

基于可再生能源利用的西北地区幼儿园设计策略研究 ——以 2020 年台达杯建筑设计竞赛获奖方案为例

李 涛^{1,2}, 陈兆哲¹, 梁 瑞¹, 郑 涛¹

(1. 西安建筑科技大学 建筑学院, 陕西 西安 710055; 2. 西安建筑科技大学 建筑学博士后科研流动站, 陕西 西安 710055)

摘要: 以 2020 年“台达杯”国际太阳能建筑设计竞赛获奖方案为例, 通过分析新疆地区气候和文化特征, 利用现代建筑设计手法转译传统空间形式, 同时将可再生能源利用有机融入建筑方案设计, 使用模拟软件分析光环境、风环境对幼儿园的影响并优化建筑空间布局和形态, 结合兼具各种被动太阳房特点的柑橘太阳能利用模式(Orange Mode)和其他可再生能源利用手段, 探讨基于可再生能源利用的西北地区幼儿园设计方法和策略, 为西北地区地域性建筑设计及可再生能源在建筑中的利用提供参考。

关键词: 可再生能源利用; 西北地区; 地域适应性; 幼儿园设计

中图分类号: TU244.1

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2021)06-0955-08

Research on green kindergarten design in Northwest China based on renewable energy utilization: Taking the award scheme of 2020 Delta Cup international solar building design competition as an example

LI Tao^{1,2}, CHEN Zhaozhe¹, LIANG Rui¹, ZHENG Tao¹

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

2. School of Architecture, Postdoctoral Research Station of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: Taking the award-winning scheme of the 2020 "Delta Cup" international solar building design competition as an example, this paper analyzes the climate and cultural characteristics of Xinjiang region, and uses modern architectural design techniques to translate traditional space forms. At the same time, the utilization of renewable energy is organically integrated into architectural scheme design, and simulation software is used to analyze the influence of light environment and wind environment on kindergarten and optimize the spatial layout and form of the buildings. By means of orange mode with the characteristics of various passive solar houses and other renewable energy utilization methods, this paper discusses the methods and strategies of green kindergarten design in Northwest China, which can provide reference for regional green building design in Northwest China and the utilization of renewable energy in buildings.

Key words: renewable energy utilization; Northwest China; regional adaptability; kindergarten design

建筑领域的“开源”——可再生能源利用和“节流”——建筑本体节能减排对实现“双碳”目标起到关键作用。而位于建筑行业“最前端”的建筑师群体, 能否在建筑创作中树立节能减排的观念意识, 主动运用建筑本体的节能减排设计策略和可再生能源利用手段, 营造适应地域气候、富有文化特征、舒适高效的空间环境, 对于整个建筑行业实现“零碳化”具有举足轻重的地位^[1]。国外发达国家

幼儿教育建筑的“零碳化”研究起步较早并且提出了如 LEED-School、BREEAM-Education 等绿色建筑评价体系, 甚至一些欧洲国家已经朝着零能耗建筑方向迈进。而我国绿色幼儿园建筑设计研究仍处于起步阶段。陈光滔^[2]、苏墨^[3]分别从建筑规划设计、单体设计、设备使用、新能源利用几个方面综合分析了影响幼儿园建筑节能减排的因素, 并结合实际案例, 提出了绿色幼儿园建筑

收稿日期: 2021-05-13

修改稿日期: 2021-11-09

基金项目: 国家重点研发计划基金项目(2019YFE0106200); 国家自然科学基金青年基金项目(51708439); 中国博士后科学基金面上项目(2019M663647)

第一作者: 李 涛(1984—), 男, 博士, 副教授, 国家一级注册建筑师, 主要从事地域性绿色建筑设计研究。E-mail: 182171912@qq.com

设计的方法和策略。葛贵诚^[4]综合分析了重庆地区地域和气候特征,提出了针对该地区幼儿园建筑的适宜性节能技术和资源利用措施。任瑞雪^[5]通过调研梳理岭南地区幼儿园建筑存在的问题,使用案例分析、软件模拟等方法,从布局规划、建筑单体、环保策略等方面提出了适应岭南地区的绿色幼儿园建筑优化设计策略。通过对国内外绿色幼儿园建筑设计资料的对比分析可以看出,应该针对不同地区的气候、经济和文化背景进行研究。我国西北地区太阳能、风能等可再生能源丰富,民族文化和宗教信仰多元,经济发展相对滞后,建筑设计面对着与东部地区截然不同的资源条件和使用需求,决不能盲目套用发达地区的经验模式和常规做法。现有研究结合西北地区的可再生能源条件提出了适用西北村镇的建筑热环境设计参数、建筑热工节能设计方法、低成本被动节能关键技术、高效可再生能源供暖全链条优化设计方法^[6],但是总体来说对西北地区幼教建筑的绿色设计理论和方法的研究还十分匮乏。本文通过对笔者团队2020年台达杯国际太阳能建筑设计竞赛获奖方案设计思路的梳理,探讨如何在西北地区利用可再生能源、气候资源和地域文化特征下的绿色幼儿园设计策略和方法,为西北地区地域性绿色建筑设计与可再生能源利用提供参考和借鉴。

1 项目基本情况分析

2020年台达杯国际太阳能竞赛以“阳光·稚梦”为主题,宗旨在于贯彻落实国家推动城镇住区幼儿园建设、补齐农村学前教育短板政策,将生态、绿色理念融入学前教育中^[7],力求通过优化建筑设计,利用太阳能等可再生能源技术,打造绿色、低碳、童趣的幼儿园。项目场地位于新疆巴音郭楞州和静县巴伦台镇布热斯台地区,为新疆生产建设兵团某师某团牧场所在地,要求在用地范围内设计一座包含了寄宿幼儿园、牧场服务中心和配套用房的综合性建筑,总建筑面积不超过2200 m²,需要充分考虑当地的气候特点和自然环境,结合当地建筑特色和材料,以及不同建筑的用能特征,解决冬季保温采暖和夏季遮阳通风等问题,合理应用主、被动太阳能技术及其他可再生能源技术。

1.1 气候特征分析

项目所在地区位于新疆巴音郭楞州和静县,属于温带大陆性气候,海拔较高,昼夜温差大,冬季寒冷漫长,春季解冻慢,风多,夏秋天气凉

爽,年平均气温5.7℃,无霜期131 d,年降水量111~289 mm,主要集中在6~9月,季节性分布不均匀,境内水资源丰富。通过气候分析软件CLIMATE CONSULTANT生成的焓湿图(图1)分析可知:主要被动式设计策略的排序为:采暖和加湿(48.3%)、室内加热(20.6%)、被动式太阳能利用(13.9%)、遮阳(10.8%)、二次蒸发降温(8.7%)。因此冬季的采暖、得热和夏季的遮阳、通风是建筑设计优先考虑的问题。同时该地区太阳能资源丰富,年太阳辐射总量5629~6562 MJ/m²,年日照时数2768.7~3103.2 h^[8],丰富的太阳能资源给被动式和主动式太阳能技术利用和降低建筑能耗创造了有利条件。该地区的四季风向和最佳朝向见图2所示。

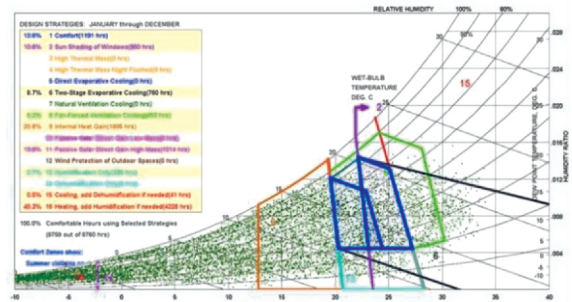


图1 新疆巴州和静县焓湿图

Fig. 1 Psychrometric chart of Hejing County, Bayingolin Prefecture, Xinjiang

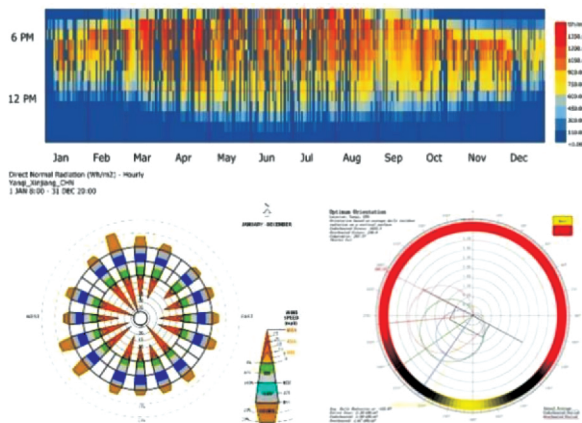


图2 新疆巴州和静县气候特征

Fig. 2 Climatic characteristics of Hejing County, Bayingolin Prefecture, Xinjiang

1.2 人文特征分析

项目所在的巴音布鲁克蒙古自治州属于多民族聚居区,蒙古族人口最多,蒙古族自古以来形成了以游牧为主、逐水草而居的生活方式。蒙古族最具代表性的传统建筑为蒙古包,平面布局自由,单体平面为圆形,成圆锥状向上收缩,上

面的顶毡可根据室内明亮度的需求随意调节,有利于建筑的通风与采光,其流线型的形体可以最大限度的减少对风的阻力^[9]。此外,受藏传佛教的影响,当地寺庙中有大量的五彩经幡和柱廊等形式的气候缓冲空间。根据文献调研数据^[10]显示,当地蒙古族儿童 67% 为留守儿童,家庭教育的缺失和地方教育资源的限制是当地存在的普遍社会问题(图 3)。因此在建筑设计中不但要考虑地域民族文化特色,同时要给予学龄前儿童以人文关怀。



图 3 人文特征

Fig. 3 Humanistic characteristics

1.3 场地特征分析

项目场地位于山谷之中的小平原地区,周边为牧场,视野开阔,景色优美,临近一处村落。场地内部平整,由西侧村道进入,场地上的现状房屋破旧,基础设施较差,供电和通讯极不稳定,缺少垃圾回收系统和排水设施,缺少活动场地(图 4)。

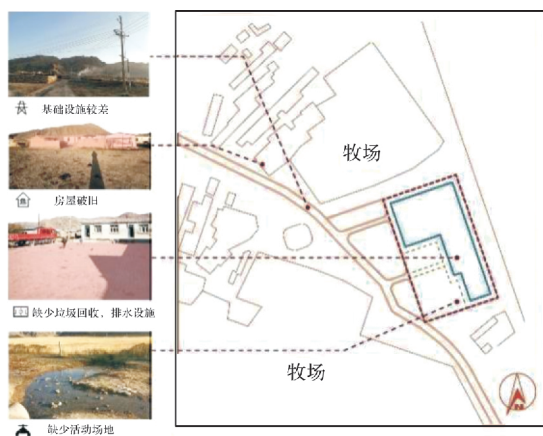


图 4 场地现状条件分析

Fig. 4 Analysis of current site conditions

因此在设计中不但要为牧民和儿童合理规划室外活动场地,提供满足功能需求的幼儿园和服务中心,同时也要考虑场地的现状基础设施较差的客观条件,在设计中充分利用可再生能源,减少对环境排放和污染。

基于以上分析,提出“自然-本土-人文”的建筑

设计基本原则:(1)尊重场地自然环境,最大化地利用当地的气候资源与可再生能源,降低对环境的影响,营造与自然和谐共生的建筑;(2)采用本土化的建筑设计策略,在造价有限的前提下尽可能地采用被动式、高效率的低技术手段解决问题;(3)充分考虑当地少数民族的地域文化特征以及牧民和儿童的行为心理需求,创造利于儿童身心健康发展的幼儿园建筑及活动场地。

2 项目可再生能源利用分析

2.1 场地设计与整体布局

建筑整体的生成逻辑如图 5 所示。场地边界为不规则的“L”型,为了适应当地寒冷的冬季气候和场地边界,采用了“L”型体量形成一个整体的布局,减小了建筑的体型系数,使得建筑能够有机地融入周围的自然环境。考虑冬季主导风向,在建筑的西北侧和东北侧采用封闭的界面,减少冬季冷风渗透,而在面向夏季主导风西南风的一侧采用较为开敞的建筑界面,加强自然通风以及建筑内部空间与南侧场地的联系。建筑的主要功能房间以“村落”的方式紧凑有机地置入“L”型体量当中,在主要房间的屋顶上布置太阳能集热板,在主要功能房间的南侧设置内院,加强主要房间南向的被动式太阳能利用和采光,同时这种内向式的院落能够防止风沙的侵袭。采用可上人的大屋顶将主要功能房间连接为一个整体,一方面在主要功能房间之间形成了遮阳廊、阳光厅等大量的“气候缓冲空间”,另一方面屋顶平台为牧民儿童提供了可自由玩耍的大面积公共活动空间。在牧民活动中心和幼儿园之间以及幼儿园最东侧设置连接庭院和屋顶平台的垂直交通和游戏空间,在“气候缓冲空间”的顶部设置一系列的“天窗”增强室内采光。最终形成了包括主要功能房间、庭院、屋顶活动平台、气候缓冲空间、游戏空间等在内的一系列不同功能、多层次的空间体系,以应对当地的气候特征、文化特征和使用需求。

在设计前期使用 Phoenics 软件对场地的冬季风环境进行模拟,首先在前、后、高度分别大于 3 倍建筑高度的空间构建风场模型,场地风向设置为东北风,风速为 3.5 m/s,选择标准 k-ε 湍流模型进行模拟。接着按照当地实际的风环境情况设定参数,最终选取 1.5 m 人行高度截面的风速模拟结果值进行比对。根据《绿色建筑评价标准》^[11]

规定“建筑物周围人行风速小于 5 m/s 较为舒适. 从场地风环境模拟结果可以看出, 平均风速接近室外舒适风速 1.5 m/s, 在寒冷的冬季确保了较舒适的室外风环境, 在夏季又有良好的通风效果. 此外, 儿童活动场地中漩涡区明显减少, 为儿童的活动营造了良好的空间(图 6).

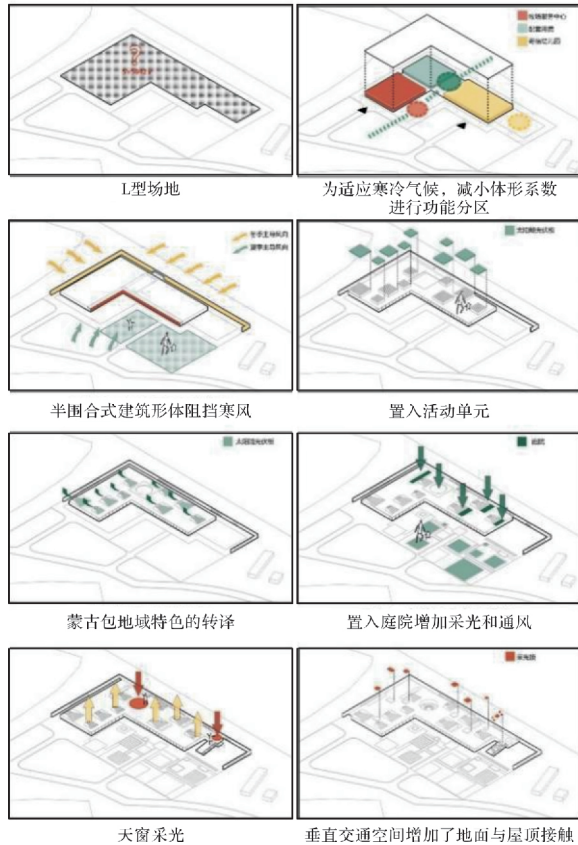


图 5 场地设计与整体布局

Fig. 5 Site design and overall layout

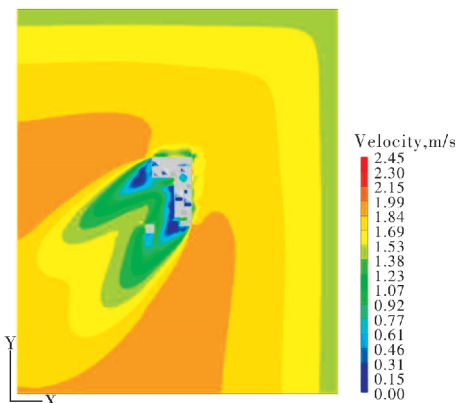


图 6 场地风环境模拟

Fig. 6 Simulation of site wind environment

2.2 幼儿活动单元设计

幼儿活动单元转译自当地蒙古包的基本建筑形式, 方形平面内部为跃层空间, 底层为活动室, 顶部夹层为儿童卧室, 能够更好地适应现代的建筑

模式以及内部布局. 建筑形式采用了逐渐上收的空间, 由圆锥体转换为四个坡面向内聚拢, 顶部设置天窗, 这种逐渐上收的建筑形式可以利用热压通风的原理改善室内空气环境品质, 同时天窗优化的活动单元内部的自然采光. 建筑形体的四个坡面具有不同的功能, 南向坡面布置太阳能集热板, 同时为了争取南向最佳的朝向, 坡面的面积增大, 获得更多的太阳能资源. 北坡面或西坡面垂直于屋面, 使牧民与儿童获得进入屋顶活动的权利, 便与自然接触; 东坡面斜率减小, 使儿童获得攀爬、游玩等体验, 使得儿童能够在室内不同场所之间自由转换, 形成类似“游牧”的空间体验. 建筑利用采光筒、采光天窗及南向庭院提高室内空间的自然采光面积, 减少白天照明的能源消耗. 通过建筑单元的天窗控制房间采光, 夏季太阳高度角较高, 为了避免阳光直射, 利用弧形顶面, 使阳光经过漫反射进入室内. 冬季利用南向玻璃窗获得低高度角的大面积阳光, 同样从天窗获得经过漫反射的阳光. 通过基于 Grasshopper 平台的 Ladybug + Honeybee 参数化性能模拟插件对建筑单元采光的模拟, 首先使用 Rhino 建立活动单元的三维模型并导入 Grasshopper 中, 接着在 Energy Plus 官网^[12]下载当地典型年的气象数据并在 Ladybug 中加载数据, 在时间设置上挑选春分、夏至、秋分和冬至四个时间节点, 并分别对活动单元一天中不同时间段的室内采光进行模拟, 最终通过不断调节活动单元屋顶倾斜角度与天窗位置, 使得建筑在四个季节均可获得良好的采光. 此外, 通过 PHOENICS 软件对建筑单元通风的模拟, 逐上收缩的形体使建筑具有良好的拔风效果, 而夹层的寝室部分处于无风区, 反映了建筑单元通风设计的合理性(图 7).

2.3 OM 太阳能技术应用

OM 太阳能技术属于被动式太阳房技术, 它兼具了各种被动式太阳房的特点, 形成了特有的太阳能利用模式(Orange Mode, 也称柑橘模式)^[13]. OM 太阳能技术以低成本的建设, 利用太阳能光热转化, 做到“低技术”与“高技术”的融合, 该技术特别适合低层建筑和昼夜温差大的气候区. OM 太阳能技术不必使用一般的空调设备, 但是在建筑设计阶段就要考虑对太阳能的利用.

在本方案中充分结合 OM 太阳能技术进行幼儿园功能用房设计, 在主要功能用房的顶部设置

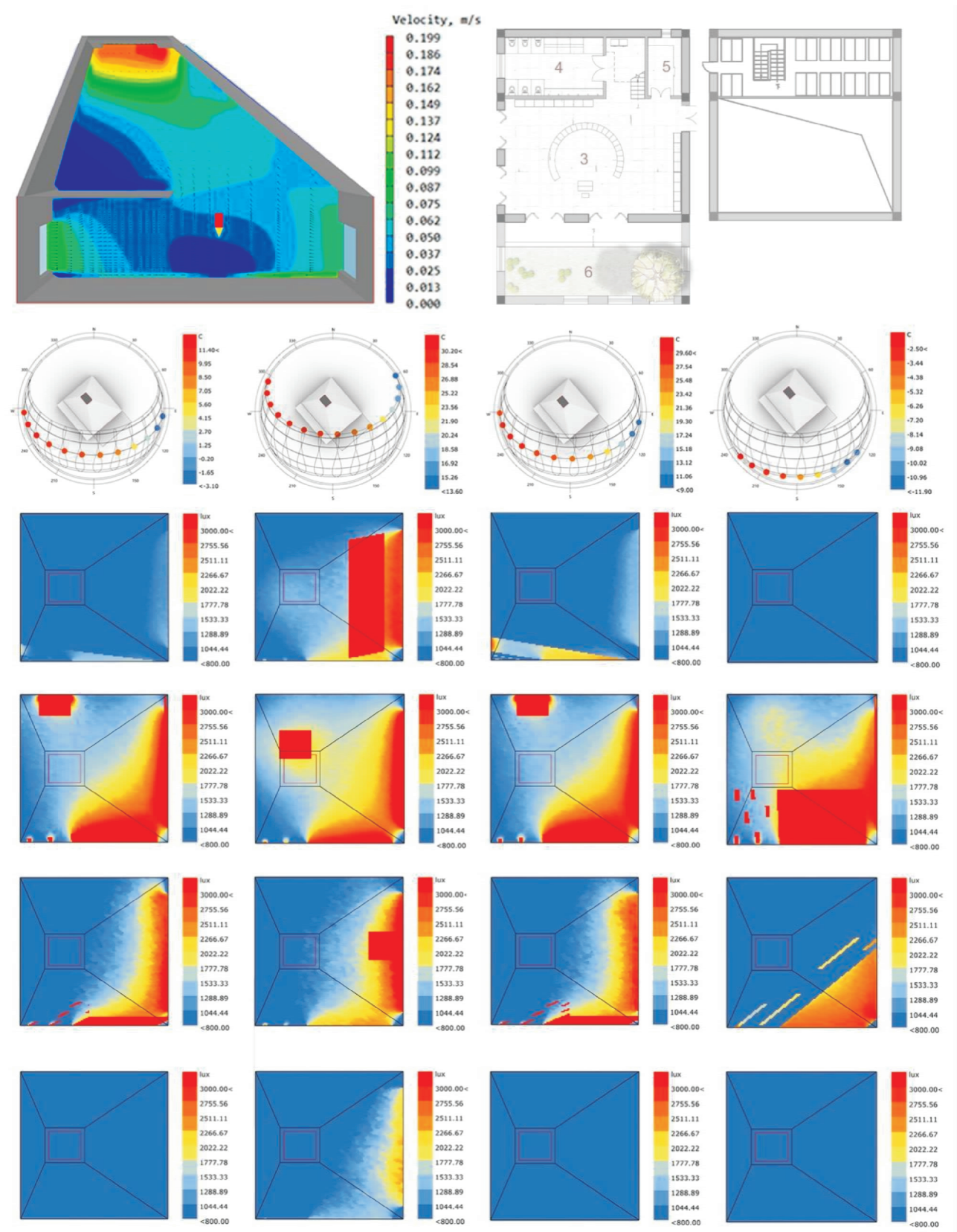


图 7 幼儿活动单元性能优化设计

Fig. 7 Performance optimization design of activity unit

屋面空气夹层, 在屋顶南向布置太阳能集热板, 结合顶部的天窗设置 OM 控制箱, 地板设置送风静压箱, 地基中设置蓄热混凝土层。在冬季, 白

天空气从活动单元的屋檐底部进入, 被屋面吸收的太阳能加热, 在顶板空腔里收集热空气, 再通过 OM 控制箱中的风机提供动力, 在地板下送风

静压箱进行热气流的收集, 最终经由房间两侧的出风口送入房间. 加热后的空气一面加热底基层中的混凝土层, 一面流入房间内部. 此时蓄热混凝土不停吸收空气中的热量, 夜晚室外温度降低, 蓄热混凝土层开始向房间内缓慢放出热量, 使整个房间的温度从地板下开始升高. 在夏季, 屋面

空气夹层可以形成一个隔热层, 一方面可以利用 OM 控制箱生产的热水对幼儿园进行热水供应, 另一方面可以通过 OM 处理箱把余热排出活动单元, 隔热层的存在可以使房间内维持在相对较低的温度(图 8).

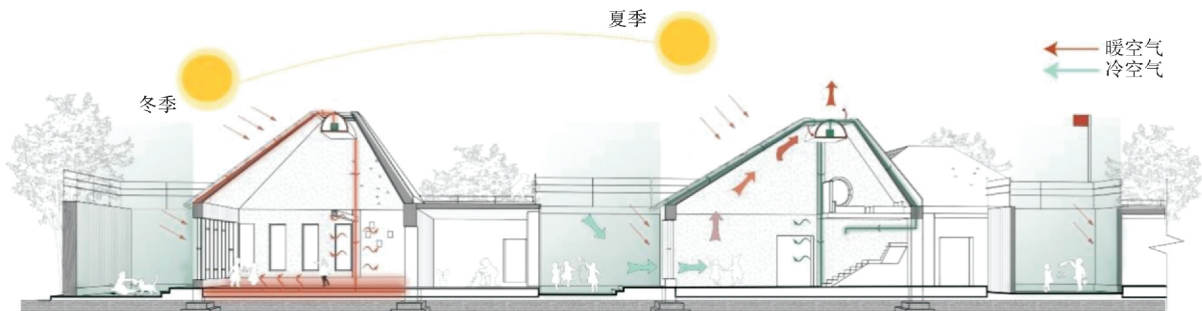


图 8 OM 太阳能技术在主要功能房间中的运行

Fig. 8 Operation of OM solar energy technology in main function room

总的来说, OM 太阳能技术在幼儿园设计中的应用具有以下优点: 首先, 在减少能源消耗的前提下能够提升室内空间环境品质, 有利于儿童的身体健康; 其次, 同时能够通过全馆暖房、换气暖房、终日暖房、间接暖房、低温暖房等不同模式的切换, 营造差异化的室内温湿度环境; 再次, 能够减少碳排放, 据测算, 东京使用 OM 太阳技术的住宅相比于使用前每年的碳排放下降了 $453\text{ kg/a}^{[13]}$, 起到了很好的节能减排效果.

2.4 材料选择与构造设计

对于仅靠周期波动的太阳辐射采暖的建筑, 建筑的蓄热材料是最为关键的. 为了保证建筑具有足够的热质, 建筑使用当地常见的夯土材料为原型, 通过“厚重”的结构体系作为建筑热放热的材料. 为达到保温隔热效果, 结合当地生土建筑的建筑材料, 考虑建筑的墙体统一采用 500 mm 现代夯土砖砌筑. 现代夯土砖中粘土和沙石的比例可根据建筑砌块的热工性能要求进行配比, 且足够满足当地的抗震等级和强度要求(图 9). 在现代夯土砖的制作中, 过程简单, 造价较低, 砌筑过程只需要插入钢筋来加强填充墙强度, 适宜当地的经济现状和工人的施工技术, 同时也减少了生产过程中的碳排放.

此外, 在幼儿园活动单元的墙体构造中引入特朗勃墙构造, 特朗勃墙是一种依靠墙体独特的构造设计, 无机械动力、无传统能源消耗、仅依靠被动式收集太阳能为建筑供暖的即热墙体, 其工作原理属于空气格层的温室效应, 同时具有良

好的蓄热作用, 充分展现西北建筑的地域特色的同时也为西北地区绿色建筑的设计提供了新的选择.

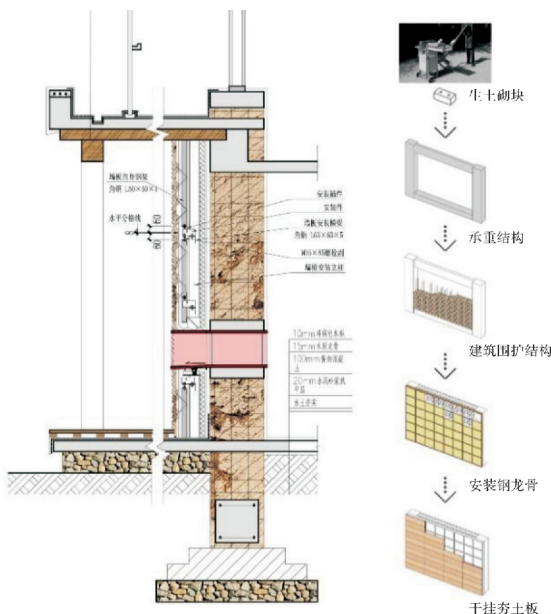


图 9 墙体构造与建造过程

Fig. 9 Wall structure and construction process

3 西北地区幼儿园设计的可再生能源利用策略

西北地区尤其是像新疆这种少数民族聚居区和经济欠发达地区的幼儿园建筑还存在着与东部地区较大的差距, 然而在这样的地区却拥有非常丰富的可再生能源. 因此, 西北地区独特的气候条件和丰富的可再生能源为该地区的幼儿园设计带来了新的课题与挑战. 通过本次方案设计可总

结出西北地区幼儿园设计的可再生能源利用策略:

3.1 紧凑形体和围合式布局

西北地区大风等极端天气多发,昼夜温差变化大,在新疆局部地区昼夜温差甚至可以达到 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[14]。因此,在幼儿园设计时应充分考虑建筑的气候适应性,总体布局宜采用密集紧凑的建筑形体和内向围合式,将幼儿园的活动单元等主要使用空间紧凑地组织在一起,从而能够减少建筑的体系系数,降低冬季对外的热量损失并减少夏季热量进入;宜采用围合式的建筑布局,借鉴当地传统民居外封内敞的空间模式,在建筑中间的适当部位设置内院,引入自然采光和通风,建筑尽量朝向内院开口,减少朝向外围开口面积,通过紧凑形体和围合布局抵御风沙等不利天气的影响,营造适宜儿童活动的公共空间和微气候环境。

3.2 多层次的气候缓冲空间

为了应对西北地区温度变化大、太阳辐射强度大等气候特点,不宜将幼儿园作为一个封闭的整体单元考虑,宜在建筑中设置门厅、阳光廊、遮阳廊等多层次气候缓冲空间。在新疆地区就可以通过上述几种气候缓冲空间弱化室内外气候条件的反差,从而给使用者带来良好的使用体验。通过这种方式使得建筑与外部环境不是直接的联系,而是通过这一系列气候缓冲空间形成过渡,减少气候对主要空间的环境影响,同时这种多层次的气候缓冲空间使得不同空间的热环境能够分时分区控制,减少建筑的整体能耗。此外,这些气候缓冲空间在极端气候时为儿童提供了不同层次的活动场所,使他们能够根据热需求转移式活动,形成西北地区“应时而迁”的独特空间行为模式。

3.3 利用热压通风与天然采光的剖面设计

由于采用内向封闭式的建筑布局,建筑内部空间的采光和通风变得尤为重要。在设计的过程中可以将当地传统民居或者公共建筑中利用热压通风和天然采光合理组织剖面设计的方法继承转译,合理设置进出风口和采光口,通过自然通风和采光改善建筑内部的空气环境质量和光环境品质,从而达到节省人工照明和空调能耗的目的,同时自然通风和采光也有利于儿童的身心健康发展。在采光通风设计时要结合幼儿园的使用功能考虑,比如增加公共活动区域的通风和采光量,减少睡眠区的通风和采光量,以符合儿童行为活

动对采光通风的需求。

3.4 优先考虑被动式太阳能利用

新疆地区太阳能资源十分丰富,是我国仅次于青藏高原的太阳能富集区,全年和昼夜温差大、太阳日照时间长的特点为被动式太阳能利用提供了充分的条件。可结合直接受益式太阳房、附加阳光间、特朗博墙、OM太阳能等技术原理进行幼儿园空间和构造设计。比如将活动单元与直接受益式太阳房结合、南向交通廊道与附加阳光间结合等。设计中需要注意幼儿园布局尽量朝南,增加活动单元南向开窗面积,在窗户内部设置蓄热体等,通过这些手段能够有效降低西北地区幼儿园建筑的冬季采暖能耗,但同时也要注意这些空间的夏季遮阳设计,否则会引起夏季过热的现象^[15]。

3.5 保温蓄热的墙体构造

生土材料作为新疆传统建筑中大量采用的墙体材料,具有极好的保温隔热和蓄热能力,能够有效地延缓昼夜温差,然而生土材料却具有抗震性能差、防水性弱、占用空间大等缺陷。在现代建筑的设计建造过程中,应该将传统材料的优点得以继承。因此,在墙体材料的选取上宜采用改良的新型生土材料,或选用保温蓄热性能好的现代材料和构造(如高性能保温棉、相变蓄热材料、保温空腔等)。通过这些材料构造的使用提升围护结构的保温隔热能力,同时利用外饰面材料的色彩、质感与当地传统文化建立联系,形成符合西北地域特征的建筑形象。

4 结语

本设计方案在充分尊重西北地区自然气候和传统建筑智慧的基础上,合理运用可再生能源和被动式绿色技术,利用了多种绿色建筑模拟分析软件优化和完善设计方案,同时尝试探索和总结出在西北地区幼儿园建筑设计中可再生能源利用策略和方法:采用紧凑形体减小体形系数;设置多层次的气候缓冲空间分时分区控制建筑热环境;利用被动式通风与天然采光改善建筑室内采光通风;结合被动式太阳能技术降低采暖能耗;选择保温蓄热的墙体构造提升建筑保温性能。在全社会致力于实现“双碳”目标的今天,探索适合西北地区气候条件、资源禀赋和文化特征的地域性绿色建筑设计,对于西部建筑行业的节能减排具有

显著的意义,而在进行绿色建筑设计的过程中,我们同样不能忽视对西部地区文化特征和弱势群体的关注,地域性绿色建筑最终应该达成技术与人文之间的协调统一。本方案在2020年台达杯国际太阳能建筑设计竞赛中获得了三等奖。

参考文献 References

- [1] 刘加平,谭良斌,何泉. 建筑创作中的节能设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
LIU Jiaping, TAN Liangbin, HE Quan. energy-saving design in architectural creation[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009
- [2] 陈光滔. 幼儿园建筑的低碳设计策略与技术[D]. 杭州:浙江工业大学,2011.
CHEN Guangtao. Low-carbon design strategies and technologies of kindergarten building[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology,2011.
- [3] 苏墨. 幼儿园建筑的生态设计方法初探[D]. 长沙:中南大学,2006.
SU Mo. Preliminary study on the ecological design method of kindergarten building[D]. Changsha: Central South University,2006.
- [4] 葛贵诚. 基于适宜性建筑节能技术的幼儿园设计研究初探[D]. 重庆:重庆大学,2015.
GE Guicheng. Study on the design of kindergarten based on appropriate energy-saving technology [D]. Chongqing:Chongqing University,2015.
- [5] 任瑞雪. 岭南地区幼儿园绿色设计策略[D]. 广州:华南理工大学,2019.
REN Ruixue. Green design strategies of kindergartens in lingnan[D]. Guangzhou:South China University of Technology,2019.
- [6] 刘艳峰,王莹莹,王登甲,等. 西北村镇建筑热环境提升与能源高效利用关键技术及应用[J]. 暖通空调,2021, 51(8):1-6,43.
LIU Yanfeng, WANG Yingying, WANG Dengjia, et al. Key technologies and applications for building thermal environment improvement and energy efficiency in northwest villages and towns[J]. HVAC, 2021, 51 (8): 1-6,43.
- [7] "阳光·稚梦"勾勒闽新低碳童趣幼儿园——"2020 台达杯国际太阳能建筑设计竞赛"在京云启动[J]. 太阳能,2020(4):79-80.
"2020 Delta Cup International solar Building design competition" was launched online in Beijng[J]. Solar energy. 2020(4):79-80.
- [8] 中国气象局,清华大学. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.
China Meteorological Administration, Tsinghua University. Special meteorological data set for building thermal environment analysis in China[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2007.
- [9] 陈震东. 新疆民居[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
CHEN Zhendong. Xinjiang folk house[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009.
- [10] 伊力特. 浅析少数民族地区留守儿童教育现状[J]. 教育革新. 2017(1):16.
YI lite. Analysis of the education status of left-behind children in minority areas[J]. Educational Innovation. 2017(1):16.
- [11] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 绿色建筑评价标准:GB/T 50378-2019[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2019.
Ministry of Housing and Urban-Rural development of the People's Republic of China. Green building evaluation standard:GB/T 50378-2019 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2019.
- [12] The U. S. department of energy[EB/OL]. (2021-9-1) [2020-04-15] <https://www.energyplus.net/weather>
- [13] 李勇. OM 太阳能住宅综述[J]. 制冷与空调(四川), 2009,23(2):106-108,62.
LI Yong. Summery of OM solar energy house[J]. Refrigeration and Air conditioning (Sichuan). 2009,23 (2):106-108,62.
- [14] 阿不都热西提·阿吉,王时样. 喀什市志[Z]. 新疆:新疆人民出版社,2002:43-45
ABDURIXITI Aji, WANG Shiyang. Kashgar city history [Z]. Xinjiang: Xinjiang People' s Publishing House, 2002: 43-45.
- [15] 李涛,梁瑞. 喀什传统民居与新式民居夏季热环境对比研究[J]. 干旱区资源与环境,2021,35(5):56-62.
LI Tao, LIANG Rui. A comparative study of summer thermal environment between traditional and modern residential buildings in Kashgar[J]. Resources and Environment in Arid Area, 2021,35 (5): 56-62.

(编辑 吴海西 沈 波)