# 第五代
# 计算机语言PROLOG入门

李英华　编著


宇航出版社

# 第五代计算机语言PROLOG入门

李 英 华 编著

宇航出版社

# 内 容 提 要

本书对PROLOG语言的基本知识作了系统介绍，全书分八章，前两章为理论基础和历史背景，第三章为本书的重点，介绍了PROLOG语言的基本概念和程序设计，第四、五、六章介绍了语法、语义、谓词等，第七章列举了应用实例，第八章为结束语。每章之后附有一定量的习题，附录中给出了参考答案。本书不需要有高深的计算机知识，可作为自学读物，也是科普性读物，可供一切计算机专业及非计算机专业人员阅读或参考。



**第五代计算机语言PROLOG入门**

李 英 华 编 著

特约编辑 王 荣

★

宇 航 出 版 社 出 版

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 销

北 京 新 华 印 刷 厂 印 刷

★

开本：787×1092 1/32 印张：4.5 字数：91 千字

1986年 9 月第一版第一次印刷 印数：1 — 15,000册

统一书号：15244 · 0073 定价：0.90元

# 前　言

PROLOG是一种风格新颖的计算机程序设计语言，它是英文“PROgramming in LOGic”的缩写，顾名思义，这是一种逻辑型程序设计语言，以谓词逻辑为理论基础，其最主要的特点是能象人脑那样自动进行逻辑推理。在程序设计风格上，它和传统的高级语言BASIC，ADA，FORTRAN等有着明显的区别，用PROLOG编程序时，人们更多关心对问题的描述，而不是求解问题的过程，其功能远远超过传统的高级语言，但程序却比这些语言简单得多。一个用PASCAL语言编写的600多行的程序，用PROLOG语言编写只需几十行。PROLOG语言从诞生到目前为止虽然只有十几年，但它已在许多领域(定理证明，自然语言理解，程序正确性证明，化学结构分析，法律，心理学，医学，关系数据库，专家系统等等)中得到应用。日本把PROLOG语言选定为第五代计算机程序设计语言。

自从1946年第一台电子计算机问世以来，电子计算机的发展已经经历了四个发展阶段，通常可以称为四代。可以从三个方面来说明这四代。

从计算机硬件的元器件组成来说，第一代是电子管计算机(1946年至1958年)，第二代是晶体管计算机(1959年至1964年)，第三代是集成电路计算机（1964年至1970年)，第四代是大规模集成电路计算机(1970年以后)。

从计算机语言性质来说，第一代是机器语言，第二代是

汇编语言，第三代是高级语言，第四代是操作系统、正文编辑、高级语言、监控程序、汇编语言等五种系统合一的语言。

从计算机应用范围来说，第一代主要用于科学计算和工程计算，第二代用于数据处理，第三代用于企业管理和事务管理，第四代用于生产过程控制。

电子计算机在经历了四个发展阶段以后，目前正处于向第五代过渡的时期。

第五代计算机系统是面向知识信息处理系统，它以KIPS为研制目标，其中KIPS(Knowledge Information Processing System)称为知识信息处理系统，它的核心功能为：

1．问题的求解和推理功能

2．知识库管理功能

3．智能接口功能

PROLOG语言基本上能完成这些功能。

本书深入浅出地介绍了PROLOG语言的基本知识。为了照顾各方面的读者，第一章介绍了PROLOG语言的理论基础——数理逻辑。其余各章为PROLOG语言，其中第二章谈了历史背景，涉及的内容较广，不明之处对学习PROLOG语言并没有影响；第三章是全书的重点。第七章介绍了PROLOG语言的应用范围并举出大量的程序实例。

PROLOG语言的另一个特点是简单易学，阅读了第三章便可自行编制PROLOG程序了。但要编出高级的PROLOG程序还需一定的编程练习。由于各种计算机上配有的PROLOG语言文本不尽相同，本书采用一般通用的讲法。

由于本人理论水平及实践经验不够，编书过程中一定会有种种问题，错误在所难免，热情欢迎广大读者批评指正。

编　者　1985年7月于武汉

# 目　　录

# 第一章　理论基础

## 第一节　数理逻辑

逻辑学是一门研究思维形式及思维规律的科学。逻辑规律就是客观事物在人的主观意识中的反映。

逻辑学分为辩证逻辑与形式逻辑两种，前者是以辩证法认识论的世界观为基础的逻辑学，而后者是对思维的形式结构和规律进行研究的类似于语法的一门工具性学科。思维的形式结构包括概念、判断和推理之间的结构和联系。其中概念是思维的基本单位，通过概念对事物是否具有某种属性进行肯定或否定的回答，这就是判断；由一个或几个判断推出另一判断的思维形式，就是推理。研究推理有很多方法，用数学的方法并引进一套符号体系来研究推理的规律称为数理逻辑，又称符号逻辑。

现代数理逻辑可分为证明论，模型论，递归函数论，公理化集合等。这里介绍的是数理逻辑最基本的内容：命题逻辑和谓词逻辑。

### 一、命题及其表示法

1．命题的定义

凡是能分辨其真假的语句称为命题。

在语言中，一般讲只有陈述句才能分辨其真假。如：

今天下雨。

雪是黑的。

别的星球上有生物。

这盘菜太咸了。

抽烟的人均要得肺癌。

哥得巴赫猜想是能证明的。

等等均为命题。

“哥得巴赫猜想是能证明的”。这一命题为真；而“雪是黑的”。这一命题为假。

要判断一个陈述句的真假有时是不容易的，它与人的思想感情、语句所处环境、判断标准、认识程度等有密切关系。但是，我们说只要能分辨出真假，均是命题。如“这盘菜太咸了”是一个命题，其真假因人而异，取决于人的主观判断。

疑问句、祈使句、感叹句均不是命题，因为它们无法分辨真假，如：

| | |
|---|---|
| 请问到图书馆怎么走？ | （疑问句） |
| 起来吧！ | （祈使句） |
| 啊，我的天啊！ | （感叹句） |

2．命题的种类

命题分为原子命题和复合命题两种。

一个语句如果不能再进一步分解成更为简单的语句，且又是一个命题，则称为原子命题；由联结词、标点符号和原子命题复合而成的命题称为复合命题。

“如果天气好，那么我就去散步”就是一个复合命题，它由两个原子命题、联结词（如果…那么…）和标点符号（，）复合而成。

3．命题的表示法

在数理逻辑中，一般用大写字母A，B，C，…P，Q，…或用带下标的字母或用数字，如$A_1$，$A_2$，〔12〕等表示命题。如：

P：今天下雨

P可表示"今天下雨"这一命题。表示命题的符号也称为命题标识符，P就是命题标识符。

一个命题标识符如表示确定的命题，就称为命题常量。如果命题标识符只表示任意命题的位置标志，就称为命题变元。由于命题变元可以表示任意命题，所以它不能确定真值，故命题变元不是命题。当命题变元P用一个特定命题取代时，P才能确定真值，这时也称对P进行指派。

**二、联结词**

1．否定

设P是一个命题，P的否定是一个新的命题，记为$\neg$P。若P为真时，$\neg$P为假；若P为假时，$\neg$P为真。"$\neg$"就是否定联结词。

真值表如下：

这里用"T"表示命题取真值，用"F"表示命题取假值。

**联结词$\neg$的真值表如下：**

| P | $\neg$P |
|---|---|
| T（TRUE） | F（FALSE） |
| F | T |

例：P：今天下雨

则$\neg$P：今天不下雨

2．合取

两个命题P和Q的合取是一个复合命题，记作P∧Q。当且仅当P，Q同时为T时，P∧Q的真值为T，否则P∧Q的真值为F。

**联结词∧的真值表如下：**

| P | Q | P∧Q |
|---|---|---|
| T | T | T |
| T | F | F |
| F | F | F |
| F | F | F |

例：P：王华成绩很好

Q：王华打得一手好球

则　P∧Q：王华成绩很好并且打得一手好球

3．析取

两个命题P和Q的折取是一个复合命题，记作P∨Q。当且仅当P，Q同时为F时，P∨Q的真值为F，否则P∨Q的真值为T。

**联结词∨的真值表如下：**

| P | Q | P∨Q |
|---|---|---|
| T | T | T |
| T | F | T |
| F | T | T |
| F | F | F |

例：

P：灯泡有故障

Q：开关有故障

则　P∨Q：灯泡有故障或开关有故障

4．条件

两个命题P和Q的条件命题是一个复合命题，记作P→Q，读作“如果P，那么Q”。当且仅当P的真值为T，Q的真值为F时，P→Q的真值为F，否则P→Q的真值为T。称P为前件，称Q为后件。

**联结词→的真值表如下：**

| P | Q | P→Q |
|---|---|---|
| T | T | T |
| T | F | F |
| F | T | T |
| F | F | T |

例：P：明天天气晴朗

Q：明天举行运动会

P→Q：如果明天天气晴朗则举行运动会。

5．双条件

给定两个命题P和Q，其复合命题P⇄Q称作双条件命题，读作“P当且仅当Q”，当P和Q的真值相同时，P⇄Q的真值为T，否则P⇄Q的真值为F。

**联结词“⇄”的真值表如下：**

| P | Q | P⇄Q |
|---|---|---|
| T | T | T |
| T | F | F |
| F | T | F |
| F | F | T |

例：P：$2<3$

Q：$3-2>0$

$P\rightleftarrows Q$：$2<3$当且仅当$3-2>0$

6. 命题公式

设P和Q是任意两个命题，则$\neg P$，$P\vee Q$，$(P\vee Q)\vee(P\rightarrow Q)$，$P\rightleftarrows(Q\vee\neg P)$等都是复合命题。

如果P和Q是命题变元，则上述各式均称作命题公式。P，Q称作命题公式的分量。

必须注意的是：命题公式是没有真假值的，仅当在一个公式中命题变元用确定的命题代入时，才得到一个命题。这个命题的真值，依赖于代换变元的那些命题的真值。

联结词运算的优先次序为：$\neg$、$\wedge$、$\vee$、$\rightarrow$、$\rightleftarrows$，因此$\neg P\wedge Q\rightarrow R$意思就是$((\neg P)\wedge Q)\rightarrow R$。

## 三、等价与蕴含

1. 等价

给定两个命题公式A和B，设$P_1$，$P_2$，…，$P_n$为所有出现于A和B中的原子变元，若给$P_1$，$P_2$，…，$P_n$任一组真值指派，A和B的真值都相同，则称为A和B是等价的或逻辑相等，记为$A\Leftrightarrow B$。

**例1.** 证明 $P\rightleftarrows Q\Leftrightarrow(P\rightarrow Q)\wedge(Q\rightarrow P)$

证明：

列出真值表：

| P | Q | $P\rightarrow Q$ | $Q\rightarrow P$ | $P\rightleftarrows Q$ | $(P\rightarrow Q)\wedge(Q\rightarrow P)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| T | T | T | T | T | T |
| T | F | F | T | F | F |
| F | T | T | F | F | F |
| F | F | T | T | T | T |

可知$P \rightleftarrows Q$与$(P \to Q) \wedge (Q \to P)$真值相同，命题得证。

下表的命题定律都可以用真值表予以验证。

| | | |
|---|---|---|
| 1 | $\neg\neg P \Leftrightarrow P$ | 双重否定律 |
| 2 | $P \vee P \Leftrightarrow P$，$P \wedge P \Leftrightarrow P$ | 幂等律 |
| 3 | $(P \vee Q) \vee R \Leftrightarrow P \vee (Q \vee R)$<br>$(P \wedge Q) \wedge R \Leftrightarrow P \wedge (Q \wedge R)$ | 结合律 |
| 4 | $P \vee Q \Leftrightarrow Q \vee P$<br>$P \wedge Q \Leftrightarrow Q \wedge P$ | 交换律 |
| 5 | $P \vee (Q \wedge R) \Leftrightarrow (P \vee Q) \wedge (P \vee R)$<br>$P \wedge (Q \vee R) \Leftrightarrow (P \wedge Q) \vee (P \wedge R)$ | 分配律 |
| 6 | $P \vee (P \wedge Q) \Leftrightarrow P$<br>$P \wedge (P \vee Q) \Leftrightarrow P$ | 吸收律 |
| 7 | $\neg(P \vee Q) \Leftrightarrow \neg P \wedge \neg Q$<br>$\neg(P \wedge Q) \Leftrightarrow \neg P \vee \neg Q$ | 德·摩根律 |
| 8 | $P \vee F \Leftrightarrow P$，$P \wedge T \Leftrightarrow P$ | 同一律 |
| 9 | $P \vee T \Leftrightarrow T$，$P \wedge F \Leftrightarrow F$ | 零律 |
| 10 | $P \wedge \neg P \Leftrightarrow F$，$P \vee \neg P \Leftrightarrow T$ | 否定律 |
| 11 | $P \to Q \Leftrightarrow \neg P \vee Q$ | |
| 12 | $P \rightleftarrows Q \Leftrightarrow (P \to Q) \wedge (Q \to R)$ | |

例2. 利用命题定律证明：

$$(P \vee Q) \vee (P \wedge \neg Q) \Leftrightarrow P$$

证明：

$$(P \vee Q) \vee (P \wedge \neg Q) \Leftrightarrow P \wedge (Q \vee \neg Q)$$

（分配律）

$\Leftrightarrow P \wedge T$ （否定律）

$\Leftrightarrow P$ （同一律）

2. 蕴含

给定一个命题公式，若无论对分量作怎样的指派，其对应的真值永为T，则称该命题公式为永真式。若无论对分量作怎样的指派，其对应的真值永为F，则称该命题为永假式。

当且仅当$P\rightarrow Q$是一个永真式时，则称“P蕴含Q”，并记作$P\Rightarrow Q$。

例1. 证明 $\neg Q\wedge(P\rightarrow Q)\Rightarrow\neg P$

证明：只要证明$\neg Q\wedge(P\rightarrow Q)\rightarrow\neg P$是一个永真式即可，真值表如下：

| P | Q | $\neg P$ | $\neg Q$ | $P\rightarrow Q$ | $\neg Q\wedge(P\rightarrow Q)$ | $\neg Q\wedge(P\rightarrow Q)\rightarrow\neg P$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T | T | F | F | T | F | T |
| T | F | F | T | F | F | T |
| F | T | T | F | T | F | T |
| F | F | T | T | T | T | T |

从真值表可得$\neg Q\wedge(P\rightarrow Q)\rightarrow\neg P$为永真式，命题得证。

下表所列的所有蕴含式都可利用真值表予以证明：

| | | |
|---|---|---|
| 1 | $P\wedge Q\Rightarrow P$，$P\wedge Q\Rightarrow Q$ | 化简式 |
| 2 | $P\Rightarrow P\vee Q$、$Q\Rightarrow P\vee Q$ | 附加式 |
| 3 | $\neg P\Rightarrow P\rightarrow Q$ | |
| 4 | $Q\Rightarrow P\rightarrow Q$ | |
| 5 | $\neg(P\rightarrow Q)\Rightarrow P$ | |
| 6 | $\neg(P\rightarrow Q)\Rightarrow\neg Q$ | |
| 7 | $\neg P\wedge(P\vee Q)\Rightarrow Q$ | 析取三段论 |
| 8 | $P\wedge(P\rightarrow Q)\Rightarrow Q$ | 假言推论 |
| 9 | $\neg Q\wedge(P\rightarrow Q)\Rightarrow\neg P$ | 拒取式 |
| 10 | $(P\rightarrow Q)\wedge(Q\rightarrow R)\Rightarrow P\rightarrow R$ | 假言三段论 |
| 11 | $(P\vee Q)\wedge(P\rightarrow R)\wedge(Q\rightarrow R)\Rightarrow R$ | 二难推论 |

例 2　利用上表的蕴含式证明：

$\neg(P \to Q) \Rightarrow P \vee Q$

证明：$\neg(P \to Q)$

$\Rightarrow P$　　　（利用第 5 蕴含式）

$\Rightarrow P \vee Q$　　（利用第 2 蕴含式）

得证。

**四、推理理论**

设A和C是两个命题公式，当且仅当A→C为一永真式，即A⇒C，称C是A的有效结论，或C可由A逻辑地推出。

这个前提A还可以推广到n个。

设$A_1$，$A_2$，…，$A_n$，C是命题公式，当且仅当$A_1 \wedge A_2 \wedge \cdots \wedge A_n \Rightarrow C$，称C是一组前提$A_1$，$A_2$，…，$A_n$的有效结论。

在实际应用的推理中，常常把本学科的一些定律，定理和条件，作为假设前提，并使用一些公认的规则，得到另外的命题，形成结论，这种过程就是论证。

判别有效结论的过程就是论证过程，论证方法千变万化，但基本方法是真值表法、直接证明法和间接证明法。

1．真值表法

此法很简单，列出真值表，看一下：

$A_1 \wedge A_2 \wedge \cdots \wedge A_n \to C$　是否为永真式即可。

2．直接证明法

直接证明法就是由一组前提，利用一些公认的推理规则，根据已知的等价或蕴含公式推演得到有效的结论。

下面给出两个推理规则：

P规则：在推导的任何步骤上都可以引入前提。

T规则：在推导中，如果前面有一个或多个公式蕴含公

式S，则可以把S引进推导过程之中。

**例**：试证$R \vee S$是前提$C \vee D$，$(C \vee D) \rightarrow \neg H$，$\neg H \rightarrow (A \wedge \neg B)$和$(A \wedge \neg B) \rightarrow (R \vee S)$的有效结论。

证明：

| | | | |
|---|---|---|---|
| {1} | (1) | $(C \vee D) \rightarrow \neg H$ | P规则 |
| {2} | (2) | $\neg H \rightarrow (A \wedge \neg B)$ | P规则 |
| {1, 2} | (3) | $(C \vee D) \rightarrow (A \wedge \neg B)$ | T规则，(1)，(2)和蕴含式10 |
| {4} | (4) | $(A \wedge \neg B) \rightarrow (R \vee S)$ | P规则 |
| {1,2,4} | (5) | $(C \vee D) \rightarrow (R \vee S)$ | T规则，(3)，(4)和蕴含式10 |
| {6} | (6) | $C \vee D$ | P规则 |
| {1, 2, 4, 6} | (7) | $R \vee S$ | T规则，(5)，(6)和蕴含式8 |

解释：

第二列中的编号，不仅代表着该公式，而且表明了它处在推导中的那个行上。第一列上花括号中的数字集合，指明了本行上的公式所依赖的前提。“T规则，(3)，(4)和蕴含式10”表示利用(3)，(4)以及蕴含表中列出的第10条蕴含式和T规则可以推出。

3．间接证明法

设有一组前提$A_1$，$A_2$，…，$A_n$，要推出结论C，即证$A_1 \wedge A_2 \wedge \cdots \wedge A_n \Rightarrow C$，记为$S \Rightarrow C$，即$S \rightarrow C$为永真，又由于$S \rightarrow C \Leftrightarrow \neg S \vee C \Leftrightarrow C \vee \neg S \Leftrightarrow \neg(\neg C \wedge S)$，因此，