

[工业设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2015.06.025

基于功能分析系统技术的迷你自行车改进设计

丁治中^{1,2}

(1. 河海大学 机电工程学院, 江苏 常州 213022; 2. 苏州大学 艺术学院, 江苏 苏州 215123)

摘 要:针对迷你自行车部件尺寸影响骑行的问题,运用工业设计及人机工程学知识进行改进;提出了基于FAST法的功能问题,建立功能树选定设计改进点;建立自行车传动模型,计算了传动系统尺寸配置;分析了迷你自行车主要尺寸对骑行的影响,设计了基于骑行动作与车身尺寸的车架伸缩机构;研究迷你自行车安全性涉及的问题,通过分析车架改进后骑行姿态特征,设计了基于人机工程学分析的车座。通过改进设计使迷你自行车满足悠闲骑乘需求。

关 键 词:迷你自行车;功能分析系统技术(FAST);车架;车座

中图分类号:TB472

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2015)06-0106-05

Improved Design of Mini Bike Based on FAST Method

DING Zhizhong^{1,2}

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Hohai University, Changzhou, Jiangsu 213022, China;

2. School of Art, Soochow University, Soochow, Jiangsu 215123, China)

Abstract: For mini bike riding affected by the size of components, this paper improved this problem combined with industrial design and ergonomics knowledge. Presented functional problems based on FAST method, selected design elements by setting up FAST functional tree; introduced the bicycle transmission model, calculated the size of transmission system; discussed riding influence caused by size of components, designed bike frame telescopic mechanism based on riding action and frame size dimension adjustment; introduced problems involved in mini-bike safety, studied mini bike riding posture characteristics after improving frame, designed bike saddle based on ergonomics analysis. By improving the design, mini bike riding meets the leisure needs.

Key words: mini bike; FAST (function analysis system technique); bike frame; bike saddle

随着现代交通工具发展,人们出行方式选择增多,机动车普及导致环境污染日益严重,低碳环保的出行方式受到越来越多的重视,自行车成为短途低速出行的理想交通工具。骑自行车出行不再以长距离通勤、载重为主要目的,出行的舒适度^[1]、“悠闲骑乘”^[2]成为发展趋势。因此,自行车呈现轻便特征,朝小型化发展^[3]。

自行车小型化可采用折叠或迷你化方式实现。折叠自行车采用专门的折叠结构,折叠后体积缩小。迷你自行车采用直径小于300 mm的车轮,并相应缩小车身尺寸。现有的折叠自行车过分强调体积缩小,折叠后造型不美观,不能独立支撑站立,不方便人工搬

运^[4-5]。迷你自行车不采用折叠结构,满足轻便需求且车架刚性及操控性优于折叠车,但部分部件尺寸影响骑行。本文将分析迷你自行车存在的主要问题,并进行改进。

1 基于FAST法的迷你自行车功能分析

1.1 FAST法

FAST法如图1所示,用于定义、分析和理解产品的功能,确定功能之间的关系,关注重要功能以增加产品的价值;通常以逻辑顺序展示产品功能,对其主次关系进行排序,并检验功能间的相互依赖关系^[6-11]。这里所谓的“功能”包含可用性或需求要素。

功能树从基本功能开始,根据需求与功能的映射

收稿日期:2015-05-16;修回日期:2015-08-18

基金项目:中央高校基本科研业务费项目(BZX12B101-11)

作者简介:丁治中(1980),男,江苏丹阳人,河海大学机电工程学院工业设计系,讲师,博士研究生,主要从事工业设计理论与实践研究。E-mail:dingzz7814@sina.com

列举产品功能,并用子功能解决列举出的每一个功能的实现问题。运用 FAST 法建立功能树就可以根据需求对产品功能进行细化,用以探讨各功能的重要性,并力求具体问题具体分析。FAST 法可以用作新产品开发的概念来源^[7],也可以作为产品改进的判别依据。

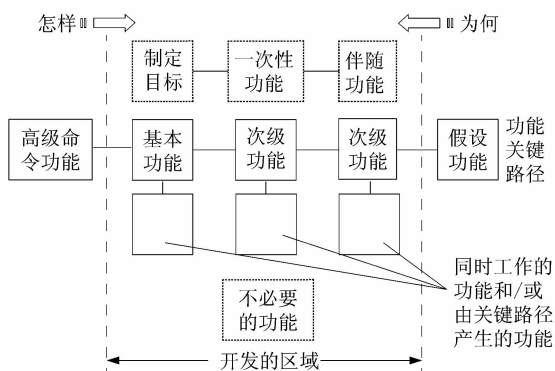


图 1 FAST 图

Figure 1 Figure of FAST

1.2 创建迷你自行车功能树

按照 FAST 法构建迷你自行车的功能树,如图 2 所示。在功能树关键路径上,将基本功能“悠闲骑乘”放在第 1 行第 1 列;交通工具必须确保安全性,涉及的人机工学因素作为次级需求放在第 1 行第 2 列;涉及美观性的综合因素作为次级需求放在第 1 行第 3 列。各列对功能进行细化,依次列出可能有的子功能,并根据逻辑顺序排列。第 1 列对“悠闲骑乘”进行功能分解;第 2 列对人机工学对应的要素进行细分,第 3 列解析了美观性综合因素。

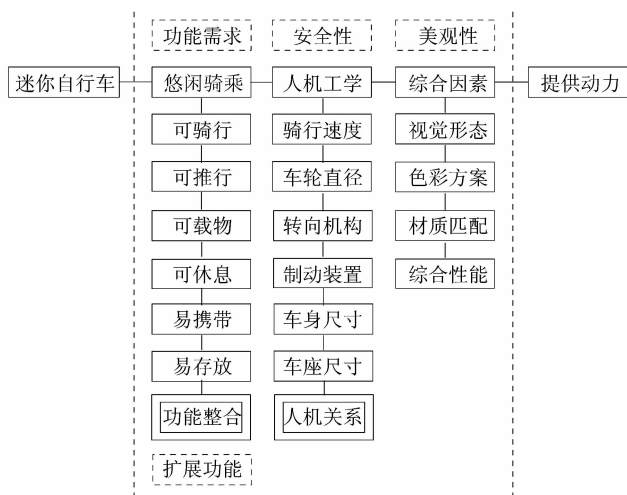


图 2 迷你自行车的 FAST 功能树

Figure 2 FAST functional tree of mini bike

功能树列出迷你自行车“悠闲骑乘”需求对应的各项功能,并不是所有子功能都能在设计中得到解决^[8,9],需要根据产品的实际情况具体问题具体分析。

1.3 迷你自行车功能问题分析

基于迷你自行车的 FAST 功能树,根据消费者消费需求和使用情境特征,分析现有迷你自行车的功能问题。

迷你自行车的基本结构与普通自行车相似,一辆整车由两百多种,一千多个零件组成,只是简化了导向系统、传动系统、制动系统和承重系统的次要部件。

迷你自行车进行了有针对性的功能调整,舍弃了载物与载人功能,保留了普通自行车骑乘的各项基本功能,满足悠闲骑乘的各项功能要求。

常见经济型迷你自行车为了减小车身的长度和高度选用小轮并相应缩小车身尺寸。由于各部件的迷你化使得尺寸接近儿童自行车,成人骑行时姿态固定,骑行动作受限,影响安全,存在明显的人机工程学问题。

结合功能树与产品具体情况可知,消除迷你自行车部件尺寸变化对骑行产生影响,需要解决以下问题:

- 1) 满足“悠闲骑乘”的车速及传动设计;
- 2) 改善骑行动作限制的设计;
- 3) 改善骑行姿态安全性的设计。

2 迷你自行车改进设计分析

2.1 车速及传动分析

车速与驱动轮大小及传动系统有关。车轮轮径小影响车速,为提高车速需要增加脚踏频率或改变传动系统,影响骑行的运动强度。

迷你自行车传动模型如图 3 所示,采用后轮驱动,由蹬踏脚踏带动前链轮转动,然后通过链条带动后链轮使得后轮转动,从而驱动自行车行驶。

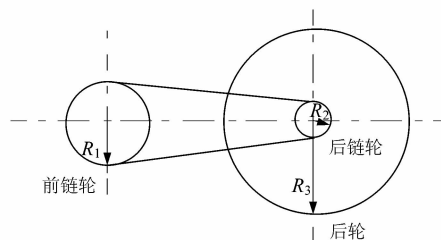


图 3 自行车传动模型

Figure 3 Transmission model of bike

由自行车传动模型可知,当前链轮以 ω_1 的速度转动时,后链轮的转动速度为

$$\omega_2 = \frac{R_1 \omega_1}{R_2}。$$

由于后轮和后链轮是同一个轴上的同步转动, 则有

$$\omega_3 = \omega_2 = \frac{R_1 \omega_1}{R_2}。$$

因此, 当以 $n/r \cdot \min^{-1}$ 的速度骑行时, 自行车的前进速度即后轮的前进速度, 即

$$v_3 = \omega_3 R_3 = \frac{2\pi n R_1 R_3}{60 R_2} = v_{\text{车}}。$$

一般成年健康人心跳为 $70 \sim 80 \text{ 次} \cdot \min^{-1}$, 脚踏以 $60 \text{ 次} \cdot \min^{-1}$ 较为合适^[12], 即 $60 \text{ r} \cdot \min^{-1}$ 为适宜脚踏速率。当后车轮(大)直径为 300 mm , 前链轮直径为 150 mm , 后链轮直径为 50 mm , 即 $R_1 = 75 \text{ mm}$, $R_2 = 25 \text{ mm}$, $R_3 = 150 \text{ mm}$, 脚蹬速度为 $60 \text{ r} \cdot \min^{-1}$, 车速为 10.17 km/h 。

由调查结果可知, 自行车骑行速度基本无性别差异, 普通自行车平均自由流速度为 $13.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ^[13]。以上述尺寸为参照, 配置迷你自行车传动系统, 可使车速基本符合低速骑行标准, 满足短途低速出行需求, 实现悠闲骑乘。

2.2 车架改进设计分析

迷你自行车车身较小近似于童车尺寸, 儿童骑行时动作顺畅, 而成人骑行时动作受限。具体表现为车座高度影响腿部运动; 车把高度影响上身姿态; 两轮间距限制了腿部活动空间和双脚的骑行姿态, 影响转向操作时肢体动作幅度, 对车的稳定性也产生一定影响。需要根据成人的身材进行车身尺寸调整: 通过调整车把和车座高度, 保证稳定的骑行姿态; 调整两轮间距适应下肢活动需求。

如图 4 所示, 车身部分部件为选配的标准件, 车把、车座高度和车轮直径等纵向尺寸调整较容易实现; 由车轮直径和传动机构位置涉及的横向尺寸确定后不宜变动, 通过调整这些尺寸改变两轮间距较难实施。调整两轮间距的最佳方法是通过改进车架增大前轮与前链轮间的距离, 即增加车架前部的长度。

采用如图 5 所示的机构改进车架, 实现灵活伸缩以适应不同身材和骑行姿态需要, 在实现快速调整的同时保证车架刚性。

套管: 连接座管, 轴管可以在里面滑动, 起到收纳并支撑轴管的作用。

轴管: 轴管上有一个 U 型槽, 经螺栓的导向作用可以在套管里左右滑动, 达到车架伸缩的作用。

快拆: 紧固套管和轴管, 方便操作, 作用跟座管快拆类似。

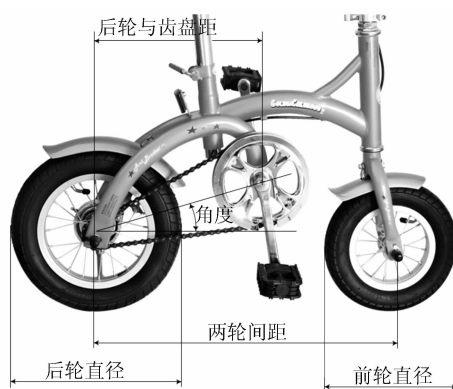


图 4 迷你自行车车身主要尺寸

Figure 4 Main dimensions of mini bike body

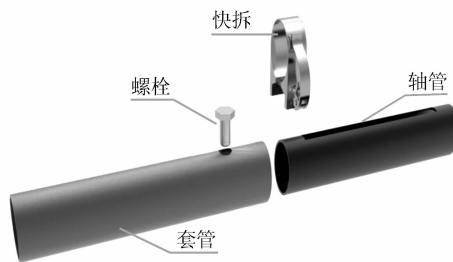


图 5 横管处爆炸图

Figure 5 Explosion drawing of horizontal tube

螺栓: 主要起定位与导向作用, 使得轴管能在套管中滑动而不会脱落。

如图 6 所示, 机构不影响车身外观, 但对车架造型有限制, 必须留有水平横杆, 伸缩距离也不宜太长。



图 6 机构整体效果

Figure 6 Organization overall effect

车架除进行机构改进, 还应根据成人身材调整相应尺寸。由 GB10000-88 可知成人男性下肢尺寸大于成人女性下肢尺寸, 为保证绝大多数成人能悠闲骑行以男性第 95 百分位大、小腿尺寸为参照, 结合如图 7 所示的低速舒适骑姿腿部动作姿态^[14], 确定车架改良方案尺寸。车架伸缩前后尺寸对比如图 8 所示。

2.3 车座改进方案分析

由于迷你自行车轻便, 骑行并无太大安全问题。车小且车速较低, 骑行运动强度不大; 车座和车把高度可调, 增强可控性; 车架尺寸可调, 改善骑行动作。安全性问题主要集中于骑行姿态对健康的影响。

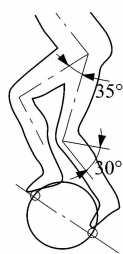


图7 低速舒适骑姿

Figure 7 Comfortable riding position of low

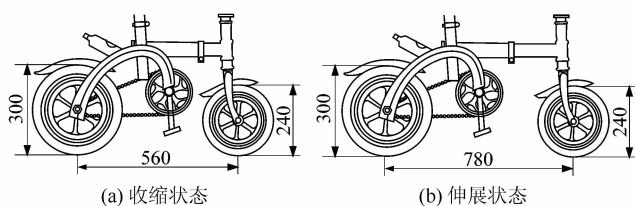


图8 车架收缩和伸展状态尺寸图

Figure 8 Bike frame contracted and expanded state dimensional

由图7~8可知,车架改进后两轮间距适当增大,迷你自行车的骑行姿态发生微调。骑行时身体与水平面的夹角大约呈 90° ,基本直立,脊柱基本处于自然状态,是较舒适的骑乘角度;可根据四肢长度调节车把、车座高度,车架长度,肢体姿态舒展;骑行过程中车座支撑身体,承担人体主要重量。车座不仅影响骑行舒适度,长时间骑行对坐骨生殖区的血液循环和性能力都有一定影响,存在隐患,需要改进。

如图9(a)所示人体在骑乘时上躯体的重量基本上都移到了坐骨结节的位置,坐骨生殖区与鞍座的接触面积进一步减小,承受的压力也大幅度的减轻;由图9(b)可知坐骨结节承受了上躯体绝大部分重量,坐骨生殖区承受的压力较小^[15-17]。为保障安全,与这种骑行姿态匹配的车座必须确保身体直立,防止重心前移,压迫生殖区域。

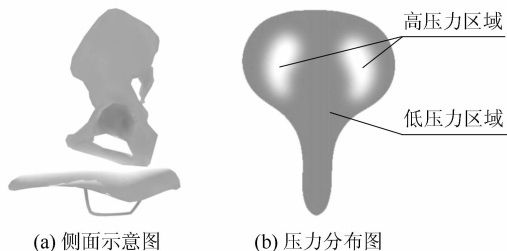


图9 骨盆与车座接触侧面示意图和压力分布图

Figure 9 Side schematic diagram of pelvis in contact with seat and pressure profile

根据车座压力分布,可从两方面进行改进:改变车座与人体接触方式,增大坐骨结节与车座的接触面来减小压力;弱化车座前鼻支撑作用,减少车座前鼻对生殖系统的压力伤害。改进设计方案如表1所示。综合各方案优劣,针对车座进行人机工程学研究提出的最终方案。如图10所示,采用分离式车座,淡化前鼻,对人体生殖区的伤害几乎为零;防止重心前移,矫正骑行者的骑姿。采用了硅胶材料,柔软舒适,防滑性也很好;表皮覆有透气小孔,散热好。



图10 车座最终方案

Figure 10 Final design of bike saddle

表1 车座改进设计方案

Table 1 Improved design of bike saddle

改进方案	方案示意图	优点	缺点
镂空车座		镂空和生殖区接触部分,起保护作用,坐骨结节处采用柔软材质	有前鼻,移动时边缘部分易造成伤害
弧形车座		弧形车座避免车座对人体的各种伤害	没有前鼻,不方便大腿活动,蹬踏受影响
分离式车座		分离式车座起到很好的保护作用,坐骨结节处采用柔软材料	没有前鼻对大腿的活动导向性,骑乘时缺少操控感
无鼻翼车座		无前鼻车座,对人体起到保护作用	减少了骑乘的操控感,移动身体时后部弧面容易对会阴造成伤害

3 结语

本文运用FAST法系统梳理了迷你自行车影响骑行的突出问题,结合人机工程学给出改进设计方案。将传动模型与部件选配相结合,计算骑行速度并与低速骑行要求比对;分析骑行姿态对车身尺寸调节的需求,设计车架伸缩机构解决两轮间距过小问题;分析骑行姿态特征影响健康的隐患,依据车座压力分布给出车座改进设计方案。迷你化只是自行车小型化的一种形式,后续研究可采用本文研究方法分析、改进折叠自行车。

参考文献:

- [1] 朱玮, 庞宇琦, 王德. 自行车出行行为和决策研究进展[J]. 国际城市规划, 2013, 28(1): 50-55.
- [2] 李家庆, 吕静. 浅谈休闲自行车的设计[J]. 电动自行车, 2011(7): 6-10.
- [3] 林霜. 自行车设计中的人机因素分析与研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2008: 24.
- [4] 陶松桥, 何伟. 多功能折叠自行车设计与探讨[J]. 轻工科技, 2012, 28(7): 68.
- [5] 钟健华. 由用户体验引导的自行车创意设计探析[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2013: 70.
- [6] OTTO K N, WOOD K L. 产品设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011: 95-96.
- [7] 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, 2013, 30(9): 93-96.
- [8] 宋云. 基于 FAST 法的可控滑沙板概念设计[J]. 机械设计, 2013, 30(6): 100-101.
- [9] 吴晓莉, 陈慧娟, 庄坤, 等. 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.
- [10] 吴晓莉, 王玉星, 薛澄岐. 用 FAST 法设计功能组合式儿童自行车[J]. 机械设计与研究, 2012, 28(1): 98-101.
- [11] 郑兰疆, 王广金, 周缘, 等. 基于公理设计与功能分解的核级贯穿组件研究[J]. 机械, 2014, 41(10): 19-22.
- [12] 黄景明. 人性化设计在自行车设计中的应用研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2011: 19.
- [13] 刘颖. 对城市两种主流慢行交通工具的速度特性分析及车速管理建议[J]. 华东公路, 2011(5): 87-89.
- [14] 丁玉兰. 人机工程学[M]. 3版. 北京: 北京理工大学出版社, 2005: 240.
- [15] 黄海波, 丁玉兰. 自行车鞍座的人机工学设计[J]. 工程图学学报, 2005, 26(3): 106-110.
- [16] 维雪草. 自行车鞍座与人体结构的关系[EB/OL]. (2010-10-27) [2015-05-10]. <http://wenku.baidu.com/link?url=xLRLHUfelFJFdNqejdY0jBGuSDmA7cmqr2o1ruYacvI0-ewEzZN-XTTrZSnEuWmFwp8gq31xway8a-82ylQbHOZM88292NSCBBZFpgoCulwa>.
- [17] 刘霞. 复杂曲面零件的 RE_RP 集成技术研究[D]. 天津: 天津理工大学, 2009: 59-60.

(上接第 105 页)

- [10] LIU G W, MUOLO M L, VALENZA F, et al. Survey on wetting of SiC by molten metals[J]. Ceramics International, 2010, 36(4): 1177-1188.
- [11] CONG Xiaoshuang, SHEN Ping, WANG Yi, et al. Wetting of polycrystalline SiC by molten Al and Al-Si alloys[J]. Applied Surface Science, 2014, 317: 140-146.
- [12] SHI Laixin, SHEN Ping, ZHANG Dan, et al. Wetting and evaporation behaviors of molten Mg-Al alloy drops on partially oxidized α -SiC substrates[J]. Materials Chemistry and Physics, 2011, 130(3): 1125-1133.
- [13] 王均杰. 搅拌铸造法在 SiC-P/Al 复合材料制备中的应用研究[J]. 热加工工艺, 2014, 43(19): 7-9.
- [14] LU Yuan, YANG Jianfeng, LU Weizhong, et al. The mechanical properties of co-continuous Si₃N₄/Al composites manufactured by squeeze casting[J]. Materials Science and Engineering: A, 2010, 527(23): 6289-6299.
- [15] HUANG Xiaoyu, LIU Changming, LÜ Xunjia, et al. Aluminum alloy pistons reinforced with SiC fabricated by centrifugal casting[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2011, 211(9): 1540-1546.
- [16] WANG X J, WANG N Z, WANG L Y, et al. Processing, microstructure and mechanical properties of micro-SiC particles reinforced magnesium matrix composites fabricated by stir casting assisted by ultrasonic treatment processing[J]. Materials & Design, 2014, 57: 638-645.
- [17] ZHANG Qiang, MA Xiangyu, WU Gaohui. Interfacial microstructure of SiCp/Al composite produced by the pressureless infiltration technique[J]. Ceramics International, 2013, 39(5): 4893-4897.
- [18] WANG Jieli, LIN Wensong, JIANG Ziwang, et al. The preparation and properties of SiCw/B₄C composites infiltrated with molten silicon[J]. Ceramics International, 2014, 40(5): 6793-6798.
- [19] 张友法, 余新泉, 陈锋, 等. B₄C/Al-Si 复合材料的制备[J]. 特种铸造及有色合金, 2010, 30(4): 367-369.
- [20] 肖艳. 粉末冶金陶瓷材料及其加工技术[J]. 金属材料与冶金工程, 2013, 41(2): 58-64.
- [21] 卜金纬. 粉末冶金 SiC 颗粒增强铝基复合材料的制备与性能探讨[J]. 热加工工艺, 2011, 40(16): 78-80.
- [22] 于庆芬. 粉末冶金法制备 β -SiCp/Al 电子封装材料工艺与性能研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2010: 11-57.
- [23] 刘明朗, 韩增尧, 郎静, 等. 碳化硼-铝复合材料的研究进展[J]. 材料导报, 2011, 25(23): 31-34.
- [24] ABKOWITZ S, ROWELL D M, HEUSSI H L, et al. Impact resistant clad composite armor and method for forming such armor: US, 4987033[P]. 1991-01-22.
- [25] 魏倩倩. SiC 陶瓷与金属 W 的连接及工艺研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2012: 7-50.
- [26] 张利, 李树杰. Ni-Nb 粉末与 SiC 陶瓷界面润湿特性研究[J]. 武汉理工大学学报, 2006, 28(5): 11-13.
- [27] 金德明, 卢玉厚. 陶瓷金属化电镀液配比和检测方法[J]. 现代技术陶瓷, 2013, 34(1): 48-50.
- [28] 韦艳. 高纯氧化铝陶瓷金属化配方研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2012: 5-12.
- [29] 郝俊杰, 王建军, 陈敏, 等. 均匀沉淀法制备陶瓷金属化层的微观结构研究[J]. 真空电子技术, 2010(4): 5-8.
- [30] 赵丹, 宋红章, 孙洪巍, 等. 化学镀法制备铜包覆 SiC 颗粒的研究[J]. 表面技术, 2012, 41(3): 105-108.
- [31] KHOSROSHAHI N B, KHOSROSHAHI R A, MOUSAVIAN R T, et al. Effect of electroless coating parameters and ceramic particle size on fabrication of a uniform Ni-P coating on SiC particles[J]. Ceramics International, 2014, 40(8): 12149-12159.