

基于 AHP/QFD/TRIZ 理论的可伸缩式餐桌设计

王南轶, 石畅, 魏阳阳, 陈旭辉, 胡毅轩
(南昌大学 建筑与设计学院, 南昌 330031)

摘要: **目的** 为丰富餐桌的应用场景, 改进传统餐桌工作原理, 扩充其使用功能, 满足当代人多样化需求, 设计一款可调节面积的伸缩式餐桌。**方法** 采用调研访谈法总结出用户需求类别, 利用 AHP 层次分析法算出用户各项需求权重; 利用 QFD 质量功能展开将用户需求转化为技术需求, 并得出矛盾冲突; 利用 TRIZ 创新理论的分离原理与矛盾矩阵, 从 40 个发明原理中找出解决技术矛盾与物理矛盾的最优方法, 最后得出理想方案。**结果** 通过整合 AHP、QFD、TRIZ 等理论模型, 将之付诸于可伸缩式餐桌设计开发流程中, 设计出了一款伸缩式餐桌, 进一步验证了该套设计流程的科学性与合理性。**结论** 该套设计流程可为产品设计与开发提供参考思路。

关键词: AHP; QFD; TRIZ; 伸缩式餐桌; 产品设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)02-0090-11

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.02.011

Design of Retractable Dining Table Based on AHP/QFD/TRIZ Theory

WANG Nan-yi, SHI Chang, WEI Yang-yang, CHEN Xu-hui, HU Yi-xuan
(School of Architecture and Design, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

ABSTRACT: The work aims to design a retractable dining table with an adjustable area to enrich the application scenarios of the dining table, improve the working principle of the traditional dining table and expand its use functions, and meet the diverse demands of contemporary people. The research and interview methods were used to summarize the categories of user demands, and the AHP method was adopted to calculate the weight of each user's demands. QFD was used to transform user demands into technical demands, and obtain contradictions. The separation principle and contradiction matrix of TRIZ innovation theory were used to find out the best way to solve technical and physical contradictions from 40 invention principles, and finally get the ideal solution. By integrating theoretical models such as AHP, QFD, TRIZ, etc., and applying these models to the design and development process of the retractable dining table, a retractable dining table was designed, which further verified the scientificity and rationality of this set of design processes. This set of design processes is able to provide reference ideas for product design and development.

KEY WORDS: AHP; QFD; TRIZ; retractable table; product design

“民以食为天, 食以安为先”, 在人们日常重要的饮食、起居中, 餐桌扮演着必不可少的角色。人们对餐桌的需求也从原来的就餐需求, 扩展出了舒适性、便利性、健康性、智能化、多功能等多方面的需求。为了改变传统餐桌的工作与使用方式, 使之满足人们多样化的需求, 需要借助层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)、质量功能展开 (Quality of

Functional Deployment, QFD)、发明问题解决理论 (Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch, TRIZ) 等模型来构建餐桌设计流程, 精准抓住人的需求进行设计与开发, 实现餐桌造型、结构、功能上的创新。

为使分析和决策更具客观性, 在实际应用中, 较多学者采用 TRIZ 结合需求分析、方案评估等集成方法并取得了良好效果^[1-2]。陈媛等^[3]将 AHP、QFD、

收稿日期: 2022-08-11

基金项目: 南昌大学高层次人才科研启动项目 (28770573)

作者简介: 王南轶 (1997—), 硕士研究生, 主要研究方向为人机工程、感性工学、人工智能辅助工业设计。

通信作者: 魏阳阳 (1989—), 博士, 讲师, 主要研究方向为工业设计、数据可视化设计。

TRIZ 方法运用在智能卫浴产品设计中, 通过 AHP 得出用户需求权重, 通过 QFD 转换成关键设计要素, 通过 TRIZ 解决问题, 得出设计方案; 苏建宁等^[4]将 AHP、QFD、TRIZ 方法运用于玫瑰花蕾采摘机设计开发中, 使玫瑰花蕾采摘机的结构、功能、造型、材料和生产加工等方面得到提升; 郭西雅等^[5]利用 KJ、AHP、QFD 相结合的方法引入到家用活口扳手产品迭代设计; 郜红合等^[6]基于 TRIZ 理论对公共扶手消毒装置进行了创新, 紧跟时代需求, 解决了公共扶手消毒的问题; 李晓杰等^[7]基于 AHP、QFD、TRIZ 理论设计出了一款抗震救灾机器人, 极大地提高了救援效率与应用场景。综上所述, AHP 能提高用户需求识别的准确性与客观性; QFD 可连接用户需求与产品技术需求, 为产品设计提供依据; TRIZ 具有完整的解决问题方法, 可为工程问题提供求解工具^[8]。

1 餐桌现状分析与设计流程

1.1 可伸缩式餐桌设计现状

随着物质社会的进步, 人们的精神世界也越来越丰富, 传统的餐桌已经不能满足现代人的需求。可调节面积式的餐桌供人们在不同的环境中可以调节餐桌的大小, 丰富了人们的就餐使用场景, 这种可调面积式的餐桌顺应了时代发展潮流, 很快就占据了市场。在市面上的可调面积餐桌设计中, 大致分为两种不同的工作原理: 第一种为拉升式, 其工作原理为将桌面两端向外拉伸, 用来增加面积的桌块从下往上升与桌面贴合; 第二种是折叠式, 其工作原理为将用来增加餐桌面积的桌块隐藏在桌面下, 以折叠的方式与原桌面的外边缘贴合, 来达到增加桌面面积的目的, 见图 1。



图 1 常见的可伸缩式餐桌设计
Fig.1 Design of common retractable dining table

无论是折叠式还是拉升式设计, 其工作原理在一定程度上解决了用户对餐桌可调面积的需求, 但是这些设计只对餐桌的面积进行了细微的添补, 未从根本上解决对面积增减的把控, 并未做到缩小状态的餐桌尺寸足够小, 扩大后桌面面积足够大。并且两种样式

的餐桌大多以手动的方式来扩充其桌面面积, 缺乏自动装置来驱动餐桌进行伸缩。需要一款能从根本上解决餐桌面积增减问题、自动化程度高的可伸缩式餐桌设计。

1.2 可伸缩式餐桌设计流程

通过对餐桌用户及相关专家展开问卷调查与深度访谈等方式, 收集用户和专家对餐桌的需求, 并进行选择、分解、组合建立目标用户的需求层次分类, 采用 AHP 层次分析法求出用户对餐桌各方面的需求权重; 将用户需求权重导入到 QFD 质量屋模型中, 对用户需求权重与技术需求特征进行关联度判断, 求出餐桌技术需求重要度等数值, 并将技术需求各个指标的正负关联性标记在质量屋的屋顶; 根据技术特征的重要度排名与各项互为矛盾的技术指标, 利用 TRIZ 创新理论的分离原则与矛盾矩阵, 在 40 个发明原理中抽出最佳原理来解决问题, 最终得出理想方案^[9-10]。这一套设计开发流程有着很强的科学性与逻辑性, 让设计生产活动不再只停留在外在的、表面的、直觉的、感性的层面, 而是以强关联性、强逻辑性的方式来指导当代产品的开发与设计, 见图 2。

2 可伸缩式餐桌用户需求分析

2.1 用户需求层次展开

通过用户调研与专家访谈, 对可伸缩式餐桌的用户需求进行汇总、整理、分类、展开, 展开为目标层、指标层、方案层等三个层次。第一层 (目标层) 为用户对可伸缩式餐桌的总需求 A, 第二层 (指标层) 将可伸缩式餐桌用户需求分为功能 A₁、造型 A₂、人机交互 A₃、安全性 A₄ 等指标, 第三层 (方案层) 将指标层展开细分为更多的具体需求, 见图 3。明确其餐桌用户需求层次, 开始接下来的矩阵分析。

2.2 用户需求权重

构建好用户需求层次后, 运用 AHP 层次分析法构造用户需求判断矩阵, 可将多目标复杂问题进行层级化处理, 并通过决策评估一致性检验, 进一步确定用户需求的权重, 达到减少决策偏差的目的, 计算步骤如下。

步骤 1: 构建判断矩阵。首先邀请 5 名专家对伸缩式餐桌的总需求 A, 以及指标层 A₁—A₄ 的具体需求进行两两打分, 构建判断矩阵^[11-12]。

步骤 2: 采用几何平均法、算术平均法等计算方法求出用户需求权重 W, 以及判断矩阵的最大特征根 λ_{\max} , 并进行一次性检验, 用 CI 表示一致性指标, CR 表示一致性比率, 其计算方式如下:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

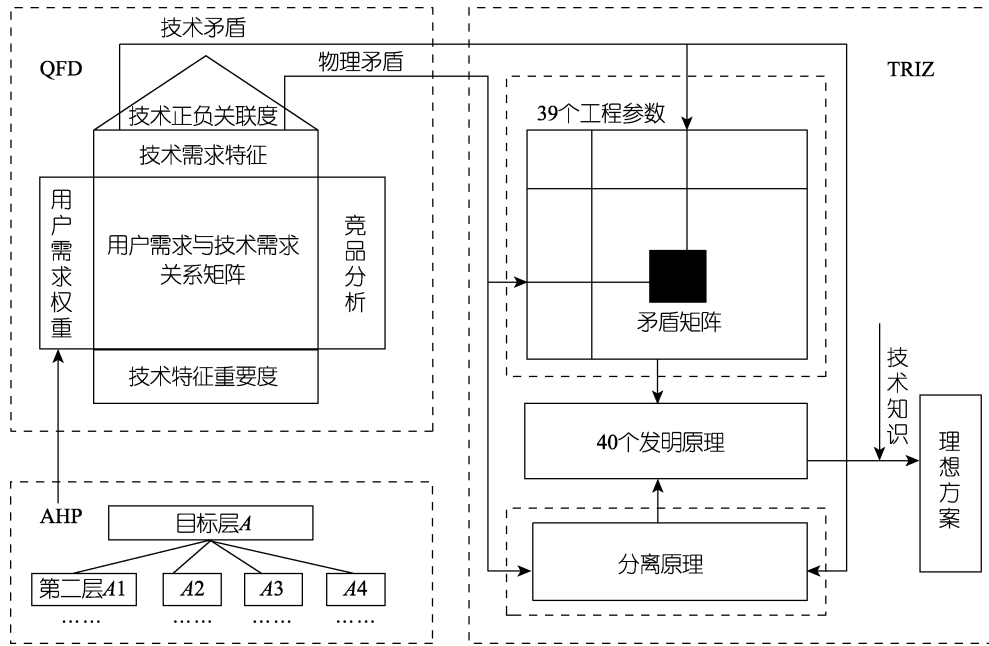


图2 可伸缩式餐桌设计流程
Fig.2 Design flow chart of retractable dining table

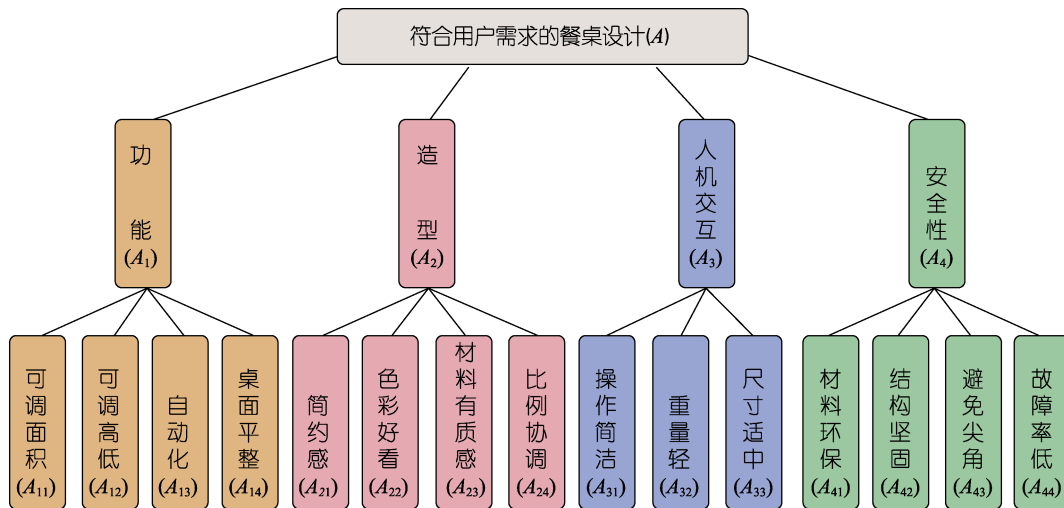


图3 用户需求层次展开
Fig.3 Hierarchy expansion of user demands

一般来说 CR 值 < 0.1 时, 符合一致性检验; 若不通过一致性检验, 则需要重新构造判断矩阵。

根据上述步骤, 对可伸缩式餐桌用户需求层次中的指标层对目标层的需求权重, 以及各项方案层对指标层的权重进行计算, 并进行一次性验证, 见表1—5。

表1 目标层下各指标需求(A₁—A₄)判断矩阵及权重
Tab.1 Judgment matrix and weight of each index demand (A₁-A₄) under the target layer

A	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	W
A ₁	1	4	3	3	0.511
A ₂	1/4	1	1/3	1	0.110 5
A ₃	1/3	3	1	2	0.247 5
A ₄	1/3	1	1/2	1	0.131

根据矩阵计算, $CI = 0.029 2$, $CR = 0.032 8 < 0.1$, 满足一致性检验。

表2 功能 A₁ 下各需求要素(A₁₁—A₁₄)的判断矩阵及权重

Tab.2 Judgment matrix and weight of each demand element (A₁₁-A₁₄) under function A₁

A ₁	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	W ₁
A ₁₁	1	2	1	5	0.375 6
A ₁₂	1/2	1	1	3	0.235 8
A ₁₃	1	1	1	5	0.317 4
A ₁₄	1/5	1/3	1/5	1	0.071 2

根据矩阵计算, $CI = 0.016 3$, $CR = 0.018 3 < 0.1$, 满足一致性检验。

表 3 造型 A_2 下各需求要素 ($A_{21}-A_{24}$) 的判断矩阵及权重

Tab.3 Judgment matrix and weight of each demand element ($A_{21}-A_{24}$) under modeling A_2

A_2	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{24}	W_2
A_{21}	1	1/3	1/4	1	0.117 2
A_{22}	3	1	1	3	0.374 3
A_{23}	4	1	1	2	0.368 6
A_{24}	1	1/3	1/2	1	0.139 9

根据矩阵计算, $CI = 0.016 3$, $CR = 0.018 3 < 0.1$, 满足一致性检验。

表 4 人机交互 A_3 下各需求要素 ($A_{31}-A_{34}$) 的判断矩阵及权重

Tab.4 Judgment matrix and weight of each demand element ($A_{31}-A_{34}$) under human-computer interaction A_3

A_3	A_{31}	A_{32}	A_{33}	W_3
A_{31}	1	1/3	1/4	0.593 6
A_{32}	3	1	1	0.249 3
A_{33}	4	1	1	0.157 1

根据矩阵计算, $CI = 0.026 8$, $CR = 0.051 5 < 0.1$, 满足一致性检验。

表 5 安全性 A_4 下各需求要素 ($A_{41}-A_{44}$) 的判断矩阵及权重

Tab.5 Judgment matrix and weight of each demand element ($A_{41}-A_{44}$) under security A_4

A_4	A_{41}	A_{42}	A_{43}	A_{44}	W_4
A_{41}	1	1/4	2	1	0.165 9
A_{42}	4	1	6	3	0.570 1
A_{43}	1/2	1/6	1	1/2	0.134 2
A_{44}	1	1/3	2	1	0.129 8

根据矩阵计算, $CI = 0.086 5$, $CR = 0.097 2 < 0.1$, 满足一致性检验。

将餐桌用户需求方案层各项权重值分别乘以其对应的指标层的权重值, 可以算出各项具体需求在整个目标需求体系中的综合权重值, 见表 6。

3 可伸缩式餐桌用户需求转化

通过层次分析法明确可伸缩式餐桌的各项用户需求权重后, 需要利用 QFD 质量功能展开, 将餐桌的用户需求转换为可伸缩式餐桌设计的技术需求、生产需求。质量功能展开的核心是以用户需求为出发点, 综合评价出与各用户需求相关的技术需求、生产需求、设计要求等因素, 使设计开发出来的产品符合并满足用户期望^[13-15]。在整个 QFD 质量功能展开中, 构建质量屋模型 (HOQ) 是重点, 通过质量屋的展开更直观清晰地表现出用户期望与技术需求各项

表 6 各项具体需求综合权重

Tab.6 Comprehensive weight of each specific demand

目标层	指标层 W	方案层 W_1-W_4	综合权重	
A	A_1 (功能) $W=0.5 110$	A_{11}	0.375 6	0.191 9
		A_{12}	0.235 8	0.120 5
		A_{13}	0.317 4	0.162 2
		A_{14}	0.071 2	0.036 4
	A_2 (造型) $W=0.1 105$	A_{21}	0.117 2	0.013 0
		A_{22}	0.374 3	0.041 4
		A_{23}	0.368 6	0.040 7
		A_{24}	0.139 9	0.015 5
	A_3 (人机交互) $W=0.2 475$	A_{31}	0.593 6	0.146 9
		A_{32}	0.249 3	0.061 7
		A_{33}	0.157 1	0.038 9
	A_4 (安全性) $W=0.1 310$	A_{41}	0.165 9	0.021 7
		A_{42}	0.570 1	0.074 7
		A_{43}	0.134 2	0.017 6
A_{44}		0.129 8	0.017 0	

指标之间的关联度, 使设计开发者更有效地计算出各项技术需求指标重要度权重值, 以及各项技术指标之间的正负关联性, 并快速找出负相关的矛盾冲突, 见图 4。

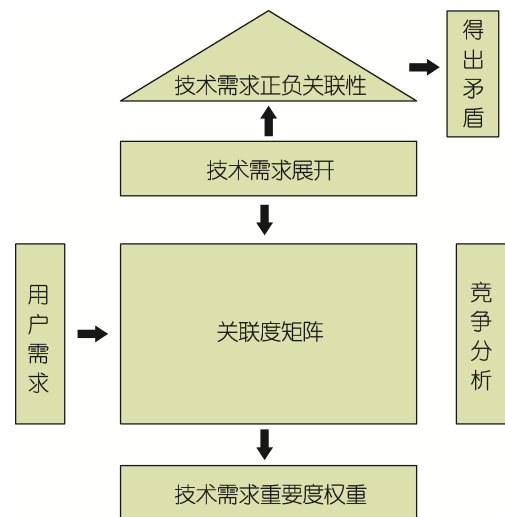


图 4 用户需求层次展开

Fig.4 Hierarchy expansion of user demands

基于各项用户需求所需要的技术需求, 对可伸缩式餐桌的各个技术指标进行分析并展开, 见表 7。

提炼总结表 7 用户需求与技术特性的对应关系, 将可伸缩餐桌分为桌面、桌身和整体 3 个设计重点。有效利用占比、桌面无缝衔接、桌面面积大是桌面部分的设计重点; 材料坚固、自动化装置、结构稳固是桌身部分的设计重点; 造型简约、空间尺寸小、色彩合理、环境友好、符合人体工学、安全系数

表7 用户需求与技术特性的对应关系
Tab.7 Correspondence between user demands and technical characteristics

用户一级需求	用户二级需求	对应所需的技术指标
功能(A ₁)	可调面积(A ₁₁)	自动化装置
		桌面有效占比
		桌面面积大
		空间尺寸小
	可调高低(A ₁₂)	自动化装置
自动化(A ₁₃)	桌面平整(A ₁₄)	空间尺寸小
		符合人体工学
		自动化装置
		桌面无缝衔接
造型(A ₂)	简约感(A ₂₁)	造型简约
	色彩好看(A ₂₂)	色彩合理
		色彩合理
	材料有质感(A ₂₃)	色彩合理
	比例协调(A ₂₄)	轻量化
符合人体工学		
人机交互(A ₃)	操作简洁(A ₃₁)	符合人体工学
	重量轻(A ₃₂)	自动化装置
		轻量化
	尺寸适中(A ₃₃)	符合人体工学
桌面有效占比		
安全性(A ₄)	材料环保(A ₄₁)	环境友好
		轻量化
	结构坚固(A ₄₂)	材料坚固
		结构稳固
	避免尖角(A ₄₃)	安全系数高
		安全系数高
故障率低(A ₄₄)	安全系数高	
		结构稳固

高、轻量化材料是餐桌整体的设计重点。可伸缩式餐桌设计开发需围绕上述设计要素展开，见图5。将表6的用户综合需求权重，导入质量屋(HOQ)的左墙；图5的餐桌各项技术指标导入质量屋(HOQ)的天花板，构建出质量屋(HOQ)模型。

在质量屋的屋身矩阵图中分别用●(强相关)、◎(中等相关)、△(弱相关)来将可伸缩式餐桌用户需求与技术需求一一对应起来，其中●=5，◎=3，△=1，两两间空白处表示0相关。根据用户需求权重与技术需求指标两两间的关联度，填入符号来进行关联度打分，构建关联度矩阵即HOQ的屋身。根据式

(2)计算出技术需求重要度的绝对权重和相对权重， W_j 为技术需求绝对权重； W_i 为用户需求权重； P_{ij} 为相关性系数； W_k 为技术需求相对权重。

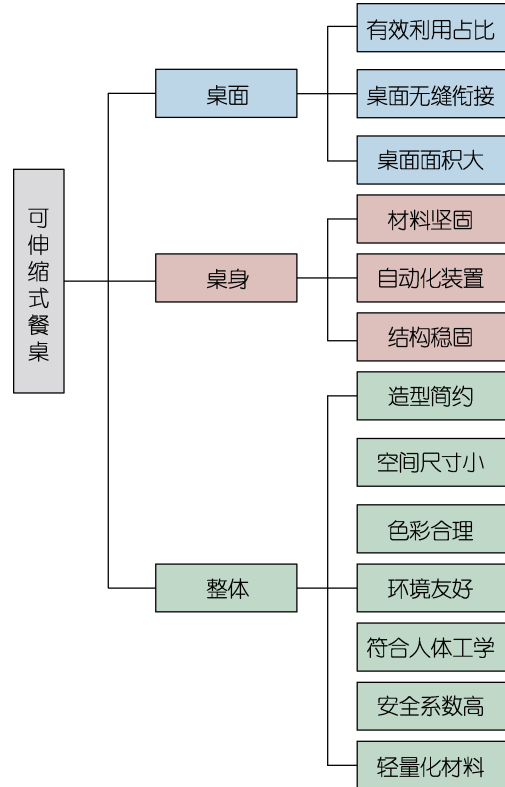


图5 可伸缩式餐桌技术需求展开
Fig.5 Technical demands of retractable dining table

$$W_j = \sum_{i=1}^q W_i P_{ij}$$

$$W_k = \frac{W_j}{\sum_{i=1}^q W_j} \tag{2}$$

将餐桌用户需求权重转换为技术需求权重，构成质量屋(HOQ)的地下室。最后分析餐桌技术需求各指标两两间的正负关联度，标记在质量屋(HOQ)的屋顶上，正关联性用“+”号表示，负关联性用“-”号表示。因此，可以获得技术需求之间的矛盾冲突^[16]。可伸缩式餐桌的质量屋，见图6。

由可伸缩式餐桌的质量屋模型中的地下室部分可以看出，在整个伸缩式餐桌设计开发中，自动化装置(20.76)、空间尺寸小(13.79)、符合人体工学(10.08)最重要，是在设计开发中的重中之重；桌面面积大(9.75)、安全系数高(8.91)、轻量化(8.08)较为重要，任然是设计开发中重点；桌面有效利用占比(6.98)、结构稳定(6.42)、材料坚固(5.37)、桌面无缝衔接(2.77)、一般重要；环境友好(2.55)、造型简约(2.38)、色彩合理(2.16)次为重要。

之间无相关性^[17-20]。

通过质量屋屋顶的技术指标正负关联性得出如下8对矛盾冲突。

①桌面有效占比与桌面面积大之间的矛盾。需要餐桌坐人时,能保证最小的空间坐更多的人;桌面放东西时,需要保证桌面面积足够大。这是一对不同条件下的物理矛盾,需要采用条件分离原则。

②桌面有效占比与空间尺寸小之间的矛盾。需要人多时,桌面有尽可能多的利用面积;人少时,需要小面积的桌面使所占空间小。这是一对不同条件下的物理矛盾,需要采用条件分离原则。

③空间尺寸小与桌面面积大之间的矛盾。需要桌面能自由伸缩,缩小后桌面多出来的块面能得到有效的安置,来减少桌子所占空间。这是一对技术矛盾,是解决处于运动状态的桌块与桌块之间如何安置的问题。

④自动化装置与造型简约之间的矛盾。既要保证有自动化装置又要让餐桌造型简约,不能让结构暴露。这是一对处于同一空间中的物理矛盾,需要采用空间分离原则。

⑤桌面无缝衔接与空间尺寸小之间的矛盾,既要保证餐桌伸缩桌块能与圆形桌面无缝衔接,又要保证桌面伸缩桌块在伸缩运动中能装入桌身内。

⑥自动化装置与轻量化之间的矛盾。自动化装置会带来餐桌重量的增加,既要保证餐桌自动化程度,又要保证餐桌最大程度轻量化。

⑦自动化装置环境友好与环境友好之间的矛盾。自动化装置会带来能源的浪费与材料的消耗,需要餐桌在保证自动化的基础上,尽可能节约能源与材料。

⑧自动化装置与结构稳定之间的矛盾。大量的自动化装置会带来结构的不稳定,既要保证自动化高,又要结构稳定来提高安全性。

将可伸缩式餐桌8对矛盾通过TRIZ相关原理,分类成相应的技术矛盾与物理矛盾,技术矛盾采用查询矛盾矩阵表来获得发明原理;物理矛盾采用分离原理来获得发明原理,见表8。

4.2 矛盾解决

综合上诉矛盾冲突,根据可伸缩餐桌设计的具体情况与要求,找出合适的发明原理加以实践。在①矛盾中,桌面有效占比与桌面面积大之间的矛盾。采用条件分离原理中的14号原理——曲线曲面化原理,由直线、平面向曲线曲面化方形或功能转变,实现充分利用提高效率。将桌面由方形转变为圆形,达到提高效率的目的,见表9。

在②矛盾中,桌面有效占比与空间尺寸小之间的矛盾。采用空间分离原理中的1号原理——分割原理,将桌面分割成相对独立的4个小块面。用餐人多时就展开,用餐人少或无人用餐时就缩回去,达到既有效利用桌面面积又保证了餐桌所占空间小,见表10。

表8 各项矛盾以及对应发明原理

Tab.8 Contradictions and corresponding invention principles

矛盾冲突	矛盾类型	改善参数	恶化参数	推荐发明原理
③空间尺寸小-桌面面积大	技术矛盾	运动物体的体积	运动物体的面积	1, 7, 4, 17
⑤桌面无缝衔接-空间尺寸小	技术矛盾	物体产生的有害因素	运动物体的体积	17, 2, 40
⑥自动化装置-轻量化	技术矛盾	自动化程度	静止物体的重量	2, 26, 35
⑦自动化装置-环境友好	技术矛盾	自动化程度	物体产生的有害因素	2
⑧自动化装置-结构稳定	技术矛盾	自动化程度	系统的复杂性	15, 24, 10
①桌面有效占比-桌面面积大	物理矛盾	分离原理-条件分离		1, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 22, 24, 25, 27
②桌面有效占比-空间尺寸小	物理矛盾	分离原理-条件分离		1, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 22, 24, 25, 27
④自动化装置-造型简约	物理矛盾	分离原理-空间分离		1, 2, 3, 4, 7, 13, 17, 24, 26, 30

表9 ①矛盾解决原理

Tab.9 Resolution principle of contradiction ①

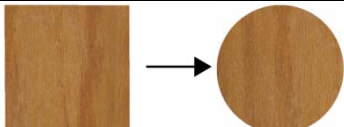
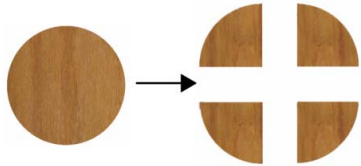
矛盾冲突	推荐发明原理	解决方案
桌面有效占比-与桌面面积大	14号原理:曲线曲面化原理	

表 10 ②矛盾解决原理
Tab.10 Resolution principle of contradiction ②

矛盾冲突	推荐发明原理	解决方案
桌面有效占比-空间尺寸小	1 号原理: 分割原理	

在③矛盾中, 空间尺寸小与桌面面积大之间的矛盾, 需要保证人多时桌面够大, 缩小后桌面多出来的块面能得到有效的安置, 以此来减少桌子所占空间。当圆形桌面展开后, 中间多出的十字空白部分用一块十字木块来填补。采用 17 号原理——多维运作原理, 将桌块伸展的二维运动变成三维上下运动与二维运动相结合, 见表 11。

在④矛盾中, 自动化装置与造型简约之间的矛盾。采用 7 号原理——嵌套原理。把上下运作的十字木块和所有电机装置嵌入一个金属质感的桌身中, 既保证了电机结构正常运作, 又保证了结构不暴露, 达到简约的目的, 见表 12。

在⑤矛盾中, 桌面无缝衔接与空间尺寸小之间的

矛盾。需要餐桌伸缩桌块能与圆形桌面无缝衔接, 又要保证桌面伸缩桌块在伸缩运动中能装入桌身内。采用 2 号原理——抽取原理, 将桌面的十字形桌块与环形桌身之间多余的部分抽取出来, 进行翻转与折叠, 见表 13。

在⑥矛盾中, 自动化装置与轻量化之间的矛盾。自动化装置会带来餐桌重量的增加, 既要保证餐桌自动化程度, 又要保证餐桌最大程度轻量化。采用 2 号原理——抽取原理, 原本需要 4 个电机装置来驱动 4 块伸缩桌块, 抽取出 3 个电机, 只留一个电机来驱动 4 块伸缩桌块。这样既保证了可伸缩式餐桌自动化功能, 又在一定程度上减少了餐桌重量, 见表 14。

表 11 ③矛盾解决原理
Tab.11 Resolution principle of contradiction ③

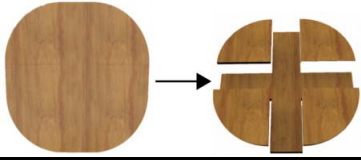
矛盾冲突	推荐发明原理	解决方案
空间尺寸小-桌面面积大	17 号原理: 多维运作原理	

表 12 ④矛盾解决原理
Tab.12 Resolution principle of contradiction ④

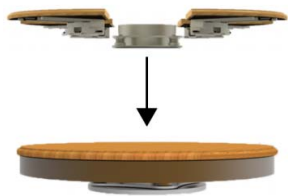
矛盾冲突	推荐发明原理	解决方案
自动化装置-造型简约	7 号原理: 嵌套原理	

表 13 ⑤矛盾解决原理
Tab.13 Resolution principle of contradiction ⑤

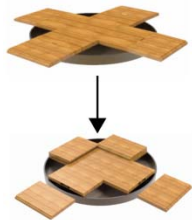
矛盾冲突	推荐发明原理	解决方案
桌面无缝衔接-空间尺寸小	2 号原理: 抽取原理	

表 14 ⑥号矛盾解决原理

Tab.14 Resolution principle of contradiction ⑥

矛盾冲突	推荐发明原理	解决方案
自动化装置-轻量化	2号原理：抽取原理	见图8

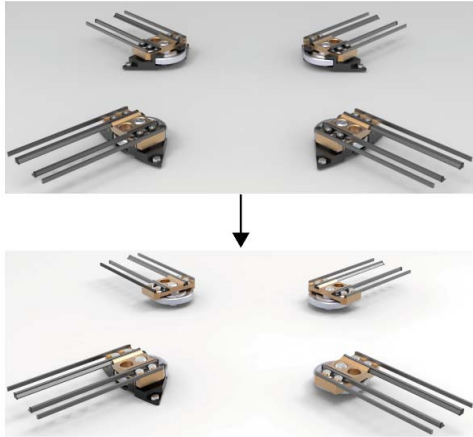


图 8 ⑥号矛盾解决原理
Fig.8 Resolution principle of contradiction ⑥

在⑦矛盾中，自动化装置-环境友好。同样采用2号原理——抽取原理，抽取出3个电机，只留一个电机来驱动4块伸缩桌块。这样既保证餐桌自动化，又相对节约能源与材料，见表15。

表 15 ⑦号矛盾解决原理

Tab.15 Resolution principle of contradiction ⑦

矛盾冲突	推荐发明原理	解决方案
环境友好-自动化装置	2号原理：抽取原理	同上，见图8

在⑧矛盾中，自动化装置-结构稳定。采用24号原理——中介原理，利用环形齿纹皮带作为中介物，让装有电机的齿轮通过皮带来驱动另外3个齿轮旋转，来实现4块伸缩桌块的伸缩。这根环形齿纹皮带既能实现力的传输，简化了复杂的自动化系统，避免了电机装置过多而导致的结构不稳，还能加固并保护各个驱动装置，从而实现稳固结构的目的，见表16。

表 16 ⑧号矛盾解决原理

Tab.16 Resolution principle of contradiction ⑧

矛盾冲突	推荐发明原理	解决方案
结构稳定-自动化装置	24号原理：中介原理	见图9

5 可伸缩式餐桌设计

基于 QFD 和 TRIZ 等理论对可伸缩式餐桌进行创新设计，综合上述 TRIZ 解决矛盾原理，对可伸缩式餐桌的 5 对主要矛盾冲突进行解决，对餐桌的结构、造型、功能、运行方式等方面进行创新，构成了可伸缩式餐桌设计，见图 10。

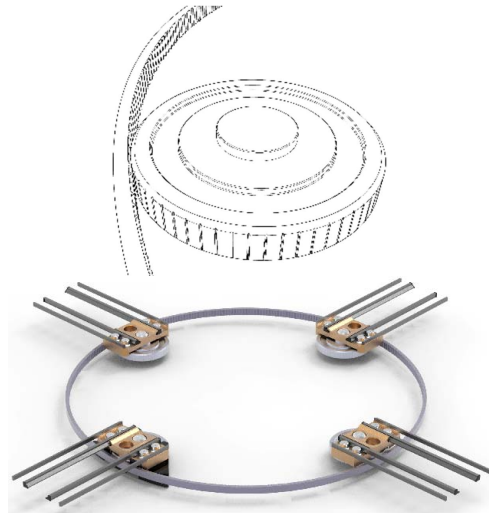


图 9 ⑧号矛盾解决原理
Fig.9 Resolution principle of contradiction ⑧



图 10 可伸缩式餐桌设计
Fig.10 Design of retractable dining table

图 11 为可升缩式餐桌爆炸图，对餐桌的结构进行分析，结构的合理可以有效地支撑起外轮廓，保证整个餐桌运作模式的科学性与安全性，见图 8。图标 1 为餐桌桌面的移动桌块，共存在四块移动桌面来调节餐桌的面积大小；2 为动力滑轨，主要用来驱动移动桌块向四周移动；3 为定位滑轨，用来固定移动桌块的运动轨迹；4 是滑轮，用来驱动动力滑轨伸缩；5 为齿轮，用来驱动滑轮旋转；6 为电机，为滑轮旋转提供动力；7 为齿纹皮带，与 4 个齿轮紧密贴合，通过其中一个齿轮的旋转来驱动另外 3 个齿轮旋转；8 为折叠桌块，用来填补十字桌块与 4 个移动桌

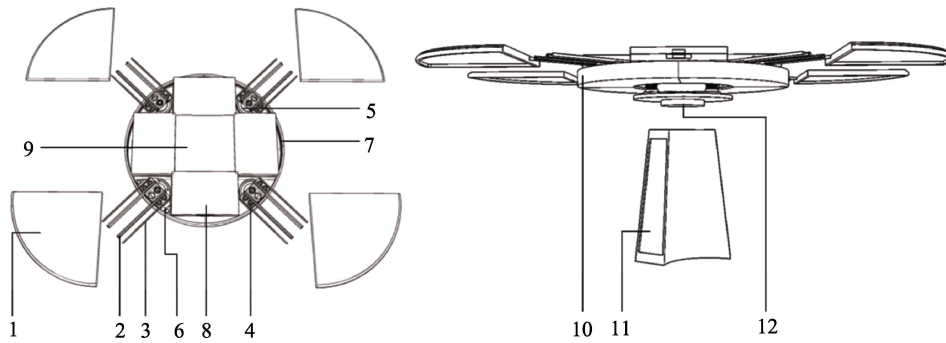


图 11 可伸缩式餐桌爆炸图

Fig.11 Explosion diagram of retractable dining table

块之间的空白; 9 为十字型桌块, 用来扩充与填补 4 个移动桌块的空白; 10 为金属桌身, 用来支撑桌面重量与隐藏动力结构装置, 美化造型; 11 为桌腿, 是整个桌子的承重结构; 12 为升降电机, 是十字桌块上下升降的动力装置。

可伸缩式餐桌在造型设计上, 以现代简约为主要特点, 由于需要满足用户轻量化要求, 采用轻质木材作为桌面材料, 桌身与桌腿的金属部分使用质量较轻的镁合金, 桌腿部分采用木材与金属结合, 既保证了桌腿的坚硬又满足轻量化要求, 视觉上凸显出不同材料之间的碰撞感^[21-22]。

根据餐桌结构分析, 对餐桌运行模式描述为通过按动隐藏在桌身的开关, 对餐桌桌面大小进行操控; 在伸缩电机得到指令后, 驱动 4 块可伸缩桌块向四周伸展; 可伸缩桌块伸展完毕后, 桌腿部分的升降电机将隐藏在桌身的十字形桌块向上升起, 并与可移动桌块水平贴合; 十字桌块上的折叠桌块需要手动折叠, 与可移动桌块和十字形桌块共同组合成伸展后的大面积桌面, 见图 12。该餐桌的运行原理极大地丰富了餐桌的运用场景, 让餐桌小不够用、餐桌大占空间等问题都得到了根本性的解决。



图 12 可伸缩式餐桌运行模式

Fig.12 Operation mode of retractable dining table

6 结语

通过 AHP 层次分析法计算出用户需求权重, 结合 QFD 质量功能展开建立用户需求与技术需求的关联度, 求出技术需求重要度排序, 并获得技术要素间的矛盾冲突, 并借助 TRIZ 理论解决餐桌设计中的矛盾冲突, 构建出产品创新设计的流程。这种集成的设计模式在一定程度上弥补单一设计理论的不足, 能够较好的帮助企业快速开发出适应市场需求的产品, 赢得市场竞争。AHP、QFD、TRIZ 作为数学与工程原理, 具有强逻辑性与强关联性, 能够有效地指导设计抓住用户需求和解决实际的工程问题。本文以可伸缩式餐桌为例, 进一步验证 AHP、QFD、TRIZ 的集成设计模式的科学性与合理性, 让设计生产活动在科学与严谨的理论指导下展开。但文中缺乏对四块折叠桌块的自动化研究, 需在今后的研究中进一步完善, 使可伸缩式餐桌自动化程度更高, 使用更便捷, 操作更智能。

参考文献:

- [1] 胡茜雯, 方海, 万千. 基于 TOC/TRIZ/AHP 集成的金属板材卷边机功能改进设计[J]. 机械设计, 2021, 38(11): 138-144.
HU Qian-wen, FANG Hai, WAN Qian. Design of Functional Improvement on Sheet Metal Crimping Machine Integrated with TOC/TRIZ/AHP[J]. Journal of Machine Design, 2021, 38(11): 138-144.
- [2] 付敏, 梁建楠, 井永晋, 等. 基于 SCI 数据库分析的 TRIZ 学术研究综述与展望[J]. 机械设计, 2020, 37(12): 1-12.
FU Min, LIANG Jian-nan, JING Yong-jin, et al. Review and Prospect of TRIZ Academic Research Based on the SCI Database Analysis[J]. Journal of Machine Design, 2020, 37(12): 1-12.
- [3] 陈媛, 宋端树, 辜俊丽. 集成 QFD/TRIZ/AHP 的产品创新设计模式研究[J]. 包装工程, 2017, 38(20): 150-155.
CHEN Yuan, SONG Duan-shu, GU Jun-li. Product Innovation Design Method Integrated with QFD/TRIZ/

- AHP[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(20): 150-155.
- [4] 苏建宁, 魏晋. 基于 AHP/QFD/TRIZ 的玫瑰花蕾采摘机设计[J]. 机械设计, 2020, 37(8): 121-126.
SU Jian-ning, WEI Jin. Design of Rose Buds Picking Machine Based on AHP/QFD/TRIZ[J]. Journal of Machine Design, 2020, 37(8): 121-126.
- [5] 郭西雅, 聂晓芬, 王佳豪. 基于 QFD 的五金工具设计研究[J]. 机械设计, 2019, 36(12): 122-126.
GUO Xi-ya, NIE Xiao-fen, WANG Jia-hao. Research on Hardware Tool Design Based on QFD[J]. Machine Design, 2019, 36(12): 122-126.
- [6] 郜红合, 曾旭, 赵谦. 基于 TRIZ 理论的公共扶手消毒装置设计[J]. 包装工程, 2021, 42(18): 333-340.
GAO Hong-he, ZENG Xu, ZHAO Qian. Design of Public Handrail Disinfection Device Based on TRIZ Theory[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(18): 333-340.
- [7] 李晓杰, 梁健, 李海泉. 基于 AHP/QFD 与 TRIZ 的地震救援机器人设计[J]. 机械设计, 2021, 38(11): 121-128.
LI Xiao-jie, LIANG Jian, LI Hai-quan. Design of Earthquake Rescue Robot Based on AHP/QFD and TRIZ[J]. Journal of Machine Design, 2021, 38(11): 121-128.
- [8] 王南轶, 傅雷, 石畅, 等. 基于 Kano 模型与 TRIZ 理论的台灯创新设计研究[J]. 机械设计, 2022, 39(S2): 221-226.
WANG Nan-yi, FU Lei, SHI Chang, et al. Research on Innovative Design of Table Lamp Based on Kano Model and Triz Theory[J]. Mechanical Design, 2022, 39(S2): 221-226.
- [9] 马怀宇, 孟明辰. 基于 TRIZ/QFD/FA 的产品概念设计过程模型[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2001, 41(11): 56-59.
MA Huai-yu, MENG Ming-chen. Model of the Conceptual Design Process Based on TRIZ/QFD/FA[J]. Journal of Tsinghua University (Science and Technology), 2001, 41(11): 56-59.
- [10] 魏晋. 基于 QFD/TRIZ 的玫瑰花蕾采摘机设计研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2021.
WEI Jin. Design and Research of Rosebud Picking Machine Based on QFD/TRIZ[D]. Lanzhou: Lanzhou University of Technology, 2021.
- [11] 吴俭涛, 李婷. KJ-AHP-QFD 结合的两用清扫车外观设计提案研究[J]. 包装工程, 2016, 37(16): 77-82.
WU Jian-tao, LI Ting. The Appearance Draft Design of Dual-Sweeper Based on the Combined KJ-AHP-QFD[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(16): 77-82.
- [12] 王振. 基于 DA/AHP/QFD 的航空 EC 座椅设计[J]. 今日制造与升级, 2021(9): 40-41, 51.
WANG Zhen. Aviation EC Seat Design Based on DA/AHP/QFD[J]. Manufacture & Upgrading Today, 2021(9): 40-41, 51.
- [13] 王震, 吕健, 潘伟杰, 等. 基于 AHP 和 QFD 的分拣设备质量评估方法研究[J]. 机械设计, 2019, 36(10): 39-45.
WANG Zhen, LYU Jian, PAN Wei-jie, et al. Research on Quality Evaluation of the Sorting Equipment Based on AHP and QFD[J]. Journal of Machine Design, 2019, 36(10): 39-45.
- [14] 杨正强. 基于 QFD 的摩擦焊机造型设计[J]. 机械设计, 2015, 32(3): 119-122.
YANG Zheng-qiang. Modeling Design of Friction Welding Machine Based on QFD [J] Mechanical Design, 2015, 32 (3): 119-122.
- [15] 易欣, 梁家明, 梁卓强, 等. 基于 QFD/TRIZ/FEM 集成的儿童摇椅创新设计研究[J]. 林产工业, 2021, 58(9): 17-22.
YI Xin, LIANG Jia-ming, LIANG Zhuo-qiang, et al. Research on the Innovative Design of Children's Rocking Chair Based on the Integration of QFD/TRIZ/FEM[J]. China Forest Products Industry, 2021, 58(9): 17-22.
- [16] 麦嘉雯, 李诚, 李沿睿. 基于 QFD 与 TRIZ 理论的儿童床创新设计[J]. 工业设计, 2022(2): 29-31.
MAI Jia-wen, LI Cheng, LI Yan-rui. Innovative Design of Children's Beds Based on Qfd and Triz Theories[J]. Industrial Design, 2022(2): 29-31.
- [17] 於佳颖, 朱意灏, 吴剑锋. 基于 KANO/QFD/TRIZ 集成理论的单身白领便携式蒸汽挂烫机改良设计[J]. 设计, 2022, 35(2): 126-129.
YU Jia-ying, ZHU Yi-hao, WU Jian-feng. Improved Design of Portable Garment Steamer for Single white-Collar Workers Based on Kano/Qfd/Triz Integration Theory[J]. Design, 2022, 35(2): 126-129.
- [18] 李可用, 南舒伟, 罗海有. 基于 QFD 与 TRIZ 理论的装备创新研究[J]. 中国新技术新产品, 2021(21): 129-131.
LI Ke-yong, NAN Shu-wei, LUO Hai-you. Research on Equipment Innovation Based on Qfd and Triz Theory[J]. New Technology & New Products of China, 2021(21): 129-131.
- [19] 贾王玉, 张胜, 杨滨, 等. 基于 QFD 和 TRIZ 的儿童家具集成设计研究——以软木多功能凳为例[J]. 家具与室内装饰, 2022, 29(7): 37-41.
JIA Yu-yu, ZHANG Sheng, YANG Bin, et al. Research on the Integrated Design of Children's Furniture Based on Qfd and Triz——A Cork Multifunctional Stool As an Example[J]. Furniture and Interior Decoration, 2022, 29(7): 37-41.
- [20] 郭皓月, 侯幸刚. 基于 QFD 与 TRIZ 理论的老年电动汽车创新设计[J]. 设计, 2021, 34(16): 86-89.
GUO Hao-yue, HOU Xing-gang. Innovative Design of Elderly Electric Vehicles Based on Qfd and Triz Theory[J]. Design, 2021, 34(16): 86-89.
- [21] 王南轶, 陈旭辉, 连漪. 基于产品价值的家具产品设计中的功能形态设计[J]. 艺术品鉴, 2022(2): 80-82.
WANG Nan-yi, CHEN Xu-hui, LIAN Yi. Functional Form Design in Furniture Product Design Based on Product Value[J]. Appreciation, 2022(2): 80-82.
- [22] 王南轶, 傅雷, 陈旭辉, 等. 设计几何学在家具设计中的研究与运用[J]. 家具与室内装饰, 2022, 29(5): 31-35.
WANG Nan-yi, FU Lei, CHEN Xu-hui, et al. Research and Application of Design Geometry in Furniture Design[J]. Furniture and Interior Decoration, 2022, 29(5): 31-35.