

国家“十三五”重点出版规划项目  
上海高校优秀教材奖获得者主编

上海市高校精品课程  
特色教材(立体化新形态)

# 数据库原理及应用

## ——基于SQL Server 2016

主编 贾铁军 徐方勤  
副主编 邓红霞 戴春妮 王佃来 曹锐  
参编 陶维天 张野 降爱莲

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

## 第2章 关系数据库基础



# 第2章 目录

国家十三五重点规划项目  
上海市高校精品课程

## 第2章 目录

2.1 关系模型概述

2.2 关系模型的完整性

2.3 常用的关系运算

2.4\* 关系演算与查询优化

2.5 常量、变量、函数和表达式

2.6 实验二 常量变量函数表达应

2.7 本章小结

2.8 练习与实践二



## 教学目标

- **掌握**关系模型及关系数据库相关概念 **重点**
- **掌握**关系模型的完整性规则及用法
- **运用**常用的关系运算解决实际问题 **重点**
- 了解关系演算和查询优化的基本方法和过程
- **掌握**常量、变量、函数和表达式概念和用法 **重点**

友情  
提示



同步实验(上机)



## 2.1 关系模型概述

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 案例2-1

**关系模型的提出。**1970年E.F.Codd在美国计算机学会会刊《Communications of the ACM》上发表题为“A Relational Model of Data for Shared Data Banks”的论文，首次系统地提出了关系模型的相关理论，该论文和他后续发表的多篇论文奠定了关系数据的理论基础。E.F.Codd也因其杰出贡献，于1981年获得ACM图灵奖。

### 2.1.1 关系模型的基本概念

#### 1. 关系及关系模型常用概念

1) 关系。关系对应一个二维表，表示数据的逻辑结构，将现实世界中实体及其之间的联系归结为简单的二维关系，其中表中的每一行代表一个元组（记录），每一列代表一个域（属性），可用更一般的形式定义。

$D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$  子集叫做域  $D_1, D_2, \dots, D_n$  上的关系，表示为  $R(D_1, D_2, \dots, D_n)$ ，其中  $R$  表示关系名， $n$  是关系的目或度。



## 2.1 关系模型概述

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

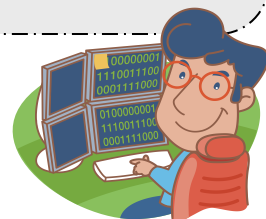
2) 元组、属性。在关系模型中，二维表（关系）中的行称为**元组**（或称为**记录**）。二维表的列称为**属性**。每个属性对应表中的一个字段，属性名也就是字段名，属性值为各行的字段值。

3) 域。域（Domain）是一组具有相同数据类型值的集合。用域表示属性的取值范围，属性A的域可用DOM(A)表示，每个属性对应一个域，不同的属可以对应同一个域。

### 案例2-2

**不同域示例。**  $D1=\{1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots\}$  表示自然数集合。 $D2=\{\text{男}, \text{女}\}$  表示性别集合。 $D3=\{\text{星期一}, \text{星期二}, \text{星期三}, \text{星期四}, \text{星期五}, \text{星期六}, \text{星期日}\}$ ，表示一周中各天名称的集合。

编号	名称	产地	生产商	型号
T138	T型	北京	重型	T206
S238	S型	上海	电气	S825
⋮	⋮	广东	机械	⋮
⋮	⋮	辽宁	电力	⋮





## 2.1 关系模型概述

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

4) 关系模型。关系模型 (Relation Model) 是指以二维表结构表示的实体关系, 用键表示实体间联系的数据模型, 其中键唯一标识一个元组, 并且键可以是单一属性或属性组合。如学号, (学号, 姓名)。

关系模型由关系数据结构、操作集合和完整性约束三部分组成。

### 案例2-3

学生信息表。包含以下信息: 学号、姓名、性别、专业、出生日期和家庭地址。表头表示关系型, 从第二行开始以下各都是一个关系型的实例。如表2-1所示。

学号	姓名	性别	专业	出生日期	家庭地址
BX15120	赵一	男	网络工程	1996-03-26	上海市杨浦区南京路 23 号
BX15236	周二	女	对外贸易	1995-10-08	大连市西岗区人民路 17 号
BE16118	张三	男	电气工程	1995-09-09	北京市海淀区人大路 13 号
BE16227	李四	男	机械工程	1996-07-09	北京市石景山区阜石路 115 号
BG16245	王五	女	软件技信	1995-10-09	北京市海淀区黄庄路 56 号

5) 元数和基数。元数指关系中属性的个数。基数指元组的个数。表2-1的关系的元数和基数分别为6和5。

### 2. 键、主键和外键

**键**也称为**码**，在关系中由唯一可标识元组的属性或属性组构成，如学生的学号，公民的身份证号等。

1) **候选键-超键**。若关系表中的某一属性或属性组合的值可唯一确定一个元组, 则称该属性或属性组为**候选码**。没有多余属性则称为**超键**。

2) **主键**。**主键 (primary key)**是在候选键中选定一个键作为元组标识. 一般如不加以说明, **键**指**主键** (码), 如果关系中有多个候选键, 可取其中一个作为该关系的主键, 主键不允许为空值 (非零和空格)。

3) **外键**。**外键**指若在关系R中包含另一个关系S的主键所对应的属性或属性组K, 则称K为R的外键 (码)。

**注意** 外键表示是另一个关系的主键, 但不是本关系的主键。关系数据库的表间关系需要借助外键来建立。此外, 外键需要满足外键约束条件: 外键或者为空值, 或者是另外一个关系已存元组的主键。

## 2.1 关系模型概述

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 2.1.2 关系的类型与性质

关系有三种类型：基本关系（又称为**基本表**或**基表**）、查询表和视图表。

◆ **基本表**是实际存在的表, 是实际存储数据的逻辑表示。

◆ **查询表**是查询结果对应的表。

◆ **视图表**是由基本表或其他视图表导出的表, 是**虚表**, 不对应实际存储的数据。



【基本信息】			
人员名称：	贾铁军		
英文名：	Jia Tiejun		
学科门类：	科技类		
职工号：	31303		
性别：	男	出生日期：	1957-08
科研单位：	电子信息学院	科研教研室：	
人事单位：	电子信息学院	职称：	教授



## 2.1 关系模型概述

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 基本关系有以下6条性质

- 1) 关系中属性（列）必须是**原子值**，即每个属性都必须是不可分的数据项。
- 2) 关系中列是**同质的**（Homogeneous），也就是说每一列中的分量是同一类型的数据，也可以说是具有相同的域（同列同类同域）。
- 3) 关系中的列没有先后顺序之分，即列的次序可以任意交换。
- 4) 关系中任意两行元组的次序可以交换，即元组无先后顺序之分。
- 5) 不同的列可以来自同一域，即列的类型相同，不同的列要给予不同的列名（属性名）加以区分，标明是不同的列（任意两列不能相同）。
- 6) 任意元组的候选键不能相同，任意两行元组不能完相同，如果完全相同则说明数据存在重复，会造成存储空间的浪费和查询统计结果的不一致或错误。因此，数据库中应该避免元组的重复现象，保证实体的唯一性和完整性。

编号	名称	产地	生产商	型号
T138	T型	北京	重型	T206
S238	S型	上海	电气	S825
⋮	⋮	广东	机械	⋮
⋮	⋮	辽宁	电力	⋮



## 2.1 关系模型概述

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 案例2-4

**学生信息表。**学生信息表包含以下信息：学号、姓名、性别、专业、出生日期（年、月、日）和家庭地址。表头表示关系型，从第二行开始以下各都是一个关系型的实例。如表2-2所示。

表2-2 学生信息表

不规范设计

学号	姓名	性别	专业	出生日期			家庭地址
				年	月	日	
BX15120	赵一	男	网络工程	1996	03	26	上海市杨浦区南京路 23 号
BX15236	周二	女	对外贸易	1995	10	08	大连市西岗区人民路 17 号
BE16118	张三	男	电气工程	1995	09	09	北京市海淀区人大路 16 号
BE16227	李四	男	机械工程	1996	07	09	北京市石景山区阜石路 115 号
BG16245	王五	女	软件技信	1995	10	09	北京市海淀区黄庄路 56 号

比较案例2-3和2-4中学生信息表的**出生日期**属性的设计，案例2-3中出生日期使用一个**日期类型**的数据进行存储，该属性不可分，而案例2-4中属性出生日期包含小表，即出生日期由年月日三分部分组成，虽然看上去更清晰，但是属性出生日期可分不符合关系分量不可分规范，是一种不恰当和不规范的关系数据库设计。

## 2.1 关系模型概述

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 2.1.3 关系模式的表示

**关系模式** (Relation schema) 是对关系的描述, **可形式化地表示如下:**

$R(U, D, DOM, F)$  如 **客户** ( $U, A, B, \text{购物}$ )

其中  $R$  为关系名,  $U$  为组成该关系的属性 (列) 名集合,  $D$  为属性组  $U$  中属性所来自的域,  $DOM$  为属性域的映像集合,  $F$  为属性间数据的依赖关系集合。

关系模式通常可以简记为  $R(U)$  或  $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ , 其中  $R$  为关系名,  $A_1, A_2, \dots, A_n$  为属性名。

例如, **学生关系的关系模式** 可表示如下:

**学生** (学号, 姓名, 性别, 专业, 出生日期, 家庭地址)

编号	名称	产地	生产商	型号
T138	T型	北京	重型	T206
S238	S型	上海	电气	S825
⋮	⋮	广东	机械	⋮
⋮	⋮	辽宁	电力	⋮

## 2.1 关系模型概述

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 2.1.3 关系模式的表示

关系模式主要描述内容：

编号	名称	产地	生产商	型号
T138	T型	北京	重型	T206
S238	S型	上海	电气	S825
⋮	⋮	广东	机械	⋮
⋮	⋮	辽宁	电力	⋮

◆ **关系模式**指明关系二维表中**元组集合的结构**,即它由哪些属性构成,这些属性的域(在具体关系数据库中体现为属性的数据**类型**和**长度**),以及属性与域之间的**映射关系**。

◆ **关系模式**应该说明属性间的相互**关联关系**和属性本身的**约束条件**。

**例1**, 男性职工年龄一般18-60岁(60岁以后退休,当前实行延迟退休的男性职工除外);

**例2**, 百分制成绩必须为0-100之间。

### 2.1.4 E-R图与关系模型之间的转换

#### 1. 转换规则

1) **实体转换关系规则**。将每一个实体转换成一个关系模式时，实体的属性就是关系的属性，**实体的标识符就是关系的键**，如案例2-1中学生的**学号**为关系模式中的键。

#### 2) 二元联系类型的转换规则如下。

①若实体间的联系为一对一 (1:1)，则将两个实体类型转换成两个关系模式的过程中，任选一个属性或属性组在其中加入另一个关系模式的键和联系类型的属性。

②若实体间的联系是一对多 (1:n)，则在多的一端实体的关系模式中，加上一的一端实体类型的键和联系类型的属性。

③若实体间联系是多对多 (m:n)，则将联系类型也转换为关系模式，其属性为两端实体类型的键加上联系型的属性，而键为两端实体键的组合。





## 2.1 关系模型概述

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 2.1.4 E-R图与关系模型之间的转换

#### 2. 转换方法:

##### 1) 一对一联系的转换方法。

###### 案例2-5

每个学生只有一个身份证，每个身份证只属于一个学生，学生和身份证之间的关系为一对一关系。学生与身份证实体关系图如图2-1所示。在学生端加入身份证号做为联系属性在两者之间建立一对一关系。

**学生**（学号，**身份证号**，姓名，性别，专业，出生日期，家庭地址），其中学号为**主键（PK）**，身份证号为**外键（FK）**关联到关系身份证。

**身份证**（身份证号，**学号**，签发机关，有效期始，有效期止）

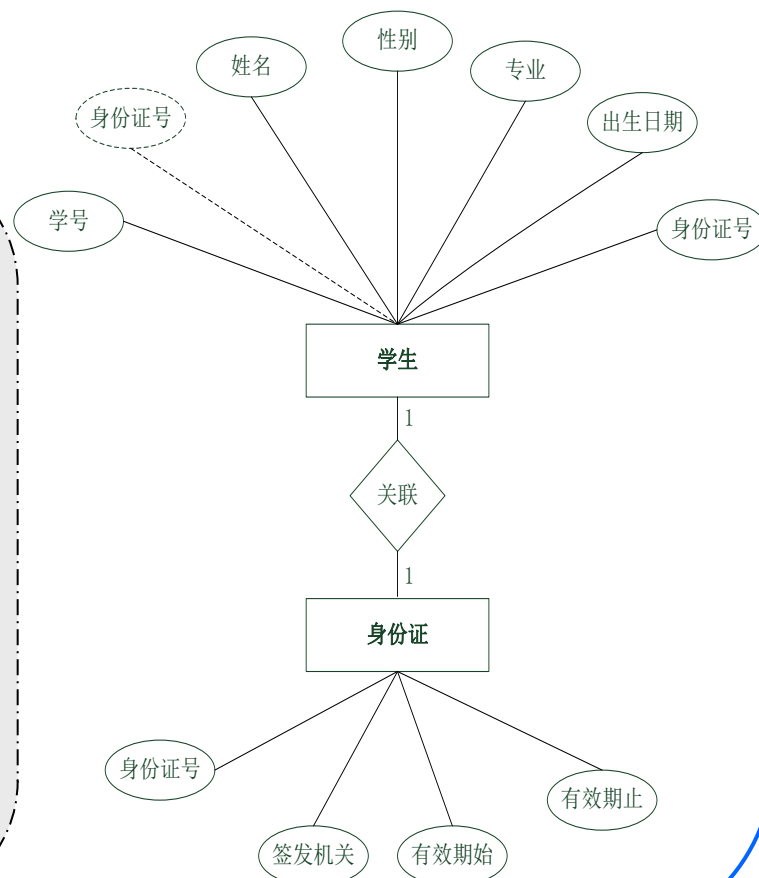


图2-1 一对一联系

### 2.1.4 E-R图与关系模型之间的转换

#### 2) 一对多联系的转换方法。

**方法一：**将联系与多的一端实体所对应的关系模式合并，加一端实体的主键和联系的属性。

**方法二：**将联系转换为一个独立关系模式，其属性包含联系自身的属性以及相连接的两端实体的主键。



## 2.1 关系模型概述

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 案例2-6

#### 订单和订单项之间的一

**对多关系。**每一个订单包含一个或多个订单项，同时，一个或多个订单项组成一个订单。订单和订单项的关系定义如下。订单和订单项的ER图如图2-2所示。

**订单**（订单ID，会员ID，是否付款，运送方式，运费，提交时间）。

**订单项**（订单项ID，订单ID，商品ID，商品数量）。

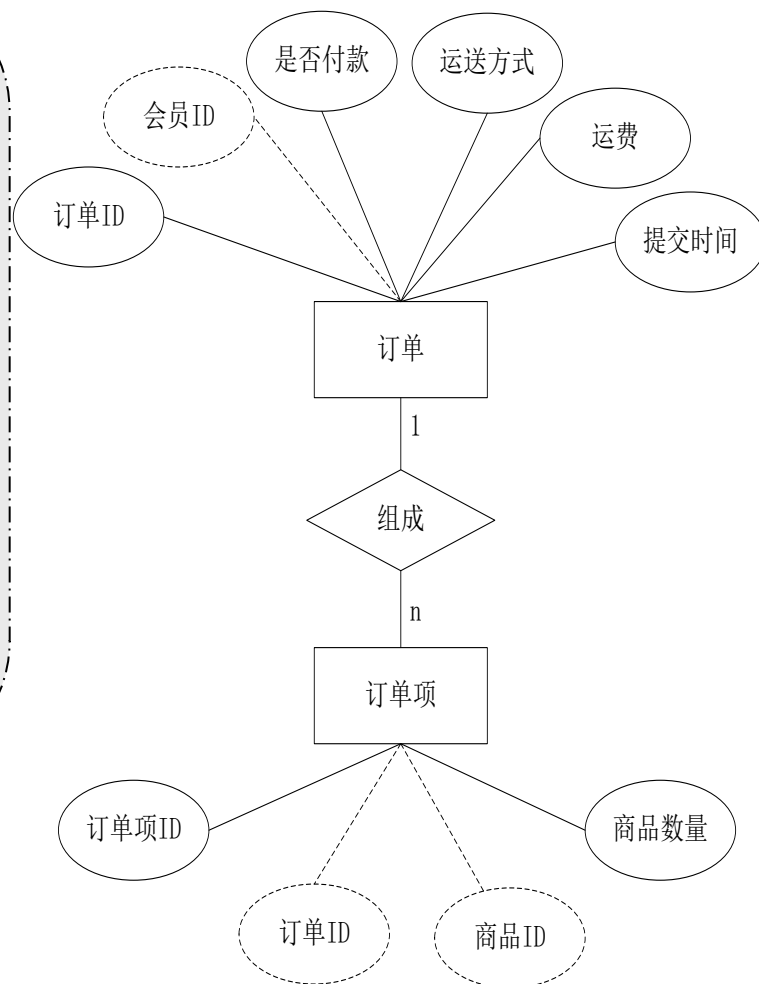
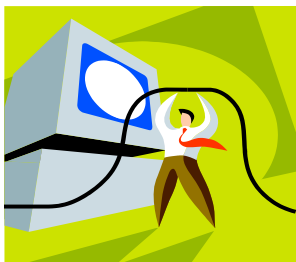


图2-2 订单与订单项一对多联系

### 2.1.4 E-R图与关系模型之间的转换

#### 3) 多对多联系的转换方法。

对于实体之间是多对多的联系情况，各个实体可以直接转换为关系模式，**联系则独立转换**一个关系模式，其属性包括联系自身的属性和相连各实体的主键



## 2.1 关系模型概述

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 案例2-7

**学生选课联系。**一个学生可以选多门课程，一门课程可以被多个学生选修，学生的选课联系是多对多的联系。转换过程中学生实体和课程实体转换为相应的独立关系模式，同时选课联系转换一个单独的关系模式。其E-R图如图2-3所示。具体的关系模式如下。

**学生**（学号，身份证号，姓名，性别，专业，出生日期，家庭地址），其中学号为主键（PK）。

**课程**（课程代码，系部编号，学期，课程名称，课程类型，学分），其中课程代码为主键。

**学生选课**（学号，课程代码，成绩），学号和课程代码为组合主键，学号外键，课程代码为外键。

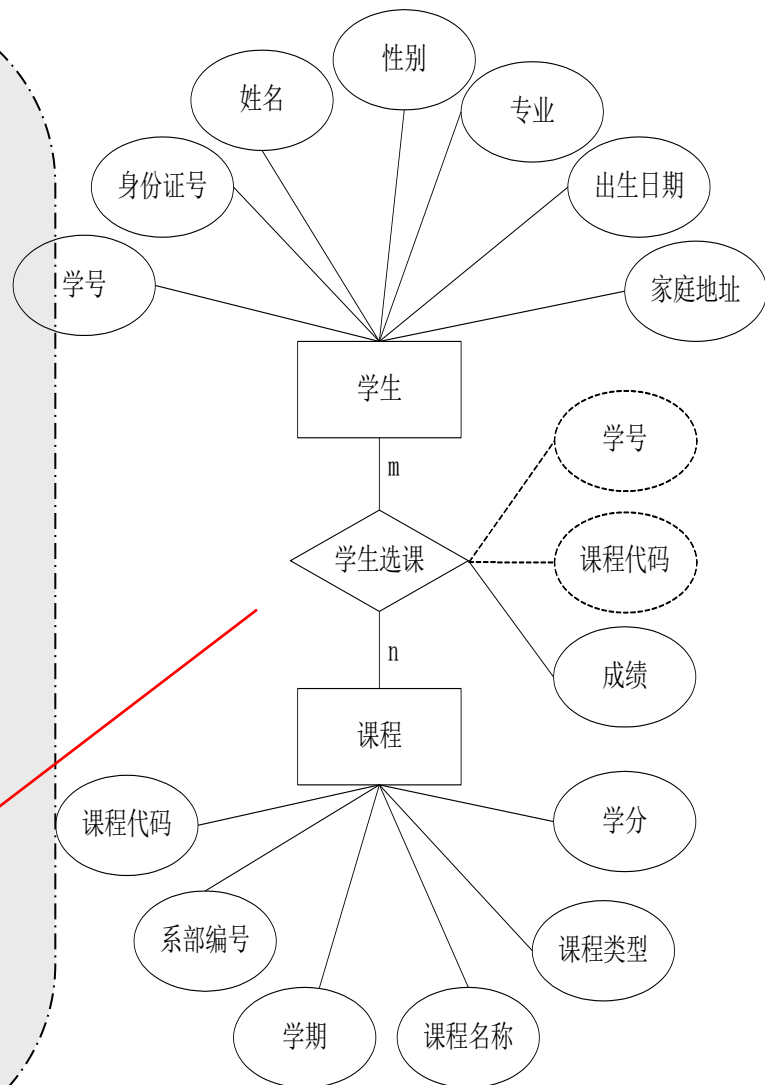


图2-3 学生选课关系多对多E-R图



## 2.1 关系模型概述

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 讨论思考

- 1) 什么是关系模式？它的形式化表示是什么？
- 2) 关系应该具有哪些性质？
- 3) E-R模型如何向关系模型转换？



## 2.2 关系模型的完整性

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

- **关系模型的完整性规则**指的是对关系的某种约束条件，即关系的值随时间的变化时应该满足的一些条件，也可以理解为关系操作在不断的更新数据时应该遵守的规则。
- **约束条件**是现实世界的要求，**用于**保证数据库中数据的正确性，如果不遵循或没有约束条件，数据库中会存在大量无意义、无价值的垃圾数据。
- **在关系模型中存在三类完整性约束**，即实体完整性、参照完整性和用户定义的完整性。
- **实体完整性、参照完整性**称为称为**关系的两个不变性**，是关系模型必须满足的完整性约束条件，应该由关系系统自动支持。**用户定义的完整性**是应用领域需要遵循的规则，与具体的应用领域和场景密切相关。

### 2.2.1 实体完整性 (Entity Integrity)

实体完整性规则：

如果属性A（单一属性或属性组）是基本关系R的**主属性**，则属性A不能取空值。

其中空值表示不存在或不知道的值。由于主键是元组的唯一标识，如果主属性为空则会导致元组的不可区分，这与实体的定义矛盾。

实体完整性保证操作的数据非空、唯一且不重复的要求，即要求每个关系（二维表）**有且仅有一个**主键，每一个主键的值必须唯一，不能有空值或重复。

### 2.2.2 参照完整性 (Referential Integrity)

#### 参照完整性形式化的定义：

如果F是基本关系R的一个或一组属性，但不是R的键。K是基本关系S的主键。若F与K相对应，则称F是关系R的外键 (Foreign Key)。并称基本关系R为参照关系 (Referencing Relation)，基本关系S为被参照关系 (Referenced Relation)或目标关系 (Target Relation)。

#### 参照完整性规则：

如果属性（或属性组）F是关系模式R的外键，且与基本关系S的主键K对应，则对关系R中每个元组在F上的值必须为：

- ①或者取空值（没有建完）；
- ②或者为关系S主键集合中的元素；

## 2.2 关系模型的完整性

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 案例2-8

**学生实体和专业实体之间的关系。**学生（学号，身份证号，姓名，性别，专业编号，出生日期，家庭地址），其中学号为主键（PK）。专业（专业编号，专业名称）。

### 案例2-9

**职员信息表。**职员（职员编号，姓名，性别，民族，出生年月，所在部门，籍贯，政治面貌，家庭地址，联系电话，主管）。职员关系中，“职员编号”为主键，主管属性表示该员工主管的编号，它引用了本关系“职员编号”，因为主管也是职员中有一员，只是职位不同。所以职员关系中主管必须是职员编号集合的元素，或者为空值（表示该职员尚未分配主管）。

### 注意

- 1) 参照关系R和被参照关系(目标关系)不一定是不同关系. 见案例2-9。
- 2) 外键名不一定要和补参照关系中相对应的主键同名，如案例2-9中的外键主管与主键职员编号就不同名。
- 3) 外键值是否允许为空，应视具体问题定。案例2-8中学生选课关系中学号和课程代码不允许为空，如果为空则没有实际意义，数据为无用数据。



### 2.2.3 用户定义的完整性 (User-defined Integrity)

**用户定义的完整性**指的是针对某一具体关系数据库的约束条件，它反映某一具体应用所涉及的数据必须满足的语义要求。

例如，关系的某个属性不能为空（如学生关系中，学生姓名通常不允许为空）、某个属性（非主属）必须取唯一值、某个属性的取值限定的一定范围内（学生成绩在百分制中取值范围0~100）。



## 2.1 关系模型概述

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 讨论思考

- 1) 关系模型中有哪三类完整性约束？
- 2) 关系模型中为什么必须满足实体完整性和参照完整性？
- 3) 试举例说明用户定义的完整性。



### 2.3.1 关系运算符和运算种类

#### 1. 关系运算符

关系运算符主要包括**四类**：集合运算符、专门的关系运算符、算术比较运算符和逻辑运算符。

- (1) **集合运算符**： $\cup$ （并运算）、 $-$ （差运算）、 $\cap$ （交运算）、 $\times$ （笛卡尔集）。
- (2) **专门的关系运算符**： $\sigma$ （选择）、 $\pi$ （投影）、 $\bowtie$ （连接）、 $\div$ （除）。
- (3) **(算术)比较运算符**： $>$ （大于）、 $\geq$ （大于等于）、 $<$ （小于）、 $\leq$ （小于等于）、 $=$ （等于）、 $\neq$ （不等于）。
- (4) **逻辑运算符**： $\neg$ （非）、 $\wedge$ （与）、 $\vee$ （并）。

### 2.3.1 关系运算符和运算种类

#### 2. 关系运算种类

关系运算的种类可分为**两类**，即**传统的关系运算**和**专门的关系运算**。**传统和关系运算**将关系看做元组的集合，即关系运算的方向是“水平”方向行的角度来进行，而**专门的关系运算**不仅涉及行而且涉及列。



### 2.3.1 关系运算符和运算种类

#### (2) 专门的关系运算

**专门的关系运算**，主要针对关系数据库环境进行专门设计的，不仅涉及关系的**行**（元组或记录），也涉及关系的**列**（属性）。比较运算符和逻辑运算符实现辅助专门的关系运算符操作。有时需要关系（表）本身进行运算，如果中需要显示表中某列的值，就需要利用关系的专门运算中的“投影”。





### 2.3.1 关系运算符和运算种类

#### (1) 传统的集合运算

主要使用**传统的集合运算方法**，将关系（表）作为行（元组）的集合，从关系（表）的行方向角度进行运算。有时需要两个关系进行运算，例如找到两个表中相同的部分，这种运算类似于传统集合运算中的交运算。

**传统的集合运算**可以实现的基本操作：

- ①并运算，实现数据的插入和添加。
- ②差运算，实现数据记录的删除。
- ③修改数据记录的操作，由先删除（差）后插入（并）两个操作实现。

### 2.3.2传统的关系运算

传统的关系运算属于集合运算，即对两个关系的二目集合运算，**传统的关系运算**主要包括四种：并、差、交和广义笛卡尔集。

#### 1. 并运算

■ 设关系R和关系S具有相同的目 $n$ （即两个关系具有 $n$ 个属性），且相应的属性取自同一个域，则关系R和关系S的**并 (Union)**由属于R或属S的元组组成。其结果关系的属性数仍为 $n$ ，记为 $R \cup S$ 。形式化定义为：

$$R \cup S = \{t \mid t \in R \vee t \in S\}$$

■ 其中， $t$ 表示关系R或S中的元组，即关系R或S中的记录行。

## 2.3常用的关系运算

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 2.3.2传统的关系运算

#### 案例2-10

已知关系R和关系S如表2-3和表2-4所示，求关系R和关系S的并集（ $R \cup S$ ）。

表2-3 关系R

学号	姓名	出生日期
1403070101	张皖平	1996-03-08
1403070102	吴雨潇	1995-06-09
1403070103	周鑫	1996-08-08

表2-4 关系S

学号	姓名	出生日期
1403070104	张华	1995-04-08
1403070102	吴雨潇	1995-06-09
1403070105	周平	1995-09-08

表2-5  $R \cup S$ 结果

学号	姓名	出生日期
1403070101	张皖平	1996-03-08
1403070102	吴雨潇	1995-06-09
1403070103	周鑫	1996-08-08
1403070104	张华	1995-04-08
1403070105	周平	1995-09-08



### 2.3.2 传统的关系运算

#### 2. 差运算

- 设关系R和关系S具有相同的目 $n$ (即两个关系具有 $n$ 个属性), 且相应的属性取自同一个域, 则关系R和关系S的**差(Difference)**由属于R但不属于S的元组组成。其结果关系的属性数仍为 $n$ , 记为 $R-S$ 。**形式化定义**为

- $$R \setminus S = \{t \mid t \in R \wedge t \notin S\}$$

- 其中,  $t$ 表示关系R或S中的元组, 即关系R或S中的记录行。



## 2.3常用的关系运算

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 2.3.2传统的关系运算

#### 案例2-11

已知关系R和关系S如表2-3和表2-4所示，求关系R和S的差。R-S的结果如表2-6所示。

表 2-6 关系 R-S

学号	姓名	出生日期
1403070101	张皖平	1996-03-08
1403070103	周鑫	1996-08-08

表 2-7 关系  $R \cap S$

学号	姓名	出生日期
1403070102	吴雨潇	1995-06-09



### 2.3.2传统的关系运算

#### 3. 交运算

- 设关系R和关系S具有相同的目 $n$ (即两个关系具有 $n$ 个属性), 且相应的属性取自同一个域, 则关系R和关系S的**交 (Intersection)**由属于R且属于S的元组组成。其结果关系的属性数仍为 $n$ , 记为 $R \cap S$ 。**形式化定义为**

- $$R \cap S = \{t \mid t \in R \wedge t \in S\}$$

- 其中,  $t$ 表示关系R或S中的元组, 即关系R或S中的记录行。



## 2.3常用的关系运算

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 2.3.2传统的关系运算

#### 案例2-12

已知关系R和关系S如表2-3和表2-4所示，求关系R和S的交。 $R \cap S$ 的结果如表2-7所示。

表 2-6 关系 R-S

学号	姓名	出生日期
1403070101	张皖平	1996-03-08
1403070103	周鑫	1996-08-08

表 2-7 关系  $R \cap S$

学号	姓名	出生日期
1403070102	吴雨潇	1995-06-09



### 2.3.2传统的关系运算

#### 4. 笛卡尔积

■ 设关系R和关系S的属性数分别为 $r$ 和 $s$ 。关系R和S的广义笛卡尔积 (Extended Cartesian)  $R \times S$  是一个  $(r+s)$  目的元组集合 (即新关系的属性数为:  $r+s$ )，每个元组前 $r$ 个分量 (属性值) 来自关系R的一个元组，后 $s$ 个分量是关系S的一个元组。关系R和关系S的笛卡尔积记为 $R \times S$ ，其形式化定义如下：

■ 
$$R \times S = \{t \mid t = \langle t^r, t^s \rangle \wedge t^r \in R \wedge t^s \in S\}$$

■ **说明：**  $t^r$ 、 $t^s$ 中 $r$ 、 $s$ 为上标，分别表示 $r$ 个分量和 $s$ 个分量。若关系R的元组数 $k_1$ ，关系S的元组数为 $k_2$ ，则关系R和关系S的笛卡尔积的元组数为 $k_1 \times k_2$ 。

## 2.3常用的关系运算

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 2.3.2 传统的关系运算

案例2-13

已知关系R和关系S如表2-4和表2-8所示，求关系R和S的笛卡尔积。 $R \times S$ 的结果如表2-9所示。

表 2-4 关系 R

学号	姓名	出生日期
1403070104	张华	1995-04-08
1403070102	吴雨潇	1995-06-09
1403070105	周平	1995-09-08

表 2-8 关系 S

学号	课程号	成绩
1403070101	C001	85
1403070103	C002	90

表 2-9 关系  $R \times S$

R. 学号	姓名	出生日期	S. 学号	课程号	成绩
1403070104	张华	1995-04-08	1403070101	C001	85
1403070104	张华	1995-04-08	1403070103	C002	90
1403070102	吴雨潇	1995-06-09	1403070101	C001	85
1403070102	吴雨潇	1995-06-09	1403070103	C002	90
1403070105	周平	1995-09-08	1403070101	C001	85
1403070105	周平	1995-09-08	1403070103	C002	90

## 2.3常用的关系运算

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 2.3.3 专门的关系运算

专门的关系运算主要包括四种：**选择运算**、**投影运算**、**连接运算**和**除运算**。

其中**选择运算**可以选取符合条件的元组构成新关系，**投影运算**可选取元组中指定的属性构成新关系，**连接运算**可选取符合条件的元组串联成新关系，**除运算**可选取像集符合条件的元组的多个属性构成新关系。



### 2.3.3专门的关系运算

#### 1. 选择(Selection)运算

- **选择运算**是对二维表进行水平分割，也可以理解为对记录（元组）水平方向的选取。选择（Selection）运算也称限制（Restriction），是在表中选取符合给定条件的元组，记为 $\sigma_F(R)$ 。其中， $\sigma$ 为选择运算符，F为表示选择条件，是一个逻辑表达式，F的取值为逻辑值“真”或“假”。

**逻辑表达式F的基本形式为：** $X\theta Y$

- 其中 $\theta$ 表示比较运算，它可以是 $>$ 、 $\geq$ 、 $<$ 、 $\leq$ 、 $=$ 、 $\neq$ 。X和Y表示属性名，或为常量，或为简单函数；属性名可以用它的序号来替代。在基本的选择条件中可以进一步进行逻辑运算，进行求非（ $\neg$ ）、与（ $\wedge$ ）、或（ $\vee$ ）运算。

- 其**形式化定义**如下： $\sigma_F(R) = \{t \mid t \in R \wedge F(t) = \text{true}\}$

## 2.3常用的关系运算

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 2.3.3 专门的关系运算

#### 案例2-14

在商品信息表（表2-10）查询出所有产地为“深圳”的商品信息。选择运算 $\sigma_{\text{产地}='深圳'}$ （商品信息表）或 $\sigma_8='深圳'$ （商品信息表），其结果表2-11所示。

表2-10 商品信息表

商品 ID	商 品 名称	价格	品牌	型号	颜色	生产商	产地
KB20160123	U 盘	108	闪迪	SDCZ48-064G-Z4 6	黑色	SanDisk	深圳
KB20141102	闪 存 卡	34.9	东芝	SDHC/SDXC WHS-1	蓝色	日立科技	深圳
SJ20151230	手机	5568	苹果	iPhone 6s Plus	白色	苹果公司	美国
SJ20131009	手机	5288	三星	alaxy S6 Edge	黑色	深圳金冠	深圳
SM20160128	数 码 相机	1336	佳能	PowerShot SX610	红色	固武长商贸	上海

表2-11 产地为“深圳”选择结果

商品 ID	商 品 名称	价格	品牌	型号	颜色	生产商	产地
KB20160123	U 盘	108	闪迪	SDCZ48-064G-Z4 6	黑色	SanDisk	深圳
KB20141102	闪 存 卡	34.9	东芝	SDHC/SDXC WHS-1	蓝色	日立科技	深圳
SJ20131009	手机	5288	三星	alaxy S6 Edge	黑色	深圳金冠	深圳





## 2.3常用的关系运算

### 2.3.3专门的关系运算

#### 2. 投影 (Projection) 运算

- **投影运算**实际是对关系（表）进行垂直分割，即对记录（元组）列方向的筛选。
- **投影 (Projection) 运算**是在一个关系中选取某些属性或列，并重新排列属性的顺序，再删掉重复元组后构成的新关系，是对二维表进行垂直分割，记为  $\pi_A(R)$ 。
- 其中， $\pi_A$  为投影运算符，A为关系R中的属性列。
- **投影运算的形式化定义**如下：

$$\pi_A(R) = \{t[A] | t \in R\}_{\downarrow}$$

## 2.3常用的关系运算

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 2.3.3 专门的关系运算

#### 案例2-16

已知商品信息表如2-10所示，查询商品的产地信息。投影运算  $\pi_{\text{产地}}(\text{商品信息表})$  或  $\pi_9(\text{商品信息表})$  的结果如表2-13所示。

#### 案例2-17

已知商品信息表如2-10所示，查询商品的名称和价格信息。

投影运算  $\pi_{\text{商品名称, 价格}}(\text{商品信息表})$  或  $\pi_{2,3}(\text{商品信息表})$  的结果如表2-14所示。

表 2-13 投影“产地”运算结果

产地
深圳
美国
上海

表 2-14 投影“商品名称”和“价格”运算结果

商品名称	价格
U 盘	108
闪存卡	34.9
手机	5568
手机	5288
数码相机	1336

## 2.3常用的关系运算

### 2.3.3专门的关系运算

#### 3. 连接 (Join) 运算

■ **连接**又称 **$\theta$  连接**。它是从两个关系的笛卡尔积中选取属性间满足一定条件的元组。**形式化定义**如下：

$$R \bowtie_{A \theta B} S = \{t_r \widehat{t_s} | t_r \in R \wedge t_s \in S \wedge t_r[A] \theta t_s[B]\}$$

■ 其中A和B分别为关系R和关系S上度数相同且可比的属性组。 **$\theta$**  为比较运算符。连接运算从R和S的笛卡尔积 $R \times S$ 中选取R关系在A属性组上的值与S关系在B属性组上值满足比较关系 **$\theta$**  的元组。

■ 连接运算中有**两种最常用的连接**，一种是**等值连接** (Equi join)，别一种是**自然连接** (Natural Join)。

## 2.3常用的关系运算

### 2.3.3专门的关系运算

#### 3. 连接 (Join) 运算

■ **等值连接**，如果 $\theta$  为“=”的连接运算称为等值连接。等值连接从关系R和关系S与广义笛卡尔积中选取A, B属性相等的元组，即等值连接为：

$$R \bowtie_{A=B} S = \{t_r \hat{t}_s | t_r \in R \wedge t_s \in S \wedge t_r[A] = t_s[B]\}_{\downarrow}$$

■ **自然连接**，是一种特殊的等值连接。它要求两个关系中进行比较的分量必须是相同的属性组，并且在结果中把重复的属性列去掉。如果关系R和S具有相同的属性组B, 则自然连接可记为：

$$R \bowtie S = \{t_r \hat{t}_s | t_r \in R \wedge t_s \in S \wedge t_r[B] = t_s[B]\}_{\downarrow}$$

■ **注意**：一般的连接操作是从行的角度进行运算。但自然连接还需要取消重复列，所以是同时从行和列的角度进行的运算。

## 2.3常用的关系运算

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 2.3.3 专门的关系运算

案例2-16

设关系R（表2-15）和关系S（表2-16），  
求  $R \bowtie_{C \leq E} S$ 、 $R \bowtie_{R.B=S.B} S$  和  $R \bowtie S$ 。

表 2-15 关系 R

A	B	C
a1	b1	5
a1	b2	8
a2	b3	7
a2	b4	10

表 2-16 关系 S

B	E
b1	2
b2	7
b3	9
b4	8
b5	2

表 2-17 关系  $R \bowtie_{C \leq E} S$

A	R.B	C	S.B	E
a1	b1	5	b2	7
a1	b1	5	b3	9
a1	b1	5	b4	8
a1	b2	8	b3	9
a2	b3	7	b3	9
a2	b3	7	b4	8

表 2-18  $R \bowtie_{R.B=S.B} S$

A	R.B	C	S.B	E
a1	b1	5	b1	2
a1	b2	8	b2	7
a2	b3	7	b3	9
a2	b4	10	b4	8

表 2-19  $R \bowtie S$

A	B	C	E
a1	b1	5	2
a1	b2	8	7
a2	b3	7	9
a2	b4	10	8



## 2.3常用的关系运算

### 2.3.3专门的关系运算

#### 自然连接与等值连接的主要区别：

- 1) 等值连接中相等的属性可以是相同属性，也可以不同属性，而自然连接中相等的属性必须是相同的属性。
- 2) 自然连接连接结果必须去除重复属性，而等值连接的结不需要去除重复属性。
- 3) 自然连接用于有公共属性的情况。如果两个关系没有公共属性，则它们不能进行自然连接，而等值连接无此要求。自然连接在多表数据调用时常用。





## 2.3常用的关系运算

### 2.3.3专门的关系运算

#### 4. 除运算 (Division)

- 给定关系 $R(X, Y)$ 和 $S(Y, Z)$ , 其中 $X, Y, Z$ 为属性组。 $R$ 中的 $Y$ 与 $S$ 中的 $Y$ 可以有不同的属性名, 但必须出自相同的域集。
- $R$ 与 $S$ 的除运算得到一个新的关系 $P(X)$ ,  $P$ 是 $R$ 中满足下列条件的元组在 $X$ 属性列上的投影: 元组在 $X$ 上分量值 $x$ 的象集 $Y_x$ 包含 $S$ 在 $Y$ 上投影的集合。记作:

$$R \div S = \{t_r[X] | t_r \in R \wedge \pi_Y(S) \subseteq Y_x\}$$

- 其中 $Y_x$ 为 $x$ 在 $R$ 中的象集,  $\pi_A(R) = \{t[A] | t \in R\}$ 。



## 2.3常用的关系运算

### 2.3.3专门的关系运算

除运算的计算一般可按如下过程进行：

- 1) 将被关系的属性分为像集和结果属性两部分，与除关系相同的属性归于像集，不相同的属性归于结果集。
- 2) 在除关系中，在与被除关系相同的属性（像集属性）上投影，得到除目标数据集。
- 3) 将被除关系分组，将结果属性值相同的元组分为一组。
- 4) 观察每个组，若它的像集属值中包括除目标数据集，则对应的结果属性值应该属于除法运算结果集，并去掉与原被除关系相同的分组。

## 2.3常用的关系运算

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 2.3.3 专门的关系运算

#### 案例2-16

(数据库系统工程师2005年5月试题44)，  
已知关系R(表2-20)和关系S(表2-21)，求 $R \div S$ 。

具体计算过程：见下页

(1) 分解

C	D
a	c
a	d
b	d
b	c
b	d

A	B
2	1
2	2
3	2
3	2
2	1

(2) 投影

C	D
a	c
a	c
b	d

表 2-20 关系 R

A	B	C	D
2	1	a	c
2	2	a	d
3	2	b	d
3	2	b	c
2	1	b	d

表 2-21 关系 S

C	D	E
a	c	5
a	c	2
b	d	6

表 2-22  $R \div S$

A	B
2	1

(3) 分组(2,1),(3,2)

(4) 对应: (2,1)或表示为

A	B
2	1



## 2.3常用的关系运算

### 2.3.3 专门的关系运算

具体计算过程：

1) 关系R中属性组A,B的取值为 $\{(2,1), (2,2), (3,2)\}$

$(2,1)$  的像集为 $\{(a,c), (b,d)\}$ 。

$(2,2)$  的像集为 $\{(a,d)\}$ 。

$(3,2)$  的像集为 $\{(b,d), (b,c)\}$

2) 关系S在属性组C,D上的投影为 $\{(a,c), (b,d)\}$

3) 找出全部属性组A, B像集包含关系S属性组C,D上的投影的取值, 即为新关系 $R \div S$ , 此处通过比较(1)和(2), 可以发现只有元组 $(2,1)$ 的像集包含关系S在属性组C, D上的投影, 所以 $R \div S$ 只有一个元组 $(2,1)$ , 即 $R \div S$ 运算结果如表2-22所示。

表 2-20 关系R

A	B	C	D
2	1	a	c
2	2	a	d
3	2	b	d
3	2	b	c
2	1	b	d

表 2-21 关系S

C	D	E
a	c	5
a	c	2
b	d	6

表 2-22  $R \div S$

A	B
2	1



## 2.3 关系模型概述

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 讨论思考

- 1) 交、并、差运算的两个关系必须满足什么条件?
- 2) 除运算的结果表示什么含义?
- 3) 等值连接和自然连接之间的区别是什么?



## \*2.4 关系演算与查询优化

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

**关系演算**不同于**关系运算**，是以数理逻辑中的谓词演算为基础的一种运算。与**关系代数**相比较，**关系演算**是非过程化的。

**关系演算**只需描述结果的信息，而不需给出获得信息的具体过程。按谓词变元的不同，关系演算可分为**元组关系演算**和**域关系演算**。**元组关系演算**以**元组**为变量，**域关系演算**以**域**为变量。



### ■ \*2.4.1 关系演算概述

#### ■ 1. 元组关系演算

- 元组关系演算 (Tuple Relational Calculus) 中, 其形式化表达为:

$$\{t|\varphi(t)\}$$

- 其中,  $t$  为元组变量, 表示一个元数固定的元组,  $\varphi(t)$  为基础的公式。该表达式的含义是使  $\varphi(t)$  为真的元组  $t$  的组合。关系演算由原子公式和运算符组成。
- 关系演算由原子公式和运算符组成

### ■ \*2.4.1 关系演算概述

#### ■ 原子公式有三类：

■ (1)  $R(t)$ 。

■  $R$ 是关系名， $t$ 是元组变量， $R(t)$ 表示 $t$ 是关系 $R$ 的一个元组。

■ (2)  $t[i] \theta t[j]$ 。

■ 其中 $t$ 和 $s$ 是元组变量， $\theta$ 是算术比较运算符（如 $>$ 、 $<$ 、 $=$ 、 $\geq$ 等）。表示元组 $t$ 的第 $i$ 个分量与元组 $s$ 的第 $j$ 个分量满足关系。例如 $t[3] \geq s[5]$ 表示 $t$ 第3个分量大于等于 $s$ 的第5个分量。

■ (3)  $t[i] \theta C$  或  $C \theta t[i]$ 。

■ 其中 $C$ 表示一个常量， $t$ 是元组变量， $\theta$ 是算术比较运算符。表示 $t$ 的第 $i$ 个分量与常量 $C$ 满足关系。例如， $t[2] > 5$ 表示 $t$ 的第2个分量大于5。

### ■ \*2.4.1 关系演算概述

公式可递归定义如下：↵

1) 每个原子公式是公式。↵

2) 如果 $\phi_1$ 和 $\phi_2$ 是公式，则 $\phi_1 \wedge \phi_2$ ， $\phi_1 \vee \phi_2$ ， $\neg \phi_1$ 也是公式。其中， $\phi_1 \wedge \phi_2$ 表示，只有 $\phi_1$ 和 $\phi_2$ 同时为真是 $\phi_1 \wedge \phi_2$ 为真，否则 $\phi_1 \wedge \phi_2$ 为假； $\phi_1 \vee \phi_2$ 表示只有 $\phi_1$ 和 $\phi_2$ 同时为假是 $\phi_1 \vee \phi_2$ 为假，否则 $\phi_1 \vee \phi_2$ 为真； $\neg \phi_1$ 表示，如果 $\phi_1$ 为真，则 $\neg \phi_1$ 为假。↵

3) 如果 $\phi$ 为公式，则 $\exists t(\phi)$ 也是公式。其中符号 $\exists$ 是存在量词符号， $\exists t(\phi)$ 表示：若有一个 $t$ 使 $\phi$ 为真，则 $\exists t(\phi)$ 为真，否则 $\exists t(\phi)$ 为假。↵

### ■ \*2.4.1 关系演算概述

4) 如果 $\phi$ 为公式, 则 $\forall t(\phi)$ 也是公式。其中 $\forall$ 是全称量词符号,  $\forall t(\phi)$ 表示: 如果对所有  $t$ , 都使 $\phi$ 为真, 则 $\forall t(\phi)$ 为真, 否则 $\forall t(\phi)$ 为假。↵

5) 在元组演算公式中, 各利运算符的优先级为: ↵

①算术比较运算符最高; ↵

②量词次之, 且 $\exists$ 的优先级高于 $\forall$ 的优先级; ↵

③逻辑运算符最低, 且 $\neg$ 的优先级高于 $\wedge$ 的优先级,  $\wedge$ 的优先级高于 $\vee$ 的优先级; ↵

④加括号时, 括号中运算符优先, 同一括号内的运算符之优先级遵循①、②、③三项; ↵

6) 有限次地使用上述五条规则得到的公式是元组关系演算公司, 其它公式不是元组关系演算公式。↵

### ■ \*2.4.1 关系演算概述

#### ■ 用关系演算来表示关系代数的5种运算:

##### ■ (1) 并运算

$$R \cup S = \{t | R(t) \vee S(t)\}$$

##### ■ (2) 差

$$R - S = \{t | R(t) \wedge \neg S(t)\}$$

##### ■ (3) 笛卡尔积

$$\begin{aligned} R \times S &= \{t^{n+m} | (\exists u^n)(\exists v^m)(R(u) \wedge S(v) \wedge t[1] = u[1] \wedge \cdots \wedge t[n] = u[n] \wedge t[n+1] \\ &= v[1] \wedge \cdots \wedge t[n+m] = v[m])\} \end{aligned}$$

##### ■ (4) 投影

$$\pi_{i_1, i_2, \dots, i_k}(R) = \{t^{(k)} | (\exists u)(R(u) \wedge t[1] = u[i_1] \wedge \cdots \wedge t[k] = u[i_k])\}$$

##### ■ (5) 选择

$$\sigma_F(R) = \{t | R(t) \wedge F\}$$

### ■ \*2.4.1 关系演算概述

#### ■ 2. 域关系演算：

■ **域关系演算**与元组关系演算相似，元组关系演算中表达式使用的是元组变量，元组变量的变化范围是一个关系，域关系演算表达式中以属性列为变量，即域变量，域变量的变化范围是某上属的值域。

■ 域关系演算的原子公式有两种形式。

■ 1)  $R(x_1, x_2, \dots, x_k)$ 。其中， $R$ 是一个元数为 $k$ 的关系， $x_i$ 是一个常量或域变量。如果 $(x_1, x_2, \dots, x_k)$ 是 $R$ 的一个元组，则 $R(x_1, x_2, \dots, x_k)$ 为真。+

2)  $x\theta y$ 。其中， $x$ 和 $y$ 是常量或域常量，但至少有一个是域变量。 $\theta$ 是算术比较运算符。如果 $x$ 和 $y$ 满足关系 $\theta$ ，则 $x\theta y$ 为真。+

域关系演算表达式的一般形式为：+

$$\{x_1, x_2, \dots, x_k \mid \phi(x_1, x_2, \dots, x_k)\}_{+}$$

其中， $x_1, x_2, \dots, x_k$ 都域变量， $\phi$ 是公式。该表达式的含义是：使 $\phi$ 为真的域变量 $x_1, x_2, \dots, x_k$ 组成的元组集合。+

### ■ \*2.4.1 关系演算概述

### ■ 2. 域关系演算:

#### 案例2-16

查询性别为男的所有售货员的编号和姓名。

$$\{x_1 x_2 | (\exists u_1)(\exists u_2)(\exists u_3)(\exists u_4) \text{售货员}(u_1 u_2 u_3 u_4) \wedge u_3 = \text{'男'} \wedge x_1 = u_1 \wedge x_2 = u_2\}$$




### ■ \*2.4.2 查询优化常用规则与算法

#### ■ 1. 关系代数等价变换规则

##### ■ 常用的等价变换规则如下：

(1) 笛卡尔积和连接表达式的等价交换律 $\hookleftarrow$

设  $E_1$  和  $E_2$  是两个关系代数表达式,  $F$  是连接运算的条件, 则:

$$E_1 \times E_2 \equiv E_2 \times E_1 \hookleftarrow$$

$$E_1 \bowtie E_2 \equiv E_2 \bowtie E_1 \hookleftarrow$$

$$E_1 \stackrel{F}{\bowtie} E_2 \equiv E_2 \stackrel{F}{\bowtie} E_1 \hookleftarrow$$

(2) 笛卡尔积和连接的结合律 $\hookleftarrow$

设  $E_1$ 、 $E_2$  和  $E_3$  是三个关系代数表达式,  $F_1$  和  $F_2$  是两个连接运算的限制条件,  $F_1$  只涉及  $E_1$  和  $E_2$  的属性,  $F_2$  只涉及  $E_2$  和  $E_3$  的属性, 则:  $\hookleftarrow$

$$(E_1 \times E_2) \times E_3 \equiv E_1 \times (E_2 \times E_3) \hookleftarrow$$

$$(E_1 \bowtie E_2) \bowtie E_3 \equiv E_1 \bowtie (E_2 \bowtie E_3) \hookleftarrow$$

$$\left( E_1 \stackrel{F_1}{\bowtie} E_2 \right) \stackrel{F_2}{\bowtie} E_3 \equiv E_1 \stackrel{F_1}{\bowtie} \left( E_2 \stackrel{F_2}{\bowtie} E_3 \right) \hookleftarrow$$

### \*2.4.2 查询优化常用规则与算法

(3) 投影的串联↵

设  $E$  是一个关系表达式,  $L_1, L_2, \dots, L_n$  是属性名, 则: ↵

$$\pi_{L_1}(\pi_{L_2}(\dots(\pi_{L_n}(E)\dots)) \equiv \pi_{L_1}(E)$$

(4) 选择的串联↵

设  $E$  是一个关系表达式,  $F_1$  和  $F_2$  是两个选择条件, 则: ↵

$$\sigma_{F_1}(\sigma_{F_2}(E)) \equiv \sigma_{F_1 \wedge F_2}(E)$$

(5) 选择和投影的交换↵

设  $E$  为一个关系代数表达式, 选择条件  $F$  只涉及  $L$  中的属性, 则: ↵

$$\pi_L(\sigma_F(E)) \equiv \sigma_F(\pi_L(E))$$

若上式中  $F$  还涉及不属于  $L$  的属性集  $K$ , 则有: ↵

$$\pi_L(\sigma_F(E)) \equiv \pi_L(\sigma_F(\pi_{L \cup K}(E)))$$

(6) 选择对笛卡积的分配律↵

设  $E_1$  和  $E_2$  是两个关系代数表达式, 若  $F$  只涉及  $E_1$  的属性, 则: ↵

$$\sigma_F(E_1 \times E_2) \equiv \sigma_F(E_1) \times E_2$$

若  $F = F_1 \wedge F_2$ , 并且  $F_1$  只涉及了  $E_1$  中的属性, 并且  $F_2$  只涉及了  $E_2$  中的属性, 则:

$$\sigma_F(E_1 \times E_2) \equiv \sigma_{F_1}(E_1) \times \sigma_{F_2}(E_2)$$

若  $F_1$  只涉及了  $E_1$  中的属性, 而  $F_2$  只涉及了  $E_1$  和  $E_2$  中的属性, 则↵

$$\sigma_F(E_1 \times E_2) \equiv \sigma_{F_2}(\sigma_{F_1}(E_1) \times E_2)$$

### ■ \*2.4.2 查询优化常用规则与算法

(7) 选择对并的分配律↵

设 $E_1$ 和 $E_2$ 有相同的属性名,或者 $E_1$ 和 $E_2$ 表达的关系的属性有对应性,则:

$$\sigma_F(E_1 \cup E_2) \equiv \sigma_F(E_1) \cup \sigma_F(E_2) \quad \leftarrow$$

(8) 选择对差的分配律↵

设 $E_1$ 和 $E_2$ 有相同的属性名,或者 $E_1$ 和 $E_2$ 表达的关系的属性有对应性,则:

$$\sigma_F(E_1 - E_2) \equiv \sigma_F(E_1) - \sigma_F(E_2) \quad \leftarrow$$

(9) 投影对并的分配律↵

设 $E_1$ 和 $E_2$ 有相同的属性名,或者 $E_1$ 和 $E_2$ 表达的关系的属性有对应性,则:

$$\pi_L(E_1 \cup E_2) \equiv \pi_L(E_1) \cup \pi_L(E_2) \quad \leftarrow$$

(10) 投影对笛卡尔积的分配律↵

设 $E_1$ 和 $E_2$ 是两个关系代数表达式,  $L_1$ 是 $E_1$ 的属性集,  $L_2$ 是 $E_2$ 的属性集, 则: ↵

$$\pi_{L_1 \cup L_2}(E_1 \times E_2) \equiv \pi_{L_1}(E_1) \times \pi_{L_2}(E_2) \quad \leftarrow$$

### \*2.4.2 查询优化常用规则与算法

### 2. 关系表达式的优化算法

关系表达式优化方法：

(1) 利用等价变换规则 (4) 将形如  $\sigma_{F_1 \wedge F_2 \wedge \dots \wedge F_n}(E)$  变换为  $\sigma_{F_1}(\sigma_{F_2}(\dots \sigma_{F_n}(E) \dots))$ 。

(2) 对每一个选择，利用等价变换 (4) ~ (8) 尽可能将它移动到叶端。

(3) 对每一个投影利用等价变换规则 (3)、(5)、(10) 中的一般表达式尽可能将它移动到树的叶端。

(4) 利用等价变换规则 (3) ~ (5) 将选择和投影的串接合居单个选择、单个投影或一个选择后跟一个投影。使多个选择或投影能同时执行，或在一次扫描中全部完成。

### ■ \*2.4.2 查询优化常用规则与算法

### ■ 2. 关系表达式的优化算法

#### ■ 关系表达式优化方法:

- (5) 将上述得到的语法树的内节点分组。每一个二元运算和它所有的直接的祖先为一组。若其后代直到叶子合是一元运算，则也将它们并入该组，但当二元运算是广义笛卡尔积并且后面不是与它组成等值连接的选择时，则不能将选择与这个二元运算组成同一组，而是将这些一元运算单独分为一组。

## 2.4 关系演算与查询优化

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 讨论思考

- 1) 什么是关系演算？在关系演算公式中，各种运算符的优先级次序是什么？
- 2) 元组关系演算和域关系演算有什么区别和联系？
- 3) 进行查询优化的原因是什么？
- 4) 什么是等价变换规则？
- 5) 试举例说明关系表达式优化的过程。



### 2.5.1 标识符及使用规则

在SQL 中，**标识符**指用于**标识数据库对象名称**的**字符串**。在SQL Server中，所有的数据库对象都可以有标识符，例如：服务器、数据库、表、视图、索引、触发器和存储过程等。

#### 1. 常规标识符

常规标识符又称规则标识符，常规标识符的命名规则如下：

1) 标识符由字母、数字、下划线、@符号、#和\$符号组成，其中字母可以是英文字母a~z或A~Z, 也可以是其他语言的字符，如表名：“学生信息表”。

2) 标识符的首字符不能是数字或“\$”符号。

3) 标识符不能使用SQL的保留字，如：命令（sp\_help）或函数名（max,min,desc,asc）。

4) 标识符内能使用空格和特殊字符，如：?、%、&、\*等。

5) 标识符的长度不能超过128个字符。



### 2.5.1 标识符及使用规则

#### 2. 界定标识符

界定标识符又称分隔标识符，包括以下两种：

1) **方括号或引号**。对不符合标识符命名规则的标识符，例如，标识符中包含SQL Server关键字或包含了内嵌的空格和其他不是规则规定的字符时，要使用界定标识符（[]）或双引号（“”）来将标识符括起来。

2) **空格和保留字**。例如，在标识符[product name]和“insert”中，分别将界定标识符用于带空格和保留字insert的标识符中。

#### 案例2-23

**标识符示例**。规则标识符示例：\_Product、Company、课程信息表、Customer\_01、Product\_Type\_Name等；不规标识符示例：tbl product、productName&123等；

### 说明:

- 1) 符合标识符格式的标识符既可以使用分隔,也可以不分隔。但是,对于不符合格式规则的标识符必须进行分隔。例如: `productName` 标识符既可以分隔也可以不分隔,分隔后的标识符为 `[productName]`; 对于标识符 `product Type Name` 则必须进行分隔,分隔后的标识符为 `[product Type Name]` 或 “`product Type Name`”
- 2) 需要使用分隔标识符的两种情况:
  - ①对象名称中包含Microsoft SQL Sever保留关键字时需要使用界定标识符,如 `[select]`。
  - ②对象名称中使用了未列入限定字符的字符,如 `[product[1]table]`。
- 3) 引用标识符。默认情况下,只能使用括号分界定标符。如果想使用引用标识符,需要将`Quoted_Identifier`标志设为ON。

### 2.5.2数据类型

在SQL Server中，每个**列**、**常量**、**变量**、**表达式**和**参数**都有其各自的数据类型，指定对象的数据类型相当于定义了该对象的下列特性：

①**对象所含的数据类型**，如字符、整数、二进制数；

②**所存储值的长度或大小**；

③**数值精度、小数位数**（仅用于数值数据类型）

SQL Server中提供两类数据类型供用户选择：**系统数据类型**和**用户自定义数据类型**。

**系统数据类型**由SQL Server提供系统数据类型集，定义可供使用的所有数据类型，用户可直接使用上述数据类型。

**用户定义数据类型**是用户根据自己的实际需要在系统基本数据类型的基础上定义自己的数据类型，是出于系统可扩展性的需要和考虑

## 2.5 常量、变量、函数和表达式

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 2.5.2 数据类型

表2-23 SQL Server系统数据类型

类别	数据类型
整数型	bigint、int、smallint、tinyint、bit
字符型	char、varchar、text
精确数值型	decimal、numeric
近似数值型	float、real
货币型	money、smallmoney
二进制型	binary、varbinary、image
双字节型	nchar、nvarchar、ntext
日期时间型	datetime、smalldatetime
时间戳型	timestamp
其他	cursor、table、sql_variant、uniqueidentifier

### 2.5.3 常量和变量

#### 1. 常量

**常量**是指在程序运行过程中其值保持不变的量。常量是表示一个特定数据值的符号，也称为文字值或标量值。

根据不同的数据类型，常量可分为**字符型常量**、**整型常量**、**日期常量**、**实型常量**、**货币常量**和**全局唯一标识符**。

##### (1) 字符型常量。

字符型常量由字母、数字字符（a-z、A-Z 和 0-9）以及特殊字符，如感叹号（!）、at 符（@）和数字号（#）等字符组成。通常放在单引号内。如果字符型常量中包含单引号字符时，需要将使用两个单引号表示，例如，要定义一个字符型常量其值为 I'm a student，则要写做'I'm a student'。

### 2.5.3常量和变量

#### 1. 常量

**常量**是指在程序运行过程中其值保持不变的量。常量是表示一个特定数据值的符号，也称为文字值或标量值。

**常量的格式**取决于它所表示的**值的数据类型**，具体的数据类型请参见表2-23。

根据不同的数据类型，常量可分为**字符型常量**、**整型常量**、**日期常量**、**实型常量**、**货币常量**和**全局唯一标识符**。



### 2.5.3 常量和变量

#### (1) 字符型常量。

字符型常量由字母、数字字符（a-z、A-Z 和 0-9）以及特殊字符，如感叹号（!）、at 符（@）和数字号（#）等字符组成。通常放在单引号内。如果字符型常量中包含单引号字符时，需要将使用两个单引号表示，例如，要定义一个字符型常量其值为 I ' m a student，则要写做 ' I ' ' m a student ' 。

字符常量有两种：ASCII和Unicode字符型常量。

①ASCII字符型常量：用单引号引起来，由ASCII字符构成的字符串，如 'abcd' 。

②Unicode字符型常量：通常在常量前面有一个N，如N' abcd'（其中的N在SQL92标准中表示国际语言，要求必须大写）。



### 2.5.3常量和变量

#### ■ (2) 整型常量

■ 整型常量通常表示整数。主要包括二进制整型常量、十进制整型常和十六进制常量。分别举例如下：

■ 二进制，如1100；

■ 十进制，如2016；

■ 十六进制，如0x4b, 0x5a等。

#### ■ (3) 日期时间型常量

■ 表示日期或时间的常量，要求用单引号将所表示的日期或时间引起来。例如：‘2016-08-09’、‘July-10-1998’、‘08/24/1998’和‘2016年8月9日’等。

### 2.5.3常量和变量

#### ■ (4) 实型常量

■ 表示定点数或浮点数，如126.35、5E10。

#### ■ (5) 货币常量

■ 以货币符号开头，如¥600.45。SQL Server不强制分组，每隔3个数字插入一个逗号进行分隔。

#### ■ (6) 全局唯一标识

■ 全局唯一标识符（Globally Unique Identification Numbers, GUID）为16进制字节的二进制数据类型，是SQL Server根据计算机网络适配器地址和主机时钟产生的唯一号码生成的全局唯一标识符。

### 2.5.3常量和变量

#### 2. 变量

**变量**是指在程序运行过程中其值可以**发生变化的量**，包括局部变量和全局变量两种。

##### (1) 局部变量

**局部变量**是由用户定义，是**作用域局限在一定范围内的SQL对象**。

**作用域**：若局部变量在一个批处理、存储过程、触发器中被定义，则其作用域就是此批处理、存储过程、触发器。

局部变量的声明。局部变量的声明语句格式如下：

DECLARE @变量名1 [AS] 数据类型, @变量名2 [AS] 数据类型, ..., @变量名n [AS] 数据类型。

### 2.5.3常量和变量

#### 注意：

①局部变量名必须以@开头。

②局部变量必须先定义，然后在SQL语句中使用，默认值为NULL。

③数据类型要求：系统提供的类型、用户定义的数据类型或别名数据类型。变量不能是text、ntext或image数据类型。

**局部变的赋值。**局部变量的赋值语名的语法如下：

#### 格式一：

SET @变量名 = 表达式

#### 格式二：

SET @变量名 = 表达式

或select @变量名=输出值 from 表where条件

或 select @变量名1=表达式1[, @变量名2=表达式2, ..., @变量n=表达式n]

### 2.5.3 常量和变量

#### 案例2-24

select 命令为变量赋值，并输出结果。

```
use Library
go
declare @bookName varchar(64)
select @bookName = 书名
from books
where 馆藏号='WC13201'
select @bookName as '书名'
```

执行结果：

结果		消息	
书名			
1	青青子衿悠悠我心		



### 2.5.3常量和变量

#### 案例2-25

**select** 查询返回多个结果，最后一个值赋给变量。

```
use Library
```

```
go
```

```
declare @bookName varchar(64)
```

```
select @bookName = 书名
```

```
from books
```

```
select @bookName as '书名'
```

执行结果：



结果



消息

	书名
1	追忆似水年华



## 2.5 常量、变量、函数和表达式

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 2.5.3 常量和变量

#### 案例2-26

#### Set语句的用法。

```
use Library
go
declare @no varchar(18)
set @no = 'WC13201'
declare @bookName varchar(64)
select @bookName = 书名
from books
where 馆藏号=@no
select @bookName as '书名'
```

执行结果：

结果		消息
书名		
1	青青子衿悠悠我心	



### 2.5.3 常量和变量

#### (2) 全局变量

- **系统全局变量**是SQL Sever系统定义并提供赋值的变量。用于跟踪服务器范围和特定会话期间的信息，不允许用户显式定义、赋值或修改，也就是说用不能定义全局变量，也不能使用Set语句对全局变量进行赋值。

- 定义全局变量的格式如下：

- **@@变量名**

- SQL Server系统提供33个全局变量，用户方便用户监测或了解SQL Server服务器活动状态。常用的全局变量如表2-24所示，更多的请查SQL Server手册。

## 2.5常量、变量、函数和表达式

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

表2-24 常用系统全局变量

全局变量名	说明	全局变量名	说明
@@ERROR	返回最后执行的 Transact-SQL 语 句的错误代码	@@MAX_CONNECTIONS	返回SQL上允许 的同时用户连接 的最大数
@@IDENTITY	返回最后插入的 标识值	@@SERVERNAME	返回运行SQL服 务器名
@@CONNECTIONS	返回自上次SQL 启动以来连接或 试图连接的次数	@@TOTAL_ERRORS	返回 SQL服务器 自启动后,所遇到 的磁盘读写错误 数
@@IDLE	返回SQL自上次 启动后闲置的时 间, 单位为毫秒	@@TOTAL_READ	返回 SQL服务器 自启动后读取磁 盘的次数

### 2.5.4 函数

■ 函数是指具有完成某种特定功能的程序片段，在SQL编程中也可理解为能完成一定功能的 SQL语句集合，其处理结果称为返回值，处理过程称为函数体。

■ SQL Server与其它程序设计语言一样，提供了丰富的内置函数，而且允许用户自定义函数。利用这些函数可以方便地实现各种运算和操作，一般函数的返回值返回select请示。



### 2.5.4 函数

#### 1. SQL Server常用函数用法

SQL Server提供的常用内置函数分为14类。每种类型的内置函数都可以完成某种类型的操作，其内置函数的分类如表2-25所示。

表2-25 SQL Server的内置函数种类和功能

函数种类	主要功能
聚合函数	对一组值进行运算，但返回一个汇总值
配置函数	返回当前配置信息
加密函数	支持加、解密、数字签名和签名验证等操作
游标函数	返回游标信息
日期时间函数	对日期和时间输入值执行运算，然后返回字符串、数字或日期和时间值
数学函数	基于作为函数的参数提供的输入值执行运算，然后返回数字值。
元数据函数	返回有关数据库和数据库对象的信息
排名函数	对分区中的每一行均返回一个排名值
行集函数	返回可在 SQL 语句中像表引用一样使用的对象
安全函数	返回有关用户和角色的信息。
字符串函数	对字符串 (char 或 varchar) 输入值执行运算，然后返回一个字符串或数字值。
系统统计函数	返回系统的统计信息。
系统函数	执行运算后返回 SQL Server 实例中有关值、对象和设置的信息
文本和图像函数	对文本或图像输入值或列执行运算，然后返回有关值的信息



## 2.5.4 函数

### (1) 聚合函数

**聚合函数**又称为**统计函数**。所有聚合函数均为确定性函数，只要使用一组特定输入值（数值型）调用聚合函数，该函数就会返回同类型的值。

SQL Server提供的大量的聚合函数，表2-26列举了常聚合函数的名称和功能。

表2-26 常用聚合函数

函数名称	功能描述
AVG	返回指定组中的平均值，空值被忽略
COUNT	返回指定组中项目的数量
MAX	返回指定数据的最大值
MIN	返回指定数据的最小值
SUM	返回指定数据的和，只能用于数字列，空值被忽略
COUNT_BIG	返回指定组中的项目数量，与 COUNT 函数不同的是 COUNT_BIG 返回 bigint 值，而 COUNT 返回的是 int 值
GROUPING	产生一个附加的列，当用 CUBE 或 ROLLUP 运算符添加行时，输出值为 1。当所添加的行不是由 CUBE 或 ROLLUP 产生时，输出值为 0。
BINARY_CHECKSUM	返回对表中的行或表达式列表计算的二进制校验值，用于检测表中行的更改
CHECKSUM_AGG	返回指定数据的校验值，空值被忽略
STDEV	返回给定表达式中所有值的统计标准偏差
STDEVP	返回给定表达式中的所有值的填充统计标准偏差
VAR	返回给定表达式中所有值的统计方差
VARP	返回给定表达式中所有值的填充的统计方差

### 2.5.4 函数

#### 案例2-27

查询图书表中价格最高的图书。

- use Library
- go
- select \* from books
- where 单价=(select max(单价)from books)
- 执行结果:

结果

消息

	馆藏号	ISBN	书名	作者	出版社	出版时间	单价	版次
1	YG23425	9787805673202	追忆似水年华	普斯特	江苏译林出版社	2003-01-29 00:00:00.000	68.00	1



### 2.5.4 函数

#### (2) 数学函数。

数学函数用于对数字表达式进行数学运算并返回计算结果。SQL Server提供了20多个用于处理整数与浮点值的数学函数。表2-27列举了部分常用数学函数。

表2-27常用数学函数

函数名称	功能描述
ABS	对一个数值表达式结果计算绝对值(bit 数据类型除外),返回整数。
CEILING	返回大于等于数值表达式(bit 数据类型除外)的最小整数值。
FLOOR	返回小于等于数值表达式(bit 数据类型除外)的最大整数值。
RAND	返回随机的从 0 到 1 之间的浮点数
ROUND	对数值表达式舍入到指定长度和精度
PI	返回圆周率 Float。
POWER	返回指定表达式的指定幂的值。
SQUARE	返回指定浮点值的平方。
SQRT	返回指定浮点值的平方根(开方)。
EXP	返回指定表达式以 e 为底的指数
SIN	以近似数字 (float) 表达式返回指定角度 (以弧度为单位) 的三角正弦值。
COS	以近似数字 (float) 表达式返回指定角度 (以弧度为单位) 的三角余弦值。
SIGN	返回数值表达式的正号 (+)、负号 (-) 或零
LOG10	返回数值表达式以 10 为底的对数
LOG	返回数值表达式的自然对数



### 2.5.4 函数

#### (3) 字符函数

**字符函数**又称为**字符串函数**，用于计算、格式化和处理字符串变量，或将对象转换为字符串。与数学函数类似，为了方便用户进行字符型数据的各种操作和运算，SQL Server提供了功能全面的字符串处理函数，表2-28对常用的字符串处理函数进行简要介绍。

表2-28常用字符函数

函数名称	功能描述
ASCII	返回字符表达式中最左侧的字符的 ASCII 码值
CHAR	获取 ASCII 码对应的字符
LEFT	left 函数用于截取从左边第一个字符开始，指定长度的字符串
RIGHT	RIGHT 函数用于截取从右边第一个字符开始，指定长度的字符串
LEN	len 函数用于获取字符串的长度(字符数)，但不包括右边的空格。左边的空格和右边的空格计算在内。
LOWER	小写字母函数，将大写字符转换为小写字符并返回转换后的字符串
LTRIM	删除前导空格字符串，返回删除了前导空格之后的字符串。
RTRIM	RTRIM 函数用于清空右边连续的空格
REPLACE(e1,e2,e3)	用 e3 表达式替换 e1 表达式中出现的 e2 表达式，并返回替换后的字符串。
SPACE	space 函数可以生成任意多个空格组成的字符串。
STR	数字向字符转换函数
SUBSTRING	取子串函数
UPPER	大写函数，返回小写字符数据转换为大写字符的表达式



### 2.5.4 函数

由于字符函数在实际编程中应用较为广泛，下面就表2-28中的每个函数给出相应的示例，示例如表2-29所示。

表2-28 常用字符函数

函数名称	示例	结果
ASCII	select ASCII(f)	102
CHAR	select char(102)	f
LEFT	select left('123456789',3)	123
RIGHT	select right('123456789',3)	789
LEN	select len('天下之大，无奇不有')	9
LOWER	select lower('ABCDEFGH')	abcdefgh
UPPER	select upper('abcdefgh')	ABCDEFGH
LTRIM	select ltrim(' 123456789')	123456789
RTRIM	select rtrim('123456789 ')	123456789
REPLACE(e1,e2,e3)	SELECT REPLACE('abcde','abc','xxx')	xxxde
SPACE	select ('hello' + space(5) + 'world')	hello      world
STR	select str(123.456789)	123
	select str(123.456789,7)	123(前面有4个空格)
	select str(123.456789,7,3)	123.457
SUBSTRING	select substring('hello',1,2)	he

## 2.5.4 函数

### (4) 日期时间函数

SQL Server提供了9个日期时间处理函数。其中的一些函数接受datepart变元，此变元指定函数处理日期与时间所使用的时间粒度。表2-30列出datepart变元的可能设置。

SQL Server提供的9个常用日期时间函数如表2-31所示。

表2-31 常用日期时间函数

日期函数	功能描述
DATEADD	返回给指定日期加上一个时间间隔后的新 datetime 值。
DATEDIFF	返回跨两个指定日期的日期边界数和时间边界数。
DATENAME	返回表示指定日期的指定日期部分的字符串
DATEPART	返回表示指定日期的指定日期部分的整数。
DAY	返回一个整数，表示指定日期的天 datepart 部分。
GETDATE	以 datetime 值的 SQL Server 标准内部格式返回当前系统日期和时间。
GETUTCDATE	返回当前 UTC 时间(通用协调时间/格林尼治标准时间)的 datetime 值。
MONTH	返回表示指定日期的“月”部分的整数。
YEAR	返回表示指定日期的“年”部分的整数。

表2-30 datepart常量

常量	含义	常量	含义
yy 或 yyyy	年	dy 或 y	年日期 (1-366)
qq 或 q	季	dd 或 d	日
mm 或 m	月	Hh	时
wk 或 ww	周	mi 或 n	分
dw 或 w	周日期	ss 或 s	秒
ms	毫秒		

### 2.5.4 函数

#### 案例2-28

#### 日期时间函数示例。

1) **dateadd**函数示例，该函数三个参数第一个参数是增加时间的类型，包括天、月、年等，第二个参数是增加数量，第三个参数为要增加的日期，返回值为增加日期数量后的时间。

```
select getdate() as '当前日期'
```

```
select dateadd(day,1,getdate()) as '当前日期加1天'
```

```
select dateadd(month,1,getdate()) as '当前日期加1月'
```

```
select dateadd(year,1,getdate()) as '当前日期加1年'
```



### 2.5.4 函数

#### 案例2-28

#### 日期时间函数示例。

##### 2) datediff函数

```
declare @end datetime
```

```
declare @start datetime
```

```
set @end=getdate()
```

```
set @start=dateadd(year,-2,@end)
```

```
select @start as '开始时间'
```

```
select @end as '结束时间'
```

```
select datediff(year,@start,@end) as '结束时间与开始时间的差'
```



### 2.5.4 函数

#### 2. 自定义函数

为了扩展性和方便用户，**SQL Server**提供自定义函数功能。**自定义函数**可以接受零个或多个输入参数，其返回值是一个临时表或一个数值。但是需要特别指出的是自定义函数不支持输出参数，如果要使用输出参可以考虑使用后面章节中的存储过程。

在**SQL Server**中，用**CREATE FUNCTION**语句可创建自定义函数，根据函数返回值形式的不同，可创建三类自定义函数：**标量值自定义函数**、**内联表自定义函数**和**多语句表值自定义函数**。

### 2.5.4 函数

#### 1) 标量值自定义函数

标量值自定义函数的返回值是一个确定类型的标量值，其返回值类型为除**text**、**ntext**、**image**、**timestamp**和**table**类型之外的任意类型，即标量值自定义函数返回的是一个数值。

定义标量值自定义函数的语法结构如下：

**CREATE FUNCTION** 函数名称(@参数1 类型1,[@参数2 类型2, ..., @参数n 类型n])

**RETURNS** 返回值类型

**[WITH ENCRYPTION]**

**[AS]**

**BEGIN**

函数体语句序列

**RETURN** 返回值

**END**



### 2.5.4 函数

#### ■ 1) 标量值自定义函数

标量值自定义函数的返回值是一个确定类型的标量值，其返回值类型为除**text**、**ntext**、**image**、**timestamp**和**table**类型之外的任意类型，即标量值自定义函数返回的是一个数值。

定义标量值自定义函数的语法结构如下：

**CREATE FUNCTION** 函数名称(@参数1 类型1,[@参数2 类型2, ..., @参数n 类型n])

**RETURNS** 返回值类型

**[WITH ENCRYPTION]**

**[AS]**

**BEGIN**

函数体语句序列

**RETURN** 返回值

**END**



### 2.5.4 函数

#### 案例2-29

在Libaray示例数据库中创建函数根据读者卡号，查询该用户的借书数。

- `create function getBorrowBookCount (@cardno char(10))`
- `returns int`
- `as`
- `begin            declare @bookCount int`
- `set @bookCount=(select count(卡号) from borrowing where`  
`卡号=@cardno)`
- `return @bookCount`
- `end`



### 2.5.4 函数

#### 案例2-29

在Libaray示例数据库中创建函数根据读者卡号，查询该用户的借书数。

- 创建函数后执行以下语句：
- use Library
- go
- `select dbo.getBorrowBookCount('2008213124') as '借书数量'`

■ 执行结果：

	借书数量
1	3



### 2.5.4 函数

#### ■ 2)内联表值自定义函数

内联表值自定义函数是以表形式返回一个值，也就是说返回一个表的数据。内联表值自定义函数没有**BEGIN...END**语句块中包含的函数体，而是直接使用**RETURNS**子句，其中包含的**SELECT**语句将数据从数据库中筛选出形成一个表。使用内联表值自定义函数可提供参数化的视图功能。

内联表值自定义函数的语法结构如下：

**CREATE FUNCTION** 函数名称(@参数1 类型1,[@参数2 类型2, ..., @参数n 类型n])

**RETURNS TABLE**

**[WITH ENCRYPTION]**

**[AS]**

**RETURN (查询语句)**



### 2.5.4 函数

#### 案例2-30

在Libaray示例数据库中创建函数根据读者卡号，查询该用户所借的所有图书。

■ create function getBorrowBookList(@cardno char(10))

■ returns table

■ as

■ return

■ (

■ select \* from borrowing where 卡号=@cardno

■ )

■ 执行语句: select \* from getBorrowBookList('2008213124')

■ 执行结果:

结果		消息			
	卡号	馆藏号	是否续...	借阅时间	归还时间
1	2008213124	DS63245	0	2015-12-11 12:36:00	2016-01-05 15:24:00
2	2008213124	SC12502	1	2012-12-18 13:57:00	2014-12-18 12:22:00
3	2008213124	WC17401	1	2014-12-11 18:43:00	2015-01-05 15:54:00

### 2.5.4 函数

#### ■ 3)多语句表值自定义函数

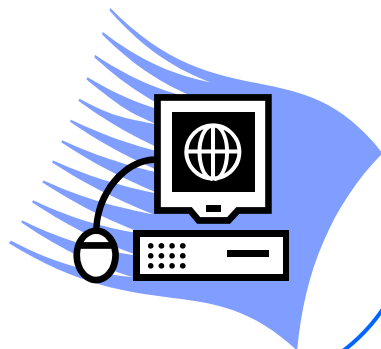
多语句表值自定义函数可看作标量值和内联表值型自定义函数的结合体。此类函数的返回值是一个表，但与标量值自定义函数一样，有一个有**BEGIN...END**语句块中包含的函数体，返回值的表中的数据是由函数体中的语名插入的。因此，其可以进行多次查询，对数据进行多次筛选与合并，弥补了内联表自定义函数的不足。



### 2.5.5运算符及其用法

运算符是一些符号，他们能够用于执行**算术运算**、**字符串连接**、**赋值**以及在字段、常量和变量之间进行**比较**。

在**SQL Server**中，运算符主要由以下**6**大类：**算术运算符**、**赋值运算符**、**比较运算符**、**逻辑运算符**、**连接运算符**以及**按位运算符**。运算符在表达式中起来连接变量、常量和函数的作用，同时在连接过程存在一定的优先级。下面对**SQL Server**中的运算和运算符的优先级进行简要论述。



### 2.5.5运算符及其用法

#### 1.运算符的种类

##### 1) 算术运算符

算术运算符可以在两个表达式上执行数学运算，这两个表达式可以是任何数值数据类型。**SQL Server** 主要的算术运算符见表2-32。

表 2-32 算术运算符

运算符	作用
+	加法运算
-	减法运算
*	乘法运算
/	除法运算，返回商
%	求余运算，返回余数

表 2-33 比较运算符

运算符	含义
=	等于
>	大于
<	小于
>=	大于等于
<=	小于等于
<>	不等于

### 2.5.5 运算符及其用法

#### 2) 比较运算符

比较运算符用来比较两个表达式的大小，表达式可以是字符、数字或日期数据，其比较结果是 **Boolean** 值。**SQL Server** 主要的比较运算符见表2-33。

表 2-32 算术运算符

运算符	作用
+	加法运算
-	减法运算
*	乘法运算
/	除法运算，返回商
%	求余运算，返回余数

表 2-33 比较运算符

运算符	含义
=	等于
>	大于
<	小于
>=	大于等于
<=	小于等于
<>	不等于

### 2.5.5运算符及其用法

#### 3) 逻辑运算符

逻辑运算符可以把多个逻辑表达式连接起来测试，以获得其真实情况。返回带有TRUE、FALSE或UNKNOWN的Boolean数据类型。SQL Server 主要的逻辑运算符见表2-34。

表2-34 逻辑运算符

运算符	含义
ALL	如果一组的比较都为 TRUE，则返回 TRUE。
AND	如果两个布尔表达式都为 TRUE，则返回 TRUE。
ANY	如果一组的比较中任何一个为 TRUE，则返回 TRUE。
BETWEEN	如果操作数在某个范围之内，则返回 TRUE。
EXISTS	如果子查询包含一些行，则返回 TRUE。
IN	如果操作数等于表达式列表中的一个，则返回 TRUE。
LIKE	如果操作数与一种模式相匹配，则返回 TRUE。
NOT	对任何其他布尔运算符的值取反。
OR	如果两个布尔表达式中的一个为 TRUE，则返回 TRUE。
SOME	如果在一组比较中，有些为 TRUE，则返回 TRUE。





## 2.5.5运算符及其用法

### 4) 连接运算符。

加号（+）是字符串串联运算符，可以将两个或两个以上字符串合并成一个字符串。

### 5) 按位运算符

按位运算符在两个表达式之间执行位操作，这两个表达式可以为整数数据类型中的任何数据类型。**SQL Server** 主要的逻辑运算符见表2-35。

表 2-35 按位运算符

运算符	含义
&	位与
	位或
^	位异或
~	数字非

表 2-36 运算的优先级

优先级	运算符
1	~（位非）
2	*（乘）、/（除）、%（取模）
3	+（正）、-（负）、+（加）、（+连接）、-（减）、&（位与）、^（位异或）、 （位或）
4	=, >, <, >=, <=, <>, !=, !>, !<（比较运算符）
5	NOT
6	AND
7	ALL、ANY、BETWEEN、IN、LIKE、OR、SOME
8	=（赋值）



## 2.5.5 运算符及其用法

### 2. 运算符的优先级

运算符的优先级决定了运算符与变量、常量和函数相结合和运算顺序，运算符的优先级从高到低如表2-36所示，如果两个运算符优先级相同，则按照从左到右的顺序进行运算。

表 2-35 按位运算符

运算符	含义
&	位与
	位或
^	位异或
~	数字非

表 2-36 运算的优先级

优先级	运算符
1	~ (位非)
2	* (乘)、/ (除)、% (取模)
3	+(正)、-(负)、+(加)、(+ 连接)、-(减)、& (位与)、^ (位异或)、  (位或)
4	=, >, <, >=, <=, <>, !=, !>, !< (比较运算符)
5	NOT
6	AND
7	ALL、ANY、BETWEEN、IN、LIKE、OR、SOME
8	= (赋值)



### 2.5.6表达式

■ 表达式是指由常量、变量或函数等通过运算符按规则连接起来的有意义的式子。表达式的运算常在“列与列”或者“变量”进行。

SQL Server中，表达主要分为四类：数学表达式、字符串表达式、比较表达式和逻辑表达式。

#### 1.数学表达式

数学表达式用于各种数字变的运算。数字变量的类型有int、smallint、tinyint、float、real、money和smallmoney。用于数学表达式的符号主要为算术运算符（见表2-32）。

#### 2.字符串表达式

字符串表达式是由字母、符号或数字组成。字符串表达式中，用“+”来实现字符或字符串的连接。在数据类型中，可用于字符串加法的数据类型有char、varchar、nvarchar、text和可以转换为char或varchar的数据类型。例如:在查询中执行以下代码，则变量str的值为“Jsp&Oracle”

### 2.5.6表达式

#### 3. 比较表达式

比较表达式用于两个表达式的比较，常用的比较表达式运算符见表2-33。需要指出的是比较表达式的执行优先级如同数学表达式一样，可以用“（）”来人为设置。

#### 4. 逻辑表达式

在SQL Server中逻辑表达式中，有三种连接符：AND、OR、NOT。

##### 1) AND表达式

当所有表达式的值为真时，其逻辑表达式的值才为真；如果，有一个返回值为“假”，则表达式的值为“假”。

##### 2) OR表达式

只要有一个子表达式的返回值为“假”，则其逻辑表达式的值即为“假”。

### 2.5.6表达式

#### ■ 4. 逻辑表达式

##### ■ 3) NOT表达式

- 当表达式的值为“真”时，进行NOT运算后，其表达式值为“假”，反之亦然。

## 2.4 关系演算与查询优化

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### 讨论思考

- 1) 标识符有哪几种?
- 2) 标识符的命名和使用规则分别是什么?
- 3) 什么是常量? 什么是变量? 它们的种类有哪些?
- 4) 常量和变量的区别是什么?
- 5) 什么是函数? **SQL Server**提供常用函数分为哪几类, 它们的功能分别是什么?
- 6) **SQL Server**提供哪些种类的运算符? 运算符的优行级是如何排列的?

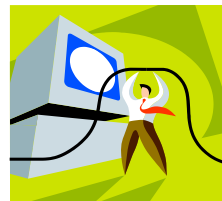


## 2.6实验二 常量变量函数表达式应用

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### ■ 2.6.1实验目的

- (1) 掌握常量变量的基本概念和命名规则。
- (2) 学会用SQL Server 2016用SSMS进行变量定义、赋值和运算。
- (3) 掌握SQL Server的常用全局变量和用法。
- (4) 理解并掌握SQL Server各种数据类型和用法。
- (5) 掌握SQL Server的常用函数和用法，了解自定义函数的步骤和方法。
- (6) 掌握SQL Server的常用运算符和表达式用法，并能根据要求写出表达式并求值。

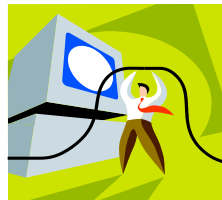


## 2.6实验二 常量变量函数表达式应用

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

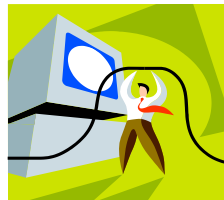
### ■ 2.6.2 实验内容

- (1) 使用SMSS新建查询和执行SQL 脚本。
- (2) 检验标识符命名标识是否合法。
- (3) 通过新建查询窗口，定义SQL Server2016支持的各种数据类型变量，并对变时进行赋值，使用运算符定义算术表达式、逻辑表达式。
- (4) 输出SQL Server全局变量。
- (5) 使用SQL Server内置函数进行计算。
- \* (6) 编写自定义函数，并实现定义和调用。





### ■ 2.6.3实验练习



#### ■ (1) 使用SMSS新建查询和执行SQL 脚本。

- 1) 在SMSS中，单击 按钮，并在弹出的窗口中输入以下内容：

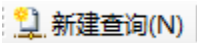
```
■ declare @x int  
■ declare @y int  
■ set @x=10  
■ set @y=10  
■ print @x*@y
```

- 2) 单击  执行(X)  按钮，即可看到输出结果为：100。

## 2.6实验二 常量变量函数表达式应用

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### (2) 标识符命名是否合法。

1) 在SMSS中, 单击  按钮, 并在弹出的窗口中输入以下内容:

```
declare @_Product varchar(64)
```

```
declare @Company varchar(128)
```

```
declare @课程信息表 varchar(128)
```

```
declare @Customer_01 varchar(128)
```

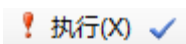
```
declare @Product_Type_Name varchar(128)
```

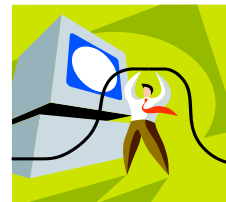
2) 单击  按钮, 查看输出结果。

3) 将步骤1) 中的输入内容清空, 然后输入以下内容:

```
declare @tbl product varchar(128)
```

```
declare @productName&123 varchar(128)
```

4) 单击  按钮, 查看输出结果。



## 2.6实验二 常量变量函数表达式应用

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

- (3) 通过新建查询窗口，定义SQL Server2016支持的各种数据类型变量，并对变时进行赋值，使用运算符定义算术表达式、逻辑表达式。

1) 在新建的查询窗口中定义以下类型的变量并赋值；

### ①字符串常量

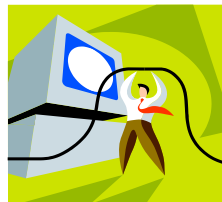
```
declare @studentName varchar(18)
```

```
declare @major char(15)
```

```
set @studentName = '周一山'
```

```
set @major = '软件技术'
```

```
select @studentName as '学生姓名', @major as '专业'
```



## 2.6实验二 常量变量函数表达式应用

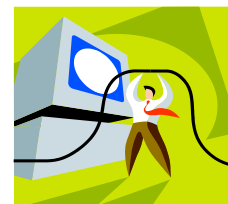
上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

### ②数据常量

```
declare @i int
declare @j smallint
declare @x float
declare @y real
set @i=10
set @j=10
set @x=0.689
set @y=3.1415926
select @i, @j, @x, @y
```

### ③日期类型

```
declare @birthday datetime
set @birthday='1998-09-09 08:12:00'
select @birthday
```



## 2.6实验二 常量变量函数表达式应用

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

- 2) 在上述变量定义的基础上, 计算表达式的值。

- ①算述表达式


- `select @i*@j, @x*@y`

- ②字符表达式

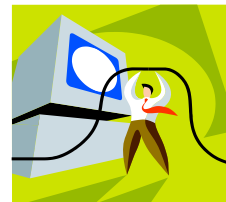
- `select @major+convert(varchar, @x)`

- 3) 计算, 按位运算表达式。

- `select 128&129, 128|129, 128^129`

- 4) 单击  执行(X)  按钮, 执行结果下图所示。

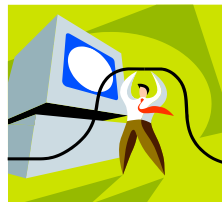
结果					消息
学生姓名		专业			
1	周一山	软件技术			
(无列名)		(无列名)	(无列名)	(无列名)	
1	10	10	0.689	3.141593	
(无列名)					
1	1998-09-09 08:12:00.000				
(无列名)		(无列名)	(无列名)		
1	100	2.16455723428726	软件技术	0.689	
(无列名)		(无列名)	(无列名)		
1	128	129	1		



## 2.6实验二 常量变量函数表达式应用

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

- (3) 使用SMSS新建查询，依次输入表2-24中的全局变量，查看输出结果。
- (4) 使用SQL Server2016内置函数进行计算。
  - 1) 聚合函数练习，将书中的图书馆数据库导入SQL Server2016，基于Libaray数据库练习表2-26中的函数，并查看输出结果。
  - 2) 基于表2-27练习常用数学函数，并查看输出结果。
  - 3) 基于表2-29练习常用字符函数，并查看输出结果。
  - 4) 基于表2-30练习常用日期，并查看输出结果。
- \* (5) 编写自定义函数，并实现定义和调用。
  - 假设圆柱体的底面半径为 $r$ ，高为 $h$ ，编写函数求圆柱体的体积和表面积。并调用上述两个函数，分别求 $r=3, h=5$ 的圆柱体的体积和表面积。



## 2.6实验二 常量变量函数表达式应用

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

- 1) 使用SMSS的“新建查询”，在打开的窗口中输入以下内容

- `createfunction getCylinderV(@r float,@h float)`

- `returnsfloat`

- `as`

- `begin`

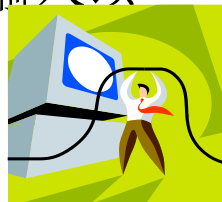
- `declare @PI float`

- `set @PI=3.1415926`

- `return @PI*@r*@r*@h`

- `end`

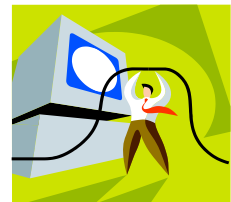
- 2) 选中步骤1) 中的脚本，并按“执行”按钮。查看是否出错，如果出错，查找原因，修改错误，直到接行成功。
- 3) 步骤1) 中的脚本执行成功后，即函数创建成功，在窗口中输入以下语句：`select dbo.getCylinderV(3.0,5.0)`



## 2.6实验二 常量变量函数表达式应用

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

- 4) 选中步骤3) 中的语句，并查看输出结，输出的正确结果为：  
141.371667。
- 5) 读者自己参考步骤1)、2) 和3) 完成圆柱体表面积的编写和调试。  
。



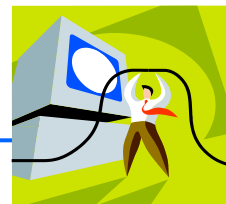


## 2.7 本章小结

上海市高校精品课程  
国家十三五规划项目

本章系统讲解了关系数据库的有关概念和重要基础知识，包括**关系模型的数据结构**、**关系完整性**、**关系代数**、**关系演算**、**查询优化**。其中**关系模型及完整性**是整个关系数据的基础，对后续知识的学习有重要的作用；**关系代数**是以集合代数为基础的抽象查询语言，是关系操作的一种传统表达方式，它是SQL查询和操纵语言的基础，学习可以加深对后续SQL语句的理解；**关系演算**是以数理逻辑中的谓词演算为基础的运算，是非过程化的，分为元组关系演算和域关系系统演算；**查询优化**是数据库管理工作中不可或缺的一个重要环节，理解查询优化的理论和算法有助于后续SQL Server 2016管理优化工作。

最后，结合案例详细讲解了SQL Server的**常量**、**变量**、**函数**和表达式的使用方法与注意事项，并介绍在实验环节介绍了使用SQL Server SSMS进行SQL 脚本的编写和调试方法。



国家“十三五”重点出版规划项目  
上海高校优秀教材奖获得者主编

上海市高校精品课程  
特色教材

# 诚挚谢意！



## 数据库原理及应用

——基于SQL Server 2016