

旧工业建筑绿色化改造设计探析

——以兰州市木器厂装配车间为例

毕晓莉, 徐杨杨, 张顺尧

(兰州理工大学设计艺术学院, 兰州 730050)

摘要: 随着城市经济发展和产业结构调整,大量旧工业建筑因失去生产功能而被废弃和闲置。认识旧工业建筑与城市更新的关系,研究其绿色化改造设计更新方法,已经成为我国城市建设中需要面对的新问题。依据旧工业建筑绿色化改造设计策略,结合兰州市寒旱地区气候特点,以兰州市木器厂装配车间为例,从室外微气候优化、内部功能置换、维护结构节能改造、废旧工业元素保留四个角度入手,进行绿色化改造设计。以 Ecotect、CFD 软件计算对比装配车间改造设计前后的风环境、光环境、热环境,对绿色化改造设计成效进行验证,进而探索适宜兰州市的旧工业建筑绿色化改造设计策略。

关键词: 旧工业建筑; 绿色化改造; 设计策略; 物理环境

中图分类号: TU2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-7237(2020)01-0115-07

Analysis on Green Renovation Design of Old Industrial Buildings: Taking the Assembly Workshop of Lanzhou Wood Workshop as an Example

BI Xiao-li, XU Yang-yang, ZHANG Shun-yao

(School of Design and Art, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: With the development of urban economy and the adjustment of industrial structure, lots of old industrial buildings have been abandoned and idle because of the loss of production function. Understanding the relationship between old industrial buildings and urban renewal, and researching the green renovation design and renewal methods have become new issues in urban construction in China. According to the design strategy of green transformation of old industrial buildings and the climate characteristics of cold and arid areas in Lanzhou City, taking the assembly workshop of Lanzhou Woodware Factory as an example, the green transformation design is carried out from four angles, including the outdoor microclimate optimization, internal function replacement, energy-saving transformation of maintenance structure, and preservation of waste industrial elements. Comparing the wind environment, light environment and thermal environment before and after the renovation design of assembly workshop with the calculation of Ecotect and CFD software, the effect of green renovation design is verified, and then the green renovation design strategy of old industrial buildings suitable for Lanzhou City is explored.

Keywords: old industrial buildings; green renovation; design strategy; physical environment

0 引言

我国旧工业建筑改造设计自 20 世纪 80 年代才开始起步,进入 90 年代,随着城市产业结构的优化升级、城市空间结构的变化,工业企业陆续迁出市区,从

而遗留下大量的旧工业建筑。过去我国通常采取“推倒式”的拆除重建方式对旧工业建筑加以处理,但是由此会导致严重的建筑资源浪费,并且还会带来一系列的经济问题和生态问题。在西方发达国家,旧工业建筑的绿色化改造设计已经逐步进入成熟时期。我国针对此类问题的研究起步较晚,较国外而言尚有较

大的差距。随着城市产业结构的大调整、可持续发展的实施和对绿色建筑追求,旧工业建筑绿色化改造作为一种绿色可再生模式亟待开发和研究^[1]。兰州市是新中国成立后重点布点建设的老工业基地之一,其工业体系完备,已成为我国石化、冶金、有色金属和装备制造的重要基地。然而,随着城市经济的逐渐转型,“退二进三”政策的实施,兰州市许多企业、工厂正在面临关、转、并、停的局面,出现了大量的闲置旧工业建筑。以兰州市木器厂装配车间为研究案例,探索兰州市旧工业建筑绿色化改造设计策略,对重塑城市历史文脉、推动社会经济、改善人居环境和促进建筑领域的可持续发展具有重要的推动作用。

1 旧工业建筑绿色化改造设计策略

旧工业建筑绿色化改造设计可运用适宜的绿色建筑技术手段将既有旧建筑改造成绿色生态的节能型建筑。改造后的建筑能够实现与大自然的能量循环,同时与周边环境和谐共生。例如首钢二型厂从室外场地优化、室内空间功能改造、维护结构节能设计、可再生能源利用等方面入手进行绿色化改造设计,赋予旧工业建筑新生命。德国维斯马老港口区厂房改造设计结合当地气候特征以及港口文化特质,从室内外绿色生态空间营造、被动式节能技术的运用、空间改扩建、废旧资源利用等方式进行旧工业建筑绿色化改造,对旧工业建筑进行“活化”,重新投入使用。

通过对国内外旧工业建筑绿色化改造设计案例的研究,进而提出旧工业建筑绿色化改造设计策略。

1.1 气候适宜性策略

气候特征是旧工业建筑绿色化改造设计重要的影响因素,结合当地气候条件、要素、特征提出适宜性的改造设计策略以及相应的技术方法,达到改造设计后节能与舒适统一的目的。运用适宜的绿色建筑技术,减少气候环境对建筑绿色节能性的不利影响,进而降低建筑运行能耗。同时,对室外微气候以及室内热环境、热舒适度进行调节。

1.2 保留与改造设计结合策略

旧工业建筑绿色化改造设计首先应该考虑的是“保留”,即在改造设计的过程中最大限度地保留旧工业建筑的历史价值,尽可能地减少对原有旧工业建筑历史风貌的影响。旧工业建筑原有的结构体系、立面形态、空间布局、废旧工业元素都带有深深的历史韵味和工业印记,应采取“以留为主,以拆为辅”的原则,通过对结构加固、立面表皮整饬、空间功能置换、废旧工业元素易位再用等方式延长建筑寿命,具有资源循环、绿色环保的意义。改造设计既能激发老工业建筑和旧场所的记忆,又能反映其更新演变的历史过程。

1.3 室外场地微气候提升设计策略

室外微气候是指建筑室外靠近地表的温度、湿度和新风量,直接受阳光和室外风场的影响,同时对建筑能耗和室内舒适度有很大影响。良好的室外微气候可以大大降低空调采暖的能耗,提高建筑的热舒适度^[2]。室外场地微气候可通过合理的绿化配置,地面铺装的替换来以及室外风场的改良进行提升优化。从绿化配置角度来看,植物有喜阴性、喜阳性和中性之分,可通过分析场地特定时间段的太阳辐射情况,以此为依据分喜阴植物区、喜阳植物区和中性植物区进行合理的绿化配置,从而达到降噪、遮阴、降低太阳辐射的目的。将地面铺装替换成绿色环保、透水性较好的铺装,可有效控制地表径流系数,缓解排水系统压力并且调节室外地面温度和湿度,进而调节室外微气候。此外,亦可通过分析室外风场,合理配置乔木和灌木,对夏季风流进行引导,对冬季冷风进行阻挡,从而实现室外微气候的优化。

1.4 内部空间物理环境优化设计策略

内部空间的声、光、热、风物理环境的优化在旧工业建筑绿色化改造设计中是一个重点。对声环境的优化可从控制噪声的产生与传播入手。选择低噪声的建筑设备,加强维护管理。其次,提高维护结构的隔声性能入手,可在墙体内侧、天花处铺设吸声材料,降低噪声传播,确保改造设计后的功能空间满足对声环境的要求。在保持旧工业建筑工业化建筑风格的基础上,通过在立面上新开设窗洞,形成比较合适的窗墙比,调节室内的采光,从而满足对应功能空间对采光系数要求。热环境的优化可通过围护结构包括墙体、地坪、屋顶、门窗等构造部位合理的节能改造,提升维护结构保温隔热性能来实现。此外,冬季充分利用太阳辐射,从而降低采暖能耗,夏季充分利用自然通风的利用,调节室内温度,亦是改善室内热环境的重要手段。风环境的改善主要依靠增大室外风力造成的风压和室内外空气温度差形成的热压,形成自然通风,使得建筑室内外进行空气交换。可利用旧工业建筑进深以及面宽相对较大的优势,通过加建风井、风塔或者中庭形成热压,来实现室内空间的自然通风。

1.5 围护结构节能设计策略

外围护结构是形成建筑物冷热负荷的主要组成部分,改善围护结构的热工性能是旧工业建筑绿色化改造的重点,主要包括外墙和屋面保温隔热性能的提升。对外墙进行保温隔热性能的提升主要通过选择墙体的保温构造,包括内保温和外保温。在选择内保温或者外保温构造做法时,应注意保留旧工业建筑原有砖墙的历史韵味,尽可能不影响旧工业建筑原有的

旧工业建筑风貌和历史文脉,达到整体统一。在屋面改造设计中,可以采用保温性能好的材料对屋面进行改造,并采取屋面保温构造措施。降低屋面的导热系数,确保改造设计后的外墙和屋面的传热系数满足《公共建筑节能设计标准》的规定。另外,在增加保温层的过程中,必须考虑附加材料或构件对原厂房结构安全性的影响,尽量选用轻质保温材料。

1.6 可再生能源利用策略

在绿色化改造设计的过程中,除了降低改造设计后对能源的需求外,还要提高建筑对可再生能源的利用效率,主要包括对太阳能和水资源的利用。对太阳能的利用主要包括光热转换和光电转换。通过光热转换将太阳能转换为热能进行利用,如被动式太阳房。光电转换主要是利用太阳能电池储存白天太阳能,夜间转化为电能,提供照明和其他用途。此外,水资源的循环利用也是可再生能源再利用的一种重要方式,包括雨水利用和中水利用。旧工业建筑的坡屋顶为雨水的收集再利用提供了便利的条件。收集的雨水通过过滤、净化后可被用作绿化、日常生活用水,大大减少对于淡水资源的依赖。中水主要通过建筑使用过程中的冷却排水、盥洗排水等,将其处理后回收用于杂用。

2 兰州市木器厂装配车间绿色化改造设计

兰州市是西北地区典型的重工业城市,地处西

北,干旱少雨,气候寒冷,具有特殊气候条件和丰富的工业城市文化背景。回顾历史,几个关键的历史阶段为兰州近代工业发展打下了坚实的基础:解放前的洋务时期、解放后的“一五”、“二五”时期和“三线”建设时期^[3]。在产业结构大调整的背景下,留有大量旧工业建筑,具有量大面广、节能技术措施薄弱的特点。旧工业建筑绿色化改造设计可提高建筑能源、资源利用效率,降低环境负荷,促进生态环境良性循环。

2.1 兰州市木器厂装配车间概况

兰州市木器厂地处兰州市七里河区南滨河中路,毗邻黄河,景观视线良好,占地 23 000 m²(见图 1),是兰州市最早独立生产木器家具的国营企业,至今已有 64 年的发展历史,曾专门给西北军区政治部、司令部生产办公用品。在《兰州都市文化产业区规划纲要》以及相关政策的扶持下,兰州市木器厂拥有量大质优的旧工业建筑群并且凭借其良好的区位优势,从时代趋势层面、社会需求层面出发,将其打造成文化创意产业园,将装配车间改造设计为展览建筑,以展示兰州木器厂悠久的工业历史文化。

厂区内大部分建筑具有较强的独特性和代表性,其中装配车间建于 1957 年,曾为人民大会堂甘肃厅进行室内家具定制,总建筑面积 761 m²。具有典型的苏联援建时期的工业建筑风格,建筑造型讲求轴线、对称,立面采用典型“三段式”处理手法。



图 1 兰州市木器厂区位图

Fig. 1 General location of Lanzhou Woodware Factory

2.2 装配车间现存问题

由于过去经济、技术条件限制,装配车间在设计建造的过程中缺乏绿色节能意识,在室外微气候、围护结构热工性能、室内热环境等方面均存在一定的问题。在产业结构大调整的背景下,现已闲置停产,现状内部功能为仓库,进行对外租借。

(1) 室外微气候欠缺考虑,建筑间距过于紧密,导致室外自然通风无合理组织进而影响室内通风效果,不利于建筑周围小气候以及室内热舒适度的调节。

(2) 对围护结构节能保温等问题不够重视,导致围护结构热工性能差,冬季室内寒冷,夏季室内积热严重,工作环境恶劣等问题。

(3) 内部功能单一,空间均质,旧工业建筑连续完整的空间特色未得到发掘利用。

2.3 兰州市木器厂装配车间绿色化改造设计策略

依据旧工业建筑绿色化改造设计策略,结合兰州市寒旱地区的气候特点,选用适宜性的绿色建筑技术,从室外微气候优化、内部空间功能置换、围护结构节能改造、保留废旧元素四个角度入手对装配车间进行绿色化改造设计。

2.3.1 装配车间室外微气候优化

室外微气候可通过室外风场的改造进行优化,进而间接调节装配车间室内热舒适度,降低其运行能耗。

室外风环境会直接影响室外微气候,进而对建筑

能耗以及室内热舒适度产生影响。运用 CFD 软件对装配车间室外风场进行模拟计算,从而提出室外风环境优化改造方案:选取兰州市冬季、夏季典型风向、风速,采用 Vent 通风软件模拟计算装配车间现状室外风场,以《绿色建筑评价标准》对夏季和冬季工况室外风场计算结果进行评价,结果显示:冬季工况下室外风场满足规范要求,夏季工况下室外风场出现无风区,不满足规范要求。通过分析夏季和冬季工况室外风场 1.5 m 高度水平面风速云图、风速放大系数云图、建筑迎风面和背风面风压云图等计算结果,提出对装配车间相邻废弃厂房进行拆除的室外风场改造方案,以引导夏季风流,从而使装配车间室外风场满足规范要求。

2.3.2 装配车间内部功能保留与改造

装配车间总开间 47.3 m,总进深 16.1 m,为砖混结构,钢桁架屋面,室内空间由两道隔墙分隔成 3 个空间,室内净高 7.1 m 部空间开敞(见图 2)。结构坚固、空间高大完整,为空间划分与功能置换提供了多种可能。

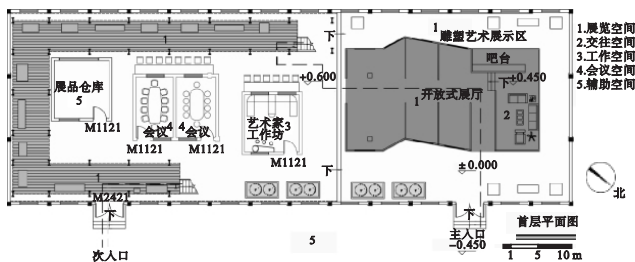


图3 装配车间改造设计后首层平面图

Fig. 3 The first floor plan of assembly workshop after renovation design

2.3.3 装配车间围护结构节能改造

围护结构是室内外进行热量交换的主要构件,选择保温材料的构造至关重要。结合兰州市寒旱地区气候特点,对围护结构采取合理的节能构造,达到夏季隔热、冬季保温的目的。

(1) 墙体: 外墙作为围护结构的重要构件,与室外环境直接进行能量交换,其能耗约占建筑总能耗的 20%。因此,外墙节能改造是旧工业建筑绿色化改造设计的重点。原有墙体为 240 mm 厚粘土实心砖内抹灰,热工性能差,其热阻虽然大,但仍小于节能热阻。采用复合岩棉保温板对其实行内保温的改造(见图 5),内保温具有施工速度快、操作方便灵活、对建筑主体结构起到保护作用等优点,并且可保留原有工业建筑砖墙的立面质感,延续旧工业建筑的历史文脉,不破坏工业化建筑风格。改造后的围护结构传热系数降至 $0.46 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,热工性能大幅度提升,满足《公共建筑节能设计标准》中寒冷地区外墙传热系数 $\leq 0.60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 的要求。

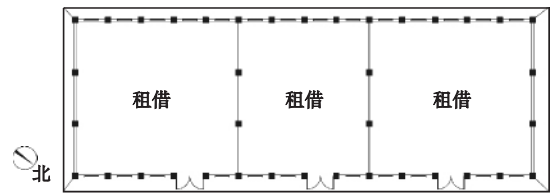


图2 装配车间现状平面图

Fig. 2 Original plan of the assembly workshop

绿色化改造保留原有墙体、柱网、屋面钢桁架等承重结构体系,内部空间功能改造后成为艺术展示中心。内部空间经水平划分和垂直划分后,由展览空间、交往空间、工作空间、会议空间、辅助空间组成(见图 3)。展览空间重点展示兰州市木器厂工业发展史以及木质家具生产工艺;交往空间为访客提供交流场所;工作空间用于生产特色木质手工艺产品,会议空间用作内部会议交流使用,辅助空间用于展品的储存。在进行功能改造的过程中,增加折线形式轻质隔墙,创造艺术时尚的视觉效果,增加钢结构夹层扩大展厅空间(见图 4),实现有限空间的合理利用,提高了空间利用率。

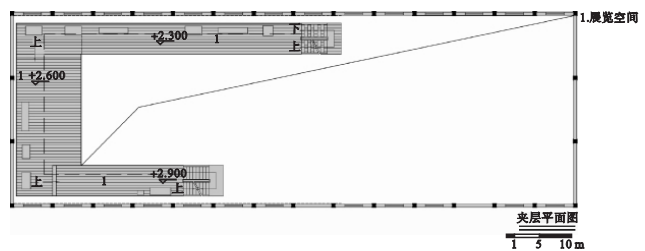


图4 装配车间改造设计后夹层平面图

Fig. 4 The sandwich plan of assembly workshop after renovation design

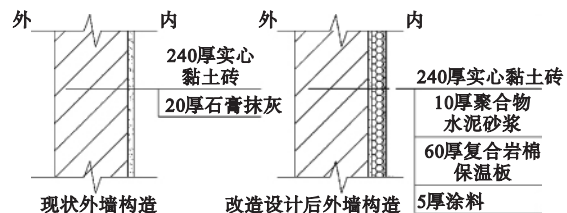


图5 装配车间改造设计前后外墙构造对比图

Fig. 5 Comparison of outer wall structure before and after rebuilding the assembly workshop

(2) 屋面: 原有屋面保温隔热构造做法简单,无法达到节能要求。设计保留原有屋面钢桁架结构,延续原有旧工业建筑空间特色,增加屋面保温隔热构造(见图 6),构件用防火涂料进行处理。屋面经节能改造设计后,传热系数降至 $0.524 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,满足《公共建筑节能设计标准》中寒冷地区屋面传热系数 $\leq 0.55 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 的要求。降低屋面传热系数,可减少冬季室内热损失,夏季室内得热量,有效改善室内热舒适度。

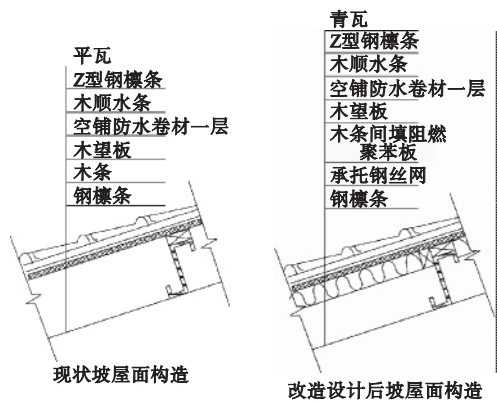


图6 装配车间改造设计前后屋面构造对比图

Fig. 6 Comparison of outer roof structure before and after rebuilding the assembly workshop

(3) 外门窗: 外门窗是建筑保温隔热最薄弱的部位,旧工业建筑年代久远,以及受当时工艺限制,外门窗的主要材料为单层玻璃、木材、钢材,并且大多数外门窗存在老化、破损等问题,以致其传热系数较大,影响建筑能耗和室内舒适性。影响外门窗热损失的主要因素为传热系数以及气密性。装配车间原有的门为单层实体门,改造设计后变为保温门,依据《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》,原有单层实体木门气密性为6级,不满足低于4级的要求,改造设计后的保温门的气密性为3级,满足节能要求。采用双层中空Low-E玻璃窗对原有建筑外窗进行全部替换,替换后传热系数降至 $2.26 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,有效地提高了外窗的保温性能,且满足《公共建筑节能设计标准》寒冷地区外窗传热系数 $\leq 2.76 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 要求。

在屋面增设可开启平天窗(见图7),引入自然光线,增加室内照度,改善室内光环境。夏季将传入室内的热量通过天窗带出至室外,利用室内外的风压差形成自然通风。此外,现状外窗的可开启比例为28%,替换为中空Low-E玻璃窗后增加至62%,亦可改善室内通风效果,调节室内热环境。

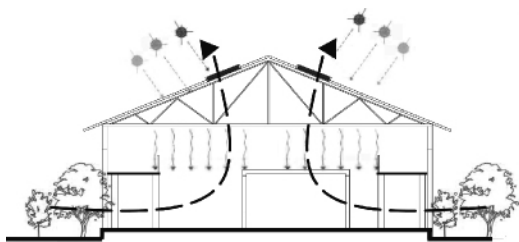


图7 装配车间改造设计后剖面示意图

Fig. 7 Profile sketch after modification design of assembly workshop

2.3.4 废旧工业元素保留

保留原有厂区内废弃的锅炉设备、废旧钢材、木材,对其进行加工,易位再用。废弃锅炉设备通过场景再现、抽象提炼改造设计成具有工业美学特质的景

观雕塑,增加室外空间的趣味性。废弃的钢材被处理后,形成建筑入口挡风门斗,强调建筑主入口。废旧的木材经过防腐处理后,成为场地入口导示牌,形成场地入口标志。循环利用废弃旧工业元素,对其处理后循环利用,可节约建材资源,同时强化改造设计后建筑的工业风,重塑工业场场地场所感(见图8)。

3 装配车间改造设计前后物理环境性能对比分析

鉴于兰州市寒旱地区的气候特点:夏季短促无酷暑、冬季漫长且寒冷。建筑设计具有注重冬季防寒、保温,夏季兼顾通风的要求。装配车间通过绿色化改造设计提升室内外风环境、室内光环境、热环境,重点优化室内热环境,提升室内热舒适度。以Vent通风软件计算分析改造设计前后室内外风环境,Ecotect软件计算分析改造设计前后的光环境、室内热舒适度,对比分析风、光、热物理环境。

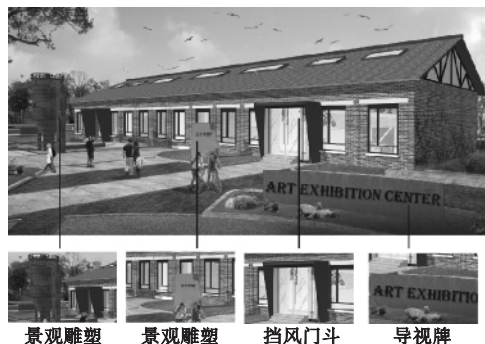


图8 装配车间改造设计后效果图

Fig. 8 Revamping design effect drawing of assembly workshop

3.1 室外风环境对比分析

采用Vent通风软件模拟计算装配车间改造设计前后室外风场,以《绿色建筑评价标准》对夏季和冬季工况室外风场计算结果进行评价。评价标准:夏季工况,室外风场人活动区域不出现漩涡或无风区,且50%以上可开启外窗室内外表面风压差均应大于 0.5 Pa ;冬季工况,室外风速放大系数小于2,且人行区域风速小于 5 m/s 。

选取兰州市夏季典型风向为东南风,典型风速为 2.1 m/s ,冬季典型风向为东风,典型风速为 1.70 m/s ^[4],对装配车间夏季和冬季工况室外风场进行分析(见表1)。夏季工况:人活动区域出现了无风区,不满足《绿色建筑评价标准》中夏季工况下室外风场相关要求;冬季工况:建筑物周围人行区风速低于 5 m/s ,且室外风速放大系数小于2,满足规范要求。

根据夏季工况1.5m高度水平面室外风速云图,无风区主要集中于装配车间北侧,所以对装配车间北侧废弃厂房进行拆除(见图9),进行夏季和冬季室外风场重新计算。重新计算后,室外风场达标。冬季室

外风场计算结果依旧满足上述规范要求。

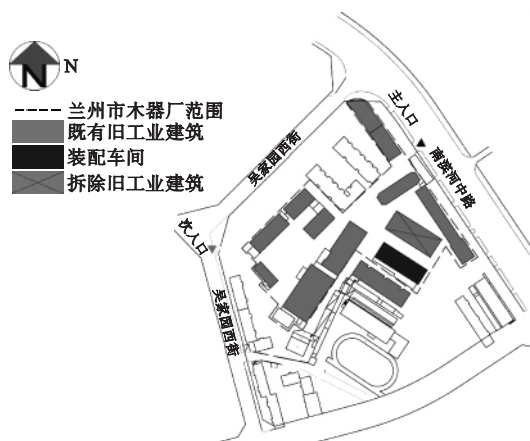
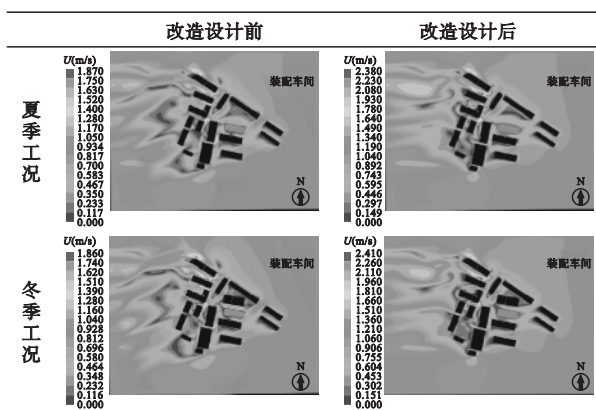


图9 北侧废弃厂房进行拆除示意图

Fig. 9 Diagram for demolition of abandoned factory buildings on the north area

表1 装配车间改造设计前后室外风场

Table 1 Outdoor wind field before and after rebuilding design of assembly workshop



3.2 室内风环境对比分析

依据室外风场提供门窗风压表作为计算室内通风的依据,进行夏季工况室内风场对比计算,并依据《绿色建筑评价标准》中关于夏季工况下主要功能房间平均自然通风换气次数不小于2次/h的面积比例的要求和《建筑通风效果测试与评价标准》中公共建筑应根据不同功能区域合理组织气流,保证人员活动区位于空气较新鲜的位置的要求对其进行评价。根据计算结果显示,改造设计前室内大部分区域人行高度1.1m处风速介于0~0.330m/s(见图10),房间风速流动性较小,且不满足标准换气次数和人体舒适风速要求。改造设计后室内大部分区域人行高度1.1m处风速介于0.105~2.28m/s(见图11),主要功能房间风速流动性均匀,通风状况良好,空气较新鲜,满足标准换气次数及人体舒适风速要求。

3.3 室内光环境对比分析

分别建立装配车间现状以及改造后的Ecotect模

型,进行自然采光分析。根据计算,装配车间现状几乎所有区域的采光系数标准值为2.4%(见图12)。改造设计后增加天窗,进行顶部采光,室内所有区域的采光系数标准值高于3.5%(见图13),改造设计后光环境质量远优于现状,且满足《公共建筑采光设计标准2013》关于展厅的采光系数标准值不低于3%的要求。

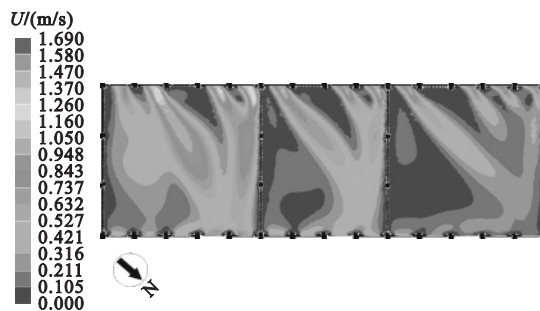


图10 装配车间现状室内人行高度1.1m风速云图

Fig. 10 Current situation of wind velocity chart at indoor pedestrian height 1.1m in assembly workshop

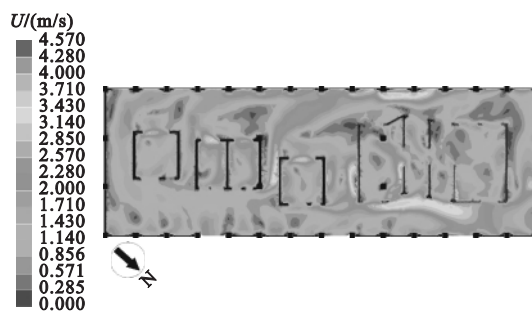


图11 装配车间改造设计后室内人行高度1.1m风速云图

Fig. 11 Wind velocity chart at indoor pedestrian height 1.1m in assembly workshop after retrofitting

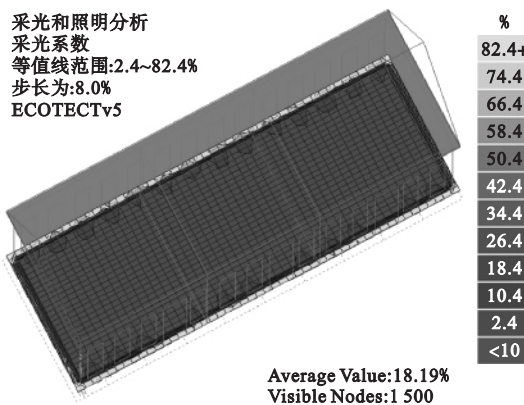


图12 装配车间现状采光系数

Fig. 12 Lighting coefficient of assembly workshop before retrofitting

3.4 室内热舒适度对比分析

使用室内热舒适度标准PMV-PPD对室内热舒适度进行评价,PMV为预计平均热感觉指数,PPD为预计不满意者的百分数。对于我国大量的自然通风房间,PMV范围在-1~1之间比较合适^[5]。现状的

PMV 数值范围为 -2.0~3.0,PPD 数值范围为4.8%~84.8%(见图14)。改造设计后的 PMV 数值范围为 0.00~1.50,PPD 数值范围为 15%~55%(见图15)。改造设计后 PMV 数值更接近舒适范围,PPD 也大幅度地下降,可见进行绿色化改造设计后装配车间室内热舒适度得到了大幅度的提升。

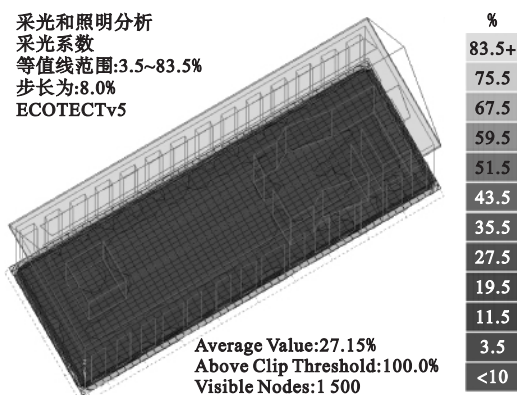


图13 装配车间改造设计后采光系数

Fig. 13 Lighting coefficient of assembly workshop after retrofitting

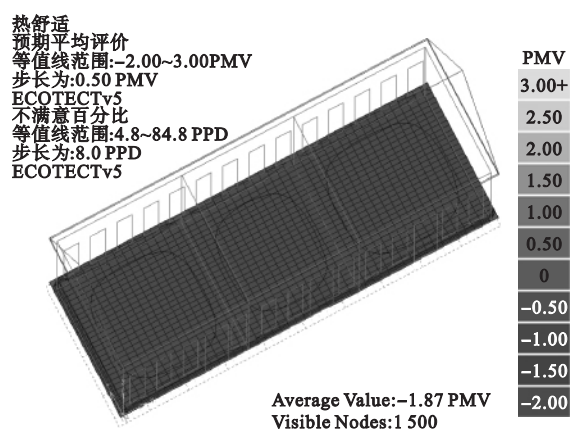


图14 装配车间现状室内热舒适度分析——PMV-PPD

Fig. 14 Indoor thermal comfort in assembly workshop before retrofitting: PMV-PPD

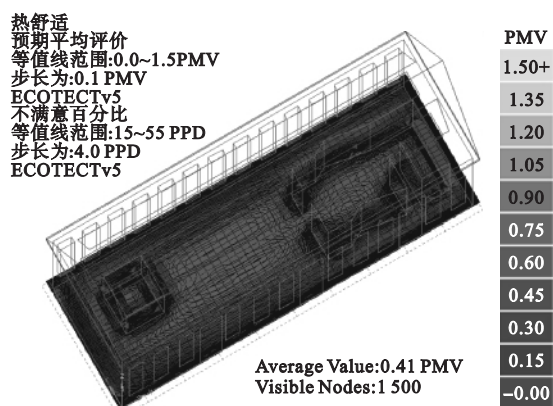


图15 装配车间改造设计后室内热舒适度分析——PMV-PPD

Fig. 15 Indoor thermal comfort in assembly workshop after retrofitting: PMV-PPD

4 结语

近年来,可持续观念逐步深入人心,旧工业建筑绿色化改造设计比起“推倒式”的拆除重建,是一种绿色环保的处理方式。结合兰州寒旱地区气候特点,依据旧工业建筑绿色化改造设计策略以及《绿色建筑评价标准》,选取兰州市木器厂装配车间为研究案例,进行兰州市旧工业建筑绿色化改造设计探索。首先,通过室外风环境的优化改善了装配车间室外微气候。其次,通过增设天窗、外窗替换、增大外窗可开启比例,进而优化室内光环境和风环境。围护结构的节能改造优化了室内热环境,提升了室内热舒适度。通过 Ecotect 以及 Vent 通风软件对改造设计前后建筑风、光、热物理环境进行模拟对比分析,发现改造设计后物理环境性能得到大幅度提升,绿色化改造设计成效明显,为兰州市旧工业建筑改造设计提供一种新的思路。对旧工业建筑绿色化改造设计的理性认知和重视,并且在兰州市旧工业建筑改造领域加以合理的运用,可使其保持长久的生命力,并且适应不断变化的城市需求,同时推动西部低碳城市建设。

参考文献:

[1]张扬,陈旭,李慧民,等. 基于绿色理念的上海旧工业建筑再生利用[J]. 工业建筑,2013,43(10):28-32.
 [2]冯伟,吕恒林,田国华,等. 基于室外风场模拟的农村住宅布局优化设计[J]. 建筑节能,2015,43(9):53-58.
 [3]戴海雁. 兰州市工业遗产的现状与保护情况概述[J]. 北京规划建设,2012,(6):59-63.
 [4]中国气象局气象信息中心气象资料室. 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,2005.
 [5]美国 Autodesk 公司. Autodesk Ecotect Analysis 2011 绿色建筑分析应用[M]. 北京:电子工业出版社,2012

作者简介: 毕晓莉(1971),女,甘肃兰州人,建筑学专业,教授,研究方向:城市设计、高层建筑设计、生态建筑设计(48900520@qq.com)。