

载人航天器管路卡箍通用化设计

周奉香 刘萍 苏南

(中国空间技术研究院载人航天总体部, 北京 100094)



摘要: 通过分析传统管路卡箍重复设计, 质量和性能低下问题, 提出了通用化设计与管理的方法, 并介绍了载人航天器中通用化管路卡箍的应用情况。

关键词: 载人航天器; 管路卡箍; 通用化

General Design of Pipe Clip in Manned Spacecraft

Zhou Fengxiang Liu Ping Su Nan

(Institute of Manned Space System Engineering, China Academy of Space Technology, Beijing 100094)

Abstract: By analyzing the iterant design, poor quality and performance, general design and management means of pipe clip are advanced, and its application in manned spacecraft is also introduced.

Key words: manned spacecraft; pipe clip; general design

1 引言

管路卡箍在载人航天器上被大量应用, 目前没有对类似产品引入通用化设计和管理的方法。现在单个航天器或者单舱段的独立设计和管理的方法导致了大量的重复设计工作, 使产品的研制周期增长, 性能也不稳定。

为了满足各个载人航天器研制的总体要求, 提出了管路卡箍通用化设计和管理的方法, 并形成一系列适用于所有载人航天器型号的管路卡箍通用化产品类型谱, 从而达到提高效率和产品性能的目的。

2 传统管路卡箍设计

管路系统是载人航天器重要组成部分, 在航天器总装设计及实施过程中, 管路系统占有重要位置^[1, 2]。载人航天器上管路系统包含用于输送推进剂的推进系统管路, 用于密封舱供氧供气的环控系统管路, 以及用于主动温控的热控系统管路。管路卡箍有效地起到增强管路刚度、紧固管路位置的作用, 其具体型式、

布设位置及布设数量是影响管路固有频率的因素^[3]。

载人航天器管路系统和管路分支较多, 相应的管路卡箍规格和数目较多。载人航天器某型号使用的管路卡箍有十几种规格型式, 数量更是达到近三百件。随着载人航天事业的迅猛发展, 型号的研制任务越来越重, 对上天飞行产品的研制设计周期、产品的使用性能、产品质量提出了更高的要求。

目前, 载人航天器各型号所用的管路卡箍都是根据本型号的需求进行单独设计, 具体流程见图1。

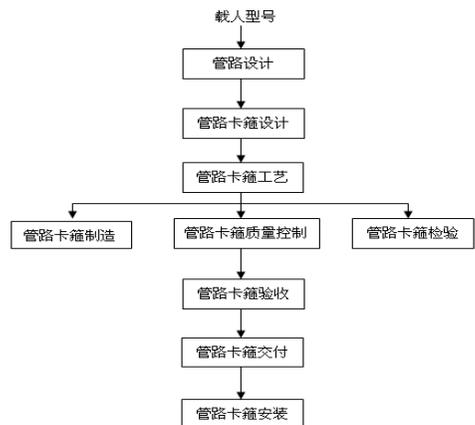


图1 载人航天器传统管路卡箍设计制造模式

作者简介: 周奉香 (1978-), 硕士, 机械设计专业; 研究方向: 载人航天器机械总体设计。

收稿日期: 2015-03-05

早在研制流程最上游的设计阶段,各型号就根据本型号管路情况采取了独立设计管路卡箍的模式,致使卡箍研制下游流程的工艺阶段、加工阶段、检验阶段和验收阶段等环节独立分散,带来了一系列问题:

a. 各个型号按照自己型号的情况独立设计,不同型号之间在设计阶段、编写工艺阶段、加工阶段、检验阶段等各环节上都存在很多重复工作。

b. 受到设计师本身习惯等因素的影响,产品存在一定的随意性,状态不能固化,产品的可靠性低。比如目前载人航天器即使有专门的原材料选用目录约束,但是设计人员所选材料也是五花八门。

c. 未形成批量生产,只能零散加工,加工工艺不成熟,生产周期长。

3 卫星通用化设计

3.1 通用化设计介绍

卫星产品通用化是一种标准化的形式和方法,通过这种方法,产品具有通用性,使用范围扩大,从而满足多方面的要求^[4]。

实现卫星产品通用化,就是将结构型式基本相似、功能用途基本相同、形状和尺寸差异不大的产品汇总、分析、整合,使其在同类或不同类产品之间可以通用,最大限度地扩大使用范围,提升使用价值^[5]。

近年,随着型号的发展,航天器通用化要求已经被提到实施化进程上来,产品型谱等产品体系建设工作不断建立和推广。

目前,卫星平台和分系统单机设备均已引入通用化设计理念。

3.2 平台通用化

平台通用化指的是,分析某种型号的卫星,对卫星平台进行修改,使得该平台适用于不同的卫星。这种具有通用性的标准化卫星平台称为“公用平台”^[4]。

按卫星的运行轨道和卫星平台的技术特点,CAST截至目前拥有地球静止轨道卫星公用平台等4个系列的卫星公用平台^[4]。

3.3 单机设备通用化

最初卫星一般都是单件产品,较少采用通用化设计,一般都是按单机任务要求设计,产品研制周期长,研制费用高。但在多个卫星平台间,单机产品在使用需求、功能性能等方面往往具有相同、相通或兼容之处,随着航天的飞速发展,卫星单机产品已经引入通用化设计。

单机产品通用化设计中,系统地借鉴其它单机的设计经验、技术成果,在单机产品内部设计、外部接口、元器件、原材料等方面实现通用化,在型号之间通用,在分系统内通用,在分系统间通用。

单机产品通用化设计能够有效降低产品研制的复杂性,提高产品使用、维修和保障效率,达到缩短研制周期,降低研制成本的目的。

4 管路卡箍通用化设计

4.1 管路卡箍通用化设计

4.1.1 管路卡箍通用化的目的

管路卡箍通用化的目的是在充分利用前期载人航天器设计成果的基础上,通过系列化、型谱化的有限规格产品满足不同载人航天器多样化的需求,达到提高研制效率,缩短研制周期,降低研制成本和提高研制质量的目的^[6]。

4.1.2 管路卡箍通用化

在管路卡箍通用化过程中,系统地继承已有产品的技术状态、利用成熟产品原则设计,对所有载人航天器管路卡箍进行梳理、优化,根据型式将卡箍大概分为分体式卡箍和整体式卡箍。不同型式的卡箍其控制参数不同,具体如图2和图3所示。

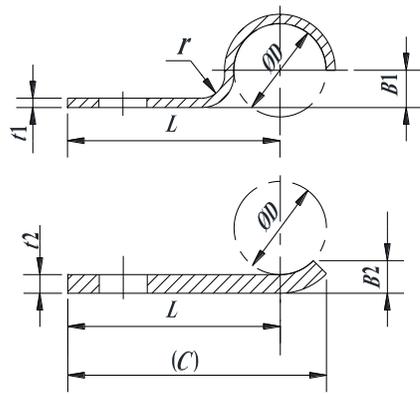


图2 分体卡箍参数示意图

L —卡箍中心与尾端距离 ϕD —卡箍直径 t —厚度
 B —卡箍中心到安装面距离 r —过渡半径

梳理目前载人航天器型号所有管路,首先按照主参数卡箍内径(ϕD)将卡箍分为多个系列,在每个卡箍系列中优化其他参数,建立管路卡箍通用产品数据库,形成卡箍型谱系列。另外确定卡箍的材料、表面处理等,对卡箍定型设计。

此外,为加强卡箍通用化型谱的产品技术状态控制,规范产品的管理,保证产品质量,建立了一套完

整的通用化产品管理体系。对通用化型谱产品实行统一管理,统一产品状态、保证、验收。为此,专门制定了卡箍状态控制要求、产品库管理要求、产品交付要求、产品验收要求等文件控制各个环节。

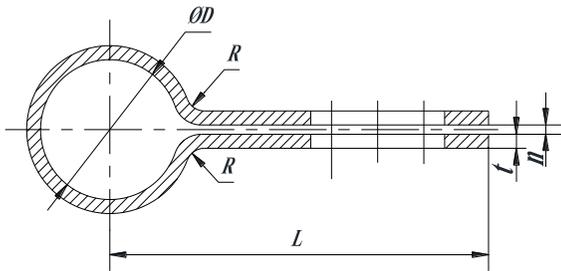


图3 整体卡箍参数示意图

L —卡箍中心与尾端距离 ΦD —卡箍直径 t —厚度
 B —卡箍中心到安装面距离 r —过渡半径

通过管路卡箍的通用化设计,各个载人航天器型号按照具体的管路设计要求、接口设计要求,可直接选用载人航天器管路卡箍通用化产品。

4.2 通用化管路卡箍应用

目前,通用化的管路卡箍产品已应用于所有载人航天器型号中,并已通过在轨飞行试验验证,截止目前,在各型号中的选用率已达到100%。图4和图5分别为不同载人航天器舱内和舱外通用化管路卡箍实际应用状态。

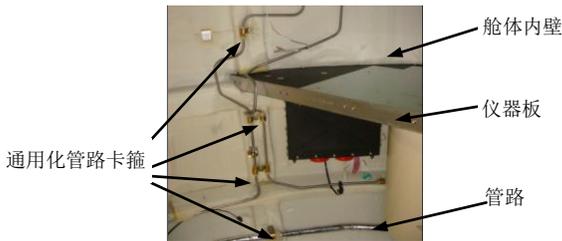


图4 通用化管路卡箍在载人航天器A舱内的应用

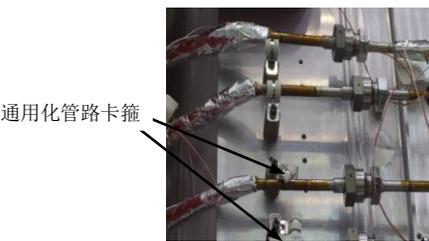


图5 通用化管路卡箍在载人航天器B舱外的应用

通过各型号实践,管路卡箍通用化设计相比传统管路卡箍分散设计的优势如下:

a. 可以选用专门的管路卡箍产品规范,提高了设计效率。

目前各型号的总装设计中,只需完成型号专用直属件的设计工作,管路卡箍通用件按使用要求、接口设计要求直接选用即可。管路卡箍的通用化设计通过减少卡箍种类不仅提高了设计的继承性,更提高了工艺的继承性,减少了原材料的规格,简化了原材料订货等生产流程,大大减少了设计、工艺人员的重复劳动^[5]。

b. 提高总装设计的可靠性。

管路卡箍通用化的型谱产品,经过了在轨飞行试验验证。通用化将这些成熟产品的状态进行固化,减少了设计的随意性,提高了总装设计的可靠性。

c. 提高产品质量。

管路卡箍通用化产品设计、工艺、生产加工、验收和交付的整个过程都得以固化,有单独的产品保证体系,产品一致性好,提高了产品质量。

d. 缩短生产周期,提高经济效益。

通用件生产批量大,产品设计固化、加工工艺成熟,在生产上合理地安排设施、设备资源,有利于缩短制造周期,创造经济效益^[7]。

5 结束语

通过对管路卡箍进行通用化设计管理,提高产品的设计效率和质量,缩短生产周期,产品质量提升效果明显。此种设计管理模式对各载人航天器其他常用的类似产品具有参考意义。

参考文献

- 1 朱光辰,魏鹏威,侯向阳,等.提高航天器管路总装效率的技术途径研究[J].航天器工程,2009,18(4):78~83
- 2 高辉,侯向阳,苏南.载人航天器管路CAD/CAM实施技术研究[C].中国航天科技集团公司2012年工艺管理交流会,桂林,2012
- 3 朱昭君,陈志英.卡箍的参数化建模及参数化对刚度的影响[J].河南科技大学学报,2011,32(5):12~15
- 4 朱毅麟.中国空间技术研究院的标准化卫星平台[J].航天器工程,2007,16(1):10~17
- 5 蒋昱,杨富国.产品零、部件的通用化[J].航空标准化与质量,2010(6):34~35
- 6 贺焰.浅析产品设计的通用化、系列化、组合化(模块化)[J].航天标准化,2007(3):9~12
- 7 黄映虹.运用标准化技术,加快产品设计速度,为企业多创效益[C].1999年天津市面向21世纪信息技术、电子技术、仪器仪表技术与产业战略研讨会(暨)学术会议,天津,1999