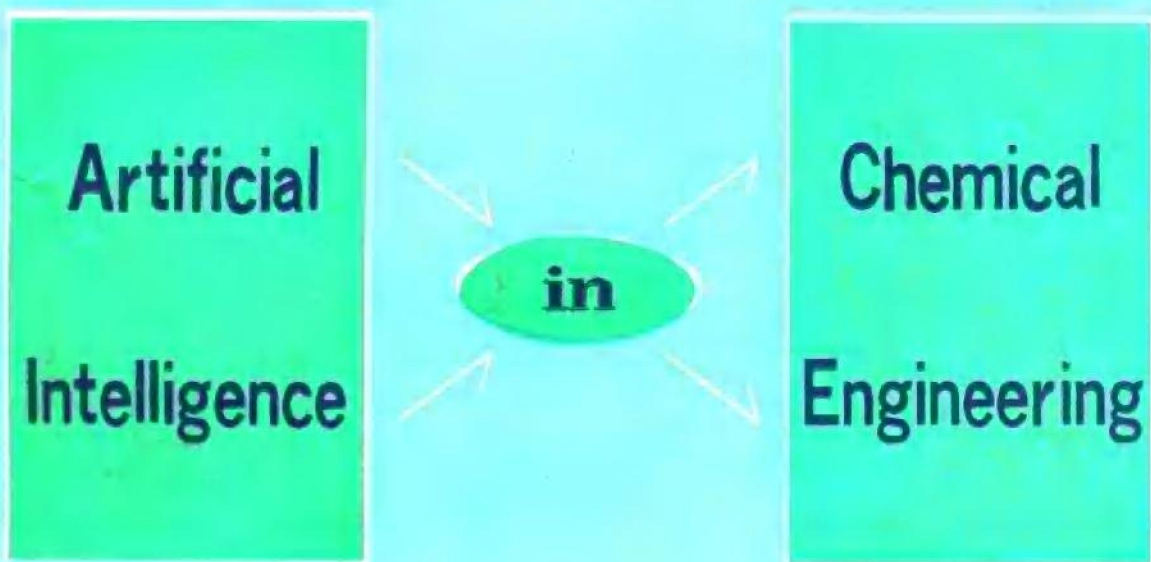


人工智能 在化学工程中的应用

(英) Thomas B. Quantzille Y. A. Liu (刘源安) 著



中国石化出版社

人 工 智 能 在化学工程中的应用

[美] Thomas E. Quanttrille 著
Y. A. Liu (刘裔安)

查金荣 申同贺 译
包 宏 石乐明 何鸣鸿

许志宏 温 浩 查金荣 校

中国石化出版社

(京) 新登字 048 号

内 容 简 介

本书是美国出版的有关人工智能在化学工程中应用的第一本专著。全书正文分四个部分计十七章。第一部分介绍人工智能语言 PROLOG 和 LISP；第二部分介绍人工智能原理、历史和现状，重点放在表达知识的系统方法上；第三部分介绍用于分离综合的专家系统——EXSEP，并附有全部程序清单，通过实例说明如何开发、建立并实现专家系统；第四部分介绍基于知识的系统在化学工程中的应用以及人工神经网络的本性、结构和潜在的应用。本书含有许多实例，使讨论更加清晰，还列有很多的练习和较复杂的实际应用问题供训练用，可据以上机(286 微机)操作。此外，还给出了解释人工智能在科学和工程中应用的术语集注。阅读完本书之后，化学工程师将具有用 PROLOG 实施人工智能项目所要求的知识的广度和深度。本书可作为高年级大学生或研究生的教科书，也可用作科研人员和工程技术人员的参考书。

Artificial Intelligence in Chemical Engineering

Thomas E. Quantrille
and

Y. A. Liu

Copyright© 1991 by Academic Press, Inc.

Translation Copyright© 1994 by China Petrochemical Press. All rights reserved.

*

人工智能在化学工程中的应用

Thomas E. Quantrille
[美] 著
Y. A. Liu (刘裔安)

查金荣 申同贺 译
包 宏 石乐明 何鸣鸿
许志宏 温 浩 查金荣 校

*

中国石化出版社出版

(北京朝阳区太阳宫路甲一号 邮政编码: 100029)

中科院化冶所 CCT 科技排版系统排版

中国人民大学出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 41.75 印张 1050 千字 印 1-1000

1994 年 6 月北京第 1 版 1994 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-80043-274-2/TP·013 定价: 45.00 元

中文版序言

据说年逾七十的人很少用计算机。我很幸运：几年前，两位研究生教会了我用计算机代替打字机。以后，我用计算机写了书、为人改稿编辑、答复信件，也绘了些图，大有添翼之感。

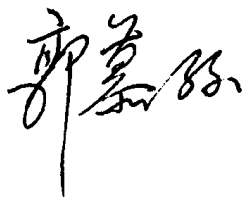
这本书更进了一步，企图用人工智能 (AI) 方法，使计算机解答需要人来思维的问题。从采用 Prolog 编程序入手，直至正在发展的神经网络方法，本书对有代表性的化工分离过程进行分析和系统综合。这一方法大为缩短了解题的时间，减少了劳动。这正是当代化工学者和化学工程师提高工作效率、跟上时代所不可少的知识。

第一作者 Quantrille 是 VPI 的一位研究生，当我客座该校时，他还未入学，但从本书的编写，可见他不但熟悉 AI，且有写作才能；第二作者刘裔安是他的导师，我与他相识约十年。刘教授教学出众，我在他办公室内见到奖状和奖牌十种有余。我离开 VPI 后，他以第一个华裔学者得了美国的 George Westinghouse 工程教学奖，最近又获 Fred Merryfield 讲授工程设计奖。

去年我们请刘教授来北京讲授“人工智能”和“化工过程综合”，我听了全部内容，感到刘教授深入浅出，教学有方。同样，这本书虽篇幅较长，但易于阅读，谨向读者推荐。

中国科学院学部委员 郭慕孙

1993 年 5 月 24 日



中文版说明

本书作者之一刘裔安教授应郭慕孙先生的邀请于 1992 年 11 月到中国科学院化工冶金研究所讲学，带来了《Artificial Intelligence in Chemical Engineering》(1991) 一书。过程系统工程学会对讲学内容很感兴趣，与刘裔安教授建立了联系，并决定翻译此书，由理事查金荣和申同贺牵头，与化工冶金研究所部分学者联手，承担本书翻译任务。本书前言部分由石乐明翻译；第 1 至第 4 章由查金荣翻译；第 5 至第 9 章由申同贺翻译；第 10、11 章由查金荣翻译；第 12、13 章由包宏翻译；第 14、15 章由何鸣鸿翻译；第 16、17 章由石乐明翻译；附录部分由查金荣翻译。大部分译文由温浩作了仔细地审校；关键章节由许志宏作了终校；查金荣参加了部分审校工作。

全书翻译风格基本一致，以直译为主。书中涉及大量新的术语，有的国内尚无标准译法，为方便读者阅读，一般附上英文原词供参考。附录 3 为“术语集注”，是原书附有的。每个术语的中文译名可能不止一个，如有几种不同译法，我们尽量都列上。在译校过程中，发现了原书排版中的不少小错误，已作了改正，在此不一一指出。

本书的中文版能顺利地出版得到了各界朋友的支持。郭慕孙先生热情鼓励本书翻译出版，并欣然为中文版作序。中文版的出版还得到刘裔安教授的帮助和美国科学出版社 (AP) 的友善相待；得到过程系统工程学会、化工冶金研究所计算机化学开放实验室、生化工程国家重点实验室和中国石化出版社等众多朋友的支持。在此，代表各位译校同仁向他们表示衷心的感谢！

本书排版采用 CCT 科技排版系统，该系统是由中国科学院化工冶金研究所和中国科学院计算中心联合开发的，可在微机上操作，请参阅郭力等著《CCT 中外文科技激光照排系统用户手册》(海洋出版社，1993)。

限于水平和时间，中文版中定会存在不足和缺陷，恳请专家和读者批评指正，以便重印时更正。来函请寄：北京市海淀区中关村北二条 1 号 中国科学院化工冶金研究所 查金荣，邮编：100080，电话：(01) 2558143，传真：(01) 2561822。

凡对本书第三部分 EXSEP 专家系统程序应用感兴趣的读者，请与过程系统工程学会秘书处联系购买软盘。联系地址：北京市海淀区学院路 20 号 化工部科学技术研究总院 申同贺，邮编：100083，电话：(01) 2015811，传真：(01) 2017122。

查金荣

1993 年 11 月 30 日

英文版序言

本书是为化学工程师撰写的人工智能 (AI) 入门书。在学校里, 本书可作为大学高年级学生或研究生学习人工智能在化学工程中应用的教科书。对于那些希望更多地了解人工智能在工程中应用的工程师来说, 本书还适合作为自学指南。最后, 有兴趣在工程中应用人工智能的计算机科学家, 一定会发现本书所提供的信息和参考文献是非常丰富的。

过去十年里, 在化学工程中计算机应用的发展是引人注目的, 特别是人工智能技术引起了广泛的关注。本书即是对此做出的一个响应, 它的两个主要目的是:

- 向化学工程师介绍人工智能的原理与应用。
- 向化学工程师介绍人工智能的计算机程序设计方法。

然而, 在我们能够达到这些目标之前, 我们首先必须提出一个更基本的问题: 什么是人工智能? 关于人工智能, 目前还没有大家普遍接受的定义, 所以我们不能在此给出一个单一、明确的答案。但我们可以给出几种有关的定义。人工智能的目标是要使计算机具有“思维”的能力, 去解决需要人类的智慧才能解决的问题。基于这一思想, Elaine Rich 和 Kelvin Knight 在他们所著的《Artificial Intelligence》(McGraw-Hill, 1991) 一书中将人工智能定义为:

研究如何让计算机做现阶段人类才能做得更好的事情。

Avron Barr 和 Edward A. Feigenbaum 在《The Handbook of Artificial Intelligence》(Addison-Wesley, 1981) 第 1 卷中提出了如下定义:

人工智能是计算机科学的一部分, 涉及设计智能计算机系统, 即能显示出我们人类智能行为特征的系统。

我们更倾向于后一种定义。本书的重点就是介绍计算工具和方法, 从而使计算机完成智能工程任务。

因此, 本书的一个主要目标是将人工智能的基本原理应用于化学工程。在阅读了本书之后, 化学工程师将能打下牢固的基础, 了解当前人工智能在化学工程中有哪些应用, 明了人工智能在工程应用中所面临的挑战。重要的是, 在阅读了本书之后, 化学工程师也将能用 Prolog 语言实现人工智能系统。

为了实现我们的目标, 我们将本书分为四个部分:

- 人工智能编程导论, 包括 Prolog 语言 (第一章至第八章) 和 LISP 语言 (第九章), 以及 Prolog 与 LISP 的比较 (第九章)。
- 人工智能原理导论 (第十章和第十一章)。
- 化学工程实例研究: 分离合成专家系统 EXSEP (EXpert System for SEparation Synthesis) 的开发 (第十二章至第十五章)。
- 基于知识的系统和人工神经网络在化工中的应用概述 (第十六章和第十七章)。

Prolog 是两种主要的人工智能语言之一, 在欧洲和日本得到了广泛的应用, 在美国也逐渐流行起来了。Prolog 起源于 70 年代初, 当时研究者试图采用逻辑作为一种程序设计语言。Prolog 名称本身代表逻辑程序设计 (PROgramming in LOGic)。Edinburgh 大学的 Robert Kowalski 和 Maarten van Emden 奠定了 Prolog 的理论基础。位于法国马赛的 Aix-Marseille 大

学的 Alain Colmerauer 首次实现了 Prolog。Edinburgh 大学的 David Warren 在 70 年代中期使 Prolog 成为一种高效的工具，使得它现在为人们所普遍采用。

Prolog 是一种年轻的、充满希望的语言。因而，它没有“标准的”语法。在本书中，我们选择了当前最为流行的 Prolog 语法，即所谓的 Edinburgh 语法（或称 DEC-10 语法）。本书中的程序大部分是采用 Arity/Prolog 开发的。Arity/Prolog 语法与 Edinburgh 语法很相近。然而，我们试图避免采用 Arity/Prolog 所特有的功能，以使程序能尽可能广泛地应用。我们也提供了一些采用 Turbo Prolog 编制的程序。Turbo Prolog（现在 PDC Prolog 名下出售）的功能没有 Arity/Prolog 强，但它要便宜得多。与 Arity/Prolog 一样，Turbo Prolog 的语法与 Edinburgh 语法也很相近。因此，本书中所描述的各种应用，几乎可以用于任何版本的 Prolog，只要注意语法的差异就行了。

第一部分（第一章至第九章）详细介绍并讨论了人工智能程序设计。我们用化学工程中的实例讨论了 Prolog 的语法、程序控制、内置函数及程序设计方法。在第八章之后，读者将能够用 Prolog 写出复杂的人工智能程序。

然而，请注意，本书不仅仅是一本关于 Prolog 的书。我们在第九章介绍了另外一种主要的人工智能语言——LISP（LISP 意为表处理，LISt Processing），并对 Prolog 和 LISP 进行了比较。实际上，在美国 LISP 的应用比 Prolog 更加广泛，许多人工智能在化学工程中的应用都是采用 LISP 实现的。LISP 源于 John McCarthy，他于 1959 年在麻省理工学院开发了该语言，并于 1960 年正式推出。在所有计算机语言中，LISP 的历史仅次于 FORTRAN——FORTRAN 是历史最长的语言。由于这个原因，对 LISP 所作的改进和优化要比 Prolog 更多。一般来说，LISP 比 Prolog 具有更多的内置函数，从这个意义上讲，LISP 的功能更强。

那么，我们为什么要强调 Prolog 呢？我们认为，当学习和讲授人工智能时，从经济意义上讲 Prolog 优于 LISP。我们强烈地感觉到，工程师们应当用尽可能少的时间和初始投资去体验（“get their test wet”）和了解人工智能。当对这个领域有了深刻的理解之后，他们才值得购买必需的、更加昂贵的软件和硬件系统。Prolog 允许我们采纳这种方法。

出于教学的目的：

- Prolog 比 LISP 更简单易学。
- 人们能够更快地掌握 Prolog——工程师用 Prolog 开发并实现原型程序要比采用 LISP 更快。
- 能够在廉价的个人计算机上开发并实现 Prolog 程序。而大多数 LISP 开发软件包需要特殊的硬件，这使得开发者和用户的费用都增加了。
- Prolog 的投资相对较少——用户只需花费 100 美元就可以买到个人计算机上使用的 Prolog 软件。

因此，出于快速而经济地学习和讲授人工智能的目的，我们认为 Prolog 优于 LISP。

然而，每一种语言都有其自身的优点和缺点。尽管 Prolog 更简单易学，但 LISP 的功能更强。在选择采用哪种语言之前，明智的开发人员应当了解这些优点和缺点。事实上，麻省理工学院人工智能实验室主任 Patrick Winston 在他为 Ivan Bratko 编写的 Prolog 教科书（Addison-Wesley, 1990, p. vii）所写的序言中已经提到：

在中世纪，拉丁语和希腊语是所有学者的必备知识。只掌握一种语言的学者是一个不健全的学者，因为他缺乏从两个不同角度去观察和认识世界的能力。同样，在当今世界，不通

晓 LISP 和 Prolog 的人工智能的实际工作者也是不健全的。从更广泛的观点看, 人工智能的这两种主要语言是其必备知识。

在此意义上说, 第九章通过介绍 LISP 语言并将其与 Prolog 进行比较, 对读者是会有帮助的。

在第二部分 (第十章和第十一章), 我们讨论人工智能的原理。第十章给出了范围广泛的概述, 并讨论了已在人工智能程序中获得成功应用的问题求解方法。我们还讨论了知识表达的策略, 即表达知识 (即事实、规则和经验) 的系统方法, 以使人工智能程序能够准确有效地解决问题。

第十一章是关于采用 Prolog 进行人工智能程序设计的更加专门的讨论。我们介绍了包括搜索在内的 Prolog 程序设计方法。在人工智能中, 搜索就是程序中处理信息以便得出结论、解决问题的方法。我们讨论了人工智能中的各种问题求解方法, 并讨论了如何使用 Prolog 实现这些方法。在第十一章之后, 读者应当对 Prolog 和人工智能有了深刻的理解, 更重要的是, 知道了如何编制实现人工智能应用的 Prolog 程序。

第三部分 (第十二章至第十五章) 是一个化学工程的实例研究。第三部分的目标是通过实例来说明如何开发、建立并实现专家系统。第十二章介绍的 EXSEP (分离综合专家系统) 是化学工程中多组分分离的过程设计工具。EXSEP 采用经验规则和简捷的可行性分析开发技术上可行、经济上有吸引力的化工流程。

第十三章从化学工程的角度讨论 EXSEP。通过这一章, 我们希望描述如何开发一个能够抓住化学工程问题特性的知识表达方法。专家系统的成功取决于良好的知识表达。

第十四章从用户的角度讨论了 EXSEP。在附录中, 我们提供了一份 EXSEP 程序清单。我们讨论了 EXSEP 的用户界面, 如何访问程序, 以及如何使用程序来开发化工流程。

第三部分以第十五章作为结束, 在此我们从人工智能的观点出发, 讨论了 EXSEP 的知识表达与问题求解策略。人工智能的研究人员已经为专家系统开发了许多方法及问题求解策略。根据问题性质的不同, 一些方法会比另外一些方法更加有效。弄清已有的人工智能工具, 以及什么时候采用这些工具, 对专家系统的成功是至关重要的。在第三部分结束时, 读者应该知道如何对中等或较高复杂程度的问题实现专家系统了。

在第四部分 (第十六章和第十七章), 我们鸟瞰了人工智能在科学与工程, 特别是在化学工程中的最新发展趋势。第十六章总结了采用 Prolog、LISP 以及其它人工智能程序设计语言实现的基于知识的系统在化学工程中的应用。我们讨论了如何安排专家系统的项目, 然后转向特定的应用领域, 如故障诊断、过程控制、过程设计、计划与操作、建模与模拟以及产品设计、开发与选择。

最后, 第十七章介绍了一种人工智能在化学工程中更加新颖的一种应用方法 —— 人工神经网络 (Artificial Neural Networks, 简称 ANNs)。人工神经网络是一种数值的经验模型工具, 最近得到了广泛的关注。人工神经网络起源于用计算机模拟人类的大脑, 试图仿真神经元之间的相互作用。第十七章描述了人工神经网络之所以区别于其它经验模型方法的独特性质。

重要的是, 第十七章假定读者没有任何关于人工神经网络的常识, 而是从最基本的原理出发讨论人工神经网络的目的与结构。然后我们讨论了人工神经网络在化学工程中当前的以及潜在的应用。我们通过完整地总结人工神经网络的优点与局限性来结束这一章, 并再一次提醒大家, 聪明的开发人员应该时刻注意了解自己所采用的方法的局限性。

本书中含有许多实例问题，以使我们的讨论更加清晰。同时在本书中还包含了很多简单的练习和更复杂的实际应用问题，作为课堂作业和自学材料。大多数练习和实际问题的答案都列在了附录中。此外，我们还给出了一个术语集注，解释人工智能在科学与工程中应用的术语。

阅读完本书之后，化学工程师将具有用 Prolog 实施人工智能项目所要求的知识的广度和深度。然而，根据问题性质的不同，LISP 有时可能是更好的语言选择。LISP 是功能更强的语言，具有更多的内置过程，所以可能会更方便。读者可以参考 Patrick H. Winston 和 Berthold K. P. Horn 编写的《LISP》(Addison-Wesley, 1984) 一书中关于该语言的讨论。

总而言之，本书作为人工智能技术在工程 (特别是化学工程) 中应用的入门书，同时从广泛性和深入性两个方面介绍了人工智能技术。我们希望本书能对工程学科的学生 (高年级学生或研究生)、化学工程师以及有兴趣在工程中应用人工智能的计算机科学家有所帮助。

致 谢

很高兴在此向为本书的撰写作出特殊贡献的人们表示谢意。

首先，我们要感谢我们的妻子 Sharon Quantrille 和 Hing-Har Lo (罗庆霞) 的持久耐心。要特别感谢她们在撰写和编辑本书的艰苦过程中所给予的支持。

撰写本书的想法源于本书的年轻作者 Tom Quantrille 的博士研究工作。Tom Quantrille 要特别感谢指导委员会中的刘裔安教授，作为主要的指导教授，他发展了本书的原始想法及详细内容；Peter Rony 教授，他对本书提出了非常宝贵的、详尽透彻的评论意见；John Roach 教授，他向本书的作者介绍了人工智能；系主任 Willian Conger 教授，他为本书提供了技术上和后勤上的支持；以及 Henry McGee 教授，即使在他担任了国家科学基金会化学和热系统的部门领导之后，他仍在为指导委员会服务。

此外，我们要向 Maryland 大学的 Michael Mavrovouniotis 教授和 Pennsylvania 大学的 Lyle Ungar 教授表达我们诚挚的谢意，他们对全书原稿提出了详尽的评论意见。Mavrovouniotis 教授对本书第十七章的改进是特别有帮助的。

我们要向 Marie Paretti 小姐为本书全部原稿所做的持久而熟练的编辑工作表达深深的谢意。我们还要感谢科学出版社的编辑助理 Lydia Morgan 小姐，她为最后定稿和美术工作给予我们很大帮助；美术部门的 Lisa Herider 小姐，她制作了供照相制版的最终书稿。

我们要向为此项工作提供资助的 Dow 化学基金会表示感谢。

我们要向为本书的出版在许多方面给予帮助的 Jean-Christophe N. Brunet 先生表示感谢。

本书的第二位作者感谢 Tufts 大学的 Gregory Botsaris 教授持之以恒的支持和鼓励。

最后也是最重要的，我们要向 Diane Cannaday 女士为本书的写作计划在各个方面所给予的持久而无私的帮助表示感谢。

建 议

本节为学生学习、课程选题及软件选择提供一些推荐意见。

学生学习和课程选题

对于初次通读本书或作为一个学期的课程，我们建议以下部分应予以重视。

- 第一章至第五章。这几章给出了 Prolog 程序设计用于人工智能的基础。
- 在第六章至第九章，重点放在 6.1 至 6.3 节，7.3 节，7.5 节，8.1 节，8.3 节，9.1 节和 9.2 节。这几节使读者能够了解一些必不可少的内置 Prolog 工具，阐明提高程序设计效率的方法，并对 Prolog 与 LISP 进行了对比。我们跳过了一些高级的、不常用的工具和方法。
- 第十章。这是关键的一章，论述了人工智能和专家系统的基础。
- 在第十一章，重点放在 11.1 节和 11.2 节。这两节表达了 Prolog 程序设计用于人工智能的核心部分。
- 在第十二章至第十五章，重点放在 12.2 节，13.1 节至 13.3 节，13.6 节，14.1 节至 14.3 节，15.1 节和 15.2 节。这几节是理解实例研究 EXSEP (分离综合专家系统) 的关键所在。此外，我们建议在开始第十五章之前，利用 EXSEP 软盘 (见中文版说明)，为 14.4C 小节中的例子和实际问题开发分离流程。
- 第十六章是独立的一章，重点是基于知识的系统在化学工程中的应用，如果时间允许的话，可用来加强课程的效果。16.3 节至 16.8 节所讨论的问题可指定让学生写作学期论文或开发课程项目。此外，通过查阅这几节所列期刊的最新几期，学生可以将基于知识的系统应用于特定领域的文献予以更新。
- 第十七章也是独立的一章。17.1 节和 17.2 节介绍了人工智能在化学工程中日益重要的一个领域——人工神经网络 (ANNs) 的基本知识。17.3 节所讨论的问题可作为学生关于人工神经网络在化学工程中应用的学期论文或课程项目。

软件选择

我们极力推荐读者实践 Prolog 程序设计。我们为运行在 MS DOS 下的 IBM 个人计算机或兼容机推荐了两种 Prolog 软件包。

1. Turbo Prolog (现在是在 PDC Prolog 的名下出售)。联系地址：Prolog Development Corporation, 568 14th Street, N. W., Atlanta, GA 30318, 电话：(404) 873-1366。PDC Prolog 与以前由 Borland International, Inc., Scotts Valley, CA 出售的 Turbo Prolog 是完全相同的。该 Prolog 软件是最便宜的，读者将要用它来开发并编译 Prolog 代码，如第一部分中的练习。
2. Arity/Prolog。联系地址：Arity Corporation, Damonmill Square, Concord, MA 01742, 电话：(800) 722-7489。Arity/Prolog 是一种基于 PC 机的功能强大、组织良好的 Prolog 语言。

这两个公司都提供学生价和团体折扣。对于有 10 个或更多学生的班级来说，Arity/Prolog 是极佳的选择。

作者简介

Thomas E. Quantrille 曾是美国弗吉尼亚理工学院 (VPI) 暨州立大学 (“Virginia Tech”) 化学工程系的博士研究生。他从事关于人工智能在化学工程设计中应用的博士研究工作。

Quantrille 先生于 1984 年在 Virginia Tech 获得学士学位。1984 年至 1986 年间，他作为研究工程师为 Procter and Gamble 公司工作，然后他作为技术研究的领导加入了 James River 公司。他在公司工作期间，在美国和欧洲申请了多项专利。1988 年，他返回 Virginia Tech 进行研究生学习。由于他在 Virginia Tech 的杰出学术成就，他获得了 Pratt 校长奖以及 Dow 化学博士奖学金。他于 1991 年获得博士学位。

Quantrille 先生的专业兴趣包括人工智能、过程合成以及高分子科学与技术。他是 AIChE, AIAA 及 TAPPI 会员。

刘裔安 (Y. A. Liu) 是 Virginia Tech 的 Frank C. Vilbrandt 化学工程教授。他于 1967 年在台湾大学获得学士学位，1970 年在 Tufts 大学获得硕士学位，1974 年在 Princeton 大学获得博士学位。

1974 年至 1981 年，刘教授在 Auburn 大学任教，其最后头衔是由 Auburn Alumni 联合会授予的 Alumni 副教授。1982 年，他作为一位化学工程教授加入了 Virginia Tech。1983 年，他被提升为 Vilbrandt 教授。

在过程设计、磁化学工程、煤的脱硫和流态化过程等领域，刘教授拥有两项专利和 100 多篇论文。他还编写了四本书，这些书都已成为这些领域中的标准参考书。

刘教授对化学工程教学和研究的贡献已为大学和国家奖励所承认。1984 年，他获得了美国工程教育联合会 (ASEE) 授予的 Western 电学奖。该奖是对他作为一位杰出的工程教师及对工程专业的贡献的承认。1986 年，刘教授由于其杰出的教学和对化学教育的贡献，获得了化学制造商联合会授予的国家催化奖。1990 年，他获得了 George Westinghouse 工程师教学奖，这是美国工程教育联合会对 45 岁以下的工程教育者授予的最高荣誉。该奖授予那些在教学和学术方面取得杰出成就的年轻工程教育者。1990 年，刘教授还获得了 Tufts 大学授予的 Alumni 杰出奖。

第一部分

人工智能编程导论

目 录

中文版序言	
中文版说明	
英文版序言	
致谢	
建议	
作者简介	

第一部分 人工智能编程导论

第一章 PROLOG 入门

1.1 Prolog 中的事实表达	1
习题	3
1.2 只含事实和询问的简单程序	3
A. Prolog 程序	3
B. 数据对象	5
C. 匹配	5
习题	6
1.3 Prolog 中的规则	7
A. 规则的描述	7
B. Prolog 中规则的用法	9
习题	16
1.4 Prolog 中的递归规则	16
A. 递归的引入	16
B. Prolog 中递归规则的处理	19
习题	22
1.5 本章小结	22
下章概要	23
参考文献	23

第二章 对 PROLOG 更深入的探讨

2.1 数据表达和语法	25
A. 常量	25

B. 变量	29
C. 简单对象和结构对象	30
D. 小结	32
习题	33

2.2 匹配	34
A. 变量的实例化	34
B. 匹配的要求	34
C. 等式	37
习题	38

2.3 Prolog 的说明特性和过程特性	38
A. 说明语言和过程语言的理解	38
B. 子句的排序: 死循环的危险	39
C. 子句排序的技巧	42
习题	47

2.4 Prolog 和逻辑	48
A. 谓词逻辑	48
B. Horn 子句	48

2.5 本章小结	49
下章概要	49
参考文献	50

第三章 算术、表和递归

3.1 Prolog 中的算术	51
A. 算术运算符	51
B. 算术比较运算符	55
习题	58
3.2 表	58
A. 描述和语法	58
B. 表头和表尾	59
C. 表和二元树	60
习题	61

3.3 Prolog 中的递归和表处理	61
---------------------	----

A. 使用表进行递归	61
B. 与迭代相比较	65
3.4 表处理的实际应用	66
A. 附加	66
B. 反向	68
C. 增加和删除	70
D. 子表	71
E. 第一个和第末个元素	72
F. 长度	73
G. 除去重复	73
H. 表处理关系小结	75
习题	75
3.5 本章小结	78
3.6 实际问题	79
下章概要	80
参考文献	80

第四章 回溯和程序控制

4.1 阻止回溯：截断	81
4.2 Prolog 中的回溯	84
A. 截断的理解	84
B. Prolog 为什么要回溯	87
C. Prolog 如何回溯	87
习题	88
4.3 截断的通常用法	88
A. 让关系确定	88
B. “锁住”简单规则	89
C. 因失败而否定	90
习题	90
4.4 截断的后果	92
A. 过程排序后果	92
B. 目标匹配后果	93
习题	97
4.5 本章小结	97
下章概要	97
参考文献	98

第五章 输入和输出

5.1 项的读写	99
A. 输入和输出流	99
B. 谓词 write, tab, nl 和 read	99
5.2 表的写操作	101
习题	102
5.3 字符的读写	103
A. 谓词 put	103
B. 谓词 get 和 get0	104
习题	104
5.4 文件的读写	104
A. 谓词 see 和 seen	104
B. 谓词 tell 和 told	105
C. 谓词 seeing 和 telling	106
习题	106
5.5 程序的读操作	106
A. 谓词 consult	107
B. 谓词 reconsult	107
习题	109
5.6 本章小结	110
下章概要	111
参考文献	111

第六章 内部工具

6.1 内部算符及用户定义算符	112
A. 算符的类型	112
B. 用户定义算符的书写	112
习题	116
6.2 等同	116
6.3 程序控制工具	117
A. 逗号和分号算符	117
B. 谓词 cut	118
C. 谓词 tail	118
D. 谓词 true	119
E. 谓词 call	119
F. 谓词 not	120
G. 谓词 repeat	121

习题	122
6.4 维持多解	123
A. 谓词 findall	123
B. 谓词 bagof	123
C. 谓词 setof	124
习题	124
6.5 本章小结	125
下章概要	125
参考文献	126

第七章 其它的内部工具

7.1 评估 Prolog 项	127
A. 谓词 var 和 nonvar	127
B. 谓词 atom, integer, float, number 和 atomic	128
习题	129
7.2 构造和分解原子: 谓词 name	130
7.3 存取和修改子句	131
A. 谓词 assert 和 retract	131
B. 谓词 listing	135
C. 谓词 clause	135
习题	136
7.4 构造和分解结构对象	136
A. 谓词 =	137
B. 谓词 functor	139
C. 谓词 arg	140
习题	141
7.5 Prolog 的调试工具	141
A. 谓词 trace 和 notrace	142
B. 谓词 spy 和 nospy	144
习题	145
7.6 本章小结	145
下章概要	145
参考文献	146

第八章 PROLOG 程序设计技术

8.1 优秀编程原则	147
------------------	-----

8.2 程序布局	147
A. 注释	147
B. 意会	148
C. 布局一致	148
D. 子句要短	149
E. 分号操作符的限制使用	149
F. 谨慎使用 assert, retract 和 cut ..	150
G. 实用谓词	150
8.3 程序设计的有效性技术	151
A. 过程式程序的回避	151
B. 更多的变量	151
C. 基本状态与递归状态	152
D. 左递归、中心递归和尾递归	153
E. 子句中的子目标排序	158
F. 迭代与递归	159
G. 驱动程序 driver	160
8.4 程序开发	161
A. 展开的方法	161
B. 利用驱动程序进行模块化开发 ..	162
C. 问题的特征描述	162
习题	162
8.5 本章小结	163
下章概要	164
参考文献	164

第九章 PROLOG 和 LISP

9.1 LISP	165
A. LISP 的起源	165
B. 语言	165
9.2 Prolog 和 LISP 的对比	173
A. 理解语言的发展	174
B. Prolog 与 LISP 的优点和局限 ..	174
9.3 本章小结	176
下章概要	176
参考文献	177

第二部分 人工智能原理导论

第十章 人工智能介绍

10.1 人工智能简介	179
A. 人工智能的说明	179
B. 人工智能的简短历史	180
C. 人工智能的用途	184
D. 人工智能的挑战	184
习题	185
10.2 专家系统介绍	185
A. 专家系统的描述	185
B. 在科学和工程中专家系统的用途	187
C. 专家系统中的知识表达	188
D. 基于逻辑的系统	189
E. 语义网络	192
F. 基于框架的系统	194
G. 面向对象程序	200
H. 黑板系统	209
习题	212
10.3 本章小结	213
下章概要	213
参考文献	213

第十一章 人工智能中的 PROLOG

11.1 Prolog 中的搜索策略	215
A. 搜索策略的一般定义和描述	215
B. 深度优先搜索	216
C. 宽度优先搜索	221
D. 最佳优先搜索	223
E. 小结	224
习题	225
11.2 Prolog 中的知识表达	225
A. 基于规则的知识	225
B. 语义网络知识	227
C. 基于框架的知识	230
D. 面向对象程序	240
习题	241
11.3 其它的问题求解策略	242

A. 与或策略	242
B. 约束满足	246
C. 产生-检测法	248
D. 中间-结局分析	250
习题	252
11.4 本章小结	252
下章概要	254
参考文献	254

第三部分 化学工程实例研究： 分离综合专家系统 EXSEP 的开发

第十二章 EXSEP 简介

12.1 应用：分离流程开发和多组分分离 排序	257
A. 分离系统综合或分离流程开发	257
B. 多组分分离的排序问题	258
C. 分离排序对有效的解题技巧的 需求	259
D. 分离排序技术	259
E. 分离规则和 EXSEP	260
12.2 专家系统开发简介	261
A. 一般性开发技术	261
B. EXSEP 开发计划	262
C. 专家系统的局限	262
12.3 本章小结	266
下章概要	266
参考文献	266

第十三章 EXSEP 在化工领域的 应用前景

13.1 引言	268
A. 例 1: 四组分混合物的分离	268
B. 过程流程综合中的挑战	269
13.2 分离步骤综合过程的表达	273
A. 组分分配图与组分分配矩阵	273
B. 组分和产品分离的表达	274