TRIZ 理论在特殊群体辅助轮椅创新设计中的应用

李付星
（徐州工程学院，徐州 221008）

摘要：目的 针对老年人、患病者等特殊群体在坐立交替时容易出现摔倒等意外情况，将 TRIZ 理论与人机工程相结合，对特殊群体辅助轮椅进行创新设计。**方法** 利用 TRIZ 理论的冲突解决原理及人机工程学的相关知识，对所改进的辅助轮椅提出了创新设计思路，并对在设计过程中出现的技术冲突，制定出了详细的解决措施。**结论** 将 TRIZ 理论与人机工程相结合对辅助轮椅进行设计实践，验证了应用该方法为产品设计构思提供创新思路的可行性，并为相关产品的开发设计提供了重要参考。

关键词：TRIZ 理论；特殊群体；辅助轮椅；人机工程学；技术冲突；矛盾解决矩阵
中图分类号：TB472 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2016)10-0113-05

The Application of TRIZ Theory in the Design of Special Group Assisted Wheelchair

LI Fu-xing
（Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou 221008, China）

ABSTRACT: Whereas the special group, such as the elderly and patients, are easy to fall down in alternating between sitting and standing postures, it proposes to combine the TRIZ theory with ergonomics and conduct innovative design on special-group auxiliary wheelchair. By using the theory of TRIZ innovation principle and the related theory of the man-machine engineering, for the special group of improvement required auxiliary wheelchair innovative design ideas are put forward, the corresponding solution measures are made at the conflict in the process of innovation design of technology. By combining the TRIZ theory with ergonomics, an innovative practice for the special-group auxiliary wheelchair is made, which verify the application of this method can provide important for product design, development of related products design has certain reference significance.

KEY WORDS: TRIZ theory; special groups; auxiliary wheelchair; ergonomics; technical conflict; conflict solution matrix

老年人、患病者作为一个特殊的群体，尤其是腿脚不便、日常生活不能自理者，其大部分的时间都处于躺姿或坐姿状态。当他们进行幅度较大的活动时，因腿部缺少支撑其身体的力量，可能会发生意外摔倒的情况，这将给其生命健康造成很大的隐患。轮椅在特殊群体的日常生活中发挥着极其重要的作用，但目前的轮椅仅具有坐及辅助移动的功能，并不能满足特殊群体更多的实际需求。对此，将利用 TRIZ 理论与人机工程相结合的方法，对辅助轮椅进行创新设计，以进一步增强其人性化水平。

1 TRIZ 理论概述

TRIZ 理论是综合了多学科领域的法则和原理所形成的理论体系，它主要由 39 个通用工程参数、40 条发明原理及 39×39 个冲突解决矩阵组成[1]。利用 TRIZ 理论进行产品创新设计时，主要通过 TRIZ 理论的矛盾冲突解决矩阵来提供设计思路，并解决产

收稿日期：2016-01-06
基金项目：徐州市科技型中小企业创新基金（XC12A001）；徐州工程学院校青年基金（XKY2012310）
作者简介：李付星（1983—），男，山东人，硕士，徐州工程学院讲师，主要从事产品设计及其评价方面的研究。

品在创新设计过程中所出现的技术冲突，以此来达到优化产品功能的目的[2-3]。在解决技术冲突的过程中，存在着优化某一功能后将造成另一技术特性恶化的情况，这就需对产品功能进行综合性分析，以确定技术冲突解决的最佳平衡点[4-5]。

TRIZ 理论的冲突解决流程见图 1（文中图片均由笔者绘制）。首先，将产品使用过程中功能方面存在的不足转化为标准问题，找出技术冲突；其次，通过 TRIZ 理论提供的 39 个通用工程参数，对已确定的技术冲突进行描述，并根据描述得到对应的工程参数，在由工程参数组成的矛盾冲突解决矩阵中查找相应的发明原理；最后，在深刻理解发明原理涵义的基础上，通过组织运用已掌握的知识，来寻求技术冲突的最佳解决思路。

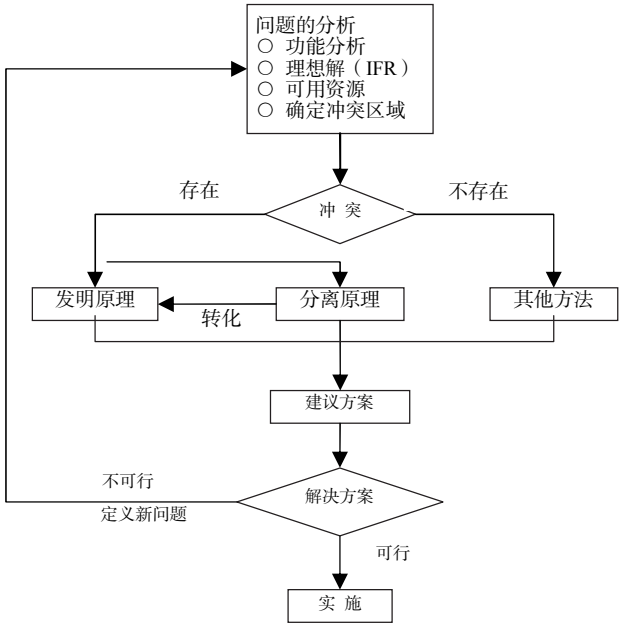

图 1　TRIZ 理论的冲突解决流程

Fig.1 The conflict resolution process of TRIZ theory

2　TRIZ 理论的应用实践

2.1　辅助轮椅问题的分析

目前，针对腿脚不便特殊群体设计的辅助轮椅，只具备基本的坐及辅助移动的功能。此外，因轮椅型式的不同，其针对的目标群体也存在差异。如可操控移动的电动式辅助轮椅，主要供下肢完全丧失活动能力的人使用，以更好地满足其自由移动的需求，但对于勉强具有站立能力的特殊人群，则不具备辅助站立的功能。另外，特殊群体在日常生活中使用轮椅时遇到的状况较多，尤其在进行坐立姿势变换时，因其腿部缺少强有力的支撑，可能会出现意外摔倒的情况，这对其生命健康将造成很大的隐患。

2.2　技术冲突的描述

针对上述问题，通过增加辅助轮椅的功能，以使其满足特殊群体更多的实际需求，但因此将会导致轮椅整体重量增加问题的出现。另外，针对腿脚不便的特殊群体，可通过提高辅助轮椅的自动化程度，以使其操作起来更便捷，但因此将会造成轮椅形态结构复杂程度的增加。由此可见，在利用 TRIZ 理论对辅助轮椅进行改进设计的过程中，将存在着辅助轮椅功能的增多与轮椅整体重量的增加，自动化程度的提高与轮椅形态结构复杂程度的增加所构成的技术冲突，将其转化为 TRIZ 理论的 39 个通用工程参数。

35 号适应性及多用性：指物体或系统在各种外部因素影响下，将具备以多种方式发挥功能的可能性[6]；属于改善的参数。1 号运动物体的重量：指重力场中的运动物体作用在阻止其自由下落支撑物上的力[7]。

38 号自动化程度：指物体或系统在无人操作的情况下，实现其功能的能力[8]，属于改善的参数。12 号形状：指一个物体的形态轮廓或外观[9]。

2.3　发明原理的确定

对辅助轮椅改进功能的分析确定出其技术冲突，通过查找 TRIZ 理论的矛盾冲突解决矩阵列表，可得到解决技术冲突所需的发明原理。矛盾冲突解决矩阵（部分）见表 1，针对第一组矛盾冲突，查表 1 得到 1 号、6 号、8 号、15 号发明原理；第二组矛盾冲突，查表 1 得到 1 号、13 号、32 号、15 号发明原理。

结合特殊群体辅助轮椅实际需要解决的问题，对得到的各条发明原理进行筛选分析，最后优选出 6 号、13 号、15 号发明原理作为辅助轮椅创新设计的指导思路。优选原理及说明见表 2。

6 号多功能原理：可根据实际情况增加辅助轮椅的功能，使其在满足基本的坐功能外，增加其辅助站立及担架床的功能；13 号反向原理：使原本活动的人处于静止状态，而使辅助轮椅的座面适速地升和降，从而实现辅助坐立姿势的变换；15 号动态性原理：可使辅助轮椅根据疲劳程度及功能需求进行动态性调整，实现坐立躺不同姿势的变换操作。

表 1　矛盾冲突解决矩阵（部分）
Tab.1 The conflict resolution matrix

改善的通用工程参数	恶化的通用工程参数			
	运动物体重量	2 静止物体重量	12 形状	39 生产率
1 运动物体重量	—	—	10，14，35，40	35，3 24，37
35 应用性及多用性	1，6，15，8	19，15，29，16	15，37，1，8	35，28 6，37
38 自动化程度	28，26，18，35	28，26，35，10	15，32，1，13	5，12 35，26
39 生产率	35，26，24，37	28，27，15，3	14，10，34，40	—

表 2　优选原理及说明
Tab.2 Optimal principle and explanation

序号	原理名称	原理解释
6	多功能性	使一个物体能够完成多项功能，以减少原设计中完成这些功能所需物体的数量
15	动态性	使一个物体或其环境在操作的每一阶段自动调整，以达到优化的性能；如果一个物体是静止的，使之变为运动的或可变的
13	反向	将一个问题中所规定的操作改为相反的操作；使物体中的运动部分静止，静止部分运动

3　辅助轮椅的具体设计

3.1　辅助轮椅的设计构思

辅助轮椅的构思表现见图 2，图 2a 主要针对腿脚具有一定活动能力的人，在两个轮子间连接着收纳盒，从中可伸出一条软布形成坐垫；将软布收缩于收纳盒中，并把脚踏板向上翻转侧靠于轮子后，从而使轮椅具备辅助站立及助行的功能；图 2b 当人需要站立时，通过脚部给脚踏板施加力的大小来调节座面升降的速度，该设计对于腿脚无力者实施难度较大，且施加力的大小可控性较差，并缺少辅助行走功能；图 2c 轮椅的扶手采用感应设计，当使用者需站立时，通过手臂给扶手施加外力即可，并根据施力大小来控制座面的升降速度；图 2d 除提供坐姿外，还可让使用者根据疲劳的程度，进行各种姿势的变换操作，并通过座面的遥控升降控制，实现对特殊群体的辅助坐立功能。

图 2　辅助轮椅的构思表现
Fig.2 The ideas of the performance of assisted wheelchair

3.2　最终方案的确定

通过对各设计方案进行分析比较，优选出图 2d 为最佳设计方案。

最终效果表现见图 3。该辅助轮椅具有多功能性，除具有坐的基本功能外，还可根据使用者的疲劳程度，进行坐躺立等姿势的变换，并通过左侧扶手的操纵杆控制座面的适速升和降；另外，在右侧的扶手中增加了急救药盒功能，以方便特殊群体紧急情况下的使用。

图 3　最终效果表现
Fig.3 The final result

3.3　辅助轮椅尺寸的确定

针对辅助轮椅相关尺寸的设定，将根据人机工程学所提供的坐姿臀宽、坐姿肘高、小腿加足高、身高等测量数据来进行确定。相关人体尺寸数据见表 3。

应用人体测量数据设定轮椅尺寸时，需在相应百分位的人体尺寸数据上增加功能修正量、心理修正量等相关数值[10]，人体尺寸修正量见表 4。

表 3　相关人体尺寸数据
Tab.3 The related body size data

项目	男（18～60）				女（18～55）			
	1	5	95	99	1	5	95	99
坐姿臀宽/mm	284	295	355	369	295	310	382	400
坐姿肘高/mm	214	228	298	312	201	215	284	299
小腿加足高/mm	372	383	448	463	331	342	405	417
身高/mm	1543	1583	1775	1814	1449	1484	1659	1697

表 4　人体尺寸修正量
Tab.4 The correction amount of body size

项目	尺寸修正/mm	修正原因
两肘肩宽	20	衣厚
坐姿臀宽	13	衣厚
站姿高	25~38	鞋高

应用人体测量数据时，需先根据产品的功能，选择所依据的人体尺寸类型，再确定采用的百分位数[10]。在 GB/T 12985-1991 标准中，将产品尺寸设计分为 I 型、II 型和 III 型 3 种形式，其中又将Ⅱ型分为ⅡA 和ⅡB 两种[10]。应用ⅡA 和ⅡB 类型进行产品设计时，只需一个人体尺寸的百分位数作为上下限值的依据即可[11]。

特殊群体辅助轮椅作为涉及人健康与安全的产品，针对它展开后“总体长度”的确定，属于“ⅡA 型大尺寸设计”,因此选用 P99 作为尺寸确定的依据。根据 GB 10000-1988 所提供的数据，“男性 P99 的身高”为 1814 mm，“女性 P99 的身高”为 1697 mm，因此，根据男性的身高值进行“总体长度”的确定。根据公式：

$$H = I + a_1 + a_2 \quad (1)$$

其中：H 为躺姿时轮椅的总长度；I 为男性第 99 百分位的身高；a_1 为所穿鞋的厚度；a_2 为心理修正量。

在公式（1）中，将鞋的厚度 a_1 设定为 35 mm；因为心理修正量不能主观确定某个具体数值，须通过被试者主观评价表的评分结果进行统计分析后得到，所以将心理修正量 a_2 设定为 30 mm。由此可见，辅助轮椅总体长度的最佳功能尺寸为 1879 mm，经取整修正后，将辅助轮椅的总体长度定为 1880 mm。

针对辅助轮椅“座面高度”的确定，该尺寸属于“ⅡB 型小尺寸设计”。为了满足大多数特殊群体的使用，及避免使用时屈膝情况的出现，因此选用“女性 P99 的小腿加足高”作为尺寸确定的依据。根据 GB 10000-1988 所提供的数据，“女性 P99 的小腿加足高”为 417 mm，向上取整修正后，将辅助轮椅的座面高度定为 430 mm。

辅助轮椅的“座面宽度”属于“ⅡA 型大尺寸设计”，根据 GB 10000-1988 所提供的尺寸数据，“女性 P99 坐姿臀宽”为 400 mm；“男性 P99 坐姿臀宽”为 369 mm，因此选用“女性 P99 坐姿臀宽”数据作为辅助轮椅“座面宽度”确定的依据；此外，增加着衣时的功能修正量 13 mm。根据公式：

$$W = w + b_1 + b_2 \quad (2)$$

其中：W 为轮椅坐宽；w 为女性 P99 的坐姿臀宽；b_1 为着衣修正量；b_2 为心理修正量。

在公式(2)中，将着衣修正量 b_1 设定为 13 mm，因为心理修正量不能主观确定某个具体数值，须通过被试者主观评价表的评分结果进行统计分析后得到，所以将心理修正量 b_2 设定为 30 mm。由此可见，辅助轮椅坐宽的最佳功能尺寸为 443 mm，经取整修正后，将辅助轮椅坐宽的座面宽度定为 450 mm。

辅助轮椅“扶手高度”的确定，该尺寸属于“ⅡB 型小尺寸设计”，为了满足大多数特殊群体的使用，因此选用“女性 P5 的坐姿肘高”作为尺寸确定的依据。根据 GB 10000-1988 所提供的数据，“女性 P5 的坐姿肘高”为 215 mm，经取整修正后，将辅助轮椅的扶手高度定为 220 mm。辅助轮椅尺寸的确定见图 4。

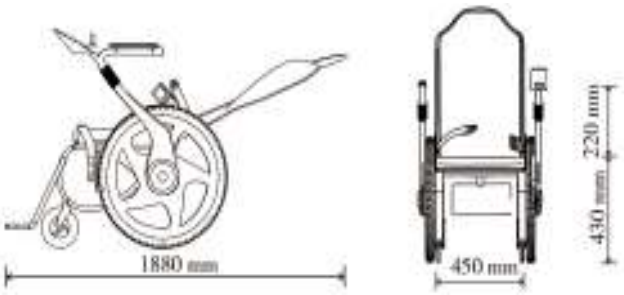

图 4　辅助轮椅尺寸的确定
Fig.4 The determined sizes of auxiliary wheelchair

4　结语

通过利用 TRIZ 理论的冲突解决原理，对特殊群体辅助轮椅进行设计实践，主要进行了以下方面的创新。通过控制座面的适速升降来辅助特殊群体的坐立，避免了意外状况的发生；轮椅靠背角度的动态调整，实现了轮椅、担架床等不同功能的转换，除满足了不同状态的使用外，还极大地提高了舒适性。急救药盒功能的增加，更体现出了辅助轮椅的人性化设计理念，满足了紧急情况下的需要。因为 GB 10000-1988 已具有明显的时代差异，根据其所提供的数据进行轮椅尺寸的确定，将与客观实际存在一定的偏差，所以有待对其进行完善。基于 TRIZ 理论与人机工程对特殊群体辅助轮椅进行的设计实践，验证了应用该方法对于拓宽产品设计思路的可行性，从而为相关产品的设计开发提供了重要参考。

参考文献：

[1] 陈国强.基于 TRIZ 创新理论的便携式耳机设计[J].包装工程, 2013, 34(6): 42—45.
CHEN Guo-qiang. Portable Headset Design Based on TRIZ[J].Packaging Engineering, 2013, 34(6): 42—45.

[2] 赵燕江.基于 TRIZ 理论的抽油烟机叶片清理[J].机械设计, 2010(2): 70—73.
ZHAO Yan-jiang.Design on Vane Cleaning Machine for Soot Absorbed Based on TRIZ Theory[J].Machine Design, 2010(2): 70—73.

[3] 张简一.基于 TRIZ 理论的产品创新设计[J].机械设计, 2009(2): 35—37.
ZHANG Jian-yi.Innovation Design of Products Based on TRIZ Theory[J].Machine Design, 2009(2): 35—37.

[4] 韩立芳.TRIZ 技术研究及在教学工具创新设计中的应用[J].山东建筑大学学报, 2007(2): 89—92.
HAN Li-fang.Application of TRIZ in Teaching Aids Innovation[J].Journal of Shandong Jianzhu University, 2007(2): 89—92.

[5] 李付星.基于 TRIZ 冲突解决原理的压路机创新设计研究[J].机械设计, 2014(9): 109—112.
LI Fu-xing.Innovation Design of Road Roller Based on the Conflict Solving Principle of the TRIZ[J].Machine Design, 2014(9): 109—112.

[6] 付敏.基于 TRIZ 的产品设计集成创新方法研究综述[J].中国工程机械学报, 2013(4): 170—174.
FU Min.Reviews on Integrated Innovation Methods for TRIZ-based Product Design[J].Chinese Journal of Construction Machinery, 2013(4): 170—174.

[7] 赵朋飞.TRIZ 创新理论在楼梯助力扶手设计中的运用[J].包装工程, 2013, 34(6): 41—45.
ZHAO Peng-fei.Application of the TRIZ Theory Design to the Stair Assistance Armrest Design[J].Packaging Engineering, 2013, 34(6): 41—45.

[8] 王秀红.基于 QFD 和 TRIZ 集成理论的电动吸尘黑板擦创新设计[J].包装工程, 2014, 35(18): 39—42.
WANG Xiu-hong.Innovative Design of Electric Vacuum Blackboard Eraser Based on QFD and TRIZ [J].Packaging Engineering, 2014, 35(18): 39—42.

[9] 周美玉.TRIZ 理论在产品感性设计中的应用研究[J].包装工程, 2011, 32(2): 62—65.
ZHOU Mei-yu.Application of TRIZ Theory in Product Perceptual Design[J].Packaging Engineering, 2011, 32(2): 62—65.

[10] 李付星.人机工程在修车躺板设计中的应用研究[J].机械设计, 2013(11): 104—107.
LI Fu-xing.Study on the Application of Ergonomics in the Design of Repairing Lying Plate[J].Machine Design, 2013(11): 104—107.

[11] 丁玉兰.人机工程学[M].北京: 北京理工大学出版社, 2013.
DING Yu-lan.Ergonomics[M].Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2013.