

轨道车辆座椅舒适度评价方法及研究展望

曹志伟¹, 李娟²

(1.中车青岛四方机车车辆股份有限公司, 青岛 266111; 2.西华大学, 成都 610039)

摘要: **目的** 探讨评价轨道交通工具中座椅装备舒适度的有效方法, 以及提升我国轨道交通工具中座椅舒适度的研究方向。**方法** 对国内外相关文献进行比较分析, 综述座椅舒适度的一般分析方法和国内外轨道交通工具中座椅舒适度研究现状; 举例体压分布指标在动车组一等座椅形面舒适度评价中的应用方法。**结论** 座椅舒适度评价一般采用主观和客观综合评价的方法, 体压分布与主观评价有显著关系。提出了我国轨道车辆座椅舒适度的研究思路, 包括形成系统全面的评价体系、应用主观和客观综合评价的研究方法、统一座椅尺寸参数定义, 更新标准数据。在轨道交通工具座椅实际研发中, 基于体压分布指标的分析可快捷有效地对座椅形面造型舒适度进行评价。

关键词: 轨道交通工具; 座椅舒适度; 评价方法; 体压分布

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)02-0021-05

Evaluation Methods and Research Prospects for Rail Vehicle Seating Comfort

CAO Zhi-wei¹, LI Juan²

(1.CSR Qingdao Sifang Co. Ltd., Qingdao 266111, China; 2.Xihua University, Chengdu 610039, China)

ABSTRACT: It aims to discuss the effective methods of rail vehicle evaluation and research directions for problems existing in the present situation of China rail vehicle seat comfort. It is based on the comparison with foreign relevant articles about the method of seat comfort and summarizes the general study on the method of seating comfort, and then making examples to indicate the application of the method on body pressure distribution index in EMU first-class seat comfort evaluation. Seat comfort evaluation generally adopts the method of combining subjective and objective evaluation. Subjective evaluation and body pressure distribution index have a significant relationship, the research ideas for rail vehicles seat comfort is presented. The research ideas for rail vehicle seat comfort is presented, mainly including building comprehensive evaluation index system, using a combination of objective and subjective evaluation methods, standard seat dimension and definition, and updating standard date. In the process of actual research and development projects in the rail vehicle seat, analysis of body pressure distribution index can be effective evaluation on the seat comfort.

KEY WORDS: rail vehicle; seat comfort; evaluation method; body pressure distribution

乘客对轨道交通工具车内座椅装备的舒适性要求越来越高, 特别是长途旅行时不良的座椅设计可能对其身体造成不同程度的损伤。据统计, 长期乘坐情况下, 由于坐姿或坐具设计不当造成腰椎、颈椎、脊椎

等一系列劳损疼痛的比例高达 75%^[1]。目前, 舒适性设计已成为提升坐具产品价值及市场竞争力的主要因素之一^[2]。为增强市场竞争力, 舒适度的研究将是轨道交通工具装备研发的重要课题。然而“如何为人服

收稿日期: 2016-11-15

基金项目: 四川省教育厅人文社科重点研究基地项目 (GY-16YB-03)

作者简介: 曹志伟 (1966—), 男, 湖南人, 中车青岛四方机车车辆股份有限公司高级工程师, 主要从事车辆工程研究。

务”、“体现舒适性”是学者或设计师真正需要考虑的问题^[3]。评价一个座椅是否舒适、恰当,取决于特定族群的价值取向与生活方式的需求^[4]。舒适度源自主观体验,具有样本差异大、影响因素复杂等问题,对舒适度的界限或阈值的确定具有难度。一些学者对座椅舒适度的影响因子展开了相关分析^[5-7]。本文阐述目前有关座椅舒适度研究的主流评价方法;分析目前国内外轨道交通工具中座椅舒适度研究现状,并探讨未来的研究方向;最后通过实际项目案例应用客观评价指标,即体压分布指标在座椅形面造型舒适度评价中的应用,为轨道交通工具中座椅舒适性设计及研究予以参考。

1 座椅舒适度评价方法

罗无逸^[8]提出舒适是指把紧张状态减至最低程度,从生理上来说,是让身体处于松弛状态。纵观以往研究文献,座椅舒适度概念可归结为:人坐于座椅靠背及坐垫上,受到座椅与周围因素的影响,所体验到的舒适度层次和不良感受。有关座椅舒适度的评价方法可归结为主客观评价^[9],一般采用主客观综合评价的方法研究舒适度^[10]。主观评价是借助量表问卷让乘坐者进行评分,统计解析舒适度情况。有关舒适度研究的问卷量表有:常规量表(GCR)^[11]、人体部位不适量表(BPD)^[12]以及座椅评价量表(CEC)^[6]。文献^[13]提出人的主观评判有秩序性,具有一定的可靠度。主观评价的缺点是如果量表问卷设计不合理,容易导致评价研究结果不可靠。客观评价指通过仪器检测乘坐者的生理指征或环境指征,客观分析座椅舒适度。客观评价优点是时间消耗短,实验样本少,可靠性高^[14]。

1.1 坐姿行为

通过坐姿行为观察法研究不同坐姿和动态尺寸、动作改变次数等因素与舒适度的相关性。许继峰等系统分析了办公状态下的静态坐姿和动态行为,提出办公椅的设计思路和方法^[15]。文献^[16]记录乘客乘坐飞机经济舱的行为姿态,提出 7 种典型睡姿,并通过主观和

客观综合评价的方法分析了典型睡姿的舒适度。文献^[17]提出改变坐姿次数增多反映出不适的状况出现。

1.2 表面肌电

通过表面肌电仪记录肌肉生物电信号,以此研究肌肉疲劳度^[18]。文献^[19]提出腰背部的肌电参数和疲劳关系显著。文献^[20]研究了不同物理属性的座椅舒适度,发现颈部肌肉活动小的座椅舒适度评价良好,而肩背部肌肉活动大的的座椅舒适性评价较差。

1.3 体压分布

指人坐在座椅接触面上形成的压力和压力分布状况。文献^[7]提出了压力分布指标与主观评价关系显著,压力分布匀称、座椅的靠背和腰部处有明显的压力,舒适度评价良好。文献^[21]提出了较好的压力分布于坐骨处,并延周围方向减小。

2 国内外研究现状

2.1 研究内容及评价方法的差异

从国内外有关研究文献中分别抽选代表性的 5 篇文章见表 1、表 2。可以看出,国内的研究内容主要是座椅尺寸的优化设计、分析设计原则以及座椅色彩舒适度;国外的论文主要涵盖形面特征、振动传递性能、坐姿行为以及设计原则。从研究方法上来说,国内论文的评价研究方法较为简单,主要采用问卷调查的手段进行定性分析;国外文献中大多为主观和客观综合评价法、试制可调节的实验用座椅。

2.2 国内研究存在的问题

虽然我国对轨道交通工具座椅尺寸优化设计做出了较为广泛的研究,但是其结论所呈现的参数值有所不同见表 3。座椅尺寸术语的定义也有所不同,如文献^[23-24]中定义“坐高”是座面前沿至地面的垂直距离,然而规范^[25]中的定义是坐垫上表面最高点至地板的高度。

表 1 国内代表性文献
Tab.1 Comparison of domestic research articles

文献	研究方法	结论	评价方法
[9]	定性分析高速列车座椅设计影响因素	从内部及外部系统中定义座椅设计的各个影响因素及其相关作用关系。	——
[22]	问卷调查	靠背倾角 100°~120°。靠背宽不大于 415 mm, 高度不低于 729 mm。头靠距离座面 700~859 mm。	主观
[23]	定性分析人体产生疲劳机理	设计原理: 保持脊柱正常的生理弯曲、合理的体压分布以保证全身肌肉放松及血液正常循环、具备抵抗振动能力。	——
[26]	问卷调查	座椅排布保持与列车运行方向一致。座椅向车厢侧墙方向旋转 5°~10°。	主观
[27]	色彩舒适性问卷调查	人对舒适的色彩饱和度选择没有一致性, 但具有倾向性: 暖色调, 人们偏爱中高级饱和度; 对于冷色彩, 偏爱高饱和度。	主观

表 2 国外代表性文献
Tab.2 Comparison of foreign research articles

文献	研究方法	结论	评价方法
[28]	姿势、体压分布、材料弹性	纵断面：座垫的主要部分呈直线为好，腰部附近呈凸面形状、背中上部呈 S 形为主客观结合	主客观结合
[29]	试制可变试验椅	头枕及大腿压迫感比 E2 座椅较差。开发座椅靠背性能较 E2 系列容易传递振动。	
[30]	问卷调查	大部分乘客认为长途旅行是不舒适的，印度铁路客车应考虑旅客人机工学因素。主观	_____
[31]	定性分析	提出乘客座椅系统设计方法及程序，为韩国高速列车的乘客座椅提出设计建议及指南。	
[32]	坐姿观察	被试对不同座椅属性具有不同的行为特征。对动作改变次数等进行定量分析。	客观

表 3 国内代表性文献中的座椅尺寸推荐值
Tab.3 Recommending values of seat dimensions in the domestic articles

文献	[23]	[24]	[25]	[22]		
				VIP	一等	二等
座高/mm	450	400~500	440	372~463	372~463	372~463
座宽/mm	500	≥420	双人 900	458~486	450~480	425~468
坐深/mm	430	≥400	——	450~510	435~495	425~462
靠背高/mm	850	≥450	750	729~868	729~858	688~837
座面倾角	7°	3°~7°	4°	5°~15°	5°~15°	5°~15°
靠背倾角	95°~135°	95°~110°	100°	100°~180°	100°~135°	100°~125°

2.3 轨道交通工具座椅舒适度研究展望

根据以上综述分析，提出以下 4 点研究思路。

1) 形成系统全面的评价体系。分别从乘客的生理和心理两个方面，分析轨道交通工具座椅舒适度错综复杂的影响因素。如乘客的审美体验、爱好倾向影响座椅的色彩风格；乘客的形体特征和行为影响座椅尺寸、布局特征等。因此，从乘客的生理和心理两个方面出发，形成全面的评价体系，对座椅设计与研究具有重要的价值。

2) 应用主观和客观综合评价的研究方法。轨道交通工具中座椅舒适度评价的研究结合体压分布、表面肌电等客观参数的评价，探讨主、客观指标间的关系，其研究结论更可靠、全面。

3) 统一座椅尺寸参数定义，更新标准数据。针对国内研究文献及规范中对座椅尺寸术语的定义和参数推荐值参差不齐的问题，应分类（如不同车辆类型、不同类型的座椅等）进行统一规范。我国采用的人体尺寸标准仍为 1988 年《中国成年人人体尺寸》。2009 年，中国标准化研究院已更新最新成年人人体尺寸的调查统计数据，轨道交通工具中的乘客座椅作为公众座椅类型，应及时进行尺寸推荐值的修正。

3 基于体压分布的动车组一等座椅舒适度评价

表 4 中一等车座椅方案设计是在我国现运行动车组一等座椅的基本结构功能和尺寸参数的基础上，对座椅靠背及坐垫的形面进行再设计。

表 4 动车组一等座椅形面设计方案及模型
Tab.4 EMU first class seating surface designs and models

	方案效果图	模型	形面特征
Z1			座椅靠背一体式造型；靠背、坐垫形面较为平坦；背部、腰部无包围；坐垫后部略微下倾，两侧凸起。
Z2			头靠后倾，背部微凸，腰部凸出；坐垫中部稍下凹；靠背及坐垫两侧凸起。
Z3			头颈部向前稍凸起，背部稍平坦；腰部微凸；坐垫横断面贴合腿部及臀部乘坐形态，两侧及中部略微凸起。

3.1 实验方法

根据一等座椅形面造型设计方案,制作 1:1 实物模型,材料为软性的聚氨酯泡沫。将坐垫和靠背模型固定于试验椅上,采用固定的座椅尺寸参数(坐高:400 mm,坐深 45 mm,靠背倾角 110°),征集 2 名典型实验对象分别以轻松自然的坐姿乘坐试验椅,调整好坐姿,测得压力分布数据,以供后期进行体压分布舒适度分析。

3.2 实验结果

根据实验所得数据进行统计整理,得出实验对象

表 5 实验对象信息
Tab.5 Subject information

序号	性别	身高	体重
1	女	166 cm	53 kg
2	男	178 cm	78 kg

P1 和 P2 对每个座椅靠背及坐垫的压力分布热图,以及相应的最大压力值 $P_{\max}$,和平均压力值 P_{ave} 。如表 6 所示。



图 1 实验场景
Fig.1 Experimental scene

表 6 实验对象对 3 种座椅形面的体压分布数据
Tab.6 The subject of three seating surface of the body pressure distribution data

	Z1 压力分布热图		Z2 压力分布热图		Z3 压力分布热图	
	靠背	坐垫	靠背	坐垫	靠背	坐垫
P1	 $P_{\max}=13.9$ $P_{\text{ave}}=2.5$	 $P_{\max}=16.8$ $P_{\text{ave}}=3.6$	 $P_{\max}=15.3$ $P_{\text{ave}}=2.9$	 $P_{\max}=10.8$ $P_{\text{ave}}=3.1$	 $P_{\max}=10.2$ $P_{\text{ave}}=2.2$	 $P_{\max}=10.9$ $P_{\text{ave}}=3.0$
P2	 $P_{\max}=9.9$ $P_{\text{ave}}=3.6$	 $P_{\max}=19.1$ $P_{\text{ave}}=4.3$	 $P_{\max}=10.9$ $P_{\text{ave}}=4.3$	 $P_{\max}=12.3$ $P_{\text{ave}}=5.0$	 $P_{\max}=6.1$ $P_{\text{ave}}=2.5$	 $P_{\max}=11.1$ $P_{\text{ave}}=3.9$

3.3 分析讨论

1)靠背形面造型压力分布。对比压力分布热图,一等座椅靠背中 Z3 的压力分布情况较好,平均压力值相对较低,整体压力分布较均匀,曲面造型凹凸有致,贴合背部形态,头部、背部、腰部支撑良好。Z1 和 Z2 的靠背型面较为平坦,压力大面积集中于背部,压力梯度变化较大,肩颈部及腰部支撑不佳。另外 Z2 靠背的最大压力和平均压力值较大,整体压力分布情况较差。

2) 坐垫形面造型压力分布。对比压力分布热图,一等座椅坐垫 Z1、Z3 的坐压分布情况较好,整体压力分布较均匀,压力梯度变化较小,整体舒适性良好。Z1 的坐垫形面中部下凹,两侧微凸,后部略微下倾;

Z3 的坐垫形面与大腿和臀部贴合。Z2 坐垫上的较大压力分布于坐骨结节处及大腿两侧,平均压力值相对较大,腿部具有拥挤感,舒适性不佳。

4 结语

通过对当前有关座椅舒适度的主流评价方法以及国内外轨道交通工具的座椅舒适度研究现状及问题进行综述,分析了我国轨道交通工具座椅舒适度的研究思路包括形成系统全面的评价体系、应用主观和客观综合评价的研究方法、统一座椅尺寸参数定义和更新标准数据 3 个方面,列举了基于体压分布指标在座椅形面造型舒适度评价中的应用,为轨道交通工具座椅装备的舒适性设计和研发提供参考。

参考文献:

- [1] 田君. 一把椅子, 一段设计研究路——石振宇的创新路径[J]. 装饰, 2012(4): 46—55.
TIAN Jun. A Chair, A Design Research Journey: SHI Zhen-yu's Innovation Path[J]. Zhuangshi, 2012(4): 46—55.
- [2] KUIJT-EVERS L F, KRAUSE F, VINK P. Aspects to Improve Cabin Comfort of Wheel Loaders and Excavators According to Operators[J]. Applied Ergonomics, 2003, 34(3): 265—271.
- [3] 梁绸. 设计如何“为人民服务”? [J]. 美术观察, 2007(10): 26—27.
LIANG Chou. How to Embody the Design of “Serving the People”? [J]. Art Observation, 2007(10): 26—27.
- [4] 陶海鹰. “坐”与“座”——谈设计文化中事与物的关系[J]. 美术观察, 2010(8): 115.
TAO Hai-ying. "Sit" and "Seat": Talk on the relationship between Affairs and Objects[J]. Art Observation, 2010(8): 115.
- [5] 李敏. 人机座椅新概念[J]. 装饰, 2003(4): 65.
LI Min. New Concept of Ergonomic Chair[J]. Zhuangshi, 2003(4): 65.
- [6] HELANDER M, ZHANG L. Field Studies of Comfort and Discomfort in Sitting[J]. Ergonomics, 1997, 40(9): 895—915.
- [7] LOOZE M P, KUIJT-EVERS. Sitting Comfort and Discomfort and the Relationships with Objective Measures[J]. Ergonomics, 2003, 46(10): 985—997.
- [8] 罗无逸. 怎样使座椅设计得更舒适[J]. 装饰, 1980(2): 57—58.
LUO Wu-yi. How to Design Make the Seat More Comfortable[J]. Zhuangshi, 1980(2): 57—58.
- [9] 李娟, 徐伯初. 系统设计观念下的高速列车座椅设计程序解析[J]. 包装工程, 2011(8): 30—33.
LI Juan, XU Bo-chu. Analysis of High-speed Train Seat Design Procedure Under the System Design Conception[J]. Packaging Engineering, 2011(8): 30—33.
- [10] 刘岩, 杨冰, 叶贵鑫. 高速铁路客车车内声品质客观参量与主观评价相关性分析[J]. 铁道学报, 2012, 34(12): 35—39.
LIU Yan, YANG Bing, YE Gui-xin. Analysis on Correlation Between Objective Parameters and Subjective Evaluation of Sound Quality of High Speed Passenger Train [J]. Journal of the China Railway Society, 2012, 34(12): 35—39.
- [11] SHACKELB, CHIDSEYKD, SHIPLEY P. The Assessment of Chair Comfort[J]. Ergonomics, 1969, 12(2): 269—306.
- [12] CORLETTEN. A Technique for Assessing Postural Discomfort[J]. Ergonomics, 1976, 19(2): 175—182.
- [13] ANNETT J. Subjective Rating Scales: Science or Art?[J]. Ergonomics, 2002, 45(14): 966—987.
- [14] LEEKS, FERRAIUO L. Measuring Seat Comfort[J]. Ergonomics, 2002, 41(12): 916—927.
- [15] 许继峰, 张寒凝, 崔天剑. 基于坐姿行为的办公椅设计与创新[J]. 包装工程, 2013(8): 52—56.
XU Ji-feng, ZHANG Han-ning, CUI Tian-jian. Office Chair Design and Creation Based on Sitting Behavior[J]. Packaging Engineering, 2013(8): 52—56.
- [16] CHEE F T. Sleeping in Sitting Posture Analysis of Economy Class Aircraft Passenger[J]. Electronic Engineering and Computing Technology, 2010(9): 703—713.
- [17] BRANTON P, GRAYSON G. An Evaluation of Train Seats by Observation of Sitting Behavior[J]. Ergonomics, 1967, 10(1): 35—51.
- [18] 王笃明. 肌肉疲劳的 sEMG 时频分析技术及其在工效学中的应用[J]. 航空医学与医学工程, 2003, 16(5): 387—390.
WANG Du-ming. Semg Time-frequency Analysis Techniques for Evaluation of Muscle Fatigue and It's Application in Ergonomic Studies[J]. Space Medicine & Medical Engineering, 2003, 16(5): 387—390.
- [19] DEDERING K. Electromyography and Ratings of Lumbar Muscle Fatigue Using a Four-level Staircase Protocol [J]. Clinical Biomechanics, 2002, 17(3): 171—176.
- [20] LEE K S. Physical Stress Evaluation of Microscope Work Using Objective and Subjective Methods[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 1988, 2(3): 203—309.
- [21] DRUMMON D S. A Study of Pressure Distributions Measured During Balanced and Unbalanced Sitting[J]. Journal of Bone and Joint Surgery, 1982, 64(7): 1034—1039.
- [22] 陈祥. 高速铁路客车乘坐舒适度综合评价模型研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2010.
CHEN Xiang. Research of Comprehensive Evaluation Model on Riding Comfort of High-speed Train[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2010.
- [23] 苏树强. 现代高速列车座椅乘坐舒适性设计综述[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 1999, 26(4): 251—253.
SU Shu-qiang. A Summary of Seat Comfort Design of Modern High-speed train[J]. Railway Occupational Safety Health & Environment Protection, 1999, 26(4): 251—253.
- [24] GB/T 13059—1991, 客车乘客座椅尺寸规格[S]. 北京: 中国标准出版社, 1991.
GB/T 13059—1991, Bus Passenger Seat-dimensions[S]. Beijing: China Standards Press, 1991.
- [25] TB 1755—1986, 硬座车座椅尺寸参数及技术条件[S]. 北京: 中国铁道出版社, 1986.
TB 1755—1986, Seat Size Oarameters and Technical Conditions of Semi Cushioned Seat Car [S]. Beijing: China Railway Press, 1986.
- [26] 李宗密. 列车座椅摆放角度与晕车的人因分析[J]. 艺术与设计, 2008(3): 162—164.
LI Zong-mi. Human Factors Analysis of Train Seat's Angle and Sickness[J]. Art and Design, 2008(3): 162—164.
- [27] JIANG Liang-kui. Color Saturation Preference of Train's Seat Based on Visual Comfort[C]// International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, China: IEEE, 2011: 2032—2035.
- [28] 刘晓杰, 朱德库. 车辆用座椅舒适度的评价[J]. 国外轨道车辆, 1995(1): 46—50.
LIU Xiao-jie, ZHU De-ku. Evaluation of Vehicle Seat comfort[J]. Foreign Rolling Stock, 1995(1): 46—50.
- [29] 彭惠民. 舒适性车辆座椅的开发[J]. 国外机车车辆工艺, 2010(1): 38—44.
PENG Hui-min. Development of Comfort Vehicle Seat[J]. Foreign Locomotive & Rolling Stock Technology, 2010(1): 38—44.
- [30] SINGH L P. Investigation of Comfort Level and Passenger Seat Design (Side Lower Berth) in Sleeper Class Coaches in Indian Train: an Exploratory Study[J]. International Journal of Manufacturing Technology and Management, 2012, 25(1): 45—49.
- [31] JUNG E S. Coach Design for the Korean High-speed Train: a Systematic Approach to Passenger Seat Design and Layout[J]. Applied Ergonomics, 1998, 29(6): 507—519.
- [32] BRANTON P, GRAYSON G. An Evaluation of Train Seat by Observation of Seating Behavior[J]. Ergonomics, 2007, 10(1): 35—51.