



# 資料庫組態

## Enterprise applications

NetApp  
February 11, 2026

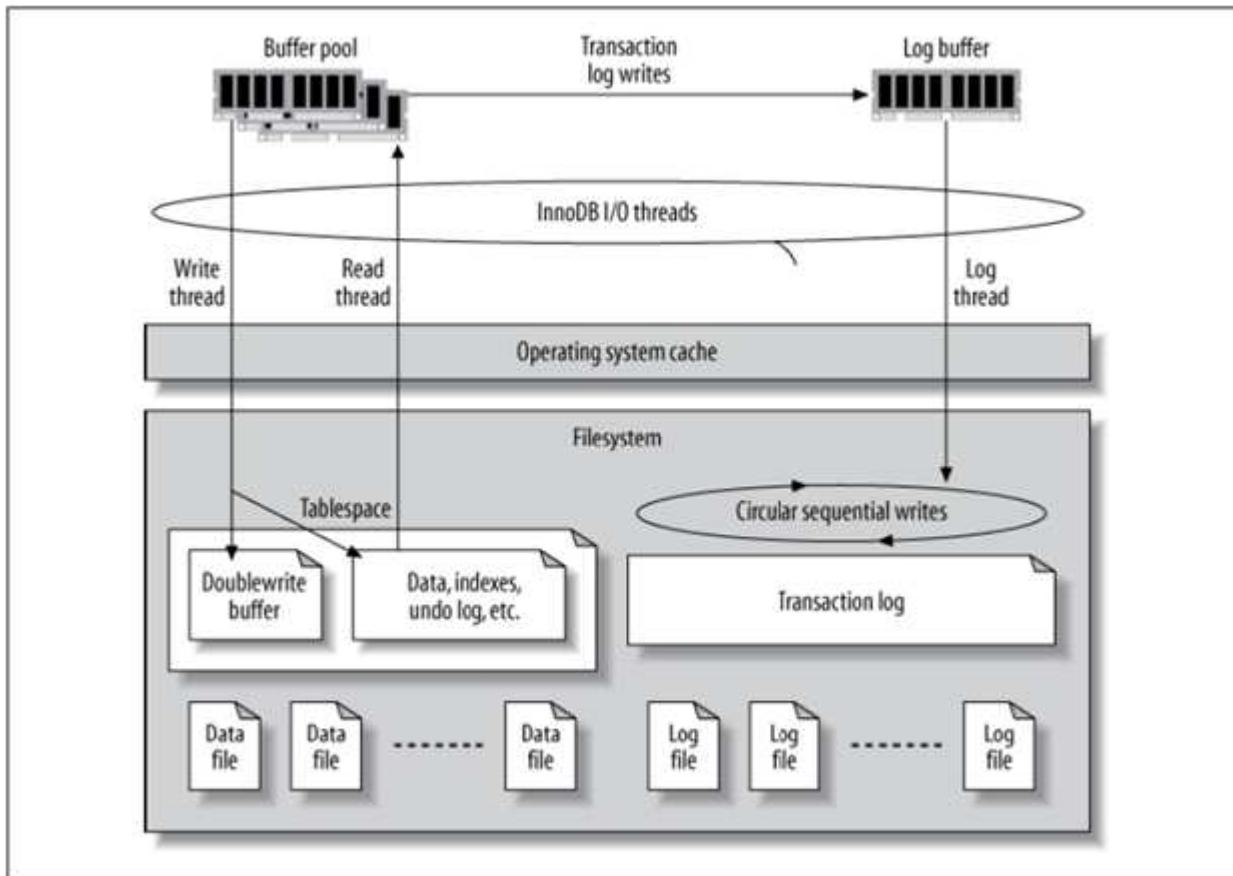
# 目錄

資料庫組態	1
檔案結構	1
組態參數	3
InnoDB_log_file_size	3
InnoDB_Flush 記錄 _AT_TRx_Commit	4
InnoDB_doublewrite	4
InnoDB_緩衝區 _Pool_size	5
InnoDB_Flush 方法	5
最佳化	5
觀察	5
InnoDB_IO_capAC	5
InnoDB_LRU_SCAN_depth	6
open_file_limits	6

# 資料庫組態

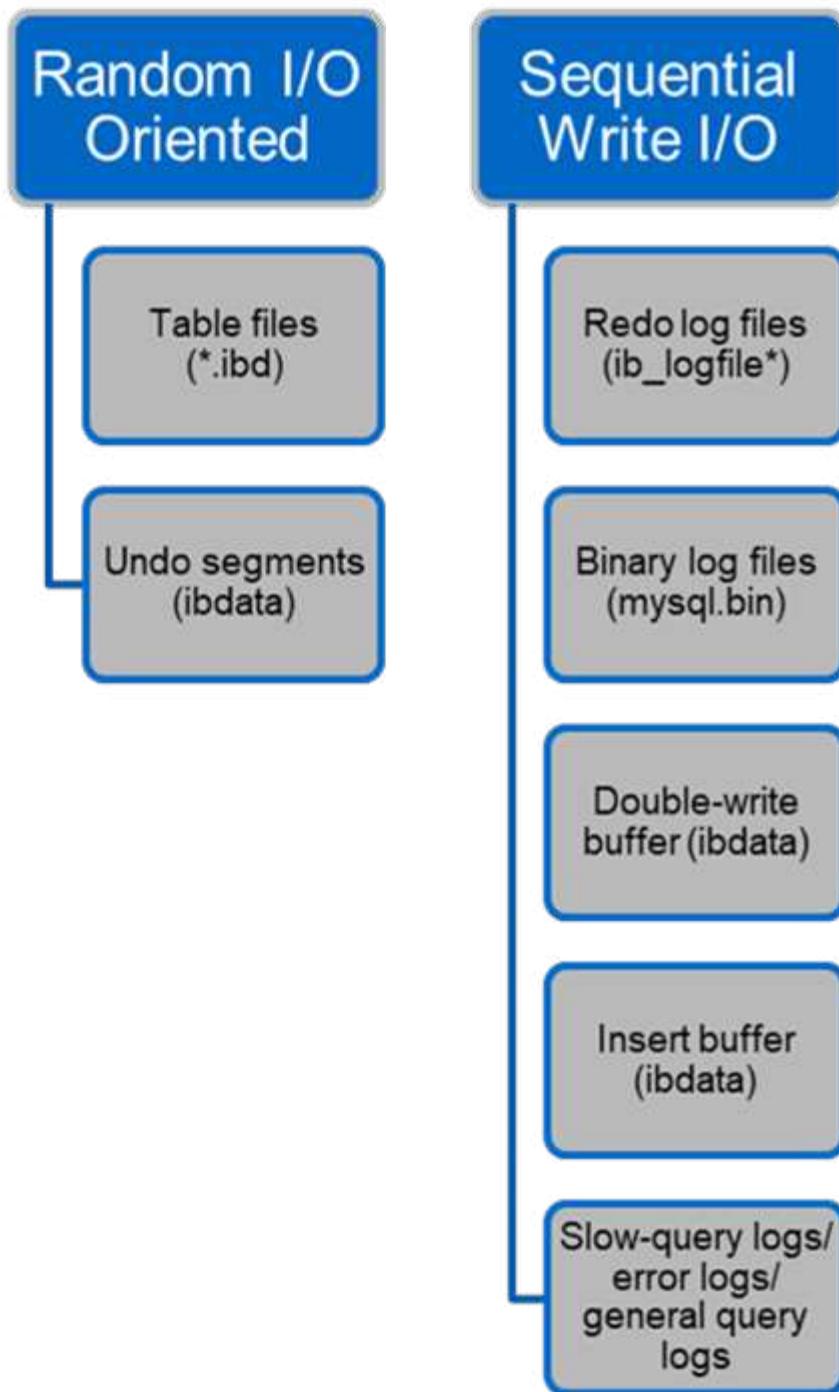
## 檔案結構

InnoDB 是儲存設備和 MySQL 伺服器之間的中間層、可將資料儲存到磁碟機中。



MySQL I/O 分為兩種類型：

- 隨機檔案 I/O
- 連續檔案 I/O



資料檔案會隨機讀取及覆寫、因此 IOPS 較高。因此、建議使用 SSD 儲存設備。

重做記錄檔和二進位記錄檔是交易記錄檔。它們會依序寫入、因此您可以在 HDD 上使用寫入快取獲得良好效能。恢復時會進行連續讀取、但很少會造成效能問題、因為記錄檔大小通常比資料檔案小、而連續讀取比隨機讀取快（發生在資料檔案上）。

雙寫入緩衝區是 InnoDB 的一項特殊功能。InnoDB 會先將排清的頁面寫入雙寫入緩衝區、然後將頁面寫入資料檔案的正確位置。此程序可防止頁面毀損。如果沒有雙寫入緩衝區、如果在寫入磁碟機程序期間發生電源故障、頁面可能會毀損。由於寫入雙寫入緩衝區是循序的、因此對 HDD 進行了高度最佳化。恢復時會進行連續讀取。

由於 ONTAP NVRAM 已提供寫入保護、因此不需要雙重寫入緩衝。MySQL 有一個參數、

`skip_innodb_doublewrite`，以停用雙寫入緩衝區。此功能可大幅提升效能。

插入緩衝區也是 InnoDB 的一項特殊功能。如果非唯一的次要索引區塊不在記憶體中、InnoDB 會將項目插入插入緩衝區、以避免隨機 I/O 作業。插入緩衝區會定期合併到資料庫的次要索引樹中。插入緩衝區可將 I/O 要求合併至同一個區塊、以減少 I/O 作業的數量；隨機 I/O 作業可以是連續的。插入緩衝區也針對 HDD 進行了高度最佳化。連續寫入和讀取都會在正常作業期間執行。

復原區段以隨機 I/O 為導向。為了保證多重版本併發（MVCC）、InnoDB 必須在復原區段中登錄舊影像。從復原區段讀取先前影像需要隨機讀取。如果您執行具有可重複讀取的長交易（例如 mysqldump —單一交易）或執行長查詢、可能會發生隨機讀取。因此、在這種情況下、將復原區段儲存在 SSD 上會更好。如果您只執行短的交易或查詢、隨機讀取並不是問題。

- 由於 InnoDB I/O 特性、NetApp 建議 \* 下列儲存設計配置。
- 一個用於儲存 MySQL 的隨機和連續 I/O 導向檔案的磁碟區
- 另一個用於儲存 MySQL 純粹循序 I/O 導向檔案的磁碟區

此配置也能協助您設計資料保護原則與策略。

## 組態參數

NetApp 建議使用一些重要的 MySQL 組態參數、以獲得最佳效能。

參數	價值
InnoDB_log_file_size	256M
InnoDB_Flush 記錄 _AT_TRx_Commit	2.
InnoDB_doublewrite	0%
InnoDB_Flush 方法	fsync
InnoDB_緩 衝區 _Pool_size	11g
InnoDB_IO_capAC	8192
InnoDB_緩 衝區集區執行個體	8.
InnoDB_LRU_SCAN_depth	8192
open_file_limit	65535

若要設定本節所述的參數、您必須在 MySQL 組態檔（my.cnf）中變更這些參數。NetApp 最佳實務做法是在內部執行測試的結果。

## InnoDB\_log\_file\_size

為 InnoDB 記錄檔大小選取適當的大小、對於寫入作業以及在伺服器當機後擁有適當的還原時間都很重要。

由於有這麼多交易登入檔案、因此記錄檔大小對於寫入作業非常重要。修改記錄時、變更不會立即回寫到表格區。相反地、變更會記錄在記錄檔的結尾、而且頁面會標示為「髒污」。InnoDB 使用其記錄檔將隨機 I/O 轉換成連續 I/O

當記錄檔已滿時、會依序將不完整頁面寫入資料表空間、以釋放記錄檔中的空間。例如、假設某個伺服器在交易過程中當機、而且寫入作業只會記錄在記錄檔中。伺服器必須經過復原階段、記錄檔中記錄的變更會重新播放、才能重新上線。記錄檔中的項目越多、伺服器恢復所需的時間就越長。

在此範例中、記錄檔大小會同時影響還原時間和寫入效能。為記錄檔大小選擇正確的數字時、請平衡恢復時間與寫入效能。一般而言、128M 和 512M 之間的任何項目都是物超所值的。

## InnoDB\_Flush 記錄 \_AT\_TRx\_Commit

當資料發生變更時、變更不會立即寫入儲存設備。

而是記錄在記錄緩衝區中、這是 InnoDB 分配給記錄在記錄檔中的緩衝區變更的記憶體部分。InnoDB 會在交易提交、緩衝區滿時、或每秒一次（以先發生的事件為準）、將緩衝區排清至記錄檔。控制此程序的組態變數是 InnoDB\_Flush 記錄 \_AT\_TRx\_Commit。價值選項包括：

- 當您設定時 `innodb_flush_log_trx_at_commit=0`、InnoDB 會將修改過的資料（在 InnoDB 緩衝區集中）寫入記錄檔（`IB_logfile`）並每秒清除記錄檔（寫入儲存區）。不過、提交交易時、它不會執行任何動作。如果發生電源故障或系統當機、則沒有任何未排清的資料可恢復、因為它不會寫入記錄檔或磁碟機。
- 當您設定時 `innodb_flush_log_trx_commit=1`、InnoDB 會將記錄緩衝區寫入交易記錄檔、並在每筆交易中將記錄檔排清至持久儲存區。例如、對於所有交易認可、InnoDB 會寫入記錄、然後寫入儲存設備。儲存速度變慢會對效能造成負面影響、例如每秒 InnoDB 交易數會減少。
- 當您設定時 `innodb_flush_log_trx_commit=2`、InnoDB 會在每次提交時將記錄緩衝區寫入記錄檔、但不會將資料寫入儲存區。InnoDB 每秒會清除一次資料。即使發生電源故障或系統當機、記錄檔中也有選項 2 資料可供使用、而且可恢復。

如果效能是主要目標、請將值設為 2。由於 InnoDB 每秒一次寫入磁碟機、而非每次提交交易時、效能大幅提升。如果發生停電或當機、可從交易記錄中恢復資料。

如果資料安全是主要目標、請將值設為 1、以便每次提交交易時、InnoDB 都會將資料清出磁碟機。不過、效能可能會受到影響。



\* NetApp 建議 \* 將 InnoDB\_Flush 日誌 \_TRx\_Commit 值設為 2、以獲得更好的效能。

## InnoDB\_doublewrite

何時 `innodb_doublewrite` 啟用（預設）時、InnoDB 會將所有資料儲存兩次：先儲存至雙寫入緩衝區、然後儲存至實際資料檔案。

您可以使用關閉此參數 `--skip-innodb_doublewrite` 針對效能標準、或是當您比較在意最高效能、而非資料完整性或可能的故障時。InnoDB 使用稱為雙寫入的檔案清除技術。InnoDB 在將頁面寫入資料檔案之前、會將其寫入稱為雙寫入緩衝區的鄰近區域。寫入和清除雙寫入緩衝區完成後、InnoDB 會將頁面寫入資料檔案中的適當位置。如果作業系統或 `mysqld` 程序在頁面寫入期間當機、InnoDB 之後可以在當機恢復期間、從雙寫入緩衝區找到良好的頁面複本。



\* NetApp 建議 \* 停用雙寫入緩衝區。ONTAP NVRAM 的功能相同。雙重緩衝會不必要地損害效能。

## InnoDB\_緩衝區\_Pool\_size

InnoDB 緩衝資源池是任何調校活動中最重要的部分。

InnoDB 在很大程度上仰賴緩衝區集區來快取索引和資料、調適性雜湊索引、插入緩衝區、以及許多內部使用的其他資料結構。緩衝區集區也會緩衝資料的變更、這樣就不需要立即對儲存設備執行寫入作業、進而改善效能。緩衝區集區是 InnoDB 的一部分、必須據此調整其大小。設定緩衝區集區大小時、請考量下列因素：

- 若為僅 InnoDB 的專用機器、請將緩衝區集區大小設為 80% 以上的可用 RAM 。
- 如果不是 MySQL 專用伺服器、請將 RAM 大小設為 50% 。

## InnoDB\_Flush 方法

InnoDB\_flush\_method 參數指定 InnoDB 如何開啟及排清記錄檔和資料檔。

### 最佳化

在 InnoDB 最佳化中、如果適用、設定此參數會調整資料庫效能。

下列選項用於透過 InnoDB 排清檔案：

- `fsync`。InnoDB 使用 `fsync()` 系統呼叫以清除資料和記錄檔。此選項為預設設定。
- `O_DSYNC`。InnoDB 使用 `O_DSYNC` 用於打開和刷新日誌文件和 `fsync()` 以刷新數據文件的選項。InnoDB 不使用 `O_DSYNC` 直接來說、因為 UNIX 的許多種類都有問題。
- `O_DIRECT`。InnoDB 使用 `O_DIRECT` 選項（或 `directio()` 在 Solaris 上）開啟資料檔案及使用 `fsync()` 清除資料和記錄檔。此選項可在某些版本的 GNU/Linux、FreeBSD 和 Solaris 上使用。
- `O_DIRECT_NO_FSYNC`。InnoDB 使用 `O_DIRECT` 排清 I/O 時的選項；不過、它會跳過 `fsync()` 之後進行系統通話。此選項不適用於某些類型的檔案系統（例如 XFS）。如果您不確定檔案系統是否需要 `fsync()` 系統呼叫（例如為了保留所有檔案中繼資料）使用 `O_DIRECT` 選項。

### 觀察

在 NetApp 實驗室測試中、`fsync` 預設選項用於 NFS 和 SAN、與相較之下、這是一項很棒的效能改進工具 `O_DIRECT`。使用「齊平」方法時為 `O_DIRECT` 使用 ONTAP 時、我們觀察到用戶端會以序列方式、在 4096 區塊的邊界寫入大量的單位位元組寫入資料。這些寫入會增加網路延遲並降低效能。

## InnoDB\_IO\_capAC

在 InnoDB 外掛程式中、從 MySQL 5.7 新增名為 InnoDB\_IO\_capACure.

它可控制 InnoDB 執行的 IOPS 上限（包括麟頁的排清率、以及插入緩衝區 [ibuf] 批次大小）`。InnoDB_IO_capAC`容量 參數會根據 InnoDB 背景工作來設定 IOPS 上限、例如從緩衝區排清頁面、以及從變更緩衝區合併資料。

將 `InnoDB_IO_capAC`容量 參數設定為系統每秒可執行的 I/O 作業大約數目。理想情況下、請盡可能將設定保持在低的位置、但不要太低、讓背景活動變慢。如果設定太高、資料會從緩衝區移除、並太快插入緩衝區以供快取、以提供顯著效益。



\* NetApp 建議 \* 如果在 NFS 上使用此設定、請分析 IOPS ( Sys 台 / Fio ) 的測試結果、並據此設定參數。除非您在 InnoDB 緩衝資源池中看到比您想要的更多修改或不乾淨頁面、否則請使用最小的值來進行排清和清除。



除非您證明較低的值不足以應付工作負載、否則請勿使用極端值、例如 20,000 或更多。

InnoDB\_IO\_capACure. 參數可規範排清率和相關 I/O



您可以將此參數或 InnoDB\_IO\_capACure\_max 參數設定得太高且浪費，嚴重損害效能

## InnoDB\_LRU\_SCAN\_depth

- innodb\_lru\_scan\_depth 參數會影響 InnoDB 緩衝區集區之排清作業的演算法和啟發性。

此參數主要是效能專家調校 I/O 密集工作負載的興趣所在。對於每個緩衝區集區執行個體、此參數會指定最少使用 ( LRU ) 頁面清單中、頁面清理程式執行緒應繼續掃描的程度、以尋找要清除的髒頁面。此背景作業每秒執行一次。

您可以上下調整值、將可用頁數降至最低。請勿將此值設定得比所需值高得多、因為掃描可能會產生重大的效能成本。此外、請考慮在變更緩衝區集區執行個體數目時調整此參數、因為 innodb\_lru\_scan\_depth \* innodb\_buffer\_pool\_instances 定義頁面清理程式執行緒每秒執行的工作量。

小於預設值的設定適用於大部分的工作負載。只有在典型工作負載下有備用 I/O 容量時、才考慮增加此值。相反地、如果寫入密集的工作負載使 I/O 容量飽和、請降低該值、尤其是當您擁有大型緩衝區集區時。

## open\_file\_limits

- open\_file\_limits 參數決定作業系統允許 mysqld 開啟的檔案數目。

此參數在執行階段的值是系統允許的實際值、可能與您在伺服器啟動時指定的值不同。在 MySQL 無法變更開啟檔案數量的系統上、此值為 0。有效 open\_files\_limit 此值是根據系統啟動時指定的值 (如果有) 和的值而定 max\_connections 和 table\_open\_cache 使用這些公式：

- $10 + \text{max\_connections} + (\text{table\_open\_cache} \times 2)$
- $\text{max\_connections} \times 5$ .
- 如果為正、則作業系統限制
- 如果作業系統限制為無限：open\_files\_limit 在啟動時指定值；若無、則指定值為 5,000

伺服器會嘗試使用這四個值的最大值來取得檔案描述元數目。如果無法取得這麼多描述元、伺服器會嘗試取得系統允許的數量。

## 版權資訊

Copyright © 2026 NetApp, Inc. 版權所有。台灣印製。非經版權所有人事先書面同意，不得將本受版權保護文件的任何部分以任何形式或任何方法（圖形、電子或機械）重製，包括影印、錄影、錄音或儲存至電子檢索系統中。

由 NetApp 版權資料衍伸之軟體必須遵守下列授權和免責聲明：

此軟體以 NETAPP 「原樣」提供，不含任何明示或暗示的擔保，包括但不限於有關適售性或特定目的適用性之擔保，特此聲明。於任何情況下，就任何已造成或基於任何理論上責任之直接性、間接性、附隨性、特殊性、懲罰性或衍生性損害（包括但不限於替代商品或服務之採購；使用、資料或利潤上的損失；或企業營運中斷），無論是在使用此軟體時以任何方式所產生的契約、嚴格責任或侵權行為（包括疏忽或其他）等方面，NetApp 概不負責，即使已被告知有前述損害存在之可能性亦然。

NetApp 保留隨時變更本文所述之任何產品的權利，恕不另行通知。NetApp 不承擔因使用本文所述之產品而產生的責任或義務，除非明確經過 NetApp 書面同意。使用或購買此產品並不會在依據任何專利權、商標權或任何其他 NetApp 智慧財產權的情況下轉讓授權。

本手冊所述之產品受到一項（含）以上的美國專利、國外專利或申請中專利所保障。

有限權利說明：政府機關的使用、複製或公開揭露須受 DFARS 252.227-7013（2014 年 2 月）和 FAR 52.227-19（2007 年 12 月）中的「技術資料權利 - 非商業項目」條款 (b)(3) 小段所述之限制。

此處所含屬於商業產品和 / 或商業服務（如 FAR 2.101 所定義）的資料均為 NetApp, Inc. 所有。根據本協議提供的所有 NetApp 技術資料和電腦軟體皆屬於商業性質，並且完全由私人出資開發。美國政府對於該資料具有非專屬、非轉讓、非轉授權、全球性、有限且不可撤銷的使用權限，僅限於美國政府為傳輸此資料所訂合約所允許之範圍，並基於履行該合約之目的方可使用。除非本文另有規定，否則未經 NetApp Inc. 事前書面許可，不得逕行使用、揭露、重製、修改、履行或展示該資料。美國政府授予國防部之許可權利，僅適用於 DFARS 條款 252.227-7015(b)（2014 年 2 月）所述權利。

## 商標資訊

NETAPP、NETAPP 標誌及 <http://www.netapp.com/TM> 所列之標章均為 NetApp, Inc. 的商標。文中所涉及的所有其他公司或產品名稱，均為其各自所有者的商標，不得侵犯。