



2024年春季学期

# 第13章 数据库完整性



# 课程知识结构

## Chp. 1 数据库系统概述

Chp. 2 数据库系统体系结构

Chp. 3 关系数据模型

Chp. 10 事务与恢复

Chp. 4 SQL

Chp. 6 关系数据库模式设计

Chp. 11 并发控制

Chp. 5 过程化SQL

Chp. 7 数据库设计

Chp. 12 数据库安全性

Chp. 8 数据库索引

Chp. 13 数据库完整性

\* Chp. 9 数据库应用开发

Chp. 14 高级主题





# Database Protection

- 数据库保护：预防各种对数据库的干扰破坏，确保数据安全可靠，以及在数据库遭到破坏后尽快地恢复
- 数据库保护通过四个方面来实现
  - 完整性控制技术
    - Enable constraints
  - 安全性控制技术
    - Authorization and authentication
  - 数据库的恢复技术
    - Deal with failure
  - 并发控制技术
    - Deal with data sharing



# 主要内容

- 数据库完整性概念
- 完整性约束类型
- 完整性实施途径



# 一、数据库完整性概念

- 数据库完整性防止**合法用户**使用数据库时向数据库加入**不符合语义**的数据。防止错误的数据库。
- 数据库的完整性是指保护数据库中数据的
  - **正确性**：数据的一致性。如**年龄由数字组成**
  - **有效性**：数据是否在有效范围内。如**月份取1—12**
  - **相容性**：指表示同一个事实的两个数据应该一致。如**一个人的性别只有一个**



# 1、完整性控制功能

- 完整性控制机制应具有的三个功能
  - 定义功能：提供定义完整性约束条件的机制
  - 检查功能：检查用户发出的操作请求是否违背了约束条件。
    - 立即执行约束（一条语句执行完成后立即检查）
    - 延迟执行约束（整个事务执行完毕后再检查）
  - 如果发现用户操作请求使数据违背了完整性约束条件，则采取一定的动作来保证数据的完整性。



## 2、完整性规则定义

- DBA向DBMS提出的一组完整性规则，来检查数据库中的数据是否满足语义约束，主要包括三部分：
  - 触发条件：系统什么时候使用规则来检查数据
  - 约束条件：系统检查用户发出的错误操作违背了什么完整性约束条件
  - 违约响应：违约时要做的事情
- 完整性约束规则是由DBMS提供的语句来描述，存储在数据字典，但违约响应由系统来处理



## 2、完整性规则定义

- 一条完整性规则是一个五元组 (D,O,A,C,P)
  - **D (Data):** 约束作用的数据对象
  - **O (Operation):** 触发完整性检查的数据库操作。即当用户发出什么操作请求时需要检查该完整性规则，是立即检查还是延迟检查。
  - **A (Assertion):** 数据对象要满足的断言或语义规则
  - **C (Condition):** 受A作用的数据对象值的谓词
  - **P (Procedure):** 违反完整性规则时触发的过程

	学号不能为空	教授工资不得低于 1000 元
D	约束的对象为 SNO 属性	约束的对象为 Sal 属性
O	插入和修改 STUDENT 元组时	插入和修改职工元组时
A	SNO 不能为空	Sal 不能小于 1000
C	无（作用于所有记录的 SNO 属性）	职称='教授'（ 作用于职称='教授'的记录）
P	拒绝执行	拒绝执行





## 二、完整性约束分类

- 按约束的粒度
  - 表级约束、列级约束、元组级约束
- 按约束对象的状态
  - 静态约束、动态约束
- 按约束作用类型分
  - 域完整性、实体完整性、参照完整性



# 1、按约束粒度分类

## □ 按约束的粒度

- **表级约束**：若干元组间、关系上以及关系之间联系的约束；
- **列级约束**：针对列的类型、取值范围、精度等而制定的约束条件。
- **元组级约束**：元组中的字段组和字段间联系的约束；



# 1、按约束粒度分类

- **[例 1]** 建立部门表DEPT，要求部门名称Dname列为字符串型且不可为空，部门编号Deptno列为主码

```
CREATE TABLE DEPT  
( Deptno  NUMBER,  
  Dname  CHAR(9) NOT NULL,  
  Location CHAR(10),  
  PRIMARY KEY (Deptno)  
);
```

列约束

表约束



# 1、按约束粒度分类

- **[例 2]** 当学生的性别是男时，其名字不能以Ms.打头。

```
CREATE TABLE Student
(Sno      CHAR(9),
 Sname    CHAR(8) NOT NULL,
 sex      CHAR(2),
 age      SMALLINT,
 PRIMARY KEY (Sno),
 CHECK(sex='女' OR Sname NOT LIKE 'Ms.%')
);
```

元组级约束

- 定义了元组中Sname和sex两个属性值之间的约束条件
- 性别是‘女’的元组都能通过该项检查，因为sex=‘女’成立；当性别是男性时，要检查Sname不能以Ms.开头



## 2、按约束对象的状态分类

### □ 按约束对象的状态分

□ **静态约束**：数据库每一确定状态时的数据对象所应满足的约束条件；

■ 例如：学生关系中年龄不能大于100

□ **动态约束**：数据库从一种状态转变为另一种状态时，新、旧值之间所应满足的约束条件

■ 例如调整工资时须满足：

**现有工资  $>$  原有工资+工龄\*100**



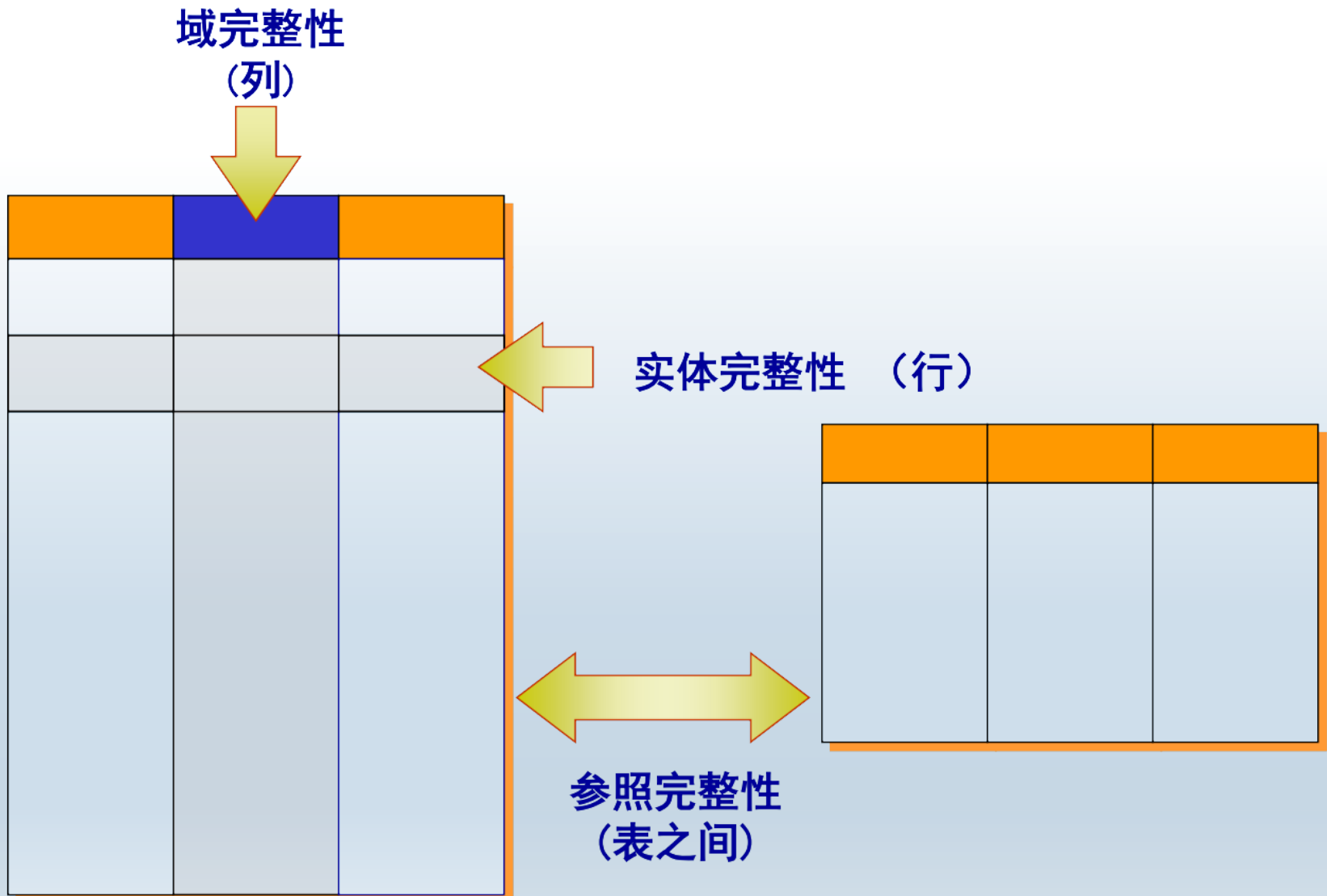
## 2、按约束作用类型分类

### □ 按约束作用类型分

- **实体完整性**：实体完整性为表级完整性，它要求表中所有的元组都应该有一个惟一的标识符，这个标识符就是平常所说的主码
- **参照完整性**：参照完整性是表级完整性，它维护参照表中的外码与被参照表中候选码之间的相容关系。如果在被参照表中某一元组被外码参照，那么这一行既不能被删除，也不能更改
- **域完整性**：域完整性为列级和元组级完整性。它为列或列组指定一个有效的数据集，并确定该列是否允许为空



## 2、按约束作用类型分类





# 域完整性

- 域是一组具有相同类型的值的集合
- SQL3支持域的概念，并可以用CREATE DOMAIN\*语句建立一个域以及该域应满足的完整性约束条件

**[例 3]** 建立一个性别域GenderDomain，并对其中的限制命名

```
CREATE DOMAIN GenderDomain CHAR(2)  
CONSTRAINT chkGD CHECK(VALUE IN ('男', '女'));
```

```
CREATE TABLE student  
( Sno CHAR(10),  
  sex GenderDomain,  
  Sname CHAR(20)  
)
```

\* *Oracle*不支持Create Domain语句，但可用Create Type语句实现类似功能





# 实体完整性

- 关系模式R的主码不可为空
  - 指组成主码的所有属性均不可取空值

学号	课程号	成绩
S001	C001	80
S001		90
		80



# 参照完整性

- 参照关系R的任一个外码值必须
  - 等于被参照关系S中所参照的候选码的某个值
  - 或者为空

R

选课关系

学号	课程号	成绩
001	002	80

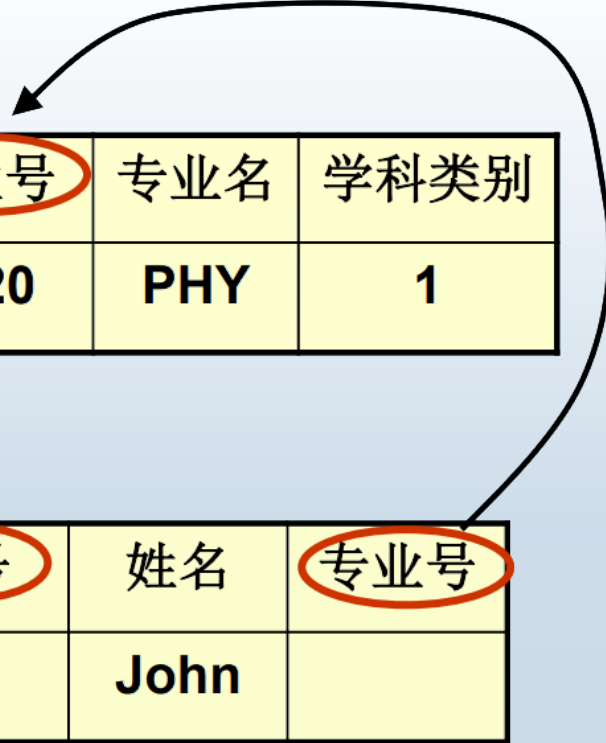
~~002~~

S

学生关系

学号	姓名	专业号
001	John	

专业号	专业名	学科类别
0020	PHY	1





## 三、完整性实施途径

- 约束 (Constraint)
- 触发器 (Trigger)
- 规则 (Rule)
- 断言 (Assertion)



# 1、约束

- 约束的用途是限制输入到表中的值的范围。约束是实施数据完整性的首选方法。
  - SQL中的约束
    - 主键约束 (Primary Key)
    - 唯一键约束 (Unique)
    - 外键约束 (Foreign Key)
    - 检查约束 (Check)
    - 默认值约束 (Default)
- 列约束：在每列后定义，只对当前列有效
- 表约束：在全部列定义后定义，可定义多个列上的约束



# 1、约束

## □ 数据库完整性的约束实现

完整性类型	约束类型	完整性功能描述
域完整性	DEFAULT	插入数据时，如果没有明确提供列值，则用缺省值作为该列的值
	CHECK	指定某个列或列组可以接受值的范围，或指定数据应满足的条件
实体完整性	PRIMARY KEY	指定主码，确保主码值不重复，并不允许主码为空值
	UNIQUE	指出数据应具有惟一值，防止出现冗余
参照完整性	FOREIGN KEY	定义外码、被参照表和其候选码



## 2、触发器

- 与特定表关联的存储过程。当在该表上执行DML操作时，可以自动触发该存储过程执行相应的操作
  - 触发操作：Update、Insert、Delete
  - 通过触发器可以实现复杂的约束。



### 3、规则

- 规则是一组用过程化SQL (如T-SQL\*)书写的条件语句
  - Where子句中合法的语句一般都可以用作规则
    - 算术运算符
    - 关系运算符
    - IN、LIKE、BETWEEN等关键字
- 规则可以和列或用户定义类型捆绑在一起，检查数据完整性
- 多个列可以共用一个规则

\* T-SQL是Microsoft SQL Server的过程化SQL语言



## 3、规则

### □ 创建规则 **【T-SQL】**

□ **CREATE RULE** *rule\_name*  
**AS** *condition\_expression*

#### □ 参数

- **rule\_name**: 是新规则的名称。规则名称必须符合标识符规则。
- **condition\_expression**: 是定义规则的条件。规则可以是 **WHERE** 子句中任何有效的表达式。





## 3、规则

### □ 创建规则 **【T-SQL】**

□ 存储过程 `sp_bindrule`: 将规则绑定到列或用户自定义数据类型。

#### □ 语法

■ `sp_bindrule [ @rulename = ] 'rule' ,`  
`[ @objname = ] 'object_name'`

#### ■ 参数

■ `rulename`: 规则名

■ `objname`: 列名或用户自定义类型名



### 3、规则

- 例：在数据库中创建一个Email的规则对象，其值为包含@的字符串。

- 创建规则(T-SQL)

```
CREATE RULE rl_email
```

```
AS
```

```
@val LIKE '%@%'
```

- 绑定规则(绑定到学生表的Email字段)

- `sp_bindrule 'rl_email', 'student.Email'`



## 4、断言

- **Create Assertion**\*创建一个断言，对断言涉及的数据进行操作时会触发断言；断言为假时操作将被拒绝
- 例：限制每一门课程选修人数不超过60人。

### □ T-SQL

```
CREATE ASSERTION asser1 CHECK(60>=ALL  
(SELECT count(*) FROM SC GROUP BY c#));
```

\* *Oracle*不支持*Create Assertion*语句



# 本章小结

- 数据库完整性概念
- 完整性约束类型
- 完整性实施途径