

桶形自锁螺母应用及安装工艺性验证研究

宋 聪 杨玉姣 张 健

中航工业直升机设计研究所 江西 景德镇 333001

【摘要】：桶形螺母的应用对我国航空制造业意义重大，根据国内外桶形螺母在航空领域的使用情况，设计了安装工艺性验证方案。通过对国产桶形螺母进行不同孔径结构孔的适配性及安装工具使用适配性、15次拆装耐久试验，结果表明国产桶形螺母的安装工艺性性能优异，也为该系列桶形螺母的工程应用提供了必要的数据库。

【关键词】：桶形螺母；国内外发展；安装工艺验证

1 引言

桶形螺母越来越受到人们的关注，由于它有很多独特的优点，在我国航空领域里得到了广泛应用，使各种构件变得紧凑，造型美观。它具有强度高、工艺性好、使用方便的特点，是飞机和直升机结构的重要连接件之一。

飞机及直升机结构设计中，需要在部分不开敞部位进行连接，采用常规螺栓与螺母连接会导致螺栓长度较长，使用数量较多时增加的重量也是设计考虑的重要因素。桶形自锁螺母是一种具有圆柱形结构的螺母组件，通常由自锁螺母、保持架等组成，如图1所示。保持架具有弹性，为自锁螺母提供压紧力，用于安装定位。

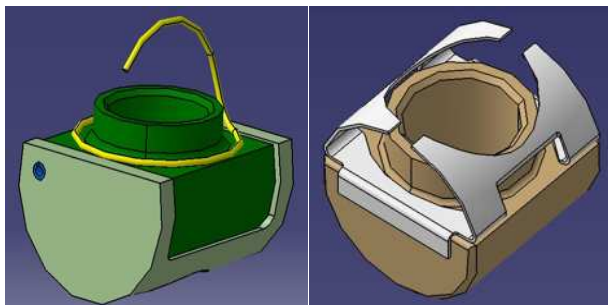
2 国内外同类产品（技术）发展现状与趋势

2.1 国外发展及应用情况

桶形自锁螺母可根据设计需求选用不同强度等级的螺母，因此，作为高性能连接件，在国外飞机和直升机上应用广泛，从起落架到机身、从发动机短舱到机翼都能很好地满足要求。

桶形螺母最初是一个圆柱形的金属块，内部开孔有螺纹，使用标准螺栓从外部拧入，实现螺纹连接。起初的外形是一个带有横向螺纹孔的“料棒”。当桶形螺母被逐渐应用在金属结构的连接时，其结构设计发生了多次更新改进：为达到减重的目的，去除了不必要的部分材料；为增加锁紧功能，通过螺母收口实现自锁；为补偿安装孔错位的问题，设计成螺母可以浮动的组合件；为便于安装定位，增加辅助安装的弹簧夹。

桶形螺母逐渐被更广泛地应用在航空领域，并且开始作为主要承载结构件的连接，具有性能优良、产品成熟度高，批次稳定性好，安装快捷方便，铆接成型率高等优点，较好地满足了实际使用需求。目前已知的国外桶形螺母（如图1所示）形成了完善的公英制桶形自锁螺母标准体系，包括浮动型、非浮动型两大类，浮动型补偿了安装孔错位的问题，国外企业对保持架、辅助安装的弹簧夹以及桶形自锁螺母串联都有明确规定，高强度桶形螺母在国外已经形成稳定生产及供应。



M型桶形自锁螺母 MJ型桶形自锁螺母

图1 桶形自锁螺母结构

2.2 国内发展及应用情况

相比较而言国内桶形螺母一直以来是我国航空紧固件领域缺项最严重、标准和产品近乎空白的一类重要紧固件，在固定翼飞机、直升机上也均有使用，国内发展相对缓慢，但是桶形螺母产品发展前景可观，积极开展桶形螺母的研制，目前已有国内部分企业发表相关标准。例如业内企业联合编制了XX7715-2002《桶形自锁螺母》，其结构型式如图2所示。

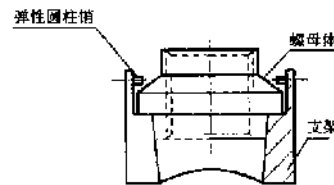


图2 XX7715-2002 桶形螺母

3 安装工艺验证方案设计

针对目前直升机上用量较大的桶形螺母进行了技术攻关并试制出国产的M型及MJ型桶形螺母。前期已对产品进行了显微硬度、显微组织、轴向载荷、振动耐久等产品试验，试验结果表明桶形螺母产品表现优秀，性能良好稳定。本研究根据桶形自锁螺母产品结构特点，结合国内外桶形螺母的工程应用实际，设计试验方案，在安装工艺性需要方面测试桶形自锁螺母与结构孔的适配性、不同安装条件下安装工具的使用以及与连接螺栓的带载拆装耐久性。

3.1 安装工艺性试验件选择

试验用桶形自锁螺母结构如图3、图4所示，桶形自锁螺母试验件清单见表1。

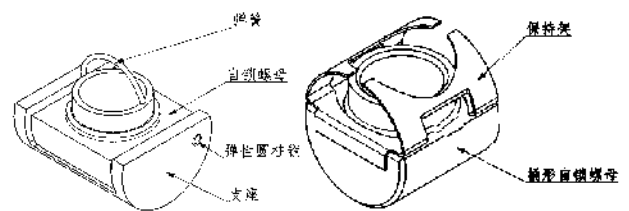


图3 M型桶形自锁螺母组件

图4 MJ型桶形自锁螺母组件

表1 试验件清单

试验件规格编号	试验件数量（件）	配套螺栓
XX-M8C、XX-M8	10	XX1-101-8×34
XX-M10C、XX-M10	10	XX1-101-10×34
XX-M12C、XX-M12	10	XX1-101-12×36
XX-MJ10HD、XX-C10SP3	10	XX7410-10×34
XX-MJ12HD、XX-C12SP3	10	XX7410-12×36

3.2 与结构孔及安装工具使用适配性试验设计及结果

3.2.1 试验设计

对结构夹层板上的3个孔按照由小到大的顺序依次编号为1、2、3, 首先将不同规格桶形自锁螺母分别从A端依次安装至对应规格的结构夹层板的3个孔内(如图5所示), 观察桶形自锁螺母在结构孔中固定及移动情况, 试验件编号及安装记录要求见表2。将螺母取出后, 再从试验板B端将桶形自锁螺母装入结构孔内, 通过分别A端、B端安装桶形自锁螺母, 评估现场使用的安装工具的适用性。

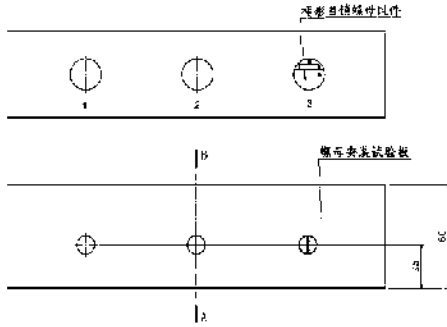


图5 桶形自锁螺母在结构孔中的安装示意图

3.2.2 试验结果

经过对多个规格桶形螺母产品进行结构孔的适配性及安装工具使用试验^[2], 图6、图7分别为M型桶形螺母和MJ型桶形螺母试验件外观情况图。试验结果见表2, 结果均符合要求。



图6 M型桶形螺母实物



图7 MJ型桶形螺母实物

表2 桶形螺母适配性试验结果

螺母规格	螺母编号	A端适配情况			B端适配情况		
		孔1	孔2	孔3	孔1	孔2	孔3
XX-M8C	1	√	√	√	√	√	√
XX-M8	2	√	√	√	√	√	√
XX-M10C	3	√	√	√	√	√	√
XX-M10	4	√	√	√	√	√	√
XX-M12C	5	√	√	√	√	√	√
XX-M12	6	√	√	√	√	√	√
XX-MJ10HD	7	√	√	√	√	√	√
XX-C10SP3	8	√	√	√	√	√	√
XX-MJ12HD	9	√	√	√	√	√	√
XX-C12SP3	10	√	√	√	√	√	√

3.3 螺母拆装耐久性

3.3.1 试验设计

本实验主要针对国产桶形自锁螺母的锁紧性能^[3-4]进行试验, 主要测试对桶形自锁螺母与螺栓连接性能, 并按XX6586的规定施加安装力矩进行15次拆装试验, 试验安装示意图如图8所示, 安装力矩见表3, 试验拆装过程中检查桶形自锁螺母的安装力矩是否丢失, 螺母螺纹及锁紧结构是否有损伤, 检查记录见表4。

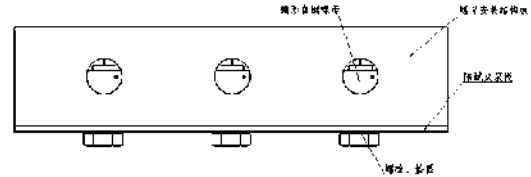


图8 拆装耐久性安装示意图

表3 930MPa强度等级抗拉螺栓拧紧力矩

序号	螺栓螺纹规格	螺栓拧紧力矩(Nm)	备注
1	8×1.25	14±1.4	
2	10×1.25 10×1.5	30±3	
3	12×1.5	52±5.2	12×1.25 螺纹规格也按此施加安装力矩

3.3.2 试验结果

经过对多个规格桶形螺母产品进行15次拆装耐久试验, 图9、图10为某MJ型桶形螺母试验件外观情况图。试验结果见表2, 结果表明安装力矩无丢失, 螺母螺纹及锁紧结构无损伤, 均符合要求。



图9 MJ型桶形螺母实物



图10 桶形螺母及配套螺栓实物

表4 桶形螺母拆装耐久试验结果

检查项目	试验序号	检查次数及问题
螺纹、自锁结构 安装/拆卸力矩 N·m	1	拆装15次, 无问题
	2	拆装15次, 无问题
	3	拆装15次, 无问题
	4	拆装15次, 无问题
	5	拆装15次, 无问题

	6	拆装 15 次, 无问题
	7	拆装 15 次, 无问题
	8	拆装 15 次, 无问题
	9	拆装 15 次, 无问题
	10	拆装 15 次, 无问题

注: 上接表 4

经过试验验证, 国产桶形螺母与结构孔的适配性、拆装耐久性与

进口桶形螺母一致。

4 结论

(1) 使用现场安装工具应能顺利完成国产、进口桶形自锁螺母的安装, 且安装后桶形自锁螺母在结构孔内不出现松动; 进行 15 次拆装耐久性安装后, 桶形自锁螺母在结构孔中不易移位, 螺纹不应出现磨损, 螺母锁紧性能不丢失。

(2) 试验 M 型及 MJ 型桶形螺母能够满足试验方案中与结构孔的适配性及安装工具使用、螺母拆装耐久性使用要求; 试验桶形螺母在满足试验方案各项性能参数要求后, 保证航空领域用桶形螺母的可靠性和稳定性, 同时也为桶形螺母工程应用提供试验数据。

参考文献:

- [1] 黄南, 李少龙, 朱伟坚. 航空发动机自锁螺母使用寿命影响因素分析与研究[J]. 航空科学技术, 2017, 28(04):68-74.
- [2] 张健, 刘纪福. 双耳托板游动可更换自锁螺母设计及应用研究[J]. 直升机技术, 2017(04):53-57+62.
- [3] 张晓斌, 杨乾, 王洪飞, 唐伟, 刘本领, 林忠亮, 吴保全, 白清顺. 盲孔镶嵌自锁螺母锁紧力矩仿真及试验研究[J]. 现代制造工程, 2022(02):10-15.
- [4] 莫立权, 张鸿雁. 半轴螺母锁紧结构设计与优化[C]//2021 中国汽车工程学会年会论文集(5), 2021:20-22.

作者简介: 宋聪, 出生年月: 19930419, 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 河北邢台, 学历: 硕士, 职称: 助理工程师, 研究方向: 工作标准件专业。