

高效绿色的全运会场馆设计研究

王逸玮, 李书宁, 李岳岩

(西安建筑科技大学 建筑学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 在当今时代发展的背景下, 体育馆建筑面临的问题主要是在比赛与平常使用的场馆利用率问题, 建筑的高效利用问题, 建筑的绿色设计问题等。本文通过对十四运渭南师范体育馆设计分析, 从建设区域的生态环境出发, 依据全运会场馆的规划设计, 内部功能的适应性及开放性, 多种软件辅助下的主被动结合的节能措施, 以及建筑结构体系的选择等方面对上述问题进行了探讨, 在探讨过程中得出了以下结论: (1)例如规划设计与地域相结合。(2)利用体育馆功能的拓展化提高建筑的利用率。(3)从建筑形态; 材料的选择。(4)基于 FLUENT 以及 DIALux 软件仿真的建筑室内通风及照明节约建筑能耗等一系列具体的解决问题的方法。本研究对相似体育馆建筑设计具有一定的借鉴意义。

关键词: 体育馆; 复合空间; 高效利用; 绿色节能; 可持续发展

中图分类号: TU986

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2021)04-0577-07

Discussion on related issues in the design of efficient and green National Games stadium

WANG Yiwei, LI Shuning, LI Yueyan

(School of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: In the context of the development of the current era, the problems faced by stadium construction are mainly in the utilization of stadiums and stadiums used in games and ordinary use, the efficient use of buildings, and the green design of buildings. This paper analyzes the design of the Weinan Normal University Gymnasium during the Fourteenth National Games, starting from the ecological environment of the construction area, based on the planning and design of the National Games venues, the adaptability and openness of internal functions, and the combination of active and passive energy-saving measures assisted by multiple software. , As well as the choice of building structure system, etc. The above issues were discussed, and the following conclusions were drawn during the discussion process: (1)For example, the combination of planning and design and region. (2) Use the expanded function of the gymnasium to increase the utilization rate of the building. (3) From the architectural form; the choice of materials. (4) Based on FLUENT and DIALux software simulation, a series of specific problem-solving methods such as building indoor ventilation and lighting to save building energy consumption. It has certain reference significance for the architectural design of similar stadiums.

Key words: gymnasium; compound space; efficient utilization; green energy saving; sustainable development

近年来, 随着我国体育事业的不断进步和全民健身活动的开展, 体育场馆的建设数量和规模有了大幅的提高和扩展, 体育场馆建设形势更加的多元化和规模化。众多学者对于体育馆的设计做出了大量的研究: 国内早期对于体育馆建筑的研究具有一定的局限性, 主要的研究范围集中在体育建筑的功能布局、建筑空间、建筑技艺、建筑结构选型以及建筑造型等方面, 例如, 梅季魁^[1]提出体育馆设计应该以动态开放的空间结构适应

人们动态的活动需求, 拓展了体育建筑与人的需求性相关的设计理论。马国馨^[2]对体育建筑的社会化产业化进行了深入研究, 并对体育馆的运行和使用状况进行了分析论证, 为体育建筑设计提供依据。罗鹏^[3]从建筑功能的角度入手, 研究体育馆功能空间的综合性与灵活性转换的问题。

同时, 研究学者对于体育馆所处地域与体育馆建筑的关系进行了研究, 林昆^[4]从体育馆建筑的规模, 功能, 投资, 技术与所处环境等角度展

开划分工作,提升了体育馆建筑建设的前瞻性与可持续性。同济大学的乐音^[5]则尝试从基于生态视角进行地域化设计,提升建筑与地域生态层面的关联性。华南理工大学孙一民^[6]提出基于城市的体育建筑设计理念;可持续的体育建筑设计策略。

国外的发达国家的体育馆建设起步较早,对体育馆的建筑的规划,空间,技术,结构都有着较为深入的探究。例如科特西格尔^[7]的《现代建筑的结构与造型》中也探讨了体育馆建筑结构与建筑造型之间的关联性;日本如服部纪和^[8]编写的《体育设施》,收集了大量不同体育设施及规模的代表性案例,对不同具有代表性的体育馆设计的各个方面加以详细阐述与总结,概括出现代体育设施的设计现代理念及其发展趋势。而在体育馆与城市的关系中,奈尔维^[9]的《建筑的艺术与技术》以罗马小体育宫设计为例,从建筑技术与艺术的角度,探究二者的关联性。LeoVandenberg^[10]在《Sports and city marketing in European cities》中对大型体育场馆与城市环境进行了案例分析与研究,认为体育馆能够体现一个城市的形象,同时推动城市公共环境的发展,具有宣传作用,城市经济文化发展离不开体育运动设施的建设。而近年来,随着绿色建筑概念的兴起,国外也将体育馆与绿色建筑结合,2006年德国世界杯提出了“碳中和”概念,2012年伦敦奥运会的“伦敦碗”,模块化的设计,赛时赛后均将建筑进行了充分利用。

基于此,本文以渭南师范体育馆设计为例,研究了西北地区的高校体育馆建筑可持续设计方式,为未来西北地区高校体育馆建筑设计提供借鉴。

1 项目概况

渭南师范大学体育馆位于渭南师范学院朝阳校区西北角,整体占地 2.18 hm^2 (32.8亩),场地呈矩形。主要用于举办第14届全运会女子篮球比赛等赛事,同时兼具学校体育教学,训练,集会等功能,平时,该体育馆主要为渭南师范学院日常的体育教学和训练服务,包含有多种训练用房,如乒乓球训练馆,篮球馆训练馆,羽毛球训练馆,排球训练馆,健身房,体质测试室和舞蹈,体操,健美操,武术等训练场馆,以及配套的卫生间,淋浴间,教室和休息室等。闲暇时可面向社会公众开放,促进全民健身体育运动的开展,扩大学

校的社会影响力。

2 体育馆的规划设计

2.1 规划设计

渭南师范学院体育馆的设计按照渭南市的规划要求,遵循现有的城市肌理,使建筑融入城市环境。设计从强化城市公共空间,提升城市节点活力入手,希望在举办大型赛事时,有更多的城市人群参与。建筑结合校园的整体环境,运用绿色建筑理念进行设计,使其成为区域文脉的标识和城市名片。

渭南师范学院体育馆位于渭南师范学院校园西侧,东临校园运动场,南临逸夫楼实验楼,北临渭南市体育馆,西临渭清路,以城市绿带相隔。

建设标志性场馆,提升场馆利用率,拓展场馆功能,在平时满足学校教学,训练,集会的功能,赛时可用于举办高水平赛事,空闲时可面对学生及社会公众开放,用于全民的强身健体以及公益性展出^[11]。

2.2 方案

建筑布局遵循现有的校园空间格局,由于体育馆与东侧原有体育场相邻,因此在两者之间设计小广场,形成学校的体育运动中心。校园东西向轴线依次贯穿田径场,室外小广场和体育馆,共同成为校园东西景观轴线上一个重要片区,以开放的形式和宽阔,丰富的景观和活动场地,提供给人们进行休息、交流和体育运动的场所。

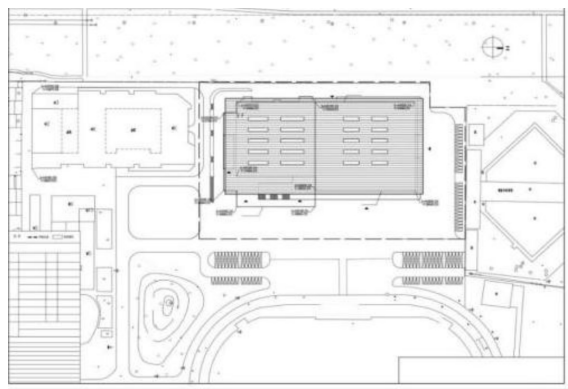


图1 渭南师范体育馆总平面布局

Fig. General layout of Weinan Normal University Gymnasium

体育馆的设计按功能分为竞赛馆,教学训练馆,和已建成的田径场,形成“两馆一场”的核心区域,成为校园的“体育运动中心”。流线型的屋面,体现体育运动的动感;舒展的形体使整体的形式显得更加稳重,大气,现代而宏伟。

体育馆的主体功能分为比赛区与训练区两部分, 北侧临近主路, 相对开阔, 北向部分作为主体的比赛场馆, 与原渭南市体育馆相呼应. 建筑的整体平面布局呈并列式布局, 建筑的比赛区与热身区分置两侧, 中间为运动员休息区, 方便联系, 热身区通过上下的两个连廊与比赛区进行有效的联系. 这种方案布局形式使得总体布局相对紧凑, 方便区域间活动的同时保留了比赛厅, 训练/热身区域的完整大空间, 有利于打造通用性空间, 也与场地东侧的体育场形成呼应, 方便形成

集散广场, 保证建筑中人流的疏散.

体育馆功能以平时教学训练和举办比赛为两项主要功能, 适宜的尺度及丰富的外部公共空间使建筑与周边室外空间有了多层次, 便利的联系. 为了满足达到各个场馆的便利性, 人员快速疏散及赛时不同人员流线分离的要求, 方案设计了多个建筑入口, 兼顾不同使用时的要求. 主要出入口设置在建筑的主立面, 凸显与其他疏散出入口的设计, 竞赛管和训练馆分别有出入口, 使得流线清晰并且主次有别.

表 1 场馆功能与位置分布图

Tab. 1 Function and location distribution map of stadiums

场馆名称	比赛期	训练期	所处位置
比赛馆	篮球比赛馆、可用于排球、羽毛球、乒乓球比赛布置	主要作为羽毛球训练场所, 可作篮球、乒乓球、排球、网球、训练布置, 另可作为展览, 集会	一楼比赛区
训练馆	用于篮球训练场地	用作篮球训练场地, 可做乒乓球训练场地布置	一楼训练区
乒乓球馆	球员休息室	专用乒乓球馆	一楼南侧
健身馆	部分分隔作为新闻媒体区	体质测试室, 健身馆	二楼南侧
综合体操馆	预留发展用房	体操, 舞蹈, 健美操	三楼南侧

2.3 分析

2.3.1 功能适应性分析

由于高校体育馆需要兼顾比赛与教学, 课余活动, 国内的体育馆普遍进行场馆的多功能化考虑, 为了保证建筑可以被充分利用, 因此, 在进行了建筑内部功能排布的基础上, 对于比赛场地, 训练场地以及辅助用房等区域需要进行灵活的适应性设计.

先在比赛场地中, 根据不同的体育活动所需要的场地大小及模数, 将原先设定的主用于举办篮球比赛的比赛场地, 其净高与场地尺寸可同时满足篮球, 网球, 羽毛球, 排球等主流的球类运动, 如现有的标准的篮球场地, 在只考虑场地尺寸的兼容性条件下, 也可以布置一个标准的排球场地, 或是一个标准的室内网球场; 4 个标准羽毛球场地等比赛场地的布置, 丰富了场地的功能选项, 较大程度的考虑了场地的适应性条件.

其次对与比赛场地周边的观众看台, 也进行了针对其使用空间设计的考虑: 观众看台下的空间大部分可以进行使用, 但在净高为 2.5 m 以下的空间并不能进行有效使用, 若全部布置为固定看台会使得空间被极大的浪费, 因此为了争取看台下有更多的有效使用空间, 一方面将固定看台底部抬高至 2.5 m, 另一方面将净高 2.5 m 以下的看台区域由固定坐席换为活动坐席. 这样的布置可以有效的减少观众席占用的面积, 在非赛时可将活动坐席区域进

行拆除, 扩大场地的使用面积, 将场地用于容纳更多的学生及群众进行活动锻炼, 增加场馆的使用率的同时也可以增加场馆的经济效益.

由于需要增加建筑空间的利用效率, 因此对于建筑中的附属用房也需要进行灵活转换, 首先根据附属用房的使用属性分为赛时赛后无法进行功能转化的不可空间与可以进行功能转化得到可变空间. 对于可变空间, 需要进行充分利用, 例如将赛时的贵宾室改为赛后的会议室等, 针对不可变空间进行集中布置, 并通过统一的模数进行设置, 使其在方便管理的同时降低建造成本.

对于建筑南侧区域的训练馆来说, 在满足主要的运动功能要求后, 需要尽量运用复合设计来使得空间使用率最大化. 例如紧挨训练馆的乒乓球馆, 在日常时其大空间可以布置乒乓球桌以作为乒乓球训练使用, 而在“赛时”由于休息区域的不足, 可以将乒乓球馆通过轻质板材进行分隔, 灵活的根据赛时需要划分为运动员休息区域, 满足“赛时”需求. 同理, 二层的体质测试室, 健身馆同样也是大开间的设计, 平时服务于学生的体质监测与健身需求, 在赛时, 利用轻质板材将其部分区域分隔为新闻媒体区, 满足特定赛事的直播需求. 三层的综合体操馆本身即是一个开放的大空间, 为日常的体操, 武术等项目的训练场所, 赛时则可作为比赛预留发展用房进行布置, 为建筑后期的改造以及赛事需求预留了空间, 满足建

筑的可持续发展理念.

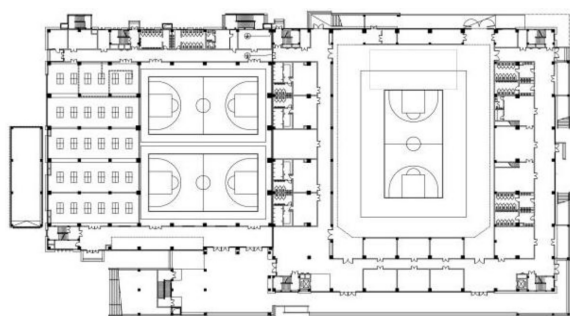


图2 一层平面图

Fig. 2 First floor plan

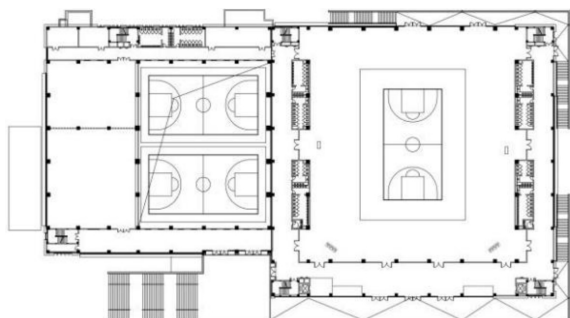


图3 二层平面图

Fig. 3 Second floor plan

2.3.2 赛后利用及全民健身

渭南师范学院体育馆的设计充分的考虑了大型赛事后场馆的改造和日常运营,非赛时的体育场馆不仅可以将体育馆内部的空间及器材免费提供于市民使用,同时结合人文理念,还可以将场馆与策划展览相结合,将体育馆作为展览会的举办区域及展览区域,努力推动全民健身的发展的同时,丰富城市人民的精神生活.

2.3.3 基于降低建筑能耗的建筑技术利用

绿色建筑是当今建筑发展的趋势,近年来,国家对于绿色建筑的发展大力扶持,希望建设资源节约型社会.而渭南师范学院体育馆响应了这种号召,选择适宜建筑的理性营造,通过主被动结合的方式降低建筑的能耗,达到节约资源的目的.



图4 渭南师范体育馆效果图

Fig. 4 Effect Picture of Weinan Normal Gymnasium

2.3.4 平赛转换的空间利用

在大型赛事活动举办时,应全面满足体育赛事的需求,保障各种功能用房的使用要求和赛事的顺利进行.由于需要兼顾比赛,教学,训练和师生的课余活动,所以国内高校的体育馆普遍进行场馆的多功能化考虑.为了保证建筑可以被充分利用,建筑内部功能布局的基础上,对于比赛场地,训练场地以及辅助用房等区域进行了灵活的适应性设计,使体育馆能够高效的运行^[12].

2.3.5 结构体系的选择

体育馆的屋顶结构对建筑的造型以及节能方面都有着重要的影响,不同于其他体育馆建筑所采取的单一结构形式的结合方式,渭南师范学院体育馆采用了钢筋混凝土主体结构与空间钢结构屋盖的结合方式,体育馆主体采用了钢筋混凝土结构,满足建筑的支撑要求,同时在屋顶设计钢结构屋盖,实现了建筑上方流动的屋盖的形象.这种结构体系不仅满足了建筑的形式与空间要求,也有效的控制了建筑的容积,降低了建筑的建造成本与能耗^[13].



图5 屋顶结构体系1

Fig. 5 Roof structure system 1



图6 屋顶结构体系2

Fig. 6 Roof structure system 2

2.3.6 主动,被动式结合的节能措施

为了实现建筑的绿色高效的目标,渭南师范学院体育馆从平面布局,建筑的自然通风采光,保温材料的选择,节能设备的优化等方面入手,更多得依靠建筑自身的优化设计所采用的被动式

节能措施实现建筑的绿色节能的目标^[14]。

在钢结构屋盖设计的基础上引入了天窗的设计, 利用 12 条长条形带状天窗引入自然光源, 同时增加了漫反射光罩, 使得光源均匀漫反射到室内, 防止眩光。立面开窗从侧面引入光线, 通过屋顶与立面的开窗使得建筑在阳光充足的白天可以拥有良好的自然光照条件, 足够满足日常的室内训练而无需借助人造照明。比赛期间也可降低对于人工光源的依赖程度, 从而减少能源消耗并降低场馆的日常使用成本^[15]。

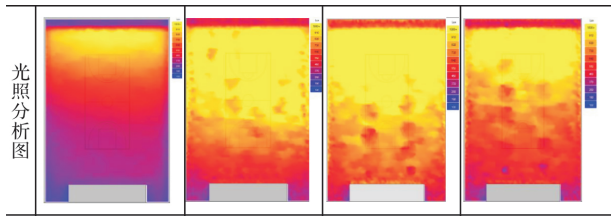


图 7 屋顶结构体系 2

Fig. 7 Roof structure system 2

建筑采用南北向的布置方式, 契合了渭南地区的主导风向, 场馆的四周与屋顶设置有自然通风管窗, 有效的将自然风通入室内, 促进室内的空气流通。同时, 座椅下方也设置有排风口, 促进了整体建筑内部的空气流通, 使观众观赛热回收装置, 体验更加舒适。篮球比赛厅, 赛前热身馆空调采用组合式空调机组带热回收装置, 热回收效率超 60%, 组合式空调机组可以实现过渡季节全新风。

表 2 不同材质屋顶传热系数对比

Tab. 2 Comparison of heat transfer coefficient of different material roofs

试件 编号	材料	热阻/ ($\text{m}^2 \cdot$ K/W)	传热阻/ ($\text{m}^2 \cdot$ K/W)	传热系数/ ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot$ K)
1	加气混凝土砌块	3.692	3.842	0.260
2	混凝土砌块	2.783	2.933	0.341
3	页岩空心砌块	3.021	3.171	0.315
4	页岩多孔砌块	3.067	3.217	0.311

渭南属于寒冷地区, 因此在进行墙体材料的选择时模拟冬季的温度使用状况进行分析, 在进行充分的对比试验后得出加气混凝土块具有良好的热工性能, 拥有良好的保温隔热性能, 最终建筑采用 200 厚加气混凝土和 60 厚玻璃棉板的组合, 使建筑墙体拥有了良好的保温隔热性能, 节约了资源^[16]。

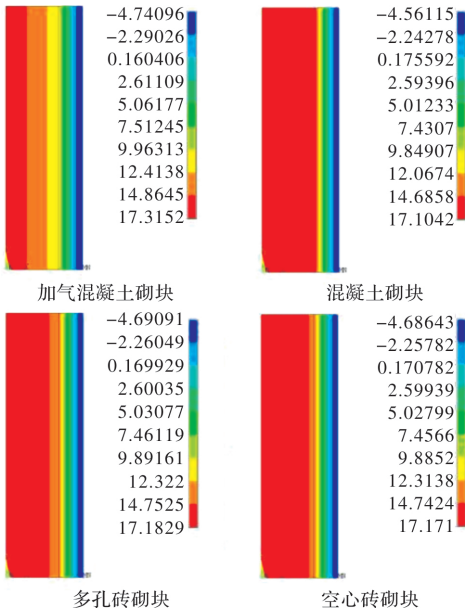


图 8 屋顶结构体系 2

Fig. 8 Roof structure system 2

2.3.7 基于多种软件的辅助设计

渭南师范学院体育馆在设计中运用计算机辅助设计软件 sketchup 对建筑的形体进行推敲, 确定出最佳的建筑形态, 同时使用流体热力分析软件 phoenics 对建筑的风性能进行整体评估, 从而优化建筑的形体设计。



图 9 墙壁自然通风管

Fig. 9 Wall natural ventilation pipe



图 10 保温隔热墙体

Fig. 10 Thermal insulation wall

2.3.8 使用评价调研

在渭南师范学院体育馆投入使用后, 对于场

馆的使用者进行问卷调查,调研在场馆的实际使用中,使用者对于场馆总体布局的满意度以及场馆内的功能适应性的满意度进行数据整理与分析。可以看出在目前运行的阶段,使用者对于场馆的周边的交通便利性以及建筑在校园中的可达性均有很高的评价。

在功能适应性方面,使用者对于建筑赛时的活动坐席,建筑功能布局等方面有着很高的评价;非赛时的建筑内部比赛场地也有着较高的利用率,用以进行体育活动或展览等文娱活动,拓展了场馆的使用功能并提升了利用率。

同时,在经过一段时间的使用后,甲方也对体育馆给予了高度评价:场馆在经过了一段时间

的比赛及对外开放的使用后,整体使用体验良好,建筑整体布局紧凑,满足了赛时运动员比赛需求以及观众的观赛体验,流线布置合理,方便运动员进行赛前准备以及媒体观众等有序入场。设置的赛后布置也提升了非赛时的场馆使用率。例如公益活动的举办,市民体验等活动也给学校带来了更多的活力与机遇,也成为了学校与外界沟通的桥梁。场馆的整体采光以及通风效果良好,并未出现夏季闷热冬季寒冷的情况,获得了使用者的一致好评。建筑造型现代简约,体现出城市特点的同时与校园内建筑相辅相成,作为学校的新地标建筑,带动了周边环境,体现出了学校蓬勃向上的精神。

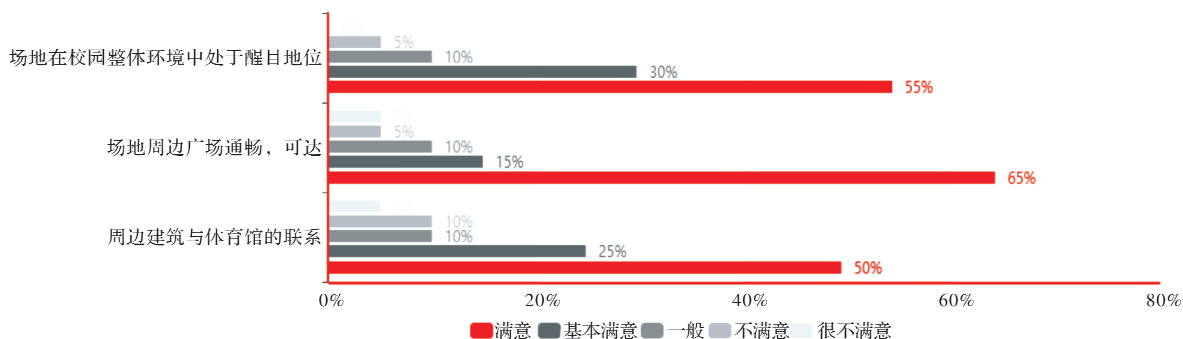


图 10 功能适应性满意度

Fig. 10 Functional adaptability satisfaction

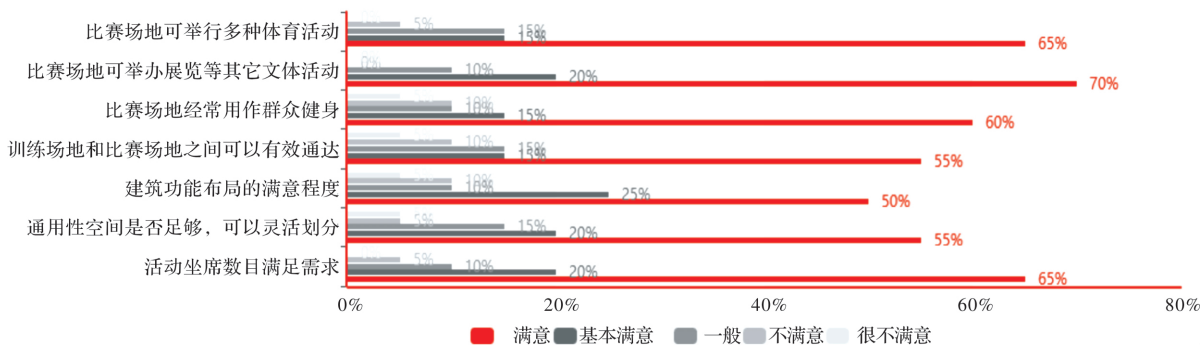


图 11 总体布局满意度

Fig. 11 Overall layout satisfaction

3 结语

新时期下的体育馆设计应该与所处地域相结合,通过开放场馆等方式在形态和功能上与城市相融合。渭南师范学院体育馆的建设地点位于高校,其建筑环境及使用人群类型相对比较固定,赛后的使用主要是日常的体育教学,训练,集会和课余活动。在平赛结合上要处理好平面功能的转换问题,既要满足大型赛事的要求,又要保证平时使用的便利流畅,做到不浪费一间房间。

体育馆功能的拓展化也是未来建筑发展趋势

的体现,在体育馆使用体验提升的基础上,赛后体育馆也可承担更多的活动,这些活动的参与,也可提高场馆的整体利用率^[13]。城市中的体育馆建筑还应与城市相关联的商业业态进行结合,并加入运动公园等元素带动周边,增强城市活力,从而实现场馆及周边共同的可持续发展^[17]。

降低建筑的能耗资源也是渭南师范学院体育馆设计的重点,渭南师范学院体育馆的设计采用被动式节能措施和主动式节能措施相结合的方式,主要通过建筑的平面布局,结构选型,自然光的运用,增加自然通风,建筑节能材料的选用和设

备优化等来减少建筑的能耗^[18-19]。以期对未来西北地区高校体育馆建筑设计提供一定的借鉴意义。

参考文献 References

- [1] 梅季魁. 现代体育馆建筑设计[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社, 1999.
MEI Jikui. Architectural Design of Modern Gymnasium[M]. Haerbin: Heilongjiang Science and Technology Press, 1999.
- [2] 马国馨. 社会化产业化的体育及体育设施[J]. 世界建筑, 1999(3):16-22.
MA Guoxin. Socialized Industrialization of Sports and Sports Facilities[J]. World Architecture, 1999(3):16-22.
- [3] 梅季魁, 罗鹏. 高校体育馆设计思辨:大连理工大学体育馆设计[J]. 建筑学报, 2004(2):48-51.
MEI jikui, LUO Peng. College gymnasium speculative design: design of Dalian university of technology gymnasium[J]. Architecture, 2004(2): 48-51.
- [4] 林昆. 公共体育建筑策划研究[D]. 广州:华南理工大学, 2011.
LIN Kun. Research on Public Sports Architecture Planning[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011.
- [5] 乐音. 当代体育建筑生态化整体设计研究[D]. 上海:同济大学, 2005.
YUE yin. Research on the ecological overall design of contemporary sports buildings [D]. Shanghai: Tongji University, 2005.
- [6] 孙一民. 体育场馆的“营”与“建”[J]. 建筑学报, 2019(5):39-42.
SUN Yimin. The "camp" and "construction" of stadiums[J]. Journal of Architecture, 2019(5):39-42.
- [7] 西格尔 C, 咸莹犀. 现代建筑的结构与造型[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1981.
SIEGEL C, XIAN Yingxi. The structure and shape of modern architecture [M]. Beijing: China Building Industry Press, 1981.
- [8] 服部纪和. 体育设施[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2004.
HATTORI Jihe. Sports facilities [M]. Beijing: China Construction Industry Press, 2004.
- [9] 奈尔维 P L. 建筑的艺术与技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1981.
NERVI P L. The art and technology of architecture[M]. Beijing: China Construction Industry Press, 1981.
- [10] BERG L V D. Sports and City Marketing in European Cities [M]. Aldershot: Ashgate Publishing, 2002: 56-57.
- [11] 黄皓山. 中山大学珠海校区体育馆建筑设计[J]. 新建筑, 2019(2):140-143.
HUANG Haoshan. Architectural design of the stadium of Zhuhai Campus of Sun Yat-sen University[J]. New Architecture, 2019(2):140-143.
- [12] 吴琼, 孙晓婧. 高校体育馆建筑设计要点研究[J]. 建筑. 建材. 装饰, 2017(12):230.
WU Qiong, SUN Xiaojing. Research on the main points of the architectural design of college gymnasiums [J]. Architecture. Building materials. Decoration, 2017(12):230.
- [13] 陆诗亮, 初晓, 魏志平. 大连市体育中心体育馆建筑设计[J]. 建筑学报, 2013(10):70-71.
LU Shiliang, CHU Xiao, WEI Zhiping. Architectural design of Dalian Sports Center Gymnasium[J]. Architecture Journal, 2013(10):70-71.
- [14] 董英涛, 蔡国良. 浅析生态人文理念在体育馆建筑设计中的应用[J]. 中外建筑, 2015(3):121-124.
DONG Yingtao, CAI Guoliang. Analysis of the application of ecological and humanistic concepts in the architectural design of gymnasiums[J]. Chinese and Foreign Architecture, 2015(3):121-124.
- [15] FLOURENTZOU Flourentzos, PANTET Samuel, RITZ Katia. Design and performance of controlled natural ventilation in school gymnasiums[J]. International Journal of Ventilation, 2017(4):112-123.
- [16] MA Binqi, WANG Dewei. The Analysis and Optimal Design for Thermal Environment of Gymnasium[J]. Advanced Materials Research, 2012(1):3682-3687.
- [17] LIU Ying, YU Ge, ZHENG Saiwei. Gymnasium Natural Light Environment Optimization Design Oriented by Environment-behavior Studies[J]. Advanced Materials Research, 2013, 831:223-227.
- [18] QIN Yang, ZHU Zhongyi, KE Changhua. National Gymnasium, Beijing Olympics: structural design of the roof[J]. The Structural Engineer 2007 (22): 12-25, 29.
- [19] 樊可. 体育建筑创作中的结构形态分析[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2007(2): 245-248, 253.
FAN Ke. Analysis of structural form in the creation of sports buildings[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech. (Natural Science Edition), 2007(2): 245-248, 253.

(编辑 桂智刚)