基于 FAST 法的城市救援车模块化设计

李君华，苗梦宇
（武汉工程大学，武汉 430205）

摘要：目的 设计可置换工具箱体的模块化救援车，有效地减少资源浪费，提高救援效率。**方法** 经过 FAST 功能分析、事故性质、事故救助情景及救助工具映射分析，设计对应的救援功能模块组合，满足和适应新时期多元化的社会救助与抢险救援工作。**结论** 运用实际的救援车设计案例，通过比例评分法分析功能模块化理念的可行性，提出按照城市事故性质按需配置救援工具，有效降低救援车的维护运行成本，提高车辆的灵活性与抢险救援的效率。

关键词： FAST；救援车；模块化；价值机会分析
中图分类号： TB472 **文献标识码：** A **文章编号：** 1001-3563(2018)08-0177-05
DOI： 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.08.035

Modularization Design of Urban Rescue Vehicle Based on the FAST

LI Jun-hua, *MIAO Meng-yu*
(Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China)

ABSTRACT: It aims to the design modular rescue vehicle of replacing tool box, which can effectively reduce resource waste and improve the rescue efficiency. After FAST function analysis, the nature of the accident, the accident rescue scene and relief map analysis tools, the corresponding rescue function module combination is designed to adapt to the diversification in the new period of social relief and rescue work. Using actual rescue vehicle design case, the feasibility of the concept of modularity is analyzed by scale scoring. Rescue equipment for city accident should be on-demand configuration to reduce the maintenance cost of rescue vehicle and improve the efficiency of the vehicle's flexibility and rescue.

KEY WORDS: Function Analysis System Technique; rescue vehicle; modularization; value opportunity analysis

城市救援车可以提高救援运载的效率和操控的安全性，符合高效节能、一车多用的可持续发展。目前，国内救援车主要以红色大型消防车为主，不论功能还是外观设计都跟不上城市发展的进程，集中体现在救援车没有针对救援条件和事故特征进行设计，机动性较差，不论何种抢险救援状况都会将救援设备运到现场，但真正派到现场使用的装备工具资源并不多，造成资源的浪费及运行成本的增加。我国救援车辆的重型、中型、轻型的比例为 3∶5∶2，轻型的救援车辆占有率较少，特别是针对城市社会救助方面的小型救援车辆更是微乎其微[1]，因此，在救援功能分析上提出更合理的设计方案，寻找车辆造型和车型结构上存在着的差异。

1 FAST 法

功能分析技术法（Function Analysis System Technique，简称 FAST）是 1965 年由拜塞威在美国价值工程师协会的年会上提出来的，强调建立功能系统分析图，重视功能的系统分析研究，确定功能的主从关系。为了满足用户的期望，将用户对产品的规格、型号、性能及用途等指标，以整体约束局部、以局部支持整体的功能系统分析图形式，最大限度的降低产品寿命周期费用，增加产品的价值[2]。

FAST 功能树能体现产品整体功能自上而下的逻辑层次关系，见图 1，各局部功能在质与量方面与整

收稿日期： 2018-01-24
基金项目： 2015 年湖北省教学研究项目（2015302）；2015 年武汉工程大学人文社科基金（R201505）
作者简介： 李君华（1976—），女，内蒙古人，硕士，武汉工程大学副教授，主要从事工业设计方面的研究。

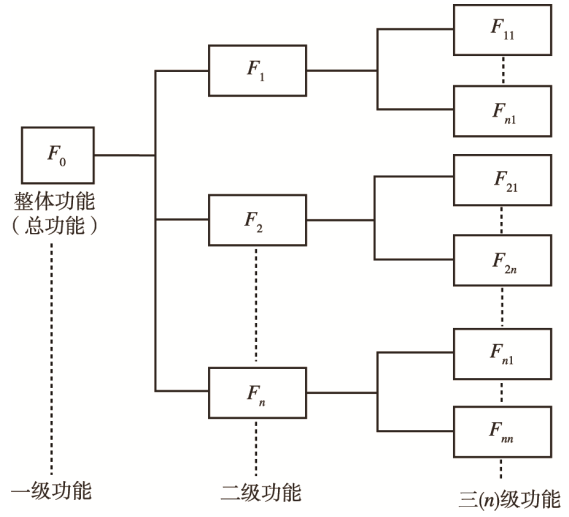

图 1 功能系统模式

Fig.1 General pattern of FAST

体功能保持高度的协调与统一，满足产品的整体功能，避免局部功能缺少的破坏性、多余的无效性，寻求功能形成的替代性，最终降低产品成本，增加产品功能，构建功能与成本的和谐关系，将功能及成本控制在适度的弹性范围内[3]。

以 FAST 功能树来确定城市救援车的的功能主从关系，进行功能整理、功能定量与功能评价，可靠实现必要功能，剔除多余功能，即剔除由于无效设计而产生的多余费用，降低功能目标成本，增加产品的价值，即 Function↑/Cost↓=Value↑。

2 功能模块化的设计构建

2.1 模块化设计

模块化设计就是将复杂化的产品进行简化分解为独立的系统单元，并把这些独立单元进行重组，通过分解与组合生成新的产品功能，集成为标准化的可进行独立设计的子系统。模块化的设计具有独立性、置换性、通用性与可行性的特点[4]，通过拆分成若干个独立的功能模块，便于逐个分析、管理与归类，可以有效缩短产品研发与生产周期，提高制造商的生产效率，利用有限的资源创造更经济的产品，以此来满足不同用户的不同需求[5]。

城市救援是一个无序、随机性很强的复杂系统，通过模块化的功能模型从复杂、无序再到整齐划一构成统一的城市救援体系。救援功能模块单体实现分功能模块的各个功能需求，少量的模块增加了整体的通用性程度，降低了生存成本，而多个模块则增加了系统的柔性，增加了产品的灵活多变[6]。模块化设计理念体现了设计师的伦理道德，其结构易于装配、拆卸、回收与维护，在可持续的设计中能够实现产品的快速开发。

2.2 模块化救援车情景分析

情景分析中利用人—机—环境的情景信息，挖掘潜意识中隐形需求，其中故事板的分析方法较好体现场景构图和人物角色构建。故事板设计是 20 世纪 30 年代由华特·迪斯尼发明的，也叫分镜头设计，是动画制作中以故事的方式形象化的传递信息[7]。城市救援车的故事板叙述中，见图 2，通过构建合理的故事情景，深入故事情节的内涵，分析现有城市救援车中的缺点。

图 2 救援车故事板叙述

Fig.2 Storyboard of rescue vehicle

1）体积庞大、价格昂贵及车辆维护成本高。功能上主要以灭火为主，不适应当前城市化社会救助的发展需求。

2）救援车辆配备数量少，轻、中、重车型比例不均衡且功能单一。对于居民的报警求助只能使用灭火战斗消防车，机动性差，既浪费资源又不实用。

3）城市间的经济发展不平衡、地域文化的差异化较大，现有救援车没有兼顾事故多样化针对性的配备救援工具。

通过以上从城市发展状况及城市救援车的分析，进行故事板的叙述：在人多、车多、建筑物密集的城市中，体积较大的救援车辆难以在拥挤堵塞的城市道路穿行。小型模块化功能车辆提高了灵活性，针对不同事故分配对应工具模块，减少救援装备资源浪费。总体来说，城市多样化的发展需求要求救援车的设计应该遵循绿色节能、以人为本的设计理念。要突出其救援功能特征，针对性分配工具装备，模块化救援车使之在城市救援的过程中灵活性更强，效率更高。

3 设计实践

3.1 FAST 法构建救援车功能树

设计的目标产品是功能模块化的组合式箱体救

援车，遵循 FAST 法，构成功能树关键路径上以“消防救援”和“救助工具”节点为基准，从整体功能开始划分为一级功能、二级功能、三级功能、四级功能。根据城市救援特点及需求，对城市救援车的功能需求进一步细化，在用户分析的基础上以功能分析为核心，对其功能需求及需求要素进行功能整理构建 FAST 功能树，见图 3。以总体功能、基本功能及目标功能的顺序进行排列，对其功能隶属关系进行逻辑分析，寻求目的功能下的实施手段功能，避免现有产品结构的束缚从而拓展设计思维[8]。

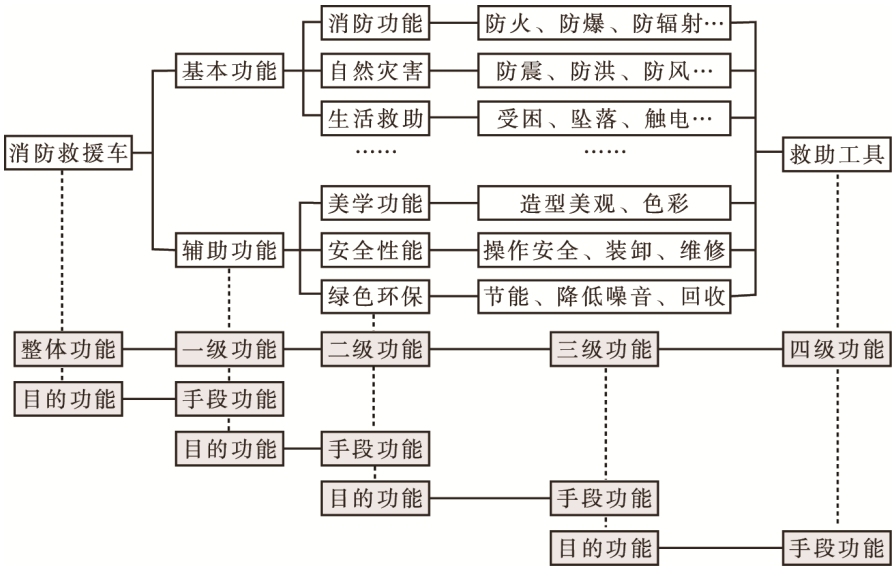

图 3　救援车功能分析

Fig.3 FAST of rescue vehicle

3.2　FAST 功能系数评价

通过前期救援车功能树分析，城市事故种类的多样性导致功能需求的多元化，因此 FAST 功能细化有助于对救援车的各项功能区域重要性进行计算，比例评分法可以较好地确定功能重要性系数[9]。采用 0 ~ 4 评分法，将救援车的各项功能：F1—基本功能，F2—美学功能，F3—安全性能，F4—可持续性进行一对一比较，非常重要的得 4 分，比较重要的得 3 分，重要性程度相同时得 2 分，不太重要的得 1 分，自身对比不得分。最后得出基本功能 F1 价值系数为 0.375，美学功能 F2 价值系数为 0.167，安全性能 F3 价值系数为 0.333，可持续性 F4 价值系数为 0.125，见表 1。

表 1　功能重要性系数

Tab.1 The coefficient table of functional importance

评价对象	F1	F2	F3	F4	得分	功能重要性系数
基本功能 F1	×	3	2	4	9	0.375
美学功能 F2	1	×	1	2	4	0.167
安全性能 F3	2	3	×	3	8	0.333
可持续性 F4					3	0.125
合计					24	1

救援车的美学性能所占功能重要性比例为 0.167，结合城市环境路况与救援条件的可行性，对城市小型救援车的装备工具箱体进行外观设计及整车结构设计，以大众的商旅车迈特威（海外为大众 T6）为基准车型对救援车功能模块进行设计，车身长度为 4800 mm，相比迈特威 4904 mm 的长度更为灵活。造型上依然采用大众经典的“方盒子”造型，以圆滑饱满的曲面为主，见图 4，整体造型简洁明快，车身腰线与车身尾部的模块工具箱体连成一体。

图 4　救援车设计

Fig.4 Design of rescue vehicle

基本功能所占价值系数比重最大，对基本功能区域进行重点创新，模块化工具箱体设计增加了基本功能附加价值。通过对前期救援事故类型的模块化需求，对救援车的工具箱体进行功能模块的分析和设计，采用整体系统层次分析法，将救援事故模块类型分为一级模块，将各种事故模块所对应的工具模块分

为二级模块。

以救援车功能分析和功能分解的结果为基础，将其划分为通用模块和专用模块两大类。通用模块为一级模块，包括车身底盘平台、驾驶室、发动机等一些不可缺少的功能模块，保证车辆的正常行驶；专用模块为二级模块，主要是装备救援工具的功能箱体模块，根据不同事故及抢险救援任务置换不同的工具箱体，如通过 A 工具箱体与 B 工具箱体组合；A 工具箱体与 C 工具箱体组合；B 工具箱体与 C 工具箱体组合等。

模块化救援车设计见图 5，不同的搭配置换相应的工具箱体以确保城市救援的效率性与针对性，并合理安排分配救援装备资源，减少不必要的装备资源在救援现场做无用功。

城市小型救援车不仅拥有可置换式的灵活性工具模块，同时还对零散救援工具的储放进行了合理化的布局，见图 6，①为装备支架（放置大型工具，如梯子、管道等）；②为模块化工具箱体；③为零散工具装备箱；④绳为索工具箱。

3.3 救援功能模块映射

根据 FAST 构建的城市救援车功能树，进一步对其基本功能进行子功能的划分。通过前期对救助情景的分析，映射出不同的各级子功能的工具模块。城市小型救援车作为适应城市发展的轻型抢险救援与社

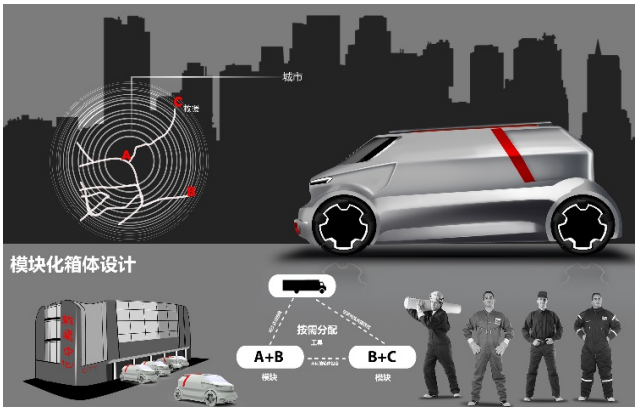

图 5 模块化救援车设计

Fig.5 Module design of rescue vehicle

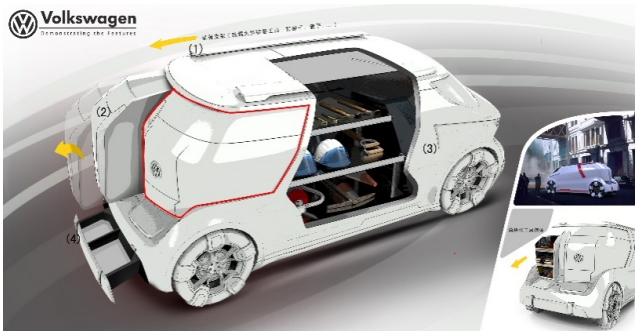

图 6 救援车功能分布

Fig.6 Function of rescue vehicle

会救助车辆，需要按照城市事故多元化需求具备多种救援功能与装备配置[10]。不同事故性质具有不同的救助情景，并映射各种救助工具，其分类见表 2。

表 2 城市事故的种类（部分）

Tab.2 Types of urban accidents(part)

模块	事故性质划分	救助情景分类	救助工具映射
M1	交通事故	车祸、人员受困…	强拆、破除设备、顶开设备…
M2	消防事故	建筑火灾、化工火灾、仓库火灾…	灭火器、喷水枪、氧气瓶…
M3	爆炸事故	物理性爆炸、化学性爆炸…	检测仪、探测仪、灭火器…
M4	自然灾害	地震、洪涝、滑坡、台风、沙尘暴…	轻型快艇、搜救设备…
M5	生产事故	打击、车辆伤害、触电、高空坠落…	绝缘棒、绝缘服、气垫…
M6	设备事故	生产、厂房、管道、仪器、运输…	千斤顶、切割机、生命探测仪…
M7	生活事故	救助流浪猫狗，切割房门，捣马蜂窝…	梯子、切割机、面罩、笼子…

1）交通事故模块。该模块针对道路交通事故的抢险、营救及事故车辆的清障拖拽处理等，缓解事故带来的交通堵塞问题。

2）消防事故模块。该模块针对城市的突发火灾、爆炸事故进行抢险救援，减少公共设施及财务破坏，保护人民群众的生命财产安全。

3）爆炸事故模块。通过对事故现场的气体、液体、固体和放射性元素的侦检排查，有效限制毒害气体泄漏，避免事故灾害进一步蔓延发展。

4）自然灾害模块。该模块是对城市不可抗力突发的地震、洪涝等自然灾害的救援。通过生物搜救、各种生命探测仪的检测对城市居民进行生命探测搜救，减少人民群众的伤亡。

5）生产事故模块。该模块主要为生产事故中突发状况的帮助，及时终止及排解生产劳作中的身体、生命伤害及设备财产的损坏，避免产生严重的影响。

6）生活事故模块。该模块主要是对日常生产、生活中事故的救助，如公共场合突发的电梯、踩踏等事故进行救援，以及对流浪猫狗等小动物进行搜救脱险等。

通过对城市中的事故状况进行分析归纳，针对不同的情景及救助需求设定模块化的救援工具箱，以便第一时间做出快捷的救助。城市救援车的固定工具箱体进行可置换的模块设计，针对不同的救援任务置换相对应的工具模块，以此来满足多元化的城市救援职能需求，从而提高救援的效率，减少资源的浪费。

3.4　价值机会分析

救援车 FAST 功能系统法的应用，完善了新经济时代的价值创新下，从用户的角度提高了救援车的价值属性。按照 Carig Vogel 和 Jonathan Cagan 提出的价值机会分析，城市救援车模块化设计确定了方案优化的领域，列出了价值机会种类及属性，每个属性用低、高、中 3 种程度来定量表现，在相应的级别用色块显示，见表 3。（1）情感，救援车模块化操作给予独立、安全、给予力量感和信心；（2）人机工程学，舒适、安全、易用，模块化的箱体更换提高了灵活性和操控性；（3）美学，整体造型线条流畅、美观时尚；（4）特性，小型化造型适宜拥堵城市化的穿行；（5）影响，模块化设计减少资源浪费，提高了可持续性；（6）核心技术，技术的发展保证了用户期望性能[9]。

表 3　救援车价值机会分析

Tab.3 The value opportunity analysis of rescue vehicle

救援车		低	中	高	救援车		低	中	高
情感	冒险				特性	适时			
	独立			■		适地			
	安全			■		个性			
	感性				影响	社会			
	信心			■		环境			
	力量		■		核心技术	可靠性			
人机工程学	舒适			■	质量	可用性			
	安全			■		工艺			
	易用			■		耐用性			
美学	视觉			■	利益效应				
	听觉				品牌效应				
	触觉			■	可扩展性				
	味觉								
	嗅觉								

城市救援的任务种类繁多，救援车价值机会分析为创造性突破明确设计目标及方向，为企业开发新产品、满足用户的多样化需求提供了参考。对城市救援车装备资源进行可置换的模块化组合，以此来满足多元化的城市救援职能需求，针对性的更换装备资源，从而减少资源浪费，提高救援效率。

4　结语

运用FAST法能够有效的实现城市救援车设计的功能需求，即通过建立功能树以及对救援事故子功能模块所映射到的工具的展开，发现并完善现有城市救援车的所存在的问题。按照功能系数的评价系统，权衡评价对象所占功能系数的比例，对城市救援车进行整车造型及工具箱体模块化结构的详细设计，并从功能特征、模块的搭配组合进行分析。通过实际设计实践，验证了 FAST 法在城市救援车以功能为主的专用车辆设计过程中的可实施性。

城市救援车的需求已不是大型的消防车为主导，小型化按需分配的救援工具车辆是其发展趋势。针对救援情景的模块化可置换工具箱体设计增加了救援的机动性，提高救援能力，其广泛的实际应用性与广阔的市场前景为城市救援车的开发提供了参考。

参考文献：

[1] 孙玉川. 消防车市场前景分析[J]. 建筑机械技术与管理, 2012(4): 116—118.
SUN Yu-chuan. The Market Prospect Analysis of the Fire Vehicle[J]. Construction Machinery Technology & Management, 2012(4): 116—118.

[2] 陈晨, 孙志学, 张乐. FAST 法在家用智能固体有机废弃物处理机概念设计中的应用[J]. 机械设计, 2017, 31(1): 110—113.
CHEN Chen, SUN Zhi-xue, ZHANG Le. Application of FAST Method in the Conceptual Design of Domestic Intelligent Solid Organic Waste Processor[J]. Journal of Machine Design, 2017, 31(1): 110—113.

[3] 吴晓莉, 陈慧娟, 庄坤. 基于功能系统技术 FAST 法的车体设计与分析[J]. 机械设计与制造, 2013(7): 260—262.
WU Xiao-li, CHEN Hui-juan, ZHUANG Kun. Design and Analysis of Car Body Based on Function Analysis System Technique Method[J]. Machinery Design & Manufacture, 2013(7): 260—262.

[4] 孙明阳. 汽车造型模块化设计研究[D]. 长春: 吉林大学, 2014.
SUN Ming-yang. Research into Automotive Styling Modular Design[D]. Changchun: Jilin University, 2014.

[5] 程少伟, 宋端树. 基于模块化的特高压线路铺设作业飞车设计[J]. 包装工程, 2015, 36(24): 65—69.
CHENG Shao-wei, SONG Duan-shu. Operating Vehicles Design of Laying UHV Transmission Lines Based on Modularization[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(24): 65—69.

[6] 王岳. 模块化理论在产品设计中的应用研究[J]. 包装工程, 2014, 35(6): 92—95.
WANG Yue. Applications of Modular Theory in Product Design[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(6): 92—95.

[7] JEFFREY S. 动画剧本的创作与营销[M]. 王一夫, 侯毅, 译. 北京: 电子工业出版社, 2005.
JEFFREY S. How to Write for Animation[M]. WANG Yi-fu, HOU Yi, Translate. Beijing: Electronic Industry Press, 2005.

[8] 黄迎亚, 吴晓莉. 基于 FAST 法的手推式轮椅改进设计与分析[J]. 机械设计, 2017, 30(9): 93—96.
HUANG Ying-ya, WU Xiao-li. Improved Design and Analysis of Manual Wheelchair Based on FAST Method[J]. Journal of Machine Design, 2017, 30(9): 93—96.

[9] 郑建启, 胡飞. 艺术设计方法学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
ZHENG Jian-qi, HU Fei. The Methodology of Art and Design[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2009.

[10] 杨文发, 周涛, 许世虎. 轨道救援车辆改进设计研究[J]. 机械设计, 2014, 31(11): 118—121.
YANG Wen-fa, ZHOU Tao, XU Shi-hu. Improvement Design of Railway Rescue Vehicle[J]. Journal of Machine Design, 2014, 31(11): 118—121.