

解决机轮齿轮沉头螺钉松脱 断裂的技术措施

Solving Countersunk Screw Loose Failure of Wheel Gear

空军驻某地区军事代表室 何永乐 刘彦斌 张琦 李硕
中航工业西安航空制动科技有限公司 杨鹏 卢宏 乔勇

受产品结构限制,要解决螺钉松动、断裂问题,需要从解决螺钉受力和防松止动两方面采取措施。此外,需要在维护工作中注意加强防范。

为某型飞机主起落架配套的航空机轮,在轮毂的毂部安装有大齿轮,用螺钉联接固定,利用冲头给螺钉头与沉孔接合缝处打冲点的方法来防松保险。该机轮为设计改进产品,以适应外场的使用需求。改进包括采用在齿圈内布置沉头螺钉联接齿轮。产品交付使用后,陆续在不同机场反映机轮齿轮沉头螺钉发生螺钉头松动、退出和断脱问题。此问题的发生对使用维护直接带来不便,也为飞行安全埋下隐患。例如,某部曾发生一起仅使用几十个起落轮毂断裂的故障,是由螺钉头断裂后掉入轴承而引起的。针对此问题分析查找原因,从设计和工艺上采取措施,消除使用安全隐患,提高产品固有可靠性、安全性。

问题简述

根据收集到的故障情况,在外场发生的轮毂齿轮螺钉问题主要表现为2种:一是个别螺钉松动退出,螺钉头高出齿轮沉孔端面,螺杆歪斜,压伤孔口,检查相对的挡油环端面有

划痕,齿轮相对螺钉无周向移动;二是部分或全部螺钉钉头被剪断,挡油环端面没有划痕,螺杆残留在轮毂螺纹孔里,齿轮周向有错位,孔边有挤压痕迹。第一种情况发展的结果是螺钉头与挡油环端面碰撞,也会导致螺钉头断裂。检查齿轮与密封件的几个接触部位有磨蹭痕迹,在与挡油环毛毡圈密封处光亮、无镀镉层;在与刹车壳体碳纤维密封环密封处,也呈现光亮、无镀镉层;有的齿轮与刹车壳体密封环槽边沿圆周 $60^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 部位有明显的磨痕,深度约0.5mm。出现此现象的螺钉大部分被切断。此外,个别故障件齿轮外圆局部被碳纤维密封环磨出很深的沟槽,呈现发蓝的高温色,造成齿轮报废。

故障原因分析

对故障件进行断口分析。螺钉断口特征为一次性瞬间断裂,微观形貌为韧窝。螺钉材料为45钢冷拉状态中碳钢,显微组织正常。这说明螺钉断裂是过载断裂。

正常情况下,大齿轮螺钉的受力

很小,螺钉强度是足够的。在非设计状态下运行,大齿轮将巨大的摩擦阻力传递给固定螺钉,使螺钉受到挤压、剪切、拉拔,造成部分或全部螺钉断裂。由于不能及时发现问题,在所反映和返厂的故障件机轮中,螺钉头都已失踪,仅螺纹杆残留在螺钉孔内。在某种情况下螺钉头断脱,有可能进入轴承内,导致轴承滚子运转不畅而失效,进而引发一连串的严重后果。

从零件装配关系可知,轮毂大齿轮受3个力:大齿轮与惯性传感器小齿轮啮合传动力、大齿轮的外圆锥表面与刹车壳体的碳纤维密封环摩擦力,以及大齿轮的内圆表面与挡油环的毛毡圈摩擦力。第一个力即齿轮啮合传动阻力正常情况是很小的,而主要是后两个力,密封件接触形成的摩擦阻力。齿轮外圆和内圆密封配合表面有明显的磨亮现象说明了这点。特别是在与刹车壳体的碳纤维密封环配合接触处,刹车壳体是静止件,机轮是高速旋转件,如果二者间隙过小,譬如由于使用变形、着陆冲

击,或安装公差积累形成机轮轴线与刹车壳体轴线不同轴,大齿轮可能碰到刹车壳体(密封环槽边计算最小间隙为0.5mm),此时产生的摩擦撞击力是非常大的,在故障件上发现个别齿轮该部位有磨蹭痕迹。碳纤维密封环安装不到位,或局部挤压在一起成为疙瘩;毛毡圈安装不到位,或毛毡圈浸油量过多,都会造成密封处摩擦力显著增大。

由于齿轮与轮毂采用过渡配合,装配后可能有过盈量,也可能有间隙,最大过盈量为0.05mm,间隙为0.068mm,视具体零件加工公差而定。因此,如果齿轮装配后为间隙配合,以及在飞机的起飞着陆过程中,受到陆冲击、刹车振动、热应力等因素影响,齿轮所受的摩擦力和运动阻力,不是通过齿轮与轮毂的紧配合联接直接传递给轮毂,而是先传递给连接螺钉,再由螺钉传递给轮毂,使螺钉承受非设计期望的剪力。如果此剪力很大,超过螺钉材料的许用应力,螺钉将被剪切断,这经常发生在飞机接地瞬间,因为此时机轮受力最大。机轮安装的不同轴,着陆和刹车有时出现的剧烈冲击、振动,使大齿轮与刹车壳体发生干涉(碰撞),也会直接导致螺钉被剪切断。

螺钉松动后会逐渐退出,如果不能及时发现和排除,其结果是螺钉头将抵靠在挡油环端面,与挡油环不断地磨擦和碰撞,会导致螺钉头断裂。这在挡油环的端面上留下一圈宽度大约为螺钉头直径的沟槽。

螺钉装配后在螺钉头与沉孔接缝处打冲点进行防松。由于齿轮硬度较高(HRC30~37),螺钉材料较软,这样,冲点后螺钉头有明显冲窝,甚至冲掉一块成为一个小豁口,而在齿轮沉孔上变形很小,最多是一个冲印,因而防松止动效果差。即使齿轮装配后与轮毂有一定的过盈量,在振动、冲击、热应力这种使用条件下,随着使用时间和次数增多,螺钉会逐渐

松动、退出。如果齿轮装配后与轮毂的配合有间隙,螺钉直接承力,将会加速松动和退出。

综上所述,螺钉断裂原因是齿轮装配后与轮毂存在间隙,齿轮沿轮毂周向有位移窜动;齿轮与挡油环、刹车壳体密封配合处摩擦阻力大,甚至与刹车壳体发生干涉,使螺钉承受挤压、拉拔、剪切等非设计预定的外载荷,超过螺钉材料的许用强度而断裂。螺钉松动退出是由于采用打冲点方式防松效果差,在复杂的使用载荷环境下,螺纹副的锁紧摩擦力减小,外力使螺钉头逐渐退出。螺钉退出后若不能及时发现纠正,当螺钉头与挡油环的间隙被吃掉后,随机轮一起高速旋转的螺钉头碰靠挡油环端面,也会挤歪、碰断螺钉。

解决措施

根据机械设计原理,从功能上该螺钉起联接作用,只承受轴向载荷,限制齿轮的轴向移动。齿轮横向或周向限位和承载,应由齿轮与轮毂的紧配合联接来实现。

受产品结构限制,要解决螺钉松动、断裂问题,需要从解决螺钉受力和防松止动两方面采取措施。此外,需要在维护工作中注意加强防范。

(1)在设计上将齿轮与轮毂的过渡配合改为过盈配合,并加大过盈量(过盈量为0.15~0.25mm);齿轮与轮毂的轴向配合长度适当加长,增加配合接触面积。这样,齿轮所受的力(扭矩),通过齿轮与轮毂的紧配合联接,在配合面间产生足够的摩擦阻力或摩擦阻力矩来平衡,亦即通过紧配合形成的的静摩擦力(力矩)传递给轮毂,避免螺钉受横向力,或减轻螺钉受力程度。将挡油环毛毡圈改换为皮碗,使毛毡圈的摩擦力特别是在浸油过量情况下大幅度降低。适当调整齿轮外圆尺寸,在保证密封要求的前提下,预置间隙以减小碳纤维密

封环的摩擦力;增大齿轮与刹车壳体之间的间隙,防止某些条件下可能出现的磨碰干涉。

鉴于在一定条件下螺钉可能承受齿轮传递的横向载荷,在不改变螺钉规格的情况下,更改螺钉材料,采用较高强度的合金结构钢制造,可提高螺钉的抗剪切、抗拉断能力。

(2)在工艺上改进螺钉冲点工艺,在齿轮沉孔边沿预制3个均布的冲点孔,冲点后使螺钉头变形挤入冲点孔,从而达到可靠防松止动的目的。为进一步增强防松效果,结构设计方面,还在螺钉孔内安装锁紧型钢丝螺套,靠摩擦力防松。改进刹车壳体碳纤维密封环的装配工艺,保证碳纤维密封环装配后的尺寸和形状正确。明确检验标准,加强齿轮螺钉冲点和刹车壳体碳纤维密封环装配后检查,保证出厂产品质量。

(3)外场使用中应注意检查齿轮螺钉和刹车壳体碳纤维密封环的状态,通常在机械日或结合更换轮胎进行。发现螺钉松动或螺钉头断裂,及时给与检修排除。如果部队因条件所限,不能取出断裂保留在螺钉孔内的螺杆部分,应将故障件返回承制厂返修(通常可用电火花返修)。由于碳纤维密封环质地柔软、强度低、容易拉扯断,会在槽子内堆积、拥挤成疙瘩或粗结,或者刹车粉尘或其他脏物如沙尘侵入集结,将造成该密封处摩擦力异常增大。因此,需要关注碳纤维密封环的安装情况,若不符合要求应及时调整或更换密封环。如果螺钉头断裂,应尽快找到,特别要注意检查机轮轴承运转状态,防止螺钉头断脱后进入轴承,决不能留下安全隐患。

采取以上措施改进后的产品,经外场几年来的使用验证,消除了齿轮螺钉频发松动退出、甚至断裂的故障和飞行安全隐患,减少了机务维护工作,改进效果显著。

(责编 亦非)