

中国航发动机股份有限公司
精锻叶片生产能力建设项目

可行性研究报告 调整报告



中国航空规划设计研究总院有限公司

2017年10月

版权所有 不得复制

编制人员名单

专业	设计	校对	审核	审定
工 艺	张莎莎	余振中	李 凯	
估 算	王 硕	王 旭	李梅英	
财务评价	王 硕	王 旭	李梅英	

建设单位参加编制人员名单

申立创

唐喜军

杨卓勇

方红文

叶红军

徐少强

王 威

师少博

乔建福

目 录

编制人员名单.....	1
目 录.....	1
1 项目概述.....	1
1.1 项目名称及承办单位.....	1
1.2 项目设计的依据.....	1
1.3 项目概貌和进展情况.....	2
1.4 建设单位基本情况.....	11
1.5 主要技术经济数据.....	14
1.6 结论.....	15
2 需求分析和产品方案.....	16
2.1 市场调查.....	16
2.2 市场预测.....	23
2.3 产品方案.....	24
2.4 生产纲领.....	24
3 主要原材料及能源供应.....	25
3.1 主要原材料来源.....	25
3.2 能源供应.....	25
4 建设条件.....	26
5 建设方案.....	27
5.1 工艺.....	27

5.2	总图、土建及公用工程.....	38
6	环境保护、劳动安全、职业卫生、消防、节能和地震安全	39
6.1	环境保护	39
6.2	职业安全	42
6.3	职业卫生	44
6.4	节能.....	46
7	组织机构、劳动定员和人员培训	47
7.1	组织机构	47
7.2	劳动定员和人员培训	47
8	项目建设实施计划.....	48
8.1	项目建设周期	48
8.2	项目建设实施安排.....	48
9	工程建设项目招标方案.....	49
9.1	编制依据	49
9.2	招标内容和范围	49
9.3	招标组织形式	49
9.4	招标方式	50
10	投资估算	59
10.1	投资估算说明	59
11	财务评价	61
11.1	编制依据.....	61

11.2	基础数据.....	61
11.3	财务分析.....	62
11.4	财务评价结论.....	66
11.5	财务评价计算表.....	66
12	社会稳定风险分析.....	79
12.1	编制依据.....	79
12.2	项目概况.....	79
12.3	风险分析.....	79
12.4	风险防范和化解措施.....	81
12.5	风险分析结论.....	82
13	社会效益分析.....	83
14	结论.....	84
15	附件、附表.....	85

1 项目概述

1.1 项目名称及承办单位

1.1.1 项目名称

精锻叶片生产能力建设项目

1.1.2 承办单位及法定代表人

承办单位：中国航发动力股份有限公司（以下简称航发动力）；

法定代表人：张民生

1.1.3 项目拟建地区和地点

陕西省西安市未央区徐家湾

1.1.4 可行性研究报告编制单位及法定代表人

编制单位：中国航空规划设计研究总院有限公司

法定代表人：廉大为

1.2 项目设计的依据

1.2.1 上级批复

陕西省发展和改革委员会文件《陕西省发展和改革委员会关于精锻叶片生产能力建设项目备案的通知》（陕发改动员[2013]1561号）

1.2.2 与设计相关的主要基础资料

该项目有关的基础资料，包括：公司基本情况、产品纲领、基本工艺方案、财务评价基本数据以及其它相关设计资料等。

1.2.3 双方签订的合同

中国航空规划设计研究总院有限公司与航发动力签订的编制本项目可行性研究报告的设计合同 1303-132ZX。

1.2.4 国家和地方、行业现行有关设计法令、法规、规范、标准。

1.3 项目概貌和进展情况

1.3.1 指导思想和原则

- 1) 本项目建设目标为建设 5 万片/年精锻叶片机械加工自动化生产线。
- 2) 设备的配置考虑前瞻性，兼顾长远发展需要。
- 3) 建设方案符合国家、地方及行业相关法令、法规和标准，符合有关方针、政策和规定。

1.3.2 历次技改情况

近年来，经上级有关部门批准，航发动力已实施、正在实施的项目共计 19 项，总投资 408743 万元，其中国拨资金 258109 万元，新增建筑面积 183256 平方米，改造建筑面积 62410 平方米，新增工艺设备 2870 台/套，改造工艺设备 379 台/套。

1.3.3 项目前期情况

1) 叶片攻关情况

“叶片加工质量对发动机整机性能影响很大”。为提高航空发动机性能，新型发动机叶片叶型采用三元流设计，与一、二代发动机相比，型面复杂度提高，精度提高，检测难度增加。按照传统方法，加工、检测都难以控制，影响又极大。并且，随着压气机单级压比不断提高，对叶片形状要求越来越严格，对叶片的加工质量要求越来越高。

为此，中航工业组织发动机相关单位开展了压气机叶片进排气边精密加工技术攻关，要求提高航空发动机叶片的加工质量和效率，保障发动机整机性能，缩短航空发动机研制周期，达到国际一流水平。

目前航发动力已完成了攻关工作，取得了预期效果，为了稳定叶片加工技术攻关工作中取得的成绩，工厂拟实施压气机叶片进排气边精密加工

技术攻关批产化应用项目，补充关键设备，固化叶片加工技术和流程，提高压气机叶片制造核心技术。

2013年初，中航工业发动机公司发布了《压气机叶片加工技术攻关工作协调会会议纪要》要求；2月4日，中航工业发动机公司在北京召开压气机叶片加工技术攻关工作协调会，决定由航发动力率先开展建设示范性U型线。

2) 项目实施情况

目前，压气机叶片自动化单元1套已经到厂，计划2018年3月调试完成交付使用。

1.3.4 调整概况及必要性说明

1) 调整概况

2013年项目可研备案以来，公司名称发生了变更，公司总体发展规划进行了调整，同时根据项目建设情况，部分项目建设方案需求进一步调整。综上，需要就如下几个方面对项目进行调整。

(1) 建设主体

本项目备案建设主体为西安航空动力股份有限公司。

2017年4月，工厂更名为中国航发动力股份有限公司。

本次拟申请将本项目建设主体调整为中国航发动力股份有限公司。

(2) 工艺设备

a. 拟申请调减1套工艺设备

根据工厂生产需求变化情况，新增1套压气机叶片自动化单元即可满足本项目建设目标，本次拟申请调减新增精锻叶片数字化生产单元1套。

b. 拟申请调整1套工艺设备

新增1套压气机叶片自动化单元，目前已实施完成。

实施过程中，根据生产需求对工艺设备建设方案进行优化调整，以便更好的满足生产需求。

本次拟申请将该工艺设备建设方案、费用根据生产需求及实施情况进行适当调整。

(3) 拟申请调整外汇指标

本项目备案方案外汇指标为 1070 万美元,根据本项目进口设备外汇实施情况拟申请调整外汇指标为\$1,154.28 万美元,调增 84.28 万美元。

(4) 拟申请调整其他费用

a. 拟申请调整工程建设其他费用

备案方案工程建设其他费用总计 394.08 万元。

根据实际实施需求,拟申请调整已批复的工程建设其他费用为 114.4 万元,主要是根据项目建设需求,初步设计不再进行编制,相应费用取消,其他相关子项费用根据项目需求情况进行调整。

b. 拟申请调整预备费

初步设计批复预备费约 571.29 万元。

本项目已经全部实施完成,拟申请将预备费全部取消。

c. 拟申请调整贷款利息

本项目备案方案贷款利息总计约 254 万元。

本项目拟申请调整资金来源为全部自筹,不再进行银行贷款,相应贷款利息全部取消。

(5) 拟申请调整总投资及资金来源

本项目备案方案总投资 12250 万元,资金来源为企业自筹资金 8000 万元,银行贷款 4250 万元。

本项目拟申请调减 1 套新增工艺设备,同时工厂目前自有资金充足,本次拟申请将总投资调整为 9300 万元,资金来源调整为全部自筹。

由于本项目为自筹项目,根据国家相关规定,本项目可以抵扣增值税 1379.35 万元,其中新增工艺设备款抵扣 1377.56 万元、银行手续费抵扣 1.25 万元、环境预评价抵扣 0.54 万元。扣除抵扣费用后,本项目固定资产总计

约 7920.65 万元。

(6) 建设周期

本项目备案建设周期为 2 年，即 2014 年 1 月至 2015 年 12 月。

由于进口的精锻叶片自动化单元 1 套为集成配套的系统设备，需要和设备厂家进行非标研制，设备采购、生产、集成调试周期长。

本项目拟申请调整建设周期为 57 个月，即 2014 年 1 月至 2018 年 9 月。

调整后，本项目总体建设目标，建设单位名称、新增工艺设备数量、建设周期、总投资等进行了适应性调整。

2) 本项目建设的必要性

(1) 我国目前精锻叶片机械加工水平与世界先进水平有差距。

我国目前精锻叶片机械加工以多轴数控单机加工工艺为主要制造手段，未形成先进的柔性、流水线生产模式，加工一致性、加工效率等与世界先进水平有差距。

精锻叶片机械加工生产属于航空发动机生产的核心关键技术，决定了航空发动机整体性能。作为世界上为数不多的具有自主生产航空发动机能力的国家，我国迫切需要建设先进的精锻叶片机械加工生产能力。

处于国际先进水平的航空发动机公司 GE、RR、MTU 公司目前均已经掌握精锻叶片柔性制造技术并实现工程化应用，其中 RR 是技术应用最成熟的企业之一，该公司拥有 17 条格拉斯哥精锻叶片机械加工自动化生产线，可年产 140 万件无余量精锻叶片，且产品质量稳定、生产成本低，对随时可能产生的产品需求具有非常迅速的应变能力。

航发动力目前锻造叶片生产线与格拉斯哥 RR 精锻叶片机械加工自动化生产线投资及生产能力对比情况见表 1.3.4-1。

表 1.3.4-1 生产能力对比表

	格拉斯哥 RR 精锻叶片机械加工自动化生产线 (含叶片精密锻造)	西航公司锻造叶片生产线 (含叶片精密锻造)
投资力度	一次性 10 亿人民币	15 年累计 8 亿人民币
建设面积	5 万平方米	3.5 万平方米
设备数	17 条自动化生产线, 4 条精锻线 (共计 200 台设备)	400 台单独设备
人员	1000 人 (检验人员占总人数 1.2%)	1000 人 (检验人员占总人数 10%)
生产能力	140 万件/年	45 万件/年
质量	产品一致性好, 自动检测 (SPC 控制)	分散度大, 稳定性差 (人工检测, 公差控制)

叶片自动化生产线的应用可大幅提高叶片产量的同时, 由于其产品加工具有极强的过程一致性, 稳定、可靠的产品质量为航空发动机的安全性、可靠性提供了重要保障。

国内精锻叶片的无余量精密机械加工, 目前仅仅在航发动力实现了批产, 仍然以多轴数控单机加工风扇和压气机叶片为主要制造手段。为提高航空发动机性能, 国际先进的新型航空发动机叶片叶型均采用三元流设计, 与公司现有批产的精锻叶片比较, 型面复杂度高、精度高、检测难度大。按照现有生产加工方法, 加工、检测都难以控制, 影响又极大。并且, 随着压气机单级压比不断提高, 对叶片形状要求越来越严格, 对叶片的加工质量要求越来越高。

(2)公司现有的精锻叶片机械加工生产能力无法满足航空发动机需求逐步扩大的需求

国内三代航空发动机已经开始大规模列装, 同时舰船燃机也已开始批量装备, 发动机叶片需求逐年稳步上升。

随着发动机装备的逐年增加, 部分发动机即将面临到寿修理; 发动机

修理过程中必换件能否及时提供是发动机大修任务能否顺利进行的关键因素之一。在发动机修理过程中，压气机叶片更换量可达到30%以上，总计每年需承担发动机修理型号的压气叶片制造任务量达到5~6万件。

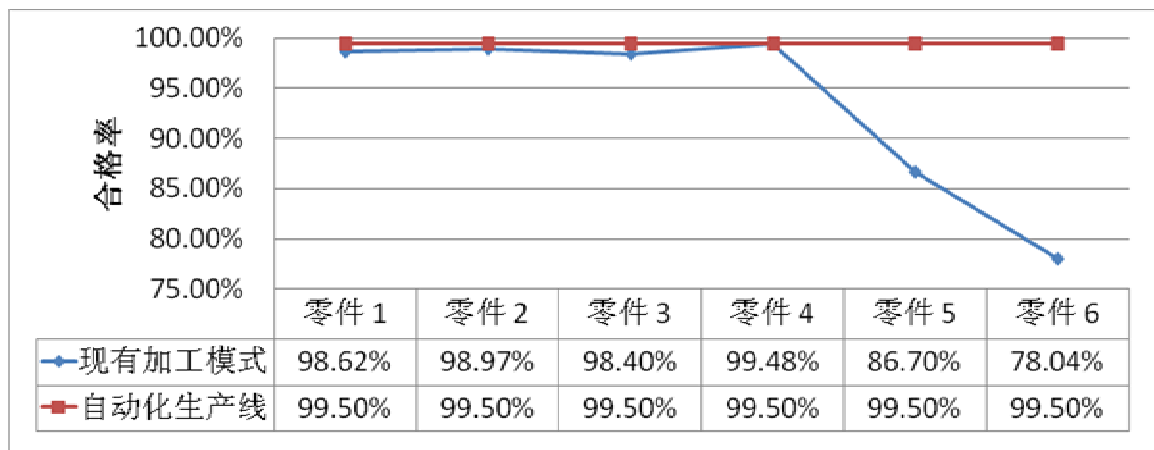
公司目前实际规模达到年产精锻叶片45万件的能力，而未来航空发动机精锻叶片年需求量为120万件以上，潜在的其他行业及后续发展的大型运输机和民航客机发动机叶片的需求量也非常大。而现有国内叶片批量化生产模式，由于效率低、生产周期长、质量稳定性差、制造成本高、劳动强度大等因素，已经很难满足我国航空发动机产业的发展需求。

(3) 叶片自动化生产线建设可大大提高生产合格率。

目前航发动力采用单机加工叶片的平均合格率约93%，其中最低的仅78%，影响生产效率，同时原材料浪费严重。

根据考察RR叶片自动化线及与叶片自动化生产线厂家交流，通常来说，建立叶片自动化生产线的产品合格率可达到99.5%以上，生产效率预计提高50%~80%，大大减少原材料浪费。

产品合格率目标值99.5%



通过少人干预、SPC预警、智能补偿，提高并稳定产品质量

产品合格率目标值99.5%

图 1.3.4-1 叶片加工合格率对比表

(4) 本项目建设精锻叶片机械加工自动化生产线可以形成示范效应。

本项目精锻叶片机械加工自动化生产线建成后，实现航发动力精锻叶片产能提升，完成先进制造技术攻关的同时，可以形成示范效应。在逐步掌握叶片自动化生产技术后，在航发动力内部逐步向模锻叶片、涡轮叶片及整体叶盘等航空零部件制造推广应用，提升航发动力发动机零部件制造水平。

进一步可以在整个航空制造业进行技术推广，提升我国整体的航空发动机制造水平。

1.3.5 本项目建设的可行性分析

1) 技术可行性

本项目建设的锻造叶片机加生产线采用的技术是根据设计图、毛坯图的要求，选择最佳的加工工艺路线，通过合理选择不同用途的加工设备、测量设备、清洗设备、标刻设备等组成叶片机加自动化生产线，工装系统采用“快换”理念而建立的一种高效生产组织技术。该技术在国外一些著名的航空发动机公司 10 年前已经开始使用，并获得巨大成功。目前，国内无论在设备上、生产组织管理上引进这种理念的时机已经成熟，技术上是可行的。

2) 市场可行性

根据相关行业的总体规划及近几年订单情况分析，十二五末，国内精锻叶片缺口在 5~6 万片/年。而国内精锻叶片的加工基本掌握在航发动力手上，本项目产能完全依据市场容量分析结论确定，建设是可行的。

3) 航发动力具备有力项目建设的优势条件

(1) 管理优势

经过多年的固定资产投资项目的建设，航发动力具备一支优秀的固定资产投资项目实施和管理的人才队伍。项目能严格按照国家固定资产投资项目管理工作要求，资金做到“专款专存、专户专用、专人管理”，同时项

目监管工作保障有力，项目管理具备一定的优势。

（2）规模优势

航发动力成立以来，一直专注于国产航发动力装置零部件的研制与批生产，截止目前，该公司已经向客户稳定提供了上千台（套）合格产品，有力的保障了需方要求。2013 年度以来企业销售收入突破 100 亿元，外贸出口交付年均约 3 亿美元。

（3）客户资源优势

航发动力为国家大中型航发动力装置主要供应商和服务商，其生产的产品直接来源于使用方需求和国家安全需要，客户资源稳定、有保障。

（4）品牌优势

航发动力是我国大中型航空发动机研制生产基地，先后研制生产了涡轮喷气发动机、涡轮发电装置、涡轮风扇发动机、燃气轮机，创造了中国的航空、航海、航天、核工业和国民经济的众多奇迹。航发动力取得近 200 项国家、省部级科研成果奖，被批准为博士后科研工作站设站单位，被认定为国家级企业技术中心。航发动力品牌的建立和知名度的不断提高，为其业务持续快速增长奠定了基础。

1.3.6 调整后本项目的主要建设内容

1) 主要建设思路

建设新的精锻叶片自动化生产线，可实现新增 5 万片/年精锻叶片机械加工的生产能力，生产能力可随着生产技术的提高逐步提高。

基本掌握精锻叶片自动化生产技术后，对现有生产能力逐步进行自动化改造。

2) 主要建设内容

为满足本项目精密锻造叶片生产能力建设需求，本项目新增 1 套进口压气机叶片自动化单元，总投资 9300 万元，其中固定资产 7920.65 万元。具体说明如下：

新增进口 1 套压气机叶片自动化单元，由五坐标叶片专用加工中心、三坐标测量机、物料配套系统等设备组成，用于高压压气机精锻叶片的自动化生产加工。

1.3.7 建设投资估算及资金来源

1) 建设投资

本项目建设总投资为 9300 万元，含外汇 1154.28 万美元。其中：

工艺设备购置费	9145.06 万元，	占建设投资 98.34%；
工艺设备安装费	40.00 万元，	占建设投资 0.43%；
工程其他费用	114.4 万元，	占建设投资 1.23%；

注：本项目设备款、银行手续费、环境预评价费等抵扣增值税 1379.35 万元，抵扣后本项目固定资产 7920.65 万元。

2) 资金筹措

企业自筹资金 9300 万元。

1.3.8 建设实施进度

按《国防科工局关于印发<国防科技工业固定资产投资项目管理规定>的通知》（科工计[2013]1017 号），根据本项目生产需求及目前建设情况，本项目建设周期为 57 个月，即 2014 年 1 月-2018 年 9 月。

1.4 建设单位基本情况

1.4.1 单位概况

中国航发动力股份有限公司是中国航空发动机集团有限公司所属大中型军民航空发动机研制生产基地、大型舰船用燃气轮机动力装置生产修理基地、国内领先和国际一流的高技术加工制造中心、中国航空动力装置首家整体上市公司,承担着国家重点型号发动机从一代机到四代机的研制、生产任务,以及五代核心机预研任务,涉及到空军、海军和火箭军部队。经过 50 余年的发展,形成了以航空产品为主导,国际航空零部件、军品衍生产品共同发展的格局。

1.4.2 发展历程

航发动力始建于 1958 年,1998 年进行了现代企业制度改革,成立了国家独资的西安航空发动机(集团)有限公司(以下简称西航公司)。2001 年实行债转股,组建了以中国航空工业集团公司和华融资产管理公司为股东的有限责任公司,注册资本 121298 万元,其中:中国航空工业集团公司以净资产出资 101098 万元,占注册总资本的 83.35%;华融资产管理公司拥有资本 20200 万元,占注册总资本的 16.65%。

2003 年,原国防科工委以《国防科工委关于下达航空工业两个集团公司军品科研生产能力结构方案的通知》(科工计(2003)107 号)核定西航公司任务范围为:总体中的大型航空涡喷、涡扇发动机部装、总装、试车;特殊专业配套中的燃油喷嘴、叶片等。

2008 年,西航公司航空发动机批量制造等业务及相关资产,通过重组、定向增发等方式进入吉林华润生化股份有限公司。2008 年 10 月,西安航

空动力股份有限公司（简称“航空动力”）成立，2008年11月航空动力正式挂牌，股票登录A股市场（股票代码：600893）。注册资本为人民币44233.66万元，为永久存续的股份有限公司。

2013年，中国航空工业集团公司启动航空动力重大资产重组工作。2014年5月，将西航公司拥有的与航空发动机科研业务（包括试车、总装）、军用航空发动机销售业务及技改项目相关的资产（包括土地、房屋、设备、车辆、在建工程、长期股权投资等），以及与该资产相关的负债注入航空动力，并完成了相关资产和负债的交割工作；同时将沈阳黎明公司、株洲南方公司、贵州黎明公司等相关资产注入航空动力。重组后，西航公司为第一大股东，持股比例为30.62%，为国有控股公司。

2014年12月，“西安航空动力股份有限公司”更名“中航动力股份有限公司”（简称“中航动力”）。

2017年4月，经过股东大会同意，“中航动力股份有限公司”正式更名为“中国航发动力股份有限公司”。

1.4.3 单位现状

通过历次技改条件的投入，航发动力形成了第三代发动机的批产能力，基本具备了四代机和大型运输机涡扇发动机的研制能力及五代机预研能力，为型号的批产以及企业后续发展奠定了坚实的基础，全面提升了技术创新水平；在大、中型航空发动机制造技术上处于国内领先水平，具备航空发动机制造、总装、试车完整的科研生产能力，批产能力实现了由二代向三代发动机的跨越；在三代机生产线基础上建设补充了部分科研生产能力，基本具备了三代机批产、四代机、大型客机及大型运输机发动机关键技术研制攻关能力。保障了部队作战训练任务的需要，为航空武器装备建

设、实现国防现代化起到了十分重要的作用。航发动力坚持以航空为本，以装备制造为重点，在军用航机、燃机的基础上，衍生发展了工业型燃气轮机。同时立足高起点，大力发展外贸航空零部件转包生产，先后与美国 GE、英国 RR、法国 SNECMA、加拿大 PWC 等世界著名航空发动机制造企业建立了长期稳固的战略合作关系，并成为数家外国发动机制造公司的近百种零件的海外唯一供应商。通过交流与合作，吸收和引进了先进的技术和管理经验，提升了军用航空发动机的制造技术和管理水平。

航发动力位于陕西省西安市北郊徐家湾，生产区占地面积约 136 万平方米，总建筑面积约 50 万平方米。公路、铁路及航空运输均十分方便。

截止 2016 年底，航发动力拥有各类设备共 3800 余台/套，其中精密数控加工设备占 30%以上；从业人数 10713 人，其中：基本生产工人 4018 人，占人员总数的 37.5%，辅助生产工人 2272 人，占人员总数的 21.2%，科技人员 1963 人，占人员总数的 18.3%，管理人员 2460 人，占人员总数的 23%。经调整后保军人员总数 8200 人。

公司资产总额 1453430 万元，固定资产原值 695516 万元，净额 402768 万元。2015 年度营业收入 849963 万元，外贸出口交付 26294 万美元，实现利润 41699 万元。

1.5 主要技术经济数据

表 1.5-1 主要技术数据表

序号	技术经济内容	单位	数量	备注
一	设备			
1	新增工艺设备	台/套	1	
二	新增动力需求量			
1	用电负荷	kW	200	安装功率
2	压缩空气	m ³ /min	0.5	
三	面积			
1	购地面积	亩		
2	新增建筑面积	m ²		
四	新增人员总数			
五	建设投资	万元	9300	增值税抵扣后, 本项目固定资产 7920.65 万元。
	其中: 外汇	万美元	1154.28	

1.6 结论

本项目为精锻叶片生产能力建设项目，通过建设先进的精锻叶片机械加工自动化生产线，掌握国际一流的航空发动机精锻叶片生产机械制造能力，有利于航发动力进一步发展，有利于我国航空发动机技术的进一步提升，具有良好的经济效益和社会效益。本项目建成后，可以达到 5 万片/年精锻叶片生产能力，产值 17000 万元/年。

本项目建设方案中同步采取环境保护、劳动安全、消防、节能等措施，建设方案符合国家环境保护、劳动安全、职业卫生、消防、节能等相关法规、政策等，从环保等角度分析，项目是可行的。

本方案投资估算组成合理，投资能够满足本项目建设需求，可以保障本项目的顺利进行。投资估算考虑了一定的动态因素。

本项目总投资收益率 19.10%和资本金净利润率 18.81%；项目投资财务内部收益率（所得税后）为 13.56%，高于基准内部收益率（12%）；项目投资财务净现值（ $I_c=12\%$ ）（所得税后）为 942 万元，大于零；项目增量投资回收期（所得税后）为 9.8 年（含建设期），本项目盈亏平衡点为 43.07%，有一定的抗风险能力。综上所述，在现有的价格体系及计算基准下，本项目的各项经济指标都满足评价基本要求，有一定的经济效益，并具有一定的抗风险能力，从财务评价分析，本项目可行。

本项目建设方案符合航空工业结构调整方向、符合公司发展总体规划，有良好的社会效益和经济效益。

本项目建设方案是可行的。

2 需求分析和产品方案

2.1 市场调查

2.1.1 市场调查分析

本项目生产的精锻叶片用于配装国内先进的航空发动机及舰船燃气轮机等，属于国家订货产品。

由于国家发展规划，市场需求平稳，且呈逐年增加的趋势，具有良好的市场宏观环境。

2.1.2 国内外有关产品的现状和差距

1) 精锻叶片制造发展趋势与现状

(1) 叶片的精度要求呈现不断提高的趋势

罗·罗公司称，叶片表面粗糙度由 10 微米降低到 0.8 微米后，发动机效率提高 2%，温升下降 70 度；当粗糙度由 0.5 微米降低为 0.2 微米，型面误差由 60 微米降低到 12 微米后，发动机的加速率由 89%提高到 94%。目前，叶片的精度部分已经从原来的 80~100 微米水平提高到 40~50 微米水平。TURBTEC 公司称，目前整体叶盘的叶片型面公差要求已经达到 20~30 微米水平。我国部分发动机的整体叶轮的设计要求达到 10 微米水平。

但在实际加工方面，目前大部分叶片轮廓精度为 80~100 微米水平，整体叶轮的叶片轮廓度为 100~200 微米水平。要在四代和五代发动机研制和生产方面具备技术优势，必须解决高精度叶片的加工工艺问题。

(2) 叶片的结构呈现复杂化的趋势

从叶片的纵截形和横截形看，叶片截形曲线越来越复杂，从单圆弧发展到多圆弧乃至 S 型，有些叶片的截形甚至为更加复杂的曲线，具有大扭角的宽弦叶片，具有阻尼台的叶片进一步增加了叶片结构的复杂性。这些叶片的加工难度很高，需要考虑一些新型的加工方法。



图 2.1.1-1 压气机叶片结构发展趋势

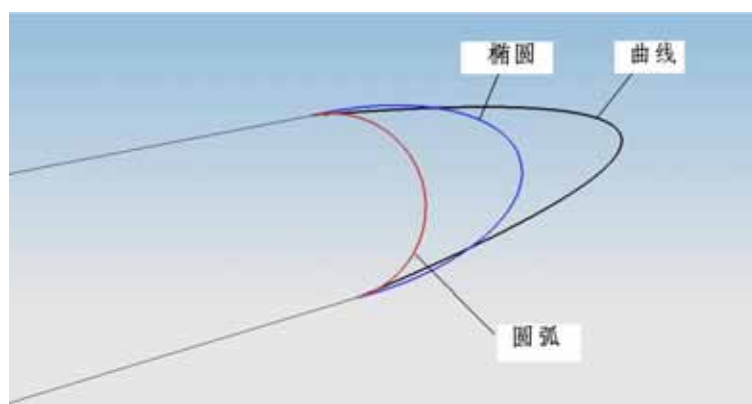


图 2.1.1-2 压气机叶片进排气边发展趋势

(3) 叶片材料加工难度呈现不断提高的趋势。

今后 20 年内，发动机材料应用方面的发展趋势大致为：

大量使用轻质高强金属材料，如 TiAl 系、TiAlNb 系等低塑性金属间化合物。各类复合材料用量逐步增加，并在转动件上应用，如有机复合材料制造的整流叶片以及风扇转子叶片。

纤维增强金属基复合材料用于压气机和涡轮转子。

2) 国外叶片制造技术现状和发展趋势

在叶片前后缘设计方面，1993 年国外就研究了圆弧形进气边和椭圆进气边对叶片流动的影响，指出椭圆形叶片进气边可以抑制附面层发展，可以扩大叶片的攻角范围，降低损失。2010 年，伦敦大学采用直接曲率设计方法研究了不同的进气边形状对流体的影响规律，并认为曲率的急剧变化

对发动机的气流速度的稳定性等因素具有重要影响，因此，未来叶片截形的精细结构可能比现在的圆截面结构更加复杂。

在叶片前后缘加工方面，前苏联曾利用外圆磨床通过改装用于加工叶片的前后缘区域，这些磨床主要依靠靠模和复杂的摇摆夹具实现对前后缘复杂型面的加工。

现阶段国外对叶身的加工多采用五轴数控铣去除余量，砂带磨削去除叶片表面的变质层的方法。德国 IBS 公司、意大利法拉利公司、美国 Huffman 公司都开发出了叶片砂带磨床或磨削机器人。目前，法国 SNECMA 公司、英国 Rolls Royce 公司和美国 GE 公司都已经采用砂带抛光机床进行叶身抛光加工，并且这些企业多数已普遍实现叶片自动化加工。

随着航空工业的发展，测量技术已成为航空发动机研制的重要环节，国外许多研究机构已经在叶片检测方面开展了大量的工作。美国通用电气公司设计一种叶片测量仪器 Micro PCR，采用过程控制自动装置对叶片参数进行测量。对叶片进气边 R 进行切面投影或用显微镜观察来对叶片型面进行测量。法国 SNECMA 叶片生产厂报道，发动机叶片可在 Sigmascope750 仪上放大 20 倍检测，这也是一种利用显微镜检测的方法；意大利 Mierotecnica 公司生产的 P. 100 型投影仪，能得到 10--20 倍的影像，并制定了进气和排气半径公差及 B 区(相当于叶片弦长的十分之一)转接要求。Blown & Sharp 公司采用平面激光开发了叶身检测仪，该检测仪原则上可以检测前后缘，测量精度应该在 10-20 微米范围。

目前，国外在叶片光饰加工中开始采用高能光饰。高能光饰为传统振动式光饰提供了一个高效的替代物，它能够提供比传统振动光饰高出 10 到 30 倍的性能指标，不仅可降低零件的表面粗糙度，而且高能光饰速度快，零件间的碰撞小，可处理脆而精密的零件，余量去除均匀，一致性好，加工效率高，同时可改善应力分布，提高抗疲劳强度。

3) 国内制造技术现状和发展趋势

国内航空发动机企业对于风扇、压气机叶片加工，具有型面精密锻造、型面精密辊轧、型面数控铣削加工技术。

公司在模锻叶片机械加工工艺、精锻叶片的机械加工工艺、复杂曲面数控加工、榫齿高速拉削、榫头圆弧齿加工等多方面具备了自己的独特优势，能够加工各种材料（钛合金、高温合金等）的零组件，技术水平达到国内行业内的领先水平。

叶片进排气边主要采用手工打磨来完成，合格率不高。模锻叶片型面采用多轴数控加工技术，但数控编程、过程控制、测量方法落后，精加工后给手工抛光留 0.05~0.3mm 余量，叶片通过型面样板测量，叶片加工精度低、表面一致性差，废品率高。

目前，各大学院校、研究所对叶片制造技术已经开展了基础研究。例如：西北工业大学、北京航空航天大学、重庆大学、西南科技大学、中航工业制造所等，都相应开展了叶片型面数控铣削、数控磨削、精密电解、叶片检测等技术研究，还未达到工程化应用水平。

模锻叶片主要采用型面样板配合测具、电感量仪、接触式三坐标测量。生产现场的叶片进排气边缘的检测停留在采用标准件目视对比阶段，部分叶片采用光学投影仪测量进排气边缘形状，叶片专用测量设备的研制尚处于初级阶段。

对轮廓度、扭转、位置度、进排气边位置、弦长、规定位置厚度及部分叶片内缘板利用三坐标进行 100%检测，进排气边 R 利用边缘投影仪 100%检测，白光测量机（core-ds）抽检。

目前国内对叶型、进排气边的抛光采用手工抛光或手工抛光后再振动光饰以及机械手抛光。通常采用的机械加工设备有旋流式、振动式和滚筒式等光饰设备对叶片进行加工。以上方法消除了人为因素对叶片抛光质量的影响，但是效率相对来说比较低，很大程度上制约了叶片加工的效率。

在压气机叶片机械加工方面：通过多年的加工实践，叶片的机械加工

工艺、复杂曲面数控加工、榫齿高速拉削、榫头圆弧齿加工等多方面具备了自己的独特优势，现已掌握了无余量精锻叶片技术，叶身型面尺寸精度可达到 $\pm 0.038\text{mm}$ ，叶片无余量精锻技术已成功应用于批量生产，产品质量稳定，性能优于机械加工保证型面尺寸的叶片。

4) 公司项目产品科研生产现状、不足和问题

(1) 项目前期建设情况

通过历次技改，成立了叶片优良制造中心，补充各类先进设备，包括五坐标加工中心、数控缓进磨床、卧拉、数控立车、数控卧车、四坐标立式加工中心、四坐标卧式加工中心、线切割等。其中数控缓进磨床、卧式拉床、数控立车、高速铣的引进对中心的工艺技术水平提升具有重要意义，对于圆弧形榫齿加工、组合件车削、大余量榫齿拉削以及模锻叶片叶身精密加工提供了技术保障。

(2) 取得的成效

锻造叶片机加生产线承担 20 多个机种、230 多个级别、500 多个件号的叶片生产任务，涵盖了工厂所有压气机叶片和部分涡轮叶片的生产任务，包括风扇叶片、压气机叶片、燃气轮机叶片、部分锻造涡轮叶片和涡轮导向叶片、扩散叶片等零件的制造任务。现有各类工艺设备 400 余台，其中数控设备 100 余台。

工厂自引进斯贝技术开始致力于叶片精锻制造技术研究开发，依托技术和产品优势，在原锻造生产线的基础上，结合产品特点，突出工艺专业化，实行全工艺和过程封闭的模式，建成了全国第一、世界一流的、具有为各种型号配套的精锻叶片生产线，每年可生产叶片 50 万片。

工厂具备完整的钛合金、高温合金叶片制造和研发体系，叶片优良制造中心是国内精锻叶片重点生产线之一，在模锻叶片机械加工工艺、精锻叶片的机械加工工艺、复杂曲面数控加工、榫齿高速拉削、榫头圆弧齿加工等多方面具备了自己的独特优势，掌握了模锻、精锻毛坯叶片叶型和阻

尼凸台的无余量加工关键技术。能够加工各种材料（钛合金、高温合金等）的零组件，技术水平达到行业内的领先水平。成功地掌握了以下叶片加工技术：精锻叶片精密定位和加工技术、高温合金、钛合金、不锈钢、铝合金等叶片榫头拉削技术；高温合金和钛合金枞树形圆弧榫头、铝合金叶片叉形榫头等铣削技术；圆弧形榫头的车削和磨削技术；宽叶身、型面扭曲角度大的叶片五轴联动加工技术；阻尼台数控加工技术；电解加工技术；钎焊列立特合金及磨削技术，五坐标数控编程，叶片检测技术等。近期已经攻克了某机风扇“弓形叶片”精密锻造技术、测量与控制技术、基于 DEFORM 软件成型工艺计算机模拟技术等。

（3）存在问题

航发动力承担了航空发动机及舰船燃气轮机多个型号的叶片生产任务。机加生产线设备大多为斯贝引进项目时配置，已逐渐老化，维修较频繁。生产线 60%以上的设备为普通设备和 70 年代以前的设备，加工效率和质量低；批产与科研混线生产，随着科研机种生产任务的增加，叶片线生产能力日益紧张，已无法满足生产需求。

随着航空发动机的发展，压气机叶片基于三元流理论设计的三、四代机压气机叶片叶型形状更为复杂、几何精度要求更高，进排气边形状由圆弧变为曲线，其加工质量直接影响压气机性能，对加工工艺提出了更高的要求。

目前工厂生产精锻叶片，叶身型面由精锻保证，进排气边的加工采用铣削、手工抛修工艺，加工方法落后，不能满足高性能叶片的精度要求。主要表现在：精锻叶片不能保证进排气边的最终尺寸要求，通常需要数控铣削加工后再进行人工磨抛加工，对于边缘形状为曲线、尺寸精度更高的叶片，手工抛修很难保证；叶片进排气边缘采用与标准样件目视对比及光学投影的方式检测，不能定量测评，检测效率低下。

另外，生产线还存在以下问题：

混线生产，专业化、集成化程度低。在生产资源配置中，普遍存在专业化程度低，布局不合理，各种类型产品交叉生产现象严重，制约了产品效率的提高。

数控加工准备时间、辅助时间占用过多，装夹效率低下。在数控加工中程序调整、工装夹具准备、刀具准备及零件检测等占用的时间较多，加工效率偏低。据统计，机床有效切削时间比例仅为 30%，极大地影响了产品加工效率的提高。

切削加工效率低，高效加工应用比例较低。在数控加工仿真、程序优化、工艺参数库、制造资源管理等方面与高效加工需求存在一定的差距，切削参数不合理、机床利用率低等现状极大地制约了高效数控加工技术的发展。特别是飞机发动机叶片数量大，质量不稳定，加工效率低成为制约生产研制的突出矛盾。

信息化程度低，制约了生产研制的高效运作。数控机床是一个孤岛，各环节数据信息传递和交换存在瓶颈，总体上制约了企业的高效运作，影响生产效率。

薄壁件变形控制仍然是亟待突破的难题。不同类型的航空零件结构、尺寸、材料各不相同，难以掌握准确的变形规律，是数控加工中最大的变数之一。

研制成本高，研制风险大。航空零件一般毛料价值较高，任何质量损失都会给企业带来巨大的财产损失。

我国发动机叶片叶轮的精密加工设备和刀具基本依赖进口，新工艺的自主研发能力薄弱，发动机的制造成本居高不下。叶片生产效率低、制造周期长、材料利用率低，生产线自动化程度低，制约了技术进步和生产交付。缺少针对叶片检测的专用设备和软件，特别是在检测三元流叶片时，检测难度高、精度和效率低下。叶片抛磨依赖于人工形式，每个叶片制造厂都有 100-300 左右的磨抛工人，采用人工磨抛的叶片的表面完整性和几

何精度的一致性难以提高，限制了发动机性能的提高，需要尽快发展适合我国发动机研制和生产情况的工艺技术和装备。

2.2 市场预测

2.2.1 产品供需预测

目前国内三代航空发动机、舰船燃机已开始批量列装，需求逐年增加。

部分三代发动机即将面临到寿修理，修理过程中，压气机叶片更换量达到30%以上。

根据相关行业的总体规划及近几年订单情况分析，十二五末，国内精锻叶片缺口在5~6万片/年，其中风扇精锻叶片1.5~2万片/年、高压压气机精锻叶片3.5~4万片/年。

2.2.2 市场竞争力分析

目前，国内无余量精锻叶片加工仅在航发动力实现了批产，航发动力精锻叶片生产水平及能力在国内处于领先地位，具有强大的市场竞争力。

2.2.3 风险分析

1) 政策风险分析

国防安全关系国计民生，不存在政策风险。

2) 市场风险分析

(1) 存在的风险

市场总体需求旺盛，产品种类存在变化。

(2) 应对措施及效果

建设能力充分考虑柔性，可以满足产品改进、改型的需求。

3) 竞争风险分析

精锻叶片生产加工技术处于生产制造金字塔塔尖，进入门槛高，不存

在竞争风险。

4) 人工成本风险分析

本项目建设的为自动化生产单元，基本属于无人操作，人工成本风险可以忽略。

5) 财务风险分析

本项目产品属于国家订货，不存在财务风险。

2.3 产品方案

航发动力所承担的精锻叶片主要包括：风扇转子叶片、风扇静子叶片，高压压气机转子叶片、高压压气机静子叶片等。

2.4 生产纲领

本项目生产纲领为 5 万片/年精锻叶片，其中风扇转子叶片 6450 件/年，风扇静子叶片 8550 件/年，高压压气机转子叶片 15425 件/年，高压压气机静子叶片 19575 件/年的能力，年产值为 17000 万元。

3 主要原材料及能源供应

3.1 主要原材料来源

本项目生产所需原材料由航发动力统一采购，购料后可直接将毛料放入公司物资供应部库房。

其它消耗如机床用机油、乳化液等，已有稳定的供货渠道，本项目只是增加消耗量，由航发动力原供货商提供或在国内市场择优采购。

3.2 能源供应

本项目仅新增 1 套工艺设备，主要能源消耗数据如下：

1) 用电负荷

新增设备安装功率 200kW，310 号厂房现有电容量可以满足安装需求。

2) 压缩空气用量

本项目压缩空气耗量为：2m³/min，P=0.4~0.6MPa。

4 建设条件

本项目建设地点在陕西省西安市未央区徐家湾航发动力现有厂区内。

航发动力厂区内建有铁路专用线并与西安市火车站衔接；厂区道路与城市公路相连，可直通市区并可经由高速公路通往周边城镇及其他省市；咸阳机场距该厂约 33 公里，有高速公路直通，该厂的铁路、公路及航空运输均十分方便。

该地属暖温带大陆性季风气候，四季分明，冬夏季节较长，春秋气候升降急骤。夏季伏旱，秋初多雨，年主导风向为东北风。

5 建设方案

5.1 工艺

5.1.1 产品技术分析

叶片是航空发动机的关键零件之一。锻造叶片在航空发动机上的主要应用为风扇叶片和压气机叶片，这些叶片的结构、外形、表面粗糙度等因素决定了航空发动机压气机单元体的增压比，从而直接影响着发动机的性能。

在结构方面，叶片截形曲线越来越复杂，从单圆弧发展到多圆弧乃至 S 型，甚至为更加复杂的空间曲线。具有大扭角的宽弦叶片、具有阻尼台的叶片进一步增加了叶片结构的复杂性。



图 5.1-1 压气机叶片结构发展趋势

在表面粗糙度方面，RR 公司试验结构显示，叶片表面粗糙度由 10 微米降低到 0.8 微米后，发动机效率提高 2%；当粗糙度由 0.5 微米降低为 0.2 微米，型面误差由 60 微米降低到 12 微米后，发动机的加速率由 89% 提高到 94%。目前，叶片的精度部分已经从原来的 80-100 微米水平提高到 40-50

微米水平。

在材料方面，复合材料用量逐步增加，并在转动件上应用，如有机复合材料制造的整流叶片以及风扇转子叶片；纤维增强金属基复合材料用于压气机和涡轮转子。

5.1.2 产品工艺分析

1) 风扇叶片

风扇转子叶片、风扇静子叶片均为精锻叶片。叶身型面部分精锻后化铣达到设计、工艺尺寸公差要求，在机械加工车间不再加工，叶片尖部、根部、榫头、缘板，进、排气边缘、阻尼台等部分留有加工余量，需在机加车间加工到最后尺寸。

风扇第 1、2 级转子叶片带有阻尼台，风扇第 1 级转子叶片尺寸大而薄，成品零件尺寸约为 $110\text{mm} \times 60\text{mm} \times 300\text{mm}$ ，叶身最大厚度 8.7mm ，叶片型面空间扭角大，曲率变化复杂，型面上带有设计难度大、结构复杂的阻尼台，榫头为直齿燕尾型。因榫头精度要求高，阻尼台型面复杂，钛合金加工性能差，以铣削加工为主，加工周期长，加工中在弯曲变形和扭转变形共存且交叉影响的条件下，零件尺寸很难有效控制，加工过程中切削参数、外界环境等综合因素复杂，最终质量 1 千克左右。工作叶片示意如下：

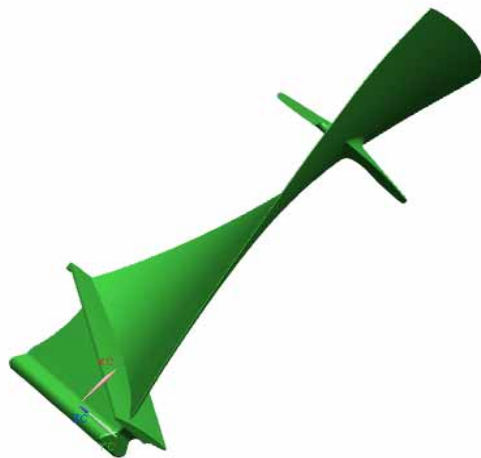


图 5.1-2 风扇一级转子叶片示意图

精锻叶身型面无余量，叶型两侧阻尼台是由复杂的多面角曲面构成，阻尼台单面余量2~8mm，轮廓度要求0.25mm，榫头工作面单面余量4mm，工作面形状公差0.02mm。榫头相对叶身型面位置度公差0.3mm，叶身型面和缘板上表面粗糙度为Ra0.4 μ m，并且最终进行喷丸，阻尼台毗邻面钎焊硬质合金后涂干膜润滑剂，榫头工作表面喷涂硬质合金层后涂干膜润滑剂。尺寸及技术条件要求高，热表工序多，加工流程长。

风扇一级转子叶片阻尼台型面为空间三维曲面组成，空间角度多，且阻尼台型面与叶身型面转接半径多。若用四坐标加工，无法一次装夹全部加工完，存在干涉面，需采用五坐标加工中心来完成精加工。

风扇二级转子叶片结构与一级转子叶片类似，只是尺寸相对减小了一些，榫头涂乐泰胶。风扇2~3级叶片空间扭角大，曲率变化复杂，精度要求高，为钛合金材料，其机械加工性能差，以铣削加工为主，尺寸及技术条件要求高。加工部位主要集中在榫头、阻尼台及叶尖部位。

风扇三级转子叶片型面空间扭角大，弦宽大于二级转子，榫头为直齿燕尾型。其工艺特点是：以精锻叶型为基准，通过精密定位方式加工榫头，因榫头精度要求高，榫头底面锁片槽加工难度大，钛合金加工性能差，尺寸及技术条件要求高，加工存在弯曲变形和扭转变形共存且交叉影响的条件下，零件尺寸很难有效控制，加工过程中切削参数、外界环境等综合因素复杂，最重质量200克左右。示意图如下：



图 5.1-3 风扇三级转子叶片示意图

风扇转子叶片通常由榫头、叶身及阻尼台组成，材料为钛合金，毛坯为精锻件。叶片尺寸大而薄，范围在（150~300）mm×（80~110mm），叶身通常带扭转，榫头大多为燕尾形。其工艺特点是：以精锻叶型为基准，通过精密定位方式加工榫头和阻尼台；因榫头精度要求高、阻尼台型面复杂、钛合金加工性能差，以铣削加工为主，加工周期长，加工中在弯曲变形和扭转变形共存且交叉影响的条件下，零件尺寸很难有效控制，加工过程中切削参数、外界环境等综合因素复杂。

风扇转子叶片主要加工工艺流程为：铣进排气边→抛进排气边→铣叶根→铣叶尖→半精加工榫头→铣叶盆三角区→铣叶背三角区→铣榫头外形→铣榫头侧面圆弧→打标→铣阻尼台→抛光阻尼台→铣叶尖→精抛叶身。

风扇静子叶片通常由叶身和安装缘板组成，材料为钛合金，毛坯为精

锻件，其主要加工工艺为铣叶身进排气边、铣叶根、铣缘板以及叶片抛光。

2) 高压压气机叶片

高压压气机转子全部为精锻结构（成品叶片尺寸约为 $20\text{mm} \times 18\text{mm} \times 40\text{mm}$ ），浇注低熔点合金后进行榫头加工，榫头相对于叶型位置关系不易保证。高压 1~3 级转子叶片榫头为直齿，采用数控铣工艺。其中高压 1 级转子叶片叶身型面带有加强筋，其上下表面精锻，型面部分留有余量。高压 4~9 级转子叶片榫头为圆弧齿，采用数控磨削工艺加工。高压静子叶片全部为精锻结构，0~3 级静子叶片为轴柄结构，4~8 级单件为无缘板结构，4~8 级成品件为焊接扇形组合件。

(1) 直线形榫齿结构叶片

零件材料为钛合金 TA11，硬度为 HB (d)=3.2~3.7，叶片由榫头和叶身两部分组成，榫头部位结构较复杂，属于典型的燕尾型榫齿结构。叶身最大高度约 100mm，榫头最大长度为约 45mm，宽度约 25mm。

叶身前后缘 6mm 内轮廓度 0.08，其余型面轮廓度 0.12，叶身相对于榫头的扭转为 $12'$ （毛坯叶身相对于榫头扭转为 $8'$ ），叶身截面位置度相对于榫头的位置度最小 $\phi 0.12$ ，叶身上带有加强筋，其表面粗糙度 Ra0.8

榫头齿型与垂直于积叠轴直线的夹角为 $7^\circ 25'$ ，公差仅为 $\pm 3'$ ，榫头燕尾型轮廓度要求较高，度面轮廓度仅为 ± 0.007 ，要求合理的切削参数及切削方案。采用普通设备精度不易保证，采用四坐标加工中心无法将榫头一次加工成型，应采用五坐标加工中心一次装夹，可保证设计要求且减少工装费用。

叶片示意图如下：



图 5.1-4 直线形榫齿结构叶片示意图

2) 圆弧形榫齿结构叶片

叶片材料为高温合金（GH4169）硬度为 $HB \geq 346$ ，属难加工材料。榫头部位加工余量大。叶身单薄，叶身最大厚度值较小，单薄的型面会给加工带来难度。叶身最大高度为约 50mm，榫头最大长度约 25mm，最大宽度约 20mm 且公差仅为+0.05mm。

叶身前后缘 3mm 内轮廓度 0.08，其余型面轮廓度 0.1，叶身相对于榫头的扭转为 $12'$ （毛坯叶身相对于榫头扭转为 $8'$ ），叶身截面位置度相对于榫头的位置度最小 $\phi 0.12$ ，其粗糙度为 Ra0.4，叶尖与垂直于积叠轴直线的夹角为 $10^\circ 56'$ ，公差仅为 $\pm 5'$ ，粗糙度 Ra0.8。

榫头部位结构较复杂，属于典型的燕尾型周向圆弧榫齿结构，尺寸精度要求较高，多处公差为-0.05，轮廓度仅为 0.007，会使加工时对刀难度加大，且容易造成错齿、接刀痕等问题。叶背侧缘板带有 8° 的倒角，该部位未与内缘板面平滑过渡而是出现台阶面、双眼皮现象。

传统的榫头加工采用立式车削方式进行，由于榫头型面轮廓公差要求较严，零件质量难以保证，加工后留下的刀痕清晰可见，并且车削工艺加

工效率低下，难以批量生产。数控缓进磨削工艺是一种高效的磨削加工工艺方法，特别适用于高温合金等难加工材料，它采用增大磨削深度、降低进给速度，使砂轮与零件有较多的接触面积及高的速度比，达到高的金属磨削率、高精度及降低表面粗糙度要求的目的。

叶片示意图如下：



图 5.1-5 圆弧形榫齿结构叶片示意图

3) 瓦片结构叶片

叶片材料为 GH4169，硬度为 $HB \leq 277$ ，是典型的瓦片类静子叶片，叶片最大长度约 43mm，该叶片具有形状较小，叶身型面曲率变化大等特点。

叶身在前后缘 3mm 长内轮廓度为 0.06，其余型面轮廓度 0.1，叶身相对于榫头的扭转为 $20'$ ，叶身截面位置度相对于榫头的位置度最小 $\phi 0.1$ ，叶身前后缘宽度最小公差仅为 -0.08，叶身粗糙度 Ra0.04。

叶尖处与垂直于极叠轴直线夹角 $2^{\circ} 51' 45''$ ，公差仅为 $\pm 10'$ 。

叶片高能光饰：叶型型面变形控制、能光饰工艺对叶型进排气缘去除

量的影响及补偿、叶型全型面检测及表面完整性检测。

叶片示意图如下：

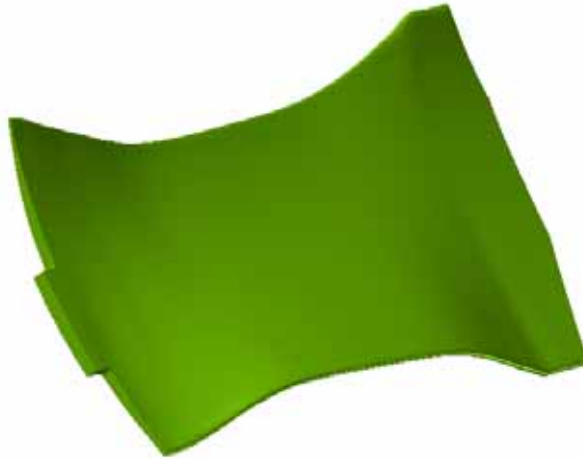


图 5.1-6 瓦片结构叶片示意图

高压压气机转子叶片的典型加工工艺流程为：精锻毛坯→浇注低熔点合金→铣盆榫头侧面→铣缘板侧面→铣前后缘向榫头面→铣前后缘板→铣榫头型面→熔化低熔点合金→铣叶身型面→切工艺凸台→最终检验。

高压压气机静子叶片的典型结构有轴柄结构和无缘板结构。无缘板结构通过焊接形成扇形组合件。主要加工工艺为铣加工、辅以车加工、线切割等工艺。

5.1.3 工艺组成及承担的任务

本项目的建设内容仅针对锻造叶片优良制造中心。锻造叶片优良制造中心承担航发动力所有的锻造叶片机加任务。

本项目中，锻造叶片优良制造中心承担年产 15000 片风扇叶片以及 35000 片高压压气机叶片的生产任务。具体见表 5.1-1。

表 5.1-1 生产任务表

序号	产品名称	产品数量 (件/年)	备注
1	风扇转子叶片	6450	
2	风扇静子叶片	8550	

序号	产品名称	产品数量 (件/年)	备注
3	高压压气机转子叶片	15425	
4	高压压气机静子叶片	19575	
	合计	50000	

5.1.4 工时分析

本项目生产任务的总金切工时为 30000 小时，其中风扇叶片的金切工时为 10000 小时，高压压气机叶片的金切工时为 20000 小时。

5.1.5 工作制度和年时基数

全年法定工作日为 250 天，工人年时基数 1840 小时，设备按三班制工作，各类设备年时基数如下表所示：

表 5.1-2 设备年时基数

设备名称		一班制	二班制	三班制	连续工作制
金切设备	一般工厂	1950	3840	5350	
	仪表工厂	1970	3870	5460	
木工设备		1970	3870	5460	
锻压设备	锻造设备	1940	3740	5210	
	其他压力加工设备	1970	3870	5460	
铸造设备	浇铸设备	1940	3740	5210	
	其他铸造设备	1950	3840	5350	
炉类设备		1940	3740	5210	7460
焊接设备	复杂焊接设备	1940	3740	5210	
	简单焊接设备	1970	3870	5460	
试验设备、装配架、装配车、其他设备		1970	3870	5460	7900
手工部		2000	4000	5750	
三班制工作的贵重稀有设备		—		5750	

5.1.6 工艺建设方案

1) 工艺设备方案

本项目新增压气机叶片自动化生产单元 1 套进口工艺设备。

2) 新增压气机叶片自动化生产单元 1 套，拟采用进口设备

压气机叶片自动化生产单元为集成化设备，包括五坐标叶片专用加工中心 4 台、三坐标测量机 2 台、物料配套系统 1 套、自适应加工软件系统 1 套、生产线智能控制系统 1 套、磨刀机 1 台、刀库 1 套、对刀仪 1 台、等 12 台/套。

该生产线用于高压压气机转子叶片和高压压气机静子叶片的制造。

根据叶片加工流程，设计“U”型示范线构成与设备布局，如图所示。精锻叶片机械加工自动化示范线主要由 8 大单元组成：生产线监测与过程控制单元、机器人传送与控制单元、生产线物料库单元、人工装卸单元、榫根加工（标刻）单元、进排气边加工（叶尖铣切）单元、清洗烘干单元、光学/三坐标测量单元。

为了满足年产压气机叶片生产纲领，同时为保证叶片加工质量的稳定性、降低生产成本、提高加工设备对产品的快速反应能力，经过调研和考察，建立叶片加工柔性生产线不仅大幅提高叶片产量和产量，且产品加工具有极强的过程一致性，稳定、可靠的产品质量为航空发动机的安全性、可靠性提供了重要保障。因此本项目拟新增 1 套压气机叶片自动化生产单元作为叶片柔性生产线。

主要工艺设备分析：

- 五坐标叶片专用加工中心 4 台

用于叶片型面和叶根的加工，材料切削性能差，型面扭角大，扭转公差 $\pm 12'$ ，偏移公差 $\pm 0.15\text{mm}$ ，燕尾型榫齿工作面轮廓公差 0.007mm ，要求严格，加工难度大。若用四坐标加工，无法一次装夹全部加工完，存在干涉面，所以采用五坐标加工中心，采用机械手自动上下料。

- 三坐标测量机 2 台

用于零件检测，加工前、后通过在线检查、自动反馈检测信息、修整

补偿数控加工程序。

- 物料配套系统 1 套

用于系统的物料传输等。

含清洗机、轨道及辅助机械装置、快换定位工装、快换定位卡盘、转接板、刀柄、智能机器人、物料系统、叶顶站得夹具等。

- 自适应加工软件系统、生产线智能控制系统、磨刀机、刀库、对刀仪等各 1 台（套）。

2) 面积建设方案

本项目无新增建设面积,新增的工艺设备拟布置在现有的 310 号厂房。

3) 对土建等公用专业主要的设计技术需求

新增工艺设备安装功率: 200kW;

新增压缩空气消耗量: 0.5m³/min。

5.2 总图、土建及公用工程

本项目新增加工、装配设备主要安装在工 310 号厂房。本项目无新建土建工程和其它动力工程。

航发动力现有总图、土建及公用工程条件可以满足本项目建设要求。

6 环境保护、劳动安全、职业卫生、消防、节能和地震安全

6.1 环境保护

6.1.1 建设地区的环境状况

航发动力位于西安城北 8 公里的徐家湾地区，东临灞河 3 公里，北距渭河 7 公里。该地区驻地单位有 50 余家，周围主要企业有国营五二四厂等。厂门口有红旗路和渭滨街，厂内有道路与太华路、西（安）—铜（川）公路相接，又有铁路专用线与外界相通，交通十分便利。

该地属暖温带大陆性季风气候，四季分明，冬夏季节较长，春秋气候升降急骤。夏季伏旱，秋初多雨，年主导风向为东北风。

该地区大气环境质量状况符合黄土高原的气候特点，即二氧化硫和氮氧化物满足 GB3095-1996《大气环境质量标准》二级标准，尚有一定余量，总悬浮物有超标现象。声环境质量划为工业区，现能满足标准要求。

厂区周围无历史文物及重要人文景观。

设计依据及采用的标准：

- 1) 《中华人民共和国环境保护法》（1989 年 12 月 26 日）；
- 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》2002 年 10 月 28 日；
- 3) 《建设项目环境保护管理条例》（1998 年 11 月国务院 253 号令）；
- 4) 《建设项目环境保护设计规定》（[87]国环字第 002 号文）；
- 5) 《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2010）。
- 6) 《噪声控制设计规范》（GBJ87-85）；
- 7) 废水排放执行《黄河流域（陕西段）污水综合排放标准》（DB61/224-2011）中表二标准限值和《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 4 中的三级标准；
- 8) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中新污染源大气污

染物排放限值二级；

9) 厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 类标准。

6.1.2 本项目主要建设内容

本项目为航发动动力精锻叶片生产能力建设项目，本次设计建设内容为在航发动动力现有厂区 310 号厂房内新增工艺设备 1 套。

310 号厂房现有专业条件均能够满足本项目新增设备的安置需求。

本项目总投资 9300 万元。

6.1.3 主要污染源和主要污染物

1) 废水

(1) 生活污水：本项目只在现有厂房内增加 1 套设备，无需新增工作人员，工作人员为车间调剂，故生活污水排放量和污染物种类均不增加。

(2) 生产废水：本项目新增工艺设备无废水产生。

2) 废气

本项目新增工艺设备基本无生产废气排放。

3) 噪声

新增工艺设备生产过程中有噪声产生，噪声值约 80dB(A)。

4) 固体废物

本项目固体废物主要是生活垃圾和机加设备产生的废乳化液和废金属屑。

6.1.4 控制污染初步治理方案

1) 废水处理

本项目实行雨污分流，生活污水经室外化粪池处理后，排入室外污水管网，雨水排入雨水管网。

2) 噪声控制

新增工艺设备均为高效、低噪声产品，并采取了减振、隔振措施，且

新增设备均放在现有厂房内，利用厂房进行隔声。

通过以上措施加上距离衰减后使厂界外1m处的噪声级控制在65dB(A)以下，满足环保要求。

3) 固体废弃物的处置

(1) 生活垃圾分类收集，定期处理。

(2) 机加设备产生的废金属屑定期收集，回收利用；废乳化液交有资质的单位处理。

6.1.5 环境影响分析

本建设项目主要新增部分工艺设备，新增的设备安装在现有厂房内，基本无废气和生产废水污染物排放，项目建成投产后，不会改变现有的环境质量水平，对环境影响不大，项目建设是可行的。

6.2 职业安全

6.2.1 设计依据

- 1) 《中华人民共和国安全生产法》(2002年6月29日);
- 2) 《建设项目(工程)劳动安全卫生监察规定》(1996年10月17日,原劳动部令第3号);
- 3) 《关于加强建设项目安全设施“三同时”工作的通知》(发改投资[2003]1346号 2003年9月30日);
- 4) 《建设项目安全设施“三同时”监督管理暂行办法》(国家安全生产监督管理总局令第36号 2010.12.14);
- 5) 陕西省安全生产条例;
- 6) 陕西省建设项目安全设施监督管理办法(省政府125号令)。

6.2.2 本项目主要建设内容

本项目为航发动力精锻叶片生产能力建设项目,本次设计建设内容为在航发动力现有厂区310号厂房内新增工艺设备1套。

310号厂房现有专业条件均能够满足本项目新增设备的安置需求。

本项目总投资9300万元。

6.2.3 生产过程中职业危险、危害因素分析

1) 机械伤害:机加设备在工作过程中存在机械伤害操作人员的不安全因素。

2) 触电伤害:各带电设备,存在电气危害因素。主要有人体触电和电气引起火灾的危险。

6.2.4 劳动安全中采取的防范措施

本项目新增设备的用途、性质与现有厂房内设备相同,增加的工艺设备不会改变现有厂房的火灾危险性,因此现有厂房的消防设施可以满足相关要求。为保证安全生产,在厂房工艺布置和工艺及专业设备选用上均遵

守有关劳动安全的规定进行设计，采取的主要防治措施如下：

1) 工艺设计

新增设备与现有设备之间有足够的安全距离，车间通道宽度满足运输通行和装卸工件的使用要求。

2) 防机械伤害

设计中选用了自动化程度较高的机加设备，不仅提高了生产效率，而且安全可靠。日常生产中严格管理、严格遵守安全操作制度，防止人为误操作，尽量减少意外伤害事故的发生。

3) 防电气伤害

新增设备均有可靠的接地措施，所有可能使用手持式移动设备的电源插座回路均装设动作电流不大于 30mA 的漏电保护器，减少人身电击事故。

6.3 职业卫生

6.3.1 设计依据

- 1) 《中华人民共和国职业病防治法》(中华人民共和国第 52 号主席令, 2011 年 12 月 31 日);
- 2) 《建设项目职业卫生“三同时”监督管理暂行办法》(国家安全生产监督管理总局令第 51 号, 2012 年 6 月 1 日);
- 3) 《工作场所职业卫生监督管理规定》(国家安全生产监督管理总局令第 47 号, 2012 年 6 月 1 日);
- 4) 《建设项目职业病危害风险分类管理目录》(安监总安健[2012]73 号, 2012 年 5 月 31 日);
- 5) 《职业病危害因素分类目录》(卫生部卫法监发[2002]63 号, 2002 年 3 月 11 日);
- 6) 《职业病目录》(卫法监发[2002]108 号, 2002 年 4 月);
- 7) 《生产过程安全卫生要求总则》(GB/T12801-2008);
- 8) 《工作场所防止职业中毒卫生工程防护措施规范》(GBZ/T194-2007);
- 9) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学因素》(GBZ2.1-2007);
- 10) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分: 物理因素》(GBZ2.2-2007);
- 11) 《工业企业设计卫生标准》(GBZ1-2010);
- 12) 《工业企业噪声控制设计规范》(GBJ87-85);
- 13) 《工作场所职业病危害警示标识》(GBZ158-2003);
- 14) 《劳动防护用品配备标准》(国经贸安全[2000]189 号)。

6.3.2 本项目主要建设内容

本项目为航发动力精锻叶片生产能力建设项目, 本次设计建设内容为

在航发动机现有厂区 310 号厂房内新增工艺设备 1 套。

310 号厂房现有专业条件均能够满足本项目新增设备的安置需求。

本项目总投资 9300 万元。

6.3.3 职业卫生危害因素分析

1) 噪声危害分析

新增工艺设备工作过程中产生噪声。噪声对生理的影响包括对听觉、神经系统、心血管系统、消化系统、内分泌系统和视觉系统的影响；对心理的影响包括对感知水平、反应时间及情绪的影响。长期处在高噪声环境中，可引起身体发生多方面的不良改变及职业病，如出现耳鸣、耳痛、头晕、烦躁、记忆力减退等症状。

6.3.4 对职业卫生危害因素采取的防护措施

1) 对噪声危害的防护措施

新增工艺设备均为高效、低噪声产品，并采取了减振、隔振措施，且新增设备均放在现有厂房内，利用厂房进行隔声。确保工作人员接触噪声满足《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2010）的要求。生产过程中加强个人防护用品的发放、使用、监督检查等方面的管理工作。

2) 本项目新增工艺设备放在现有厂房内。现有厂房通风设计符合《采暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2003）的要求，照明设计符合《建筑照明设计标准》（GB50034-2004）要求，操作人员有舒适良好的工作环境。

3) 定期体检，每两年对在粉尘及噪声环境中作业的人员，进行职业性健康体检，以便发现问题及时治疗或采取相应措施，防止严重后果发生。

6.4 节能

6.4.1 本项目主要建设内容

本项目为航发动力精锻叶片生产能力建设项目，本次设计建设内容为在航发动力现有厂区 310 号厂房内新增工艺设备 1 套。

310 号厂房现有专业条件均能够满足本项目新增设备的安置需求。

本项目总投资 9300 万元。

6.4.2 本项目建设在工艺设计方面，根据国家节能相关要求，选用国内外先进、节能的工艺设备，禁用国家公布的淘汰产品。

7 组织机构、劳动定员和人员培训

7.1 组织机构

本项目航发动力组织机构维持现有状况不变。

7.2 劳动定员和人员培训

本项目不新增劳动定员，岗位所需人员由航发动力内部调剂解决。

航发动力设有完善的培训组织机构，人员培训由教培中心进行管理，并负责具体的培训工作。培训的人员包括技术人员、设备操作人员和管理人员。设备操作的操作培训初期随设备购置一并进行，由设备供应商提供技术支持。

8 项目建设实施计划

8.1 项目建设周期

根据项目建设情况及项目建设特点，本项目建设周期为 57 个月。

8.2 项目建设实施安排

8.2.1 影响项目建设实施进度的主要因素

本项目建设内容为新增 2 套工艺设备。

由于进口的精锻叶片自动化单元 1 套为集成配套的系统设备，需要和设备厂家进行非标研制，设备采购、生产、集成调试周期长。

综合考虑项目实施前期准备、后期调试、验收等时间，本项目建设周期 57 个月可以完成项目建设目标。

8.2.2 建设项目实施进度表

按《国防科工局关于印发<国防科技工业固定资产投资项目管理规定>的通知》（科工计[2013]1017 号），采用相对建设周期安排实施计划。

根据本项目生产需求及目前建设情况，本项目建设周期为 57 个月。即 2014 年 1 月至 2018 年 9 月。

9 工程建设项目招标方案

9.1 编制依据

- 9.1.1 《中华人民共和国招标投标法》（1999年8月30日）；
- 9.1.2 《国防科工委关于印发<国防科技工业固定资产投资项目招标投标管理暂行办法>的通知》（科工计[2008]39号）；
- 9.1.3 《国防科工局关于印发<国防科技工业固定资产投资项目管理规定>的通知》（科工计[2016]737号）；
- 9.1.4 《国防科技工业固定资产投资项目招标投标管理暂行办法实施细则》（科工财审[2011]265号）。

9.2 招标内容和范围

根据国家有关规定，本项目的工程建设招标范围叙述如下：

- 1) 本项目初步设计编制过程中涉及的航空发动机精锻叶片加工工艺等属于国家秘密，不采用招标；
- 2) 本项目估算价格在100万元以上的新增工艺设备均招标。工艺设备具体招标情况见“新增工艺设备明细表”。

9.3 招标组织形式

航发动力不具备关于自行招标条件的有关规定，故招标组织形式采用委托招标。

9.4 招标方式

本项目符合招标范围内的有关建设内容采用公开招标方式。

10 投资估算

10.1 投资估算说明

10.1.1 编制依据

- 1) 可行性研究的设计资料、图纸和设备表。
- 2) 国防科工局关于印发《国防科技工业固定资产投资项目建议书编制规定》《国防科技工业固定资产投资项目可行性研究报告编制规定》《国防科技工业固定资产投资项目初步设计编制规定》的通知(科工计[2015]1198号)。
- 3) 《国防科工委关于印发〈国防科技工业固定资产投资项目工程建设其他费用和预备费编制规定〉的通知》(科工法[2005]496号)。
- 4) 国家发展改革委、建设部关于印发《建设工程监理与相关服务收费管理规定》的通知(发改价格[2007]670号)。
- 5) 国家发展改革委、财政部颁发的《出入境检验检疫收费办法》(发改价格[2003]2357号)。
- 6) 《中华人民共和国海关进出口税则》(2014年中英文版)。
- 7) 《进口不予免税的重大技术装备和产品目录》(2014年修订)。
- 8) 国家、地方及有关行业的相关文件和规定。
- 9) 建安工程参照类似工程造价指标和市场价格信息估算。

10.1.2 估算范围

- 1) 工艺设备;
新增压气机叶片自动化单元1套工艺设备。

10.1.3 资金筹措

企业自筹资金 9300 万元。

10.1.4 建设投资

本项目建设总投资为 9300 万元，含外汇 1154.28 万美元。其中：

工艺设备购置费	9145.06 万元，	占建设投资 98.34%；
工艺设备安装费	40.00 万元，	占建设投资 0.43%；
工程其他费用	114.4 万元，	占建设投资 1.23%；

注：本项目设备款、银行手续费、环境预评价费等抵扣增值税 1379.35 万元，抵扣后本项目固定资产 7920.65 万元。

10.1.4 估算说明

- 1) 新增工艺设备购置费、安装费及其他费用均按实际发生费用列入。
- 2) 由于已经实施完成，不再计取预备费。
- 3) 由于取消了银行贷款，相应贷款利息不再发生。

11 财务评价

11.1 编制依据

11.1.1 2006 年 7 月国家发改委、建设部颁布的《建设项目经济评价方法与参数》(第三版)。

11.1.2 国家、地方及相关行业的有关文件和规定。

11.1.3 建设单位提供的财务评价基础资料。

11.2 基础数据

11.2.1 基本数据

1) 项目规模

本项目建成达产后可形成年产风扇转子叶片 6450 件/年, 风扇静子叶片 8550 件/年, 高压压气机转子叶片 15425 件/年, 高压压气机静子叶片 19575 件/年的能力, 具体详见 11.5.2 营业收入、营业税金及附加和增值税估算表。

2) 项目计算期

本项目的计算期拟定 15 年, 其中建设期 5 年, 经营期 10 年。建设期从 2014 年开始, 2018 年结束, 2020 年达到设计生产能力。

11.2.2 建设投资和资金筹措

根据投资估算, 本项目的建设投资为 9300 万元, 全部为企业自筹。

11.2.3 流动资金

本项目的流动资金估算, 采用详细估算法估算。各种周转天数如下:

应收帐款的最低周转天数为	60 天;
原材料的最低周转天数为	60 天;
燃料动力的最低周转天数为	30 天;
在产品的最低周转天数为	30 天;
产成品的最低周转天数为	20 天;
现金的最低周转天数为	30 天;
应付帐款的最低周转天数为	60 天;
预付帐款按原材料成本费用的	10% 计算;
预收帐款按营业收入的	10% 计算。

根据计算,本项目达产年共需流动资金 3385 万元,其中流动资金借款 2370 万元,铺底流动资金 1016 万元。

流动资金估算详见 11.5.4 流动资金估算表。

11.2.4 项目总投资

$$\begin{aligned}
 \text{项目总投资} &= \text{建设投资} + \text{流动资金} + \text{利用原有固定资产} \\
 &= 9300 + 3385 + 100 \\
 &= 12785 \text{ 万元}
 \end{aligned}$$

投资使用计划与资金筹措详见 11.5.3 项目总投资使用计划与资金筹措表。

11.3 财务分析

11.3.1 销售收入、销售税金及附加估算

1) 产品价格

本项目的产品价格根据市场分析的有关资料估算, 风扇转子叶片 单价 1.55 万元/件, 风扇静子叶片 单价 0.47 万元 /件, 高压压气机转子叶片 单

价 0.13 万元/件，高压压气机静子叶片 单价 0.05 万元/件。

2) 营业收入

本项目达产年营业收入为 17000 万元。

3) 销售税金及附加

本项目不计算增值税、城市维护建设税和教育费附加税。

11.3.2 成本及费用估算

1) 经营成本

年修理费按固定资产原值的 2% 计算，其他经营成本费用根据产品生产工艺、设计方案、市场价格等有关资料计算。经营成本计算详见 11.5.5 总成本费用估算表。

2) 基本折旧与摊销

固定资产折旧采用分类直线折旧计算。固定资产残值率为 5%。利用原有固定资产净值为 100 万元，综合折旧率为 6%；新增机器设备按 12 年计提折旧。

折旧和摊销计算详见 11.5.6 折旧费、摊销费估算表。

11.3.3 项目盈利能力分析

1) 利润预测及分配

利润总额 = 营业收入 - 营业税金及附加 - 总成本费用

净利润 = 利润总额 - 所得税

本项目所得税率为 15%，法定盈余公积金按净利润的 10% 提取。

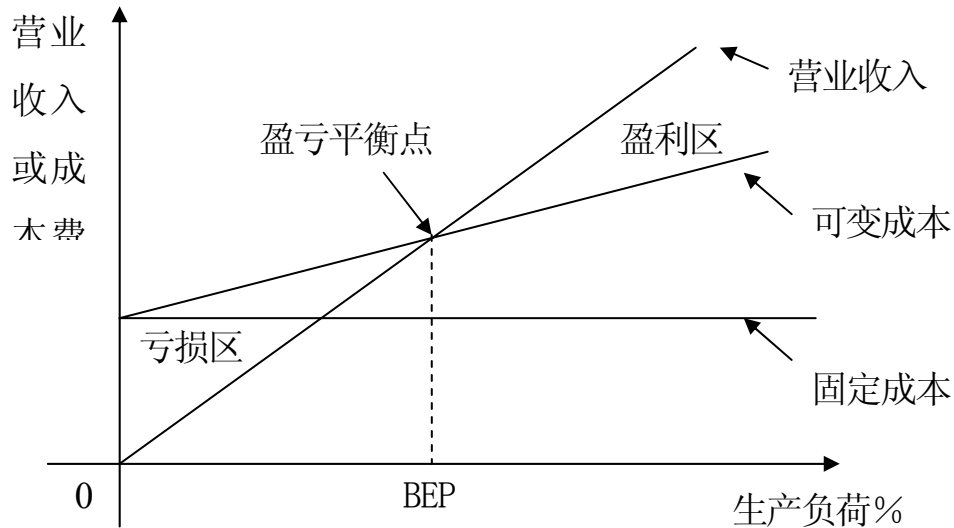
利润预测及分配详见 11.5.7 利润与利润分配表。

2) 总投资收益率和资本金净利润率

总投资收益率和资本金净利润率是采用非折现方法判断项目盈利能力的静态指标。总投资收益率表示总投资的盈利能力，资本金净利润率表示项目资本的盈利能力。

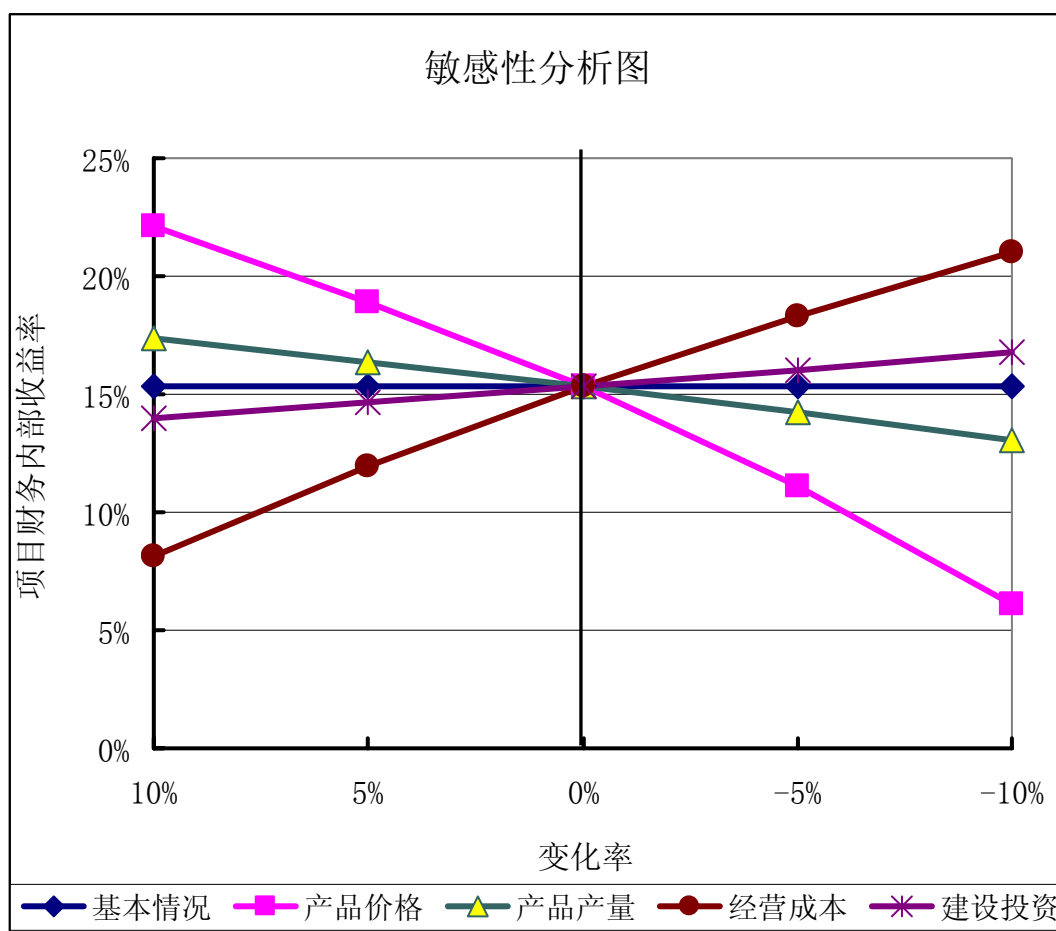
$$\text{总投资收益率} = \frac{\text{年平均息税前利润}}{\text{总投资}} \times 100\% = 19.10\%$$

即达到正常生产能力的 43.07% 时，项目的财务效益处于盈利与亏损的临界点，盈亏平衡点越低，说明企业的抗风险能力越强。本项目具有一定的抗风险能力。



11.3.6 敏感性分析

本计算从产品价格、产品产量、经营成本、建设投资等几个方面进行单因素敏感性分析。通过计算可以看出，本项目最敏感的因素是产品价格，其次是经营成本和产品产量。各因素的敏感度系数和临界点详见 11.5.12 敏感性分析表。



11.4 财务评价结论

综上所述，在现有的价格体系及计算基准下，本项目的经济效益较好，各项经济指标都满足要求，有一定的抗风险能力，本项目可行。具体经济指标见11.5.1 财务评价综合技术经济指标表。

11.5 财务评价计算表

12 社会稳定风险分析

12.1 编制依据

12.1.1 《国家发展改革委关于印发国家发展改革委重大固定资产投资项目社会稳定风险评估暂行办法的通知》（发改投资[2012]2492号）；

12.1.2 《重大固定资产投资项目社会稳定风险分析篇章编制大纲及说明（试行）》；

12.1.3 相关法律、法规、规章、规范性文件以及其他政策性文件；

12.1.4 建设单位提供的拟建项目基本情况和风险分析所需的必要资料；

12.1.5 国家出台的区域经济社会发展规划、地方批准的相关规划等。

12.2 项目概况

本项目为航发动力精锻叶片生产能力建设项目，本次设计建设内容为在航发动力现有厂区310号厂房内新增工艺设备1套。本项目总投资9300万元。310号厂房现有专业条件均能够满足本项目新增设备的安置需求。

本项目建成后可实现年产精锻叶片5万件，年产值17000万元。

12.3 风险分析

12.3.1 政策、规划和审批核准程序

本项目经过充分可行性论证，严格按照国家、行业、地方相关规定进行立项、审批。

本项目属于高新技术产业，项目建设符合国家产业政策、地方区域发展总体规划。

12.3.2 征地、拆迁及补偿

本项目无新建厂房、不新增土地，建设内容均位于现有厂房内，不存在征地、拆迁及补偿风险。

12.3.3 技术经济

1) 项目工程方案设计简单，不存在风险

本项目主要建设内容为新增部分工艺设备与现有工艺设备一起组成生产单元，生产工艺成熟，不存在设计方案变化等风险。

2) 项目经济来源及收益合理

本项目建设投资全部为企业自筹解决。不存在资金来源风险。

本方案投资估算组成合理，投资能够满足本项目建设需求，可以保障本项目的顺利进行。投资估算考虑了一定的动态因素。

本项目总投资收益率 19.10%和资本金净利润率 18.81%；项目投资财务内部收益率（所得税后）为 13.56%，高于基准内部收益率（12%）；项目投资财务净现值（ $I_c=12\%$ ）（所得税后）为 942 万元，大于零；项目增量投资回收期（所得税后）为 9.8 年（含建设期），本项目盈亏平衡点为 43.07%，有一定的抗风险能力。综上所述，在现有的价格体系及计算基准下，本项目的各项经济指标都满足评价基本要求，有一定的经济效益，并具有一定的抗风险能力，从财务评价分析，本项目可行。

从经济效益的角度考虑，本项目资金来源可靠，经济收益稳定合理，经济风险很小。

12.3.4 生态环境影响

本项目主要污染源和主要污染物包括：

噪声：部分新增工艺设备工作时产生噪声，噪声值为 85dB（A）左右。

固体废弃物：主要是生活垃圾。

控制污染初步治理方案如下：

噪声控制：机械加工设备均为先进设备，设备噪声小，密封好，而且

设备单独房间设置，有建筑隔声措施。

固体废弃物处置措施：生活垃圾分类收集，定期处理。

从环境保护角度来考虑，本项目是可行的，可能造成环境破坏的风险很小。

12.3.5 经济社会影响

本项目的社会适应性较强，可能引发的社会矛盾风险很小。

本工程建设产生的不同利益相关者主要有：航发动力现有锻造叶片制造相关人员、航发动力其它相关人员。

本项目建成后，提升了航发动力锻造叶片制造生产能力，由于新建生产线属于数字化、自动化生产线，增加生产能力的同时，人力成本增加较少，相应可以改善相关人员的收入水平。

本项目建成后，提升了航发动力的生产效益效益，且本工程对环境基本没有不利影响，总体来说，对航发动力相关人员有利无害。

从政府管理层和各级管理部门的角度出发，本项目的建设不仅可以带动地方经济的发展，同时还可以解决部分地方人员就业，可以获得政府的大力支持。

本项目与当地社会环境的适应性较好，可能引发社会矛盾的风险很小。

12.4 风险防范和化解措施

尽管本项目发生不利于社会稳定的风险程度很低，但不意味着项目的实施和运营会一帆风顺，要注意加强对项目实施和运行过程中可能出现的个体矛盾冲突的防范，并随时戒备和监控项目实施和运行过程中可能出现的风险发生。根据对项目可能诱发的风险及其评价，可采取以下的风险方法措施。

12.4.1 加强政策宣传和营造良好社会舆论氛围

建议通过广播、报纸、网络等多种新闻媒体，宣传本项目的实施将拉动地方经济发展，提供新型就业机会等诸多能带来社会富强、长期社会福利改善、收入增加这些正面的影响。有必要继续加强国家的政策法规宣传，宣传项目的合法和合理性，营造良好的社会舆论氛围。

12.4.2 项目实施聘请有经验、有资质的相关单位

聘请有经验、有资质的设计单位进行前期咨询设计，并按要求向相关部门报备。

12.4.3 注重对相关人员切身利益的保护

积极提升相关生产人员的待遇等，提供便利的生产、生活等条件。

12.4.4 加强风险预警

建立风险预警制度，对项目建设和运行过程中发生的不稳定因素进行每日排查。突发事件一旦发生或是出现苗头后，各方力量和人员都能立即投入到位，各司其职，有条不紊开展工作；设计单位的主要领导要亲临现场，对能解决的问题要现场给予承诺和答复，确保事态不扩大，把不稳定因素的影响控制在最小范围内。

12.5 风险分析结论

由于本项目运行前景良好、航发动力资本雄厚等，项目建设符合国家相关政策，项目风险属于低风险，基本没有人对项目有意见，通过有效工作可防范和化解。

13 社会效益分析

本项目是国家订货项目。该项目的完成将有力保障我国航空发动机的生产，对提高我国航空发动机制造水平，起着重要作用；对增强国防力量，提高航空工业经济实力，具有重大的意义。

14 结论

本项目为精锻叶片生产能力建设项目，通过建设先进的精锻叶片自动化生产单元，形成国际一流的航空发动机精锻叶片生产制造能力，有利于航发动力进一步发展，有利于我国航空发动机技术的进一步提升，具有良好的经济效益和社会效益。本项目建成后，可以达到5万片/年精锻叶片生产能力，产值17000万元/年。

本项目建设方案中同步采取环境保护、劳动安全、消防、节能等措施，建设方案符合国家环境保护、劳动安全、职业卫生、消防、节能等相关法规、政策等，从环保等角度分析，项目是可行的。

本方案投资估算组成合理，投资能够满足本项目建设需求，可以保障本项目的顺利进行。投资估算考虑了一定的动态因素。

本项目总投资收益率19.10%和资本金净利润率18.81%；项目投资财务内部收益率（所得税后）为13.56%，高于基准内部收益率（12%）；项目投资财务净现值（ $I_c=12\%$ ）（所得税后）为942万元，大于零；项目增量投资回收期（所得税后）为9.8年（含建设期），本项目盈亏平衡点为43.07%，有一定的抗风险能力。综上所述，在现有的价格体系及计算基准下，本项目的各项经济指标都满足评价基本要求，有一定的经济效益，并具有一定的抗风险能力，从财务评价分析，本项目可行。

本项目建设方案符合航空工业结构调整方向、符合公司发展总体规划，有良好的社会效益和经济效益。

本项目建设方案是可行的。

15 附件、附表

附件 1 陕西省发展和改革委员会文件《陕西省发展和改革委员会关于精锻叶片生产能力建设项目备案的通知》（陕发改动员[2013]1561 号）

附表 1 实施调整情况对比总表；

附表 2 新增工艺设备明细表；

附表 3 总估算表

附表 4 工程其他费用表

附表 5 工艺设备购置费及安装费表

陕西省发展和改革委员会文件

陕发改动员〔2013〕1561号

陕西省发展和改革委员会 关于精锻叶片生产能力建设 项目备案的通知

西安航空动力股份有限公司：

你公司航动计〔2013〕102号文收悉。经研究，同意你公司精锻叶片生产能力建设项目。该项目建成后，可实现年产5万片精锻叶片的生产能力。项目主要建设内容为新增精锻叶片数字化生产单元、压气机叶片自动化单元共2套工艺设备，其中进口设备一套。项目总投资12250万元（含外汇1070万美元），全部由你公司自筹解决。项目建设周期为2年。经审查，该项目符合《陕西省企业投资项目备案暂行办法》的规定，同意备案。请严格按

— 1 —

照国家基本建设有关规定组织实施。

该项目编码:61000000243870086201311303240330

陕西省发展和改革委员会

2013年11月13日

陕西省发展和改革委员会办公室

2013年11月13日印发

— 2 —



附表 1:

实施调整情况对比总表

序号	建设内容	备案情况			拟调整情况			实施情况			调整后情况			备注
		数量	投资	其中外汇	数量	投资	费用	数量	投资	费用	数量	投资	费用	
1	工艺设备购置及安装费	2	11030.63	\$1,070.00	-1	-2929.00		1	9185.60	\$1,154.28	1	9185.60	\$1,154.28	
1.1	精锻叶片数字化生产单元	1	2929.00		-1	-2929.00								
1.2	压气机叶片自动化单元	1	8101.63	\$1,070.00				1	9185.60	\$1,154.28	1	9185.60	\$1,154.28	
2	工程其他费用		394.08						114.40			114.40		
2.1	建设单位管理费		131.00						36.00			36.00		
2.2	可行性研究报告编制费		30.64						22.00			22.00		
2.3	初步设计编制费		166.94											
2.4	环境影响咨询		18.40						18.40			18.40		

	报告编制及评估费												
2.5	劳动安全预评价编制及评估费		14.72						14.00			14.00	
2.6	职业卫生预评价编制及评估费		14.72						14.00			14.00	
2.7	劳动安全专篇编制及评估费		8.83						5.00			5.00	
2.8	职业卫生专篇编制及评估费		8.83						5.00			5.00	
3	预备费		571.29										
4	建设期贷款利息		254.00										
	合计	2	12250.00	\$1,070.00				1	9300.00	\$1,154.28	1	9300.00	\$1,154.28

附表 2

调整后新增工艺设备明细表

项目名称：中国航发动力股份有限公司精锻叶片生产能力建设项目

万元/万美元

序号	设备名称	主要技术（性能）指标	国别 (供参考)	单位 (台/套)	数量	设备购置费			招标 情况	备注
						人民 币	人民 币	其中：外 汇		
	合计				1			\$1,154.28		
1	压气机叶片自动化生产单元		进口	套	1			\$1,154.28	委托 公开	
	a、五坐标叶片专用加工中心	最大叶片长度:490mm；工作行程：X轴 650mm，Y轴 650mm，Z轴 680mm；回转工作台 A1、A2 轴 $\geq \pm n \times 360^\circ$ ，B 轴摆动范围 $-100^\circ + 40^\circ$ ；定位精度：0.006mm；重复定位精度：0.0024mm。含五坐标加工中心、机内测量装置（测头、程序、其他测量程序）、RCS 叶片专用加工软件（软件及运行包）等	进口	套	(4)			(\$545.35)		

b、三坐标测量机	测量范围：500mm×500mm×500mm； 最大允许尺寸示值误差：MPEP（示值误差）≤±8 μ m；最大允许探测误差：MPEP≤1.6 μ m。 含三坐标测量机、检测系统、专用夹具等	进口	套	(2)			(\$66.21)		
c、物料配套系统	含清洗机、轨道及辅助机械装置、快换定位工装、快换定位卡盘、转接板、刀柄、智能机器人、物料系统、叶顶站得夹具等。	进口	套	(1)			(\$198.24)		
d、自适应加工软件系统	—	进口	套	(1)			(\$2.27)		
e. 生产线智能控制系统	含生产线智能控制系统及控制系统附件	进口	套	(1)			(\$49.69)		
f、磨刀机		进口	台	(1)			(\$50.00)		
g、刀库	含链式刀库、刀具	进口	套	(1)			(\$221.63)		
h、对刀仪		进口	台	(1)			(\$20.89)		

附表 3

调整后总估算表

单位：万元/万美元

序号	工程项目或费用名称	建筑面积或工程量			建筑安装工程		工艺设备 购置费	工艺设备 安装费	其他费用	合 计	其中：外汇
		数量		单位	费用	其中：建筑 设备及安装					
		新建	改造								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11=6+8+9+10	12
1	工程费用 (1.1+1.2+1.3)				0.00	0.00	9145.60	40.00	0.00	9185.60	1154.28
1.1	室内工程	0	0	m ²	0.00	0.00	9145.60	40.00	0.00	9185.60	1154.28
1.1.1	锻造叶片优良制造中心	0	0	m ²	0.00	0.00	9145.60	40.00		9185.60	1154.28
2	工程其他费用								114.40	114.40	
2.1	建设单位管理费								36.00	36.00	
2.2	可行性研究报告编制费								22.00	22.00	
2.3	环境影响咨询报告编制及评估费								18.40	18.40	

2.4	劳动安全预评价编制及评估费								14.00	14.00	
2.5	职业卫生预评价编制及评估费								14.00	14.00	
2.6	劳动安全专篇编制及评估费								5.00	5.00	
2.7	职业卫生专篇编制及评估费								5.00	5.00	
	共 计(1+2)				0.00	0.00	9145.60	40.00	114.40	9300.00	1154.28
3	预备费										
	合 计(1+2+3)				0.00	0.00	9145.60	40.00	114.40	9300.00	1154.28
4	建设期贷款利息										
	建 设 投 资				0.00	0.00	9145.60	40.00	114.40	9300.00	1154.28
	占建设投资比例				0.00%	0.00%	98.34%	0.43%	1.23%	100%	
	注：本项目设备款、银行手续费、环境预评价费等抵扣增值税 1379.35 万元，抵扣后本项目固定资产 7920.65 万元。										

附表 4

其他费用估算表

序号	名 称	收费依据	指标	计算基数	投 资 (万元)
一	工程其他费用				394.08
1.1	建设单位管理费	合同			36.00
1.2	可行性研究报告编制费	合同			22.00
1.4	环境影响咨询报告编制及评估费	合同			18.40
1.5	劳动安全预评价编制及评估费	合同			14.00
1.6	职业卫生预评价编制及评估费	合同			14.00
1.7	劳动安全专篇编制及评估费	合同			5.00
1.8	职业卫生专篇编制及评估费	合同			5.00
2	预备费				
2.1	基本预备费				
3	建设期贷款利息				
	合 计				1219.37

附表 5

调整后工艺设备购置费及安装费计算表

单位：万元、万美元

序号	设备名称	数量 台/套	设备购置费单价									设备购置费合计		设备安装费		设备购置费 及安装 费 合计
			设备原价		关税 率%	增值 税 率%	关税 增值 税	银行费 公司费	商 检 费	国 内 运杂费	小计	人民币 合 计	其 中 外 汇	费率 (%)	投 资	
			到岸价 CIF\$	人民币												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12=5+8+ 9+10+11	13=3× 12	14=3×4	15	16=3× 5×15	17=13+1 6
1)	压气机 叶片自 动化单 元	1	1154.28	7178.13			1918.84	4.13	1.0 0	43.50	9145.60	9145.60	1154.28		40.00	9185.60
	合计											9145.60	1154.28		40.00	9185.60