

重型金属构件电熔精密成型技术 产业化项目

可行性分析报告

佛山市南海南方风机研究所有限公司

二〇一二年八月

目 录

- 一、项目概述
- 二、项目研发进展及发展前景
- 三、项目目标市场分析
- 四、项目财务评价
- 五、项目风险分析
- 六、结论

一、项目概述

1、项目名称

重型金属构件电熔精密成型技术产业化项目（以下简称“项目”），包括了重型金属构件电熔精密成型技术的工程化研发、专用工程设备的研制以及产业化的实施。

2、项目承办单位

本项目的承办单位为佛山市南海南方风机研究所有限公司（以下简称“南方风机研究所”），南方风机研究所是南方风机股份有限公司（以下简称“南风股份”）的控股子公司。

3、我国重大装备制造业对重型金属构件的需求及其制造技术现状

目前，核电、火电、水电、石化、冶金、船舶等行业现代重大工业装备正向大型化、复杂化、高性能参数和极端条件下高可靠性、长寿命服役方向快速发展。以现代发电装备为例，火力发电装备机组今后将以60万千瓦级和100万千瓦级超临界和超超临界大型机组为主，核电装备将以百万千瓦级以上大型机组为主，其汽轮机高压涡轮蒸汽进口温度和压力将由目前超临界机组最高的620°C/31MPa提高到“超超临界”机组的700°C/34MPa以上。

重大工业装备的日益大型化和服役要求极端化，使其所需的高强度钢、耐热合金等重型关键金属构件尺寸越来越大、性能和质量要求越来越高，例如，百万千瓦级核电机组常规岛耐热高强钢低压整体转子锻件是目前世界上所需钢锭最大、锻件毛坯重量最大、截面尺寸最大、技术要求最高的实心锻件，转子构件重量为170吨，其锻坯制备需

600吨级钢锭，目前世界上只有日本JSW（日本制钢所）等为数不多的几家企业具备制造能力，其超临界机组高中压复合转子则要求整体转子两端有不同的性能，转子构件重量在100吨左右，锻坯制备所需钢锭超过了200吨。百万千瓦核电机组核岛部分的压力壳、蒸汽发生器、稳压器的壳体和管板等重型关键构件均需采用技术要求高、规格大、形状复杂的低合金钢锻件来加工制造，尤其是其反应堆压力容器合金钢整体顶盖、下封头、锥形筒体等形状复杂的超大型核心构件及蒸发器管板都需要整体锻造。上述重型构件的制造，需要数百吨级大型钢锭冶炼、铸造和万吨级水压机等重型锻造工业装备，且制造工序多、工艺复杂、质量控制难度大、生产周期长、构件成本高。低合金高强度钢、耐热钢及不锈钢等重型关键金属构件制造，一直以来被世界公认为是核电、火电、水电、冶金、石化、船舶等行业重型装备制造的基础和国际竞争的核心技术。

我国目前重型金属构件制造能力尚不能满足重大装备发展的需要，核电机组反应堆合金钢压力容器壳体和不锈钢主管道、蒸汽发生器合金钢壳体和管板、稳压器壳体、超临界和超超临界汽轮机组耐热钢转子、大型水轮机转轮等相当数量的关键重型金属构件尚依赖进口。例如，我国目前实施建设中的第三代核电站成套装备，其核反应堆压力容器、蒸汽发生器、稳压器等全部核岛大型关键高强度合金钢锻件、百万千瓦级核电超临界汽轮机组低压整体转子耐热钢大型锻件以及组合式船用曲轴等高性能大型复杂关键金属构件还依靠从日本JSW、韩国斗山重工等公司进口。一方面，设备进口价格居高不下，而且在关键时候还受到其对中国出口的限制，一定程度上严重影响了项目的建

设进度和增大了设备的投资，从而制约了我国核电等重型装备制造业的发展。

4、重型金属构件电熔精密成型技术的原理及其优势

(1) 重型金属构件电熔精密成型技术的原理

本项目由南方风机研究所自主研发、具有完全自主核心知识产权。“重型金属构件电熔精密成型技术”是一种国际首创、全新的重型金属构件短流程精密成型制造新技术。

该技术采用专用合金钢材、特殊粉末及其冶金辅助材料作为主要原材料，采用自主研发的电熔精密成型设备，在特殊电熔冶金环境中，利用强电流高效电热冶金原理使原材料在强拘束条件下熔化和原位冶金精炼，通过同步高温微区冶金和单向凝固生长，实现高致密度、高性能重型金属构件精密坯件的增材制造，成型的构件精密坯件再经后续特殊热处理和小余量的机械加工即可制造出高质量的重型金属构件。

(2) 重型金属构件电熔精密成型技术的优势

重型金属构件电熔精密成型技术是一种原理全新的重型金属构件短流程、绿色、精密、数字化制造新技术，与传统铸锭冶金、锻造制造技术相比，具有以下突出的技术和经济优势：

- 1) 无需百吨级以上的大型熔炼和铸锭基础设施。
- 2) 无需万吨级重型锻造工业装备及其大型配套设施。
- 3) 重型金属构件电熔精密成型构件冶金质量高、性能好。
- 4) 重型金属构件电熔精密成型坯件精密，机械加工余量小，节省

材料（材料利用率可达65~85%以上）。

5) 生产工序少、周期短、成本低。

该技术对构件材料、构件几何尺寸、形状和用途具有很强的适用性和通用性，可广泛应用于核电、火电、水电、石化、冶金、船舶等行业的现代重大工业装备中所需的各种高强低合金钢、高强高合金钢、耐热合金钢、不锈钢等重型构件的精密成型，具有突出的技术和经济优势。例如，某核电站蒸气发生器低合金钢“下筒体”零件的重量约50吨，采用传统锻造技术和本项目的电熔精密成型技术两种方法制造该构件的技术经济对比情况如下表：

| 对比内容 | 传统制造技术 | 电熔精密成型技术 |
|-----------|--|--|
| 材料消耗 | 186 吨（钢锭） | 75 吨（线材、粉末） |
| 主要装备与生产工序 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 制造装备： 需要 200 吨以上大型电弧炉等合金钢冶炼设备及钢水处理和钢锭浇注设备、12500 吨或 15000 吨水压机等锻造设备、大型构件热处理淬火设备等。 ➤ 制造工序：合金钢水电炉冶炼、钢包精炼、真空除气、钢锭浇注、钢锭冒口气割下料、冲孔、镦粗、芯棒拔长、马杠扩口等锻造、粗加工和淬火热处理等工序。 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 制造装备：只需自主研发的重型构件电熔精密成型装备一套。 ➤ 制造工序：电熔精密成型一道工序即可完成构件精密坯件制造。构件最终热处理前无需机械加工，无需淬火热处理及其淬火设备。 |
| 主要模具 | 铸造模、镦粗模、冲孔模、芯棒等 | 无需模具，数字化制造 |

| | | |
|-------|--------------------------|------------------------|
| 材料利用率 | 小于 30%（构件单边加工量不少于 100mm） | 大于 65%（构件单边加工量小于 25mm） |
| 制造周期 | 超过半年 | 小于 3 个月 |

二、项目研发进展及发展前景

1、重型金属构件电熔精密成型技术及工程化装备研发进展

南方风机研究所自主研发的“重型金属构件电熔精密成型技术”，是一种国际首创的重型金属构件短流程、绿色、精密、数字化、“增材制造”新技术，在构件成型方法、材料特殊冶金技术、成型装备原理等核心技术上完全不同于目前国内外尚处于研发阶段的激光快速成型等“传统”增材制造技术，是对大型/特大型重型金属构件传统加工工艺的一项变革。经过南方风机研究所研发团队的大量前期研究，在其工程化关键技术已经取得了一定的突破性进展，为该技术的深度工程化研发和产业化应用奠定了坚实基础，具体如下：

（1）重型金属构件电熔精密成型工艺、质量及工艺装置关键技术

突破了重型构件电熔冶金单向生长精密成型方法、成型工艺及关键工艺参数优化、成型效率、成型工艺过程控制、成型质量控制等工艺关键技术及关键工艺装置关键技术，掌握了重型金属构件电熔精密成型工艺关键技术，并已成功成型制造出了重量超过 10 吨、直径超过 2m 的高强度低合金钢核电蒸发器筒体缩比件精密坯件样件。

（2）电熔精密成型重型金属构件原材料关键技术

南方风机研究所已掌握重型金属构件电熔精密成型专业特殊合金钢丝原材料的冶炼、加工、检验、储存关键技术，掌握重型金属构件电

熔精密成型特殊辅助冶金材料及其制备关键技术,掌握重型金属构件电熔精密成型冶金控制关键技术。

(3) 重型金属构件电熔精密成型成套装备及控制关键技术

突破了大电流密度微池冶金高效熔化冶金装置及控制、金属原料动态输送装置及稳定性控制、微池冶金状态控制、机械系统、电气系统、加热系统、冷却系统、冶金生长环境气氛控制系统等关键技术,研发出适合于不同类型重型金属构件的立式成型专用装备、卧式成型专用装备等工程样机,并在上述样机上完成直径大于 2m、重量超过 10 吨的低合金钢重型构件缩比件的电熔精密成型制造。

截至目前,南方风机研究所已掌握并完成了重型金属构件批量产业化大型成套装备系统的设计和优化。

2、重型金属构件电熔精密成型技术应用前景

目前,我国重型金属构件制造能力远不能满足核电、火电、水电、冶金、石化、船舶等行业重大装备制造业快速发展的需要,核电等重大装备制造急需的大量重型关键金属构件还主要依靠从日本 JSW、韩国斗山重工等国际重型构件制造商巨头进口,国家重大装备制造业发展受制于人。

本项目自主研发的重型金属构件电熔精密成型技术,是一种原创性的重型金属构件短流程、绿色、精密、数字化、“增材制造”新技术,不再依赖百吨级以上的重型铸锭冶金熔炼和铸造工业基础设施、万吨级重型锻造工业装备及其大型系列配套设施,构件性能优异、机械加工余量小、节省材料、生产周期短、降低了制造成本,具有突出的技术优势和经济优势。

随着重型构件电熔精密成型技术的发展和进一步推广,采用该技术制造的重大高端装备高性能复杂关键重型金属构件,在构件性能、制造周期、制造成本、材料消耗和制造装备依赖性等方面具有突出的优势,可望为我国重大工业装备所需的重型金属构件的制造技术带来变革影响,对有效解决我国重型锻件在技术水平、生产能力和生产效率方面的不足的问题,满足国内旺盛的重型金属构件市场需求,打破高端重型关键构件市场和技术被国外巨头垄断的局面,填补国内空白,及振兴我国重大装备制造业都具有重要意义。

重型金属构件电熔精密成型技术,采用南方风机研究所自主研发的高技术、“轻装备”,摆脱对传统重型制造装备的依赖,为我国高端重型金属构件成型制造提供了一条全新的技术途径,在核电、火电、水电、冶金、化工、船舶等行业高端重型装备制造领域具有广阔的应用前景。

三、项目目标市场分析

根据《高端装备制造业“十二五”发展规划》,到2015年,高端装备制造业销售收入要从2010年的约1.6万亿元增长到6万亿元以上,在装备制造业中的占比从8%提高到15%。高端装备制造业会朝着培育成为国民经济支柱产业的方向发展,因此,未来10~15年将是我国推进工业化的关键时期,核电、火电、水电、冶金、化工、船舶等行业都将继续快速发展,孕育着对大型铸锻件的空前需求。

1、核电装备领域

根据我国核电中长期发展规划,到2020年核电装机容量将达到7000万千瓦以上,设备的国产化率达到70%,加快核电大型关键锻

件设备国产化是首要目标。

根据初步的统计，一套百万千瓦压水堆核电机组核岛部分的反应堆压力容器、蒸汽发生器和稳压器的壳体及管板、主管道锻件按 5 亿元计算，平均每开工建设 5 台核电机组，大型铸锻件市场就在 25 亿元以上。此外，核电常规岛部分也需要大量的铸锻件。因此，无论从振兴国家重大装备制造业，实现核电国产化的角度，还是从市场经济效益的角度，本项目在核电领域具有广阔的发展空间。

2、火电装备领域

为了满足我国工业化和现代化建设对电力的需要，2010-2020 年，将是我国电力发展的关键时期。我国火电装机容量约占总发电设备装机容量的 75%，按照现在发展态势，预计今后我国火电建设速度会适当放缓。根据国家发改委重大技术装备协调办公室公布资料，预计到 2020 年，全国装机容量将达到 900 GW 左右，因此，大型燃煤机组每年约增加 100 台。根据中国重型机械工业协会统计，每台大型燃煤机组平均需要大型锻件约 230 吨，大型铸件约 250 吨。预计每年火电需要的大型锻件约 2.3 万吨，大型铸件约 2.5 万吨。按照从锻件毛坯到成品锻件的成品率 55% 计算，火电平均年需毛坯铸、锻件约 7 万吨，市场容量巨大。

3、水电装备领域

我国水利资源非常丰富，但开发程度只有 20% 左右。中长期来看我国的水电事业仍然将继续发展，根据《可再生能源中长期发展规划》估计，未来 10 年内将新增单机容量 50 万千瓦及以上大型水电机

组 200 多台，每年平均新装 20 台。按照每台大型水电机组需锻件 250 吨，大型铸件 150 吨计算，我国每年需要水电大型铸锻件 8000 多吨。按照从锻件毛坯到成品锻件成品率 55% 算，水电设备年均需求毛坯铸、锻件 1.6 万吨以上。

4、石化装备领域

根据《世界能源展望 2008》预测，中国的石油需求增长远高于世界增长，平均每年增长 3.5%，而世界能源增长仅为每年 1%。根据国家发改委《炼油工业中长期发展专项规划》和《石化产业调整和振兴规划》，预计我国原油加工能力到 2020 年达 5 亿吨左右，将新建和改造 20 多个千万吨级大型炼油厂，炼油厂配套的大型加氢反应器的需求量相应增加，其中千吨级以上加氢反应器占 1/3，预计每年需锻焊结构的厚壁重型容器 30 台左右，市场规模大约 40-50 亿元。

5、冶金设备领域

我国是钢铁材料生产和消费大国，随着钢铁工业的技术升级和结构调整步伐进一步加快，预计“十二五”期间，每年冷热连轧机新建和配件所需锻钢支承辊约 1000 支左右，毛坯锻件约 7 万吨（每支毛坯锻件重 70 吨）；每年中厚板轧机锻钢支承辊新建和配件约 150 支（每支毛坯锻件重 100 吨），毛坯锻件约 1.5 万吨。热轧工作辊每年需要毛坯锻件约 3 万吨。合计起来，每年需在万吨级水压机上生产的大型轧辊毛坯锻件接近 12 万吨。

6、船舶装备领域

2003 年以来，我国船舶工业进入了快速发展轨道。产业规模不

断扩大，造船产量快速增长，造船完工量、新接订单量、手持订单量已连续多年居世界前列。船舶工业调整和振兴规划目标中不仅对国产化设备配套能力提出了要求，即三大主流船型本土生产的船用配套设备的平均装船率达到 65% 以上，船用低速柴油机、中速柴油机、甲板机械等配套设备的国产化率达到 80% 以上，而且同时提出了加快报废更新老旧船舶和淘汰单壳油轮，积极发展远洋渔船、特种船、工程船、工作船等专用船舶；发展海洋工程装备等措施，以上措施将增大大型铸锻件的需求。

2010 年，中国承接新船订单已占世界市场份额 46.5%，成为世界造船史上第一个订单量超亿吨的造船大国，未来几年，我国造船能力也将成为全球第一。因此，国内每年将需要大型船用曲轴 350 根以上，平均每年需要在万吨级水压机上生产的毛坯锻件需求量超过 5 万吨。

综上，重型金属构件电熔精密成型技术代表了未来高端重型金属构件的加工趋势，随着我国高端重大装备制造业的发展，该项目具有广阔的市场前景。

四、项目财务评价

本项目总投资为 16,760 万元，项目总投资所需资金拟由建设者自筹。

本项目财务评价计算期包括建设期和生产运行期，本项目建设期为二年，生产运行期按十年进行分析，计算期一共是十二年。生产运行期第一年产能按正常产能的 40% 计算，生产运行期第二年产能按正常产能的 80% 计算，生产运行期第三年开始产能按正常生产产能

100%计算，设备折旧年限为 10 年，所得税率为 25%。

本项目正常每年生产电熔精密成型重型金属构件产品约为 3,500 吨，包括核电、火电、水电、冶金、化工、船舶等行业装备制造领域所需的压力容器壳体及管板、重型容器、超临界和超超临界汽轮机组转子、船用曲轴等高端重型金属构件。本项目正常生产实现年销售收入预计 50,000 万元，总成本费用为 30,204 万元，净利润为 12,170 万元，项目经营风险较小。

本项目具有较好的盈利能力，投资回收期短，回收期为 6.06 年（税后），项目财务内部收益率为 24.93%（税后），高于基准收益率（12%），财务净现值所得税前和所得税后均为正值。

综上，本项目具有较强的盈利能力，各项财务指标较好，在财务上可行。

五、项目风险分析

重型金属构件电熔精密成型技术和装备研究虽然取得了重大技术突破，但随着项目的实施，依然存在以下风险：

1、市场风险

本项目的产品属于国家鼓励发展的高端重大装备制造领域，具有广阔的市场前景。本项目最主要的市场风险原材料涨价风险方面。为此，南方风机研究所将逐步建立健全完善的采购体系及相关管理制度，提高了风险防范能力。

2、资金风险

资金风险主要是指建设资金供应不足或者来源中断导致项目工期拖期甚至被迫终止，或者利率变化导致融资成本升高。但本项目投资资金来源为自筹，项目盈利能力强，资金风险可以得到有效的控制。

3、技术风险

本项目自主研发的重型金属构件电熔精密成型技术专用设备和材料冶金技术等核心技术均属国内外首创，属全新的多学科综合交叉领域，无相关经验可鉴，技术难度高、技术涉及面广、研发工作量很大，完全依靠自主研究探索，具有一定的技术风险。但南方风机研究所技术研发团队已进行了长期研究，积累了丰富的研发经验和技術基础，并取得了一定的突破性进展，技术工程化产业化的技术风险较小。

4、人力风险

本项目产业化的实施还需要大量的人才培养。本项目在研发实施过程中逐步培养锻炼出核心技术管理团队，并将逐步打造出一支熟悉制造、材料、机械、检验、装备、电气等多学科知识的技术和产业化队伍。此外，防止人才的流失是公司控制人力风险的另一个重要方面，公司建立了良好的人才晋升和绩效考核机制，确保团队的稳定和团结。

六、结论

本项目是新一代的重型金属构件成型加工技术，是高端重大工业装备大型、特大型关键金属构件制造方式的一项变革性技术，可广泛应用于百万千瓦核电装备、百万千瓦超临界和超超临界火电机组及水电、石化、冶金、船舶等行业现代重大工业装备合金钢等重型金属构件的制造，市场前景广阔。项目的实施将进一步增强南方风机研究所和

南风股份的整体技术实力和市场竞争能力，提升和扩大南方风机研究和南风股份所在机械制造领域的技术地位和综合竞争力，能够有效打破国外对高端重型锻件核心技术的封锁，填补国内空白，加快高端重型装备制造业的转型升级。该项目的实施是提升我国产业核心竞争力的必然要求，是抢占未来经济和科技发展制高点的战略选择，对于我国由制造业大国向强国转变具有重要战略意义。

项目投资回收期短，回收期为 6.06 年（税后），项目财务内部收益率为 24.93%（税后），高于基准收益率(12%)，财务净现值所得税前和所得税后均为正值，项目达产后年净利润为 12,170 万元，具有较强的盈利能力，各项财务指标较好。

因此，综合以上各项情况及论证分析，该项目符合《高端装备制造业“十二五”发展规划》，具有广阔的市场前景和重要的战略意义，有利于促进南方风机研究所和南风股份在高端重型金属构件成型制造领域的发展，并能产生较好的经济效益，项目方案可行。