

面向制造的长桁展开技术研究

Research on Long Stringer Deployment Technology Oriented to Manufacturing

苟国庆 王思蕾 杜颖娜

Guoqing Gou Silei Wang Yingna Du

中航西安飞机工业集团股份有限公司 中国·陕西 西安 701189

AVIC Xi'an Aircraft Industry Group Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 701189, China

摘要: 长桁类结构件作为承受机体载荷和支撑气动外形的重要承力件,其成型精度、刚度、强度、疲劳和损伤容限等指标均需要满足非常高的设计要求。与长桁底面所配合曲面大多为理论外形偏置相关的曲面,导致底面外形曲率变化复杂、结构特征多、成型精度要求高等特点。在加工前对机加毛坯的优化设计,可以发挥机加高精度制造的优点,同时可以降低弯扭成型难度,减少补加工工作量,有效提高零件的产品质量,提高加工效率。

Abstract: Long truss structural parts are important load-bearing parts that bear the body load and support the aerodynamic shape, and their forming accuracy, stiffness, strength, fatigue and damage tolerance must meet very high design requirements. Most of the curved surfaces matched with the bottom of the long truss are curved surfaces related to the theoretical shape offset, which leads to the characteristics of complicated changes in the curvature of the bottom surface, multiple structural features, and high requirements for molding accuracy. The optimized design of the machining blank before processing can take advantage of the advantages of machining with high precision manufacturing, and at the same time can reduce the difficulty of bending and torsion forming, reduce the workload of reprocessing, effectively improve the product quality of parts, and improve processing efficiency.

关键词: 长桁展开; 展开建模; 曲面重构; 特征映射

Keywords: truss deployment; deployment modeling; surface reconstruction; feature mapping

DOI: 10.12346/etr.v3i12.5068

1 引言

在长桁类零件设计制造技术方面,一些研究人员和工程工作者开展了广泛的探索研究和工程应用。然而,文献检索表明,中国目前有关于长桁类零件工艺板坯数模展开设计的资料,方法较为稀少^[1-3]。

2 长桁的展开

2.1 弦向不展

基于长桁轴线拉直特征映射展开技术是以长桁轴线为基准进行特征映射的展开方法。由于现代飞机普遍具有复杂的双曲率气动外形,延翼展方向分布的长桁继承机翼双曲率外

形,截面沿弦向为曲线。该方法从长桁模型设计建模过程出发,对长桁基准线进行拉直,通过笛卡尔坐标系逐步对长桁的基础特征和局部特征进行转换重构,最终将长桁设计模型展开为适用于数控加工的展开模型。

该方法展开数模保留了设计模型沿机翼弦向的几何特征,与蒙皮贴合性好。在长度方向以长桁轴线为拉直展开基准,保持展开前后长桁轴线长度不变,精度控制稳定。

具体过程如下:

①作一条和长桁基准线长度相同的直线段作为展开基准线,按照相对距离不变的原则将系列截面点映射到展开基准线上得到系列映射截面点。

【作者简介】苟国庆(1989-),男,中国甘肃会宁人,本科,高级工程师,从事工艺数据建模和修形研究。

②建立参考坐标系：以截面点为原点，该点在长桁基准线的切线为 X 轴，截面线的立筋直线为 Y 轴建立三维笛卡尔坐标系，完成参考坐标系的构造。

③建立目标坐标系：以映射截面点为原点，该点在展开基准线的切线为 X 轴，在所有映射截面点处作方向相同且垂直于展开基准线的直线作为 Y 轴建立三维笛卡尔坐标系，完成目标坐标系的构造，以该坐标系的 XY 平面作为展开参考平面。

④调整参考坐标系和目标坐标系的方向，使这两种坐标系的坐标轴方向协调一致。

⑤将设计模型中的所有截面线通过各自的参考坐标系转置到对应的目标坐标系中，得到映射截面线。

⑥以展开基准线为引导线，各映射截面点处的映射截面线为截面拉伸出长桁展开基础特征。

⑦在长桁设计模型中，提取局部特征的特征点得到局部特征点，提取原则是通过提取的局部特征点可以重构局部特征。

⑧在长桁设计模型中，做出局部特征点处的长桁基准线的法平面，将此法平面和长桁基准线相交，交点即为局部特征交点，再将局部特征交点根据距离不变原则映射到展开基准线上，从而得到映射局部特征交点。

⑨用上一步骤⑧所得到的局部特征点处的长桁基准线的法平面与长桁基础特征相交得到局部特征点截面线，以上一步骤⑧的交点为原点，该交点在长桁基准线的切线为 X 轴，以局部特征点截面线的立筋直线作为该特征点的 Y 轴建立三维笛卡尔坐标系，完成局部特征点的参考坐标系的构造。

交点在展开基准线的法平面和展开基础特征的交线，得到映射局部特征点截面线，以映射局部特征点截面线的立筋直线作为 Y 轴建立三维笛卡尔坐标系，完成局部特征点的目标坐标系的构造。

⑩将设计模型中的所有局部特征点通过各自的参考坐标系转置到对应的目标坐标系中，得到映射局部特征点。

2.2 长桁局部沿展向不展

基于长桁轴线拉直特征映射展开方法继承了设计模型弦向几何特征，展向误差小，装配性能好。但随着设计技术的发展，长桁缘条面变厚度、不规则地折弯、端头使用大曲面斜切等特征的出现。使用以上所述方法展开的数模将对加工和成形带来极大挑战。

该长桁的端头有一硬折存在，同时又与继承理论外形的曲率存在。相比于将该特征完全展平，保留底面的硬折能有效降低弯扭成型的难度和零件的疲劳特性影响。有以下几种

方法实现硬折区域的优化加工：

①截取原始数模端头部分与展开后的长桁以截面为对合基准进行拼接，此方法的优点是对合截面不变，展开误差小，不需要再压弯成型。但端头翘起的距离较大，可能会导致加工毛坯零件时缺肉。

②截取原始数模端头部分，旋转使截取部分长桁轴线与基准轴线重合，以底面为重合基准对合，左右各切除部分，将截面平滑过渡。此方法将长桁展开拉直，但在对接区域理论上增加了少许材料，增加了折弯难度。

③对硬折、下陷特征区域在长桁内部或者不展区域尺寸较大的长桁类零件，通过构造沿展向继承理论外形曲率的基准面，以达到保留长桁的局部弯折。需注意有些长桁缘条内形面是由曲面控制，而不是按传统的以厚度偏移而来，底面厚度的变化需要将控制曲面离散后再以其为基准映射转移并重构厚度控制面。

方法③具体过程如下：

优化长桁底面，找出长桁底面大面相贴的曲面，由于存在铣切下陷特征的存在，在展开时需要对此处外形面按曲率连续桥接处理，消除下陷特征。

优化后的长桁底面与长桁基准面相交可得到长桁轴线 La，此长桁轴线与长桁底面距离关系是其大部分与长桁底面相贴，局部远离长桁外形面。构造的长桁轴线 La 与理论外形面上长桁轴线 L 的曲率较为接近。

过长桁轴线 La，做垂直于长桁基准面的曲面，构造出一个略大于长桁底面的直纹面。

所以选取与长桁底面大面所在的面为基准，忽略对局部下陷特征所造成的厚度差，得出一个曲率连续的长桁轴线，沿所得长桁轴线按长桁基准面法向以给定宽度可扫掠出一组直纹曲面。

将此作为展开基准按照论文 2.1 所述方法展开，基于长桁轴线拉直特征映射展开方法继承了设计模型弦向几何特征，展向误差小，降低弯扭成型难度，装配性能好。

2.3 展开误差分析

常规的曲面展开方法是根据微分几何的原理，从曲面的面积、角度、离散边的长度等几何属性出发，通过采取某些规则和策略，将曲面从空间映射到二维平面，展开前要对曲面进行离散，将曲面离散为若干个小平面，然后从其中一个小平面开始依次逐个将小平面展开到二维平面上。其展开精度与曲面复杂程度和离散精度有关，比较适合弯曲程度较小，较为简单的曲面。

(下转第 146 页)

经得到了越来越多的关注和重视,以上海市为例,政府及有关部门通过加强工业污水排放管理在二期工程结束后河道环境已经得到了明显改善,为生态城市建设发展打下了坚实基础^[4]。

3.3 减少水土流失, 加强堤岸生态环境建设

河道治理作为生态城市建设中的重要环节不仅需要针对水质本身进行改良和优化,更重要的是维护滨河生态环境的平衡。土壤作为生态物种多样化的基础防线对于提高河道自净能力、优化生态环境而言有着不可忽视的重要作用。因此,推动生态城市建设应当加强对河流堤岸的监督管理,通过种植制备的方式涵养水源,减少水土流失。扩大植被覆盖不仅能够帮助实现堤岸生态环境的优化,对于推动人与自然的和谐相处同样有着深远的意义。

花卉和草坪等绿化设施在改善滨河生态结构的同时具有美化环境的作用,有利于保障居民生活环境的高质量、高水平,让人民群众更深刻地认识到生态环境保护对于城市规划发展的重要意义。

4 结语

在现代化建设进程不断深入的新形势下,在推动生态城市建设的过程中河道整治逐渐成为发展的主旋律。工业污水及生活废水的大量排放对城市河道水体及滨河生态环境系统造成了极大的破坏。提高河道整治效率、加强水质管理、优化堤岸生态环境、推动水底生物多样性能够更好地维护生态环境平衡,有利于推动生态城市建设。

参考文献

- [1] 邓伟.城市河道治理与生态保护探讨[J].城市建设理论研究,2016(19):192-193.
- [2] 蔡健,金炜,刘谭琴.分析城市河道整治与生态城市建设[J].建筑工程技术与设计,2015(13):168-169.
- [3] 赵锦.河道防护工程中生态护坡的植物选择及实施要点[J].中国林业产业,2017(3):15.
- [4] 陈进.水生态文明建设的的方法与途径探讨[J].中国水利,2013(4):4-6.

(上接第 143 页)

基于长桁轴线的展开方法。该方法类似于几何建模设计,等同于沿展向在展开的长桁轴线上按过程建立的三维模型,通过重新构造目标函数和约束条件,对初始展开的点进行修正,其展开基准面接近于单曲,变形更加的可控,数模展开结果精度更高。

由材料力学可知,对于纯弯曲梁,在梁的中间理论上存在弯曲时纤维长度不变的中性层。在中性层的两侧的纤维,如一侧伸长则另一侧缩短。但长桁与蒙皮贴合面为大面,理论中心层很靠近长桁外形面且一般长桁较为平直,长度方向变化不大。经过大量已加工过的长桁校验,只有极个别需要在后期测量的基础上进行迭代修形,直至符合公差要求。

3 结语

长桁的展开过程与机加之后的成型为逆过程,数模的展开变形最后在零件实体上需要通过弯扭成形工艺还原至零件的设计状态。保留长桁弦向曲率和不易成形特征局部不展

的长桁展开方法,能够发挥机加高精度制造的优点的同时可以降低弯扭成形难度,减少补加工工作量,能够有效提高长桁类复杂零件的产品质量,提高加工效率。

伴随着飞机设计技术的发展和飞机性能的提高,长桁结构优化设计将不断迭代,随之各种特征也将愈发复杂,对零部件的加工制造带来极大的挑战。论文就长桁展开技术进行研究,为后期更为复杂长桁类零件的生产加工做出技术保障。

参考文献

- [1] 劲松,张士宏,肖寒.在材料加工工程中的应用[M].北京:北京中国水利水电出版,2010.
- [2] 曹蔚,甘忠,李立军.带下陷航空钣金零件展开及参数化建模研究[J].锻压技术,2010,35(5):148-151.
- [3] 郭中华,陈金平.长桁快速展开建模技术研究[J].航空制造技术,2016(1):41-43.