

飞机刹车副与航天用炭/炭复合材料行业研究报告

作者：江伟 罗宇晨

一、行业基本概况

粉末冶金复合材料是以传统的粉末冶金技术为基础，结合先进的复合材料技术制备的材料。该制备技术既具有粉末冶金技术的少加工、低成本、材料利用率高优势，同时也可赋予材料高性能、多功能、高强高韧等特性，是传统粉末冶金技术的提升和发展。目前，粉末冶金复合材料产业已经成为新型材料加工领域最具发展前景的新兴产业之一，其产品广泛应用于航空、航天、交通运输（汽车、火车、船舶等）、石油、化工、能源和工程机械等领域。

炭/炭复合材料也是以粉末冶金技术为基础，是结构—功能一体化的新型材料，具有密度低、比强度大、摩擦特性优良、耐高温、耐热冲击等一系列优异性能，广泛应用于航空、航天等领域。飞机刹车副是炭/炭复合材料最主要的应用领域，目前，世界上有 60 余种型号的飞机使用炭/炭复合材料飞机刹车副，其用量占炭/炭复合材料年消耗量的 60%左右；航空发动机的喷嘴等热构件是其在航空领域的另一应用。在航天领域，炭/炭复合材料广泛应用于航天飞机的机翼前缘、火箭发动机尾喷管等超高温部位。此外，炭/炭复合材料在机械制造、交通运输和化工等领域也具有广阔的应用前景，如用作热压模具、真空炉和单（多）晶硅炉发热体、隔热体以及紧固件、汽车与火车刹车片、热交换器、人造骨等。

飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料广泛应用于飞机制动行业。从世界范围而言，高性能的飞机刹车副材料长期被发达国家所控制，我国在大型民用飞机刹车副方面长期依赖进口，不仅在供应和价格方面受制于人，同时，由于进口产品的技术壁垒，阻碍了我国相应民族工业的发展。就国内而言，飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料作为代表国家科技水平和综合实力的航空业被国家列为重点发展的行业，近年来发展迅速，在未来可预期的相当长时期内仍将保持较高的增长速度；国防军工产品将重点向高技术、高性能方向发展，国家对该领域的投入逐年增加。

根据中国证监会《上市公司行业分类指引》（2012年修订），该行业为 C30 非金属矿物制品业。

飞机刹车副分为粉末冶金飞机刹车副和炭/炭复合材料飞机刹车副两大类，安装在飞机机轮装置上，用于飞机起飞、着陆、滑行、转弯和停机，是与飞机发动机并列的飞机 A 类关键性部件，是飞机安全运行的重要保证。飞机刹车副市场由少数几家具有国际先进技术水平的企业参与竞争，目前国内部分公司的飞机刹车副产品在技术上不断取得突破的同时，凭借高性能、相对优惠的价格，正在逐渐替代国外同类产品。

航天用炭/炭复合材料主要应用于航天火箭发动机关键部位，是直接影响火箭发动机主要性能指标的关键材料。

二、行业监管体制、行业主要法律法规及政策

1、国内行业监管体制、行业主要法律法规及政策

（1）国内行业监管体制

基于行业产品极高的安全和性能要求及对航空航天、国防军工业的战略意义，行业采用许可证制度。

飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料行业涉及到民用飞机刹车副产品，每种机型飞机刹车副产品，需分别由民航总局适航部门组织对其进行工程技术资料和质量体系审查、地面模拟试验和飞行验证试验等一系列适航验证，合格后由民航总局颁发相应的《零部件制造人批准书》（PMA 证书），才能合法生产和销售。

PMA 证书的申请一般需要五个主要程序：申请及受理（公司申请、适航司调查及受理、成立审查组）；编写相关适航文件（审定基础、工程资料、地面试验大纲等）；地面试验（试验件的制造、地面惯性台验证）；试飞；核准颁发（审查报告、批准）。整个程序通常需要 2-3 年。

行业涉及到的军用飞机刹车副产品、航天军工领域的产品，生产企业必须取

得国防科工委颁发的《武器装备科研生产许可证》，才有资格承担国防军工领域相关项目。对每一项军工产品，需经过一系列严格的地面试验和飞行验证试验考核，并进行技术鉴定和定型后，才能批量生产配套型号。通常每一型号的关键部件最多配套定型两个生产企业。

（2）行业主要法律法规及政策

A. 根据《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》（国发〔2010〕32号）的要求，新材料被列入国家重点培育和发展的产业，预计到2020年，新材料产业将成为国民经济的先导产业。《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》对包括炭炭复合材料的高性能复合材料产业的发展目标、重大行动、重大政策做了详细的规划；

B. 根据《当前优先发展的高技术产业化重点领域指南》（2011年度）规定，飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料行业产品涉及其第33、48、52子类，属于国家优先发展的高技术产业化重点领域；

C. 根据《产业结构调整指导目录（2011年本）》（2013年修正）规定，飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料行业产品涉及其第18类1、5、7子类，属于国家鼓励发展的行业；

D. 《新材料产业“十二五”发展规划》，将炭/炭复合材料列为发展重点；

E. 根据国家发改委、财政部、工业和信息化部联合下发的《关于组织实施2013年新材料研发和产业化专项的通知》（发改办高技【2013】1475号），“高性能碳/碳、碳/碳化硅复合材料”被列入专项重点支持领域；

F. 根据国务院关于我国航空工业中长期发展的总体部署和要求，工业和信息化部制定了《民用航空工业中长期发展规划(2013-2020年)》，其中明确提出“重点发展碳纤维复合材料、高性能铝锂合金以及高强高韧钢等关键材料”。

（3）行业产品的质量标准如下：

- A. 运输类飞机适航标准 (CCAR-25);
- B. 航空器机轮和机轮刹车组件标准 (CTSO-C26c);
- C. 民用航空材料、零部件和机载设备技术标准规定 (CCAR-37);
- D. 运输类飞机机轮和机轮刹车装置标准 (TSO-C135);
- E. 民用航空产品和零部件合格审定规定 (CCAR-21);
- F. 民用航空器维修单位合格审定规定 (CCAR-145);
- G. 军用飞机刹车盘通用规范 (GJB 4193);
- H. 军用飞机摩擦材料通用规范 (GJB 5038);
- I. 航空机轮和刹车装置通用规范 (GJB 1184A)。

2、国际市场相关准入条件

涉及到出口的飞机刹车副产品，需取得出口国相关主管部门的一系列验证，合格后并取得出口国颁发的相应许可证，与之相关的产品才能进入国际市场。

三、飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料市场状况

1、行业概况

飞机刹车副分为粉末冶金飞机刹车副和炭/炭复合材料飞机刹车副。

(1) 上世纪 50 年代，随着喷气式飞机的出现，飞机的重量和速度迅速增加到 1 倍以上，其制动时的动能转换产生的热能使刹车副工作温度达到 1000℃ 以上。为此人们开发了能够承受较高温度而且具有合适刹车性能的粉末冶金飞机刹车材料，并立即将其装配在当时最先进的喷气式飞机上使用。我国粉末冶金飞机刹车材料的研究起步于 20 世纪 60 年代，经过几十年的发展，先后装配在多种军用、民用飞机上。目前波音-737 系列、图-154 和部分军机均采用粉末冶金刹

车副。

(2) 20 世纪 80 年代，随着航空科学技术的发展和现代大型高速、高负荷的军用飞机和大型民航客机的出现，飞机的先进性使作用于刹车装置上的热载荷剧烈增加，迫切要求开发高性能刹车装置以满足现代飞机在重载及超重载条件下工作的需要。炭/炭刹车材料的研究成功，是飞机制动技术上的重大突破。国外炭/炭复合材料的研究始于 1958 年，最初技术发展较为缓慢，直到上世纪 60 年代末才应用于宇航和军事部门。1974 年，英国 Dunlop 公司首次成功将炭/炭复合材料刹车副用于协和飞机，使得每架飞机的重量减轻 544 千克，刹车副使用寿命提高了 5~6 倍。目前国际上多数大型民用飞机（空客 300/310/319/320/321/330/340/380、波音 747/757/767/777/787、MD11/90 系列等）和军用飞机均采用炭/炭复合材料飞机刹车副。

我国炭/炭复合材料飞机刹车副核心技术“高性能炭/炭航空制动材料的制备技术”由中国工程院院士黄伯云教授带领的科研团队于 2003 年研制成功，打破了美、英、法三国在该技术上对我国的封锁，为实现我国数百架进口大型干线飞机炭/炭复合材料飞机刹车副国产化奠定了基础，不仅保障了国家航空战略安全，而且在国防上也具有重要意义。该技术的研发成功不仅开辟了我国高性能炭/炭飞机刹车副制造新型产业，而且对我国的航空航天、交通运输、化学化工等行业的技术进步具有重要推动作用。

(3) 目前，粉末冶金刹车副和炭/炭复合材料刹车副产品市场呈现并存格局。根据中国民用航空总局航空器适航审定司统计数据，我国使用粉末冶金飞机刹车副的飞机和炭/炭复合材料飞机刹车副的飞机数量如下：

类型	机 型	2011 年 数量 (架)	2012 年 数量 (架)	2013 年 数量 (架)
使用粉末冶金飞机刹车副的飞机	B737-300	108	106	79
	B737-400	15	14	13
	B737-500	0	0	0
	B737-600	0	0	0
	B737-700	150	155	160
	B737-800	413	490	596

	B737-900	5	5	5
	CL-600	27	27	20
	其 他	4	4	0
	合 计	722	801	873
使用炭/炭复 合材料飞机 刹车副的飞 机	A300-600	13	13	8
	A318-100	3	4	0
	A319-100	153	164	166
	A320-200	356	434	501
	A321-100/200	128	142	157
	A330-200/300	84	37	126
	A340-300/600	19	19	13
	A380	0	3	5
	B747	40	37	32
	B757-200	48	48	42
	B767-300	18	16	11
	B777	36	42	48
	B787	0	0	14
	BAe146-100/300	6	6	6
	Dornier328-300	29	28	28
	EMB-145LR	46	44	42
	ERJ190-100	54	74	75
	MD-11F	5	5	0
	MD-90	0	0	0
	MA-60/600	17	21	21
其他	33	30	10	
	合 计	1,088	1,167	1,305

资料来源：中国民用航空总局航空器适航审定司

(4) 喷管是火箭发动机的关键部件，它直接影响到发动机的主要性能指标。航天用炭/炭复合材料自 1972 年首次作为火箭发动机喷管应用飞行成功以来，极大地推动了火箭发动机喷管材料的更新换代。目前，我国航天领域火箭发动机喷管均采用炭/炭复合材料。

2、行业市场需求状况

(1) 飞机刹车副市场

A. 国内进口飞机刹车副市场

目前，国内飞机刹车副市场分为民用和军用两部分。民用运输类飞机主要为进口飞机，根据中国民用航空总局航空器适航审定司统计数据，2010年、2011年、2012年、2013年我国在册民用运输类飞机数量分别为1,597架、1,810架、1,968架、2,178架，2010年-2013年年均复合增长率为10.90%。随着我国国民经济的快速发展和国防现代化建设的推进，尤其是空域管理改革和低空空域开放步伐的加快，我国民航工业化进程不断前进，民用航空业将进入快速发展新时代。

根据中国民用航空总局航空器适航审定司统计数据，2011年、2012年、2013年我国航空运输业采用粉末冶金刹车副的飞机数量分别为722架、801架、873架，主要机型是波音737型系列飞机。每架波音737型飞机按每年消耗12套粉末冶金飞机刹车副保守估算，2011年、2012年、2013年我国民用航空每年消耗的粉末冶金飞机刹车副分别约为8,664套、9,612套、10,476套。此外，国内进口军用飞机粉末冶金刹车副的需求量每年也将保持持续增长态势。

2011-2013年使用粉末冶金刹车副的飞机数量及刹车副需求量



数据来源：中国民用航空总局航空器适航审定司

根据中国民用航空总局航空器适航审定司统计数据，2011年、2012年、2013

年我国民用航空运输业采用炭/炭复合材料飞机刹车副的飞机数量分别为1,088架、1,167架、1,305架，主要机型是空客319/320/321系列和波音747/757/767/777系列飞机。按每架飞机每年消耗4套炭/炭复合材料飞机刹车副保守计算，2011年、2012年、2013年我国消耗炭/炭复合材料飞机刹车副分别约为4,352套、4,668套、5,220套；按每套刹车副需9盘刹车盘片计算，2011年、2012年、2013年分别消耗刹车盘片约39,168盘、42,012盘、46,980盘。

2011-2013年使用炭/炭复合材料刹车副的飞机数量及刹车副需求量



数据来源：中国民用航空总局航空器适航审定司

根据以上数据测算，我国飞机刹车副市场年需求超过20亿元。

根据《2010-2029中国商飞公司市场预测年报》，针对全球的航空客运市场和50座级以上的商用喷气客机市场进行的分析和预测，到2029年中国新机交付量预测将达到4,439架，新机交付量市场价值预测为4,568亿美元，机队总规模将达到4,912架，中国客机机队占全球的比例将从现在的8%上升至14%，预计到2029年我国飞机刹车副的市场容量将超过50亿元。国内进口飞机刹车副市场将保持快速增长势头，市场容量巨大。

B. 国产飞机刹车副市场

我国自行制造的新舟-60飞机和多种军用飞机的刹车装置已采用炭/炭复合材料飞机刹车副；我国自行研制的具有自主知识产权的中短程新型涡扇支线飞机ARJ21-700已投入生产并交付使用，此外还包括多种军用飞机，其刹车装置设计

均采用炭/炭复合材料飞机刹车副；2015年即将试飞的中国商飞C919大飞机也将采用炭/炭复合材料飞机刹车副。可以预计，随着国内新型飞机的研制成功并不断投入使用，未来几年中国的军、民用飞机制造业将得到空前的快速发展，国产飞机对炭/炭飞机刹车副的市场需求巨大。

C. 国际民用飞机刹车副市场

飞机刹车副面临着巨大的国际市场需求。根据《2010-2029中国商飞公司市场预测年报》，针对全球的航空客运市场和50座级以上的商用喷气客机市场进行的分析和预测，到2029年全球新机交付量预测将达到30,230架，新机交付量市场价值预测为33,963亿美元，机队总规模将达到34,961架。根据上述数据测算，保守估计全球民用飞机刹车副市场规模将超过60亿美元。

(2) 航天用炭/炭复合材料市场

航天用炭/炭复合材料的制备技术是火箭发动机的关键技术之一，发达国家都对其进行严密的技术封锁。我国在2020年前火箭发动机的规划中，都将采用炭/炭复合材料提高发动机性能作为技术支撑点之一。国务院发布的“十二五”国家战略性新兴产业发展规划中明确指出，面向我国产业转型升级和战略性新兴产业发展的迫切需求，统筹经济建设和国防建设需要，大力发展现代航空装备、卫星及应用产业，把高端装备制造业培育成为国民经济的支柱产业，提升航空航天产业的核心竞争力和专业化发展能力。随着我国航空航天事业的不断发展，航天用炭/炭复合材料的年市场需求也将不断提升。

3、行业竞争格局和市场化程度

(1) 飞机刹车副行业

在国际、国内民用飞机刹车副市场，市场的主导者是美国的Honeywell、B.F.Goodrich、ABS（Aircraft Braking System），法国的Messier-Bugatti、英国的Dunlop五家企业。

在民用飞机刹车副市场上，目前参与粉末冶金飞机刹车副竞争的企业主要有

美国的Honeywell、B.F.Goodrich、ABS（Aircraft Braking System）三家企业；国内有湖南博云新材料股份有限公司、北京百慕航材科技股份有限公司和北京北摩高科摩擦材料有限公司三家企业。目前参与炭/炭复合材料飞机刹车副竞争的企业主要有法国的Messier-Bugatti公司、美国的Honeywell公司、B.F.Goodrich公司和英国的Dunlop公司，国内主要有西安超码科技有限公司、北京百慕航材科技股份有限公司企业。

（2）航天用炭/炭复合材料行业

目前参与我国航天用炭/炭复合材料竞争的企业有湖南博云新材料股份有限公司、航天科技集团703所、航天科技集团43所和上海大学复合材料研究所。

4、行业内主要企业的市场份额情况

目前我国使用粉末冶金飞机刹车副的主要型机群中，飞机刹车副主要由Honeywell公司、B.F.Goodrich公司等国外供应商所提供；使用炭/炭复合材料飞机刹车副的机型中，除波音-757部分刹车副国产外，其他机型的刹车副由美国的B.F.Goodrich和法国的Messier-Bugatti公司等国外供应商提供。

在军用飞机刹车副市场和航天用炭/炭复合材料市场，由国防科工委等相关部门根据我国国防和航天业发展的需要，在湖南博云新材料股份有限公司、北京北摩高科摩擦材料有限公司、航空一集团514厂、西安超码科技有限公司、航天科技集团703所、航天科技集团43所等单位进行定点采购。

5、进入行业的主要障碍

（1）技术壁垒

飞机刹车副产品为飞机的A类关键性部件，其技术含量高，仅由具有国际先进技术水平的少数几家企业参与行业竞争。航天用炭/炭复合材料为火箭发动机等航天产品的关键性零部件材料，其制备技术是火箭发动机的关键技术之一，发达国家都对其进行严密的技术封锁。

（2）人才壁垒

参与飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料行业竞争的企业均具有国际先进技术水平，支持国际先进技术水平需要一批高层次、多学科（材料、物理、化学、机械、航空、航天等）人才组成的研发团队，因此，人才是制约其他企业进入该行业的关键性因素之一。

（3）严格的认证壁垒

飞机刹车副产品为飞机的 A 类关键性部件，航天用炭/炭复合材料为火箭发动机等航天产品的关键性零部件材料，均有严格的认证制度，通过认证需要公司在研发、技术、产品质量、管理等诸多方面符合要求，所需时间较长。

6、行业利润水平的变动趋势及原因

因为飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料行业的进入壁垒高，目前主要由美、英、法国家的企业主导，呈现少数几家企业竞争的格局，因此飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料行业的利润水平较高。

三、影响飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料行业发展的有利和不利因素

1、有利因素

（1）政策扶持

机刹车副和航天用炭/炭复合材料行业的产品主要为我国的战略性先导产业（航空航天业、国防军工业）提供关键性配套零部件。航空航天业、国防军工业均为我国重点发展的行业，对我国综合国力的提升具有重要战略意义，因此在飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料行业的发展过程中，国家给予了大量的支持。

（2）市场需求旺盛

随着我国空域管理改革和低空空域开放步伐的加快，我国民航工业化进程不断前进，民用航空业将进入快速发展新时代，对民用飞机刹车副的需求将保持快

速增长；同时，受益于我国国防现代化建设步伐的加快，军用飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料也将呈现快速增长态势。

（3）行业进入壁垒高、竞争对手数量有限

因为行业产品的性能要求高、生产工艺复杂、技术壁垒高，一旦通过相关认证，相关产品将逐步替代进口，在该领域保持稳定的市场份额。同时，缺乏国际一流技术优势和一流人才优势的企业很难涉足该行业，在市场需求持续增长条件下，有利于现有企业规模的扩张和利润的增长。

2、不利因素

（1）研发投入大

行业内的飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料产品的技术含量高，且需经过严格的地面和飞行验证试验后，才能取证、定型，并批量生产和销售。开发过程中需要投入大量的人力、物力和财力，该等投入是未来盈利增长的源泉，也是行业发展壮大的必要条件。

（2）产品市场开拓周期长

飞机刹车副对飞机的起飞、降落、制动起着至关重要的作用，产品经适航取证后，航空公司依据民航适航管理有关规定，还需要对刹车副 PMA 件监控使用一段时间才会放开使用。较长的市场开拓周期在一定程度上制约了行业的快速发展。

四、飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料行业特点

1、行业技术水平及技术特点

我国飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料的技术水平目前已经达到国际先进水平，由于其产品性能要求高，且生产工艺极其复杂，目前国内仅有少数几家企业能生产该行业的产品。

飞机刹车副为结构—功能一体化部件，必须具备三种功能：一是作为摩擦元件产生刹车力矩制动飞机（要求具有优良的摩擦特性）；二是作为结构元件传递刹车力矩控制飞机的地面运动状态（要求具有高的力学性能特别是高温力学性能）；三是作为热库吸收、耗散飞机的巨大动能转换成的热能，温度最高可达1600℃，经受的应力复杂、苛刻，对其综合性能要求高，特别是对摩擦磨损性能要求高。

航天用炭/炭复合材料部件也是结构—功能一体化部件，要求材料既具有优良的高温力学性能（使用最高温度高达3500℃）以保持部件的结构稳定，又具有优良的抗烧蚀性能以确保火箭发动机的优良特性，并要求在高温（大于3000℃）、高压（4~20Mpa）、音速或超音速二相流（气、固相）燃气的机械冲刷、化学浸蚀和热冲击等十分恶劣的工作环境下，具有较低的烧蚀率。

2、行业区域性、季节性、周期性分析

飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料行业主要是为航空工业和航天工业提供配套零部件产品，对于飞机刹车副下游的航空业，其主要是跨区经营，区域性不明显，季节性也不明显，其周期性与宏观经济相似，随宏观经济的波动而波动。国防军工业不存在区域性、季节性和周期性的情况，但随国际政治形势的变化而有所波动。

五、飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料行业与上、下游行业关系

飞机刹车副和航天用炭/炭复合材料行业的主要原材料包括钢材（钢骨架、钢背）、碳纤维预制体、铜粉、丙烯、树脂等，上游行业涉及的行业较多，原材料供应充足；另外机刹车副和航天用炭/炭复合材料行业作为技术含量高的先进深加工行业，原材料成本占营业成本的比例较小，因此上游行业产品价格的波动对行业的利润影响较小。因行业对原材料的要求较高，大部分国内企业原材料均由国内的专业厂家生产供应，并且根据上游供应商的产品质量每年作适当调整，可以确保货源充足并保证供货质量。

机刹车副和航天用炭/炭复合材料行业主要为下游航空、航天、军工行业提

供关键性配套零部件产品或材料，下游行业的持续、快速增长对行业的持续发展起积极性的作用。