

案例 9

DMIAAC 流程在 AC-pin 铆接质量改进中的应用

来源	源自企业，与企业横向合作	类别	<input checked="" type="checkbox"/> 案例 <input type="checkbox"/> 方法
作者	韩亚娟 何桢 张凯	关键词	六西格玛管理 DMAIC AC-pin 铆接 质量改进
理论知识	六西格玛管理 质量改进	适用层次	<input checked="" type="checkbox"/> 本科生 <input type="checkbox"/> 研究生 <input type="checkbox"/> MBA

1. 案例背景

C 企业主要生产线型和开关型充电器，AC-pin（交流插针）铆接是开关型充电器的关键工序之一。在整个生产流程中，AC-pin 铆接工序产生的缺陷产品占了很大比例，造成企业很大的浪费，因此该企业亟待改进 AC-pin 铆接过程的质量，降低 AC-pin 铆接过程的成本损失，提高客户满意度。AC-pin 铆接过程产生的主要缺陷类型包括：AC-pin 拉力不足、AC-pin 松动、AC-pin 弯曲、AC-pin 间距超出规格限和 AC-pin 长度超度规格限。由于该企业对 AC-pin 铆接过程仅做过一些零碎的分析 and 改进，没有进行系统分析研究，因而到目前为止还没有找到影响 AC-pin 铆接质量的根本原因。六西格玛^[1]是一套系统的业务改进方法体系，通过对现有过程实施 DMIAAC（Define, Measure, Analyze, Improve and Control），消除过程缺陷和无价值作业，从而提高质量、降低成本、提高客户满意度，进而增强企业竞争力。因此，C 企业决定采用六西格玛 DMIAAC 方法改进现有的 AC-pin 铆接过程质量。

2. 案例描述

2.1 定义

项目章程是任何六西格玛项目的第一步，也是最重要的部分之一^[2]。在 DMAIC 的定义阶段，我们需要在项目章程中定义清楚项目的选题依据、改进机会、改进目标、项目范围、项目计划和项目组成员等。

- 业务个案：通过改进 AC-pin 铆接过程质量，降低 AC-pin 铆接缺陷率，提高客户满意度，进而支撑公司成为开关型充电器供应商的第一地位。
- 改进机会：目前 C 企业 AC-pin 铆接合格率仅为 99.30%，PPM=10000，每年造成的成本损失约为 78 万元。
- 改进目标：通过改进将 AC-pin 铆接合格率提高到 99.95%，PPM=500，为企业每年节省约 70 万元的损失。
- 项目范围：该项目起始于将 AC-pin 插入到 B 盖中，结束于 AC-pin 铆接完毕，其 SIPOC 图如图 1 所示。

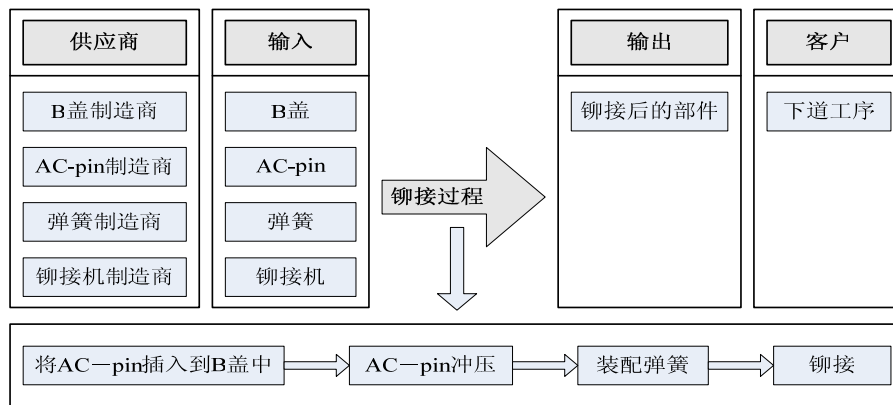


图1 AC-pin铆接改进的SIPOC图

2.2 测量

项目组通过帕累托分析得知，AC-pin 铆接五种主要缺陷中，最主要的缺陷类型为AC-pin 松动和AC-pin 弯曲。AC-pin 松动和AC-pin 弯曲缺陷主要由在线检测人员通过目视进行检测，该测量系统属于属性值测量系统。正确的测量永远是质量改进的第一步^[3]。为了验证该测量系统的有效性，我们进行了属性值测量系统分析^[4]。

工程技术人员选取了 32 个样本，由 3 名检测人员进行检测，每名检测人员对每个样本重复检测 2 次。样本既包括合格品，又包括 AC-pin 松动和 AC-pin 弯曲的不合格品；既包括明显不合格品或合格品，又包括介于合格与不合格之间的产品，即样本涵盖了整个生产过程的产品范围。测量系统分析结果如表 1 所示。很明显，测量系统能力不足。经分析可知，一方面该检测工序作业指导书中定义的 AC-pin 松动或 AC-pin 弯曲标准不够明确，且工程技术人员与检测人员就有关 AC-pin 判断标准问题没有很好地沟通，使得检测人员凭借自己的理解和感觉判断 AC-pin 合格与否；另一方面由于整个检测过程中工程技术人员都在场组织和记录数据，使得检测人员心里上有一些压力，造成标准的把握有所偏离。通过工程技术人员与检测人员的充分沟通，使得检测人员克服上述两个因素后，重新评估该测量系统的能力，分析结果如表 2 所示。测量系统测量匹配百分比为 87.50%，达到了测量要求。

表 1 测量系统分析结果（改进前）

	检测样本数	匹配样本数	百分比(%)	95% CI
检测人员之间的一致性	32	14	43.75	(26.36, 62.34)
所有检测人员与标准的一致性	32	10	31.25	(16.12, 50.01)

表 2 测量系统分析结果（改进后）

	检测样本数	匹配样本数	百分比(%)	95% CI
检测人员之间的一致性	32	29	90.63	(74.98, 98.02)
所有检测人员与标准的一致性	32	28	87.50	(71.01, 96.49)

测量系统能力达到要求精度之后，对现阶段稳定过程的 AC-pin 松动和 AC-pin 弯曲的过程能力进行评价。如图 2 和图 3 所示，AC-pin 松动的 PPM=1848，AC-pin 弯曲的

PPM=514，过程能力不足。

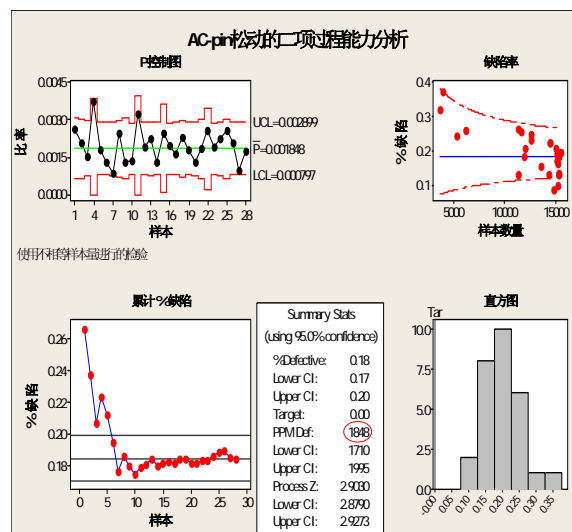


图 2 AC-pin 松动的二项过程能力分析

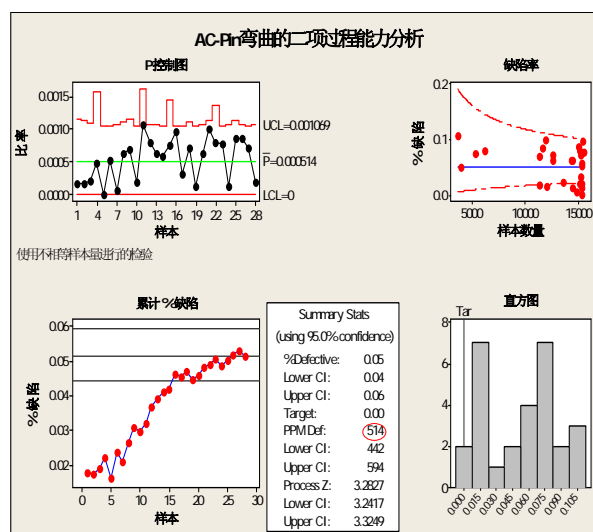


图 3 AC-pin 弯曲的二项过程能力分析

2.3 分析与改进

通过过程能力分析可知，测量阶段 AC-pin 铆接过程能力不足，尤其是 AC-pin 松动和弯曲缺陷率很高。因此，AC-pin 铆接过程亟待改进提高。

由于 AC-pin 铆接后的五种缺陷不相互独立，因此我们对产生这五种缺陷的铆接过程一起进行因果分析（如图 4 所示），以便发现潜在的影响因素。通过头脑风暴和因果矩阵分析可知，造成 AC-pin 铆接缺陷的主要因素为：技术人员、B 盖尺寸、AC-pin 尺寸、底模孔尺寸、铆接头尺寸、铆接头角度、铆接行程和空气压力。

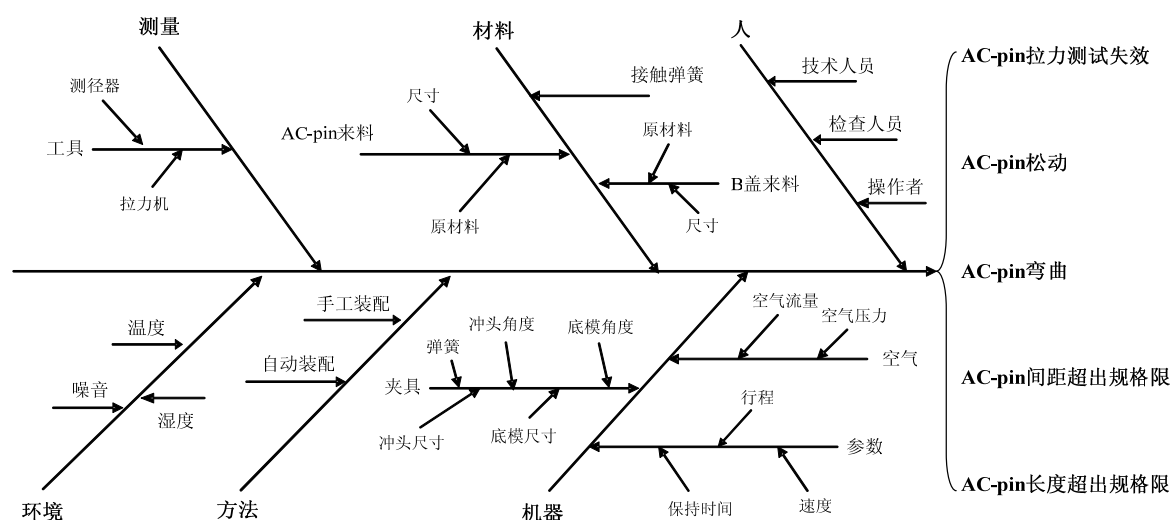


图4 AC-pin铆接缺陷因果分析图

(1) 铆接头角度分析

首先，研究铆接头角度对 AC-pin 铆接质量的影响。试验结果数据见表 3。

表 3 不同铆接头角度试验结果数据

铆接头角度	失效样本数量(pcs)				合格样本数量(pcs)			实验样本数量(pcs)
	严重弯曲	严重松动	中度弯曲(失效)	中度松动(失效)	轻度弯曲(通过)	轻度松动(通过)	完全合格样本数量	
95°	0	0	0	0	7	6	1987	2000
100°	0	0	0	0	0	0	2000	2000
105°	0	0	0	0	9	1	1590	1600
110°	0	0	0	12	1	14	1973	2000
115°	0	0	0	0	0	0	2000	2000
120°	0	0	0	0	2	4	1994	2000

通过列联表分析可知, 皮尔逊卡方统计量为 53.943, 对应 p 值为 0.000, 故应拒绝原假设, 即铆接头角度对 AC-pin 铆接质量有显著影响。同时, 从表 3 可知, 100° 或 115° 是铆接头角度比较理想的选择。

(2) AC-pin 与 B 盖的匹配分析

其次, 研究 AC-pin 与 B 盖的匹配对 AC-pin 铆接质量的影响。试验结果数据见表 4。

表 4 不同 AC-pin 厚度与 B 盖匹配试验结果数据

AC-pin 厚度 (mm)	铆接头角度	B 盖	严重弯曲(pcs)	严重松动(pcs)	轻度弯曲(pcs)	轻度松动(pcs)	实验样本数量 (pcs)
1.40~1.42	115°	UA0131/T4	0	0	0	16	200
1.43~1.44	115°	UA0131/T4	0	0	0	7	200
1.45~1.47	115°	UA0131/T4	0	0	0	0	200
1.48~1.50	115°	UA0131/T4	0	0	0	0	200

通过列联表分析可知, 皮尔逊卡方统计量为 30.933, 对应 p 值为 0.000, 故应拒绝原假设, 即 AC-pin 厚度与 B 盖的匹配对 AC-pin 铆接质量有显著影响。同时, 从表 4 可知, 对于 115° 铆接头角度和 UA013104 型 B 盖, 1.45~1.50mm 的 AC-pin 厚度是比较理想的选择。

(3) 空气压力分析

接着, 研究空气压力对 AC-pin 铆接质量的影响。试验结果数据见表 5。

表 5 不同空气压力试验结果数据

空气压力 (kg/cm ²)	铆接头角度	循环时间 (秒)	失效样本数量(pcs)				合格样本数量(pcs)			实验样本数量 (pcs)
			严重弯曲	严重松动	中度弯曲(失效)	中度松动(失效)	轻度弯曲(通过)	轻度松动(通过)	完全合格样本数量	
4.0	115°	1.96	0	0	0	0	0	0	200	200
5.0	115°	1.94	0	0	0	0	0	0	200	200
6.0	115°	1.86	0	0	0	0	0	0	200	200
6.5	115°	1.83	0	0	0	0	0	0	200	200
6.6	115°	1.82	0	0	0	0	0	0	200	200

从表 5 可知, 不同空气压力对铆接后的 AC-pin 弯曲和 AC-pin 松动没有影响。然而,

随着空气压力的增大，循环时间呈减少趋势。同时，空气压力对 AC-pin 拉力有显著影响，如图 5 所示，随着空气压力的增大，AC-pin 拉力呈增大趋势。因此，为了提高产量和 AC-pin 拉力，6.0~6.6kg/cm² 的空气压力将是比较理想的选择。

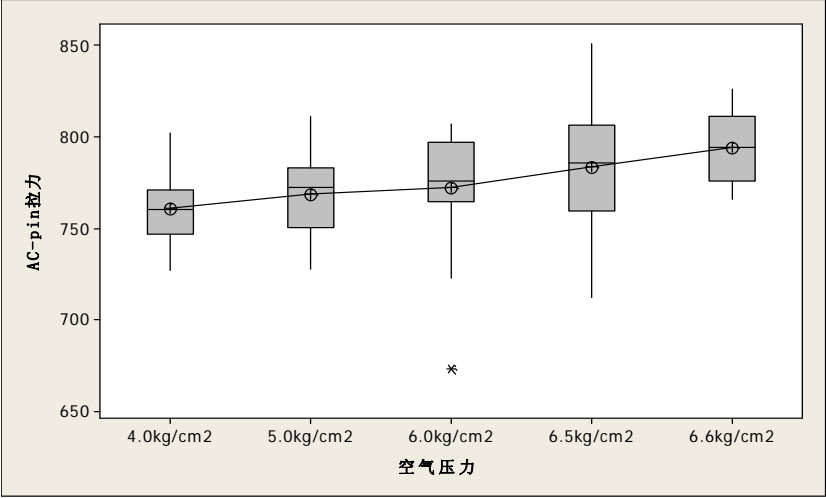


图 5 不同空气压力下的 AC-pin 拉力数据盒形图

(4) AC-pin 底模孔尺寸分析

接着，研究 AC-pin 底模孔尺寸对 AC-pin 铆接质量的影响。试验结果数据见表 6。

表 6 不同 AC-pin 底模孔尺寸试验结果数据

AC-pin 底模孔尺寸 (mm)	铆接头角 度	失效样本数量(pcs)				合格样本数量(pcs)			实验样本 数量 (pcs)
		严重弯 曲	严重松 动	中度弯 曲(失效)	中度松动 (失效)	轻度弯曲 (通过)	轻度松动 (通过)	完全合格 样本数量	
1.55/6.5	115°	0	0	0	0	0	0	0	100
1.6/6.5	115°	0	0	0	0	0	0	1000	1000
2.0/6.7	115°	0	0	0	0	4	0	996	1000
2.4/6.9	115°	0	0	0	0	13	0	987	1000

当 AC-pin 底模孔尺寸为 1.55/6.5mm 时，很难将 AC-pin 插入该孔内，因此必须增大底模孔尺寸。通过均值分析^[5-6]（见图 6）可知，AC-pin 底模孔尺寸对 AC-pin 铆接质量有显著影响，且 1.6/6.5mm 是比较理想的选择。

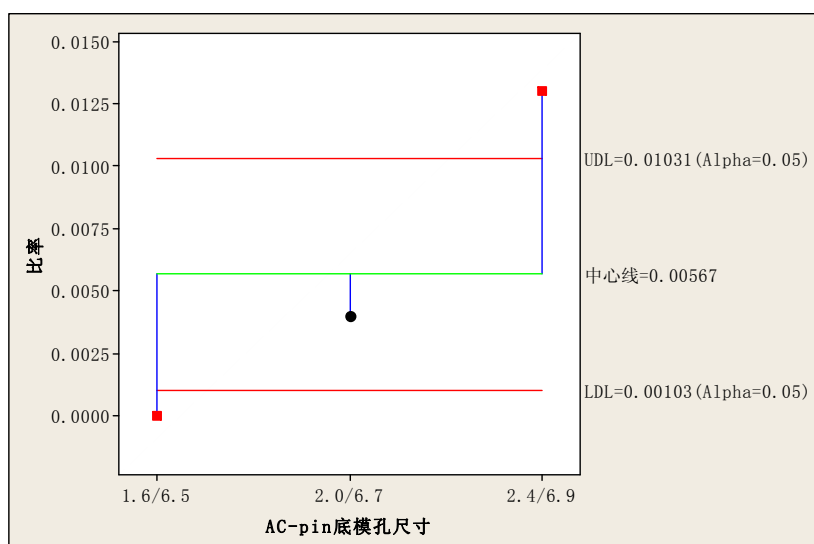


图 6 AC-pin 底模孔尺寸影响 AC-pin 铆接质量的 ANOM 图

综上所述，选择铆接头角度为 115° ，AC-pin 厚度为 1.45~1.50mm，空气压力为 6.0~6.6kg/cm²，AC-pin 底模孔尺寸为 1.6/6.5mm。同时，研究表明，弹簧的弹力应保持在 50~60 牛顿，铆接头与支承套之间的距离应小于 0.05mm，铆接头材料硬度应大于 HRC85。通过上述改进措施的实施，AC-pin 松动的 PPM 降为 248，AC-pin 弯曲的 PPM 降为 76，过程能力得到很大提高。同时，AC-pin 拉力、AC-pin 间距和 AC-pin 长度的缺陷也得到了降低。

2.4 控制

有效控制影响响应的关键影响因子，实现预防性控制^[7-8]。为了使 AC-pin 铆接质量水平保持在改进后的较高水平，我们利用过程控制技术（PCT）对影响 AC-pin 铆接质量的各关键影响因子（如铆接头角度、AC-pin 厚度、空气压力、AC-pin 底模孔尺寸等）分别加以控制，同时制定了相应的纠偏行动方案，以便出现问题能及时加以纠正。

3. 结论与展望

通过对 AC-pin 铆接过程实施六西格玛 DMAIC 改进，C 企业找到了影响 AC-pin 铆接质量的重要影响因素，包括铆接头角度、AC-pin 尺寸、B 盖尺寸、AC-pin 底模孔尺寸、铆接头尺寸、铆接行程、空气压力、技术人员等；进而通过试验对这些重要影响因素进行相应研究分析，包括列联表分析、方差分析和均值分析等，获得相应的改进方案，使得 AC-pin 铆接质量得到显著提高，缺陷率明显降低。经过一段时间的跟踪，我们发现：AC-pin 铆接缺陷水平由先前的 PPM=10000 降到 500 以下，成本降低的同时其产量得到了显著提高，产品生产的周期时间降低，客户满意度提高，支撑了企业成为开关型充电器供应商的第一地位的战略。

4. 参考文献

- [1] 马林等. 六西格玛管理[M]. 中国人民大学出版社. 北京: 2004.
- [2] Mahalik, Pradeep. Six Sigma Project Charter as a Vital Control Document. *iSixSigma.com*. (2006, 4, 3). <http://www.isixsigma.com/library/content/c060403a.asp>.
- [3] 何桢, 生静, 施亮星. 测量系统的 R&R 分析在企业质量改进中的应用[J]. 工业工程, 2003, Vol.6, No.3, pp: 62-66.
- [4] Joseph L. Fleiss, Bruce Levin, Myunghee Cho Paik. Statistical Methods for Rates

- and Proportions (Third Edition) [M]. New York: John Wiley & Sons, 2003.
- [5] Ott, E. R. Analysis of Means—a graphical procedure [J]. *Industrial Quality Control*, 1967, Vol.24, No.2, pp: 101-109.
 - [6] Tomlinson, L. H., and R. J. Lavigna Silicon crystal termination—an application of ANOM for percent defective data [J]. *Journal of Quality Technology*, 1983, Vol.15, No.1, pp: 26-32.
 - [7] Werner A. J. Schippers. Applicability of Statistical Process Control Techniques [J]. *International Journal of Production Economics*, 1998, Vol.56-57, pp: 525-535.
 - [8] Werner A. J. Schippers. An Integrated Approach to Process Control [J]. *International Journal of Production Economics*, 2001, Vol.69, No.1, pp: 93-105.