

# Analysis of the Application of Three Proof Paint in Increasing Production of Printed Circuit Board Coating

Wenxiong Yi

United Automobile Electronics Co., Ltd. Liuzhou Branch, Liuzhou, Guangxi, 545000, China

## Abstract

In the automotive electronics industry, the conformal coating is commonly used in the printed circuit boards to protect the products and reduce the external environmental interference and erosion. The conformal coating is sprayed on the printed circuit board according to the technical requirements through the coating machine, and then transferred to the next process after curing. The common process in the industry is to cut the printing line board into a single board, and then the single board conformal coating. Battery management system (BMS) in new energy vehicles, as a product with high production demand, the conformal coating of printing single board will not meet the demand of production rhythm and low cost. Considering the installation position and operation conditions of BMS in the vehicle, this paper studies the application of conformal coating, introduces production and meet the requirements of low cost and high output, and improves the competitiveness of the product.

## Keywords

three proof paint; printed circuit board; battery management control system; competitive power

## 浅析三防漆在印刷线路联板涂覆的增产应用

易文雄

联合汽车电子有限公司柳州分公司, 中国 · 广西 柳州 545000

## 摘 要

汽车电子行业常用三防漆涂覆应用在印刷线路板上保护产品, 减少外界环境干扰及侵蚀。三防漆通过涂覆机对电子线路板按照技术要求轨迹进行喷涂, 再经过固化后下线流转到下一工序。行业常用工序是印刷线路联板进行切板成单板, 再进行线路单板三防漆涂覆。新能源汽车中的电池管理控制系统(BMS)作为一种产量需求高产品, 印刷线路单板的三防漆涂覆将不满足生产节拍、低成本需求。考虑BMS在整车的安装位置及运行条件, 论文研究印刷线路联板三防漆涂覆的应用, 导入生产并满足低成本高产量, 提升产品竞争力。

## 关键词

三防漆; 印刷线路联板; 电池管理控制系统; 竞争力

## 1 引言

电子线路板三防漆(英文名 Conformal Coating)是一种对于电子行业特殊配方的涂料, 用于保护电子线路板免于外界环境的腐蚀, 延长印刷线路板组件(英文名 Printed Circuit Board Assembly, 缩写 PCBA)及其设备的使用寿命。通过三防即防潮、防盐雾、防霉。将三防漆涂覆在印刷线路板组件上, 表面形成一层对印刷线路板组件的保护膜。在现实环境中, 常伴有化学、物理、潮湿、盐雾、高低温等环境, 涂覆有三防漆的印刷线路板组件在现实环境中可保护印刷线路板, 减少电路短路、漏电等产品故障, 免受环境因素损害, 提高电子线路板的可靠性、完整性、安全性。三防漆喷涂在印刷线路板上, 在某些电子控制器产品上应用较为广

泛, 满足产品性能和提升产品质量上是非常重要的, 在电子生产行业也比较广泛应用。

电池管理系统(英文名 Battery management system, 缩写 BMS)的作用是对电池管理的系统, 对电池的电压、电流、温度、电量的参数采集, 充放电管理, 保护电池安全稳定运行。BMS 在新能源汽车普遍运用, 随着新能源汽车在市面上高速发展, 对于 BMS 的重要性越来越重视。BMS 主要作用是管理和维护电池单位, 监控电池的各项运行状态, 保障电池单元或电池模组在充放电及汽车运行的安全使用。BMS 系统架构分为主板 BMC 和从板 CMC, 一个主板 BMC 通过 CAN 通讯或菊花链通讯, 与一个或多个从板 CMC 进行通讯, 执行收集和采集电池单元的各项运行数据。

现市面上主板 BMC 和从板 CMC 一般由的 PCBA 与外壳组成, 安装于新能源车上电池包内, 考虑 BMS 产品在电池包内的运行环境里, 三防漆涂覆在 PCBA 上的作用非常

【作者简介】易文雄(1990-), 男, 工程师, 从事新项目导入工厂前期策划与项目管理研究。

重要。

新能源汽车的高速发展及消费者高度需求下，对于 BMS 也面临高产量和低成本需求。一辆车配置单车用量 1 个主板 BMS 和 1 个或多个从板 CMC，对于产量需求，电子控制器行业公司将面临满足主机厂或电池厂的需求，来提高产量。论文将研究印刷联板，（非印刷单板，即 PCBA 切板前）经三防漆涂覆提高产量。

## 2 生产工艺介绍

### 2.1 工艺路线

以 BMS 产品的 A 项目为例，工艺路线（如图 1 所示）顺序所示：SMT—ICT—Milling—Coating—FA—Packing。

### 2.2 主要工序简介

SMT：英文全称为 Surface Mount Technology，即表面组

装技术。指在 PCB 基础上进行贴片，加工完成后为 PCBA。

ICT：英文全称为 In-Circuit Test，即在线电路测试。

Milling：即铣床切板。

Coating：即三防漆涂覆。

FA：英文全称为 Final Assembly，即最后的组装。

Packing：即包装。

### 2.3 论文研究工艺

论文主要研究三防漆涂覆（简称 Coating）工艺。PCB 经过 SMT 贴片后，PCBA 经过 ICT 检测后，将进入 Coating 工序。三防漆的三防作用防潮、防霉、防盐雾，在 PCBA 上喷涂三防漆的工艺，本文研究的 Coating 工艺主要研究全自动化三防漆喷涂生产产线。

Coating 本工序具体工艺路线如图 2 所示。

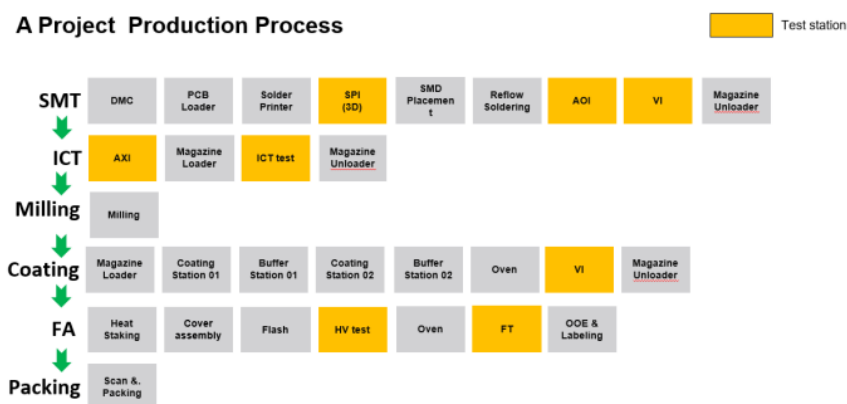


图 1 工艺路线顺序



图 2 Coating 本工序具体工艺路线

三防漆涂覆产线由技术工程师根据 Coating 轨迹图纸，将喷涂参数、涂覆轨迹编程写入涂覆机。并生成产线切换产品生产的转型单，转型单是产线切换产品生产的唯一有效资料。BMS 产品通常 PCBA 都为双面贴料，三防漆也将进行双面涂覆，按照工艺路线进行上线和下线。三防漆产线上料需要使用产品专用的 Coating 载具，即 PCBA 需放入 Coating 载具，PCBA 随载具放入产线设定的轨道中。轨道宽度是随产品宽度而变化，转型生产都需确认轨道宽度同产品宽度相符。生产前确认与转型单上的物料、轨道宽度、载具、生产程序等信息一致，才可完成生产前准备<sup>[1]</sup>。

第一步：将单板 PCBA 放于专用的 Coating 载具中，并将限位机构固定住 PCBA；

第二步：随载具上的 PCBA，在产线轨道流转到 Coating 机位进行正面的三防漆涂覆；

第三步：随载具上已涂覆正面三防漆的 PCBA，继续流转到缓存机储存，可满足后序节拍和预固化需求；

第四步：随载具上的 PCBA 进行翻转，在产线轨道流转到 Coating 机位进行反面的三防漆涂覆；

第五步：随载具上已涂覆正反两面三防漆的 PCBA，继续流转到缓存机储存，可满足后序节拍和预固化需求；

第六步；随载具上已涂覆正反两面三防漆的 PCBA 进行高温固化，固化温度呈正弦曲线由低到高，再到低，将三防漆固化在 PCBA 上；

第七步：三防漆固化后 PCBA 随载具流转到人工目视检查，检查三防漆涂覆质量；

第八步：将固定在 Coating 载具上的合格三防漆涂覆的单板 PCBA，从载具上取出，将 PCBA 推入 Magazine 装载箱内，满箱后带产品下线<sup>[2]</sup>。

## 2.4 传统工艺现状

### 2.4.1 技术方案分析

对于单板 PCBA 进行三防漆涂覆需按 Coating 轨迹图上技术要求（如图 3 所示）。每个 Coating 载具上装载单板 PCBA，进入产线轨道按照转型单上程序号，对涂覆机程序设定进行转型，完成对单板 PCBA 的正反面进行涂覆三防漆。

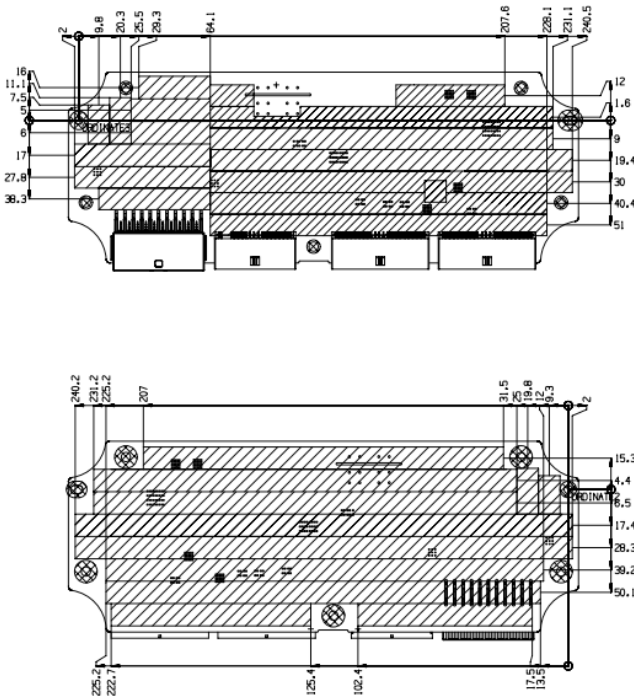


图 3 Coating 轨迹图

### 2.4.2 成本要素分析

对于单板 PCBA 进行三防漆涂覆，需要必备条件是开发专用该产品规格的 Coating 载具（如图 4 所示）。

这将涉及项目投资规划，一条三防漆产线为满足线平衡，将要投入近 100 个 Coating 载具。使用 Coating 载具也将存在单板 PCBA 装入 Coating 载具和取出 Coating 载具的节拍时间和人工成本。成本估算，如下：

Coating 载具投资：每个约 800 元，100 个载具为 8 万元；  
生产节拍：CT1 为 42s（0.7Mins）。



图 4 Coating 载具

## 3 新工艺方案研究

为产品更有竞争力，提高产量，并能降本增效目的，将研究更为有效益的工艺。本研究方向为在联板 PCBA 进行三防漆涂覆，即未切板前就进行三防漆涂覆，将免去 Coating 载具投资，并且能降低生产节拍。技术方案上未改变涂覆的 Coating 轨迹，依旧满足图纸要求。

### 3.1 方案研究

联板 PCBA 进行三防漆涂覆，需将原 Coating 工序和切板 Milling 工序对换，如图 5 所示。工艺路线顺序所示：SMT—ICT—Coating—Milling—FA—Packing。

BMS 产品是安装于整车电池包中，电池包为相对密闭环境，并且 PABA 热铆或螺丝固定于外壳上，PCBA 也处于相对密闭环境中。三防漆的保护作用不会对产品工序改变而变化，产品喷涂后经过高温固化，对于产品表面质量要求和性能表现均未改变。

### 3.2 方案验证

验证方案可行性，对 A 项目产品 100 套进行现场调试生产。验证前准备：① Coating 轨迹图纸，如图 6 所示，并按编程至涂覆机；② 未切板的联板 PCBA；③ 转型单；④ Magazine 装载箱。

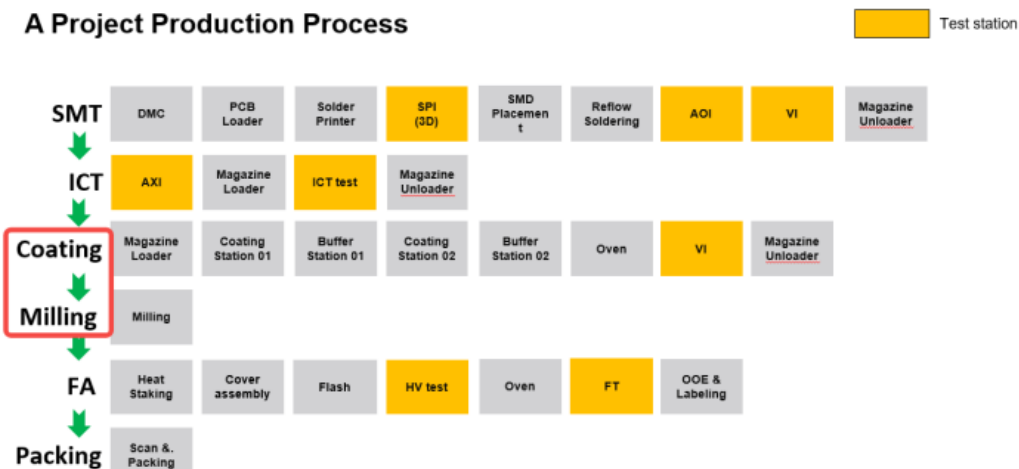


图 5 工艺路线顺序

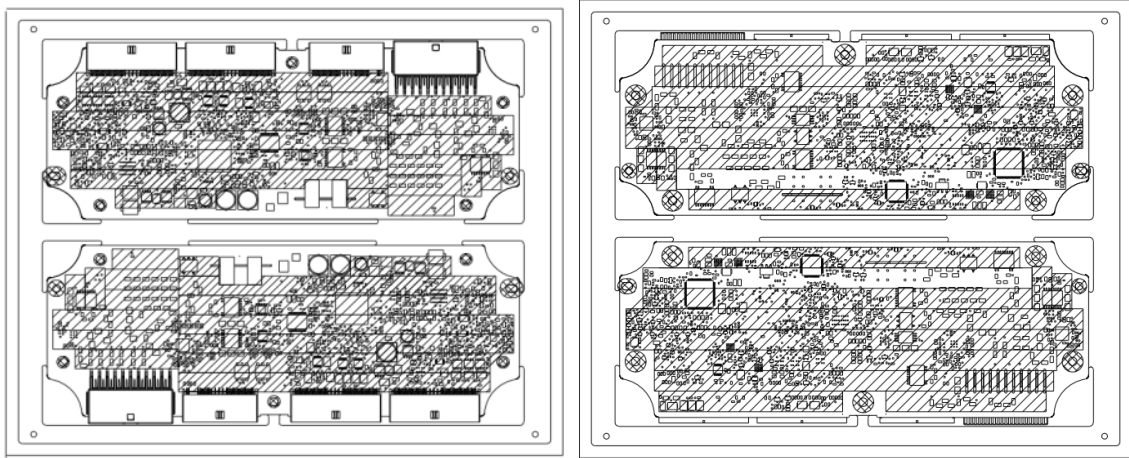


图 6 Coating 轨迹图纸

### 3.2.1 工艺验证流程

Coating 产线流程（如图 7 所示）进行验证。

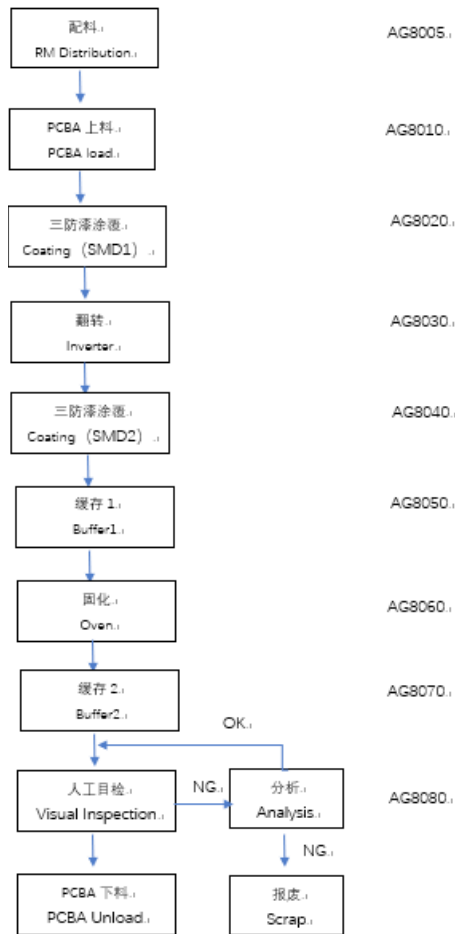


图 7 Coating 产线流程

### 3.2.2 生产验证过程

① AG8020- 涂覆机。

程序名: F01RC0T180\_BMC\_Bottom'。

工装: N/A。

涂覆机工艺参数选择见表 1。

表 1 涂覆机工艺参数选择

参数	设定值
喷涂速度	300 ± 50mm/s
喷阀高度	11~12mm
胶水温度	31 ± 1℃
胶宽	12 ± 0.5mm
干膜厚度	10~30um

数据统计见表 2。

表 2 数据统计

测试数量	100PCS
喷涂合格率	100%

测试结论: 参数设置合理。

② AG8040- 涂覆机。

程序名: F01RC0T180\_BMC\_Top。

工装: N/A。

涂覆机工艺参数选择见表 3。

表 3 涂覆机工艺参数选择

参数	设定值
喷涂速度	300 ± 50mm/s
喷阀高度	11-12mm
胶水温度	31 ± 1℃
胶宽	12 ± 0.5mm
干膜厚度	10~30um

数据统计见表 4。

表 4 数据统计

测试数量	100PCS
喷涂合格率	100%

测试结论: 参数设置合理。

③ AG8060- 固化炉。

程序名: Coating Oven2。



工装: N/A。

固化炉炉温曲线测试如图8所示。

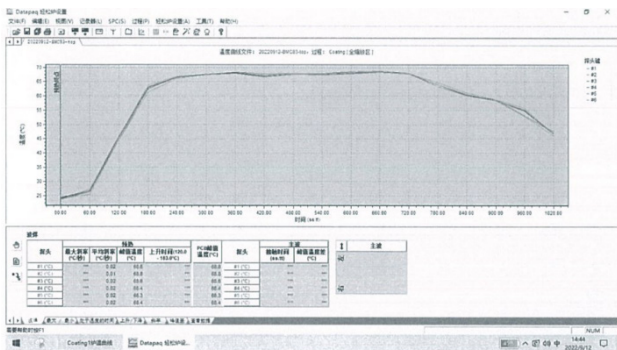


图8 固化炉炉温曲线测试

测试结论: 固化炉炉温测试合格。

### 3.3 降本增效

印刷线路板生产, 即双联板进行 Coating 三防漆涂覆。

优化前生产节拍:  $CT_1=42s$  (0.7Mins)。

优化后生产节拍:  $CT_2=25s$  (0.416Mins)。

涂覆机过程成本如下:

人工成本  $F=1.59$  元/Min, 每月有效生产工时为  $T=30$

天  $\times 22$  小时/天  $\times 60 \times 85\%=33660$ Mins。

优化前产能  $C_1=T/CT_1=48085$ PCS。

优化后产能  $C_2=T/CT_2=80913$ PCS。

方案提升效益:

① 节拍降低  $CT=CT_1-CT_2=7s$ , 涂覆机生产效率提升 59.73%;

② 每月产能提升  $C=C_2-C_1=32828$ PCS;

③ 间接人工成本每月节省  $S=F \times C=52196$  元;

④ Coating 载具成本  $T=T_1 \times 100Pcs=80000$  元。

### 4 联板涂覆工艺的应用

随着新能源汽车的高速发展, BMS(Battery Management System, 电池管理系统)产品在电子控制器行业需求急剧增加, 因此对生产线的产能提出了巨大挑战, 并且需低成本生产运营<sup>[3]</sup>。

由于 BMS 产品的生产工艺流对于其他电子控制器产品有三防漆涂覆要求, 因此传统单板三防漆涂覆工艺制约 BMS 产品产能提升的一大缺点。结合联板三防漆涂覆的优势及能产生降本增效的效益, 我们首先在某一新平台 BMC 上实现了联板三防漆涂覆新工艺的应用<sup>[4]</sup>。

从工艺节拍降低、提升设备效率、降低人工成本、产能提升、减少工装投资上考虑, 从而增加企业效益。该 BMC 产品效益来看, 联板三防漆涂覆方案有实在贡献价值。联板三防漆涂覆方案在 DV 试验未有失效, 在最终产品交付上, 未有反馈因联板三防漆涂覆有 0 公里失效及售后问题反馈。因此, 联板三防漆涂覆工艺在首个 BMC 产品上应用具有降本增产效益。经过对首个项目的新工艺流研究的成功案例, 来推动所有类似项目跟随新方案进行变更, 发起 PPAP 获得客户认可, 对项目开展可行性更有论据。从客户满意度和企业的成本效益上得到双收, 公司获取的新项目在此研究基础上为后面扩展提供有利支撑。电池管理系统 BMS 的联板喷涂生产工艺, 给类似其他控制器生产工艺借鉴, 开展更多项目对联板喷涂工艺研究, 提升经验基础和扩展长期发展途径。

经过首个 BMC 产品联板三防漆涂覆成功案例, 将此方案沿用至后续 BMS 非裸板交付的产品上。随着业务的增多, 新项目启动时 DFMA(符合制造及装配要求的产品设计评审)均按联板三防漆涂覆工艺评估<sup>[5]</sup>。

### 5 结论

① 联板三防漆涂覆相较于单板三防漆涂覆, 工艺节拍降低、提升设备效率、降低人工成本、产能提升、减少工装投资, 很好地体现了企业降本增效的理念。

② 联板三防漆涂覆可降低节拍 7s, 每月产能提升 32828PCS; 联板三防漆涂覆可减少载具投资, 每个项目可减少约 80000 元投资。

③ 联板三防漆涂覆可满足产品技术要求及客户要求, 从而提升产品竞争力。

### 参考文献

[1] 李亚起,魏柳荷,刘兴江,等.一种硅烷改性聚氨酯三防漆的研制与性能研究[J].聚氨酯工业,2020,35(3).

[2] 林雪,蔡燕聪,吴建新,等.水性三防漆在电子线路板防腐领域的应用[D].绵阳:第十一届中国高端SMT学术会议论文,2017.

[3] 任友直.涂料工业原材料技术标准手册[M].北京:化学工业出版社,1992.

[4] 翟东风,李济禄,张早年,等.新能源BMS控制策略的探讨[J].新能源汽车,2020(24).

[5] 许兵兵,宁杰.电动汽车电池管理系统设计[J].内燃机与配件,2021(19):214-215.