

# 智能坐便器的设计与研究

白洪涛, 熊先青

(南京林业大学, 南京 210037)

**摘要:** **目的** 设计出一种智能坐便器, 在智能坐便器内部具有一种新型处理结构, 整体包含便捷、智能、人性化 3 大优点。**方法** 查阅与人类排泄用具和人体工程学相关的文献及专利, 并分析研究现有的蹲便器、坐便器及智能坐便器存在的优缺点, 以此作为参考对象进行创新性设计, 从节水、智能、节约成本、人性化 4 个层次对坐便器的外观、材料以及内部结构进行改造。**结果** 坐便器内部处理结构采用带传动装置, 能够实现对粪便进行及时的处理, 并通过人机工程学计算出能够使人体在排泄时体验相对舒适感受的坐便器壳体的合理尺寸。**结论** 在满足使用者对排便要求的基础上节约水资源, 避免异味扩散, 减少病菌传播, 节约产品成本, 让使用者达到一个更舒适的姿势以及更好的排便感受。

**关键词:** 智能坐便器; 人性化; 人机工程学; 带传动

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)16-0144-05

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.16.020

## The Design and Research of Intelligent Toilet

BAI Hong-tao, XIONG Xian-qing

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

**ABSTRACT:** The work aims to design a kind of intelligent toilet, in which there is a new processing structure, and the whole contains 3 major advantages of convenience, intelligence and humanization. By reviewing the literature and patents related to human excreta and ergonomics, and analyzing the advantages and disadvantages of existing squatting toilets, toilets and intelligent toilets, and using them as reference objects for innovative design, the appearance, materials and internal structure of the toilets are modified from four levels: water-saving, intelligent, cost-saving and humanized. The results show that the internal processing structure of the toilet uses a belt transmission device, which can realize the timely treatment of feces, and the reasonable size of the toilet shell that can make the human body experience a relatively comfortable feeling when defecating is calculated through ergonomics. Therefore, in addition to meeting the user's requirements for defecation, it can save water, avoid the spread of odors, reduce the spread of germs, save product costs, and allow the user to achieve a more comfortable position and a better defecation experience.

**KEY WORDS:** intelligent toilet; humanization; ergonomics; belt transmission

人的机体每时每刻都在进行着新陈代谢, 代谢物积累到一定程度需从体内及时排出。人们对排泄的要求近乎统一, 希望能够以舒适的姿势在短时间内把肠道里的粪便排出体外, 并减少在整个过程中传播细菌的机会。坐便器是人们日常生活中必不可少的家居用

品, 坐便器的科学性不但会对使用者的心情和身体健康产生一定的影响, 严重的还会引发一系列的肛肠疾病<sup>[1]</sup>。目前用于人们排泄的产品有蹲便器、坐便器及智能坐便器, 设计创新点也只是在用水量、外观和清洗方式上进行改进。《人机工程学在设计实践中的应

收稿日期: 2021-04-09

基金项目: 浙江省重点研发项目(2017C01117); “十三五”国家重点研发计划项目(2018YFD0600304); 木竹产业技术创新战略联盟项目(TIAWBI201808)

作者简介: 白洪涛(1996—), 男, 江苏人, 南京林业大学硕士生, 主攻智能家居和家具智能制造。

通信作者: 熊先青(1975—), 男, 湖北人, 博士, 南京林业大学教授, 主要研究方向为家具设计与工程、家具先进制造技术、家具智能制造。

用—以坐便器为例》<sup>[1]</sup>中对坐便器的整体尺寸进行了更为科学的改进。金信琴在《基于人因工程学的坐便辅助器设计》<sup>[2]</sup>中设计出一款贴合人体臀部弧度的坐便盖，使坐便器的舒适度得到了改善。在《一种重力感应自动冲水装置研究》<sup>[3]</sup>中谈到了一种适用于蹲便器的自动冲水装置。然而，在马桶的内部的处理结构上并无太多创新设计。基于此，笔者针对马桶进行了调研分析并设计出一款新型处理结构的智能坐便器。

## 1 马桶的调研与分析

### 1.1 理论分析

目前市场上的各类马桶为了方便使用水流将排泄物从马桶表面冲洗干净而选择表面光滑度较高且具有一定强度的材料。选用作为马桶的主要材料有：陶瓷、不锈钢、塑料等。冲洗过程为通过手动按压冲水按键把提前储存在水箱内的水释放到马桶内部，把粪便冲到马桶的下水管道内。到目前为止马桶采用的主要冲洗方式有直冲式、虹吸式、喷射式虹吸、漩涡式虹吸 4 种<sup>[4]</sup>。从马桶的使用情况上来看，国内外普遍使用坐便器和智能坐便器，国内比国外多使用一种马桶类型—蹲便器。根据调查分析得知，导致国外不使用蹲便器的原因有两个，一个是历史原因，西方人从古至今的排泄姿势都使用坐姿，而亚洲人从古代到现代的排泄姿势为蹲姿，直到现代随着坐便器的传入，部分人才开始以坐姿进行排便<sup>[5]</sup>。另一个是生理结构原因，使用蹲便器时应双脚面全部贴紧地面，臀部靠近脚踝并且双腿要分开，这是一个三重弯曲运动，需要胯、膝、脚踝都必须弯曲，即为“亚洲蹲”，亚洲蹲姿势见图 1。根据陆毅琛所做的实验表明在进行亚洲蹲测试时，欧美被测者只能通过提踵的方式才能大幅度下蹲，而不能实现不提踵的完全下蹲<sup>[6]</sup>。

Oya DEMIRBILEK<sup>[5]</sup>在《Alla Turca: Squatting for Health and Hygiene》中，将蹲便器的优缺点进行了归纳总结。首先，人体以蹲姿进行排泄时耻骨直肠肌可达到最放松的状态，方便排泄，缩短如厕时间，从而减小患痔疮的概率。其次，可以保护前列腺、膀胱和子宫神经不受损伤。在排泄过程中，人体不与蹲便器直接接触，减少了细菌传播的机会，而且在价格上更容易被消费者所接受。存在的问题是排便时间一旦过长会导致腿脚发麻，不方便老人使用，同时在排泄过

程中，粪便暴露在空气中，导致卫生间充满粪便气味，之后冲水时容易把污水溅出到马桶外部。不但冲水噪音较大，冲洗大小便的耗水量也是一定的，浪费了不必要使用的水资源。男性使用时，由于生殖器的位置高于臀部，因此不方便小便。

毛玮婧<sup>[4]</sup>在卫浴产品的前期基础设计研究中对比坐便器的优缺点进行了相应研究，坐便器的优势是坐姿的使用感受相对于蹲姿更为舒适，在用水量上比蹲便器节省更多水资源。不足的地方是用户在排泄时臀部与坐便圈直接接触，存在病菌传播的可能性。排泄过程中粪便下落会把水花溅到臀部。由于坐姿无法使耻骨直肠肌达到最放松的状态，致使排泄不顺畅，从而延长排泄时间。在结构上，水封和水箱装置占据较多的空间，影响卫生间的整体协调性<sup>[4]</sup>。

智能马桶作为一个智能化产品出现在人们的生活中，已被越来越多的消费者选择。坐圈保温、温水清洗按摩、暖风烘干、静音落座为智能马桶所具有的主要功能。温水清洗加暖风烘干的清洗效果更加干净彻底，并节省了卫生纸的使用。温水按摩减少了肛肠疾病。座圈保温功能可将座圈温度调整到适宜人体接触的温度。静音落座功能可实现感应使用者发出的信号并根据信号进行马桶盖的起降，全程可达到静音的效果。而智能马桶也存在一些问题，首先是智能马桶的所有智能点全部集中在了马桶盖的部分，智能马桶盖并不是适用于所有的坐便器。其次是马桶盖直接与人体皮肤接触，存在电路故障或漏电的风险。操作面板按钮繁多，对于记忆力和识别能力较差的使用群体来说存在着一定的操作难度，容易出现误操作。高投入导致高售价，维修成本较高<sup>[7]</sup>。

### 1.2 设计实践

马迪红在针对环保节能方面设计出一款机械式自动冲水的装置，在蹲便器的节能性和使用便捷性上进行了改善，并且文中强调要根据现实的使用情况进行马桶的设计<sup>[8]</sup>。魏芳蓉在《智能传感器在优化资源利用中的应用研究》一文中针对于冲水马桶的智能性进行了改善，通过采取更为合适的智能传感器来解决冲洗马桶时的水资源浪费现象和误感问题。作者认为适当采用智能传感器等智能元器件可使家居产品更好地为用户所使用<sup>[9]</sup>。金信琴根据人因工程学设计出一款贴合人体臀部弧度的坐便盖，加大了臀部与马桶座面的接触面积，从而提高了坐便器使用的舒适度。从作者对人们使用坐便器和蹲便器的调查结果可知，经常使用坐便器的用户患有便秘的数量明显比经常使用蹲便器的用户多，导致此现象的最主要原因是人们的排泄姿势，使用蹲姿时体内的耻骨直肠肌更为放松，通便自然顺畅。DOV SIKIROV 记录了 28 名健康志愿者在蹲便、31~32 cm 高和 41~42 cm 高的马桶上分别排泄 6 次的排便时间和排便感受。试验结果表

“亚洲蹲”的正确姿势

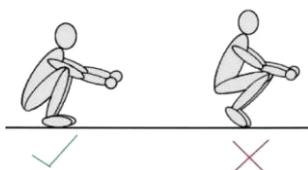


图 1 亚洲蹲姿势  
Fig.1 Asian squat

明,受试者使用蹲便器的平均排泄时间为 51 s,低位和高位的马桶的平均排泄时间分别为 114 s 和 130 s,且受试者表示,在蹲便时,他们的排便感受更为轻松<sup>[10]</sup>。由此可知,在设计马桶时要考虑到马桶的整体尺寸是能否使用户达到一个适于排泄的姿势<sup>[2]</sup>。

## 2 智能坐便器的设计原则

第一,在清洗系统上要采用节水性能较好的冲水装置,并且要根据使用者的排泄量喷出合适的水量,避免出现浪费水资源的现象。

第二,在排泄过程中要减少异味的扩散,也要防止下水道返味现象的出现。

第三,在坐便器的外观尺寸设计上,要注意产品使用时的舒适性,并且使用户的耻骨直肠肌达到放松的状态,以便于缩短排便时间。

第四,为了避免传播细菌,应尽量减少使用者的皮肤与坐便器表面的接触机会和接触面积。

## 3 设计与实践

### 3.1 设计思路

加压水喷头的冲洗力度和节水性能相比于水箱的出水口更适合冲洗排泄物,而且便于控制水流量的多少。为了减少粪便异味扩散到空气中,所采用处理装置的功能应能够对排泄物进行及时处理,并且能够防止下水道返出异味。为了使耻骨直肠肌达到放松状态和减少人体与马桶表面的接触机会和接触面积,对于坐便器的整体尺寸应根据专著《人机工程学》<sup>[11]</sup>里面的人体坐姿基本尺寸来计算。采用智能传感器元件感应粪便的下落,从而控制清洁系统的启停。

### 3.2 方案形成

#### 3.2.1 坐便器壳体尺寸设计

研究表明,科学的排便姿势可以使排便更加顺畅,对于人们的自我效能感有所提高,生活质量也得到相应改善。人体内有耻骨直肠肌控制肛肠角的角度,静止状态下呈收缩状态,肛肠角大约  $92^\circ$ ,可控制粪便暂时储存在大肠内,力排时耻骨直肠肌放松,肛肠角可增加至  $130^\circ$ 左右,肛肠角越接近于  $180^\circ$ 排便越顺畅。而在蹲姿及坐姿身体前倾角度减小的情况

下,肛肠角可完全打开<sup>[12]</sup>。经调查,在使用坐便器时,影响使用者舒适体验的因素主要有坐便器的宽度和坐面离地面的高度以及坐垫的前后距离。这 3 个尺寸对应到人机工程学中的人体坐姿尺寸分别是坐姿臀宽、坐姿膝高和坐深,坐便器的尺寸计算应该以这 3 个坐姿尺寸为主要依据<sup>[1]</sup>。由于蹲坐的姿势更利于排便,因此坐便器的高度要满足使用者采用蹲坐的姿势。

根据李达主编的《人机工程学》<sup>[11]</sup>一书中可得出我国成年人(男 18~60 岁,女 18~55 岁)人体坐姿基本尺寸和人体处于坐姿状态下的坐姿膝高、坐深和坐姿臀宽。坐便器是 III 型产品,属于一般工业产品和男女通用产品,在计算壳体尺寸时百分位数的选择上应选 P50 作为尺寸设计依据。人体坐姿基本尺寸见图 2。

坐便器的坐高是指座面距地面的垂直高度。人体背部挺直坐在座面上,大腿与腰部的角度呈  $45^\circ$ ,小腿自然着地,与地面成垂直状态。这种蹲坐的姿势可使体内的耻骨直肠肌达到放松的状态,且长时间保持膝盖和腹部不会感到不适,方便排便。人体坐姿尺寸见表 1,根据数据可求得百分位数为 50 的男性和女性的坐姿膝高和坐深的平均值分别为 475.5 mm 和 445 mm。由于蹲坐姿势时腰部与大腿部的角度为  $45^\circ$ ,因此臀部与脚底的距离=坐姿膝高-臀膝距  $\cos 40^\circ = 475.5 - 445 \times 0.7 = 164$  mm,在计算坐高时要考虑到鞋底以及裤子的厚度,则可以把坐高定为 200 mm。

座面的宽度应略大于臀部的宽度,这样既满足了臀部与座面之间有足够的接触面积又减小了单位面积内的压力。百分位数为 50 的男性和女性的坐姿臀宽分别为 321 mm 和 344 mm。则理论坐宽=(男性坐姿臀宽+女性坐姿臀宽)/2=(321+344)/2=332.5 mm,在理论坐宽的基础上适当增加宽度,最后确定实际坐

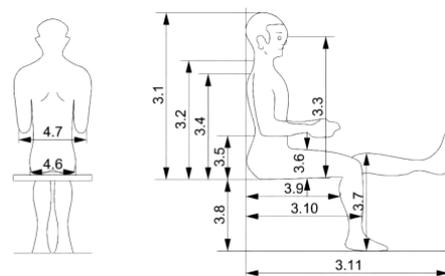


图 2 人体坐姿基本尺寸  
Fig.2 Basic body sitting size

表 1 人体坐姿尺寸(单位: mm)  
Tab.1 Body sitting size (site: mm)

项目	百分位数		年龄											
	数据		男(18~60岁)						女(18~55岁)					
	1	5	10	50	90	95	99	1	5	10	50	90	95	99
3.7 坐姿膝高	441	456	461	493	523	532	549	410	424	431	458	485	493	507
3.9 坐深	407	421	429	457	486	494	510	388	401	408	433	461	469	485
4.6 坐姿臀宽	284	295	300	321	347	355	369	295	310	318	344	374	382	400

宽定为 335 mm。

坐深的深度是指座面的最前端与最后端的距离。为了便于男性小便，座面前端加了挡污件，阻挡尿液流出。水在下落时会首先是水柱形态，之后是麻花状，最后断裂成水滴。根据 Plateau-Rayleigh 不稳定性原理可知，水柱会在离体 15 cm 之后就分裂成为水滴，由于水珠比水柱冲击平面时更容易发生反弹现象，因此挡污件的长度应小于 15 cm。挡污件的长度取为 13 cm。百分位数为 50 的男性与女性的坐深分别为 457 mm 和 433 mm，故坐深=13+(男性坐深+女性坐深)/2=458 mm。

目前，市场上的坐便器的座面宽度一般为 320~340 mm，坐深一般为 440~480 mm<sup>[1]</sup>，板凳的高度一般为 17~25 cm。计算出的壳体座面的坐宽 335 mm、坐深 458 mm 以及坐高 200 mm 均处于正常值范围内，由此可以判断使用时具有一定的舒适性。坐便器壳体采用弧度设计，使产品外观具有流线之美，同时为了提高使用时的舒适度，坐平面的内外圈均具有一定弧度的圆角，能与处于蹲坐状态的臀部相贴合。

### 3.2.2 坐便器壳体结构设计

坐便器壳体内具有容污腔，坐便器壳体上端口设有上缘和承载缘，上缘的前端翘起并与承载缘连接，形成承载部，智能坐便器外观见图 3。

### 3.2.3 坐便器内部结构设计

智能坐便器的内部结构见图 4，坐便器壳体内部的元器件及结构部件有光纤传感器、光纤放大器、电磁阀、加压水喷头、运输带、电动滚筒、挡污板、摩擦轮、隔污板、排污板。当光纤传感器检测到污物下落时，电信号传至光纤放大器将会控制电动滚筒及加压喷头持续工作 3 s。电动滚筒运转带动运输带转动，从而将污物运输到下水口并排出，上下两组加压水喷头分别对运输带及挡污件进行清洗，上下两组加压喷头的水流喷射方向与清洗面的夹角小于 30°，且由于喷射的水流长度小于 15 cm，可有效防止出现污水溅出的现象。位于上方的两个加压喷头的距离和位于下方的加压喷头的长度均略小于运输带的宽度，且挡污

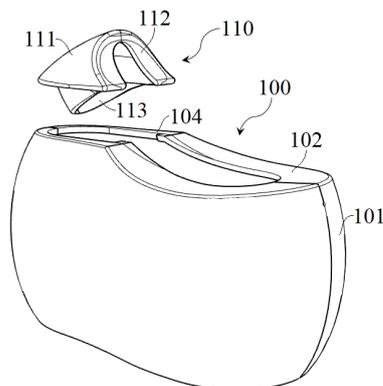


图 3 智能坐便器外观  
Fig.3 Smart toilet appearance

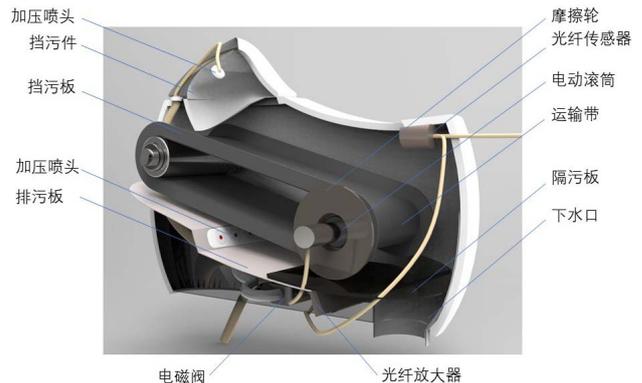


图 4 智能坐便器的内部结构  
Fig.4 Internal structure of the intelligent toilet

板的高度为 5 cm，可有效防止污染其他部件，最终污物通过挡污板引流到下水口。在电动滚筒未工作时，隔污板的位置处于下水口的正上方，封闭住下水口，防止下水口的返味现象。当电动滚筒工作时，电动滚筒将带动摩擦轮同时转动，摩擦轮与隔污板产生摩擦，将隔污板从下水口的位置通过摩擦移动到排污板的另一侧，致使下水口完全打开，当电动滚筒停止工作时，隔污板因重力又滑回下水口上方。

坐便器的外壳采用聚丙烯材料替代陶瓷，该材料具有较好的耐化学性、耐热性、电绝缘性、高强度机械性能和良好的高耐磨加工性能，并且生产成本低于陶瓷，壳体内涂有易清洁的聚四氟乙烯胶面，防止内部污染。运输带的材料采用 PVC 运输带，该运输带表面附有一层具有较小的粘附性的聚氯乙烯胶面，通过加压水流的冲洗便可将运输带上的粪便冲洗干净。在运输带两侧装有挡板，防止污物从两侧溢出。坐便器的壳体可注塑成型，分为左右两部分，通过紧固件等塑料连接方式进行连接，不但便于维修内部机构，同时也节约运输成本<sup>[13]</sup>。通过对金属部件的喷漆处理来防止水蒸气和污物的腐蚀。在电动滚筒外圈安装橡皮套，不但可防止污物与水蒸气进入电机内部，同时也增大了电动滚筒与运输带之间的摩擦力。对于坐便器内部传感器和电动滚筒等电子元器件失效的情况，可联系售后人员进行更换。对于 PVC 运输带出现打滑和疲劳破坏的失效模式，用户可自行打开壳体，更换备用运输带即可继续使用。

在色彩设计上坐便器应与卫浴色调一致，目前卫浴色调大部分为简约的浅色系，而且素雅（瓷白和原木色为主）居多，故坐便器的外壳体颜色可选为白色，也可根据不同的卫浴风格设计成相适应的颜色<sup>[14]</sup>。同时为了使外观具有整体感，可将传感器和喷头一系列元器件安装在马桶内部。

## 4 方案优势

本智能坐便器在耗水量上实现了根据排泄量的多少而进行定量清洗，同时采用加压水喷头进行冲

洗,相对于市场上的马桶,不仅能节省大量的水资源,而且冲洗力度大,冲洗噪音较小。坐便器的壳体方便使用者采用蹲坐的姿势,充分放松耻骨直肠肌,使排便更加通畅。由于增加了挡污件,可方便男性蹲坐时小便。内部的清洁装置能够实现粪便的及时处理,从而避免了马桶堵塞和异味扩散到空气中的现象。由于采用了特有的处理污物和防止返味的装置,可省去水箱和倒S型水封装置,从而节省了坐便器的安装空间。在坐便器的材料上使用聚丙烯代替陶瓷,从而减少了坐便器壳体成本,内部的装置是通过各个标准元器件组装在一起的,适合批量生产,并且维修更换零件较为方便<sup>[15]</sup>。

## 5 结语

人类世界经过了几千年的变化,却从没有出现过科学技术如此快速发展的时代,而马桶是人们日常生活中的必需品,其发展速度极其缓慢,科技元素渗透率较低,需要现代的技术融入在马桶之中,从而提高人们的生活质量<sup>[16]</sup>。本文从节水、智能、人性化3个层次进行了坐便器的设计,设计出的新型智能坐便器能够使人们以舒适的姿势较为顺畅地进行排泄,并且能够减少病菌的传播,保护人体健康。希望借此设计能够在卫浴行业中开拓出一个新的研究方向,使人们的卫浴产品更加卫生,更加智能,更加便于人们的使用。

## 参考文献:

- [1] 白俊峰,王亚平,张婷婷. 人机工程学在设计实践中的应用——以坐便器为例[J]. 工业设计, 2018(5): 24-25. BAI J F, WANG Y P, ZHANG T T. Application of Ergonomics in Design Practice: Taking a Seat Toilet as an Example[J]. Industrial Design, 2018(5): 24-25.
- [2] 金信琴,解佳艺,张闻杰. 基于人因工程学的坐便辅助器设计[J]. 设计, 2017(20): 118-119. JIN X Q, XIE J Y, ZHANG W J. Ergonomic-based Toilet Assist Design[J]. Design, 2017(20): 118-119.
- [3] 檀南泽. 一种重力感应自动冲水装置研究[J]. 河南科技, 2019(10): 38-39. TAN N Z. Study on a Gravity-sensing Automatic Flushing Device[J]. Henan Science and Technology, 2019(10): 38-39.
- [4] 毛玮婧. 卫浴产品的前期基础设计研究[D]. 景德镇: 景德镇陶瓷大学, 2016. MAO W J. Pre-basic Design Research on Sanitary Products[D]. Jingdezhen: Jingdezhen Ceramic University, 2016.
- [5] Oya DEMIRBILEK. Alla Turca: Squatting for Health and Hygiene[J]. The Authors, 2011(1): 271-280.
- [6] 陆毅琛. 欧美人“亚洲蹲”的下肢运动学特征研究[C]. 中国体育科学学会运动生物力学分会: 中国体育科学学会运动生物力学分会, 2018. LU Y C. Study on the Kinematicsofness Characteristics of “Asian squat” in Europe and the United States[C]. Sports Biomechanics Branch of China Sports Science Society: Sports Biomechanics Branch, Chinese Sports Science Society, 2018.
- [7] 王祐. 基于消费升级需求的智能马桶产品设计研究[J]. 工业设计, 2019(10): 64-66. WANG H. Study on the Design of Intelligent Toilet Products Based on the Demand of Consumption Upgrade[J]. Industrial Design, 2019(10): 64-66.
- [8] 马迪红,张丽珍,盛晚霞,等. 环保节能型自动冲水蹲便器的设计[J]. 科技创新与应用, 2015(10): 45-46. MA D H, ZHANG L Z, SHENG W X, et al. Design of Eco-friendly, Energy-efficient Automatic Flush Squats[J]. Technological Innovation and Application, 2015(10): 45-46.
- [9] 魏芙蓉,贾智凯,贾紫茹,等. 智能传感器在优化资源利用中的应用研究[J]. 无线互联科技, 2018, 15(18): 33-34. WEI F R, JIA Z K, JIA Z R, et al. Research on the Application of Intelligent Sensors in Optimizing the Utilization of Resources[J]. Wireless Connected Technology, 2018, 15(18): 33-34.
- [10] DOV SIKIROV. Comparison of Straining During Defecation in Three Positions: Results and Implications for Human Health. Digestive Diseases and Sciences, 2003, 7(48): 1201-1205.
- [11] 李达,姜勇,徐淑芳. 人机工程学[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014. LI D, JIANG Y, XU S F. Ergonomics[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2014.
- [12] 王立柱,肖斌,于贝贝. 患者入院前排便姿势及排便状况与痔病发病的关系探讨[J]. 中国中医药现代远程教育, 2018, 16(10): 56-58. WANG L Z, XIAO B, YU B B. The Relationship Between the Patient's Pre-front Poop Posture and Defecation Condition and the Onset of Dysentery in Hospital[J]. Modern Distance Education in Chinese Traditional Medicine, 2018, 16(10): 56-58.
- [13] 熊先青,吴智慧. 家居产业智能制造的现状与发展趋势[J]. 林业工程学报, 2018, 3(6): 11-18. XIONG X Q, WU Z H. Present Situation and Development Trend of Intelligent Manufacturing in Home Furnishing Industry[J]. Journal of Forestry Engineering, 2018, 3(6): 11-18.
- [14] 刘树老,吴智慧,张军. 基于整体家居的卫浴家具设计探讨[J]. 包装工程, 2015, 36(24): 87-91. LIU S L, WU Z H, ZHANG J. Discussion on the Design of Bathroom Furniture Based on the Whole Home[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(24): 87-91.
- [15] 熊先青,郭伟娟,黄琼涛,等. 家具数字化制造质量管控技术研究[J]. 林业工程学报, 2017, 2(4): 152-157. XIONG X Q, GUO W J, HUANG Q T, et al. Study of the Quality Control Technology in Furniture Digital Manufacturing[J]. Journal of Forestry Engineering, 2017, 2(4): 152-157.
- [16] 吴智慧. 基于宜居生活的智能家具与智能家居[J]. 轻工标准与质量, 2019(5): 21-22. WU Z H. Smart Furniture and Smart Home Based on Livable Living[J]. Light Industry Standards and Quality, 2019(5): 21-22.