

Page Number, VPN)。MMU 利用 VPN 来选择适当的 PTE。例如, VPN 0 选择 PTE 0, VPN 1 选择 PTE 1, 以此类推。将页表条目中物理页号(Physical Page Number, PPN)和虚拟地址中的 VPO 串联起来, 就得到相应的物理地址。注意, 因为物理和虚拟页面都是  $P$  字节的, 所以物理页面偏移(Physical Page Offset, PPO)和 VPO 是相同的。

图 9-13a 展示了当页面命中时, CPU 硬件执行的步骤。

- 第 1 步: 处理器生成一个虚拟地址, 并把它传送给 MMU。
- 第 2 步: MMU 生成 PTE 地址, 并从高速缓存/主存请求得到它。
- 第 3 步: 高速缓存/主存向 MMU 返回 PTE。
- 第 4 步: MMU 构造物理地址, 并把它传送给高速缓存/主存。
- 第 5 步: 高速缓存/主存返回所请求的数据字给处理器。

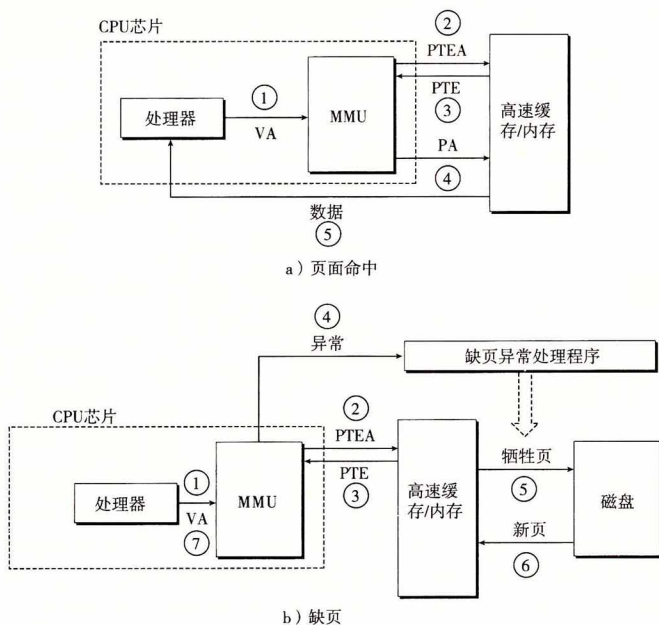


图 9-13 页面命中和缺页的操作图(VA: 虚拟地址。PTEA: 页表条目地址。PTE: 页表条目。PA: 物理地址)

页面命中完全是由硬件来处理的, 与之不同的是, 处理缺页要求硬件和操作系统内核协作完成, 如图 9-13b 所示。

- 第 1 步到第 3 步: 和图 9-13a 中的第 1 步到第 3 步相同。
- 第 4 步: PTE 中的有效位是零, 所以 MMU 触发了一次异常, 传递 CPU 中的控制到操作系统内核中的缺页异常处理程序。
- 第 5 步: 缺页处理程序确定出物理内存中的牺牲页, 如果这个页面已经被修改了, 则把它换出到磁盘。
- 第 6 步: 缺页处理程序页面调入新的页面, 并更新内存中的 PTE。