体育建筑设计规范》(JGJ31—2017)明确要求体育建筑应适应多功能使用需求,具备灵活性和可变性,鼓励采用先进技术优化空间与结构。第一,强化设计阶段的前瞻性与适应性。其一,在新建或改造中,由设计团队采用大开间框架、可移动隔墙等结构体系,减少固定承重墙,预留功能调整空间。其二,借助建筑信息模型技术模拟空间使用场景,预测未来使用需求,优化设备管线通道与功能分区。如广州天河体育中心秉持“以场养场,以馆养馆”理念^[32],调整功能分区,改造闲置空间,满足多元活动需求,释放场馆空间价值。第二,优化技术标准与改造流程。《绿色建筑评价标准》倡导建筑全生命周期的资源节约与环境协调。行业主管部门牵头建立跨专业标准协同机制,确保规范衔接;在体育场馆改造项目中运用项目管理软件,对规划、设计、施工、验收各环节精细化管控,实现资源优化配置与成本控制^[33]。第三,提升结构改造技术支撑。其一,科研机构 and 高校联合成立专项科研小组,针对不同结构类型体育场馆开展技术攻关,设立专项资金支持纤维增强复合材料(FRP)加固技术等新型工艺研发。其二,搭建行业专家技术咨询平台,为场馆运营方、设计单位和施工企业提供全流程技术服务,破解改造技术难题。

4.3 强化技术驱动产业升级,促进可持续发展

4.3.1 重塑回收架构,打造场馆绿色引擎

《“十四五”城镇生活垃圾分类和处理设施发展规划》明确提出,需完善垃圾分类回收网络,推进废弃物资源化利用。第一,优化回收网络布局,提升空间覆盖效能。场馆运营方借助大数据与空间分析模型,依据场馆布局、赛事频次及观众流量,精准规划回收点位;同时,与周边社区、环卫部门建立联动机制,通过设置流动回收车或共享固定回收点,扩大回收网络覆盖率。第二,丰富回收处理方式,推进资源化利用。其一,建立多元化处理体系。政府鼓励下,场馆运营方应联合环保企业在场馆周边配置堆肥、焚烧发电等多元化处理设施,如采用微生物堆肥技术将有机废弃物转化为肥料;其二,强化技术引进合作。场馆运营方与科研机构合作,引入热解气化等先进技术。例如,北京鸟巢体育场通过多元化处理,实现废弃物资源化利用率达85%。第三,强化回收流程协同,提高转运运行效率。运用物联网、云计算技术,由信息技术企业与场馆合作搭建信息化协同平台,在回收点和运输车辆安装传感器实时采集数据,借助智能算法优化运输路线,实现回收物从产生端到处理端的高效转运。

4.3.2 突破技术瓶颈,赋能场馆循环升级

以技术创新破解体育场馆废弃物处理瓶颈是实现绿色发展的关键。《“十四五”全国清洁生产推行方案》明确要求加强工业领域资源综合利用技术研发与转化。第一,聚焦核心技术研发,攻克处理难题。由政府体育管理部门牵头,联合高校、科研院所、体育场馆运营商及环保企业搭建协同研发平台。设立专项基金,针对电子废弃物等核心难题组织跨学科团队联合攻关,同时建立国内外先进技术储备库,加速新技术引进与转化。例如,大运AI小镇的龙岗区AI算法训练基地搭建产学研协同平台,促使研究人员、开发团队与企业、技术供应商深度合作,加快最新AI技术应用落地。第二,加大研发投入力度,培育创新能力。其一,制定激励政策。政府出台税收优惠、财政补贴及项目扶持,对研发主体实施梯级奖励,激发企业与科研机构创新积极性。其二,多元化融资渠道。引导社会资本、风险投资、产业基金注入研发领域,推动场馆运营商与金融机构开展知识产权质押贷款,缓解研发资金压力。第三,完善技术推广条件,促进成果落地。其一,场馆运营商在规划建设或改造场馆时,充分考虑先进资源化技术的应用需求,预留场地和设备安装空间,完善配套基础设施。其二,遴选条件成熟的体育场馆作为试点,开展先进技术应用示范;通过举办现场观摩会、技术交流会等活动总结成功经验^[34],并建立技术应用反馈机制,动态优化技术方案,提升技术的实用性与推广价值。

4.3.3 管控成本支出,推动场馆经济转型

第一,削减初期投入成本,缓解资金压力。体育场馆运营商应采用集中采购、招投标竞争等市场化手段,筛选性价比高的设备供应商,通过联合多个场馆进行规模化采购,借助团购优势降低单价,实现资源整合与成本控制的双重目标。第二,推动外部效益转化,激发参与活力。《碳排放权交易管理办法(试行)》作为我国碳市场建设的核心政策依据,为体育场馆通过碳交易实现外部效益转化提供了制度保障。场馆运营方联合第三方机构,依据政策要求建立碳交易机制,对废弃物资源化处理产生的碳减排量进行科学量化,并允许其在碳交易市场上进行交易,实现环境效益的经济转化。此外,通过申请绿色产品认证,推动政府对使用场馆资源化产品的企业给予政策倾斜、拓宽产品销售渠道,形成“环境价值—市场认可—经济收益”的转化链条。第三,有效控制运营成本,提升利润空间。场馆运营方可搭建智能化运营管理平台,集成物联网传感器实时采集设备运行数据等关键参数,通过数据分析模型识别设备故障隐患与流程低效环节,实现预防性维护与流程动态优化。

5 结语

在循环经济理论下推进智慧体育场馆生态化设计,是顺应时代、践行可持续发展的必然选择,也是应对资源环境挑战、推动体育产业高质量发展的内在需求。这一创新发展模式通过技术集成与空间再造,实现建筑能耗降低、废弃物资源化利用与运营效率提升的协同优化,为体育设施全生命周期管理提供了理论指引与实践路径,有力促进体育产业从“消耗型”向“循环型”转型,并以场馆为载体推动城市生态网络构建,助力全民健身与绿色生活方式的深度融合。展望未来,智慧体育场馆生态化设计深化发展需聚焦三大路径:构建全生

命周期评估体系、强化技术创新与产业协同、完善多元参与机制,构建与循环经济、场馆需求、城市发展相契合的生态化体系,通过系统性优化,智慧体育场馆有望成为绿色发展标杆,为社会与自然和谐共生提供体育产业解决方案。

参考文献:

- [1] 程新强,柴王军,夏书平.人工智能赋能竞技体育数字化转型的作用机制、应用场景与实现路径[J].武汉体育学院学报,2024,58(11):89-96.
- [2] 张强,王家宏.数字赋能体育场馆智慧化转型发展:突破动因、国外镜鉴与立体化路径[J].武汉体育学院学报,2023,57(7):54-61.
- [3] 黄海燕,管建良,康露.体育产业领域新质生产力的生成机理、引领作用与培育方略[J].上海体育大学学报,2025,49(1):88-100.
- [4] 陆学,陈兴鹏.循环经济理论研究综述[J].中国人口·资源与环境,2014,24(S2):204-208.
- [5] 王草,李成勋.《资本论》关于物质变换理论下的循环经济研究[J].毛泽东邓小平理论研究,2019(1):29-35+107.
- [6] 张智光.再生资源型企业绿色战略的演进规律研究:以林业企业为例[J].南京林业大学学报(自然科学版),2021,45(6):1-11.
- [7] 王俊岭,赵瑞芬.中国钢铁工业循环经济效率与质量二维评价[J].技术经济与管理研究,2016(1):124-128.
- [8] 李燕.绿色发展视野下农村旅游小镇循环经济体系构建研究[J].农业经济,2019(2):46-48.
- [9] 林伯强.碳中和背景下的广义节能:基于产业结构调整、低碳消费和循环经济的节能新内涵[J].厦门大学学报(哲学社会科学版),2022,72(2):10-20.
- [10] 刘畅.基于循环经济理论的农业企业核心竞争力培育路径研究[J].农业经济,2018(4):23-25.
- [11] 黄晓懿,杨永忠,钟林.循环经济理论视野下的中国制造业与文化创意产业融合模式研究[J].科技进步与对策,2016,33(6):71-75.
- [12] 卢明湘.循环经济理论在我国建筑业的应用[J].中国乡镇企业会计,2007(9):46-47.
- [13] 冯晓露,樊正洋,李林澄.体育场馆智慧化转型的实践样态、过程效益与创新路径[J].体育学刊,2025,32(3):72-79.
- [14] 高奎亭,陈家起,房蕊.数字孪生体育场馆的体系架构、现实障碍与推进路径[J].武汉体育学院学报,2024,58(6):25-32.
- [15] 杜绍辉.全民健身视域下智慧化体育场馆建设困境与优化路径[J].体育文化导刊,2022(3):45-51.
- [16] 金超.全民健身视域下智慧化体育场馆建设研究[J].工程抗震与加固改造,2023,45(4):179.
- [17] 朱宏锐,高扬,杨懿.智慧体育场馆数据生产要素确权困境与对策研究[J].成都体育学院学报,2022,48(5):131-136.
- [18] 张强,王家宏.新时代我国智慧体育场馆的发展现状、困境及推进策略研究[J].天津体育学院学报,2022,37(5):566-572.
- [19] 杨小银,曾建明,朱俊鹏,等.美国体育场馆智慧化建设经验与启示[J].体育文化导刊,2022(7):39-44.
- [20] 张强,陈元欣.国外智慧体育场馆:转型诉求、实践模式及本土启示[J].西安体育学院学报,2023,40(1):20-27.
- [21] 付紫硕,陈元欣.国外智慧体育场馆建设经验及启示[J].体育文化导刊,2020(10):40-46.
- [22] 田洪涛,张路.地方特色的生态体育场馆设计与创新化运用[J].建筑结构,2023,53(14):188-189.
- [23] 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.
- [24] 杜鹏,王飞.以新质生产力赋能银发经济发展[J].北京社会科学,2025(1):109-119.
- [25] 陈元欣,时甯,赵悌金,等.体育场馆促进城市更新:驱动场景、中美比较及中国方案[J].体育学研究,2024,38(2):1-11.
- [26] 王旭,王旭光.全民健身生态圈:特征、运行机制与建设路径[J].体育文化导刊,2024(12):67-73.
- [27] 周志博,彭国强.体育强国进程中国际一流体育训练基地建设的域外经验与中国镜鉴[J].中国体育科技,2024,60(8):3-14.
- [28] 郭家欣,崔琪.“双碳”目标下大型体育赛事低碳信息说服机制研究[J].西安体育学院学报,2024,41(4):471-485.
- [29] 蔡文生.城市生活垃圾分类策略探讨:以循环经济为视角[J].人民论坛,2014(14):90-92.
- [30] 何夷,陈磊,周彪,等.公共体育场馆改造建设体育服务综合体的现实困境与应对之策[J].武汉体育学院学报,2021,55(3):56-62.
- [31] 张夏恒.新质生产力背景下低空经济高质量发展的机理与路径[J].苏州大学学报(哲学社会科学版),2025,46(1):112-122.
- [32] 魏敦山,郭明卓,钱锋.中国体育建筑的奠基与革新:魏敦山院士和郭明卓大师访谈[J].建筑学报,2023(11):5-8.
- [33] 甘雨晴,刘如,张继生.全民健身场地设施建设发展的价值意蕴与路径选择[J].湖北体育科技,2025,44(1):103-107.
- [34] 赵文华,陈元欣.嵌入式体育场地设施建设研究[J].湖北体育科技,2025,44(1):114-118.