

图 8-19 HDD 的写入性能（启用 I/O 支援功能）

可以看到，不管是读取还是写入，I/O 请求量越大，吞吐量就越接近顺序访问时的性能，但是两者都无法达到与顺序访问同级别的性能。

下面将这些数据与禁用通用块层的功能后测试得到的数据一同制作成图表进行比较，如图 8-20 与图 8-21 所示。

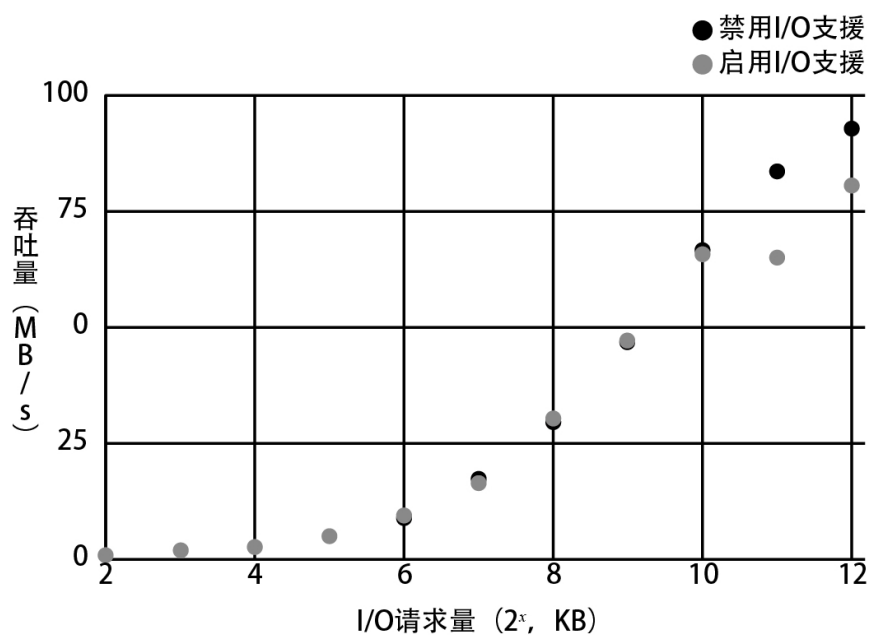


图 8-20 HDD 的随机读取性能

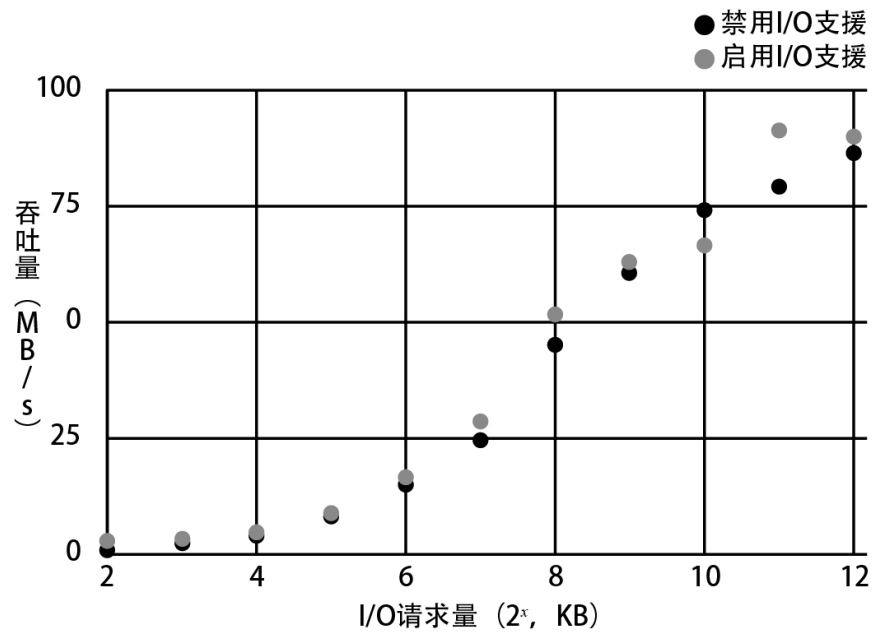


图 8-21 HDD 的随机写入性能

可以看到，不管是否启用 I/O 支援功能，随机读取的性能都几乎没有发生变化。为什么呢？之前曾提到过，在读取时 I/O 调度器并不会运行，而且因为不是顺序读取，所以预读机制也无法发挥作用。

至于写入方面的性能，虽然在图 8-21 中难以看出具体差距，但实际上在 I/O 请求量较小时，I/O 调度器是可以提升性能的。为了确认它具体发挥了多大效果，下面将图 8-21 中的纵轴变为“启用 I/O 支援功能时的数据 / 禁用 I/O 支援功能时的数据”这样一个比值，如图 8-22 所示。

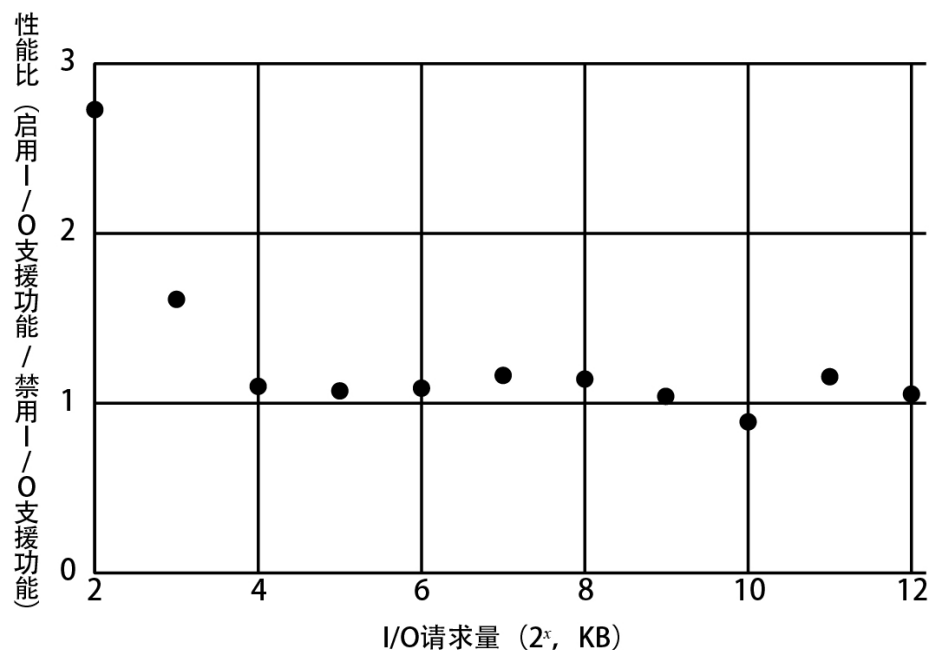


图 8-22 HDD 的写入性能的比值（启用 I/O 支援功能 禁用 I/O 支援功能）

启用 I/O 支援功能时采集的统计信息如下所示。

```
$ iostat -x -p sdb 1
( 略 )
```

Device	rrqm/s	wrqm/s	r/s	w/s	rkB/s	wkB/s	
avgrq-sz	avgqu-sz	await	r_await	w_await	svctm	%util	
sdb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	↵
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
(略)							
sdb	0.00	48.00	0.00	473.00	0.00	2048.00	↵
8.66	51.08	83.58	0.00	83.58	0.75	35.60	
(略)							
sdb	0.00	57.00	0.00	832.00	0.00	3548.00	↵
8.53	144.25	168.89	0.00	169.89	1.20	100.00	
(略)							
sdb	0.00	64.00	0.00	667.00	0.00	2920.00	↵
8.76	143.79	207.17	0.00	207.17	1.50	100.00	
(略)							
sdb	0.00	69.00	0.00	1030.00	0.00	4388.00	↵
8.52	144.27	148.80	0.00	148.80	0.97	100.00	
(略)							
sdb	0.00	71.00	0.00	863.00	0.00	3756.00	↵
8.70	143.64	163.86	0.00	163.86	1.16	100.00	
(略)							

sdb	0.00	60.00	0.00	741.00	0.00	3192.00	↵
8.62	142.57	189.69	0.00	189.69	1.35	100.00	
(略)							
sdb	0.00	58.00	0.00	759.00	0.00	3280.00	↵
8.64	143.21	187.87	0.00	187.87	1.32	100.00	
(略)							
sdb	0.00	64.00	0.00	839.00	0.00	3604.00	↵
8.59	143.30	172.70	0.00	172.70	1.19	100.00	
(略)							
sdb	0.00	55.00	0.00	754.00	0.00	3240.00	↵
8.59	143.46	187.73	0.00	187.73	1.33	100.00	
(略)							
sdb	0.00	46.00	0.00	581.00	0.00	2512.00	↵
8.65	143.48	248.78	0.00	248.78	1.72	100.00	
(略)							
sdb	0.00	51.00	0.00	752.00	0.00	3196.00	↵
8.50	142.96	195.08	0.00	195.08	1.33	100.00	
(略)							
sdb	0.00	56.00	0.00	876.00	0.00	3756.00	↵
8.58	142.97	159.75	0.00	159.75	1.14	100.00	
(略)							
sdb	0.00	64.00	0.00	810.00	0.00	3452.00	↵
8.52	142.69	177.17	0.00	177.17	1.23	100.00	
(略)							
sdb	0.00	40.00	0.00	653.00	0.00	2808.00	↵
8.60	143.59	208.31	0.00	208.31	1.53	100.00	
(略)							
sdb	0.00	45.00	0.00	711.00	0.00	3028.00	↵
8.52	143.01	215.13	0.00	215.13	1.41	100.00	
(略)							
sdb	0.00	55.00	0.00	791.00	0.00	3356.00	↵
8.49	143.50	174.28	0.00	174.28	1.26	100.00	
(略)							
sdb	0.00	38.00	0.00	608.00	0.00	2596.00	↵
8.54	143.41	226.60	0.00	226.60	1.64	100.00	
(略)							
sdb	0.00	33.00	0.00	627.00	0.00	2652.00	↵
8.46	143.99	232.22	0.00	232.22	1.59	100.00	
(略)							
sdb	0.00	35.00	0.00	738.00	0.00	3092.00	↵
8.38	141.68	207.18	0.00	207.18	1.36	100.00	
(略)							
sdb	0.00	36.00	0.00	729.00	0.00	3084.00	↵
8.46	143.62	190.27	0.00	190.27	1.37	100.00	
(略)							
sdb	0.00	13.00	20.00	492.00	1032.00	2028.00	↵
11.95	88.12	200.67	4.80	208.63	1.56	80.00	
(略)							

sdb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 ←
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(略)						
sdb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 ←
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(略)						

这里的合并处理的数量虽然达不到顺序写入时的程度，但合并确实有在发挥作用。这是在随机写入的过程中，将恰好访问相邻区域的 I/O 请求合并起来而产生的结果。

8.11 SSD

接下来介绍 SSD。与 HDD 最大的不同是，在访问 SSD 上的数据时，不会发生任何机械处理，只需执行电子处理即可完成访问。图 8-23 展示了在访问 HDD 与 SSD 时，时间分别消耗在了哪些地方，消耗了多少。

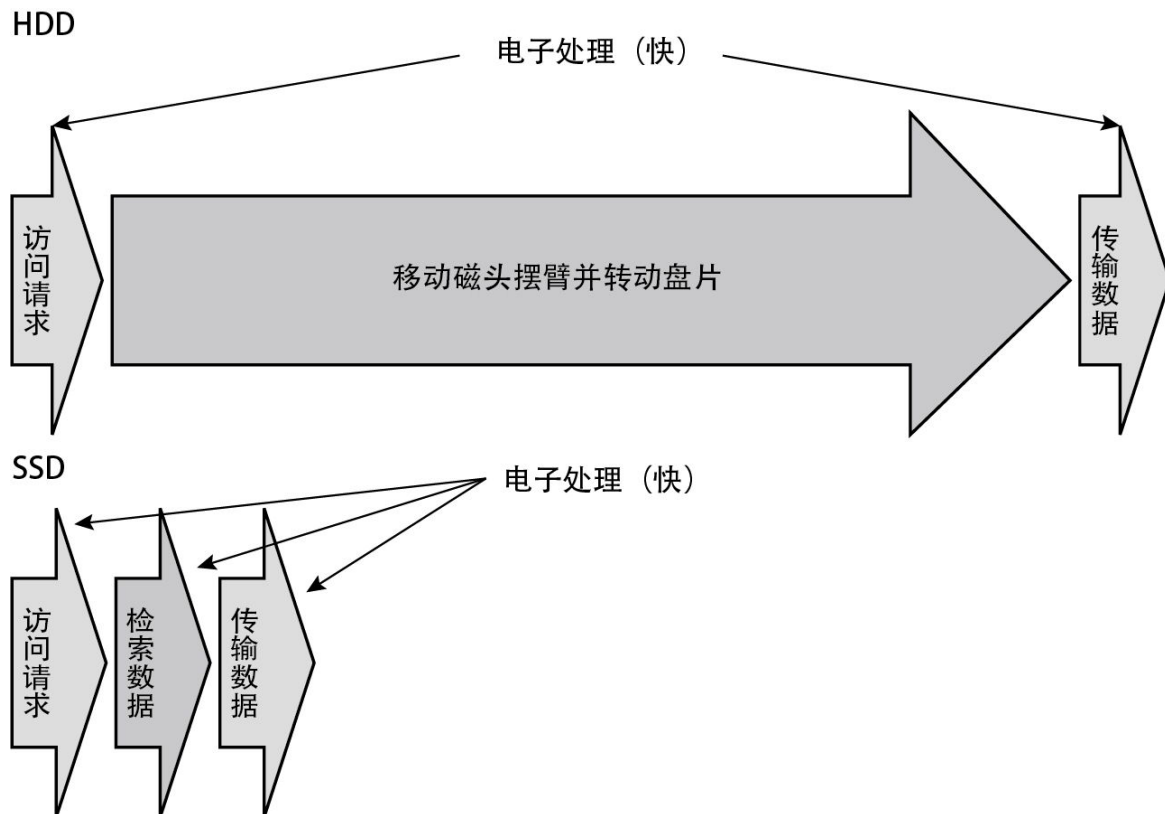


图 8-23 访问 HDD 与 SSD 的数据时消耗的时间

由于 SSD 具有上述特征，所以其随机访问的性能也比 HDD 快很多。

但也不能因为这样，就认为应当将世界上所有的 HDD 换成 SSD，更何况 SSD 单位容量的价格也比 HDD 贵。虽然现在两者的差距在逐渐缩小，但以目前的状况来看，这两种外部存储器应该会共存于世上。

● SSD 的实验

首先，在实验时禁用 I/O 支援功能。使用下表中的参数来采集顺序访问的数据。

I/O 支援功能	种类	方式	单次 I/O 请求量
off	r	seq	4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096
off	w	seq	4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096

将本次实验的结果与 HDD 的数据一同制作成图表进行比较，如图 8-24 与图 8-25 所示。

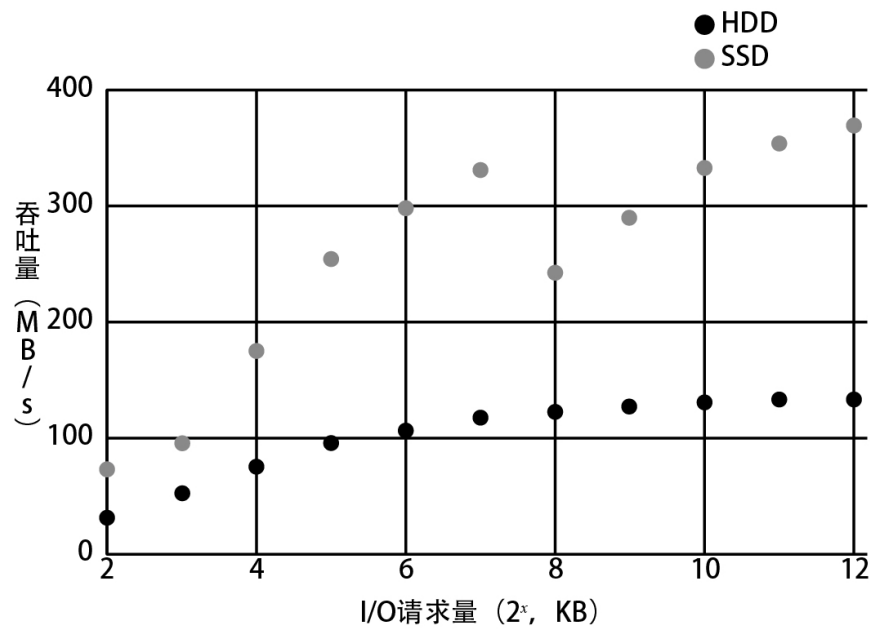


图 8-24 HDD 与 SSD 的顺序读取性能（禁用 I/O 支援功能）

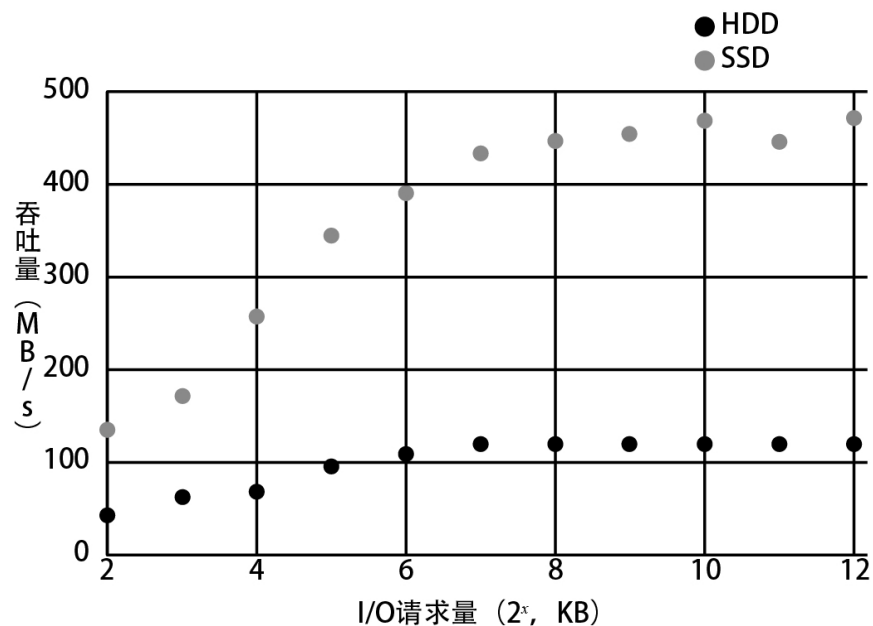


图 8-25 HDD 与 SSD 的顺序写入性能（禁用 I/O 支援功能）

可以看到，不管是读取还是写入，SSD 的速度都比 HDD 快得多。

下面来确认一下随机访问时的情况。使用下表中的参数来采集数据。

I/O 支援功能	种类	方式	单次 I/O 请求量
off	r	rand	4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096
off	w	rand	4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096

将实验结果与 HDD 的数据一同制作成图表进行比较，如图 8-26 与图 8-27 所示。

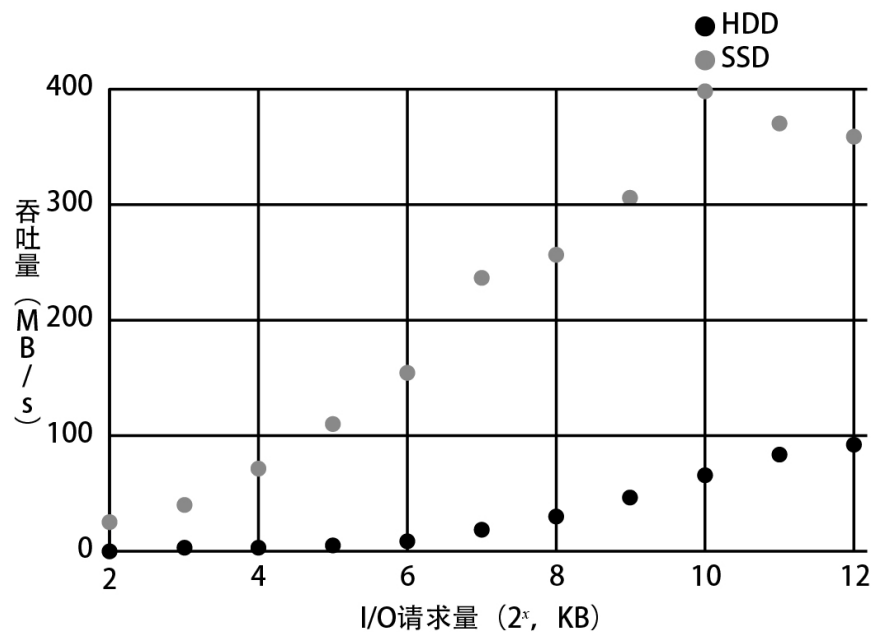


图 8-26 HDD 与 SSD 的随机读取性能（禁用 I/O 支援功能）

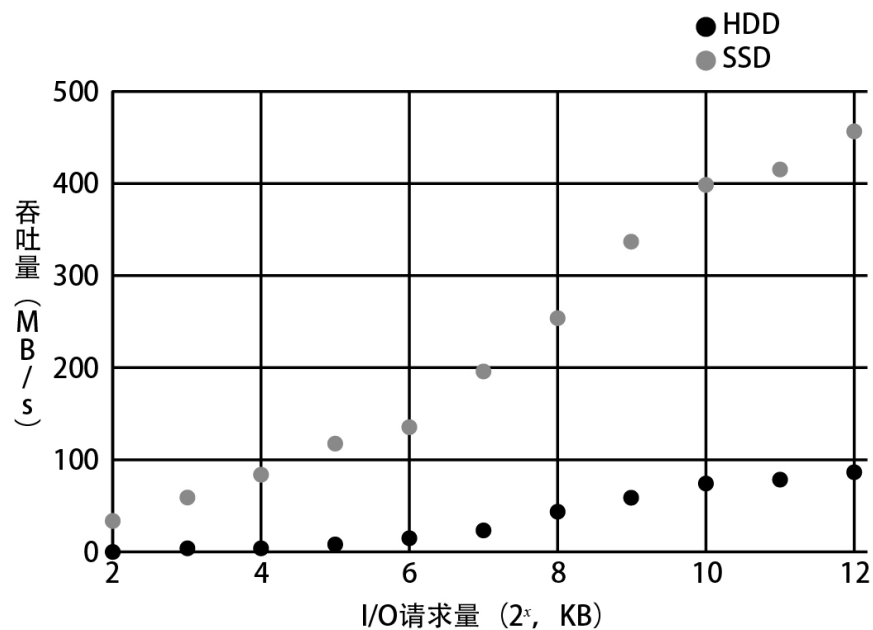


图 8-27 HDD 与 SSD 的随机写入性能（禁用 I/O 支援功能）

可以看到，与 HDD 相同的是，读取和写入两种操作的吞吐量都随着 I/O 请求量的增加而增加。另外，大家还需要注意 SSD 与 HDD 在吞吐量上的差距。大家应该发现了，在随机访问时两者的差距比顺序访问时还要大。特别是当 I/O 请求量较小时，性能差距非常明显。虽然

在顺序访问时 SSD 的吞吐量同样也比 HDD 高，但在随机访问时这个差距更加明显了。

SSD 在顺序访问与随机访问时的性能差距如图 8-28 与图 8-29 所示。

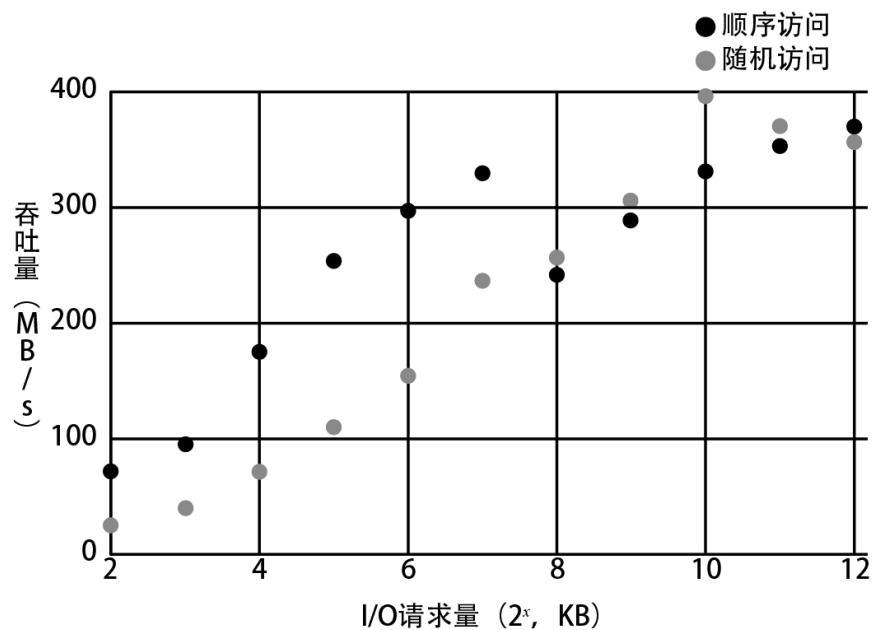


图 8-28 SSD 的读取性能（禁用 I/O 支援功能）

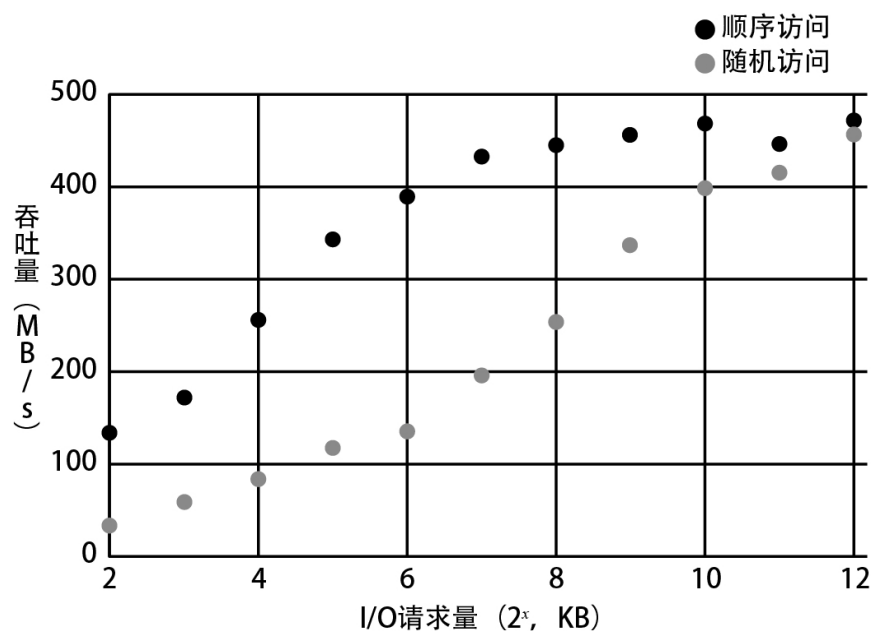


图 8-29 SSD 的写入性能（禁用 I/O 支援功能）

可以看到，顺序访问的性能比随机访问高，但差距并没有 HDD 的情况下那么明显。另外，当 I/O 请求量达到一定程度后，顺序访问与随机访问就几乎没有性能差距了。

现在来确认一下启用 I/O 支援功能时的性能。首先是顺序访问的性能，我们使用下表中的参数来采集数据。

I/O 支援功能	种类	方式	单次 I/O 请求量
on	r	seq	4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096
on	w	seq	4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096

将实验结果与 HDD 的数据一同制作成图表进行比较，如图 8-30 与图 8-31 所示。

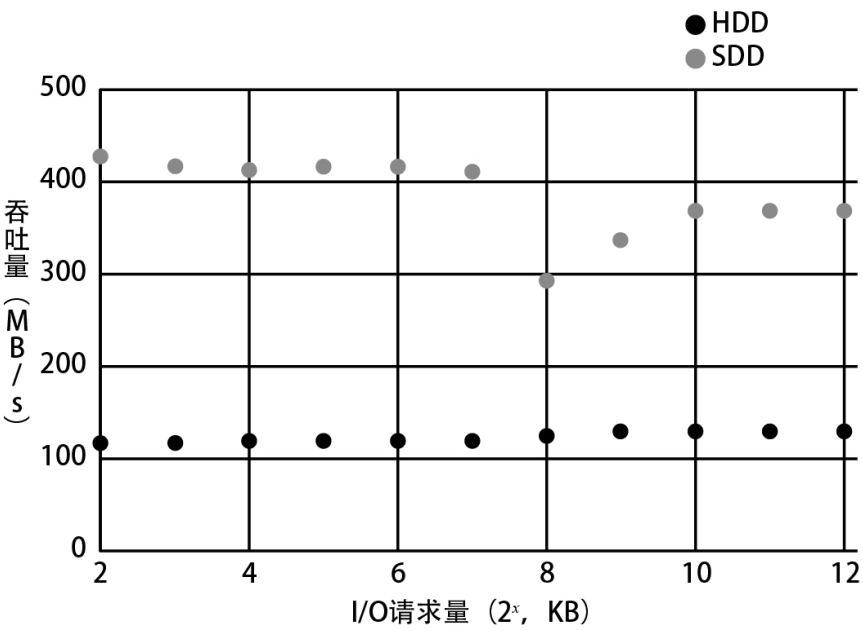


图 8-30 HDD 与 SSD 的顺序读取性能（启用 I/O 支援功能）

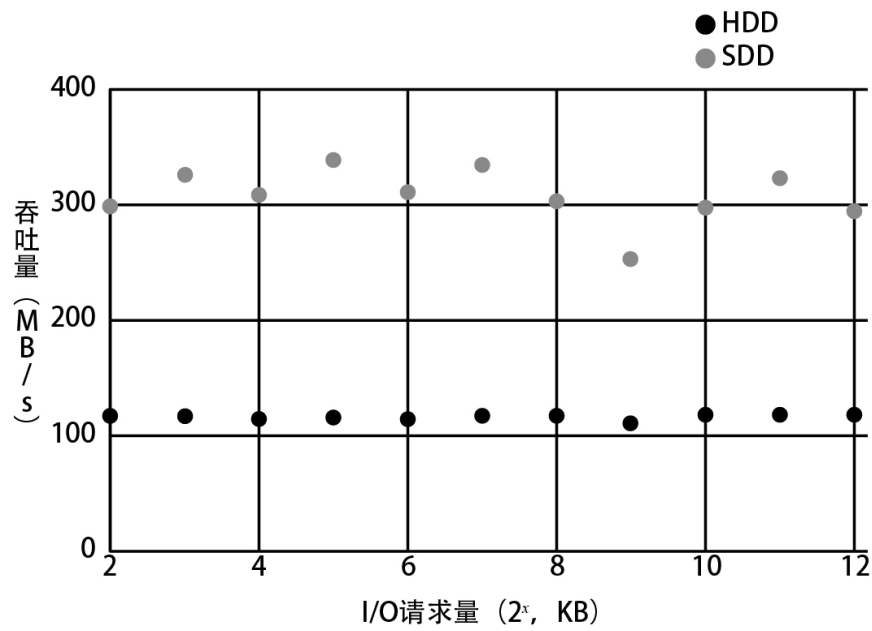


图 8-31 HDD 与 SSD 的顺序写入性能（启用 I/O 支援功能）

可以看到，与 HDD 时一样，即便是较小的 I/O 请求量，吞吐量也能达到极限。而且读取时的性能提升也与 HDD 的情况一样，是预读机制发挥的效果。写入时的性能提升也与 HDD 的情况一样，主要得益于 I/O 调度器的合并处理。

SSD 在启用 I/O 支援功能与禁用 I/O 支援功能时的性能差距如图 8-32 与图 8-33 所示。

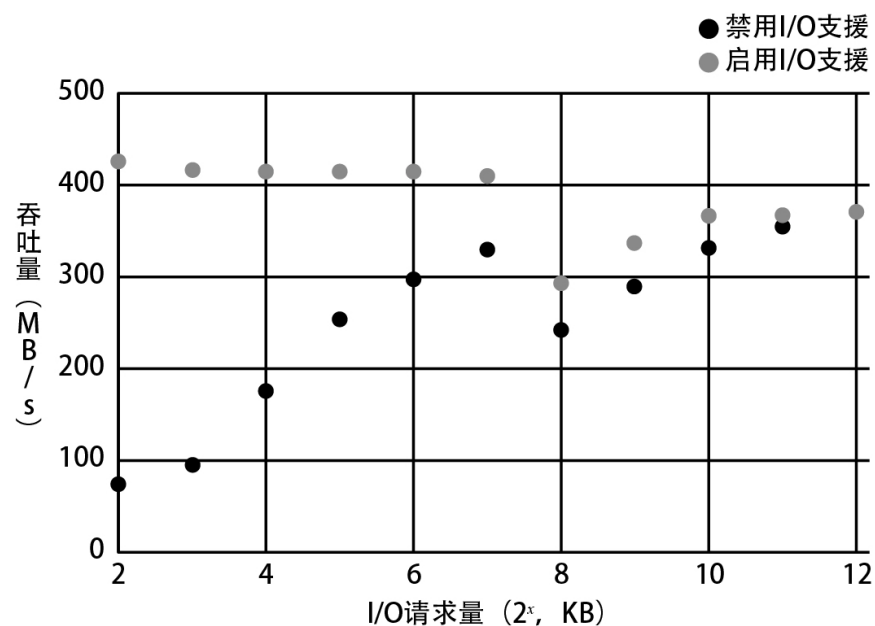


图 8-32 SSD 的顺序读取性能

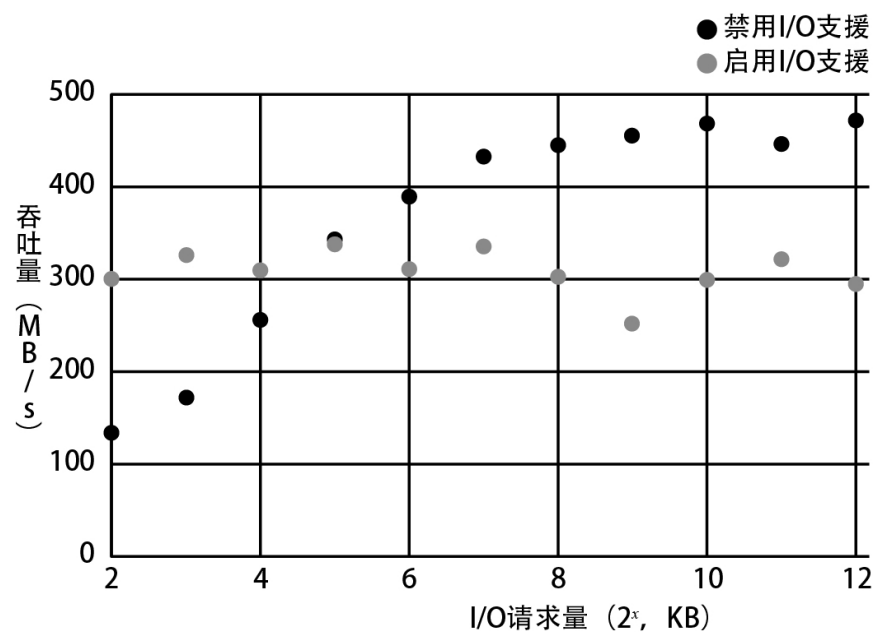


图 8-33 SSD 的顺序写入性能

读取时的情况与 HDD 一样。在写入的情况下，在 I/O 请求量比较大时，启用 I/O 支援功能时的性能甚至比禁用时还要低。这是因为在 SSD 中，无法忽略 I/O 调度器积攒 I/O 请求所产生的系统开销。而

在 HDD 中，由于机械处理所消耗的时间远远长于 I/O 调度器产生的系统开销，所以并不会引发这样的问题。

SSD 的随机访问又是什么情况呢？使用下表中的参数来采集数据。

I/O 支援功能	种类	方式	单次 I/O 请求量
on	r	rand	4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096
on	w	rand	4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096

将实验结果与 HDD 的数据一同制作成图表进行比较，如图 8-34 与图 8-35 所示。

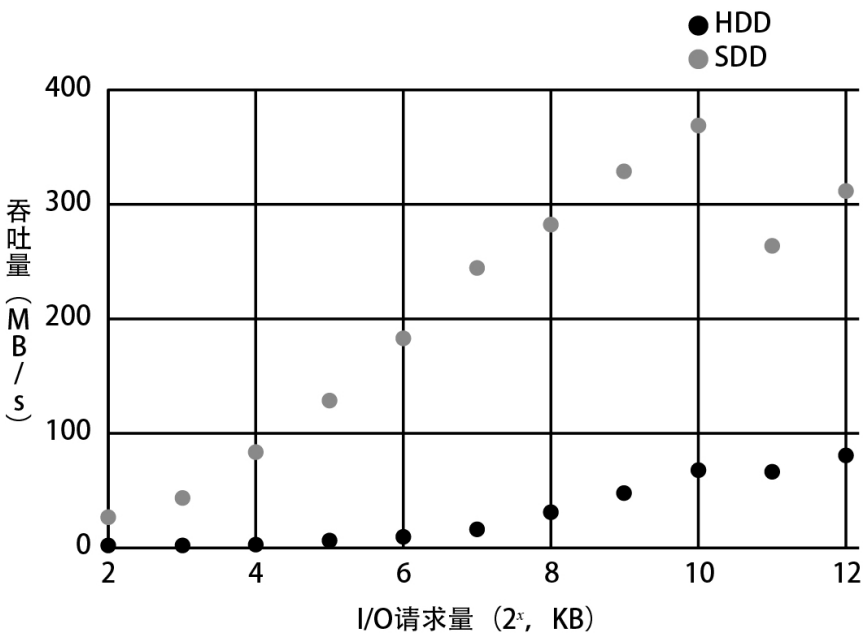


图 8-34 HDD 与 SSD 的随机读取性能（启用 I/O 支援功能）

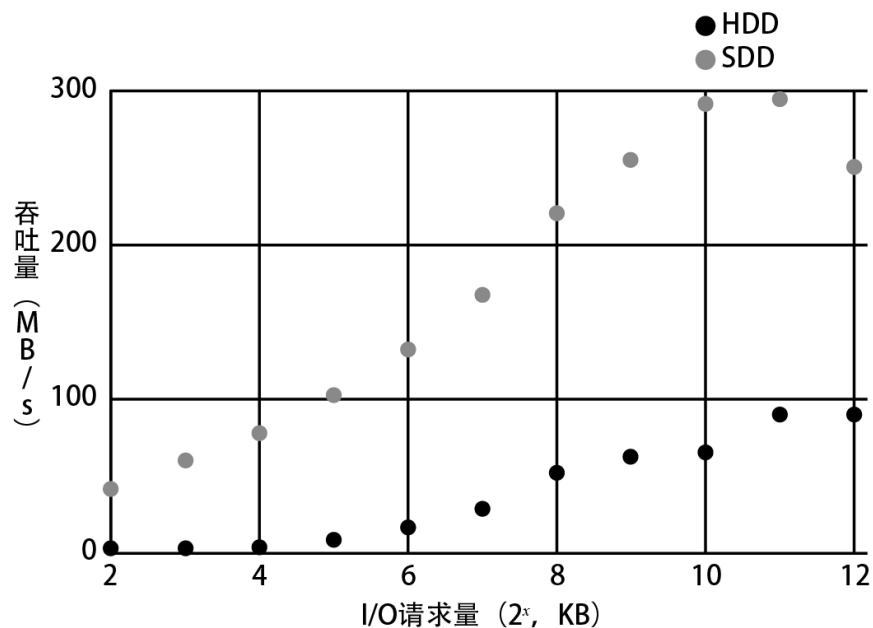


图 8-35 HDD 与 SSD 的随机写入性能（启用 I/O 支援功能）

虽然读取和写入两种操作的性能都有随着 I/O 请求量的增加而提升的倾向，但可以看到，SSD 的性能提升比 HDD 更加明显。与顺序访问时一样，I/O 请求量越小，性能提升越显著。

接下来是顺序访问与随机访问的性能比较，如图 8-36 与图 8-37 所示。

