前　言

离散数学，是现代数学的一个重要分支，是计算机科学中基础理论的核心课程。离散数学是以研究离散量的结构和相互间的关系为主要目标，其研究对象一般地是有限个或可数个元素，因此它充分描述了计算机科学离散性的特点。离散数学是随着计算机科学的发展而逐步建立的，它形成于七十年代初期，是一门新兴的工具性学科。离散数学与计算机科学中的数据结构、操作系统、编译理论、算法分析、逻辑设计、系统结构、容错诊断、机器定理证明等课程联系紧密，因此，在最初的一些国外教材中，取材各异、侧重不同。为了适应我国计算机科学教学的需要，我们根据近几年来的教学实践，编写了这本理工科院校计算机专业适用的离散数学教程，它亦可作为其他有关专业的教学用书。

本书内容分基本教材和应用两个部分。基本教材包括数理逻辑、集合论、代数结构与布尔代数、图论等四方面内容；应用部分主要介绍形式语言和自动机以及纠错码初步。基本教材约需讲授120学时，应用部分可视各专业需要安排为选修课程，估计讲授在30学时左右。考虑到离散数学不仅是为专业服务的基本理论，而且通过该课程可以培养学生的抽象思维和慎密概括的能力，因此本书在内容阐述时力求严谨，推演时务求详尽，大部分概念都用例子予以说明。对于有些超出教学要求的内容，均以星号“*”标志。羁于篇幅和教学的要求个别定理不予证明，但都注明了参考文献以便查阅。有一些定理的证明安排作为练习，希望读者能通过推演触类旁通，举一反 还有一些内容，在正文中不作叙述，安排作为习题，供读者作 步的研讨以扩充知识范围。由于离散数学本身的特点，全书 部分内容虽然分篇成章，但亦可相对独立，如图论和代数结构可分别在集合论之后并列讲授，如果考

第一篇 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，而后者主要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了概念，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，用数学方法来研究推理的规律称为数理逻辑。这里所指的数学方法，就是引进一套符号体系的方法，所以数理逻辑又称作符号逻辑，它是从量的侧面来研究思维规律的。

现代数理逻辑可分为证明论、模型论、递归函数论、公理化集合论等，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。

第一章 命题逻辑

1-1 命题及其表示法

在数理逻辑中，为了表达概念，陈述理论和规则，常常需要应用语言进行描述，但是日常使用的自然语言，往往叙述时不够确切，也易产生二义性，因此就需要引入一种目标语言，这种目标语言和一些公式符号，就形成了数理逻辑的形式符号体系。所谓目标语言就是表达判断的一些语言的汇集，而判断就是对事物有肯定或否定的一种思维形式，因此能表达判断的语言是陈述句，它称作命题。一个命题，总是具有一个“值”，称为真值。真值只有“真”和“假”两种，记作 True（真）和 False（假），分别用符号 $\boldsymbol{T}$ 和 $\boldsymbol{F}$ 表示。只有具有确定真值的陈述句才是命题，一切没有判断内容的句子，无所谓是非的句子，如感叹句，疑问句，祈使句等都不能作为命题。命题有两种类型：第一种类型是不能分解为更简单的陈述语句，称作原子命题；第二种类型是由联结词，标点符号和原子命题复合构成的命题，称作复合命题。所有这些命题，都应具有确定的真值。下面给出实例，说明命题的概念。

(1) 中国人民是伟大的。

(2) 雪是黑的。

(3) $1+101=110$

(4) 别的星球上有生物。

(5) 全体立正!

(6) 明天是否开大会?

(7) 天气多好啊!

(8) 我正在说谎。

(9) 我学英语，或者我学日语。

(10) 如果天气好，那么我去散步。

在上面这些例子中，(1)、(2)、(4)、(9)、(10)是命题。其中(9)、(10)是复合命题，(4)在目前可能无法决定真值，但从事物的本质而论，它本身是有真假可言的，所以我们承认这也是一个命题。(5)、(6)、(7)都不是命题。(8)是悖论。(3)在二进制中为真，在十进制中为假，故需根据上下文才能确定真值。

在数理逻辑中，我们将使用大写字母 $A, B, \cdots, P, Q, \cdots$ 或用带下标的大写字母或用数字，如 A_i, [12] 等表示命题，例如

P: 今天下雨。

P 可表示“今天下雨”这个命题的名。亦可用数字表示命题，例如

[12]: 今天下雨。

表示命题的符号称为命题标识符，P 和 [12]就是标识符。

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。因为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。当命题变元表示原子命题时，该变元称为原子变元。

1-2 联 结 词

在自然语言中，常常使用“或”，“与”，“但是”等一些联结词，对于这种联结词的使用，一般没有很严格的定义，因此有时显得不很确切。在数理逻辑中，复合命题是由原子命题与逻辑联结词组合而成，联结词是复合命题中的重要组成部分，为了便于书写和进行推演，必须对联结词作出明确规定并符号化。下面介绍各个联结词。

(1) 否定

定义 1-2.1 设 P 为一命题，P 的否定是一个新的命题，记作 $\neg P$。若 P 为 $\boldsymbol{T}$，$\neg P$ 为 $\boldsymbol{F}$；若 P 为 $\boldsymbol{F}$，$\neg P$ 为 $\boldsymbol{T}$。联结词

“$\neg$”表示命题的否定。否定联结词有时亦可记作“—”。

命题 P 与其否定 $\neg P$ 的关系如表 1-2.1 所示。

表 **1-2.1**

P	$\neg P$
$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{F}$
F	$\boldsymbol{T}$

例　　P：上海是一个大城市。

　　$\neg P$：上海并不是一个大城市。

或　　$\neg P$：上海是一个不大的城市。

这两个命题用同一符号 $\neg P$ 表示，因为在汉语中这两个命题具有相同的意义。

“否定”的意义仅是修改了命题的内容，我们仍把它看作为联结词，它是一个一元运算。

(2) 合取

定义 1-2.2　两个命题 P 和 Q 的合取是一个复合命题，记作 $P\wedge Q$。当且仅当 P、Q 同时为 $\boldsymbol{T}$ 时，$P\wedge Q$ 为 $\boldsymbol{T}$，在其他情况下，$P\wedge Q$ 的真值都是 $\boldsymbol{F}$。

联结词“$\wedge$”的定义如表 1-2.2 所示。

表 **1-2.2**

P	Q	$P\wedge Q$
$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{T}$
$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{F}$
$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{F}$
$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{F}$

例如　　P：今天下雨。

　　Q：明天下雨。

上述命题的合取为

$P\wedge Q$: 今天下雨而且明天下雨。

$P\wedge Q$: 今天与明天都下雨。

$P\wedge Q$: 这两天都下雨。

显然只有当"今天下雨"与"明天下雨"都是真时,"这两天都下雨"才是真的。

合取的概念与自然语言中的"与"意义相似,但并不完全相同。例如

P: 我们去看电影。

Q: 房间里有十张桌子。

上述命题的合取为

$P\wedge Q$: 我们去看电影与房间里有十张桌子。

在自然语言中,上述命题是没有意义的,因为 P 与 Q 没有内在联系,但作为数理逻辑中 P 和 Q 的合取 $P\wedge Q$ 来说,它仍可成为一个新的命题,只要按照定义,在 P、Q 分别取真值后,$P\wedge Q$ 的真值也必确定。

命题联结词"合取"甚至可以将两个互为否定的命题联结在一起。这时,其真值永为 $\boldsymbol{F}$。

命题联结词"合取"也可以将若干个命题联结在一起。

"合取"是一个二元运算。

(3) 析取

定义 1-2.3 两个命题 P 和 Q 的析取是一个复合命题,记作 $P\vee Q$。当且仅当 P、Q 同时为 $\boldsymbol{F}$ 时,$P\vee Q$ 的真值为 $\boldsymbol{F}$,否则 $P\vee Q$ 的真值为 $\boldsymbol{T}$。

联结词"$\vee$"的定义如表 1-2.3 所示。

表 1-2.3

P	Q	$P\vee Q$
$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{T}$
$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{T}$
$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{T}$
$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{F}$

从析取的定义可以看到，联结词 $\vee$ 与汉语中的“或”的意义也不全相同，因为汉语中的“或”，可表示“排斥或”，也可表示“可兼或”。

例 1　今天晚上我在家看电视或去剧场看戏。

例 2　他可能是 100 米或 400 米赛跑的冠军。

在例 1 中的“或”是“排斥或”，例 2 中的“或”是“可兼或”，而析取指的是“可兼或”。还有一些汉语中的“或”字，实际不是命题联结词。

例 3　他昨天做了二十或三十道习题。

这个例子中的“或”字，只表示了习题的近似数目，不能用联结词“析取”表达，例 3 是个原子命题。

(4) 条件

定义 1-2.4　给定两个命题 P 和 Q，其条件命题是一个复合命题，记作 $P\to Q$，读作“如果 P，那末 Q”或“若 P 则 Q”。当且仅当 P 的真值为 $\boldsymbol{T}$，Q 的真值为 $\boldsymbol{F}$ 时，$P\to Q$ 的真值为 $\boldsymbol{F}$，否则 $P\to Q$ 的真值为 $\boldsymbol{T}$。我们称 P 为前件，Q 为后件。

联结词“$\to$”的定义如表 1-2.4 所示。

表 1-2.4

P	Q	$P\to Q$
$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{T}$
$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{F}$
$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{T}$
$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{T}$

例 1　如果某动物为哺乳动物，则它必胎生。

例 2　如果我得到这本小说，那末我今夜就读完它。

例 3　如果雪是黑的，那末太阳从西方出。

上述三个例子都可用条件命题 $P\to Q$ 表达。

在自然语言中，“如果…”与“那末…”之间常常是有因果联系

的，否则就没有意义，但对条件命题 $P\rightarrow Q$ 来说，只要 P、Q 能够分别确定真值，$P\rightarrow Q$ 即成为命题。此外，自然语言中对“如果…、则…”这样的语句，当前提为假时，结论不管真假，这个语句的意义，往往无法判断。而在条件命题中，规定为“善意的推定”，即前提为 $\boldsymbol{F}$ 时，条件命题的真值都取为 $\boldsymbol{T}$。

在数学上和有些逻辑学的书籍中，“若 P 则 Q”亦可叫作 P 蕴含 Q，而本书在条件命题中将避免使用“蕴含”一词，因为在以后将另外定义“蕴含”这个概念。

命题联结词“$\rightarrow$”亦可记作“$\supset$”。条件联结词亦是二元运算。

(5) 双条件

定义 1-2.5 给定两个命题 P 和 Q，其复合命题 $P\rightleftarrows Q$ 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，$P\rightleftarrows Q$ 的真值为 $\boldsymbol{T}$，否则 $P\rightleftarrows Q$ 的真值为 $\boldsymbol{F}$。

联结词“$\rightleftarrows$”的定义可如表 1-2.5 所示。

表 1-2.5

P	Q	$P\rightleftarrows Q$
$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{T}$
$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{F}$
$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{F}$
$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{F}$	$\boldsymbol{T}$

例 1 两个三角形全等，当且仅当它们的三组对应边相等。

例 2 燕子飞回南方，春天来了。

例 3 $2+2=4$ 当且仅当雪是白的。

上面三个例子都可用双条件命题 $P\rightleftarrows Q$ 来表示。与前面的联结词一样，双条件命题也可以不顾其因果联系，而只根据联结词定义确定真值。双条件联结词亦可记作“$\leftrightarrow$”或“iff”。它亦是二元运算。

1-1, 1-2 习题

(1) 指出下列语句哪些是命题，哪些不是命题，如果是命题，指出它的真值。

a) 离散数学是计算机科学系的一门必修课。 T

b) 计算机有空吗？ ×

c) 明天我去看电影。 F

d) 请勿随地吐痰！ ×

e) 不存在最大质数。 T $P \wedge Q \rightarrow R$

f) 如果我掌握了英语、法语，那么学习其他欧洲语言就容易得多。 T

g) $9+5\leqslant 12$ F

h) $x=3$ (不确定)

i) 我们要努力学习。 T

(2) 举例说明原子命题和复合命题。

(3) 设 P 表示命题"天下雪"

Q 表示命题"我将去镇上"

R 表示命题"我有时间"

以符号形式写出下列命题。 $\neg P \wedge R \rightarrow Q$

a) 如果天不下雪和我有时间，那么我将去镇上。

b) 我将去镇上，仅当我有时间时。 $Q \rightarrow R$

c) 天不下雪。 $\neg P$

d) 天下雪，那么我不去镇上。 $P \rightarrow \neg R$

(4) 用汉语写出一句子，对应下列每一个命题。

a) $Q \rightleftarrows (R \wedge \neg P)$ 当且仅当天不下雪和我有时间，我就去镇上

b) $R \wedge Q$ 我有时间并且我去镇上

c) $(Q \rightarrow R) \wedge (R \rightarrow Q)$ 我去镇上仅当我有时间 而且我有时间就去镇上

(5) 将下列命题符号化。

a) 王强身体很好，成绩也很好。 $P \wedge Q$

b) 小李一边看书，一边听音乐。 $P \wedge Q$

c) 气候很好或很热。 $P \vee Q$

d) 如果 a 和 b 是偶数，则 $a+b$ 是偶数。 $P \wedge Q \rightarrow R$

e) 四边形 $ABCD$ 是平行四边形，当且仅当它的对边平行。 $P \rightleftarrows Q$

f) 停机的原因在于语法错误或程序错误。 $P \rightarrow (Q \vee R)$

(6) 将下列复合命题分成若干原子命题。

a) 天气炎热且正在下雨。 $P \wedge Q$

b) 天气炎热但湿度较低。 $P \wedge \neg Q$

c) 天正在下雨或湿度很高。 $P \vee Q$

d) 刘英与李进上山。 $P \wedge Q$

e) 老王或小李是革新者。 $P \vee Q$

f) 如果你不看电影，那么我也不看电影。 $P \to Q$

g) 我既不看电视也不外出，我在睡觉。 $\neg P \wedge \neg Q \wedge R$.

h) 控制台打字机既可作输入设备，又可作输出设备。 $P \wedge Q$

$\neg P \wedge \neg Q \wedge R$ $P \to (Q \wedge R)$

1-3 命题公式与翻译

前面已经提到，不包含任何联结词的命题叫做原子命题，至少包含一个联结词的命题称作复合命题。

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

若 P 和 Q 是命题变元，则上述各式均称作命题公式。P 和 Q 称作命题公式的分量。

必须注意：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。此外，并不是由命题变元，联结词和一些括号组成的字符串都能成为命题公式。Truth.

定义 1-3.1 命题演算的合式公式（wff），规定为：

(1) 单个命题变元本身是一个合式公式。

(2) 如果 A 是合式公式，那么 $\neg A$ 是合式公式。

(3) 如果 A 和 B 是合式公式，那么 $(A \wedge B)$, $(A \vee B)$, $(A \to B)$ 和 $(A \rightleftarrows B)$ 都是合式公式。

(4) 当且仅当能够有限次地应用(1)、(2)、(3)所得到的包含命题变元，联结词和括号的符号串是合式公式。

这个合式公式的定义，是以递归形式给出的，其中(1)称为基础，(2)(3)称为归纳，(4)称为界限。

按照定义，下列公式都是合式公式：

$$\neg(P \wedge Q),\ \neg(P \to Q),\ (P \to (P \vee \neg Q)),$$
$$(((P \to Q) \wedge (Q \to R)) \rightleftarrows (S \rightleftarrows T))$$

而

$$(P \to Q) \to (\wedge Q),\ (P \to Q,\ (P \wedge Q) \to Q)$$

等都不是合式公式。

为了减少使用圆括号的数量，约定最外层圆括号可以省略。

如果我们规定了联结词运算的优先次序为：$\neg$、$\wedge$、$\vee$、$\to$、$\rightleftarrows$，则 $P \wedge Q \to R$ 也是合式公式。

有了联结词的合式公式概念，我们可以把自然语言中的有些语句，翻译成数理逻辑中的符号形式。

例题 1　试以符号形式写出命题：我们要做到身体好、学习好、工作好，为祖国四化建设而奋斗。　P ∧ Q ∧ R ⇄ T

解　找出各原子命题，并用命题符号表示：

¬ ∧ ∨ - ⇄

A：我们要做到身体好。

B：我们要做到学习好。

C：我们要做到工作好。

P：我们要为祖国四化建设而奋斗。

故命题可形式化为：$(A \wedge B \wedge C) \rightleftarrows P$　(P∨Q)

例题 2　上海到北京的 14 次列车是下午五点半或六点开。

解　P：上海到北京的 14 次列车是下午五点半开。　P∨Q

　　Q：上海到北京的 14 次列车是下午六点开。

在本例中，汉语的“或”是不可兼或，而逻辑联结词 $\vee$ 是“可兼或”，因此不能直接对两命题析取。构造表如表 1-3.1 所示。

表　1-3.1

P	Q	原命题	$P \rightleftarrows Q$	$\neg(P \rightleftarrows Q)$
T	***T***	***F***	***T***	***F***
T	***F***	***T***	***F***	***T***
F	***T***	***T***	***F***	***T***
F	***F***	***F***	***T***	***F***

从表中可看出原命题不能用前述五个联结词单独写出，但是如用命题和联结词组合，可以把本命题表达为：$\neg(P \rightleftarrows Q)$。

例题 3 他既聪明又用功。

解 若设

P: 他聪明。 Q: 他用功。

在自然语言中这个“既……又……”显然与“且”的意义一样，故本例可记为: $P \wedge Q$

例题 4 他虽聪明但不用功。

解 这里“虽……但……”这个词不能用前述联结词表达，但其实际意义是:他聪明且不用功。若设

P: 他聪明。 Q: 他用功。

本例可表示为:

$$P \wedge \neg Q$$

例题 5 除非你努力，否则你将失败。

解 这个命题的意义，亦可理解为:如果你不努力则你将失败。若设

P: 你努力。 Q: 你失败。

本例可表示为:

$$\neg P \rightarrow Q$$

例题 6 张三或李四都可以做这件事。

解 这个命题的意义是:张三可以做这件事，并且李四也可以做这件事。若设

P: 张三可以做这事。 Q: 李四可以做这事。

本例可表示为:

$$P \wedge Q$$

从上面的例子中可以看到，自然语言中的一些联结词，如:“与”“且”“或”“除非…则…”等等都各有其具体含义，因此需分别不同情况翻译成适当的逻辑联结词。为了便于正确表达命题间的相互关系，有时也常常采用列出“真值表”的方法，进一步分析各原命题，以此寻找逻辑联结词，使原来的命题能够正确地用形式符号予以表达。

1-3 习题

(1) 判别下列公式哪些是合式公式，哪些不是合式公式。

a) $(Q \rightarrow R \wedge S)$

b) $(P \rightleftarrows (R \rightarrow S))$

c) $((\neg P \rightarrow Q) \rightarrow (Q \rightarrow P))$

d) $(RS \to T)$

e) $((P\to(Q\to R))\to((P\to Q)\to(P\to R)))$

(2) 根据合式公式的定义，说明下列公式是合式公式。

a) $(A\to(A\vee B))$

b) $((\neg A\wedge B)\wedge A)$

c) $((\neg A\to B)\to(B\to A))$

d) $((A\to B)\vee(B\to A))$

(3) 对下列各式用指定的公式进行代换。

a) $(((A\to B)\to B)\to A)$，用 $(A\to C)$ 代换 A，用 $((B\wedge C)\to A)$ 代换 B。

b) $((A\to B)\vee(B\to A))$，用 B 代换 A。

(4) 下列几个式子中有哪几个是别的式子经过代换得到的。

a) $(P\to(Q\to P))$

b) $((((P\to Q)\wedge(R\to S))\wedge(P\vee R))\to(Q\vee S))$

c) $(Q\to((P\to P)\to Q))$

d) $(P\to((P\to(Q\to P))\to P))$

e) $(((R\to S)\wedge(Q\to P))\wedge(R\vee Q))\to(S\vee P))$

(5) 试把原子命题表示为 P、Q、R 等，然后用符号译出下列各句子。

a) 或者你没有给我写信，或者它在途中丢失了。

b) 如果张三和李四都不去，他就去。

c) 我们不能既划船又跑步。

d) 如果你来了，那末他唱不唱歌将看你是否伴奏而定。

(6) 一个人起初说，“占据空间的、有质量的而且不断变化的叫做物质”；后来他改说，“占据空间的有质量的叫做物质，而物质是不断变化的。”问他前后主张的差异在什么地方，试以命题形式进行分析。 $\neg(\neg P\to Q)\to R$.

(7) 用符号形式写出下列命题。 R

a) 假如上午不下雨，我去看电影，否则就在家里读书或看报。

b) 我今天进城，除非下雨。 $P\leftarrow\neg P$

c) 仅当你走我将留下。 $\neg P\to\neg Q$ 或 $P\leftarrow Q$.

1-4 真值表与等价公式

定义 1-4.1 在命题公式中，对于分量指派真值的各种可能组合，就确定了这个命题公式的各种真值情况，把它汇列成表，就

是命题公式的真值表。

现举例说明如下：

例题1 构造 $\neg P \vee Q$ 的真值表。

解

表 1-4.1

P	Q	$\neg P$	$\neg P \vee Q$
T	**T**	**F**	**T**
T	**F**	**F**	**F**
F	**T**	**T**	**T**
F	**F**	**T**	**T**

例题2 给出 $(P \wedge Q) \wedge \neg P$ 的真值表。

解

表 1-4.2

P	Q	$P \wedge Q$	$\neg P$	$(P \wedge Q) \wedge \neg P$
T	**T**	**T**	**F**	**F**
T	**F**	**F**	**F**	**F**
F	**T**	**F**	**T**	**F**
F	**F**	**F**	**T**	**F**

例题3 给出 $(P \wedge Q) \vee (\neg P \wedge \neg Q)$ 的真值表。

解。

表 1-4.3

P	Q	$\neg P$	$\neg Q$	$P \wedge Q$	$\neg P \wedge \neg Q$	$(P \wedge Q) \vee (\neg P \wedge \neg Q)$
T	**T**	**F**	**F**	**T**	**F**	**T**
T	**F**	**F**	**T**	**F**	**F**	**F**
F	**T**	**T**	**F**	**F**	**F**	**F**
F	**F**	**T**	**T**	**F**	**T**	**T**

例题4 给出 $\neg (P \wedge Q) \rightleftarrows (\neg P \vee \neg Q)$ 的真值表。