

第5章 关系模式的规范化设计

5.1 知识图谱

1. 学习内容

关系模式的规范化设计的学习内容主要包括不良的关系模式设计可能带来的数据冗余、更新异常和数据不一致问题；数据依赖和范式的概念，关系模式规范化的过程；基于函数依赖的关系模式规范化设计理论：模式分解的概念、目标特性和分解算法。

2. 知识点

本章涉及的知识点主要包括：

- (1) 关系模式设计问题，数据冗余、更新异常、数据不一致问题。
- (2) 数据依赖的概念及类型，函数依赖、完全函数依赖、部分函数依赖和传递函数依赖的概念。
- (3) 范式的概念及其作用，第一范式(1NF)、第二范式(2NF)、第三范式(3NF)、BC 范式(BCNF)和第四范式(4NF)的概念及其相互关系，关系模式规范化的过程。
- (4) 逻辑蕴含、函数依赖集闭包、函数依赖集等价的概念，Armstrong 公理的推理规则，属性集闭包和最小函数依赖集的概念及求解算法。
- (5) 候选键的判定方法。
- (6) 模式分解的概念，无损连接分解、保持函数依赖分解目标特性，模式分解算法。

3. 知识点概念图

知识点涉及的概念及其概念间内涵可用概念图呈现，如图 5-1 所示。

4. 概念图解读

数据依赖是关系模式的要素，属性间的数据依赖有函数依赖、多值依赖和连接依赖等多种类型。

范式是关系模式属性间满足一定数据依赖约束的关系模式集合，范式有第一范式(1NF)、第二范式(2NF)、第三范式(3NF)、BC 范式(BCNF)和第四范式(4NF)等多个级别，且对关系模式的约束逐渐加强，范式之间形成一种包含关系。根据范式级别可判断关系模式的优劣。

在函数依赖范围内，属性间的非平凡函数依赖有完全函数依赖、部分函数依赖和传递函数依赖。一个属性间存在部分函数依赖或传递函数依赖的低级别范式，存在着数据冗余、更新异常和数据不一致等关系模式设计问题。利用模式分解的方法可将一个满足低级别范式的关系模式分解为若干满足高级别范式的关系模式，实现关系模式的规范化。为了保证关系模式分解前后的数据等价和语义等价，关系模式的分解可基于关系模式规范化设计理论，利用

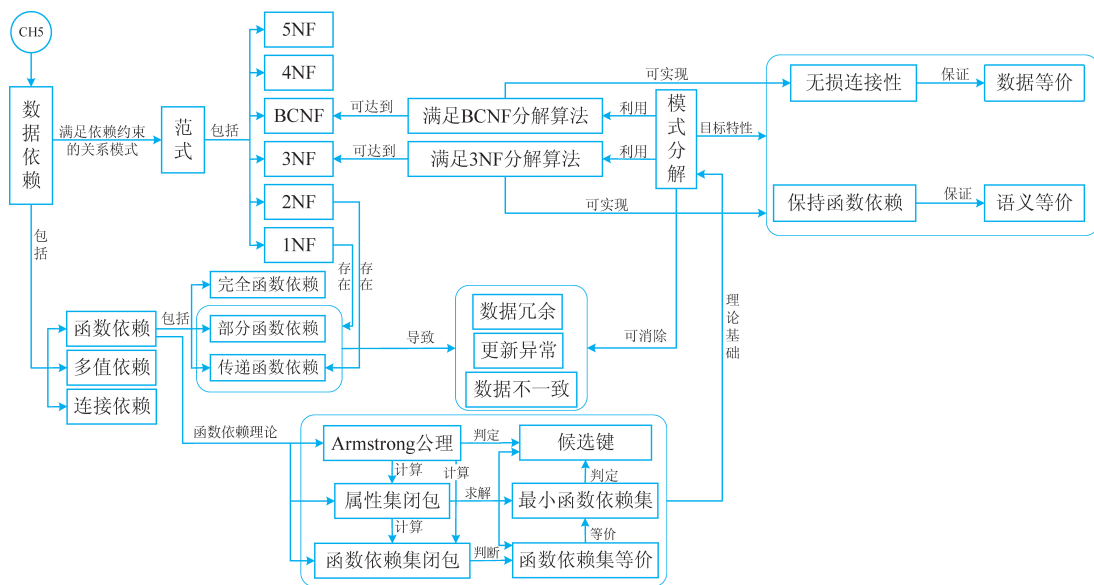


图 5-1 关系模式的规范化设计知识点概念图

Armstrong 公理的推理规则,可以得到关系模式 R 上属性集 X 关于函数依赖集 F 的闭包 X_F^+ ,以及函数依赖集 F 的闭包 F^+ ,若关系模式 R 上的两个函数依赖集的闭包相等,则这两个函数依赖集等价,每个函数依赖集至少等价一个最小函数依赖集 F_m ;在最小函数依赖集的基础上,可判定候选键、确定范式级别,并利用模式分解算法实现关系模式的规范化,将一个满足低级别范式的关系模式分解为既具有无损连接性,又能保证保持函数依赖满足 3NF 的关系模式集合,或分解为具有无损连接性但不能保证保持函数依赖的满足 BCNF 的关系模式集合。

关系模式规范化理论为关系数据库设计提供了理论的指南和工具,在实际的数据库设计工作中,可采用符合规范化设计理论的更容易使用的方法。

5.2 习题

一、填空题

1. 一个只满足 1NF 的关系模式可能存在数据冗余问题而导致存储空间浪费,还可能出现更新异常和_____问题。更新异常包括_____和_____。
2. 关系模式的设计需要考虑关系属性间的依赖关系,属性间的数据依赖有多种类型,其中最主要的是_____依赖。
3. 满足 1NF、2NF 和 3NF 的关系模式集合之间是一种_____关系。
4. 在函数依赖的范围内,_____NF 达到了最高的规范化程度。
5. 若关系模式 R 的所有属性都是不可再分的数据项,则称 R 属于第_____范式。
6. 满足 1NF 的关系模式消除非主属性对候选键的_____函数依赖后,范式等级可提高至 2NF。
7. 关系模式由 2NF 转换为 3NF 是消除了非主属性对候选键的_____。
8. 如果关系模式 R 中的所有属性都是主属性,则 R 至少达到第_____范式。
9. 如果一个关系模式的候选键由所有属性构成,则该关系模式最低可满足_____。

范式。

10. 若关系模式 R 的候选键都为单属性,则 R 最低达到第_____范式。
11. 若关系模式 $R \in 1NF$,且对于每个非平凡的函数依赖 $X \rightarrow Y$,都有 X 包含候选键,则 R 一定可以达到_____NF。
12. 已知关系模式 $R(A, B, C, D)$ 和 R 上的函数依赖集 $F = \{A \rightarrow CD, C \rightarrow B\}$,则 $R \in$ _____NF。
13. 给定关系模式 $R(U, F)$,其中 $U = ABCDE, F = \{AB \rightarrow DE, AC \rightarrow E, AD \rightarrow B, B \rightarrow C, C \rightarrow D\}$,则 R 的所有候选键是_____,关系模式 R 可满足_____NF。
14. 现有职工关系 R (工号,姓名,工程,定额),其中每个职工有唯一工号,存在同名职工,每个职工只参与一个工程,每个工程有一个定额,则关系 R 最高可达到_____NF。
15. 关系模式由 3NF 转换为 BCNF 是消除了_____。
16. F 中的函数依赖所蕴含的所有的函数依赖的集合称为 F 的_____,_____为计算 F^+ 提供了一个有效且完备的基础理论。
17. 当且仅当两个函数依赖集的_____相等时,这两个函数依赖集等价。
18. 若关系 R 的属性集 A 函数决定 R 中所有的其他属性,则 A 为关系 R 的一个_____。
19. 关系模式的规范化是通过_____实现的。
20. 若要使关系模式的分解既具有无损连接性又保持函数依赖,则分解之后的关系模式能达到_____NF。

二、选择题

1. 关系模式规范化理论是为解决关系模式设计存在的_____等问题而引入的。
 - A. 数据冗余、更新异常和数据不一致
 - B. 查询速度低
 - C. 数据操作的复杂性
 - D. 数据的安全性和完整性差
2. 关系模式设计得不好导致的删除异常是指_____。
 - A. 不该删除的数据被删除
 - B. 无法删除任何数据
 - C. 应该删除的数据未被删除
 - D. 删除了含 NULL 值的数据
3. 关系模式设计得不好导致的插入异常是指_____。
 - A. 插入了错误数据
 - B. 不该插入的数据被插入
 - C. 插入了不规范的数据
 - D. 应该插入的数据未被插入
4. 在关系模式 R 中,函数依赖 $X \rightarrow Y$ 的语义是_____。
 - A. 在 R 的某一关系实例中,若两个元组的 X 值相等,则 Y 值也相等
 - B. 在 R 的每一关系实例中,若任意两个元组的 X 值相等,则 Y 值也相等
 - C. 在 R 的某一关系实例中, Y 值应与 X 值相等
 - D. 在 R 的每一关系实例中, Y 值应与 X 值相等
5. 关系模型要求元组的每个分量的值必须是原子性的。下列对原子性的解释不正确的是_____。
 - A. 每个属性都没有内部结构
 - B. 每个属性都不可再分解
 - C. 每个属性不能有多个值
 - D. 属性值不允许为 NULL
6. 任何一个满足 2NF 但不满足 3NF 的关系模式都不存在_____。
 - A. 主属性对候选键的部分依赖
 - B. 非主属性对候选键的部分依赖

- C. 主属性对候选键的传递依赖 D. 非主属性对候选键的传递依赖
7. 下列函数依赖属于平凡函数依赖的是_____。
- A. $(Sno, Cname, Grade) \rightarrow (Cname, Grade)$ B. $(Sno, Cname) \rightarrow (Cname, Grade)$
 C. $(Sno, Cname) \rightarrow (Sname, Grade)$ D. $(Sno, Sname) \rightarrow (Sno, Sname, Cname)$
8. 若 $X \rightarrow Y$, 且没有 X 的真子集也函数决定 Y , 则 Y _____ 于 X 。
- A. 部分函数依赖 B. 完全函数依赖 C. 传递函数依赖 D. 平凡函数依赖
9. 关系模式的各范式之间的关系是_____。
- A. $1NF \subseteq 2NF \subseteq 3NF$ B. $1NF = 2NF = 3NF$
 C. $3NF \subseteq 2NF \subseteq 1NF$ D. 没有包含关系
10. 将满足 3NF 的关系模式_____后, 可将其规范化到 BCNF。
- A. 消除非主属性对候选键的部分函数依赖
 B. 消除非主属性对候选键的传递函数依赖
 C. 消除主属性对候选键的部分和传递函数依赖
 D. 消除非平凡且非函数依赖的多值依赖
11. 若关系模式 $R(A, B, C)$ 的属性 A, B, C 之间没有任何函数依赖关系, 则下列叙述中正确的是_____。
- A. R 属于 1NF 但不一定属于 2NF B. R 属于 2NF 但不一定属于 3NF
 C. R 属于 3NF 但不一定属于 BCNF D. R 属于 BCNF
12. 属于 BCNF 的关系模式_____。
- A. 已消除了插入、删除异常
 B. 已消除了插入、删除异常和数据冗余
 C. 仍然存在插入、删除异常
 D. 在函数依赖范畴内, 已消除插入和删除的异常
13. 3NF _____ 可规范为 4NF。
- A. 消除非主属性对候选键的部分函数依赖
 B. 消除非主属性对候选键的传递函数依赖
 C. 消除主属性对候选键的部分和传递函数依赖
 D. 消除非平凡且非函数依赖的多值依赖
14. 关系模式 R 中若没有非主属性, 则_____。
- A. R 属于 2NF 但不一定属于 3NF B. R 属于 3NF 但不一定属于 BCNF
 C. R 属于 BCNF 但不一定属于 4NF D. R 属于 4NF
15. 对于关系模式 $R(U)$, 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_____。
- A. Y 函数依赖于 X B. Y 对 X 完全函数依赖
 C. X 为 U 的候选键 D. R 属于 2NF
16. 具有多值依赖的关系模式仍存在_____问题。
- A. 插入异常 B. 删除异常
 C. 数据冗余 D. 更新异常、数据冗余
17. 当属性 B 函数依赖于属性 A 时, 属性 A 与 B 的值是_____。
- A. 一对多 B. 多对一 C. 多对多 D. 以上都不是

18. 若有关系模式 $R(A, B, C, D)$, R 上的函数依赖集 $F = \{A \rightarrow C, AD \rightarrow B\}$, 则 R 达到的最高范式是_____。

- A. 1NF B. 2NF C. 3NF D. BCNF

19. 有关系模式 $R(C, T, H, I, S)$, R 上存在函数依赖 $\{C \rightarrow T, (H, I) \rightarrow C, (H, T) \rightarrow I, (H, S) \rightarrow I\}$, 则关系模式 R 达到的最高范式是_____。

- A. 1NF B. 2NF C. 3NF D. BCNF

20. 对于关系模式 $R(A, B, C, D, E)$, R 上的函数依赖集 $F = \{A \rightarrow C, BC \rightarrow D, CD \rightarrow A, AB \rightarrow E\}$, 则关系模式 R 达到的最高范式是_____。

- A. 1NF B. 2NF C. 3NF D. BCNF

21. 给定关系模式 $SCP(Sno, Cno, P)$, 其中 Sno 表示学号, Cno 表示课程号, P 表示名次。若每名学生每门课程有一定的名次, 每门课程每一名次只有一名学学生, 则以下叙述中错误的是_____。

- A. (Sno, Cno) 和 (Cno, P) 都可作为候选键
B. (Sno, Cno, P) 是唯一的候选键
C. 关系模式 SCP 属于 BCNF
D. 关系模式 SCP 没有非主属性

22. 给定关系模式 $R(U, F)$, 其中属性集 $U = \{A, B, C, D, E, G, H\}$, 函数依赖集 $F = \{A \rightarrow B, AE \rightarrow H, BG \rightarrow DC, E \rightarrow C, H \rightarrow E\}$, 下列函数依赖不成立的是_____。

- A. $A \rightarrow AB$ B. $H \rightarrow C$ C. $ABE \rightarrow C$ D. $A \rightarrow BH$

23. 设关系模式 $R(U, F)$, X, Y, Z, W 是 U 上的属性组, 则下列结论正确的是_____。

- A. 若 $WX \rightarrow Y, Y \rightarrow Z$ 成立, 则 $X \rightarrow Z$ 成立
B. 若 $WX \rightarrow Y, Y \rightarrow Z$ 成立, 则 $W \rightarrow Z$ 成立
C. 若 $X \rightarrow Y, WY \rightarrow Z$ 成立, 则 $XW \rightarrow Z$ 成立
D. 若 $X \rightarrow Y, Z \subseteq U$ 成立, 则 $X \rightarrow YZ$ 成立

24. 下面关于函数依赖的推理, 不正确的是_____。

- A. 若 $X \rightarrow Y, X \rightarrow Z$, 则 $X \rightarrow YZ$ B. 若 $XY \rightarrow Z$, 则 $X \rightarrow Z, Y \rightarrow Z$
C. 若 $X \rightarrow Y, Y \rightarrow Z$, 则 $X \rightarrow Z$ D. 若 $X \rightarrow Y, Y' \subset Y$, 则 $X \rightarrow Y'$

25. 已知关系 $R(A, B, C, D, E, F)$ 上的函数依赖集 G 为 $\{A \rightarrow C, BC \rightarrow DE, D \rightarrow E, CF \rightarrow B\}$, 则属性集 AB 关于函数依赖集 G 的闭包是_____。

- A. $ABCDEF$ B. $ABCDE$ C. ABC D. AB

26. 若 F 是某个关系模式的最小函数依赖集, 则下列说法错误的是_____。

- A. F 中每个函数依赖的左部都是单个属性
B. F 中每个函数依赖的右部都是单个属性
C. F 中每个函数依赖的左部没有冗余的属性
D. F 中每个函数依赖都不是冗余的

27. 已知关系模式 $R(A, B, C, D, E, G, H)$, 函数依赖集 F 为 $\{AD \rightarrow EH, DC \rightarrow BH, H \rightarrow G, D \rightarrow H, A \rightarrow D\}$, 则 F 的最小函数依赖集是_____。

- A. $\{A \rightarrow E, CD \rightarrow B, H \rightarrow G, D \rightarrow H, A \rightarrow D\}$
B. $\{AD \rightarrow E, AD \rightarrow H, CD \rightarrow H, CD \rightarrow B, H \rightarrow G, D \rightarrow H, A \rightarrow D\}$
C. $\{AD \rightarrow E, CD \rightarrow B, H \rightarrow G, D \rightarrow H, A \rightarrow D\}$

D. $\{A \rightarrow E, AD \rightarrow H, CD \rightarrow B, H \rightarrow G, D \rightarrow H, A \rightarrow D\}$

28. 对于关系模式 $R(A, B, C, D, E)$, R 上的函数依赖集 $F = \{A \rightarrow C, BC \rightarrow D, CD \rightarrow A, AB \rightarrow E\}$, 则关系 R 的候选键包括_____。

I. (A, B) II. (A, D) III. (B, C) IV. (C, D) V. (B, D)

A. 仅 III B. I 和 III C. I、II、IV D. II、III、V

29. 关系模式分解的无损连接和保持函数依赖两个特性之间_____。

A. 若分解无损, 则保持函数依赖 B. 若保持函数依赖, 则分解无损
C. 二者同时成立, 或同时不成立 D. 没有必然联系

30. 数据等价是指分解前后的关系实例表示相同的信息内容, 用_____特性衡量。

A. 保持语义 B. 保持数据 C. 无损连接性 D. 保持函数依赖

31. 语义等价是指分解前后的关系模式上的函数依赖集等价, 即有相同的函数依赖集闭包, 用_____特性衡量。

A. 保持语义 B. 保持数据 C. 无损连接性 D. 保持函数依赖

32. 设关系模式 $R(A, B, C, D)$, F 是 R 上成立的函数依赖集, $F = \{AB \rightarrow C, D \rightarrow B\}$, 那么 F 在 ACD 上的投影为_____。

A. $\{AB \rightarrow C, D \rightarrow B\}$ B. $\{AC \rightarrow D\}$
C. $\{AD \rightarrow C\}$ D. ϕ (不存在非平凡的 FD)

33. 给定关系模式 $R(U, F)$, $U = \{A, B, C, D, E\}$, 函数依赖 $F = \{B \rightarrow A, D \rightarrow A, A \rightarrow E, AC \rightarrow B\}$ 。

(1) 关系模式 R 的候选键是_____。

A. CD B. ABD C. ACD D. ADE

(2) 若将 R 分解为 $\rho = \{R_1(ABCE), R_2(CD)\}$, 则分解 ρ _____。

A. 具有无损连接性, 保持函数依赖
B. 具有无损连接性, 不保持函数依赖
C. 不具有无损连接性, 保持函数依赖
D. 不具有无损连接性, 不保持函数依赖

34. 给定关系模式 $R(U, F)$, $U = \{A, B, C, D\}$, 函数依赖 $F = \{AB \rightarrow C, CD \rightarrow B\}$ 。若将 R 分解为 $\rho = \{R_1(ABC), R_2(BCD)\}$, 则分解 ρ _____。

A. 具有无损连接性, 保持函数依赖 B. 具有无损连接性, 不保持函数依赖
C. 不具有无损连接性, 保持函数依赖 D. 不具有无损连接性, 不保持函数依赖

35. 下列关于模式分解的说法, 不正确的是_____。

A. 若分解保持函数依赖, 关系模式总可以分解到 3NF
B. 若分解具有无损连接性, 关系模式一定能分解到 BCNF
C. 若分解要保持函数依赖且具有无损连接性, 则关系模式可以分解到 3NF
D. 若分解要保持函数依赖且具有无损连接性, 则关系模式一定达不到 BCNF

36. 已知关系模式 $R(A, B, C, D, E)$ 及 R 上的函数依赖集 $F = \{A \rightarrow C, BC \rightarrow D, CD \rightarrow A, AB \rightarrow E\}$, 现将关系模式 R 分解为两个关系模式 $R_1(A, C)$, $R_2(A, B, D, E)$, 则分解后规范化程度最高可达到_____。

A. 1NF B. 2NF C. 3NF D. BCNF

37. 若关系模式 $R(A, B, C, D, E, F)$ 上存在函数依赖集 $\{B \rightarrow CE, AC \rightarrow F, BF \rightarrow D\}$, 则

R 的一个满足 3NF 的既保持函数依赖又具有无损连接性的分解是_____。

- A. $\rho = \{R_1(B, C, E), R_2(A, D, F), R_3(B, D, F)\}$
- B. $\rho = \{R_1(B, C, E), R_2(A, C, F), R_3(B, D, F), R_4(A, B)\}$
- C. $\rho = \{R_1(B, C, E), R_2(A, B, C, D, F)\}$
- D. $\rho = \{R_1(A, B, C, E), R_2(B, D, F)\}$

38. 将一个关系 R 分解成两个关系 R_1 和 R_2 , 再将分解之后的两个关系 R_1 和 R_2 进行自然连接, 得到的结果如果比原关系 R 元组少, 则称这种分解为_____。

- A. 保持函数依赖的分解
- B. 不保持函数依赖的分解
- C. 无损连接的分解
- D. 有损连接的分解

三、简答题

1. 理解并给出下列术语的定义:

函数依赖、部分函数依赖、完全函数依赖、传递函数依赖、候选键、1NF、2NF、3NF、BCNF、多值依赖、4NF。

2. 拟建立一个关于系、学生、班级、学会等信息的关系数据库, 其中,

- 描述学生的信息有: 学号、姓名、出生年月、系名、班级号、宿舍区;
- 描述班级的信息有: 班级号、专业名、系名、人数、入校年份;
- 描述系的信息有: 系名、系号、系办公室地点、人数;
- 描述学会的信息有: 学会名、成立年份、地点、人数。

有关语义如下: 一个系有若干专业, 每个专业每年只招一个班级, 每班级有若干学生。一个系的学生住在同一宿舍区。每个学生可参加若干学会, 每个学会有若干学生。学生参加某学会会有一个入会年份。

请设计数据库可能的关系模式, 指出在关系模式中是否存在非主属性对候选键的传递函数依赖, 对于函数依赖左部存在多属性的情况, 讨论函数依赖是完全函数依赖, 还是部分函数依赖。指出各关系模式的候选键、外键, 有没有全键存在?

3. 下面的结论哪些是正确的? 哪些是错误的? 对于错误的结论, 请给出一个反例说明。

- (1) 任何一个二目关系都是属于 3NF 的。
- (2) 任何一个二目关系都是属于 BCNF 的。
- (3) 任何一个二目关系都是属于 4NF 的。
- (4) 当且仅当函数依赖 $A \rightarrow B$ 在 R 上成立, 关系 $R(A, B, C)$ 等于其投影 $R_1(A, B)$ 和 $R_2(A, C)$ 的连接。
- (5) 若 $R.A \rightarrow R.B, R.B \rightarrow R.C$, 则 $R.A \rightarrow R.C$ 。
- (6) 若 $R.A \rightarrow R.B, R.A \rightarrow R.C$, 则 $R.A \rightarrow R.(B, C)$ 。
- (7) 若 $R.B \rightarrow R.A, R.C \rightarrow R.A$, 则 $R.(B, C) \rightarrow R.A$ 。
- (8) 若 $R.(B, C) \rightarrow R.A$, 则 $R.B \rightarrow R.A, R.C \rightarrow R.A$ 。

四、计算题

1. 设关系模式 $R(U, F)$, 其中, $U = (H, I, J, K, L, M)$, $F = \{H \rightarrow I, K \rightarrow H, LM \rightarrow K, I \rightarrow L, KH \rightarrow M\}$, 确定 R 的候选键。

2. 设有关系模式 $R(XYZ)$, F 是 R 上的函数依赖集, $F = \{XY \rightarrow Z, Z \rightarrow X\}$ 。 R 被分解为

$\rho = \{R_1(XY), R_2(XZ)\}$, 判断该分解是否保持函数依赖。

3. 有关系模式 $R(U, F)$, $U = \{A, B, C, D, E\}$, $F = \{A \rightarrow C, C \rightarrow D, B \rightarrow C, DE \rightarrow C, CE \rightarrow A\}$ 。

(1) 给出 R 的候选键, 判断 R 的范式级别。

(2) 判断 R 的一个分解 $\rho = \{R_1(AD), R_2(AB), R_3(BC), R_4(CDE), R_5(AE)\}$ 是否为无损连接分解。

(3) 若 R 不满足 BCNF, 则将 R 分解为 BCNF, 并使之具有无损连接性。

4. 设有关系模式 $R(U, F)$, 其中 $U = ABCDE$, $F = \{A \rightarrow B, BC \rightarrow E, ED \rightarrow AB\}$ 。

(1) 计算 $(CD)_F^+$ 、 $(CDE)_F^+$ 、 $(ACD)_F^+$ 及 $(BCD)_F^+$ 。

(2) 给出 R 的所有候选键, 说明判定理由。

(3) 判断 R 最高满足第几范式? 说明理由。

(4) 若 R 不满足 BCNF, 试改进该关系模式设计。

5. 假设为自学考试成绩管理设计了一个关系 $R(S\#, SN, C\#, CN, G, U)$, 其属性的含义依次为考生号、姓名、课程号、课程名、分数和主考学校名称。规定每个学生学习一门课程只有一个分数; 一个主考学校主管多门课程的考试, 且一门课程只能属于一个主考学校管理; 每名考生有唯一的考生号, 每门课程有唯一的课程号。

(1) 根据题目所描述的语义写出关系模式 R 的基本函数依赖集。

(2) 确定关系模式 R 的候选键。

(3) 判断关系模式 R 最高达到第几范式, 说明理由。

(4) 若 R 达不到 3NF, 将 R 规范化为 3NF, 并具有无损连接性和保持函数依赖特性。

6. 关系模式 $R(U, F)$ 中, $U = ABCDEG$, $F = \{AD \rightarrow E, AC \rightarrow E, BC \rightarrow G, BCD \rightarrow AG, BD \rightarrow A, AB \rightarrow G, A \rightarrow C\}$, 完成下列问题:

(1) 判断 F 是否为最小函数依赖集。若不是, 请给出 F 的最小函数依赖集。

(2) 确定 R 的候选键, 并判断 R 最高满足第几范式, 说明理由。

(3) 如果关系模式 R 不属于 3NF, 请将 R 分解为满足 3NF 的关系模式集合, 并且使分解具有无损连接性和保持函数依赖特性。

7. 有一小区物业拟建立一个信息系统, 对每年停车位的租用和收费进行管理, 业主所租车位通过抽签决定。系统所管理的信息需求分析结果如下。

(1) 业主信息包括业主姓名、身份证号、联系电话、房号、房屋面积, 其中房号不重复。一名业主可能在小区内有多套房屋, 一套房屋在系统中只登记一名业主。

(2) 所有车位都有固定的编号, 且同一年度所有车位的出租费用相同, 但不同年份的出租费用可能不同。

(3) 所有车位都参与每年的抽签分配。每套房屋每年只有一次抽签机会。抽中车位的业主需一次性缴纳全年的车位使用费用, 且必须指定唯一的汽车使用该车位, 需确认汽车车牌号、汽车的品牌和颜色。

(4) 小区车辆出入口设有车牌识别系统, 可以实时识别进出的汽车车牌号。

根据上述需求描述, 设计出如下关系模式:

业主(业主身份证号, 业主姓名, 联系电话, 房号, 房屋面积)

车位(车位编号, 房号, 车牌号, 汽车品牌, 汽车颜色, 使用年份, 费用)

请回答以下问题:

(1) 指出关系模式“业主”和“车位”的候选键, 判定其所满足的范式, 若不满足 BCNF, 则

将其进一步规范化。

(2) 若要管理临时车辆进出小区,按照进入和离开小区的时间进行收费(每小时 2 元),请对数据库模式进行修改,增加相应的关系模式。

五、证明题

1. 在关系模式 $R(U, F)$ 中, $X \rightarrow A \in F$, 求证: F 与 $G = F - \{X \rightarrow A\}$ 等价的充要条件是 $A \in X_G^+$ 。

2. 在关系模式 $R(U, F)$ 中, $X \subseteq U$, Z 是 X 的真子集, 求证: F 与 $\{F - \{X \rightarrow A\}\} \cup \{Z \rightarrow A\}$ 等价的充要条件是 $A \in Z_F^+$ 。

六、思考题

对于函数依赖集 $F = \{B \rightarrow CD, C \rightarrow D, DE \rightarrow C, CE \rightarrow AB, E \rightarrow C\}$, 其显然不是一个最小函数依赖集。若采用“定理: 每一个函数依赖集 F 都等价于一个最小函数依赖集 F_m ”的构造证明方法, 严格按其步骤对 F 进行最小化处理, 请判断结果是否为 F 的最小函数依赖集, 并对结论做进一步研究。

附: 最小函数依赖集 F_m 的构造证明方法。

证明: 这是一个构造性的证明, 只对 F 进行最小化处理, 找出 F 的一个最小函数依赖集即可。

(1) 对 F 中的每个函数依赖 $X \rightarrow Y$, 若 $Y = A_1 A_2 \cdots A_k, k \geq 2, A_i$ 为单一属性, 则用 $\{X \rightarrow A_i \mid i = 1, 2, \dots, k\}$ 取代 $X \rightarrow Y$, 完成右部属性单一化处理。

(2) 对 F 中的每个函数依赖 $X \rightarrow A$, 令 $G = F - \{X \rightarrow A\}$, 若 $A \in X_G^+$, 说明 $X \rightarrow A$ 为 G 所蕴含, 则 F 与 $F - \{X \rightarrow A\}$ 等价, 从 F 中去掉此函数依赖 $X \rightarrow A$ 。

(3) 对 F 中的每个函数依赖 $X \rightarrow A$, 若 $X = B_1 B_2 \cdots B_k$, 对每个 $B_i (i = 1, 2, \dots, k)$, 若 $A \in (X - B_i)_F^+$, 说明 $(X - B_i) \rightarrow A$ 为 F 所蕴含, 函数依赖 $X \rightarrow A$ 的左部是可约的, F 与 $F - \{X \rightarrow A\} \cup \{(X - B_i) \rightarrow A\}$ 等价, 则以 $X - B_i$ 取代 X 。

最后总能得到 F 的一个最小函数依赖集, 其中, 每个函数依赖的右部只含有一个属性, 函数依赖的左部也是不可约的, 从 F 中删除任何一个函数依赖都不能与 F 等价, 且对 F 的每一次构造都保证了前后函数依赖集的等价。

5.3 参考答案

一、填空题

1. 数据不一致、插入异常、删除异常
2. 函数
3. 包含
4. BC
5. 一
6. 部分
7. 传递函数依赖
8. 三
9. BC
10. 二
11. BC
12. 2
13. $AB/AC/AD$ 、3
14. 2
15. 决定属性为非候选键的函数依赖/主属性对候选键的部分依赖或传递依赖
16. 闭包、Armstrong 公理
17. 闭包
18. 候选键
19. 模式分解
20. 3

二、选择题

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	A	A	D	B	D	B	A	B	C	C
题号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
答案	D	D	D	B	A	D	B	A	B	A
题号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
答案	B	D	C	B	B	A	A	B	D	C
题号	31	32	33(1)-(2)		34	35	36	37	38	
答案	D	C	A	D	C	D	D	B	D	

三、简答题

1. 理解并给出下列术语的定义。

答：(1) 函数依赖：设有关系模式 R ，其属性集为 U ， X 、 Y 是 U 的子集 $X \subseteq U$ 、 $Y \subseteq U$ 。对于 R 的任意可能的关系实例 $r(R)$ 及其中任意两个元组 $t_1 \in r$ 、 $t_2 \in r$ ，若 $t_1[X] = t_2[X]$ ，则 $t_1[Y] = t_2[Y]$ ，称 Y 函数依赖于 X ，或 X 函数决定 Y ，记为 $X \rightarrow Y$ 。 X 称为决定子，也称决定因素。若 $X \rightarrow Y$ ， $Y \rightarrow X$ ，则记作 $X \leftrightarrow Y$ 。

(2) 部分函数依赖与完全函数依赖：设 X 、 Y 是关系 R 的属性集，且 $X \neq Y$ ，若 $X \rightarrow Y$ ，且不存在 $X' \subseteq X$ ，使 $X' \rightarrow Y$ ，则称 Y 完全函数依赖于 X ，记为 $X \xrightarrow{f} Y$ ；否则称 Y 部分函数依赖于 X ，记为 $X \xrightarrow{p} Y$ 。完全函数依赖意指 Y 不函数依赖于 X 的任何子属性(集)，而部分函数依赖则指 Y 函数依赖于 X 的部分属性(集)。当 X 是单属性时， $X \rightarrow Y$ 必为完全函数依赖。

(3) 传递函数依赖：在 $R(U)$ 中， $X \subseteq U$ 、 $Z \subseteq U$ ，若存在 $Y \subseteq U$ ， $Y \not\subseteq X$ ， $Z \not\subseteq Y$ ，使得 $X \rightarrow Y$ ， $Y \rightarrow Z$ ，且 $Y \nrightarrow X$ ，则称 Z 传递函数依赖于 X ，可记为 $X \xrightarrow{t} Z$ 。

(4) 候选键：候选键是能唯一标识一个元组的最小属性集。设 K 为 $R(U, F)$ 中的属性或属性组，若 $K \xrightarrow{f} U$ ，即 K 完全函数决定关系的所有其他属性，则称 K 为 R 的候选键。

(5) 1NF：对于关系模式 R ，当且仅当 R 中的每个属性对应的域是原子的，即域中的值都是不可分割的，则称该关系模式 R 属于第一范式，即 $R \in 1NF$ 。第一范式是关系模式需要满足的最低要求。严格地说，不满足 1NF 的关系模式就不是规范化的。

(6) 2NF：对于关系模式 R ，当且仅当 $R \in 1NF$ ，且 R 中每一个非主属性都完全函数依赖于候选键时，该关系模式 R 属于第二范式，即 $R \in 2NF$ 。

(7) 3NF：对于关系模式 R ，当且仅当 $R \in 2NF$ ，且 R 中所有非主属性都不传递函数依赖于候选键时，该关系模式 R 属于第三范式，记为 $R \in 3NF$ ，即满足 3NF 的关系模式的每一个非主属性既不部分函数依赖于候选键，也不传递函数依赖于候选键。

(8) BCNF：对于关系模式 R ，若 $X \rightarrow Y$ ， $Y \not\subseteq X$ 时， X 必含有候选键，即 R 中的所有非平凡的、完全的函数依赖的决定因素是候选键，则 $R \in BCNF$ 。

(9) 多值依赖：对于关系模式 $R(U)$ ， X 、 Y 、 $Z \subseteq U$ ，且 $Z = U - X - Y$ ，当且仅当对于 R 的