

关于连杆或铰链连接机构如何在机械设计 或产品结构中的应用及其原理

钟海元

广东顶固集创家居股份有限公司

DOI: 10.12238/ems.v4i10.5725

[摘要] 针对多臂节机械臂架系统连杆计算效率不高, 优化设计手段保守的问题, 以混凝土泵车臂架作为典型工程装备部件, 将臂节之间的油缸及连杆作为整体考虑成连杆组, 利用ANSYS APDL语言对连杆组进行参数化建模, 并在多工况下进行优化分析, 得到连杆组的最优结构模型; 通过结构应力试验, 验证了计算方法的可行性。结果表明, 参数化建模及优化设计的方法大大提高了连杆的计算效率, 为多臂节机械臂架系统连杆的设计提供了一种可行且有效的方法, 也为其他具有类似结构的产品设计提供了重要参考。

[关键词] 连杆机构; 机械设计; 产品结构; 应用; 原理

中图分类号: TH122 文献标识码: A

How to Apply Connecting Rod or Hinge Connecting Mechanism in Mechanical Design or Product Structure and Its Principle

Zhong Haiyuan

Guangdong Dinggu Jichuang Home Furnishing Co., Ltd

[Abstract] In view of the low calculation efficiency of the connecting rod of the multi link mechanical boom system and the conservative means of optimization design, the concrete pump truck boom is taken as a typical engineering equipment component, and the oil cylinder and connecting rod between the booms are considered as a whole as a connecting rod group. The ANSYS APDL language is used for parametric modeling of the connecting rod group, and the optimization analysis is carried out under multiple working conditions to obtain the optimal structural model of the connecting rod group; The structural stress test verifies the feasibility of the calculation method. The results show that the method of parametric modeling and optimization design greatly improves the calculation efficiency of the connecting rod, provides a feasible and effective method for the design of the connecting rod of the multi link mechanical boom system, and also provides an important reference for the design of other products with similar structures.

[Key words] linkage; Mechanical design; Product structure; Application; principle

引言

对连杆机构的研究主要偏重于对结构学、动力学及运动学特征的分析, 研究他们之间的规律和关系, 这种规律和关系时常用于改善现有机械系统的性能。同时, 对连杆机构分析的研究还是动力性能和运动性能研究的依据。连杆机构分析对了解机械的运动性能和新机械设计来说都是必不可少的。运动分析是机构分析研究的主要内容。对机构运动的研究要先建立机构矢量方程, 求出方程的解, 然后得出每个杆件不同运动参数的数学模型。解析法和图解法是当前较为成熟分析法。解析法能精确的了解机构在整个运动循环过程中的运动特性, 借助于计

算机可以获得较高的计算精度, 精确的位置分析结果, 绘制对应的机构的运动图。图解法更为方便, 可以将机构运动特性简单直观地表达出来, 精度也可以满足要求。

1、连杆机构的发展概况

在过去的几十年里, 国内外的一些学者对连杆机构分析和综合的研究已取得了令人瞩目的成就。对于连杆机构分析, 提出了以单开链为单元的理论与方法, 以拓扑特征为基础的新机构组成原理, 揭示了机构特征与动力学方程、运动学方程之间的联系, 创立了一套新数学模型。连杆机构综合取得成就有:

(1) 提出了综合杆组的概念, 创立了连杆机构按速度、位置、

加速度等运动参数综合分析的理论与方法。(2)将计算机技术应用到连杆机构综合,建立了传动特征和导引特性的数据库,有利于提高求解精度和设计速度。(3)提出了基于局部轨迹的特征,实现整个机构的轨迹,提高轨迹机构求解的精度和设计速度。(4)提出了机架杆方向结构误差与从动杆杆长结构误差的概念,并通过改进遗传算法,完成轨迹机构和函数生成机构的优化。20世纪中期,开始将计算机技术应用到连杆机构综合。对于铰链四杆机构综合的几何方法,一些学者将其公式化,超越方程组和求解代数方程组可以在计算机上进行,从而获得综合机构有关的参数,首次将计算机实现应用到四杆机构再现函数的最优综合中。60年代后,位移矩阵法也被应用到机构综合中,通过解超越方程组和非线性方程组,求综合机构的有关参数。

2、连杆组载荷工况及参数化建模

2.1 混凝土泵车臂架系统

混凝土泵车臂架系统主要由臂节、油缸、连杆、输送管组成。臂架系统从底部向上各节臂分别命名为1节臂至第N节臂,第1节臂支撑在转台上。臂节之间由两根连杆及油缸形成六连杆机构,组成4个连杆组,臂架工作工况由各节臂在空间中所处位置确定。

2.2 连杆组载荷工况

泵车在工作过程中,臂架系统承受的载荷分为主要载荷与附加载荷,其中,主要载荷包括自重载荷(臂架系统及其所有附件、连杆、销轴、油缸及其液压油、输送管等零部件的自身质量)、工作载荷(输送管中的混凝土质量)、惯性载荷(臂架系统回转时由于加速或减速产生的惯性力);附加载荷包括侧向载荷(末端软管软绳牵引)、风载荷。连杆组中的油缸推动连杆,连杆带动臂架,实现臂架姿态的变化,以适应工况的需要。因此,连杆组在工作过程中起着改变臂架运动状态和传递载荷的作用。油缸产生的推力大小与连杆组中六连杆机构各铰点位置相关,且主要由连杆组后面的臂架长度及臂架质量决定。一般来说,臂架长度越长,臂架质量越大,油缸承受的主要载荷与附加载荷越大,油缸规格也越大;同时,对连杆组中连杆的设计要求也越高。在长臂架混凝土泵车中,连杆的设计及轻量化尤为重要。连杆的轻量化可减少整车倾翻弯矩,并为臂架系统其他部件的轻量化设计提供基础。

3、连杆机构发展过程中存在的问题及解决方案

3.1 连杆机构在运动性能分析方面存在的问题及解决方案

连杆机构在运动性能分析方面,仍然存在一些不足之处。(1)连杆机构的运动综合较为复杂,一般只能近似地实现给定的运动规律与轨迹;(2)由于连杆机构运动链通常较长,再加上各运动副元素之间表面的磨损,因而会产生较大的运动误差

累计。(3)由于连杆机构的惯性力不能完全平衡,所以不适合高速传动;(4)只能绘制一些具有典型尺寸的连杆机构运动性能图谱,而且所得结果只能保证一定的精确度。连杆机构的性能受机构上复杂几何参数的影响,呈现复杂的非线性关系,无论从性能分析上还是性能综合上都是一个比较艰难的工作。如果能开发性能图谱用户软件,不仅能方便查阅,而且可以提高精确度。为了研究连杆机构尺寸变化对机构性能的影响,满足工程设计的需要,已研发出一些专供设计者使用的连杆机构综合图谱。例如德国工程师手册中有很大的篇幅提供了适于机构综合的性能图谱。前苏联学者也制作了一系列机构性能图谱,例如从动件摆角图谱,机构传动角图谱,极位夹角图谱,类角加速度图谱和类角速度等等。另外还将构件的杆长做成由多种复杂变换构成的空间坐标轴,期望在有限的封闭空间内表示出全部机构尺寸的类型。

3.2 连杆机构在再现轨迹优化设计中存在的问题和解决方案

优化设计方法是机构设计中应用最为广泛的一种方法,连杆机构轨迹再现的设计方法,已经不在局限于几何法和实验法。但是目前再现连杆机构轨迹的优化设计中,通常是站在机构设计的角度思考问题,注重结构误差对机构输出偏差的影响,却忽略了制造过程中加工误差产生的影响。因此,这种设计往往在理论上可行,但由于加工误差的存在,使机构输出偏差增大,甚至大于允许偏差,导致这种在理论上可行的设计反而在实际应用中变得不可行。因此,由于加工过程中的误差产生的输出偏差应当在设计时就考虑进去。用相同的方法加工一批构件,受公差的影响,几何尺寸呈正态分布,是随机变量而不是常量,而机构输出偏差是几何尺寸及其分散度的函数,也是随机变量。如何将随机变量引入一般优化设计的变量中,使之更好地反映事物的概率,需要将以概率统计方法为基础的可靠性设计与一般的优化设计方法相结合,使机构再现轨迹的优化设计具有可靠性。

3.3 连杆机构的发展趋势

计算机技术的飞速发展和科学技术的进步,也促进了机械工程学的快速发展。它各个学科之间开始发生相互融合、渗透和交叉,如计算机、机械学科、传感器技术、微电子等,同时一些新机构学分支也开始诞生,如机器微型机构学、人机机构学等。回顾过去,展望未来,连杆机构的应用研究将朝着以下几个方面发展。

4、节能降耗为导向,降低生产与制造成本

4.1 开展节能生产,降低能源消耗

机械设计制造行业涉及的技术和产品类型众多,对企业的要求比较高。企业若要在激烈的市场竞争中占据一席之地,就

要不断优化生产与制造流程，减少对能源和材料造成的浪费。在传统的生产制造模式中，工作人员不仅要面对复杂的操作流程，还会在生产过程中消耗大量的能源和材料，同时，工作人员面临的工作强度比较高，并不能完全保证产品质量。随着机械制造行业的蓬勃发展，我国对机械制造行业提出的要求也不断提升。企业在开展生产和制造时，除了要严格保障产品质量之外，还要进一步优化制造流程，加强对环境的保护，确保各项资源得到充分利用。由于机械制造所产生的能耗比较高，因此，企业意识到这一点，积极响应国家所提出的号召，在生产中融入节能环保理念，进一步降低对能源形成的消耗。（1）加强对资源的有效利用。在机械制造行业中，许多企业会通过批量生产的方式实现对产品的制造，在这一过程中会消耗大量的原材料。为了改变现状，减少对原材料造成的浪费，企业要对原材料进行科学规划与分类，确定可以回收和循环利用的材料，进一步提高材料的利用率。在使用材料的过程中，企业要结合产品的类型，优先选择可以循环使用的材料，这样不仅能够降低企业的采购成本，还能减少对废弃物的排放，进一步减少对环境造成的污染。（2）对污水进行有效的处理。在传统的生产模式中，部分企业只为提高自身效益，却并未考虑到环境的保护，直接将生产的废弃物排放到周边环境之中，这就对本地的水资源和土壤造成严重的污染。比如，企业在生产过程中会产生大量的废水，在这些水中包含许多重金属，如果不能对污水进行合理处理，而是直接将其排放到自然环境之中，不仅会对本地的环境造成严重威胁，还会影响本地居民的身心健康。为了解决这一问题，企业要积极引进先进的自动化技术，对污水进行有效的处理。一方面，企业要及时将可以回收的水资源纳入到循环系统之中，并对其进行处理，确保污水达标，就可对其进行再度利用；若污水无法得到有效回收，就要对其进行清洁处理。另一方面，在正式排放污水和废弃物之前，要提前对其成分进行检测，然后选择恰当的处理方式，明确排放地点，确定其符合排放标准后，方可予以排放。随着时间的推移，在市场中涌现出许多污水处理新技术和新工艺，企业可结合实际情况，选择相应的技术和系统。对常规污水进行处理时，企业只需采用先进的智能化制造系统，即可对污水进行自动化检测和处理；对特殊的污水进行处理时，系统会提前发出警报，提醒工作人员及时对污水的成分进行检测，检测完毕

后，就要选择合适的处理方式对污水行清洁处理，使其达到排放标准。工作人员可将这一部分的污水处理方案纳入到智能化系统之中，为后续的处理工作提供参考依据。

4.2 开展清洁生产

各大机械制造企业在引进先进的自动化技术以后，不仅可以进一步优化生产与制造流程，还能减轻生产压力，同时还有更多时间加强对清洁生产的研究，加强与之相关的技术引进和开发，减少对能源造成的消耗，实现对环境的保护。（1）选择合适的清洁能源，满足生产需求。随着机械设计制造及其自动化技术水平不断提升，企业在引进这一技术开展清洁生产时，除了要进一步提高生产效率之外，还要合理选择清洁能源，从而达到清洁生产的目的。（2）对生产制造流程进行优化。由于人们对机械制造产品的要求越来越高，因此，企业会根据消费者的需求与产品现状，适当增加产品的制造流程，导致产品的生产过程越来越复杂，同时会产生大量的废弃物和污水。虽然企业引进自动化技术以后可以有效提高生产效率，但却并未实现造流程的优化，因此，在新的时期，企业要加强机械设计制造及其自动化技术的研究与开发，充分融入清洁生产的理念，进一步精简制造流程，减少各种废弃物的排放。（3）企业要聘请专业的人员负责开展机械设计，明确设计方案，对每一个细节进行合理把关和控制，全面提高设计质量，达到清洁生产的目的。

结语

连杆机构的研究，要顺应时代的发展，充分的应用先进的科学技术，将不同的学科融合到一起，最大限度的满足人们的要求。使连杆机构在机构学中能得到充分的发展和运用，并对其不断的优化，使其在以后的科研领域里有更为广阔的发展前景。

【参考文献】

- [1] 杨廷力. 机构学理论与研究进展[J]. 机械工程学报, 1995, 31(2): 1-24.
- [2] 黄康. 平面连杆机构的计算机辅助设计[J]. 机械设计与制造, 2003, 4(3): 11-13.
- [3] 刘长荣, 陈修龙. 实现机构运动仿真的新途径[J]. 河北农业大学学报, 2003, 26(1): 73-77.