

# 托板螺帽在波音 737CL 飞机上的应用

## Application of Nut Plate in Boeing 737CL Aircraft

山东太古飞机工程有限公司 周广洲

**[摘要]** 介绍了波音常用托板螺帽的构型、涂层的作用,结合基地维护时积累的经验对其在 737CL 机型上的安装使用、腐蚀影响等方面进行了分析说明。

**关键词:** 托板螺帽 构型 涂层 安装

**[ABSTRACT]** Boeing nut plate configuration and anti-corrosion coating are introduced, combined with Boeing 737CL aircraft maintenance experience are summarized, the installation methods and the corrosion effects are analyzed.

**Keywords:** Nut plate Configuration Coating Installation

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.16.079

在 2008 年,媒体曾报道波音公司的 737 飞机上有成千上万的托板螺帽因缺少防腐涂层而必须更换,波音正面临着新飞机返厂的挑战。波音公司解释说不符合规定的托板螺帽安装在了过去 15 个月内已经交付的飞机上,根据生产计划判断大约 30% 的托板螺帽需要更换,每架飞机大约涉及 3000~4000 个,具体数量根据 737 机型不同而会有所变化。随后,波音公司又证实 3 款宽体飞机 747、767 和 777 也面临着类似 737 因质量控制而导致的生程序中断的问题。

这个事件是因为托板螺帽涂层问题导致的飞机返厂,对波音的生产影响很大。托板螺帽涂层的主要目的是防腐,涂层的缺失大大增加了部件后续出现腐蚀的潜在可能性。尽管这不是一个直接涉及飞行安全的问题,但对结构的耐久性、安全性却有着不可估量的危害作用,这也是波音要求新飞机返厂并更换托板螺帽的主要原因。目前,随着 737CL 飞机的老龄化,托板螺帽引发的腐蚀问题也越来越多,本文就托板螺帽的应用做深入研究。

### 1 构型介绍

托板螺帽是一种能将螺母提前安装在飞机部件上,而在安装螺丝或螺栓时不需再用工具固定螺母的紧固件,通常由自锁螺母和支撑螺母的托板组成。如果螺母和托板是一体的,称其为固定式托板螺帽;如果螺母是卡装在托板上的,则称其为浮动式托板螺帽。托板螺帽

的托板上共有 1 大 2 小 3 个孔,其中大孔用于后续螺丝的安装,2 个直径为 2.38mm 的小安装孔用于在部件上安装托板螺帽。如果按照托板螺帽上的 2 个小安装孔的分布位置,其可以分为双边、单边和三角式 3 种类型,双边式指的是托板螺帽的 2 个安装小孔在螺丝孔的两侧,3 个孔的中心连线为直线;单边式指 2 个安装小孔排列在螺丝孔同侧,3 个孔的中心连线也为直线;而三角式是指两个安装小孔排列在螺丝孔下方,3 个孔中心连线呈现三角形,维修过程中应根据维修文件要求或实际的可安装空间选择合适构型的托板螺帽(图 1)。



图1 托板螺帽构型

Fig.1 Configuration of nut plate

由于托板螺帽的使用区域、环境不一样,因此其构型、尺寸、材料和镀层有很多种,具体信息需要通过查询紧固件的生产标准来获得。例如波音 737-300 货舱里常用的托板螺帽件号是 BACN10JR3F,通过查询其生产标准可知该托板螺帽为双边浮动式,螺纹标准为 1900-32UNJF-3B,钢质材料,涂层为镉镀层,件号最后的字母 F 指螺母为浮动式,同时可以得到紧固件安装孔的尺寸、间距等一系列技术数据。

### 2 托板螺帽的安装

托板螺帽一般位于封闭区域,作为盲螺母使用,通常使用铆钉或拉钉安装在飞机部件上,其承受的剪切力约在 862~1103MPa 之间。在安装托板螺帽时应当注意整体流程的完整性,从最大程度上避免有可能导致腐蚀的因素。

参考维修资料并结合多年的实际维修经验,建议的安装步骤如下。

(1) 在部件上正确定位托板螺帽的螺丝孔和小安装孔位置,检查并确定托板螺帽的安装小孔不能与结构出现干涉。

(2) 在部件上钻出托板螺帽的螺丝孔,并使用托板螺帽钻孔夹具钻出安装小孔。注意要根据托板螺帽的

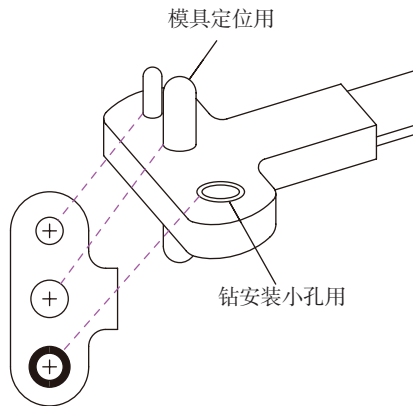


图2 双边式托板螺帽钻孔夹具  
Fig.2 Jig for two lug type nut plate

构型、尺寸选择正确的钻孔夹具,该夹具可以购买或自制(图2)。

(3) 按需对孔进行划窝,施加防腐层、漆层等涂层。

(4) 使用允许的清洁剂彻底清洁部件表面,并确保紧固件孔内的清洁。

(5) 仔细检查托板螺帽构型、镀层的完整性,尽量不要使用破损的托板螺帽,也不要再在托板螺帽上涂抹额外的润滑剂或防腐材料。对于镀镉的托板螺帽,镉镀层的轻微脱落或裂纹不会影响到其保护性,可以采用底漆或其他保护剂对稍有破损的镀层进行保护。

(6) 对于需要湿安装的托板螺帽,要使用合适的工具将密封胶均匀涂抹到托板螺帽或部件表面(如果部件表面容易接近)。确保部件和托板螺帽上的紧固件孔不会被密封胶堵塞,密封胶不会影响到浮动式托板螺帽的螺母活动性,以防止影响后续螺丝或螺栓的安装。注意不要使用波音 B-1/2 类密封胶,此类密封胶固化时间太短,影响安装。

(7) 使用定位销固定并夹紧托板螺帽后安装铆钉或拉钉。安装铆钉时要特别注意,不要因为使用顶铁而在铆钉底部镦头成形的过程中碰伤托板螺帽,必要时可以使用纸胶带进行隔离保护。

注意当使用铆钉安装件号为 BACN10FM、BACN10LK、BACN10YF 以及类似设计的环套式托板螺帽时,铆钉镦头的成形高度应当高出托板螺帽安装孔环套至少 0.025cm。安装时应小心不要破坏托板螺帽的活动性(图3)。

(8) 安装完成后检查托板螺帽和部件,确保二者贴合没有间隙,螺丝孔内不要有过多密封胶。

另外,除了使用铆钉或拉钉安装托板螺帽外,还有一种安装方式就是点焊。当采用点焊连接托板螺帽时,为了以后能使用钻孔的方式拆除该托板螺帽,必须控制好焊点及焊接过程,并允许在后期维护中使用带孔铆接

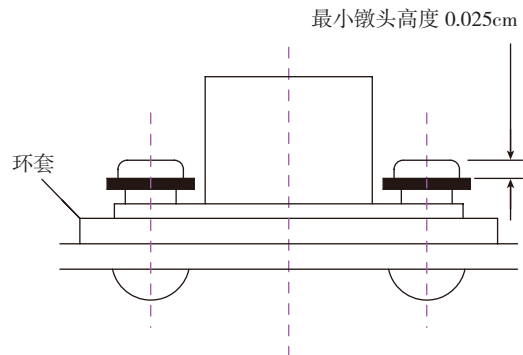


图3 环套式托板螺帽的安装  
Fig.3 Installation of eyelet-type nut plate

的托板螺帽更换原焊接托板螺帽。

在定检维护时,拆除接近盖板后应当对相关区域的托板螺帽进行详细目视检查,这是因为浮动式的托板螺帽的螺母在长时间使用后,由于振动、腐蚀等原因而存在脱落的可能性。对于安装托板螺帽的位置,应当进行详细检查以确保没有腐蚀发生,如果的确需要在铝合金结构上清除腐蚀,应先将干涉的托板螺帽拆除,以便完全去除腐蚀并防止打磨工具碰伤托板螺帽,避免脱落的钢质碎屑引起铝合金材料的后续腐蚀。

### 3 腐蚀分析

飞机结构大多为铝合金材料,而托板螺帽多为钢质,二者之间因为电位差等原因存在产生电偶腐蚀的潜在可能性。由于铝合金腐蚀电位较低,容易被腐蚀,因此在托板螺帽上施加一层镀层,比如隔镀层。通过镀层对部件及紧固件进行有效隔离形成致密、不透气、不透液体的氧化膜。但是,当镀层被破坏时,在腐蚀环境下铝合金部件和托板螺帽之间就会形成原电池,从而造成铝合金部件的腐蚀,严重情况下可能会导致结构部件的大修或更换(图4)。

托板螺帽常用的涂层有镉镀层和银镀层。镀镉层成本较低、柔软,属于牺牲性阳极镀层,对钢具有较高保护能力。由于镉的熔化温度约为 316℃,所以带有镉镀层的托板螺帽使用温度一般不能超过 232℃,否则镉元素会渗透到部件中引起基体材料的脆化而导致结构失效。银镀层成本较高,在高温下具有很好的润滑性,可以抵抗托板螺帽和结构件之间的咬焊或烧蚀,银镀层的托板螺帽使用温度一般不能超过 482℃(某些情况下最高可达 871℃),否则就会引起镀层的失效。

考虑到材料腐蚀问题,应当注意带有镉镀层的螺母不能和钛合金或钛合金材料紧固件配合使用,而带有银镀层的托板螺帽在超过 316℃ 的区域不能和钛合金或钛合金材料紧固件配合使用,同时银镀层的托板螺帽不



图4 货舱托板螺帽区域严重腐蚀  
Fig.4 Severe corrosion around nut plate in cargo bay

能和带有银镀层的螺丝或螺栓配合使用。

随着波音 737 飞机的老龄化,各种结构问题也越来越多,其中比较明显的就是腐蚀问题。腐蚀多区域、大面积出现,造成结构部件抗疲劳性能明显降低,最后就会导致部件失效,飞机停场,结构大修。尽管导致飞机腐蚀的原因有很多,但是不能小觑托板螺帽造成的影响。托板螺帽数量多、分布广,基本遍布飞机的每个区域,其一旦发生腐蚀,隐蔽性比较强,带来的危害可能是巨大的。因此,托板螺帽的腐蚀问题应当尤为重视,在定检过程中应多侧重检查,对发现的腐蚀一定要进行彻底的清除,如果发现托板螺帽腐蚀严重就直接将其更换。

#### 4 结束语

托板螺帽的确是一种很小的紧固件,承受的载荷也不是非常大。但是就定检维护的经验来看,其引起的货舱、客舱、机翼内部件的腐蚀不计其数,本公司也曾因为托板螺帽造成的腐蚀问题多次修理、更换过货舱地板梁、缝翼横梁等部件。

无论任何时候,托板螺帽的选取及安装都应以现行有效的参考资料要求为准,安装前一定要仔细检查其完整性,尽量不要使用破损的托板螺帽;部件上钻完孔后一定要对孔或划窝处进行防腐及漆层处理;在更换或修理部件时尽量将旧的托板螺帽一并更换,这样做虽然会增加一些成本但是却会更好地预防后续腐蚀的产生,如果必须使用旧的托板螺帽,需对其进行彻底清洁,并做好防腐保护。

应当重视托板螺帽的使用,采用正确的安装方式和合理的控制措施,从多源头、最大程度上减少结构腐蚀问题的发生。

(责编 春早)

(上接第 70 页)



图15 预浸料PE下覆膜  
Fig.15 Under-bottom PE film prepreg



图16 预浸料PE上覆膜  
Fig.16 On-top PE film on prepreg

试验结果表明,设备分切精度高、覆膜可靠、卷装密实、分切复卷速度快、预浸料利用率高。该设备与自动铺丝机一起构成复合材料成型自动化的一整套设备,促进了自动纤维铺放技术的发展。

#### 参考文献

- [1] 李勇,肖军. 复合材料纤维铺放技术及其应用. 纤维复合材料, 2002, 9(3): 39-41.
- [2] 肖军,李勇,李建龙. 自动铺放技术在大型飞机复合材料结构件制造中的应用. 航空制造技术, 2008(1): 50-53.
- [3] 刘宝锋,李佩兰. 热熔法预浸料制备工艺研究. 高科技纤维与应用, 2000, 25(4): 38-41.
- [4] 齐韶文,侯燕. 卷绕成型机构的研究. 山西机械, 2000, 22(4): 22-23.
- [5] 魏建,匡江红,陈帅,等. 高速卷绕机卷绕方法的分析与研究. 合成纤维, 2006, 35(8): 36-41.
- [6] 宋春梅,杨建成,李文武,等. 密封毛条恒张力卷绕系统的研制. 天津工业大学学报, 2008, 27(2): 66-69.
- [7] 张涛,臧小惠,杨劲松. 卷绕线张力控制系统的建模与研究. 计算机仿真, 2008, 25(2): 328-331.

(责编 亿霖)