

基于 QFD 与 AHP 的诊疗床创新设计研究

郑林欣, 王静杰*, 沃晨雯, 李熠炫, 谢梦桐
(浙江科技大学, 杭州 310023)

摘要: **目的** 为提升医生和患者在使用诊疗床过程中的满意度, 提高诊疗床的可靠性和实用性, 探索诊疗床的创新设计方法。**方法** 构建 QFD 和 AHP 的应用模型, 通过用户访谈得出核心用户需求, 并利用 QFD 将核心用户需求转化为设计特性。根据 QFD 得出的结论结合 AHP 建立诊疗床设计特性的层次结构模型, 针对每个层级建立判断矩阵, 通过权重计算得出需优先考虑的设计特性。**结果** 经计算得出需优先考虑的设计特性, 分别是垫布替换结构、废物收纳结构、整体结构、材料与工艺, 以此 4 项为切入点进行诊疗床的创新设计。**结论** 集成 QFD 和 AHP 的应用模型, 既能够满足用户需求, 还能够系统准确地判断设计指标, 完成方案决策, 有效开发产品, 提高设计效率。该应用模型可以为诊疗床的创新设计提供方法指导和理论参考, 并具有一定借鉴意义。

关键词: 产品设计; 诊疗床; 质量功能展开; 层次分析法; 创新设计

中图分类号: TH776 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)24-0149-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.24.017

Innovative Design of Diagnosis and Treatment Beds Based on QFD and AHP

ZHENG Lin-xin, WANG Jing-jie*, WO Chen-wen, LI Yi-xuan, XIE Meng-tong
(Zhejiang University of Science & Technology, Hangzhou 310023, China)

ABSTRACT: The work aims to explore innovative design methods of the diagnosis and treatment bed to improve the satisfaction of doctors and patients in the use of the diagnosis and treatment bed, and improve the reliability and practicality of the diagnosis and treatment bed. An application model of QFD and AHP was constructed. Firstly, core user demands were obtained through user interviews, and QFD was used to transform core user demands into design features. Then according to the conclusions drawn by QFD, a hierarchical model of the design characteristics of the diagnosis and treatment bed was established in combination with AHP and with a judgment matrix for each level. The design characteristics to be prioritized were obtained through weight calculation. After calculating the design characteristics that need to be prioritized, namely the replacement structure of the pad cloth, the waste storage structure, the overall external structure, the material and the process, the innovative design of the diagnosis and treatment bed was carried out with these four entry points. The application model integrated with QFD and AHP can not only meet the demands of users, but also systematically and accurately judge design indicators, complete program decisions, effectively develop products, and improve design efficiency. This application model can provide method guidance and theoretical reference for the innovative design of the diagnosis and treatment bed, and has certain reference significance.

KEY WORDS: product design; diagnosis and treatment beds; quality function expansion; analytic hierarchy; innovative design

随着我国医疗水平的不断发展, 患者对医疗服务水平的要求不断提升, 对诊疗器械的需求也相应提高。诊疗床作为中西医领域基础的诊断设备, 在不同

科室都是必不可少的医疗工具。林宗德等^[1]面向老年人设计了一款可大角度变形的电动医疗床; 曹爱萍等^[2]针对诊疗床的电动需求, 提出了一种无刷直流电机控

收稿日期: 2023-07-19

基金项目: 2021 年度浙江科技学院研究生科研创新基金项目 (2021YJSKC15)

*通信作者

制系统,以提高诊疗床的安全性和可靠性;孙秀玲^[3]为了解决烧伤病人的翻身问题,设计了一款电动浮板式烧伤医疗床。笔者通过对杭州市5所医院进行走访调研,调查诊疗床在使用过程中的痛点和不足。根据医生和患者反映,了解到诊疗床在工作过程中可能会受到不同程度的污染,特别是在接诊一些特殊病症后造成的污染,医护人员更是难以清理。因此,设计一款满足医生和患者需求的诊疗床至关重要。在设计过程中,结合多层次的用户需求和复杂的设计特性,本文将采用QFD和AHP结合的方法对诊疗床进行创新设计。

1 理论基础

QFD即质量功能展开(Quality Function Development),常常在产品的设计过程中被使用^[4]。它能够以用户需求为导向,将用户需求转化为技术特征和工艺特征^[5],并衡量市场状况和国际竞争水平,因而极大地简化了产品的开发周期,提升了产品的品质和用户满意度。QFD作为一种实用工具被应用在产品^[6-7]、交互^[8]、交通^[9]、器械制造^[10-13]等领域并取得良好成果。在设计领域中,QFD的应用主要分为两个方面。第一种主要是单独使用该方法指导完成设计过程^[10]。但由于在设计过程中仅使用QFD方法也存在一些不足,所以越来越多的学者会选择第二种方法,即在研究中引入一种或多种理论模型来弥补QFD方法的欠缺。例如,在QFD方法中引入KANO模型能够更好提高用户满意程度^[8];在QFD方法中引入TRIZ理论能够从分析工程冲突的角度提供解决问题的方案,即从质量屋房顶入手解决问题^[7,13];在QFD方法中引入AHP能够合理地设计特性进行排序^[12,14]。

QFD能够搭建用户与设计师之间沟通的桥梁,将主观的、感性的用户需求转化为具体的、理性的设计特性,是良好的需求转化工具。但是,本文在仅使用QFD方法的过程中出现了一个难题,即评判设计特性的优先级问题。本文出现的设计特性数量较多,然而当判定次数过多时,评判者可能会出现麻木状态和厌烦心理,从而导致判断失误^[15]。Lowe等^[16]也曾建议QFD中质量特征的最大数量为8项。笔者努力寻找更合适的研究方法来满足诊疗床的创新设计应用。Carnevali等^[17]曾提到,可以借用其他方法来解决和分析矩阵中的优先级问题。Li等^[18]在研究中将工程特性作为评价指标,应用层次分析法对工程特性进行排序和选择。为了提高QFD对设计特性排序的准确性,提高需求识别的准确度,增强需求评价的客观性^[19],所以集成AHP方法来确定设计特性的权重。

AHP是指层次分析法(Analytic Hierarchy Process),这种方法能够将复杂的决策思维层次化,量化每个因素对结果的影响,以提高决策的准确性^[14]。

AHP在很多领域都有应用,如农业领域^[20]、安全科学领域^[21]、地质生态领域^[23]和生物领域^[24]等。AHP擅长构建评价体系,评比不同条件对结果影响的程度。李宇泊等^[20]构建了一个开发、评价体系,为西北地区植物开发提供参考。徐超等^[21]基于层次分析法,构建安全工程专业实验室风险评价体系,降低实验室安全风险,为实验室安全管理提供参照依据。祝东攀等^[22]采用层次分析法对选址方案评价体系进行评判,评价结果证明,并确认通过运用层次分析法能够科学、高效地得出选址方案。Acharya等^[23]在对西孟加拉邦的地理环境空间进行分析时,运用AHP方法确定场地生态旅游的适宜性。Irfan等^[24]应用AHP方法,确定了阻碍印度生物产业发展的障碍排序问题。

QFD善于聆听用户需求,转化设计特性,却在判断相对重要的设计特性上略显不足。AHP无法处理模糊的用户语言,但长于解决复杂的决策分析问题。本文将两种方法的长处和优点进行融合。结合两种方法的应用模型能够精准抓住核心用户需求和主要设计特性,从而提高设计质量、优化设计方案。

2 诊疗床设计过程分析

诊疗床的QFD与AHP应用模型见图1,其实施步骤与方法如下。

1) 获得核心用户需求。首先确定目标用户,对目标用户进行现场访谈,以获得原始用户需求。应用KJ法对原始用户需求进行筛选归类,以获得核心用户需求。

2) 得出核心用户需求权重。应用李克特量表法得出核心用户需求权重,并对结果进行信度检测。

3) 确定设计特性。为满足用户需求,从技术角度提出对产品的设计要求,确定产品应具备的设计特性。

4) 构建层次结构模型。针对用户需求和设计特性展开分析,将本研究的总目标设为目标层,一级用户需求设为准则层,设计特性设为方案层。

5) 建立判断矩阵。采用1~9标度法,针对目标层和准则层分别建立判断矩阵。

6) 计算权重及一致性检验。计算最大特征根及特征向量,随后运用公式计算一致性比率 C_R ,当 $C_R < 0.1$ 时,矩阵通过一致性检验,则特征向量(归一化后)为权向量;当 $C_R > 0.1$ 时,矩阵一致性检验不通过,重新建立判断矩阵。

7) 设计特性权重排序。通过对上一步计算得出的设计特性权重进行排序,得出需优先考虑的设计特性。

8) 设计实践。针对上一步得出的设计特性进行方案设计。

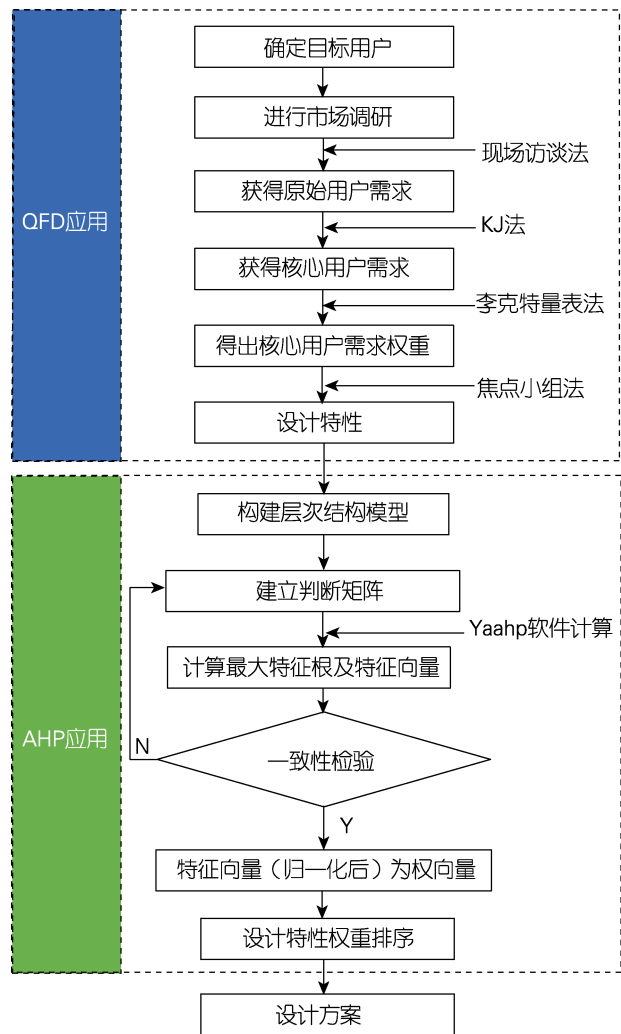


图 1 诊疗床的 QFD 与 AHP 应用模型图
Fig.1 QFD and AHP application model diagram
of diagnosis and treatment bed

3 设计策略与方案确定

3.1 获得核心用户需求

首先,笔者对医院中会用到诊疗床的检查科室进行调研。调研发现,心电图检查室、肌电图检查室、支气管镜检查室、B超检查室、胃肠镜检查室、肝纤维化检测室、颅内多普勒血流图检查室都会用到诊疗床。通过对以上科室的医生和患者进行访谈,结果显示在胃肠镜检查科室中用户满意度最低,其原因是检查过程中容易出现床面污染、清洁不及时等情况。因此,本文聚焦胃肠镜科室的诊疗床进行优化设计。

本次设计的目标用户是使用诊疗床的患者和操作诊疗床的医生。使用诊疗床的患者具有生理上的差异性,其年龄、身体状况等因素都会对结果造成影响,为了保证实验的准确性,调研对象限定在消化内科进行胃肠镜检查的患者和操作的医生。其中,医生的年龄段及对应人数分别为:30~40岁,3人;41~50岁,4人;51~60岁,3人。患者的年龄段及对应人数分

别为:20~30岁,5人;31~40岁,5人;41~50岁,8人;51~60岁,7人;61~70岁,4人,详细患者信息见表1。

通过线下访谈收集大量原始用户需求,整理得到40项原始用户需求,见表2。

表 1 进行胃肠镜检查的患者基本状况调研
Tab.1 Investigation of basic conditions of patients
undergoing gastrointestinal endoscopy

基础信息	分类	人数	百分比/%
性别	男	17	58.62
	女	12	41.38
年龄	20~30岁	5	17.24
	31~40岁	5	17.24
	41~50岁	8	27.59
	51~60岁	7	24.14
	61~70岁	4	13.79
胃镜种类	无痛胃镜	22	78.56
	普通胃镜	7	21.44
有自主活动能力	反酸、烧心	5	17.24
	胃疼	7	24.14
	胃溃疡	4	13.79
	肠梗阻	5	17.24
	黑便	2	6.90
	定期检查	2	6.90
	其他	3	10.34
无自主活动能力	呕血	2	6.90
	胃溃疡手术	1	3.45
	胃癌	1	3.45
	其他	1	3.45

表 2 40 项原始用户需求
Tab.2 40 original user demands

医生需求	患者需求
易清洁的	温馨的
成本控制	安全性好
结构牢固	可升降
维修方便	上下方便
智能控制	床面干净整洁
故障率低	无异味
造型简洁	床布不公用
可靠性好	床面无污染
污物清理	不会交叉感染
造型美观	自洁功能
多功能	舒适性
提高工作效率	舒缓紧张感
绿色环保	帮助起身功能
操作舒适	结实牢固
偏低的整体高度	无异响
减少磕碰	新器械
操作无障碍性	具有放松感
灵活性	床面柔软
准确性	具有保护性
互动性	安心的

3.2 得出用户需求权重

将 40 项原始用户需求归纳为卫生、功能、安全和其他四项一级用户需求，分别用 I1、I2、I3、I4 编号表示。随后运用 KJ 法对原始用户需求做进一步的甄别与筛选，最终保留 11 项核心用户需求，即无异味（I11）、垃圾处理（I12）、不会交叉感染（I13）、智能控制（I21）、助起身（I22）、上下方便（I23）、安全可靠（I31）、绿色环保（I32）、维修方便（I34）、具有亲和力（I41）、造型美观（I42），见表 3。

针对筛选后的用户需求再次设计调研问卷，采用李克特量表法进行需求评价，问卷问题根据 11 项核心用户需求设定，每个问题 5 个选项，包括：“很不需要”“不需要”“一般”“需要”“非常需要”，每个选项对应的分值分别为：1 分、2 分、3 分、4 分、5 分。

为保证问卷数据的准确性，其中 30 份发给医生，100 份发给患者，最后回收有效问卷 112 份。针对实验数据应用 SPSS 分析方法进行解析整理，并检测各分量表中回答内容的一致性，使用克隆巴赫系数检测信度是否达标。保留克隆巴赫系数值大于 0.7 的数据继续计算。随后，计算各项需求的需求权重 K_i ，见表 3。

表 3 用户需求重要度数理统计结果
Tab.3 Mathematical statistics results of user demand importance

一级用户需求	二级核心用户需求	需求权重 (K_i)	克隆巴赫系数值
卫生 (I1)	无异味 (I11)	3.04	0.791
	垃圾处理 (I12)	3.46	0.799
	不会交叉感染 (I13)	3.65	0.810
功能 (I2)	智能控制 (I21)	2.31	0.781
	助起身 (I22)	2.54	0.780
	上下方便 (I23)	2.35	0.835
安全 (I3)	安全可靠 (I31)	3.42	0.776
	绿色环保 (I32)	3.31	0.791
	维修方便 (I33)	2.27	0.794
其他 (I4)	具有亲和力 (I41)	3.15	0.628
	造型美观 (I42)	2.88	0.579

根据 SPSS 分析结果显示，具有亲和力、造型美观这两项核心用户需求的克隆巴赫系数值小于 0.7，不符合信度要求，因此删除两项核心用户需求。其他作为有效数据保留，并进行下一步研究。

克隆巴赫系数是测量内在信度的常用系数，内在信度可以检测量表中问题是否为同一概念，也就是说检验量表内问题的内在一致性。而在本次问卷调查中，卫生需求、功能需求、安全需求这三项需求所包

含的二级核心用户需求都是患者在诊疗过程中急需的、不可置后的生理需求，而其他需求中的两项则代表了更高层次的需求。相对于以上三种需求，患者对这一需求的需要程度降低，以致于问卷中的条目共性降低，这可能是导致具有亲和力、造型美观这两项需求的克隆巴赫系数值偏小的原因。并且，在问卷调查结束后，笔者随机选取 2 名患者进行访谈（1 名为无痛胃镜患者，1 名为普通胃镜患者），无痛胃镜患者表示，检查过程中会进行全身麻醉，在无意识过程中进行检查，醒来后会出现短暂的意识缺失，对诊疗床的外观不会过度关注。普通胃镜患者表示，在检测管进入咽部和拔出的过程中，会有大量唾液流出，此时更要关注卫生情况，不会在意诊疗床的外观及是否具有亲和力。

3.3 确定设计特性

7 位工业设计师运用焦点小组方法，针对核心用户需求讨论得出产品设计特性。当患者使用诊疗床时，身体状况可能会给诊疗床带来污染。为避免医生和患者受到传染，应及时处理污染。床面作为与患者接触最密切的区域要时刻保证干净卫生，所以专家组将不会交叉感染这一核心用户需求转化为垫布替换结构。医生在问诊时可能会产生医疗废物，垫布替换结构也会制造废物垫布，设计者需要将这些医疗废物规范处理。因此，专家组将垃圾易处理这一核心用户需求转化为废物收纳结构。讨论得出，上下方便转化为尺寸特性、安全可靠转化为整体结构特性、智能控制转化为智能按键特性等。

最终将 9 项核心用户需求转化为 9 项设计特性，并用字母 J 表示，分别是消毒结构（J11）、废物收纳结构（J12）、垫布替换结构（J13）、智能按键设计（J21）、围栏扶手设计（J22）、电动推背助起身设计（J23）、整体结构（J31）、材料与工艺（J32）、模块化设计（J33），见表 4。

3.4 构建层次结构模型

基于 QFD 方法对诊疗床的用户需求和设计特性分析，结合 AHP 建立诊疗床的创新设计构成因子层次结构模型。层次结构模型目标层为满足医生和患者需求的诊疗床创新设计，用字母 M 表示。准则层为根据原始用户需求转化的三个一级用户需求，即卫生、功能、安全，分别用字母 M_1 、 M_2 、 M_3 表示。方案层为根据二级核心用户需求转化的设计特性，即消毒结构、废物收纳结构、垫布替换结构、智能按键设计、围栏扶手设计、电动推背助起身设计、整体结构、材料与工艺、模块化设计，分别用 M_{11} 、 M_{12} 、 M_{13} 、 M_{21} 、 M_{22} 、 M_{23} 、 M_{31} 、 M_{32} 、 M_{33} 编号表示。通过 QFD 得出的用户需求和设计特性获得各指标层的构成因子，建立的层次结构模型如图 2 所示。

表 4 设计特性及对应的设计目标
Tab.4 Design characteristics and corresponding design objectives

一级用户需求	二级核心用户需求	设计特性	设计目标
I1 卫生需求 (I1)	无异味 (I11)	消毒结构 (J11)	喷雾消毒、净布擦拭
	垃圾处理 (I12)	废物收纳结构 (J12)	废物垫布、医疗废物集纳
	不会交叉感染 (I13)	垫布替换结构 (J13)	垫布切割、垫布更换
功能需求 (I2)	智能控制 (I21)	智能按键设计 (J21)	操作易懂、及时反馈
	助起身 (I22)	围栏扶手设计 (J22)	符合手部握感、圆润、可移动
	上下方便 (I23)	电动推背助起身设计 (J23)	质地轻便、高度可调、宽度适中
安全需求 (I3)	安全可靠 (I31)	整体结构 (J31)	简化设计
	绿色环保 (I32)	材料与工艺 (J32)	环保材料、产品回收、环保工艺
	维修方便 (I33)	模块化设计 (J33)	产品组合化、通用化、标准化

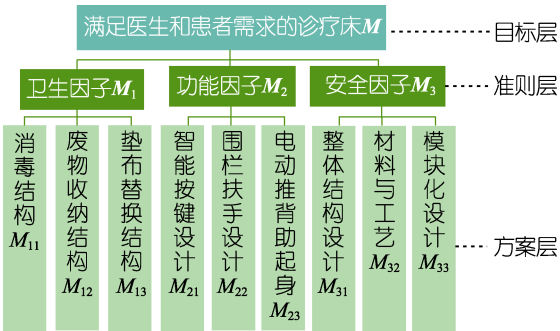


图 2 诊疗床因子评级层次结构模型
Fig.2 Hierarchy model for rating of diagnosis and treatment bed factor

3.5 建立判断矩阵

判断矩阵表示针对上层元素而言,本层次所有元素间两两比较确定的相对重要性。如判断矩阵 $[M_{pq}]_{m \times n}$, M_{pq} 表示针对上层元素 M_k 而言,本层次 M_p 与 M_q 相对重要性的数值。首先,制定诊疗床的权重调查问卷并发放给 6 位专家和学者,专家组依据专业知识和行业经验对同一层级的元素进行两两比较,比较结果按照 1~9 的相对标度进行赋值打分,进而得到量化结果。相对标度是能够在数值上区分两个元素间的重要程度(如表 5 所示),并构建诊疗床的判断矩阵。

表 5 判断矩阵标度
Tab.5 Scale of judgement matrix

标度	含义	说明
1	同等重要	元素 p 与元素 q 同等重要
3	稍显重要	元素 p 比元素 q 稍显重要
5	明显重要	元素 p 比元素 q 明显重要
7	强烈重要	元素 p 比元素 q 强烈重要
9	极端重要	元素 p 比元素 q 极端重要
1/3	稍不重要	元素 p 比元素 q 稍不重要
1/5	明显不重要	元素 p 比元素 q 明显不重要
1/7	强烈不重要	元素 p 比元素 q 强烈不重要
1/9	极端不重要	元素 p 比元素 q 极端不重要
2、4、6、8	中间值	判断中间值

其中,诊疗床创新设计目标层判断矩阵 M ,见表 6。

表 6 满足医生和患者需求的诊疗床设计判断矩阵
Tab.6 Judgement matrix for design of diagnosis and treatment beds that meet the demands of doctors and patients

M	M_1	M_2	M_3
M_1	1	5	3
M_2	1/5	1	1/3
M_3	1/3	3	1

卫生准则各元素间的判断矩阵 M_1 ,见表 7。

表 7 卫生准则判断矩阵
Tab.7 Hygiene criterion judgment matrix

M_1	M_{11}	M_{12}	M_{13}
M_{11}	1	1/5	1/7
M_{12}	5	1	1/3
M_{13}	7	3	1

功能准则各元素间的判断矩阵 M_2 ,见表 8。

表 8 功能准则判断矩阵
Tab.8 Functional criterion judgment matrix

M_2	M_{21}	M_{22}	M_{23}
M_{21}	1	2	3
M_{22}	1/2	1	3
M_{23}	1/3	1/3	1

安全子准则各元素间的判断矩阵 M_3 ,见表 9。

表 9 安全准则判断矩阵
Tab.9 Safety criterion judgment matrix

M_3	M_{31}	M_{32}	M_{33}
M_{31}	1	3	7
M_{32}	1/3	1	5
M_{33}	1/7	1/5	1

3.6 计算权重及一致性检验

具体步骤如下。

1) 计算矩阵最大特征值 $\lambda_{\max}$ 及特征向量 $\omega(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ 。

2) 检验判断矩阵的一致性。

一致性比率 C_R 计算公式, 见式 (1) ~ (2)。

$$C_R = \frac{C_I}{R_I} \tag{1}$$

式中: 当 $C_R < 0.10$ 时, 矩阵通过一致性检验, 特征向量 ω 为该层次权重; 当 $C_R > 0.10$ 时, 矩阵不通过一致性检验, 重新建立判断矩阵。

$$C_I = \frac{\lambda_{\max} - 1}{n - 1} \tag{2}$$

式中: 当 $C_I = 0$ 时, $\lambda_{\max} = n$, 判断矩阵具有完全一致性。

一致性指标数值见表 10。

表 10 一致性指标数值对照表
Tab.10 Comparison of values for consistency indicators

维数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_I	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

基于以上公式, 分别对 4 个判断矩阵进行计算及检验。

针对 M , 当 $\lambda_{\max} = 3.039$ 时, $\omega = (0.637, 0.105, 0.258)$, 其所对应的判断矩阵一致性指标为: $C_I = 0.019$, $C_R = 0.037 < 0.1$, 矩阵 M 通过一致性检验。

针对 M_1 , 当 $\lambda_{\max} = 3.065$ 时, $\omega = (0.072, 0.279, 0.649)$, 其所对应的判断矩阵一致性指标为: $C_I = 0.032$, $C_R = 0.062 < 0.1$, 矩阵 M_1 通过一致性检验。

针对 M_2 , $\lambda_{\max} = 3.054$, $\omega = (0.528, 0.333, 0.139)$, 其所对应的判断矩阵一致性指标为: $C_I = 0.027$, $C_R = 0.052 < 0.1$, 矩阵 M_2 通过一致性检验。

针对 M_3 , $\lambda_{\max} = 3.065$, $\omega = (0.649, 0.279, 0.072)$, 其所对应的判断矩阵一致性指标为: $C_I = 0.032$, $C_R = 0.062 < 0.1$, 矩阵 M_3 通过一致性检验。

3.7 设计特征权重排序

计算 9 个方案层综合权重并对方案层权重进行排序, 见表 11。从而得出需优先考虑的设计特性。

表 11 各项指标权重排序
Tab.11 Ranking of indicator weights

准则层	准则层权重	方案层	方案层指标	方案层指标权重	方案层综合权重	排序
M_1	0.637	M_{11}	消毒结构	0.072	0.045 8	6
		M_{12}	废物收纳结构	0.279	0.117 8	3
		M_{13}	垫布替换结构	0.649	0.413 4	1
M_2	0.105	M_{21}	智能按键设计	0.528	0.055 4	5
		M_{22}	围栏扶手设计	0.333	0.034 9	7
		M_{23}	电动推背助起身设计	0.139	0.014 6	9
M_3	0.258	M_{31}	整体结构	0.649	0.167 4	2
		M_{32}	材料与工艺	0.279	0.071 9	4
		M_{33}	模块化设计	0.072	0.018 6	8

4 诊疗床创新设计实践

4.1 垫布替换结构

患者在诊疗床上挪动很容易引起垫布移位, 为解决这一问题, 本文采用垫布床体两侧固定的方式, 扩大垫布固定的范围, 降低垫布移位的概率。

垫布替换结构工作初始, 医护人员需要将洁净的无纺布安装于原料模块, 打开控制器上“换料”按键, 无纺布被抵至盖板上, 无纺布固定完成; 点击“替换”按键, 夹布机械臂在原料模块夹住无纺布运动至废料模块, 夹布机械臂和搓纸轮共同工作实现无纺布替换, 见图 3。完成一次垫布替换后, 夹布机械臂旋转回原位, 重复运动完成无纺布替换工作。垫布替换结构能够解决用户对诊疗床无异味、不会交叉感染的卫生需求。

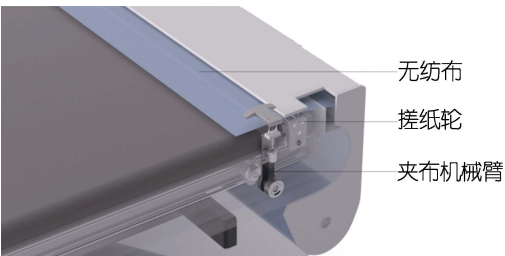


图 3 垫布替换结构
Fig.3 Replacement structure of pad cloth

4.2 整体外部结构

简化设计是指在满足产品功能的条件下, 减少零部件数目, 简化产品结构, 提高产品可靠性^[25]。在诊疗床的创新设计中, 需满足垫布替换功能, 废物处理功能, 不需附加额外的功能和零件, 既能节约成本, 也能降低损耗, 提高产品的可靠性, 满足用户对诊疗床安全可靠的心理需求, 诊疗床整体结构爆炸图见图 4。

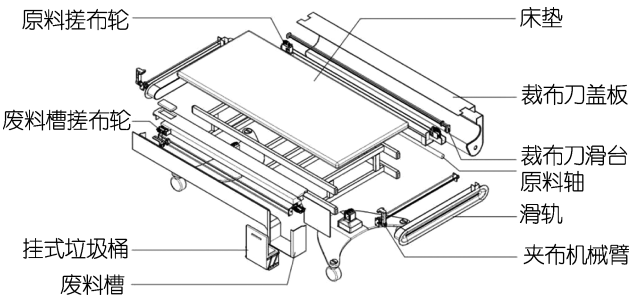


图 4 整体结构爆炸图
Fig.4 Exploded diagram of overall structure

该诊疗床主要由垫布替换结构、滑轨、夹布机械臂、万向轮、垃圾桶、废物收纳结构六部分构成, 见图 5。滑轨两侧分别连接垫布替换结构和废物收纳结构, 滑轨上的夹布机械臂和搓纸轮负责将垫布从原料

模块运送至废物处理模块。废物收纳结构设置在床垫下, 不影响患者上下床。

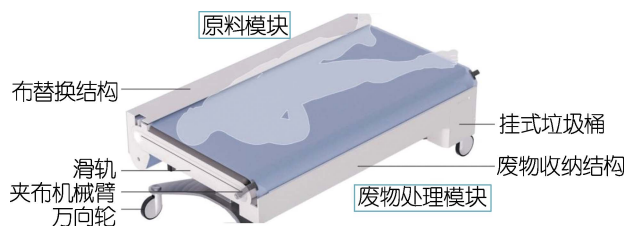


图 5 整体结构
Fig.5 Overall structure

4.3 废物收纳结构

废物收纳结构用来收集废物垫布和医疗废物, 及时高效的垃圾处理能够减少医护人员与医疗废物的接触, 避免传染, 并减少诊疗床的异味。

在更换垫布时, 点击“替换”按键, 裁布刀片将无纺布裁断, 废料模块的搓布轮卷动使用过的无纺布料送入废料槽。废料槽中刮板旋转将废弃无纺布推向挂式垃圾桶以完成废物处理, 见图 6。废物收纳结构能够压缩使用后的无纺布, 并集中存放, 医护人员可以很方便地打开垃圾桶处理废物无纺布。废物收纳结构能够很好地解决用户对诊疗床垃圾易处理的卫生需求。

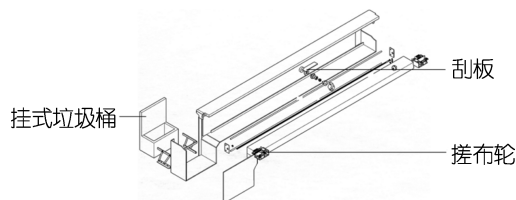


图 6 废物收纳结构
Fig.6 Waste storage structure

4.4 材料与工艺

为满足用户对诊疗床的绿色环保需求, 诊疗床的材料会优先选用环保材料, 使用环保工艺, 这样有利于产品的回收和处理。诊疗床外壳使用铝合金材质, 铝合金具有密度小、比强度高、耐蚀性和成型性好等优点^[26]。支撑结构采用冷轧钢钢材, 其力学性能好并且尺寸精确, 是作为支撑结构的良好选择。机械臂使用 ABS 工程塑料, 其尺寸稳定、耐冲击性强, 并且具有良好的质感和视感^[27]。垫布采用医用无纺布, 其具有安全卫生、使用方便^[28]和成本低的优点。

5 结语

本文在设计过程中将 QFD 与 AHP 相结合, 运用访谈法进行需求调研以获得用户需求。专家组从技术角度提出对产品的设计要求, 确定产品应具备的设计特性。随后运用 AHP 建立层次结构模型和判断矩阵,

并对设计特性进行权重分析, 得出设计特性优先级排序。最终从垫布替换结构、废物收纳结构、整体外部结构、材料与工艺四个方面进行方案设计。实践证明, 集成两种方法的应用模型可以使诊疗床设计过程更加系统化、科学化。

结合 QFD 和 AHP 的诊疗床应用模型, 能够同时满足医生与患者的需求, 提高诊疗床设计的满意度和有效性。但本文缺少医生和患者在使用本方案过程中的满意度调查, 为验证用户对本方案的认可度还需要进一步监测用户和市场, 在今后的研究中, 需继续完善这一部分, 使诊疗床能够满足不会交叉感染、垃圾易处理、安全可靠和绿色环保等需求。

参考文献:

- [1] 林宗德, 王淑坤, 林新英, 等. 一种多功能智能医疗床的设计与仿真分析[J]. 机械传动, 2020, 44(9): 78-83.
LIN Zong-de, WANG Shu-kun, LIN Xin-ying, et al. Design and Simulation Analysis of a Multifunctional Intelligent Medical Bed[J]. Mechanical Transmission, 2020, 44(9): 78-83.
- [2] 曹爱萍, 刘卫国, 韩英桃. 电动医疗床用无刷直流电机控制系统[J]. 微电机(伺服技术), 2005, 38(3): 56-57, 86.
CAO Ai-ping, LIU Wei-guo, HAN Ying-tao. Brushless DC Motor Control System for Electric Medical Bed[J]. Micro Motor (Servo Technology), 2005, 38(3): 56-57, 86.
- [3] 孙秀玲. 电动浮板式烧伤医疗床的临床应用[J]. 中华护理杂志, 1999, 34(7): 447-447.
SUN Xiu-ling. Clinical Application of Electric Floating Plate Burn Medical Bed[J]. Chinese Journal of Nursing, 1999, 34(7): 447-447.
- [4] HAKTANIR E, KAHRAMAN C. A Novel Interval-valued Pythagorean Fuzzy QFD Method and Its Application to Solar Photovoltaic Technology Development[J]. Computers & Industrial Engineering, 2019, 132: 361-372.
- [5] FRANCESCHINI F, MAISANO D. A New Proposal to Improve the Customer Competitive Benchmarking in QFD[J]. Quality Engineering, 2018, 30(4): 730-761.
- [6] 郑林欣, 李乾, 孙华锋, 等. 基于用户体验的智能调味器设计[J]. 包装工程, 2019, 40(24): 332-336.
ZHENG Lin-xin, LI Qian, SUN Hua-feng, et al. Design of Intelligent Flavoring Device Based on User Experience[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(24): 332-336.
- [7] 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 Innovative Design of Children's Rocking Chair Based on QFD/TRIZ/FEM Integration[J]. Forest Products Industry, 2021, 58(9): 17-22.
- [8] 李惠. 基于 Kano-QFD 的家用跑步机人机界面设计研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2021: 12-15.

- LI Hui. Research on Man-machine Interface Design of Home Treadmill Based on Kano-QFD[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2021: 12-15.
- [9] 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 Electric Vehicles for the Elderly Based on QFD and TRIZ Theory[J]. Design, 2021, 34(16): 86-89.
- [10] 雷帅, 彭欣然, 李晓松. 基于 QFD 的国防科技战略情报研究能力评价研究[J]. 情报理论与实践, 2022, 45(2): 55-60.
- LEI Shuai, PENG Xin-ran, LI Xiao-song. Research on Evaluation of Research Capability of National Defense Science and Technology Strategic Intelligence Based on QFD[J]. Information Theory and Practice, 2022, 45(2): 55-60.
- [11] JIA G Z, BAI M. An Approach for Manufacturing Strategy Development Based on Fuzzy-QFD[J]. Computers & Industrial Engineering, 2010, 60(3): 445-454.
- [12] 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]. Mechanical Design, 2021, 38(11): 121-128.
- [13] 任工昌, 张博文, 张膺之. QFD 与 TRIZ 在菠萝去皮机设计中的应用[J]. 包装工程, 2020, 41(7): 157-163.
- REN Gong-chang, ZHANG Bo-wen, ZHANG Zhi-zhi. Application of QFD and TRIZ in Pineapple Peeler Design[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(7): 157-163.
- [14] 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. Research on Product Innovation Design Model of Integrated QFD/TRIZ/AHP[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(20): 150-155.
- [15] 王晓曦, 熊伟. 质量功能展开中顾客需求重要度确定的粗糙层次分析法[J]. 计算机集成制造系统, 2010, 16(4): 763-771.
- WANG Xiao-jun, XIONG Wei. Rough Analytic Hierarchy Method for Determining the Importance of Customer Demand in the Development of Quality Function[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2010, 16(4): 763-771.
- [16] LOWE A, RIDGWAY K. UK User's Guide to Quality Function Deployment[J]. Engineering Management, 2000, 10(3): 147-155.
- [17] CARNEVALLI J A, MIGUEL P C. Review, Analysis and Classification of the Literature on QFD--Types of Research, Difficulties and Benefits[J]. International Journal of Production Economics, 2008, 114(2): 737-754.
- [18] LI Y L, TANG J F, CHIN K S, et al. Estimating the Final Priority Ratings of Engineering Characteristics in Mature-period Product Improvement by MDBA and AHP[J]. International Journal of Production Economics, 2011, 131(2): 575-586.
- [19] 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 bud picking machine based on AHP/QFD/TRIZ[J]. Mechanical Design, 2020, 37(8): 121-126.
- [20] 李宇泊, 杨艳丽, 李永强, 等. 基于 AHP 的黄土高原乡土地被植物评价体系的建立与应用[J]. 草地学报, 2022, 30(7): 1846-1854.
- LI Yu-bo, YANG Yan-li, LI Yong-qiang, et al. Establishment and Application of Land Cover Plant Evaluation System in Loess Plateau Township Based on AHP[J]. Journal of Grassland, 2022, 30(7): 1846-1854.
- [21] 徐超, 李丹, 王凯, 等. 基于 AHP 分析法的高校安全工程专业实验室风险评价研究[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(5): 211-216.
- XU Chao, LI Dan, WANG Kai, et al. Risk Evaluation of Safety Engineering Laboratories in Universities Based on AHP Analysis Method[J]. Experimental Technology and Management, 2022, 39(5): 211-216.
- [22] 祝东攀, 曹继平. 基于 AHP 和模糊综合评价法的装备维修保障资源点选址方案评价[J]. 火炮发射与控制学报, 2023, 44(2): 75-80.
- ZHU Dong-pan, CAO Ji-ping. Evaluation of Site Selection Scheme of Equipment Maintenance Support Resource Point Based on AHP and Fuzzy Comprehensive Evaluation Method[J]. Journal of Artillery Launch and Control, 2023, 44(2): 75-80.
- [23] ACHARYA A, MONDAL B K, BHADRA T, et al. Geospatial Analysis of Geo-Ecotourism Site Suitability Using AHP and GIS for Sustainable and Resilient Tourism Planning in West Bengal, India[J]. Sustainability, 2022, 14(4): 2422.
- [24] IRFAN M, ELAVARASAN R M, AHMAD M, et al. Prioritizing and overcoming biomass energy barriers: Application of AHP and G-TOPSIS approaches[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2022, 177: 121524.
- [25] 殷晓晨, 丁鑫, 陈佩琳, 等. 简化设计理念在共享单车设计中的应用研究[J]. 设计, 2019, 32(23): 134-136.
- YIN Xiao-chen, DING Xin, CHEN Pei-lin, et al. Research on the Application of Simplified Design Concept in Shared Bicycle Design[J]. Design, 2019, 32(23): 134-136.
- [26] 杨守杰, 戴圣龙. 航空铝合金的发展回顾与展望[J]. 材料导报, 2005, 19(2): 76-80.
- YANG Shou-jie, DAI Sheng-long. Review and Prospect of the Development of Aviation Aluminum alloy[J]. Materials Herald, 2005, 19(2): 76-80.
- [27] 龚江. ABS 工程塑料在客车空调风道及内饰中的应用[J]. 城市车辆, 1997(3): 31-33.
- GONG Jiang. Application of ABS Engineering Plastics in Air Conditioning Air Duct and Interior of Bus[J]. Urban Vehicles, 1997(3): 31-33.
- [28] 程定超, 潘华先. 医用无纺布开发应用现状[J]. 医疗卫生装备, 1994(1): 15-17.
- CHENG Ding-chao, PAN Hua-xian. Development and Application Status of Medical Non-woven Fabrics[J]. Medical and Health Equipment, 1994(1): 15-17.