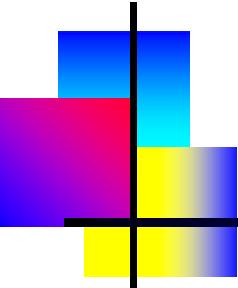


教材：数据库实用教程（第四版）

《数据库原理》课程

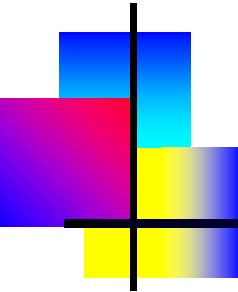
清华大学出版社
2024年12月30日



《数据库原理》

第九章 分布式数据库

清华大学出版社
董健全
2024年12月30日



第十一章 分布式数据库系统

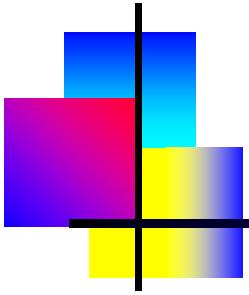
教学内容：

分布式数据库DDB、 DDBS、 DDBMS 的定义；

分布式数据库系统的特点、 优缺点和分类；

分布式数据库的数据存储；

分布式数据库的模式结构和特点。



§ 1 DDBS概述

一、集中式系统与分布式系统

集中式数据库系统：所有的工作都由一台计算机完成。

优点： 大型计算机配置大容量数据库，价格比较合算；

人员易于管理，便于完成大型任务；

数据集中管理，减少了数据冗余；

较高的数据独立性。

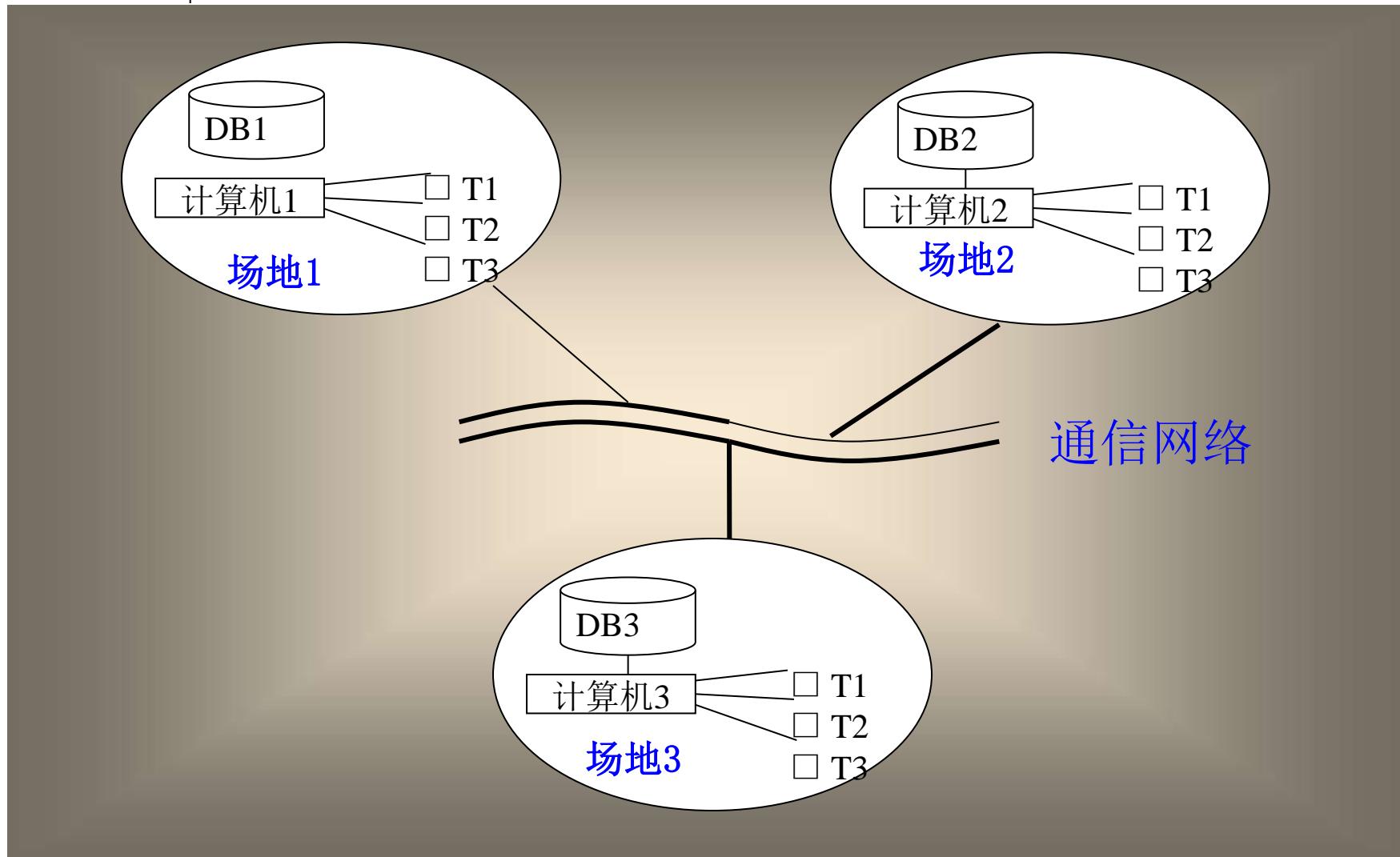
随着数据库应用的不断发展，规模不断扩大，集中式系统存在如下

缺点： 大型DBS的设计和操作较复杂；

系统不灵活；

安全性较差。

分布式数据库系统：通过通信网络相连接的结点（场地）集合，每个结点都拥有集中式数据库的计算机系统。



分布式数据库的数据分散在各个场地上，但这些数据在逻辑上都是一个整体，如同一个集中式数据库。

分布式数据库包括：局部数据库和全局数据库两个概念。

分布式数据库的“逻辑整体性”特点：

局部数据库是从各个场地的角度；

全局数据库是从整个系统角度出发研究问题。

二、分布式数据库系统(DDBS)的定义

定义一:DDBS是物理上分散、逻辑上集中的数据库系统，系统中的数据分布存放在计算机网络的不同场地的计算机中，每一场地都有自治处理（即独立处理）能力并能完成局部应用，而每一场地也参与（至少一种）全局应用，程序通过网络通信子系统执行全局应用。

分布式数据库系统DDBS包括：

分布式数据库（DDB）；

分布式数据库管理系统（DDBMS）。

定义二：DDB是计算机网络环境中各场地上数据库的逻辑集合。（DDB是一组结构化的数据集合，逻辑上属于同一系统，而物理上分布在计算机网络的各个不同场地。）

DDB具有：数据分布性和逻辑整体性两个特点。

定义三：DDBMS是DDBS中的一组软件，负责管理分布环境下逻辑集成数据的存取、一致性和完备性。同时，由于数据的分布性，在管理机制上还必须具有计算机网络通信协议的分布管理特性。

三、 DDBS的基本特点

- ① **物理分布性：** 数据不是存储在一个场地上，而是存储在计算机网络的多个场地上。
- ② **逻辑整体性：** 数据物理分布在各个场地，但逻辑上是一个整体，它们被所有用户（全局用户）共享，并由一个DDBMS统一管理。
- ③ **场地自治性：** 各场地上数据由本地的DBMS管理，具有自治处理能力，完成本场地的应用（局部应用）。
- ④ **场地之间协作性：** 各场地虽然具有高度的自治性，但是又相互协作构成一个整体。对用户来说，使用DDBS如同集中式数据库系统一样，用户可以在任何一个场地执行全局应用。

四、DDBS的其他特点：

① 数据独立性包括：逻辑独立性、物理独立性；

数据分布透明性。 

② 集中与自治相结合的控制机制；

数据共享的两个层次：局部共享、全局共享。

相应的控制机构有两个层次：集中和自治。

③ 适当增加数据冗余度；

④ 事务管理的分布性。

五、DDBS的优缺点

- 优点：
- ① 具有灵活的体系结构；
 - ② 适应分布式的管理和控制机构；
 - ③ 经济性能优越；
 - ④ 系统的可靠性高、可用性好；
 - ⑤ 局部应用的响应速度快；
 - ⑥ 可扩展性好，易于集成现有的系统。

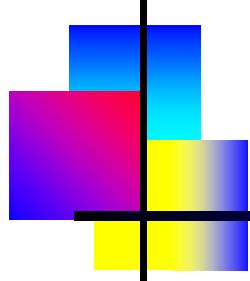
- 缺点：
- ① 系统开销较大，主要花在通信部分；
 - ② 复杂的存取结构（如辅助索引、文件的链接技术）；
 - ③ 数据的安全性和保密性较难处理。

六、DDBS的分类

在DDBS中，各场地有各自的DBS。

由局部DBS的数据模型和DBMS所支持的DDBS可分成三类：

- (1) 同构同质型DDBS;
- (2) 同构异质型DDBS;
- (3) 异构型DDBS。



§ 2 分布式数据存储

数据存储：先数据分片，再数据分配。

一、 数据分片（data fragmentation）

DDBS中的数据可以被分割和复制到网络场地的各个物理数据库中。

数据存放的单位不是关系而是片段（fragment），一个片段是逻辑数据库中某个全局关系的一部分。

数据分片有四种基本方式：

水平分片； 垂直分片； 导出分片； 混合分片。

在定义各类分片时必须遵守下面三条规则：

- (1) 完备性条件：必须把全局关系的所有数据映射到各个片段中，决不允许有属于全局关系的数据却不属于它的任何一个片段。
- (2) 可重构条件：必须保证能够由同一个全局关系的各个片段来重建该全局关系。对于水平分片可用并操作重构全局关系；对于垂直分片可用联接操作重构全局关系。
- (3) 不相交条件：要求一个全局关系被分割后所得的各个数据片段互不重叠（对水平分片）或只包含主键重叠（对垂直分片）。

二、数据分配 (data allocation) ---分配策略:

(1)集中式: 所有数据片段都安排在同一个场地上。

容易控制、容易形成瓶颈、系统的可靠性较差。

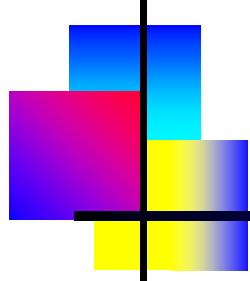
(2)分割式: 所有数据只有一份, 它被分割成若干逻辑片段, 每个逻辑片段被指派在一个特定的场地上。

(3)全复制式: 数据在每个场地重复存储。

(4)混合式: 介乎于分割式和全复制式之间的分配方式。

分配策略的评估因素:

存储代价、可靠性、检索代价、更新代价。



§ 3 DDB的模式结构

集中式数据库的模式结构：三级模式结构、

两级映象、

两级独立性。

分布式数据库DDB是基于网络连接的集中式数据库的逻辑集合。

从整体上可以分为两大部分（六层）：

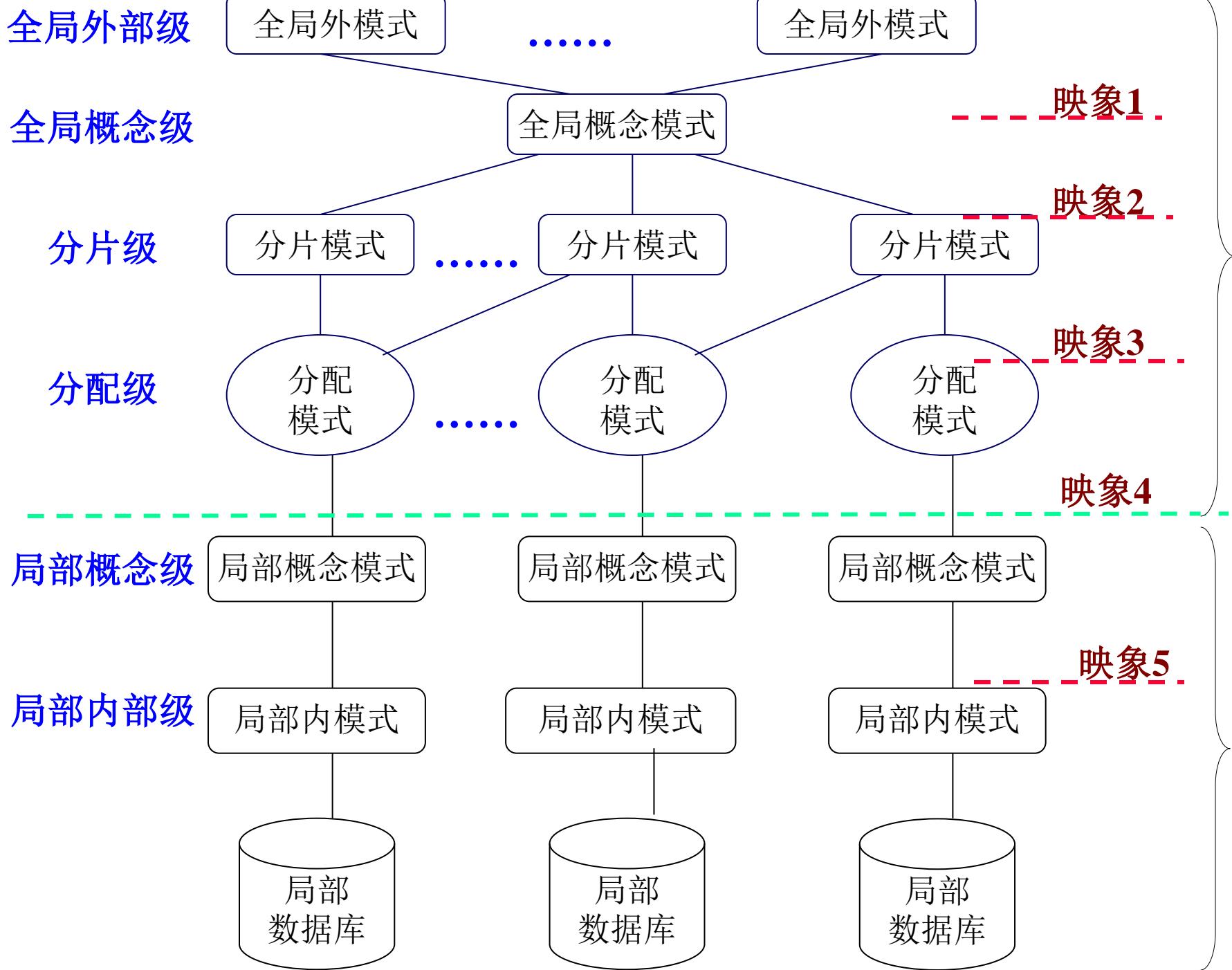
下面两层是集中式数据库原有的模式结构，代表各个场地局部

DBS的结构，

上面四层是DDBS增加的结构。

分布式数据库增加部分

集中式数据库原有部分



二、六层结构的特征

在DDB的六层模式结构中:全局概念模式;

分片模式;

分配模式。

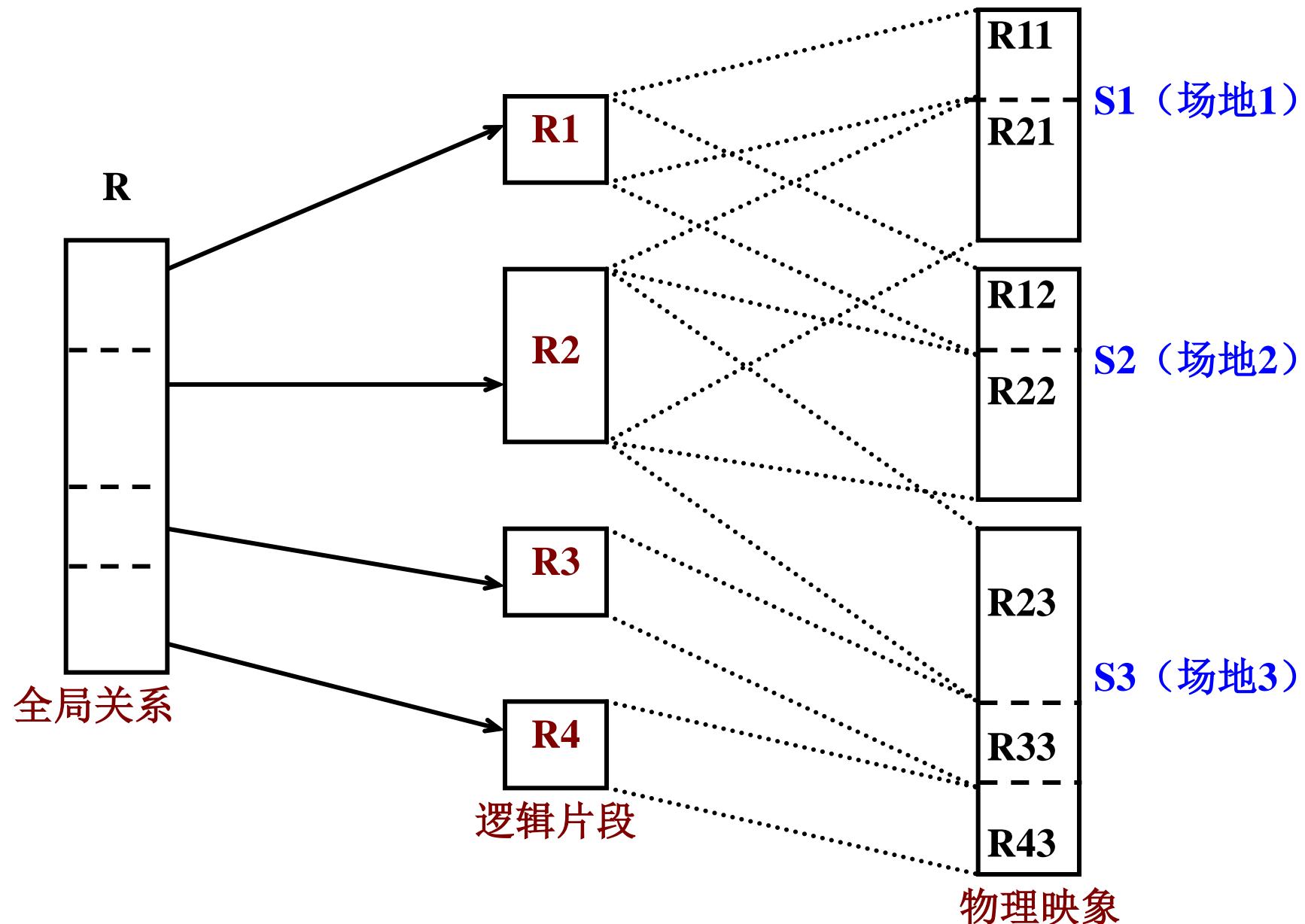
与场地特征无关,是全局的。

在低层次上,物理映象 $\xrightarrow{\text{映射成}}$ 由局部DBMS支持的数据模型。

六层结构的三个显著的特征:

- (1)数据分片和数据分配概念的分离,形成了“数据分布独立型”。
- (2)数据冗余的显式控制。
- (3)局部DBMS的独立性。---“局部映射透明性”。

例:全局关系R的分片与分配情况: R划分成四个逻辑片段: R1, R2, R3, R4, 并以冗余方式将这些片段分配到网络的三个场地上生成了三个物理映象: S1, S2, S3。



三、分布透明性

在DDB的六层模式结构之间存在着五级映象：

最上面一级映象（映象1）和最下面一级（映象5）体现了类似于集中式数据库的逻辑独立性和物理独立性。

六层结构中位于中间三个级别的映象体现的独立性分别称为分片透明性、位置透明性和局部透明性。这三个透明性合起来统称为“分布透明性”。

定义：分布透明性是指用户或应用程序不必关心数据的逻辑分片，不必关心数据物理位置分配的细节，也不必关心各个场地上数据库的数据模型是哪种类型，可以像集中式数据库一样来操作物理上分布的数据库。

DDB中的映象和数据独立性：



分布透明性定义：

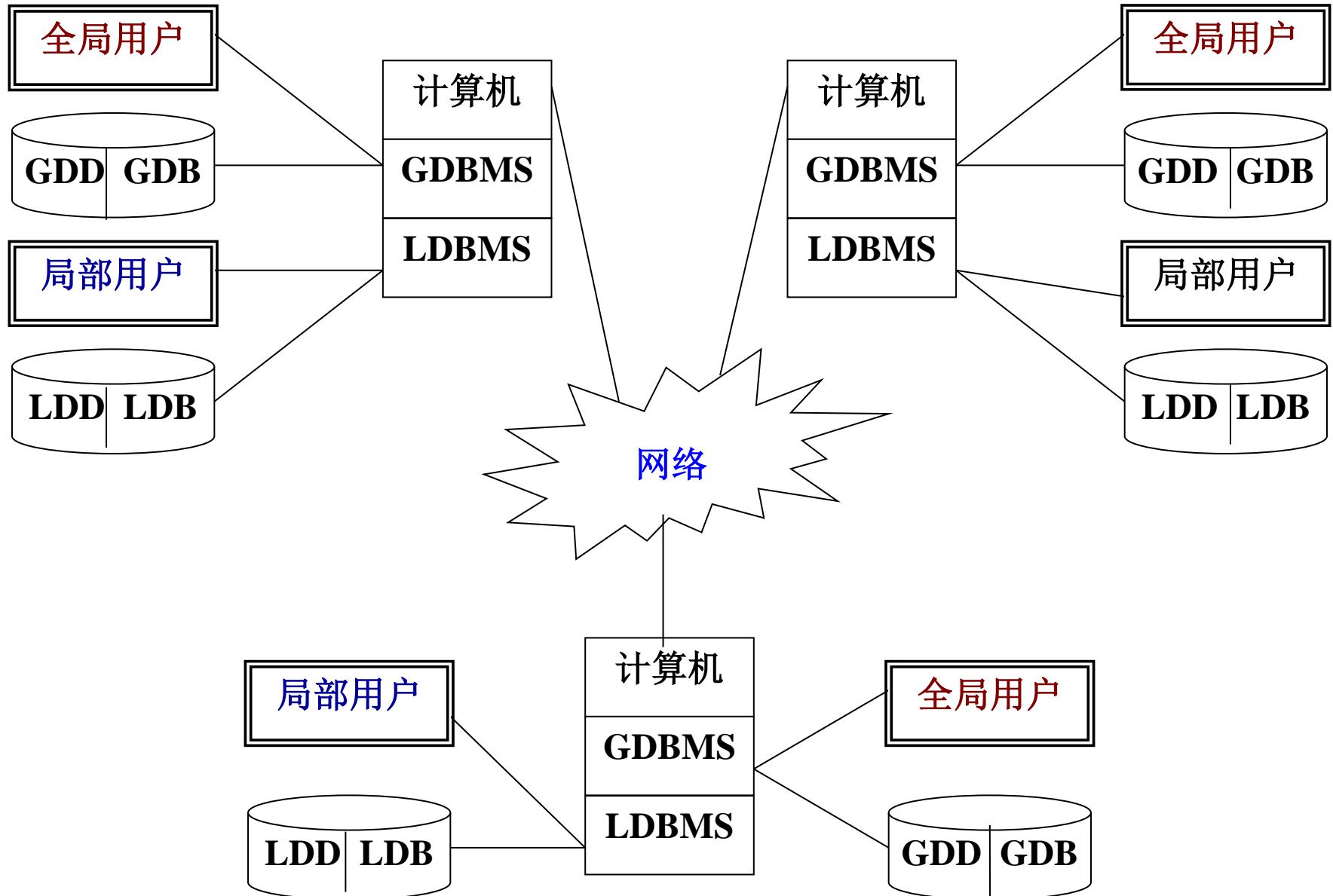
分布透明性指用户或应用程序不必关心数据的逻辑分片，不必关心数据物理位置分配的细节，也不必关心各个场地上数据库的数据模型是哪种类型，可以像集中式数据库一样来操作物理上分布的数据库。

A blue curved arrow pointing back to the left, indicating a return action.

返回

§ 4 DDBMS的功能及组成

一、DDBS的组成



二、DDBMS的功能：

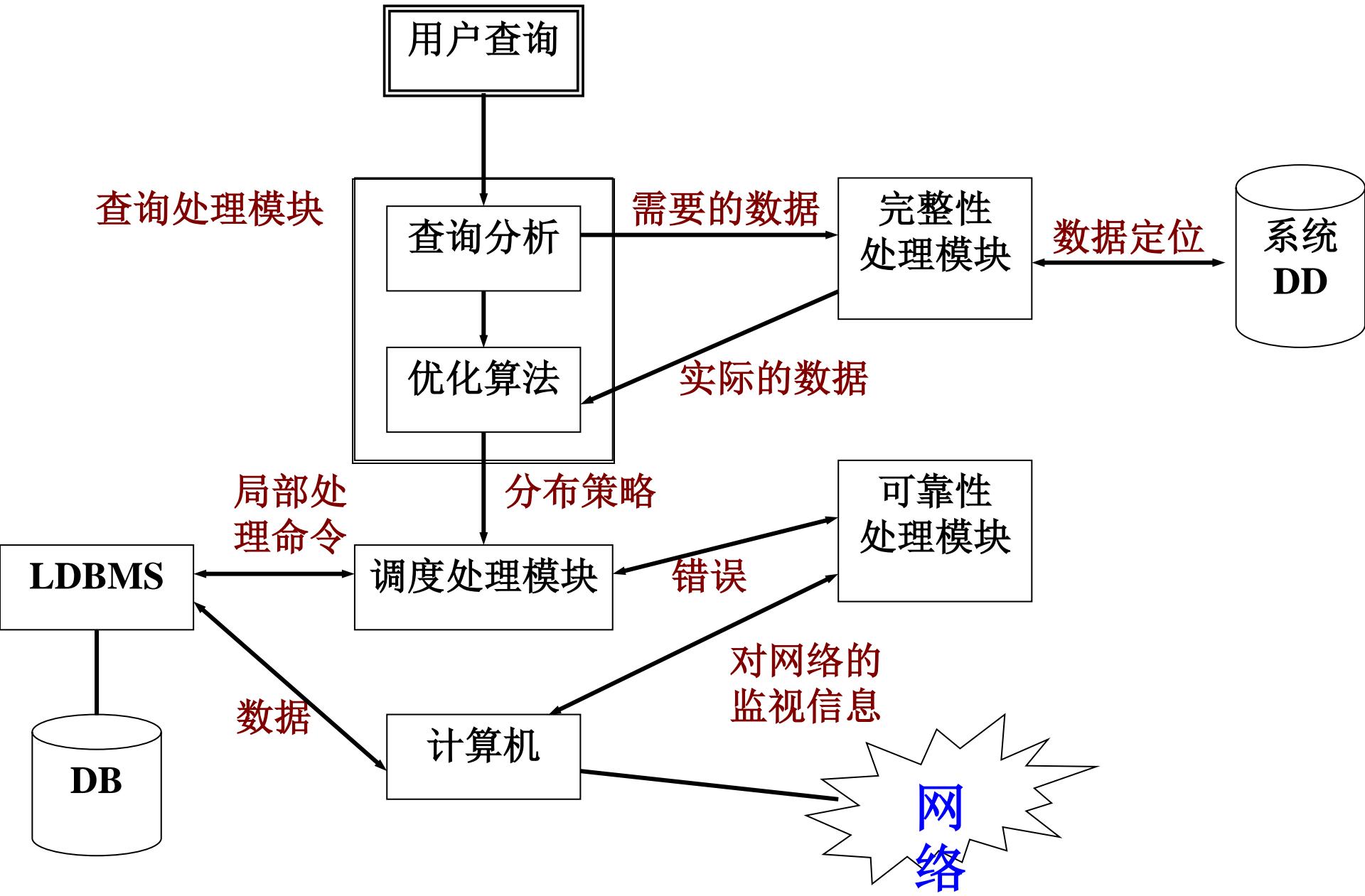
- (1) 接受用户请求：判定将其送什么场地？访问哪些计算机？
- (2) 访问网络数据字典：了解如何请求和使用其中的信息。
- (3) 如果目标数据存储于系统的多个计算机上，就必须进行分布式处理。
- (4) 通信接口功能：在用户、局部DBMS和其他计算机的DBMS之间进行协调。
- (5) 在一个异构型分布式处理环境中，需提供数据和进程移植的支持。

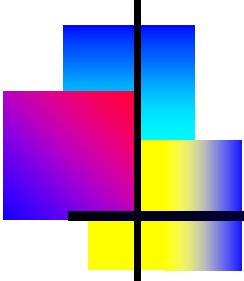
三、DDBMS的组成：

从功能上观察，一个DDBMS应包括以下四个基本功能模块：

- (1) 查询处理模块；
- (2) 完整性处理模块；
- (3) 调度处理模块；
- (4) 可靠性处理模块。

DDBMS的一般功能结构:

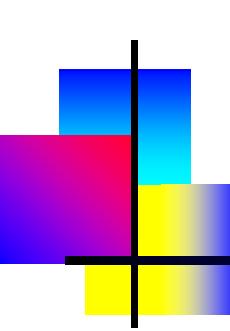




§ 5 分布式查询处理

自学：

- 查询代价的估算方法
- 具有半联接的优化策略
- 基于联接的优化策略



精读和习题要求

精 读： 教材P. 199 ~215

习 题9： P. 215 10 ~12