

体验肠管切割器结构与造型创新设计

李和森^{1,2}, 柳冠中³

(1.广东工业大学, 广州 510060; 2.湖北美术学院, 武汉 430205; 3.清华大学, 北京 100084)

摘要: **目的** 基于产品的使用方式研究和人机工程学角度, 提升产品的结构与外观设计。**方法** 简述切割小肠手术的步骤, 明确使用定位, 图解使用方式和流程, 尝试从工业设计角度提出现有产品存在的问题, 探讨其结构与外观设计的对应研发策略。根据设计思路归纳改良型切割器产品的部件构成, 从转变使用方式和人机工程学角度提出实现切割器功能的几种可能性结构设计解决方案。考虑产品的使用过程的安全性和可行性, 以及手部的基本尺寸, 选择、深化并形成了“铡刀式”的结构设计解决方案。列述该方案的部件构成、操作步骤、结构设计及外观效果图, 同时描述了限位设计在该产品结构设计中的运用。**结论** 肠管切割器的以使用方式为切入点, 对产品的结构和外观进行改良和创新设计, 希望能为同类产品的设计提供一定的参考价值。

关键词: 工业设计; 使用方式; 结构设计; 人机尺寸; 限位设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)24-0164-04

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.24.026

Structure and Innovative Modeling Design of the Experience Intestinal Tube Cutter

LI He-sen^{1,2}, LIU Guan-zhong³

(1.Guangdong University of Technology, Guangzhou 510060, China;

2.Hubei Institute of Fine Arts, Wuhan 430205, China; 3.Tsinghua University, Beijing 100084, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the structure and appearance design of the products based on the research of mode of use and ergonomics. The steps of cutting small intestines were briefly described, the use location was clearly defined, and the mode of use and process were illustrated. The problems of existing products were proposed as much as possible from the perspective of industrial design, and the corresponding research and development strategy of its structure and appearance design was discussed. According to the design idea, the components of the improved cutter product were summarized, and several possible structural design solutions to realize the cutter function were proposed from the perspective of changing the mode of use and ergonomics. Considering the safety and feasibility of the product in use and the basic size of the hand, a "guillotine" structural design solution was selected, deepened and formed. The components, operation steps, structural design and appearance effect diagram of the proposed scheme were listed, and the application of limit design in the structural design of the product was also described. The mode of use of intestinal tube cutter is taken as the breakthrough point for the improvement and innovative design of the structure and appearance of the product, hoping to provide certain reference value for the design of similar products.

KEY WORDS: industrial design; mode of use; structural design; man-machine dimension; limit design

切断小肠病变处是肠外科手术之一。选择合理专业的切割工具是手术的保障。传统工具主要是肠钳和血钳: 先用肠钳夹紧小肠避免肠液流出, 再用血钳切

断小肠。这其中包含了“夹紧”到“切断”两个过程。为简化过程, 减少手术时间, 市面上出现了将这两种功能一体化^[1]的设计——小肠切割器, 试图提高手术效

收稿日期: 2019-09-23

基金项目: 地方高校国家级大学生创新创业项目 (201610523010)

作者简介: 李和森 (1980—), 男, 辽宁人, 广东工业大学博士生, 湖北美术学院副教授, 主要研究方向为工业设计与创意产品。

率。它的主要功能是辅助医生切除小肠病变的部位。考虑环境、目标用户、特定时间以及可靠性的要求，设计此类产品需要系统性^[2]思考。本文讨论的正是对已有的小肠切割器进行分析，立足使用方式，从结构设计^[3]层面提出改良设计^[4]建议，诠释设计思考的过程。

1 现有小肠切割器的问题分析

小肠外科手术过程复杂，通过与专业人员访谈获知手术切割肠体病变处行为过程：（1）切割前找到病变处，将病变处肠体间的软组织剥离，使其脱离软组织的束缚；（2）将肠体病变处的两侧分别置于各自的切割器内，执行夹紧和切割行为，除去肠体的病变处；（3）缝合肠体切断处的开放端。手术行为过程见图 1，切割产品设计思考的聚焦点是如何能同时实现“夹紧”与“切断”两种功能，并保证切断肠体后避免肠液流出以及切割器剥离小肠的问题。所以，切割器应具备 3 种功能^[5]：（1）先用切割器的紧固部件夹紧小肠病变处的一侧；（2）用刀片切断小肠；（3）将紧固部件脱离切割器，使切割器与肠体分离。目前市面上已有满足上述功能的产品，见图 2，它主要是由 6 部分组成。操作过程为：将小肠置于紧固件内，食指和中指插入对应的两孔，拇指推动指柄，推送过程中紧固件 A 和 B，夹紧小肠，继续推送后，切断小肠。它的部件构成特点是紧固件 A 与切割器连体，当切断小肠后，紧固件 B，自然脱落。这在设计探索上有了很大的突破。但在术前实验中发现如下值得探讨的问题，见表 1。引起问题的主要原因可能在于：（1）使

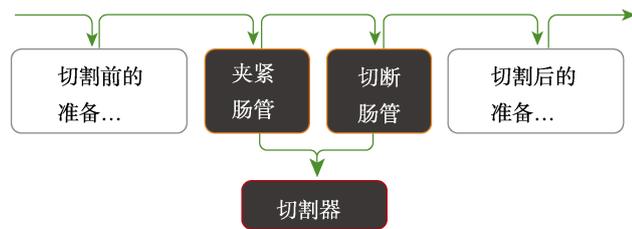
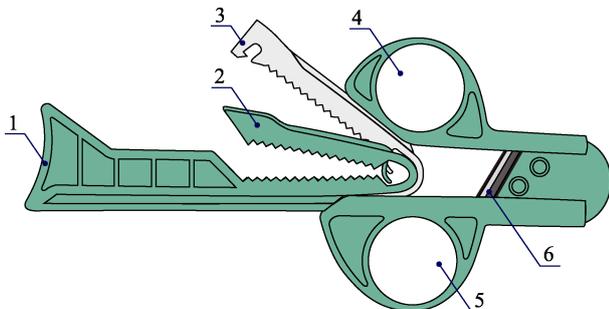


图 1 切割小肠手术过程简示
Fig.1 Procedure of small intestine incision



1.指柄；2.紧固件 A；3 紧固件 B；4.食指孔；
5.中指孔；6.刀片

图 2 现有“推送式”切割器基本构成
Fig.2 Basic composition of the existing "push" cutter

用力方式；（2）通过推送力试图达到“夹紧”与“切断”的多重功能的理想化目的。基于所列问题和小肠外科手术的安全要求，现有的切割器有提升和讨论的空间。从该产品再设计内容及应对策略可知，解决上述问题主要是依据合理的人机尺寸，改良结构，转变使用方式。

表 1 现有“推送式”切割器优化空间探讨

序号	结构设计改良思考点	改良的使用方式
1	控制切割速度	由拇指端的推送力改为按压力驱动
2	外力加强紧固件	运用按压力驱动紧固件
3	强制脱落紧固件	额外增加其他结构部件驱动
4	二次切割小肠	“铡刀式”可反复切割
5	解决手与小肠冲突	运用“铡刀式”切割

2 切割器结构改良设计思路

为避免上述问题，该产品的结构改良设计思路可做相应思考，整体的切割方式由原来的指端用力“推送式”切割改为“铡刀式”切割，见表 2。具体执行的动作可归纳如下：第一次按压操作夹紧小肠病变部位一侧；第二次按压操作驱动刀片切断小肠；通过一个活动部件使紧固件脱离小肠。满足上述功能及系列动作的基本部件可设想见图 3。

表 2 改良使用方式及结构的设计思路

序号	可能存在的问题	应对策略探讨
1	拇指推送手柄的速度能否控制自如？	改变用力方式？
2	切断小肠时对紧固件是否能夹紧可靠？	借助外力？
3	切断小肠后，紧固件 B 是否能自然脱落？	强制脱落？
4	小肠如不能顺利切断，该如何解决？	二次切割？
5	小肠位置与手的动作位置是否存在冲突？	改变切割方式？



图 3 “铡刀式”切割器的基本构成部件
Fig.3 Basic components of the "guillotine" cutter

3 切割器结构展开设计方案

根据改良思路及切割器组成部件,尝试从3种不同方式进行设计,见图4。这3种方式均可达到切断小肠的目的。方案A是通过按压切割器上部手柄夹紧并切断小肠,然后驱动上部手柄拨回带动迫使肠体的紧固件脱离切割器;方案B是先按压切割器上部手柄两端的

活动部件夹紧肠体,再按压上部手柄的中间活动部件切断小肠,接着手动拨回上部手柄两端的的活动部件迫使紧固件脱离切割器;方案C是通过3个不同步骤完成切断小肠的过程,先是按压上端下部手柄夹紧肠体,再按压上端上部手柄切断小肠,然后向内推动切割器末端的推杆使紧固件脱落,让切割器与肠体分离。比较而言,方案C的切断小肠方式相对可靠,可作为深入优化的方案。

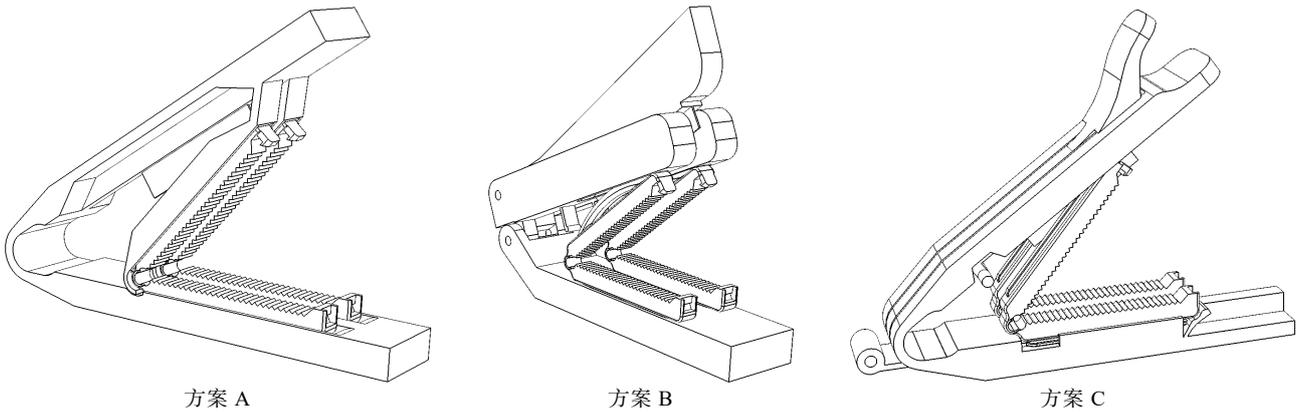


图4 切割器备选设计方案
Fig.4 Alternative design scheme of cutter

4 切割器人机尺寸分析

合理的人机尺寸^[6]设计是产品结构与造型设计基本要求。切割器的尺寸核心依据有两项:(1)人体小肠的直径;(2)人手的尺寸。小肠的直径尺寸在15mm至40mm区间内变化。但本案中的切割器紧固件尺寸以直径为15mm的小肠为设计依据。紧固件长度要略大于指定的小肠直径尺寸。考虑手掌与手指尺寸,小肠置于紧固件内形成的切割器上下两柄张开的夹角应符合大拇指与四指的骨口之间安全作业的尺寸^[7]要求。

另外,切割器手柄的造型^[8]设计要符合人机要求。医生的手套因手指沾血打滑,在切割小肠时手术操作要求切割器不能从手中脱落也不能频繁更换切割器。所以造型既要严格符合人机尺寸要求,又保证能套牢手指,方便用力。切割器上端手柄长度应满足大拇指的按压要求,避免打滑和按压力量不集中。大拇指端手柄的按压处要考虑适当的凹陷曲面以便指肚定位。切割器的下端手柄长度要至少满足2~3个手指的放置要求。为了防止打滑,可设计指环状手柄,将手指套进去,这样手柄不会从指端脱落,方便集中用力。综合分析可知图5内的方案C下端手柄的人机造型指环式设计,更符合切肠时的手术操作要求,合理可取。

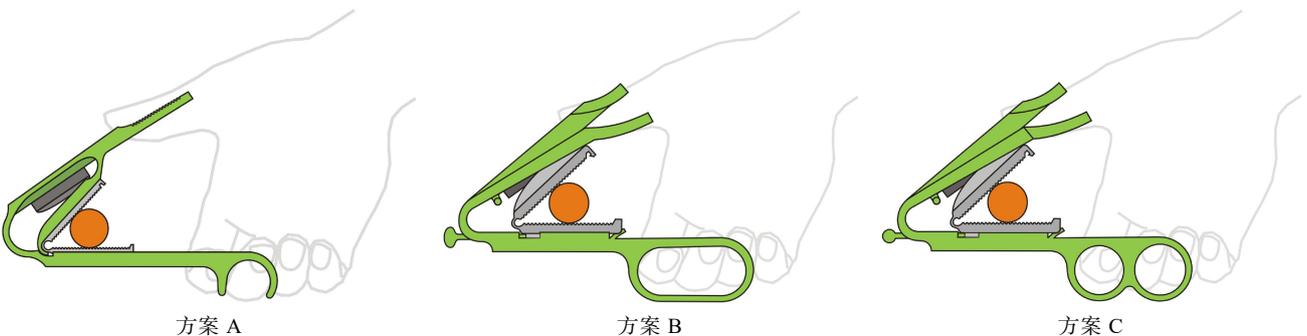


图5 切割器手柄造型设计人机分析
Fig.5 Man-machine analysis of cutter handle modeling design

5 切割器最终设计方案

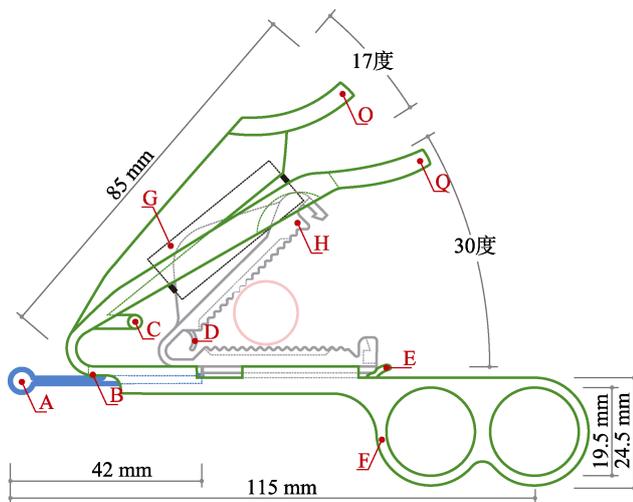
设计方案的部件构成:切割器的主体手柄、镶嵌

刀片、2个紧固件和1个推杆共4部分组成。如前述,夹紧肠体和切割肠体分两步完成,所以由大拇指按压端的手柄由上下两个子柄组成。操作步骤见表3。

表 3 改良后切割器的操作步骤
Tab.3 Operation steps of improved cutter

序号	操作内容
1	食指和中指固定在切割器的下端手柄两孔内。
2	按压拇指端下子柄，驱动两个紧固件夹紧肠体。
3	按压拇指端的上子柄，争取一次性完成切割肠体操作。
4	切断肠体后，推动推杆，让紧固件脱离切割器。

需要说明的是，由于材料的韧性和弹性，上下两个子柄在按压后会自动反弹归位。依据上述的切割器人机尺寸分析，可明确其各主要部件的尺寸，见图 6。切割器结构设计说明见表 4。



A: 推杆; B: 推杆限位; C: 上子柄限位; D: 紧固件限位; E: 紧固件限位; F: 下端柄; G: 刀片; H: 紧固件限位; O: 拇指端上子柄; Q: 拇指端下子柄

图 6 切割器尺寸设计方案

Fig.6 The design scheme of cutter size

表 4 改良后切割器结构设计功能说明

Tab.4 Design function of improved cutter structure

序号	结构	功能	目的
1	B	限定推杆 A	保证 A 不脱离切割器主体部件
2	C	限制拇指端两子柄 O 和 Q 向下运动时带动 O 一起运动	使 O 在限定的角度内的运动; 让 Q 向下运动时带动 O 一起运动
3	D	支撑紧固件 H 尾端	在 H 夹紧肠体后起到支撑作用, 使 H 锯齿对肠体的均匀咬合
4	E	固定紧固件 H	保证 H 在夹紧肠体时不脱落

基于医疗用品的特殊要求和手术室的特殊环境，切割器的材料^[9]选用聚丙烯^[10]（PP，Polypropylene）。无色、无味、无毒的材料属性符合医疗卫生要求^[11]；良好的抗拉和抗压强度、硬度及韧性，能达到手柄自动归位的弹性要求和加工精度。绿色的主体外观能与血色产生对比，减少视觉压力；乳白色紧固件和医用级不锈钢刀片。圆角的转折面不易擦伤到其他人体器官。效果图见图 7。



图 7 切割器设计方案效果图

Fig.7 The final design scheme of the cutter

6 结语

体量小巧的切割器结构设计考虑因素既包括外部因素，如使用目的、行为对象、使用者，使用环境和使用时间等；也包括内部因素，如功能、原理、构造、材料、工艺、部件形态和人机尺寸等等。从切割器的结构改良设计策略到方式实现，从设计方案优化、人机尺寸分析到最终设计方案的尺寸确定，以及结构设计^[12]和效果图制作等，经历了产品设计过程每个细节，尤其基于使用方式的转变的结构设计实现切割功能的整体思考与细节尺寸的推敲。从这款医疗产品体量虽小，但从改变使用方式到实现结构，再到外观造型构思的整个设计过程都具有一定深度的依据性思考。希望仅以探讨小肠手术切割器产品结构设计实践过程能为同类产品设计提供一定参考价值。

参考文献：

[1] 焦生杰. 工程机电液一体化[M]. 北京: 人民交通出版社, 2000.
JIAO Sheng-jie. Engineering Electromechanical Hydraulic Integration[M]. Beijing: People's Transportation Press, 2000.

[2] 李正军. 基于系统学理论下的产品设计创新方法[J]. 机械设计, 2014, 31(1): 97-98.
LI Zheng-jun. Product Design Innovation Method Based on System Theory[J]. Mechanical Design, 2014, 31(1): 97-98.

[3] 刘靛静. 机械设备造型设计的结构性分析[J]. 包装工程, 2018, 39(12): 203-206.
LIU Liang-jing. Structural Analysis of Mechanical Equipment Modeling Design[J]. Packaging Engineering, 1998, 39(12): 203-206.

[4] 李和森. 体验无线耳麦造型创新设计[J]. 装饰, 2013(2): 89-90.

(下转第 193 页)

- [5] 任毅臻. 人口老龄化背景下我国养老模式研究[D]. 长春: 吉林大学, 2017.
REN Yi-zhen. Research on China's Pension Model under the Background of Population Aging[D]. Changchun: Jilin University, 2017.
- [6] ROSLI M U. Integrated AHP-TRIZ Innovation Method for Automotive Door Panel Design[J]. International Journal of Engineering and Technology, 2013, 5(3): 3158-3157.
- [7] 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.
- [8] 姚莉娟. 基于 TRIZ 理论的产品创新设计研究及应用[D]. 广州: 广东工业大学, 2015.
YAO Li-juan. Research and Application of Product Innovation Design Based on TRIZ[D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2015.
- [9] 何月雯, 周丰. 基于 KJ 法及 KANO 模型的产品功能设计方法研究[J]. 轻工机械, 2015, 33(3): 113-118.
HE Yue-wen, ZHOU Feng. Research on Product Function Design Method Based on KJ and KANO[J]. Light Industry Machinery, 2015, 33(3): 113-118.
- [10] 李江泳, 姚湘. 基于贝尔品牌形象模型的产品造型意象研究[J]. 包装工程, 2014, 35(20): 29-32.
LI Jiang-yong, YAO Xiang. Product Modeling Imagery Modeling Design Based on Biel Model[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(20): 29-32.

(上接第 167 页)

- Li He-sen. Experience Wireless Headset Innovative Design[J]. Zhuangshi, 2013(2): 89-90.
- [5] 吴冬俊. 产品集成创新设计的应用法则[J]. 机械设计, 2013, 30(11): 112-113.
WU Dong-jun. Application Principles of Product Integrated Innovation Design[J]. Mechanical Design, 2013, 30(11): 112-113.
- [6] 李和森. 基于人机工程的手持检测器造型设计[J]. 机械设计, 2014, 31(1): 120-121.
LI He-sen. Design of Handheld Detector Shape Based on Man-machine Engineering[J]. Mechanical Design, 2014, 31(1): 120-121.
- [7] 丁尚春. 浅谈设备布置中的人机工程学[J]. 石油化工安全环保技术, 2005(5): 3-6.
DING Shang-chun. Ergonomics in Equipment Layout[J]. Petrochemical Safety and Environmental Protection Technology, 2005(5): 3-6.
- [8] 晏群, 庄德红. 数字机床人机界面及造型设计研究[J]. 机械设计, 2013, 30(11): 111-113.
YAN Qun, ZHUANG De-hong. Research on Human-machine Interface and Modeling Design of Digital Machine Tools[J]. Mechanical Design, 2013, 30(11): 111-113.
- [9] 叶东海. 基于材料特性的消防队员上体防护装甲设计研究[J]. 机械设计, 2014, 31(1): 114-115.
YE Dong-hai. Research on the Design of Protective Armor for firefighters Based on Material Properties[J]. Mechanical Design, 2014, 31(1): 114-115.
- [10] 叶钢. 医用塑料及其加工[J]. 国外塑料, 2007(5): 86-91.
YE Gang. Medical Plastics and Their Processing[J]. Foreign Plastics, 2007(5): 86-91.
- [11] 关键. 医用塑料的选材[J]. 工程塑料应用, 2001(29): 36-39.
GUAN Jian. Selection of Medical Plastics[J]. Application of Engineering Plastics, 2001(29): 36-39.
- [12] 王华斌. 产品竞争力系统性结构分析研究[J]. 机械设计, 2014(3): 97-101.
WANG Hua-bin. Analysis of Systematic Structure of Product Competitiveness[J]. Mechanical Design, 2014(3): 97-101.