数据库原理与应用期末复习提纲

1 绪论

1.1 数据库系统概述

1.1.1 基本概念

数据库（DataBase, DB）

数据库管理系统（DataBase Management System, DBMS）

数据库系统（DataBase System, DBS）

1.1.2 数据管理技术的发展

人工管理阶段 -> 文件系统阶段 -> 数据库系统阶段

1.1.3 数据库系统的特点

① 数据结构化；

② 数据的共享性高、冗余度低且易扩充；

③ 数据独立性高：物理独立性（数据物理储存）、逻辑独立性（数据库逻辑结构）；

④ 数据由数据库管理系统统一管理和控制：数据安全性保护、数据完整性检查、并发控制、数据库恢复。

1.2 数据模型

1.2.1 数据模型的三要素

① 数据结构；

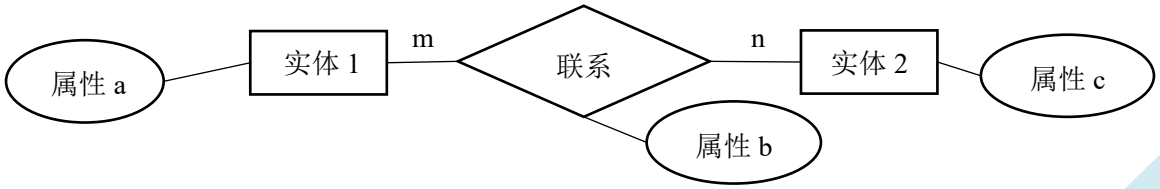
② 数据操作；

③ 数据的完整性约束。

1.2.2 概念模型

基本概念：实体、属性、码、实体型、实体集、联系。

表示方法：实体-联系方法（Entity-Relationship approach）使用 E-R 图描述现实世界的概念模型。E-R 方法又称 E-R 模型。



1.2.3 逻辑模型

逻辑模型包括层次模型、网状模型、关系模型、面向对象数据模型等。它是按计算机系统的观点对数据建模，主要用于数据库管理系统的实现。

关系模型的基本概念：关系、元组、属性、码、域、分量。

关系模式：关系名（属性 1，属性 2，…，属性 n）。

1.3 数据库系统的结构

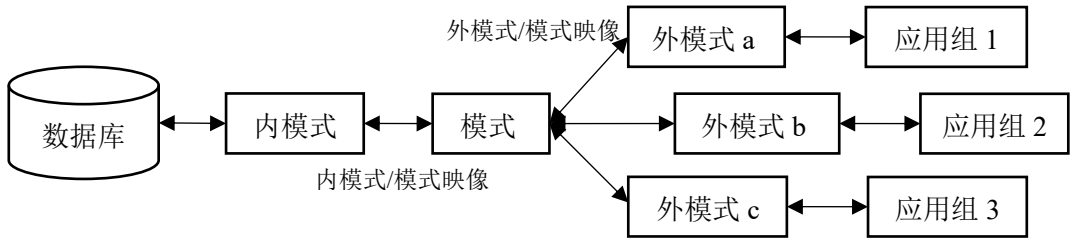
1.3.1 三级模式结构

三级模式结构：外模式、模式、内模式。

模式：也称逻辑模式，是数据库中全体数据的逻辑结构和特征的描述，是所有用户的公共数据视图。

外模式：也称子模式或用户模式，是数据库用户的局部数据视图。

内模式：也称储存模式，是数据物理结构和储存方式的描述。



1.3.2 二级映像

外模式/模式映像、内模式/模式映像保证了数据库系统中数据的逻辑独立性和物理独立性。

2 关系数据库

2.1 关系数据结构及形式化定义

2.1.1 关系

域：一组具有相同数据类型的值的集合。

笛卡尔积：给定一组域$D_1, D_2, \dots, D_n$，允许有相同项，则$D_1, D_2, \dots, D_n$的笛卡尔积为：

$$D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n = \{(d_1, d_2, \dots, d_n) | d_i \in D_i, i = 1,2, \dots, n\}$$

其中每一行元素$(d_1, d_2, \dots, d_n)$叫做一个$\boldsymbol{n}$**元组**，简称**元组**，元组中每一个值d_i叫做一个**分量**。

基数：一个域允许的不同取值个数。几个域的笛卡尔积的元组数等于各个域的基数之积。

关系：$D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$的子集叫做在域$D_1, D_2, \dots, D_n$上的关系，表示为$R(D_1, D_2, \dots, D_n)$。

候选码：能唯一标识一个元组，而其子集不能的属性组。若一个关系又多个候选码，则选取其中一个为

主码。候选码的属性称为**主属性**；不在候选码中的属性称为**非主属性**或**非码属性**。

2.2 关系操作

2.2.1 集合运算

并：$R \cup S = \{t | t \in R \vee t \in S\}$。

差：$R - S = \{t | t \in R \wedge t \notin S\}$。

交：$R \cap S = \{t | t \in R \wedge t \in S\}$。

广义笛卡尔积：$R \times S = \{\widehat{t_r t_s} | t_r \in R \wedge t_s \in S\}$。

2.2.2 关系运算

关系运算运算符：大于>，小于<，大于等于≥，小于等于≤，等于=，不等于<>，非¬，与∧，或∨。

选择：$\sigma_F(R) = \{t | t \in R \wedge F\}$，其中$F$为选择条件。

投影：$\Pi_A(R) = \{t[A] | t \in R\}$，其中$A$为$R$中的属性列。

连接：$R \underset{A\theta B}{\bowtie} S = \{\widehat{t_r t_s} | t_r \in R \wedge t_s \in S \wedge t_r[A] \theta t_s[B]\}$，其中$A$和$B$分别为$R$和$S$上列数相等且可比的属性列，θ是比较运算符。连接运算从$R \times S$中选取R关系在A属性组上的值与S关系在B属性组上的值满足比较关系θ的元组。

θ为“=”的连接运算称为**等值连接**。即从关系R和S的广义笛卡尔积中选取A、B属性值相等的那些元组。

自然连接是一种特殊的等值连接。他要求两个关系中进行比较的分量必须是同名属性组，并在结果中把重复的属性列去掉。记作$R \bowtie S$。

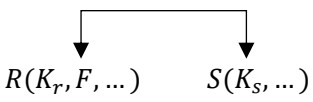
2.3 关系的完整性

2.3.1 实体完整性

若属性A是基本关系R的主属性，则A非空。

2.3.2 参照完整性

设F是基本关系R的一个或一组属性，但不是R的码，K_s是基本关系S的主码。如果F与K_s相对应，则称F是R的外码，并称基本关系R为参照关系，基本关系S为被参照关系或目标关系。关系R和S不一定是不同的关系。



对于R中每个元组在F上的值必须为空值或等于S中某个元组的主码值。

2.3.3 用户定义的完整性

非空、唯一、满足特定条件等。

3 关系数据库标准语言 SQL

3.1 SQL 的特点

① 综合统一；

② 高度非过程化；

③ 面向集合的操作方式；

④ 以同一种语法结构提供多种使用方式；

⑤ 语言简洁，易学易用。

3.2 数据定义

操作对象	操作方式		
	创建	删除	修改
模式	CREATE SCHEMA	DROP SCHEMA	
表	CREATE TABLE	DROP TABLE	ALTER TABLE
视图	CREATE VIEW	DROP VIEW	
索引	CREATE INDEX	DROP INDEX	ALTER INDEX

常用数据类型	含义
CHAR(*n*) CHARACTER(*n*)	长度为 *n* 的定长字符串
VARCHAR(*n*) CHARACTERVARYING(*n*)	最大长度为 *n* 的变长字符串
INT INTEGER	长整数（4 字节）
SMALLINT	短整数（4 字节）
BIGINT	大整数（8 字节）
FLOAT(*n*)	精度至少为 *n* 位数字的浮点数
BOOLEAN	逻辑布尔量
DATA	日期，YYYY-MM-DD
TIME	时间，HH:MM:SS
TIMESTAMP	时间戳类型

3.3 数据查询

```
SELECT [ALL|DISTINCT] <COLUMN_NAME1> [, <COLUMN_NAME2>] …
FROM <TABLE_OR_VIEW_NAME> [, <TABLE_OR_VIEW_NAME>] | (SELECT STATEMENT) [AS] <CNAME>
[WHERE <CONDITIONAL_EXPREESION>]
[GROUP BY <COLUMN_NAME> [HAVING <CONDITIONAL_EXPREESION>]]
[ORDER BY <COLUMN_NAME> [ASC | DESC];
```

3.4 数据更新

3.4.1 插入数据

```
INSERT INTO <TABLE_NAME> [(<COLUMN_NAME1> [, <COLUMN_NAME2>] …)]
VALUES (<CONSTANT1> [, < CONSTANT2>] …);
```

3.4.2 修改数据

```
UPDATE <TABLE_NAME>
SET    <COLUMN_NAME1> = <EXPREESION1> [, <COLUMN_NAME2> = <EXPREESION2>] …
[WHERE <CONDITIONAL_EXPREESION>];
```

3.4.3 删除数据

```
DELETE FROM <TABLE_NAME>
[WHERE <CONDITIONAL_EXPREESION>];
```

3.5 空值的处理

3.5.1 空值产生

缺省或 "NULL" 关键字。

3.5.2 空值判断

使用 "IS NULL" 或 "IS NOT NULL" 判断是否为空值。

3.6 视图

3.6.1 视图的建立与删除

```
CREATE VIEW <VIEW_NAME> [(<COLUMN_NAME1> [, <COLUMN_NAME2>] …)]
AS          <SELECT_EXPREESION>
[WITH CHECK OPTION];

DROP VIEW <VIEW_NAME> [CASCADE];
```

3.6.2 视图和表的区别

表是内模式，视图是外模式。

表只用物理空间而视图不占用物理空间，视图只是逻辑概念的存在，表可以及时对它进行修改，但视图只能有创建的语句来修改。

视图是查看数据表的一种方法，可以查询数据表中某些字段构成的数据，只是一些 SQL 语句的集合。从安全的角度说，视图可以不给用户接触数据表，从而不知道表结构。

表属于全局模式中的表，是实表；视图属于局部模式的表，是虚表。

视图的建立和删除只影响视图本身，不影响对应的基本表。

3.6.3 视图的作用

① 简化用户操作；

② 使用户从多个角度看待同一数据；

③ 对重构数据库提供了一定程度的逻辑独立性；

④ 对机密数据提供安全保护；

⑤ 更清晰地表达数据。

4 数据库的安全性和完整性

4.1 安全性

4.1.1 授权

```
GRANT   <权限> [,<权限>]...
ON      <对象类型> <对象名> [, <对象类型> <对象名>]...
TO      <用户> [,<用户>]... [WITH GRANT OPTION]
```

4.1.2 回收

```
REVOKE  <权限> [,<权限>]...
ON      <对象类型> <对象名> [, <对象类型> <对象名>]...
FROM    <用户> [,<用户>]... [CASCADE|RESTRICT]
```

4.2 完整性

实体完整性；

参照完整性；

用户定义的完整性；

完整性约束命名子句：

```
CONSTRAINT <完整性约束条件名> [ PRIMARY KEY...|FOREIGN KEY...|CHECK...|NOT NULL|UNIQUE]
```

5 关系数据库理论

5.1 函数依赖

设$R(U)$是属性集U上的关系模式。X,Y是U的子集。若对于$R(U)$的任意一个可能的关系r，r中不可能存在两个元组在X上的属性值相等,而在Y上的属性值不等,则称X函数确定Y或Y函数依赖于X，记作$X \to Y$。X称为这个函数依赖的决定属性组。

如果$X \to Y$，$Y \subseteq X$，则称$X \to Y$为**平凡的函数依赖**，否则为**非平凡的函数依赖**。

关系模式$R(U)$中，如果$X \to Y$，而且Y不依赖于X的任何一个真子集X'，则称Y**完全函数依赖**于X，记作$X \xrightarrow{f} Y$。若Y不完全函数依赖于X，则称Y**部分函数依赖**于X，记作$X \xrightarrow{p} Y$。

在$R(U)$中，如果$X \to Y(Y$不属于且不依赖于$X)$，$Y \to Z$,且Z不属于Y，则称Z**传递函数依赖**于X。记作$X \xrightarrow{传递} Y$。

设K为关系模式$R < U, F >$中的属性或属性组合。若$K \xrightarrow{f} U$，则K称为R的一个侯选码。若关系模式R有多个候选码，则选定其中的一个作为主码。

5.2 范式

如果一个关系模式R的所有属性都是不可分的基本数据项，则$R \in 1NF$。

若关系模式$R \in 1NF$，且每一个非主属性都完全函数依赖于R的码，则$R \in 2NF$。

若$R \in 2NF$，且每个非主属性都不传递依赖于码，则$R \in 3NF$。

对关系模式$R \in 1NF$，若$X \to Y$且Y不属于X时，X必含有码，则$R \in BCNF$。

如果$R \in 3NF$，且R只有一个候选码，则$R \in BCNF$。

$$1NF \xrightarrow{\text{消除非主属性对码的部分函数依赖}} 2NF \xrightarrow{\text{消除非主属性对码的传递函数依赖}} 3NF \xrightarrow{\text{消除主属性对码的部分和传递函数依赖}} BCNF$$

6 数据库设计

需求分析阶段：分析客户的业务和数据处理需求。

概念结构设计阶段：设计数据库的 E-R 模型图，确认需求信息的正确和完整。

逻辑结构设计阶段：应用范式审核数据库结构。

物理结构设计阶段：物理实现数据库。

数据库实施。

数据库运行和维护。

其中前两个阶段独立于 DBMS，后四个阶段与 DBMS 有关。

7 数据库恢复与并发

7.1 事务

事务是系统或用户定义的一组操作序列。这些操作要么全做，要么全不做，是一个不可分割的工作单位。事务是恢复和并发控制的基本单位。

事务的四大特性（ACID）：

① 原子性(Atomicity)：事务是不可分割的数据库逻辑工作单位。事务中的所有操作要么成功执行，要么都不执行。

② 一致性(Consistency)：事务执行的结果应保证 DB 从一个一致性状态（正确状态）转到另一个一致性状态。

③ 隔离性(Isolation)：一个事务的执行不能被其它事务干扰。

④ 持续性(Durability)：一旦事务成功提交，对数据库的影响应是持久的。

7.2 故障种类

① 事务内部故障：溢出、发生死锁等。

② 系统故障：操作系统或 DBMS 代码错误、硬件错误、断电等。

③ 介质故障：磁盘损坏、磁头碰撞、瞬时强磁场干扰等。

④ 计算机病毒。

7.3 数据转储

转储是指 DBA 将整个数据库复制到磁带、磁盘或其他存储介质上保存起来的过程。备用的数据称为后备副本或后援副本。

静态转储：系统中无运行事务时执行的转储。转储期间不允许对数据库有任何存取、修改活动。得到的一定是一个数据一致性的副本。降低了数据库的可用性。

动态转储：转储操作与用户事务并发进行。转储期间允许对数据库进行存取或修改。不能保证副本中的数据正确有效。

利用动态转储得到的副本进行故障恢复：需要把动态转储期间各事务对数据库的修改活动登记到日志文件，后备副本加上日志文件才能把数据库恢复到某一时刻的正确状态。

海量转储：每次转储全部数据库。

增量转储：只转储上次转储后更新过的数据。

7.4 日志文件

日志文件是用来记录事务对数据库**更新操作**的文件。

事务故障恢复和系统故障恢复必须用日志文件。

在动态转储方式中必须建立日志文件，后备副本和日志文件结合起来才能有效地恢复数据库。在静态转储方式中，也可以建立日志文件。

7.5 故障恢复策略

事务故障：

撤消事务（UNDO）

系统故障：

事务未提交：撤消未完成事务（UNDO）

事务已提交：重做已完成事务（REDO）

介质故障：

重装后备副本

重做已完成事务（REDO） 恢复策略

7.6 并发操作

并发操作带来的三类数据不一致性：

① 丢失修改：写-写冲突；

② 不可重复读：读-写冲突；

③ 读脏数据：写-读冲突。

7.7 封锁类型与协议

排它锁：若事务 T 对数据对象 A 加上 X 锁，则只允许 T 读取和修改 A，其它任何事务都不能再对 A 加任何类型的锁，直到 T 释放 A 上的锁。保证 T 释放 A 上的锁之前其它事务不能再读取和修改 A。

共享锁：若事务 T 对数据对象 A 加上 S 锁，则事务 T 可以读 A 但不能修改 A，其它事务只能再对 A 加 S 锁，而不能加 X 锁，直到 T 释放 A 上的 S 锁。共享锁保证其它事务可以读 A，但在 T 释放 A 上的 S 锁之前不能对 A 做任何修改。

一级封锁协议：事务 T 在修改数据 R 之前必须先对其加 X 锁，直到事务结束才释放。一级封锁协议可防止丢失修改。一级封锁协议中，如果仅仅是读数据不对其进行修改，是不需要加锁的，所以它不能保证可重复读和不读“脏”数据。

二级封锁协议：一级封锁协议加上事务 T 在读取数据 R 之前必须先对其加 S 锁，读完后即可释放 S 锁。二级封锁协议可以防止丢失修改和读“脏”数据。二级封锁协议中，由于读完数据后即可释放 S 锁，所以它不能保证可重复读。

三级封锁协议：一级封锁协议加上事务 T 在读取数据 R 之前必须先对其加 S 锁，直到事务结束才释放。三级封锁协议可防止丢失修改、读脏数据和不可重复读。

活锁：某个事务永远处于等待封锁的状态。

活锁的避免：采用“先来先服务”策略。

死锁：当事务出现循环等待时，如不加干预，则会一直等待下去，形成死锁。

死锁的诊断与解除：超时法、等待图法。

7.8 串行调度和并发调度

串行调度：属于同一事务的操作紧挨在一起，对 n 个事务，可以有 n!个有效调度。

并行调度：来自不同事务的操作可以交叉执行。

可串行化调度：多个事务的并行执行是正确的，当且仅当其结果与按某一次序串行执行这些事务时的结果相同。

两段封锁协议：所有事务必须分两个阶段对数据项加锁和解锁：

① 对任何数据进行读写操作之前，事务首先要申请并获得对该数据的封锁；

② 释放一个封锁之后，事务不再申请和获得任何其他封锁。

两段锁的含义：事务分为两个阶段，第一阶段是获得封锁，也称为扩展阶段；第二阶段是释放封锁，也称为收缩阶段。

遵守两段锁协议的事务也可能会发生死锁。