

AQS 在波音飞机舱门上的应用

Application of AQS on the Door of Boeing Aircraft

沈阳航空工业学院 王 巍

[摘要] 采用 AQS 技术对波音飞机舱门外形数据测量点进行分析,查找产品质量波动的原因,制定相应的措施,提高了产品质量。

关键词: AQS 技术 关键特性 控制图

[ABSTRACT] The door contour data measuring points of Boeing aircraft are analyzed by using AQS technology. The reasons of the unstable product quality are determined. The corresponding measures are taken. The product quality is improved.

Keywords: AQS technology Key property Control chart

AQS(Advance Quality System)就是先进的质量体系,即使用先进的质量管理方法对产品质量实施控制。

1 AQS 基本要素组成

AQS 的基本要素及其关系如图 1 所示。

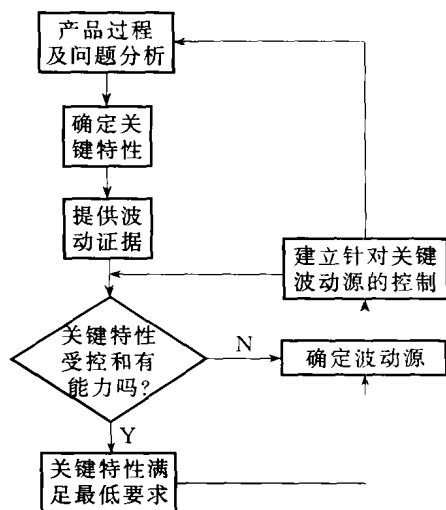


图 1 AQS 的基本要素

Fig.1 Basic elements of AQS

从 AQS 的基本要素看,产品过程及问题分析是基础,它直接反映产品质量,而对于波音飞机某型舱门来讲,其外形质量严重影响产品合格率,外形质量鉴定是通过测量统计得出的。在统计过程控制中,测量工作由受过培训的人员进行,采用适当的抽样频率采集计

量值测量数据,选择合理适用的控制图,将测量点数据反映到控制图上,并计算过程能力指数(C_{pk})。发现不合格品,则采取适当的措施进行纠正,在纠正措施的有效性得到验证以前必须保持 100% 的检验。

2 利用 AQS 技术分析测量点数据

2.1 测量点状况

为了控制舱门的外形,在检验夹具上通过测量舱门外形 40 个点的数值来确定舱门外形是否满足要求。

测量点的位置。40 个测量点在舱门上的位置如图 2 所示。图中 MX 代表测量点。如 M1 代表第一个测量点。

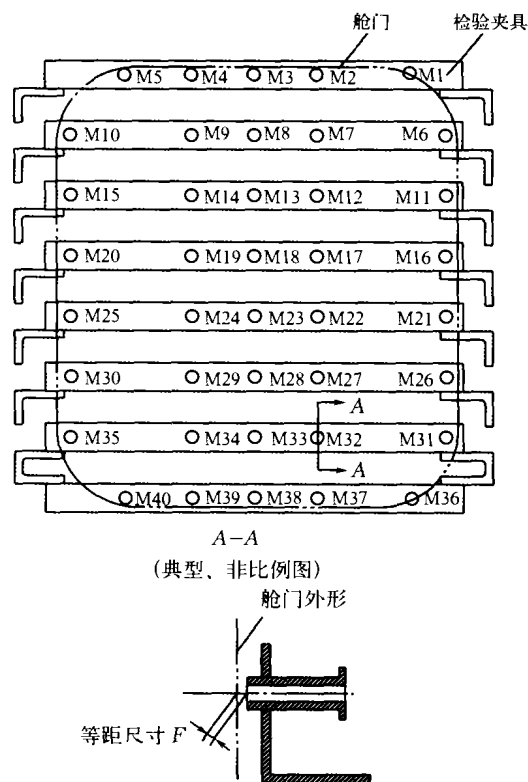


图 2 测量点在舱门上的位置

Fig.2 Location of the measuring points on the door

各测量点的公差规范。根据波音公司检验规范,测量点从 1~35 点的公差为 ± 0.76 mm;第 36~40 点测量公差为 $0 \sim 0.76$ mm。

超差点分布。经过对 SAC272~SAC274 飞机舱门数据进行分析发现超差点:1# 门主要集中在后侧的 8 个点上(即 1,6,11,16,21,26,31,36);2# 门主要集中在前侧的 8 个点上(即 5,10,15,20,25,30,35,40 点)。将 40 个测量点数据作为关键特性进行控制。

超差范围。大多数超差点的误差数值在 1.0 mm(即超差 0.24 mm)左右,而且出现频率很高,局部几点误差值达到 1.5 mm(超差 0.74)左右,但频率较低。

从超差点的测量数值可以看到,所有超差数值均为正,反映在图 2 的 A—A 剖视图中 F 的尺寸偏小,也就是说,舱门外形在超差点处外凸。

2.2 利用 AQS 技术进行测量控制

由于产品质量存在问题,波音公司将舱门止动梁上的 6#,8# 钉孔的直径确定为关键特性,要求使用 AQS 方法进行控制,验证后收到了良好的效果。以 1# 货舱门为例,使用 AQS 方法对外蒙皮进行控制,我们主要采取以下几个步骤。

(1)选择测量工具。在测量外蒙皮 40 个点时,选用百分表来代替千分尺。

(2)选用控制图。控制图的选用是 AQS 的重点。根据产品批量以及数据可量化等特点选择计量值控制图,即均值函数 \bar{X} 图和单值 X 移动极差 R 图作为控制工具。

(3)数据收集。数据测量是绘制控制图的基础。为得到准确数据,必须为测量人员创造有利的条件并明确测量要求,使测量数据反映完整的生产输出。

(4)绘制控制图。将舱门在同一测量点上的测量数据作为一组点,输入到计算机中,利用数理统计公式,在图上得到相应的各个点,再将图上的点连接起来,就得到所需的 \bar{X} — R 图。下面是绘制 \bar{X} — R 图所需的各种指标计算方法。

求均值公式:

$$\text{样本均值 } \bar{X} = \sum X_i / n;$$

$$\text{中心线 } \bar{Y} = \sum \bar{X} / K;$$

$$\text{控制限 } UCL = \bar{Y} + A_2 \bar{R};$$

$$LCL = \bar{Y} - A_2 \bar{R}.$$

求极差值公式:

$$\text{极差 } R = \max X_i - \min X_i;$$

$$\text{中心线 } \bar{R} = \sum R / K;$$

$$\text{控制限 } UCL = D_4 \bar{R};$$

$$LCL = D_3 \bar{R}.$$

求能力指数 $C_{pk} = [(USL - AUG)/3\sigma, (AUG - LSL)/3\sigma]$ 中的较小值,其中标准偏差

$$\sigma \approx \sqrt{\sum (X_i - AUG)^2 / (N - 1)}.$$

航空制造技术

上述公式中, n 为样本容量; K 为取样的组数; LCL 为下控制线; UCL 为上控制线; A_2, D_3, D_4 为计算控制极限和估算标准偏差的表列常数; AUG 为所有测量值的平均值; USL 为上标准限值; LSL 为下标准限值; \bar{Y} 为 \bar{X} 的平均值; X_i 为单个测量值; N 为测量值的总数。

在 AQS 控制计划中一旦选定了控制图,下一步就是确定样本量和抽样频率。其中,样本量是控制图中每个点所对应的测量值个数。AQS 对样本量给出了推荐使用值,见表 1。

表 1 样本量推荐使用值

控 制 图	推荐样本量
计量控制图(不包括单值 X 移动极差 R 图)	3~5
单值 X 移动极差 R 图	1

将 SAC272~SAC274 机的 1# 舱门上的 40 个点的测量数据按上述步骤求出均值和极差 R 以及相关参数,绘制出 \bar{X} — R 图,见图 3 系列 2 曲线和图 4 系列 2 曲线。

同时计算出 C_{pk} 值, $C_{pk} = 0.26$ 。

2.3 原因分析及纠正措施

根据控制图,对 1# 门来讲,超差部分的点主要集中在后侧的 8 个测量点上。从整体上看, $C_{pk} = 0.26$ (目标能力指数为 1,最佳能力指数为 1.33),其过程能力指数偏小。这说明关键特性处于失控状态,要对失控点进行调查,找到引起波动的特殊原因。而与此测量点有直接关系的零件是 1# 门侧边梁角材。为了减少返修量,主要做了以下工作。

2.3.1 原因分析

采用因果图对故障原因进行分析。因果图主要有四大分支,即人、零组件、工夹具和工艺方法。

经分析,在以上可能造成外形测量点超差的原因中,零件的质量和工艺方法对外蒙皮外形影响最大。下面主要分析零件的质量对舱门外形的影响。由于超差点主要分布在舱门的两侧,在舱门两侧影响舱门外形的关键零件是两侧弦材。侧弦材安装在骨架上,然后再与外蒙皮铆接。

(1)零件角度对外形测量点的影响。

从侧弦材到舱门侧边缘这一区域,侧弦材对舱门外形的影响十分关键,参见图 5。

根据图纸规定,侧弦材的角度公差 $\Delta A = A' - A = A' - 90^\circ$ 为 $\pm 2^\circ$ 。由于 ΔA 很小,为了计算方便,设 $E = 60 \text{ mm}$, $D = C$,可知 $D = \tan \Delta A \times 60 \text{ mm}$ 。如果实际侧弦材的角度为 92° ,尺寸 D 应为

$$D = \tan 2^\circ \times 60 \approx 2.10 \text{ mm}.$$

从以上计算出的数值可以看出,侧弦材的角度对外蒙皮的外形影响很大。另外,外蒙皮本身的外形质量也是测量点经常超差的主要原因,在现场装配时经常出现外蒙皮与装配夹具卡板间存在间隙,这严重影响着外蒙皮测量点的数据。

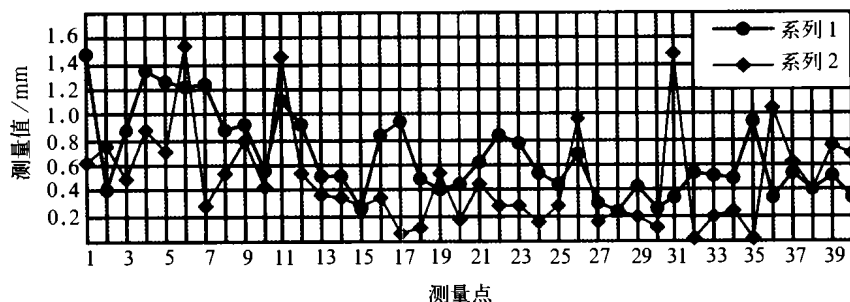


图3 SAC272~274与SAC275~279架测量数据均值XBAR对比
Fig.3 Contrast of measuring data average XBAR for SAC272~274 and SAC275~279

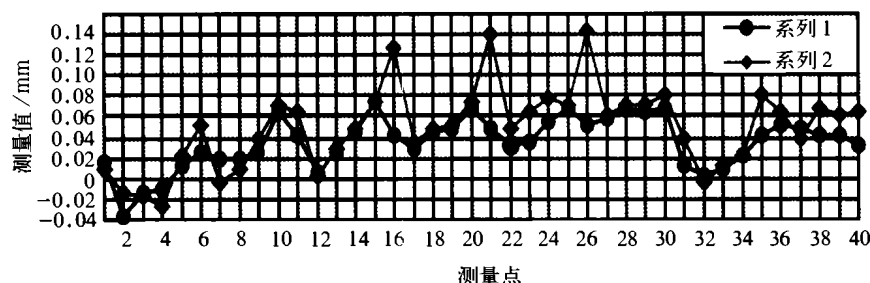


图4 SAC272~274与SAC275~279架测量数据极差R对比
Fig.4 Contrast of measuring data range R for SAC272~274 and SAC275~279

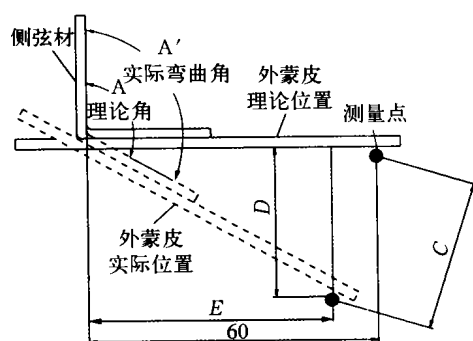


图5 侧弦材对舱门外形的影响示意图
Fig.5 The effect of side chord on door contour

(2) 零件平面度对外形测量点的影响。

侧弦材一个侧面与舱门骨架贴合,另一个侧面与外蒙皮贴合。根据装配顺序,侧弦材先安装到骨架上,后与外蒙皮进行铆接。如果侧弦材与骨架相贴合的侧

面出现扭曲,必然会影响舱门外形,而且测量点的位置与侧弦材有一定的距离。根据图5,对测量点的影响必然会被放大。

2.3.2 纠正措施

将侧弦材的角度由原来的 $90^\circ \pm 2^\circ$ 改为 $90^\circ \pm 1^\circ$,

按新的公差分配原则制造侧弦材。但是,在采用新制造的侧弦材装配后,由于侧弦材角度公差改为 $\pm 1^\circ$ 后,对外蒙皮的外形影响还是很大 ($D = \tan 1^\circ \times 60 \approx 1.05 \text{ mm}$),舱门的外蒙皮测量点还是经常超差,难于满足要求。因此需要对工艺方法进行改进。

在侧弦材与外蒙皮(局部)之间增加 0.5 mm 厚工艺垫片(图6),可以获得良好的效果。

3 效果检验

对随后的 5 架份飞机 (SAC275、SAC276、SAC277、SAC278、SAC279) 按上述方法进行装配后跟踪测量的数据结果是,在舱门两侧外形测量点出现超差的频率已经减少,而且超差的数值也大大降低。根据数理统计原理计算各项参数,绘制 $\bar{X}-R$ 图,见图3、图4中的系列1(系列1为SAC275~279机舱门测量数据;系列2为SAC272~274机舱门测量数据)。同时计算出 C_{pk} 值, $C_{pk} = 0.94$ 。

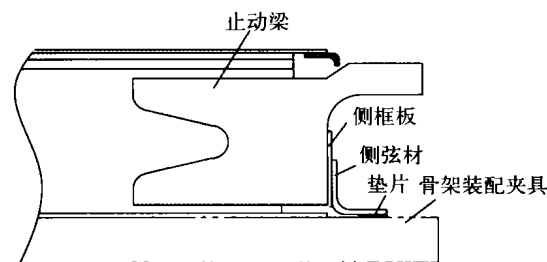


图6 工艺垫片装配图
Fig.6 Assembly drawing of gaskets

4 结束语

采用 AQS 技术控制产品质量,只要抓住影响产品

(下转第 67 页)

强度对比试验。将含有孔洞(孔洞直径分别为 2, 5, 8 和 12 mm)的铝合金板用光固化复合材料胶接修补, 可以恢复到原强度的 80% 以上。

2.5 疲劳试验

对带有中心穿透裂纹(裂纹长度为 20 mm)的铝合金板分别用铝合金铆接和复合材料补片胶接方法修复, 修复后进行等幅高频疲劳试验, 试验结果见表 2。

表 2 铝合金板修复前后对比疲劳试验

试件类型	裂纹扩展疲劳 寿命/次	构件失效疲劳 寿命/次	寿命延长 率/%
未修补试件	19 300	28 300	
铆接修补试件	34 600	45 800	61.83
光固修补试件	50 500	62 000	119.08

说明: 试验条件为平均载荷 12 kN, 载荷幅值 10 kN, 试验频率 121.5 Hz。

3 修复效果评价

(1) 从测试结果可以看出, 补片的固化时间、剪切强度等性能均达到预定指标, 可以满足飞机蒙皮快速

抢修的要求。

(2) 通过对某型飞机机翼下壁板蒙皮裂纹的修复, 表明上述修补方法大大降低了裂纹的扩展速率, 在使用期限内承受疲劳载荷的条件下未发生胶接破坏。

(3) 此项技术也适用于民用机械设备的快速修复, 并已在气泵铝合金导管、油箱等设备的修复中得到应用。

(责编 文 洵)

(上接第 64 页)

质量的关键特性, 对波动源进行过程控制, 就能得到良好的效果。

根据上述 \bar{X} - R 控制图及 C_{pk} 值, 以及 SAC272~274 架与 SAC275~279 架 \bar{X} - R 图的对比图, 可知, 经过采取零件状态控制及加垫等工艺措施, 测量点的数据基本上保持在所要求的公差范围内, 工序能力指数 C_{pk} 值也明显提高。说明采用该方法无论从装配工艺学的角度, 还是从产品最终要求状态上看, 均能满足要求。但只有将零件的质量控制在要求的公差范围内, 才能最终制造出高质量的产品, 这是我们应该努力的方向。

(责编 康 展)



FAIERR® 芬尔操作件点缀精美机械





扬州芬尔机械配件有限公司
YANGZHOU FAIERR MECHANICAL FITTING CO., LTD.

地址: 扬州市沙头镇施沙路 8 号 邮编: 225105
电话: 0514-7533188 传真: 0514-7533288
E-mail: sale@faier.com Http://www.faierr.com
广告索引号 03-031