数据库系统原理

教程：数据库系统概论（第5版）

结合：CMU 15-445/645 INTRO TO DATABASE SYSTEMS

华中科技大学 计算机学院

左琼

第七章 数据库设计

Principles of Database Systems

第七章 数据库设计

概念结构设计小结

回顾

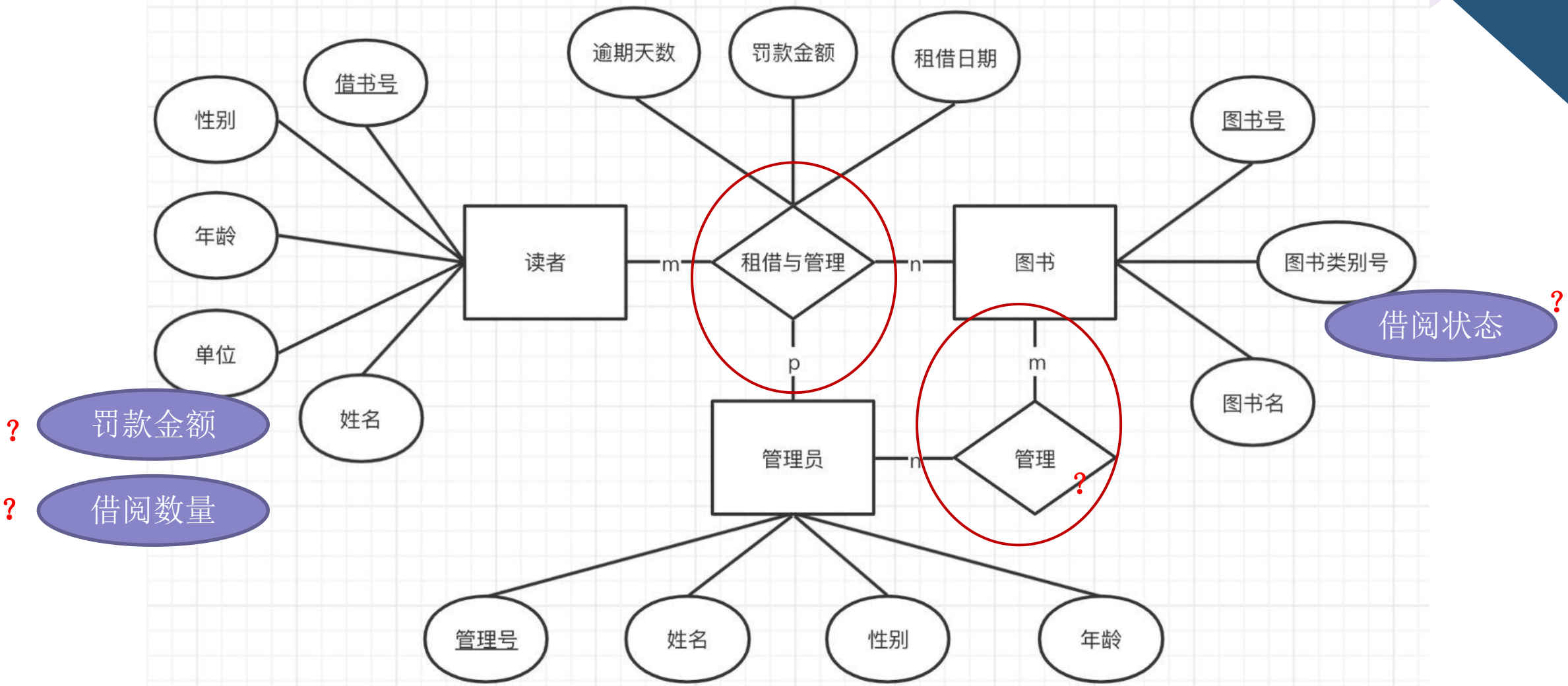
自底向上的设计方法：

1. 抽象数据并设计局部视图
   1）选择局部应用
   2）逐一设计分E-R图：划分实体 / 属性
2. 集成局部视图
   1）合并分E-R图，生成初步E-R图
      消除冲突：属性冲突、命名冲突、结构冲突
   2）修改与重构，消除不必要的冗余，设计生成基本E-R图
      分析方法、规范化理论
3. 验证整体概念结构

案例：图书馆管理系统

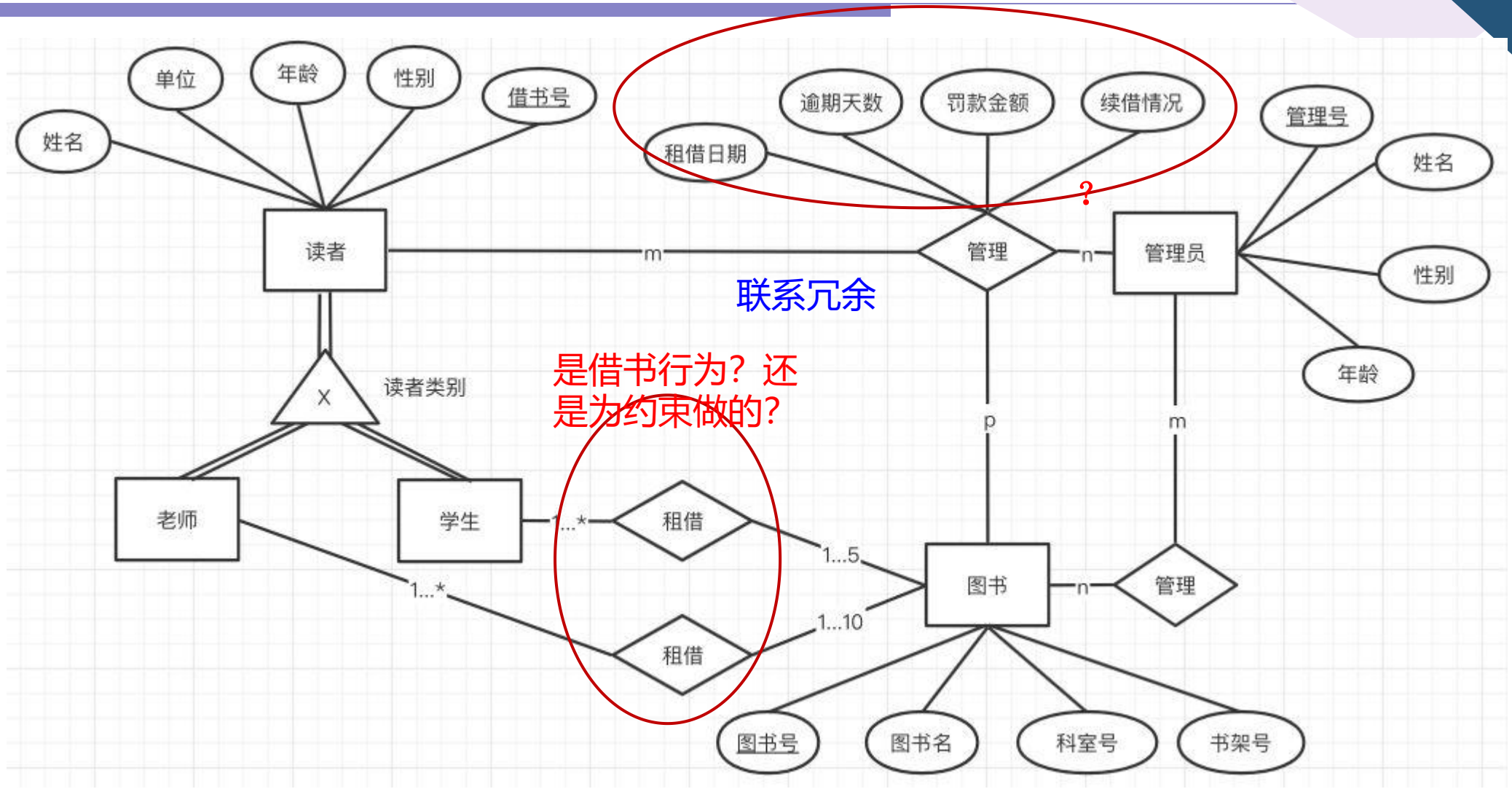
- 请给出如下场景（满足1~4）的图书管理数据库的ER图设计：
  - 用户类型：读者、管理员
  - 管理员负责图书的管理和读者的管理；
  - 一个读者可以借多本书；一本书可以借给多个读者（馆藏多本）；
  - 一本书最迟1个月要归还；如果逾期还书，需按逾期天数罚款。
- 题目升级（如果要满足5~8，ER图如何设计？）：
  - 读者要有所属单位信息；
  - 图书管分为若干室，书按图书类型分别放在不同室的不同书架上；
  - 若第4点改为：读者可分为：学生、老师；学生最多可借有图书5本，教师最多可以借阅图书10本；
  - 借期30天，可续借1次，续借15天；逾期每册书每天罚款0.2元。

学生作业例


逾期天数
罚款金额
租借日期
借书号
性别
年龄
单位
姓名
读者
m
租借与管理
n
图书
图书号
图书类别号
借阅状态
?
图书名
罚款金额
?
借阅数量
?
p
m
管理员
n
管理
?
管理号
姓名
性别
年龄

学生作业例

多个行为多个管理员管理，会如何?



案例：图书馆管理系统(1)

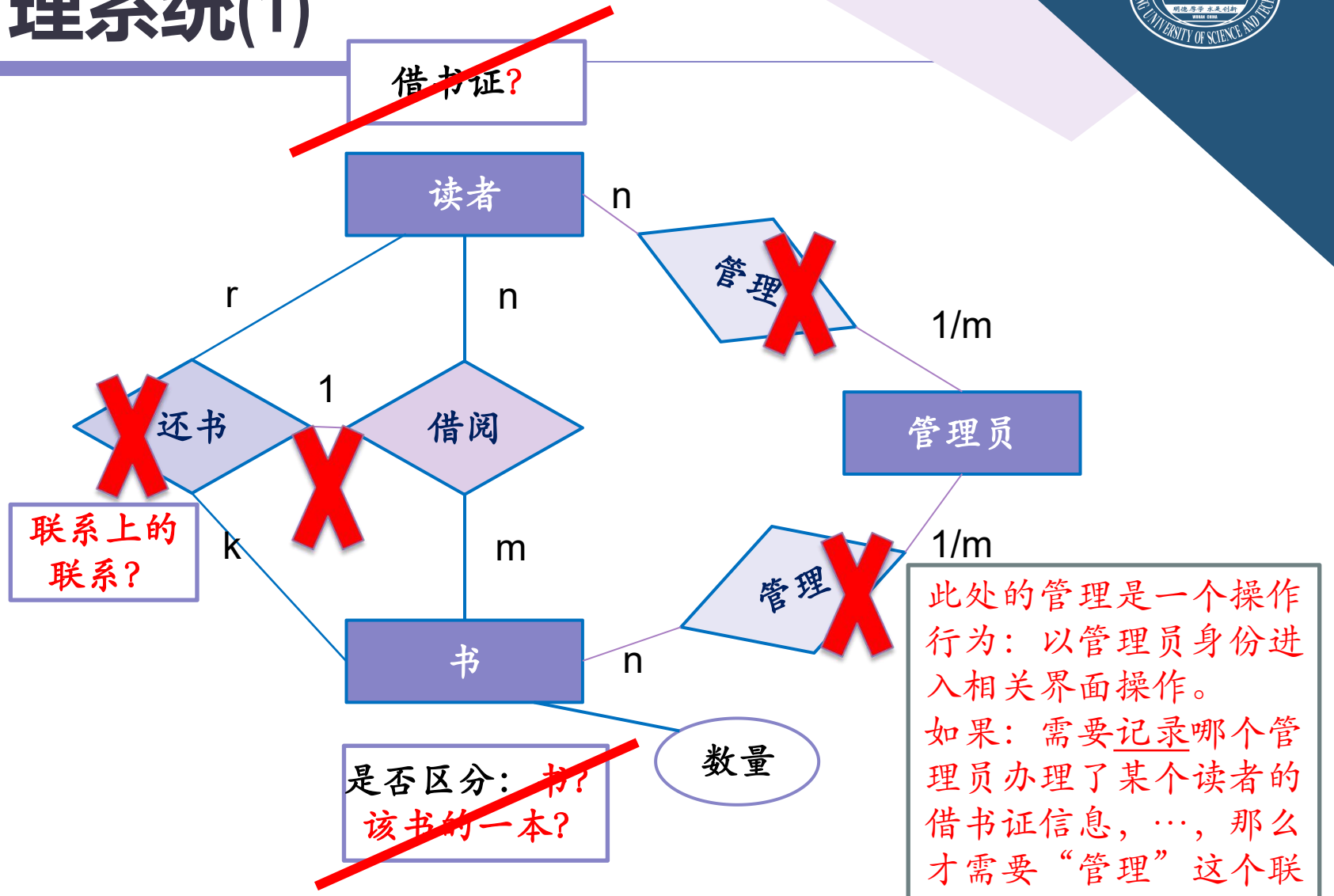
A. 请给出如下场景（满足1~4）的图书管理数据库的ER图设计：

1. 用户类型：读者、管理员

2. 管理员负责图书的管理和读者的管理；

3. 一个读者可以借多本书；一本书可以借给多个读者（馆藏多本）；

4. 一本书最迟1个月要归还；如果逾期还书，需按逾期天数罚款。



案例：图书馆管理系统(2)

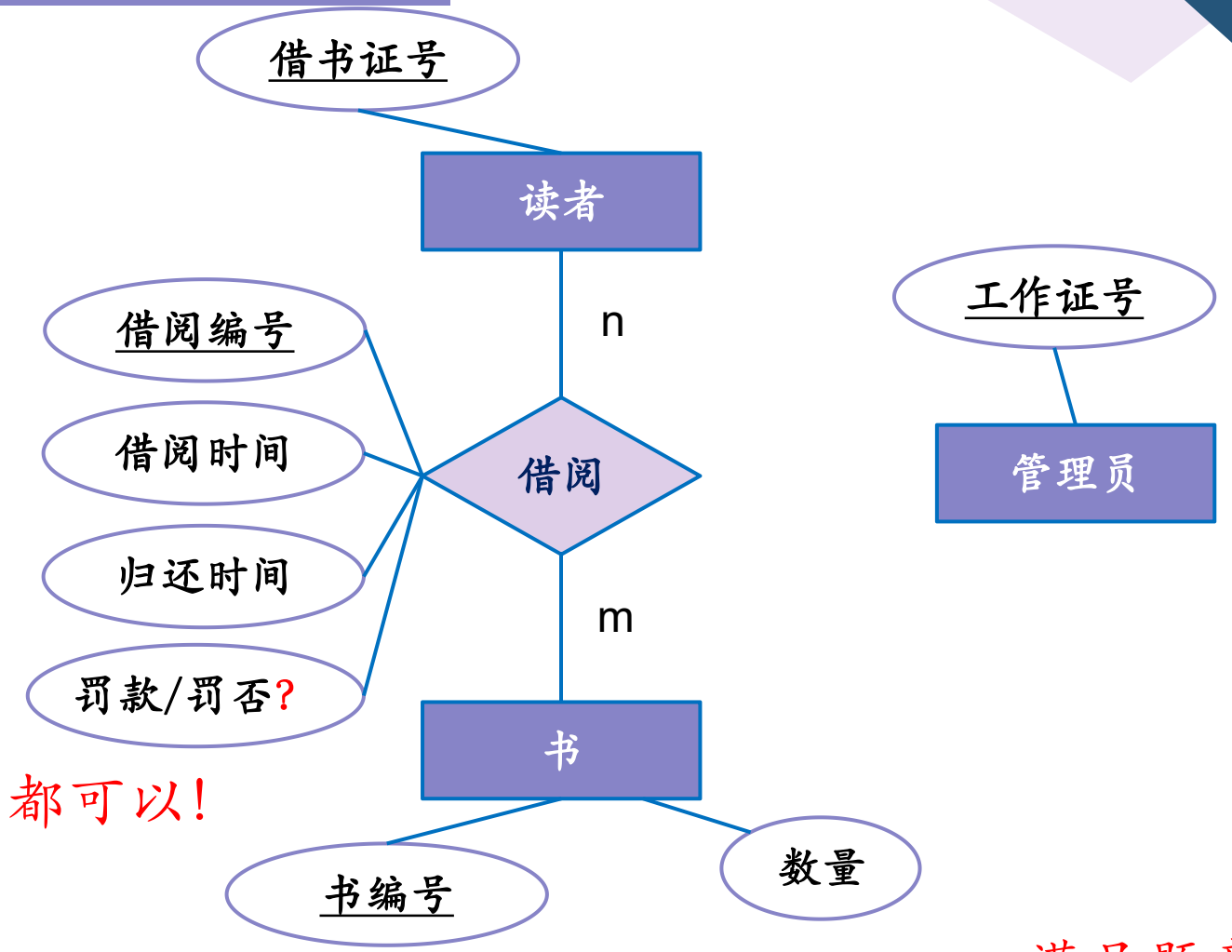
A. 请给出如下场景（满足1~4）的图书管理数据库的ER图设计：

1. 用户类型：读者、管理员

2. 管理员负责图书的管理和读者的管理；

3. 一个读者可以借多本书；一本书可以借给多个读者（馆藏多本）；

4. 一本书最迟1个月要归还；如果逾期还书，需按逾期天数罚款。



都可以！

满足题意！

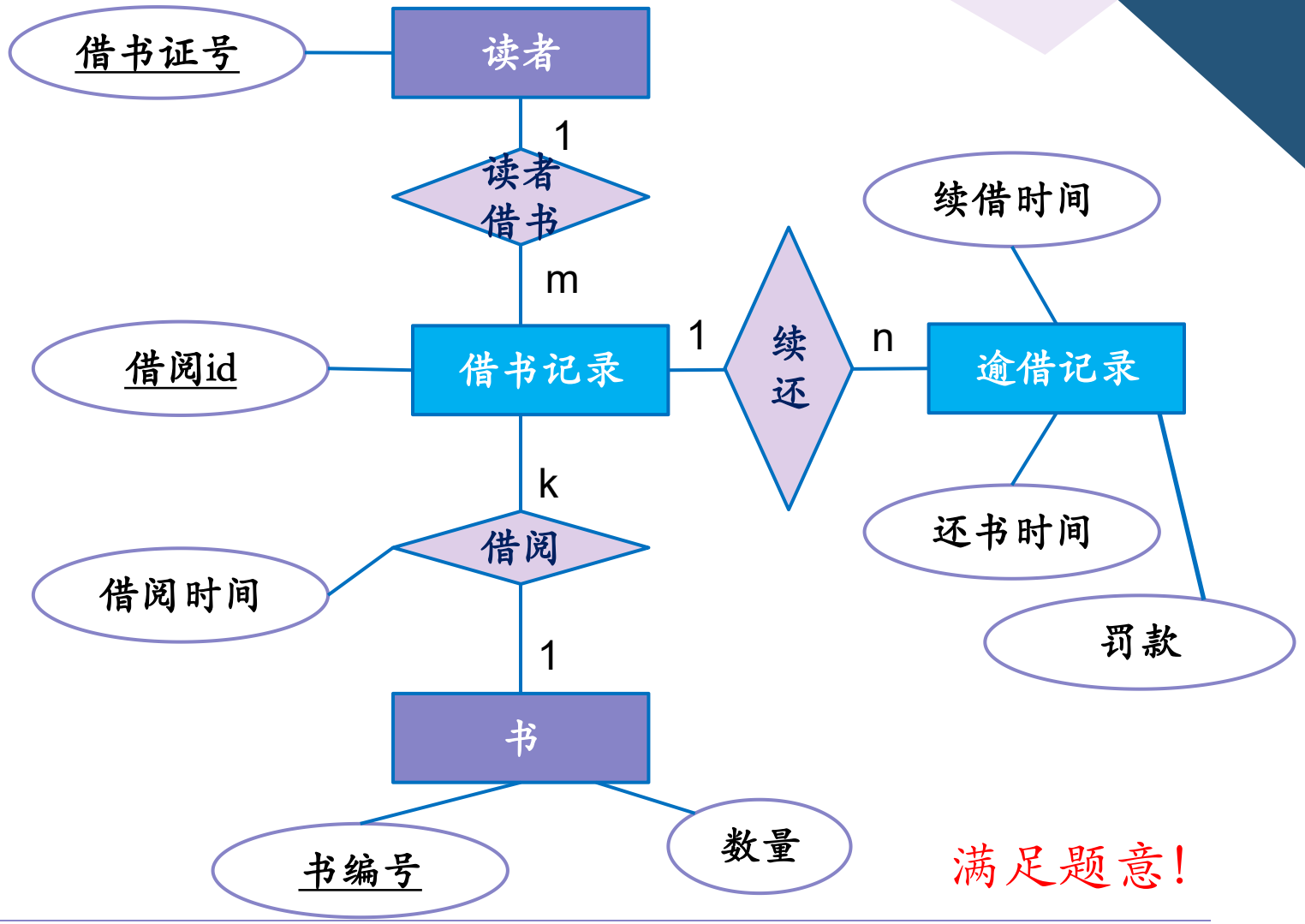
案例：图书馆管理系统(3)

A. 请给出如下场景（满足1~4）的图书管理数据库的ER图设计：

3. 一个读者可以借多本书；一本书可以借给多个读者（馆藏多本）；

4. 一本书最迟1个月要归还；如果逾期还书，需按逾期天数罚款。

- 借书还书问题的解法2



满足题意！

案例：图书馆管理系统(4)

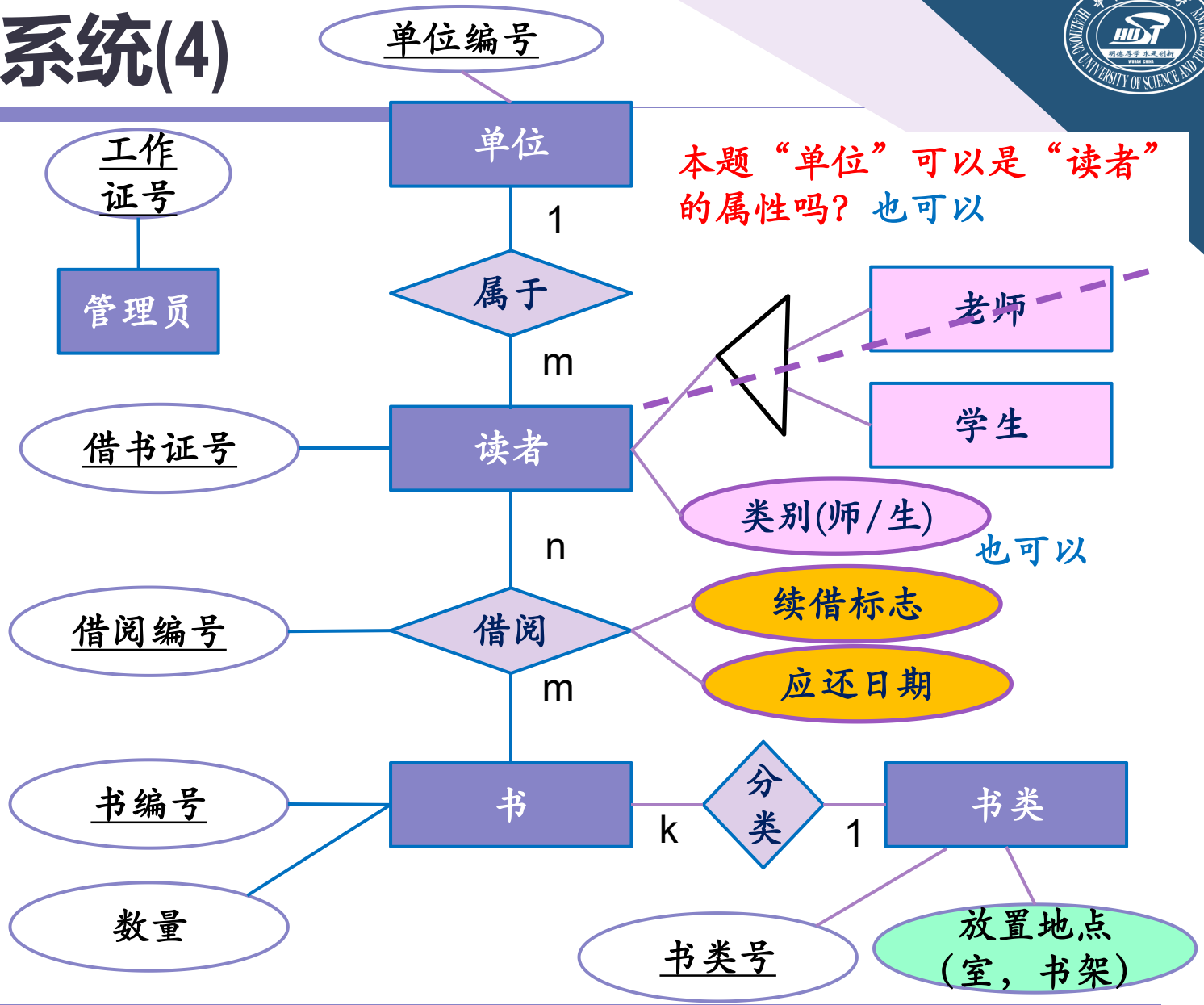
B. 题目升级（如果要满足5~8，ER图如何设计？）：

1. 读者要有所属单位信息；

2. 图书管分为若干室，书按图书类型分别放在不同室的不同书架上；

3. 若第4点改为：读者可分为：学生、老师；学生最多可借有图书5本，教师最多可以借阅图书10本；

4. 借期30天，可续借1次，续借15天；逾期每册书每天罚款0.2元。



案例：图书馆管理系统(5)

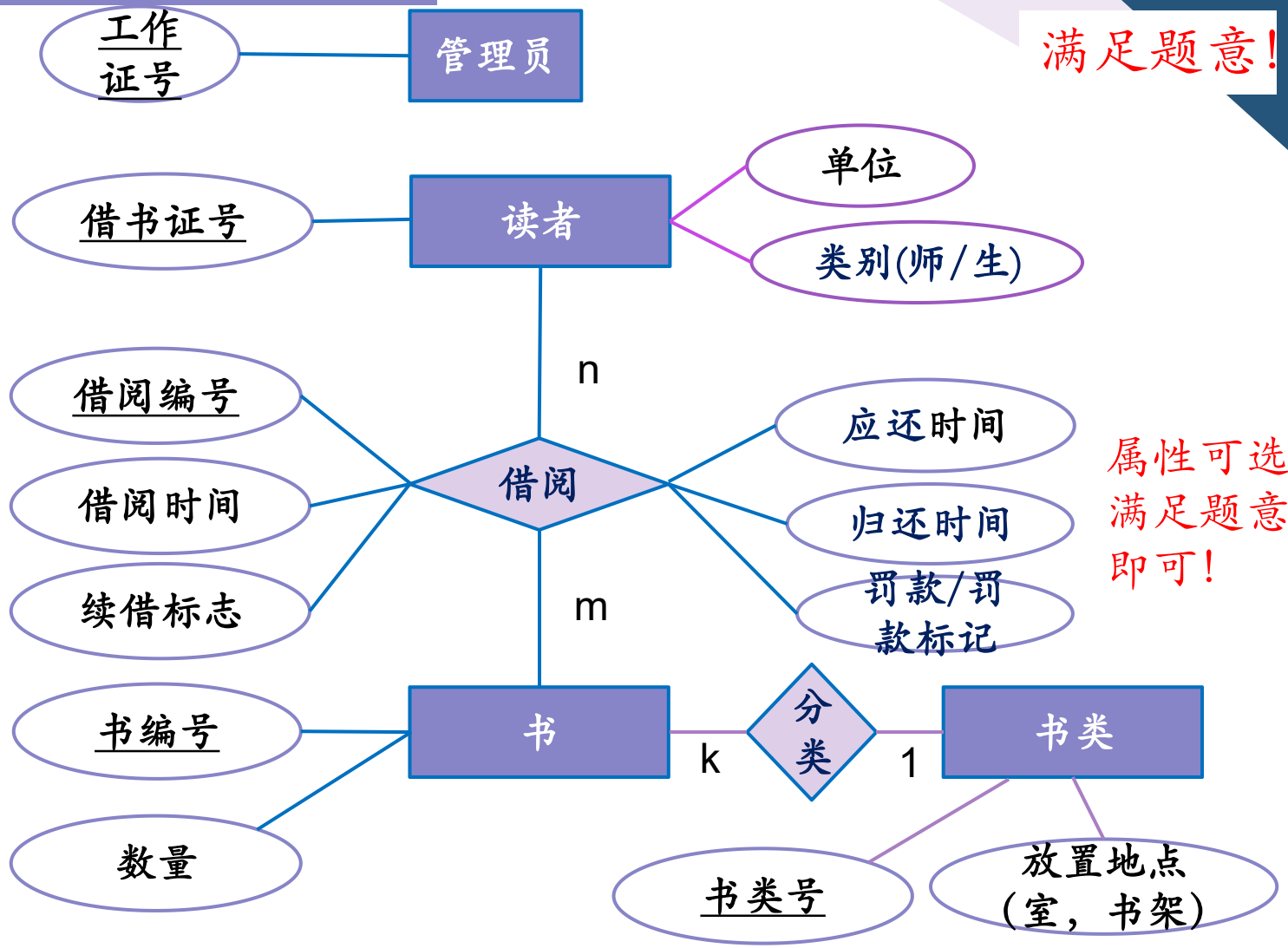
B. 题目升级（如果要满足5~8，ER图如何设计？）：

1. 读者要有所属单位信息；

2. 图书管分为若干室，书按图书类型分别放在不同室的不同书架上；

3. 若第4点改为：读者可分为：学生、老师；学生最多可借有图书5本，教师最多可以借阅图书10本；

4. 借期30天，可续借1次，续借15天；逾期每册书每天罚款0.2元。

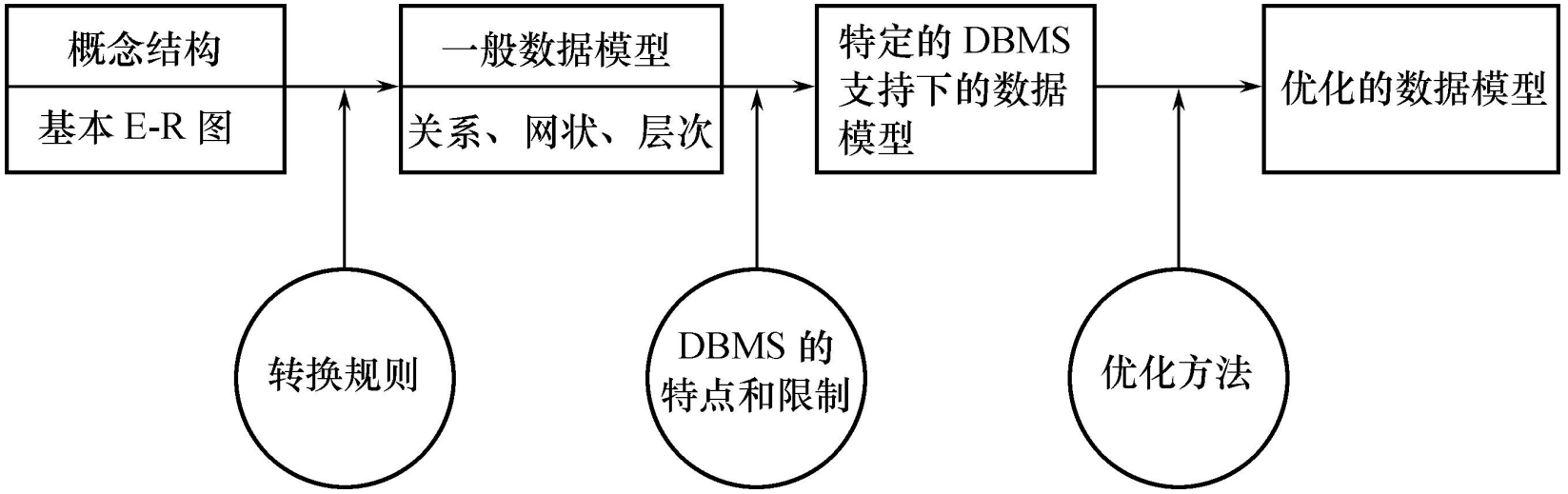


满足题意！

属性可选，满足题意即可！

7.4 逻辑结构设计

- 数据库逻辑设计的任务
  - 将概念结构转换成特定DBMS所支持的数据模型。
  - 进入“实现设计”阶段，需考虑具体DBMS性能、具体数据模型特点。
  - 关系数据库的逻辑设计问题：E-R图如何向关系模型进行转换。
- 逻辑设计一般分为3个步骤：



7.4.1 E-R图向关系模式的转换

1．转换原则

(1) 一个实体型转化为一个关系模式

- 关系的属性 = 实体的属性
- 关系的码 = 实体的码

(2) 联系转换方式1:

① 联系为1:1，联系实体可消失，每个实体的键都是关系的候选键；

② 联系为1: n，联系实体可消化到“m”方中去，n端实体的键是关系的键；

③ 联系为n : m或多元联系，联系实体转换为一个关系，各实体键的组合是关系的键。

联系的转换方式1:

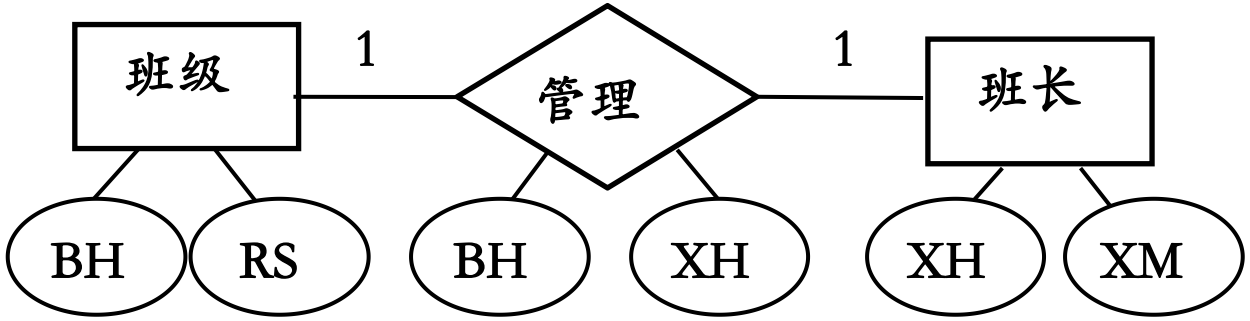
1）1：1联系转换为关系模式

(1) 基本实体⇒一个关系模式;

(2) 联系实体⇒一个关系模式;

(3) 联系实体可消化。

例:



班级(BH, RS)
班长(XH, XM)
管理(BH, XH)

或

班级（BH，RS，XH)
班长（XH，XM)

班级（BH，RS)
班长（XH，XM，BH)

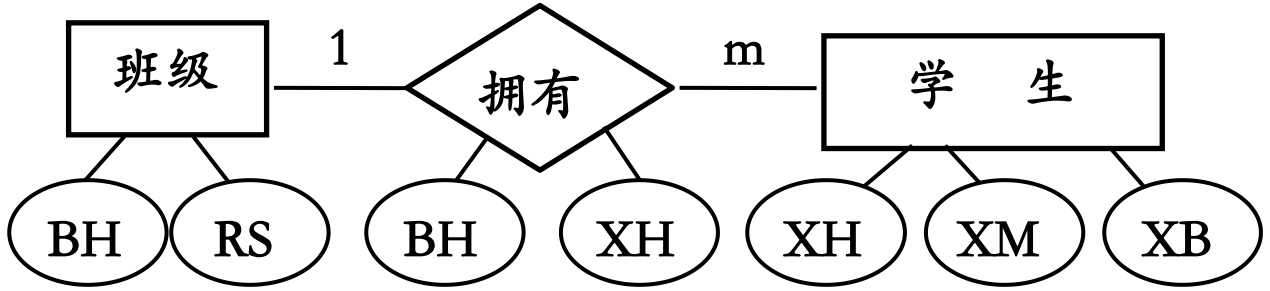
2）1：m联系转换为关系模式

(1) 基本实体⇒一个关系模式;

(2) 联系实体⇒一个关系模式;

(3) 联系实体可消化到“m”方中去。

例:



班级（BH，RS）
学生（XH，XM，XB）
拥有（BH，XH）

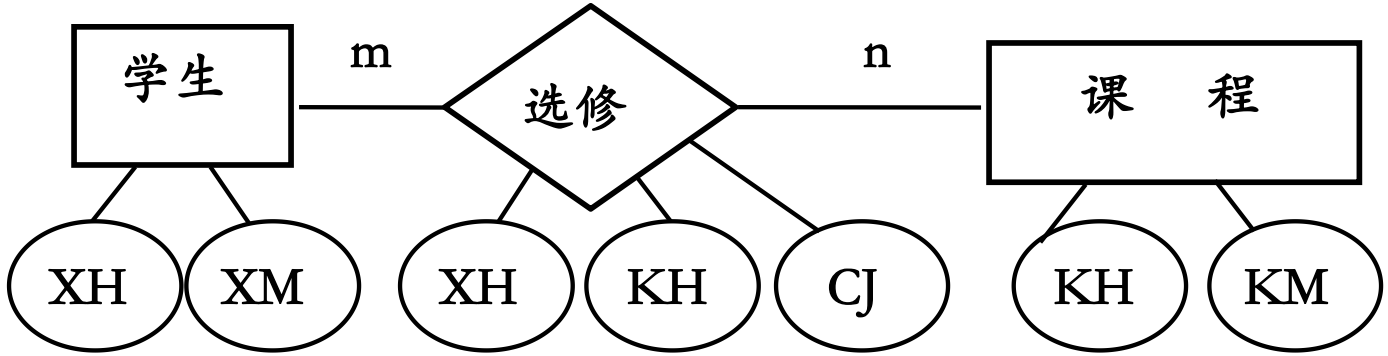
消化处理后为:
班级(BH，RS)
学生(XH，XM，XB，BH)

3）m：n联系转换为关系模式

（1）基本实体⇒一个关系模式；

（2）联系实体⇒一个关系模式。

例：

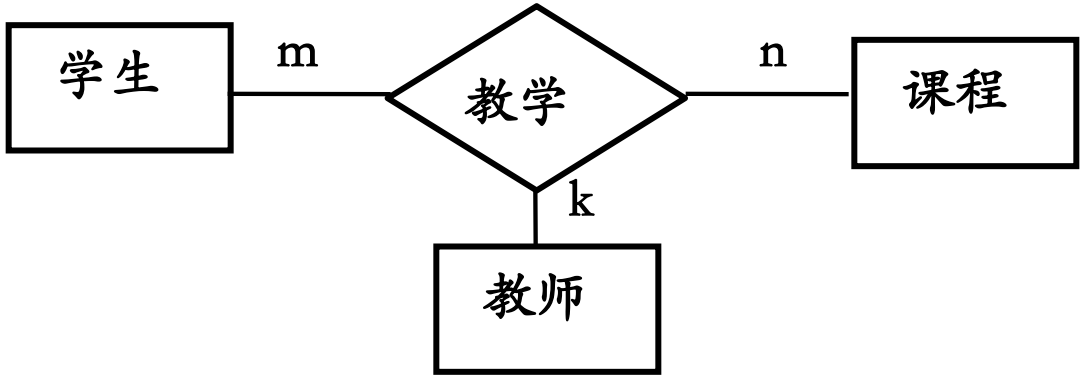


学生（XH，XM）
课程（KH，KM）
选修（XH，KH，CJ）

4）多元联系转换为关系模式

（1）基本实体⇒一个关系模式；

（2）联系实体⇒一个关系模式。



学生（XH，……）
课程（KH，……）
教师（JH，……）
教学（XH，KH，JH）

7.4.1 E-R图向关系模式的转换

1．转换原则（续）

(2') 联系的转换方式2: 一个联系转换为一个关系模式，与该联系相连的各实体的键以及联系的属性均转换为该关系的属性。

该关系的键有三种情况：

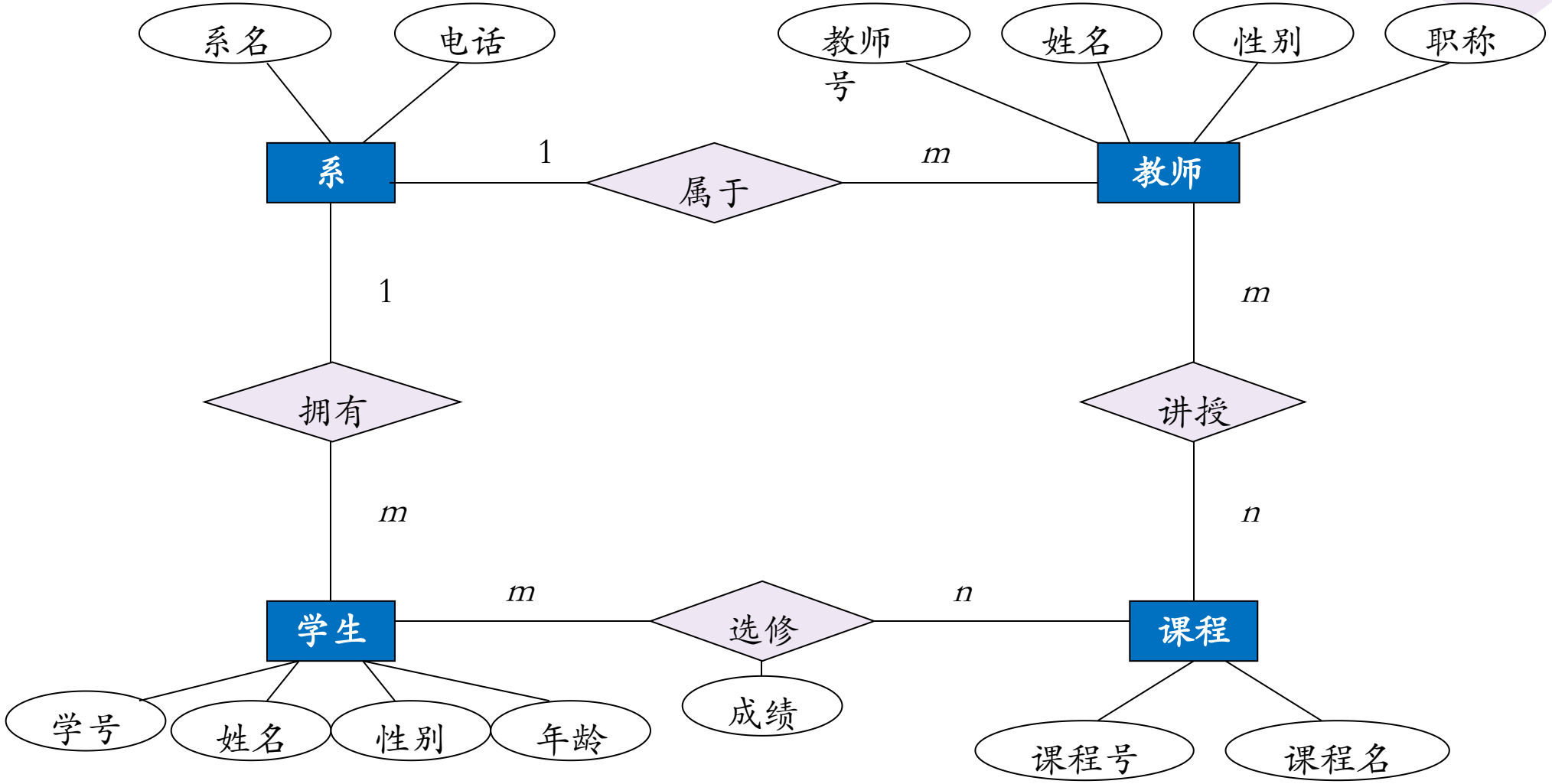
①联系为1:1，则每个实体的键都是关系的候选键；

②联系为1: n，则n端实体的键是关系的键；

③联系为n : m，则各实体键的组合是关系的键。

(3) 具有相同码的关系模式可以合并。

例：7.3中E-R图例


系名
电话
教师号
姓名
性别
职称
系
1
属于
m
教师
1
m
拥有
讲授
m
n
m
选修
n
学生
课程
学号
姓名
性别
年龄
成绩
课程号
课程名

例：初始关系模式设计

(1) 把每一个实体转换为一个关系

图中的四个实体分别转换成四个关系模式：

学生（学号，姓名，性别，年龄）

课程（课程号，课程名）

教师（教师号，姓名，性别，职称）

系（系名，电话）

(2) 把每一个联系转换为关系模式

图中的四个联系也分别转换成四个关系模式：

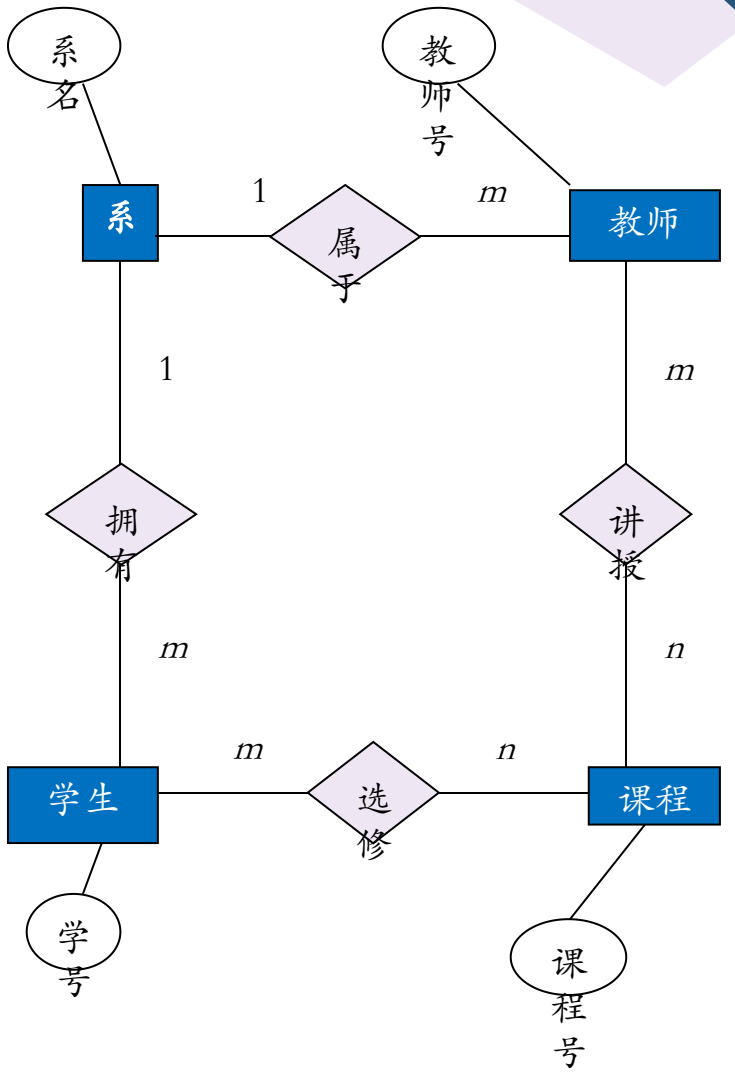
属于（教师号，系名）

讲授（教师号，课程号）

选修（学号，课程号，成绩）

拥有（系名，学号）

其中，有下划线者表示是主键。



优化下列关系模式

- 优化前：

  学生（学号，姓名，性别，年龄）

  课程（课程号，课程名）

  教师（教师号，姓名，性别，职称）

  系（系名，电话）

  属于（教师号，系名）

  讲授（教师号，课程号）

  选修（学号，课程号，成绩）

  拥有（系名，学号）

- 优化后，学生和教师关系被修改：

  学生（学号，姓名，性别，年龄，系名）

  教师（教师号，姓名，性别，职称，系名）

  关系模式属于和拥有被消去，其他关系不变

7.4.2 数据模型的优化

- 数据模型的优化：数据库逻辑设计的结果不是唯一的，得到初步数据模型后，还应该适当地修改、调整数据模型的结构，以进一步提高数据库应用系统的性能。
- 关系数据模型的优化通常以规范化理论为指导。
- 优化方法为：

1．确定数据依赖

2．消除冗余联系

3．确定所属范式级别

4．检验生成的模式是否合适应用环境实施规范化处理，是否需要对某些模式进行合并或分解。

并不是规范化程度越高的关系就越优。

7.4.2 数据模型的优化

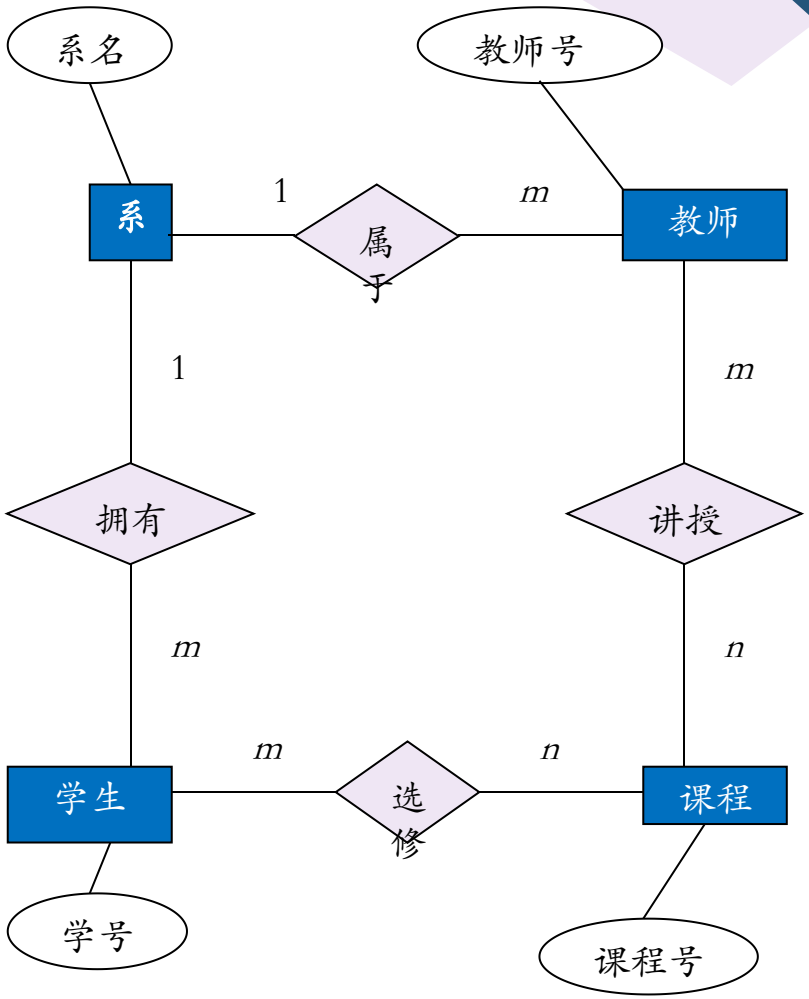
- 确定函数依赖（第6章知识）：
  - 一对多的联系可表示为：

    学号→系号，教师号→系号，
  - 多对多的联系可表示为：

    （教师号，课程号）→课程细节；

    （学生号，课程号）→成绩
- 得到函数依赖集FL
- 求FL的最小覆盖GL，差集为D = FL-GL。

逐一考察D中的函数依赖，确定是否是冗余的联系，若是，就把它去掉。



7.4.2 数据模型的优化

4. 对关系模式进行必要分解，提高数据操作效率和存储空间利用率。

1）水平分解：把关系的元组分为若干子集合，定义每个子集合为一个子关系。

- 经常进行大量数据的分类条件查询的关系，可进行水平分解，可以减少应用系统每次查询需要访问的记录数，从而提高查询性能。
- 适用范围：
  - 满足“80/20原则”的应用：20%的常用数据分解出来作为子关系。
  - 并发事务经常存取不相交的数据：分解为每个事务存取的数据对应一个关系。

【例】有学生关系（学号，姓名，类别……），其中类别包括大专生、本科生和研究生。如果多数查询一次只涉及其中的一类学生，则按学生类别水平分割整个学生关系。

7.4.2 数据模型的优化

2）垂直分解：把关系模式的属性分解为若干子集合，形成若干子关系模式。

- 原则：把经常一起使用的属性分解出来，形成一个子关系模式。

【例】有教师关系（教师号，姓名，性别，年龄，职称，工资，岗位津贴，住址，电话），如果经常查询的仅是前六项，而后三项很少使用，则垂直分割：

- 教师关系1（教师号，姓名，性别，年龄，职称，工资）
- 教师关系2（教师号，岗位津贴，住址，电话）

- 优点：提高某些事务的效率
- 缺点：也有可能使另一些事务不得不执行连接操作，从而降低了效率。
- 衡量标准：分解后的所有事务的总效率是否得到了提高？还要保证分解后的关系具有无损连接性和函数依赖保持性。

7.4.3 设计用户子模式

根据局部应用需求，结合具体DBMS的特点设计用户外模式，即关系DBMS提供的视图。

1. 指导思想

注重局部用户的习惯与方便。

2. 具体方法

- 使用更符合用户习惯的别名；
- 对不同级别的用户定义不同的视图，以保证系统的安全性；
- 简化用户对系统的使用。

  如：某些用户的复杂查询，涉及多个关系模式，可为其定义专门视图，大大地简化用户地使用。

设计用户子模式

[例] 关系模式：产品（产品号，产品名，规格，单价，生产车间，生产负责人，产品成本，产品合格率，质量等级），可以在产品关系上建立多个视图：

- 顾客视图中只包含允许顾客查询的属性
- 销售部门视图中只包含允许销售部门查询的属性
- 生产领导部门则可以查询全部产品数据

如：

- 为一般顾客建立视图： 产品1（产品号，产品名，规格，单价）
- 为产品销售部门建立视图：

  产品2（产品号，产品名，规格，单价，车间，生产负责人）

7.5 物理结构设计

- 对于给定的逻辑数据模型，选取一个最适合应用环境的物理结构的过程，称为数据库物理设计。
- 任务：以逻辑设计的结果为输入，结合具体DBMS的特点与存储设备特性进行设计，选定数据库在物理设备上的存储结构和存取方法。
- 数据库的物理设计可分为两步：

  (1) 确定物理结构：在关系数据库中主要指存取方法和存储结构；

  (2) 评价物理结构：评价的重点是时间和空间效率、维护代价和各种用户要求进行权衡，其结果可以产生多种方案，数据库设计人员必须对这些方案进行细致的评价，从中选择一个较优的方案。

7.5.1 数据库物理设计的内容和方法

- 设计物理数据库结构的准备工作：
  - 对要运行的事务进行详细分析，获得选择物理数据库设计所需参数
    - 数据查询事务：关系、查询条件所涉及的属性、连接条件所涉及的属性，查询投影属性；
    - 数据更新事务：关系、更新条件所涉及所有属性，每个事务的频率和性能要求；
  - 充分了解所用RDBMS的内部特征，特别是系统提供的存取方法（建立存取路径）和 存储结构（关系、索引等）

7.5.2 关系模式存取方法选择

- 数据库系统是多用户共享的系统，对同一个关系要建立多条存取路径才能满足多用户的多种应用要求。
- 物理设计的任务之一就是要确定选择哪些存取方法，即建立哪些存取路径。

- 存取方法的设计

存取方法是为存储在物理设备（通常指辅存）上的数据提供存储和检索能力的方法。常用的存取方法包括聚簇和索引。

(1) 索引：经典存取方法 - B+树索引

(2) 聚簇（Cluster）

(3) HASH方法

1. 索引

- 索引是根据某些属性的值建立的值与对应记录的存储位置间的映射关系表，它可以提供对数据的快速访问。

- 根据应用要求确定：
  - 对哪些属性列建立索引？
  - 对哪些属性列建立组合索引？
  - 对哪些索引要设计为唯一索引？

1. 索引

- 选择索引存取方法的一般规则：
  - 如果一个(或一组)属性经常在查询条件中出现，则考虑在这个(或这组)属性上建立索引(或组合索引)
  - 如果一个属性经常作为最大值和最小值等聚集函数的参数，则考虑在这个属性上建立索引
  - 如果一个(或一组)属性经常在连接操作的连接条件中出现，则考虑在这个(或这组)属性上建立索引
- 关系上定义的索引数过多会带来较多的额外开销：
  - 维护索引的开销
  - 查找索引的开销

2. 聚簇

- 聚簇：为提高某个属性（或属性组）的查询速度，把这个或这些属性（称为聚簇码）上具有相同值的元组集中存放在连续的物理块称为聚簇。
- 聚簇有两个作用：

  ① 聚簇码相同的元组集中在一起，因而聚簇值不必在每个元组中重复存储，只要在一组中存储一次即可，因此可以节省存储空间。

  ② 聚簇功能可以大大提高按聚簇码进行查询的效率。

【例】假设要查询学生关系中计算机系的学生名单（300名学生）：

- 极端情况下，记录分布在300个不同的物理块中，查询计算机系的学生，要做300次的I/O操作，将影响系统查询的性能。
- 若按照系别建立聚簇，使同一个系的学生记录集中存放，则每做一次I/O操作，就可获得多个满足查询条件和记录，从而显著地减少了访问磁盘的次数。

2. 聚簇

- 设计候选聚簇：
  - 对经常在一起进行连接操作的关系可以建立聚簇；
  - 如果一个关系的一组属性经常出现在相等比较条件中，则该单个关系可建立聚簇；
  - 如果一个关系的一个(或一组)属性上的值重复率很高，则此单个关系可建立聚簇。即对应每个聚簇码值的平均元组数不太少。太少则聚簇的效果不明显。
- 优化聚簇设计：
  - 从聚簇中删除经常进行全表扫描的关系；
  - 从聚簇中删除更新操作远多于连接操作的关系；
  - 不同的聚簇中可能包含相同的关系，一个关系可以在某一个聚簇中，但不能同时加入多个聚簇；
  - 从这多个聚簇方案(包括不建立聚簇)中选择一个较优的，即在这个聚簇上运行各种事务的总代价最小。

2. 聚簇

- 聚簇的适用范围：

1. 既适用于单个关系独立聚簇，也适用于多个关系组合聚簇

【例】假设用户经常要按系别查询学生成绩单，这一查询涉及学生关系和选修关系的连接操作，即需要按学号连接这两个关系：

为提高连接操作的效率，可以把具有相同学号值的学生元组和选修元组在物理上聚簇在一起。相当于把多个关系按“预连接”的形式存放，从而大大提高连接操作的效率。

2. 当通过聚簇码进行访问或连接是该关系的主要应用，与聚簇码无关的其他访问很少或者是次要的时，可以使用聚簇。

尤其当SQL语句中包含有与聚簇码有关的ORDER BY，GROUP BY，UNION，DISTINCT等子句或短语时，使用聚簇特别有利，可以省去对结果集的排序操作。

2. 聚簇

- 聚簇的局限性：

  1. 聚簇只能提高某些特定应用的性能。
  2. 建立与维护聚簇的开销相当大。
     - 对已有关系建立聚簇，将导致关系中元组移动其物理存储位置，并使此关系上原有的索引无效，必须重建。
     - 当一个元组的聚簇码改变时，该元组的存储位置也要做相应移动。

3. HASH存取

- 选择HASH存取方法的规则：
  - 当一个关系满足下列两个条件时，可以选择HASH存取方法：
    - 该关系的属性主要出现在等值连接条件中或主要出现在相等比较选择条件中；
    - 该关系的大小可预知，而且不变；

    或：
    - 该关系大小动态改变，但所选用的DBMS提供了动态HASH存取方法

7.5.3 确定数据库的存储结构

1．确定数据的存放位置

为了提高系统性能，应该根据应用情况将数据的易变部分、稳定部分、经常存取部分和存取频率较低部分分开存放。

- 例如：许多计算机都有多个磁盘，因此可以将表和索引分别存放在不同的磁盘上，在查询时，由于两个磁盘驱动器并行工作，可以提高物理读写的速度。
- 在多用户环境下，可以将日志文件和数据库对象（表、索引等）放在不同的磁盘上，以加快存取速度。
- 另外，数据库的数据备份、日志文件备份等，只在数据库发生故障进行恢复时才使用，而且数据量很大，可以存放在磁带上，以改进整个系统的性能。

7.5.3 确定数据库的存储结构

2．确定系统配置

- DBMS产品一般都提供了一些系统配置变量、存储分配参数，供设计人员和DBA对数据库进行物理优化。系统为这些变量设定了初始值，但是这些值不一定适合每一种应用环境，在物理设计阶段，要根据实际情况重新对这些变量赋值，以满足新的要求。
- 系统配置变量和参数很多，例如，同时使用数据库的用户数、同时打开的数据库对象数、内存分配参数、缓冲区分配参数（使用的缓冲区长度、个数）、存储分配参数、数据库的大小、时间片的大小、锁的数目等，这些参数值影响存取时间和存储空间的分配，在物理设计时要根据应用环境确定这些参数值，以使系统的性能达到最优。

7.5.4 评价物理结构

- 在确定了数据库的物理结构之后，要进行评价，重点是时间和空间的效率。
- 评价方法（完全依赖于所选用的DBMS ）
  - 定量估算各种方案：
    - 存储空间
    - 存取时间
    - 维护代价
  - 对估算结果进行权衡、比较，选择出一个较优的合理的物理结构
  - 如果该结构不符合用户需求，则需要修改设计

7.6 数据库实施和维护

- 数据库实施是指根据逻辑设计和物理设计的结果，在计算机上建立起实际的数据库结构、装入数据、进行测试和试运行的过程。

- 数据库实施主要包括以下工作：
  - 建立实际数据库结构；
  - 装入数据；
  - 数据库试运行；
  - 整理文档。

1. 建立实际数据库结构

- DBMS提供的数据定义语言（DDL）可以定义数据库结构。可使用SQL定义语句中的CREATE TABLE语句定义所需的基本表，使用CREATE VIEW语句定义视图。

2. 载入数据

- 装入数据又称为数据库加载（Loading），是数据库实施阶段主要工作。在数据库结构建立好之后，就可以向数据库中加载数据了。
- 由于数据库的数据量一般都很大，它们分散于一个企业（或组织）中各个部门的数据文件、报表或多种形式的单据中，它们存在着大量的重复，并且其格式和结构一般都不符合数据库的要求，必须把这些数据收集起来加以整理，去掉冗余并转换成数据库所规定的格式，这样处理之后才能装入数据库。因此，需要耗费大量的人力、物力，是一种非常单调乏味而又意义重大的工作。

载入

- 由于应用环境和数据来源的差异，所以不可能存在普遍通用的转换规则，现有的DBMS并不提供通用的数据转换软件来完成这一工作。
- 对于一般的小型系统，装入数据量较少，可以采用人工方法来完成。
  - 首先将需要装入的数据从各个部门的数据文件中筛选出来，转换成符合数据库要求的数据格式，
  - 然后输入到计算机中，
  - 最后进行数据校验，检查输入的数据是否有误。
- 但是，人工方法不仅效率低，而且容易产生差错。对于数据量较大的系统，应该由计算机来完成这一工作。通常是设计一个数据输入子系统，其主要功能是从大量的原始数据文件中筛选、分类、综合和转换数据库所需的数据，把它们加工成数据库所要求的结构形式，最后装入数据库中。

校验

- 为了保证装入数据库中数据的正确无误，必须高度重视数据的校验工作。在输入子系统的设计中应该考虑多种数据检验技术，在数据转换过程中应使用不同的方法进行多次检验，确认正确后方可入库。
- 如果在数据库设计时，原来的数据库系统仍在使用，则数据的转换工作是将原来老系统中的数据转换成新系统中的数据结构。同时还要转换原来的应用程序，使之能在新系统下有效地运行。
- 数据的转换、分类和综合常常需要多次才能完成，因而输入子系统的设计和实施是很复杂的，需要编写许多应用程序，由于这一工作需要耗费较多的时间，为了保证数据能够及时入库，应该在数据库物理设计的同时编制数据输入子系统，而不能等物理设计完成后才开始。

7.6.2 数据库试运行

应用程序编写完成，并有了一小部分数据装入后，应该按照系统支持的各种应用分别试验应用程序在数据库上的操作情况，这就是数据库的试运行阶段，或者称为联合调试阶段。在这一阶段要完成两方面的工作。

(1) 功能测试。实际运行应用程序，测试它们能否完成各种预定的功能。

(2) 性能测试。测量系统的性能指标，分析系统是否符合设计目标。

系统的试运行对于系统设计的性能检验和评价是很重要的，因为有些参数的最佳值只有在试运行后才能找到。如果测试的结果不符合设计目标，则应返回到设计阶段，重新修改设计和编写程序，有时甚至需要返回到逻辑设计阶段，调整逻辑结构。

7.6.2 数据库试运行

- 重新设计物理结构甚至逻辑结构，会导致数据重新入库。由于数据装入的工作量很大，所以可分期分批的组织数据装入，先输入小批量数据做调试用，待试运行基本合格后，再大批量输入数据，逐步增加数据量，逐步完成运行评价。
- 数据库的实施和调试不是几天就能完成的，需要有一定的时间。在此期间由于系统还不稳定，随时可能发生硬件或软件故障，加之数据库刚刚建立，操作人员对系统还不熟悉，对其规律缺乏了解，容易发生操作错误，这些故障和错误很可能破坏数据库中的数据，这种破坏很可能在数据库中引起连锁反应，破坏整个数据库。
- 因此必须做好数据库的转储和恢复工作，要求设计人员熟悉DBMS的转储和恢复功能，并根据调试方式和特点首先加以实施，尽量减少对数据库的破坏，并简化故障恢复。

整理文档

- 在程序的编码调试和试运行中，应该将发现的问题和解决方法记录下来，将它们整理存档作为资料，供以后正式运行和改进时参考。
- 全部调试工作完成后，应该编写应用系统的技术说明书和使用说明书，在正式运行时随系统一起交给用户。
- 完整的文件资料是应用系统的重要组成部分，但这一点常被忽视。必须强调这一工作的重要性，引起用户与设计人员的充分注意。

7.6.3 数据库运行和维护

- 数据库试运行结果符合设计目标后，数据库就投入正式运行，进入运行和维护阶段。数据库系统投入正式运行，标志着数据库应用开发工作的基本结束，但并不意味着设计过程已经结束。
- 由于应用环境不断发生变化，用户的需求和处理方法不断发展，数据库在运行过程中的存储结构也会不断变化，从而必须修改和扩充相应的应用程序。
- 数据库运行和维护阶段的主要任务包括以下三项内容：
  - (1) 维护数据库的安全性与完整性
  - (2) 监测并改善数据库性能
  - (3) 重新组织和构造数据库

1. 维护数据库的安全与完整性

- 按照设计阶段提供的安全规范和故障恢复规范，DBA要经常检查系统的安全是否受到侵犯，根据用户的实际需要授予用户不同的操作权限。
- 数据库在运行过程中，由于应用环境发生变化，对安全性的要求可能发生变化，DBA要根据实际情况及时调整相应的授权和密码，以保证数据库的安全性。
- 同样数据库的完整性约束条件也可能会随应用环境的改变而改变，这时DBA也要对其进行调整，以满足用户的要求。
- 另外，为了确保系统在发生故障时，能够及时地进行恢复，DBA要针对不同的应用要求定制不同的转储计划，定期对数据库和日志文件进行备份，以使数据库在发生故障后恢复到某种一致性状态，保证数据库的完整性。

2. 监测并改善数据库性能

- 目前许多DBMS产品都提供了监测系统性能参数的工具，DBA可以利用系统提供的这些工具，经常对数据库的存储空间状况及响应时间进行分析评价；
- 结合用户的反应情况确定改进措施；及时改正运行中发现的错误；
- 按用户的要求对数据库的现有功能进行适当的扩充。
- 但要注意在增加新功能时应保证原有功能和性能不受损害。

3. 重新组织和构造数据库

- 数据库建立后，除了数据本身是动态变化以外，随着应用环境的变化，数据库本身也必须变化以适应应用要求。
- 数据库运行一段时间后，由于记录的不断增加、删除和修改，会改变数据库的物理存储结构，使数据库的物理特性受到破坏，从而降低数据库存储空间的利用率和数据的存取效率，使数据库的性能下降。因此，需要对数据库进行重新组织，即重新安排数据的存储位置，回收垃圾，减少指针链，改进数据库的响应时间和空间利用率，提高系统性能。这与操作系统对“磁盘碎片”的处理的概念相类似。
- 数据库的重组只是使数据库的物理存储结构发生变化，而数据库的逻辑结构不变，所以根据数据库的三级模式，可以知道数据库重组对系统功能没有影响，只是为了提高系统的性能。

3. 重新组织和构造数据库

- 数据库应用环境的变化可能导致数据库的逻辑结构发生变化，比如要增加新的实体，增加某些实体的属性，这样实体之间的联系发生了变化，这样使原有的数据库设计不能满足新的要求，必须对原来的数据库重新构造，适当调整数据库的模式和内模式，比如要增加新的数据项，增加或删除索引，修改完整性约束条件等。
- DBMS一般都提供了重新组织和构造数据库的应用程序，以帮助DBA完成数据库的重组和重构工作。
- 只要数据库系统在运行，就需要不断地进行修改、调整和维护。一旦应用变化太大，数据库重新组织也无济于事，这就表明数据库应用系统的生命周期结束，应该建立新系统，重新设计数据库。从头开始数据库设计工作，标志着一个新的数据库应用系统生命周期的开始。

本章小结

- 数据库的设计过程：
  - 需求分析
  - 概念结构设计：概念模型：E-R图
  - 逻辑结构设计：逻辑模式、外模式
  - 物理设计：内模式
  - 实施和维护

考点*：给定一个数据库应用场景，请给出相关的ER图设计和数据库表设计。

拓展思考：如果你是一个DBA，面对一个具体的数据库应用，如何设计相应的DB物理结构呢？从哪些角度来设计？

课堂练习

(2001华工计算机专业考研试题)：某运动会历经数届，每届在不同地点举行，设有多项体育项目比赛，有若干运动队参加，每个运动队有许多运动员，一个运动员仅可为一个运动队的队员，可参加多届运动会的多个体育项目的比赛。要建立一个数据库完成下列任务：

1.登记和检索历届运动会参与的运动队和运动员信息；

2.登记和检索运动员参加历届运动会的各种比赛项目及成绩。

请完成下述工作：

1. 按通常语义拟定实体，属性后分别构造上述应用的局部ER图

2. 合并它们为全局ER图并说明合并应注意哪些问题（哪些冲突）？

3. 将你的ER图转换为关系模式，并标明关键字。给出建表语句。