

典型板材中间框缺口切钻样板模块化结构设计与应用

单 超 马瑞娜 唐晓梅 于 婧 郝 丁 戴 钦 刘冬梅

(首都航天机械有限公司, 北京 100076)



摘要: 为适应某型号卫星整流罩中状态多变的部段壳体结构和满足快速制造需求, 针对其部段中的主要环向支撑中间框所使用的桁条缺口切钻模线样板, 进行了工艺改进研究。通过传统模线样板与结构化非标组件的结合, 实现中间框缺口切钻模线样板的模块化结构设计与应用。结果表明: 该中间框缺口切钻样板模块化的应用, 有效地提高了产品质量, 保证了产品在不同状态下的快速制造需求, 降低了劳动强度; 同时大幅降低了该类样板的研发、制造、运输和存放的成本, 也大幅缩减了此类样板的整体尺寸, 节约了存放空间。该类切钻样板为其它型号部段壳体中间框缺口切钻样板的设计与应用提供了技术参考, 并在后续设计和应用过程中总结、积累经验, 归类和完善此类样板的设计模块, 推动并逐步实现中框缺口切钻样板的可产品化设计与应用。

关键词: 卫星整流罩; 状态多变; 中间框; 切钻样板; 模块化结构设计; 产品化设计与应用

Design and Application of Modular Structure for Cut-drilling Template of Typical Plate with the Truss Notched for Intermediate Frame

Shan Chao Ma Ruina Tang Xiaomei Yu Jing Hao Ding Dai Qin Liu Dongmei

(Capital Aerospace Machinery Co., Ltd., Beijing 100076)

Abstract: In order to adapt to the variable state part shell structure in a certain type of satellite fairing and to meet the requirement of rapid manufacturing, the process improvement of the truss notched cut-drilling template used in the main ring braced intermediate frame in a certain section is studied. Through the combination of traditional cut-drilling template and structured non-standard component, the modular structure design and application of intermediate frame of the truss notched cut-drilling template are realized. The results show that the application of this intermediate frame of the truss notched cut-drilling template can effectively improve the quality of the product, ensure the rapid manufacturing requirements of the product in different states and reduce the work intensity, and cut the cost of the design, manufacture, transport and storage, and greatly reduce the overall size of this kind of template and save the storage space. This kind of cut-drilling template provides a technical reference for design and application of the truss notched cut-drilling template of the intermediate frame of the shell of other models, and summarizes and accumulates experience in the subsequent design and application process, classifies and perfects the design module of this kind of template, promotes and gradually realizes the design and application of intermediate frame of the truss notched cut-drilling template's production.

Key words: satellite fairing; variable state; intermediate frame; cut-drilling template; design of modular structure; design and application of production

1 引言

近年来, 随着航天事业迅速发展, 产品更新换代

周期不断缩短, 发射任务也日趋繁重, 对航天产品零部件的制造周期与成本控制也提出了全新的挑战。运载火箭中, 典型框、桁、蒙皮结构的卫星整流罩为满

作者简介: 单超 (1981), 工程师, 机械设计专业; 研究方向: 模线样板设计。

收稿日期: 2020-05-17

足不同的发射任务,其部段壳体结构状态也经常发生变化,而作为整流罩各部段壳体中起主要环向支撑作用的板材中间框零件状态也会随之发生改变。本文针对传统中间框缺口切钻样板^[1]的生产成本高、周期长、整体尺寸大且结构笨重,以及使用状态繁杂、使用率低及操作不便等问题进行工艺研究和设计改进。

通过对典型板材中间框缺口切钻样板的工艺改进研究,采用分体式模块化结构设计^[2],保证了产品零件的制造精度,大幅度降低该类样板设计、制造、存放及运输成本,大幅缩减了该类样板的设计与制造周期,以及该类样板的整体尺寸,使运输、存放和使用更加便捷,减少了多状态零件的互相穿插借用情况,降低操作者的劳动强度与难度,提高了生产效率,同时降低了中间框产品零件超差及报废的概率,保证了产品质量。

2 板材中间框缺口和外轮廓加工工艺流程及难点分析

板材中间框作为部分运载火箭卫星整流罩部段壳体,以及级间段等壳体结构中主要的环向支撑零件,在整个壳体结构中起着定位约束各桁条、大梁等轴向支撑件和部段壳体骨架整体的环向支撑作用,以此来保证部段壳体的整体轮廓尺寸和结构的稳定性。

2.1 板材中间框外形轮廓及下限的加工及定位切制

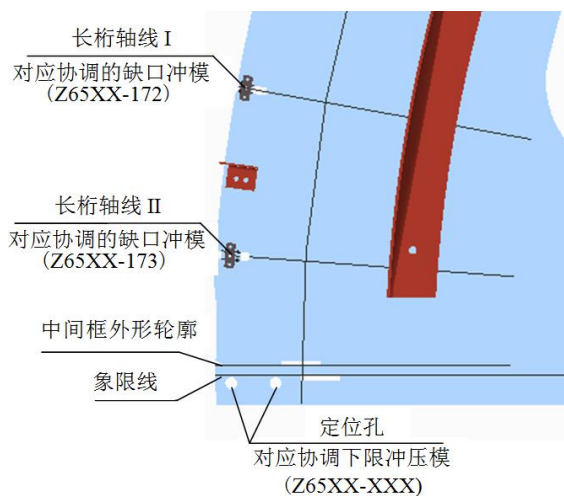


图1 中间框缺口切钻样板与下限冲压模、缺口冲模定位协调示意图

板材框在冲压及滚弯成形后,两端均会留有余量,在外形轮廓切割过程中,一般会要求与象限线留有一定的间距尺寸,避免在后续壳体部段装配过程中与对

接桁产生干涉。由于此类中框角度广、尺寸大,且零件状态下刚性不足,为保证轮廓尺寸整体协调,因此需要中间框缺口切钻样板实现对外形轮廓的定位、划线,从而准确确定轮廓切割线的位置,如图1、图2所示。

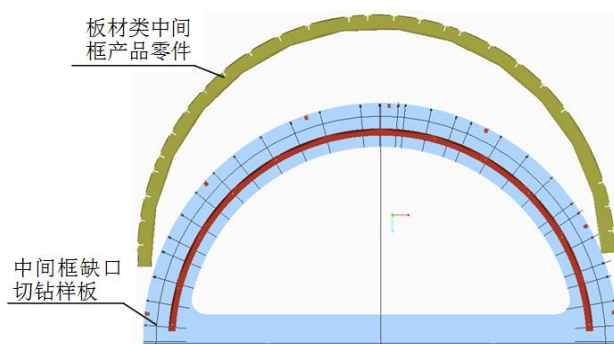


图2 中间框零件及切钻样板桁条缺口分布示意图

在卫星整流罩中部段壳体上使用的板材类中间框,两端与部段对接桁装配位置都会留有下列。压制下限时,会由中间框缺口切钻样板来制出与模具协调的定位孔,再通过定位孔配合下限制压模具实现下限的压制,如图1所示。

2.2 板材中间框桁条缺口的分布定位及协调冲切

运载火箭上往往由于部段壳体状态更改、结构调整或操作开口等位置改变,桁条的分布也随之调整,造成中间框桁条缺口位置发生改变。特别是某型号卫星整流罩上各部段壳体,根据不同的发射任务,操作窗口、仪器安装舱口经常发生变化,桁条分布和中间框缺口分布相应改变,即需中间框缺口切钻样板在中间框上进行缺口的分布定位和辅助协调冲切,如图2所示。

3 中间框缺口切钻样板模块化结构设计方案研究

3.1 总体方案概述

以往所使用的中间框缺口切钻样板生产成本低、周期长、尺寸大,且不易操作使用,同时,由于产品状态更改频繁,产生的此类切钻样板数量较多,其中部分此类切钻样板仅应用一次。故此,使用车间为尽量避免上述情况的出现,往往采取多相似状态图号借用一块中间框缺口切钻样板,在此切钻样板上尽可能增加更多缺口冲模定位孔、桁条缺口轮廓线 and 对应使用的图号标记,其状态繁杂混乱,在实际使用过程中造成互相借用的样板不易管理、查找和使用,同时增

加了操作者的工作难度和强度,降低了生产效率,增加出错几率,对产品零件质量造成不利影响。以往使用的中间框缺口切钻样板示意图如图2、图3所示。

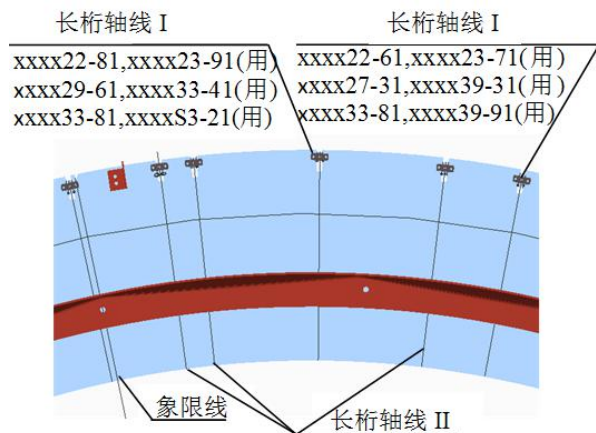


图3 中间框缺口切钻样板借用状态及图号局部示意图

为适应状态多变的产品部段壳体中间框零件的生产需要,对传统中间框缺口切钻样板进行了工艺改进研究,采用模块化结构设计,将中框缺口切钻样板进行分体组合式设计,主要由中间框缺口切钻支撑架^[3]部分和可根据不同产品状态进行替换的中间框缺口切钻工作部分两部分组成,如图4所示。

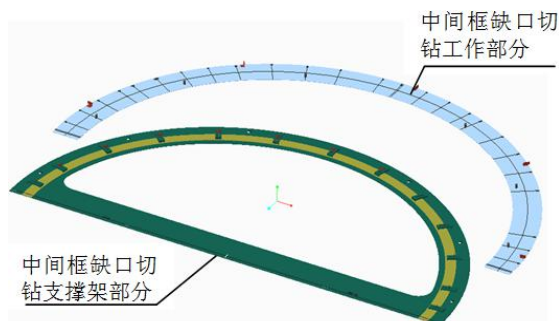


图4 中间框缺口切钻样板模块化结构设计示意图

3.2 中间框缺口切钻支撑架

a. 中间框缺口切钻支撑架的主要作用是定位、连接和固定中间框缺口切钻样板工作部分,垫高及支撑样板工作部分,保证整体样板的刚性和稳固性。

b. 中间框缺口切钻支撑架主要由定位支撑板、垫高加强型材、限位板、定位销、压板及止动挡片等六部分组成,如图5所示。

c. 中间框缺口切钻支撑架在工艺及生产制造需求情况下,尽可能保障其通用性能,在设计过程中可实现支撑架高度方向可调节,以及定位、支撑一定范围

内不同半径的切钻样板工作部分,以满足更多状态及不同型材中间框产品零件的生产使用。

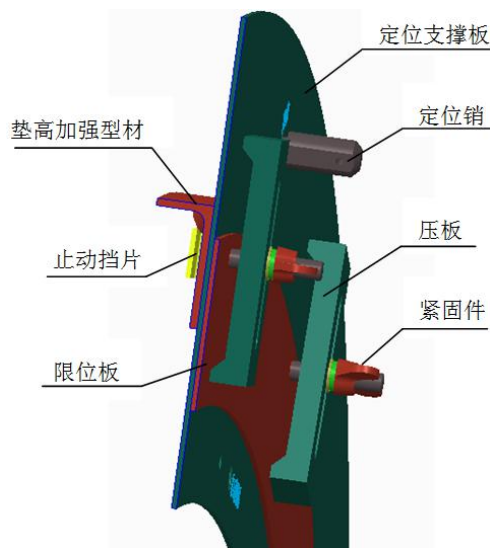


图5 中间框缺口切钻支撑架组成示意图

3.3 中间框缺口切钻样板工作部分

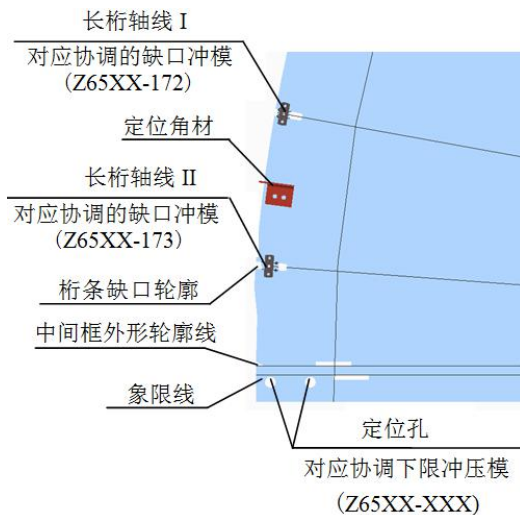


图6 中间框缺口切钻样板工作部分局部示意图

中间框缺口切钻样板工作部分的主要作用是在待加工中框零件上进行定位,两端划出需要切割的外形轮廓线及象限线,制出与压制中间框下限模具协调的下限定位孔,确定桁条使用缺口的具体分布角度并划出缺口外形轮廓线,制出与之对应的冲切桁条缺口冲模协调的定位孔,如图6所示;在部段壳体装配需要的情况下,此类切钻样板还可以制出与蒙皮协调的定位装配孔,实现中间框在部段壳体中的定位装配,如图7所示。

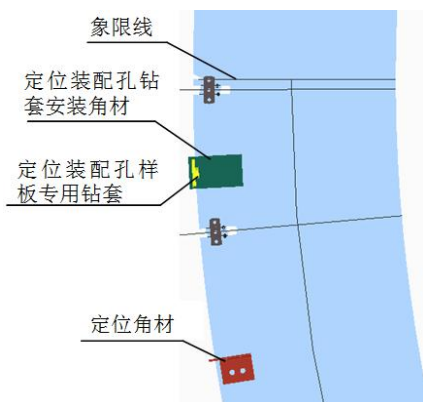


图7 中间框缺口切钻样板有定位装配作用的工作部分局部示意图

中间框缺口切钻样板工作部分主要由样板主板、定位角材和样板专用钻套组成，在有辅助协调装配要求时，样板工作部分还需要装配定位孔安装角材和样板定位孔专用钻套，如图7所示。

3.4 中间框缺口切钻样板中支撑架与工作部分的定位、夹紧组合

中间框缺口切钻样板支撑架与工作部分采用孔定位方式，利用定位销定位。在切钻样板工作部分尺寸较大时，存放、使用易产生变形，定位销与定位孔配合困难时，可采用支撑架上压板简单压紧校平后再定位，如无法完全插入定位时，可在工艺允许公差范围内使用限位板限制定位。中间框缺口切钻样板支撑架与工作部分组合时使用压板夹紧^[4]。如图8所示。

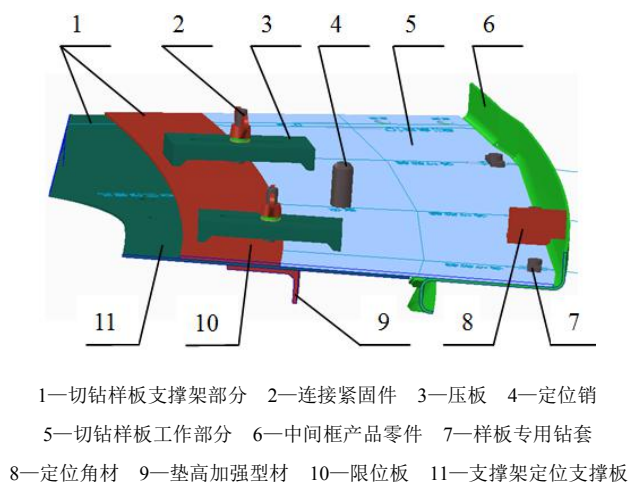


图8 中间框缺口切钻样板组合装配示意图

3.5 中间框缺口切钻样板变形与公差控制

中间框缺口切钻样板中的支撑架部分刚性较好不易产生变形，样板工作部分尺寸较大，刚性相对较差，搬运和与支撑架定位装配过程中不易操作，使用及存

放过程中易产生变形。针对上述情况，切钻样工作部分采用了分段设计，在避开桁条缺口位置处，将其分解为90°左右或45°左右，通过缩小尺寸，减轻自重适当降低变形量，同时便于搬运和组装。在装配后采用一定数量的压板将切钻样板工作部分夹紧校平。如图8、图9所示。

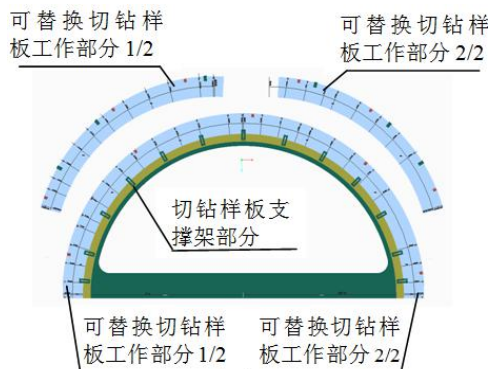


图9 中间框缺口切钻样板模块化设计示意图

中间框缺口切钻样板在支撑架与工作部分组合过程中，采用孔定位方式定位，定位后样板径向方向、圆周方向公差可控制在0.2~0.3mm范围内，轴向公差可控制在0.5mm范围内。如在长期使用过程中，产生少量变形后，造成定位孔定位困难，可考虑在产品制造公差范围内，使用支撑架上的限位板并配合一处定位孔定位，此定位方式定位后样板径向和圆周方向公差可控制在0.3~0.5mm范围内，轴向公差可控制在0.5mm范围内。可以满足工艺及板材类中间框产品零件制造公差要求。

4 实施效果

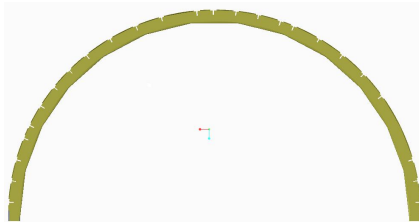


图10 加工桁条缺口后的板材类中间框产品零件

经过工艺改进研究后，设计完成的中间框缺口切钻样板能够满足带有桁条缺口板材类中间框产品零件的生产制造要求，辅助制造后的中间框产品零件如图10所示。该样板设计方式，只需一套固定支撑架，配

（下转第37页）