

4.1 不同的存储介质的访问速度和容量都不同，且二者不可兼得。由于内存墙的限制，计算机要想提高自己的运算效率，就要加快数据读取的速度，因此可以根据数据的使用频率、重要性和访问模式等选择多层次存储介质，依次存储最需要的数据。

4.2 页表过大时，这些页表本身也会占据额外的内存空间，反而使系统的并发性和效率降低，同时访问这些页表也需要花费更多的时间。页表过小时，页表项较少，从而导致有些物理地址无法由虚拟地址进行访问，出现访存错误。过小的页表也会导致系统进程不得不对页表内容进行频繁地更新。

4.3 (1) D: 脏页标志位，用来表示该页是否已经被修改过

A: 访问标志位，用来表示该页是否已被访问

G: 全局标志位，用来表示该页是否为全局页（可被其它进程共享）

U: 用户标志位，用来表示该页能否被用户进程访问

X: 可执行标志位，用来表示该页是否可以被执行（包含代码）

W: 写标志位，用来表示该页是否可写 R: 读标志位，用来表示该页是否可读

V: 有效标志位，用来表示该页是否有效，即是否能映射到正确的物理地址

(2) 用户进程可以修改标志位，如：修改读写权限，修改有效标志位从而产生地址映射错误，修改访问和全局标志位等会篡改访问权限，获取对内存的不合法访问权限。

(3) X/W/R 全部为 0 代表该页既不可写又不可读，即该页无法访问（对所有进程而言），这意味着该页暂不属于任何一个进程，或是操作系统指定该页不会成为任一进程的页，此时进程对这些页面的访问会使操作系统抛出异常并终止该进程。

4.4 PMP 机制是对物理内存而言的，而页表中相应的标记位是对于虚拟内存而言的，因此 PMP 寄存器中的 X/W/R 分别为物理内存的可执行标志位、写和读标志位。

(2) L位为锁定位：当L为1时，该PMP配置寄存器被锁定，无法被线程进行修改，从而保障系统安全性。

A位为匹配方式设置，A位有四种可能的值，分别对应未启用状态(0), TOR, NAU和NAP。

4.5 (1) 64位虚拟地址，则虚拟地址空间为 $2^{64} B$ ，页大小为 $4 KB = 2^{12} B \Rightarrow$ 页数为 $2^{54}$ ，单级页表系统占用的空间为 $2^{54} \times 8 B = 2^{57} B$

(2) 降低至 $2^{12} B$   
(3) 单级页表相当于以页大小( $2^{12}$ )为倍数进行了压缩，使用多级页表则可实现多次映射，多次以 $2^{12}$ 为倍数压缩，缺点是会增大访存时间。