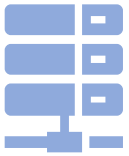


第二章 数据模型

1 什么是数据模型

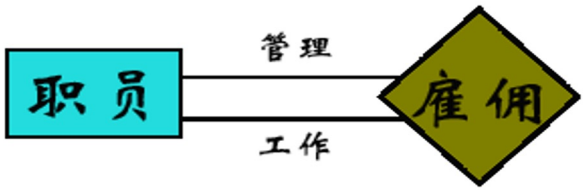
2 概念模型

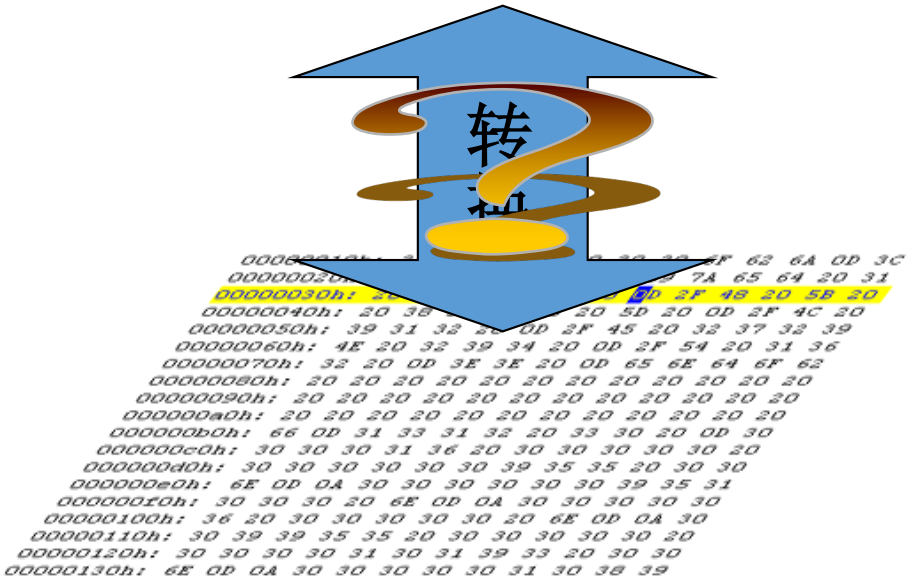
3 逻辑模型

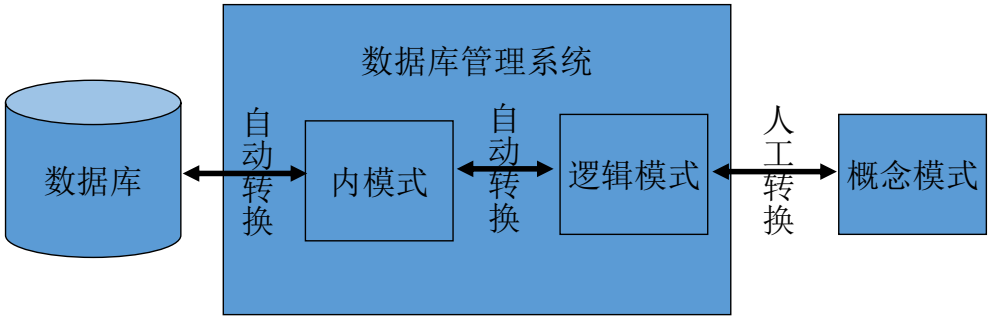
逻辑模型

- 逻辑数据模型是对现实世界的第二层抽象。负责将概念数据模式映射为数据库的逻辑结构。
- 直接与DBMS有关,有严格的形式化定义,以便在计算机系统中实现。
- 它通常有一组严格定义的无二义性语法和语义的DB语言，人们可以用这种语言来定义、操纵DB中的数据。
- 逻辑数据模型的三要素：
  - **数据结构、数据操作和数据约束**

逻辑模型







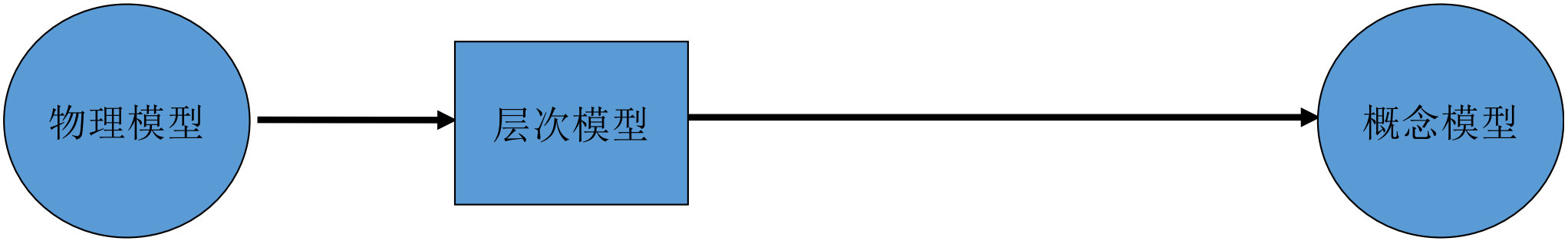
逻辑模型

■ 逻辑数据模型的发展

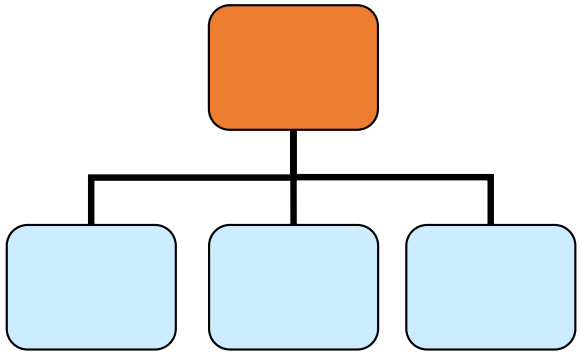
计算机处理能力：

逻辑模型

■ 逻辑数据模型的发展



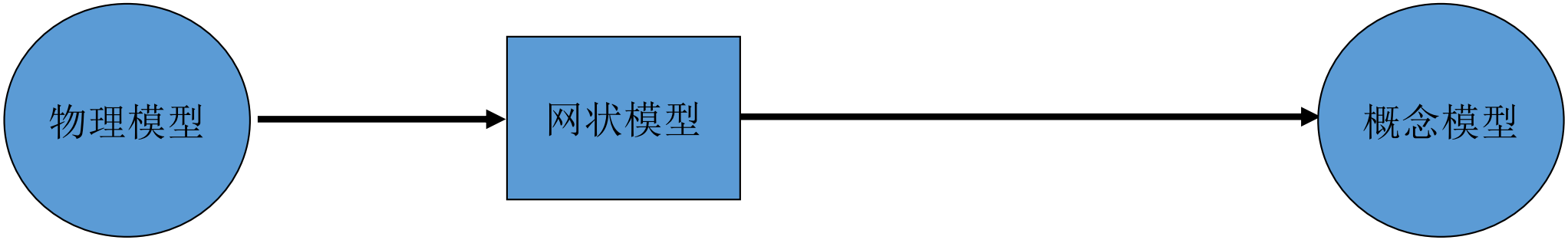
计算机处理能力



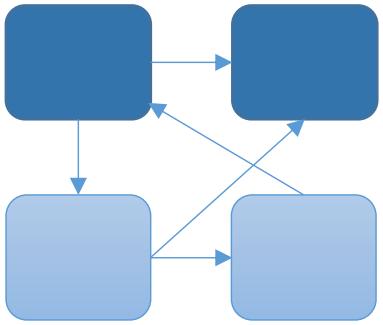
较复杂的数据结构
如树形结构

逻辑模型

■ 逻辑数据模型的发展



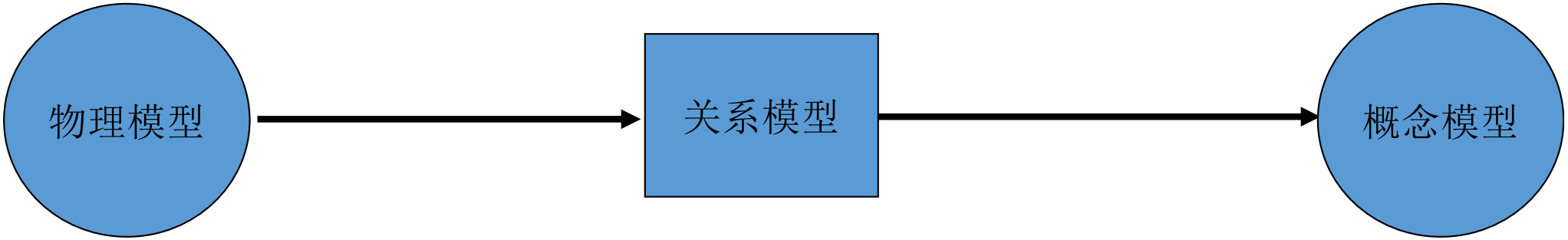
计算机处理能力



网状结构

逻辑模型

■ 逻辑数据模型的发展



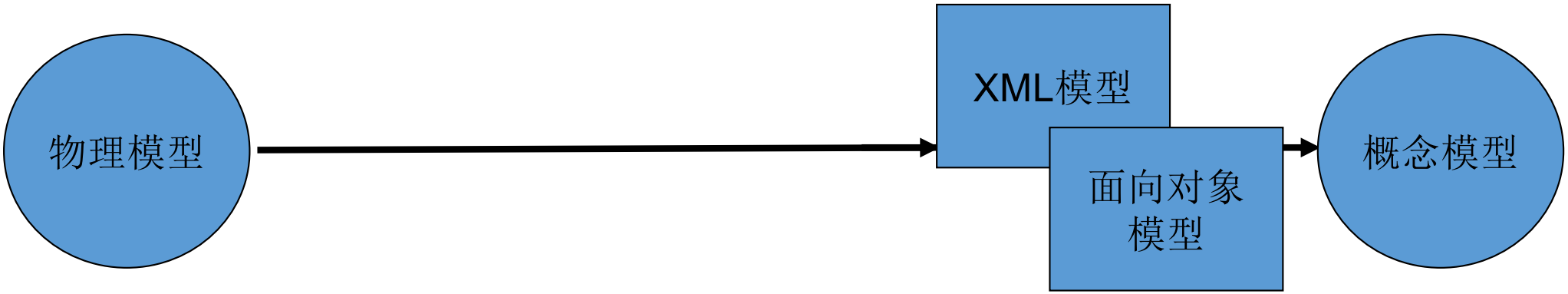
计算机处理能力

A	B	C
a	b	c
c	b	d

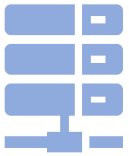
二维表结构

逻辑模型

■ 逻辑数据模型的发展



计算机处理能力



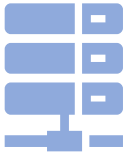
关系模型

1 关系模型概述

2 关系数据结构 (结构)

3 关系的完整性 (约束)

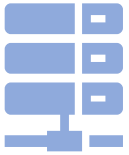
4 关系代数 (操作)



关系模型概述

■关系模型发展历史

- 系统而严格地提出关系模型的是IBM公司的E.F.Codd
- 1970年提出关系数据模型
- E.F.Codd，“A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks”，《Communication of the ACM》,1970
- 之后，提出了关系代数和关系演算的概念
- 1972年提出了关系的第一、第二、第三范式
- 1974年提出了关系的BC范式



关系模型概述

■ER模型 vs. 关系模型

- 都用于数据建模
- ER模型有很多概念
  - ✓ 实体、关系、属性等
  - ✓ 适用于描述应用需求
  - ✓ 不适合在计算机上实现

    (只有数据结构，没有定义数据操作)
- 关系模型
  - ✓ 只有一个概念：关系（relation）
  - ✓ 用一组表的集合来描述世界
  - ✓ 适合在计算机上实现，能进行高效的数据操作

关系模型概述

关系数据库

- 关系数据库系统是支持关系模型的数据库系统
- 关系数据库应用严格的数学方法来处理数据库中的数据
- 80年代后，关系数据库系统成为最重要、最流行的数据库系统
- 典型的关系数据库产品:

ORACLE	PolarDB
SQL Server	OpenGauss
MySQL	TDSQL-C
PostgreSQL	人大金仓

关系数据结构

■关系模型就是用二维表格结构来表示实体及实体之间联系的模型

■关系模型是各个关系的框架的集合，即关系模型是一些表格的格式，其中包括关系名、属性名、关键字等

■关系的框架称为关系模式(relation schema)

■关系框架和符合该框架的关系值称为关系实例(relation instance)

表格格式

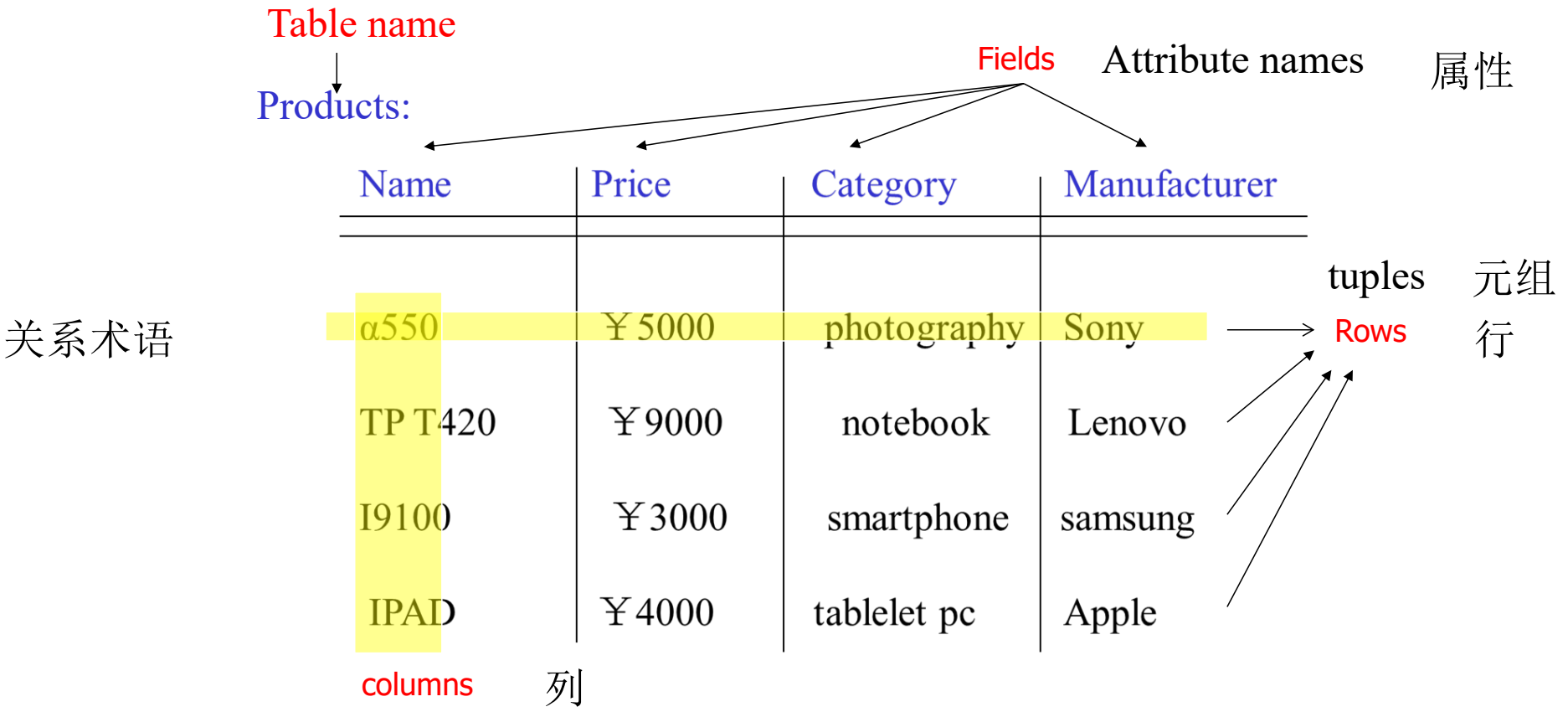
TNO 教师号	TN 姓名	SEX 性别	AGE 年龄	PROF 职称	SAL 工资	COMM 岗位津贴	DEPT 系别
T1	李力	男	47	教授	1500	3000	计算机
T2	王平	女	28	讲师	800	1200	信息
T3	刘伟	男	30	讲师	900	1200	计算机
T4	张雪	女	51	教授	1600	3000	自动化
T5	张兰	女	39	副教授	1300	2000	信息

表格内容

关系数据结构

■关系模型就是用二维表格结构来表示实体及实体之间联系的模型

■关系模型是各个关系的框架的集合，即关系模型是一些表格的格式，其中包括关系名、属性名、关键字等



关系数据结构

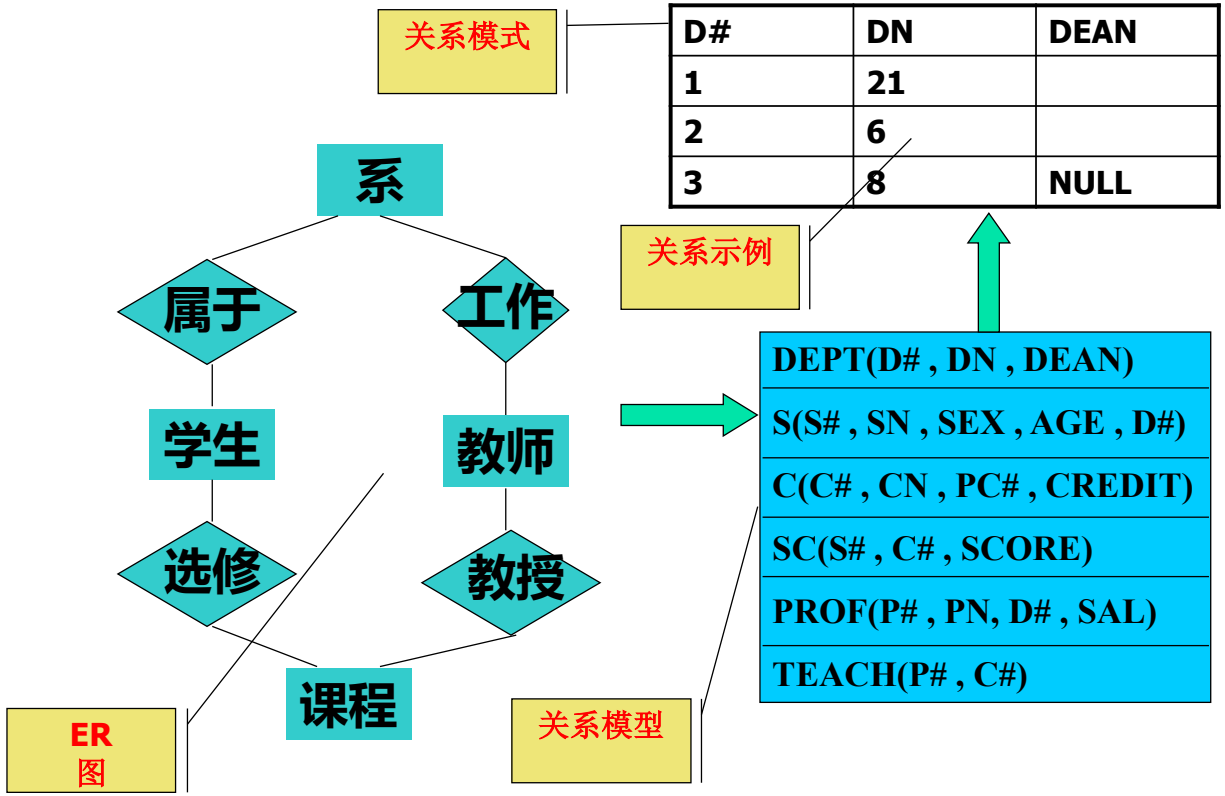
ER模型与关系模型对比

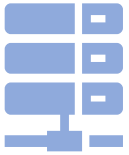
- 注意关系模型和关系模式的区别
- 从各个关系的框架中，我们可以看出哪两个关系之间有联系。

例如：

✓ 系关系和学生关系有公共的属性“D#”，则表明这两个关系有联系。

✓ 而学生关系和选课关系有公共的属性“S#”，则表明这两个关系也有联系。





关系数据结构

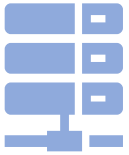
■由上例可以看出，在一个关系中可以存放两类信息：

- 一类是描述实体本身的信息
- 一类是描述实体（关系）之间的联系的信息

■在层次模型和网状模型中，把有联系的实体（元组）用指针链接起来，实体之间的联系是通过指针来实现的。

■而关系模型则采用不同的思想，即用二维表来表示实体与实体之间的联系，这就是关系模型的本质所在。

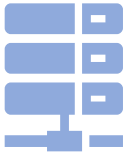
■所以，在建立关系模型时，只要把的所有的实体及其属性用关系框架来表示，同时把实体之间的关系也用关系框架来表示，就可以得到一个关系模型。



关系数据结构

■关系的定义

- 在关系模型中，数据是以二维表的形式存在的，这个二维表就叫做关系。
- 关系理论是以集合代数理论为基础的，因此，我们可以用集合代数给出二维表的“关系”定义。
- 为了从集合论的角度给出关系的定义，我们先引入域和笛卡尔积的概念。



关系数据结构

■域（Domain）

- 域是一组具有相同数据类型的值的集合，又称为值域。（用D表示）
  - ✓ 例如整数、实数、字符串的集合。
- 域中所包含的值的个数称为域的基数（用m表示）。
- 关系中用域表示属性的取值范围。例如：

  D1={李力，王平，刘伟}　　m1=3

  D2={男，女}　　m2=2

  D3={47,28,30}　　m3=3

  其中，D1，D2，D3为域名，分别表示教师关系中姓名、性别、年龄的集合。
- 域值无排列次序，如D2={男，女}={女，男}

关系数据结构

■笛卡尔积（Cartesian product）

- 给定一组域D1，D2，…，Dn（它们可以有相同的元素，即可以完全不同，也可以部分或全部相同）
- D1，D2，…，Dn的笛卡尔积为D1×D2×……×Dn={（d1，d2，…，dn）|di∈Di，i=1，2，…，n}。
- 笛卡尔积每一个元素（d1，d2，d3，…，dn）叫做一个n元组（n-tuple），简称元组（Tuple）。
- 元素中的每一个di叫做一个分量(Component)，来自相应的域（di∈Di)
- 但元组不是di的集合，元组的每个分量（di）是按序排列的
  - ✓ （1，2，3）≠（2，3，1）≠（1，3，2）；
  - ✓ 而集合中的元素是没有排序次序的，如（1，2，3）=（2，3，1）=（1，3，2）

关系数据结构

■笛卡尔积（Cartesian product）

例 给出三个域：

D_1=SUPERVISOR ={张老师，刘老师}

D_2=SPECIALITY={电子信息，软件工程}

D_3=POSTGRADUATE={李勇，刘晨，王敏}

则D_1，D_2，D_3的笛卡尔积为：

$D_1 \times D_2 \times D_3$ =

{(张老师，电子信息，李勇)，(张老师，电子信息，刘晨)，
(张老师，电子信息，王敏)，(张老师，软件工程，李勇)，
(张老师，信息专业，刘晨)，(张老师，软件工程，王敏)，
(刘逸，电子信息，李勇)，(刘逸，电子信息，刘晨)，
(刘逸，电子信息，王敏)，(刘逸，软件工程，李勇)，
(刘逸，软件工程，刘晨)，(刘逸，软件工程，王敏)}

关系数据结构

■笛卡尔积的基数

若Di（i=1，2，……n）为有限集，Di中的集合元素个数称为Di的基数，用mi（i=1，2，……n）表示，则笛卡尔积D1×D2×……×Dn的基数M（即元素（d1,d2,……dn）的个数）为所有域的基数的累乘之积，即

$$M=\prod_{i=1}^{n} m_i$$

例 D1={李力，王平，刘伟}，D2={男，女}

则基数M=m1×m2=3*2=6

D1×D2={（李力，男），（李力，女），（王平，男），（王平，女），（刘伟，男），（刘伟，女）},

关系数据结构

■笛卡尔积的二维表表示

笛卡尔积可用二维表的形式表示。例如，前例的6个元组可表示成如下二维表：

姓名	性别
李力	男
李力	女
王平	男
王平	女
刘伟	男
刘伟	女

可见，笛卡尔积实际是一个二维表，表的框架由域构成，表的任意一行就是一个元组，表中的每一列来自同一域，如第一个分量来自D1，第二个分量来自D2。

关系数据结构

■关系（Relation）的定义

笛卡尔积D1×D2×…×Dn的任一子集称为定义在域D1，D2，…Dn上的n元关系（Relation），可用R（D1，D2……Dn）表示

- ✓ 如上例D1×D2笛卡尔积的子集可以构成教师关系T1：

- ✓ R为关系名，n称为关系的元(目或度)（Degree）。
  当n=1时，称为单元关系。
  当n=2时，称为二元关系。
  …
  当n=n时，称为n元关系。
  如上例为二元关系，关系名为T1。

T1

姓名	性别
李力	男
王平	女
刘伟	男

关系数据结构

■关系（Relation）的定义

数学上关系是笛卡尔积的任意子集，但在实际应用中关系是笛卡尔积中所取的**有意义的**子集。

例如从笛卡尔积中选取子集构成如下关系，显然不符合实际情况：

姓名	性别
李力	男
李力	女
王平	男
王平	女
刘伟	男
刘伟	女

笛卡尔积

姓名	性别
李力	男
李力	女

错误的关系

关系数据结构

■关系的二维表表示

同样可以把关系看成一个二维表。其中，

（1）表的框架由域Di（i=1，2，.....n）构成；

（2）表的任意一行对应一个元组；

（3）表的每一列来自同一域；

（4）域可以相同，为了加以区别，每列起一个名字，称为属性，n目关系有n个属性，属性的名字唯一，属性的取值范围Di（i=1，2，...，n）称为值域

（5）具有相同关系框架的关系成为同类关系，如：

姓名	性别
李力	男
王平	女
刘伟	男

姓名	性别
马华	男
赵新	女

同类关系

关系数据结构

■关系的术语

Relation as table

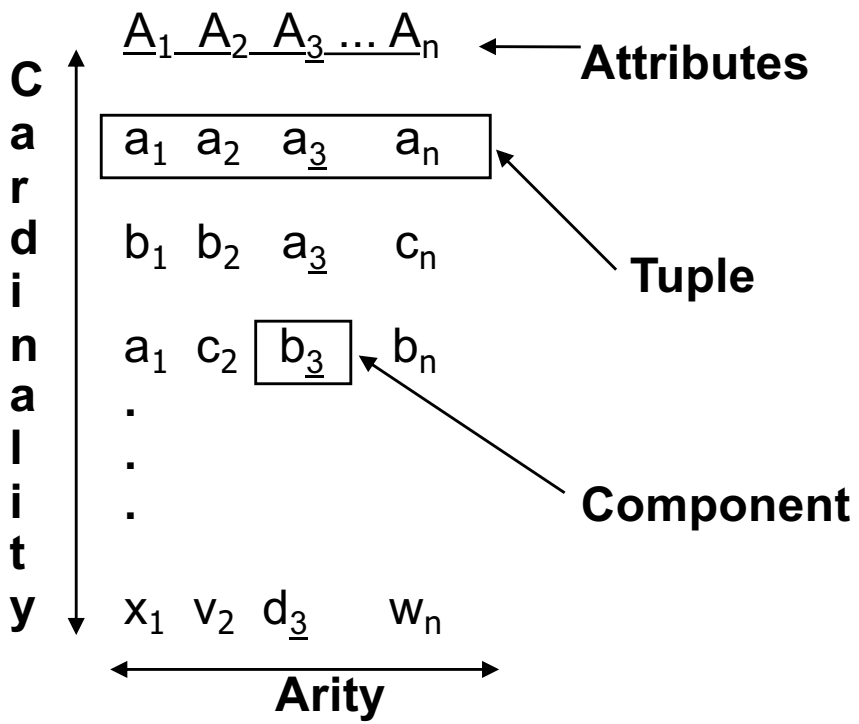
Rows = tuples

Columns = components

Names of columns = attributes

Relation name + set of attribute names= schema（关系模式）

REL (A_1,A_2,...,A_n)



- Set theoretic
- Domain — set of values
  - like a data type
- Cartesian product
  - D1 X D2 X... X Dn
  - n-tuples (V1,V2,...,Vn)
- Relation=subset of cartesian product of one or more domains
  - FINITE only; empty set allowed
- Tuples(元组) = members of a relation inst.
- Arity （元） = number of domains
- Components （分量） = values in a tuple
- Domains(域) — corresp. with attributes
- Cardinality（基数） = max number of tuples

关系数据结构

■关系的性质

- 尽管关系与二维表格、传统的数据文件是非常类似的，但它们之间又有重要的区别。
- 严格地说，关系是种规范化了的二维表中行的集合，为了使相应的数据操作简化，在关系模型中，对关系作了种种限制，关系具有如下特性：

1. 关系中不允许出现相同的元组。因为数学上集合中没有相同的元素，而关系是元组的集合，所以作为集合元素的元组应该是唯一的。

account_number	*branch_name*	*balance*
A-215	Mianus	700
A-215	Mianus	700
A-102	Perryridge	400
A-305	Round Hill	350
A-201	Brighton	900
A-222	Redwood	700
A-217	Brighton	750

关系数据结构

■关系的性质

2. 关系中元组的顺序（即行序）是无关紧要的，在一个关系中可以任意交换两行的次序。因为集合中的元素是无序的，所以作为集合元素的元组也是无序的。

3. 关系中属性的顺序也是无关紧要的，即列的顺序可以任意交换。交换时，应连同属性名一起交换，否则将得到不同的关系。

性别	姓名
男	李力
女	王平
男	刘伟

=

姓名	性别
李力	男
王平	女
刘伟	男

<>

姓名	性别
男	李力
女	王平
男	刘伟

关系数据结构

■关系的性质

4.同一属性名下的各个属性值必须来自同一个域，是同一类型的数据

5.关系中各个属性必须有不同的名字，不同的属性可来自同一个域，即它们的分量可以取自同一个域。

例如，有如下表中关系，职业与兼职是两个不同的属性，但它们取自同一个域职业＝｛教师，工人，辅导员｝。

姓名	职业	兼职
张强	教师	辅导员
王丽	工人	教师
刘宁	教师	辅导员

关系数据结构

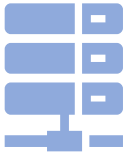
■关系的性质

6.关系中每一分量必须是不可分的数据项。所有属性值都是原子的，是一个确定的值，而不是值的集合。不可“表中有表”。满足此条件的关系称为规范化关系，否则称为非规范化关系。

如下表，左边的关系中籍贯含有省、市/县两项，出现了“表中有表”的现象，则为非规范化关系，而把籍贯分成省、市/县两列，将其规范化，得到右边的规范化表

姓名	籍贯	
	省	市/县
张强	吉林	长春
王丽	山西	大同

姓名	省	市/县
张强	吉林	长春
王丽	山西	大同



ER模型向关系模型转化

■ER模型向关系模型的转化（初步）

- ER模型向关系模型的转换，实际上就是把ER图转换成关系模式的集合。
- 规则1（实体类型的转换）：将每个实体类型转换成一个关系模式，实体的属性即为关系模式的属性，实体标识符即为关系模式的键。
- 规则2（二元联系类型的转换）

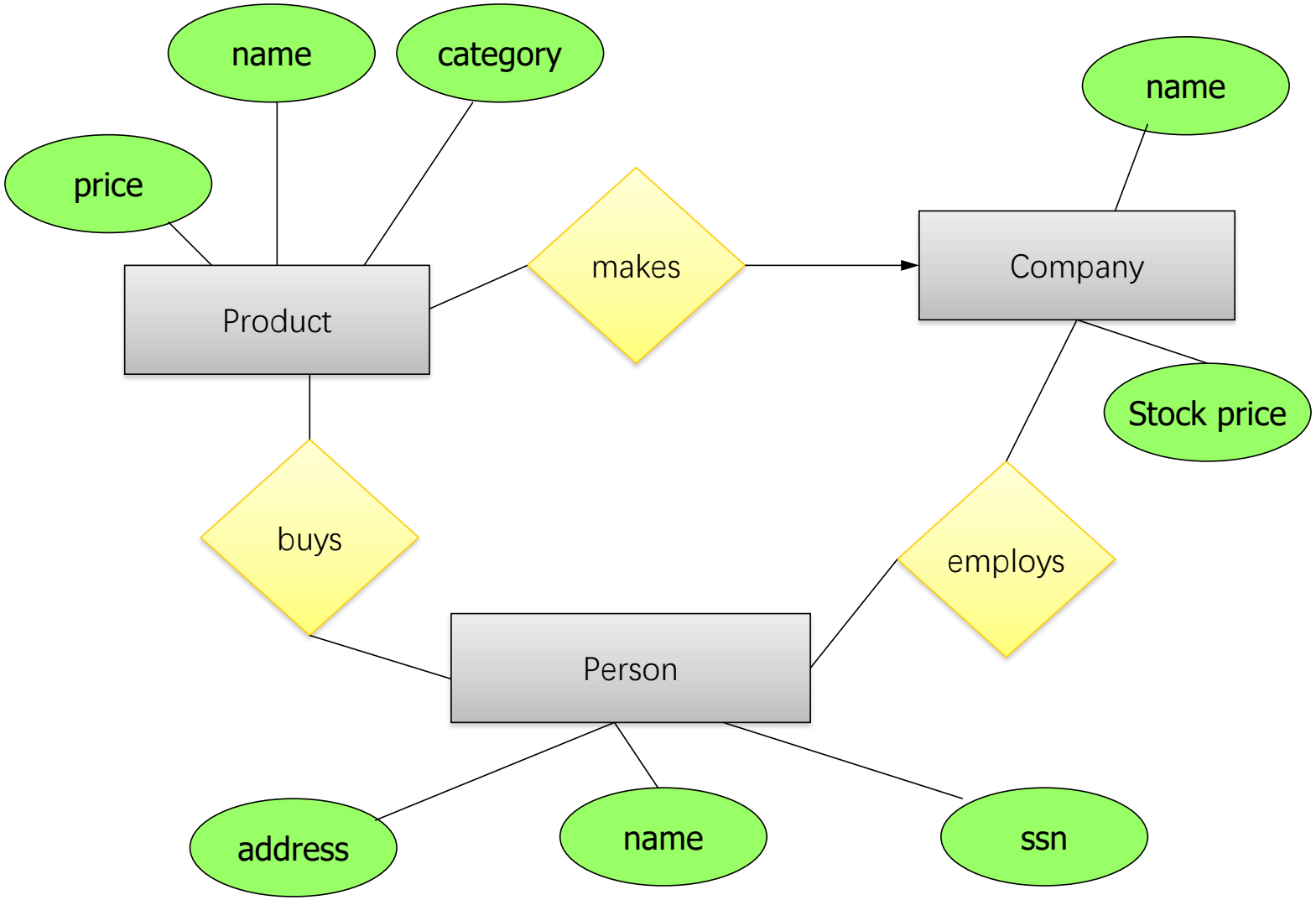
  ① 若实体间联系是1:1。

  ② 若实体间联系是1:N。

  ③ 若实体间联系是M:N。

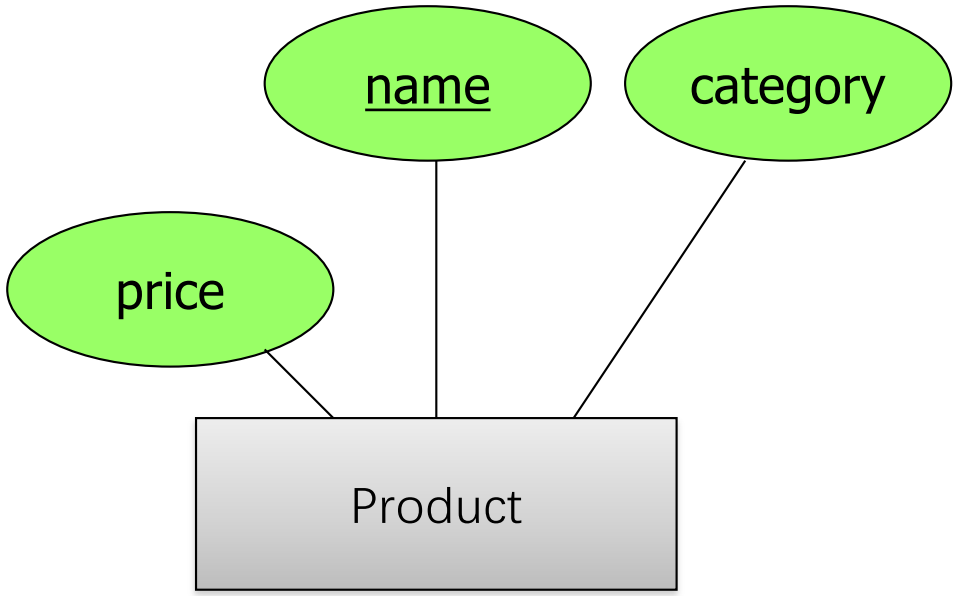
ER模型向关系模型转化

待转化的ER模型



ER模型向关系模型转化

1. 把实体转化为关系

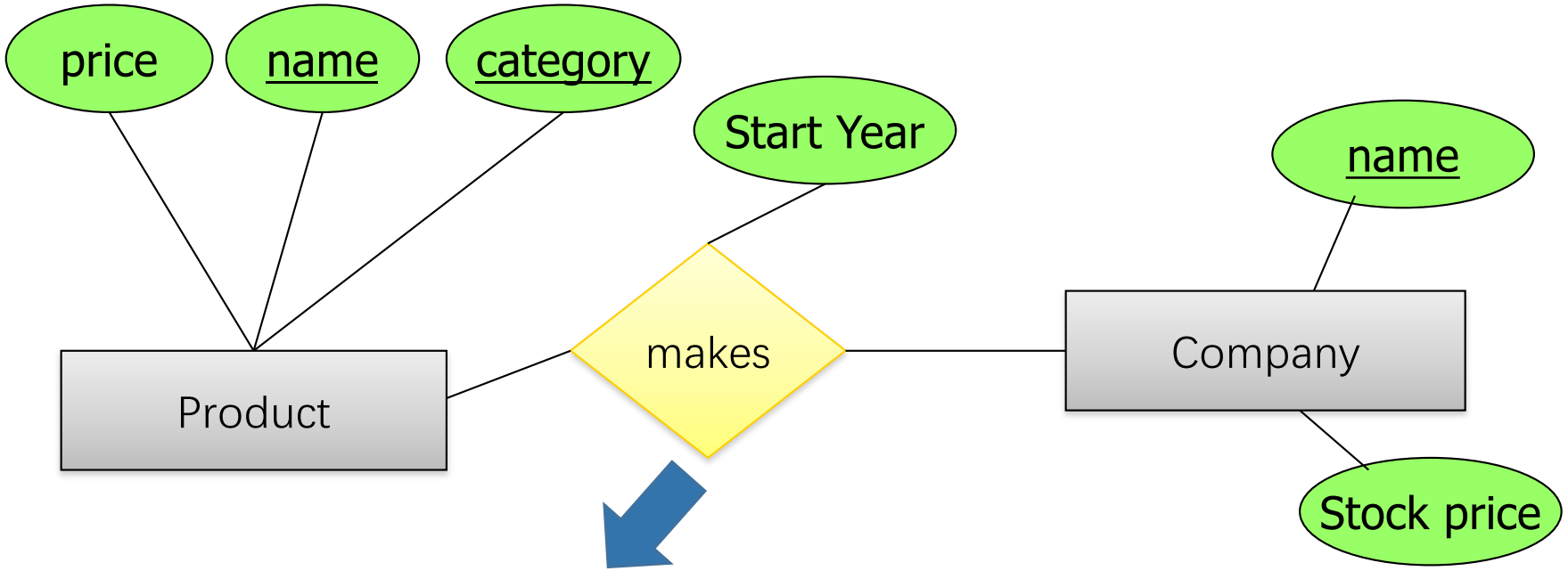


Product:

Name	Category	Price
ipad1	tabletpc	￥1999

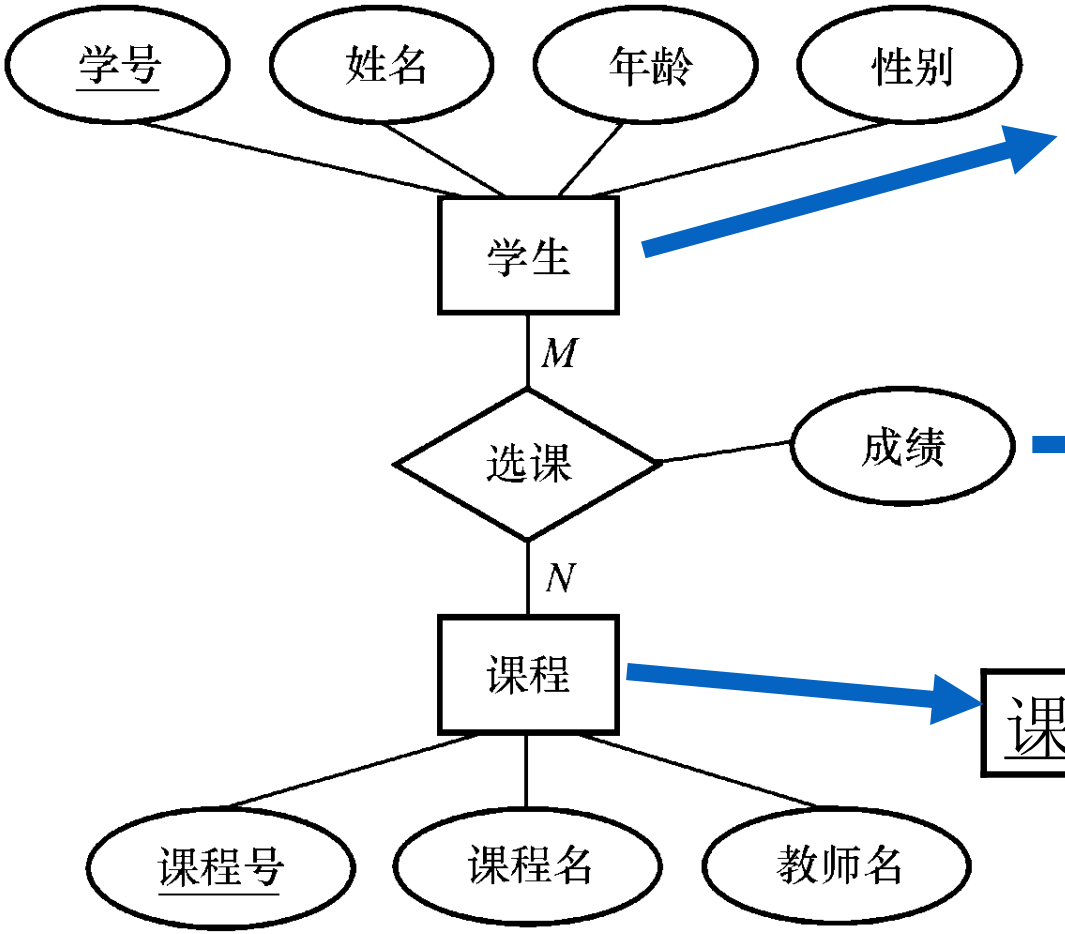
ER模型向关系模型转化

2. 把m:n联系转化为关系



Makes

Product-name	Product-Category	Company-name	Starting-year
ipad1	tabletPC	Apple	2010



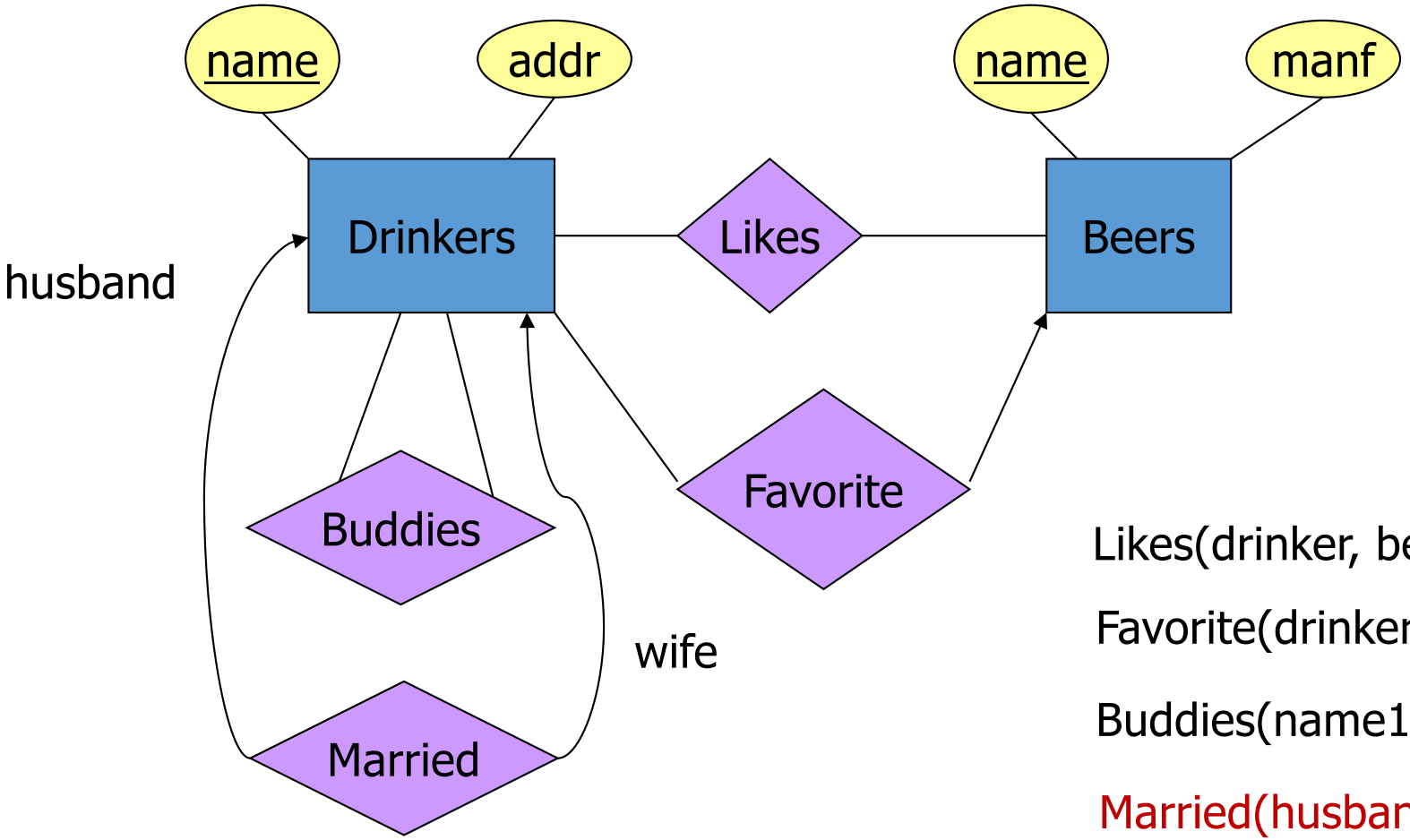
学号	姓名	年龄	性别

学号	课程号	成绩

课程号	课程名	教师名

课程号	学号	成绩
111	3221	80
111	3222	79
112	3221	86

更多例子

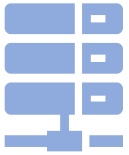


Likes(drinker, beer)

Favorite(drinker, beer)

Buddies(name1, name2)

Married(husband, wife)



ER模型向关系模型转化

3. 对于1：n联系和1：1联系的处理

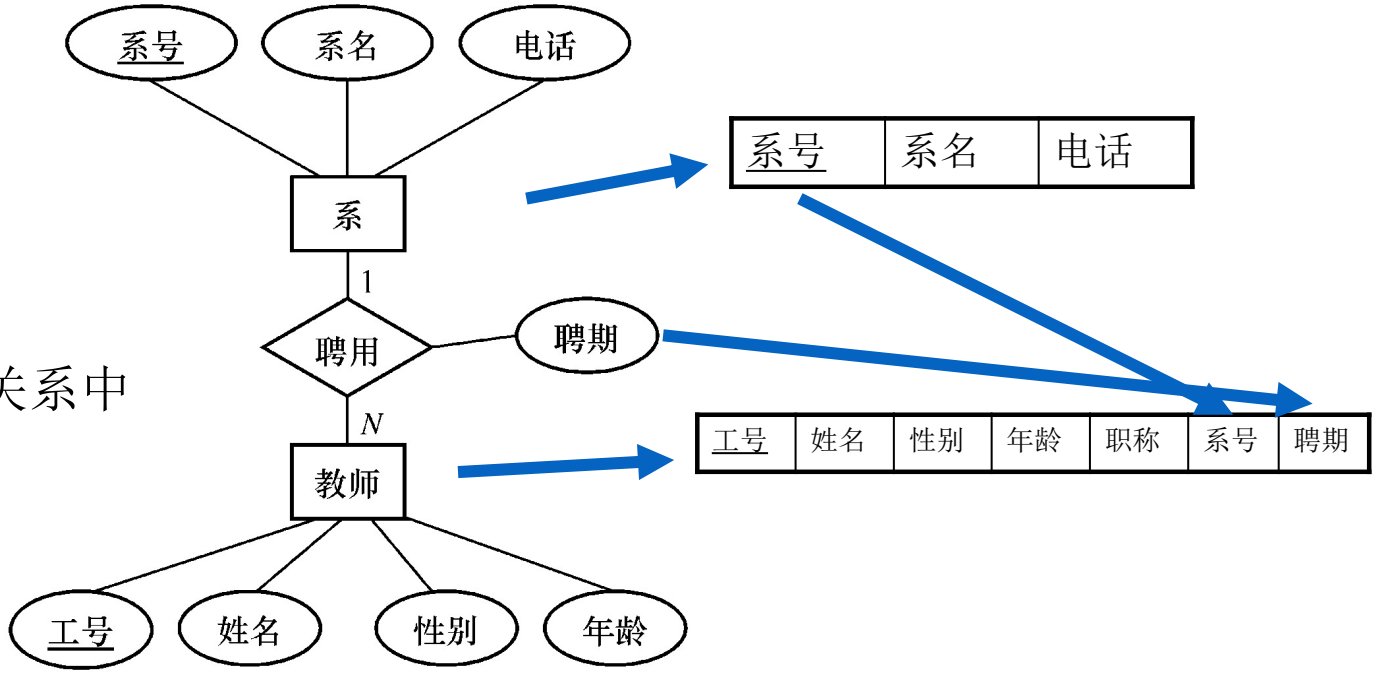
- ✓ 可以像m：n联系一样，直接转换为一个关系
- ✓ 但更好的处理方式是将1：n或1：1联系合并到相关联的实体转换出来的关系中
- ✓ 这样的好处是可以减少表的数量，更方便查询并加快查询速度

ER模型向关系模型转化

3. 对于1：n联系的处理

- 1：n联系合并方法：

合并到n段对于的实体关系中

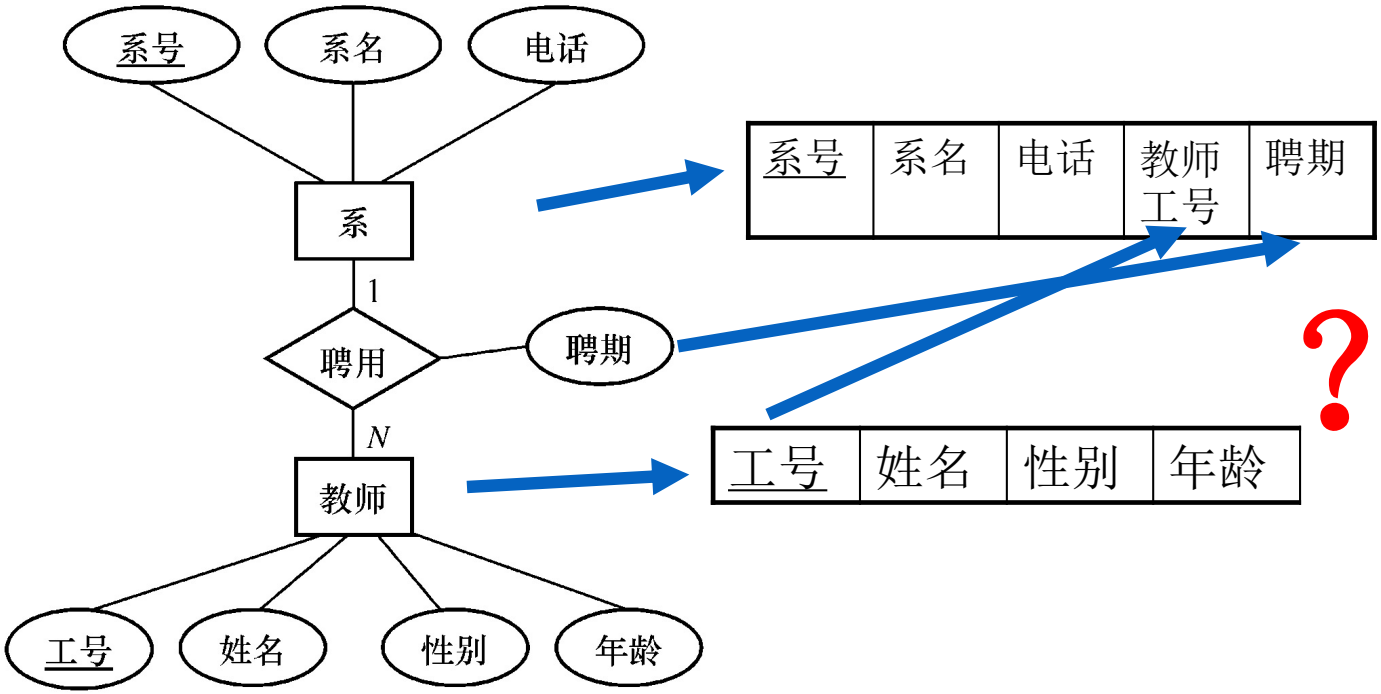


工号	教师姓名	…	系号
7579	张老师	…	21
7578	李老师	…	21
7577	马老师	…	21

ER模型向关系模型转化

3. 对于1：n联系的处理

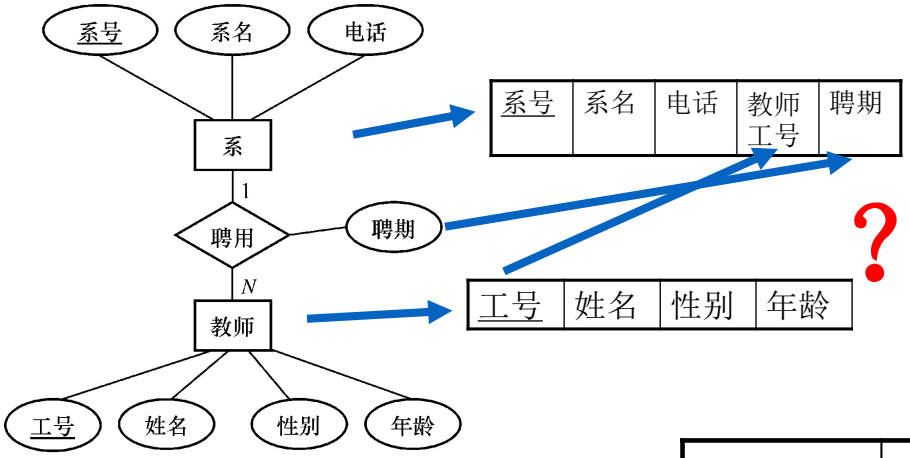
1：n联系合并到1端对应的实体关系中，会怎样？



ER模型向关系模型转化

3. 对于1：n联系的处理

1：n联系合并到1端对于的实体关系中，会怎样？



系号	系名	…	教师号
21	软件学院	…	7579
21	软件学院	…	7578
21	软件学院	…	7577

X

出现数据冗余

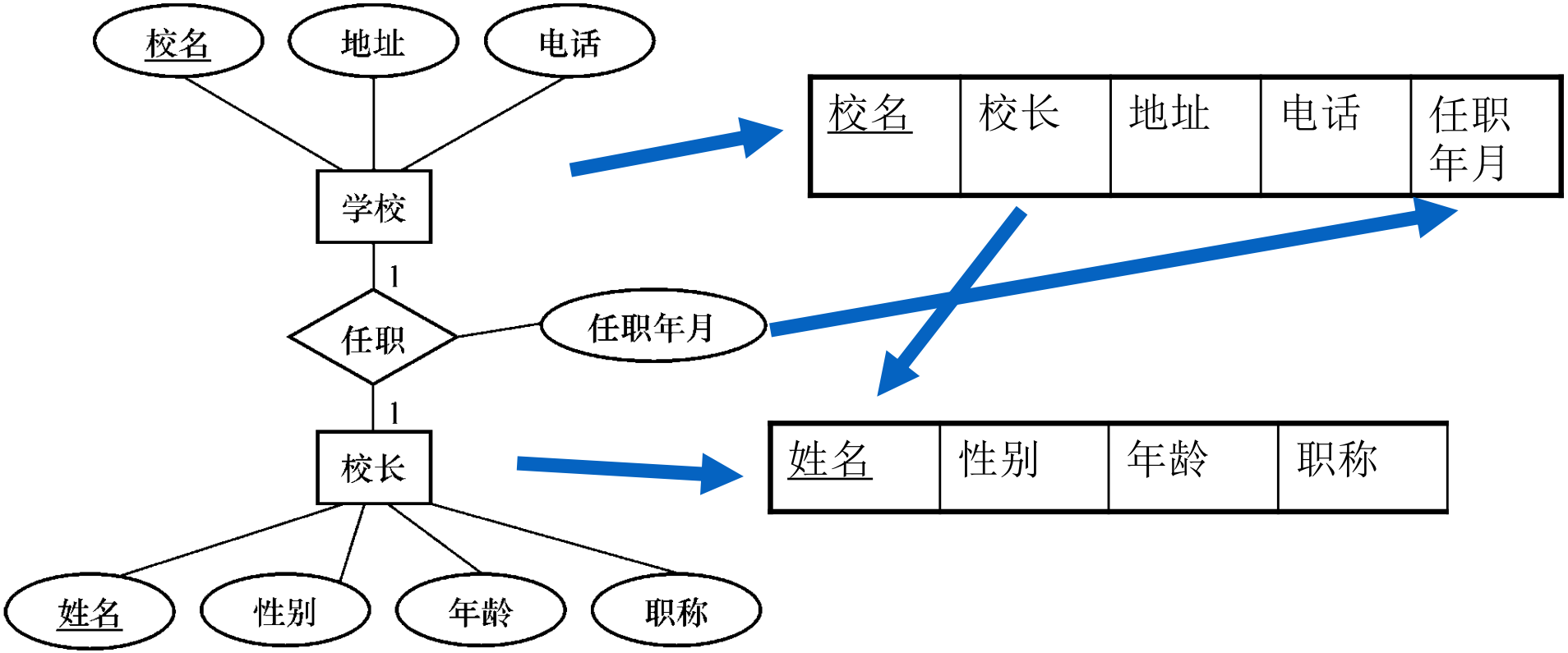
且系号违反了主键约束

ER模型向关系模型转化

4. 对于1：1联系的处理

1：1联系可以合并到任意端对于的实体关系中

但应考虑哪个实体是被经常使用的。1：1联系应与常用实体相合并



校名	地址	…	校长
A大学	文一路	…	张校长
B大学	学院路	…	李校长
C大学	复兴路	…	马校长

√

姓名	性别	年龄	…	校名
张校长	女	53	…	A大学
李校长	男	46	…	B大学
马校长	男	60	…	C大学

√

ER模型向关系模型转化

5. 对于三元联系的处理

延伸阅读： Transforming *N*-ary Relationships to Database Schemas: An Old and Forgotten Problem
--- Rafael Camps

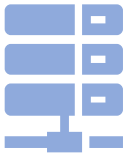
常见转换方法：

1:1:1　联系与其中一个实体集合并

1:1:N　联系与N端实体集合合并

1:M:N　联系转换为独立的关系模式，主键为1端实体集的主键

M:N:P　联系转换为独立的关系模式，主键为三个实体集的主键的组合



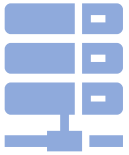
关系模型

1 关系模型概述

2 关系数据结构（结构）

3 关系的完整性（约束）

4 关系代数（操作）



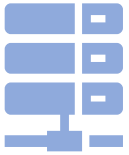
关系的完整性

■关系模型的完整性规则是对关系的某种约束条件

- 对数据库状态的预测或断言
- 总是为真（数据库更新的时候会确认状态是否符合完整性约束）

■关系模型中的完整性约束：

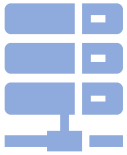
1. 域完整性
2. 实体完整性
3. 参照完整性
4. 用户定义的完整性



关系的完整性

■域完整性 (Domain Integrity)

- 属性值应符合域的取值范围
- 可以用于增强数据类型
  - 例如：为年龄属性设定<=150的域完整性约束
- 对属性值能否为空（NULL）的检查也是域完整性约束的一部分
  - 空值（NULL）是值的一种，代表‘值未知’或‘值不存在’



关系的完整性

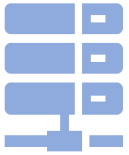
- 实体完整性（Entity Integrity）
  - 实体完整性用主键来约束
  - 实施了实体完整性约束的关系，其主属性（构成主键的属性）应同时满足以下条件：
    - ✓ 主属性不能为空
    - ✓ 主属性取值唯一

关系的完整性

- 实体完整性（Entity Integrity）
  - 实体完整性用主键来约束
  - 实施了实体完整性约束的关系，其主属性（构成主键的属性）应同时满足以下条件：
    - ✓ 主属性不能为空
    - ✓ 主属性取值唯一

选课关系

	学号	课程号	选课时间
	S001	C001	2022/2/1
	S001	C002	2022/2/2
X	S001	C001	2022/2/1
X	S001	C001	2022/2/2
X	S001		2022/2/2



关系的完整性

- 实体完整性（Entity Integrity）
  - 关系模型必须遵守实体完整性规则的原因
    - ✓ 一个关系（二维表）通常对应现实世界的一个实体集或多对多联系。表中每条记录对应一个实体或联系。
    - ✓ 现实世界中的实体和实体间的联系都是可区分的。
    - ✓ 因此，关系中应设定主键来作为记录的唯一性标识，以此区分实体或联系
    - ✓ 同时主键中的属性即主属性不能取空值。
      - ✓ 空值就是“不知道”或“无意义”的值。
      - ✓ 主属性取空值，就说明存在某个不可标识的实体，即存在不可区分的实体，这与上面的第二条论断相违背。

关系的完整性

- 参照完整性（ Referential Integrity）
  - 在关系模型中实体及实体间的联系都是用关系来描述的，因此可能存在着关系与关系间的引用（reference）。

学生

学号	姓名	性别	专业号	年龄
801	张力	女	01	19
802	李宁	男	01	20
803	王山	男	01	20
804	赵云	女	02	20
805	钱飞	男	02	19

Referencing Relation

专业

专业号	专业名
01	信息
02	数学
03	计算机

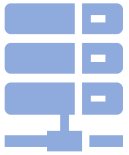
Referenced Relation

关系的完整性

- 参照完整性（ Referential Integrity）
  - 在关系模型中实体及实体间的联系都是用关系来描述的，因此可能存在着关系与关系间的引用（reference）。

学生

学号	姓名	性别	专业号	年龄	班长
801	张力	女	01	19	802
802	李宁	男	01	20	
803	王山	男	01	20	802
804	赵云	女	02	20	805
805	钱飞	男	02	19	



关系的完整性

- 参照完整性（ Referential Integrity）
  - 关系模型中用外键（Foreign Key）来表示这种关系与关系之间的引用。

> 设F是关系R的一个或一组属性，但不是关系R的键。
> 如果F与关系S的主键K相对应，则称F是关系R的外键
> ✓关系R称为参照关系（Referencing Relation）；
> ✓关系S称为被参照关系（Referenced Relation）或目标关系（Target Relation）。

  - 参照完整性规则：
    - 外键上的取值只能是空值，或等于被参照关系中某个元组的主键值

关系的完整性

■ 参照完整性（ Referential Integrity）

学生关系中每个元组的“专业号”属性只取下面两类值：

（1）空值，表示尚未给该学生分配专业

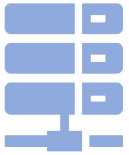
（2）非空值，这时该值必须是专业关系中某个元组的“专业号”值，表示该学生不可能分配到一个不存在的专业中

学生

学号	姓名	性别	专业号	年龄
801	张力	女	01	19
802	李宁	男	01	20
803	王山	男	01	20
804	赵云	女	02	20
805	钱飞	男	02	19

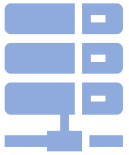
专业

专业号	专业名
01	信息
02	数学
03	计算机



关系的完整性

- 参照完整性（ Referential Integrity）
  - 关系R和S不一定是不同的关系
  - 目标关系S的主键K 和参照关系的外键F必须定义在同一个（或一组）域上
  - 外键并不一定要与相应的主键同名
    - ✓ 当外键与相应的主键属于不同关系时，往往取相同的名字，以便于识别



关系的完整性

- 用户定义的完整性（ Referential Integrity）
  - 用户定义的完整性是针对某一具体关系数据库的约束条件，反映某一具体应用所涉及的数据必须满足的语义要求。
  - 关系模型应提供定义和检验这类完整性的机制，以便用统一的系统的方法处理它们，而不要由应用程序承担这一功能。

用户定义完整性示例：

课程(课程号，课程名，学分，选课人数)

“课程名”属性必须取唯一值

非主属性“课程名”也不能取空值

“学分”属性只能取值{1，2，3，4}

本章习题

- 课本第70页：1、2、3、4、5题
- ER转换关系表作业.doc
- 提交时间：下次上课前