

某型嵌套双互锁结构无人潜航器大口径包装箱密封设计

皇甫宁^{1,2}, 原瑜点^{1,2}, 梁琦^{1,2}

1. 长治凌燕机械厂, 山西 长治 046011

2. 山西省新能源航空智能保障装备技术创新中心, 山西 长治 046011

DOI: 10.61369/ME.2024070012

摘要 : 无人潜航器包装箱是专门用于存放、保护和运输无人潜航器的容器。这种包装箱通常具备坚固、密封性好的特点, 确在运输和存储过程中免受碰撞、潮湿、腐蚀等外界环境的损害。本文提出了一种嵌套双互锁结构的包装箱, 具有低成本、便于拆卸、安装且密封效果好的大口径包装箱密封设计, 密封设计为多种密封结构相互配合, 有密封圈的“软密封”还有紧固结构的“硬密封”, 两种异形密封圈的配合密封, 同时设置有定位导向、辅助拆卸机构, 能够有效解决大口径包装箱在加工、装配及使用过程中面临的密封难题, 对于金属材料、复合材料大口径包装箱的密封结构设计有借鉴指导意义。

关键词 : 嵌套双互锁; 高密封性; 包装箱

Sealing Design of large-diameter Packaging box for a Certain type of Nested Double Interlock Structure Unmanned Submersible

Huangfu Ning^{1,2}, Yuan Yudian^{1,2}, Liang Qi^{1,2}

1. Changzhi Lingyan Machinery Factory, Changzhi, Shanxi 046011

2. Shanxi Province New Energy Aviation Intelligent Support Equipment Technology Innovation Center, Changzhi, Shanxi 046011

Abstract : Unmanned underwater vehicle packing box is a container specifically used for storing, protecting and transporting unmanned underwater vehicles. This kind of packaging box usually has the characteristics of being sturdy and having good sealing performance, ensuring that it is not damaged by external environments such as collision, moisture and corrosion during transportation and storage. This paper proposes a packaging box with a nested double interlocking structure, featuring a large-diameter packaging box sealing design that is low-cost, easy to disassemble and install, and has a good sealing effect. The sealing design is based on the mutual cooperation of multiple sealing structures, including a "soft seal" with sealing rings and a "hard seal" with a fastening structure, as well as the cooperative sealing of two special-shaped sealing rings. Meanwhile, positioning guidance and auxiliary disassembly mechanisms are set up. It can effectively solve the sealing problems faced by large-diameter packaging boxes during processing, assembly and use, and has reference and guiding significance for the sealing structure design of large-diameter packaging boxes made of metal and composite materials.

Keywords : nested double interlock; high sealing performance; packaging box

引言

目前随着无人潜航器(UUV)技术的发展, 无人潜航器的直径在不断增大, 导致密封无人潜航器包装箱的直径也在不断增大, 无人潜航器包装箱多采用金属或高强度复合材料制成, 这些材料虽具备出色的承载能力和抗腐蚀性能, 但在加工接口时面对大口径、高强度的加工需求, 机械加工难度显著增加, 同等加工精度下大口径高强度的加工误差较大, 但无人潜航器的包装箱对密封要求和尺寸误差要求高, 当加工出来的密封接口尺寸误差较大时, 接口会出现密封失效的效果, 而且目前一般使用的是单层密封圈, 大口径密封圈在使用过程中容易造成密封失效。在使用失效的密封时可能会导致无人潜航器内部潮湿, 内部电路板失效从而导致无人潜航器失。本设计采用嵌套双互锁结构, 内、外两套嵌套双互锁密封结构保证包装的密封性, 内密封主要为两圈法兰与异型密封圈结构, 外密封主要为均布的活节螺栓使箱体与箱盖紧密连接。

一、结构设计

为了解决大口径包装箱气密性差的技术问题,本文提出了一种低成本、便于拆卸、安装且密封效果好的大口径包装箱,目的是通过对大口径包装箱的硬件结构进行改进从而提高其密封效果。本实例采用的技术方案为:大口径包装箱包括第一箱体和第二箱体,第一箱体与第二箱体的接合处设置有第一密封装置和若干个第二密封装置,若干个第二密封装置沿第一箱体和第二箱体相接合的周向均匀排布,第一箱体与第二箱体径向装配结构可增加第一密封圈和第二密封圈的有效工作面,有效提高包装箱本体的气密性,避免漏气。

第一密封装置位于包装箱本体的内部,包括若干个第一止口和第二止口,第一止口固定焊接于第一箱体内壁,第二止口固定焊接于第二箱体内壁,第一止口和第二止口均为钢圈结构,第一止口所围成的面积大于第二止口所围成的面积,第一止口与第二止口同轴设置,第一止口的装配面为圆锥面设计,第二止口的装配面也为圆锥面设计,装配时第一止口的装配面与第二止口的装配面相互配合,可确保第一箱体与第二箱体的同轴度。第一止口与固定在第二箱体上的第二密封圈相互配合,第二密封圈的截面为凸起形结构,第二密封圈的横截面面积大于第一止口的横截面的面积,密封时第一止口插入第二密封圈;第二止口与第一箱体的端面紧密配合,第二箱体的端面与固定于第一箱体内侧的第一密封圈紧密贴合,第一密封圈的截面为凹槽形;第一止口、第二止口、第一密封圈以及第二密封圈的相互配合使第一箱体与第二箱体紧密配合。

包装箱本体的横截面为圆环形结构或者框体结构,当包装箱本体的横截面为圆环形结构时,第一止口和第二止口所围成的区域均为圆形,且第一止口与第二止口为同心圆结构;当包装箱本体的横截面为框体结构时,第一止口与第二止口所围成的区域均为方形,且第一止口与第二止口的中心点重合。第一止口与第二止口的相互配合可抵抗第一箱体与第二箱体相互挤压从而在接合处产生的径向载荷强度。

第二密封装置均布于包装箱本体的外侧,与第一密封装置相互配合,可增加包装箱本体承受的径向力和轴向力,包括紧固机构、定位机构和辅助拆卸机构。紧固机构可拆卸,设置于第一箱体与第二箱体之间,沿着连接法兰密封面对称设置,确保紧固力能均匀地分散到第一箱体与第二箱体的接合处,紧固件通过固定装置将第一箱体和第二箱体紧密接合,固定装置为紧固螺母,紧固件通过限位装置固定连接于第一箱体上,紧固件为活节螺栓或者工具扣机构,所述限位装置包括限位螺栓和限位螺母,所述限位螺栓和限位螺母相适配固定装置与第二箱体之间还设置有垫块,可使紧固力均匀分布;定位机构起导向定位作用,导向定位销依次贯穿第二箱体和第一箱体,定位机构通过定位螺母将第一箱体与第二箱体紧密接合,定位机构的设置可使第一箱体和第二

箱体快速对正,实现快速装配;辅助拆卸机构设置于第一箱体上,辅助拆卸机构为起件螺栓,起件螺栓沿着连接法兰密封面对称设置,辅助拆卸机构可实现轻松、快速拆卸包装箱本体;所述辅助拆卸机构贯穿第一箱体后与第二箱体相配合,辅助拆卸机构和定位机构关于紧固机构对称设置。

当包装箱本体的横截面为框体结构时,第一箱体与第二箱体为径向装配,这种装配方式可有效增加第一箱体与第二箱体的接触面积,进而可设置更多的紧固机构增加包装箱本体的气密性,较轴向安装的装配方式,第一密封圈和第二密封圈不需要根据第一箱体与第二箱体的截面形状进行定制,第一密封圈和第二密封圈的有效工作面积会显著增加。

连接第一箱体与第二箱体的紧固机构只能承受较小的径向力,因此,在第一箱体与第二箱体的连接处能承受径向力的主要是定位机构和第二密封圈,若包装箱本体突然受到较大的径向载荷,不足以保障包装箱本体的密封性,而第一止口与第二止口的相互配合可进一步增加第一箱体与第二箱体配合处的径向载荷强度,当包装箱本体受到较大的径向力后,相互配合的第一止口与第二止口会因为第一箱体与第二箱体的管壁相互挤压来对抗径向力。

可在每一对相互配合的第一箱体和第二箱体上标记相同的记号,实现快速装配。

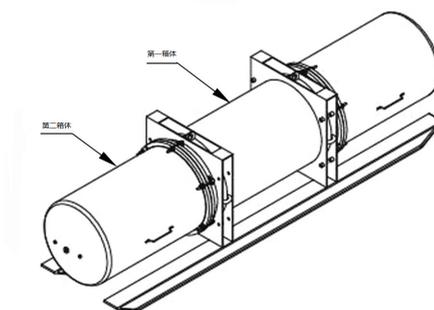


图1 大口径包装箱

(一) 异型密封圈设计

第一密封圈的截面为凹槽形,当第二箱体与第一箱体相互接合时,第一密封圈受到挤压,凹槽处的空气被排出,从而使第一箱体和第二箱体紧密结合,第一箱体与第二箱体形成的腔体形成密封效果。本实例中的第一密封圈的半径为500mm,宽度为10mm,大气压为1.01Mpa,当第一密封圈的凹槽处于真空状态时,其轴向力大约可以承受1570N,径向力大约可以承受392N,当密封效果失效时需要先破坏第一密封圈凹槽内的真空状态,因此,只有在极其意外的情况下固定第一箱体和第二箱体的第二密封装置才会全部失效,其破坏第一箱体与第二箱体密封的力要大于第一密封圈可以承受的最

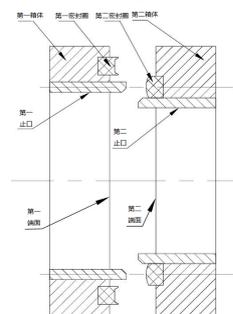


图2 双重密封设计

大轴向力才能使腔体密封失效。第一密封圈可以承受的径向力可以预防第一箱体与第二箱体的轴心发生偏移,在定位销、第一止口以及第二止口全部失效后仍然能够保障第一箱体与第二箱体处于同轴状态。

第二密封圈的截面为凸起形结构,第二密封圈的横截面面积大于第一止口的横截面的面积,当第一箱体与第二箱体紧密接合时,第二密封圈与第一止口相互配合,第二密封圈受到第一止口的挤压后,被挤压出的第二密封圈的部分会沿着第一止口的周向排出,即会朝第一止口的中心方向以及远离第一止口的中心方向挤出,一方面可加强第一止口和第二止口之间的密封强度,增加第一箱体与第二箱体接触面的有效密封面积,从而加强密封效果;另一方面第一止口嵌入第二密封圈内,增加第一止口与第二密封圈的接触面积,增强密封效果。

(二) 紧固结构设计

第二密封装置包括紧固机构、定位机构和辅助拆卸机构。

(1) 紧固机构

紧固机构可拆卸,设置于第一箱体与第二箱体之间,沿着连接法兰密封面对称设置,确保紧固力能均匀地分散到第一箱体与第二箱体的接合处,紧固件通过固定装置将第一箱体和第二箱体紧密接合,固定装置为紧固螺母,紧固件为活节螺栓或者工具扣机构,紧固件通过限位装置固定连接于第一箱体上,所述限位装置包括活节螺栓座、限位螺栓和限位螺母,所述活节螺栓座、限位螺栓和限位螺母相适配。

紧固件采用活节螺栓时,活节螺栓依次贯穿第一箱体和第二箱体,活节螺栓的一端通过限位装置固定连接于第一箱体上,活节螺栓的另一端通过固定装置固定于第二箱体上。固定装置与第二箱体之间还设置有垫块,用于分散紧固件承受的压力,可使紧固力均匀分布,在使用时可通过调节固定装置来调整对紧固件施加的压力大小,需要拆卸第一箱体和第二箱体时,通过调节固定装置从而使紧固件能够以限位装置的轴线进行动作,从而进行拆卸。紧固件采用工具扣机构时,工具扣机构包括卡扣,卡扣的一端活动连接于基座上,基座通过螺栓固定连接于第一箱体上,卡扣的另一端可拆卸地连接于卡接装置上,卡接装置固定连接于第二箱体上。

(2) 定位机构

定位机构包括导向定位销、止口配合,导向定位销依次贯穿第二箱体和第一箱体,定位机构通过定位螺母使第一箱体、第二箱体紧密接合。定位机构在第一箱体和第二箱体装配过程中起导向定位的作用,导向定位销的一端为圆锥结构,方便装配时插入第二箱体上的定位孔,导向定位销的另一端通过定位螺母将定位销固定连接于第二箱体上。导向定位销与定位螺母为过盈配合,导向定位销与第一箱体、第二箱体上的定位孔为过盈配合,防止在装配结束后导向定位销由于松动而掉落。

(3) 辅助拆卸机构

在拆卸时由于密封装置的作用,导致第一箱体和第二箱体分离较为困难,因此在第一箱体上还设置有辅助拆卸机构,辅助拆卸机构和定位机构关于紧固机构对称设置,辅助拆卸机构贯穿第一箱体后与第二箱体相配合,可便于拆卸第一箱体和第二箱体。

二、试验验证

(一) 密封性试验

试验目的 检查包装箱密封性是否满足要求。

试验要求:充气压力不小于 $10\text{kPa} \pm 1\text{kPa}$,静置10天,压力下降不得超过10%。试验过程:将包装箱放置在平坦地面上,然后连接空气压缩机、充气管路,再将充气接口与包装箱充气阀连接并密封;通过包装箱充气阀,向箱内缓慢充气,同时观察包装箱压力表数值,直至箱内压力达到 10kPa (表压);关闭充气阀,停止充气。待箱内压力平衡后30分钟,观察包装箱压力表数值,如低于 10kPa ,补充充气至 $10\text{kPa} \pm 0.1\text{kPa}$ (压力表示数精确到0.1,后续尾数舍去);试验结论充气压力不小于 $10 \pm 1\text{kPa}$,静置10天,压力下降3%,满足要求。

(二) 高低温试验

(1) 高温贮存试验

试验标准:GJB150.3A-2009《军用装备实验室环境试验方法第3部分高温试验》程序I;试验温度: $+70^{\circ}\text{C}$;试验时间:保温48h;温变速率: $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$;试验样品:2349801-1。试验情况:试验前在室温下对样品(2349801-1)外观、结构进行目视检查,样品(2349801-1)无变形、裂纹,漆层和镀层无脱落现象。将样品(2349801-1)放置在XAG-HSB001-A整车试验舱内。样品(2349801-1)放置方式详见:试验照片。按试验条件的要求,对样品(2349801-1)施加规定的试验应力。实际施加的试验应力曲线详见:实际施加应力曲线图。试验结束后,在室温下对样品(2349801-1)外观、结构进行目视检查,样品(2349801-1)无变形、裂纹,漆层和镀层无脱落现象。

(2) 低温贮存试验

试验标准:GJB150.4A-2009《军用装备实验室环境试验方法第4部分低温试验》程序I;试验温度: -40°C ;试验时间:保温24h;温变速率: $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$;试验样品:2349801-1。试验情况:试验前在室温下对样品(2349801-1)外观、结构进行目视检查,样品(2349801-1)无变形、裂纹,漆层和镀层无脱落现象。(将样品(2349801-1)放置在XAG-HSB001-B整车试验舱内。样品(2349801-1)放置方式详见:试验照片。按试验条件的要求,对样品(2349801-1)施加规定的试验应力。试验结束后,在室温下对样品(2349801-1)外观、结构进行目视检查,样品(2349801-1)无变形、裂纹,漆层和镀层无脱落现象。

(三) 旋转跌落试验

试验标准: GJB2711-1996《军用运输包装件试验方法》;

旋转棱向跌落: 用棱垫块(高度150mm, 长度大于试验样品跌落棱)将试验样品底面一端垫起, 衬垫时应尽量使棱垫块在试验样品底部的面积为最小; 将样品跌落端吊起, 使得跌落棱的高度至300mm; 将提吊的跌落端释放, 使跌落棱跌落到冲击面上; 将另外3条棱各跌落1次, 重复步骤; 试验样品: 2349801-2。
旋转角向跌落: 用棱垫块(高度150mm, 长度大于试验样品跌落棱)将试验样品底面一棱垫起, 再用角垫块(高度150mm)将该棱的1角(预定跌落角的对角)垫起, 衬垫时应尽量使棱垫块和角垫块在试验样品底部的面积为最小; 将样品跌落端吊

起, 使得跌落角的高度至300mm; 将提吊的跌落端释放, 使跌落角跌落到冲击面上; (4) 将另外3个角各跌落1次, 重复步骤; 试验样品: 2349801-2。试验情况: 试验前, 在室温下将样品(2349801-2)放置平整地面上对外观、结构进行日视检查, 样品(2349801-2)未发生断裂、变形现象。将样品(2349801-2)用叉车吊钩抬起。按试验条件的要求, 对样品(2349801-2)施加规定的试验应力。试验结束后, 在室温下将样品(2349801-2)放置平整地面上对外观、结构进行日视检查, 样品(2349801-2)未发生断裂、变形现象。

综上所述, 大口径包装箱密封方式, 具有低成本、便于拆卸、安装且密封效果好的特点, 满足用户使用要求。

参考文献

-
- [1] 王祥; 曹捷; 杨斌; 吴学江. 一种新密封结构的设计及应用 [J]. 液压气动与密封, 2024(12).
[2] 丁建龙. 基于某水下航行体包装箱的密封结构设计 [J]. 机械研究与应用, 2017, 30 (01).