

高 端 智 能 装 备
应力调控 3D 激光打印系列装备
投 资 项 目

商业计划书

联系人：张永康

电 话：18013821855

邮 箱：zykseu@163.com

东南大学张永康教授科技创业团队

2015 年 6 月

目 录

摘要.....	3
第一部分 团队与管理.....	6
第二部分 产品与技术.....	12
第三部分 市场与竞争.....	21
第四部分 产品制造.....	28
第五部分 营销策略.....	34
第六部分 财务计划.....	37
第七部分 风险控制.....	43
第八部分 融资方案.....	44
第九部分 实施进度.....	45
附 件.....	46

摘 要

成果来源：项目成果主要来自于国家 863 项目和国家自然科学基金重点项目等，已经授权核心发明专利 15 件，获得江苏省科学技术奖一等奖一项和中国机械工业科学技术奖一等奖一项。

基本原理：首先对金属关键零件的损伤区域采用激光 3D 打印技术修复其形状精度和尺寸精度，即激光 3D 打印“控制形状”。在修复的过程中由于金属快速地熔化和再凝固，必然产生严重的残余拉应力，这是影响修复零件使用寿命的关键因素。然后利用强激光照射到零件表面时会产生高达数十万个大气压的强冲击波，将修复区域的残余拉应力调整为残余压应力，从而显著提高了修复零件的使用寿命，即激光喷丸强化“控制性能”。如果损伤零件区域面积大、深度深，则根据应力调控的残余应力分布特性，尤其是残余应力分布的深度，通过优化 3D 打印轨迹、参数和金属沉积的厚度，采用 3D 打印和应力调控逐层交替的工艺，确保整个修复区深度方向上残余应力分布的合理性。

目标产品用途：目标产品是国内首创基于应力调控激光 3D 打印技术的系列装备，用途：①关键零件服役疲劳损伤修复；②关键零件机械加工缺陷修复；③零件制造中的激光喷丸应力调控强化。上述三种用途都能够成倍提高零件的疲劳寿命与可靠性。

超强的竞争力：本项目产品具有先进的技术优势，拥有核心发明专利 15 件。整体技术水平与国际最先进的美国 LSPT 公司水平相当。由于涉及先进的军事用途，美国严禁相关的技术与装备出口。美国 LSPT 公司的产品主要在美国市场，例如，GE 公司，普惠公司等等。目前，中国市场上尚没有一台美国的可用于生产激光喷丸设备，尤其是带有军方背景的企业很难从美国买到如此先进的设备。

本项目推出的核心产品是智能化的单纵模 YLF 激光喷丸系统，属于当今世界上最先进的第三代产品。国内现有的产品属于第一代和第二代

产品，而且智能化程度很低，相关企业尚没有能力制造出与本产品技术水平相近的产品，其完全没有办法与本产品竞争。

市场分析与目标客户：疲劳破坏造成了大量产品及重大装备过早报废，并引发灾难性事故。据统计，仅美国每年早期断裂造成损失达 1190 亿美元，其中 80-90%是疲劳破坏造成的。疲劳破坏更是制约我国飞机、航空发动机、汽轮机叶片、大型水轮机叶片等重大装备关键零部件寿命的主要原因之一，是亟待解决的核心问题。这是一项军民两用技术，根据不同的应用对象，可以开发出系列产品。技术与成套装备在航空工业、电力工业、海洋船舶、汽车工业、医疗器件等行业具有广阔应用前景和巨大的市场容量。初步估算我国激光喷丸设备的市场容量约 1-2 万套。本人从 1992 年开始从事激光喷丸/冲击强化技术研究，熟知国内现有产品的状况与企业需要，已经积累了多家目标客户。

盈利能力分析：本产品属于光机电仪一体化的高技术产品，在核心激光器进口成套装备自己集成制造的情况下毛利率约 40-45%，核心设备国产化后则毛利率约 50-60%，航空损伤叶片维修或整体叶盘对外服务毛利率大于 70%。预计在产品形成规模销售时，毛利润率约 40%，纯利润率约 25%。

商业模式：示范点 + 对外服务 + 产品制造与销售 + 设备售后服务。

融资计划：第一阶段融资 4500 万元，其中团队自筹 500 万元，出让 10%股份。用于单台成套设备制造、示范点与质量检测中心建设，其中设备研制 1530 万元、质量检测仪器 1512 万元、洁净间 58 万元、生产设备 100 万元，流动资金 1300 万元。在示范效果显著且有一定明确订单和潜在客户的情况下，项目自动进入第二阶段。第二阶段融资 1 亿元-1.5 亿元，分批投入尽快将生产能力扩大到年产 100 台套以上。对生产设备、人员、公司各个部门职能进行优化配置，达到 $1+1 \geq 3$ 的效果。

经营风险与对策：项目产品可以在后期开发上持续保持技术领先，

不存在技术风险。假如中国与美国的关系趋于紧张，则存在着进口激光器及光学元器件拖延，甚至买不到的风险。**解决的措施：**加快激光器及关键光学元器件的国产化开发进程。

业务拓展计划：2016 年完成示范点建设，对外承接加工业务。2017 年起进入设备批量生产阶段，产量达 8 台，产值 1.2 亿元；申报市级应力调控激光 3D 打印示范性工程中心。2018 年产量达 20 台，产值 3 亿元，申报省工程中心，制定与推动行业标准制定，进入上市辅导期。2019 年产量达 40 台，产值 6 亿元，完成保密资格论证。2020 年产量达 70 台，产值 10 亿元。2021 年产量达到 100 台以上，申报国家企业工程中心或者企业国家重点实验室，积极推动国家和行业标准制定，企业上市成功。

概念题材：智能装备 + 互联网、航空发动机、大飞机工程、激光 3D 打印、大数据挖掘+云计算、再制造、军工、核电、医疗器件。

产品制造厂房：项目租赁厂房，分三期建设。第一期建立应力调控 3D 打印装备示范线，开展整体叶盘、叶片激光喷丸强化，损伤叶片应力调控 3D 打印修复等技术开发研究与对外承接相关业务。形成年产 5-8 台/套的生产能力。所需面积为 3000 平方米。第二期增产至 30-60 台/年，所需面积为 6000 平方米。第三期增产至 70-100 台/年，所需面积为 10000 平方米。自主开发产品，零部件外协加工、外购，本企业组装、调试。

第一部分 团队与管理

(一) 团队成员

1、张永康

基本情况：男，1963年3月出生，二级教授，博士生导师。1995年毕业于南京航空航天大学机械制造学科，获得工学博士学位，导师是余承业教授、朱荻院士。江苏省第四期“333工程”第二层次培养对象、领军人才、学术带头人；中国机械工程学会特种加工专业委员会常务委员，激光加工技术委员会副主任；江苏省声学学会理事；中国声学学会物理声学分会委员；中国光学学会激光加工专业委员会委员；江苏省激光与光学工程学会理事；江苏省机械工程学会特种加工专业委员会副理事长；中国宇航学会光电技术专业委员会委员。享受国务院政府特殊津贴；江苏省劳动模范，江苏省有突出贡献的中青年专家。主要从事非传统制造基础理论、工艺技术和装备研究。主持国家自然科学基金重点项目与面上项目、863项目、江苏省重大成果转化项目、973子项等多项，发表主要论文150余篇，其中SCI收录50余篇、EI收录100余篇；出版专著3部；授权发明专利40余件；获得国家科技进步奖一等奖1项（排名第二，深海石油钻探平台浮态非传统制造研究的部分成果）和国家科技进步奖二等奖1项（排名第三，激光冲击波效应非传统制造研究的部分成果）、中国发明专利金奖1项、国际发明展览会“发明创业奖·项目奖”金奖2项。省部级科技进步一等奖5项。

创业情况：1984.7-1989.9，在江苏省句容建筑机械厂内拖车间和技术科工作，技术员。主要工作：参加A186D梳棉机的开发；参加JG150、

JG200 及 JZ200 的技术工作；参加 S195 柴油机气缸盖流水线的设计与制造；独立完成一台钻、扩及铰组合机床的设计；模具、夹具及工装的设计和制造；采购标准件、通用部件及外协加工高精密零部件；签订技术协议及合同。1996.12-2011.12，在江苏大学机械工程学院工作，历任学院副院长、书记兼副院长和院长。在当副院长期间负责学院的企业（春光机械厂，后来改制）、创收、学科建设、科研、研究生教育等。起草并实施了一系列激励政策，使得学院的企业收入和办工程硕士生班创收的收入大幅度提高，极大地改善了全院教师的福利，增加了教师凝聚力。在当书记兼副院长期间，除了负责党务之外，还继续负责学院的科研、创收、学科建设和研究生教育。在当院长期间，负责全院行政工作。取得的成就：机械制造及其自动化学科获批国家重点培育学科，培养了全校第一个全国优博和第一个长江学者，获得学校第一个 863 项目和第一个国家自然科学基金重点项目，获得国家科技奖 4 项和国家教学成果奖 1 项，学院国家自然科学基金数量从原来的 2 年 1-2 项到稳定在 1 年 12-16 项。

2、鲁金忠

男，1975 年 8 月出生，教授，博士生导师。2010 年毕业于江苏大学机械制造学科，获得工学博士学位，导师为张永康教授。现任机械工业激光冲击波加工技术重点实验室副主任，江苏大学激光技术研究所副所长，2012 年入选江苏省“青蓝工程”青年骨干教师和江苏大学首批青年骨干教师计划，2012 年上银机械优秀博士论文优秀奖获得者。本人一直从事激光非传统制造、金属强韧化及晶粒细化理论与技术方面的研究工

作。近年来主持包括 2 项国家自然科学基金、江苏省自然科学基金、中国博士后科学基金特别资助、江苏省高校科研成果产业化推进项目在內的科研课题 10 余项。迄今发表激光冲击强化金属材料工艺、宏观性能和微观结构等方面的 SCI 收录论文 38 篇(其中第一作者和通讯作者 23 篇)。论文发表在机械、材料等相关领域的知名期刊上, 如 *Acta Materialia*, *Corrosion Science*, *Materials Science and Engineering A*, *Materials & Design*, *Applied Surface Science*, *Materials Science and Technology*, *Surface & Coatings Technology* 等。受编辑邀请在 Springer-Verlag 出版社出版英文专著 1 部, 学术成果被国内外同行关注, 做国际学术大会特邀报告 1 次, 分会场报告 3 次。申报国家发明专利 40 多件, 其中已授权 25 件。获江苏省科学技术奖一等奖(第 2/2013 年)、中国机械工业科学技术奖一等奖(第 3/2013 年)、教育部技术发明二等奖 1 项(第 6/2007 年)、江苏省科技进步二等奖 1 项(第 8/2006 年)、机械工业科技进步奖二等奖 1 项(第 9/2006 年)和三等奖 1 项(第 2/2011 年)。

国际期刊 *Materials Science and Engineering A*, *Applied Surface Science*, *Journal of Materials Processing Technology*, *Journal of Materials Science*, *Optics & Lasers in Engineering*, *Computer Materials Science* 和 *Materials & Design* 等 12 个国际杂志特邀审稿人, 澳大利亚 Deakin University 博士学位论文评审专家。

3、罗开玉

女，1975年12月出生，2012年毕业于江苏大学机械电子学科，获得工学博士学位，导师是张永康教授。现为江苏大学机械工程学院副教授。一直从事激光表面处理、再制造、金属强韧化理论与技术方面的研究工作。目前主持国家自然科学基金青年基金(51105179)1项、江苏省博士后基金(1301019A)1项，主持完成江苏省自然科学基金(BK2010352)、江苏省高校自然科学基金(10KJB460001)等项目，主要参与完成国家自然科学基金重点项目(50375001)、国家自然科学基金青年基金项目(50705038)、江苏省科技计划(BK2011478、G2007033)等项目。目前共发表SCI收录论文26篇、EI收录论文21篇，论文主要发表在Acta Materialia、Corrosion Science、Materials Science and Engineering A、Materials & Design、Applied Surface Science、Surface Coatings & Technology、中国激光等国内外知名期刊上。获授权发明专利5件。在Springer-Verlag出版社出版英文专著《Laser Shock Processing of FCC Metals》1部。获2013年江苏省科学技术奖一等奖。目前担任Materials Science and Engineering A、Materials & Design、Surface Coatings & Technology、Applied surface science 和 Optics and Lasers in Engineering 等多个国际期刊审稿人。

4、戴峰泽

男，1976年11月出生，2014年毕业于江苏大学机械制造学科，获得工学博士学位，导师是张永康教授。长期从事激光冲击波非传统制造、激光微加工等研究工作，获得江苏省科学技术奖一等奖一项(第11/2013年)，中国机械工业科学技术奖一等奖一项(第5/2013年)。目前主持江

苏省高校自然科学基金(10KJB460004), 中国博士后基金(2015M571682), 先后参加了国家自然科学基金重点基金和国家自然科学基金面上项目等多项科研课题。以第一作者在 “Journal of Applied Physics”、“Applied Surface Science”、“Surface and Coatings Technology” 等国际知名期刊发表科研论文 6 篇, 均被 SCI 检索。申请发明专利 15 件, 其中授权发明专利 10 件。

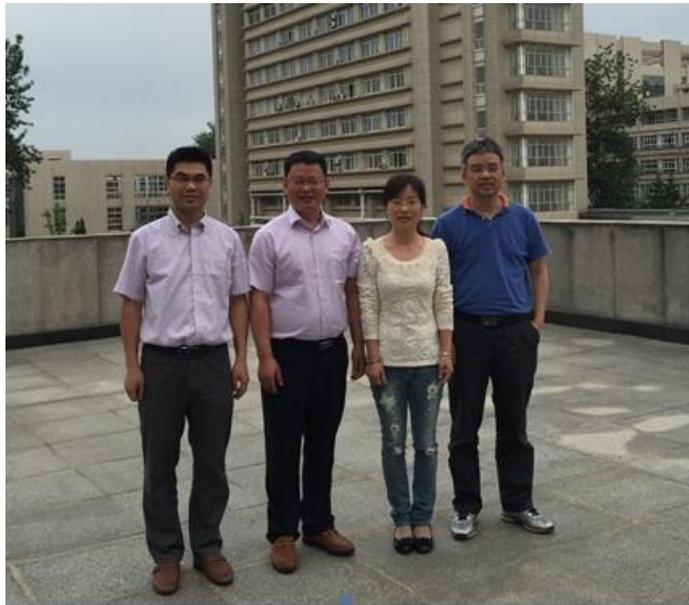


图 1 照片从左到右: 戴峰泽, 张永康, 罗开玉, 鲁金忠

(二)、公司管理

本技术团队希望在政府相关参股扶持政策支持下, 与感兴趣的企业联合组建新公司, 生产激光喷丸技术成套装备, 建立示范应用点, 提供激光喷丸技术服务, 产品销往国、内外市场。

1. 在初创期, 公司管理团队分工如下:

(1) 张永康, 任总经理、总工程师, 全面负责公司各项工作

(2) 鲁金忠, 任副总经理、执行董事, 负责公司生产制造, 售后服务。

(3) 戴峰泽，任副总经理，负责公司技术研发，生产工艺。

(4) 罗开玉，任副总经理，负责公司市场开拓，销售管理、财务管理。

新公司将组成精干的管理机构，包括：

1、技术研发部。负责产品研发，制定企业产品标准，生产工艺，确定外购、外协件技术要求。

2、生产部。负责内部零部件生产，外协加工件质量管控，外购件采购，产品组装、调试、包装。

3、销售部。负责市场调研，广告宣传，销售渠道建立，签订销售合同，联系物流，回收货款。

4、行政财务部。负责公司行政、人事管理，建立健全各项管理制度。负责公司财务管理，对研发项目分项单独核算，严格管控应收账款，加强资金流管理。

公司计划成立三年后，申请高新技术企业认定，进行股份制改造，积极争取在新三板挂牌。公司规划成立五年后，实现创业板上市。

第二部分 产品与技术

(一)、产品

本创业项目产品为应力调控 3D 打印系列成套装备。产品由应力调控的激光喷丸系统和形状修复的 3D 激光打印系统两大部分构成。

核心是激光喷丸系统。激光喷丸系统由 LYF 激光器、机器人夹持零件系统、机器人涂水系统、光束传输系统、控制系统、数据采集系统、电源供应、二极管泵浦腔、在泵浦腔内的二极管、普克尔盒驱动器、冷却系统以及计时模块等部分组成。激光喷丸系统效果图见图 2。

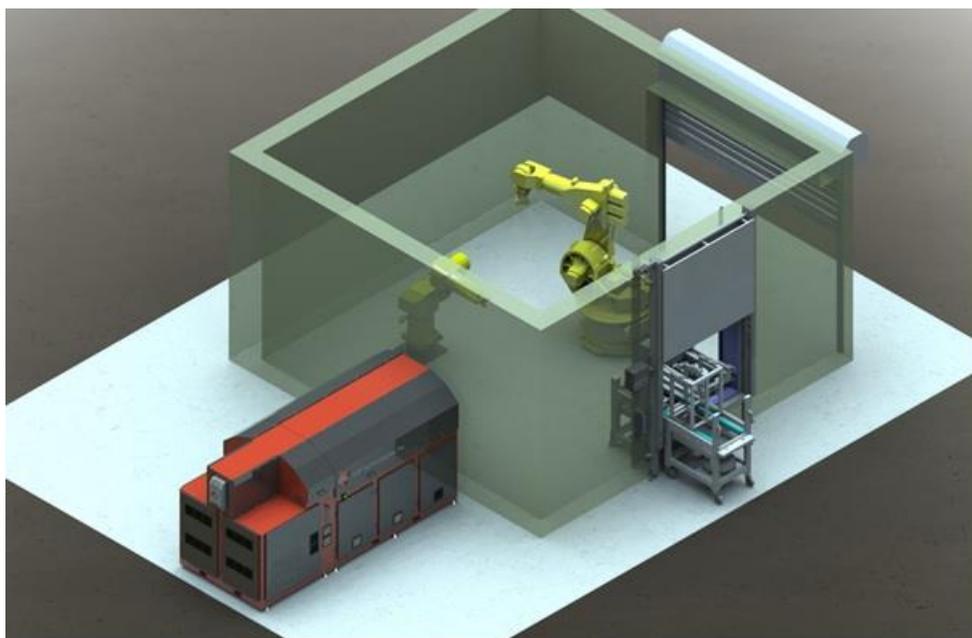


图 2 激光喷丸应力调控效果图

目标产品用途：目标产品是国内首创基于应力调控激光 3D 打印技术的系列装备，用途：①关键零件服役疲劳损伤修复；②关键零件机械加工缺陷修复；③零件制造中的激光喷丸应力调控强化。上述三种用途都能够成倍提高零件的疲劳寿命与可靠性。

工作原理：

基本原理是激光 3D 打印控制形状，激光冲击应力调控控制性能。根据目标产品的三个用途，其实施方法略有区别：

①**服役损伤零件修复**：首先对金属关键零件的损伤区域采用激光 3D 打印技术修复其形状精度和尺寸精度，即激光 3D 打印“控制形状”。在修复的过程中由于金属快速地熔化和再凝固，必然产生严重的残余拉应力，这是影响修复零件使用寿命的关键因素。然后利用强激光照射到零件表面时会产生高达数十万个大气压的强冲击波，将修复区域的残余拉应力调整为残余压应力，从而显著提高了修复零件的使用寿命，即激光冲击强化“控制性能”。如果损伤零件区域面积大、深度深，则根据应力调控的残余应力分布特性，尤其是残余应力分布的深度，通过优化 3D 打印轨迹、参数和金属沉积的厚度，采用 3D 打印和应力调控逐层交替的工艺，确保整个修复区深度方向上残余应力分布的合理性。

②**机加工缺陷零件修复**：其修复过程与服役损伤零件修复相同。

③**零件制造中的激光冲击应力调控强化**：在零件所有机械加工工序结束后，对零件应力集中区进行应力调控强化。由于是新的无机械加工缺陷的零件，不需要 3D 打印修复。

（二）、技术

本项目产品与众不同的核心技术在于：

1. 长寿命高质量高稳定性的单纵模应力调控激光器

激光器的核心技术指标如下：

- (1) 该激光喷丸系统的功率必须 ≥ 200 瓦
- (2) 必须是单纵谐振腔
- (3) TEM00 单横模振子是必须的
- (4) 全部激光棒必须是用 YLF 晶体制成，包括：谐振腔、前置放大器和放大器，最后一级 YLF 放大器棒直径必须 ≥ 25 毫米；
- (5) 全部 YLF 棒必须是二极管泵浦；预期泵浦二极管的寿命长于 15 年；
- (6) 运行脉冲重复率必须是 20Hz；
- (7) 运行脉冲能量为 10 焦耳；在 5 焦耳和 10 焦耳之间可调节能量；能量稳定性：无干预运行 8 小时变量 $\leq 5\%$ ；
- (8) 脉冲宽度必须在 8ns-16ns FWHM 之间可调节；脉冲宽度稳定性：无干预运行 8 小时变量 $\leq 5\%$ ；
- (9) 环形平顶光束均匀性：对包含 90%能量的环形光圈平均值的 RMS 偏差 ≤ 0.33 （在激光输出）近场；光束指向稳定性：20 分钟预热后 ≤ 0.5 mrad RMS；
- (10) 一个内部环境控制系统必须集成到激光喷丸系统中，以保持光学平台的内部温度和湿度，其中：内部温度必须保持在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ；内部相对湿度必须保持在 $\leq 40\%$ 无凝结。

2. 系统智能化控制功能

- (1) 激光喷丸设备运行自动控制功能，其包括：改变脉冲能量；选择脉冲，从 20Hz 基础运行率至获得低重复率单脉冲或者预调的脉冲序列；为 YLF 前置放大器和放大器设置不同的定时；在喷丸单元设置

涂水定时，以便按处理顺序开关涂水；在激光喷丸运行中，与零件定位机器人沟通以便运转；在激光喷丸运行中，与涂水机器人沟通以便运转；特殊处理序列可以被编程预设并执行，包括在处理过程中改变上述各项的任何组合。

- (2) **自动光束质量诊断与控制功能**，其包括：测量每一脉冲的脉冲能量；测量每一脉冲的脉冲宽度；监测选定脉冲的空间分布状态。
- (3) **数据自动采集功能**，记录的数据包括：每一脉冲的脉冲能量；每一脉冲的脉冲宽度；选定脉冲的完整时间分布；选定脉冲的完整空间分布。
- (4) **数据存储功能**，存储的数据包括：配置设置；用户、密码和访问级别；指定位置的参考数据（通过以太网连接的 SQL）；喷丸数据（必须可以通过以太网连接的 SQL 获取）；必须提供软件，以便从内部数据库提取数据并输出到 MS Excel 兼容格式文件。所有处理数据（脉冲能量、脉冲宽度和处理面上的光斑面积）必须被采集并本地储存在激光喷丸系统上。时间和空间分布必须按照操作员的要求被定期采集并本地储存在激光喷丸系统上。数据必须能够通过局域网或者其它合适的方法传输至远程位置以便永久储存。
- (5) **远程监控功能**，能够远程监控激光喷丸系统的健康状况，以提供改进的维护并允许采取预防行动。

3. 方便强大的图形用户界面操作功能

其包括：具有用户访问控制的触屏操作界面。处理数据必须在操作屏幕上可显示以便在处理过程中监测数据走向。如果处理数据超出预定

的处理参数，警告操作员。显示安全联锁状态。显示安置在喷丸单元或机器人上的零件数据。显示模式状态。显示并设置供电数据。显示环境控制数据。显示并设置所有定时触发的定时序列，其包括：启动放大器的触发；启动谐振腔的触发；应用涂水的触发，对在激光喷丸设备附近的一个或多个地点的处理的监控必须能够通过远程操作监控。

4. 光束传输系统的自动调整功能

在激光喷丸目标平面与激光喷丸系统之间具有光隔离，法拉第隔离器的晶体尺寸 ≥ 34 毫米。

最终目标透镜必须能自动调整并受激光喷丸系统计算机控制。透镜必须在自动校准操作时能自动调整以确保光斑大小合适。光斑大小在3mm至8mm之间可调节。

最终反射镜必须能自动调整并受激光喷丸系统计算机控制。反射镜必须在自动校准操作时能自动调整以确保激光光斑位于精准的目标位置。

5. 零件操纵机器人的自动执行功能

机器人的承重能力 ≥ 300 公斤，机器人的重复定位精准度 $\leq \pm 0.2$ 毫米。能够操作零件的最大尺寸为1.5米x1.5米x2.0米。

机器人必须包括一个气动工具变换装置以允许机器人自动使用匹配的工具拾取零件和其它物品

必须包含一个连接于试样托架的匹配工具，用于所要求的激光喷丸试样有效性演示。机器人必须被编程以拾取试样托架并按次序处理试样。具变换器的承重能力必须 ≥ 300 公斤。

机器人必须有一个密封防水保护层以保护机器人不受激光喷丸引发的喷水影响。

零件移动必须按照激光喷丸系统的控制系统排序。

6. 涂水机器人的自动执行功能

重复定位精准度 $\leq \pm 0.2$ 毫米。

机器人必须可被编程以移动涂水装置到多个位置并平稳地引导水流到零件上。

移动必须与激光喷丸系统的控制系统协调一致。

7. 自动执行校准功能

具有专用软件和硬件，使其能够拾取已校准的能量计、将能量计定位于激光束通道、激发单脉冲激光并将测量到的能量与所要的能量进行比较。如果在要求的限度内没有获得所要的能量，软件将自动调整能量直至达到所要的能量。

具有专用软件和硬件，使其能够拾取已校准的照相机以测量光斑尺寸、在目标平面将照相机定位于激光束通道、激发单脉冲激光并将测量到的光斑尺寸与所要的光斑尺寸进行比较。如果在要求的限度内没有获得所要的光斑尺寸，软件将自动调整光斑尺寸直至达到所要的光斑尺寸。

用于校准的能量计和照相机必须有一个永久的工具与它们相连接，以便工具变换器能拾取它们以执行校准功能。

用于校准的能量计和照相机必须有一个机器人能够到的永久的存放位置，以便机器人能拾取它们以执行校准功能。

8. 激光束光斑形状自动转换功能

必须包括一个光束形状转换器用于将圆形光束转变成方形平顶光束，以便能够用方形光斑进行激光喷丸。

9. 空气过滤功能

具备空气过滤系统，为激光喷丸系统和喷丸单元提供清洁干燥的空气。空气过滤系统的运行参数：压力 80-90 磅/平方英寸，流量 20 标准立方英尺/分钟。

10. 防漏光与隔音功能

喷丸单元必须不漏光并且包含隔音材料。

11. 废水处理功能

喷丸单元必须包括废水收集、过滤和去除功能。

12. 指示与照明功能

集成的单元 LED 照明。

必须提供可见指示激光束以便轻易地校直喷丸平面上的 YLF 激光束使其达到 ≤ 0.5 毫米的精准度。

13. 设备安全保障功能

其包括：当在处理模式下操作时，该激光喷丸系统必须是 I 级激光。在维护模式下，该激光喷丸系统可以是 IV 级。紧急停止、按键开关和附件必须在机器上互锁联动。外部紧急停止、运行停止和监控相互连接。满足国家、美国及国际相关标准。

在处理模式下，喷丸单元必须是 I 级封闭。

14. 专有的激光喷丸技术及参数检测技术

对飞机涡轮叶片、飞机叶盘榫槽底部、合金钢等开发了专用工艺，

并获得授权核心发明专利 11 件，详见表 1 中的第 1 至 11 序号。通过检测冲击波的波形特征、光偏转特性，对喷丸质量进行在线评估与控制，获得授权核心发明专利 2 件，详见表 1 中的第 12 和 13 序号。对激光束的波形、能量参数进行检测与控制，获得授权发明专利 2 件，详见表 1 中的第 14 和 15 序号。

所有发明专利都是由张永康带领其博士生、硕士生撰写的，虽然申请人由多个单位组成，但是张永康能够妥善处理单位及发明人之间的关系，不存在知识产权纠纷问题。

表 1 授权的核心发明专利清单

序号	发明专利名称	发明专利号	授权日	发明人
1	一种激光冲击飞机涡轮叶片的方法与装置	ZL 201310224538.6	20140730	鲁金忠, 齐晗, 罗密, 王志龙
2	一种飞机叶片榫槽底部平面激光冲击强化方法和装置	ZL201310384555. 6	20141105	薛伟, 鲁金忠, 罗密, 张永康, 戴峰泽
3	一种采用高分子约束层的激光冲击强化装置	ZL201310304179 .5	20141203	戴峰泽, 温德平, 张永康
4	一种用于激光冲击强化叶片的水约束层的喷射方法和装置	ZL 201310040843.X	20150311	张永康; 鲁金忠; 巩水利; 戴峰泽; 邹世坤
5	一种组合式激光冲击强化厚板的方法	ZL201310303878 .8	20150311	戴峰泽; 邢佳; 温德平; 张永康
6	一种基于激光冲击波技术的复杂表面强化的方法和装置	ZL200910213599 .6	2011.09.14	顾永玉, 张永康, 鲁金忠, 任旭东, 张朝阳, 叶云霞.
7	一种激光冲击处理曲面的方法	ZL201310073545 .0	20140903	戴峰泽; 鲁金忠; 邹世坤; 巩水利 张永康; 冯爱新

8	一种隐藏面激光冲击强化方法和装置	ZL201310245984 .5	20141105	薛伟, 鲁金忠, 张永康, 戴峰泽
9	一种优化双面激光同时冲击合金厚度的方法	ZL 201310224710.8	20140820	罗开玉, 陈起, 鲁金忠
10	一种光内送水激光冲击强化的方法和装置	ZL201310245934 .7	20150311	罗开玉; 罗密; 林通; 鲁金忠
11	一种激光冲击强化的增压装置	ZL201310305606 .1	20141022	戴峰泽; 邢佳; 温德平; 张永康
12	基于冲击波波形特征的激光冲击强化在线检测方法和装置	ZL200910024714 .5	20120523	张永康, 秦海永, 李杨, 周立春, 张朝阳
13	通过光偏转对激光冲击强化进行质量评估的装置和方法	ZL201010176102. 0	20111116	张永康, 王飞, 姚红兵, 孟春梅, 程丽娟, 鲁金忠, 张朝阳
14	同时测量激光器调Q能量和放大自发辐射的方法	ZL201010176085 .0	20120704	叶云霞, 管海兵, 张永康, 张朝阳, 姚红兵, 钱晓明, 吴忠.
15	一种同时测量激光器输出单脉冲能量和波形的方方法	ZL201110267810 .X	20130313	叶云霞, 张永康, 吴忠

第三部分 市场与竞争

(一) 市场定位及需求分析

本产品属于机光电仪一体化的高端智能装备，市场定位于航空发动机叶片叶盘、飞机制造、汽轮机叶片、燃气轮机叶片、飞机维修等领域。

这是一项军民两用技术，根据不同的应用对象，可以开发出系列产品。技术与成套装备在电力工业、航空工业、海洋船舶等行业具有广阔应用前景和巨大的市场容量。分析如下：

1. 民用需求分析

(1) 汽轮机叶片制造、机加工损伤修复及服役损伤修复的需要

在现代火力发电厂、核电站及地热发电站中，都采用以蒸汽为动力的汽轮发电机组。叶片是汽轮机中将蒸汽动能转换为机械功的重要部件。由于工作环境非常复杂，叶片事故时有发生，而造成叶片事故的原因绝大多数是疲劳断裂。调查表明，运行中叶片事故约占汽轮机事故率的40%，造成了巨大的直接和间接经济损失。据美国电力研究协会(EPRI)统计报道：1977-1981年间，美国由于叶片失效而导致电厂停机所造成的直接经济损失大约在15.5-18.4亿美元之间。20世纪70年代我国电力部曾对100-200MW汽轮发电机组的33次叶片事故情况进行了统计分析，平均每次叶片事故所造成的直接经济损失达1000万元人民币。

据估计，现在我国叶片年产量达到2000万个，在制造中对叶片应力集中区，例如，叶片的进气边、排气边、叶根部，进行激光冲击应力调控强化，能够将叶片的疲劳寿命提高3-4倍。以生产量和应力调控的效

率 2 个/小时进行估算，需要本产品约 5000 台。一般情况下，机加工报废率为 2-3%，按照 3D 修复+应力调控的修复效率 1 个/小时计算，估计需要本产品 1500 成套装备。服役损伤零件的维修市场估计约 1000 个成套装备。可见，市场容量很大。

(2) 水轮机叶片制造、机加工损伤修复及服役损伤修复的需要

水轮机是水电机组最为关键的一个部件，叶片是转轮的“心脏”。空蚀、泥沙磨损和疲劳裂纹是影响水轮机寿命的三大主要因素。裂纹问题尤其突出，其是世界性难题，随着裂纹的扩展甚至导致灾难性事故。我国大中型水轮机，特别是大型机组叶片频繁出现开裂。例如三门峡 48 个叶片有 47 个出现裂纹，岩滩、李家峡、二滩、小浪底等水轮机叶片运行不长时间后出现裂纹，特别是小浪底，叶片裂纹更为严重。由于补焊时产生的残余拉应力，叶片补焊后往往寿命更短，即使采用焊后局部热处理或进行锤击，一般也只能部分消除残余拉应力。本项目技术与装备能够有效地解决这一难题，市场容量巨大。

(3) 航空发动机叶片制造、机加工损伤修复及服役损伤修复的需要

2005 年，全球共有 16000 架民用飞机，每年新交付飞机约 1000 架。民航发动机维修的开支约 107 亿美元，占飞机总维修费的 29.7%，其中 80% 为更换叶片等易损伤零件的材料费。在为期 10 年的预测中，发动机的维修开支将增长 60.2%，而全球总的民航维修成本增长 31.8%。根据波音公司最新预测，中国将在未来 20 年需要 2600 多架新飞机，价值为 2130 亿美元。这预示着本项目产品在中国的航空发动机整体叶盘/叶片制造、叶片机加工损伤修复及飞机维修市场中的需求将快速地增长，市

场容量极大。

(4) 其他行业的需要

船舶行业，例如，大型蒸汽机叶片与叶轮，螺旋桨等。汽车行业，例如，曲轴等。大型齿轮制造与修复，汽车覆盖件激光喷丸无模成形等等。凡是在服役中有疲劳破坏损伤的行业，本项目的技术与产品都有充分的发展空间。

2. 军事需求分析

(1) 解决9 发动机不锈钢整体叶盘砂粒撞击损伤修复问题；**

我国自主研发的**9 航空发动机，在服役中发现整体叶盘被砂粒撞击而发生损伤，严重影响了飞机的服役性能与可靠性。损伤的整体叶盘叶片经过激光熔敷修复后，保证了尺寸精度、形状精度，以及静强度。但是，由于极高的温差，造成了熔敷与基体的界面上存在大数值的残余拉应力，从而影响了疲劳寿命。

(2) 解决15、*-5 钛合金整体叶盘、**8 发动机铝合金压气机叶片制造过程中尺寸超差、机加工损伤、变形，以及服役中损伤的抗疲劳修复等问题的需求**

由于钛合金整体叶盘结构复杂、叶片曲面精度高、变厚度，造成机械加工难度大，极容易造成叶片扭曲变形大、叶片间距离超差、机加工损伤等缺陷，产品报废率居高不下。整体叶盘、叶片在服役过程中常常受到外来物体的撞击而损伤，此时不仅仅需要修复其尺寸精度，而且要考虑修复对疲劳寿命的影响。

(3) 满足降低军用飞行器/发动机全寿命周期费用的需求

近年来，军用航空器由于追求高性能而导致价格猛涨，经济上难于承受。就是财大气粗的美国也承受不了。飞机上的部件非常昂贵，而且备件不足。一旦发生故障，如裂纹、掉块等，更换时间长、费用高，严重影响了部队的战斗力，造成了经济上的浪费。对于工作的航空部件，通过激光冲击应力调控强化延长其工作时间，减少更换频率；对于已经产生裂纹损伤的航空部件，可以通过应力调控激光 3D 打印装备进行修复，使故障部件重新达到使用得标准。这样可以大大降低维修和使用的费用。

（二）行业历史与前景分析与预测

美国非常成功地将激光冲击波强化应用到四代机和第四代航空发动机的制造中，提高疲劳寿命 3-4 倍，可靠性提高 80%。美国激光喷丸强化列为四代机/发动机的关键制造技术之一，法国、英国、日本等国家没有掌握核心技术。

这些是美国工程应用的实例：

军用航空发动机：F101-102 - B-1B 轰炸机，F118-100 - B-2 轰炸机，F110-129、F110-100、F110-132 - F-16 战斗机，F119 - F-22 战斗机，F414 - F/A-18E/F 大黄蜂战机。

民用航空发动机：CFM 56 - B737、A320，Trent 500 - 空客 340；Trent 800 - 波音 777，Trent 1000 - 波音 787；BR710 - 湾流 500/550；BR725 - 湾流 650。

飞机结构件：机翼连结凸耳 - F22 战斗机；拦阻钩 - T-45 教练机，

F-35 战斗机等。

2003 年，美国联邦航空管理局和联合航空管理正式批准将激光喷丸技术列入飞机维修保养中。

随着我国大飞机工程的实施、民航飞机的增加、航空发动机、第四代战机、燃气轮机、汽轮机等国家重大工程的推进，对激光喷丸设备的需求会急剧增加，本项目的技术与产品的前景十分广阔。

（三）产品市场概况，市场需求程度，规模及增长趋势

目前美国的激光喷丸系统已经发展到第三代，但由于美国严禁设备出口，目前中国市场上还没有一台美国的激光喷丸设备，即使是落后的第一代和第二代设备也没有，具有军方背景的企业更难从美国买到激光喷丸设备。我国目前市场上的是自主研发的第一代和第二代产品，比如，本团队以前研制的 50J 钕玻璃激光器和 Nd:YAG 激光器，一旦本项目的产品投放市场，将占据绝对引领市场的地位。

目前我国研制的大飞机、水陆两栖飞机、第四代战斗机、航空发动机，以及我国生产的汽轮机叶片、燃气轮机叶片急需要激光喷丸设备。例如，我国有家生产汽轮机叶片的企业在叶片加工好后将叶片送到美国 LSPT 公司，完成叶片的最后一道激光喷丸强化工艺，然后再将叶片运回中国。

根据上述行业的初步估计，我国目前的市场容量约 1 万台-2 万台。此后，随着各行业的发展，尤其是我国自主研发民机的快速增加，激光喷丸设备会逐步增加。增长的趋势是随着本项目产品推向市场，人们认

识到本产品的高可靠性高稳定性和使用维修的低成本，产品有一个爆炸性增长，之后是一个稳定的增长过程。

（四）竞争

1、项目产品主要技术参数、性能与竞争对手产品的比较

应力调控 3D 打印系列装备的核心产品是应力调控激光喷丸系统，其主要由高功率激光器、零件装夹机器人、涂水机器人、光束传输系统、光束质量诊断系统、自动执行系统等组成，关键的技术参数与功能比较如下：

	美国 MIC 公司	美国 LSPT	西安天瑞达	北京 625 所	本团队
钕玻璃激光器	有	有	无	有	有
Nd:YAG 激光器	有	有	有	有	有
LYF 激光器	无	有	无	无	有
脉冲宽度可变	无	有	固定脉宽	固定脉宽	可变
二极管泵浦	无	有	无	无	有
系统智能化控制功能		高	一般	一般	高
光束诊断与控制功能		有	无	无	有
数据采集功能		有	无	无	有
数据存储功能		有	无	无	有
图形用户界面		高	一般	一般	高
光束传输自动调整功能		有	无	无	有
零件机器人自动控制功能		高	一般	一般	高
涂水机器人自动控制功能		有	无	无	有
自动执行校准功能		有	无	无	有
废水处理功能		有	无	无	有
空气过滤功能		有	无	无	有
防漏光及隔音		有	无	无	有

功能					
备注	美国 MIC 公司不对外销售应力调控的激光喷丸系统，由于涉及先进的军事用途，美国严禁相关的技术与装备出口。目前，中国市场上尚没有一台美国的可用于生产激光喷丸设备。				

2、项目产品竞争优势分析：

本项目产品具有先进的技术优势，拥有核心发明专利 15 件。整体技术水平与国际最先进的美国 LSPT 公司水平相当，但是价格更加便宜，在国内市场上竞争优势明显。

由于涉及先进的军事用途，美国严禁相关的技术与装备出口。美国 MIC 公司不对外销售激光喷丸系统，美国 LSPT 公司的产品主要在美国市场，例如，GE 公司，普惠公司等。目前，中国市场上尚没有一台美国的可用于生产激光喷丸设备，尤其是带有军方背景的企业很难从美国买到如此先进的设备。

本项目推出的核心产品是智能化的单纵模 YLF 激光喷丸系统，属于当今世界上最先进的第三代产品。国内现有的产品属于第一代和第二代产品，而且智能化程度很低，相关企业尚没有能力制造出与本产品技术水平相近的产品，其完全没有办法与本产品竞争。

3、目标客户：

本人从 1992 年开始从事激光喷丸/冲击强化技术研究，熟知国内现有产品的状况与需要。已经积累了多家目标客户，例如：沈阳黎明发动机厂、湖南株洲 608 所、成都 611 所、成飞集团、珠海通飞、上海商飞等。

第四部分 产品制造

产品制造分二个阶段进行;

第一阶段;首台应力调控 3D 打印激光设备制造。

需要厂房面积 3000 平方米，需要进一步研发的内容如下：

(1) 需要进一步完善或新研发的技术内容

为保证科技成果顺利转化和产业化，同时在转化过程中建立创新基础，增强创新能力，项目拟采用如图 3 的技术路线，具体研发内容有：

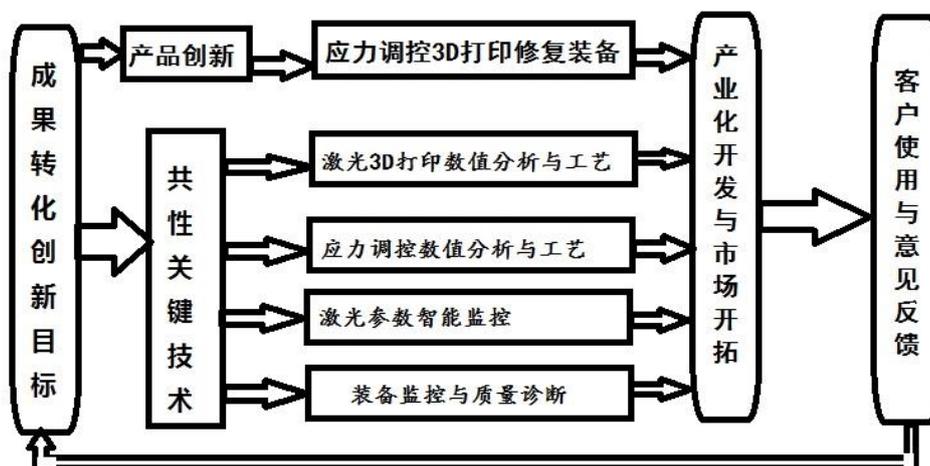


图 3 产业化研发工作路线

1) 进一步优化激光3D打印控形的工艺参数

主要开发内容：对激光 3D 修复区域的温度场和应力分布进行数值分析，优化 3D 修复工艺；研究激光 3D 打印工艺，分析打印修复区的微观组织与性能。

需要解决的关键问题是：不同材料与形状的损伤零件激光 3D 打印的优化工艺与参数。

预期创新成果：获得不同材料与零件形状下的应力分布规律与微观组织特性，确定最佳的激光 3D 打印修复的工艺参数、规划路径及数控程序，建立修复区尺寸精度、形状精度、微观组织、性能与激光 3D 打印修复参数及工艺之间的内在联系。其技术路线如下图 4 所示。

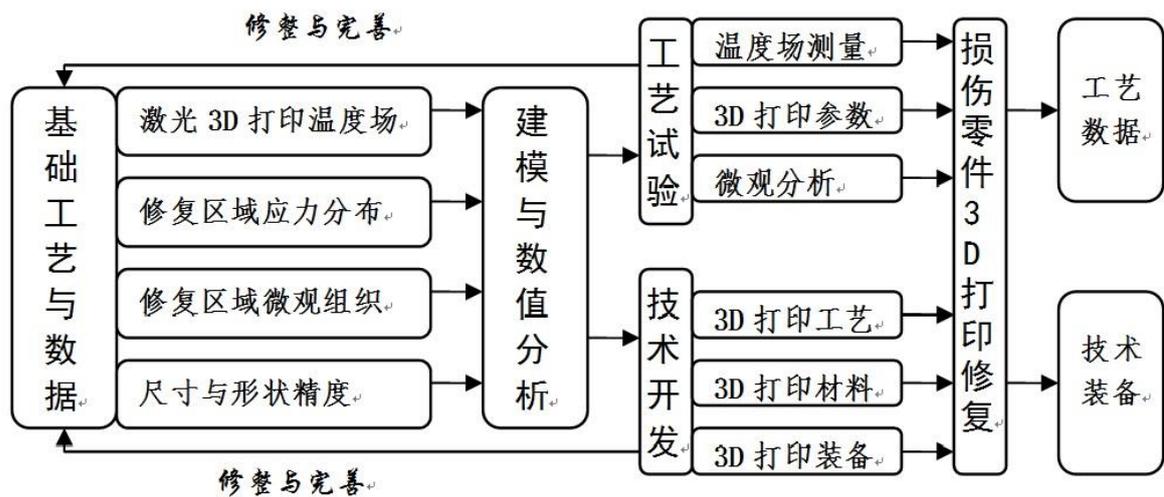


图 4 激光 3D 打印修复技术路线图

2) 进一步优化应力调控性的工艺参数

主要开发内容：对激光冲击应力调控 3D 修复区域的应力分布进行数值分析和实际测量，优化激光喷丸参数；研究修复区应力调控后的应力分布、微观组织及抗疲劳性能。

需要解决的关键问题是：不同材料与形状的损伤零件激光应力调控的优化工艺与参数。

预期创新成果：获得不同材料与零件形状下的应力分布规律与微观组织特性，确定最佳的应力调控的工艺参数、规划路径及数控程序，建立修复区微观组织、使用寿命，尤其是疲劳寿命与残余压应力分布状态及工艺参数之间的内在联系。其技术路线如下图 5 所示。

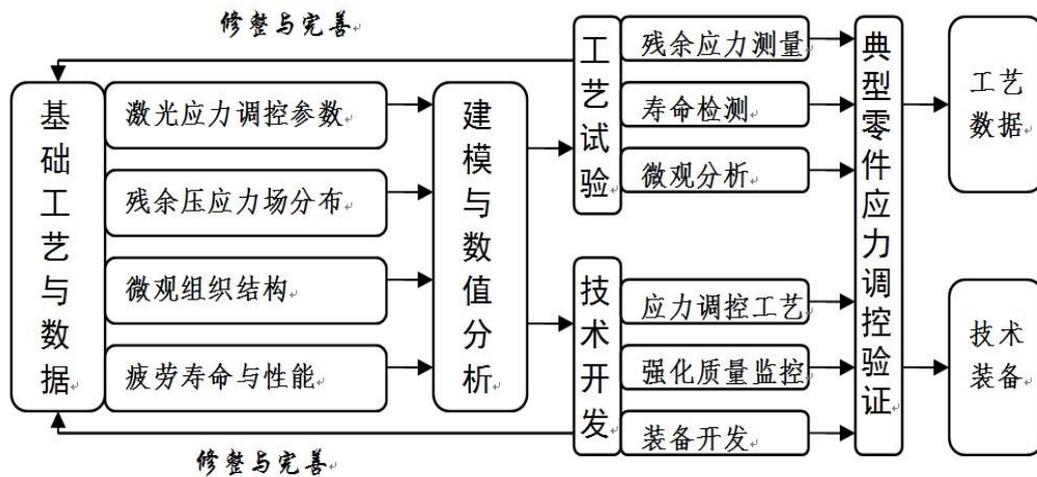


图 5 应力调控开发技术路线图

3) 装备参数在线测量精度与控制方法的进一步完善

主要开发内容：研究测量每一激光喷丸脉冲的脉冲能量、脉冲宽度、脉冲空间分布状态的方法，完善激光喷丸参数进行监测与控制技术。为装备智能控制提供依据。

需要解决的关键问题是：激光参数实时监控方法与装置。

预期创新成果：获得测量每一个激光脉冲能量、脉冲宽度，以及脉冲空间分布的技术与方法，确定不同脉冲宽度下的残余应力分布规律与微观组织特性，建立激光脉冲能量、脉冲宽度的自动控制方法。其技术路线如下图所示。

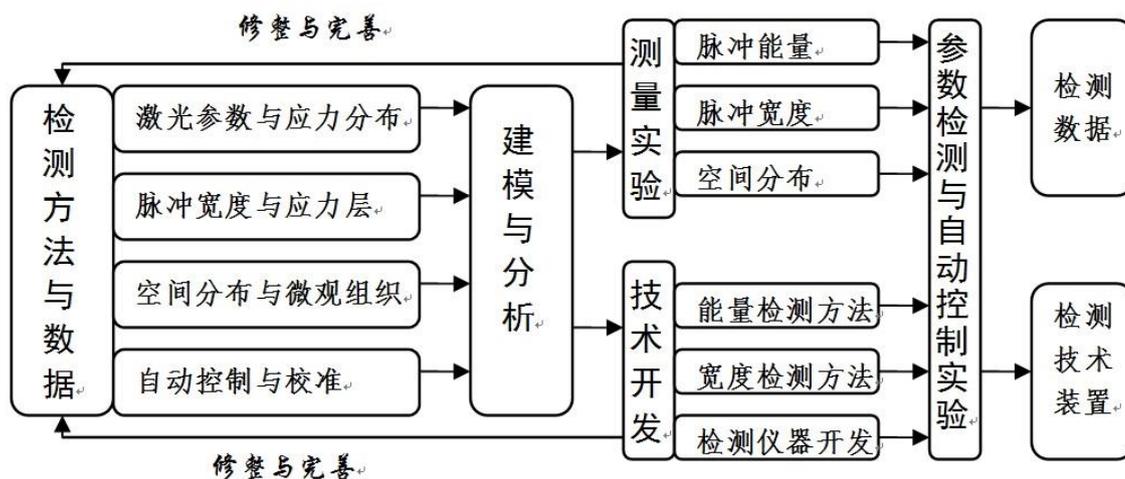


图 6 激光参数检测与控制开发技术路线图

4) 装备监控与质量诊断技术的进一步完善

主要开发内容：研制满足成套装备工作实时控制、应力调控强化质量监控、故障智能诊断与维护的服务系统，提高对成套装备工作故障发生时的应急响应能力。

需要解决的关键问题是：激光应力调控质量的无损评估方法。

预期创新成果：获得无损评估激光冲击强化与应力调控质量的技术与方法，确定激光冲击波声学特性与强化质量之间的内在联系，建立应力调控激光 3D 打印成套装备实时监控、故障诊断和安全保障的有效方法与措施。其技术路线如下图 7 所示。

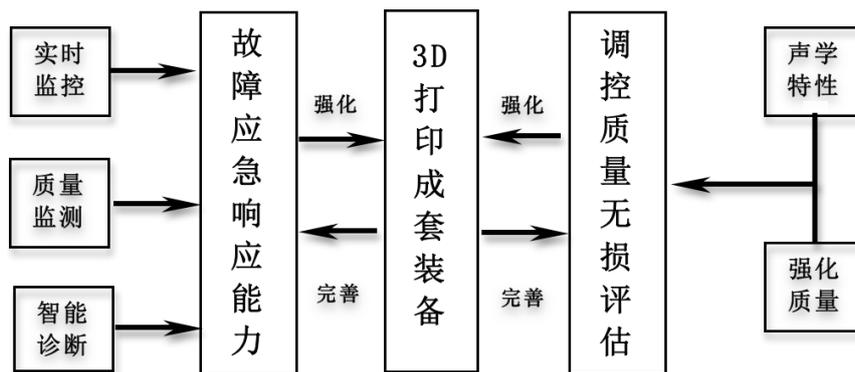


图 7 装备监控与质量诊断技术路线图

5) 建立应力调控激光 3D 打印修复示范点

其核心是两台激光器、工艺、控制及总系统集成。其中：1KW 光纤激光器、送粉器及机器人，用于激光 3D 打印修复“控制尺寸与形状”；10J YAG 激光器、机器人及工作台，用于激光喷丸“控制性能”。

6) 系列装备开发

针对具体关键零部件的不同特点，开发出系列应力调控激光 3D 打印修复成套装备。

第二阶段：分三期投资，所需厂房 1 万平米。

(一) 生产规模

1、厂房需求

前期，因受投资规模限制，考虑租赁厂房开始生产。厂房面积可分期扩大，第一期面积为 3 千平米，第二期新增 6 千平米，第三期总面积扩大到 1 万平米。

2、生产设备

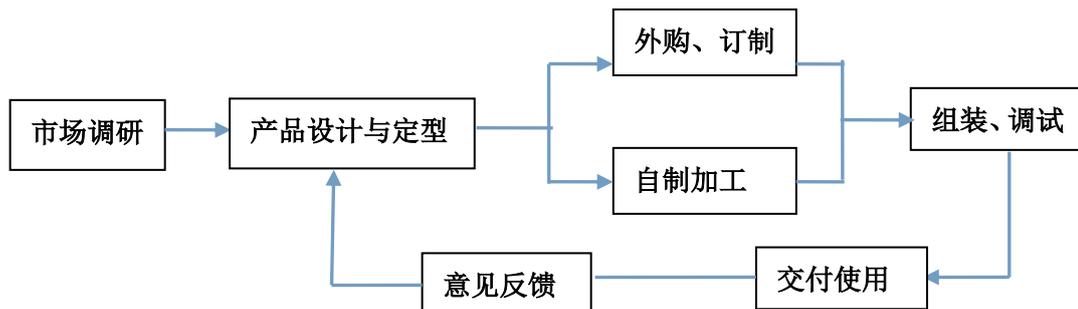
因为光学元器件及机械零部件采用可以外购和订制,因此所需生产设备较少,所采购的是检测设备(详见表 2),选用的是国内生产的最优良的产品,第一期设备清单如下(表 1):

表 1 主要生产设备清单

序号	设备名称	数量	单价(万元)	总价万元)	备注
1	数控加工中心	1	20	20	
2	数控剪板机	1	15	15	
3	数控折弯机	1	15	15	
4	数控车床	1	24	24	
5	3吨叉车	1	9	9	
6	3吨货车	1	9	9	
7	电焊机	1	2	2	
8	公务用车	1	6	6	
	合计			100	

3、产品的生产制造过程、工艺流程:

项目实施的具体路线如下:



第五部分 营销策略

（一）营销模式

示范点 + 对外服务 + 产品制造与销售 + 设备售后服务。

第一阶段：短期

1. 建立应力调控激光 3D 打印示范性工程中心。功能：技术开发、对外服务、积累客户群、扩大市场影响力；完成初步的技术储备、装备自主研发能力，以及 5-8 台套销售能力。

2. 完成公司保密资格论证，开展航空发动机损伤叶片的应力调控激光 3D 打印修复技术与装备研发。

3. 参加专业展会、在相关行业协会网站和刊物上发布广告、利用典型应用案例，邀请其他用户前来参观考察，争取在短期内得到部分目标客户认可，取得订单。

第二阶段：中期

1. 将应力调控激光 3D 打印示范性工程中心提升为安徽省工程中心，增强企业的研发能力，完善工程中心的工艺开发、质量检测等设备。功能：技术开发、对外服务、积累客户群、扩大影响力；形成系列技术与装备自主研发能力。形成年销售 30-50 台套能力；积极推动行业标准制定。

2. 开展汽轮机叶片的激光应力调控技术与装备研发，与主机厂或行业主管合作，制定汽轮机叶片激光喷丸工艺技术规范与标准。据无锡艾

尔福叶片有限公司提供的信息，2014 年中国叶片年产量达到 2000 万个。按照这个产量初步估算，每个叶片激光喷丸时间 30 分钟，则需要 5 千多台激光喷丸设备。

3. 开展水轮机叶片的激光应力调控技术与装备研发，与水科院、三峡集团等合作，制定水轮机叶片激光喷丸工艺技术规范与标准；

第三阶段：长期

1. 将应力调控激光 3D 打印示范性工程中心提升为国家企业工程中心或者企业国家重点实验室，增强企业的研发能力，完善工程中心的工艺开发、质量检测等设备。功能：技术开发、对外服务、积累客户群、扩大影响力；形成系列技术与装备自主研发能力。形成年销售 100-400 台套能力；积极推动国家和行业标准制定。

2. 开展军用航空发动机损伤叶片维修技术与装备开发，满足不同型号发动机叶片、整体叶盘维修的技术要求。

3. 开展军用直升飞机发动机损伤叶片维修技术与装备开发，满足不同型号发动机叶片、整体叶盘维修的技术要求。

4. 开展民用航空发动机损伤叶片维修技术与装备开发，满足国产大飞机发动机叶片、整体叶盘维修的技术要求。

5. 开展激光喷丸成形与其他激光喷丸工程应用开发，形成新的增长点。

(二)、项目产品获利方式

第一阶段：通过承接激光喷丸服务业务，获取加工费和技术服务费收入。

第二阶段：通过专利技术的保护，迅速推出第三代产品占领国内外市场，获取较高的利润。

第三阶段：从设备的提供，扩大为设计、安装、维护，为企业提供整套的解决方案。

第四阶段：整合生产工艺和公司技术，针对目标市场的发展趋势，不断开发新产品、新工艺，以引领行业的发展，实现最佳盈利模式和公司可持续发展。

第六部分 财务计划

项目分二个阶段进行；

第一阶段；单台成套设备制造与建立示范点，第一阶段投资 4500 万元，其中团队自筹 500 万元。股权融资 4000 万元，占 10%股份。用途：设备研制 1530 万元、质量检测仪器 1512 万元、洁净间 58 万元、生产设备 100 万元，流动资金 1300 万元

1. 应力调控激光器研制

完成应力调控激光 3D 打印修复装备样机研制，其核心是两台激光器、工艺、控制及总系统集成。其中：1KW 光纤激光器、送粉器及机器人，用于激光 3D 打印修复“控制尺寸与形状”；10J 应力调控激光器、机器人及工作台，用于激光喷丸“控制性能”。

1KW 光纤激光器及 3D 打印系统目前国内市场上有销售，可以直接采购。关键是高性能的应力调控激光器及其系统，目前只有美国有，很不容易进口。购买与自己研制相结合，公司开始起步阶段已采购为主，之后以自己研发为主，这也是项目的核心，也是高额的利润所在。研制费用预算如下：

(1) 1KW 光纤激光器及 3D 打印系统，300 万元，采购。然后集成到本项目中。

(2) 应力调控激光器喷丸系统

a. 单纵模 10J LYF 激光器，1080 万元

b. 激光喷丸处理室，150 万元

c. 激光束传输系统，20 万元

d. 300KG 零件夹紧机器人及控制系统， 150 万元

e. 涂水机器人及控制系统， 80 万元

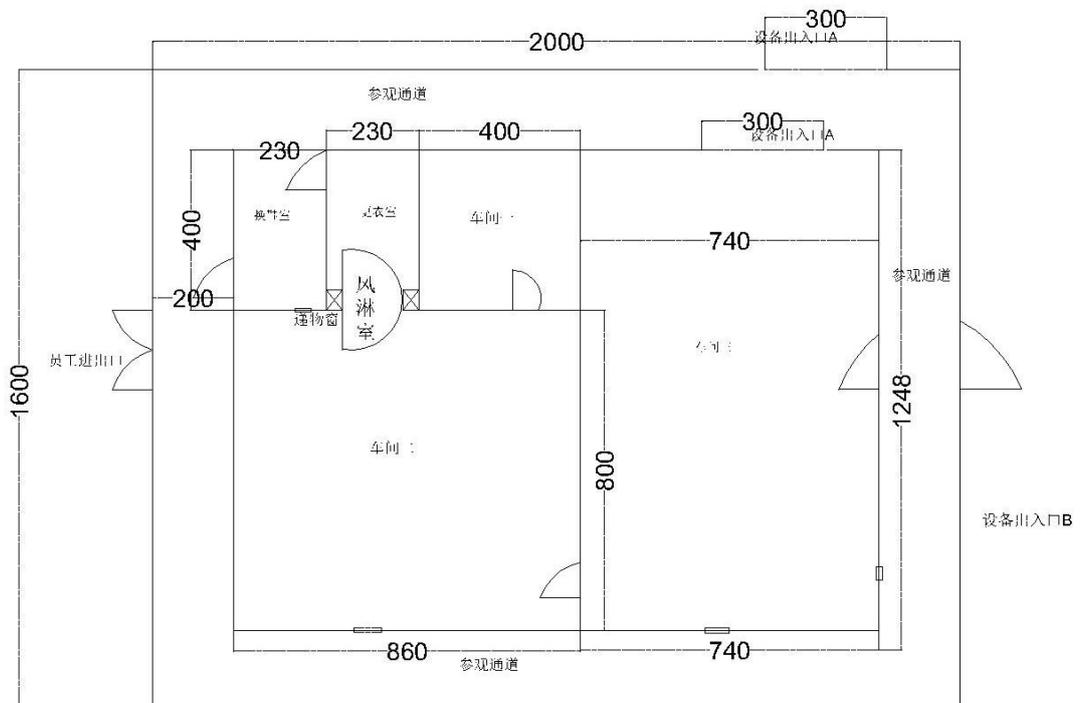
f. 光束诊断系统及自动标定系统， 30 万元

g. 涂层及废水处理系统， 20 万元

共计 1530 万元

2. 构建装配激光器及元器件所需的洁净间 3 间

洁净间为千级，规格如下图，共需约 58 万元。



说明：1、示意图上三个车间的面积分别是68.8㎡， 16㎡， 92㎡；
2、根据场地情况，设备出入口可选在A点，也可选在B点；
3、单位：cm

洁净间示意图

3. 质量检验室

建立应力调控激光 3D 打印示范点，必须建立质量检验室，其所需要的主要仪器如下：

序号	仪器名称	价格/万元	主要功能
1	热场发射扫描电子显微镜 JSM-7001F	252	微观结构分析
2	高分辨透射电子显微镜 JEM-210	300	内部微观结构观察与分析
3	X-Ray 残余应力分析仪(Proto 加拿大)	300	残余应力测量
4	MTS 拉扭组合实验系统 MTS809	160	疲劳试验
5	电子万能试验机 CSS-44020/CSS-44050	20	材料力学性能测量
6	微机控制弯曲扭复合试验机 AWT-150K-N	60	弯曲扭实验
7	三坐标测量机 ZBJD251510	130	叶片等复杂零件尺寸测量
8	手持三维激光扫描仪 handyscan700 (加拿大)	100	零件尺寸重构
9	激光参数测量仪器(激光功率 机, 示波机, 热成像仪, 麦克 风, HENE 激光器等)	150	激光参数检测
10	其余一些非主要仪器	40	
	共计	1512 万元	

第二阶段: 融资 1-1.5 亿元人民币

在示范效果显著且有一定明确订单和潜在客户的情况下, 项目自动进入第二阶段。第二阶段股权融资 1 亿元-1.5 亿元, 分批投入尽快将生产能力扩大到年产 100 台套以上, 收购国内目前生产第一代和第二代激光喷丸装备的企业。产品形成规模销售时, 毛利润率为 40%, 纯利润率为 25%。第二期建设按第一期建设所需设备、厂房、人员等资源依据进行扩大, 并对生产设备、人员、公司各个部门职能进行优化配置, 达到 $1+1 \geq 3$ 的效果。

1、产品利润分析

整套装备包括修复形状的激光 3D 打印设备和应力调控的激光喷丸设备，这两种设备可以一起销售，也可以单独分开销售。

(1) 激光 3D 打印修复设备

一般是采购客户所需要成熟的不同功率的激光器，公司自行开发零件装夹系统、控制软件及专用工艺。根据不同的零件形状、尺寸大小和精度要求，则价格完全不相同，差距很大。越是零件尺寸大、精度高，则制造的激光 3D 打印设备越是价格高。如果零件尺寸在 1 米-2 米之间，则设备价格高达 2000 万元。100 厘米左右的小型零件，根据送粉的要求与精度不同，则价格也差距很大。例如，普通的送粉式激光 3D 打印设备约 50-100 万元，加拿大的铺粉式钛合金激光 3D 打印设备价格 300 万元。

不包括人力资源、增值税等费用（激光器等采购零件可以抵扣一部分税），激光 3D 打印修复设备的制造毛利利润约 40-50%。

(2) 激光喷丸设备

激光喷丸设备中激光器是核心。目前大规模成熟地应用到工业中的仅仅是美国，由于美国控制相关技术与设备出口，目前不仅仅中国市场上没有美国的产品，在欧盟和日本市场上也没有美国的产品。

目前，美国市场上 一台单纵模的 Procudo 200 的价格是 172 万美元，折合人民币价格约 1070 万元，整套激光喷丸系统的价格为 280 万元美元，折合人民币价格约 1740 万元。

公司在开创阶段是采购激光器和自己研发两条腿走路，将来肯定是自主研发为主。如果自己研发单纵模激光器，在相同的参数和性能下，一台的成本是 250 万元-300 万元，可以售价 600-800 万元，毛利润

57%-63%。

不同的规格，将来成熟产品单台激光喷丸设备的售价 800 万元-2000 万元。估算毛利润在 45%-60%。

(3) 对外服务业务

目前美国已经将激光喷丸作为飞机维修的一个常规技术。将激光喷丸推广到民机、军机的维修行业是公司的长期目标，一旦进入这个市场，则激光喷丸维修服务则是一个高额的利润回报，初步估计利润率达到 70% 以上。

综上所述，初步估算产品形成规模销售时，毛利润率为 40% ，净利润率为 25%。

2、管理人员岗位配置及薪酬水平

管理人员岗位配置及薪酬水平					
序号	部门	人数	薪酬水平（万元/年）	部门总工资	备注
1	总经理	1	20	20	
2	技术中心	3	15	45	
3	市场营销部	4	10	40	
4	生产管理部	2	8	16	
5	采购部	1	5	5	
6	财务部	2	7	14	
7	售后部	3	5	15	
	合计	16		155	

3、生产车间人员岗位配置及薪酬水平

生产车间人员岗位配置及薪酬水平					
序号	岗位名称	人数	薪酬水平（万元/年）	总额	备注
1	车间主任	1	10	10	
2	技术工人	5	8	40	
3	仓库	2	5	10	
4	食堂	2	5	10	

	合计	10		80	
--	----	----	--	----	--

4、项目销售计划表

序号	年份	销售量（台）	销售额（万元）	备注
1	投产后第一年	8	12000	
2	投产后第二年	20	30000	
3	投产后第三年	40	60000	
4	投产后第四年	70	100000	
5	投产后第五年	100	140000	

5、项目利润分析

序号	年份	销售额（万元）	销售数量（台）	净利润（万元）	税收（万元）
1	投产后第一年	12000	8	3000	720
2	投产后第二年	30000	20	7500	1800
3	投产后第三年	60000	40	15000	3600
4	投产后第四年	100000	70	25000	6000
5	投产后第五年	140000	100	35000	8400

计算依据：净利润率按照 25%估算，所得税按照 15%估算（高新技术企业）。

6、盈亏平衡分析

1、公司主要产品的单位制造成本为 750 万元，单位变动成本为 150 万元，固定成本主要包括厂房租金、机器设备折旧等，按照 5 年折旧年支出则为 620 万元，产品销售价格为 1500 万元/台。盈亏平衡点销售量 = 固定成本 / 单价 - 单位变动成本 = $620 / (1500 - 150) = 0.46$ （台）

盈亏平衡点销售额 = 固定成本 / 边际贡献率 = $620 / [(1500 - 150) / 1500] = 689$ 万元

公司在年销售量 1 台，年销售额为 228 万元时可实现盈亏平衡。

2、第一年的净利润预测值为：1125 万元，第一年的投资额分别为：2000 万元。

投资回收期 = $2000 / 1125 = 1.7$ 年

3、投资利润率的计算

$$\text{投资利润率} = 1125/2000 * 100\% = 56\%$$

第七部分 风险控制

1. 技术风险

本项目产品经长期试用,前后 3 代改进,技术基本成熟。本技术团队长期持续研发,已积累大量应用经验和技術储备,项目产品可以在后期开发上持续保持技术领先。不存在技术风险。

2. 生产风险

本项目用于零件的原材料,每批次都经严格检测,部份光学元器件、激光器及原材料等采用进口产品,确保都是优质合格材料。加工企业都是合作过的成熟企业,拥有一流的加工设备,有完善的生产管理制度,和质量控制体系。

假如中国与美国的关系趋于紧张,则存在着进口激光器及光学元件拖延,甚至买不到的风险。**解决的措施:** 加快国产化开发进程。

第八部分 融资方案

第一阶段，需要新增投资 4500 万元。新增投资中，需投资参股方投入 4000 万元，团队自筹 500 万元。

第二阶段：融资 1-1.5 亿元人民币，第二期建设按第一期建设所需设备、厂房、人员等资源依据进行扩大，并对生产设备、人员、公司各个部门职能进行优化配置，达到 $1+1 \geq 3$ 的效果。

（一）第一阶段投入资金的用途和使用计划：

- 1、完善单台设备制造与建立示范点：1530 万元；
- 2、购置生产设备：100 万元；
- 3、建洁净间 3 间：58 万元；
- 4、购置质量检测仪器：1512 万元；
- 3、流动资金 1300 万元。

（二）拟向投资方出让多少权益？

拟向投资方出让 10% 股权。

（三）投资方以下列方式收回投资：

- 1、现金分红：按股比分红。
- 2、股权转让：投资方可向其他法人或自然人转让股权，收回投资。
但在同等条件下，应优先转让给技术团队股东。
- 3、企业在创业板、中小板或者主板上市，股权转让，收回投资。

第九部分 实施进度

- 1)、申报科技计划项目：“应力调控 3D 激光打印系列装备”。
- 2)、2016 年 11 月底完成首台产品制造。获取收入，积累经验，推动产品定型和市场全面推广。
- 3)、2017 年完成 8 台设备制造与销售，完善公司组织架构。
- 4)、2018 年-2020 年完成底 20-70 台制造与销售