

基于关键点的儿童座便器接触面设计方法研究

李倩倩, 赵川

(青岛大学, 青岛 266071)

摘要: **目的** 针对人机接触面设计的复杂性, 提出基于关键点的儿童座便器接触面设计方法, 增加儿童坐便器的舒适性。**方法** 根据儿童身体尺寸制作陶土实验模型, 长宽高尺寸分别为 200 mm×250 mm×173 mm。选取左右两侧坐骨结节和臀沟下缘为接触面关键点, 共有二十位儿童完成了乘坐实验, 每次实验结束后利用柯尼卡美能达公司 (VIVID-910) 激光扫描仪对实验模型进行扫描, 将实验模型转化为有关计算机辅助设计的数字化模型, 并得出关键点坐标数据。以百分位为主要分析手段对样本数据进行典型尺度等级划分, 确定关键点的统计数值。**结果** 利用了 Creo Parametric 1.0 参数化设计软件和关键点坐标数据构建曲面, 完成了儿童座便器设计。**结论** 该方法不仅为儿童坐便器优化提供了新的参考, 而且在人机接触面设计领域具有一定的适用性。

关键词: 儿童座便器; 关键点; 接触面; 产品设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)24-0132-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.24.019

Design Method of Contact Surface of Children Toilet Based on Key Points

LI Qian-qian, ZHAO Chuan

(Qingdao University, Qingdao 266071, China)

ABSTRACT: Considering the complexity of human-product contacting surface design, the work aims to propose a design method for children's toilet seat contact interface based on key points to help increase product comfort. An experimental model of 200 mm×250 mm×173 mm was designed with clay. Left and right chial bones and gluteal cleft were selected as the key points of the contact surface. 20 children participated in this experiment. After each experiment, the experimental model was scanned by (VIVID-910) laser scanner of Konica Minolta, and the experiment model was converted into digital model relevant to computer added design to obtain the key point coordinate data. With percentile as the main analysis means, the sample data were graded according to the typical scale to determine the statistics of key points. The curved surface was constructed with Creo Parametric 1.0 parametric design software and key point coordinate and the design of children's toilet seat was completed. This method not only provides a new reference for optimization of children's toilet seat, but also has certain applicability in design of human-product contact surface.

KEY WORDS: Children' toilet seat; key points; contact surface; product design

人机接触曲面是用户和产品直接接触的部位^[1]。良好的人机接触面不仅提高了用户的舒适性, 而且增加了产品的附加值^[2]。特别是针对儿童产品, 不合理的人机接触面会对儿童生活习惯及身体发育造成严重隐患^[3]。随着“二孩时代”带来的经济影响, 儿童产品受到全社会的关注。据统计, 儿童占家庭消费总开支的 40%^[4]。许多儿童产品, 往往冠以“小”的名

称, 在设计过程中只把产品的尺寸缩小, 没有考虑儿童的身体尺寸和个性需求^[5]。儿童座便器是生活中使用频率较高的产品, 设计不合理的儿童座便器容易对儿童臀部和腿部造成压迫, 存在很大的安全隐患。目前根据使用方式可以将儿童坐便器分为坐凳式和便圈式。坐凳式属于专属儿童的独立小马桶; 便圈式属于直接安装在成人马桶上的儿童坐便圈。由于成人马

收稿日期: 2020-09-05

作者简介: 李倩倩 (1987—), 女, 山东人, 硕士, 青岛大学讲师, 主要从事产品设计、人机工效等方面的研究。

桶太高，儿童不易乘坐，而且大人使用时需将坐垫圈拆卸，便圈式儿童坐便器较为不便，因此，本研究所指的儿童坐便器为坐凳式。儿童坐便器在功能、材料和使用方式上不断创新，但是关于儿童座便器人机方面的研究还较少，没有形成可操作性强、实用性强的具体方法。开发符合儿童的座便器产品，不仅能满足舒适性和健康要求，而且有助于儿童形成良好的卫生习惯。由于儿童坐便器接触面的复杂性，设计过程中所需参数众多。本文尝试通过实验研究获取接触面形态中关键点的变化及映射关系，并以此作为主要依据，构建儿童坐便器触面。

1 关键点数据采集实验

儿童在使用坐便器时，主要是臀部和大腿与坐便器进行接触，此外腘窝和腹部等部位也都承受压力，儿童座便器使用见图 1。坐姿状态下理想的压力分布是坐骨结节部位承受压力较大，然后均匀分散。如果坐骨下的压力过于集中，会压迫局部神经末梢，引起麻木与疼痛^[6-7]。腘窝是人体敏感部位，乘坐高度过高，座面进深过深，都会使腘窝受压。在舒适的坐姿状态下，影响臀部与大腿压力变化的主要因素是接触面形态，其次为接触面的材料和坐姿，因此，实验目的是模拟儿童使用座便器过程，获取臀部和大腿部的人机接触面变化情况，并提出合理的接触面设计方法，提高乘坐舒适性。

1.1 关键点选取

儿童在使用坐便器过程中，体重主要集中在左右两坐骨结节及大腿周围。根据接触面位置，选择左右坐骨结节、臀沟下缘为本次测量的关键点。其中坐骨结节为臀部压力的集中点，也是影响接触面最主要的点。臀沟下缘为臀部的下边界，是臀大肌的主要附着位置，坐姿臀宽和臀部的脂肪分布都会影响该点的位置^[8]，关键点分布见图 2。坐姿状态下，坐骨结节处的压力分布最大，向四周逐渐扩散，到大腿部位降至最低^[9]。此外，坐骨结节与坐姿状态下的压力梯度和主观舒适性相关^[10]。这些部位与座便器接触频率较高，被视为对舒适性影响比较大的关键点，并且直接影响到人机接触面的设计，因此，这些关键点坐标参数是人机接触面设计的基础。

1.2 试验方法

测试样本制作时需要测量儿童的臀宽、小腿加足高、坐深。儿童有他们自身的特点，他们的成长状态并不是每一年都按统一的比例上升的，达到一定的年龄，他们会突然长大，身高与前一年相比猛然高了许多，随着身高的不同他们的腿部和臀部等肢体变化也存在明显差异。儿童坐便器的受众年龄约为十二个月



图 1 儿童座便器使用
Fig.1 Use of children's toilet

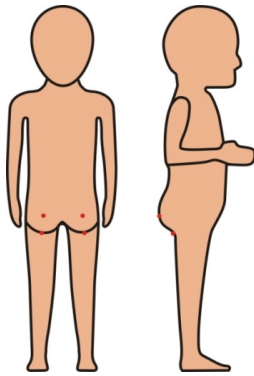


图 2 关键点分布
Fig.2 Key points distribution

表 1 儿童测量尺寸
Tab.1 Children's anthropometric data

测量项目	年龄分组			
	12~15 月	16~19 月	20~23 月	24~36 月
坐深/mm	145	157	166	284
坐姿臀宽/mm	166	170	167	190
小腿加足高/mm	136	148	158	187

到三十六个月之间的儿童^[11]。根据人机工程学资料，获取不同阶段儿童的身体参数^[12]，儿童测量尺寸见表 1。得到十二到三十六个月儿童的坐深、坐姿臀宽、小腿加足高的中位数，分别为 161.5 mm、168.5 mm、153 mm。

研究发现座椅宽度大于坐姿臀宽、座椅深度大于坐深、坐高与小腿加足高接近，有利于获得合理的椅面压力分布^[13]。而且为了使测试模型满足多数儿童的身体数据，增加了基材的长度和宽度。基材的长度定为 200 mm、宽度为 250 mm、高度为 153 mm。在泡沫基材顶部敷有可塑性和收缩性良好的陶土，考虑到被试者的体重因素和陶土的特性，过厚收缩量很大，过薄则陶土变形量不好，厚薄不均测量结果不准确，也容易和泡沫分离等问题，选择把陶土厚度设定为 20 mm，最终，儿童座便器实验模型尺寸为：长×宽×高=200 mm×250 mm×173 mm。

Kolich 等人的研究表明，坐姿接触压力的样本量达到十二，数据的方差分析显著性差异值为 $p<0.05$ ^[14]，因此，本次试验样本量定为二十，即可达到测验影响因素与关键点参数的目的。其中男性十位、女性十位，年龄在十五个月到三十六个月之间，身高为 74.3 ± 16.5 mm，体重为 12.1 ± 2.6 kg，且无臀部受伤记录。被试者坐于实验模型上，并保持自然舒适状态一分钟。通过事先置于关键点的标记物，关键点的位置将在陶土上留下印记，模型关键点标记见图 3。



图 3 模型关键点标记
Fig.3 Key points marked

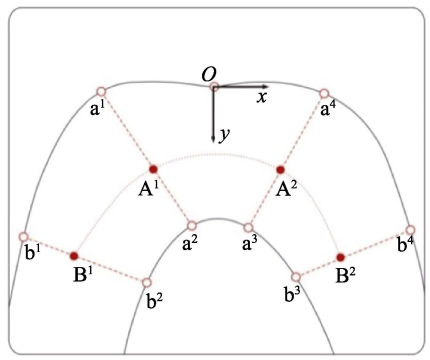


图 5 关键点示意
Fig.5 Diagram of key points

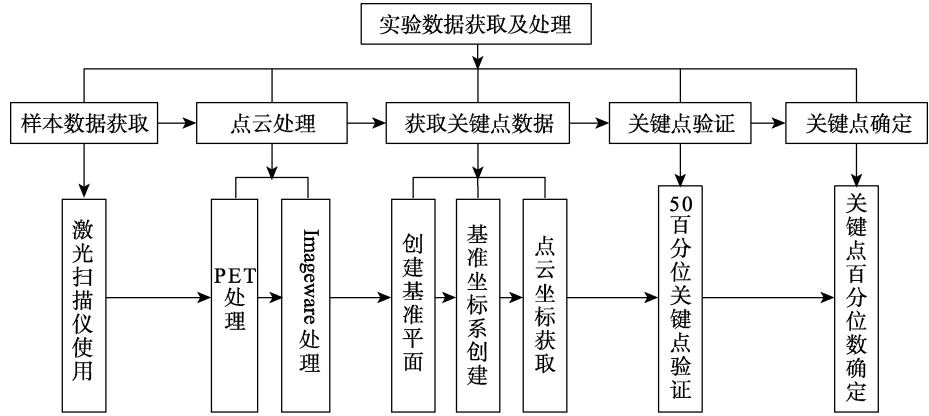


图 4 数据获取及分析流程
Fig.4 Flowchart of data acquisition and analysis

2 基于逆向工程的关键点数据处理

实验数据处理的第一步是逆向工程的应用。逆向工程也称为反求工程，针对已有的产品原型，进行技术再现过程^[15]。利用逆向工程，将实验得到的接触面转化为有关计算机辅助设计的数字化模型，然后获取关键点参数，数据获取及分析流程见图 4。

数据获取采用的是日本柯尼卡美能达公司的 VIVID-910 激光扫描仪。扫描完成后，利用扫描仪自带软件 Poly Editing Tool 对点云进行处理。对于背景点云、噪点和误差点进行删除。将数据导成.asc 格式保存，导入 Image Ware 中，获取关键点坐标信息。要获取选择扫描文件的关键点坐标信息，首先选择三点法创建基准平面。在选择三个点时，要在点云相对平整的三个位置进行选择，避免压力变化对基准平面造成影响。根据这三个点的坐标信息可以求得平面的向量角度，再根据向量角度修正原始坐标。

设定臀部外形上边缘的中点 O 为坐标原点，并以此为基准，测量其他所有关键点尺寸。为便于统计标示，两坐骨结节分别以 A1、A2 表示，臀沟下缘分别以 B1、B2 表示。通过这 A1、A2、B1、B2 四个关键点可以构建一条曲线。再通过 A1 点绘制曲线的垂线，

与臀部外缘线相交，交点表示为 a1、a2。相同的方法可以得到 a3、a4、b1、b2、b3、b4，关键点示意见图 5。

得到二十位被试者的关键点坐标值后，根据公

式：
$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$
，可以得到关键的坐

标均值数据。根据公式：
$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$
，可以

得到标准偏差。根据公式 $P_k = \bar{x} \pm SK$ ，可以得到不同百分位数关键点坐标值，其中第五及第九十五百分位为常用阈值。坐骨结节关键点坐标的均值、标准偏差、第五及第九十五百分位数分别为 $\bar{x}_A$ 、 S_A 、 P_5 、 P_{95} ，坐骨结节关键点坐标均差、标准差、百分位数见表 2。同理，根据臀沟下缘关键点的统计数值，可以得到臀沟下缘关键点数值，臀沟下缘关键点坐标均差、标准差、百分位数见表 3。

理论情况下 A1 与 A2、a1 与 a4、a2 与 a3、B1 与 B2、b1 与 b4、b2 与 b3 都是左右对称的，但在实际测量中由于人体差异，测量结果不一致。为了后续三维模型设计，计算对称关键点的均值，减少实验的差异性。

表 2 坐骨结节关键点坐标均差、标准差、百分位数
Tab.2 Coordinate mean difference, standard deviation, and percentile of key points at chial bone

编号	A1			A2			a1			a2			a3			a4		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
$\bar{x}_A$	-39	52	-8	36	43	-7	-55	0	0	-9	77	0	12	86	0	65	0	0
S_A	6	5	2	3	4	3	4	2	0	3	4	0	4	6	0	5	2	0
P_5	-53	39	-14	27	33	-15	-65	-5	0	-18	67	0	2	71	0	51	-6	0
P_{95}	-30	60	-5	41	49	-2	-48	3	0	-4	84	0	18	95	0	73	4	0

表 3 臀沟下缘关键点坐标均差、标准差、百分位数
Tab.3 Coordinate mean difference, standard deviation, and percentile of key points at gluteal cleft edge

编号	B1			B2			b1			b2			b3			b4		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
$\bar{x}_A$	-68	103	-5	77	107	-5	-91	75	0	-39	112	0	32	119	0	110	98	0
S_A	6	6	2	5	6	2	6	6	0	5	6	0	5	5	0	6	3	0
P_5	-83	88	-10	63	91	-10	-108	60	0	-53	97	0	20	107	0	93	89	0
P_{95}	-60	113	-2	86	118	-2	-81	86	0	-30	120	0	40	127	0	120	104	0

3 关键点数据映射的形态设计

由于身体尺寸的差异，关键点 A1、A2 坐标值均存在不同的变化。尺寸较小的儿童在 x、y 方向可以轻松移动调节至舒适的位置，尺寸较大的儿童调节至较小尺寸比较困难，因此选择第九十五百分位数值以符合大尺寸儿童的需求。对 z 坐标值，较高的百分位，小腿无法放置在地面上，难以获得支撑。较低的百分位，臀部与椅面“弹性支撑过大，因此选择第五百分位数值以符合更多使用者。关键点 a1、a4 坐标值取第九十五百分位。关键点 a2、a3 坐标值取第五百分位。使座便器与人体的接触面更大，适应大尺寸儿童的需求。

臀沟下缘 B1、B2 关键点决定大腿与座便器的接触。关键点的 x、y 坐标采用第九十五百分位大尺寸，使腿部活动更加灵活。z 坐标值选择第五百分位数值以符合更多使用者。关键点 b1、b4 坐标值取第九十五百分位。b2、b3 坐标值取第五百分位。能使腿部保持自然放松状态，避免出现过多的强迫体位。

Creo Parametric 1.0 是一款基于参数化设计的三维设计软件，广泛应用于工业设计、机械设计、功能仿真等众多领域^[16]。根据关键点坐标值，输入 Creo Parametric 1.0，通过确定关键点的空间三维坐标，并对关键点进行连线，构建座便器人机接触面的基本框架，接触面创建见图 6。人机接触面形状流畅，比例正确，验证了测量结果符合臀部形状。

根据得到的人机接触面，对儿童座便器进行详细设计。将过渡处和转折处进行圆角处理，突出儿童坐便器圆润的特点，给人温馨的视觉感受。综合考量儿童便器表面的流畅性、美观性，去除造型矛盾的部分、保留人机接触面的特征，再对儿童座便器的底座进行设计，可以最终得到儿童座便器三维模型见图 7。

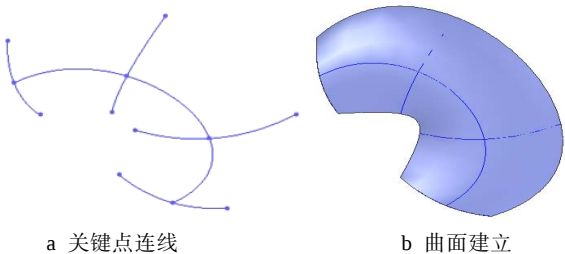


图 6 接触面创建
Fig.6 Creation of contact surface



图 7 儿童座便器三维模型
Fig.7 Three-dimensional model of children's toilet

4 结语

本文基于实验数据获取关键点坐标，并建立人机接触面，以此完成儿童坐便器的形态设计。基于关键点的设计方法着重以用户使用产品的过程为分析对象，综合考虑产品的人机接触面及关键点参数。并以用户肢体动作及产品功能性为主要原则对关键的参数进行选择。基于关键点的人机接触面设计方法，可为儿童座便器设计提供一定的参考，同时为舒适性研究奠定了基础。但本文不足之处如下：各关键点之间的关联性还需优化；较少考虑被试者体重对接触面的影响程度；在后续研究中尝试采用压力坐垫进行实验并对该方法进行验证，这将是今后工作的重点。

参考文献:

- [1] 赵川, 余隋怀, 王磊. 不同采样密度下体压分布特征[J]. 浙江大学学报, 2019(2): 268-274.
ZHAO Chuan, YU Sui-huai, WANG Lei. Body Pressure Distribution Characteristics in Different Sampling Densities[J]. Journal of Zhejiang University, 2019(2): 268-274.
- [2] 卢纯福, 刘肖健, 李桂琴. 人机接触面形态设计的数据映射模型[J]. 计算机集成制造系统, 2009(5): 900-904.
LU Chun-fu, LIU Xiao-jian, LI Gui-qin. Data Mapping Model of the Design of Human-product Contacting Interface[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2009(5): 900-904.
- [3] GOUVALI M, BOUDOLOS K. Match Between School Furniture Dimensions and Children's Anthropometry[J]. Applied Ergonomics, 2006, 37(6): 765-773.
- [4] 罗碧娟. 探析儿童产品的色彩设计[J]. 包装工程, 2008, 29(2): 177-178.
LUO Bi-juan. Analysis of Color Design for Children Product[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2): 177-178.
- [5] 邵卡, 潘祖平. 未来学前期儿童产品开发走向分析[J]. 包装工程, 2010, 31(4): 113-116.
SHAO Ka, PAN Zu-ping. Analysis of the Development of Future Preschool Children Products[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(4): 113-116.
- [6] DE M. Sitting Comfort and Discomfort and the Relationships with Objective Measures[J]. Ergonomics, 2003, 46(10): 985-997.
- [7] VERVER M. Aspects of Seat Modelling for Seating Comfort Analysis[J]. Applied Ergonomics, 2005, 36(1): 33-42.
- [8] KOLICH M. Ergonomics Modelling and Evaluation of Automobile Seat Comfort[J]. Ergonomics, 2004, 47(8): 841-863.
- [9] 李霞, 杨随先. 自行车鞍座的人机工程分析[J]. 机械, 2009, 36(2): 56-59.
LI Xia, YANG Sui-xian. Ergonomics Analysis of Bicycle Saddle[J]. Machinery, 2009, 36(2): 56-59.
- [10] 李娟, 徐伯初. 基于人体压力分布的座椅形面优化设计[J]. 汽车工程, 2017.
LI Juan, XU Bo-chu. Optimization Design of Seat Shape Surface Based on Body Pressure Distribution[J]. Automotive Engineering, 2017.
- [11] 毛舒婷. 宝宝坐便器的选购经[J]. 家庭医生, 2015(15): 24-25.
MAO Ting-ting. Baby Toilet Selection[J]. Family Physician, 2015(15): 24-25.
- [12] ALVIN R. The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design[M]. Wiley: Revised Edition Edition, 2001.
- [13] 陆剑雄, 张福昌. 坐姿理论与座椅设计原则及其应用[J]. 江南大学学报, 2010(9).
LU Jian-xiong, ZHANG Fu-chang. The Ergonomics Research of Sitting Posture Theory and Chair Designing Principles[J]. Journal of Southern Yangtze University, 2010(9).
- [14] OLICH M. Predicting Automobile Seat Comfort Using a Neural Network[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2004, 33(4): 285-293.
- [15] 李响, 张海敏, 徐人平. 逆向工程在工业设计中的应用[J]. 轻工机械, 2010, 28(1).
LI Xiang, ZHANG Hai-min, XU Ren-ping. Application of Reverse Engineering to Industrial Design[J]. Light Industry Machinery, 2010, 28(1).
- [16] 吴江奎, 史庆春. 基于 CreoParametric 软件平台的混合式建模方法研究[J]. 机械设计, 2013, 30(2): 105-107.
WU Jiang-kui, SHI Qing-chun. Research on Hybrid Modeling Method Based on Platform of Creo Parametric Software[J]. Journal of Machine Design, 2013, 30(2): 105-107.