

基于 RAMSIS 仿真的客车改宿营车人机改进工效评估

庞茜月, 熊乐

(中车时代电动汽车股份有限公司, 湖南 株洲 412007)

摘要:为保证客车改宿营车的设计符合人机工效要求,本文基于 RAMSIS 分析工具,对客车改宿营车设计方案中的人机尺寸、舒适性、视野、可触及性进行人机工效评估,为客车改宿营车设计方案的筛选和改进提供有效手段。

关键词:人机工程; 客车改宿营车; RAMSIS 仿真; 工效评估

中图分类号:U462.2⁺5

文献标志码:A

文章编号:1006-3331(2024)02-0044-06

Ergonomics Improvement Evaluation of Modified Camping Vehicle Based on RAMSIS Simulation

PANG Qianyue, XIONG Le

(CRRC Electric Vehicle Co., Ltd., Zhuzhou 412007, China)

Abstract:To ensure the design of camper buses derived from coaches according with ergonomic requirements, this paper conducts the ergonomic evaluation for the design scheme of camper buses derived from coaches based on the RAMSIS analytical tool. The evaluation items include human dimensions, comfort, visibility, and accessibility of the design scheme, which provides effective means for screening and improving the design scheme of camper buses derived from coaches.

Key words:ergonomic engineering; bus derived from coach; RAMSIS simulation; ergonomics evaluation

客车改宿营车是在公路客车的基础上针对特殊使用定制开发的。在行驶状态下,其车内相关驾驶操作及功能与一般客车一致,驾乘舒适性、操作性、可视性等人机工效要求也与一般公路客车一致。但在宿营状态下,其通过两侧拓展机构增大车内活动空间,同时将原有座椅翻转变为可休息的铺位,实现了车内功能的转换。车内功能的转换意味着车内人机工效要求的增加,首先是乘客区操作性要求增加,例如 USB 充电口的位置设置需要兼顾坐乘与躺卧两种姿势下的操作便利性。其次是乘客区舒适性要求增加,为实现躺卧功能,车内座椅背面需要提供躺卧的睡垫,这占据了坐乘空间,在不减少载客量的情况下其坐乘舒适性设计难度增大。同时在座椅位置不动的情况下,座椅翻转后还要满足同等数量乘客躺卧的舒

适性要求,座椅选型及布置难度加大。最后是活动空间要求提高,座椅翻转后,通道不仅是行走通道,还是乘客坐于床尾时的容腿空间,存在腿部侵占通道空间情况,车内通道设计难度增加。所以为更好兼顾不同状态需求,提高设计方案质量,应在设计阶段就通过 JACK^[1]、RAMSIS^[2]等虚拟仿真软件进行方案评估及改进。本文基于 RAMSIS 建立宿营车人机工效仿真评估方法,并识别车内布置设计存在的缺陷,为进一步改进设计提供建议。

1 基于 RAMSIS 的人机分析流程

运用 RAMSIS 进行人机工程分析,其主要流程如图 1 所示。

收稿日期:2023-09-18。

第一作者:庞茜月(1997—),女,硕士;助理工程师;主要从事人机工程分析研究。E-mail:957641369@qq.com。

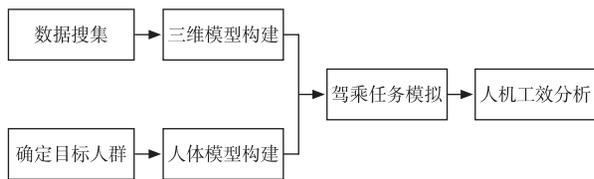


图 1 RAMSIS 分析流程

1.1 数据搜集及三维模型构建

首先需要根据设计方案确定内饰相关数据,并对不同方案的二维 CAD 文件进行搜集,以获取后续三维建模所需尺寸。若无完整的二维 CAD 文件,则可对关键尺寸进行搜集,以满足构建简易模型要求及人机工程分析需要。

然后基于所搜集到的数据,利用 CATIA 软件进行三维模型的构建,如图 2 所示。模型中需包含必须的分析部件以及相关辅助信息,如座椅调节范围、R 点位置等,以满足分析过程需要。

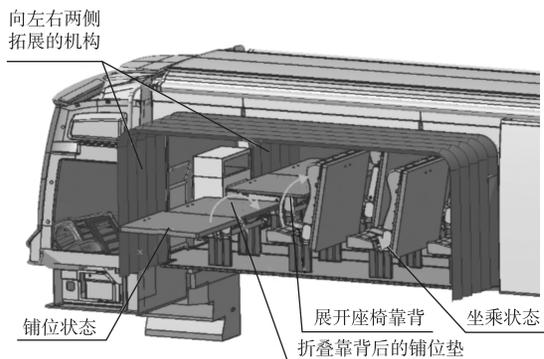


图 2 宿营车内饰三维模型

1.2 确定目标人群及人体模型构建

根据产品定位,确定本宿营车所面向的使用群体为军人,且男性占大多数。所以在 RAMSIS 中构建的三维人体数字模型,可参考相关的军用标准 GJB 2873—97^[3]和 GJB/Z 131—2002^[4]中给出的人体测量数据。最终建立了 5 百分位(P5)、50 百分位(P50)、95 百分位(P95)男性假人模型。

1.3 驾乘任务模拟

驾乘任务的模拟是基于 RAMSIS 姿势计算实现的,需要通过确定数字人体模型关键点与三维模型间的约束关系,来完成驾乘任务的仿真模拟。不同工况下的姿势约束关系如下:

1) 驾驶姿势。在 RAMSIS 中,将建立好的不同

百分位人体模型进行关键节点约束,RAMSIS 根据指定的约束运算匹配最佳操作姿势。通常驾驶操作的约束关系为:人体模型 H 点与座椅设计行程框;右脚踏点与搁脚板平面;右脚踏点与踏板平面;左脚踵点与地板平面;左右手抓握点与方向盘曲面;双手抓握姿势^[5]。除正常坐姿驾驶姿势外,还需要选取较频繁操作的踩踏踏板姿势进行分析,即在上述约束关系中更改右脚踏点约束,将右脚踏点约束到踏板行程最终位置平面上。

2) 乘坐姿势。乘坐姿势是乘客在乘坐过程中长时间保持的姿势。本文乘客座椅的前后位置及座垫高度不可调节,只可调整靠背角度,所以乘客乘坐姿势约束关系为:人体模型 H 点约束在座椅设计的 R 点上;右脚约束在地板平面上;左脚也约束在地板平面上;左右手前臂约束在座椅扶手上表面。

1.4 人机工效分析

驾乘姿势模拟好后需要确定人机工效分析评估要素,以开展人机工效分析工作。评估要素的选择取决于评估需求,文献[6]从舒适性、视野和可触及性三个方面对除雪车车内进行人机工效评估。文献[7]从作业空间设计、储物空间设计、进门设计及空间环境等方面对 BRT 车内空间人机工效进行了探讨。文献[8]从可达性、可视性和舒适性三个方面对商务车驾驶舒适性进行分析。文献[9]以人机尺寸、舒适性、可达性和视野作为高速列车驾驶界面评估要素。综合上述文献,本文将宿营车车内人机工效评估要素分为 4 项,详见表 1。

表 1 宿营车驾驶室评估要素

评估要素	具体内容
作业空间	尺寸设计、活动空间
舒适性	关节角度舒适性、脊柱舒适性
视野	间接视野、仪表视野、眩目
可触及性	左右手可达性

2 实例分析

按照前文所述 RAMSIS 虚拟仿真评估流程,以某型号宿营车设计方案为例,根据评估要素设定,对其

作业空间、舒适性、视野、可触及性进行人机工效评估。

2.1 作业空间分析

2.1.1 尺寸设计分析

GB 13094—2017^[10]、GB/T 13053—2008^[11]是我国关于客车设计标准,规定了大量的车内作业空间尺寸设计要求。本文也以 GB 13094 和 GB/T 13053 标准为依据,分析评估方案是否符合标准要求。表 2 为部分关键尺寸评估结果。

表 2 宿营车部分人机尺寸评估结果

尺寸参数	推荐范围	校核结论
行车制动踏板中心至方向盘中心距离/mm	70~180	符合
加速踏板中心至行车制动踏板中心距离/mm	110~160	符合
加速踏板中心至右侧最近障碍物距离/mm	≥60	符合
驾驶员座椅 R 点至踵点垂直距离/mm	405~508	符合
驾驶员座椅 R 点至踵点水平距离/mm	525~785	符合
驾驶员座椅前后调节量/mm	≥200	符合
驾驶员座椅上下调节量/mm	60~100	符合
方向盘下缘与座椅极限高度位置的上表面距离/mm	180~240	符合
方向盘外缘至驾驶员椅靠背表面的最小水平距离/mm	350~380	超出范围
方向盘直径/mm	400~550	符合
方向盘握把直径/mm	20~50	符合
乘客座椅高度/mm	≥100, ≤500	符合
乘客座椅间距/mm	≥650	符合
挡板后座椅前部空间/mm	≥280	符合
车内通道宽度/mm	≥350	符合
车内通道高度/mm	≥1 800	符合

该方案仅方向盘外缘至驾驶员座椅靠背表面的最小水平距离超出推荐标准。考虑由于座椅前后可调,此单项标准不符对于驾驶室整体设计方案影响不大,所以该方案在尺寸设计上基本符合人机尺寸要求。

2.1.2 活动空间分析

活动空间分析主要检查是否有足够的空间保证驾驶员正常驾驶活动及乘客各种车内活动。

客车驾驶区内空高和头顶空间充足,所以重点关注驾驶员腿部活动空间,保证驾驶过程中腿部不与仪表台发生干涉。在 RAMSIS 中,对不同百分位人体模型在驾驶状态下的腿部空间进行仿真评估,仿真结果为不同百分位人体腿部至仪表台表面距离均有 149 mm 以上。因此,该驾驶室设计提供了良好的腿部活动空间,驾驶区空间满足相关人机工效需求。

对于乘客区,乘坐状态下的活动空间与普通客车相同,在满足相关标准的要求下均可为乘客提供较为充足的活动空间。所以重点关注宿营车在宿营状态时的活动空间。宿营状态下车内两侧扩展机构展开为车内增加了活动空间,保证了车内通道宽度不变,从而不影响车内通道通过性。座椅翻转为铺位后,铺位上表面到车身拓展机构内部上表面距离为 1 007 mm,可以满足 95%使用人群不会碰头,活动空间较为充足。双人铺位宽度 900 mm,结合人体肩宽尺寸以及穿衣、活动余量来看,铺位宽度能满足宿营基本需求,但略显拥挤。

2.2 驾乘舒适性分析

2.2.1 关节角度舒适性评估

驾乘舒适性与驾乘姿势息息相关,表 3 为常用的客车驾驶员舒适关节角度范围和乘客坐姿舒适关节角度范围参考值^[12-13]。

表 3 驾乘舒适关节角度数值范围 (°)

关节角度名称	乘客	驾驶员
躯干后倾角 α_1	10~20	3~20
躯干与大腿中心线夹角 α_2	90~115	90~115
大腿中心线与小腿中心线夹角 α_3	100~120	95~135
小腿中心线与脚底平面夹角 α_4	85~95	78~105
躯干与上臂夹角 α_5	/	0~50
前臂与上臂夹角 α_6	/	80~130

RAMSIS 拥有乘坐姿势自动计算功能,只需建立好人体模型约束关系,即可进行约束要求下人体模型最佳姿势的计算与调节。根据前文定义的不同工况下人体模型约束关系,在 RAMSIS 中创建相关约束关系并自动计算出对应的最佳驾乘姿势。在软件中提取最佳驾乘姿势的相关关节角度值,具体结果见表 4 和表 5。

表 4 各百分位驾驶员不同驾驶状态对应的关节角度 (°)

关节角度 名称	正常驾驶坐姿			踩踏油门姿势		
	P5	P50	P95	P5	P50	P95
α_1	5.4	10.15	10.43	3.75	9.7	10.19
α_2	101.52	103.99	101.5	101.6	105.34	103.04
α_3	121.14	119.52	118.04	127.19	125.41	123.75
α_4	78.86	79.28	79.51	93.03	93.39	93.84
α_5	25.78	26.21	27.62	26.23	25.81	27.32
α_6	135.95	141.29	144.36	134.48	140.31	143.64

表 5 各百分位乘客坐姿对应关节角度 (°)

关节角度名称	P5	P50	P95
α_1	15.63	17.74	20.42
α_2	105.96	105.75	104.89
α_3	93	92.05	89.77
α_4	89.92	90.83	91.13

其中, 驾驶员 α_6 略高于规定的舒适关节角度范围, 其他关节角度均在舒适关节角度范围内, 驾驶姿势整体较为舒适。由于座椅靠背可调, 乘客 α_1 和 α_2 可在舒适角度范围内变化, 其他关节角度也均在舒适角度范围内, 乘坐姿势整体较为舒适。

2.2.2 身体各部位舒适度评估

利用 RAMSIS 软件的 Discomfort Assessment 工具可查看当前姿势的身体各部位舒适度。RAMSIS 软件的舒适性评价项目包括整体不舒适值、身体各部位不舒适值和脊柱健康指数。这些评价指标分数范围为 0 到 8 分, 通常以 2.5 和 5.5 对分值范围进行划分, 小于 2.5 表示舒适度高, 2.5 和 5.5 之间是可接受, 大于 5.5 表示非常不舒适甚至损害健康。表 6 为不同百分位人体模型正常驾驶坐姿以及踩踏油门姿势的舒适度数据。

评价结果表明, 当前驾驶室布置下的驾驶坐姿舒适性以及油门踩踏舒适性均在中等可接受水平, 舒适性达标。对比同一百分位人体模型在驾驶坐姿与踩踏油门姿势下的不舒适性值发现, 踩踏油门姿势的舒适性更好, 即不舒适度值更小, 因为油门踩踏频率高、踩踏姿势保持时间长, 所以当前设计方案的评估结果

为较合理。

表 6 各百分位驾驶员不同驾驶状态舒适性评价

评价项目	正常驾驶坐姿			踩踏油门姿势		
	P5	P50	P95	P5	P50	P95
整体疲劳值	3.1	3.4	3.5	3.0	3.3	3.5
整体不舒适值	3.9	4.4	4.6	3.7	4.4	4.5
颈部不舒适值	2.7	2.9	3.1	2.6	2.9	3.1
肩部不舒适值	2.6	2.8	2.9	2.4	2.7	2.8
背部不舒适值	2.2	2.5	2.6	2.1	2.5	2.6
臀部不舒适值	1.3	1.7	1.8	1.2	1.8	1.8
左腿不舒适值	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6
右腿不舒适值	2.1	2.4	2.6	1.7	2.0	2.1
左臂不舒适值	2.8	3.0	3.1	2.7	2.9	3.0
右臂不舒适值	2.3	2.5	2.7	2.1	2.4	2.6
脊柱健康指数	4.6	4.7	4.7	4.6	4.7	4.7

表 7 为不同百分位乘客乘坐姿势的舒适度数据。评价结果表明, 当前座椅布置下乘客的坐姿舒适性在较高水平, 舒适性达标。

表 7 各百分位乘客坐姿舒适性评价

评价项目	P5	P50	P95
疲劳值	2.3	2.2	2.1
不舒服值	3.1	3.0	2.8
肩部不舒适值	1.6	1.7	1.6
背部不舒适值	1.7	1.6	1.6
臀部不舒适值	1.7	1.4	1.3
左腿不舒适值	1.4	1.5	1.3
右腿不舒适值	1.7	1.5	1.5
左臂不舒适值	1.7	1.5	1.5
右臂不舒适值	1.8	1.8	1.6
肩部不舒适值	1.7	1.8	1.6
脊柱健康指数	6.5	6.4	6.5

2.3 驾驶员视野分析

驾驶员在驾驶过程中的直接视野、间接视野等有标准要求^[14]。在 RAMSIS 中对后视镜进行间接视野校核, 如图 3 所示, 后视镜视野满足标准要求。

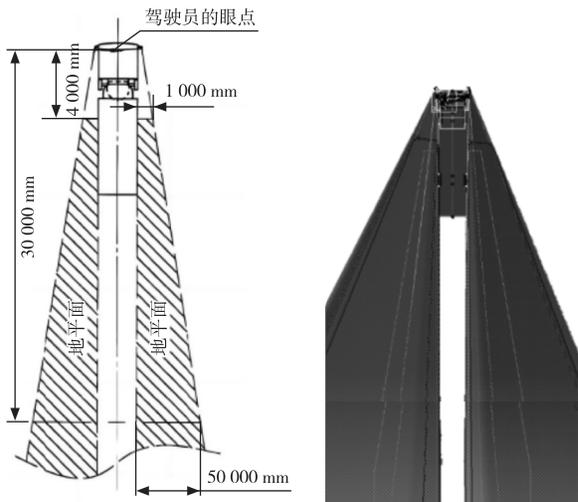
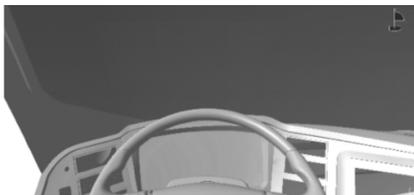
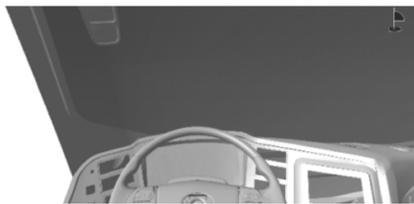


图3 外后视镜视野

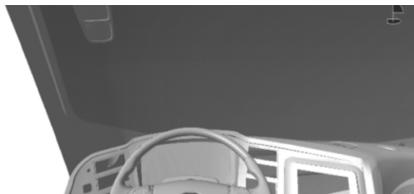
仪表板是驾驶员了解车辆当前状态的重要部件,影响行车安全。要保证仪表板展示的重要信息在行车过程中不被遮挡,在RAMSIS中校核了方向盘与转向柱对仪表盘的遮挡情况,转向柱对仪表板略有遮挡,但并未遮挡重要信息,满足行车要求,如图4所示。



(a) P5



(b) P50



(c) P95

图4 方向盘遮挡视野情况

最后是驾驶室的反光及眩目校核。通过RAMSIS校核发现,组合仪表发光物件在前侧窗存在眩目情

况,但眩目区域并未在驾驶员通过侧窗观察外后视镜区域(如图5所示),不影响驾驶员驾驶安全。



图5 侧窗眩目校核

2.4 可触及性分析

驾驶过程中,操纵器是驾驶员控制车辆的重要交互部件,所以保证重要操纵器的可触及性极为重要。运用RAMSIS软件生成P5人体模型的可触及范围,以极限法校核重要部件、使用频繁部件、应急操作部件等是否在可触及、易触及范围内。

图6为P5人体模型保持躯干不动时左右手可伸及的RAMSIS仿真界面,满足P5人群即可满足95%人群的可触及要求。由图可知方向盘及左手副台大部分均在可触及范围内,即主要操纵器均在伸及域范围内,满足操作需求。

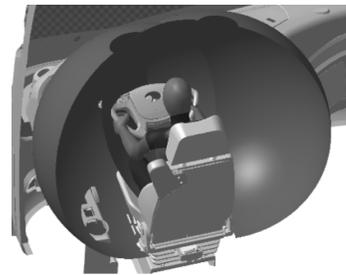


图6 P5驾驶员躯干不动时的可触及性分析

图7为P5人体模型躯干可动时左右手可伸及的RAMSIS仿真界面。由图可知,仪表台可操作部分均在可触及范围内,满足操作需求。

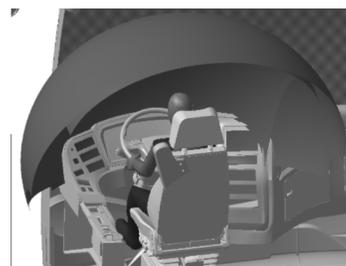


图7 P5驾驶员躯干可触及性分析

对于乘客来说,在乘坐过程中的操作主要为坐姿下的座椅调节、USB充电、空调调节等。图8为P5人体模型躯干可动时左右手可伸及的RAMSIS仿真界面。由图可知,相关所需操作设备均在可触及范围内,满足操作需求。



图8 P5乘客坐姿状态的可触及性分析

其次是在站姿状态下,在行李架上拿取行李是否便捷。图9为P5人体模型站姿状态下左右手可伸及的仿真界面。由图可知,行李架前端在P5人体可触及范围内,基本能够满足P5人群行李取放需求。

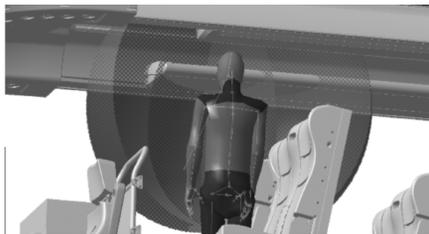


图9 P5乘客站姿状态的可触及性分析

3 结束语

宿营车驾乘舒适性是宿营车设计的重要内容之一。本文基于三维数字模型和虚拟仿真技术,建立了宿营车车内虚拟仿真人机工效分析方法,运用RAMSIS进行虚拟仿真,将仿真数据与相关国家标准对比,并将仿真结果用于宿营车车内人机工效评估,为宿营车驾驶室设计方案的筛选和改进提供有效手段。

参考文献:

- [1] 苏胜,王晗宇,史雪瑞.基于JACK的某型火箭炮乘员舱设计仿真与人机工程分析[J].火炮发射与控制学报,2018,39(3):47-51.
- [2] 程小彪,杨志刚,周振福,等.基于Ramsis软件的轿车上下车过程动态仿真[J].机床与液压,2013,41(18):130-135.
- [3] 航空工业总公司.军事装备和设施的人机工程设计准则:GJB 2873—97[S].北京:总装备部军标出版发行部,1997:5.
- [4] 航空工业总公司.军事装备和设施的人机工程设计手册:GJB/Z 131—2002[S].北京:总装备部军标出版发行部,2002:9.
- [5] 孟海洋.基于RAMSIS客车驾驶区布置舒适性校核分析[D].长春:吉林大学,2017.
- [6] 宗威,凌杰豪,惠慧.基于RAMSIS的除雪车驾驶室人机工程分析[J].机械设计,2017,34(8):112-115.
- [7] 毕君,苟锐.成都BRT驾驶室空间的人机环境评价及改良优化[C]//工业设计研究辑刊(第二辑).四川大学出版社,2014:28-31.
- [8] 金义淞.基于人因工程学的某商务车的驾驶舒适性研究[D].沈阳:沈阳工业大学,2020.
- [9] 王洪宝,王金,支锦亦,等.基于RAMSIS仿真的高速列车驾驶界面人机工效评估[J].机械设计,2020,37(1):128-134.
- [10] 中华人民共和国工业和信息化部.客车结构安全要求:GB 13094—2017[S].北京:中国标准出版社,2017:10.
- [11] 国家发展和改革委员会.客车车内尺寸:GB/T 13053—2008[S].北京:中国标准出版社,2008:2.
- [12] 叶彪.客车乘客座椅的乘坐舒适性[J].客车技术与研究,2003,25(4):21-23.
- [13] 曹贵华.轻型客车驾驶室人机工程设计方法研究[D].武汉:武汉理工大学,2010.
- [14] 中华人民共和国工业和信息化部.机动车辆间接视野装置性能和安装要求:GB 15084—2022[S].北京:中国标准出版社,2022:12.