

## 2. 数据的表示与存储

### 2.11 辅助存储



## 2. 数据的表示与存储

### 2.11 辅助存储 (第二存储、非易失存储)

01 非易失数据存储Flash

02 非易失数据存储HD

03 外存储器接口

04 磁盘阵列 (RAID0, RAID1)



## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.1 存储器分类

- 1、易失性存储器： RAM (DRAM) 、 Register、 Cache ( SRAM)
- 2、非易失性存储器： ROM、 Flash、 EPROM、 EEPROM、 磁盘、 光存储、 SSD、 U盘、 SD卡
- 3、只读存储器： ROM
- 4、串行访问存储器： 磁盘、 光盘、 磁带（顺序存取）
- 5、半导体随机存取存储器： SRAM、 DRAM、 Flash



## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.1 典型辅存

01 Flash存储

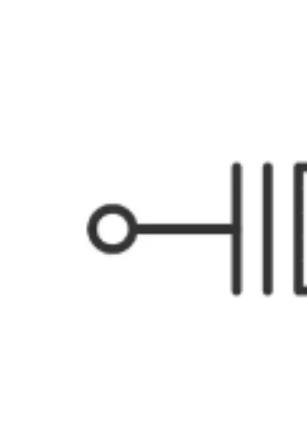
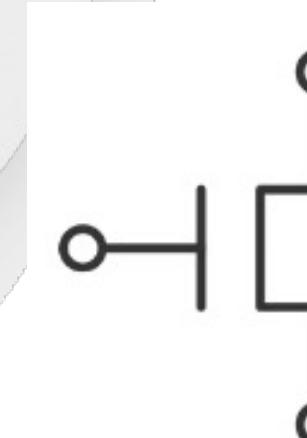
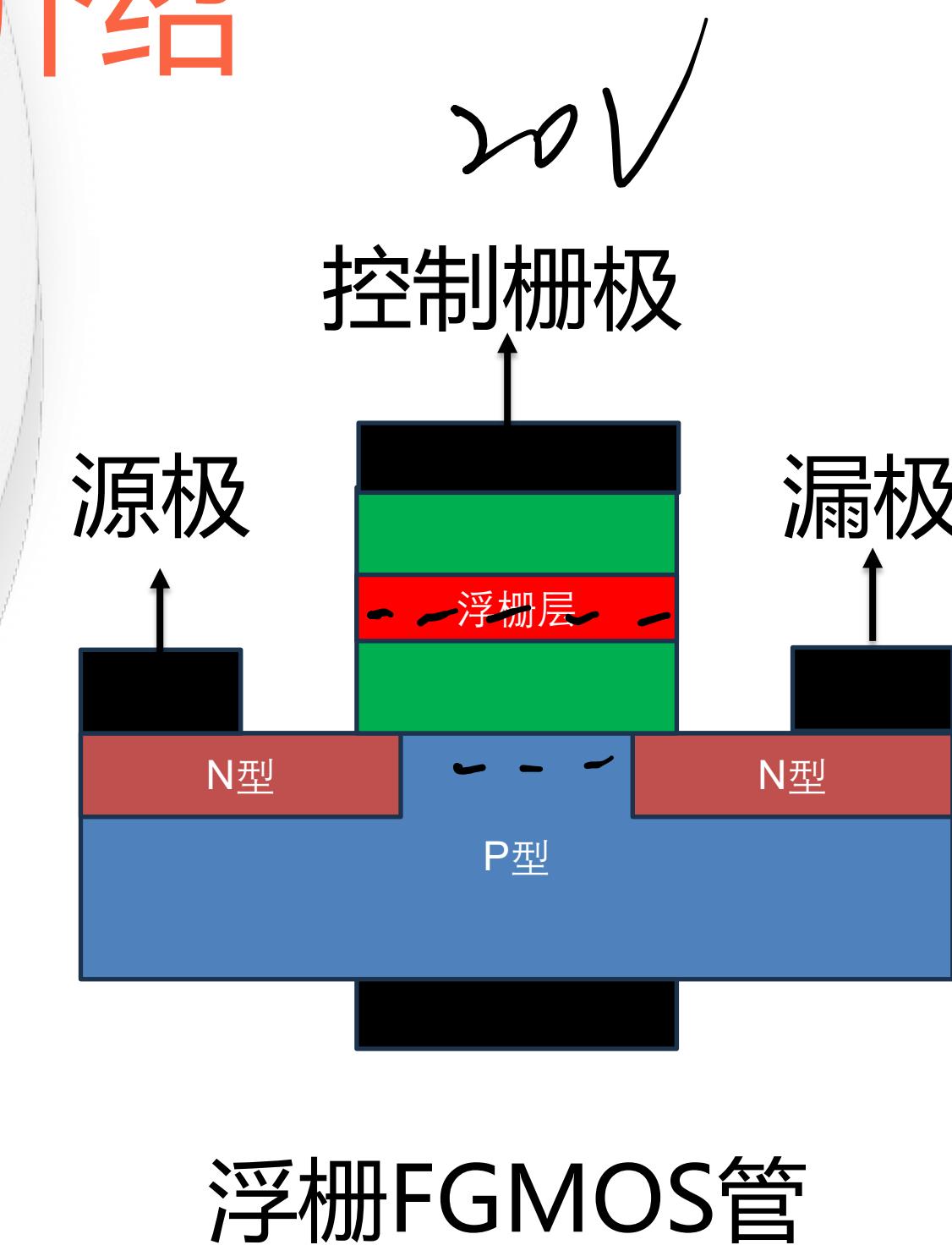
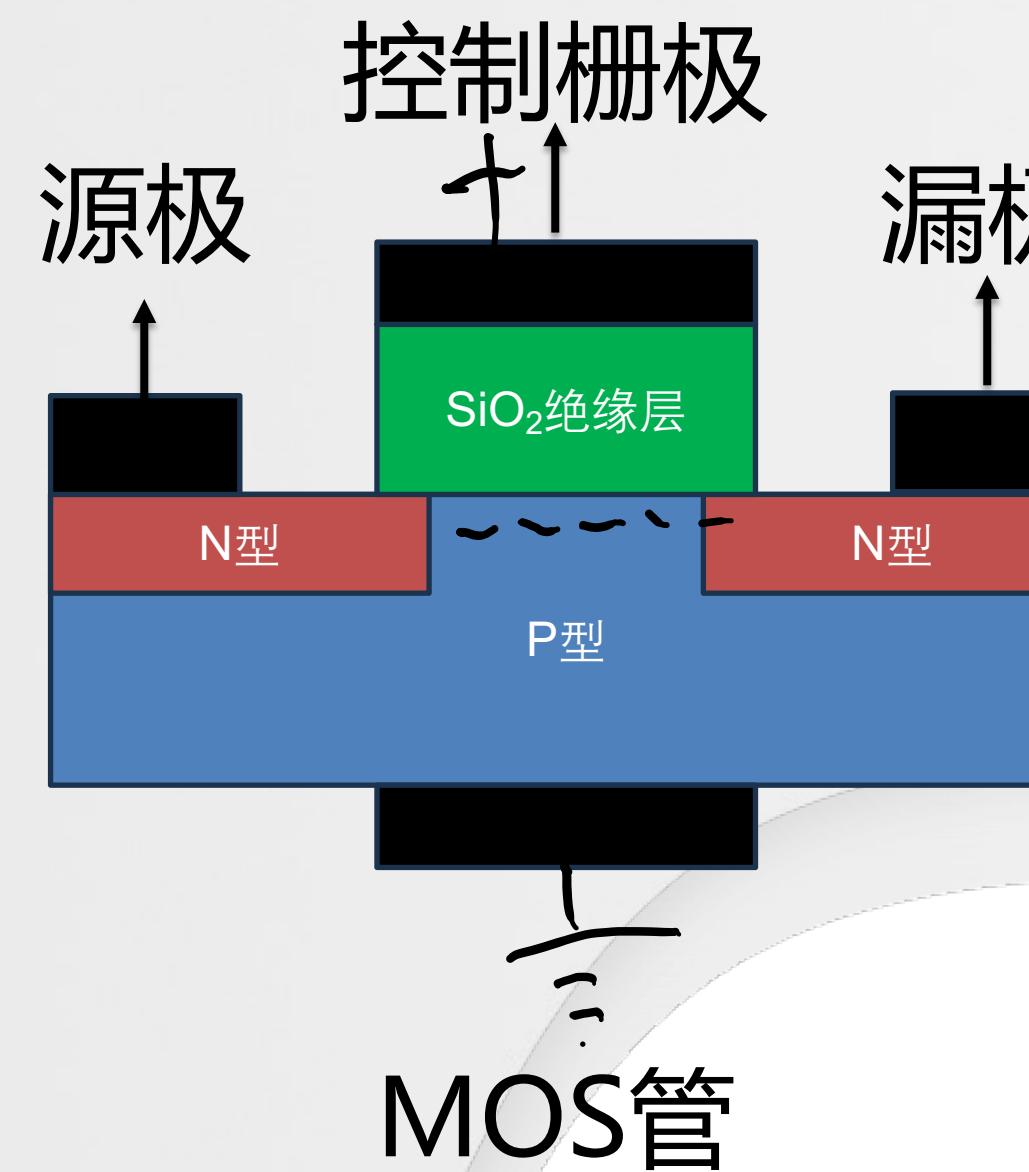
02 碟盘存储器

03 光盘存储



## 2. 数据的表示与存储

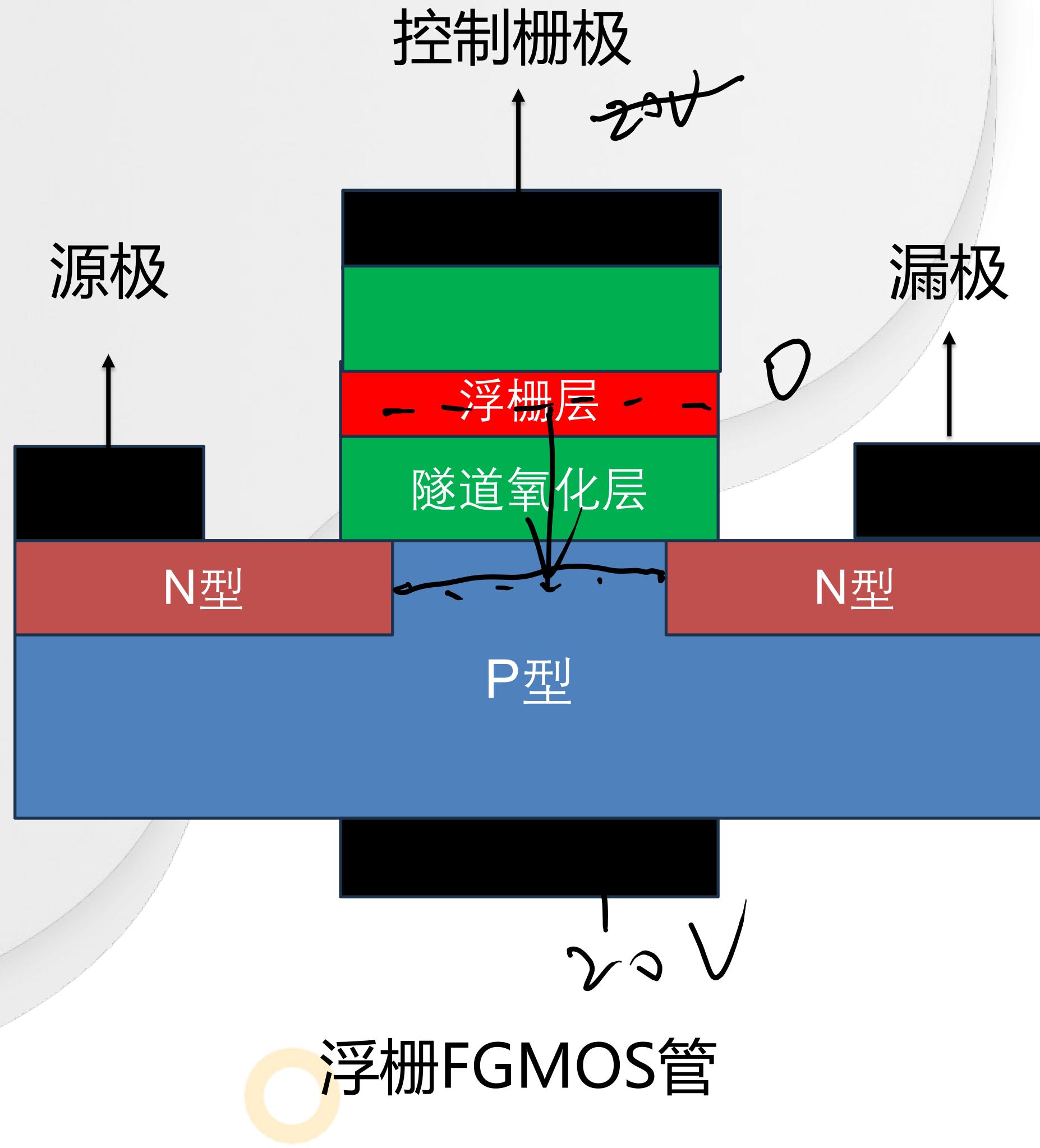
### 2.11.1 FGMOS存储技术介绍





## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.1 FGMOS数据处理

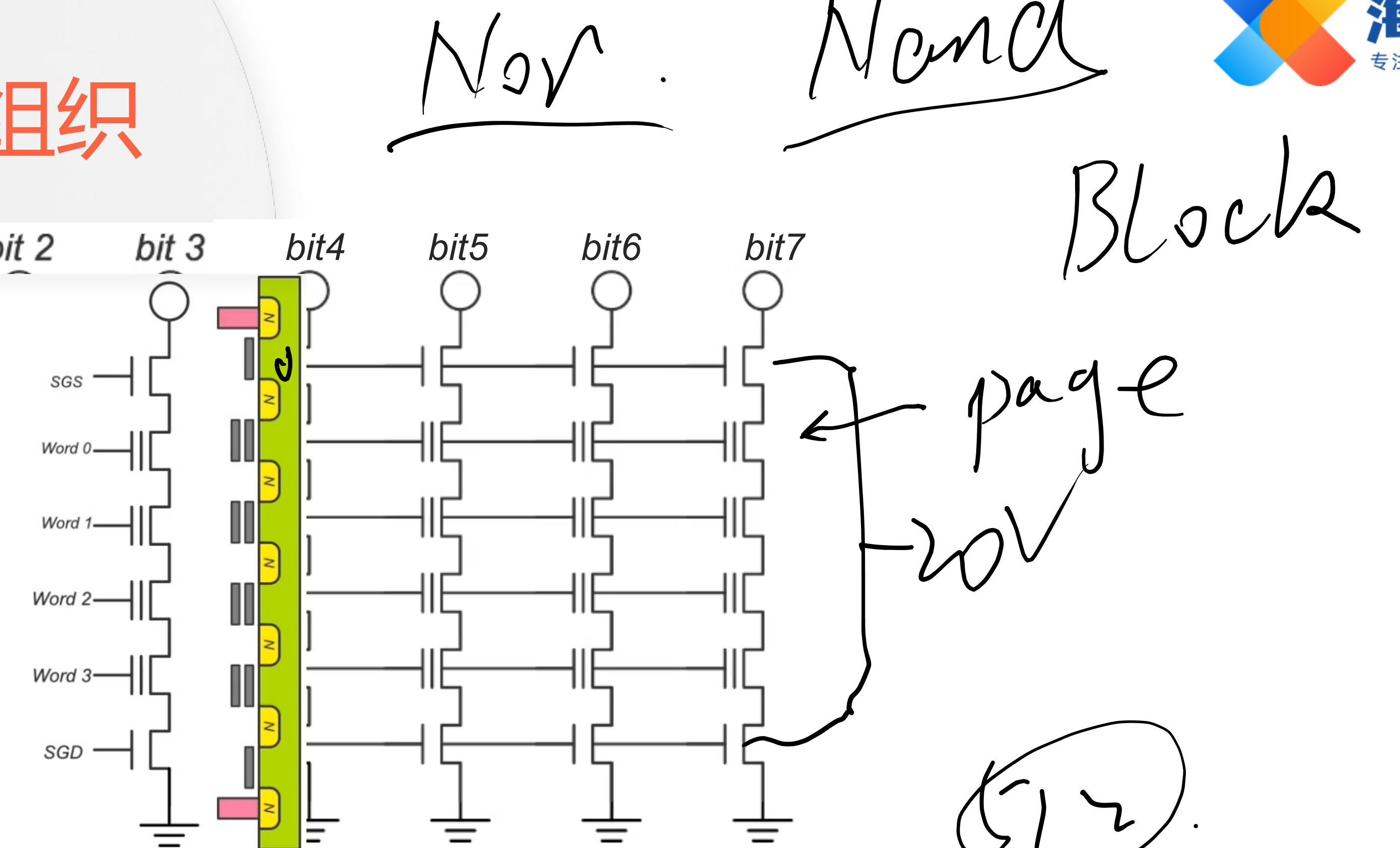
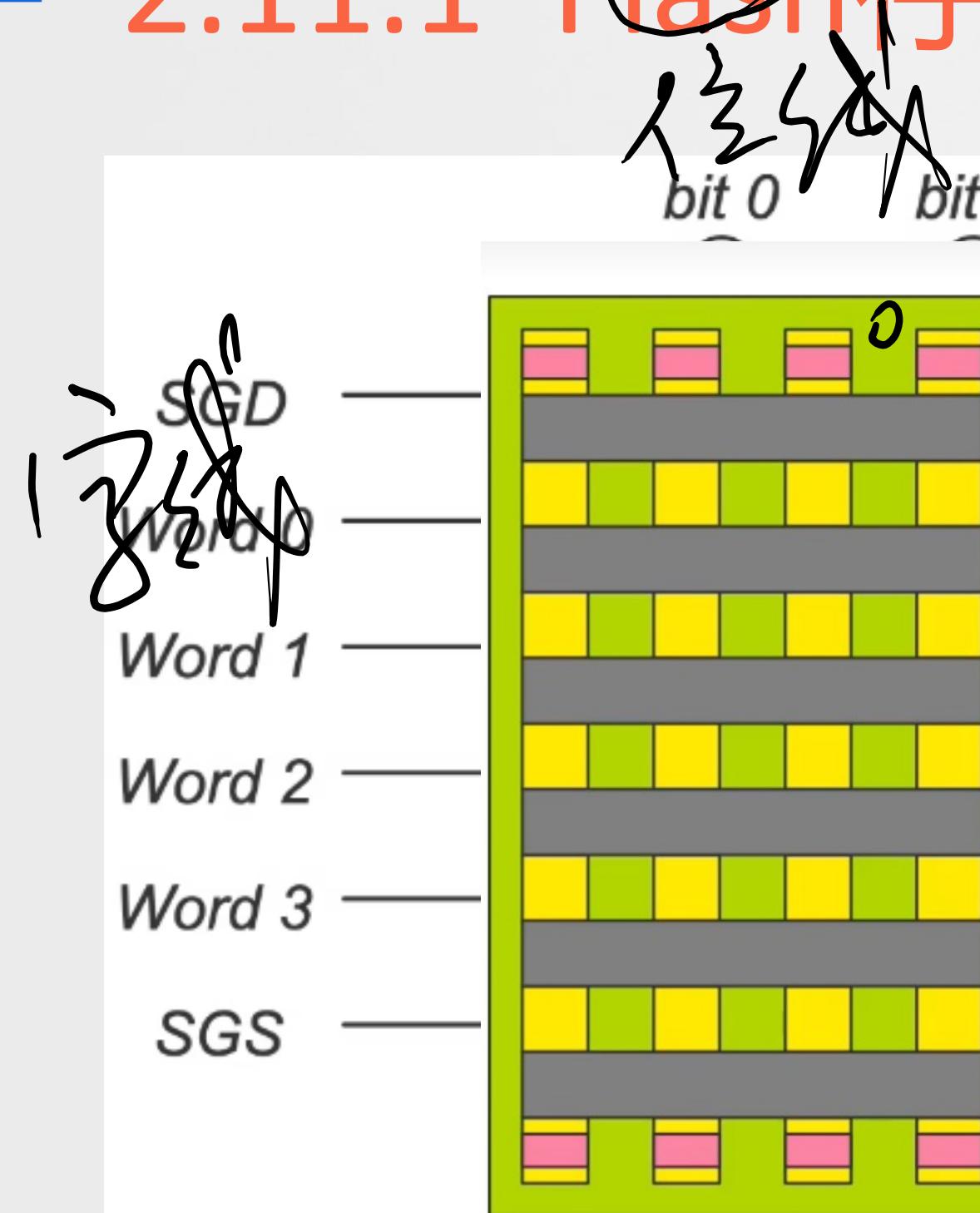


1. 写数据
2. 读数据
3. 擦除数据



## 2. 数据的表示与存储

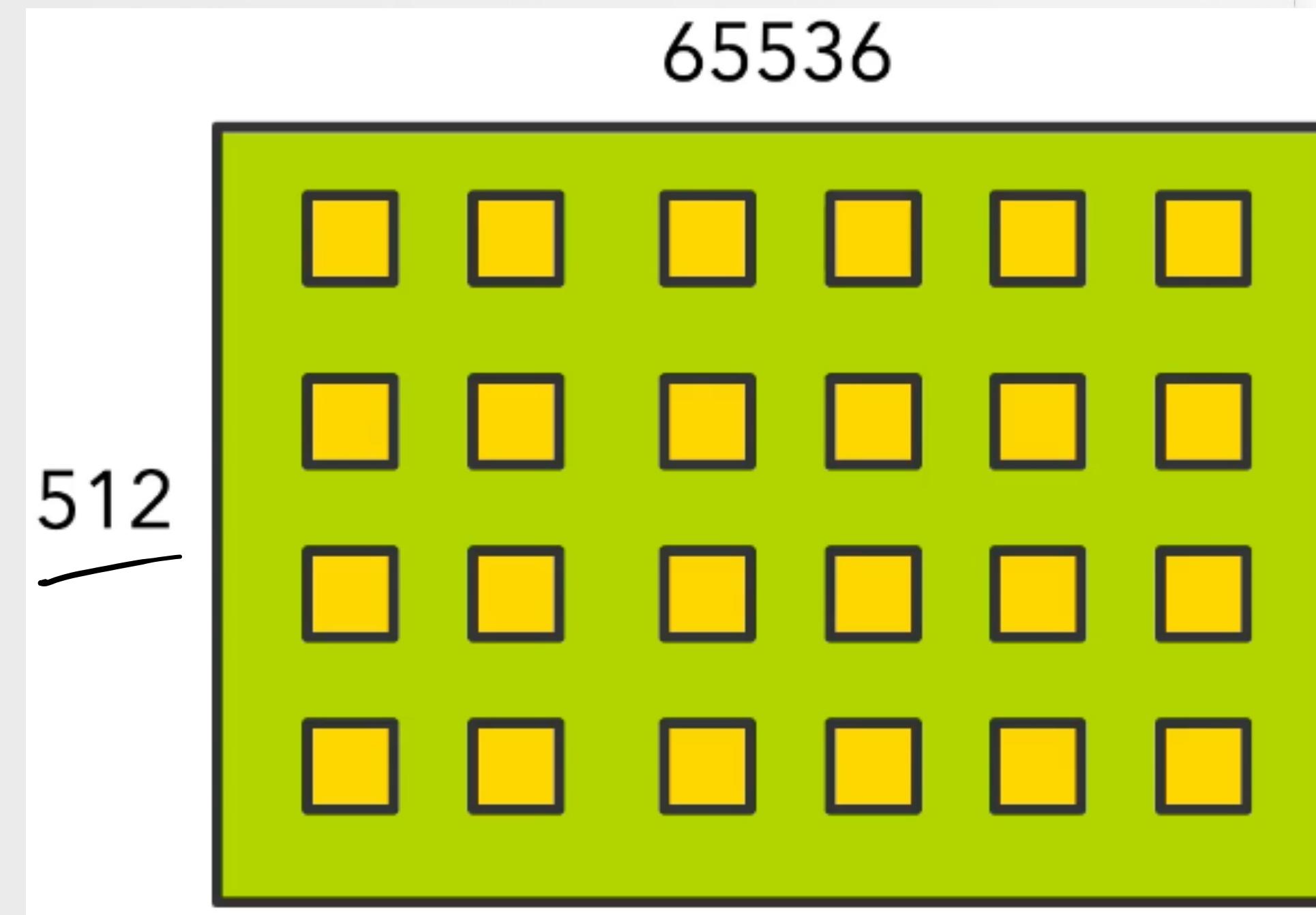
### 2.11.1 Flash存储组织



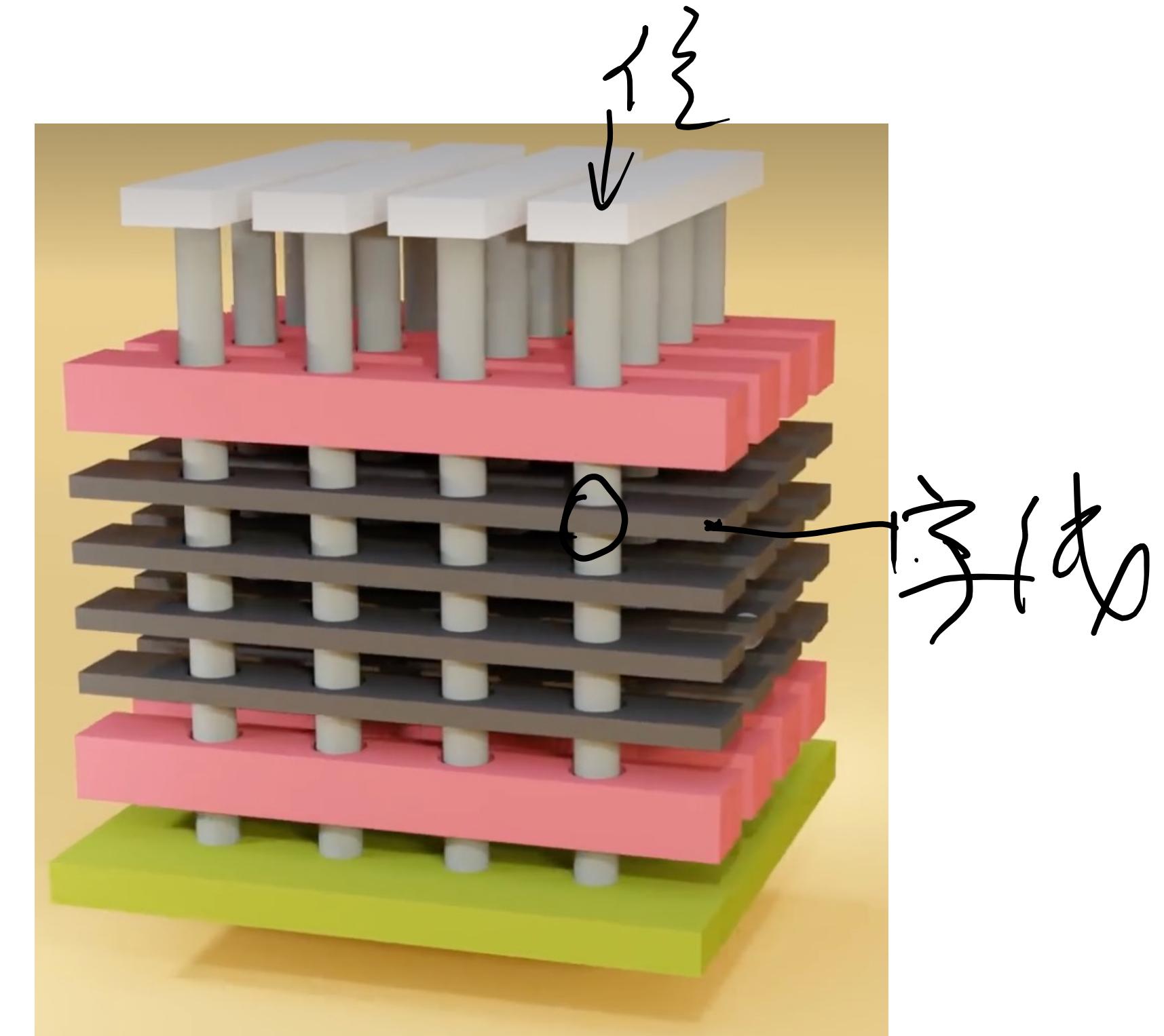


## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.1 Flash存储组织



一块数据: 4MB

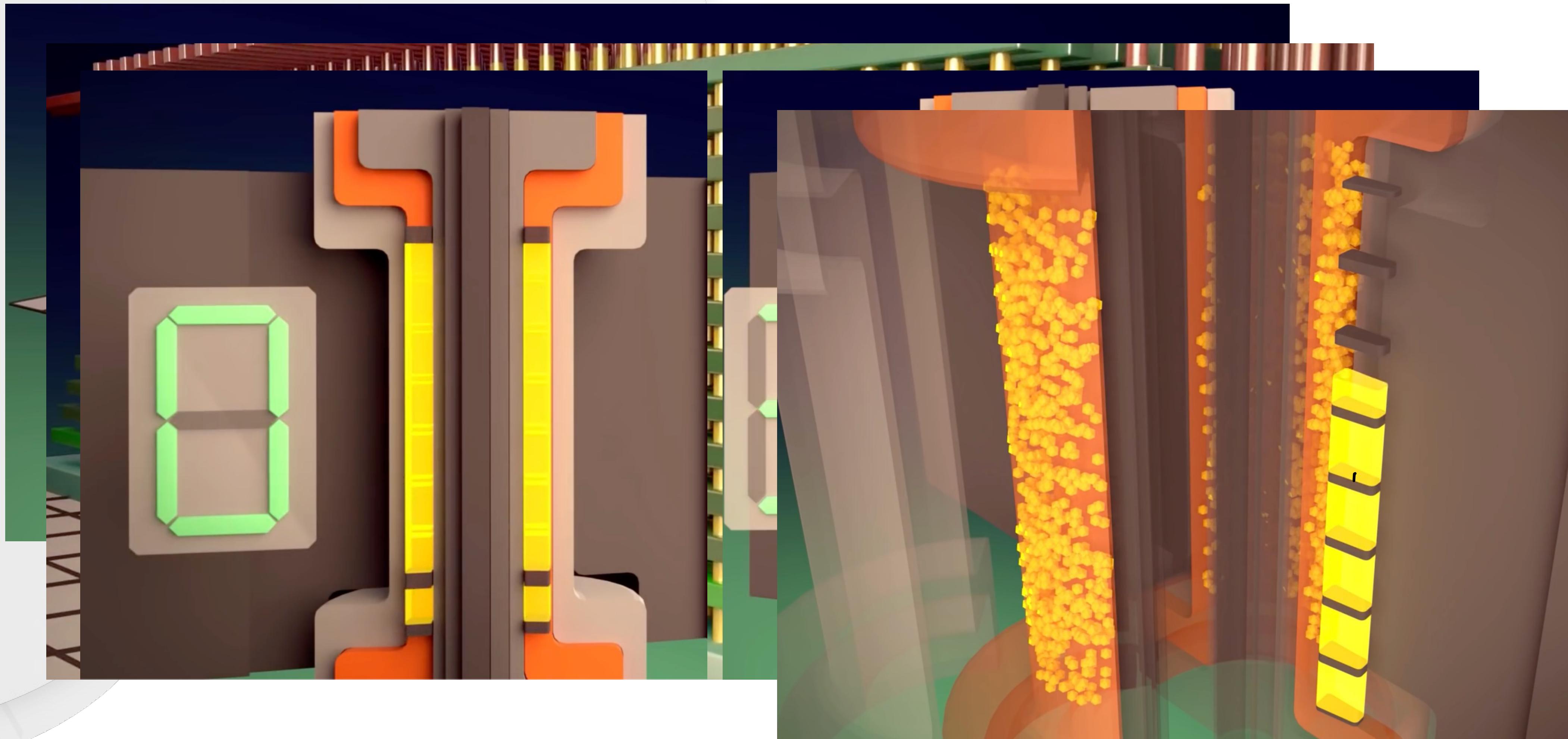


3D NAND



## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.1 3D NAND

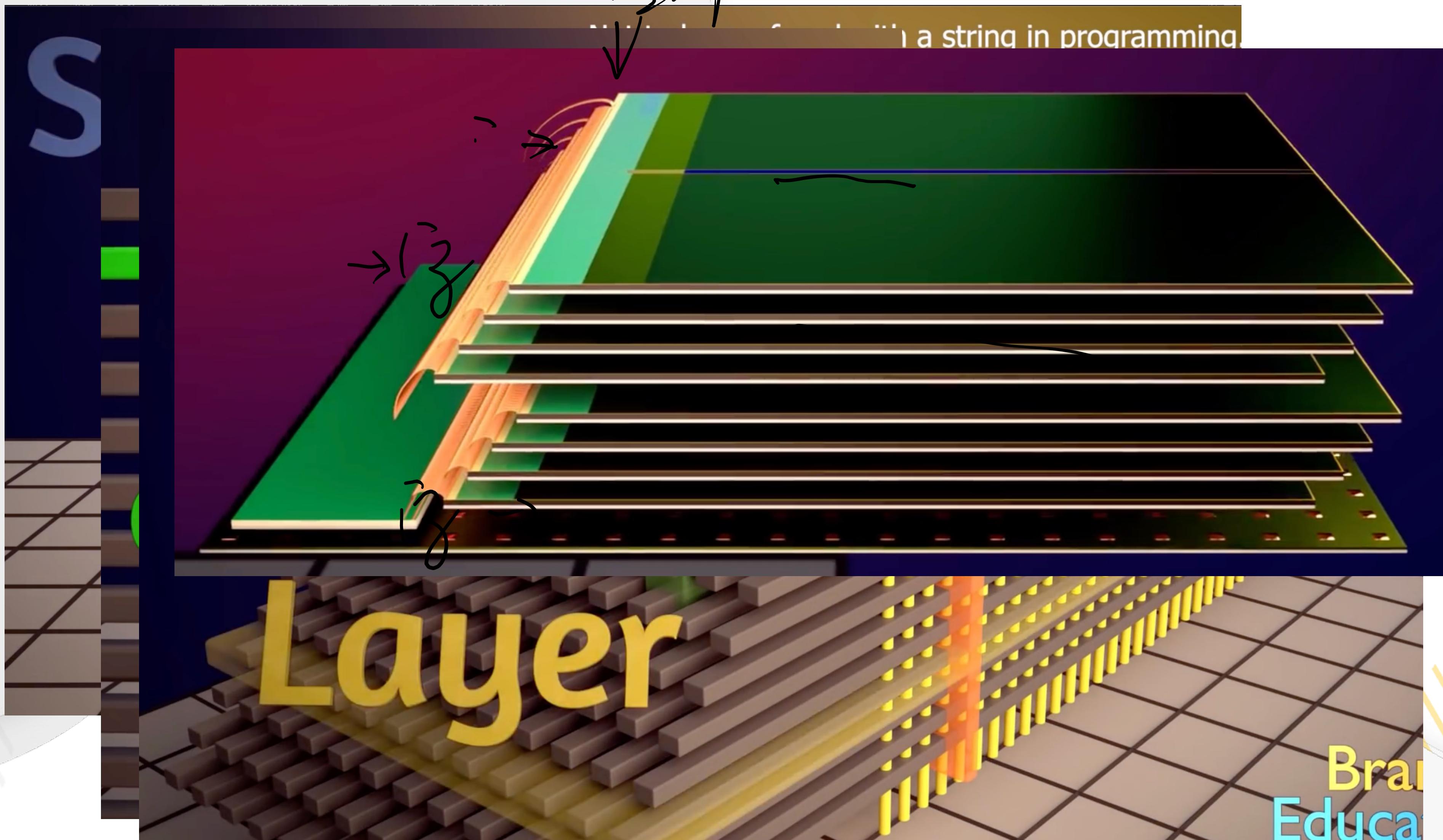


一块数据：4MB



## 2. 数据的表示与存储

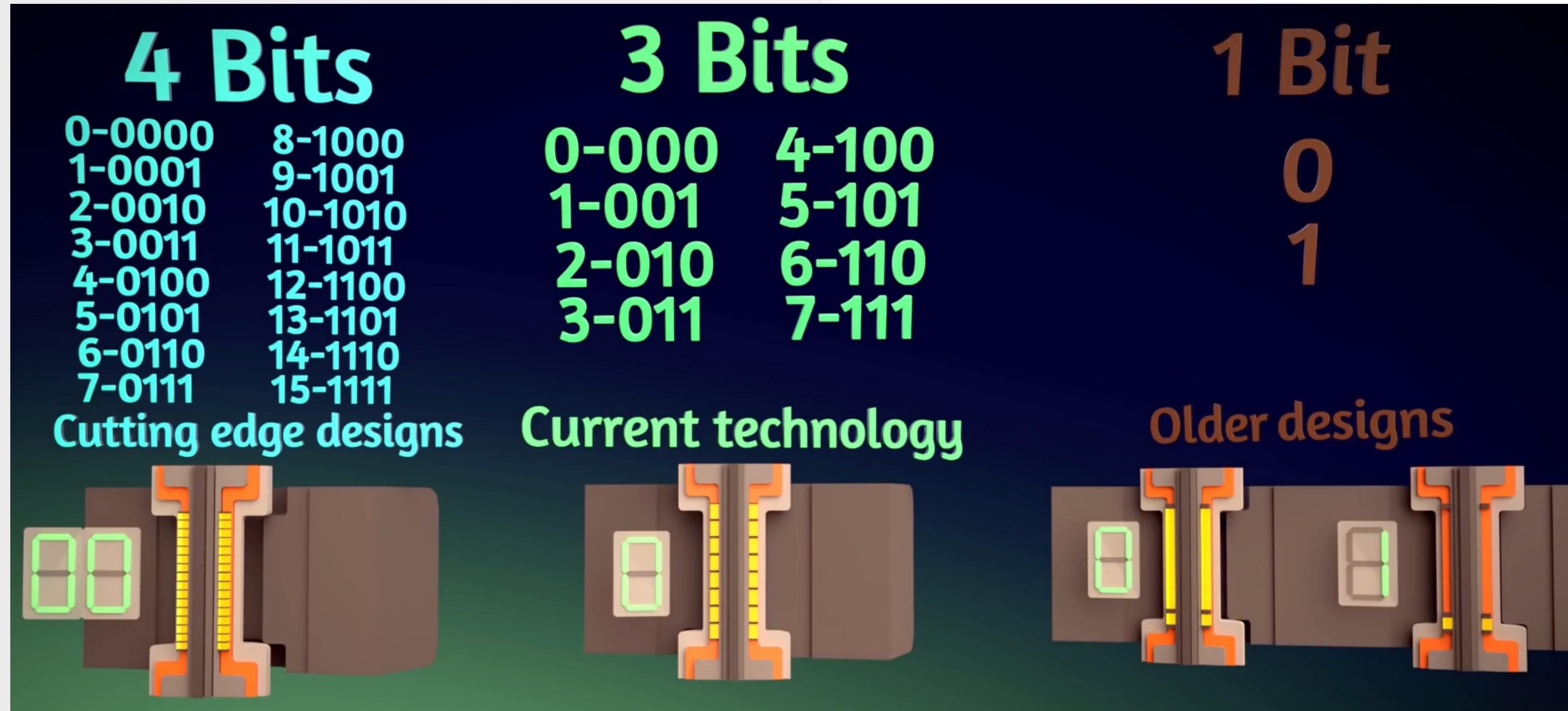
### 2.11.1 3DNAND





## 2. 数据的表示与存储

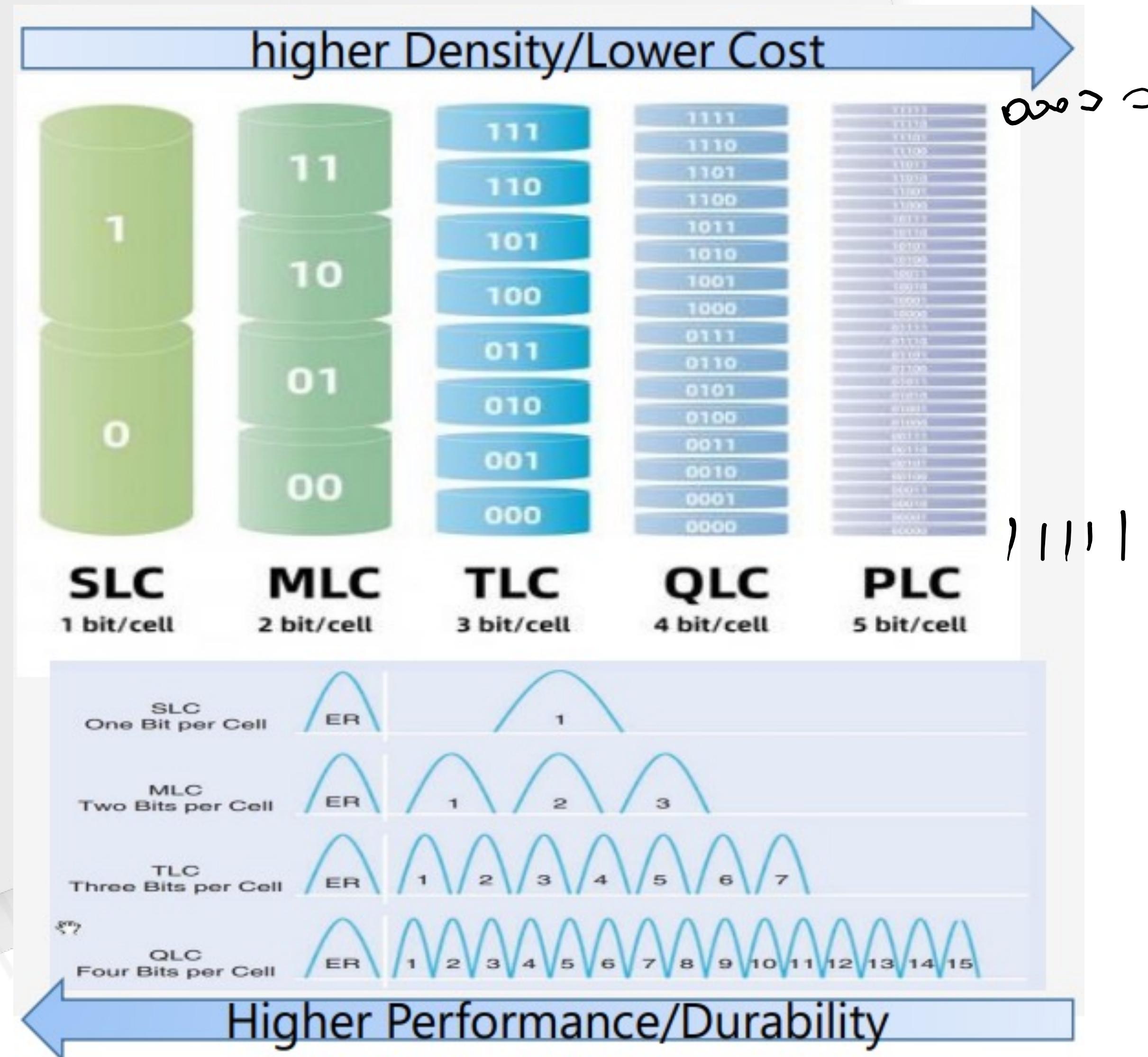
### 2.11.1 3DNAND





## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.1 NAND存储单元分类





## 2. 数据的表示与存储

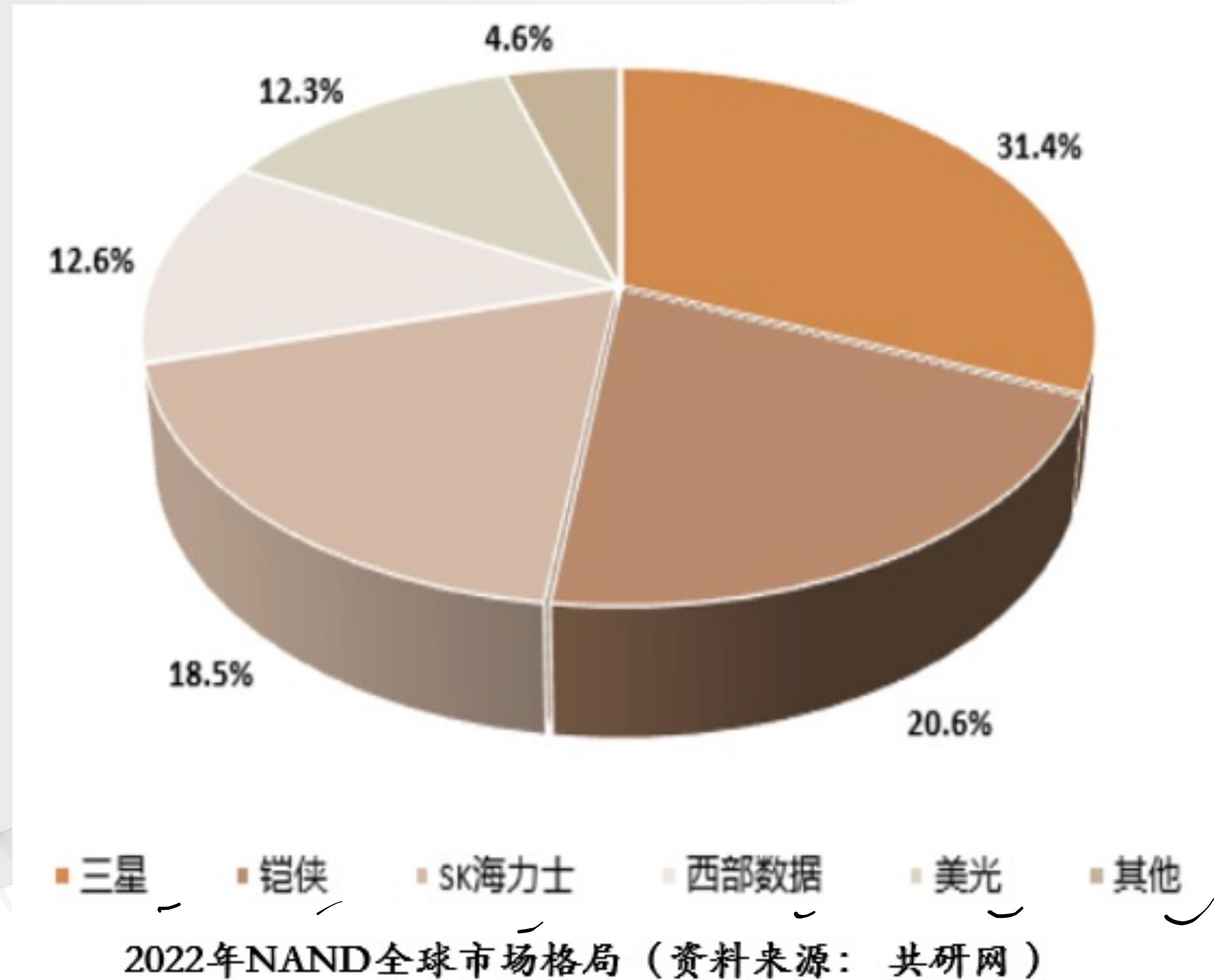
### 2.11.1 典型存储比较

参数/类型	NAND Flash	NOR Flash	EEPROM
存储密度	高	低	中
顺序读取速度	快	慢	根据应用调整
随机读取速度	慢	快	
顺序写入速度	快	快	
随机写入速度	慢	快	
擦除速度	快	慢	
单位成本	低	高	中
擦写次数	1000-10万 (100万)	10万次	100万
主要用途	数据存储 (如SSD、USB驱动器)	代码存储 (如引导加载程序)	小容量数据存储 (如配置信息)-I <sup>2</sup> C-SPI
随机访问能力	有限 (按页访问)	好 (按字节访问)	好 (按字节访问)
容量范围	较大 (几GB至TB)	较小 (几MB至几GB)	小 (几KB至几MB)
耐久性	适中	高	中
产品应用	eMMC/UFS、U盘、SSD, SD卡	物联网、工业控制、可穿戴设备、网络通讯、机顶盒、嵌入式设备...	



## 2. 数据的表示与存储

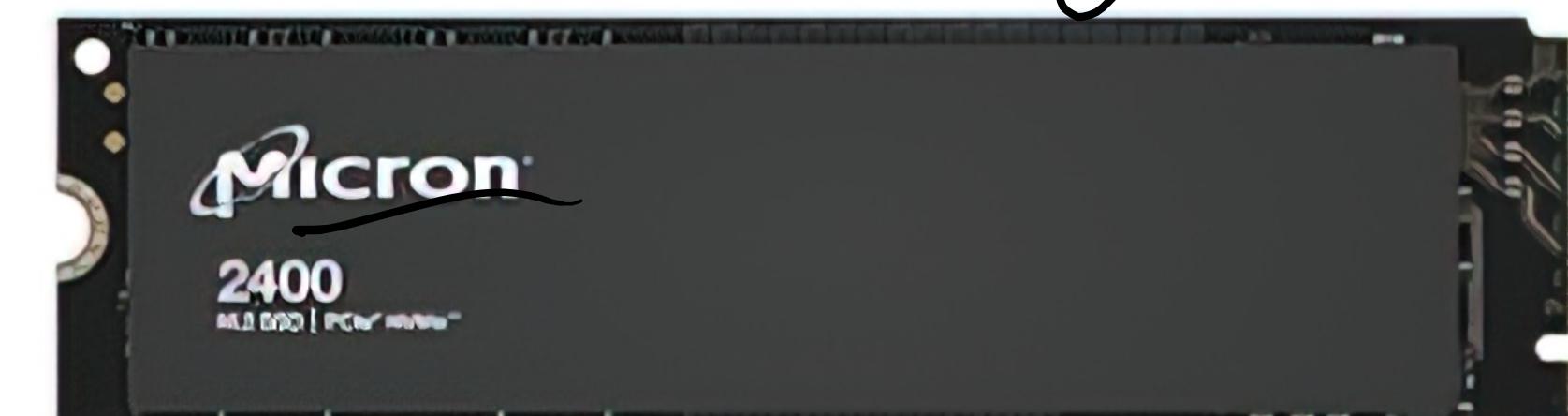
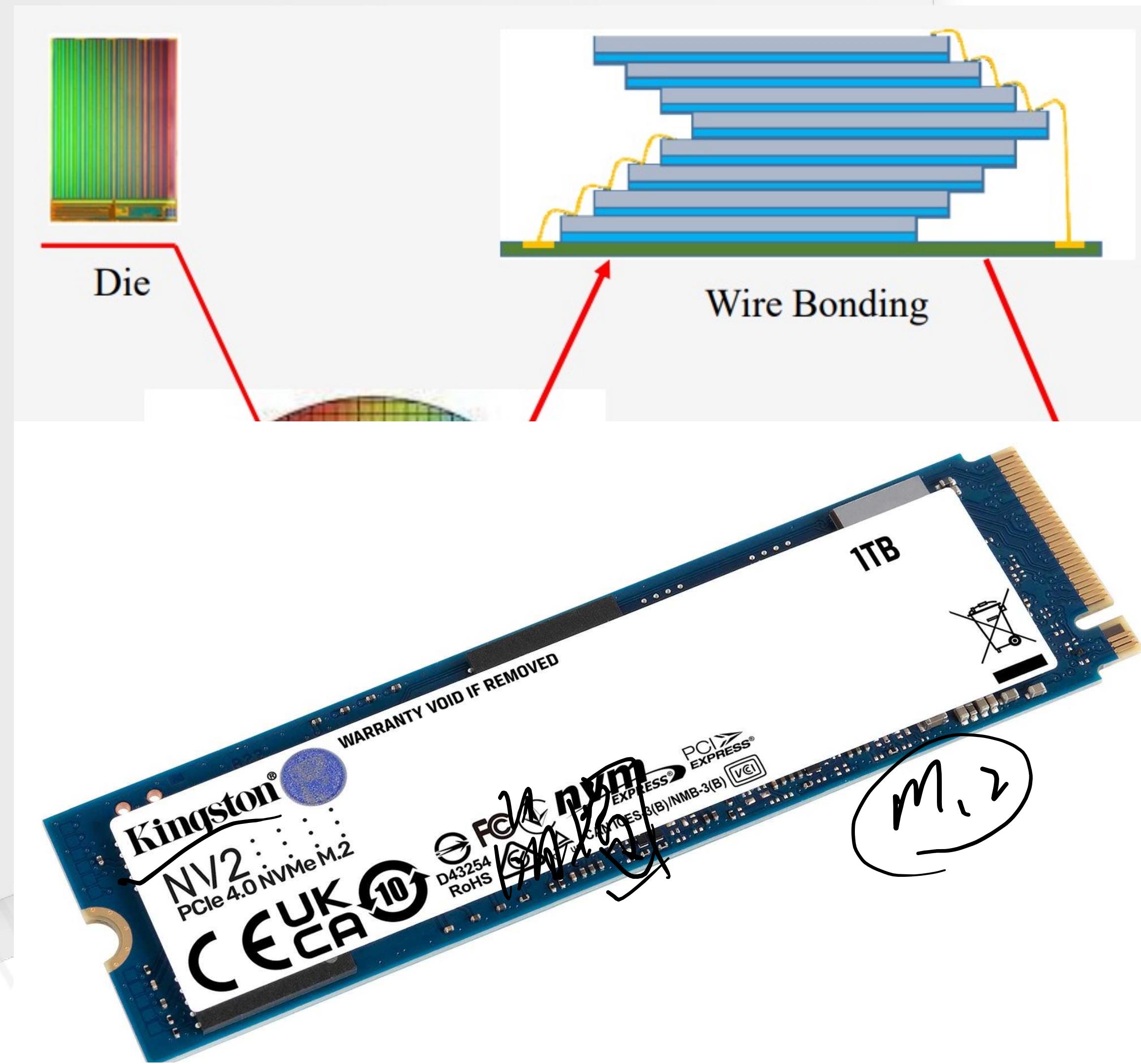
### 2.11.1 NAND存储单元分类





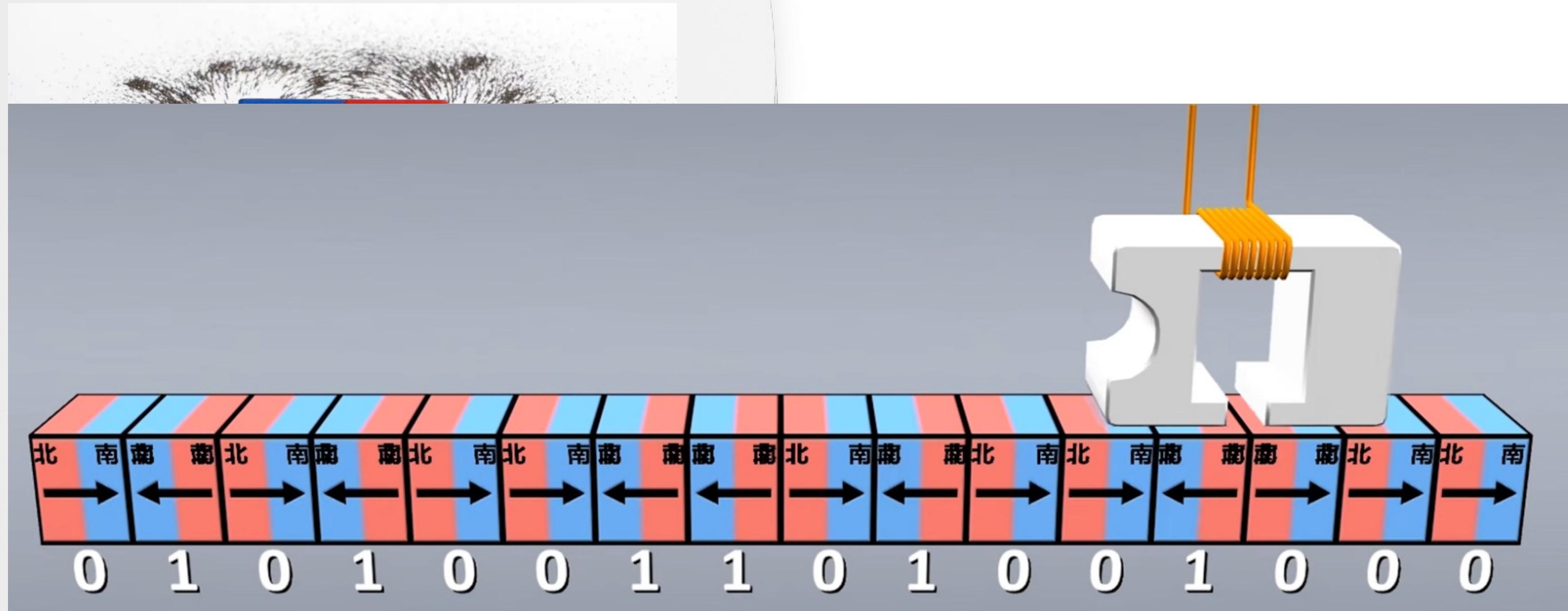
## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.1 封装产品



## 2. 数据的表示与存储

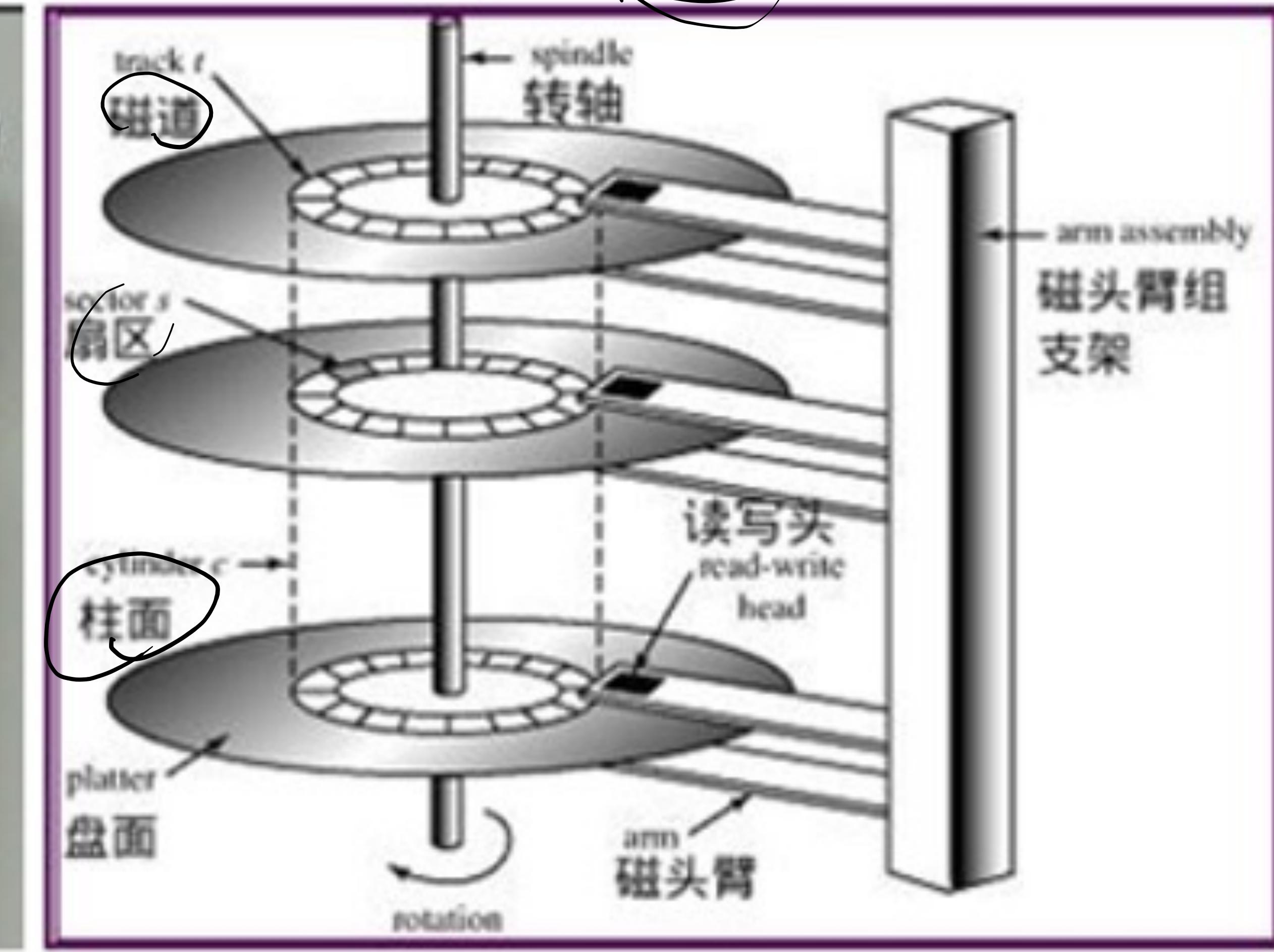
### 2.11.2 磁存储





## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.2 磁盘存储



硬盘存储器三大组成：磁记录介质、磁盘控制电路、磁盘驱动器



## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.2 磁盘存储技术参数

- 硬盘容量: 盘面数 × 柱面数 × 每道扇区数 × 512字节 (非格式化)
- 硬盘转速: 5400~15000RPM (Revolution Per Minute) 转每分钟 — 7200, 10000.
- 记录密度: 单位面积上记录的二进制信息量, 有道密度、位密度、面密度。
- 磁盘地址:

驱动器号	柱面 (磁道) 号	盘面号	扇区号
------	-----------	-----	-----

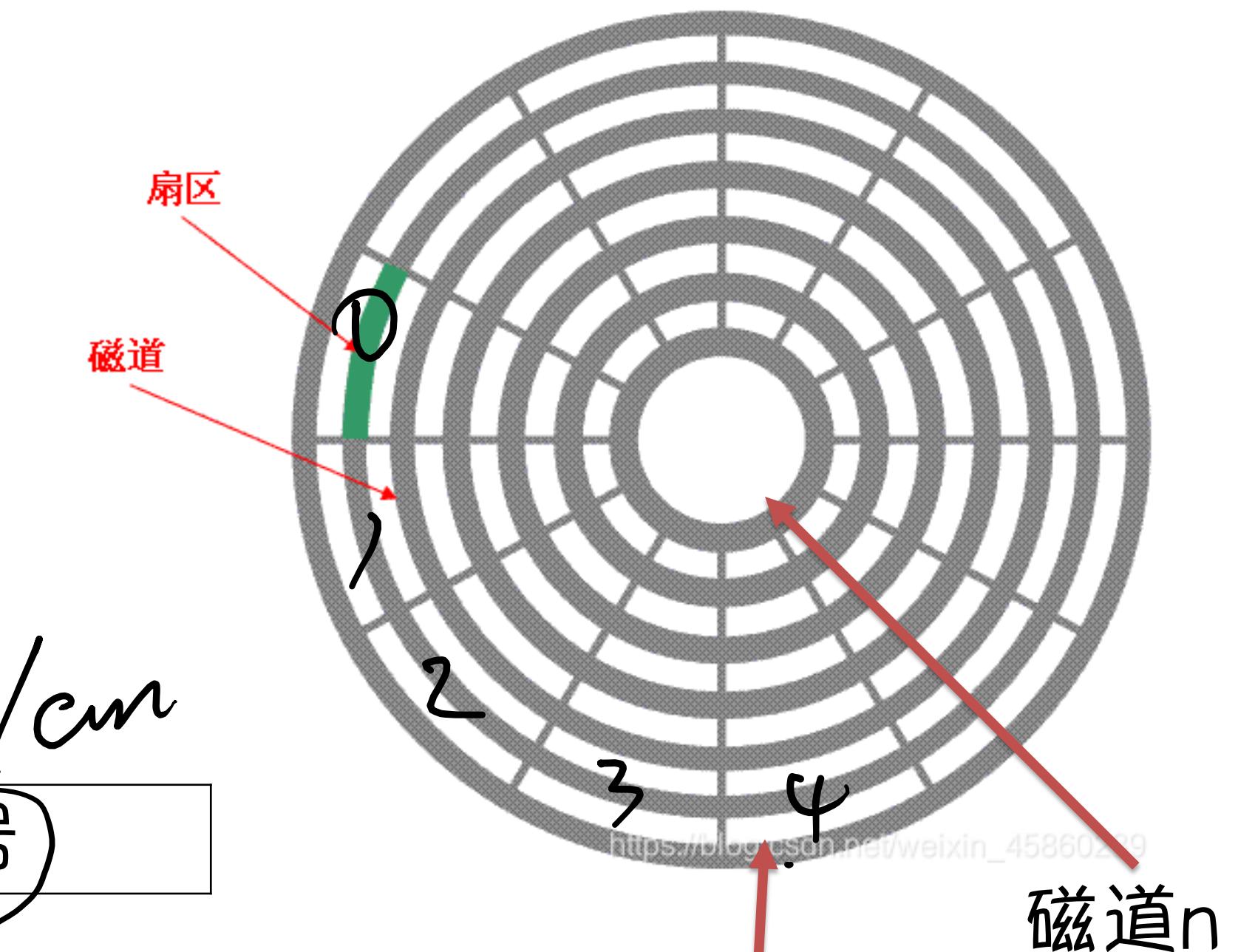
驱动器号: 几个硬盘  
柱面 (磁道) 号: 216  
盘面号: 3  
扇区号: 9  
容量: 44G  
8面  
8面  
虚寻址扇区

15 cm  
600bit/cm

(512)<sup>2</sup>  
2048 · 2<sup>9</sup>

0 - 2095

虚寻址扇区



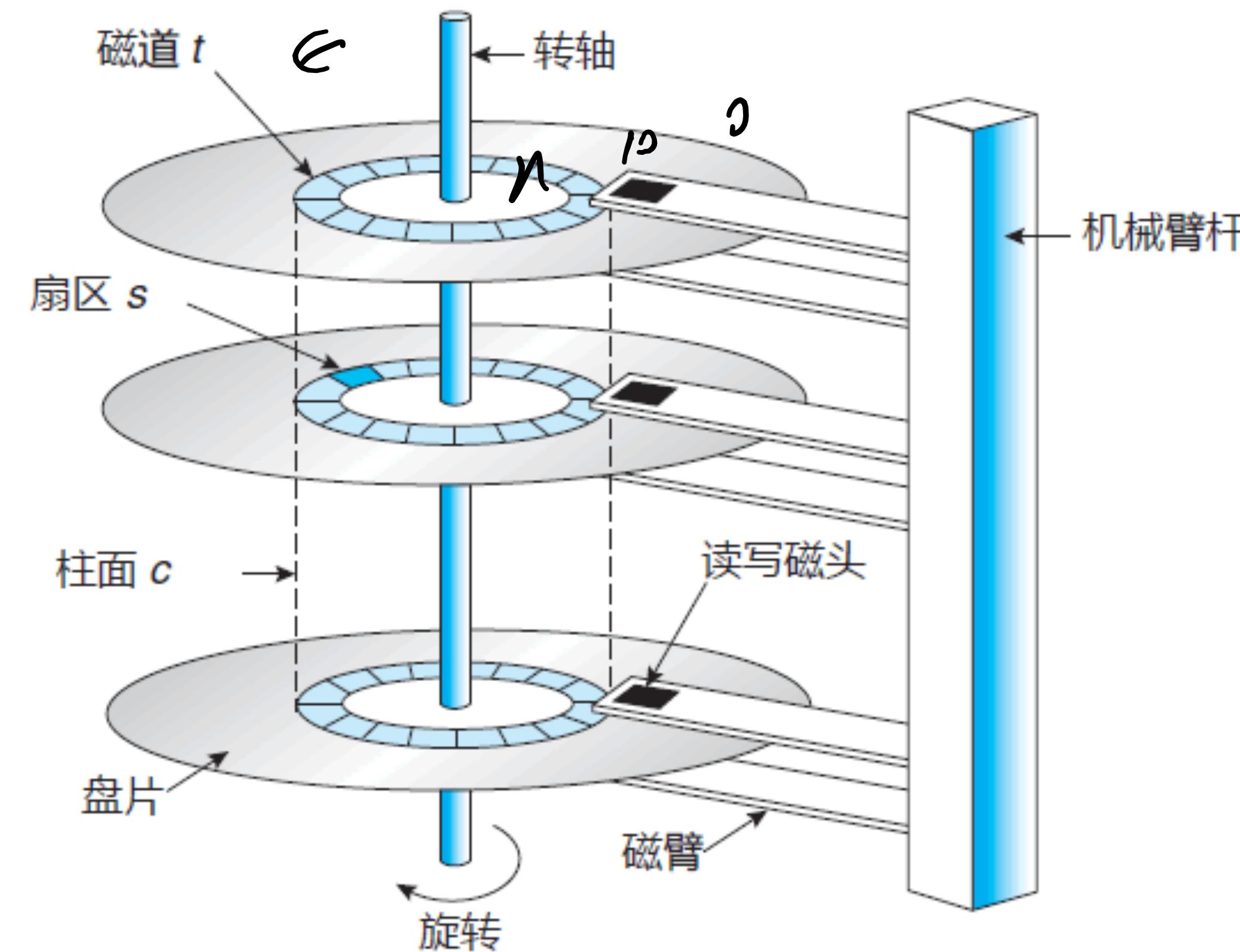


## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.2 磁盘存储技术参数

1. 寻道时间(seek time): 硬盘读取数据时, 读写磁头沿径向移动, 移到要读取的扇区所在磁道的上方
2. 旋转延迟时间(rotational latencytime): 磁头到达指定磁道后, 然后通过盘片的旋转, 使得要读取的扇区转到读写磁头的下方
3. 传输时间 (transfer time) : 读写数据所消耗的时间
4. 误码率: 出错数据量/总处理数据量, 增加校验, 码识别错误。
5. 硬盘不可能在同一时刻既完成读又完成写, 也不可能在同一时刻并行处理两组及以上的数据。

串行





## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.2 磁盘存储技术参数

1. 寻道时间(seek time): 硬盘读取数据时，读写磁头沿径向移动，移到要读取的扇区所在磁道的上方
2. 旋转延迟时间(rotational latencytime): 磁头到达指定磁道后，然后通过盘片的旋转，使得要读取的扇区转到读写磁头的下方
3. 传输时间 (transfer time) : 读写数据所消耗的时间
4. 硬盘不可能在同一时刻既完成读又完成写，也不可能在同一时刻并行处理两组及以上的数据。



## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.2 习题

例1：某个硬盘共有4个记录面，存储区域内半径为10cm，外半径为15.5cm，道密度为60道/cm，外层位密度为600bit/cm，转速为6000转/分。

- 1) 硬盘的磁道总数为多少？
- 2) 硬盘的容量是多少？
- 3) 将长度超过一个磁道容量的文件记录在同一个柱面还是盘面上，哪个更合理？
- 4) 采用定长数据块记录格式，直接寻址的最小单位是什么？寻址命令中磁盘地址如何表示？
- 5) 假定每个扇区的容量是512B，每个磁道有12个扇区，寻道的平均等待时间为10.5ms，试计算磁盘平均存取时间。



## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.2 习题

例1：某个硬盘共有4个记录面，存储区域内半径为10cm，外半径为15.5cm，道密度为60道/cm，外层位密度为600bit/cm，转速为6000转/分。

- 1) 硬盘的磁道总数为多少？
- 2) 硬盘的容量是多少？



$$15.5 - 10 = 5.5 \text{ cm} \times 60 \text{ 道/cm} = 330 \text{ 道}$$

$$\text{外道周长 } 2\pi r = 2 \times 3.14 \times 15.5 \text{ cm} = 97.34 \text{ cm.}$$

$$330 \times 97.34 \times 600 \text{ bit} = 9636000 \text{ B}$$

即96.36GB



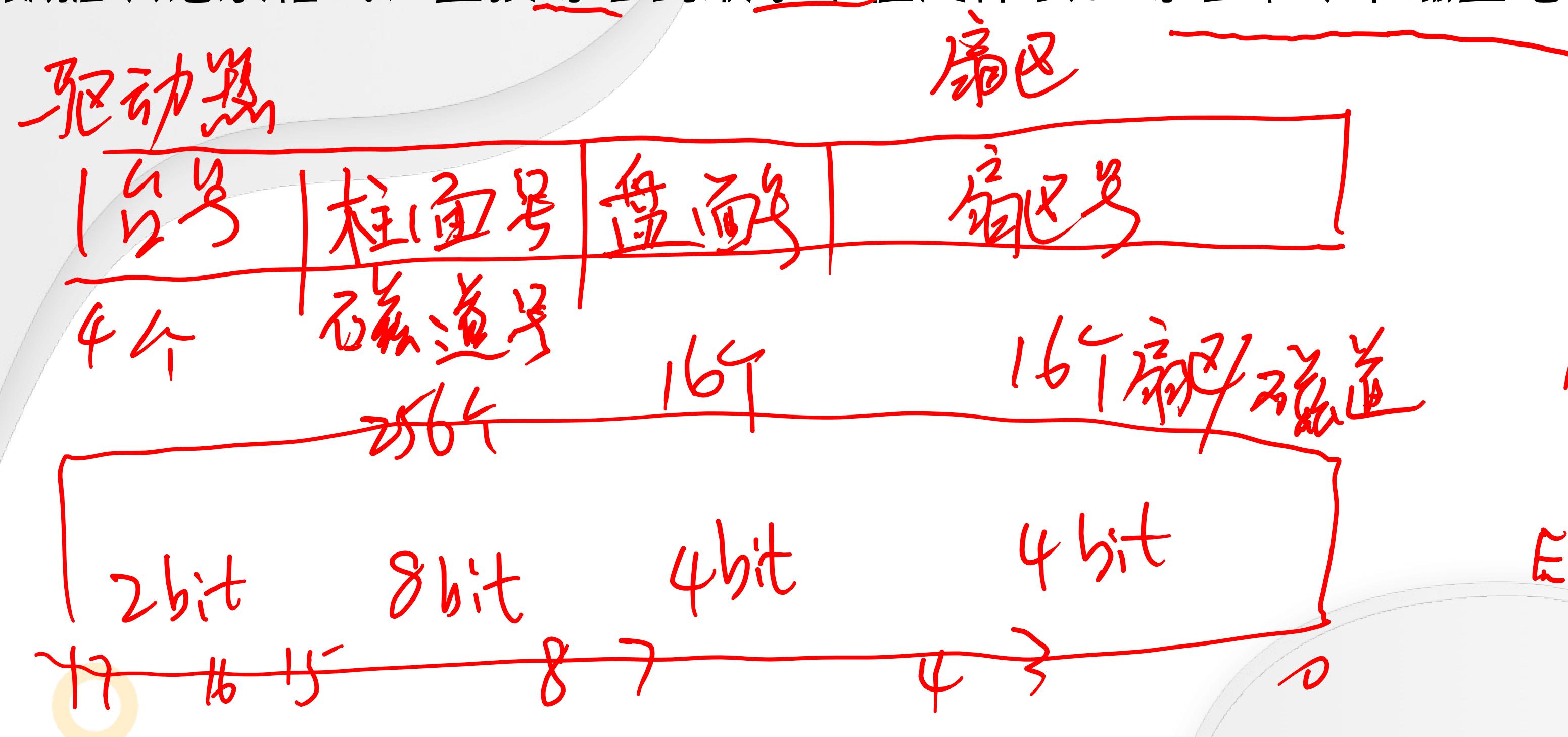
## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.2 习题

10个盘 20个面，顶面底面不用，181.

例1：某个硬盘共有4个记录面，存储区域内半径为10cm，外半径为15.5cm，道密度为60道/cm，外层位密度为600bit/cm，转速为6000转/分。

- 3) 将长度超过一个磁道容量的文件记录在同一个柱面还是盘面上，哪个更合理？
- 4) 采用定长数据块记录格式，直接寻址的最小单位是什么？寻址命令中磁盘地址如何表示？



文件 10004  
512 扇区

512.  
999, X 512  
+ 500

FAT,  
NTFS.  
EXT



## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.2 习题

例1：某个硬盘共有4个记录面，存储区域内半径为10cm，外半径为15.5cm，道密度为60道/cm，外层位密度为600bit/cm，转速为6000转/分。

5) 假定每个扇区的容量是512B，每个磁道有12个扇区，寻道的平均等待时间为10.5ms，试计算磁盘平均存取时间。

$$\begin{aligned} \text{寻道} + \text{旋转} + \text{该扇扇区} &= 16.33 \text{ ms} \\ 10.5 \text{ ms} + 5 \text{ ms} + \frac{0.03}{0.03} &= 16.33 \text{ ms} \\ 600 \text{ 转/分} &= 100 \text{ 转/秒} = \frac{1}{10} \text{ 转/圈} \\ \frac{10}{12 \text{ 扇区}} &= \frac{10}{120} \text{ ms/圈} \\ 10 \text{ ms} &= 0.53 \text{ ms/扇区} \end{aligned}$$



## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.2 习题

例2（腾讯笔试）：

数据存储在磁盘上的排列方式会影响I/O服务的性能，一个圆环磁道上有10个物理块，10个数据记录R1~R10存放在这个磁道上，记录的安排顺序如下表所示。

物理块	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
逻辑记录	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10

假设磁盘的旋转速度为20ms，磁盘当前处在R1的开头处，若系统顺序扫描后将数据放入单缓冲区内，处理数据的时间为4ms（然后再读取下个记录），则处理这10个记录的最长时间是多少？



$$R_1, 2ms + 4ms = 6ms$$

$$R_2, 8 \times 2ms + 2ms + 4ms = 22ms$$

$$R_3, 8 \times 2ms + 2ms + 4ms = 22ms$$

$$6ms + 9 \times 22ms$$

$$= 204ms$$



## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.2 习题

例3：有一台磁盘机，其平均找道时间为 30ms，平均旋转等待时间为 10ms，数据传输率为 500B/ms，磁盘机上存放着 1000 件每件 3000B 的数据。现欲把 1 件件 数据取走，更新后再放回原地，假设一次取出或写入所需时间为：  
*读写*

*写*  $T = \text{平均找道时间} + \text{平均等待时间} + \text{数据传送时间}$

使用CPU更新信息所需的时间为 4ms，并且更新时间同输入输出操作不相重叠。试问：

(1) 更新磁盘上全部数据需多少时间？  $(30 + 10 + 3000B/500B/ms) \times 2 + 4ms = 96ms$

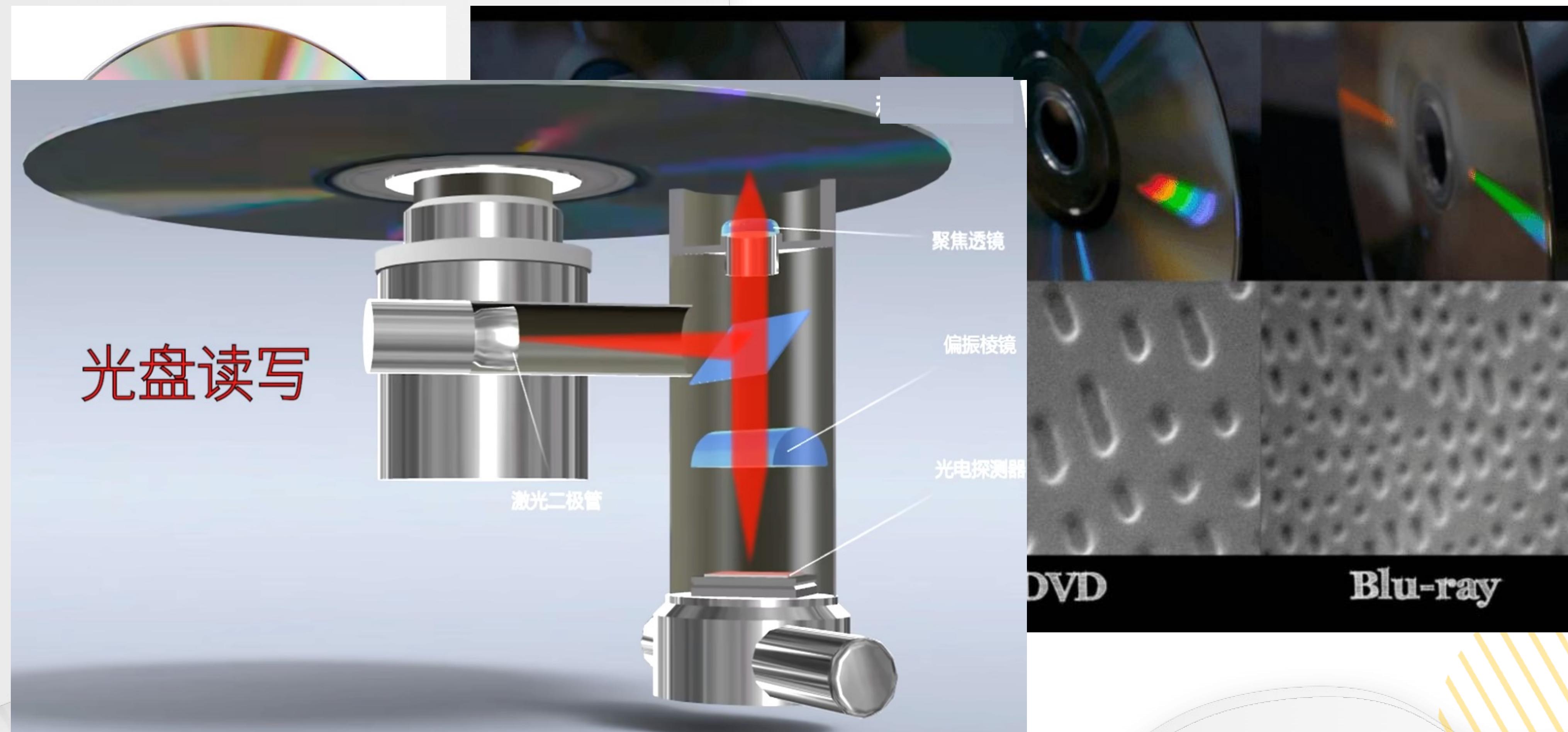
(2) 若磁盘机旋转速度和数据传输率都提高一倍，更新全部数据需多少时间？  $= 96ms$

$$(30 + 5 + 3000B/(1000B/ms)) \times 2 + 4ms = 80ms/14 = 80ms/14 = 96s.$$



## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.2 光盘存储(CD-ROM, DVD)



## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.3 辅存数据接口

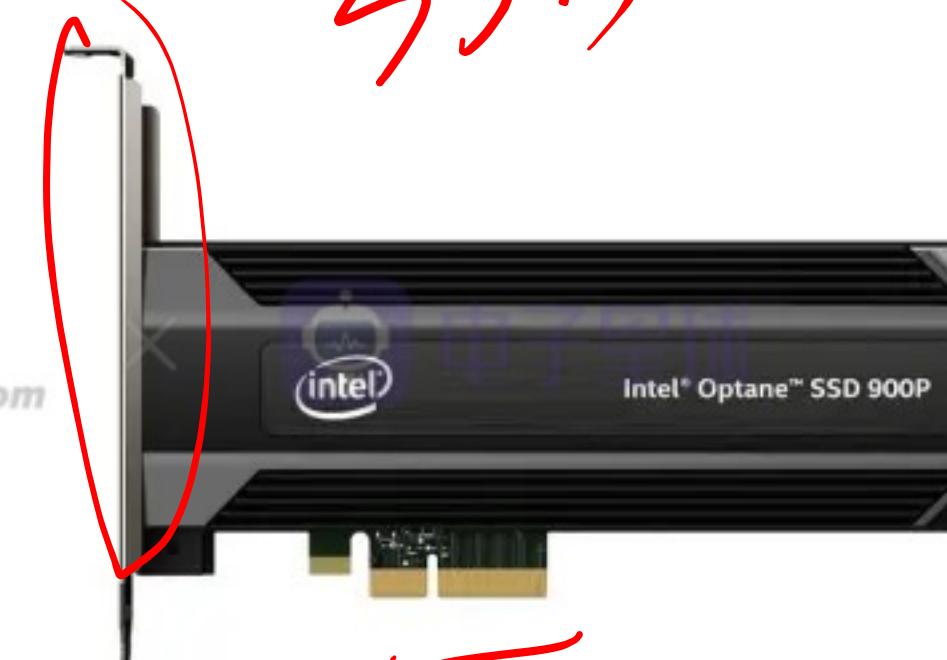
1. IDE (并行接口、排线接口)

2. SCSI、SAS

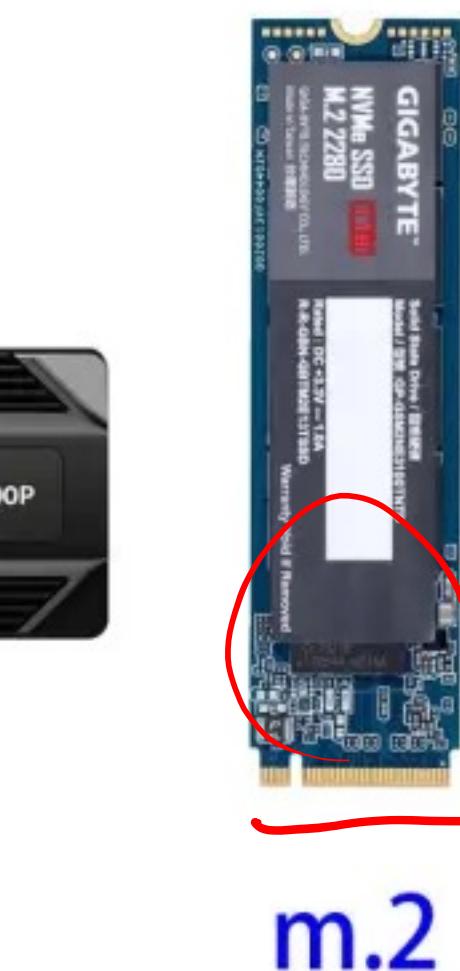
3. SATA, mSATA(600Mbps)

4. PCIe (X4,16/32Gbps)

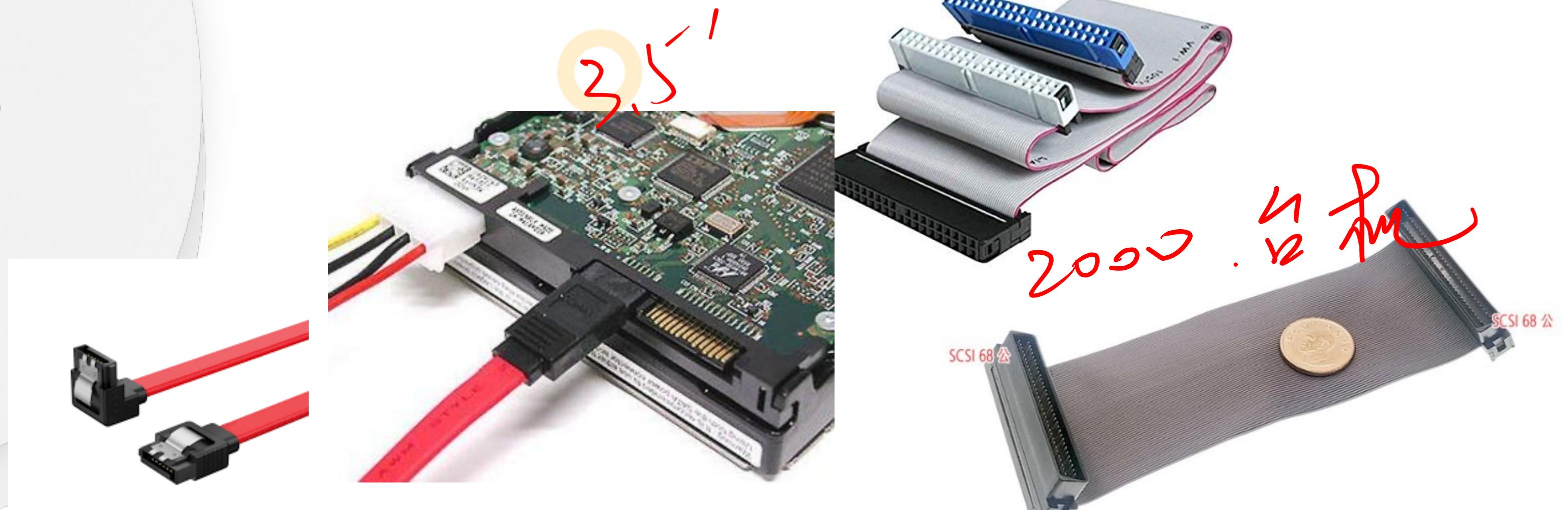
5. M.2(NGFF , PCIe M.2, NVMe)



PCIe



m.2



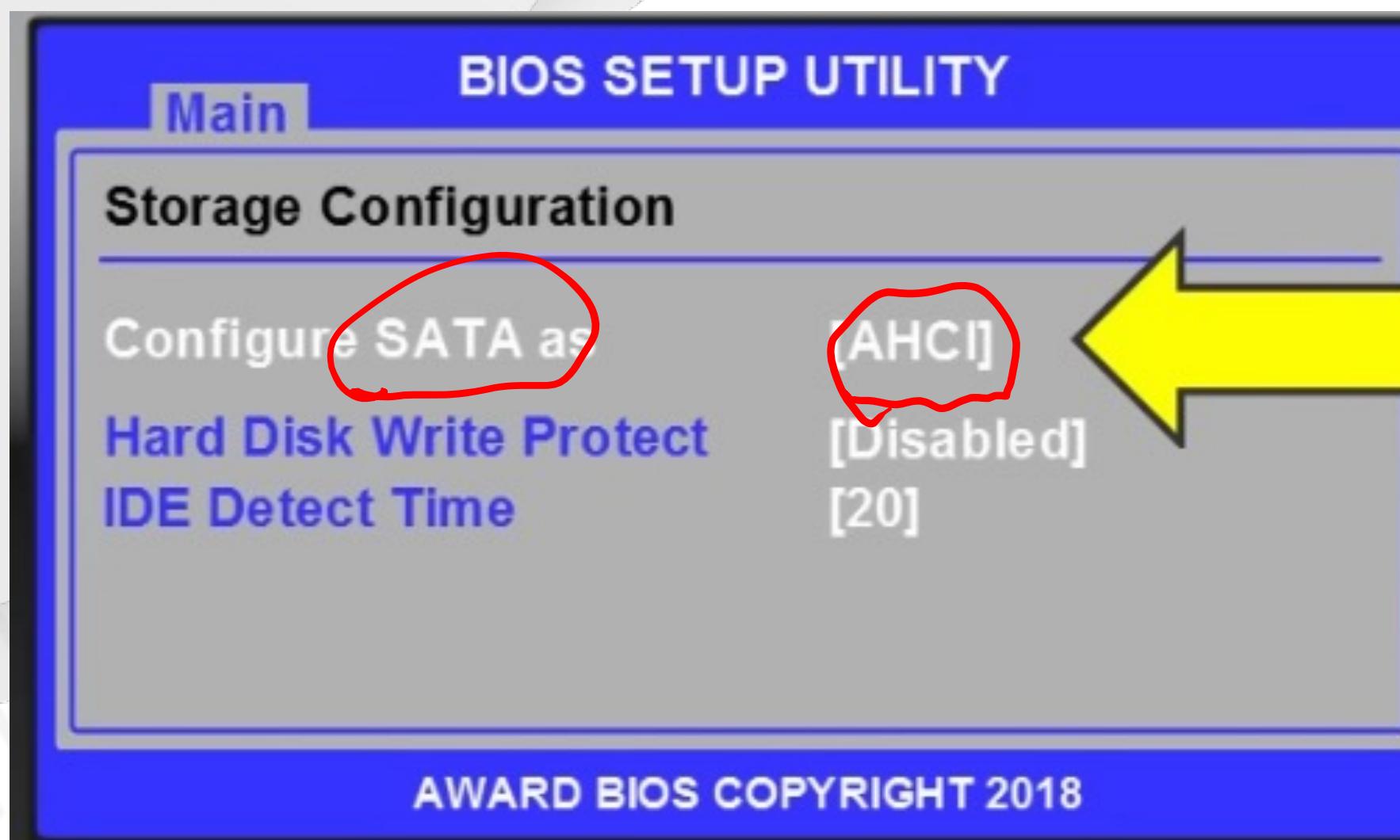
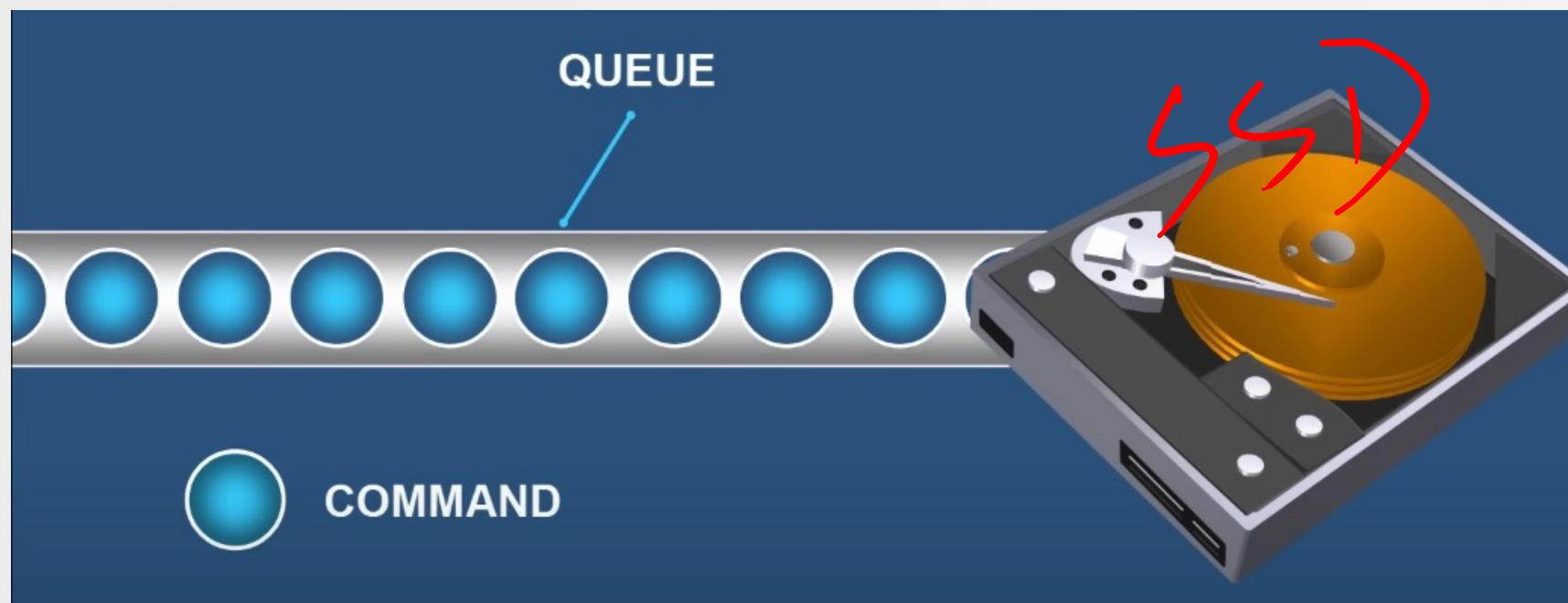
Serial Attached SCSI	
SAS connector	
Width in bits	1
No. of devices	65,535
Speed	SAS-1: Full-duplex <sup>[1]</sup> 3 Gbit/s (2004) SAS-2: Full-duplex 6 Gbit/s (2009) SAS-3: Full-duplex 12 Gbit/s (2013) SAS-4: Full-duplex 22.5 Gbit/s (2017) <sup>[2]</sup>
Style	Serial
Hotplugging	Yes
Interface	



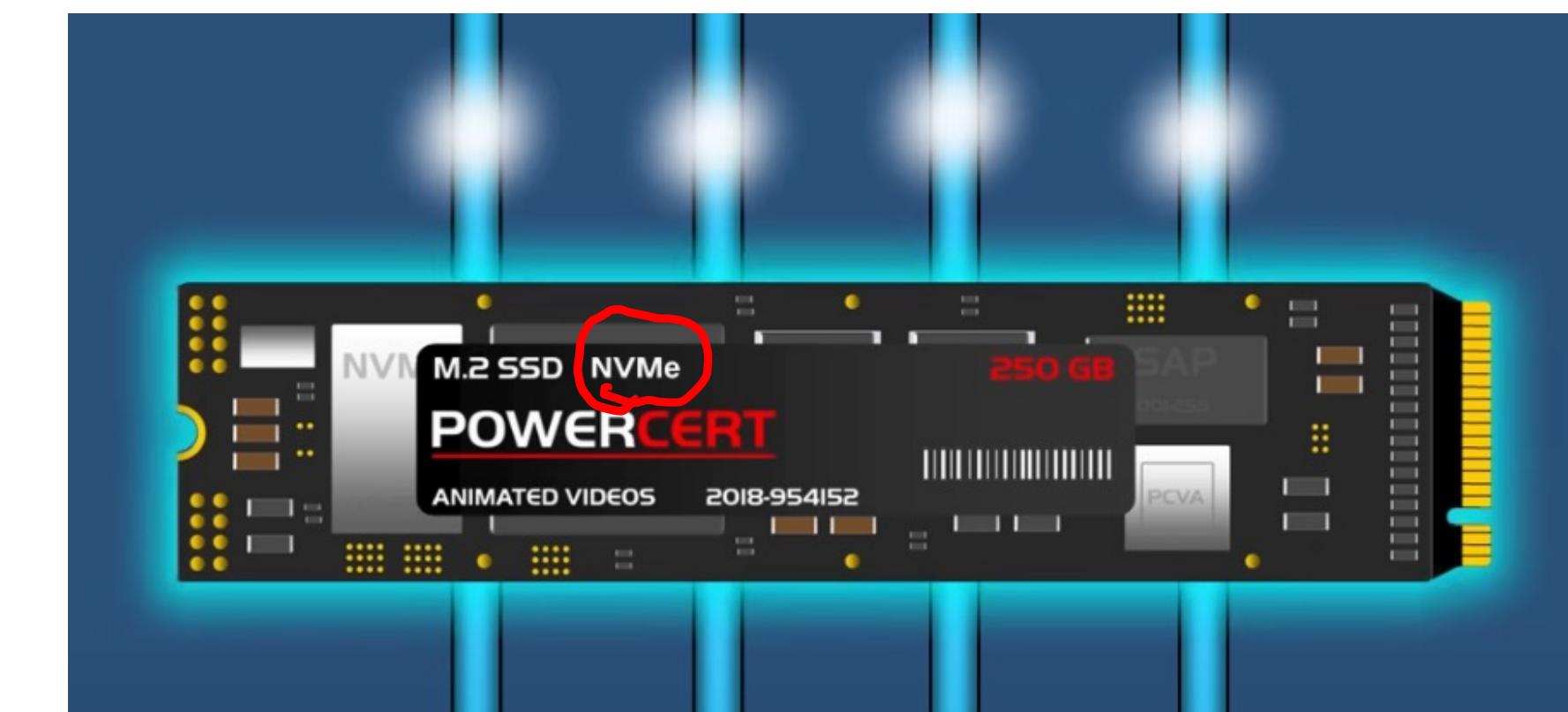
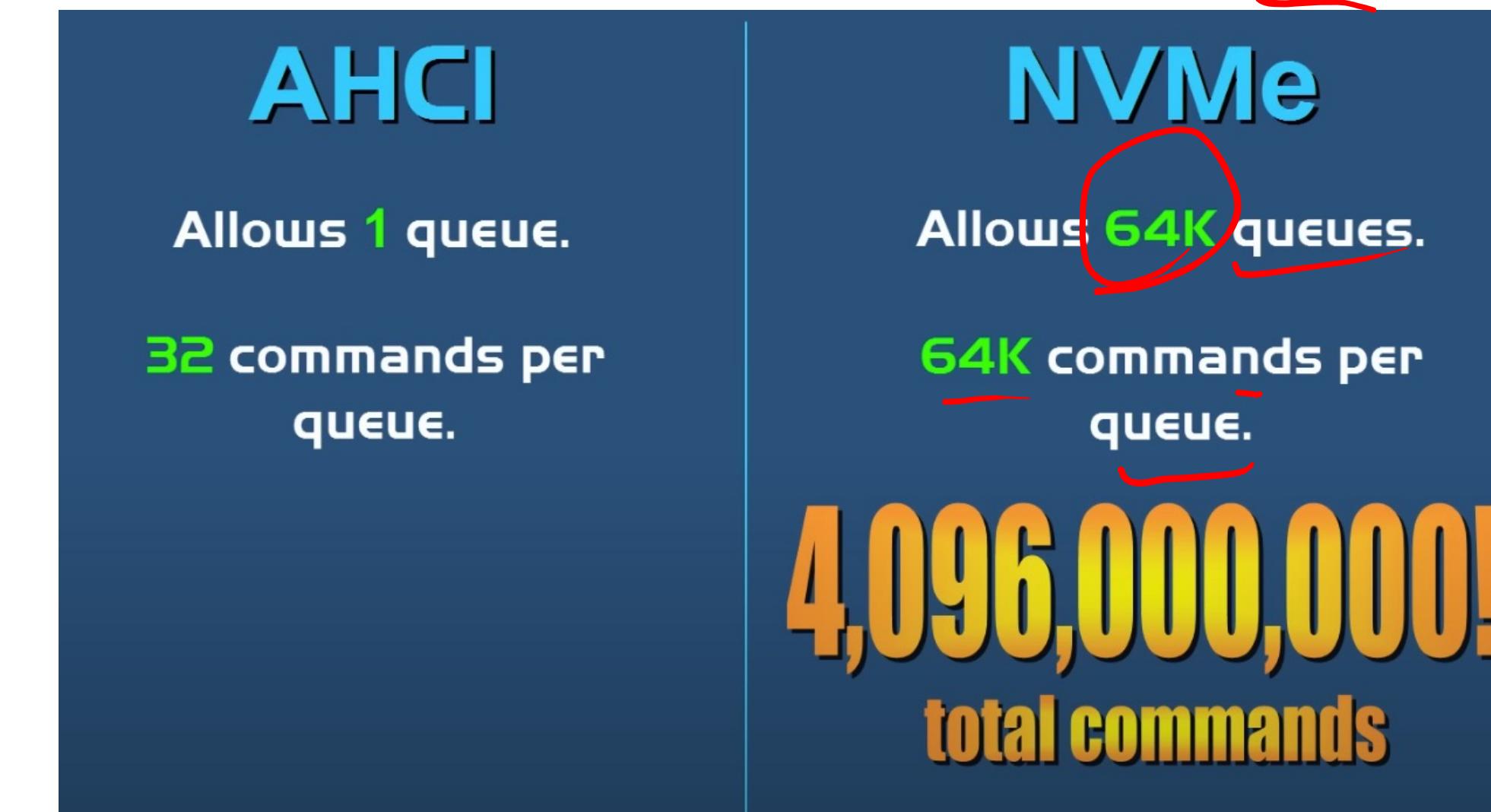
## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.3 SATA and PCIe

SATA (AHCI, 600MB/s)



PCIe(M.2 with NVMe, 3GB/s)





## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.4 磁盘阵列RAID

RAID (Redundant Array of  
Independent Disks)

特点：

增强数据集成度，

增强容错功能，

增加处理速度，

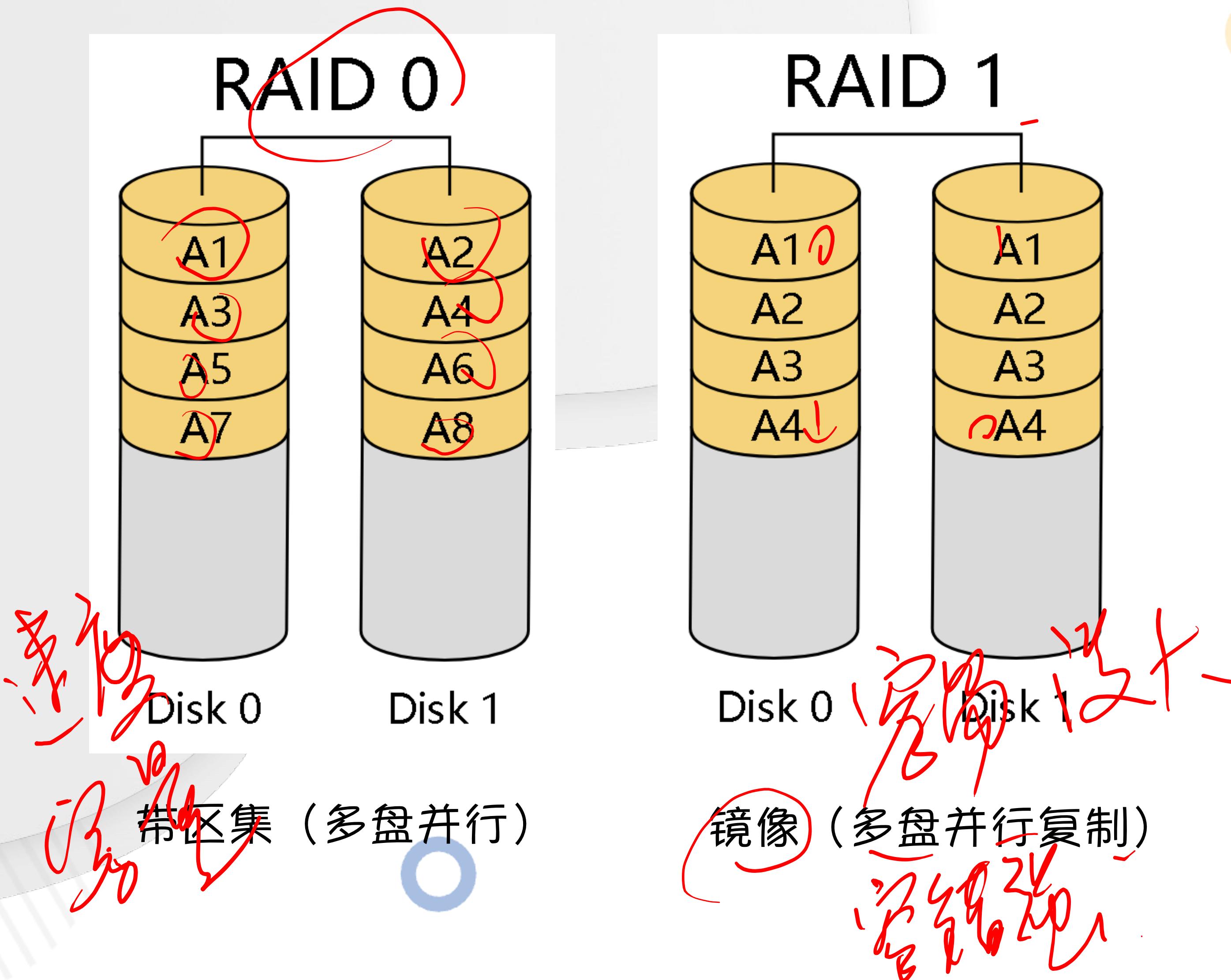
增加总存储容量





## 2. 数据的表示与存储

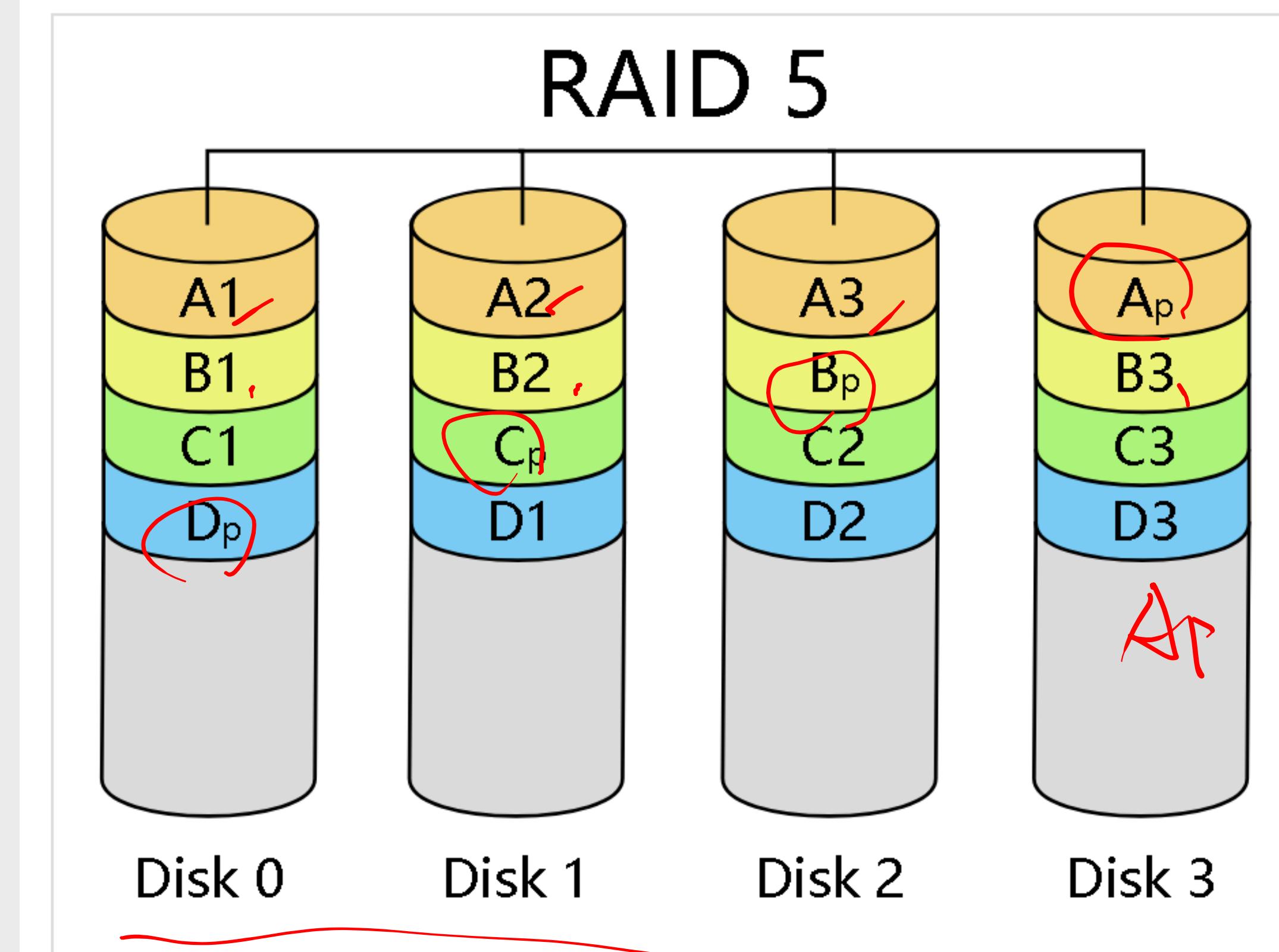
### 2.11.4 两种典型组合





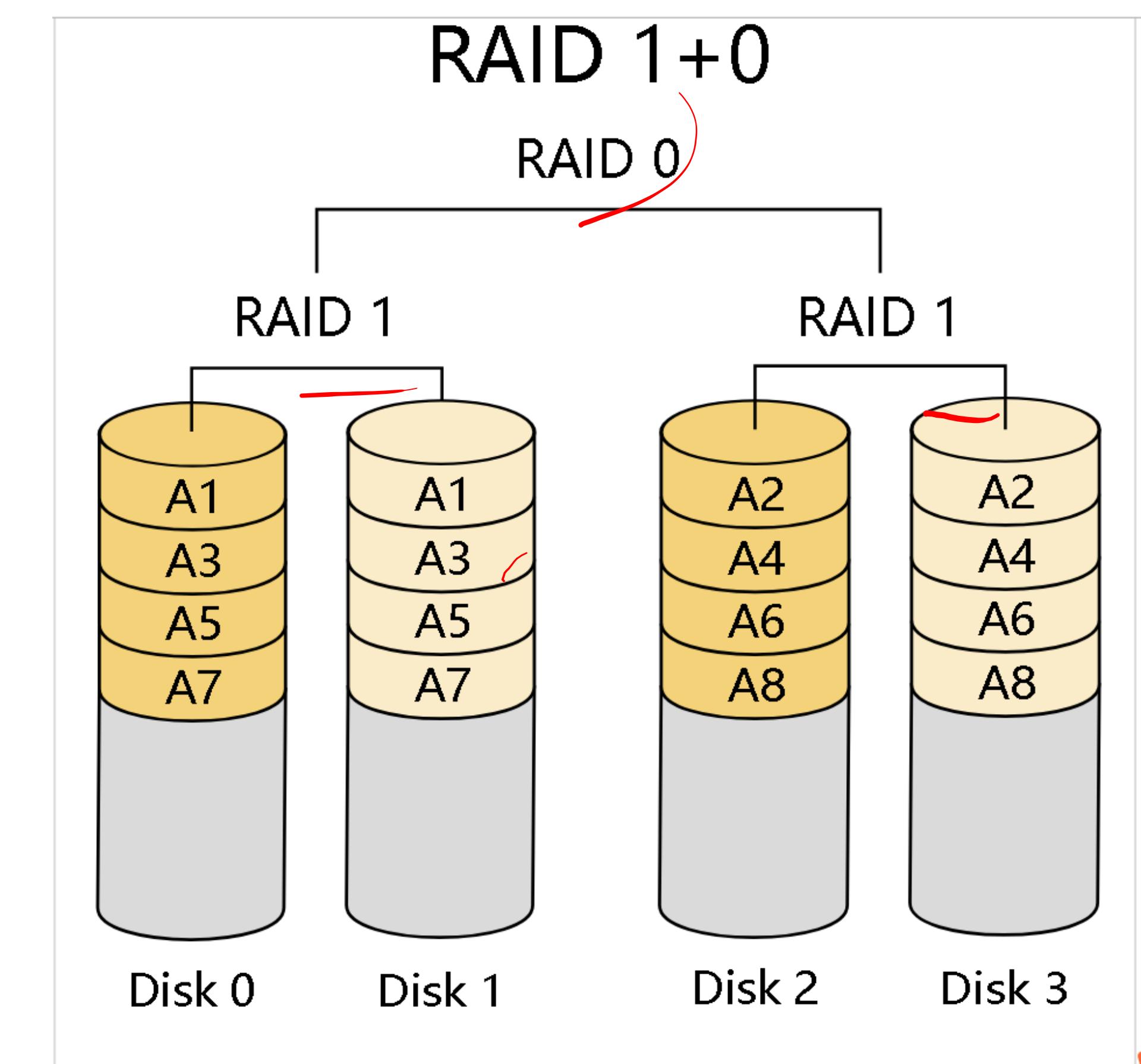
## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.4 阵列组合



奇偶校验信息和数据分开存放

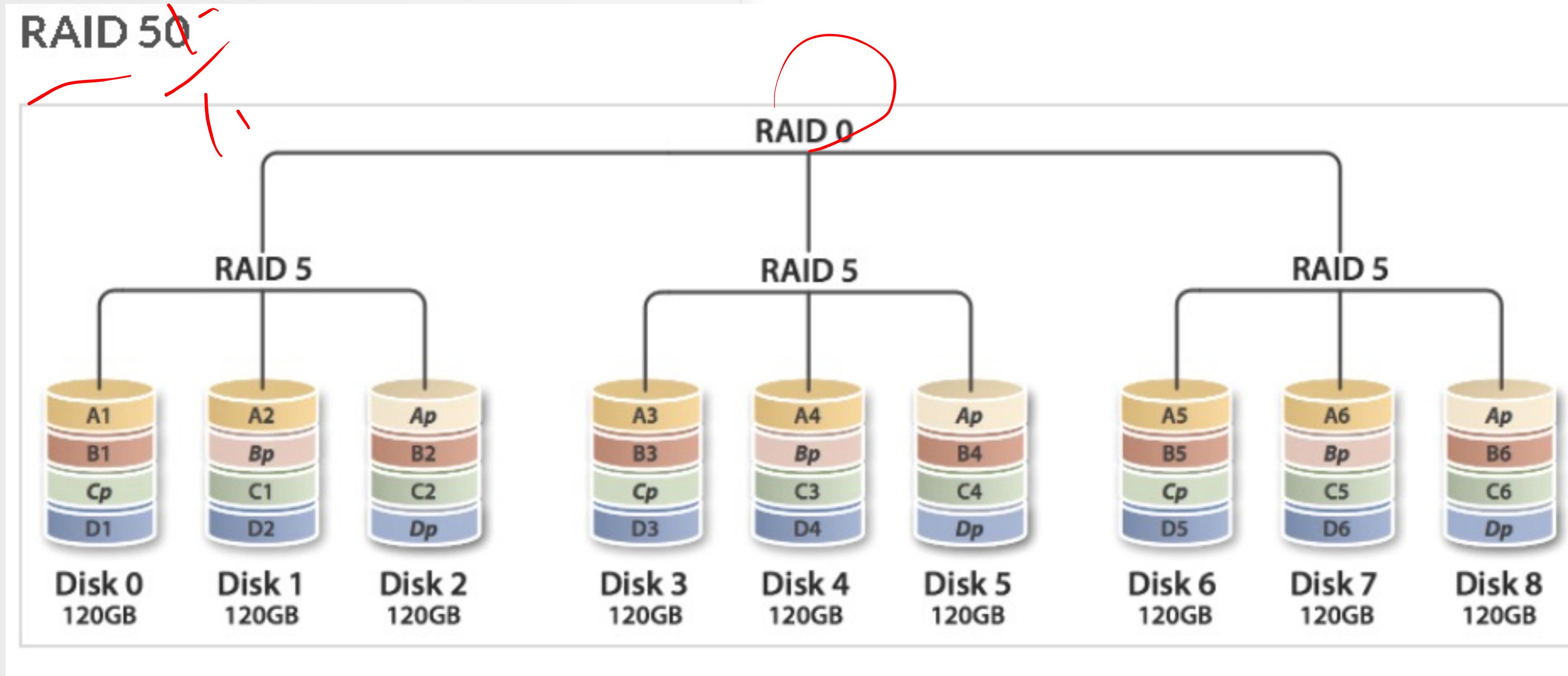
CPAC





## 2. 数据的表示与存储

### 2.11.4 阵列组合





## 2. 数据的表示与存储

### 2.11 本节总结

1. 现在及未来的主流辅存会以磁盘和3DNAND为主，而且国内也有公司可以生产出先进的大容量3DNAND芯片（长江存储）
2. NAND存储的隧道绝缘层有损耗，读写次数是有限的 10年  
100万  
1年
3. 电子在浮栅层中的保存受温度和时长影响，数据写入时的温度越高（但不超过闪存正常工作范围）、断电保存期间的环境温度越低，固态硬盘中的数据就能保持越长的时间
4. 机械磁盘：便宜、数据可长期保存
5. 为了数据的安全、容量和速度，可以使用多个硬盘组成阵列

欢迎参与学习

WELCOME FOR YOUR JOINING

船说：计算机基础