

按摩式花洒的结构缺陷分析及其改善设计

胡星晔

(福建船政交通职业学院 机械工程系, 福州 350007)

摘要:以按摩式手持花洒为研究对象,以某公司某型号产品的数据为基础,介绍了按摩水功能的形成原理,针对该类产品在使用过程中存在的水花扭转斜射、出水不畅和飞水等问题,分析了产生的原因,并通过调整进出水面积比值、改变叶轮形状、增加凸筋沉孔结构、调整长径比等方法进行了改善设计。验证性实验表明,改善设计后的花洒流出的按摩水均匀顺畅,冲击力度适当,具有良好的按摩功能。

关键词:按摩式花洒;结构缺陷;水花

中图分类号:TH162 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2019)06-0067-06

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2019.06.016

Structural Defect Analysis and the Improved Design of Massage Shower

HU Xing-ye

(Department of Mechanical Engineering, Fujian Chuanzheng Communications College, Fuzhou 350007, China)

Abstract: With massage shower as the research object, the data of a company's certain product as the basis, the formation principle of water's massage function is introduced. This paper analyzes the causes for some problems in this product, such as twisting, oblique, unsmooth and scattering spray. Then the improved design is proposed through adjusting the ratio of inlet to outlet water area, changing the impeller shape, adding the convex rib and counter-bore and adjusting the ratio of length to diameter. The verification experiment shows that the improved massage shower could produce smooth and well-distributed outflow, appropriate impact and could fulfill the effective massage function.

Key Words: massage shower; structural defect; spray

花洒,又称莲蓬头,原本是一种用于浇灌花草、盆栽及其他植物的装置,后来有人将之改作淋浴之用,使之成为浴室中常见的装置。花洒按形式可分为手持花洒、头顶花洒和侧喷花洒;按出水方式可分为一般式、涡轮式、按摩式、约束式、轻柔式等。作为淋浴用的花洒,通过水流

和水量控制,不仅满足了人们的简单冲洗需要,而且更是现代人享受物质生活的重要工具^[1]。

1 手持花洒的基本结构和功能原理

1.1 花洒基本结构

一个普通的多功能手持花洒外观如图 1 所示,其基本结构分为花洒本体、固定盘、分水片、

基金项目:2018 年福建省中青年教师教育科研项目(JZ180354)

作者简介:胡星晔(1981—),女,福建福州人,讲师,硕士,主要从事机械设计、模具加工、增材制造研究。

隔水板、出水面板、水道、装饰面板、尾套(图 2), 装配花洒所需要的主要零件有猫眼垫、切换弹珠、弹簧、密封 O 型环等(图 3)。



图 1 手持花洒外观

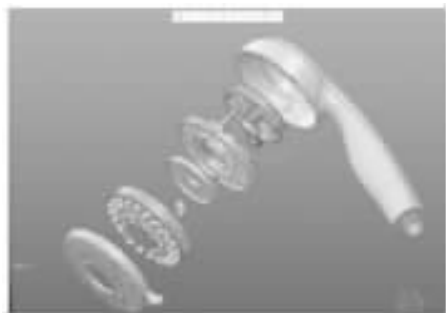


图 2 手持花洒基本结构



图 3 装配用零件

1.2 花洒不同水流功能的实现原理

市面上大多数花洒是通过调整分水片形成相应的水路的。首先,在花洒组装之前,先将具有切换效果的弹珠和弹簧以及防止漏水的猫眼垫与 O 型环等零件按对应位置装好;其次,将隔水板与装好叶轮的出水面板焊接(图 4),再与分水片的正面(图 5)进行超声波焊接;再次,将手持花洒本体与固定盘通过焊接(超声波或加热)结合在一起(图 6),形成一个基底;最后,与焊接好的出水面板组装,此时固定盘与分水

片的背面(图 7)结合在一起,达到连接本体和转动的效果。



图 4 隔水板(白)与出水面板(黑)



图 5 分水片正面图



图 6 本体和固定盘



图 7 分水片背面图

在使用时,通过转动手持花洒的出水面板,带动分水片进行切换,使水通过不同的水孔,由此形成气泡水、按摩水、喷雾水和瀑布水等不同功能的水流,其中输出的按摩水水流强劲有力,且呈间断性倾注,刺激身体的每个穴道,能达到按摩功能。这也是市面上常见花洒的主要功能之一。本文即是对某公司某型号按摩式手持花洒水流所出现的问题进行分析。

2 按摩式花洒的工作原理及结构类型

2.1 按摩式花洒的工作原理

按摩式花洒的工作原理是:当水通过隔水板上的斜水孔时,形成的水柱冲击出水面板或面板侧壁从而形成高速水流,水流带动叶轮旋转,叶轮在旋转过程中有频率地切断部分出水孔,从而形成脉冲水花,由于脉冲水花拍打在身体上能起到按摩作用,故称之为按摩水。

2.2 按摩式花洒的结构类型

按摩式花洒需要通过斜水孔形成高速水流,斜水孔主要有两种类型:顶冲式斜水孔和侧冲式斜水孔。顶冲式斜水孔(图8)是在隔水板上设计斜水孔以达到水流冲击出水面板的目的,由于需形成水流旋转效果,故高度方向的空间需求较大;侧冲式斜水孔是将其与叶轮设计在同一个平面上,这样水流对叶轮的冲击最为直接,而且斜孔的延伸线和转子内圈相切,可最大化利用斜水孔对水流形成的有效冲击力,同时斜水孔的壁厚至少需要2.0 mm,且要保证有足够的导程,以满足冲击力要求。



图8 隔水板顶冲式斜水孔

3 按摩式花洒的主要缺陷及其原因分析

在实际应用中,某公司某型号的按摩式花洒主要存在水花扭转斜射、出水不畅和飞水等问题。

3.1 水花扭转斜射

注塑成型产品原则上都是依据规格和标准来制造的,但在实际注塑生产过程中往往会出现各种各样的问题。经分析,花洒按摩水花出现扭转斜射主要是由于零部件在注塑生产过程中产生缩水变形或斜水孔设计不合理所致。

3.1.1 塑件缩水变形

缩水变形是指注塑件表面上出现凹陷或内部空洞^[2],由于隔水板、出水面板、叶轮等多为塑件,在实际注塑生产过程中,模具的流道设计、浇口位置以及冷却效果对成品都有较大影响,特别是当壳体件壁厚不均时,更易引起产品各方向的收缩或冷却不均^[3],导致缩水变形,从而影响出水孔的形状,造成水花扭转斜射。

3.1.2 斜水孔设计不合理

淋浴花洒射流场是由多个单束射流按一定规律排列组成的,单束射流速度场主要由初始段、基本段和消散段构成^[4]。初始段较短,消散段冲洗能力较差,基本段是由出水射流与空气介质互相掺混而形成的紊流混合区,在该段中射流束充分表现出紊动特性,所以淋浴花洒主要用到出水射流的基本段击打皮肤表面^[5],特别是按摩式花洒,必须在脉动的射流作用下才能达到舒适按摩和清洁作用。若斜水孔设计不合理,将导致水流吸卷空气能力减弱,从而影响射流束紊动特性,进而造成水花扭转或斜射。这是由于当射流离开喷孔后即开始吸卷空气,在射流的外层边界上,射流与周围空气间产生剧烈的动量和能量交换,原来相对静止或者具有微小层流流动的空气在高速出水射流束的影响下会出现极不稳定的回旋和反吸,造成周围空气介质出现负压区,从而影响射流束冲击力。此外,由于按摩式水花并非单孔单束喷射,相邻斜水孔射流边界间还将相互影响,这些都是在设计过程中需要考虑的问题。

3.2 出水不畅

按摩式花洒在使用过程中产生出水不畅问题,主要有以下两点原因。

3.2.1 叶轮设计不合理

叶轮的工作原理是:一定压力的水通过隔

水板里的斜水孔所形成的水柱,在腔体内形成涡流带动叶轮转动,或是直接冲击叶轮使其旋转。实际情况中,叶轮设计不合理容易出现出水不畅的问题,特别是半月形叶轮更易出现此类问题。这是由于按摩式花洒正常运转时,半月形叶轮尺寸偏小或内外径与出水面板的按摩水区域不同心,易造成叶轮与出水面板摩擦,甚至碰撞;而且叶轮的材质一般是 ABS,出水面板的材质一般是 POM,材质的耐磨性 POM 弱于 ABS^[6],久而久之,出水面板磨损形成缺口,从而造成叶轮卡死,导致出水不畅。

3.2.2 腔体压力不平衡

按摩水出水不畅的另一个原因是腔体压力不平衡。腔体内压过低会导致无法形成涡流,腔体内压偏大会导致叶轮贴死不转。

3.3 飞水

飞水是指水柱在出水孔不是以一条完整的水流出水,而是以爆炸式的形状出水(图 9),飞水是花洒产品在使用过程中最直观的缺陷。导致飞水的原因有很多,其中最主要的有:①叶轮与出水面板匹配有问题,这点已在 3.2 中分析,不再赘述;②孔径与出水孔的长径比较低,即按摩水的导程过短,且直径又大,不容易形成一条水柱,故形成爆炸式水花;③出水孔设计欠缺,采用直孔设计,由于没有设计角度,整圈的水柱容易内缩聚集到一起,从而引起飞水。



图 9 飞水

4 改善方案

4.1 水花扭转斜射的改善方案

4.1.1 减少塑件缩水变形

在进行产品零部件工艺设计时,尽量减少不必要的壁厚变化或做到合理的壁厚过渡,注塑生产过程中,对于壁厚偏大的位置可以适当

提高模温、延长保压时间^[7-8],以确保产品有充足的时间冷却,并合理布置浇口位置和冷却水分布,必要时可在易缩水的位置开设排气槽,解决模具排气不良的问题。

4.1.2 合理开设斜水孔

斜水孔分布、数量及其角度设置都将对喷射流水花产生重要影响。对按摩式花洒而言,适当的喷射冲击力是避免其出现水花扭转斜射的重要因素之一^[9]。本文所述按摩式花洒斜水孔的结构类型为顶冲式斜水孔,由 2.2 分析可知,当直线段较小、夹角较大时水流的垂直冲击力最强,因此,在工艺上可采用适当增加斜水孔喷射角角度、减少隔水板的出水孔数量、使同一圆周方向的斜水孔规格和间距相同等措施来避免水花斜射。斜水孔的具体参数如下:

(1)R 角 0.5 mm:斜水孔底面和侧面的相交处加 R 角 0.5 mm,避免焊接应力而导致斜水孔开裂(图 10)。

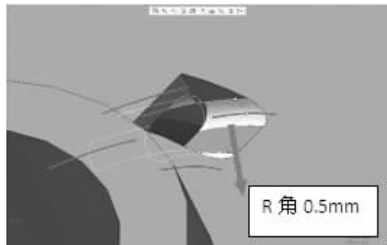


图 10 顶冲式斜水孔 R 角放大图

(2)厚度 0.8 mm:设计成这个尺寸是防止在超声波焊接时斜水孔被震裂或变形,这也是注塑填充所必需的最小尺寸(图 11)。

(3)直线段 1.5 mm 和角度 16°:直线段的长度和斜水孔角度是形成按摩水涡流所必备的条件,通过调整这两个数值能控制按摩水腔体内的涡流速度或水流直接打击转子的力度,通常直线段应控制在 0.5~1.5 mm,斜水孔角度应控制在 15°~20°。实验证明,当直线段较小、夹角较大时水流的垂直冲击力最强,适用于以下几种情况:(a)按摩水流直径较大的场合;(b)叶轮占整圈直径的范围较小的情况;(c)对启动压力要求较低,能在很低的压力时启动,即按摩水能正常运作。当直线段较大、夹角较小时水流的横向冲击力最强,此时按摩水腔体内最容

易形成涡流,适用于以下两种情况:(a)整圈的叶轮形状设计;(b)叶轮顶面距离隔水板很近,无上下移动的空间。通过实验分析,产品最终取值为直线段 1.5 mm 和角度 16° (图 11)。

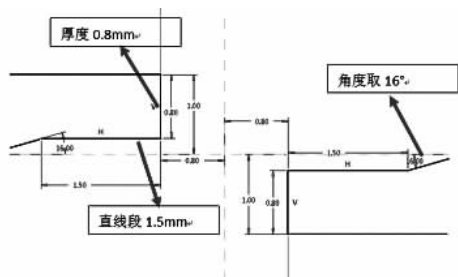


图 11 顶冲式斜水孔剖面草图

4.2 出水不畅的改善方案

4.2.1 解决叶轮卡死问题

叶轮卡死问题的改善方案是:将叶轮尽可能设计成整圈的,叶轮的內径与出水面板的內径做到拔模方向一致,配合间隙为 0.2 mm(图 12),并保证生产出来的零件配合间隙均匀(图 13),且在可能碰撞的地方做 R 角。同时在叶轮与出水面板接触的面设计高 0.3 mm 的抬高筋条(图 14),如此设计,一是可大幅度减少叶轮对出水面板的摩擦,缩小它们的摩擦面积;二是当叶轮在腔体内受到的压力偏大时,被遮住的孔由于抬高筋条的存在能起到泄压的作用,避免叶轮贴死在出水面板上。

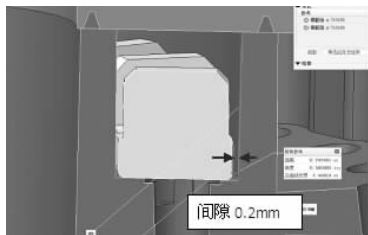


图 12 配合间隙 2.0 mm



图 13 出水面板和叶轮配合图

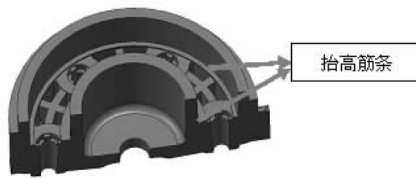


图 14 出水面板与叶轮设置抬高筋条

4.2.2 解决腔体压力不平衡问题

当腔体内压不足时,按摩水出水孔的出水面积大于斜水孔的进水面积,可采用减少出水孔数量的方法解决,但在实际生产中由于改模比较繁琐,故往往是在斜水孔上开直孔,以便引入更多的水流。而当腔体内压偏大时,一般是增加按摩水出水孔数量,以缩小出水孔的出水面积。出水孔的出水面积和斜水孔的进水面积相差应控制在 5 mm^2 以内,不宜有太大的差距。

4.3 飞水的改善方案

由相关设计经验得出,孔径与出水孔的长径比一般大于 4,按摩水的水柱才不容易散射,并且在按摩水孔的内部可设计沉孔(图 15),类似于小凸筋,以加强形成水柱的效果,防止散射。针对出水孔,也可把直孔设计为带有 1° 角的斜孔,以改善整圈水柱内缩聚集。



图 15 沉孔设计

4.4 综合问题改善

在产品使用过程中,以上问题有时并非单独出现,例如同时出现水花斜射和出水不畅问题,这往往是由于隔水板和出水面板同时出现问题,此时就需要将二者联系起来综合改善,必要时可以通过 3D 打印技术进行样品试制,并完成设计方案的验证,从而降低生产和开发成本。

5 验证性实验

在对按摩式花洒出现的缺陷问题进行原因

分析和改善设计后,参照美国节水认证标准,在 $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、压力 0.3 MPa 的环境下对改进产品进行验证性水花测试。

5.1 水花扭转斜射改善设计验证

图 16 为水花扭转斜射改善设计前后测试对比。实验表明,通过减少由于塑件壁厚不均而导致的缩水变形、适当增加斜水孔喷射角角度、减少隔水板的出水孔数量,并使同一圆周方向的斜水孔规格和间距相同等措施,能有效解决水花扭转斜射的问题。

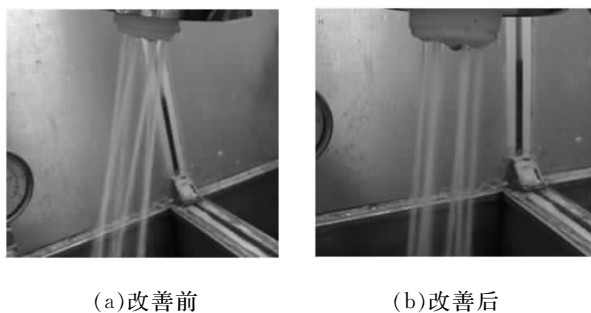


图 16 水花扭转斜射改善设计前后测试对比

5.2 出水不畅改善设计验证

由于叶轮是标准件无法更改,因此针对按摩水内腔,采取抬高 0.3 mm 的轨道筋条的方式进行改善设计。图 17 为出水不畅改善设计前后测试对比,实验证明,此措施能有效改善和解决因叶轮卡死而导致的出水不畅问题。

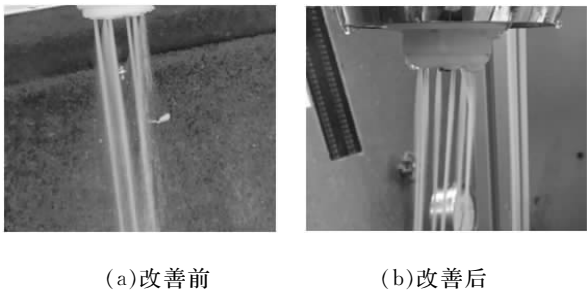
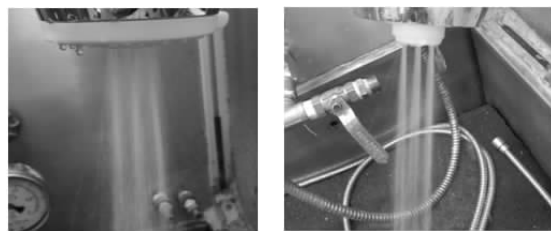


图 17 出水不畅改善设计前后测试对比

5.3 飞水改善设计验证

飞水改善设计是增加了按摩水孔的沉孔设计、出水孔锥度设计和增大了长径比,飞水改善前后的测试对比如图 18 所示。由图 18 可以看出,水流出水顺畅均匀,飞水问题得到了显著改善。



(a)改善前 (b)改善后

图 18 飞水改善设计前后测试对比

6 结论

(1)能形成按摩水流的主要部件是斜水孔、叶轮和出水面板。顶冲式斜水孔要形成涡流功能需满足设计要求:孔厚度为 0.8 mm 和角度为 16° ,孔壁要有 0.5 mm 的 R 角,以防止焊接断裂。

(2)按摩式花洒在使用过程中容易出现水花扭转斜射、出水不畅、飞水等问题。

(3)通过减少由于塑件壁厚不均而导致的缩水变形,适当增加斜水孔喷射角角度,减少隔水板的出水孔数量,并使同一圆周方向的斜水孔规格和间距相同,能有效解决水花扭转斜射的问题。

(4)解决出水不畅的方法是:尽量设计成整圈的叶轮与出水面板配合,内径拔模方向要一致,且叶轮与出水面板的接触面要有抬高 0.3 mm 的轨道筋条,以减少二者的摩擦,并通过增加出水孔或斜水孔的数量来调整出水孔的出水面积与斜水孔的出水面积,使腔内压力适中。

(5)通过调整孔径与出水孔的长径比(一般大于 4),配合沉孔和具有锥度出水孔的设计,可显著改善水柱效果,避免飞水。

参考文献:

- [1] 刘丽霞. 基于生活环境对卫浴花洒设计情感分析与研究[J]. 设计, 2013(8): 58 - 59.
- [2] 刘钵, 陈利民. 热塑性塑料注塑工艺参数优化设计[J]. 工程塑料应用, 2005, 33(5): 29 - 33.
- [3] ERZURUMLU T, OZCELIK B. Minimization of warpage and sink index in injection-molded thermoplastic parts using Taguchi optimization method[J]. Materials & Design, 2006, 27(10): 853 - 861.

(下转第 94 页)

协调沟通的机会,以避免由于各工种间缺乏沟通而造成经济损失。

4.3 提高装配率与预制率

企业间应加强技术合作,加快研发高预制率的新型剪力墙,加强预制构件新材料、新工艺的研究,同时推动行业内预制梁柱板等构件规格的统一。行业应制定统一的预制构件规范,标准规范的完善是推动装配式建筑发展的重要推动力,完备的预制装配技术是提高装配率与预制率的重要方式之一。

4.4 优化预制构件的设计

由于预制构件的成本是影响装配式建筑的重要因素,因此降低装配式建筑的成本应该从设计开始抓起,重视模板的设计与二次设计。推动装配式建筑设计体系的建立和完善,实现预制构件产品设计标准化、模数化,加强行业沟通,改变设计乱象,从而实现降低成本的目的。

4.5 提高模具标准化程度

企业在设计之初应充分考虑不同建筑的体型造成的构件的复杂程度,可以通过引进 BIM 技术对预制构件进行标准化设计,提高模具的标准化程度,增加模具的重复使用率,即增加模具的周转次数,提高预制构件的生产力,避免建筑材料的浪费,降低工程成本。

参考文献:

- [1] 李丽红,耿博慧,齐宝库,等. 装配式建筑工程与现浇建筑工程成本对比与实证研究[J]. 建筑经济,2013(9):102-105.
- [2] 蔡军,马丁·斯科特. 基于层次法的预制装配式建筑目标成本计算及其 AHP 评价[J]. 财会月刊,2016(12):88-90.
- [3] 贾磊. 基于系统动力学的装配式建筑项目成本控制研究[D]. 青岛:青岛理工大学,2016.
- [4] 郑生钦,王德芳,左清兰,等. 基于 SEM 的装配式建筑成本影响因素研究[J]. 项目管理技术,2016,14(11):45-49.
- [5] 赵亮,韩曲强. 装配式建筑成本影响因素评价研究[J]. 建筑经济,2018,39(5):25-29.
- [6] 周景阳,何鹏旺. 基于解释结构模型(ISM)的装配式建筑成本影响因素分析[J]. 工程管理学报,2019,33(1):39-44.
- [7] 李辉山,欧阳县. 基于 DEMATEL 的装配式建筑成本影响因素分析[J]. 工程管理学报,2019,33(1):34-38.
- [8] 李华隆. 招商地产 A 项目装配式建筑成本控制研究[D]. 广州:华南理工大学,2018.
- [9] 张兰兰,郝风田,张卫伟. 基于 BIM 的装配式建筑施工成本控制研究[J]. 价值工程,2017,36(34):44-46.
- [10] 李飞龙. 装配式建筑工程造价预算与成本控制分析[J]. 江西建材,2017(15):251-255.
- [11] 贾宏俊,许云萍. 基于 AHP 的装配式建筑成本管理研究[J]. 建筑经济,2018,39(7):79-83.

(责任编辑:夏玉玲)

(上接第 72 页)

- [4] 朱学彪,陈奎生,王毅,等. 高压除磷喷嘴喷射流场数值模拟与试验分析[J]. 机械设计与制造,2009(5):217-219.
- [5] 卢佩,吴恩铭,李瑞. 基于喷射角信息的淋浴花洒冲击力场测试方法研究[J]. 天津科技大学学报,2011,26(1):51-54.
- [6] 高军. 注塑成型工艺分析及模具设计指导[M]. 北京:化工工业出版社,2009:22-29.
- [7] 郭广思. 注塑成型技术[M]. 北京:机械工业出版社,2010:15-28.

- [8] LUCYSHYN T,KNAPP G. Determination of the transition temperature at different cooling rates and its influence oil prediction of shrinkage and warpage in injection molding simulation[J]. Journal of Applied Polymer Science,2012,123(2):1162-1168.
- [9] 胡邓平,王树勋,张宁,等. 基于电动圆弧抽芯的塑料花洒注塑工艺分析及模具创新设计[J]. 塑料科技,2017,45(1):81-84.

(责任编辑:李秀荣)