

Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## NoSQL数据库

- 它是**Not Only SQL**的缩写
- 非关系型数据存储系统。

**SQL**  $\xrightarrow{\text{概念演变}}$  **Not only SQL**

最初表示“反SQL”运动 现在表示关系和非关系型数据库各有优缺点  
用新型的非关系数据库取代关系数据库 彼此都无法互相取代

通常，NoSQL数据库具有以下几个特点：

- (1) 灵活的可扩展性
- (2) 灵活的数据模型
- (3) 与云计算和大数据紧密融合

● 大数据处理 2025/6/5 ● 5

Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## NoSQL产生的背景

传统的关系型数据库以及数据仓库在面对大数据的处理时显得越来越力不从心。因为关系数据库管理系统 (RDBMS) 的设计从未考虑过能够处理日益增长且格式多变的数据，以及访问数据并进行分析的用户需求呈爆炸式增长的势头。它们一般都是固定的schema，缺乏对非结构化数据的支持，同时对数据分片存储、系统扩展性的支持也比较局限，系统的扩容过程也比较复杂。另外，许多传统的数据库方法是长期的策略性分析而非实时决策构造的。在这样的背景下，NoSQL数据库就应运而生了。

**2010-2025年全球数据量增长预测**

单位 (ZB)

Year	Data Volume (ZB)
2010	2
2011	4
2012	6
2013	8
2014	10
2015	14
2016	16
2017	20
2018	40
2019	50
2020	60
2021	70
2022	80
2023	100
2024	130
2025	175

图1 近几年全球数据量变化情况 (单位ZB)

● 大数据处理 2025/6/5 ● 6

Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## CAP理论

CAP理论核心思想：任何分布式系统，只可同时满足一致性、可用性和分区容错性其中的两点，不能三者兼顾。

● 大数据技术解析 2025/6/5 ● 7

Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## SQL vs NoSQL

**SQL:**  
结构化存储，固定Schema  
索引  
标准化查询语言  
ACID  
扩展性弱

**NoSQL:**  
Schema不固定，可以动态改变  
没有固定查询语言  
BASE (Basically Available, Soft State, Eventually Consistency)  
最终一致性  
可以扩展到很大规模  
高容错性

Logos for MySQL, Oracle, IBM DB2, Microsoft SQL Server, MongoDB, Redis, Cassandra, Riak, and CouchDB.

● 大数据技术解析 2025/6/5 ● 8

Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## NoSQL数据库特点

- **NoSQL数据库可以处理海量的数据**  
NoSQL数据库采用分布式的方式，系统的存储和处理能力，可以简单地通过增加机器来线性提升，因此可以存储和处理海量的数据；
- **NoSQL数据库可以运行在便宜的PC服务器集群上**  
PC集群扩充起来非常方便并且成本很低，避免了“sharding”操作的复杂性和成本，可以为企业应用节约很大一部分开销；
- **NoSQL数据库打破了性能瓶颈**  
通过NoSQL架构可以省去将Web或Java应用和数据转换成SQL友好格式的时间，执行速度变得更快，并且分布式的处理架构能够有效提升系统整体性能；
- **支持简单操作**  
RDBMS提供了无可比拟的功能集合，而且在数据完整性也发挥绝对稳定，但同时企业的具体需求可能没有那么多；
- **需要更多支持**  
NoSQL项目都是开源的，因此它们缺乏供应商提供的正式支持，这一点它们与大多数开源项目一样，不得不从社区中寻求支持；

● 大数据技术解析 2025/6/5 ● 9

Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## NoSQL数据库优势

- **高扩展性**  
NoSQL数据库打破传统关系型数据库的范式约束，解放了数据的schema，使得数据之间彼此的约束性降低，加上分布式的部署环境，大大提升了NoSQL数据库的扩展性；
- **高可用性**  
NoSQL数据库通过采用分布式部署环境和冗余备份机制，使得在有处理节点发生宕机和数据丢失的情况下，能够快速自动恢复或者其他节点来替代故障节点，从而完成相应工作；
- **灵活的数据模型**  
NoSQL无需事先为要存储的数据建立字段，可以在需要时随意添加或修改，大大提高了数据模式的灵活性；
- **海量数据存储、处理，高性能**  
因为高扩展性和分布式部署的原因，系统的存储能力和处理能力，可以简单的通过不断添加机器和设备，来达到线性增加的目的，因此系统的性能也能够线性提升；

Not only SQL 大数据技术解析 2025/6/5 ● 10

Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## NoSQL数据库不足

- **不提供对SQL的支持**  
因为NoSQL不支持SQL这样的工业标准，将会对用户产生一定的学习和应用迁移成本；
- **支持的特性不够丰富**  
现有产品所提供的功能都比较有限，大多数NoSQL数据库都不支持事务，也不像MS SQL Server和Oracle那样能提供各种附加功能；
- **现有产品的不够成熟**  
大多数产品都还处于初创期，和关系型数据库几十年的完善不可同日而语；

● 大数据处理 2025/6/5 ● 11

Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## NoSQL数据库分类

### ——按存储模型

类型	代表产品	特点
<b>Key-Value存储</b>	Dynamo、Voldemort、MemcacheDB、Redis	可以通过Key快速查询相应Value，不必考虑Value的存储格式。
<b>列存储</b>	Bigtable、Hbase、Cassandra、Hypertable	方便存储结构化和半结构化数据，方便做数据压缩，针对对某一列或某几列的查询具有I/O优势
<b>文档存储</b>	SimpleDB、MongoDB、CouchDB	一般用类似JSON的格式存储，存储的内容是文档型的，便于对某些字段建立索引，实现关系数据库的部分功能。
<b>图存储</b>	Neo4j、Pregel、FlockDB	图形关系的最佳存储，如果使用关系型数据库存储的话，性能低下，而且设计复杂。
<b>对象存储</b>	Db4o、Versant	通过类似面向对象语言的语法操作数据库，通过对象的方式存取数据。

● 大数据技术解析 2025/6/5 ● 12

Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## NoSQL数据库性能对比

类型	Performance	Scalability	Flexibility	Complexity	Functionality
Key-Value存储	High	High	High	None	Variable(None)
列存储	High	High	Moderate	Low	Minimal
文档存储	High	Variable(High)	High	Low	Variable(Low)
图存储	Variable	Variable	High	High	Graph theory
并行数据库	Variable	Variable	Low	Moderate	Relational algebra

● 大数据技术解析 2025/6/5 ● 13

Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## 主要分类

Key_1	Value_1
Key_2	Value_2
Key_3	Value_1
Key_4	Value_3
Key_5	Value_2
Key_6	Value_1
Key_7	Value_4
Key_8	Value_3

键值数据库

Dataset

	Column-Family-1	Column-Family-2								
Row Key-1	<table border="1"> <tr><td>Column Name-1</td><td>Column Name-2</td></tr> <tr><td>Column Value-1</td><td>Column Value-2</td></tr> </table>	Column Name-1	Column Name-2	Column Value-1	Column Value-2	<table border="1"> <tr><td>Column Name-3</td></tr> <tr><td>Column Value-3</td></tr> </table>	Column Name-3	Column Value-3		
Column Name-1	Column Name-2									
Column Value-1	Column Value-2									
Column Name-3										
Column Value-3										
Row Key-2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Column-Family-1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <table border="1"> <tr><td>Column Name-4</td><td>Column Name-5</td><td>Column Name-6</td></tr> <tr><td>Column Value-4</td><td>Column Value-5</td><td>Column Value-6</td></tr> </table> </td> </tr> </tbody> </table>		Column-Family-1	<table border="1"> <tr><td>Column Name-4</td><td>Column Name-5</td><td>Column Name-6</td></tr> <tr><td>Column Value-4</td><td>Column Value-5</td><td>Column Value-6</td></tr> </table>	Column Name-4	Column Name-5	Column Name-6	Column Value-4	Column Value-5	Column Value-6
Column-Family-1										
<table border="1"> <tr><td>Column Name-4</td><td>Column Name-5</td><td>Column Name-6</td></tr> <tr><td>Column Value-4</td><td>Column Value-5</td><td>Column Value-6</td></tr> </table>	Column Name-4	Column Name-5	Column Name-6	Column Value-4	Column Value-5	Column Value-6				
Column Name-4	Column Name-5	Column Name-6								
Column Value-4	Column Value-5	Column Value-6								

列族数据库

● 大数据处理 2025/6/5 ● 14

Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## 主要分类

Dataset

Document_id-1	Document-1
Document_id-2	Document-2
Document_id-3	Document-3
Document_id-4	Document-4

文档数据库

图形数据库

● 大数据处理 2025/6/5 ● 15

Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## HBase

HBase是一个分布式的、面向列的开源数据库，该技术来源于Chang et al所撰写的Google论文“Bigtable: 一个结构化数据的分布式存储系统”。就像Bigtable利用了Google文件系统（GFS）所提供的分布式数据存储一样，HBase在Hadoop之上提供了类似于Bigtable的能力。如果需要实时地随机读/写超大规模数据集，就可以使用HBase这一Hadoop应用。

● 大数据技术解析 2025/6/5 ● 16



Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## Amazon DynamoDB

- [Dynamo: Amazon's Highly Available Key-value Store](#)
- 去中心化架构
- 一致性Hash
- Replica副本技术
- 节点发现Gossip
- 写操作高可用/多版本
- 最终一致性
- 提示交接Hinted Handoff
- 三个关键参数N, R, W

Diagram illustrating the Amazon DynamoDB architecture. It shows Client Requests being routed through Request Routing to Aggregator Services, which then route to Services. The Services are connected to Amazon S3 and other data stores. The diagram also shows Dynamo instances and their connection to the services.

● 大数据技术解析 2025/6/5 ● 17

Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## DynamoDB

Diagram illustrating the partitioning of data in DynamoDB. A ring with 32 partitions is shown, divided into segments. A single vnode/partition is highlighted. The hash function is shown as  $\text{hash}(\llcorner \text{"artist"} \gg, \llcorner \text{"REM"} \gg)$ . The segments are labeled with  $2^{160}$  and  $2^{160}/4$ .

● 大数据技术解析 2025/6/5 ● 18

Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## Cassandra

Cassandra是一个混合型的非关系的数据库，类似于Google的BigTable。其主要功能比Dynamo更丰富，但支持度却不如文档存储MongoDB。Cassandra最初由Facebook开发，后转变成了开源项目，它是一个网络社交云计算方面理想的数据库。以Amazon专有的完全分布式的Dynamo为基础，结合了Google BigTable基于列族（Column Family）的数据模型，P2P去中心化的存储，很多方面都可以称之为Dynamo 2.0。

● 大数据技术解析 2025/6/5 ● 19

Advanced Storage Technology Lab  
Xiamen University  
厦门大学先进存储技术实验室

## Cassandra特点

- 模式灵活
 

使用Cassandra，像文档存储，你不必提前决定记录中的字段。你可以在系统运行时随意的添加或删除字段。这是一个惊人的效率提升，特别是在大型部署上。
- 高可扩展性
 

Cassandra是纯粹意义上的水平扩展。为给集群添加更多容量，可以随时添加并指向另一台电脑。你不必重启任何进程，改变应用查询，或手动迁移任何数据。
- 多数据中心识别
 


可以调整节点布局来避免某一个数据中心故障，一个备用的数据中心将至少有每条记录的完全复制。

● 大数据技术解析 2025/6/5 ● 20

Advanced Storage Technology Lab

Xiamen University

厦门大学先进技术实验室



# MongoDB

MongoDB是一个介于关系数据库和非关系数据库之间的产品，是非关系数据库当中功能最丰富，最像关系数据库的。

支持的数据结构非常松散，是类似json的bson格式，因此可以存储比较复杂的数据类型。Mongo最大的特点是他支持的查询语言非常强大，其语法有点类似于面向对象的查询语言，几乎可以实现类似关系数据库单表查询的绝大部分功能，而且还支持对数据建立索引。

高性能、易部署、易使用，存储数据非常方便。

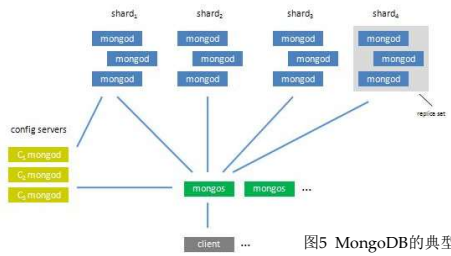


图5 MongoDB的典型部署架构


● 大数据技术解析

2025/6/5 ● 21

Advanced Storage Technology Lab

Xiamen University

厦门大学先进技术实验室



# MongDB特性

- **面向集合的存储：**适合存储对象及形式的数据库；
- **动态查询：**MongoDB支持丰富的查询表达式。查询指令使用JSON形式的标记，可轻易查询文档中内嵌的对象及数组；
- **完整的索引支持：**包括文档内嵌对象及数组。MongoDB的查询优化器会分析查询表达式，并生成一个高效的查询计划；
- **查询监视：**MongoDB包含一个监视工具用于分析数据库操作的性能；
- **复制及自动故障转移：**MongoDB数据库支持服务器之间的数据复制，支持主-从模式及服务器之间的相互复制。复制的主要目标是提供冗余及自动故障转移；
- **高效的传统存储方式：**支持二进制数据及大型对象（如照片或图片）。
- **自动分片以支持云级别的伸缩性：**自动分片功能支持水平的数据库集群，可动态添加额外的机器。

● 大数据技术解析

2025/6/5 ● 22