

Layout Design and Analysis for Workspace of Traffic Accident Investigation Vehicle by MMESE

Quan Yuan, Yizhi Wang, Yibing Li

State Key Laboratory of Automobile Safety and Energy, Tsinghua University, Beijing, China

Email: yuanq@mail.tsinghua.edu.cn

Abstract: Based on the theory and research methods of Man-Machine-Environment System Engineering (MMESE), the workspace of the traffic accident investigation vehicle is designed and analyzed to meet the demand of the accident scene investigation. Via computer virtual modeling technology, the workspace and man-machine interface of the accident investigation vehicle could be analysis by MMESE. Ensuring that all the basic functions required for the accident investigation, 3-D workspace model and relative human model could be established and calibrated to improve the vehicle humanized function, such as ride down convenience, operation accessibility, visibility of interface, and comfort, etc.

Keywords: traffic accident investigation vehicle; man-machine-environment system engineering; workspace; design & analysis.

交通事故勘查车工作空间人-机-环境系统 布置设计分析

袁 泉, 王一帆, 李一兵

汽车安全与节能国家重点实验室, 清华大学, 北京, 中国, 100084

Email: yuanq@mail.tsinghua.edu.cn

摘 要: 基于人-机-环境系统工程的理论与方法, 本文面向交通事故现场勘查的实际需求, 对基本车辆平台的工作舱进行布置设计和分析。利用计算机虚拟建模技术, 对事故勘查车的人-机-环境系统和人机界面布置设计进行分析, 在确保满足交通事故勘查所需的各项基本功能要求下, 建立工作空间三维模型, 利用我国标准的成年人人体尺寸进行校核, 力求改善车辆在乘降方便性、操作可达性、工作台面人机界面的视认性及舒适性等方面的人性化功能。

关键词: 交通事故勘查车; 人-机-环境系统工程; 工作空间; 设计分析

1 引言

道路交通事故是当今人类社会共同面临的最为严重的社会公害之一。我国的交通事故发生数量处于世界前列, 与之相应的交通事故勘查处理工作的强度很大, 迫切要求提高相关的硬件技术水平, 改善事故处理人员的工作条件。

交通事故现场勘查是交通事故处理工作的基础。为了提高现场勘查车辆的技术水平和人性化功能, 本研究依托国家重点项目, 以人-机-环境系统工程的理论与方法为基础, 以某款实用性 MPV 商务车工作空间为

平台, 面向交通事故现场勘查的实际需求, 对基本车辆平台的工作舱进行布置设计和分析, 以此提升事故勘查车辆的人性化功能, 为事故勘查工作提供更加方便、高效的人机界面和工作环境。

基于计算机仿真建模技术, 运用人-机-环境系统工程思想进行车内工作空间的设计与优化, 可在确保必备功能的基础上, 提高乘坐舒适性、操作安全性、使用方便性等多重人性化目标。在保障事故现场勘查各项功能实现的基础上, 通过计算机虚拟技术进行合理的勘查车工作空间布置与设计, 可以缩短勘查车在研发阶段的实验成本与试制周期, 达到节约人力资源与研发成本的效果。基于人-机-环境系统工程理论的应用

基金项目: 国家道路交通安全科技行动计划 (2009BAG13A07-1)

实践，也可简化事故勘查工作的负荷，提高其人性化水平与事故勘查效率。

2 现场勘查作业需求及功能设计

2.1 现场勘查的特点

交通事故现场勘查是指公安交通管理部门依法运用科学的方法和技术手段对道路交通事故有关的时间、空间、人员、车辆、物品、痕迹等进行实地的勘验、取证，以及对当事人和有关人员进行的调查访问，并将所得结果客观、完整、准确地记录下来工作^[1]。现场勘查是交通事故分析处理的基础，是公正、客观、准确地查明交通事故真相的途径。对交通事故的再现分析与处理能否客观、完整、准确，与现场勘查的质量和记录的数据情况有很大关系。

道路交通事故现场勘查的程序包括前期准备、现场操作、撤除现场三部分^[1]。在前期准备工作中，首先要保证有关现场勘查的车辆、设备完好，随时能投入使用。在此基础上要做好接警和处警工作，并尽快赶赴现场。在事故现场进行勘查作业时应遵守有关法律程序，做到迅速、准确、有效和规范。包括勘查、摄影、测量、绘图、记录、打印等基本工作以及警示警戒、通讯联络、电子办案等辅助内容。完成勘查工作后应迅速撤除现场，指挥恢复交通。现场勘查作业的基本流程见图 1。



图 1. 交通事故现场勘查作业的基本流程

2.2 现场勘查的需求

为了达到现场勘查的目的，查明案件的性质，弄清交通事故发生的原因，对现场勘查工作的要求是：及时迅速、全面细致、客观真实、公正合法^[2]。

对于车辆的设计，应该从用户的角度出发评价车辆对道路交通条件的适应性，如确定车辆的经济车速、外形尺寸、安全性、舒适性等方面^[3]。

通过对一线事故勘查人员的专项调研，对于事故勘查设备提出了以下几点实际需求：快速、方便、实用且满足指定的精度要求；车辆可靠性好，通过性强，适应恶劣环境工况；操作简捷，不增加人力及作业负

担；设备配置简化，对于处理各类突发事故的适用性强；考虑成本、轻量化及可维护性等。其中有多项内容之间有着一定相互影响甚至存在矛盾，而通过人-机-环境系统工程理论及方法可尽量平衡各方需求，寻找最优化设计。

基于上述需求内容，在车辆平台的选型对比时，对其性能需考虑动力性、操控性、制动性、通过性、舒适性、安全性、经济性和实用性等方面。汽车内部空间布置、内饰及人机界面设计时需考虑人类工效学的相关标准。在对车载装置设备选购时需同时满足用户需求、相关的功能、性能要求及国家标准和行业规定。

2.3 现场勘查的功能设计

目前，在城市道路智能交通系统的规划建设中，对于交通事故等紧急事件发生时的快速反应和处理能力有着特别的需求^[4]。在此背景下，公安交通管理部门对于我国新时期的交通事故现场勘查车辆有着快速性的技术需求与操作要求。结合现场勘查流程所需的测量要求，需要搭建先进的交通事故现场快速绘图系统和多功能现场快速勘查系统，以及集成勘查、测绘、照明、通讯、指挥、警戒、救援等实用功能的勘查车硬件设备群。

交通事故现场勘查车平台集成的系统与设备的构成如图 2 所示。



图 2. 交通事故现场勘查车的集成设备及其功能

对其实现的具体功能的分类列举如下。

(1) 勘查记录功能：集成交通事故勘查系统和绘图系统，实现快速勘查、现场绘图、打印、自动生成记录，对现场元素精确定位。

(2) 网络传输功能：通过无线上网技术应用，方便信息查询、图像等数据传输。

(3) 通讯指挥功能：包括电台通信设施、警示警戒装置等，在事故现场进行指挥和疏导。

(4) 现场救援功能：可装备各类破拆工具、人员急救器材等救援必须设备。

(5) 照明供电功能：备有强光照明装置，提供UPS不间断电源。

(6) 电子管理功能：具备计算机及显示屏，可实现部分电子办案功能、相关软硬件操作及对车载设备系统的集成管理。

此外，勘查车辆还应考虑具有主动安全、驾驶辅助及人员防护等可选功能。

3 事故勘查车辆的布置

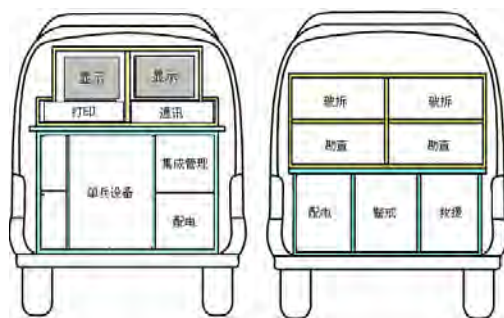
通过上述分析，以及对于车辆内部布置的基本规则，可对所选平台车工作舱及尾舱进行初步布置，如图3所示，包括工作舱内的工作台及人机界面、尾舱的设备分类布置。

其中，主要的人机交互界面集中在勘查车的中部，便于人员进行舱内操作，如图3(a)所示。按照由上到下的顺序依次布置显示、输出、通讯、集成管理、单兵装备、配电设备等精密系统，单位质量密度也逐步增加，使车辆的重心下移、并向车辆中部靠近，提高整车操纵性、安全性与舒适性。而所需的勘查、破拆、救援、警戒等大型工具和设备都集中在车尾设置的专用储备空间中，见图3(b)，便于勘查人员从车辆后部快速方便地提取常用物品。以上设计从功能角度已经基本满足了事故勘查车所需的各项要求。

4 事故勘查车辆人-机-环境系统分析

4.1 人-机-环境系统思想的应用

已有警用勘查车辆的工作舱以满足实用化功能为主，在人性化布置方面的考虑相对较少，舒适性较差，对于车辆的人-机-环境系统未能加以综合考察分析。



(a) 工作舱布置 (b) 尾舱布置

图3. 勘查车设备空间初步规划布置示意

人-机-环境系统科学揭示了人、机、环境之间相互关系的规律，是一门多因素考虑条件下进行选择与优化的综合性学科。其最大特点是把人、机、环境看作是一个系统的三大要素，从各自、相互以及三者整体的角度进行关联分析与考虑(如图4所示)，运用系统工程方法加以综合分析，并以人的安全、健康、舒适、高效为目标，使系统的综合效能达到最优^[3]。在汽车的设计环节，总需要考虑到人、车、道路、环境各方面的因素以便在各个设计方案中寻找最优化的平衡点，而这就需要运用人-机-环境系统工程的思想和方法作为探寻的依据和改进的标准。

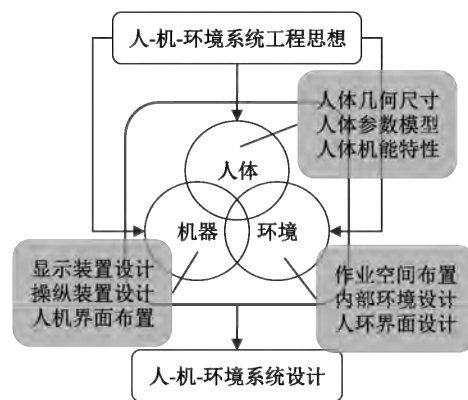


图4. 基于“人-机-环境系统”的设计思路

这些环节涉及因素较为复杂而广泛，主要设计工作参考现有相关的国家标准与行业规范进行，如表1所列出的一些设计过程所需的主要参考因素与技术指标。

表1. 人-机-环境系统工程设计的主要考虑因素

参考项目	考虑因素内容
人体几何尺寸	成年人人体尺寸参数(按照我国相应国标及行业规范进行)
人体机能特性	人体的感知觉特性、动态作业空间尺寸与干涉
人机界面设计	信息显示界面、交互操作界面 工作台的作业面高度
作业空间设计	空间总尺寸、各硬件设备体量关系、操作范围、舒适度调节 保证各基础功能操作空间
可居住性设计	舒适性设计、实用性设计、安全性设计等其它人性化设计
环境设计	光环境、热环境、声环境、振动环境等

4.2 专用人体模型设计

设计分析采用国际流行的人机工效分析软件 Jack, 是一款目前公认较成功的人体仿真模型与工效评估软件。该软件支持用户在虚拟环境中定义具有精确尺寸的数字人体, 快速设计更安全更有效的产品^[5]。作为当前人体数字模型较为实用的系统软件, 它包含了基础人体测量数据、关节的柔韧性、人的健康状况、劳累程度和视力限制等生理学及医学参数。不过其本身也存在着一定区域局限性, 在人体模型建立过程中需要加以适当地调整与拟合。

研究过程中对于人体模型中的人体表面尺寸需求, 按照 GB10000-88 《中国成年人人体尺寸》标准, 采用 18~60 岁成年人 50 百分位参数进行符合中国人体标准的模型拟合构建。参考的具体参数类别包括身高、臂长、坐高、肘高等二十余个项目。

利用 Jack 软件建立成年男子的基本模型, 代入相关的人体拟合参数, 使模型最大化接近中国成年人人体。对模型建立过程中使用的部分参数进行再次调整, 使之相互协调, 避免尺寸干涉及过自由度标注造成的模型实际尺寸冗余和混乱。

4.3 工作空间设计的校核

对于已建立好的人体模型配合实际的工作空间位置进行动作与姿势调整, 并植入利用 Jack 内置的环境设置模型工具, 或利用 CAD 软件建立的勘查车工作空间模型进行三维校核。通过不同的观测点, 由二维和三维多角度对于整体模型与环境之间的人机关系进行校核, 发现空间布置的不足之处, 并加以优化。如图 5 所示, 通过将人体模型置于中部工作空间的效果示意图可以预测实际的工作效果。以此考察其操作方便性、界面视认性及空间舒适性等方面。



图 5. 工作空间中部三维效果示意图

通过模拟, 发现已有的布置设计在视认性方面较好, 而在工作台高度、座椅位置及其与工作台面之间的空间位置关系、人的腿部空间等方面则需要协调改进。

其中, 作业面高度是必须抉择的要素之一, 一般在肘部以下 5~10cm^[6], 需要根据实际作业特点及设备布置情况重点进行协调完善。

如图 6 所示为工作空间后部三维效果示意图。以此模拟分析对各种车载装置设备和作业工具的提取、搬运、存放等操作的场景适合度及工效学特征, 使其在使用方便、操作轻便、分类简易、空间利用等方面达到更好的效果。



图 6. 工作空间后部三维效果示意图

此外, 还将对车内工作空间的光环境、热环境、声环境和振动环境等方面进行专门的设计分析, 全方位满足车辆人-机-环境系统的舒适性。

5 结语

人-机-环境系统工程理论与方法的应用在汽车空间布置设计工作中具有重要的作用。本文在分析现场勘查作业特点和用户实际需求的基础上, 对事故现场勘查车的工作空间进行合理的人性化布置设计, 并利用计算机仿真建模和虚拟人体模型的结合考察车辆的人性化功能及场景适合度, 对舒适性和方便性进行预测, 发现存在的问题, 为近一步的设计分析及车辆改装实践奠定了基础。

References (参考文献)

- [1] Niu Xuejun. Road Traffic Accident Survey on the Spot [M]. Beijing: Chinese People's Public Security University Press, 2007. 牛学军. 道路交通事故现场勘查[M].北京: 中国人民公安大学出版社, 2007.

- [2] Xu Hongguo. Analysis and Process of Road Traffic Accidents[M], Beijing: China Communications Press,2004.
许宏国.道路交通事故分析与处理[M].北京:人民交通出版社,2004.
- [3] Zhou Yiming, Mao Enrong. Ergonomics for Vehicle [M], Beijing: Beijing Institute of Technology Press,1999.
周一鸣,毛恩荣 编著.车辆人机工程学[M],北京理工大学出版社,1999.
- [4] Lu Huapu, Li Ruimin, Zhu Yin. Outline of Intelligent Transportation System[M], Beijing: China Railway Publishing House, 2004. 陆化普,李瑞敏,朱茵 编著.智能交通系统概论[M],北京:中国铁道出版社,2004.
- [5] Yu Wenkai, Pu Hairong. Optimization Research of Human factors Engineering Based on JACK [J], Science and Technology Innovation Herald, 2009,2.
于文恺,蒲海蓉,基于 JACK 的人因工程优化研究,科技创新导报,2009.2.
- [6] Ding Yulan. Ergonomics[M], Beijing:Beijing Institute of Technology Press,2004.
丁玉兰 编著.人机工程学[M],北京理工大学出版社,2004.