

【工业设计】

## 基于人机工程学的赛车座椅创新设计研究

陈国强<sup>1</sup>, 石怀升<sup>2</sup>, 金明霞<sup>1</sup>, 戴成<sup>1</sup>

(1.燕山大学, 秦皇岛 066000; 2.河北美术学院, 石家庄 050700)

**摘要:** 目的 针对国内赛车竞赛中的座椅设计及人机问题, 为车手提供更具人性化、精准化和规范化的赛车座椅造型设计方案, 进一步提高赛车座椅在训练及比赛中的安全性和适应性。**方法** 以人机工程学为理论依据, 以赛车座椅为设计研究对象, 通过整理文献总结两者的发展现状; 结合访谈法、考察法等调研方式调查车主, 并归纳赛车座椅的人机设计原则。**结果** 以中国汽车工程学会巴哈大赛(BSC)赛车座椅为例, 根据所总结的原则对其进行人机设计应用; 最终对舒适值等人机参数进行选择, 并完成造型方案设计和参数化建模。**结论** 通过上述方法对赛车座椅进行人机创新设计, 使其造型更符合特定车队的人机尺寸和审美要求, 减少设计周期中不符合使用者人性化需求的方案输出, 为实际生产及改装提供借鉴。

**关键词:** 赛车座椅; 人机工程学; 造型设计; 中国汽车工程学会巴哈大赛赛车

**中图分类号:** TB472   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1001-3563(2020)10-0071-06

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.10.011

### Creative Racing Seat Design Based on Ergonomics

CHEN Guo-qiang<sup>1</sup>, SHI Huai-sheng<sup>2</sup>, JIN Ming-xia<sup>1</sup>, DAI Cheng<sup>1</sup>

(1.Yanshan University, Qinhuangdao 066000, China; 2.Hebei Academy of Fine Arts, Shijiazhuang 050700, China)

**ABSTRACT:** The work aims to provide a more humanized, precise and standardized solution to racing seat modeling design for racing drivers to further improve the safety and adaptability of racing seat in training and competition, for the propose of solving the problem of ergonomics in the process of China's racing seat design. Based on ergonomics, the racing seat modeling was taken as the research object to summarize the development status of the two by collating the literature. The racing drivers were surveyed by means of interview and investigation, and the design principles of ergonomics about racing seat were summarized. With Baja SAE China (BSC) racing seats as a design example, the ergonomic design was applied to these racing seats based on the principles summarized. Finally, the ergonomic parameters such as comfort values were chosen, and the modeling design and parametric modeling were completed. It makes the modeling more suitable for ergonomic size and aesthetic requirements of specific fleet by making creative ergonomic design of racing seats in the above-mentioned methods. It also reduces the unnecessary schemes for users in the design cycle and provides reference for the actual production and the refitting.

**KEY WORDS:** racing seats; ergonomics; modeling design; BSC racing car

座椅是赛车内饰设计的重要内容, 是研究驾驶员与赛车间人机适配的重要组成部分。良好的赛车座椅设计有助于提高驾驶员操作的高效性、适应性和安全

性, 对模拟训练和比赛成绩有重要影响<sup>[1]</sup>。随着人机工程学在汽车产品设计领域的发展, 赛车座椅的设计品质有了显著提升, 但在中国汽车工程学会巴哈大赛

收稿日期: 2020-01-11

基金项目: 河北省省级研究生示范课和案例(1700010); 燕山大学博士基金(社科类)(B904)

作者简介: 陈国强(1975—), 男, 河北人, 博士, 燕山大学教授, 主要研究方向为大型机械工业设计、产品设计程序与方法、智能工业设计理论创新。

通信作者: 石怀升(1992—), 男, 河北人, 硕士, 河北美术学院讲师, 主要研究方向为大型机械工业设计、人机工程学。

表 1 赛车座椅品牌调查  
Tab.1 Racing seat brand survey

品牌(国家)	示例	系列	优势	劣势
EDDY(中国)		<ul style="list-style-type: none"> <li>可调座椅</li> <li>桶形赛车座椅</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>良好保护性, 骨架强度高, 面料防火防滑</li> <li>价格低廉</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>造型设计及品质有待提高</li> <li>肩部支持较差</li> </ul>
Sparco(意大利)		<ul style="list-style-type: none"> <li>街头赛车座椅</li> <li>竞赛型赛车座椅</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全保护性强</li> <li>座椅有很好的可调性</li> </ul>	手动调节功能影响使用体验
RECARO(德国)		<ul style="list-style-type: none"> <li>整体桶形座椅</li> <li>高强度材质座椅</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>具备良好的支撑性、可调节性, 外壳轻巧</li> <li>具有舒适性并可加热</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>改装相对繁琐</li> <li>价格昂贵</li> </ul>
Bride(日本)		<ul style="list-style-type: none"> <li>固定式桶形座椅</li> <li>可倾斜桶形座椅</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>座椅采用流线型设计, 靠背刚性强, 提供多个尺寸选择</li> <li>面料耐磨、耐褪色、色彩多样</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>超低座椅位置、驾驶颠簸需要适应</li> <li>价格昂贵</li> </ul>

(BSC)等一些国内外新兴的赛事中, 与造型相关的人机适配、高昂的设计及改装成本仍然是亟需解决的难题。

## 1 概况

### 1.1 汽车人机工程学的发展概述

汽车人机工程学以人机工程学中的“人—机—环境”系统为研究基础<sup>[2]</sup>, “人”的特性主要包括人体尺寸测量、生物力学、心理及信息传递等内容; “机”的特性主要涉及汽车内外装饰、整车布置、照明等内容; “环境”的特性主要涵盖物理、生物、美学环境等内容<sup>[3]</sup>。三者相互关联, 进而演化出对驾驶视野、上下车、人机虚拟模型仿真等综合的课题研究<sup>[4]</sup>。

近年来, 汽车人机工程学的研究打破了传统产品设计思路, 使其更具人性化和精准化<sup>[5]</sup>。李惠彬、孙振莲对车辆设计中的人机工程学问题, 以及基于人机工程学的汽车评估方法进行了全面的阐述, 并对计算机辅助人机工程设计系统、人性化设计等人机工程发展新趋势进行了预测<sup>[6]</sup>。Dick Lenior等人将车辆人机工程学运用到智能运输中, 对交通工具的个性化、适应性和集成化进行了系统性研究, 使人机工程学测试分析有了更广的应用空间<sup>[7]</sup>。

### 1.2 赛车座椅设计的国内外现状

赛车座椅是一种具有特殊用途的汽车座椅, 具有支撑、保护等功能, 主要用于场地赛车和非场地赛车两种情况, 造型多被设计为桶形, 按调整自由程度可分为固定式和可倾斜式。赛车座椅的主要特点为:(1)造型设计针对比赛环境进行了特殊的人机工程学改良, 多部位的包裹状结构对人体的骨骼、肌肉有一定的保护作用;(2)对舒适性要求降低, 更注重耐磨性、耐火性等安全性能;(3)具有较好的支撑性, 并力求整体轻量化<sup>[8-9]</sup>。

在汽车厂商和座椅生产商的共同促进下, 现代赛车座椅的设计不断完善。本文整理了国内外具有代表性的赛车座椅品牌, 见表 1。其中, Bride 的个性化人机设计、RECARO 和 Sparco 卓越的人机功能及 EDDY 的高性价比都是业界很好的典范, 但部分座椅在造型、功能与实际人机适配方面仍然存在一些问题, 这在国内品牌中尤为突出, 主要体现在:(1)造型及配色趋于同质化, 在视觉上未满足车手的人机使用需求;(2)功能过剩, 部分功能在使用时并未得到充分利用;(3)座椅部分位置的舒适度无法满足特定参赛群体;(4)售价高昂且存在人机改装的费用, 改装后的座椅需要符合法律规范, 其安全性等需要被重新评估, 进而延长了设计周期。

## 2 赛车座椅的人机设计方法及原则

### 2.1 赛车座椅的人机设计方法

赛车座椅通过为人体各部分提供合理的设计来满足驾驶员的差异化需求, 因此应将舒适性、安全性等纳入前期设计研究中; 并针对不同比赛需求的权重进行相应的人机设计变化。据此, 总结了赛车座椅各部分的人机作用特点, 见表 2。

同时, 根据汽车人机工程测试机构的多项选择调查方法, 从舒适性、美观性、安全性等静态人机尺度制作赛车座椅车主调查表, 并进行调研。设置座椅坐垫、靠背、腰靠等为舒适性评价指标; 标识、形态、装饰线、材质、色彩等为美观性评价指标; 保护装置、需保护部位等为安全性评价指标; 耐脏、耐火、耐晒、耐磨、防滑、可调等为其他辅助评价指标。运用访谈及考察方式, 随机选取某高校车队的专业车手五十人及赛车座椅销售人员五十人, 针对 BSC 赛车座椅的使用情况投放并回收该车主调查表, 再对其结果进行统计, BSC 赛车座椅车主调查表统计结果见表 3。

表 2 赛车座椅的人机作用特点  
Tab.2 Ergonomic features of racing seats

图例	序号	部位	作用特点
	1	头枕	具有很强的包裹性、缓冲性、安全性, 兼顾空气流动性, 用以保护头部
	2	角度	具有一定的可调性、无级无段锁定、弧形贴背设计等, 用以满足不同群体需求
	3	背靠	具有良好的支撑性, 特别是对第三、第四脊椎的支撑, 可减轻腰椎骨承受的大部分人体重量, 用以支撑脊椎
	4	腰靠	具有一定支撑性、舒适性, 与驾驶员腰部紧贴
	5	坐垫	具有支撑性、缓冲性, 用以支撑身体

表 3 BSC 赛车座椅车主调查表统计结果  
Tab.3 Statistic results of BSC racing seat owner's questionnaire

评价指标	所选内容	所占比例	评价指标	所选结果	所占比例
舒适性	A. 前: 保持现状	84%	美观性	标识需求	需要该高校标识 97%
	B. 后: 更低	72%		形态需求	流线型 75%
	C. 保持现状	50%		装饰线需求	几何规则图形 90%
	D. 保持现状	43%		材质需求	碳纤维 70%
舒适性	E. 更硬	68%		其他	54%
	F. 更宽	47%	安全性	色彩需求	A. 数量: 两种 87% B. 偏好: 其他 80%
靠背需求	G. 更长	65%		装置设施	需要安全带 93%
	H. 保持现状	50%		需保护的部位	头部包裹 46%
腰靠需求	I. 更软	80%		椅背缓冲	75%
	J. 更高	39%		腰部包裹	83%
辅助	耐火性	94%		腰靠缓冲	60%
	耐磨性	72%			

车主调查表由具体用户的意見和試驗所得, 具有普遍適用、获取有效信息直接、综合主客观评价数据等优势, 但需要克服数据失准、响应率低等问题。受行业标准限制, 赛车座椅的设计主要面向基数小、形体特征较一致的特定参赛人群, 因此, 上述评价结果可直接用于该校 BSC 赛车座椅设计: 舒适性、安全性可在原座椅基础上调整, 调整前需要通过人体模板给出坐姿舒适度的调研结果和符合标准的客观数据, 调整后需要进一步仿真模拟以验证; 美观性、辅助特性可利用材质的涂装特性适配不同车队的要求。

## 2.2 赛车座椅的人机设计原则

根据行业标准数据、赛车座椅的人机作用特点及车主调查表统计分析, 可进一步总结赛车座椅的人机设计原则。

### 2.2.1 安全性原则

安全性原则主要考虑两方面: (1) 具有保护作用, 主要保护部位为头、腰、臀、胸, 形态呈包裹状, 应配有三孔或四孔的安全带增强保护效果。由表 3 数据可得, 诸如 BSC 越野赛道应着重增加对于头部以

下的保护, 后续生产还应将抗震性纳入研究范畴; (2) 应选择耐热、耐磨的刚性材质, 避免事故带来的烧伤、磕碰问题, 通常选择玻璃钢或碳纤维等材料。

### 2.2.2 精准性原则

精准性原则主要体现在人机尺寸方面, 参照美国汽车工程师学会(SAE)标准<sup>[10]</sup>及国标人体测量数据<sup>[11]</sup>, 得出赛车座椅人机作用特点的具体参数要求<sup>[12]</sup>, 见表 4。根据该数据可对车主调查表统计的结果进行改进以达到精准设计, 同时应注意所改尺寸既要符合参赛人员的人体测量数据, 又不能超出赛车座椅尺寸参考范围。

### 2.2.3 舒适性原则

赛车座椅通常会为了提高比赛专注度而降低一定的舒适性, 但仍然可通过绘制人体模板分析其关节角度以最大化改善舒适性。对于关节角, 不同资料给出的舒适值范有所区别, 经综合比较对其进行总结, 见表 5, 并可根据车主调查表的需求结果选择是否增加调节功能, 确定一组坐姿参数进行校核, 进而解决赛车座椅的舒适度问题。

表4 赛车座椅尺寸参考数据  
Tab.4 Reference data of racing seat size

部位		参数要求
靠背	赛车座椅高度 H30	150~250 mm
	最大座椅靠背高度	选择女性第5百分位，一般为509 mm
腰靠	腰部区域座椅轮廓	应保持驾驶人坐姿下背部脊柱自然曲率，呈前凸状。
	座椅靠背角度	与直线角度，一般为22°~28°
角度	坐垫角度	向后倾斜5~15 mm
	座椅宽度	大于女性第95百分位坐姿臀部宽度的432 mm，服装裕量为500 mm~525 mm
坐垫	横向位置	从驾驶员中心线到车门内饰板横向距离应大于男性第95百分位肘间距的一半和肘关节间隙的总长
	坐垫长度	女性第5百分位“臀一腿窝距离”，一般为440 mm
头枕	包裹	按需添加，包裹曲率根据赛事所需拐弯离心力设置，尺寸应大于驾驶员穿戴后的身体尺寸并有一定的自由空间
整体	填充	贴合或抱合，填充物允许约25 mm的变形

表5 赛车座椅的人体舒适角度范围  
Tab.5 Human comfort angle range for racing seats

图示	符号	关节角度名称	舒适值范围
	$\alpha_1$	背角	20°~30°
	$\alpha_2$	臀角	95°~120°
	$\alpha_3$	膝角	135°~160°
	$\alpha_4$	足角	90°~95°
	$\alpha_5$	臂角	0°~78°
	$\alpha_6$	肘角	140°~170°
	$\alpha_7$	腕角	170°~190°

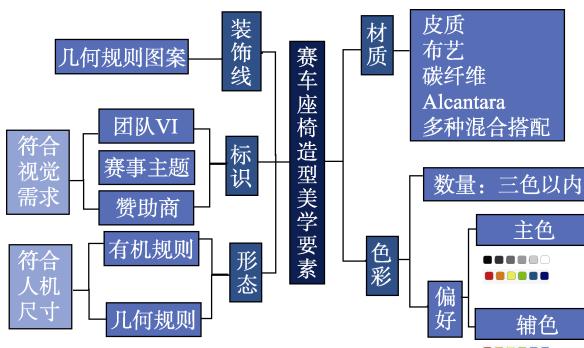


图1 赛车座椅人机设计的美学要素  
Fig.1 Aesthetic elements of the human-machine design of racing seats

#### 2.2.4 美观性原则

美观性原则根据车主调查表的评价指标确立，它们相互作用体现了人机工程学的视觉审美特性。根据人机工程学知识提出如下建议供参考：(1) 标识设计：根据参赛团队需求制定，多位于头枕部位。(2) 装饰线：以几何线条为主，体现简约的设计语言，多位于头枕、背椅、臀腰部位。(3) 色彩：整体色调应具有一定的视觉冲击性，以调动赛车驾驶员兴奋的情绪，底色可选明度、纯度低的暗色系；辅色可选明度、纯度高的暖色起对比修饰作用；也可选同一色系不同间

色以形成对比；三色以内为宜<sup>[13]</sup>。(4) 材质：应具有可塑性强、易涂装的特性。(5) 形态：整体尽量贴合人体，包裹缓冲部位形态多为有机曲线以适配人体各部位，头枕部位可设置为流线型镂空结构以增强空气流通改善驾驶速度。同时，进一步总结了赛车座椅人机设计的美学，见图1，为赛车座椅的人机工程学研究提供借鉴。

### 3 BSC 赛车座椅造型的设计应用

目前BSC赛车座椅的设计与改装存在着明显的人机适配问题，一些车队甚至选择普通汽车座椅进行比赛，影响整车的安全性和舒适性；而过于同质化的产品无法体现座椅的美学性。故结合前期车主调查表分析，以燕山大学BSC赛车座椅为例进行人机创新设计。

1) 安全要素应用：根据车主对安全性的选择结果，选择了耐火、耐磨、刚性强的碳纤维材质，并设有四孔安全带，增强比赛安全系数；对头部以下部位进行包裹设计，使之更具亲和力和人性化，有效保护在大扭矩状态下的身体部位。

2) 舒适要素应用：根据车主对舒适性的选择结果，在局部应用弹性面料以最大化解决赛车手舒适度问题；对坐垫靠后部位、靠背、腰靠的尺寸进行调整，并且根据结果对赛车座椅的可调性功能进行删除以

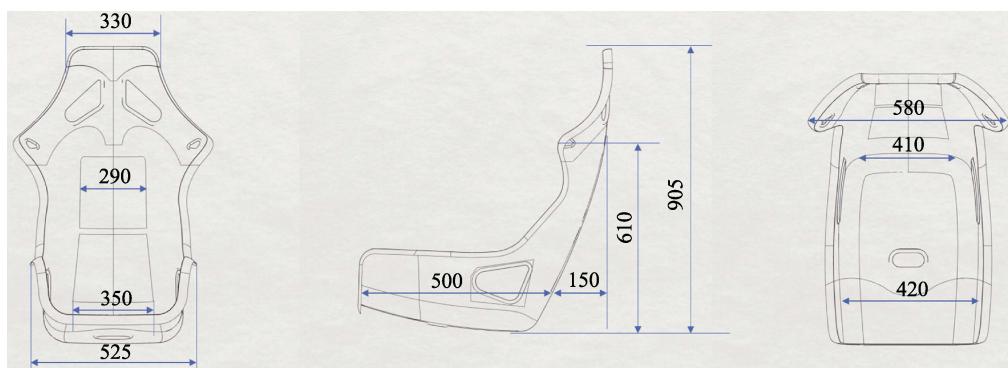


图 2 燕山大学 BSC 赛车座椅的人机基本尺寸 (单位: mm)  
Fig.2 Basic ergonomic size of BSC racing seat in Yanshan University (unit: mm)

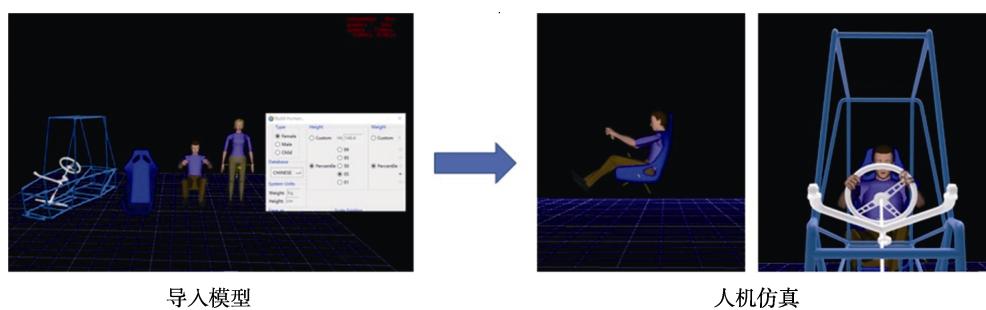


图 3 燕山大学 BSC 赛车座椅的人机仿真检验  
Fig.3 Ergonomics simulation of Yanshan University BSC racing seat



图 4 燕山大学 BSC 赛车座椅方案  
Fig.4 Yanshan University BSC racing seat design

降低成本; 经调整校核, 关节舒适度参数可选择背角为 $25^\circ$ 、臀角 $\alpha_2$ 为 $108^\circ$ 、膝角 $\alpha_3$ 为 $148^\circ$ 、足角 $\alpha_4$ 为 $93^\circ$ 、臂角 $\alpha_5$ 为 $76^\circ$ 、肘角 $\alpha_6$ 为 $145^\circ$ 、腕角 $\alpha_7$ 为 $175^\circ$ 。

3) 精准要素应用: 考虑到 BSC 比赛要求, 座椅设计的人机尺寸按从第 5 百分位的女性到第 95 百分位的男性进行设计, 并结合对坐姿的分析结果, 完成燕山大学 BSC 赛车座椅的人机基本尺寸, 见图 2; 头枕部位呈流线状, 并设有开孔以增加空气流通。将符合要求的座椅与 BSC 车架导入人机仿真软件 Jack, 创建第 5 百分位的中国女性和第 95 百分位中国男性模型并设定好姿势, 运用车辆分析工具 (OPT) 进行

检验。由人机仿真检验可知用户坐姿及驾驶视野均符合 BSC 赛车驾驶要求, 见图 3。

4) 美学要素应用: 标识以燕山大学校徽的海燕形象为设计元素进行推演; 装饰线根据座椅各部位形体特征选择对称曲线; 靠背形状为圆角矩形, 材质选择弹性棉与易涂装的碳纤维搭配; 提出以象征本校的燕大蓝搭配黑色为主色, 以亮橙、亮红、柠黄暖色系为辅色的方案, 体现“以人为本”的个性化人机设计理念; 可通过油漆喷涂使碳纤维具备半哑光金属色泽, 使整体视觉效果符合人机作业环境, 燕山大学 BSC 赛车座椅方案见图 4。

## 4 结语

将人机工程学运用到赛车座椅的设计研究,运用科学的调研方法归纳出安全性、精准性、舒适性、美观性的设计原则,通过具有普遍性的人机调研方式和合理的人机参考数据,最大化满足调研对象的人机需求;对前期的造型构思具有规范作用,从而规避一些不符合生产实际的造型设计输出,降低研发成本;为后期的人机适配提供合理依据,为仿真校核提供参照。

## 参考文献:

- [1] 张东剑, 马其华, 陶超, 等. FSC 赛车驾驶室的人机工程适应性[J]. 上海工程技术大学学报, 2016, 30(4): 316-320.  
ZHANG Dong-jian, MA Qi-hua, TAO Chao, et al. Adaptability of FSC Racing Cab Based on Ergonomics[J]. Journal of Shanghai University of Engineering Science, 2016, 30(4): 316-320.
- [2] 毕斯, 李惠彬, 刘亚茹. 汽车设计中的人机工程学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.  
BHISE V D, LI Hui-bin, LIU Ya-ru. Ergonomics in the Automotive Design Process[M]. Beijing: China Machine Press, 2014.
- [3] 毛恩荣, 张红, 宋正河. 车辆人机工程学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2007.  
MAO En-rong, ZHANG Hong, SONG Zheng-he. Ergonomics in Vehicle Engineering[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology, 2007.
- [4] 朱卫刚. 基于人机工程学的汽车布置方法研究[D]. 浙江: 浙江工业大学, 2016.  
ZHU Wei-gang. Vehicle Packaging Base on Ergonomics[D]. Zhejiang: Zhejiang University of Technology, 2016.
- [5] 陈杰. 汽车座椅的人机工程学分析[J]. 包装工程, 2015, 36(22): 145-148.
- CHEN Jie. Ergonomics Analysis of Automobile Seat [J]. Packaging Engineering, 2015, 36(22): 145-148.
- [6] 李惠彬, 孙振莲. 车辆人机工程学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2017.  
LI Hui-bin, SUN Zhen-lian. Automotive Ergonomics[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology, 2017.
- [7] LENIOR D, JANSSEN W, NEERINCK M, et al. Human-factors Engineering for Smart Transport: Decision Support for Car Drivers and Train Traffic Controllers[J]. Applied Ergonomics, 2006, 37(4): 479-490.
- [8] 顾方舟, 赵江洪, 赵丹华. 汽车内饰造型的审美偏好[J]. 包装工程, 2018, 39(18): 106-110.  
GU Fang-zhou, ZHAO Jiang-hong, ZHAO Dan-hua. Aesthetic Preference on Automotive Interior Styling[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(18): 106-110.
- [9] 谢金婷. 基于用户体验的汽车内饰设计方法研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2012.  
XIE Jin-ting. Research Methodology of Automotive Interior Design Based on User Experience Supported[D]. Shenyang: Northeastern University, 2012.
- [10] SAE International. SAE J1100-2009, Motor Vehicle Dimensions[S]. 2009.
- [11] 国家技术监督局. GB 10000-1988, 中国成年人人体尺寸[S]. 北京: 中国标准出版社, 1989.  
State Bureau of Technical Supervision. GB 10000-1988, Human Dimensions of Chinese Adults[S]. Beijing: China Standard Press, 1989.
- [12] 任金东, 陈景辉, 陆善彬, 等. 汽车人机工程设计中人体数据应用方法的研究[J]. 汽车工程, 2013, 35(6): 505-509.  
REN Jin-dong, CHEN Jing-hui, LU Shan-bin, et al. A Research on the Use of Anthropometric Data in Vehicle Ergonomic Design[J]. Automotive Engineering, 2013, 35(6): 505-509.
- [13] 桑涛. 汽车内饰色彩发展规律研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2014.  
SANG Tao. Development of Automotive Interior Colors[D]. Jilin: Jilin University, 2014.