

例：设有关系模式  $CTHRSG(C, T, H, R, S, G)$ ，满足下列

函数依赖：

$C \rightarrow T$  每门课程仅有一位教师讲授

$HR \rightarrow C$  在任一时间，每个教室只能上一门课程

$HT \rightarrow R$  在一个时间，一位教师只能在一个教室

上课

$CS \rightarrow G$  每个学生的每门课程只有一个成绩

$HS \rightarrow R$  在一个时间，每个学生只能在一个教室  
内听课  $= \{ C \rightarrow T, HR \rightarrow C, HT \rightarrow R, CS \rightarrow G, HS \rightarrow R \}$

将其分解成  $BCNF$ ，且分解具有连接不失真性(无损)。



解：(1) 求所有候选关键字 **HS**

(2) 分解

**CTHRSG**

**Key**=HS

$C \rightarrow T, HR \rightarrow C, HT \rightarrow R, \textcolor{violet}{CS} \rightarrow \textcolor{violet}{G}, HS \rightarrow R$

**CSG**

**Key**=CS

$CS \rightarrow G$

**CTHRS**

**Key**=HS

$\textcolor{violet}{C} \rightarrow \textcolor{violet}{T}, HR \rightarrow C, HT \rightarrow R, HS \rightarrow R$

**CHR**

**Key**=CH,HR

$CH \rightarrow R, HR \rightarrow C$

**CT**

**Key**=C

$C \rightarrow T$

**CHRS**

**Key**=HS

$HR \rightarrow C, HS \rightarrow R, \textcolor{violet}{CH} \rightarrow \textcolor{violet}{RR}$

**CHS**

**Key**=HS

$HS \rightarrow C$

$\therefore$  CTHRSG <sup>分解</sup>  $\rightarrow$  CSG , CT , CHR ,  
CHS

CSG : 学生的各门课程成绩 ;

CT : 各门课的任课教师 ;

CHR : 每门课程的上课时间和每个时间的上课教室 ;

CHS : 每个学生的上课时间表

? 函数依赖  $HT \rightarrow R$

设有关系模式R(ABCD)，其上的FD集

$$F=\{A\rightarrow B, B\rightarrow C, D\rightarrow B\}。$$

参考答案：

①R分解成 $\rho = \{ACD, BD\}$ ，试求F在ACD和BD上的投影。

**解：**实际是求 $F^+$ 在ACD和BD上的投影

设： $R_1(ACD)$ ， $R_2(BD)$

由推理规则： $F_1=\{A\rightarrow C, D\rightarrow C\}$  ←传递性

$$F_2=\{D\rightarrow B\}$$

$R(ABCD), F=\{A \rightarrow B, B \rightarrow C, D \rightarrow B\}.$

$F_1=\{A \rightarrow C, D \rightarrow C\}, F_2=\{D \rightarrow B\}$

②ACD和BD是BCNF吗？如不是，试分解成BCNF。

**解：**分析出码→分析函数依赖类型或按定义→判断范式

(a)用推理规则或求属性闭包法找出键

**Key<sub>1</sub>: AD** \*不在任何函数依赖中的属性应列入键中

**Key<sub>2</sub>: D**

(b) **对R<sub>1</sub>、F<sub>1</sub> :**  $AD \xrightarrow{p} C$  部分依赖 1NF

**分解方法：算法6.5**

$\rho_1 = \{AC, AD\}$  或  $\{AD, DC\}$

**对R<sub>2</sub>、F<sub>2</sub> :** 按定义6.8 **达BCNF**

设有R(职工编号, 日期, 日营业额, 部门名, 部门经理)。

每职工每天一营业额: (职工编号, 日期) → 日营业额

每职工只在一部门工作: 职工编号 → 部门名

每部门名只有一位部门经理: 部门名 → 部门经理

参考答案:

### (1)R的基本函数依赖集

**F**={(职工编号, 日期) → 日营业额,  
职工编号 → 部门名,  
部门名 → 部门经理}

**Key:** (职工编号, 日期)

(2)  $\therefore (\text{职工编号}, \text{日期}) \xrightarrow{p} \text{部门名} \quad \therefore 1\text{NF}$

$(\text{职工编号}, \text{日期}) \xrightarrow{p} \text{部门经理}$

**消除部分依赖**     $\text{职工编号} \rightarrow (\text{部门名}, \text{部门经理})$

$\rho = \{R_1, R_2\} = \{(\text{职工编号}, \text{日期}, \text{日营业额}),$   
 $(\text{职工编号}, \text{部门名}, \text{部门经理})\}$

$F_1 = \{(\text{职工编号}, \text{日期}) \rightarrow \text{日营业额}\}$

**Key1:**  $(\text{职工编号}, \text{日期})$ ,  $R_1$  无部分依赖, 达2NF

$F_2 = \{\text{职工编号} \rightarrow \text{部门名}, \text{部门名} \rightarrow \text{部门经理}\}$

**Key2:** 职工编号,  $R_2$  无部分依赖, 达2NF

### (3)分解成3NF

$R_1$ 无传递依赖，达3NF

$R_2$ 中：**职工编号**→**部门经理** 是传递依赖关系

将 $R_2$ 分解为3NF模式集

$R_{21}$ (**职工编号**,**部门名**)

$R_{22}$ (**部门名** , **部门经理** )

$\rho = \{(\text{职工编号}, \text{日期}, \text{日营业额}) ,$   
 $(\text{职工编号}, \text{部门名}) , (\text{部门名}, \text{部门经理})\}$



设有关系模式R(ABCD)，其上的FD集为

$F = \{AB \rightarrow C, C \rightarrow A, C \rightarrow D\}$  ,  $\rho = \{ACD, BC\}$

**解**：(1)R的关键码 AB、BC

(2)  $\rho$ 中有 $R_1(ACD)$  ,  $R_2(BC)$

$U_1 \cap U_2 = C$  ,  $U_1 - U_2 = AD$  ,

由F经合并性推理得： $C \rightarrow AD$  ,  $\rho$ 无损

(3)  $F_1 = \{C \rightarrow A, C \rightarrow D\}$  ,  $F_2 = \varnothing$

$(F_1 \cup F_2)^+ \neq F^+$

分解 $\rho$ 不保持函数依赖

(4)  $R_1$ 的 $F_1 = \{C \rightarrow A, C \rightarrow D\}$     **Key1**: C

按定义6.8     $R_1$  达BCNF

$R_2$ 的**Key2**: BC     $R_2$  达BCNF

扩展：②和⑤**的**关系模式 $\rho$ 各达到第几范式？

应该为数据库模式中的每个模式达到的范式

**例：**设有关系模式 $R(ABC)$ ，其上的FD集为  
 $F = \{ B \rightarrow C, C \rightarrow A \}$ ，那么分解 $\rho = \{AB, AC\}$   
相对于 $F$ 是否是无损分解和保持FD？说明理由

**解**

(1)  $\rho$ 中有 $R_1(AB)$ ， $R_2(AC)$

$$U_1 \cap U_2 = A, \quad U_1 - U_2 = B, \quad U_2 - U_1 = C$$

在 $F$ 中推导不出 $A \rightarrow B$ 或 $A \rightarrow C$ ， $\rho$ 有损

(2)  $F_1 = \{B \rightarrow A\}$ ， $F_2 = \{C \rightarrow A\}$

$(F_1 \cup F_2)^+ \neq F^+$ ，丢失了 $B \rightarrow C$

分解 $\rho$ 不保持函数依赖

**例：**有关系模式R (ABCD) 根据语义R的函数依赖集 $F = \{A \rightarrow B, B \rightarrow C, C \rightarrow D\}$ 。对R有分解 $\rho = \{R_1(AB), R_2(ACD)\}$ 。

**解：** (1)R的关键码 A

(2) R最高达到第几范式，说明原因

**2NF** 理由R的非主属性为B,C,D，不存在BCD对候选键A的局部依赖，R达到2NF。但存在非主属性CD对候选键A的传递依赖，R不能达到3NF。

(3)判断 $\rho$ 是否无损，并说明原因

$$U_1 \cap U_2 = A, U_1 - U_2 = B, \because F = \{A \rightarrow B, B \rightarrow C, C \rightarrow D\}$$

即 $U_1 \cap U_2 \rightarrow U_1 - U_2$ 成立。  $\therefore \rho$ 无损

(4)判断 $\rho$ 是否保持了函数依赖，并说明理由。  $F_1 = \{A \rightarrow B\}$ ,  
 $F_2 = \{A \rightarrow C, C \rightarrow D\}$ ,  $\therefore (F_1 \cup F_2)^+ = F^+$

丢失了 $B \rightarrow C$   $\therefore \rho$ 不保持函数依赖

**例：**设有关系模式R(A, B, C, D, E, F, G)，其基本的函数依赖集F={ A→B, A→C, E→D, AE→G }，其分解为ρ={R1(A, B, C), R2(A, D, E, F, G)}。请：  
(1)找出R的候选键，直接给出结果。 (A,E,F) 或 AEF

$$(AEF)^{(0)} = AEF$$

$$(AEF)^{(1)} = AEF \cup BCDG$$

已等于全部属性集合

$$\therefore (AEF)_F^+ = ABCDEFG$$

(2) 判断R最高属于第几范式，说明理由。

1NF,理由:存在非主属性对候选键的局部依赖,例如: A→B

(3) 判断分解ρ是否保持函数依赖，是否无损，说明理由。

分解后的F1={ A→B, A→C }, F2={ E→D, AE→G }

因为: F1∪F2=F，所以ρ保持依赖

$$U1 \cap U2 = A, U1 - U2 = BC$$

因为A→BC∈F，即U1∩U2→U1-U2∈F，所以ρ无损

(4) 将R无损且保持依赖地分解为3NF的模式集ρ，直接给出结果。

$$\rho = \{R1(A, B, C), R2(D, E), R3(A, E, G), R4(A, E, F)\}$$

## 综合实例

设有关系模式 $R(A,B,C,D,E)$ ，其基本的函数依赖集为：  
 $F=\{A\rightarrow B, C\rightarrow D, AC\rightarrow E\}$ ，有分解 $\rho=\{R_1(ACE), R_2(ABCD)\}$ 。  
请：

- 1) 推出 $R$ 的候选键，直接给出结果。
- 2) 判断 $R$ 最高属于第几范式，说明理由。
- 3) 判断 $\rho$ 是否无损，说明理由。
- 4) 求 $R_1$ 的函数依赖集 $F_1$ 和 $R_2$ 的函数依赖集 $F_2$ ，直接给出结果。
- 5) 判断 $\rho$ 是否保持函数依赖，说明理由。
- 6) 如果 $R$ 未达到3NF，将 $R$ 无损且保持依赖地分解为3NF的模式集 $\tau$ ，直接给出结果。

已知：R(A, B, C, D, E) ,  $F=\{A\rightarrow B, C\rightarrow D, AC\rightarrow E\}$  ,  
 $\rho=\{R1(ACE) , R2(ABCD)\}$ 。

(1)找出R的候选键，直接给出结果。

解：(A,C)或AC      如果有属性不在F中？需要将其并入

**求候选键的经验：**

先求只在左边的属性集的闭包，若含全部属性，则是唯一候选键  
否则，将既左又右的属性逐一并到只左的集中，多次求闭包

**求属性集闭包的算法：**

方法:① 令 $X^{(0)}=X$ ,  $i=0$ ;

② 对F中的每一个函数依赖 $Y\rightarrow Z$ , 若 $Y\subseteq X^{(i)}$ ,  
令 $X^{(i+1)}=X^{(i)}\cup Z$ 。

③ 若 $X^{(i+1)}\neq X^{(i)}$ , 则用 $i+1$ 代替 $i$ , 转②;

④ 若 $X^{(i+1)}=X^{(i)}$ , 则 $X^{(i)}$ 即为 $X$ , 算法终止。

已知：R(A, B, C, D, E) ,  $F=\{A\rightarrow B, C\rightarrow D, AC\rightarrow E\}$  ,  
 $\rho=\{R1(ACE) , R2(ABCD)\}$ 。

( 2)判断R最高属于第几范式，说明理由。

解：最高属于1NF，存在非主属性对候选键的局部依赖

例如：A→B，B部分依赖于候选键AC

**需复习课件和教材中函数依赖类型和各级范式的定义**

判断范式级别的步骤与方法：函数依赖集→分析键→分析函数依赖类型或依据定义→判断范式级别(模式集：每个模式都达到的范式级别)

属性都是原子数据的关系模式满足第一范式，记为 $R\in 1NF$ 。

如果关系模式 $R\in 1NF$ ，且它的任一非主属性都完全函数依赖于任一候选键，则称R满足第二范式，记为 $R\in 2NF$ 。

对于F中的每个非平凡的FD  $X\rightarrow Y$ ，都有X是R的超键，或者Y的每个属性都是主属性，记为 $R\in 3NF$ 。

设F是关系模式R的FD集，如果对F中每个非平凡的FD： $X\rightarrow Y$ ，都有X是R的超键，则称R是BCNF模式



已知：R(A, B, C, D, E) ,  $F=\{A\rightarrow B, C\rightarrow D, AC\rightarrow E\}$  ,  
 $\rho=\{R1 ( ACE ) , R2 ( ABCD ) \}$ 。

(3) 判断 $\rho$ 是否无损，说明理由。

解：  $U1 \cap U2 = AC$  ,  $U1 - U2 = E$

$\because AC \rightarrow E \in F$  , 即  $U1 \cap U2 \rightarrow U1 - U2$  成立 ,  
 $\therefore \rho$  无损

需复习课件和教材中定理6.5

$U1 \cap U2 \rightarrow U1 - U2 \in F^+$  或  $U1 \cap U2 \rightarrow U2 - U1 \in F^+$   
属性的交集和差集

已知：  $R(A, B, C, D, E)$  ,  $F=\{A \rightarrow B, C \rightarrow D, AC \rightarrow E\}$  ,  
 $\rho=\{R1 (ACE) , R2 (ABCD) \}$ 。

(4) 求R1的函数依赖集F1和R2的函数依赖集F2，直接给出结果。

解：  $F1=\{AC \rightarrow E\}$  ,  $F2=\{A \rightarrow B, C \rightarrow D\}$

函数依赖集合  $\{X \rightarrow Y \mid X \rightarrow Y \in F^+ \wedge XY \subseteq U_i\}$  的一个覆盖  $F_i$  叫作  $F$  在属性  $U_i$  上的投影

已知：R(A, B, C, D, E) ,  $F=\{A\rightarrow B, C\rightarrow D, AC\rightarrow E\}$  ,  
 $\rho=\{R1(ACE) , R2(ABCD)\}$ 。

(5) 判断 $\rho$ 是否保持函数依赖，说明理由。

解：∵ $(F_1\cup F_2) = F$  ∴ $\rho$ 保持函数依赖

$$\diamond F^+ = (F_1 \cup F_2 \cup \dots \cup F_n)^+$$

(6) 如果R未达到3NF，将R无损且保持依赖地分解为3NF的模式集,直接给出结果。

解： $\tau=\{AB,CD,ACE\}$

需复习课件和教材中的算法6.4

- ① 先求出F的最小依赖集，然后把最小依赖集中那些左部相同的FD合并
- ② 每个FD  $X\rightarrow Y$ 构成一个模式XY
- ③ 在构成的模式集中，如果每个模式都不包含R的候选键，把候选键作为一个模式放入模式集中

## 课堂练习

设有关系模式 $R(A,B,C,D,E)$ ， $R$ 的极小函数依赖集为：  
 $F=\{A \rightarrow B, C \rightarrow D\}$ 。

请：

- (1) 找出 $R$ 的候选码，直接给出结果。
- (2) 将 $R$ 无损且保持依赖地分解为3NF的模式集 $\rho$ ，直接给出结果。

答案：

设有关系模式 $R(A,B,C,D,E)$ ， $R$ 的极小函数依赖集为：  
 $F=\{A \rightarrow B, C \rightarrow D\}$ 。

(1) 找出 $R$ 的候选码，直接给出结果。

$R$ 的候选码为 $ACE$

(2) 将 $R$ 无损且保持依赖地分解为 $3NF$ 的模式集 $\rho$ ，直接给出结果。

$\rho = \{AB, CD, ACE\}$