

基于人机工程学的堆高车造型设计

杨梅, 徐宁

(山东科技大学, 青岛 266590)

摘要: **目的** 针对当前国内堆高车存在的操作安全隐患, 为仓管作业人员设计出更为合理、安全、舒适的机械化装载设备, 使作业人员在保障自身安全的前提下更好地提高工作效率。**方法** 根据搜集整理国内外对堆高车的研究与分析, 分析了堆高车的发展现状, 在人机工程学设计理念的基础指导下, 以堆高车的外观造型设计为研究对象进行创新设计, 为仓管作业人员提供更具有保障性、功能性、舒适性和可操作性的车辆装载机械设备。**结论** 对堆高车进行外观及驾驶室结构的设计改良, 使其符合人机工程学的尺寸设计, 在有效提高工作效率的同时提升作业的安全性, 从而提升并改善操作者工作环境的舒适度, 大大降低了机械设备对人体的损害。

关键词: 堆高车; 机械装备; 人机工程学; 造型设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)18-0100-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.18.020

Stacker Modeling Design Based on Ergonomics

YANG Mei, XU Ning

(Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

ABSTRACT: According to the current operational safety problems of domestic stacker trucks, a more reasonable, safe and comfortable mechanized loading equipment is to design for warehouse operators. As a result, given the premise that workers keep himself safe, working efficiency will be improved. The foreign and domestic research and analysis of stacker trucks are collected and sorted out. Theoretical analysis and market research on the development status of stacking trucks are made, under the guidance of Ergonomics, an innovative design for the stacker's appearance is made to provide workers with more secure and comfortable mechanized loading equipment. Regarding mechanical equipments as target, the appearance and the cab's structure of stacker trucks are improved to make it suit to the size design of ergonomics, it can not only improve working efficiency but working security as well as comfortable working environment, it significantly minimizes the damage of mechanical equipments on human.

KEY WORDS: stacker; machinery equipment; ergonomics; modeling design

工程机械装载设备是进行现代化建设不可缺少的组成部分。长期以来, 我国的工程机械设计和制造多以经济实用为出发点, 较少将人机工程原理合理的运用其中。目前国内堆高车的研发生产多为仿造、模仿, 甚至直接采取“拿来主义”, 通过逆向工程技术直接开模加工生产, 造成了国内堆高车低成本、低技术、低质量、低售后的现象, 无法在国际市场中占据

较强的竞争优势, 从而使得国内堆高车的制造行业面临着更加严峻的国际市场形势。

1 堆高车发展概况

人们使用的堆高车主要分为手动液压、半电动和全电动 3 种。其中, 手动液压堆高车是通过人力液压实现升降功能, 它操作灵活, 适用于轻便货物的装卸

收稿日期: 2018-05-31

基金项目: 山东科技大学优秀教学团队建设计划资助项目 (JXTD20170509); 2016 年度山东省艺术科学重点课题“蓝色海洋区域文化产业中的交互系统研究”项目 (1607326)

作者简介: 杨梅 (1973—), 女, 山东人, 硕士, 山东科技大学教授, 主要从事工业设计及其理论研究。

及搬运, 适合有防火、防爆要求的场地使用; 半电动堆高车采用后桥式结构设计, 增加了承重能力, 气压弹簧式手柄装置在一定程度上减轻了操作员的体力消耗, 具有耐磨、耐压、静音等特点; 全电动堆高车主要依靠电动机为动力实现升降及自身转动的功能, 操作更简单, 功能更为全面, 作业环境和装卸货物范围更加宽域。

堆高车在国外的发展起步于 19 世纪中叶, 英国人 Edwin Budding 发明了滚刀式堆高车, 随后传入美国。1848 年, 美国第一台堆高车取得专利, 由此美国的手动液压业起步。我国堆高车的发展起步于 20 世纪 50 年代末, 相对较为缓慢, 这一时期主要以仿制前苏联产品为主。20 世纪 70 年代后期至 80 年代中期引进国外先进技术。到 20 世纪 90 年代中后期, 国内的部分骨干企业在消化吸收引进技术的基础上积极对产品进行更新, 实现系列化生产, 在车身的钣金工艺、动力系统、液压系统、装配加工工艺等方面有了很大的进步, 但受加工工艺的制约发展比较缓慢, 尤其是车身形态方面存在较多不足, 主要表现在: (1) 外观缺乏美感, 整体形态臃肿、陈旧, 线条较为呆板; (2) 结构比例不协调, 外露机构较多, 布局零乱, 视觉稳定性差; (3) 在安全、舒适和生态方面较少考虑人机; (4) 色彩单调枯燥, 无美感。

2 人机分析在堆高车设计中的理论原则

2.1 安全性原则

操作人员在作业过程中的视域范围是影响其作业最为关键的环节, 因此驾驶室的骨架结构设计尤为重要, 它在作业过程中不仅扩大作业人员的视域范

围, 同时起到落物保护作用, 驾驶室安装及结构分类表见表 1。

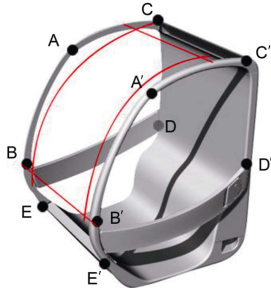
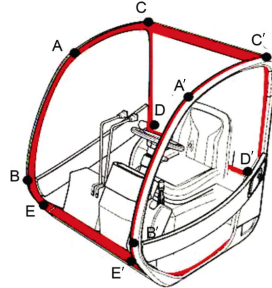
表 1 驾驶室安装及结构分类表
Tab.1 The table of cabin installation and structure classification

驾驶室安装分类		驾驶室结构分类	
偏置式	正置式	含骨架式	无骨架式
			

2.1.1 骨架式结构设计原则

堆高车骨架式结构是由杆件构成的空间钢架, 骨架结构在设计的过程中刚度应当适宜, 刚度过大使骨架的重量增加且不利于吸收变形能; 刚度过小, 当驾驶室产生变形易导致操作者遭受意外伤害^[1]。安全保障骨架由落物保护结构 (FOPS) 构成, 落物保护结构是指在工程机械驾驶室上由顶板、梁和纵横杆组成的一组钢架结构件, 可以避免落物对人造成的意外伤害^[2]。FOPS 结构比较简单, 多为“H”或“井”字形。本文堆高车骨架结构为 FOPS 构件“井”字形设计见表 2, 红色线框为“井”字骨架结构设计, A-B, C-D 为连接点加强杆件, 在作业过程中起到支撑作用, 当车顶有落物时可在第一时间吸收落物重能变形起到缓冲作用; C-C', D-D', E-E' 为连接点功能杆件, 作业过程中起到骨架辅助支撑作用, 减少外来力作用于驾驶室而避免作业人员受到意外伤害。

表 2 骨架保护结构分析
Tab.2 The structure analysis of skeleton protection

连接点杆件	实物图	连接点杆件	实物图
AB 加强杆件		AB 加强性支撑面	
AC 功能杆件		AC 功能性支撑面	
CD 加强杆件		CD 加强性支撑面	
DD' 功能杆件		DD' 功能性支撑面	
EE' 功能杆件		EE' 功能性支撑面	

2.1.2 视野设计原则

安全骨架的设计在防落物的前提下, 还要保证驾驶室周围有较好的操作视域。正常情况下人在水平内的作业视野为双眼区域大约在左右 60° 以内的区域; 假定标准视线是水平的定为 0°, 则垂直平面内人眼的颜色辨别界限是视平线以上 35° 和视平线以下 40°, 观

看展示物的最佳视区在低于标准视线 30° 的区域里^[3], 见图 1。

堆高车设计中操作员的视野范围图见图 2, A-A' 点为纵向视野范围区域, 可清楚地看清前方作业情况并作出相应的正确判断; B-B' 点为横向视野范围区域, 可根据两侧周边作业环境做出相应正确判断进行作业。

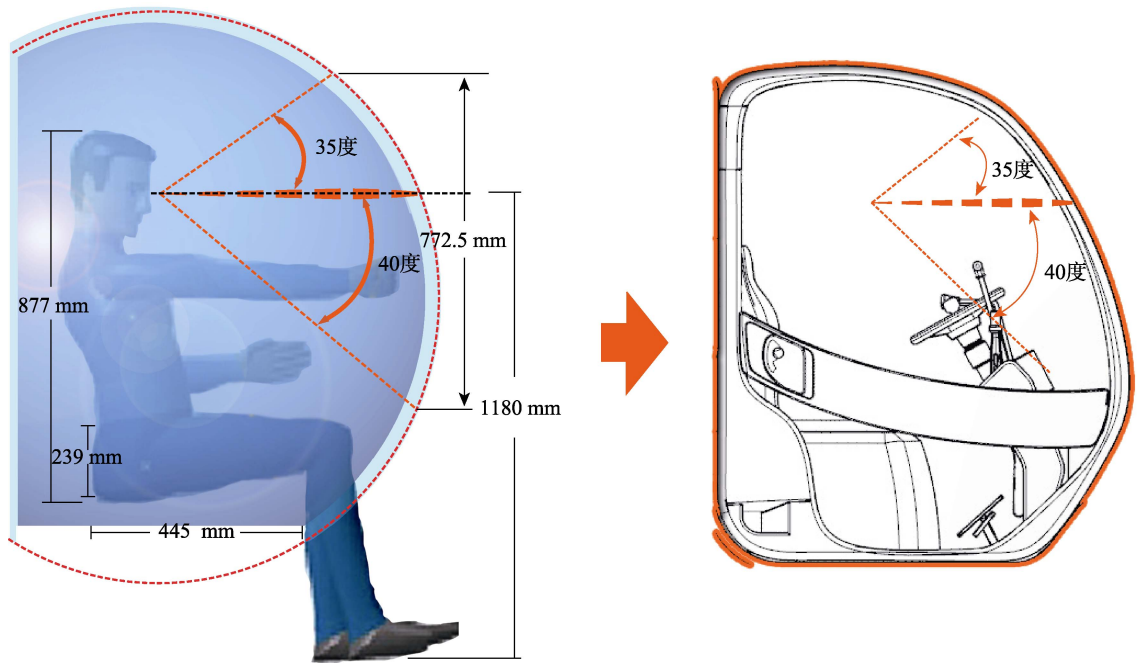


图 1 视野角度分析图
Fig.1 Analysis diagram of view angle

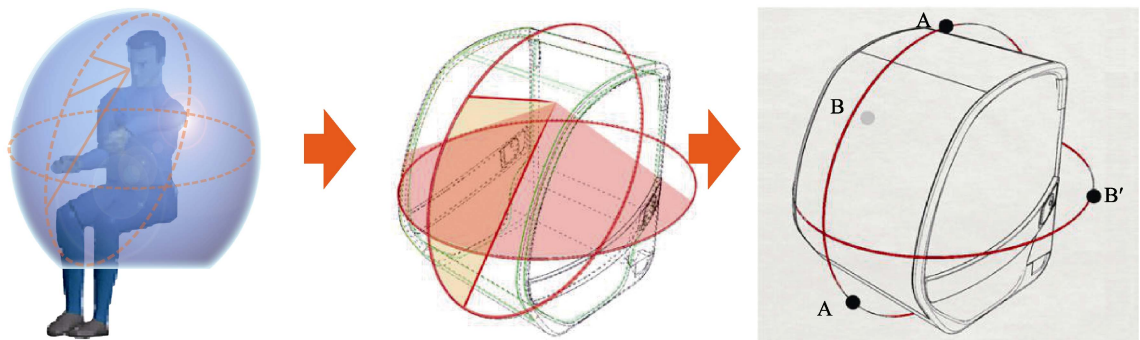


图 2 视野范围图
Fig.2 The diagram of view range

2.2 堆高车设计的舒适性原则

操作人员的驾驶舒适性除了与驾驶空间的视域有关，还与堆高车驾驶室座椅的结构设计密不可分^[4]。作业人员通常是长时间在坐姿状态下进行工作，对人体脊椎损伤较大。在作业过程中，脊椎承载人体重量并协助完成各个操作动作，若脊椎长时间处于不舒适状态，易使身体产生酸痛感，严重者会引发疾病^[5]。

人机工程理论确定了座椅的基本外形尺寸，座面的高度至脚掌的距离一般为 400~450 mm，标准的座位高度使大腿在放松的状态下能够保持一定的水平状态，小腿自然垂直同时双脚能平放于地面上^[6]。座椅设计过高致使双脚悬空，压迫大腿肌肉和血管，不利于血液循环，极易造成腿部麻木。座椅设计过低则大腿与座椅无法接触，这样长时间会引起坐骨不适，因此座椅只有设计出适宜的高度，才能保证乘坐舒适感，人体坐姿舒适角度范围见图 3。

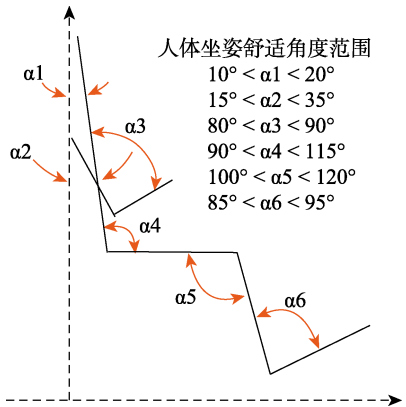


图 3 人体坐姿舒适角度范围
Fig.3 Comfortable angle range of human body sitting position

2.3 堆高车设计的生态性原则

生态设计观是符合可持续发展的设计观念^[7]，它

要求产品在开发的过程中考虑环境因素。当堆高车在半封闭式的室内作业时，采光相对较差，对操作者的驾驶及作业要求相对较高；室外环境的作业条件相对较明亮，而工厂仓储室多为产业园及加工区，光照度较强，一旦操作者在较强的光照条件下作业，使得操作者在长时间作业时易产眩晕，无法时刻保证作业的安全性与稳定性。

通过对作业环境光照条件的分析，因此堆高车的挡风玻璃的造型设计及材料加工工艺尤为重要。作业环境下对人体眼睛伤害最大的是紫外线，紫外线的照

射主要是分为 3 个波段：UV-A（320~420 nm）、UV-B（275~320 nm）、UV-C（200~275 nm）。长时间强烈日光照射会造成角膜灼伤、水晶体受到损伤，造成白内障，视网膜会黄斑退化病变。

堆高车挡风玻璃材料为经过后期冲压加工的 PC 材料。PC 已在多种工程镜片中得到广泛应用，如飞机、高铁、汽车等交通工具。PC 材料的特点为射出成型、刚性好、耐冲击、价格适中、生态环保，透光率较高、尺寸稳定性好、折射率高，广泛应用于有框架结构工程机械设备。PC 工程型挡风玻璃示意分析图见图 4。

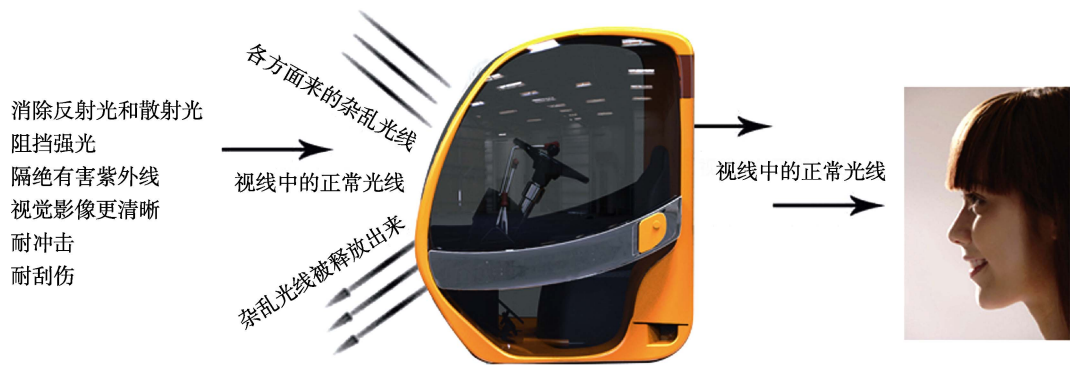


图 4 PC 工程型挡风玻璃示意分析图
Fig.4 Schematic analysis of PC engineered windshield

3 堆高车的造型设计方案

3.1 造型要素分析与应用

工程机械造型设计在操作方便、舒适的同时要具有一定美感，更好地符合当代人的使用需求。堆高车的外观造型设计采用半橄榄球形的设计，宽大的底座使得车体整体设计沉稳，见图 5，车身部分采用的是弧形设计，打破常规堆高车方正、呆板的造型，前叉的垂直线条与造型形成了直线、弧线的双重结合，车体在整体造型上掩盖了过度机械化的外观设计，避免了驾驶者对堆高车本身的视觉审美疲劳。

3.2 结构要素分析与应用

堆高车设计在实现功能的基础上，还要符合人机工程学原理。现阶段的堆高车在运输过程中货物低于人眼的水平视角，此时操作人员的视角处于敞开状

态，能够判断前方的作业环境。当堆高车处于作业状态，货物到达前叉最高点时，货物高于人眼的水平视角，阻挡操作人员的视线，此时操作人员的视角处于半封闭状态，无法正确判断前方的作业环境见图 6。当堆高车处于工作状态时，操作人员的视角需随货物的升降不断变化，长时间作业易产生视觉疲劳，还易引发颈椎病，无法保障工作安全。

在现有堆高车的基础上进行结构改善，增加了液压式升降柱，在堆高车升降货物过程中，驾驶室可以根据货物高度进行升降，人眼水平视角与货物水平视角同步升降见图 7，可以保持操作员的视角是平行或高于货物的水平位置，缓解了视觉和颈椎疲劳，降低了危险系数。

液压式升降柱工作原理主要是通过液压系统完成作业流程，不仅能够保证升降机构的正常运行，同时能够利用油液压力保证对驾驶舱的升降作用，同步

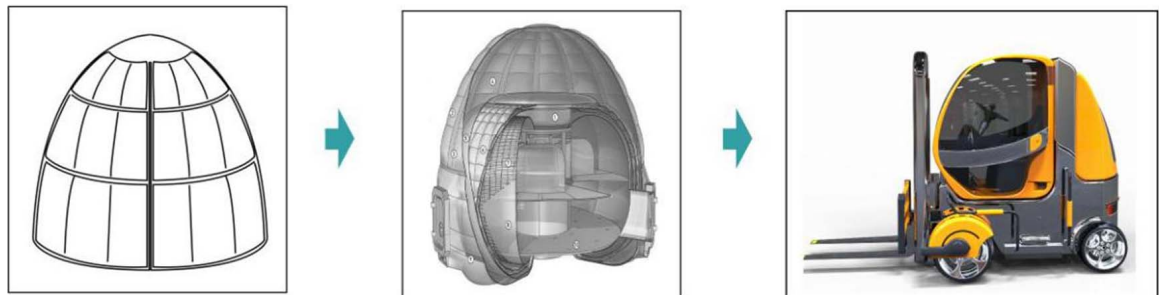


图 5 堆高车造型设计推导图
Fig.5 Deduction of modeling design for stacker truck

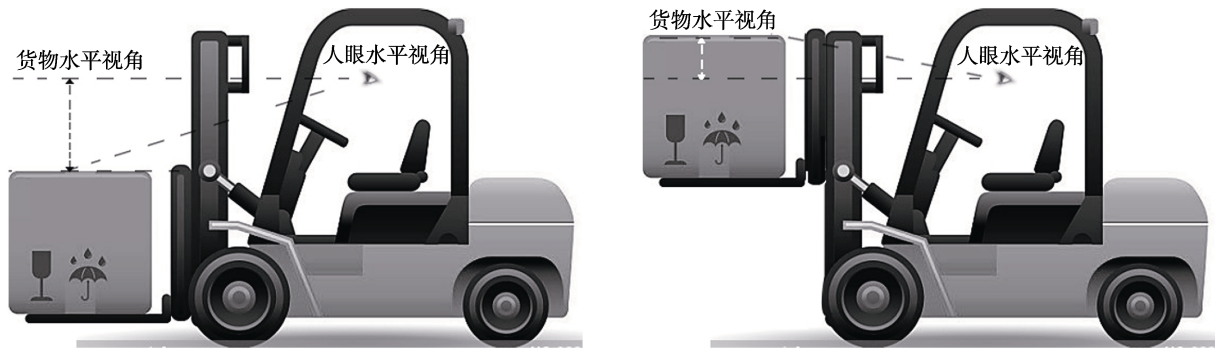


图 6 有视域障碍的堆高车作业图
Fig.6 Stacker operation diagram with view obstacle

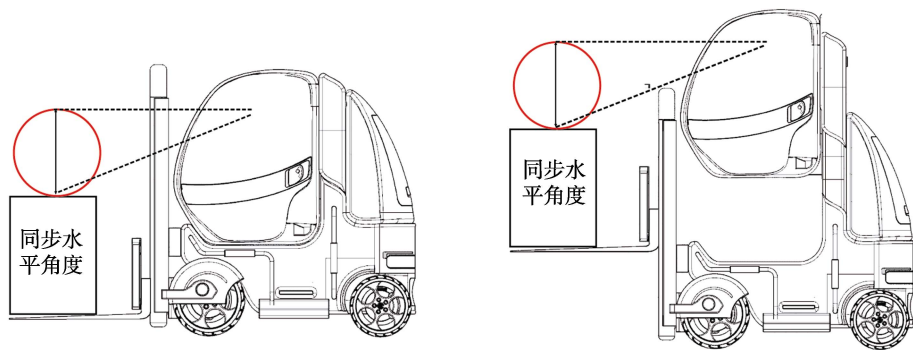


图 7 无视域障碍的堆高车作业图
Fig.7 Stacker operation diagram without view obstacle

于升降机构的操作过程。液压系统主要包括油泵、液压马达、控制元件、辅助元件等工作辅助配件，它在作业过程中的传动功能能够极大的保证其作业的安全性和效率性。液压传动装置相对于电力传动装置而言具有体积小、单位重量输出功率大、空间利用率大等特点，其自动化能力水平适用于多种作业流程环境，可大范围实现调速，便于实现自动化循环工作状态，

具有过载保护，安全系数高，易于实现系列化、标准化、通用化、定制化等优势特点。堆高车作业流程见图 8，在作业流程中的动态关注点主要为：（1）人眼视野水平——覆盖所需要的视野范围；（2）安全作业视域——保证其作业半径的可靠性及安全性；（3）货物制高点——最大限度作业范围；（4）货物——作业过程中主观因素的辅助导向性。

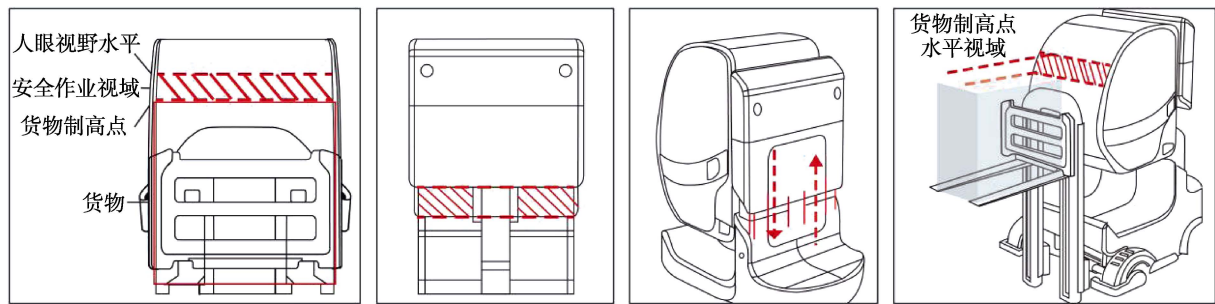


图 8 堆高车作业流程线构图
Fig.8 Work process line composition of stacker

3.3 色彩要素分析与应用

色彩作为产品的设计要素之一，能够引起人的情绪变化，舒适的色彩搭配能够让人心情愉悦，而杂乱刺目的色彩会影响人的情绪^[8]。色彩是一种视觉效应，人们对色彩的感觉受视觉的影响和制约，因此研究色彩必须要了解视觉器官。

堆高车的车体颜色选取的是橙黄色，在现实的工

程作业环境中，橙黄色的含义为警示、预告、注意等提醒作用，能够尽量避免作业过程中的意外伤害。除此之外橙黄色还具有较强的色彩重度感。颜色的明度和纯度决定了色彩的重度感，明度高颜色的重度感轻，明度相同，则纯度高的色彩比纯度低的色彩感觉轻^[9]。堆高车的车体色彩是利用色彩的轻重感来达到视觉平衡与稳定的需要，车体上部采用的是橙黄色，

下部采用深灰色,两种色彩的搭配可以给人以更强的安全感驾驶稳定感见图 9。



图 9 堆高车车体色彩图
Fig.9 The color of stacking truck

3.4 材料要素分析与应用

复合材料是由两种或两种以上不同性质的材料组成的具有新性能的材料。随着制造技术的发展使其在机械装备中的应用范围逐渐扩大,已逐步取代金属合金并广泛应用于航空航天、汽车等多个领域。车体采用双壳结构的中空型复合材料。双壳结构相对单壳而言刚度较大,而且在防振动、隔音和绝热等方面具有较大的优势,从整体的设计角度分析,双壳材料在堆高车的材料使用方面更为适用^[10]。

4 结语

物流行业的崛起、自动仓储系统的建成、新型综合产业的建立等大大促进了室内搬运机械设备需求的增长,高性能电动堆高车、窄巷道堆高车以及智能化前移式堆高车等仓储机械的不断改进与升级是未来堆高车发展趋势又一特征。堆高车的设计不仅要满足机械装载的基本需要,同时更应要将延年意识、成本节约意识、操作安全意识以及生态环保意识融入到产品的设计当中,这也将是未来产品设计主流和发展需求。

参考文献:

[1] 贾志艳. 工程机械驾驶室的安全舒适性设计研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2014.

JIA Zhi-yan. Research on Safety and Comfort Design of Construction Machinery Cab[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2014.

[2] 陆丛红. 工程车辆翻车和落物保护装置[J]. 内蒙古工业大学学报, 2002, 21(1): 68—72

LU Cong-hong. Roll-over and Falling Object Protective Structures of Engineering Vehicles[J]. Journal of Inner Mongolia University of Technology, 2002, 21(1): 68—72

[3] 陈菲菲. 基于视觉舒适度评价的天然光环境优化设计研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2013.

CHEN Fei-fei. Research on the Optimization Design of Natural Lighting Environment Based on Visual Comfort Evaluation[D]. Chongqing: Chongqing University, 2013.

[4] 卢纯福, 黄薇. 叉车外观造型设计研究[J]. 包装工程, 2006, 27(4): 230—234.

LU Chun-fu, HUANG Wei. Research on Forklift Truck Form Design[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(4): 230—234.

[5] 徐向阳. 基于人机工程学的工业车辆驾驶室设计研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2012.

XU Xiang-yang. Research on Forklift Cab Based on Ergonomics[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2012.

[6] 柴春雷, 汪颖, 孙守迁. 人体工程学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.

CHAI Chun-lei, WANG Ying, SUN Shou-qian. Human Body Engineering[M]. Beijing: China Construction Industry Press, 2007.

[7] 王丽莹. 大型餐饮生态园的设计与研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2008.

WANG Li-ying. The Design and Research for the Ecological Garden of Large-scale Food and Beverage[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2008.

[8] 薛艳敏, 胡静, 张纪军. 基于人机工程学的小型道路清扫车造型设计[J]. 包装工程, 2008, 29(5): 109—111.

XUE Yan-min, HU Jing, ZHANG Ji-jun. Small Cleaning vehicle Modeling Design Based on Ergonomics[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(5): 109—111.

[9] 王大印. 工程机械驾驶室的人机工程学研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2013.

WANG Da-yin. Research on Ergonomics Applied in Engineering Machinery Cab[D]. Harbin: Harbin University of Science and Technology, 2013.

[10] 柏林. 城市空中轨道交通的人性化设计[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2014.

BAI Lin. Humanized Design of Urban Air Rail Transit[D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2014.