

doi:10.16576/j.ISSN.1007-4414.2024.05.013

# 一种折叠结构的计算与设计方法\*

宋亚辉,韩宏伟,刘泽林,王伟,石智成

(中国兵器工业集团第五二研究所,内蒙古包头 014034)

**摘要:**为提高可用空间的利用率,将传统的不可调节式连接结构改为可根据设定轨迹进行折叠的机构,提出一种主要针对可折叠式连杆机构的计算与设计方法。通过UG建模及装配仿真得出各连杆的长度、角度以及所选用连杆的直径,并通过CAD二维结构进行优化设计,最终确定出各零部件之间的尺寸参数,以解决折叠过程中存在的干涉问题,并达到实际工况下的使用要求。该折叠式设计有效解决了空间利用率低、连杆功能不全的问题,为实际连杆装置安装设计提供了良好的参考价值。

**关键词:**利用率;可折叠式;设计方法;建模仿真;参考价值

中图分类号:TH122

文献标识码:A

文章编号:1007-4414(2024)05-0050-03

## A Method for Calculating and Designing the Collapsible Structures

SONG Ya-hui, HAN Hong-wei, LIU Ze-lin, WANG Wei, SHI Zhi-cheng

(52 Institute of China North Industries Group, Baotou 014034, Inner Mongolia, China)

**Abstract:** To improve the utilization rate of available space, the traditional non-adjustable connection structure is replaced by the folding mechanism which can be changed according to the set trajectory, and a calculation and design method for the collapsible connecting rod mechanism is proposed. The length, angle and diameter of each connecting rod are obtained through the UG modeling and assembly simulation, and the dimensional parameters between each component are finally determined through CAD 2D structure optimization design, so as to solve the interference problems existing in the folding process, and meet the requirements of actual working conditions. The folding design effectively solves the problems of low space utilization and incomplete connecting rod function, and provides a good reference value for the actual connecting rod installation design.

**Key words:** utilization rate; collapsible; design method; modeling and assembly simulation; reference value

## 0 引言

折叠结构是生活中比较常见的一种结构,其能够在实现多用性的同时大大节省空间。在现场的某型号产品改造过程中,折叠部位更换了固定方式和连接结构,但折叠后的连接件尺寸有严格的要求,需通过设计、计算得出准确数值,从而保证产品在后续加工过程中的合格率。胡晓东对市场现有结构进行了分析,并提出了回收利用率更高的折叠式结构<sup>[1]</sup>;曹庆喆对家具中的折叠结构进行了优劣势的对比分析,并对折叠结构的应用与原理进行了阐述<sup>[2]</sup>;张安瑞等分别对X形、V形、Z形折叠式结构进行了解析,并基于现阶段建筑行业的需求,提出了折叠结构在未来建筑中的创新使用方式<sup>[3]</sup>;蔡建国等结合折叠结构可大尺度改变几何形状的特点,通过数理分析与试验对多种相关结构进行了分析<sup>[4]</sup>;程宇等结合力学分析、机械设计以及UG建模仿真,确定了折叠座椅的各部分尺寸,并最终达到了椅子降本增效的目的<sup>[5]</sup>。由上可知,众多学者已经对折叠结构的应用和分析进行

了深入研究,但对于折叠结构的计算与设计方法并未进行相关探讨。基于此,笔者对传统连杆结构进行改良,以满足现阶段下的产品需求,根据安装位结构、位置等需求进行相应的设计计算,最终得出可折叠式结构连杆的各零部件的尺寸,为相关方向的设计提供计算仿真参考。

## 1 折叠结构方案

可折叠式连杆结构因其特殊的连接路径而广泛应用于各个领域,涵盖了军工、航天、民企等大型企业的结构设计中。此次设计主要是对旧产品的功能特性进行改造优化,以满足主体部分的功能要求。产品改造过程中,考虑安装位置和使用要求,决定采用一个固定位置安装双连杆结构,双连杆结构大概位置示意图如图1所示。在产品使用过程中,如需要进行折叠动作,可将双连杆向上折叠,就可以实现产品

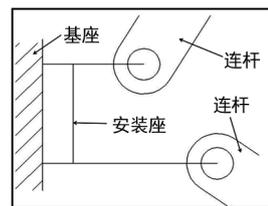


图1 双连杆结构大概位置示意图

\* 收稿日期:2024-01-17

作者简介:宋亚辉(1982-),男,内蒙古赤峰人,高级技师,研究方向:机械加工及工艺。

通信作者:王伟(1996-),男,内蒙古乌兰察布人,硕士研究生,助理工程师,研究方向:机械设计及工艺。

的折叠功能。折叠后双连杆完全贴合,能够满足产品使用需求。由于位置变化后有一定的角度要求,其会对双连杆的位置变化产生影响,因而需进行精准计算和模拟建模验证。

## 2 相应零部件尺寸计算

根据安装座的位置要求及主体部分的尺寸进行双连杆的尺寸计算,此次连杆机构的运动轨迹设计的要点有以下几方面:①实现构件给定位置,即要求连杆机构通过连接销轴能引导某构件按规定顺序精确或近似地经过给定的设定位置;②实现既定的运动规律,即要求主、从动件满足已知的若干组对应位置关系,在主动件运动规律一定时,从动件能精确或近似地按给定规律运动;③实现已知运动轨迹,即要求连杆机构中作平面运动的构件上的某一点精确或近似地沿着给定的轨迹运动。根据上述要求,查找测量出相应的数据。已知双连杆安装位置的垂直距离为 50 mm,折叠贴合后考虑连杆与产品其它位置的干涉情况,最终连杆与产品表面的角度为  $6.759^\circ$ ,连杆的直径为 30 mm,根据所得数据利用 CAD 作图软件建模,具体结构数据如图 2 所示。

根据设定的装配位置关系,现需计算图中双连杆安装位置的水平距离  $L$ ,才能够根据  $L$  的尺寸进行双连杆安装座的相关设计工作和整体折叠结构的建模及仿真模拟工作。依据已知条件,构建两个直角三角形,对水平距离  $L$  进行分解计算,分别计算出  $L_1$  和  $L_2$  的长度后再相加,从而得出需要的数值。根据图中已知条件构建的两个三角形的关系如图 3 所示。

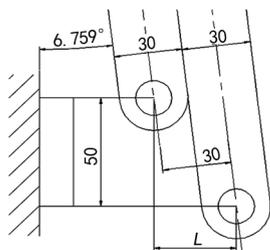


图2 双连杆折叠后尺寸关系示意图

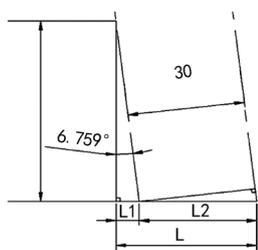


图3 三角形计算关系示意图

由图 2 中设计的连杆结构并通过销轴的连接方式对图 3 中未知参量进行计算,根据三角形关系计算所求得相关结果如下:左侧三角形中: $L_1 = 50 \times \tan 6.759 \approx 5.926$  mm。右侧三角形中: $L_2 = 30 / \cos 6.759 \approx 30.21$  mm。水平距离: $L = L_1 + L_2 = 5.926 + 30.21 = 36.136 \approx 36.14$  mm。最后根据计算求出的结果进行安装座的设计。

## 3 三维建模仿真

为验证所设计的结构件是否存在干涉情况以及

双连杆是否能实现预期轨迹的运动,现利用所得数据进行三维仿真运动模拟。通过 UG 软件对产品进行安装位置及安装座和双连杆的建模,双连杆建模后的局部位置图如图 4 所示。按照产品实际活动范围和使用要求进行运动仿真模拟,使其展开后能够实现产品的功能要求,并达到改造的预期效果。

在双连杆折叠运动仿真模拟时,双连杆贴合非常紧密,这说明通过计算得出的尺寸非常准确,能够通过计算结果准确设计制造双连杆。双连杆折叠后的贴合效果如图 4(b) 所示。

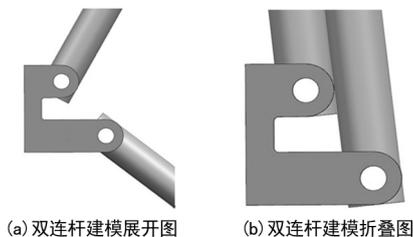


图4 双连杆建模图

## 4 部分尺寸优化

在按照计算数值对双连杆折叠机构进行设计和模拟的过程中,双连杆的折叠安装效果达到了预期,其设计尺寸及安装效果如图 5 所示。

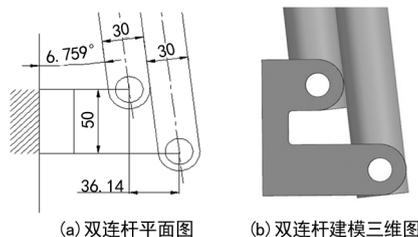


图5 计算尺寸设计效果图

但在实际生产过程中须考虑零件的制造误差对整体效果的影响。所以在不影响产品使用效果的同时,对双连杆安装距离的尺寸稍作优化放大处理, $L$  值由原来的 36.14 mm 放大到 36.5 mm。避免了制造误差对整体效果的影响,简化生产制造难度,工艺性更符合批量化特点,拓宽了生产设备的局限性,为后续零件生产效率的提高打下了基础<sup>[6-15]</sup>。尺寸优化后的安装距离在实际使用过程中的情况如图 6 所示。

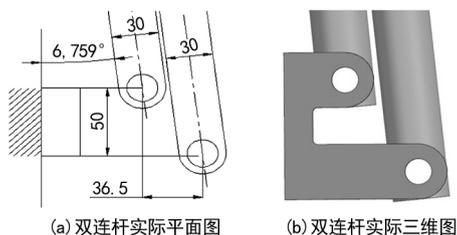


图6 优化尺寸后设计效果图

## 5 设计结果总结

应用双连杆结构后,受空间影响,产品折叠后的定位效果不是很理想,到达指定位置后,存在一定的晃动现象,因此在后续的设计和制造过程中需要尽快解决此问题。

文章对主体本分功能需求进行了结构分析,利用三维模拟、平面设计得到了最终产品的详细尺寸,使连杆能够按既定的轨迹运动,并实现了预期功能,为后续相关产品的研发和更新换代积累了宝贵的经验。如后期正式投入生产,该产品可成为重点型号产品,其具有完全自主知识产权,可带动企业的生产、质量、安全、销售等一系列体系向好发展。在实际应用领域,该产品还可用于防护、遮挡、扩展、工具等结构,对提高产品的实际应用效果和功能扩展有重要意义。

## 6 结语

根据现阶段的使用要求,不可调节式连杆机构已不能满足当下安装需求,可折叠式连杆结构成为优选设计。根据设定的轨迹状态以及安装座的尺寸,分别设计出两连接杆的长度和直径,并在UG中进行了仿真安装,并根据实际使用情况进行了相关尺寸的优化,完成了此次折叠机构的设计,为此类设计提供良好的参考。

### 参考文献:

[1] 胡晓东.帐篷篷体材料及折叠结构的应用现状与发展趋势[J].纺织科学研究,2023(5):56-59.

[2] 曹庆喆.折叠结构在现代家具设计中的应用[J].玩具世界,2023(2):96-98.

[3] 张安瑞,孙明宇.折叠结构在建筑设计中的应用与创新[J].城市建筑,2022,19(11):150-152+183.

[4] 蔡建国,王玉涛.新型可展与折叠结构研究进展[J].工程力学,2022,39(S1):1-8.

[5] 程宇,郑启敏,刘雪琴,等.多连杆折叠座椅的创新设计研究[J].电工技术,2022(2):121-125+128.

[6] 胡意敏.自动化柔性仓储系统理论模型设计及仿真研究[D].昆明:云南财经大学,2023.

[7] 韩晓波.新技术驱动下的制造业全价值链动态反馈优化研究[D].郑州:中原工学院,2023.

[8] 李正虎,王广贞.对于小型液压挖掘机机械结构及液压系统设计分析[J].时代汽车,2023(21):113-115.

[9] 仲林俊.探析基于几何中心孔工艺的曲轴加工动平衡优化方法[J].时代汽车,2023(21):131-133.

[10] 唐增亮,陈明耀,李勇华.模具加工中的智能化技术研究及应用[J].科技创新与应用,2023,13(30):181-184.

[11] 叶文韬,吴会平,陈军,等.复杂薄壁窄深槽铝合金构件的预成形方法探索[J].塑性工程学报,2023(11):1-10.

[12] 王冠,宋微,刘畅,等.基于数字孪生的焊接成套装备车间现场管理辅助系统设计[J].制造业自动化,2023,45(11):91-95.

[13] 赵苍鹏,代亮成,池茂儒,等.活塞杆贯通式抗蛇行减振器在铁道车辆上的适应性研究[J].铁道科学与工程学报,2024,21(7):2860-2870.

[14] 魏建平,蔡玉波,刘勇,等.非刀具破岩理论与技术研究进展与趋势[J].煤炭学报,2024,49(2):801-832.

[15] 王龙,高明.系列化标准地铁车辆制动系统模块化工艺设计[J].智慧轨道交通,2023,60(6):30-34.

(上接第45页)

### 参考文献:

[1] 刘馥瑜,胡效东,梁之西,等.基于FLUENT的文丘里管稳流性能数值模拟[J].系统仿真学报,2019,31(7):1460-1468.

[2] Lomakin V O, Kuleshova M S, Kraeva E A. Fluid flow in the throttle channel in the presence of cavitation[J]. Procedia Engineering, 2015(106):27-35.

[3] 董波,罗景泉,张家辉,等.直管段长度对文丘里管空化流场的影响[J].流体机械,2022,50(5):62-67.

[4] Huang X, Li G, Wang M. CFD simulation to the flow field of venturi injector[J]. IFIP International Federation for Information Processing, 2009(294):805-815.

[5] Saharan V K. Computational study of different venturi and orifice type hydrodynamic cavitating devices[J]. Journal of Hydrodynamics, 2016(28):293-305.

[6] Bashir T A, Soni A G, Mahulkar A V, et al. The CFD driven optimis-

ation of a modified venturi for cavitation activity[J]. The Canadian Journal of Chemical Engineering, 2011, 89(6):1366-1375.

[7] Abbas-Shiroodi Z, Sadeghi M T, Baradaran S. Design and optimization of a cavitating device for Congo red decolorization: Experimental investigation and CFD simulation[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2021(71):105386.

[8] 邵俊鹏,刘亚楠.文丘里管内空化效果影响因素研究[J].哈尔滨理工大学学报,2020,25(3):122-130.

[9] 王智勇.基于FLUENT软件的水力空化数值模拟[D].大连:大连理工大学,2006.

[10] Bal M, Meikap B C. Prediction of hydrodynamic characteristics of a venturi scrubber by using CFD simulation[J]. South African Journal of Chemical Engineering, 2017, 24(1):222-231.

[11] Xu Y, Gao L, Zhao Y, et al. Wet gas overreading characteristics of a long-throat Venturi at high pressure based on CFD[J]. Flow Measurement & Instrumentation, 2014(40):247-255.