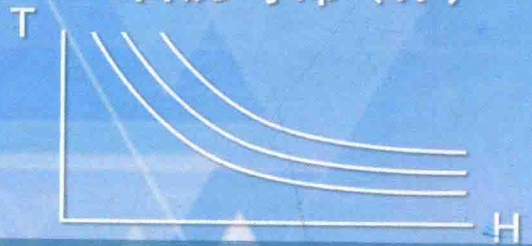
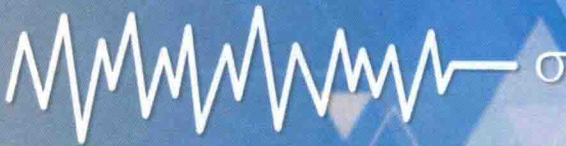


张福泽文集

机械寿命

疲劳寿命 (λ')

日历寿命 (λ)



$$\lambda' = \frac{\sum_{i=1}^K n_i S_{ai}^m}{\sum_{i=1}^j n'_i S'_{ai}{}^m} \lambda$$

$$\lambda \sum_{i=1}^m \left(\sum_{i=1}^k \frac{h_i}{H_i} \right)_i = 1$$

张福泽著

中国工程院院士文集

张福泽同志是我国航空工业战线上的老前辈，长期从事航空工业管理工作，为我国航空工业的发展做出了重要贡献。本书汇集了张福泽同志在航空工业战线上的主要著作，包括航空工业管理体制、航空工业发展战略、航空工业改革与开放等方面的论述。本书是航空工业战线上的重要文献，也是航空工业战线上的宝贵财富。

张福泽文集

张福泽同志是我国航空工业战线上的老前辈，长期从事航空工业管理工作，为我国航空工业的发展做出了重要贡献。本书汇集了张福泽同志在航空工业战线上的主要著作，包括航空工业管理体制、航空工业发展战略、航空工业改革与开放等方面的论述。本书是航空工业战线上的重要文献，也是航空工业战线上的宝贵财富。

本书共分五卷，包括：航空工业管理体制、航空工业发展战略、航空工业改革与开放、航空工业科技与人才、航空工业企业文化。本书是航空工业战线上的重要文献，也是航空工业战线上的宝贵财富。

徐世迪
2012年7月

航空工业出版社
北京

内 容 提 要

本文集汇集了张福泽院士在国际疲劳寿命理论、金属日历寿命理论研究中独创的学术论文；同时也汇集了他在我国大机群飞机、多型号系列飞机定寿重大工程项目中的研究论文和他从事半个多世纪科研工作的感悟文章。

本文集不仅体现出张福泽院士的学术造诣，而且还折射出他在研究道路上那种敢于担当、勇于创新、坚韧不拔、百折不挠的精神。相信广大科技人员、高等院校师生从中可以获得借鉴和启迪。

图书在版编目 (C I P) 数据

张福泽文集/张福泽著. --北京: 航空工业出版社, 2017. 11

(中国工程院院士文集)

ISBN 978 - 7 - 5165 - 1354 - 5

I. ①张… II. ①张… III. ①飞机—结构寿命—文集
IV. ①V221—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 269559 号

张福泽文集

Zhang Fuze Wenji

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑 2 号院 100012)

发行部电话: 010 - 84936597 010 - 84936343

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2017 年 11 月第 1 版

2017 年 11 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 34 插页: 2 字数: 823 千字

印数: 1—700

定价: 180.00 元



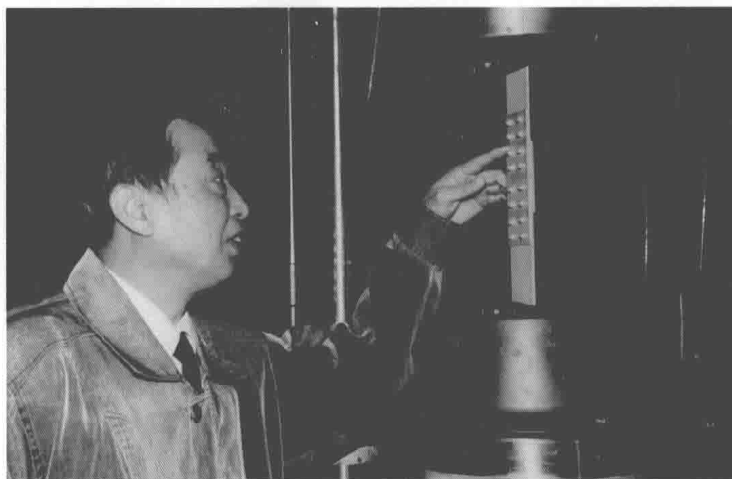
张福泽院士



1995 年在空军第一研究所搞研究



2004 年在日本横滨召开的国际航空科学大会（ICAS 2004）上宣读论文



2010 年在实验室检查试验件的裂纹扩展情况

《中国工程院院士文集》总序

二〇一二年暮秋，中国工程院开始组织并出版《中国工程院院士文集》系列丛书。《中国工程院院士文集》收录了院士的传略、学术论著、中外论文及其目录、讲话文稿与科普作品等。其中，既有早年初涉工程科技领域的学术论文，亦有成为科技领军人物后，学术观点日趋成熟的思想硕果。卷卷《文集》在手，众多院士数十载辛勤耕耘的学术人生跃然纸上，透过严谨工程科技论文，院士笑谈宏论的生动形象历历在目。

中国工程院是中国工程科学技术界的最高荣誉性、咨询性学术机构，由院士组成，致力于促进工程科学技术事业的发展。作为工程科学技术方面的领军人物，院士们在各自的研究领域具有极高的学术造诣，为我国工程科技事业发展做出了重大的、创造性的成就和贡献。《中国工程院院士文集》既是院士们一生事业成果的凝练，也是他们高尚人格情操的写照。工程院出版史上能够留下这样丰富深刻的一笔，与有荣焉。

我向来以为，为中国工程院院士们组织出版《院士文集》之意义，贵在“真、善、美”三字。他们脚踏实地，放眼未来，自朴实的工程技术升华至引领学术前沿的高境界，此谓其“真”；他们热爱祖国，提携后进，贝有坚定的理想信念和高尚的人格魅力，此谓其“善”；他们治学严谨，著作等身，求真务实，科学创新，此谓其“美”。《院士文集》集真、善、美于一体，辩而不华，质而不俚，既有“居高声自远”之澹泊意蕴，又有“大济于苍生”之战略胸怀，斯人斯事，斯情斯志，令人们阅后难忘。

读一本文集，犹如阅读一段院士的“攀登”高峰的人生。让我们翻开《中国工程院院士文集》，进入院士们的学术世界。愿后之览者，亦有感于斯文，体味院士们的学术历程。

徐匡迪

2012年7月

前 言

飞机定寿是航空工业中一个组成部分，它属于多领域、多学科、技术密集型的系统工程。飞机使用寿命有两大指标：一是疲劳寿命，二是日历寿命。疲劳寿命是指在重复载荷作用下能够飞行的小时数；日历寿命是指飞机在使用环境和条件下，能够完成使用功能的持续日历时间。

每种飞机寿命（指结构寿命）在结构、使用环境和条件不变的情况下，它是一个客观存在的定值。这个定值是靠人们用科学的方法，把它确定下来。飞机寿命确定高了，会造成飞机的可靠性降低，给使用部门造成后患；寿命确定低了，会使飞机该具有的性能没发挥出来，给国家造成经济损失和财力物力的浪费。因此，合理确定飞机寿命指标，是保障飞行安全和充分发挥飞机经济效能的关键。对此，国际业界的专家、学者，围绕飞机寿命展开了长期的研究与探索。

本人自1966年底步入飞机结构寿命和可靠性研究领域之后，一直在这一领域的科研一线从事飞机疲劳寿命、日历寿命的研究工作。半个多世纪以来，在完成我国近万架、多系列飞机定寿延寿过程中，利用节假日和业余时间，在没立项、没有资金和时间保障下，进行这个领域的学术研究。共发表学术论文105篇，其中独立完成并发表58篇。取得了一批国内外同行专家认可和应用的理论成果。

如今，我已是一位耄耋老人，不少同事、朋友力劝我把这些研究成果加以整理，汇编成册，一来可供后人了解这一领域的研究发展状况，二来对年轻科研人员也能起借鉴、激励作用。经考虑再三，又逢中国工程院正组织并陆续出版“中国工程院院士文集”，于是在2017年年初，开始了文稿的整理工作。

本文集共分四个部分：

第一部分为理论篇。这一部分包括疲劳寿命理论研究和腐蚀日历寿命理论研究两大块。收录的论文全部是本人独自在国内外一级学术刊物和国际专业学术会议上发表的不重复（指同一内容的论文同时被中文期刊和国际学术会议录用，本文集只选其中之一）、不涉密论文。

第二部分为验证试验篇。这一部分主要收录了本人在日历寿命研究中，在国际上首次进行的有关试验验证的方法及试验结果报告等。

第三部分为应用与感悟篇。应用部分主要收录了本人20世纪70年代所进行的乌米格-15、米格-15比斯两大机群延寿和“七五”至“八五”期间应用“系列飞机定寿法”，对我国近万架飞机进行定寿延寿的应用文章；感悟部分主要收录本人在从事半个

多世纪飞机结构寿命研究中的一些所思所想、心得体会，目的是与从事科研的人们进行交流。

第四部分为附录。主要收集了新闻记者发表在有关报刊的几篇文章及本人大事年表。

本文集在编辑出版过程中得到中国工程院和空军航空所的大力支持，并得到李韶华编审的大量帮助，在此谨表谢忱。

张福泽
2017年10月

作者简介

张福泽，辽宁岫岩人，1936年3月出生，1962年9月毕业于北京航空学院（现北京航空航天大学）飞机系，同年10月入伍，历任航空所技术员、工程师、高级工程师，空军可靠办总工程师，兼任空军首席专家，中国人民解放军总装备部科学技术委员会兼职委员、顾问，中央军委科学技术委员会顾问等职，从事飞机寿命与可靠性研究。1995年当选为中国工程院院士，也是我国空军第一位院士。

他在半个多世纪的科学研究中，敢于担当，勇于创新，为我国飞机的定寿延寿做出了重大贡献：

他是我国第一和第二两个大机群飞机延寿的开拓者和执行者之一。20世纪60年代末，大学毕业不久的张福泽先后挑起两个大机群飞机延寿的重任。他亲自设计并率领课题组人员自力更生研制成功两套疲劳试验设备，该设备获国家发明奖。接着他又率领课题组成员，用这两套设备进行疲劳试验，苦战10余年，于70年代中期首次给出了这两种机群的延寿结论。将这两种飞机的总使用寿命由1700飞行小时分别延至3700和3200飞行小时，相当于为军队新增千余架飞机。该课题1978年获全国科学大会奖，张福泽位列获奖名单第一人。

他是我国第一位飞机实测载荷谱的开拓者和编制者。在60年代，我国尚未开展全尺寸疲劳试验工作，又处于“文化大革命”高潮期，在全国“大乱”时期，他亲自动手组织飞机实测和数据处理，经过3年实干，终于编制出我国第一个实测载荷谱，成功用于乌米格-15全尺寸疲劳试验，开启了我国编制实测飞行载荷谱的先河。

他是我国第一部“飞机强度规范疲劳分册”的开拓者、制定者之一。80年代初，张福泽被借调到空军机关参与编写我国《军用飞机强度和刚度规范》（简称《规范》）。《规范》共设12个分册，他的任务是编写空海军版本的疲劳分册部分。这部分是新增加的，没有经验可借鉴，他克服重重困难，完成了编写任务。不仅如此，他还被推选为《规范》编审委员会的专家委员，参与了《规范》全部12个分册的统编工作。这部《规范》是我国自行编写的首部规范文件，对于我国航空工业的正规建设与发展具有十分重要的意义。1987年，此《规范》获国家科学技术进步奖二等奖。

他以自创的“系列飞机定寿法”为指导，在空军可靠办领导下，从技术上组织全国航空疲劳界共同奋斗，仅用3个机型的定寿经费，完成了17个机型近万架飞机的定寿延寿任务，解决了新中国成立40年来一直亟待解决而又未能解决的大难题，取得了巨大的军事效益和经济效益。该课题于1995年获国家科学技术进步奖一等奖，张福泽

位列获奖名单第一人。

张福泽在各大机群定寿过程中，为我国飞机定寿需要，利用业余时间，还对该领域国际尚未解决的难题进行研究，取得了一批突破性的理论成果。他先后发表论文 105 篇，其中独自撰写和发表的 58 篇。

他在国际上首创“裂纹形成和裂纹扩展寿命的两个类比计算模型”，为国际疲劳界提供了一种新的寿命计算公式和方法，被誉为“张氏类比计算法”。

他创建了用真实腐蚀参数计算飞机日历寿命的新理论和确定的新方法，解决了国际上一直追求解决而没有解决的大难题，是历史性突破。

他在国际飞机定寿领域，首先发明“代表起落谱”，解决了国际上一直没有解决的“载荷迟滞效应”和“随机载荷作用点控制”两大难题，被誉为“里程碑”和“张氏代表起落谱”。

他发明了“寿命系数定寿法”，解决了国内外无法减少全尺寸疲劳试验时间的难题。

他发明了“耗损系数单机寿命监控法”，解决了国内外现行监控法无法解决的一些难题。

他拨乱反正，引领国际疲劳分散系数创新发展 30 年（1985—2015 年），并得到国内外学术界认可。

由于上述一系列的重要学术成果受到业界青睐，张福泽先后应邀赴美国、英国、德国、法国、澳大利亚、俄罗斯、日本和新加坡等国参加学术会议、讲学和交流，得到国际同行很高的评价……

张福泽多年坚持不懈的努力和辛勤的汗水，培育了一些成果。他先后获全国科学大会奖 2 项，国家科学技术进步奖一、二等奖各 1 项，军队科技进步一等奖 4 项、二等奖 4 项。1990 年被评为国家级有突出贡献的中青年专家，享受国务院政府特殊津贴。1992 年评为全国 12 名“科技英才”人物之一，其事迹在中央人民广播电台播出。1996 年分别获首届全军专业技术重大贡献奖和香港第三届何梁何利基金科学与技术进步奖，2003 年获首届空军专业技术重大贡献奖。他先后受聘为空军工程大学教授，北京航空航天大学、西北工业大学、南京航空航天大学兼职教授。是我国 10 余家航空工业公司和研究所在飞机定寿方面的技术顾问及多个科技学会的理事。

自述

我1962年毕业于北京航空学院（现北京航空航天大学），分配到空军第一研究所（现空军装备研究院某航空研究所，简称航空所）。到所后，下放飞行部队锻炼一年、到飞机修理厂实习一年、下农村搞“四清”半年、参加图-4（曾译杜-4）飞机改装发动机一年。

1966年年底，我开始步入飞机寿命研究领域。我是学飞机设计的，从事飞机寿命研究并不是出于自己喜爱这个专业，而是出于当时国家需要而步入这个领域的。我认为，一名科技工作者应该按所学专业向前发展，但有时国家需要你改变专业，去干别的工作时，你还是应该顾全大局，服从国家的需要，在新的领域中发展，为国家做贡献，这就是“小我”服从“大我”的道理。

我在科研中有过5次大的改变工作岗位和专业的经历，我一直按照上述原则行事，当时虽然也有不同的想法，但最终还是服从了国家的需要。可以说，我为国家做成几件成功的事，大部分都是在被迫改变工作岗位和所学专业后，在新的领域中苦学实干、拼搏攀登取得的，甚至是在“发配”和当“二助理”时，锲而不舍见缝插针取得的。可以说，我是在被动调遣中创业，在主动攀登中做贡献，因此，我每走一步，都要付出比常人多几倍的努力。

第一次调动是1966年年底，组织上叫我改变所学的飞机设计专业去搞乌米格-15飞机延寿课题。当时，我对飞机延寿问题一窍不通，况且这又是一个全所有名的老大难课题。已搞了多年，换了几批人，都没搞出结果。叫我这个刚毕业不久的年轻人牵头搞这样大的课题，当时我也感到为难。但又想，国家出于急需才决定研究这个涉及数百架飞机的停飞和报废的课题，难道只因为它是老大难，没油水，谁都不愿意干，那么国家怎么办？经过这样对比考虑，我决定放弃所学专业，接受这个课题。经过我们课题组10余年的苦干实干，全力以赴，精心研制疲劳试验设备，空测与编制载荷谱，做应力分析与寿命计算、外场领先使用、工厂延寿修理和长期多次疲劳试验等工作，最后我们不仅将乌米格-15大机群飞机的寿命延长一倍，而且还把米格-15比斯大机群飞机的寿命也延长一倍，为国家创造出千余架飞机的使用价值。我自己也在苦学实干中学到了许多新知识，开辟了新的学科领域，也使我们研究所形成了一批飞机疲劳定寿的队伍。这个课题1978年获全国科学大会奖，我个人也因此立了功，并在总结两个大机群延寿课题的基础上，写出了我国第一个大机群延寿的论文和我国第一个飞机实测飞行载荷谱等5篇论文。

第二次调动是在1977年，在我搞完乌米格-15和米格-15比斯两个大机群飞机

延寿后，又接受一项全所重点课题——歼6飞机延寿课题并任课题组组长。课题在进行过程中，由于我抵制了本单位领导的一个不公正决定^①，没过几日，他们把我调出延寿组，去搞歼6飞机增挂500kg炸弹改装。我到改装组后，发现已动工的实施方案太复杂，等于重新设计一个歼6的后机身。经过全机受力分析，我提出了传力路线最短、受力最佳的挂弹方案。这个挂弹方案不需要改动机体结构，挂在机身与机翼对接的螺栓上即可，使复杂的改装变得十分简单，不需进修理厂，在外场就可以实施改装。该方案除改装简单易行外，还由于挂弹处刚度大，又靠近飞机重心位置，使投弹命中率高。这个方案一提出，就得到上上下下一致赞同。方案通过后，我除画出改装草图外，还进行强度计算、跟产加工和试飞全过程。经课题组成员共同努力，该课题于1978年完成，同年获全国科学大会奖。课题结束后，我写了《歼6增挂500公斤炸弹最佳方案研究》论文和《歼6增挂500公斤炸弹强度分析》论文。

第三次调动是在1980年初，我从歼6增挂炸弹课题组回所后，正准备搞歼6飞机延寿之际，领导又把我调出课题组，“发配”到所外“打工”5年，长期与外单位协作，编写《军用飞机强度和刚度规范》。为了顾全大局，在说明情况后，我被迫接受了这个任务。从此，我便离开了白手起家、苦干10余年创立的疲劳延寿组和延寿课题，到新的领域中去“闯荡”。不过，我坚信，靠我苦学实干、不屈不挠的性格，我会在新的领域里为国家做出新的贡献。

进入编写组后，发现工业部门和空海军部门在强度规范编写的方法、观点、内容等方面分歧很大，合写已不可能，因此上级主管部门决定工业部门和空海军部门分别写出自己的版本，然后再合编成一个版本。在空海军版本分工时，总共有12个分册，其中有11个分册有人接受编写任务，其中疲劳分册无人问津，其原因是该分册在我国老强度规范中是没有的，属于新增加的，我国又缺少这方面的研究和有效的试验数据进行充实，因此，科技界分歧比较大，写成规范很难。为了能使这项工作顺利进行，面对这些压力，我主动要求承担这个分册的编写任务，我原以为，出来编写规范，就脱离了疲劳学科，没想到命运又安排我搞飞机疲劳规范。在此基础上，结合国内实际情况和研究成果，参考国外相应的规范，于1984年写出空海军版本的飞机疲劳分册及其使用说明书。然后用半年多的时间与航空工业部试飞院蒋祖国研究员为主编的疲劳分册进行合编。在合编过程中，虽然在具体内容上有许多分歧，但由于我们本着为我国编写出一部先进的飞机疲劳设计和试验用的规范，我们互相取长补短，克服重重技术障碍，经过多次协调，终于在1985年初编出合编版本和它的使用说明。我们不仅完成了疲劳分册的编写，而且还参加了全部12个分册的统编。这部我国自行编写的12分册《军用飞机强度和刚度规范》于1985年底经国家主管部门批准，正式颁布执行。1987年，这部规范荣获国家科学技术进步奖二等奖。

这部国家飞机设计规范是原航空工业部和空海军几十个有关单位的近百名专家、

^① 1977年，因我的一篇论文受到单位领导不公正处理，当时我进行了说理甚至顶撞，后来陈恩鸿总师代表所里进行处理，结论是“张福泽的论文，从研究、发表到署名无误”。虽然我赢了这场“官司”，却引来频繁地调动工作岗位，使我永远离开了自己亲手创办的延寿组。

教授共同完成的。在这5年中，我除完成自己的编写任务外，还充分利用这种有利条件刻苦学习，丰富提高自己。我没有把这5年当成“发配”而消极怠工，相反，当成中途“充电”“加油”的过程，使我有机会系统地学习疲劳领域里的一些基本理论和进行一些前沿专题研究，我的一些理论成果就是在这个阶段取得的，为今后开展寿命研究打下了理论基础。在编写《军用飞机强度和刚度规范》的5年中，我先后写了《裂纹形成寿命的类比计算法》《裂纹扩展寿命的类比计算法》和有关疲劳分散系数方面的6篇论文。

第四次调动是1984年年底，在我刚刚完成协作编写《军用飞机强度和刚度规范》，准备回所继续搞飞机延寿课题时，所里领导找我谈话，叫我到上级机关执行临时任务。到机关报到后才知道，这项任务是协助机关进行飞机寿命和可靠性管理。所里曾派了一名同志来做这项工作，但机关不满意，要求换人。所领导又找了几个，谁都不乐意干这种跑腿的“二助理”任务，最后又派到我的头上。了解到这些情况后，我想不通，只因为我抵制过一次领导的错误决定，“发配”5年在外边，这还不够吗？现在又把“二助理”的跑腿活给我干，这太不公平！我真想不干了，回所评评理。但又想，这样会影响机关和研究所的关系，对全所今后开展工作不利，况且，我不干，总要有人去干，这也是国家需要，就这样我又不情愿地被迫接受了这项“二助理”任务。说实在话，机关“二助理”的活，对我这种性格的人是不合适的，怎样才能适应这种新的环境和任务，我心里是没底的。不过，我还有信心，不管环境和任务有多复杂，有多困难，我会想方设法去打开局面，把工作做好。

到机关的任务是参加《航空技术装备寿命与可靠性工作暂行规定》的制定。这是在国防科工委主持下，由原航空工业部、空海军和电子工业部共同参加的项目。我们齐心协力，通过一年的调查和研究，把我国《航空产品寿命和可靠性暂行规定》制定出来了，从而使我国航空装备的各类产品，在寿命和可靠性方面的概念、定义、评估原则和评估方法得到统一，对航空产品走向正规，与国际接轨有重要意义。在完成这项任务中，我主动地全面了解了我国各类航空产品普遍存在寿命短、可靠性差的严重情况。1972年和1974年，歼5飞机连续两次在飞行中由于机翼疲劳而断裂，造成机毁人亡的灾难性事故。飞机座舱盖爆破、起落架折断事故也屡屡发生，各个系统的附件和电子产品的故障更是层出不穷。这些问题不解决，不仅对飞机飞行安全和出勤率直接产生影响，而且影响我国航空事业的发展。这不是一个机种的产品问题，它涉及到所有机种的产品，是具有全局性质的问题，必须引起重视，抓紧解决。为此，我向国防科工委有关领导提出这方面的建议，他们表示支持并设法解决这些问题。通过参加这项任务，使我对航空产品寿命和可靠性研究的认识提高了。

过去搞具体机型飞机延寿，只局限于定寿方法、具体的技术途径等方面；编写《军用飞机强度和刚度规范》，则着重基础知识和一些先进技术的全面掌握和引用；而这次任务，通过深入到设计、生产和使用部门，掌握了用鲜血和生命换来的第一手材料，使我认识到解决这些问题的重要性和迫切性。为了解决飞机寿命的可靠性问题，我在完成这项任务中，一边到基层搞调研，一边研究我国所有机群飞机的定寿延寿和可靠性问题。我利用乌米格-15和米格-15比斯两个机群飞机延寿中研究出来的“类

比寿命计算法”的原理，于1985年底又研究出“系列飞机定寿法”。

第五次调动是1986年年初，上级机关调我到机关协助完成国防科工委给空军下达的任务，即在“七五”“八五”期间，完成国产3个在研机型飞机的定寿和可靠性问题。为此，空军工程部决定由时任助理的吕志刚和我先做调研和摸底工作。在调研摸底中，空海军强烈要求在“七五”“八五”期间解决新中国成立以来积压下来的现役近万架飞机的寿命问题。为了解决这一重大的历史遗留的系统工程项目，空海军和航空工业部曾多方努力向国家进一步申请经费，但都没有得到解决，国家还是坚持搞在研的3个新机型的寿命课题。在定寿技术方法上，也没找到解决这个系统工程项目的办法，因此这项意义重大的系统工程项目一度无法进行。在这种研究经费严重不足，上下观点存在矛盾的情况下，我当时想，我应该积极主动为国家解决这些困难，于是就利用调研摸底阶段的业余和节假日时间，加班加点把我在1985年年底研究的“系列飞机定寿法”，结合我国在研的新机种和现役的老机种的实际情况，进一步充实和完善，使它在基本原理上更加合理，在实际应用上更切实可行。就这样，又经过几个月深入研究后，我在一次军民融合的飞机疲劳寿命专业会议上，介绍了“系列飞机定寿法”，引起了到会的专家、教授和空海军代表的极大兴趣，并进行了多次热烈讨论。大家一致认为，这是解决我国积压40余年的近万架多系列飞机寿命的有效技术方法。最后大家一致同意，把“系列飞机定寿法”作为我国各系列飞机定寿的指导方法。

1987年，为了把这个多领域、多学科、技术密集型的复杂系统工程项目搞好，经总参谋部批准，空军成立了可靠性办公室，外场部部长蔡凤亭任主任、吕志刚任副主任、我任总工程师。在后来的10余年中，在办公室领导的主持下，我从技术上组织完成了这项课题。在机关的正确领导和近百名多学科的专家、教授共同努力下，完全靠我国自己的力量，以“系列飞机定寿法”为指导，仅用3个机型飞机定寿经费，就完成了近万架17个新老机型飞机的定寿延寿大型系统研究项目，这不仅保证了空海军飞机的飞行安全，而且还产生了数千架飞机的经济价值。因此，本系统工程课题于1995年年底获国家科学技术进步奖一等奖。

我在这频繁调动的二十几年中，由被动地当上“二助理”和总工程师，到主动地去开拓，去创新，结果研究出“系列飞机定寿法”，并以此方法为指导，经过航空疲劳团队苦战十几年，终于把新中国成立40多年来一直没有解决的重大系统工程难题解决了。这说明，不畏逆境，在被动的局面下，通过主动地工作改变被动局面，也同样可以做出贡献。可以说，我上半辈子，包括小学因父亲去世被迫停学，大学生病和当辅导员两次被迫要降班，工作后，几次被动地改变工作岗位和专业，我都没有被这些被动局面征服；相反，通过主动地迎战，苦学实干，开拓创新，结果使每一次的被动局面都改变了，都取得满意的结果。

我始终认为，一个国家、一个民族，没有独立自主、开拓创新的精神和行动，这个国家、这个民族就永远是个落后的国家、落后的民族；一个科技工作者，在自己的工作中，没有自力更生、勇于探索、开拓创新的思维，就永远被动地跟在别人的后边，永远不会有自己的一块“天地”。

我不论是研究课题还是执行临时任务，总是在吸收前人已有成果的基础上，通过

自己的探索创新，形成与别人不同的新理论、新方法和新成果。

1966年年底，我接受乌米格-15飞机延寿课题时，首先总结先前课题组多年没有搞出结果的原因，然后，自己通过调研和独立探索，确立了自己的研究方法和路子。为此，我突破常规，克服重重技术障碍，科学地确定出该型号飞机的疲劳试验部件；根据这个部件受力特点和支持条件，又独立自主地创新开发出国内外没有的（一次可以试验3个部件）自身平衡的疲劳试验设备。为了疲劳定寿更真实，更可靠，我们又探索进行了飞行载荷实测，并编制出我国第一个实测飞行载荷谱。与此同时，我们团队又自己动手研制出疲劳试验用的加载系统和自动控制系统。没有实验室，我们就在办公楼的走廊里试验；没有器材，我们就到各单位废料堆里去拣；没有运输工具，我们就自己扛，用马车拉。就这样，我们苦干实干10余年，独立自主地研制出我国第一套飞机疲劳试验设备和各个系统，并用这套设备成功地进行了3个大机群飞机（乌米格-15、米格-15比斯和歼5）的部件疲劳试验。依据大量疲劳试验数据和寿命的分析计算，再结合飞机的领先使用和延寿翻修，便把这3个大机群飞机的寿命延长了一倍，为国家创造出近千架飞机的价值。从而，也就开拓出我们自己的一套至今仍适用的大机群飞机定寿延寿的路子和方法。如果没有独立自主的创新思维和行动，也许走不出当时的困境，就不可能取得如此成果。

1969—1980年，在疲劳寿命分析计算中，我发现在相同载荷谱和试件情况下，在使用经典Miner理论公式计算寿命时，由于公式中的常数取值不同，可以计算出差异很大的寿命值。据研究，这个常数理论值等于1，但工程实际值很分散，这是导致寿命计算结果分散的主要原因之一，也是该理论创立以来一直没有解决的难题。我出于好奇心，也为了探索出一种更准确、更可靠的寿命计算模型，耗费近10年的业余时间进行攻关和试验验证。最后，我用相同部件分散性相等的原理，推导出裂纹形成寿命类比计算数学模型。这个模型不仅解决了Miner经典理论模型的分散性难题，而且还把全尺寸疲劳试验结果引入模型中，这样就可以提高寿命计算的准确性和可靠性，构成一种裂纹形成寿命计算的新方法。这个数学模型在《航空学报》上发表后，当年就被美国国家技术情报局主办的著名刊物《AD报告》译成英文全文转载。后来，写进我国《军用飞机强度和刚度规范》使用说明中，作为规范推广应用。这说明在日常工作中只要有创新思维，主动寻找问题，深入研究，也可以做出理论成果。

1972年，我国歼5飞机在飞行中由于疲劳裂纹引起机翼大梁折断，导致机毁人亡的灾难事故。为了研究该型号飞机的疲劳寿命，上级决定再生产一套上述的疲劳试验设备。但我当时想，既然要重新制造一套设备，我们就应该再向前发展一步，不能停留在原来水平上。这种想法当时有些同志是不同意的，他们认为，现有的这套设备已很成功，再生产一套就行了，何必自找麻烦重新设计一套新设备。我并没有因此而罢休，自己又苦干了几个月，设计出一套一次可以试验4个机翼主梁和2个机身主梁的卧式疲劳试验设备图样，这种试验设备与现有设备比较，不仅试验件数由3件提高到6件，而且取消了原设备的承载支持部件，使6个试件构成一个自身平衡系统，使试件受力更真实，设备更轻便，使用更方便。经过几次讨论后，大家同意这种新的创新方案。后来，在这个新设备上，又进行了几个机型飞机的疲劳试验，试验结果与实际飞

行结果吻合。该设备的创新方法获国家发明奖。

我是搞工程技术研究的，研究课题往往以工程项目为牵引，完成的标准是项目的总体性能和达到的水平，对理论成果并不苛求。但我在完成每项课题，哪怕是临时任务时，总是要从中找出一些具有前沿性，同时又具有很强适用性的内容，利用业余时间进行深入研究。我在大机群飞机定寿延寿研究中，发表了20余篇论文，几乎全部是这样产生的。这种从实践中提炼出来的前沿理论成果，发表后往往受到国内外工程界的欢迎。由于这些理论成果都不是立项搞的，不仅没有经费支持，而且也无充足的时间保证，主要靠业余和节假日进行研究。没有经费做试验验证，只好从大量的别人已发表的用于其他研究的试验数据中查找，转换成为对我有用的数据进行验证，因此，我每发表一篇论文都要花费比别人更多的时间和精力。

1995年，我当选为中国工程院院士后，我一如既往地继续奋战在飞机疲劳寿命第一线。除此之外，我还利用搞疲劳寿命的间隙和业余时间进行飞机日历寿命研究。日历寿命与疲劳寿命一样，都是飞机的寿命指标。但到目前，国际上对飞机日历寿命的确定仍不能像疲劳寿命那样通过试验和计算较准确地给出，相关部门只能靠经验和“拍脑门”给出不可靠的飞机日历寿命。根据这种不可靠的日历寿命，飞机在外场腐蚀环境下长期使用，使金属腐蚀损伤值超过腐蚀损伤容限值，导致摔飞机，这类事故国内外是屡见不鲜的。对此世界科技界已经研究了几百年，但由于金属腐蚀的影响因素太多太复杂，因此，自1813年法拉第定律创立200多年来，至今仍没有找到一种有效的计算理论和试验方法给出飞机可靠的日历寿命。

为了给飞机定日历寿命，我“自讨苦吃”，决定探索解决这一世界难题。由于没把握，怕交不了“差”，因此我没敢申请立项。在没资金和时间保证的情况下，利用业余时间默默研究20余年。现在可以说，已取得了一些有效成果：发现了金属和涂层两种材料的4条腐蚀损伤规律曲线，为建立金属和涂层的新理论计算公式奠定了基础；创立出金属机件腐蚀损伤日历寿命的理论计算公式和确定方法；创立出机械（飞机）总日历寿命和各次翻修日历寿命的计算公式和确定方法；创立出金属试验日历寿命的计算公式和确定方法；研究出三维等损伤环境谱编制的原理和方法；建立出飞机日历寿命的“区域定寿法”；研究出飞机日历寿命可靠性处理方法。这是一套较完整的机械（飞机）日历寿命确定体系。

现在人们可以利用我的上述研究成果，像疲劳寿命那样，用真实使用环境参数和介质，通过试验和计算给出机械（飞机）的日历寿命了！我从1999年开始，陆续在《航空学报》《科学前沿》和国际航空科学大会上，发表日历寿命方面论文21篇。一些技术成果申报了国家发明专利，现已获准的发明专利有5项。上述成果，目前已在少部分飞机日历寿命确定中得到应用，取得很好效果。

回首我的科研之路，它是一条坎坷曲折之路，我所获得的成果也是在这条坎坷曲折路上“超车”取得的。有人问我，要没有这条坎坷曲折的路，你会怎么样？这个问题说法不一，我也没有具体答案，请读者帮我回答！

目 录

理 论 篇

一、疲劳寿命理论研究	(3)
导读	(3)
裂纹形成寿命的类比算法	(4)
裂纹扩展寿命的类比算法	(15)
疲劳分散系数中标准差的研究	(22)
Comparison of Effects of the F - BY - F Load Spectrum and the Block Load Spectrum on Fatigue Life Scatter	(34)
疲劳分散系数的分类及其取值	(45)
The Fatigue Scatter Factors and Reduction Factors in the Design of Aircraft and Helicopter Structural Life	(52)
飞机载荷谱编制的新方法研究——代表起落谱编制原理和方法	(60)
Amendment to the Fatigue Life of Aircraft in High - Altitude Corrosion Environment	(69)
Law of Fatigue Scatter Factor Versus Test Stress	(76)
耗损系数单机监控定寿法和相关的分散系数等问题	(84)
单机寿命监控模型和耗损系数定寿法 ——在 2012 年全国第 16 届疲劳与断裂学术会议上的报告稿 和在各单位授课讲稿 (PPT)	(93)
高空低温飞行飞机的疲劳寿命高于相同谱载下的地面常温试验寿命	(98)
已飞飞机原寿命的疲劳分散系数	(108)
使用载荷下的重谱能降低寿命不能降低疲劳分散系数	(116)
寿命系数定寿的原理和方法	(124)
寿命系数定寿法的理论和方法——在各单位授课讲稿 (PPT)	(134)
二、腐蚀日历寿命理论研究	(141)
导读	(141)
金属机件腐蚀损伤日历寿命的计算模型和确定方法	(143)