



CFM56

倪金刚 著

方程

CFM56=?

美国通用电气+法国斯奈克玛

= CFM国际公司——国际合作的典范

难以置信的成功：

雄厚的基础；平等的决策；

工作均分；收入共享.....

告诉你这一切背后鲜为人知的细节

航空工业出版社



CFM56 =

CFM56 方程

倪金刚 著

航空工业出版社

北京

内容提要

本书详细介绍了法国斯奈克玛公司和美国通用电气公司合作研制的CFM56发动机从诞生、成长、壮大,直到今天走向辉煌的发展历程;简要叙述了几大主要飞机制造商(波音、空客、麦道等公司)和发动机制造商(通用电气、普·惠、罗·罗、斯奈克玛等公司)最近30年在民用飞机和发动机领域的拼搏与争斗,以及他们之间如何既互相争夺,又彼此合作,从而共同瓜分并掌控市场的故事。

书中通过对几个典型国际合作案例的分析和解剖,阐述了各国政府对于飞机发动机研制的高度重视、大力扶持和保护保密的状况,揭示出发动机核心技术和“秘诀”不可能通过“金钱购买”、“国外引进”、“仿造”和“照抄”等途径获取,只能依靠自己的实力研究开发得到。

图书在版编目(CIP)数据

CFM56 方程 / 倪金刚著. —北京: 航空工业出版社,
2007.2

ISBN 978-7-80183-921-3

I. C... II. 倪... III. 航空发动机 IV. V263

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007) 第 020891 号

责任编辑: 刘艳芳

装帧设计: 中航传媒 IA 工作室 / 王楠

CFM56 方程

CFM56 Fangcheng

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010-64919539 010-64978486

北京盛通彩色印刷有限公司印刷

2007 年 2 月第 1 版

开本: 787 × 1092

T32

印张: 5

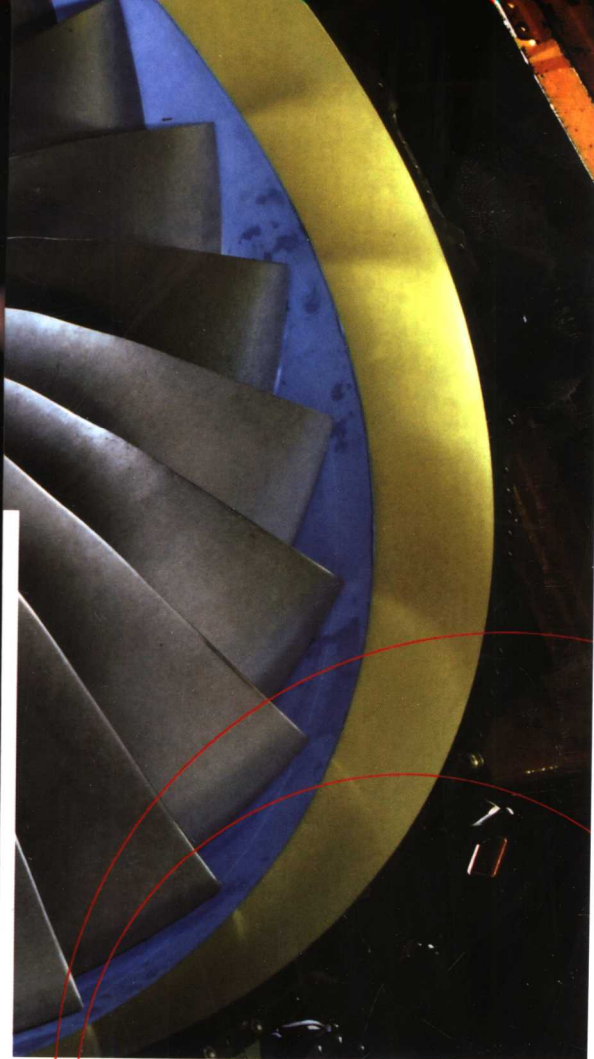
印数: 1—3000

全国各地新华书店经售

2007 年 2 月第 1 次印刷

字数: 100 千字

定价: 40.00 元



CF $\propto$ M56=?



倪金刚

1961年12月5日生于山东高密

1978.9—1982.7 南京航空学院航空发动机设计专业，大学本科

1982.7—1987.6 沈阳航空发动机研究所，工程师

1987.6—1988.7 法国贡比涅科技大学(UTC)，硕士

1988.7—1992.11 法国国家科技研究院(CNAM)，博士

1993.1—1997.6 北京航空航天大学动力系，博士后、副教授，全国优秀青年教师(1994)；人事部首批博士后出站科技工作者(1995)；获得“霍英东科技研究与成果奖”(1996)；在国际一级科技刊物上发表论文10余篇(1994—1997)

1997.7—现在 法国赛峰集团(SAFRAN)中国代表处，副总代表

社会活动：

欧美同学会留法青年科学联合会会长

法国企业联合署(UBIFRANCE)中国协会副会长



序

航空发动机作为飞机的“心脏”，被誉为“工业之花”、“皇冠上的珠宝”，是一个国家工业基础、综合国力和科技水平的集中体现。其研究开发工作不仅具有技术难度大、风险高、耗资多、周期长等特点，而且要求相关的工程技术基础雄厚和丰富的实践经验积累。目前，世界上仅有少数几个国家（美国、英国、法国、俄罗斯）能够独立研究、开发先进的航空发动机，他们无不将航空发动机列为国家的战略性产业，将优先发展航空发动机技术作为国家的“大事”，通过各种渠道给予大量资金支持，以保证发动机技术的领先地位，并严格禁止向国外出让或转移其核心技术。

CFM56 发动机是法国斯奈克玛公司与美国通用电气公司按照各占 50% 份额的比例联合研制、生产、销售和分利的，该项合作取得了史无前例的巨大成功，成为当今航空工业界国际合作的典范。它不但给法国带来巨大的经济、市场和技术效益，也使斯奈克玛公司从单一的军机生产企业，发展成为军民机兼有的大集团，顺利进入了国际民用发动机市场。到目前为止，该发动机已经生产了 16000 多台，累计飞行 3 亿多小时；2005 年的订货量达到创纪录的 1640 台；2006 年的订货量则更上一层楼，达到 2121 台。现在世界上每 4 秒钟就有一架装备 CFM56 发动机的飞机起飞，每 12 天飞行 100 万小时。CFM56 发动机受到世界航空工业界和各航空公司的高度赞赏和普遍钟爱。

倪金刚博士通过总结整理其在法国斯奈克玛公司（现为“赛峰集团”）长达 10 多年工作期间的亲身体会和耳闻目睹的宝贵经历，并查阅了大量资料和档案，写成了《CFM56 方程》一书，向我们详细介绍了 CFM56 发动机的“出生”、“成长”、“壮大”，直到今天“称霸”150 座级飞机发动机市场的全过程，同时，本书通过许多国际合作案例向我们进一步阐述了以下几个道理：



- 飞机发动机技术是“无价”之宝，靠金钱是买不来的；
- 飞机发动机技术靠“引进”、“仿造”和“照抄”是学不会的；
- 每一台成功的飞机发动机，都离不开政府的政策支持、大量人力和巨资投入。

书中还介绍了斯奈克玛公司在研究开发军用发动机方面的一些宝贵经验；如何与通用电气公司合作开发 CFM56 发动机，并成功进入民用航空领域的过程；以及斯奈克玛公司的“成功三步曲”。这些对于我们国家飞机发动机的发展有一定的启示作用，值得我们认真思考和借鉴。

本书向我们首次展示了许多鲜为人知的轶闻趣事，构思灵巧，引人入胜，技术性和趣味性并存，逻辑性强，通俗易懂，不仅适合航空界飞机和发动机工程专业人士阅读，而且对从事工商、管理和担任领导职务的各界人士也会起到积极的启发作用。

倪金刚博士是我的好朋友，他年轻有为，充满活力和睿智，他曾陪同斯奈克玛公司的专家访问中国燃气涡轮研究院，当时我作为总工程师曾接待过他们，双方进行了坦诚而友好的会谈，我从中掌握了不少以前不甚了解的情况。这次他请我为他的新作作序，我欣然接受。

我们感谢倪金刚博士在百忙之中抽出时间写成这本《CFM56 方程》，也感谢航空工业出版社及时地将该书正式出版发行，奉献给我们的读者。我们真诚希望，该书的出版发行能够对我国航空发动机的发展起到促进作用。

全国人大常委会委员
中国工程院院士，中国一航科技委副主任
北京航空航天大学教授、博士生导师
2007 年 2 月于北京



前言

2005年3月16日，我约留学法国时的同学孙来燕先生晚上一起吃个便饭，主要是想和他聊聊我工作上遇到的一些不顺心的事，也算是向他请教处理这类问题的“招术”。孙兄现在担任国防科工委副主任兼国家航天局局长的职务，尽管我们一直关系不错，但毕竟现在职位差别很大，加上他目前公务繁忙、日理万机，所以他能抽出时间来和我一起单独吃便饭，算是给我不小的面子。



部分留法同学聚会（2004年5月15日于北京西郊宾馆），自左至右：刘崇伟，白树林，孙来燕，倪金刚，雷鸣，刘公社，张树义，何建国，胡更开，杨崇俊



我们俩在闲谈中说起，我已经在法国斯奈克玛公司工作了八年之久，耳闻目睹、亲身经历了许多事件，了解到一些国内人士不知道的“内幕”，积累了一定的经验。如果能在不泄露公司机密和不损害公司利益的前提下，将我在外企的这些经历和经验整理出来，顺便介绍一些“老外”看待问题的角度以及他们处理问题的原则和方式、方法，供中方航空航天领域的决策者们参考，对他们或许会有所启发。于是，孙兄就鼓励我，发挥我的特长和“身份”优势，抽出时间、集中精力写出点东西来，也算为中国的航空航天事业增添一份特殊的力量。然而，2005年一年，我几乎将所有的空余时间和精力都花在了我的一个业余研究项目上，孙兄的嘱托早被我抛在了脑后。

2005年12月25日，圣诞节的晚上，我闲得实在无聊，又无意去泡酒吧凑热闹，就给大学的同学林左鸣先生打了个电话，问他方不方便、愿不愿意和我聊会儿天。他说没问题，于是我立马开车到他家。林夫人给我们每人泡上一杯茶，“畅谈”就开场了。因为我知道，林兄平时没有太多爱好，棋、牌、游戏基本不沾，所以我在这方面的优势得不到发挥。他的最大兴趣和爱好就是航空事业，一心扑在这上面。偶尔空闲他会写些关于中国宏观经济方面的文章，通常他的观点都比较超前。林兄大学毕业后一直在航空工业企业奋斗了20多年，从小科长干到大领导，直到国家大型航空企业集团总经理的位置，对中国的航空工业了如指掌。幸好我一直没有离开航空领域，所以我们俩很容易找到谈论的话题，那就是



中国航空工业的过去、现在和未来。

林兄对法国航空工业奉行独立自主、奋发图强的发展方针倍加赞叹；对法国自第二次世界大战以来所建立起来的完整的、先进的国家航空工业体系表示赏识；同时他也对斯奈克玛公司与通用电气公司合作研究开发的CFM56系列发动机在航空领域所取得的巨大成功深感钦佩。他几次让我搜集这方面的材料，希望能够从中“悟”出些道理来，以供中国航空工业发展所借鉴。



部分南航278班同学聚会（2004年1月8日于北京饭店），自左至右：倪金刚，于强，万多波（前3），申红林（后3），林左鸣（前4），刘明辉（后4），王鸣，席跃，季晓德



2006年6月，林兄荣升为中国航空工业第一集团公司党组书记、总经理，同学们都为他感到自豪和骄傲，同时也都希望他能够不辜负历史所赋予的使命，将中国的航空工业推向一个新高度，真正达到与欧、美等发达国家和地区平起平坐，彻底摆脱中国航空工业落后和受制于人的困境，在世界航空工业领域占据与中国的政治和经济地位相称的市场和制高点。

2006年9月，由于我的业余研究项目暂时告一段落，于是我就萌生了写点东西的念头。我用了三个多月的时间写成了这本《CFM56方程》，算是送给我的两位同学孙来燕和林左鸣（一位是国家高级政府官员，另一位是国家大型企业集团掌门人）的一份新年礼物。

本书初稿于2006年12月29日完成，我印制了10册，送给孙来燕和林左鸣两位同学以及其他几位亲朋好友，没想到他们都很喜爱并给予高度赞赏。他们除了提出许多指导性和建设性的修改意见之外，还建议我再下番工夫对书中有关内容加以完善和补充，并正式出版。

我特别请求《国际航空》杂志社的资深航空专家徐德康先生和我的大学同学、湖南理工学院教授、《云梦学刊》和湖南理工学院报主编李克安先生对本书的初稿和后来补充的内容进行了全面审核和把关。我自己又对全书内容认真仔细地推敲了几遍，力求使内容更完善，结构更合理，用词更恰当，引经据典更准确、更切实，同时，符合出版的要求。



出版前，我和出版社的编辑部主任刘宁先生将清样送给中国著名的航空发动机专家刘大响院士审阅，并请他为本书作序。他欣然答应，对这项工作给予了高度评价和赞赏，使我深受感动。

书中所列举的有关发动机及飞机的性能数据和历史典故都取自公开或内部发行、发布的书籍、资料，或新闻报道，以及相关公司的内部资料 and 档案；有关事例多数都是我本人亲身经历的，或在与业内资深人士交谈中获取的；故事情节则纯属虚构，切勿对号入座。

尽管上述朋友和我本人都尽了很大努力对书稿力求精益求精，但难免还会有不少错误之处。您在阅读过程中一旦发现，敬请马上告诉我，以便核实后改正过来。当然，如果您认为本书中的某些观点或论据有问题，甚至是谬误之处，也诚心希望您能明确提出来，并给以批评指正。

在此新年来临之际，衷心祝福中国的航空人事业发达、身心健康、家庭幸福、万事大吉！也祝中国的航空工业能与今天中国的政治和经济发展同步繁荣昌盛，早日跨入世界航空工业强国、大国的行列，为国为民造福。

倪金刚

2007年2月12日



目录

一、斯奈克玛公司涉足民机	1
二、美国政军企三界斗法	8
三、CFM56 发动机诞生	20
四、CFM56-2 出师告捷	36
五、CFM56-3 与波音 737 战果累累	42
六、CFM56-5B 与空客 A320 以新制胜	48
七、CFM 国际公司婉拒 MD-90	58



八、CFM56-5C 轻取空客 A340	62
九、AE100 项目未果始末	66
十、CFM56-5B 智装空客 A318	87
十一、CFM56-7 与新一代波音 737 再创佳绩	101
十二、CFM56 发动机今日辉煌	119
后记	142





一、斯奈克玛公司涉足民机

20世纪60年代，随着第二次世界大战硝烟的尘埃落定，以美国、苏联为代表的东西方两大阵营的冷战对立局面日益突出，世界军工企业，包括航空工业，无一例外地被卷入到军备竞赛和军事工业先进技术研发的大潮中。

第二次世界大战之后，法国政府在总统戴高乐将军的领导下，在军事技术和设备的研究与开发方面一直奉行独立自主、全面发展的方针，投入了大量人力和资金，建立起门类齐全、技术先进的国家军事航空制造工业体系，包括飞机、发动机、武器、雷达和通信，以及所有相关附属设备，法国国营飞机发动机设计与制造公司——斯奈克玛公司也基本达到了能够靠自身实力研究开发出技术水平相对较高的飞机发动机。客观地讲，20世纪60年代斯奈克玛公司在军用飞机发动机方面就已经具备了一定的研发能力。借助于法国政府的大力支持和资助，根据军机市场的特点，飞机制造商（法国达索飞机公司）和用户（法国军购局）不得不采用由政府全程投资、由斯奈克玛公司研究开发的发动机。



进入60年代后期,民用飞机所带动的航空运输业在商业运营方面开辟了一个全新的发展领域。在西方发达国家和地区,航空公司的业务日益高涨,对商用飞机的市场需求也与日俱增。

60年代,西方国家的航空公司所采用的商用运输机,基本由英国、美国供应,其中美国占有绝对优势。西欧各国看到世界空运的繁荣前景,认为70%应属中短程航线,他们有意与美国争夺这个范围的民航飞机市场。西欧各国同时也认识到,他们只有联合起来,自己的航空工业才能够生存和发展,并争得广泛的国际市场。于是,法国、英国与联邦德国政府于1967年9月26日签订协议,决定分别资助本国公司研制A300客机。1968年,英国政府退出上述协议,但英国的霍克·西德利公司仍决定自己出资继续参加合作。1969年5月29日,法国和联邦德国政府再次签署协议,决定全力资助本国的公司,进行300座级中短程宽体客机A300的研制和生产。1970年12月18日正式组建并成立了由欧洲多国合营的欧洲空中客车工业公司(空客公司),在法国注册,全面开展A300系列商用运输机的研制、生产、销售及售后服务业务。

当时西方航空发动机领域的三大巨头,即美国普拉特·惠特尼(普·惠)公司、通用电气公司和英国罗尔斯·罗伊斯(罗·罗)公司,联手分割并霸占了商用飞机发动机领地,形成了三足鼎立的格局。他们一方面互相竞争,力图使自己的那份“蛋糕”最大化;另一方面又彼此结成同盟,联合制定商用航空发动机制造行业法规,层层设置障碍,将其他



试图进入该领地和他们分享“蛋糕”的潜在竞争对手拒之门外。

斯奈克玛公司经过对形势分析和研判之后,毅然决定进军民用发动机领域,这一策略得到了法国政府的大力支持。

然而商用发动机与军用发动机的“打法”截然不同。从根本上讲这是商业行为,发动机的研究、开发、制造、销售以及售后服务等环节都需要制造商自己投资或融资,商业风险不言而喻;另一方面还必须得到用户(航空公司、飞机租赁公司、军队用户等)和飞机制造商的双重认可,得到市场以及金融界的接纳。一旦项目失败则可能血本无归,轻者使公司声名狼藉、大伤元气,重者会导致公司倒闭。对于当时的斯奈克玛公司来说,这一切都是空白。为了快速有效地进入这一市场,斯奈克



A300 飞机和 A310 飞机