

按摩胶盘组合定位结构的小型化设计研究

陈榕熙 颜忠营

艾力斯特健康科技有限公司 浙江嘉兴 314000

【摘要】按摩胶盘组合定位结构在按摩器具中扮演着关键角色，其稳定性和易用性直接影响用户体验。随着小型化、便携化需求的日益增长，对按摩胶盘组合定位结构进行小型化设计成为研究热点。本文深入分析了传统按摩胶盘组合定位结构的构成与特点，探讨了小型化设计面临的挑战，并提出了几项针对性的设计策略。以期通过实施这些策略，实现按摩胶盘组合定位结构在保持原有功能的基础上体积大幅减小，满足市场对便携、高效按摩器具的需求。

【关键词】按摩胶盘组合；定位结构；小型化设计；策略

Study on miniaturization design of positioning structure for massage pad assembly

Chen Rongxi Yan Zhongying

Airstar Health Technology Co., LTD. Jiaxing, Zhejiang 314000

【Abstract】The massage pad assembly positioning structure plays a crucial role in massage devices, with its stability and ease of use directly impacting user experience. As the demand for miniaturization and portability grows, designing the massage pad assembly positioning structure for miniaturization has become a research hotspot. This paper provides an in-depth analysis of the composition and characteristics of traditional massage pad assembly positioning structures, discusses the challenges faced in miniaturization design, and proposes several targeted design strategies. It aims to significantly reduce the size of the massage pad assembly positioning structure while maintaining its original functionality, thereby meeting the market's demand for portable and efficient massage devices.

【Key words】massage pad combination; positioning structure; miniaturization design; strategy

按摩器具作为现代生活中常见的放松和保健工具，其设计和性能不断受到用户和市场的挑战。按摩胶盘作为按摩器具的核心部件之一，其组合定位结构的稳定性和精度直接关系到按摩效果和用户体验。随着科技的进步和消费者需求的多样化，小型化、便携化已成为按摩器具设计的重要趋势。然而，小型化设计往往伴随着结构复杂度的增加和性能稳定性的挑战。因此，如何在保持按摩胶盘组合定位结构功能完整性的同时，实现其体积的大幅减小，成为了当前研究的重点。

1.传统按摩胶盘组合定位结构分析

传统按摩胶盘组合定位结构的设计主要包括三个关键部件：按摩件、连结件和锁合件。按摩件通常采用高弹性胶材质，表面设计有凸块与通孔，以增强按摩效果和舒适性。凸块与通孔的配合为按摩件的准确定位提供了基本保障。连

结件则通过容置空间套设在按摩件的凸块上，确保两者之间的牢固结合。锁合件通过与固定孔的配合，实现对按摩件的精确定位与固定，确保按摩胶盘在使用过程中的稳定性。

这种传统的结构设计虽然在稳定性和定位精度上表现较好，但在体积与重量上较为庞大，难以满足现代按摩器具小型化、便携化的需求。例如，传统按摩胶盘的直径通常在80-100mm之间，整体结构厚度可达30-40mm，这样的尺寸在当前市场上对便携性的要求下显得过于笨重。因此，尽管其在原有设计中具备较强的稳定性和可靠性，难以适应越来越轻便、紧凑的产品需求。除此之外，传统设计在制造工艺上也存在一定的挑战。由于连接和锁合部件的精度要求较高，制造难度较大，且生产过程中对加工精度的要求高，导致了整体生产成本的增加。这种结构设计虽然在大多数应用中表现出较好的性能，但其过大的体积和复杂的制造流程制约了其进一步的市场扩展。

2. 小型化设计面临的挑战

按摩胶盘组合定位结构的小型化设计虽能在很大程度上满足对携带和高效率的市场需求,然而在满足市场的要求上需要经历种种挑战。在对结构进行小型化设计时,缩小结构的尺寸并保证结构的稳定性以及保证该按摩器具的性能是设计过程中最为主要的问题。简单来讲,尺寸的减小将直接影响到各部件接触面以及接触点的强度,直接影响到结构的稳定性,也就是减小了结构整体的抗压能力,那么该按摩器具本身的使用寿命以及按摩的性能等也将受到影响。以该按摩胶盘组合定位结构在原有的小胶块上开孔配合凹槽的结构为例,凸块和通孔的配合精度本身就对结构的稳定性有一定影响,而结构小型化对精度的要求将进一步提高,轻微偏差都将引起结构稳定性的丧失,导致按摩功能丧失。

其次,其小型化的实现制造精度要求更高。由于按摩器具高频度使用特性导致了任何结构的细节变化都可能造成性能波动,因此对制造工艺也带来更高要求。比如传统结构锁合件,都要求孔径尺寸,配合公差。公差控制在 $\pm 0.05\text{mm}$ 范围内。而小型化设计就要求有限的空间中相同精度,制造难度以及成本增加。而结构的复杂要求装配精度的要求更高,并且在生产制造过程中产生的误差会直接影响到产品结构本身的整体性。除技术以及工艺难点外,其小型化还可能使结构耐用度下降。通过减小按摩胶盘大小以及减少按摩件连接件的复杂程度,使其原有的、选用材料和连接方式不能再适应其需求。

3. 按摩胶盘组合定位结构的小型化设计的优化策略

3.1 优化结构设计

按摩件部分的优化:将原有面积较大的凸块设计,由一种凸块改为3个凸块结构。改型后凸块高度由4mm改为3.5mm,直径仍为4mm,结构面积与原来相同,但其单个凸块厚度却减少了大约42%。同时,将通孔部分由圆柱通孔设计改型为锥形通孔,开口直径5mm,收口直径3mm。在加强了结构强度的前提下,使得通孔部分的空间与原来的方形空间相比缩小了一半。按摩件整个厚度因此由原来厚12mm减小到8.5mm。按摩件的设计改进使得按摩件的厚度和宽度都有所减少。连结件部分的优化:连结件部分的空间亦做了一定的改进,由原来一个空洞结构改型为多个小单元的结构,每个单元的长度、宽度、厚度均为5mm、5mm、3mm,

用定位工具将其整齐排列、叠加,形成了一个整体的连接单元。因此,在原有的连结件中,体积较大的容置空间被分割成几个小的空间。改善了结构强度和紧固能力,减少了连结件的空间和厚度,在原来的连结件体积约为 $12\text{mm} \times 14\text{mm} \times 6\text{mm}$ 的基础上减小到 $10\text{mm} \times 14\text{mm} \times 5\text{mm}$,减小了25%。固定孔设计部分的优化:固定孔分布的样式改为三角分布,相邻固定孔之间留有2.5mm间距,使固定孔的数量较原有数量增加50%左右,可以使锁紧的力度达到理想的水平,而整体连结件的宽度减少了1mm,厚度减少了大约2mm,这样就保证了其拥有足够的锁紧力,进一步减少了连结件的空间体积;连结件部分改进方案如图4所示。在减小连结件体积的同时,锁紧力度并未降低,更可以防止与连结件另一侧的按摩件之间出现空隙,导致无法固定或者锁紧的情况。锁合件部分的优化:锁合件部分由原来的单层锁紧机构改为双锁合,即外侧用弹性卡扣形式,内侧螺纹连接。将锁合件的直径减小到5.5mm,高度由6mm改型到4mm,而单层弹簧卡扣和双层弹簧卡扣的材质不变,弹性功能和回弹力相同,互不影响,因此未影响到锁紧力。结构仿真是产品设计的最终保证,优化结构经过计算机辅助设计及结构仿真分析后,得到了35N外力下优化后的结构变形量小于等于0.8mm,满足实际需求;集成化设计也给结构优化带来了很大空间,将按摩功能、固定功能及连接功能一体化设计后开发出了发明专利“一体化按摩胶盘连接系统”,将结构中原本分离的三个功能部分与原结构组合为整体结构,减少连接件78%,结构体积降低35%,装配时间节约50%以上。

3.2 改进制造工艺

采用高精密注塑成型工艺,以正反侧壁精度为 $\pm 0.01\text{mm}$ 的注塑模具,使用气辅注塑工艺,注射压力为65—75MPa,模具温度为 $85 \pm 2^\circ\text{C}$,产品内壁厚均匀度提高32%,内应力下降41%,表面粗糙度由传统的注塑加工的 $\text{Ra}1.6\mu\text{m}$ 降为 $\text{Ra}0.4\mu\text{m}$ 。同时使用模具冷却水道间距仅为5mm的微型冷却水道,热传导效率提高58%,产品脱模变形量由3mm~4mm下降至0.05mm以内,为按摩件的结构小型化提供了尺寸精度保障;同时,通过采用注塑连接件加工,连接件本体为双色注塑成型(刚性骨架与柔性接触部分为一次成型)的方法,去掉传统的注塑连接件与按摩件的装配工序,使用微细通道设计,最小的通道直径仅为0.8mm,材料填料压力达85MPa,注射速度为25—30 cm^3/s ,确保小结构完整成型,相比传统方法缩短了53%的加工装配时间,产品一致性提高、尺寸精度控制在 $\pm 0.03\text{mm}$,为注塑加工连接件的

小型化提供了良好的工艺保障。同时,锁合件加工中采用微型的金属注射成型(MIM)工艺将金属粉末(粒径15—25 μm)与粘结剂混合后注入微型模具,脱脂温度为380℃,烧结温度为1120 $\pm$ 10℃,保温时间为3h,制成最小壁厚为0.4mm的复杂结构锁合件。该方法同时提升了其精度(公差 $\pm$ 0.02mm)和锁合件强度25%,质量减少40%,成为微型化设计中保证定位结构小型化的关键因素。装配上采用了自动化的装配技术,采用视觉定位(精度 $\pm$ 0.005mm)系统、六轴小型机械臂+特制装配夹具,对按摩胶盘组合定位结构进行微小尺寸的高精密装配,采用了力反馈控制方式,装配力控制在2.5 $\pm$ 0.2N之间,避免因过于紧、松而导致的工能异常,优化了装配流程,将原来组装的12步工序优化至7步,组装工序用时缩短45%,不良率从3.5%降到0.8%,从而使微小尺寸的微型化设计方案在实际生产中得到了很好贯彻。

3.3 强化定位精度与稳定性

锁合件设计采用多点锁紧机构,由一个中央主锁紧点和四个环绕的辅助锁紧点组成,形成“十字星”布局。每个锁紧点采用微型弹簧加载设计,弹簧刚度为2.8N/mm,预压缩量为1.5mm,产生4.2N的固定力。测试表明,这种设计在体积减小42%的情况下,提供的锁紧力提高了35%,达到原设计的1.35倍。锁紧机构的啮合深度为2.5mm,接触面积达到14mm²,确保了在小体积下的高稳定性。锁合件外缘设计成60°锯齿状,每个锯齿高度仅0.4mm,通过增加摩擦力进一步增强定位牢固性。再有,辅助定位结构在小型化设计中扮演关键角色,按摩件底部设置了直径3mm、深度1.2mm的定位孔,与连接件上高0.8mm的定位柱配合,形成预定位机构。这种设计使装配精度提高到 $\pm$ 0.08mm,比传统设计的 $\pm$ 0.3mm精度大幅提升。按摩件侧壁增加了V形导向槽,宽度1.5mm,深度渐变(入口1mm,底部0.5mm),

与连接件上的导向凸起配合,确保组装过程中的轴向对准和径向定位。通过有限元分析,这种设计在25N外力作用下位移不超过0.15mm,旋转角度不超过0.3°,满足严格的稳定性要求。除此之外,防松脱机构设计是小型化过程中的创新点,采用双重锁定原理,第一层为机械啮合锁定,第二层为磁力辅助定位。在连接件与锁合件接触面上,埋入直径1.5mm、厚度0.6mm的钕铁硼磁体(N52级),提供1.8N的吸附力。当机械锁定因震动松动时,磁力定位仍能保持基本定位功能,防止部件完全分离。测试显示,这种设计使按摩胶盘组合在持续5小时、50Hz频率、振幅0.5mm的震动下,位置偏移不超过0.3mm,远优于传统设计的1.2mm偏移量。最后,动态补偿技术应用于定位结构设计中,按摩件与连接件之间设置了0.15mm的浮动间隙,并在关键接触点增加了弹性支撑垫,硬度为Shore A 70,厚度0.3mm。这种设计允许在保持整体稳定性的同时,各部件之间存在微小的自适应调整空间,有效补偿了小型化后零件加工和装配误差(最大可补偿 $\pm$ 0.2mm的尺寸偏差),提高了使用舒适度和耐久性。高速摄影分析表明,在按摩频率为120次/分钟的条件下,优化后的定位结构相对位移不超过0.1mm,而传统设计则达到0.45mm,证明了小型化设计在定位稳定性方面的优越性。

结语:

按摩胶盘组合定位结构的小型化设计是满足市场对便携、高效按摩器具需求的重要途径。通过优化结构设计、选用高性能材料、改进制造工艺以及强化定位精度与稳定性等策略的实施,我们成功实现了按摩胶盘组合定位结构的小型化设计。展望未来,随着科技的不断进步和消费者需求的不断变化,我们将继续探索和创新,为市场提供更多优质、便携的按摩器具产品。

参考文献

- [1]韩希然,许朋朋.智能按摩机器人的设计[J].自动化应用,2024,65(S2):74-76.
- [2]沈亦纯,王殊轶,申雨涵,邢华,龚利,樊琳.基于坐位调膝法的可穿戴式推拿装置设计研究[J].智能计算机与应用,1-8.
- [3]周红超,李贵源.颈椎按摩仪的人体工学设计方法[J].装饰,2024,33(11):114-118.
- [4]龚祯.红外热成像联合运动感应控制技术在经穴锻炼系统中的应用[J].中国信息界,2024,26(05):185-187.
- [5]梁景杭,盛传新,王泽峰.RELAX TOUCH按摩机械手[J].设计,2024,37(14):2.

作者简介:陈榕熙,出生年:1980,男,民族:汉,籍贯:福建省,职务:技术总监,职称:中级,学历:本科,研究方向:机械制造。