

Visual Prolog V5.x 系列丛书

雷英杰 张 雷 邢清华 孙金萍 编著

Visual Prolog

语言教程

陕西科学技术出版社

Visual Prolog V5.x系列丛书

Visual Prolog 语言教程

雷英杰 张 雷 邢清华 孙金萍 编著

陕西科学技术出版社

内 容 简 介

本书全面系统地介绍Visual Prolog语言及其编程。全书共分四个部分：第一部分介绍Visual Prolog可视化开发环境，举例解释如何创建、运行、调试及保存程序；第二部分（第2章至第11章）说明如何学会用Visual Prolog编程，包括基本原理、程序结构、合一与回溯、简单对象与复杂对象、重复与递归、表与递归、事实数据库、算术与比较运算、引用变量、谓词指针、二进制论域、项的转换、动态截断、错误和信号处理、程序设计风格、对象机制与面向对象程序设计；第三部分（第12章至第16章）叙述Visual Prolog的预定义特性，包括文件操作、串处理、外部数据库、系统级编程及程序举例；第四部分（第17章至第18章）详细叙述Visual Prolog语言元素和模块化程序设计，以及与其他语言的接口。

本书取材新颖，内容丰富，逻辑严谨，语言通俗，理例结合，图文并茂，注重基础，面向应用。每一章包含大量的实例和适量的练习，便于自学。本书可作为高等院校计算机、自动化、信息、管理、控制与系统工程等专业本科生或研究生人工智能语言的教材或教学参考书，也可供其他专业的师生以及科研和工程技术人员自学或参考。

图书在版编目（CIP）数据

Visual Prolog 语言教程/雷英杰等编著，—西安：陕西科学技术出版社，2001.11

ISBN 7-5369-3362-2

I. V… II. 雷… III. PROLOG 语言—程序设计 IV. TP312

中国版本图书馆CIP数据核字（2001）第061197号

出 版 者	陕西科学技术出版社 西安北大街131号 邮编 710003 电话（029）7211894 传真（029）7218236 网址 http://www.snstp.com
发 行 者	陕西科学技术出版社 电话（029）7212206 7260001
印 刷 厂	西安汉东印刷厂
规 格	787 mm × 1092 mm 16 开本
印 张	24.75 印张
字 数	500 千字
版 次	2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷
定 价	35.00 元

（如有印装质量问题，请与承印厂联系调换）

前 言

Prolog 语言是人工智能与专家系统领域最著名的逻辑程序设计语言。Visual Prolog 指可视化逻辑程序设计语言, 是基于 Prolog 语言的可视化集成开发环境, 是由 Prolog 开发中心 (PDC) 最新推出的基于 Windows 环境的智能化编程工具, 是 Turbo Prolog 和 PDC Prolog 的后继产品, 其语言特性符合相应的国际标准 ISO/IEC 13211-1:1995。目前, Visual Prolog 在美国、西欧、日本、加拿大、澳大利亚等发达国家和地区十分流行, 是国际上研究和开发智能化应用的主流工具之一。预计短时期内, 在国际上已经十分流行的最新版本的可可视化逻辑程序设计语言 Visual Prolog 将会在我国广泛流行开来, 并将迅速成为我国研究和开发智能化应用的最重要的工具。

Visual Prolog 具有模式匹配、递归、回溯、对象机制、事实数据库和谓词库等强大功能。它包含构建大型应用程序所需要的一切特性: 图形开发环境、编译器、连接器和调试器, 支持模块化和面向对象程序设计, 支持系统级编程、文件操作、字符串处理、位级运算、算术与逻辑运算, 以及与其他编程语言的接口。

Visual Prolog 包含一个大型库, 捆绑了范围广阔的 API 函数, 包括 Windows GUI 函数族、ODBC/OCI 数据库函数族和 Internet 函数族 (socket、ftp、http、cgi 等)。这个开发环境全部使用 Visual Prolog 语言写成, 而且包含对话框、菜单、工具栏等若干编码专家和图形编辑器。Visual Prolog 支持 Windows 3.x/95/98/Me/NT/2000、OS/2 和文本方式下的 DOS、Linux 和 SCO UNIX。

Visual Prolog 非常适合于专家系统、规划和其他 AI 相关问题的求解, 是智能程序设计语言中具有代表性且应用较多的一种程序设计语言。由于这种语言很适合表达人的思维和推理规则, 在自然语言理解、机器定理证明、专家系统等方面得到了广泛的应用, 在智能程序设计语言中占有相当重要的地位。智能程序设计语言对于人工智能与专家系统的作用, 就像数学对于自然科学一样重要。学习智能程序设计语言为研究人工智能与专家系统提供了有效的工具和手段。

智能化是当前计算机、自动化、通信、管理等信息科学技术领域中的新方法、新技术、新产品的重要发展方向与开发策略之一。信息处理的智能化与信息社会对智能的巨大需求是人工智能发展的强大动力。人工智能与专家系统曾取得过许多令人瞩目的成果, 也走过不少弯路, 经历过不少挫折。近几年来, 随着计算机与网络通信技术的迅猛发展, 特别是因特网的大规模普及, 人工智能与专家系统的研究再度活跃起来, 并正向更为广阔的领域发展。围绕人工智能与专家系统的研究和应用开发也迎来了一个蓬勃发展的新时期。因此, 引进与消化国际上已经广泛流行的功能强大和通用的智能程序设计语言、工具与环境, 对于我国开发智能应用系统十分必要, 所以我们编写了这套系统介绍 Visual Prolog 的丛书, 全面而系统地介绍 Visual Prolog 语言、工具、环境及编程。鉴于国内尚未见到同类书籍, 相信本书的出版发行将会有力地促进我国在这一领域的教学、研究及应用开发。

本书从语言的角度,全面介绍Visual Prolog及其编程。全书共分四个部分:第一部分简要介绍Visual Prolog可视化开发环境,举例解释如何创建、运行、调试及保存程序;第二部分包括第2章至第11章,说明如何学会用Visual Prolog编程,详细叙述Prolog基本原理、程序结构、合一与回溯、简单对象与复合对象、重复与递归、表与递归、事实数据库、算术与比较运算、引用变量、谓词指针、二进制论域、项的转换、动态截断、错误和信号处理、程序设计风格、对象机制与面向对象程序设计;第三部分包括第12章至第16章,详细叙述Visual Prolog的预定义特性,内容有文件操作、串处理、外部数据库、系统级程序设计及程序举例;第四部分包括第17章至第18章,完整而系统地叙述语言元素和模块化程序设计,以及与其他编程语言的接口。

本书取材新颖,内容丰富,逻辑严谨,语言通俗,理例结合,图文并茂,注重基础,面向应用。每一章包含大量的实例和适量的练习,便于自学。本书可作为高等院校计算机、自动化、信息、管理、控制与系统工程及相关军事学科等专业本科生或研究生人工智能语言的教材或教学参考书,也可供其他专业的师生以及科研和工程技术人员自学或参考。

对于本书中的错误和不足之处,恳请各位专家和广大读者指正。

雷 英 杰

2001年10月于空军工程大学

如何使用本教程

如果你从未使用Prolog编写过程序，那么你应当阅读本书的全部内容。第2章至第11章覆盖了Prolog的基本原理，所以应当在尝试开发任何正式的应用程序之前先阅读它们。一旦你想要认真地进行程序设计，阅读以后的章节是非常重要的。如果你以一种过程性程序设计语言，如C、Pascal或Basic语言进行编程，请注意有关过程性程序的讨论。在第4章的末尾，你将会找到一个在前面三章中所讨论的过程性资料的综述。在第6章，我们还提供了递归的过程性讨论。

如果你曾经使用Prolog编写过程序，并且对Prolog的基本原理有比较确切的理解，那么你将不必进行大量的复习。然而，Visual Prolog有一些扩展，与解释性Prolog有一些不同。我们建议你阅读发布札记和第1章概述。第3章解释了Visual Prolog程序的结构，第5章介绍了声明。我们还建议你阅读第8章有关Visual Prolog的事实段、第14章有关外部数据库等内容。

如果你打算认真进行程序设计，第12章到第16章将给你提供以后要用到的有价值的信息。

如果你认为可以使用Visual Prolog进行编程，我们建议你从第16章开始阅读。

本教程篇章结构

本教程共有四个部分：第一部分简要介绍Visual Prolog可视化开发环境；第二部分包括教程的第2章至第11章，说明如何学会用Visual Prolog编程；第三部分包括第12章至第16章，详细叙述Visual Prolog的预定义特性；第四部分包括第17章至第18章，完整而系统地叙述语言元素和模块化程序设计，以及与其他编程语言的接口。

下面是本书每一章的内容简介。

第一部分 Visual Prolog概述

第1章 Visual Prolog开发环境。描述如何将Visual Prolog安装到你的计算机上，如何使用Visual Prolog的可视化开发环境来运行本书所提供的例子；提供一个快速指南，包括创建、运行及保存你第一个Visual Prolog程序的一些步骤；解释如何应用可视化开发环境的Test Goal实用程序来运行语言教程提供的一些Visual Prolog程序的例子。

第二部分 学习Visual Prolog

第2章 Prolog基本原理。从自然语言的观点对Prolog提供一个概括性的介绍，讨论如

何把自然语言的语句和问题转换为Prolog的事实、规则和询问。

第3章 Visual Prolog程序结构。包括Visual Prolog的语法，Visual Prolog的程序段，以及用Visual Prolog进行编程。

第4章 合一与回溯。描述Visual Prolog如何求解问题，如何给变量赋值，着重介绍Visual Prolog的合一与回溯机制。

第5章 简单对象与复合对象。讨论如何声明和建立Visual Prolog中的结构。

第6章 重复与递归。解释如何应用回溯和递归编写重复性过程，还介绍了递归结构和树。

第7章 表与递归。介绍表及其递归用法，以及一般的表操作。

第8章 内部事实数据库。讨论使用Visual Prolog的事实段在运行时间对你的程序增加事实及存储全局信息。

第9章 算术与比较运算。介绍Visual Prolog内建的全部算术函数和比较函数，而且举例说明这些函数如何使用。

第10章 高级技术。控制流程分析，使用引用变量、谓词指针、二进制论域、项的转换，使用动态截断、工具及技术进行错误和信号处理，以及有效程序的编程风格。

第11章 类与对象。对面向对象程序设计进行了简要介绍，着重讨论Visual Prolog中的对象机制。

第三部分 使用Visual Prolog

第12章 文件操作谓词。介绍Visual Prolog中的 I/O，包括读、写、文件和目录处理。

第13章 字符串处理谓词。包括各种串操作，如串比较、串变换、串构造和串分析。

第14章 外部数据库系统。包括Visual Prolog的外部数据库系统：链数据、B+树、存储数据和分类数据，还包括构造实际数据库应用程序的一些例子。

第15章 系统级编程。介绍Visual Prolog内部支持的低级控制：系统调用、BIOS、低级存储器寻址和位操作。

第16章 Prolog程序举例。提供一组花样繁多的Prolog程序，演示Prolog求解复杂问题的一些精巧的方法。

第四部分 程序员指南

第17章 语言元素。给出Visual Prolog语言中所有特性的一个系统的综述。本章还介绍了模块化程序设计。

第18章 与其他语言的接口。给出如何与 C语言以及其他编程语言进行接口的一个描述。

另外，书后还有两个附录，分别按字母和功能对书中介绍的谓词编排了索引，可为读者查找提供方便。

目 录

第一部分 Visual Prolog 概述

第 1 章 Visual Prolog 开发环境	2
1.1 为阅读本书需要安装什么	2
1.2 启动 Visual Prolog 可视化开发环境	2
1.3 创建和运行 Test Goal 项目举例	3
1.4 打开编辑器窗口	5
1.5 运行和测试程序	5
1.6 语言教程测试用例	6
1.6.1 在 Test Goal 中测试例子	6
1.6.2 测试用例作为单独可执行程序	6
1.7 处理错误	7

第二部分 学习 Visual Prolog

第 2 章 Prolog 基本原理	10
2.1 逻辑程序设计	10
2.1.1 句子：事实和规则	11
2.1.2 询问	12
2.1.3 变量：一般语句	14
2.1.4 小结	15
2.2 从自然语言到 Prolog 程序	15
2.2.1 子句（事实和规则）	15
2.2.2 谓词（关系）	18
2.2.3 变量（一般子句）	18
2.2.4 目标（询问）	21
2.2.5 注释	23
2.3 什么是匹配	23
2.4 小结	24
第 3 章 Visual Prolog 程序结构	26

3.1 基本程序段	26
3.1.1 子句段	26
3.1.2 谓词段	27
3.1.3 论域段	29
3.1.4 目标段	31
3.2 细看声明和规则	31
3.2.1 声明谓词参数论域	34
3.2.2 多元谓词	36
3.2.3 规则语法	36
3.2.4 自动类型转换	37
3.3 其他程序段	38
3.3.1 事实段	38
3.3.2 常量段	38
3.3.3 全局段	39
3.3.4 编译程序命令	39
3.4 小结	40
第4章 合一与回溯	42
4.1 与事件匹配: 合一	42
4.2 回溯	44
4.2.1 Visual Prolog 的盲目搜索求解	46
4.2.2 搜索求解控制	54
4.2.3 使用 fail 谓词	54
4.2.4 阻止回溯: 截断	55
4.3 从过程观点看 Prolog	63
4.3.1 规则和事实如同过程	63
4.3.2 规则与 Case 语句	64
4.3.3 在规则内部执行测试	64
4.3.4 截断与 GoTo 语句	65
4.3.5 返回计算值	66
4.4 小结	67
第5章 简单对象与复合对象	69
5.1 简单数据对象	69
5.1.1 变量作为数据对象	69
5.1.2 常量作为数据对象	69
5.2 复合数据对象与算符	71
5.2.1 复合对象的合一	72
5.2.2 将几项作一项处理	73
5.2.3 声明复合对象论域	76

5.2.4 复合型混合论域声明	80
5.3 小结	81
第6章 重复与递归	83
6.1 重复过程	83
6.1.1 再论回溯	83
6.1.2 用循环实现回溯	86
6.1.3 递归程序	87
6.1.4 尾部递归优化	88
6.1.5 用参数作循环变量	93
6.2 递归数据结构	96
6.2.1 树作为数据类型	97
6.2.2 二叉搜索树	101
6.3 小结	107
第7章 表与递归	108
7.1 什么是表	108
7.1.1 声明表	108
7.2 表处理	109
7.3 使用表	110
7.3.1 输出表	110
7.3.2 表元素计数	111
7.3.3 再论尾部递归	113
7.3.4 表成员	115
7.3.5 表合并	116
7.4 同时找到所有解	118
7.5 复合表	119
7.6 小结	124
第8章 内部事实数据库	126
8.1 声明事实数据库	126
8.2 使用事实数据库	127
8.2.1 访问事实数据库	127
8.2.2 更新事实数据库	128
8.2.3 确定事实属性的关键字	132
8.3 举例	134
8.4 小结	137
第9章 算术与比较运算	139
9.1 算术表达式	139
9.1.1 运算	139
9.1.2 求值顺序	140

9.2 函数和谓词	140
9.2.1 产生随机数	141
9.2.2 整型和实型算术运算	142
9.3 比较运算	145
9.3.1 等价谓词	145
9.3.2 比较字符、字符串和符号	148
第10章 高级技术	149
10.1 流程分析	149
10.1.1 谓词的流程模式	151
10.1.2 控制流程分析	151
10.1.3 引用变量	152
10.1.4 声明引用论域	153
10.1.5 引用论域与跟踪矩阵	154
10.1.6 使用引用论域	154
10.1.7 再谈流程模式	155
10.1.8 使用带有引用论域的二叉树	156
10.1.9 使用引用论域排序	157
10.2 函数和返回值	158
10.3 确定性管理机制	160
10.4 谓词作为参数	164
10.4.1 谓词值	164
10.4.2 谓词论域	165
10.5 二进制论域	170
10.5.1 二进制项的实现	171
10.5.2 二进制项正文语法	171
10.5.3 创建二进制项	171
10.5.4 访问二进制项	172
10.5.5 合一二进制项	172
10.5.6 举例	173
10.5.7 转换二进制项	174
10.6 模块化程序设计	175
10.6.1 全局声明	175
10.6.2 项目	180
10.7 错误和异常处理	180
10.7.1 异常处理和错误陷阱	181
10.7.2 错误报告	183
10.7.3 处理读项错误	184
10.8 中断控制	185

10.8.1 中断和信号检查	186
10.8.2 关键错误处理	190
10.9 动态截断	191
10.10 自由类型转换	193
10.11 程序设计风格	193
10.11.1 有效的编程规则	193
10.11.2 使用 fail 谓词	195
10.11.3 确定性与不确定性:设置截断	196
第 11 章 类与对象	197
11.1 对象机制	197
11.2 Visual Prolog 的类	198
11.2.1 类声明	198
11.2.2 类实现	199
11.3 类实例——对象	199
11.4 类论域	201
11.5 派生类及继承	202
11.6 虚谓词	204
11.7 静态事实和谓词	205
11.8 引用对象自身(谓词 this)	206
11.9 类的作用范围	207
11.10 自定义构造函数和析构函数	209
11.11 抽象类	210
11.12 保护性谓词、论域和事实	212
11.13 派生类的访问控制	212
11.14 对象谓词值	213
11.15 类的形式语法	219

第三部分 使用 Visual Prolog

第 12 章 文件操作谓词	222
12.1 写谓词与读谓词	222
12.1.1 写谓词	222
12.1.2 读谓词	228
12.1.3 二进制块传送	230
12.2 文件系统管理	231
12.2.1 打开和关闭文件	232
12.2.2 重定向标准 I/O	235
12.2.3 文件操作	235

12.2.4 文件属性	239
12.3 文件名和通路名	241
12.4 目录搜索	243
12.5 操纵文件属性	246
12.6 处理文本文件中的项	247
12.7 文件操作谓词小结	249
第 13 章 字符串处理谓词	252
13.1 基本串处理谓词	252
13.2 类型转换谓词	256
13.3 程序举例	258
13.4 串处理谓词小结	260
第 14 章 外部数据库系统	261
14.1 外部数据库结构	261
14.1.1 外部数据库组成	261
14.1.2 链结构	263
14.1.3 外部数据库论域	264
14.1.4 外部数据库谓词	265
14.1.5 链操作谓词	269
14.1.6 项操作谓词	270
14.1.7 程序举例	271
14.2 B+ 树	274
14.2.1 页、阶和键长	274
14.2.2 重复键	274
14.2.3 多趟扫描	275
14.2.4 B+ 树标准谓词	275
14.2.5 经由 B+ 树访问数据库举例	277
14.3 外部数据库编程	279
14.3.1 扫描数据库	279
14.3.2 显示数据库内容	280
14.3.3 实现数据库安全	282
14.3.4 更新数据库	283
14.3.5 使用内部 B+ 树指针	286
14.3.6 改变数据库结构	287
14.3.7 共享文件和外部数据库	289
14.3.8 文件共享论域	290
14.3.9 以共享方式打开数据库	290
14.3.10 文件共享编程	292
14.3.11 实现高级加锁	294

14.3.12 文件共享举例	295
14.3.13 文件共享实现	300
14.4 杂务谓词	300
14.5 小结	301
第 15 章 系统级编程	302
15.1 访问操作系统	302
15.2 时间服务	304
15.3 位级操作	307
15.4 访问硬件:低级支持	309
15.5 小结	311
第 16 章 Prolog 程序举例	313
16.1 构建一个小型专家系统	313
16.2 路由问题原型设计	317
16.3 危险洞穴历险	318
16.4 硬件仿真	320
16.5 Hanoi 塔	321
16.6 划分单词为音节	323
16.7 N 个皇后问题	325

第四部分 程序员指南

第 17 章 语言元素	330
17.1 命名	330
17.1.1 关键字	330
17.1.2 特殊处理谓词	331
17.2 程序段	331
17.2.1 论域段	332
17.2.2 谓词段	337
17.2.3 事实段	340
17.2.4 子句段	341
17.2.5 目标段	345
17.2.6 常量段	345
17.2.7 条件编译	347
17.3 在程序中使用包含文件	347
17.4 模块和全局编程结构	348
17.4.1 编译单元	348
17.4.2 全局作用范围的名字	348
17.4.3 多模块程序的包含结构	349

17.4.4 公共类成员限制规则	350
17.4.5 多模块项目编译选项	351
17.5 编译程序命令	352
17.6 Visual Prolog 存储管理	355
17.6.1 存储区限制	356
17.6.2 释放多余的内存资源	357
第 18 章 与其他语言的接口	358
18.1 使用动态连接库	358
18.2 从 Visual Prolog 调用其他语言	358
18.2.1 声明外部谓词	358
18.2.2 调用约定和参数传递	359
18.3 论域的实现	362
18.3.1 简单论域	362
18.3.2 复杂论域	362
18.4 存储器考虑	364
18.4.1 内存对齐方式	364
18.4.2 存储分配	365
18.5 举例	368
18.5.1 表处理	368
18.5.2 从其他语言调用 Prolog	370
18.5.3 从 Visual Prolog 调用汇编例程	372
附录 A 谓词索引(按功能分类)	375
附录 B 谓词索引(按字母顺序)	378

第一部分 Visual Prolog概述

第1章 Visual Prolog开发环境

本章描述Visual Prolog系统的基本操作，重点介绍如何运行本书中所给出的一些例子。

我们假定，你有使用图形用户界面（GUI）系统的经验，比如使用过视窗系统，可能是16位的Windows或32位的Windows (95/98/Me和NT2000)。因此，你应该了解如何使用菜单、关闭窗口、调整窗口的大小，以及用文件打开对话框装入一个文件等等。如果你确实没有这些知识，就不应当试图创建一个能在这个环境下运行的应用程序。你必须首先熟悉和学会使用这种环境。

如果你是Prolog的初学者，不要把学习Prolog语言与创建具有事件处理和各种Windows选件及可能性的Windows应用程序的复杂性弄混淆。本书中例子的代码是与平台无关的，它们能运行在DOS的文本方式或Unix环境下，或者添加少量的代码作用户界面处理而在Windows这样的视窗环境下运行。

如果你打算认真地使用Visual Prolog系统，需要适当地学习Visual Prolog的一些基本概念。没有一个牢固的基础，不可能建好一座摩天大楼。在Visual Prolog中，这个基础就是理解Prolog语言和VPI层。

1.1 为阅读本书需要安装什么

为了运行和测试本书中所叙述的例子，在安装Visual Prolog期间，你需要：

- 在编译程序对话框Compilers中，安装可视化开发环境VDE。我们推荐选择Win32版本。
- 在库对话框Libraries中，选中与所选的VDE平台相对应的库。
- 在资料对话框Documentation中，必须选中安装Answers和Examples。我们还推荐把Documentation对话框中所列出的所有其他安装项开关选为ON。
- 在对话框Final中，我们推荐选中使32位VDE与项目文件扩展名PRJ和VPR相关联。

1.2 启动Visual Prolog可视化开发环境

Visual Prolog的安装程序将会安装一个带有图标的程序组。正常情况下，它们被用来启动Visual Prolog的可视化开发环境（VDE）。然而，在GUI环境中，有许多方法可以启动一个应用程序。如果你喜欢另一种方法，也可以从Visual Prolog主目录下的子目录BIN\WIN\32 (32位Windows版本) 或子目录BIN\WIN\16 (16位Windows版本)中启动可视化开发环境的可执行文件VIP.EXE。

在你的计算机上，如果可视化开发环境曾有过一个打开的、最后一次由VDE关闭的项目（.PRJ或.VPR文件），则在下一次启动时它将自动再打开这个项目。