

基于声景营造的体育馆改造设计研究 ——以湘潭市体育馆为例

王心怡¹, 胡敏^{1,2*}, 周新欣^{1,2}, 喻紫文¹

¹湖南科技大学建筑与设计学院, 湖南 湘潭

²湖南科技大学, 湖南省乡村建设双碳规划工程技术研究中心, 湖南 湘潭

收稿日期: 2025年7月26日; 录用日期: 2025年8月21日; 发布日期: 2025年9月17日

摘要

在体育比赛中, 紧张、焦虑的情绪会对运动员的心理健康和运动表现产生负面影响。为了提升运动员的恢复质量和竞技表现, 本研究结合实地调研与主观问卷, 探究大学生运动员对体育馆声环境的需求, 利用场地中自然水声的恢复性效益和Odeon建筑声学软件对湘潭市体育馆进行改造设计, 实现差异化声景与运动员心理特征的精准匹配, 增强恢复效能, 为既有建筑空间活化提供新思路。

关键词

声景营造, 体育馆改造, 恢复性效益

Research on the Renovation Design of Stadiums Based on Soundscape Construction —Taking the Xiangtan Sports Center as an Example

Xinyi Wang¹, Min Hu^{1,2*}, Xinxin Zhou^{1,2}, Ziwen Yu¹

¹School of Architecture and Design, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan

²Hunan Provincial Rural Construction Dual Carbon Planning Engineering Technology Research Center, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan

Received: Jul. 26th, 2025; accepted: Aug. 21st, 2025; published: Sep. 17th, 2025

Abstract

In sports competitions, feelings of tension and anxiety can have a negative impact on athletes'

*通讯作者。

文章引用: 王心怡, 胡敏, 周新欣, 喻紫文. 基于声景营造的体育馆改造设计研究[J]. 城镇化与集约用地, 2025, 13(3): 64-73. DOI: 10.12677/ulu.2025.133007

mental health and athletic performance. To enhance the quality of recovery and competitive performance of athletes, this study combines field research with subjective questionnaires to explore the needs of university athletes regarding the acoustic environment of sports venues. By utilizing the restorative benefits of natural water sounds in the venue and the Odeon architectural acoustics software, a redesign of the Xiangtan Sports Center is proposed. This approach aims to achieve a differentiated soundscape that precisely matches the psychological characteristics of athletes, thereby enhancing recovery efficacy and providing new ideas for revitalizing existing architectural spaces.

Keywords

Soundscape Construction, Stadium Renovation, Restorative Benefits

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国经济快速发展和体育事业蓬勃兴盛，公众对竞技体育的关注已从单纯的成绩导向转向对运动员身心健康的全面关怀[1]。2019年国际奥委会发布《关于精英运动员心理健康的共识声明》后，运动员心理健康议题更成为体育科学领域的研究热点。在激烈竞赛中，运动员承受着超常的心理负荷，这种高压状态易诱发竞赛焦虑、赛前紧张等负面情绪，若缺乏有效的情绪调节机制，将直接影响训练效果和赛场表现[2]。

声环境作为影响运动员状态的重要环境因素，其调节作用日益受到学界重视。研究表明，声音刺激与人体生理、心理反应存在显著关联[3]。运动前聆听音乐能有效调节精神状态，帮助运动员达到最佳激活水平[4]。赛后适宜的声环境有助于身心恢复，缓解疲劳并改善情绪[5]。值得注意的是，场边观众的声援可提升运动员的决策效率，但突发性强烈噪声会干扰心理机能，致使运动能力的下降[6]。

基于压力恢复理论和注意力恢复理论发展而来的声景恢复性效益理论指出，积极的声景要素(如音乐声、鸟鸣声、水声等)具有身心恢复效果[7]-[9]。相关实验发现，城市滨水空间中的多样性水声(如拍岸声、流水声等)能有效改善皮肤电活动和心率，具备积极的生理和心理调节作用[10]。

湘潭市雨湖公园及周边区域为上世纪七八十年代的城市中心重要公共活动场所，拥有丰富的滨水自然声景资源[10]；而伴随城市发展重心转移，包括湘潭市体育馆在内的周边设施亟待功能活化。本研究以第三届全国大学生声景设计竞赛为契机，聚焦大学生运动员群体的特殊声环境需求，创新性地将雨湖公园中水声环境的恢复性效益应用于体育馆改造，旨在探索兼顾运动功能与心理健康促进的声环境设计策略。

2. 研究方法

2.1. 研究对象

本研究以湖南省湘潭市体育馆为研究对象(见图 1(a)~(c))。该馆坐落于雨湖区湖园路，占地面积 6820 m²，是湘潭市重要的公共体育设施。场馆内设篮球场、羽毛球场及室外乒乓球球等多个运动区域(图 1(d)和图 1(e))，兼具市民体育健身、专业训练和赛事承办等功能，较好地满足了市民日常体育锻炼需求。

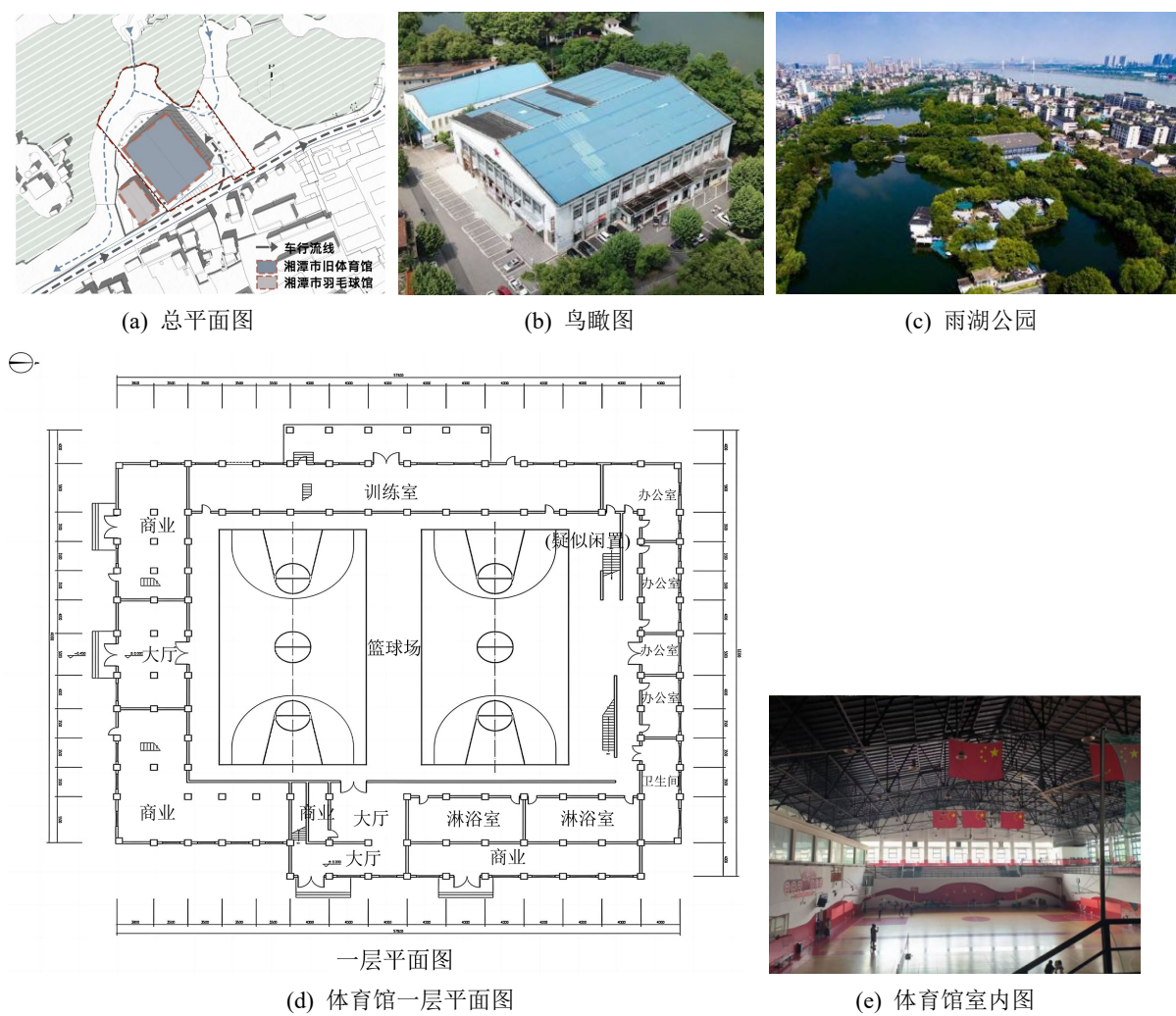


Figure 1. The research subject
图 1. 研究对象

2.2. 体育馆声学需求调研

2.2.1. 现场观察

本研究采用实地调查法对湘潭市体育馆周边声环境进行系统调研，共识别出 10 种典型声景要素，并按声学特征将其归类为自然声和人工声两大类(见表 1)。调研发现，毗邻体育馆的雨湖公园因其独特的低洼地势形成广阔湖面，配合茂密植被，构成了丰富的自然声景系统[11]。具体表现为：晨间时段，麻雀、白头鹎等鸟类的鸣叫与虫鸣声交织；香樟、垂柳等乔木在风中摇曳产生的沙沙声；水流经有落差的地方会产生哗哗声。

Table 1. The recognizable sound sources of Yuhu Park in Xiangtan City
表 1. 标湘潭市雨湖公园可识别声源

声源类型	声源名称
自然声	虫鸣声、鸟鸣声、树叶声、流水声
人工声	谈话声、器乐声、戏曲声、机械设备声、交通声

作为市民主要娱乐休闲场所，该区域同时存在特色鲜明的人工声，包括：亭台楼阁间传来的传统乐器(二胡、笛子)演奏声和戏曲唱腔；游船码头的划桨声、机械运转声以及游人交谈声；以及受潮园路(城市次干道)车流影响产生的交通噪声。这些声源共同构成了体育馆周边复杂的声景格局。

2.2.2. 问卷设计

采用结构化问卷调查体育馆内运动员的声学需求。问卷包含三个核心部分：第一部分为受访者基本信息采集，涵盖性别、年龄、运动类型及训练频率等基础信息；第二部分为噪声干扰感知评估。采用多选题形式，获取对运动员影响显著的声源类型，包括跨区域运动噪声、场地设备噪声和观众席噪声三类。跨区域运动噪声指相邻运动场地产生的通过声场耦合作用传入本场地形成的噪声(如器械撞击声、裁判哨声、运动员呼喊声等)。场地设备噪声指场地内部设备(如空调系统、计分设备、照明设备等)运行产生的噪声。观众席噪声指观众观演时产生的声音(如交谈声、掌声、欢呼声)。第三部分为声景偏好分析。通过多选题的方式分别获取运动员比赛前后对声景元素的偏好，选项涵盖音乐声(欢快的音乐声和轻缓的音乐声)和自然声(流水声、树叶声、鸟鸣声、雨声)两大类。

本研究于 2024 年 8 月通过“问卷星”电子平台发放问卷，采用简单随机抽样方法对大学生运动员群体进行调查，发放问卷 115 份，最终回收有效问卷 100 份。样本构成以篮球运动员为主(n=48)；羽毛球、乒乓球运动员次之(n=26)。其中 98%的调查对象为本专科生，训练频次为每周多次的人数占比最多(占比 39%)，每月多次的人数次之(占比 27%)。当前样本量(尤其是羽毛球球组)收集的规模有限，可能对结论产生的影响，故将研究定位为探索性案例研究。

2.3. 数据分析

图 2 呈现了篮球、羽毛球及乒乓球运动员对影响运动状态的噪声源的识别结果。如图 2 所示，对于篮球而言，54.2%的运动员认为跨区域运动噪声是主要影响源；对于羽毛球而言，73.1%的运动员认为观众席噪声为首要干扰，跨区域运动噪声干扰次之(占比 53.9%)；对于乒乓球而言，61.5%的运动员将观众席噪声列为主要噪声源。上述结果揭示两项关键声学设计原则：1) 运动空间分隔必要性。须将三馆独立布置，通过物理隔离阻断跨区域噪声传播路径；2) 控制馆内混响时间。需降低室内混响时间至设计阈值，以抑制观众席噪声的混响增强效应。

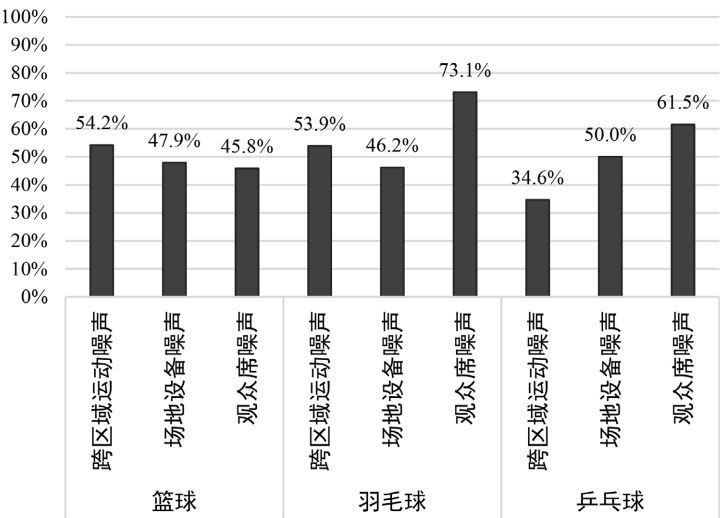


Figure 2. The selection results of different athletes regarding the noise sources that affect their athletic performance
图 2. 不同运动员对影响运动状态的噪声源的选择结果

由图 3 可知三类专项运动员在比赛前后的声景偏好有显著差异。于篮球而言,在赛前 68.8%的运动员希望听到欢快的音乐声,在赛后 43.8%的运动员希望听到轻缓的音乐声;对于羽毛球而言,在赛前 61.5%的运动员希望听到欢快的音乐声,在赛后 65.4%的运动员希望听到轻缓的音乐声,流水声次之(占比 42.3%);对于乒乓球而言,在赛前希望听到欢快的音乐声和轻缓的音乐声的运动员人数相同(占比 46.2%),树叶声和雨声次之(皆占比 26.9%),在赛后 50.0%的运动员偏好欢快的音乐声。上述结果揭示两项声景偏好:1) 篮球运动员和羽毛球运动员在赛前偏好热闹的环境,在赛后偏好较安静的环境;乒乓球运动员在赛前偏好较安静的环境,赛后偏好较热闹的环境;2) 三类运动员群体均对流水声和树叶声的偏好度高,对鸟鸣声、雨声的偏好度低。

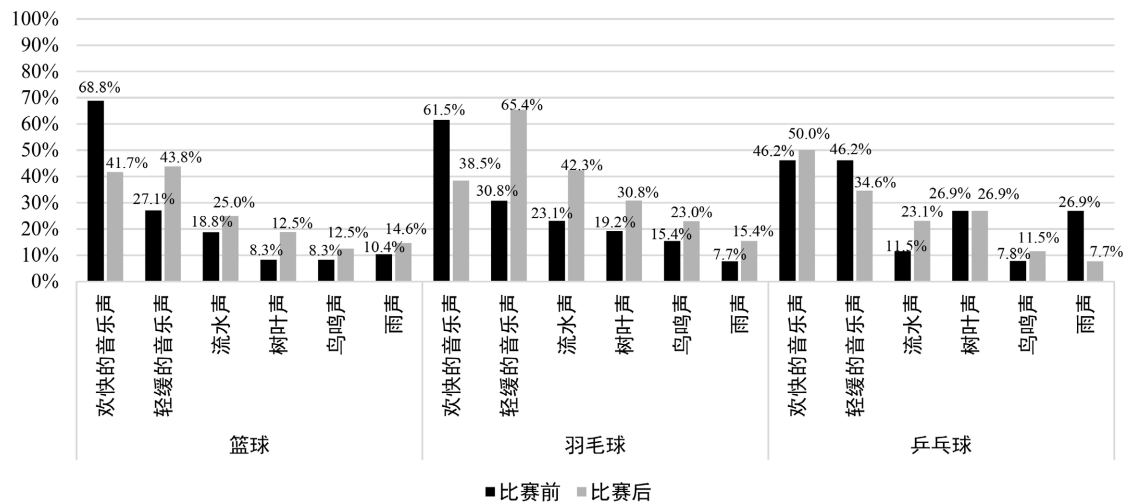


Figure 3. The soundscape preferences of different athletes
图 3. 不同运动员的声景偏好

3. 体育馆声环境优化策略

城市滨水景观中鸟叫声等自然声可以显著提升环境主观评价[12],同时亲水型声学设计能够增强环境的恢复性效益[13]。基于此,本研究(见图 4)在保留原厂房桁架结构的基础上,通过扩建改造,实现以下目标:最大化滨水界面的开放度,构建动态环绕水系,营造良好的馆内声环境。具体而言:1) 雨湖的水系将由门厅引入场馆群,串联篮球馆、羽毛球馆和乒乓球馆的赛前准备室,形成一个闭环回路。通过水景装置的自然声掩蔽效应实现噪声隔离[14]-[16],同时提升景观的自然度感知,增强人与水环境的互动,继而提升声环境的恢复效果;2) 对三个场馆进行室内音质设计,控制混响时间,降低馆内混响噪声影响。这一设计既注重生态效益,又兼顾声学优化,为场馆的功能与用户体验提供了多维度的提升。

3.1. 赛前准备室

赛前准备室是运动员从雨湖公园进入场馆的功能过渡区,通过设置合理的声环境可以帮助运动员调节状态。实验研究发现,36~40 dB 音乐声环境有利于提升专注度、缓解精神疲劳[17],有助于运动员迅速进入最佳竞技状态。本研究在赛前准备室中融入了与水系设计相结合的声景系统,精确调节声场呈现出 40 dB 的复合声场。此外,结合问卷调查结果,设计在不同的运动项目赛前准备室中实施差异化声景配置:1) 篮球馆和羽毛球馆的赛前准备室(见图 5)设置 40 dB 欢快的音乐声与流水声;2) 乒乓球馆的赛前准备室则采用 40 dB 轻缓的音乐声、雨声和树叶声。这种个性化的声景配置能够更好地满足不同运动项目运动员的心理调控需求,最大化实现赛前心理调节的效能。

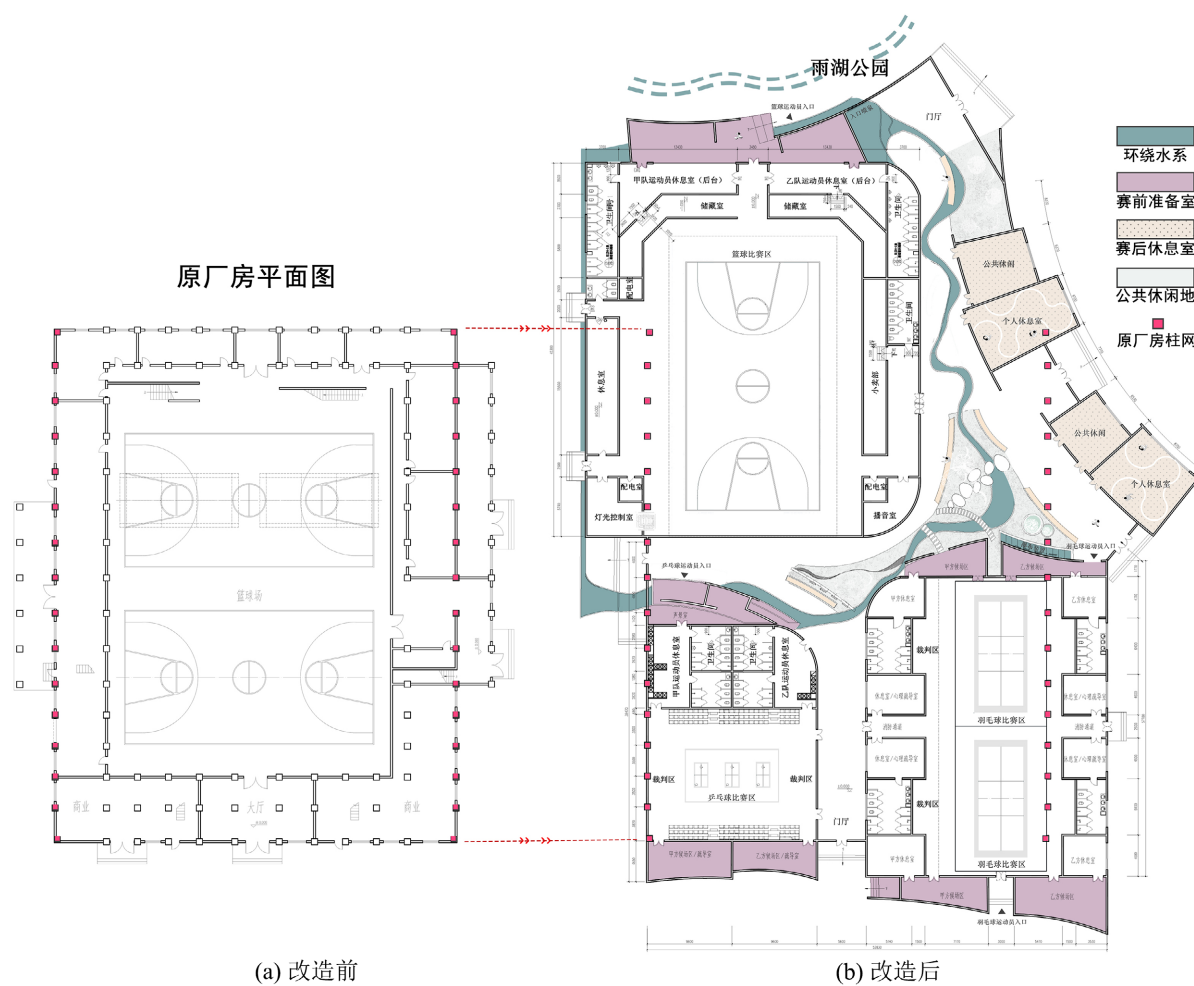


Figure 4. Gymnasium floor plan
图 4. 体育馆平面图

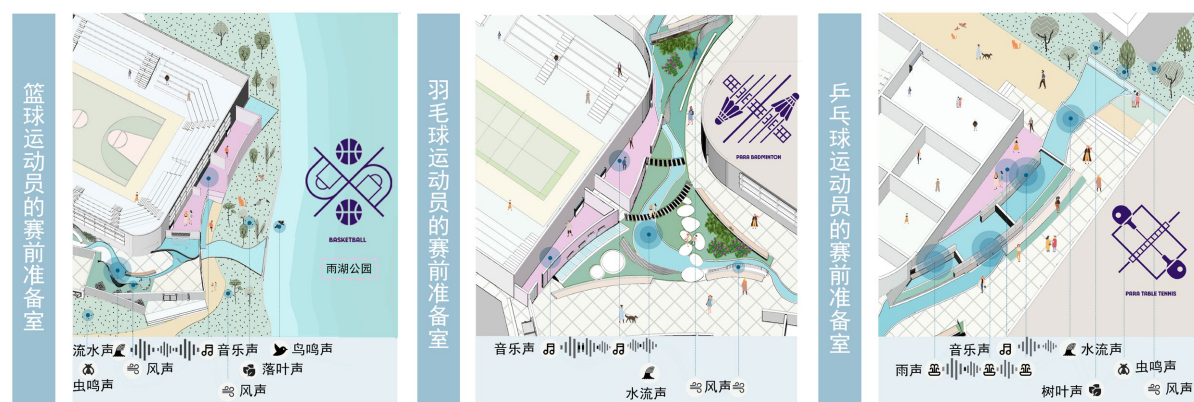


Figure 5. The preparation room before the competition
图 5. 赛前准备室

3.2. 赛后休息室

研究表明, 50 dB 的音乐声有较高的公共空间声景恢复效果[18]。在播放 45 dB (A)和 50 dB (A)的流

水声和鸟叫声状态下,运动员的注意力恢复效果和心理恢复效果显著优于安静状态,且 45 dB(A)的流水声和鸟叫声对心理状态的恢复效果最为显著[19]。再结合实地调研提取的声景元素和问卷结果中运动员对鸟叫声偏好度低、对流水声偏好度高的结果,本研究在公共休憩空间中设置 50 dB 音乐声(见图 6(a)),在个人休息室中设置 45 dB(A)流水声(见图 6(b)),以期帮助运动员在高强度训练或比赛后迅速放松身心,促进心理恢复和竞技状态的及时调整,为其最佳发挥提供心理支持。

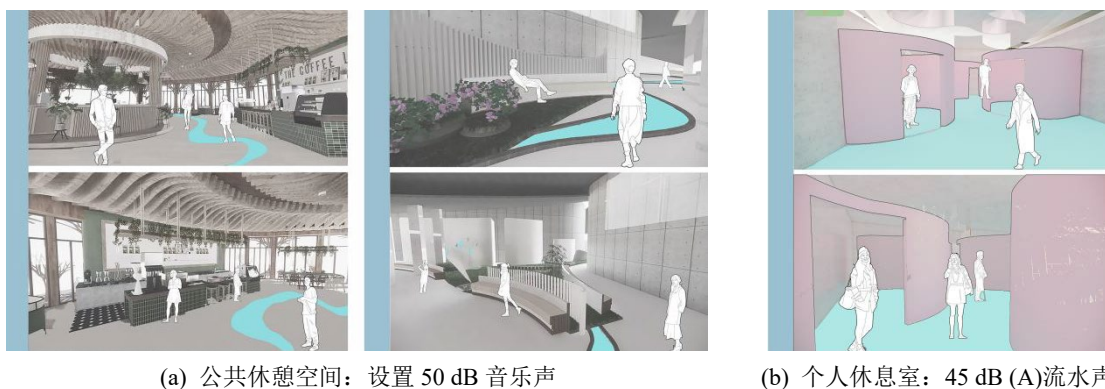


Figure 6. The post-match lounge
图 6. 赛后休息室

3.3. 运动场馆音质设计

3.3.1. 声学标准

鉴于体育馆常兼作群众集会、文艺演出等场所,其设计除需满足视觉观赏需求外,还应保障良好的听觉效果[20]。为适应多功能使用需求,体育馆声学设计需满足语言清晰度佳、声场分布均匀且避免声学缺陷等要求。混响时间(Reverberation Time, RT)作为控制室内声环境的关键声学参量,与语言清晰度密切相关[21]。

本次改造涉及篮球馆、羽毛球馆和乒乓球馆三种场地类型。各馆规模及观众席位数量如下:篮球馆容积: 15,750 m³,观众席位 864 个;羽毛球馆容积: 8213 m³,观众席位 432 个;乒乓球馆容积: 1425 m³,观众席位 132 个。根据《体育建筑设计规范》(JGJ 31-2003) [22],三类球馆容积均小于 40,000 m³,属于小型体育馆范畴。根据《体育场馆声学设计及测量规程》(JGJ/T 131-2012) [21],篮球馆和羽毛球馆的满场 RT (500 Hz~1000 Hz)宜控制在 1.0~1.4 s 之间。低频(125 Hz~250 Hz)的混响时间可适当放宽,但不宜超过中频值的 1.3 倍。鉴于专项体育馆对音质要求相对较低(主要满足简短致词、成绩通报及人名播报的清晰度即可),乒乓球馆参照游泳馆比赛厅混响时间规定值设计[21],即满场 RT (500 Hz~1000 Hz)不超过 2.0 s [21]。

3.3.2. 软件应用

本研究选取三馆中容积最大的篮球馆(见图 7(a))与最小的乒乓球馆(见图 7(b))作为典型样本,采用 Odeon 软件分析声学条件。场馆视线设计及疏散指标均满足《体育建筑设计规范》(JGJ 31-2003) [22]要求。图 7 展示篮球馆与乒乓球馆的 Odeon 声学仿真模型及声源-测点空间分布,具体包括:1) 运动区测点(R1~R3):由于房间为轴对称型且无舞台表演,测点置于与声源所在房间对角线交叉的另一条对角线上[23],距地高度 1.5 m (模拟站立时人耳高度);2) 声源定位:运动场地几何中心点,距地 1.5 m (模拟嘴巴发声高度) [24]。为了满足场馆内短混响时间(RT)和无声学缺陷的需求,场馆界面采用吸声材料与声学结构。0.7 mmh 厚镀铝锌穿孔铜板(内夹 30 mm 玻璃棉,能增强中高频吸声性能)作为馆顶、单层微穿孔板

(孔径 0.8 mm、板厚 0.5~0.8 mm、穿孔率 1%+100 mm 空腔,可增强低频吸声,耐候性强)作为场馆外墙、水性聚氨酯地坪作为人行地面,旨在控制室内混响时间的同时,提升语言传输的清晰度并降低背景噪声水平,以期达到为场馆提供优质声学环境的目的。

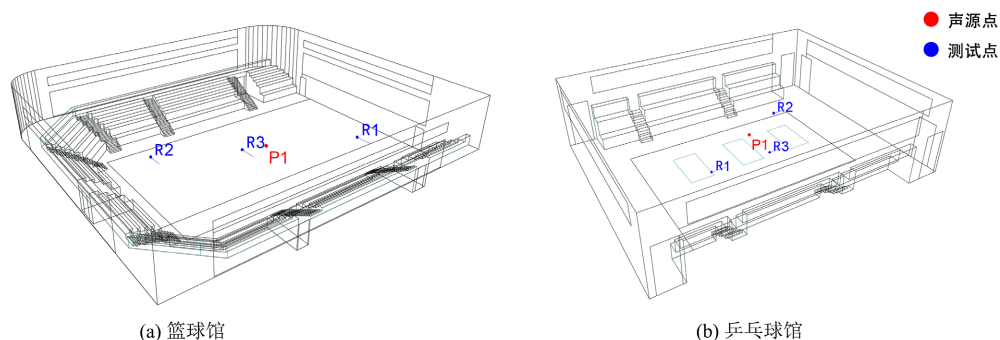
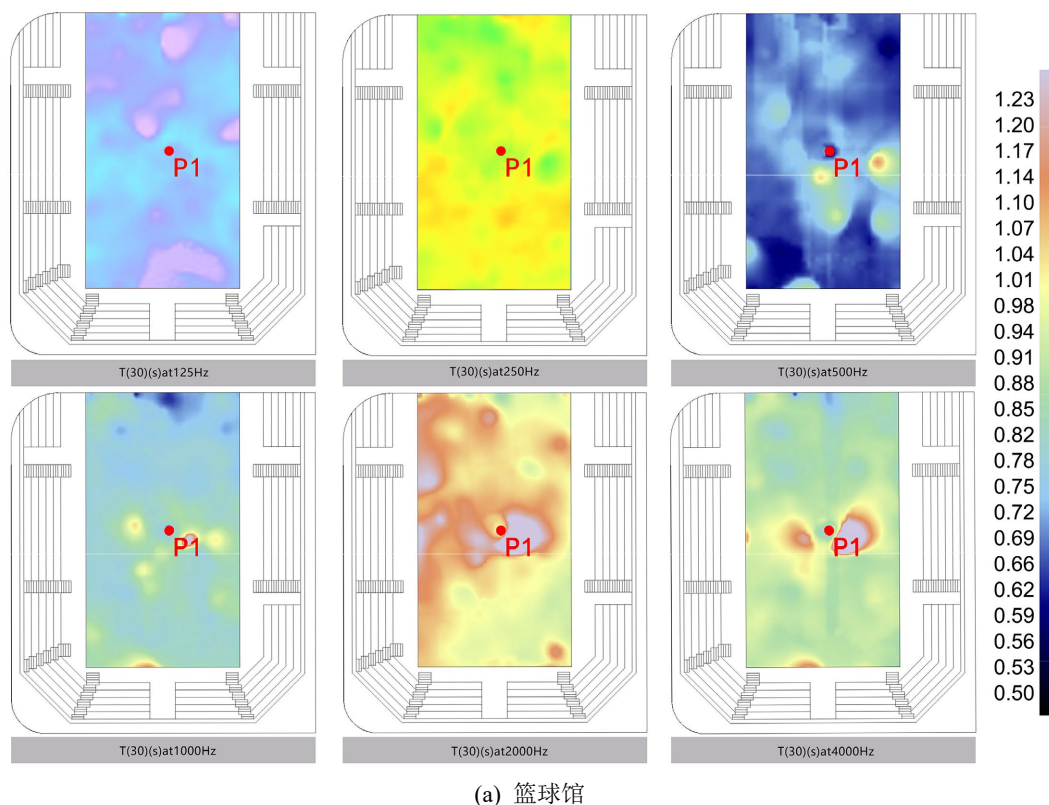


Figure 7. Distribution map of sound sources and measurement points in Odeon

图 7. Odeon 声源及测点分布图

3.3.3. 分析结果

通过声学模拟分析,篮球馆(见图 8(a))与乒乓球馆(见图 8(b))在 125 Hz 至 4000 Hz 频段内呈现出不同的混响时间分布特征。其中,篮球馆在 125 Hz 至 4000 Hz 频段内的混响时间分布介于 0.6 s 至 1.2 s 之间,各频率段的混响时间分布较为均匀;而乒乓球馆的混响时间在 0.7 s 至 1.2 s 之间,符合混响时间不超过 2.0 s 的设计要求,且在中高频(500 Hz~4000 Hz)范围内呈现出较为均匀的混响时间分布特征。通过声学优化设计后,声场分布均匀,且未出现明显的声学缺陷。



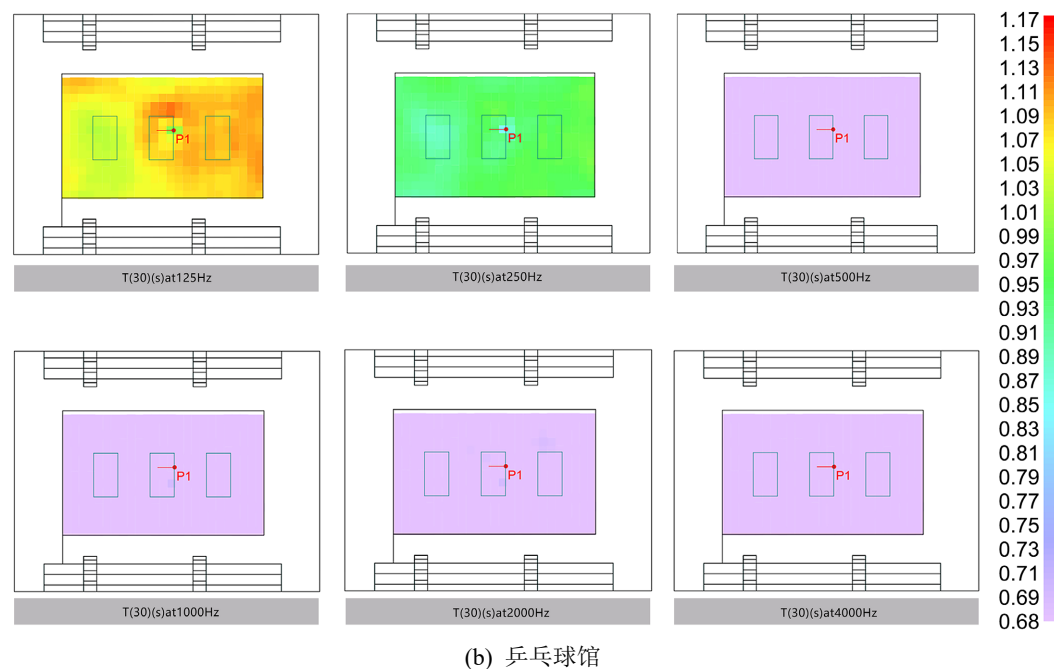


Figure 8. Distribution charts of reverberation times for two types of venues, ranging from 125 Hz to 4000 Hz
图 8. 两类球馆 125 Hz~4000 Hz 的混响时间分布图

4. 总结

本研究聚焦大学生运动员群体的声环境需求，基于调研结果，提出了一个整合性的改造方案：1) 将原有的大空间分割为三个独立的场馆，以阻断噪声干扰；2) 引入雨湖公园的自然水系，构建环绕式水景，利用自然水声的恢复性效益和掩蔽效应；3) 针对不同运动项目的赛前准备室和赛后休息室，进行差异化的声景设计(如播放特定声压级的欢快/轻缓音乐、流水声等)；4) 运用 Odeon 声学软件对改造后的篮球馆和乒乓球馆进行混响时间(RT)模拟，验证其声学环境满足设计规范。

研究的核心贡献在于将声景恢复性理论与体育馆建筑改造实践相结合，为提升运动员心理健康和活化旧建筑提供了新思路。该项成果获第三届全国大学生声景设计竞赛优秀奖。

基金项目

本研究得到湖南省社会科学成果评审委员会“乡村振兴背景下基于共情理论的湘南传统村落景观设计研究”(XSP2023YSC087)资助。

参考文献

- [1] 赵锋, 宋继新, 宋健. 国家竞技观的演进: 强种观、争光观、天下观[J]. 体育学刊, 2025, 32(1): 25-30.
- [2] 孙美荣, 李梦媛, 乐欣, 等. 基于 PERMA 模型的心理训练: 中国艺术体操队备战巴黎奥运会的启示[J]. 北京体育大学学报, 2025, 48(1): 15-24.
- [3] 朱玉洁, 翁羽西, 孙丹玫, 等. 声景对自然和城市环境恢复性效益的影响[J]. 建筑科学, 2021, 37(2): 63-69.
- [4] 胡曦, 刘建. 音乐调节与促进体能表现: 来自元分析的证据[J]. 西安体育学院学报, 2023, 40(3): 374-384.
- [5] 吕瑶. 音乐对运动疲劳产生和恢复的影响[J]. 运动精品, 2022, 41(8): 51-54.
- [6] 王郑含笑, 肖云心嫣, 唐文倩, 等. 高低知觉负载下场上惊吓和场边欢呼对运动员传球决策的影响[C]//中国心理学会. 第二十届全国心理学学术会议——心理学与国民心理健康摘要集. 2017: 830-831.

-
- [7] 张圆. 城市公共开放空间声景的恢复性效应研究[D]: [博士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016.
- [8] 康健, 马蕙, 谢辉, 等. 健康建筑声环境研究进展[J]. 科学通报, 2020, 65(4): 288-299.
- [9] 刘江, 郭渲, 洪昕晨, 等. 城市公园声景恢复性效益感知的个体影响因素研究[J]. 中国园林, 2022, 38(9): 40-45.
- [10] 孙艺纯, 孟祥庄. 城市自然式滨水空间的水声环境对人压力恢复的影响研究[J]. 山西建筑, 2024, 50(22): 1-8.
- [11] 陈名虎, 沈守云, 陈君. 资源保护、历史延续与景观重塑再生——湘潭市雨湖公园改造工程规划设计[J]. 林业科技开发, 2008, 22(1): 107-111.
- [12] 李书雅, 毕汪琴. 声元素对城市滨水景观视觉评价的影响研究[J]. 绿色科技, 2022, 24(13): 38-44.
- [13] 刘培焯. 城市蓝色空间中视听环境的康复质量影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2021.
- [14] 谢旭, 高少开. 隔声“屏障”在园林中的应用与思考[J]. 广东园林, 2013, 35(3): 32-34.
- [15] 武捷, 陆凤华, 晋美俊. 交通噪声对城市公园声环境影响研究[J]. 太原理工大学学报, 2014, 45(6): 803-806.
- [16] 何佳栖, 贾玲利, 王琰. 成都人民公园声景观时空分异性研究[J]. 华中建筑, 2022, 40(2): 53-57.
- [17] 刘超. 基于脑电技术的单因素物理环境对大学生学习表现影响作用研究[D]: [博士学位论文]. 青岛: 青岛理工大学, 2022.
- [18] 邓馨. 高层居住区公共空间声景恢复性及优化设计研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东建筑大学, 2024.
- [19] 艾祥睿, 欧达毅. 声压级大小对鸟叫声和流水声恢复性效应的影响[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 2022, 43(5): 612-618.
- [20] 孙一民. 体育馆建筑设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2021.
- [21] 体育场馆声学设计及测量规程: JGJ/T 131-2012 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [22] 体育建筑设计规范: JGJ 31-2003 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [23] 杨成龙. 基于 Odeon 声环境模拟的中小型综合体育馆比赛厅优化设计研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2023.
- [24] 室内混响时间测量规范: GB/T 50076-2013 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.