

# 中国火箭发动机行业发展分析报告

## 目 录

### CONTENTS

#### 第1章：中国火箭发动机行业发展综述

##### 1.1 火箭发动机概述

- 1.1.1 火箭发动机行业的定义
- 1.1.2 火箭发动机主要性能参数

##### 1.2 火箭发动机发展环境分析

- 1.2.1 全球卫星通信产业日益受到各国重视
  - (1) 全球卫星制造业收入
  - (2) 全球卫星制造业收入结构
  - (3) 全球卫星制造业前景预测
- 1.2.2 全球商业发射市场起步
- 1.2.3 我国军费投入向高新武器装备重点倾斜
- 1.2.4 北斗卫星导航系统：2020年基本覆盖全球
- 1.2.5 空间科技发展路线图提供了总体指导

##### 1.3 火箭发动机相关政策及行业标准

- 1.3.1 《关于促进卫星应用产业发展的若干意见》
- 1.3.2 《2011年中国的航天》白皮书
- 1.3.3 《国家卫星导航产业中长期发展规划》
- 1.3.4 高端装备制造业产业政策
  - (1) 火箭发动机相关行业标准

##### 1.4 火箭发动机专利现状

- 1.4.1 行业专利申请数量
- 1.4.2 行业专利类型分析
- 1.4.3 技术领先申请人分析
- 1.4.4 行业热门技术分析

#### 第2章：液体火箭发动机发展分析

##### 2.1 液体火箭发动机概述

- 2.1.1 液体火箭发动机发展历程
- 2.1.2 液体火箭发动机工作原理和特点
  - (1) 工作原理
  - (2) 液体火箭发动机特点
- 2.1.3 液体火箭发动机技术发展
  - (1) 提高燃烧室压力
  - (2) 提高单台发动机的推力
  - (3) 高比冲和高密度比冲液体推进剂的应用
  - (4) 新型发动机动力循环方式的应用
  - (5) 针对可重复使用运载器所进行的发动机方案研究
  - (6) 提高可靠性和降低成本
  - (7) 改进现有型号发动机
  - (8) 新材料和先进生产工艺的应用
- 2.1.4 液体火箭发动机应用范围
  - (1) “土星”5号火箭发动机
  - (2) 航天飞机主发动机
  - (3) 姿控和轨控发动机

##### 2.2 液体火箭发动机主要结构

- 2.2.1 液体火箭发动机推力室
  - (1) 液体火箭发动机推力室概述
  - (2) 液体火箭发动机推力室的工作过程
  - (3) 液体火箭发动机推力室组成
- 2.2.2 推进剂供应系统
  - (1) 挤压式供应系统
  - (2) 泵压式供应系统

- (3) 推进剂供应系统比较
- 2.2.3 发动机控制系统
  - (1) 基本控制系统
  - (2) 推力控制系统
  - (3) 推进剂混合比和推进剂利用控制

### 2.3 液体火箭发动机推进剂与应用材料

- 2.3.1 液体推进剂
  - (1) 液体推进剂分类
  - (2) 液体推进剂的物理化学性能
  - (3) 液体推进剂的能量特性
- 2.3.2 液体火箭发动机应用材料
  - (1) 纯碳钢/低合金钢
  - (2) 不锈钢
  - (3) 铁基超耐热合金
  - (4) 铝合金
  - (5) 铜合金
  - (6) 镍基合金
  - (7) 钴合金
  - (8) 钛合金
  - (9) 热塑性塑料
  - (10) 合成橡胶
  - (11) 石墨和陶瓷
  - (12) 复合材料
  - (13) 粘合剂
  - (14) 润滑剂
  - (15) 电镀、表面光洁度和涂层

### 2.4 国外液体火箭发动机发展情况

- 2.4.1 俄罗斯
  - (1) 概述
  - (2) 应用实例
- 2.4.2 美国
  - (1) 概述
  - (2) 应用实例
- 2.4.3 欧洲
  - (1) 概述
  - (2) 应用实例
- 2.4.4 日本
  - (1) 概述
  - (2) 应用实例

### 2.5 我国液体火箭发动机发展情况

- 2.5.1 概述
- 2.5.2 新型液体火箭发动机研发
  - (1) YF-77火箭发动机
  - (2) YF-100火箭发动机

### 2.6 液体火箭发动机发展趋势

## 第3章：固体火箭发动机发展分析

### 3.1 固体火箭发动机发展概述

- 3.1.1 固体火箭发动机发展历程
- 3.1.2 固体火箭发动机的基本组成和工作过程
  - (1) 固体火箭发动机基本组成
  - (2) 固体火箭发动机工作过程
- 3.1.3 固体火箭发动机特点
- 3.1.4 固体火箭发动机的应用范围
  - (1) 各种军用火箭弹和导弹的动力装置
  - (2) 在宇宙航行中的应用不断增加
  - (3) 飞行器上面级发动机的首选动力装置
  - (4) 各种飞行器辅助发动机的首选动力装置
  - (5) 广阔的民用前景

### 3.2 固体火箭发动机推进剂和应用材料

- 3.2.1 固体推进剂
  - (1) 发展历程
  - (2) 主要类别
  - (3) 未来发展趋势
- 3.2.2 固体火箭发动机应用材料
  - (1) 金属材料
  - (2) 玻璃钢
  - (3) 芳纶复合材料
  - (4) 碳纤维复合材料
  - (5) 树脂基体
  - (6) 内绝热层
- 3.3 国外固体火箭发动机发展情况**
  - 3.3.1 国外航天用固体火箭发动机发展情况
    - (1) 固体火箭助推器
    - (2) 空间发动机
    - (3) 分离和逃逸发动机
  - 3.3.2 国外战略武器用固体火箭发动机技术发展情况
    - (1) 高压强发动机
    - (2) 超高速导弹发动机
    - (3) 固体冲压发动机
- 3.4 我国固体火箭发动机发展情况**
  - 3.4.1 FG-02 长征一号运载火箭第三级固体发动机
    - (1) 概述
    - (2) 发动机结构
  - 3.4.2 DFH2-1 东方红二号卫星远地点发动机
    - (1) 概述
    - (2) 发动机结构
    - (3) 改进与发展
  - 3.4.3 FG-23A返回式卫星制动发动机
    - (1) 概述
    - (2) 发动机结构
    - (3) 改进与发展
  - 3.4.4 FY2-1风云二号卫星远地点发动机
    - (1) 概述
    - (2) 发动机结构
    - (3) 改进与发展
  - 3.4.5 EPKM近地点发动机
    - (1) 概述
    - (2) 发动机结构
    - (3) 改进与发展
  - 3.4.6 FG-47长二丙改进型火箭变轨发动机
    - (1) 概述
    - (2) 发动机结构
    - (3) 改进与发展
- 3.5 固体火箭发动机发展趋势**

## 第4章：混合火箭发动机及其他火箭发动机发展分析

### 4.1 固液混合火箭发动机发展情况

- 4.1.1 主要特点及应用方向
- 4.1.2 发展历程及现状
  - (1) 固液探空火箭
  - (2) 固液小型运载火箭
  - (3) 固液飞船
  - (4) 固液靶标与导弹
  - (5) 固液助推器、上面级和姿轨控发动机
- 4.1.3 中国研究和发 展情况
- 4.1.4 北航固液探空火箭
  - (1) 总体设计流程
  - (2) 系统设计方法
  - (3) “北航2号”固液探空火箭

- (4) “北航3号” 固液探空火箭
- 4.1.5 主要关键技术
- 4.2 核火箭发动机发展情况分析**
  - 4.2.1 美俄核火箭技术发展概述
    - (1) 美国
    - (2) 俄罗斯
  - 4.2.2 核分裂热推进引擎
  - 4.2.3 空间核反应堆系统
    - (1) 美国
    - (2) 俄罗斯
- 4.3 电火箭发动机发展情况**
  - 4.3.1 电推进系统组成
  - 4.3.2 电推进分类及特点
    - (1) 电热型推进系统
    - (2) 静电型推进系统
    - (3) 电磁型推进系统
  - 4.3.3 发展水平
- 第5章：火箭发动机行业主要研制企业**
  - 5.1 国外主要火箭发动机研制企业**
    - 5.1.1 动力机械科研生产联合体（NPO Energomash）
    - 5.1.2 洛克达因公司
    - 5.1.3 阿连特技术系统公司（ATK公司）
    - 5.1.4 斯奈克玛公司
  - 5.2 国内火箭发动机研制企业**
    - 5.2.1 航天推进技术研究院（中国航天科技集团公司第六研究院）
      - (1) 公司简介
      - (2) 发展历程
      - (3) 主要产品
      - (4) 主要子公司介绍
    - 5.2.2 航天动力技术研究院（中国航天科技集团公司第四研究院）
      - (1) 公司简介
      - (2) 主要子公司介绍

## 图表目录

- 图表1：火箭发动机基本形式
- 图表2：飞行器发动机具体分类
- 图表3：火箭发动机性能参数
- 图表4：2008-2013年全球卫星制造业收入情况（单位：亿美元，%）
- 图表5：2013年发射卫星数量和收入的领域分布（单位：%）
- 图表6：2013年卫星制造业收入地区分布（单位：%）
- 图表7：2007-2013年全球GEO卫星订单数量变化（单位：颗，%）
- 图表8：2008-2020年全球军事卫星发射数量及预测（单位：颗）
- 图表9：载人航天三部曲
- 图表10：2011-2014年中国军费预算及增速（单位：亿元，%）
- 图表11：截至2015年中国北斗卫星导航系统卫星发射情况
- 图表12：中国至2050年空间科技发展路线图
- 图表13：《2011年中国的航天》白皮书航天运输系统建设
- 图表14：涉及火箭发动机的高端装备制造产业鼓励政策概要
- 图表15：火箭发动机部分行业标准
- 图表16：1996-2015年8月我国火箭发动机技术专利申请数量（单位：项）
- 图表17：截至2015年8月末火箭发动机相关专利类型构成（单位：项，%）
- 图表18：截至2015年8月末我国火箭发动机技术专利申请人TOP10（单位：项）
- 图表19：截至2015年8月末中国火箭发动机技术相关专利分布领域（前十位）（单位：项）
- 图表20：液体火箭发动机优劣势分析
- 图表21：苏联“能源”号火箭第一级液体火箭发动机RD-170

- 图表22: 液体火箭发动机主要构成简图
- 图表23: 美国“土星”5号运载火箭第一级液体火箭发动机F-1组成外观图
- 图表24: 液体火箭发动机RL-10A-3-3截面图
- 图表25: RZ-2液体火箭发动机推力室
- 图表26: 燃烧室工作过程
- 图表27: 液体火箭发动机推力室燃烧室特征长度
- 图表28: 液体火箭发动机推力室燃烧室特征长度（按推进剂组合划分）数值范围（单位：L/m）
- 图表29: 液体火箭发动机推力室球形燃烧室
- 图表30: 液体火箭发动机推力室圆筒形燃烧室
- 图表31: 液体火箭发动机推力室环形燃烧室
- 图表32: 部分典型发动机的燃烧室质量流量密度
- 图表33: 燃烧室收缩比选定数值范围
- 图表34: 锥形喷管示意图
- 图表35: 锥形喷管非轴向流动损失示意图
- 图表36: 锥形喷管和钟形喷管的效率（喷管扩张比=7）
- 图表37: 钟形喷管主要方案
- 图表38: 采用可延伸喷管的RL-10B-2火箭发动机
- 图表39: 环形气动塞式喷管和直排式气动塞式喷管简图
- 图表40: 膨胀偏转喷管
- 图表41: RD-107发动机
- 图表42: 各类型喷管长度的比较
- 图表43: 单组元喷嘴
- 图表44: 双组元喷嘴
- 图表45: 三组元喷嘴
- 图表46: 部分气液喷嘴的结构方案
- 图表47: 部分液体喷嘴的结构方案
- 图表48: 部分气气喷嘴的结构方案
- 图表49: 在气瓶出口给气体加热的系统示意图
- 图表50: 在气瓶内给气体加热的系统示意图
- 图表51: 气瓶串联系统示意图
- 图表52: 用固体冷却剂的固体推进剂燃气发生器示意图
- 图表53: 用叠氮冷却填料的固体推进剂燃气发生器示意图
- 图表54: 热燃气与贮气瓶中其他混合的固体推进剂燃气发生器示意图
- 图表55: 喷注冷却的燃气发生器系统示意图
- 图表56: 燃气发生器压缩气体系统示意图
- 图表57: 喷注冷却的双燃气发生器系统示意图
- 图表58: 在贮箱中直接反应的系统示意图
- 图表59: 燃气发生器循环示意图
- 图表60: 推力室抽气循环示意图
- 图表61: 膨胀循环示意图
- 图表62: 补燃循环示意图
- 图表63: 全流量补燃循环示意图
- 图表64: 发动机动力系统循环方案对比
- 图表65: 挤压式供应系统与泵压式供应系统的对比
- 图表66: SSME发动机控制系统示意图
- 图表67: 典型的发动机启动和关机程序控制
- 图表68: 通过调节燃气发生器组元流量来调节推力
- 图表69: 通过调节推力室组元流量来调节推力
- 图表70: 发动机推进剂混合比闭环控制系统
- 图表71: 发动机的推进剂利用控制系统
- 图表72: 液体推进剂分类
- 图表73: 主要液体氧化剂的物理化学性能
- 图表74: 主要液体燃料的物理化学性能
- 图表75: 主要单组元推进剂的能力特性
- 图表76: 主要双组元推进剂的能量特性
- 图表77: 俄罗斯研制的主要液体火箭发动机
- 图表78: RD-107火箭发动机和RD-108火箭发动机技术参数
- 图表79: RD-253发动机和RD-275发动机技术参数
- 图表80: RD-170、RD-171和RD-171M火箭发动机技术参数

- 图表81: RD-180和RD-191火箭发动机技术参数  
图表82: NK-15、NK-33、NK-43火箭发动机技术参数  
图表83: RD-0120氢氧发动机技术参数  
图表84: 美国研制的主要液体火箭发动机  
图表85: SSME火箭发动机技术参数  
图表86: RS-68火箭发动机技术参数  
图表87: F-1火箭发动机技术参数  
图表88: J-2X火箭发动机技术参数  
图表89: RL 10火箭发动机技术参数  
图表90: 欧洲研制的主要液体火箭发动机  
图表91: 火神发动机 (Vulcain) 技术参数  
图表92: HM-7B和Vinci火箭发动机技术参数  
图表93: 日本研制的主要液体火箭发动机  
图表94: LE-7A火箭发动机技术参数  
图表95: 我国研制的主要液体火箭发动机  
图表96: YF-77发动机技术指标  
图表97: YF-100发动机技术指标  
图表98: YF-100发动机主要创新点  
图表99: Power cycle weight comparison (1424kN sea-level thrust engines/vehicle)  
图表100: 欧洲火箭动力装置两种方案  
图表101: 固体火箭发动机结构图  
图表102: 固体火箭发动机工作过程  
图表103: 固体火箭发动机优劣分析  
图表104: 航天飞机两种推进系统提供动力和成本比较 (单位: 没有, %)  
图表105: 美国航天用助推发动机飞行成功率  
图表106: 三种固体推进剂性能参数对比 (单位: 牛·秒/千克, g/cm<sup>3</sup>)  
图表107: 几种芳族有机纤维性能比较  
图表108: 先进的高强中模碳纤维性能  
图表109: 国外主要固体助推器性能表  
图表110: 国外典型的空用固体发动机性能表  
图表111: FG-02 发动机主要性能及结构参数 (单位: 毫米, 公斤, 千牛, 兆帕, 千牛·秒, 牛·秒/公斤, 秒)  
图表112: FG-02 发动机结构图  
图表113: FG-02 发动机壳体主要性能和结构参数 (单位: 毫米, 兆帕)  
图表114: FG-02 发动机绝热层及衬层的主要性能参数 (单位: 兆帕, 毫米/秒, 公斤/米<sup>3</sup>, %)  
图表115: FG-02 发动机推进剂药柱主要性能及结构参数 (单位: 毫米, 牛·秒/公斤, 毫米/秒, 公斤/米<sup>3</sup>, 公斤, %)  
图表116: DFH2-1固体火箭发动机主要性能与结构参数 (单位: 毫米, 公斤, 千牛, 兆帕, 千牛·秒, 牛·秒/公斤, 秒)  
图表117: DFH2-1固体火箭发动机结构图  
图表118: DFH2-1固体火箭发动机绝热层及衬层的主要性能参数 (单位: 兆帕, 毫米/秒, %)  
图表119: DFH2-1固体火箭发动机推进剂药柱主要性能与结构参数 (单位: 毫米, 牛·秒/公斤, 毫米/秒, 1/开, 公斤/米<sup>3</sup>, 公斤)  
图表120: DFH2-1B固体火箭发动机主要性能与结构参数 (单位: 毫米, 公斤, 千牛, 兆帕, 千牛·秒, 牛·秒/公斤, 秒)  
略.....完整目录请咨询客服

如需了解报告详细内容, 请直接致电前瞻客服中心。

全国免费服务热线: 400-068-7188 0755-82925195 82925295 83586158

或发电子邮件: [service@qianzhan.com](mailto:service@qianzhan.com)

或登录网站: <https://bg.qianzhan.com/>

我们会竭诚为您服务！