

耕耘逐梦 初心永继

---

傅恒志院士从教70年

---

# 纪念文集



傅恒志院士文集编委会

 科学出版社

耕耘逐梦 初心永继

傅恒志院士从教70周年纪念文集

傅恒志院士文集编委会

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

傅恒志院士长期从事高温材料及凝固科学技术的教学和研究工作，本书收集了傅先生学习和工作的珍贵照片，收录了媒体上部分的新闻报道，傅先生作为校长、师长、家长的部分讲话和随笔，部分著作的前言或概述，傅先生获得的部分奖项和证书，亲友、同事、朋友、学生等纪念文章，以及傅先生发表过的论文清单，从不同侧面和角度反映了傅恒志院士从教70年以来的心路历程和科研成就。

本书可供从事材料科学技术研究和教学的人员参阅。

### 图书在版编目 ( CIP ) 数据

---

耕耘逐梦 初心永继：傅恒志院士从教70周年纪念文集 / 傅恒志院士文集编委会编. —北京：科学出版社，2018

ISBN 978-7-03-058124-2

I. ①耕… II. ①傅… III. ①傅恒志—纪念文集 IV. ①K826.16-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 134691 号

---

责任编辑：吴凡洁 冯晓利 / 责任校对：彭 涛

责任印制：师艳茹 / 封面设计：黄华斌

**科学出版社** 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

**中国科学院印刷厂** 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2018 年 6 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2018 年 6 月第一次印刷 印张：29

字数：547 000

**定价：298.00 元**

(如有印装质量问题，我社负责调换)

## 前 言

**傅**恒志，材料及冶金学家，教育家，中国工程院院士。1950年毕业于西北工学院机械系，1955年哈尔滨工业大学研究生毕业，1962年苏联列宁格勒工学院研究生毕业，获副博士学位。历任西北工业大学金属工学教研室主任、科研处处长、材料科学与工程学系主任，1984~1992年任西北工业大学校长。

傅恒志长期从事金属凝固理论技术及高温合金材料的研究和教学工作，1993年当选国际高校科学院院士，1995年当选俄罗斯宇航科学院外籍院士，同年当选为中国工程院院士，2013年获中国机械工程学会授予的中国铸造终身成就奖。

根据国务院领导指示精神和《老科学家学术成长资料采集工作实施方案》，中国科学技术协会联合中共中央组织部、教育部、科学技术部、工业和信息化部、财政部、文化部、国务院国有资产监督管理委员会、中国人民解放军总政治部、中国科学院、中国工程院、国家自然科学基金委员会11部委共同组成领导小组，于2010年启动了老科学家学术成长采集工程。采集工程以学术成长经历为主线，重点面向年龄80岁以上、在我国科技事业发展中做出突出贡献的老科学家，系统采集反映老科学家家庭背景、求学历程、师承关系、学术交往、科研活动等的各类口述资料、音视频资料和书信、手稿等文献资料，以及各种学习生活用品和仪器等设备，用以宣示和弘扬中国科学家的科学精神与科学传统，并真实全面展现中国科技发展历程。根据中国科学技术协会调研宣传部工作安排，傅恒志院士学术成长采集工程于2016年正式启动。

在学校领导的关心和组织下，依托西北工业大学党委宣传部和材料学院，成立傅恒志院士学术成长采集工程工作组，一年来开展了大量卓有成效的工作，力争系统和直观和全面地展示傅恒志院士的学术成长历程。在即将迎来傅院士从教70年之际，我们将部分图片、讲话、回忆文章等汇编整理，于是有了这本纪念文集，并由傅先生定名为《耕耘逐梦 初心永继——傅恒志院士从教70周年纪念文集》。

《耕耘逐梦 初心永继——傅恒志院士从教70周年纪念文集》收录了傅恒志先生在西北工学院、西北工业大学及留苏期间的学习和工作的珍贵照片，媒体上部分关于傅先生

的新闻专稿和参与活动的新闻报道，傅先生作为校长、师长、家长的部分讲话和随笔，傅先生撰写和参编的部分著作的前言或概述，傅先生获得的部分奖项和证书，亲友、同事、朋友、学生等回忆与傅老相处的真实而精彩的故事，傅先生发表过的学术论文目录。本书从不同侧面和角度反映了傅恒志院士从教70年以来的心路历程和科研成就。

西北工业大学材料学院院长李金山教授、党委书记董文强研究员统筹全部书稿，陈仲昌老师、李晓历老师做了大量资料整理和编辑工作，西北工业大学材料学院、哈尔滨工业大学材料科学与工程学院、河南理工大学材料科学与工程学院的相关领导和老师等为本书的素材收集和成稿做了大量工作，在此不一一致谢。由于编者水平有限，疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

傅先生曾说：“埋首研究工作，不知老之已至。看看，还有这么多工作需要去做，况正值空前大好时机，更当有所作为。来日虽已不多，愿将它奉献给我一生为之奋斗的理想——共产主义。”

这本《耕耘逐梦 初心永继——傅恒志院士从教70周年纪念文集》呈现的不仅仅是傅先生的学术成长的历程，更承载了老一辈科学家对青年一代的殷殷嘱托——耕耘逐梦，初心永继。

编者

2017年12月

## 中国科协调研宣传部关于支持实施老科学家 学术成长资料采集工作的函

傅恒志同志：

根据国务院领导指示精神和《老科学家学术成长资料采集工作实施方案》，中国科协联合中组部、教育部、科技部、工业和信息化部、财政部、文化部、国资委、解放军总政治部、中国科学院、中国工程院、国家自然科学基金委员会11部委共同组成领导小组，于2010年启动了老科学家学术成长采集工程（以下简称采集工程）。

采集工程以学术成长经历为主线，重点面向年龄80岁以上、在我国科技事业发展中做出突出贡献的老科学家，系统采集反映老科学家家庭背景、求学历程、师承关系、学术交往、科研活动等的各类口述资料、音视频资料和书信、手稿等文献资料，以及各种学习生活用品和仪器等设备。上述宝贵资料将永久存储于采集工程馆藏基地，用以宣示和弘扬中国科学家的科学精神与科学传统，并真实全面展现中国科技发展历程。

截至2015年年底，已启动396位老科学家的学术成长资料采集工作，获得手稿、书信等实物原件资料75345件，数字化资料204890件，视频资料272040分钟，音频资料313680分钟，正式出版科学家传记57册。2013年12月15日至2014年1月17日，基于采集工程阶段性成果，中国科协联合教育部、财政部等8部委在中国国家博物馆成功举办了“科技梦·中国梦——中国现代科学家主题展”（以下简称展览），中央领导充分肯定，社会各界高度关注。刘延东副总理亲自到中国国家博物馆参观了展览并对采集工程给予充分肯定，明确指示要做好采集资料的永久保存和使用，在全国范围内组织主题展巡展。随后两年间，在全国26个省（自治区、直辖市）31个城市组织巡展，有87万余人次现场参观，社会影响不断扩大。

经采集工程专家委员会提议并经领导小组审议，已将您列入2016年度采集对象名单，将于近期组织采集小组开展采集工作。衷心感谢您的支持配合，祝您健康长寿。

中国科协调研宣传部

2016年1月14日

# 目 录

前言	i
第一部分 个人简介	1
傅恒志	3
第二部分 照片、影像	17
第三部分 讲话、报告、随笔	59
坚持改革，开拓前进，努力开创我校工作新局面	61
总结经验 深化改革 开拓前进	69
艰苦奋斗 勤俭办学 建设良好校风全面提高教育质量	73
谈西北工业大学的优良传统	89
在纪念师昌绪先生逝世一周年主题活动上的讲话	101
给河南理工大学材料学院2014级新同学的讲话	104
在西工大本科生翱翔英才“追梦班”开班典礼上的讲话	109
在西工大材料学院2013~2014学年奖教金暨奖学金表彰大会上的讲话	112
坝上长夜，七星灯火	114
病榻读“中国梦”有感	117

材凝大地遍新芽 .....	118
幸福生活欲何求 .....	119
<b>第四部分 学术专著序言.....</b>	<b>121</b>
《先进材料定向凝固》 .....	123
《航空航天材料定向凝固》 .....	129
《非平衡凝固新型金属材料》 .....	133
《合金熔体及其处理》 .....	136
《航空航天材料》 .....	139
《凝固科学技术与材料发展》 .....	143
《空天技术与材料科学》 .....	146
《铸钢和铸造高温合金及其熔炼》 .....	150
<b>第五部分 报刊、网站节选.....</b>	<b>153</b>
倾情科教事业 铸造“恒志”精神 .....	155
逐梦高温合金 .....	163
大师风范 赤子之心 .....	168
大师的魅力——写在傅恒志院士喜迎80华诞之际 .....	172
傅恒志院士从教六十周年暨八十华诞庆典走笔 .....	178
老骥伏枥 志在千里——傅恒志院士为青年教师和研究生授课 .....	183
傅恒志：一生志趣在治学 .....	186
傅恒志院士著作《先进材料定向凝固》入选第三届“三个一百”原创出版工程 .....	188
傅恒志院士获“中国铸造终身成就奖”感言“既光荣又惭愧” .....	189
傅恒志：为梦高歌123 .....	192
半个甲子的重逢 一个时代的桥梁 .....	208
傅恒志院士专著《航空航天材料定向凝固》出版发行 .....	210
傅恒志院士向学校赠书 书香使者传播校园智力 .....	214

高山流水 惺惺相惜   傅恒志、张岂之两位学界大师的世纪一“握” .....	217
“耕耘求索丝无尽，残烛成灰身方休” .....	223
记住西北联大 .....	238
<b>第六部分 部分证书、奖状名录</b> .....	<b>245</b>
<b>第七部分 师友、学生纪念文章</b> .....	<b>261</b>
于无声处听惊雷 .....	263
我心中敬重的傅恒志院士 .....	267
傅恒志院士的母校情怀 .....	270
师恩如山 行为楷模 .....	274
感念傅恒志院士二三事 .....	277
傅老师指导下快速发展的十五年 .....	279
科研灯塔 人生导师 .....	283
十年回忆 .....	291
跟随傅先生走过的那段路程 .....	294
傅校长对学校科研工作的一些观点 .....	301
博士生眼中的傅院士 .....	303
源深流自远 行健天同功 .....	308
管窥恩师 见微知著 .....	312
传人间道 授凝固业 .....	315
初心不忘 砥砺前行 .....	320
傅恒志院士纪事 .....	324
我身边的丰碑 .....	327
良师益友有恒志 静水深流不言休 .....	329
在傅先生身边工作的日子 .....	332
益重青青志，风霜恒不渝 .....	336

我的老师傅恒志先生 .....	339
凝固学术前沿的不倦开拓者 .....	342
从材料学科发展基金颁奖会上想到的 .....	345
吾爱吾师 .....	347
峥嵘岁月稠 .....	352
我的人生导师傅恒志先生 .....	356
高而致远 .....	358
从点滴琐事看傅恒志院士 .....	361
与傅老师一起工作的回忆 .....	364
新世纪 新思想 新贡献 .....	366
<b>第八部分 专业学术论文名录 (1962~2016年) .....</b>	<b>369</b>

耕耘逐梦 初心永继  
傅恒志院士从教70周年纪念文集

—— 第一部分

个人简介





## 傅恒志

傅恒志，男，1929年8月出生，河南省开封市人，中国共产党党员。1950年毕业于西北工学院机械系，1955年哈尔滨工业大学研究生毕业，1962年苏联列宁格勒工学院研究生毕业，获副博士学位。历任西北工业大学助教、讲师、副教授、教授和博士生导师，教研室主任、科研处处长、系主任、校长（1984~1992年）。



1986年任陕西省航空学会理事长；1987年任中国航空学会副理事长兼常务理事，1993年后任常务理事；1991年任中国材料研究学会常务理事，西安市科学技术协会名誉主席。1992年被俄罗斯国立圣彼得堡技术大学授予名誉博士，1993年当选国际高校科学

---

资料来源：《20世纪中国知名科学家学术成就概览·化工、冶金与材料工程卷·冶金工程与技术分册（二）》，干勇主编，科学出版社。

院院士，1995年被选为俄罗斯宇航科学院外籍院士，同年当选为中国工程院院士，第八届全国政协委员。

傅恒志教授是著名的材料冶金学家。长期从事凝固理论与技术及高温材料的研究和教学工作，在非平衡凝固理论，亚快速定向凝固及组织超细化，高温合金、稀土永磁合金的凝固组织与性能，电磁约束成形定向凝固技术等方面进行了开创性研究。傅恒志院士领导研制的超高梯度定向凝固装置的温度梯度可达 $1300^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ ，超出当时世界水平三倍多；主持创建了枝胞转换及亚快速定向凝固的理论框架，开辟了单晶及定向凝固组织超细化研究的新领域。在此基础上，又提出了电磁约束成形、电磁冷坩埚定向凝固新技术及金属间化合物材料晶向与组织控制的研究方向。

先后获国家科学技术进步奖一项，国家发明奖两项，省部级奖11项，发表论文800余篇，出版专著6部，培养博士近百名（包括我国铸造学第一位博士）。1990年获全国高校先进科技工作者，1991年获航空航天部劳动模范、有突出贡献的回国留学人员及航空航天部有突出贡献专家等称号。1993年和2013年分别获美国传记研究院和中国机械工程学会授予的终身成就奖。

## 一、成长经历

傅恒志1929年8月出生于河南省开封市。他的童年是在抗日战争期间度过的。为躲避日军，一家人逃难到西安。1946年他考进焦作工学院，1947年因交通阻隔转入西北工学院机械系学习。傅恒志上大学的那几年，学生运动一波接一波。就在这种背景下他与几个同学组织了一个“马恩列研究小组”，如饥似渴地看一些如《国家与革命》《大众哲学》之类的书籍，明白了不少革命道理。在进步同学的影响下，他积极投入到反对国民党黑暗统治的学生运动中。

1950年傅恒志大学毕业后留校任助教。1952年学校派他去哈尔滨工业大学攻读研究生学位，跟着苏联专家开始了三年的研究生学习，使他接触到当时铸造专业的国际前沿，打下了深厚的专业基础，成为他以后事业的起点。

研究生毕业后，傅恒志返回西北工学院，不久被任命为金属工学教研室主任，负责筹建热加工的四个专业。1957年10月西北工业大学（以下简称西工大）并校成立，他担任首任铸造教研室主任。正当傅恒志带领教研室师生从事教学研究之际，高教部通知他考取留苏研究生，要求即刻去北京报到。1958年冬，他被派往列宁格勒（现圣彼得堡）研究铸造高温合金。三年时间他系统地研究了多种合金元素的强化作用及其机制及近万小时的组织稳定性，所筛选出一批合金的持久性能优于当时美国Hastelloy系列。1961年，他研制的锌新合金M15B3B2P1在尚未最后定型、论文尚未答辩的情况下，就被用

在苏联某航空发动机导向叶片上。该成果获得苏联科学技术发明专利。傅恒志于1962年取得苏联列宁格勒工学院副博士学位。在列宁格勒的留学生活是多彩的，傅恒志还担任留学生列宁格勒党的负责人之一及所在校的分总支书记。面对近两千留学生的要求与问题，当时的政治形势，他几乎要把一半时间投入到社会工作中。1962年春回国时，他虽只30岁出头，却已鬓发皆白。

傅恒志回国后即被任命为西工大校科研委员，后又兼科研处长。在他负责学校科研工作期间，他力倡学校必须“教学、科研并重”“大学应该形成教学与科学研究两个中心相辅相成”“学校不仅要传授知识还要创造知识”等论点。在他的坚持与组织下，一批紧密结合国防需要的科研课题，如小直升机、W-1航空发动机、单人飞行器等项目自国防科委纷纷下达，极大地活跃了学校的学术研究氛围，推动了专业教学生动活泼的局面。在专业领域，他所建立的非铝钛高温合金系列及关于高温合金成分、组织、铸造性能与力学性能关系的研究，在1964年全国第一届“铸造高温合金”会议上被特邀做报告，受到极大关注，得到时任中国铸造学会理事长荣科和中国科学院金属研究所师昌绪等专家的高度赞扬。正当他全力投入工作之际，“文化大革命”开始了，傅恒志当时刚在伦敦开完国际会议回来，即被揪出批斗，冠以“走资派、反动学术权威、反革命修正主义分子、国民党特务”等各种帽子。1971年形势稍有缓和，在还未“解放”的情况下又被任命担任西工大铸造教研室主任。1976年，傅恒志主持成立了“高温定向凝固与组织控制”科研组。他和同事知难而上，在缺乏资金和存在多项技术难题的困难条件下，发扬自力更生、艰苦创业的精神，经过几年的奋战，与北京航空材料研究所及上海电炉厂合作共同研制出我国第一台HRS高速定向凝固炉，其功能和技术参数均达到了国内先进水平。1978年又带领科研组成功研制我国第一台液态金属冷却定向凝固实验设备，开创了高梯度定向凝固研究的先河。

1984年，西工大调整领导班子首次采用投票民意测验方式选举校长，时任材料系系主任的傅恒志以最高得票被任命为校长。八年的任期，学校“在紧日子中奋进，在改革中发展”。“七五”“八五”期间国务院批准西工大为全国重点建设的15所大学之一，是全国14所校长由国务院任命的重点院校之一。1985年以来，学校几乎年年被评为先进单位，航空工业部组织的两次对院校的教学评估中，西工大均名列榜首。1992年，国家教委公布对全国高校科研的统计结果显示，西工大科研经费排第四，获奖数名列全国高校第一。

1992年年底，傅恒志离开了领导岗位，又重新回到课题组，面对新的形势，他再次带领定向凝固课题组的教师咬紧牙关，发奋图强，终于在原来的基础上取得了新的进展：在高温合金定向凝固领域获得了超过当时世界水平三倍多的定向温度梯度及超出同

## 国家教委公布1992年度全国普通高校科技统计数据 (II)

据1993年国家教委公布的1992年度全国普通高校科技统计资料,按六项主要指标,分部委属高校和省市区属高校公布。

### 一、部委属高校科技发展情况

六项指标排在前十名的学校分别是:

#### 1. 研究与开发人员(单位:人)

学校	总人数	全时人员
清华大学	4210	2342
西安交通大学	2785	1351
浙江大学	2701	1989
大连理工大学	2339	1111
华中理工大学	2034	1318
天津大学	2030	1141
上海交通大学	2016	1447
北京大学	1908	1109
哈尔滨工业大学	1901	1290
西北工业大学	1791	1242

#### 2. 研究与发展经费(单位:万元)

学校	总经费	预算外拨入
清华大学	11094.1	10113.1
浙江大学	7631.3	7308.7
北京大学	6982.4	6396.5
西北工业大学	6112.4	5089.8
上海交通大学	6019.3	5734.8
东南大学	5553.8	5185.0
哈尔滨工业大学	5120.6	3535.2
西安交通大学	4898.3	4450.6
北京航空航天大学	4674.3	2577.1
天津大学	4402.0	4029.3

#### 3. 研究与发展课题

学校	课题(项)	当年投入(万元)
清华大学	1834	5625.5
西北工业大学	1588	4648.2
同济大学	1586	4111.1
清华大学	1476	9999.8
上海交通大学	1147	5482.2
天津大学	1060	4152.9
西安交通大学	1015	4254.4
北京航空航天大学	1003	2040.0
北京航空航天大学	999	2778.9
东北大学	935	4200.3

#### 4. 研究与发展成果

学校	鉴定成果(项)	发表论文(篇)
清华大学	198	1689
浙江大学	112	2249
天津大学	103	1186
哈尔滨工业大学	103	1057
同济大学	92	648

上海交通大学	91	1718
北京大学	91	1688
东北大学	90	1681
西安交通大学	77	1077
东南大学	76	1533
北京科技大学	76	776

#### 5. 技术转让

学校	合同(项)	当年实收入(万元)
哈尔滨工业大学	195	1135.5
成都科技大学	128	425.5
清华大学	104	208.2
天津大学	90	453.8
华南理工大学	87	178.0
浙江大学	80	395.0
华东理工大学	79	221.9
西北轻工业学院	60	56.0
重庆大学	59	246.5
复旦大学	55	210.5

#### 6. 成果获奖(单位:项)

学校	获奖总数	其中国家级奖
西北工业大学	139	7
清华大学	120	31
哈尔滨工业大学	100	4
华中理工大学	97	9
西安交通大学	80	8
东北大学	74	8
北京航空航天大学	63	6
西安电子科技大学	58	1
中山大学	56	1
华南理工大学	55	3

### 二、各省市属高校科技发展情况

六项指标排在前十名的学校分别是:

#### 1. 研究与开发人员(单位:人)

学校	人员总数	全时人员
河南医科大学	881	803
云南大学	769	575
福州大学	1015	536
上海科技大学	745	525
河南农业大学	662	487
山东工业大学	725	469
上海工业大学	705	463
杭州大学	644	382
安徽大学	455	375
太原工业大学	478	370

注:以全时人员为准排序

#### 2. 研究与发展经费(单位:万元)

学校	总经费	预算外拨入
上海工业大学	2611.9	2237.0
北京工业大学	2146.2	1179.2

上海科技大学	1318.9	891.0
杭州大学	924.2	837.7
上海第二医科大学	847.7	261.4
浙江农业大学	831.5	661.5
山东工业大学	828.2	483.2
西北大学	573.1	541.1
浙江工学院	553.2	510.3
浙江医科大学	366.5	202.5

#### 3. 研究与发展课题

学校	课题(项)	当年投入(万元)
福州大学	663	188.5
浙江农业大学	442	524.3
上海科技大学	387	985.0
浙江工学院	384	524.6
上海工业大学	382	2167.9
山东工业大学	340	537.2
浙江医科大学	312	189.6
北京工业大学	291	1025.0
南京师范大学	277	194.0
云南大学	275	228.5

#### 4. 研究与发展成果

学校	鉴定成果(项)	发表论文(篇)
上海工业大学	77	332
上海科技大学	60	250
哈尔滨医科大学	53	391
浙江工学院	50	279
山东农业大学	45	320
山东工业大学	40	381
浙江农业大学	38	785
河北工学院	33	117
上海工程技术大学	32	120
浙江医科大学	31	270

#### 5. 技术转让

学校	合同数(项)	当年实收入(万元)
福州大学	58	120.0
安徽师范大学	55	137.8
太原工业大学	46	68.9
浙江农业大学	39	36.7
杭州大学	29	31.8
山东工业大学	25	30.2
河北轻化工学院	24	18.6
苏州大学	23	86.0
安徽大学	22	107.0
河北工学院	20	44.0

#### 6. 成果获奖(单位:项)

学校	获奖数	其中国家级奖
河南医科大学	64	0
河南大学	62	0
杭州大学	54	0
浙江农业大学	47	1
浙江医科大学	44	1
南京体育学院	41	0

## 1992年度全国普通高校科技统计数据

类合金100%~300%的高温持久性能。此后,傅恒志将这一研究成果拓展至亚快速凝固领域,在国际上首次提出单晶叶片定向组织超细化的概念,并在高温合金和铝合金中获得超细定向单晶。他还主持创建了超细晶形成与生长机制及近绝对稳定亚快速定向凝固的理论框架。由于傅恒志的学术威望和出色的管理能力,他一直担任西工大学术委员会主任至2002年。在此期间,他主持成立了校学术委员会的几个分支,理顺了各种关系,使这些分会在教学、科研和学科建设方面发挥了重要作用。

## 二、研究领域和学术成就

### （一）负笈苏联，获苏联科学技术发明专利

新中国成立初期，中国材料及冶金工业相对国际先进水平还比较落后，特别在航空航天领域，高温材料的研发基本上处于空白。为了迅速提高中国航空材料性能和制造技术水平，1958年，傅恒志作为当时全国铸造学科唯一考取留苏的研究生，被派往列宁格勒工学院，师从苏联铸造界权威聂亨齐进行科学研究。那时，用于航空航天尖端技术领域的镍基高温合金，性能优良，但都以较高含量的铝钛作为主要强化元素。20世纪60年代初，由于铝钛的高化学活性必须在真空下熔化和浇铸，而国内这样的真空冶炼设备稀缺，针对这一实际情况，傅恒志提出：能不能搞出一种不含铝、钛，不需要真空熔炼，而其性能又与含铝、钛的镍基高温合金相当的高温合金呢？傅恒志把这一设想告诉了自己的导师，没想到不仅得到了导师的首肯，还得到了导师的大加赞赏，认为具有创新思维。

在导师的支持下，傅恒志进行了艰难的探索。他先后设计了60余种合金方案，每一种方案的性能测试都要在800℃的高温下持续做6000h的实验。经过两年多时间的不懈努力和反复筛选。在对镍铬钼钨铌合金系进行系统研究的基础上，终于研制出了“无铝、钛的镍铬基”这一新型高温合金系列。在论文尚未答辩、合金尚未最后定型的情况下，其所研制的高温合金就被用在苏联某航空发动机的导向叶片上。为什么苏联航空专家特别喜欢这种新型合金呢？因为该类合金不含铝、钛，不需真空熔炼，但却达到了当时世界上含铝钛的某些镍基高温合金的力学性能，并具有优异的铸造性能。这在当时被认为填补了国际高温合金研究领域的一项空白，受到了国内外专家的高度赞誉。也正因为如此，他的这项研究成果获得了苏联科学技术发明专利，也因此获得苏联科学技术副博士学位。

### （二）钩深致远，勇攀先进材料科学研究巅峰

在高温合金的研究上所取得的成功，对他是一个极大的鼓舞。从苏联学成归国后，他继续致力于高温合金的成分、组织、铸造性能与力学性能关系的研究。

定向凝固及单晶技术可使铸件凝固组织按特定方向排列，可大大提高其力学性能，这是材料和冶金科学技术发展的一个大趋势。然而，当时使用的单晶及定向凝固技术与装置所达到的温度梯度较低，如世界上水平最高的德国Leybold公司生产的定向凝固设备，温度梯度在100K/cm以内。为保证定向生长，必须限定相当低的抽拉速率（1.5~3mm/min），从而造成很低的冷却速率（0.1~2K/s），导致材料内部出现定向组织粗大、偏析严重和大量横向亚枝晶产生，限制了材料性能潜力的进一步发挥。针对