制造技术研究

插装航空插头解焊与除锡工艺研究

严贵生 董芸松 王修利 吴广东
(北京控制工程研究所，北京 100190)

摘要：针对航空插头的返修，使用热风返修台进行其中解焊和除锡过程的工艺研究。试验结果表明，本文探索出的工艺可以实现航空插头的解焊及除锡；解焊、除锡后不会对金属化孔造成损伤，不影响二次装联。

关键词：航空插头；返修台；解焊；除锡

Study of Unsoldering and Detinning Processes for Aviation Plug

Yan Guisheng Dong Yunsong Wang Xiuli Wu Guangdong
(Beijing Institute of Control Engineering, Beijing 100190)

Abstract: Aiming at aviation plug reworking, unsoldering and detinning processes were studied on hot wind rework station. The results show that unsoldering and detinning can be realized without damaging the metal hole and PCB, and new aviation plug can be remounted.

Key words: aviation plug; rework station; unsoldering; detinning

1 引言

航空插头亦被称为电连接器，因早期应用于飞机制造等航空领域而得名，如今在军事、航天、航海等领域的线路连接上广泛使用[1]。常见的航空插头有圆形和矩形两种，由于矩形航空插头结构简单，广泛应用在各种仪器设备的印制线路板上[2]。其返修可分为解焊、除锡、装联三个步骤，由于焊针数量大，且密集分布于本体下方，返修难度大，效率低，本文针对插装矩形航空插头（下文简称为航空插头）解焊与除锡工艺进行研究。

目前，常见航空插头解焊方法有两种：a.连续真空吸锡法：采用吸锡泵，将加热的吸嘴垂直于焊点，焊料熔融时，启动真空泵，通过吸嘴将焊盘及通孔内焊料吸净。当 PCB 板层数较多及大面积接地，需要提高加热温度。若焊针贴近金属化孔壁使靠近孔壁焊锡难以吸净，则需要借助电烙铁配合吸锡绳或将焊料融化后灌满通孔，再用吸锡绳吸锡。采用此方法破坏性（剪腿）解焊 104 芯航空插头，比较顺利情况下需要 6h，若存在难透锡点则效率更低，甚至由于多次加热致使金属化孔或 PCB 遭到破坏而导致解焊失败。b.喷锡法：利用加热管或其它加热设备将液体加热，将印刷电路板浸入在液体导热介质中使焊点熔化，将器件移除，此法效率高，10s 左右可将解焊器件移除，但也有局部升温速度快，热冲击较大，容易对 PCB 板造成损伤等问题；同时金属化孔内残留锡还需要人工吸除，后续处理时间较长且仍然存在除锡不彻底，损坏金属化孔的可能。

2 试验

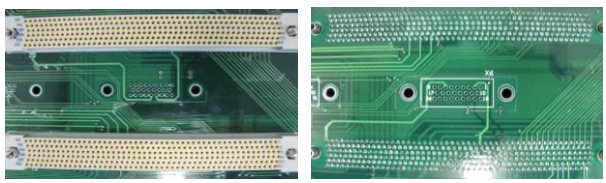
2.1 试验设备及 PCBA

本试验使用热风返修工作台完成航空插头的解焊与除锡。热风返修工作台采用非接触热风对流热传

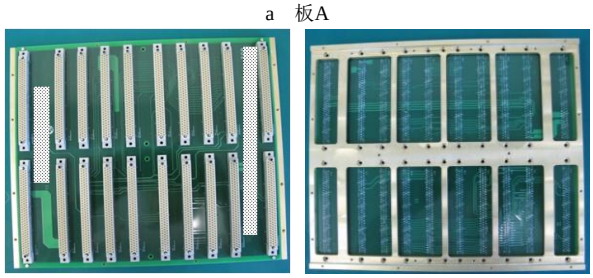
作者简介：严贵生（1978-），高级工程师，机械电子工程专业；研究方向：电子装联设备与工艺技术研究。
收稿日期：2014-01-22

递方式，加热系统包括底部加热、顶部加热和局部加热，可使整板温度比较均匀，温差小，防止局部过热对板子造成的损伤；适当的工艺及工装会降低对周围器件的影响，完成表贴器件的返修及插装件解焊工作，由于采用热风对流，即使操作不当，也不会发生机械损伤。同时加装非接触式自动除锡功能，可以实现焊盘及金属化孔内残留焊锡非接触自动清洁工作，减少对焊盘的损伤。

解焊工作选择两块试验板进行试验，如图1所示。板A有2个300芯航空插头，其中一个焊点处进行三防涂覆，另一个未经涂覆，对比研究三防涂覆对解焊工作影响。板B为共有20个104芯航空插头的总线板，带金属框解焊一列10个航空插头后拆掉金属框后进行另一列10个航空插头的解焊工作，探索金属框对解焊工艺和PCB平面度的影响。对板A进行非接触自动除锡，研究除锡工艺及三防涂覆对除锡工艺的影响，通过分析剖切后的金属化孔，研究解焊及除锡过程对金属孔的影响。



a 板A



b 板B

图 1 试验选择 PCBA 双面照片

2.2 合格解焊温度-时间曲线准则

表 1 解焊曲线准则

项目	温度范围	时间范围
拆前整板预热	100～120 ℃	---
器件预热	150～170 ℃	60～120s
器件焊针位置升温速率	≤2℃/s	---
器件边缘焊针峰值温度	190～200 ℃	---
PCB 温度	≥150 ℃	≤4min

温度-时间曲线设置是本试验的核心，包括顶部加热、底部加热、局部加热的温度-时间参数。解焊时间的选取原则是：在所有焊点都熔化的情况下，所用时间越短越好。参照相关标准及前期摸索试验结果，合格解焊曲线应满足表 1 所示的准则[3]。

a. 整板预热至预设温度，可避免解焊过程产生过大的温度梯度，降低欲解焊器件散热速率；

b. 待整板达到预热温度，利用热风头及底部局部加热，使器件位置局部达到 150～170℃；

c. 加热程序运行结束前，边缘焊针温度达到 190～200 ℃；

d. PCB 板玻璃化温度为 150 ℃，整板温度≥150℃，时间需少于 4min；

e. 避免温度不均匀性兼顾设备加热能力，焊针位置升温速率≤2℃/s。

设备加热系统及解焊过程中热电偶放置位置和作用如图 2 所示。其中测试 PCB 板温度的热电偶应焊在远离器件的焊盘（孔）上，避免顶部加热和局部加热系统的影响；测试器件焊点温度的热电偶应放置于航空插头两端焊针焊点处，与焊针有良好的接触。

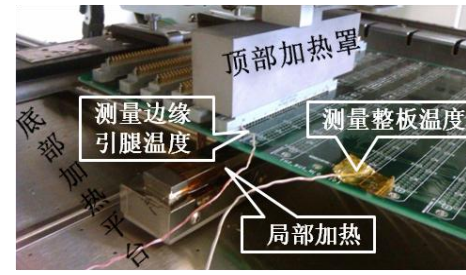


图 2 加热系统及热电偶放置位置和作用

2.3 解焊温度-时间曲线摸索与设定

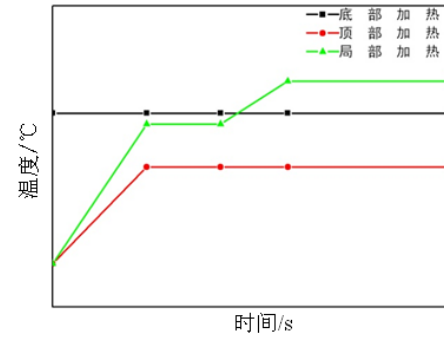


图 3 温度-时间曲线设定示意图

设置底部加热曲线、局部加热曲线和顶部加热曲线如图 3 所示。底部加热保证整板处于一个比较高的

温度，避免局部过热，产生翘曲，整板温度自室温升至预热温度过程中主要依靠此加热系统加热；顶部加热对器件本体起加热作用，防止器件解焊过程中由于本体与焊针间的温差导致散热过快，对于航空插头，本体为热固塑料，散热较慢，此温度不宜过高。局部加热对于焊点解焊起主要作用，考虑到两方面因素曲线设置为阶梯状：a.器件处于板子的状态不同需要的最高温度有差异，如 PCB 板层数，覆铜情况，是否有三防涂覆；b.器件温度上升需要时间，且加热有一定不均匀性，对于 300 芯航空插头解焊而言，在本试验工艺下，两端焊点达到 190℃时，中间位置焊点可达到 210℃，本体达到 200℃左右；若加热系统一直处于升温阶段，会增加器件不同位置温度差异，甚至给整板带来较大热冲击。设定各加热系统温度时间曲线，反过来监测器件端部焊点、PCB 板处温度时间曲线，经过反复调整，在程序运行结束前，可将器件移除，并符合合格曲线要求，解焊后金属化孔无损伤。

2.4 元器件的解焊及非接触除锡

温度时间曲线设定完成后，选择 reflow 程序运行，达到条件温度后，设备按照预设曲线进行加热，当器件端部焊针温度达到 190℃，开始用镊子上下活动器件本体两侧，若均可移动，说明解焊完成，将器件取下。

器件解焊后，使用设备的非接触自动除锡功能对金属化孔内的焊锡进行清理。

2.5 试验合格判据

参照相关标准[4]，解焊及除锡后应满足以下条件：

a. 金属化孔无起翘、脱落、断裂，铜层无溶蚀，与PCB无剥离；

b. 印制板无损伤、变色、变焦、走线剥离等缺陷；

c. 器件解焊后PCB翘曲度小于0.7%；

d. 器件本体无变色、变焦；

e. 经除锡后，金属化无损伤，孔内无残留焊锡，不影响二次装联。

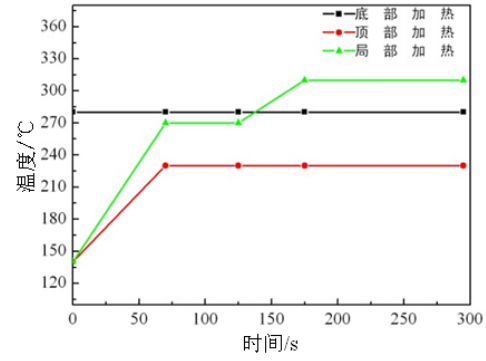
3 试验结果

试验结果包括解焊曲线、解焊后焊盘和器件；除锡工艺，除锡后金属化孔。试验过程中，为证实解焊曲线的合理性和稳定性，对于每种选定器件，采用相应曲线需连续 3 次成功完成解焊工作。为避免重复，在以下结果说明中，只以其中一次为例。

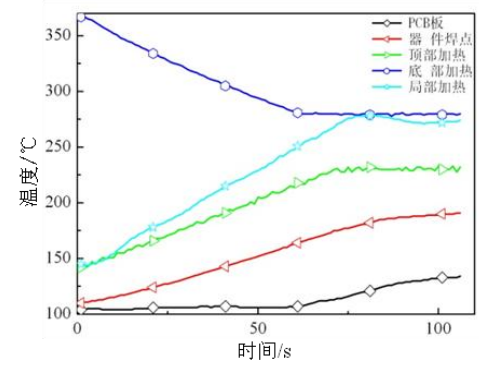
3.1 300 芯航空插头解焊

3.1.1 未涂覆 300 芯航空插头解焊

用于解焊 300 芯航空插头的曲线及运行后实测结果如图 4 所示，其中整板预热未在图中表示出来，PCB 板未达到 150℃，当测试器件焊针处的热电偶温度达到 190℃左右，将器件移除，在设定局部加热曲线处于第一个加热平台时完成解焊，解焊时间约为 100s。图 5 为用解焊后的航空插头及对应金属化孔照片，可见，金属化孔表面无损伤；印制板无变色、变焦等缺陷；拆下的器件焊针完好，本体无变色。



a 设定曲线



b 实测曲线

图 4 设定曲线及实测曲线

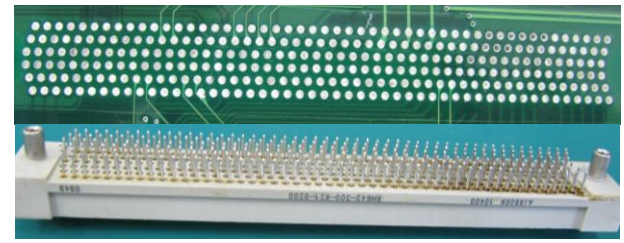


图 5 300 芯航空插头解焊后的器件及焊盘

3.1.2 经三防涂覆 300 芯航空插头解焊

三防方法为在焊接面涂覆三防胶，用于解焊三防后 300 芯航空插头的曲线如图 4a，运行后实测结果如图 6 所示，其中整板预热未在图中表示出来，PCB 板未达到 150℃，当测试器件焊针处的热电偶温度达到

190℃左右，将器件移除，解焊时间近 150s。图 7 为解焊后的航空插头及对应的金属化孔照片，可见，金属化孔表面无损伤；印制板无变色、变焦等缺陷；拆下的器件焊针完好，本体无变色；局部加热曲线处于第一个加热平台向第二个平台过度阶段完成解焊，三防涂覆对器件解焊工作有一定的阻碍作用，但影响不大。

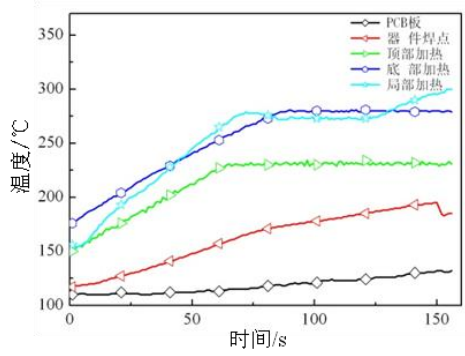


图 6 解焊过程实测曲线

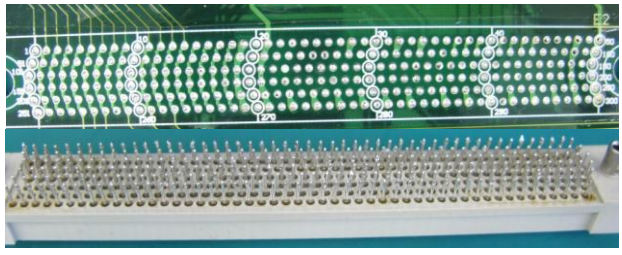
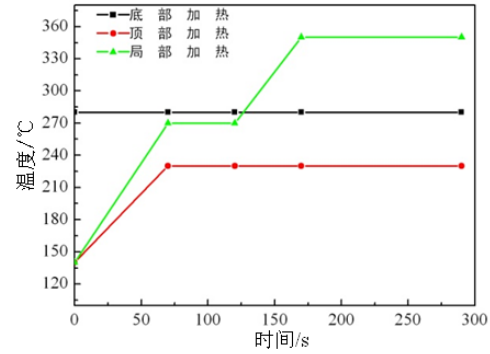


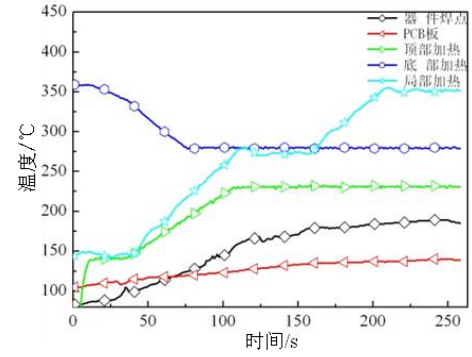
图 7 300 芯航空插头解焊后的器件及焊盘

3.2 总线板解焊

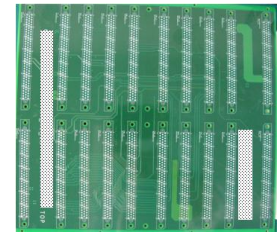
其中 10 个（一列）航空插头带金属框架解焊，解焊曲线及解焊结果如图 8 所示，然后拆除金属框架，测量平面度；另一列采用图 4a 设定曲线解焊后，测量平面度。因金属框架的影响，一方面散热较快，另一方面金属框架增加了 PCBA 与局部加热系统的距离，解焊温度要稍高一些，以进行热补偿。另外由于金属框架影响，导致与金属框架邻近器件焊针散热较快，出现温度不均匀，若尝试分离过程中，一侧因焊点未融化无法分离，可以稍将此侧向器件中心移动，而后继续尝试。平面度测试结果表明，带金属框可防止由于总线板自身重力在加热过程中产生翘曲，而拆除金属框架后，完成另一列航空插头拆卸后平面度为 4%，翘曲较严重。



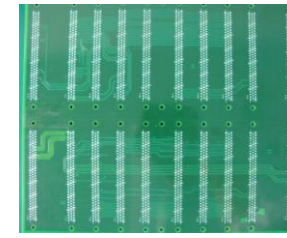
a 设定曲线



b 实测曲线



c 解焊后 PCB 板

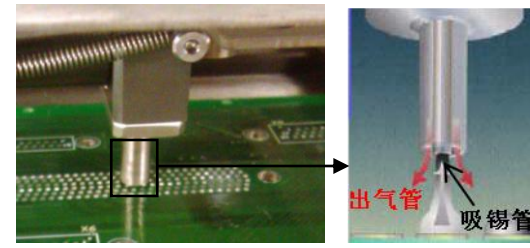


d 解焊后 PCB 板

图 8 总线板带金属框解焊曲线及解焊后 PCB 板

3.3 除锡原理及工艺

器件解焊后，利用返修台非接触自动除锡功能进行除锡。除锡过程及原理如图 9 所示，除锡工艺参数如表 2 所示，图 9b 为图 9a 的局部放大图，出气管起到主要加热作用，合同底部加热及局部加热将焊锡融化，吸锡管将融化的焊锡吸除。



a 除锡过程 b 局部放大图

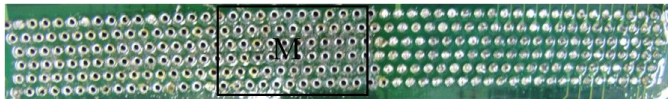
图 9 除锡过程及原理

表 2　除锡工艺参数

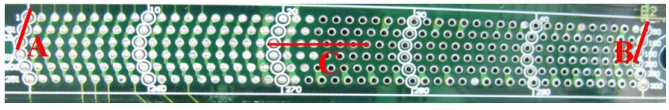
出气管出气温度/℃	350
底部加热温度/℃	280
局部加热温度/℃	250
预热时间/s	200
吸锡管移动速度/mm·s^{-1}	1.51
吸锡管距离 PCB 距离/mm	0.2

3.4　经涂覆 300 芯航空插头解焊后除锡

涂覆后的航空插头经部分除锡后的金属化孔形态如图 10 所示，涂覆的胶层对除锡无影响，无论从元件面还是焊接面观察，除锡效果良好，金属化孔外观完好，没有机械损伤痕迹。端部出现个别遗漏点原因是金属化孔排布与除锡模式选择不匹配，改善后无遗漏点，如图 10a 中 M 区。



a　焊接面

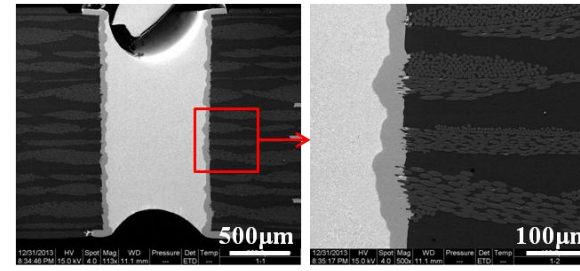


b　原件面

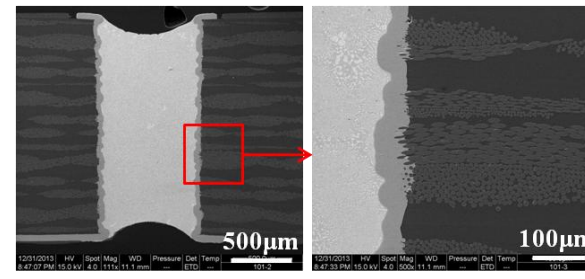
图 10　部分除锡后 PCB 板

3.5　金属化孔剖切分析

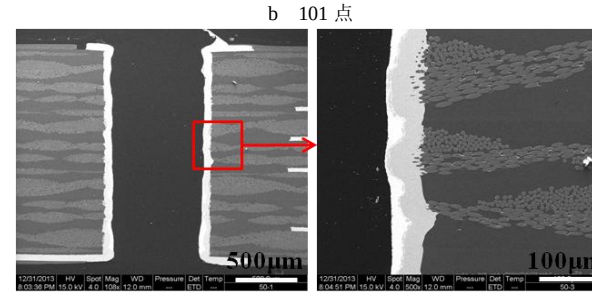
对图 10 所示 PCB 的金属化孔进行剖切并在扫描电镜下观察，剖切位置如图 10b，结果如图 11 所示，其中 A 线剖切未除锡的 1、51、101 三点，B 线剖切除锡后的 50、100、150 三点，C 线剖切 120～127 八点。进行中间位置与边缘位置对比和除锡与未除锡对比。列举其中 6 点，进行局部放大，如图 11 所示。除锡前后金属化孔壁无断裂，与印制板间无分离。铜镀层厚度均匀，约为 40μm，除锡前后铜镀层厚度无变化，说明除锡过程对铜镀层无溶蚀。除锡效果良好，无大量锡聚集区；由于铜镀层在微观上并非完全平整，孔壁上有几微米至十几微米厚度的锡残留，不影响二次装联。能谱分析位置及结果如图 12 及表 3 所示。残留锡层与铜镀层间为 Cu_6Sn_5 化合物。A、B 与 C 剖切结果对比表明，不同位置除锡前后金属化孔形态无差异，除锡效果稳定，与焊点位置无关。



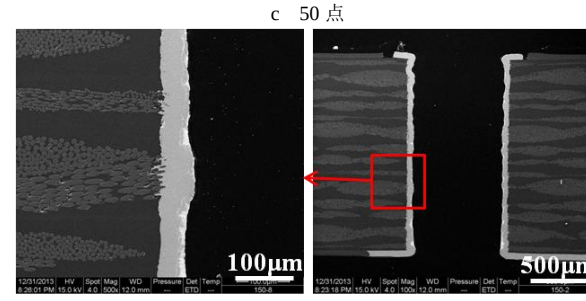
a　1 点



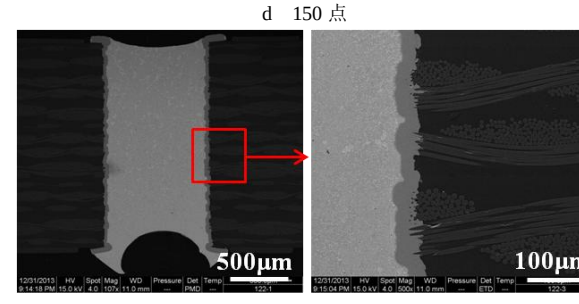
b　101 点



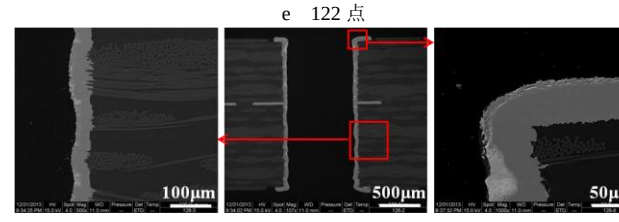
c　50 点



d　150 点



e　122 点



f　126 点

图 11　金属化孔剖切位置及结果

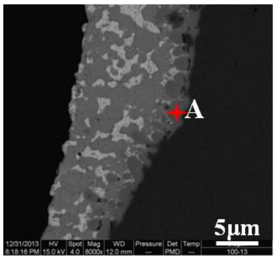


图 12　除锡后靠近铜镀层能谱分析结果

表 3　A 点元素含量　　　　At %

元素	Au	Sn	Cu
含量	02.96	43.44	53.60

4　结束语

使用热风返修台完成了航空插头的解焊，并探索出除锡工艺，对除锡前后的金属化孔进行了对比研究。实验结果表明：

a. 针对航空插头探索出的解焊曲线可以成功实现航空插头的解焊工作；

b. 经非接触除锡后，不会对金属化孔造成损伤，对内部铜层无影响，除锡效果与焊点位置无关；

c. 三防涂覆对航空插头解焊影响不大；

d. 带有金属框架解焊航空插头可有效避免 PCB 翘曲，但会有散热较快，温度不均的问题，可以通过适当升温给予补偿。

参考文献

1　杨奋为. 军用电连接器的应用及发展[J]. 机电元件，2007(9)：42～49

2　周开华，李志华. 航空插头及专用拆卸工具设计[J]. 舰船电子工程，2010(2)：187～189

3　IPC−国际电子工业联接协会 7095B-2008 BGA 的设计及组装工艺实施[S]. IPC−国际电子工业联接协会，2008

4　ESA−欧洲空间局 PSS-01-728-1991 空间用印制电路板组装的修复和改装[S]. ESA-欧洲空间局，1991

%%

（上接第 8 页）

具体有以下几个方面：

a. 材料开发

不同的产品需选用不同的材料以满足各自的性能需求，故需要开发大量激光快速成形用粉末材料，并形成规范性标准。

b. 成形尺寸

目前铺粉式激光快速成形仅限于尺寸 250mm×250mm×320mm 以内的零件，需开发大尺寸设备以满足较大型零件的精密成形需求。

c. 降低成本

虽然激光快速成形技术有其它方法难以比拟的优势，但如推广到简单零件制造或零件的大批量生产，其与传统方法相比制造成本是相当高的，这就需要大幅度降低粉末材料价格和提高成形速度。

d. 工艺开发

要综合理解产品结构和材料性能，建立激光快速成形工艺的新物理模型，并根据模型开发适宜的工艺流程参数及后处理规范，这需要长时间的经验积累。

e. 质量检测

针对复杂零件的快速成形，应建立系统的无损评估模式，并使之能够进行早期缺陷检测，这也是目前全行业面临的问题。

5　结束语

a. 采用激光快速成形技术在一定程度上能够较好地解决传统工艺方法难以加工或加工周期漫长的问题；

b. 激光快速成形技术目前分为送粉式和铺粉式两个方向，送粉式激光快速成形适用于为大尺寸且常规机械加工去料量极大的结构件提供“精毛坯”，铺粉式激光快速成形适用于较高精度小尺寸复杂结构件；

c. 铺粉式激光快速成形在航空航天发动机复杂零部件制造方面有很好的前景；

d. 材料开发、扩展尺寸、降低成本、工艺开发和质量检测是目前激光快速成形技术推广应用面对的困难。

参考文献

1　黄卫东，吕晓卫，林鑫. 激光成形制备生物医用材料研究现状与发展趋势[J]. 中国材料进展，2011，30(4)：1～10