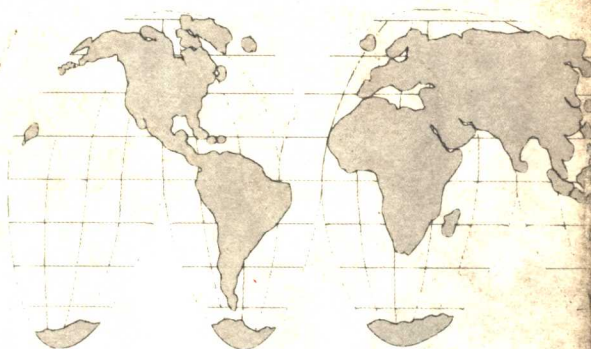


中国中青年院士文集



李 未

院士文集



北京出版社

中国中青年院士文集

李 未
院士文集

北京出版社

图书在版编目(CIP)数据

李未院士文集/李未著. —北京: 北京出版社, 1999
(中国中青年院士文集)

ISBN 7-200-03833-4

I. 李... II. 李... III. ①李未-文集②计算机
科学-文集 IV. TP3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 47746 号

中国中青年院士文集

李未院士文集

LIWEI YUANSHI WENJI

*

北 京 出 版 社 出 版

(北京北三环中路 6 号)

邮 政 编 码: 100011

北 京 出 版 社 总 发 行

新 华 书 店 经 销

北京市通县电子外文印刷厂印刷

*

850×1168 毫米 32 开本 11.375 印张 278 000 字

2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 7-200-03833-4/N · 14

定价: 37.00 元

出版说明

1. “中国中青年院士文集”丛书原计划收录 1997 年前中国科学院及中国工程院院士中当选院士时年龄不超过 55 岁的中青年院士的文集，但因中国工程院院士中符合条件人数甚少，未能选入，故此批收录者全为中国科学院院士。

2. 文集所选部分论文是由院士们与其他人的合作作品，其合作者均在论文的角注中出现。未予说明者为院士独立完成的作品。

3. 所收文章均为院士自选的在不同时期有代表性的作品，为保持其作品发表时的原色，其中的表述方式、格式、计量单位等均未做改动。

4. 在文集集中的每篇外文文章前均补加上了“中文摘要”，以方便一般读者阅读。

序 1

周光召

“中国中青年院士文集”丛书经北京出版社精心策划、编辑和作者们遴选、撰文,终于成功出版,可喜可贺!

丛书收录了中国科学院8位中青年院士的精选论著。每册为一位院士专辑。丛书不仅汇编了各位院士有代表性的学术文章,还根据编、作者对科学文化及其发展需求的共识,特别在“自述”部分展示了作者的科学思想、科研方法论、学术历程、科学文化感悟和对科学精神的追崇。我想,编、作者所期望的丛书的当代社会价值和历史意义就在这里吧!

欣阅几位院士朋友的专集,倍感亲切、舒畅,仿佛新绽的科学文化奇葩。

纵览科学技术的发展,20世纪已是远胜从前,21世纪更是展望不尽。世纪之交,世界风云变幻日甚。人类文明,愈来愈以科学文化为其主要。史实明证,科学文化是人类由必然王国走向自由王国的加速器。国家和民族的兴盛衰亡,实质上系于科学文化的昌明——科学的物质文明和科学的精神文明高度良性发展。这已成为救国救民、强国富民的真理!因此,科学文化工作者任重道

远。首要者,教育科学化的民众,树立科学精神,崇尚科学知识,繁荣科学文化,造就科学精英,发展科学技术,利用科学成果,创造科学化的新世界。再者,在科学技术和生产力尚不发达的地区,在科学文化知识教育不足的人群中,在人类种种文化的竞争生存中,驱除蒙昧,破除迷信,反对伪科学,仍然是科学战士的重任。今天很高兴地看到丛书的编、作者们为此开创性地迈出了有力的第一步,我不禁击节叹赏——既为作者学识,又为编者创意,更为他们的成功合作和对社会、时代的无价奉献!

这套丛书反映了当代一些科学领域的前沿成果和一些科学新知、新识、新思想。这些科学文化新成果,有的经由院士朋友们深入浅出的精彩阐释,变得不再那么抽象、费解,而是鲜明、生动,贴近现实世界,可资学习、欣赏。所以说,其科学文化价值和可读性都很好。坦率地说,我们的社会和时代,需要一些这样的知与识较全面的科学文化佳作,来发展科学文明。

兼取众长,以为己善。相信读者朋友们会从作者对科学的论说中,体验科学工作的真理性,感悟科学真谛,全面认识科学文化并汲取其精粹。

编者约请为之作序。兹鉴于本丛书的学术水平和科学文化品质实为上佳,可谓中国科学院新一代科学家的代表作,是故欣然从约。

1999年国庆节于北京

序 2

经济

我国建国已 50 周年了,随着共和国的成长,新中国的科学技术事业也走过了光辉的历程。中国科技界为国家的经济建设、国防建设和科学技术的发展,作出了重要贡献。“陆相生油”理论及应用、“两弹一星”、人工合成牛胰岛素、稀土顺丁橡胶、哥德巴赫猜想、高温超导材料和杂交水稻等等,便是突出的例子。

老一辈科学家为中国科学技术的进步建立了丰功伟绩,在取得这些伟大成就的同时,又造就了一代又一代科技精英,其中杰出的代表便是中国科学院院士。中国科学院院士是国家设立的科学技术方面的最高学术称号,自 1956 年中国科学院学部成立以来,共有 859 位优秀科学家当选为院士。广大院士在各自的工作岗位上,无论是主持科研项目,还是培育科技人才,无论是奋力攻关开发,还是积极参政议政,他们不仅以突出的科技成就为国家作出了贡献,同时也以自己优良的道德学风成为全社会的表率,赢得了整个社会的尊敬与赞扬。改革开放 20 年来,一大批德才兼备的中青年科技人员脱颖而出,他们中的特别优秀者当选为中国科学院院士。他们的成就已为学术界

page 76.00

和社会所承认,院士群体中不断增添着新鲜血液和活力,这标志着我国科技队伍兴旺发达,后继有人。北京出版社的同志们邀请了其中8位撰写自己的成长过程,并收录了他们的主要论文。我们希望并且相信,他们的经验会对那些立志献身中国科技事业发展的青年有所启迪和教益,并且会吸引更多的有为青年投身于推进中国科技发展的宏伟事业中来。

人类即将进入新的千年,中国将向下世纪中叶达到中等发达国家水平的第三步发展战略目标迈进。邓小平同志提出的“科学技术是第一生产力”的科学论断已经成为中国发展的一个重要指导思想,本届政府已把“科教兴国”作为最重要的任务,并采取了一系列强有力的措施和步骤。经党中央批准,由中国科学院率先进行的建设国家创新体系的试点工作正在按计划稳步推进。江泽民同志指出,要迎接科学技术突飞猛进和知识经济迅速兴起的挑战,最重要的是坚持创新。创新是一个民族的灵魂,是一个国家兴旺发达的不竭动力。在21世纪,中国将要在建立自己的创新体系的基础上,努力实现科学和教育的腾飞,使中国的现代化建设沿着依靠科学技术的进步和劳动者素质的提高的轨道不断前进。中国科技界,包括正在成长的青年科技工作者,应当为实现这一宏伟目标而作出坚持不懈的努力。

值此“中国中青年院士文集”出版之际,写下以上一些话,是为序。

1999年9月1日



李未，1943 年 6 月出生。1966 年毕业于北京大学，1983 年获英国爱丁堡大学计算机科学博士学位。现为北京航空航天大学计算机系教授、软件开发环境国家重点实验室主任、中国科学院院士、国务院学位委员会委员。李未在实用并发语言语义、并发语言的翻译理论等方面取得了开创性研究成果。曾获国家自然科学二等奖、何梁何利科技进步奖等多项奖励。

目 录

自 述	1
科研论著	19

第一部分 程序理论

An Operational Semantics of Multitasking and Exception Handling in Ada	21
A Syntax-Directed Approach for Implementing the Rendez- vous Mechanism in Ada	64
A Structural Operational Semantics for an Edison-like Language (1)	91
A Structural Operational Semantics for an Edison-like Language (2)	107
An Operational Translation Theory	123

第二部分 开放逻辑及其应用(英文)

An Open Logic System	156
A Logical Framework for Evolution of Specifications	179
The Inductive Process: A Logical Framework for Inductive Inference	204



第三部分 中文学术论文

关于离散型试验的最优设计	230
一个开放的逻辑系统	254
归纳推理和归纳进程	272
形式化方法的局限性	295

第四部分 其他

对智能机基础研究的几点看法	323
从80年代各国计算机计划看“八六三”智能机主题“九五” 调整	331
关于博士生的自我培养	336
论著目录	345

自 述

这本论文集选录了我自 1978 年以来所写的十几篇论文。论文集共分四部分。第一部分选了关于程序理论的论文,第二部分选了有关开放逻辑的论文,第一、二两部分的论文均是以英文发表的。第三部分选了四篇以中文发表的论文,其中有二篇是前两部分论文的修改版。第四部分是三篇杂论,记录了我对科技政策和教育问题的一些思考。

北京出版社建议我为这本论文集写个自述,但不走学术论文集序言的老路,而是谈谈我在写这些论文时亲历的往事、写作的背景以及这些论文在方法论上的意义。我高兴地采纳了这个建议,想在这篇序言中把这二十余年自己学术思想的进化过程做一简要记述,以便读者阅读这些论文时,可以了解它们的写作背景和意图,这或许会对理解论文的内容有所帮助。

我理应在 1966 年大学毕业,因为“文化大革命”的爆发,拖到 1968 年才分配到北京航空学院。报到没多久,就被送到 38 军劳动锻炼,直到 1970 年初才返回学校。我的第一次科研活动就始于同年 10 月。当时华罗庚先生正在北京着手推广“优选法”和“统筹法”,需要助手帮助他在工厂搞试验,为此,航空部决定从北航借调两位教师,跟华老一边学习,一边做助手。因为我刚从部队农场回来,还没有正式安排工作,在大学里又是学数学的,于是就被选中



了。到华老那里帮助工作的共有四位教师。我们的主要任务是跟华老一块儿下厂,华老给工人和技术人员讲解优选法和统筹法,我们则组织与技术员和工人們的座谈,并在厂里寻找合适的研究项目,在华老的指导下用优选法安排科学实验,用统筹法做工程计划。华老是位办事认真的学者,为了把这两个方法推广好,他专门给我们四位教师办了一个小班,讲授优选法理论。此外,国防工业出版社要为华老出版一本介绍优选法的书,据说是该出版社“文化大革命”以来出版的第一本科技书籍,责任编辑让我帮助校对,要求必须认真校好。这就是我大学毕业后参加的第一次科学研究活动。

华老给我印象最深的是他的学术报告和他讨论班上的讲课。这对我后来的讲演和讲课影响很大。我第一次听华老的报告,就被他精彩的讲演所折服。记得华老讲黄金分割方法时,用一个长纸条表示某个试验参数的取值范围,要从中找出一个能使试验效果最好的参数值。他先在纸条的 0.618 处用烟头烧一个窟窿,表示做了第一个实验,然后将纸条对折起来,对着已烧好的窟窿穿过去,在纸条的另一半再烧一个窟窿,表示在 0.382 处又做了一个实验;把两个实验结果进行比较,如果 0.618 处的好,就撕掉 0.382 处以下的纸条,表示小于 0.382 的参数范围不予考虑;反之,则撕掉 0.618 处以上的部分。一条很长的纸条,用对折、比较的方法一段一段地撕下去,三四次之后,纸条只剩下了一小段,说明用这种方法选择参数值,可以用最少的试验次数,找到理想的参数值。他的讲演融语言、表情、手势为一炉,折射出华老丰富的精神世界,洋溢着对人类精神财富的真诚赞美。他坚实广博的数学素养,使他能够把复杂的科学问题讲得直观易懂,由浅入深,由近及远;而他丰富的历史知识和深厚的文学修养,又使他的语言有血有肉,妙趣横生,赢得了每个听众。

我在学术上得益最深的是华老在他家里为我们四位教师办的讨论班。每个星期他讲一个上午,主要内容是“黄金分割”和“局部



搜索”方法(后者华老称之为“瞎子爬山”),这就是当时优选法的主要内容。华老用数论中的连分数来解释黄金分割的最优性。数论是华老“吃到心里的活计”(华老自己的话),他讲起问题来真是做到了高屋建瓴,一言中的,既直观易懂,又严谨缜密。在讨论班上,华老不但讲知识,更传授治学的方法。我至今记忆犹新的是:他明确地反对在教科书中用数学归纳法证明数学定理。他说用这种方法,容易使读者觉得这个定理及其证明仿佛是从天上掉下来的;数学归纳法既没有告诉人们这个定理是怎样被发现的,又没有说明定理的证明是怎么构思出来的,用这种方法来对付读者,不是一种负责的态度。

遗憾的是这种学习生活只持续了不到半年。航空部决定让我和另一个同志到沈阳市几个航空工厂去推广优选法。到沈阳后,我开始遇到的是一些简单的科学试验问题,用优选法均能解决。没过多久,在松陵机械厂(现称沈飞公司),我遇到了一个高温点焊胶配方的问题,必须找到一种配方,使胶的剪切和疲劳强度数值达到某个标准。在这个问题面前,黄金分割和瞎子爬山方法都不理想。首先,如果用这两种方法做一个配方试验,虽然开销不大,但一次试验周期却要二至三个月。其次,由于胶的配方复杂,影响剪切和疲劳强度的因素有 20 多个,每个因素的取值范围也不相同,用这两种方法,只能考虑到一个因素,每次只能做一个试验,一年只能做五个试验,显然不能满足要求。设想如果一次做 100 个试验,一年就能做 500 个试验,虽然试验次数不是最少的,但开销并不大,最重要的是可节约大量时间。第三,配方实验的结果(如剪切和疲劳强度)都可以测出准确数值,用这两种方法,只拿这些数据比较其大小,不能充分发掘和利用这些实验数据所包含的丰富信息。为克服黄金分割和瞎子爬山的方法在这些方面的不足,我想到了上大学时听说北大概率教研室曾提倡过一种“正交设计”方法。我从一位朋友那里借到了一本田口玄一的《实验设计与分析》



中译本草稿,是用蜡纸刻印的油印本。按照书中介绍的方法,我先后组织技术人员对两年“会战”^①期间所做的大量试验进行了总结,从20多个因素中分离出13个对胶的粘合力有重要影响的因素,并对每个因素列出三个可选值。依据这些数据,我从田口玄一的书中选出一个三水平正交表,设计了27个配方,结果试验一炮打响,找到了一个合格的配方,其剪切和疲劳强度都超过了规定的标准。

这次胶配方试验的成功使我看到了正交设计的三大优点。一是它的并行性,可以安排多个试验同时进行,这对周期长、因素多的试验尤为有效,因为节约时间是最重要的。二是它使用了数理统计的研究成果,对试验数据的误差进行分析与处理,有效地使用了试验数据中包含的各种信息,这对确定影响试验结果的主要因素十分有用。三是根据正交表安排试验方案,可以从总共 a^n 个可选方案中,每次只抽取 n 的多项式个方案,从而大大减少了试验个数。

这些只是我对正交设计方法及其特点的一些感性认识,还没有像黄金分割那样,能从理论上证明它在收敛速度方面的最优性。于是,从数学上给出正交设计的最优性并加以证明,就成了我大学毕业后遇到的第一个理论问题。而在北大与张尧庭老师的一次巧遇,使我找到了从理论上解决这个问题的途径。张老师是我的大学老师。那时他已经找到了证明正交设计最优性的思路。在他的耐心指导下,我从学习广义逆矩阵概念开始,一步一步地从数学上给出并证明了正交设计的最优性。这一研究结果刊登在《数学学报》上,也选入本论文集中(第三部分第一篇)。这篇论文中提出

^① “会战”是“文革”期间的术语,与现在的“攻关”意思相近,但又不同。它是这样一种科研工作方式:若干个参加单位联合成立一个课题组,吃、住和工作全部集中在一起,不分昼夜,没有周末,没有奖金,不注册“专利”,更不区分每个参加者的具体贡献。



的正交设计的最优性是一种统计性质,定义方法与定义计算复杂性的思想很类似。尽管在这篇论文中,我还没能给出和证明正交设计在试验个数方面的复杂性特征,但是无论如何,这毕竟是我发表的第一篇学术论文。

二

我在航空部推广优选法的工作一直持续到 1973 年。回学校后,教了几个月高等数学,不久就参加了我国用以货换货的方式、从罗马尼亚引进计算机的谈判工作。这台计算机称为 Filex-256,是罗仿制法国 Honeywell-Bull 公司的产品(法国称为 IRIS-50),其体系结构和操作系统与 IBM-360 系列的同类档次计算机水平相当,是当时我国能够引进的技术上最先进的计算机之一。1974 年底,这台计算机被安装在北航,我被调到了学校为此组建的计算机中心,分在系统软件组,由此开始了我的计算机生涯。那时我的工作是保证计算机的正常运行和服务。为了把工作做好,我花了很多时间阅读和研究操作系统的内部结构以及各个子系统的实现细节。操作系统是用汇编语言写的,我不得不阅读和分析汇编程序,不得不记住各个二进制位的特殊作用,不得不关注每个问题的执行细节,而这些与我在大学里所受的训练少有共同之处。所以,开始时我觉得这份工作十分枯燥,很不适应。但是为了完成任务,只好硬着头皮顶下来。在这段时间里,我逐步弄懂了进程的建立、运行、挂起和终止,进程间的通信控制,宏指令的设计和实现,系统资源和文件的管理以及输入/输出等的实现细节。现在看来,正是这个时期的工作经验和所学知识,建立了我对计算机及其系统软件的感性认识,为我后来进行计算机科学理论研究提供了一种价值判断的直觉,这使我终身受益。在此期间,我主要得到了下述三个方面的认识:



其一,在学习和分析操作系统时,我体会到汇编语言和高级语言在程序设计方面的差别。汇编语言是系统软件专业人员的语言,凡计算机能做的都可以用汇编语言实现,但熟练地使用它决非易事,而且非常容易出错,查找程序错误又相当困难。“高手”和一般程序员的差别,从其编程速度和所编程序的质量一眼就可分出高低。也正是在这个意义上,程序设计才是一门“手艺”或“艺术”。而用高级语言设计的程序则与数学公式类似,编程和查错比汇编程序容易得多,受过中学以上训练的人,经过简单培训就可以使用它。但是,计算机能做的事并非都可以用高级语言实现,至少进程或资源管理等底层系统功能就不能用 Fortran 实现。后来读博士时我才懂得,进程的并行执行以及进程间的通信和同步管理是程序并发性的主要特征。因此,设计一种可以实现操作系统各种底层功能的高级语言就成了我当时热切追求的目标。

其二,在开始设计汇编程序时,我常常出错,小小的一段程序,要修改几遍才能通过。后来随着我对汇编指令的使用方法越来越熟练,对问题执行细节的描述也越来越得心应手,所设计的程序质量就越来越高。不过即便如此,我仍然做不到设计程序一蹴而就,错误还是不时出现。但这种错误已不是普通的“语法”错误,也不是粗心所致,而是因为人在面对新问题时,对它的执行机制和有关细节的认识需要有个过程。这一认识过程的存在,本身就说明“出错”是不可避免的。所以,重要的不是不出错,而是如何充分地利用这些错误信息,有效地改进程序。这样,描述程序设计过程中出现的错误,并利用它们进行有效的程序修改,就成了我感兴趣的第二个问题。

其三,这段工作经历还使我认识到:人们常常认为大学数学专业的毕业生最适于搞程序设计或软件,这是一种误解。我的感觉是:软件设计和程序编制更接近工程设计和实施,优秀的程序设计人员的潜质在于对事件执行细节的关注,对这些细节以及一个整