

刘兴洲院士文集



中国宇航出版社

·北京·

版权所有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

刘兴洲院士文集 / 刘兴洲著. --北京: 中国宇航出版社, 2011.7

ISBN 978-7-5159-0018-6

I. ①刘… II. ①刘… III. ①冲压喷气发动机—文集
IV. ①V235.21-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 153430 号

责任编辑 楚晓琦 责任校对 祝延萍
责任印制 任连福 装帧设计 谭颖

出版
发行 **中国宇航出版社**

社址 北京市阜成路 8 号 邮编 100830
(010)68768548

网址 www.caphbook.com

经销 新华书店

发行部 (010)68371900 (010)88530478(传真)
(010)68768541 (010)68767294(传真)

零售店 读者服务部 北京宇航文苑
(010)68371105 (010)62529336

承印 北京智力达印刷有限公司

版次 2011 年 8 月第 1 版
2011 年 8 月第 1 次印刷

规格 787 × 1092

开本 1/16

印张 36.25 彩插 4 面

字数 905 千字

书号 ISBN 978-7-5159-0018-6

定价 188.00 元

本书如有印装质量问题, 可与发行部联系调换



■ 向中国工程院副院长朱高峰院士介绍工作



■ 在国际会议上与同行交流



■ 在奥运火炬获北京市发明特等奖的颁奖典礼上



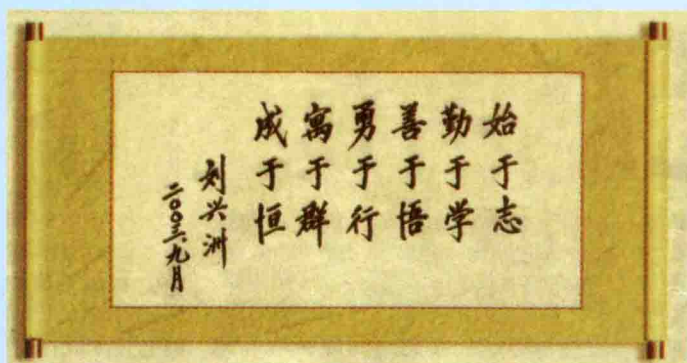
■ 中学时代的刘兴洲



■ 担任奥运火炬手



■ 70高龄仍坚持每天工作



■ 自书横幅



刘兴洲——1933年3月17日出生，冲压发动机专家，1951~1952年在清华大学航空学院发动机系学习；1956年毕业于北京航空学院发动机系；1957年至今在中国航天科工集团公司第三研究院三十一所工作。1961~1965年在苏联茹科夫斯基空军工程学院学习，获副博士学位，1995年当选中国工程院院士。现任中国航天科工集团公司科技委顾问、总装备部科技委兼职委员、中国国际文化交流中心名誉理事。

长期从事超声速冲压发动机的研制工作，是我国冲压发动机技术的开拓者之一。组织建立了国内首个冲压发动机试验台，填补了国内空白。在CF-06发动机研制中，解决了低温起动、提高燃烧效率、火焰稳定器烧蚀等关键技术难题。在CF-03D发动机研制中，解决了发动机快速起动等问题。主持研制成功两种型号的低空超声速冲压发动机，并获得国家科技进步奖一等奖，使中国成为世界上少数拥有冲压发动机技术的国家，以冲压发动机为动力的低空超声速飞航导弹获得了飞行试验的成功。

在担任两届国家“863”计划航天技术领域专家委员会委员期间，在广泛调研和严格论证的基础上，和专家组一起提出了以载人飞船起步，以空天飞机为发展方向，模块式地发展我国大型运载火箭和天地往返运输系统的建议。在他的带领下，三十一所率先在20世纪80年代开展了高超声速冲压发动机技术的探索研究工作。根据我国的实际情况还提出了航天器研制要从小到大，从无人到有人，从超声速到高超声速，直到空天飞机，逐步实现先进的、可重复使用的天地往返运输系统的“三步走”研制建议。由他倡议形成的“研制高超声速发动机及高超声速飞行器”专家建议书，现已进入了实施阶段。

担任北京奥运火炬燃烧系统总设计师，带领年轻团队开拓创新，确保奥运火炬在珠穆朗玛峰顺利点燃和传递。



■ 周总理在苏联接见留学生们（前排右五为刘兴洲）



■ 与前来视察的中央军委副主席迟浩田交谈



■ 与梁守槃院士讨论工作

序

发动机是飞行器的核心，是为飞行器提供推进动力的，冲压发动机也不例外。以结构简单、重量轻、推力大为突出优点的冲压发动机，一向以性能先进、飞行速度快而倍受国际航空航天界的关注。作为冲压发动机的开拓者之一，刘兴洲院士长期从事冲压发动机、高超声速冲压发动机的设计和试验研究，为我国的航天推进事业做出了重要贡献。

刘兴洲同志 1933 年出生于天津，1951~1952 年在清华大学航空学院发动机系学习；1956 年从北京航空学院发动机系毕业后，来到中国航天三十一研究所的前身——国防部五院冲压发动机研究室工作，他的直接领导就是航天老专家梁守槃。当时，连最起码的设计和试验条件都不具备，就开始了国内首台冲压发动机的研制。1961~1965 年，刘兴洲赴苏联茹科夫斯基航空工程学院学习，获副博士学位。留学归来，又将所学知识运用到冲压发动机的设计与试验研究中。他带领技术人员，靠着一腔报国热情和自力更生、艰苦奋斗的精神，建成了当时亚洲最大的冲压发动机试验台。攻克了低温启动、高燃烧效率、火焰稳定器烧蚀等一个又一个的技术难题，研制成功了国内第一台冲压发动机，获得了国家科技进步奖一等奖，使中国成为世界上少数几个拥有冲压发动机技术的国家，以冲压发动机为动力的低空超声速导弹获得了飞行试验的成功。后来，他在多个型号的发动机引进、研制中取得丰硕的成果，四次获得部级科技进步奖一等奖，有多项技术获国防科工委科技成果奖，被评为“国家有突出贡献的专家”，1995 年当选中国工程院院士。

刘兴洲同志是著名的冲压发动机专家，但他从不局限于冲压发动机的研究，对冲压以外的吸气式发动机——涡轮喷气、涡轮风扇、高超声速冲压发动机以及火箭冲压、涡轮冲压组合循环发动机也都有深入的研究。1987~1992 年，在他担任国家“863”计划航天技术领域专家委员会委员期间，在认真调研和严格论证的基础上，以他对新技术的敏感和对我国航天事业的全局性思考，和专家组一起提出了以载人飞船起步，以空天飞机为发展方向，模块式地发展我国大型运载火箭和天地往返运输系统的建议。根据我国的实际情况还提出了航天器研制要从小到大，从无人到有人，从超声速到高超声速，直到空天飞机，逐步实现先进的、可重复使用的天地往返运输系统的“三步走”的研制建议。他是高超声速冲压发动机的引领者，在他的带领下，三十一所率先在 20 世纪 80 年代开展了高超声速冲压发动机技术的探索研究工作。如今，三十一所在高超声速燃烧、气体动力学、一体化设计和结构热防护等关键技术的预先研究已取得了很大进展。1998 年，由他倡议形成的“研制高超声速发动机及高超声速飞行器”专家建议书，详细阐述了研制高超声速发动机及高超声速飞行器的战略意义。高

超声速技术将引导继螺旋桨、喷气推进之后航空史上的第三次技术革命，在可以预见的未来，空天技术将对国防和国民经济的发展产生深远的影响。这份建议书受到了有关领导的高度重视，并组织多方面专家对建议书进行了技术论证，从此高性能发动机的研制进入实质阶段，有效地推动了我国航天事业的发展。

2008年，七十五岁的刘兴洲同志担任了北京奥运会奥运火炬燃烧系统项目的总设计师。他带领年轻团队进行科研攻关，运用航空发动机的双火焰原理，设计了预混火焰与扩散火焰的“双火焰”燃烧方案，成功设计了地面火炬，运用固体火箭发动机燃烧技术设计出了珠峰固体火炬和珠峰火种灯，使得火炬在珠峰异常严酷的自然条件下成功点燃并在全部传递过程中正常工作。

刘兴洲同志学问精深、品格高尚，平易近人，他就像一本打开的书，毫无保留地传授专业技术。1975年主持翻译了俄文版的《冲压发动机与火箭发动机原理》，1984~2004年担任《推进技术》期刊的编委会主任，在他的扶持下，《推进技术》从办刊初期的情报类内部资料，成长为在国内外有影响力的优秀科技期刊。1990年参与编写了《飞航导弹动力装置试验设备》，1992年主编了《战术导弹动力装置》，该著作已成为我国飞航导弹动力装置领域的经典著作之一。长期以来，为我国推进动力领域培养出了大量科技人才，如今他们都在各自的工作岗位上发挥重要作用。

三十一所组织整理出版《刘兴洲院士文集》是一件非常有意义的事，我和刘兴洲院士以及航天界的朋友们都非常高兴和欣慰。该文集反映了刘兴洲院士的科学精神和对“航天报国”理想的实践。希望广大的航天人能从中受到启迪，从而推动我国航天事业的持续发展。

崔国良

2011年7月

目 录

写给钱学森副部长的信及钱学森的回信	1
超声速冲压发动机的试验研究	6
冲压发动机技术	46
冲压发动机的起飞	56
小涡轮喷气发动机赴美技贸考察报告	62
燃烧室内不良流线挂火问题的分析	78
赴西德考察桑格尔计划汇报	89
航天和导弹发动机的新进展	112
天地往返运输系统发展途径的探讨	139
冲压发动机技术的发展	145
在超声速流中的自点火燃烧实验研究	153
双管头部进气旋流—突扩燃烧室冷态流场研究	164
空天飞机吸气式发动机技术	172
第九届国际吸气式发动机会议情况报告	182
第 17 届国际空间技术和科学会议情况报告	200
旋流突扩燃烧室中回流区的嵌套结构	216
低空超声速冲压发动机 CF—03D 的设计研究	222
超声速燃烧实验研究 (I)	239
关于 CS—01 高空试车台测试系统初步改造问题的汇报	249
超声速燃烧实验研究 (II)	251
俄罗斯高超声速推进系统研制状况	262
空天飞机和高超声速技术的发展	276
侧面突扩燃烧室冷态流场可视化研究	283
某导弹地面全弹试车中的问题回顾与联想	291
Ramjet Development in China	295
吸气式发动机的新进展	306

超声速气流中氢燃料强化混合的燃烧实验研究	316
亚/超双模态超声速燃烧的实验研究	325
冲压发动机的持续发展	332
一种求解 S 形进气道三维黏性流场的多重网格算法	339
超声速燃烧室性能非定常准一维流数值模拟	345
多部件模型在全尺寸小型双涵道涡扇发动机气流数值模拟中的应用	351
叶片机叶片平截面型线坐标的快速插值法	356
一种应用于不规则平面域的网格生成技术	362
高超声速技术发展战略研究	367
涡扇发动机涡轮导向器故障分析	383
一体化小涡扇发动机系统的气动热力数值模拟	388
高超声速冲压发动机技术研究	395
高超声速无人驾驶飞行器推进系统方案设想及其关键技术	398
超燃冲压发动机发展概况与关键技术分析	400
Investigation on Combustor Performance of Hypersonic Propulsion System	423
壁龛稳焰超声速燃烧室流场的数值模拟	444
《关于发展高超声速飞行器科技工程的建议》的背景材料	449
超声速和高超声速冲压发动机	461
超燃冲压发动机性能初步研究	476
Review of Ramjet and Scramjet Research in China	482
中国超燃冲压发动机研究回顾	523
超燃冲压发动机可贮存碳氢燃料再生主动冷却换热过程分析	540
大型运载火箭和天地往返运输系统可行性及概念研究综合论证报告	正文略
任期工作总结	正文略
附：863—204 专家组对刘兴洲同志的个人任期的工作鉴定	正文略
国防科工委的感谢信	正文略
述职报告	正文略
《高超声速推进及其军事应用研讨会》上的开幕词	正文略
《高超声速推进及其军事应用研讨会》会议简报	正文略
关于加速发展我国高超声速技术的建议书	正文略
弹用吸气式发动机的技术进展和发展方向	正文略
对高超声速发动机飞行试验的思考	正文略
埋入式进气道流场数值模拟	正文略

高超声速冲压发动机三种发展方向	正文略
弹用吸气式发动机的研究和发展	正文略
关于发展高超声速飞行器科技工程的建议	正文略
抓紧发展高超声速吸气式飞行器科技工程	正文略
发展高超声速技术, 促进航空航天融合	正文略
冲压发动机初建的日子	正文略
北京 2008 奥运会珠峰火炬燃烧系统研制	正文略
刘兴洲——学者本色平常心	547
刘兴洲院士访谈	551
永恒的追求	554
熊熊奥运火 航天赤子心	560
不懈动力, 永恒追求	566

写给钱学森副部长的信及钱学森的回信

钱学森副部长：

首先祝愿我们的伟大领袖毛主席万寿无疆，万寿无疆，万寿无疆！

这封信想谈谈我们对冲压发动机在技术方面的一些看法。最近学习了一些我们伟大领袖毛主席有关科技方面的最高指示和英明论述，以及聂总的几次讲话，促使我们向您写这一封信。

伟大领袖毛主席说：“帝国主义者如此欺负我们，这是需要认真对付的。”又说：“美帝国主义到处横行霸道，把它自己放在同全世界人民为敌的地位，使它自己越来越陷于孤立。美帝国主义手里的原子弹、氢弹是吓不倒一切不愿意做奴隶的人们的。全世界人民反对美国侵略者的怒潮是不可阻挡的，全世界人民反对美帝国主义及其走狗的斗争一定会取得更加伟大的胜利。”主席的教导使我们感到，我们的冲压发动机一定要快一点搞出来，为世界革命服务。时间很紧，按原来的计划，今年是“213”靶机（采用CF-03冲压发动机作为动力装置）进行飞行试验，明年（1969年）“海三”（采用CF-06冲压发动机）进行飞行试验。当前看，这两个型号所采用的冲压发动机在技术方面存在一个共同的关键问题——“起动点火”问题。关于这个问题，去年（1967年）11月23日在三院地区召开“1123”会议时，已写了一份材料给您和科委的有关负责首长，不知您是否看过？之中谈到了解决“起动点火”问题的一些看法。对冲压发动机来说一定要解决好这个问题，否则冲压发动机是不能工作的。我们做过一些扩压器（进气道）吹风试验，体会到，扩压器在大超临界工作时（正是预燃室开始工作的时候），其扩压器出口流场非常坏，在有攻角的情况下问题更严重，在靠近中心锥尾部某一较长的区域内形成旋涡区，而起动点火源——预燃室正好

处在这个区域内。可想而知，在这样的条件下进入预燃室的空气量不稳定，预燃室本身就工作不好，因此就不容易起动。这个问题CF-06冲压发动机存在，而CF-03冲压发动机问题更严重。因为CF-03冲压发动机的预燃室离中心锥尾端更近，所以问题更严重。在地面上，零攻角下如此，则在有攻角飞行时起动更困难。有的同志说起动困难的原因是预燃室的能量不够。这句话缺少一个前提，如果说由于存在涡流区，使进入预燃室的空气流量少，从而使能量少，这样就对。在冲压发动机设计时，对扩压器出口平均速度的要求为 $M_2=0.2$ ，预燃室的进口尺寸就是按 $M_2=0.2$ 设计的，如果实际情况的出口速度就是0.2时，则预燃室的能量肯定是足够的。实际上，由于涡流区的存在，则预燃室的进口不是0.2而是接近于零。因此把问题看得严重一些，预燃室本身也点不着火，更谈不上点燃主燃烧室了。

扩压器的出口速度场是影响冲压发动机“起动点火”、正常工作的关键问题。过去，在冲压发动机设计时，对扩压器提出的要求只是总压恢复系数 σ_K 、流量系数 φ_H 、出口平均马赫数 M_2 ，而漏掉了一个十分重要的要求，即对扩压器在有攻角、大超临界（即预燃室开始工作的时候）工作状态和临界工作状态时的出口流场提出要求。过去对此问题重视得不够。现在我们体会到，扩压器的出口流量场是一个大问题，因为它直接影响发动机的“起动点火”及正常工作的稳定性、可靠性和发动机的效率。说得严重些，如果流场控制不好，则关系到将来冲压器发动机的发展前途问题。因此一定要很好掌握出口流场的变化规律。伟大领袖毛主席说：“人们要想得到工作的胜利即得到预想的结果，一定要使自己的思想合于客观外界的规律性，如果不合，就会在实践中失败。”又说：“马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。”我们一定要掌握扩压器出口流场的变化规律，而且要运用这个规律为我们的国防事业服务。您曾经说过“冲压发动机是一种高级发动机”，我们体会，控制扩压器出口流场正是难点之一。因为影响这流场的原因很多，如攻角、附面层、各种类型的冲波、冲波与附面层的相互作用、扩压器的型面等。这些问题都是空气动

力学问题，目前在理论上都没有得到解决，而且在理论上也很难解决。唯一的办法是通过试验，今后应对此问题给予重视，进行一些研究。

现在看，用贫氧固体药柱代替目前的预燃室，或者用一个小固体火箭来代替预燃室的点火是有希望的。只要把主燃烧室点燃，一般情况下都不会灭火的。因为只要主燃烧室开始工作后，就迫使结尾正冲波前移，直到靠近临界状态（调节器要起作用）。结尾正冲波前移，则扩压器的出口流场变好，而且越前越好，直到临界为止。流场变好，则燃烧情况就变好，所以冲压发动机只要主燃烧室工作了，在一般情况下都不会灭火。结尾正冲波前移时，扩压器的一切参数是向好的方向发展（ $\sigma_K \uparrow$ 、 $\overline{M}_2 \downarrow$ 、流场均匀）；相反的，结尾正冲波后移时，是向坏的方向发展（ $\sigma_K \downarrow$ 、 $\overline{M}_2 \uparrow$ 、流场变坏）。所以扩压器的出口流场对“起动点火”、燃烧的稳定性和可靠性、效率的影响是十分重要的问题，是冲压发动机的要害之一。

去年11月23日写给您的材料和此信中所谈的观点是否正确，望钱副部长给予批评指教，以便引起同志们的重视和广泛的讨论，促进冲压发动机的研制，使靶机、“海三”早日装备部队。

此致

革命敬礼！

七机部三院三十一所四室

刘兴洲 王汝元

1968年4月1日

七机部三院卅一所四室

刘兴洲、王汝元同志：（并请转卅一所的领导同志）

你们二位在1968年4月1日的信收读了。所说去年的信，我不记得看过。

我们的伟大导师毛主席教导我们：“按照实际情况决定工作方针，这是一切共产党员所必须牢牢记住的最基本的工作方法。”毛主席又教导我们说：“认识的能动作用，不但表现于从感性的认识到理性的认识之能动的飞跃，更重要的还须表现于从理性的认识到革命的实践这一个飞跃。”

你们既然认清了冲压式发动机点火问题的关键是在起动条件下的点火器附近流场的问题，那么解决冲压式发动机的起动点火就在于改变这个恶劣的流场。方法恐怕是多种多样的；你们建议用贫氧固体药柱代替目前的预燃室，或者用一个小固体火箭来代替预燃室的点火，是两种方法。我相信如果把问题说清楚，把问题交给大家，请大家来出主意，……提出其他的方案。经过讨论比较，一定能找出……的方案。

所以我是支持你们的意见的。请你们向室和所的领导汇报，遵循我们伟大领袖毛主席的教导：“抓革命、促生产、促工作、促战备，把各方面的工作做得更好。”发动有关同志研究讨论，以求早日搞出好的冲压式发动机，为我们伟大祖国的国防建设作出贡献。

对冲压式发动机我自己没有什么实践知识，我要向同志们学习。但从一般的经验来说，我认为你们看问题的观点是对头的。 \overline{M}_2 是一元流的参数，是平均值，而一平均就看不出流场的具体情况了，关键是点火预燃室附近的局部情况。从一元流到三元流场，从平均值到局部具体情况，这是一种深入，是解决问题所必须的步骤。

以上意见，供你们参考。不对的，请指正。此致
革命的敬礼

钱学森

1968.4.23

中国科学院力学研究所

(6) 字第 号

七机部三院科一研四室

刘焯洲、王汝元同志：(并请转达一研的领导同志)

你们二位在1968年4月1日的信收读了。所说去年的信，我不记得看过。

我们的伟大导师毛主席教导我们：“按照实际情况决定工作方针，这是一切共产党员所必须牢牢记住的最基本的工作方法。”毛主席又教导我们说：“认识的能动作用，不但表现于从感性的认识到理性的认识之能动的飞跃，更重要的还须表现于从理性的认识到革命的实践这一个飞跃。”

你们既然认清了冲压式发动机点火问题的关键是在起动条件下的点火口附近流场的问题，那么解决冲压式发动机的起动点火就在于改变这个恶劣的流场。方法恐怕是多种多样的，你们建议用贫氧固体药柱代替目前的予燃室，或者用一个小固体火箭来代替予燃室的点火，是两种方法。我相信如果把这个问题交给大家，请大家来出主意，经过讨论比较，一定能找出

地址：北京市西郊中关村，邮编23，2431

(第 页)

中国科学院力学研究所

(6) 字第 号

所以我是支持你们的意见的。请你们向室和所的领导汇报，遵循我们伟大领袖毛主席的教导：“抓革命，促生产，促工作，促战备，把各方面的工作做得更好，把无产阶级文化大革命进行到底”，发动有关同志研究讨论，以求早日搞出好的冲压式发动机，为你们伟大祖国的国防建设作出贡献。

对冲压式发动机我自己没有什么实践知识，你要向同志们学习。但从一般的经验来说，我认为你们看问题的观点是对头的。原是一元流的参考，是平均值，而一平均就看不出流场的具体情况了，关键是点火予燃室附近的局部情况，从一元流到三元流场，从平均值到局部具体情况，这是一种深入，是解决问题的必要的飞跃。

以上意见，供你们参考，不对的，请指正。此致

革命的敬礼

钱学森

1968.4.23

地址：北京市西郊中关村，邮编23，2431

(第 页)