

中華民國國家標準

C N S

液壓流體動力系統－已組裝系統 －以沖洗清潔管線之方法

Hydraulic fluid power systems –
Assembled systems – Methods of
cleaning lines by flushing

CNS 草制
1130387:2024

中華民國 年 月 日制定公布
Date of Promulgation: - -

中華民國 年 月 日修訂公布
Date of Amendment: - -

本標準非經經濟部標準檢驗局同意不得翻印

目錄

節次	頁次
前言	2
簡介	2
1. 適用範圍	3
2. 引用標準	3
3. 用語及定義	3
4. 沖洗原則	4
5. 沖洗液壓系統中之管線	4
5.1 待考慮的初始因素	4
5.2 系統布置	4
5.3 構件潔淨度位準	5
5.4 防蝕劑	5
6. 管線處理	5
6.1 製造過程中之管線準備	5
6.2 表面處理	5
6.3 管線及接頭之儲存	5
7. 管路系統之安裝	5
8. 沖洗要求	5
8.1 沖洗文件	6
8.2 沖洗準則	6
8.3 沖洗參數	6
8.4 過濾器及顆粒之分離	7
8.5 監測沖洗進度	7
8.6 沖洗程序	8
9. 識別聲明(引用本標準)	9
附錄 A (參考)取得系統要求之潔淨度位準(RCL)之指引	10
附錄 B (參考)影響沖洗有效性及持續時間之因素	12
附錄 C (參考)主要沖洗要求間之識別及關係	14
參考資料	19

前言

本標準係依據 2020 年發行之第二版 ISO 23309，不變更技術內容，制定成為中華民國國家標準。

本標準係依照標準法之規定，經國家標準審查委員會審定，由主管機關公布之中華民國國家標準。

依標準法第四條之規定，國家標準採自願性方式實施，但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

本標準並未建議所有安全事項，使用本標準前應適當建立相關維護安全與健康作業，並且遵守相關法規之規定。

本標準之部分內容，可能涉及專利權、商標權與著作權，主管機關及標準專責機關不負責任何或所有此類專利權、商標權與著作權之鑑別。

簡介

在液壓流體動力系統中，動力經由在封閉迴路內之加壓液體傳輸及控制。

液壓系統之初始潔淨度位準能影響其性能及使用壽命。除非加以清除，否則在系統製造、組裝、構件失效及修理後，存在的顆粒污染物可能會在系統中循環並導致系統構件損傷。為降低此種損傷之機率，液壓流體動力系統的流體及內表面需以沖洗清潔至指定的位準。

液壓系統中之管線沖洗應視為一清除內部堆積及殘留污染物的方法，且除非其他方法不可行，否則不宜視為清潔此等系統之唯一方法。

1. 適用範圍

本標準規定由液壓管線及液壓流體動力系統構件中，沖洗顆粒污染物之程序，其顆粒污染物如下：

- 製造後在構件中之殘留物。
- 在新系統組裝過程中引入系統者。
- 在系統失效、維護或修改現存系統後引入系統者。

沖洗系統之目的在快速清除此等污染物，以降低此等顆粒繞系統循環所造成之磨耗及損傷。

本標準不適用於：

- 液壓管之化學清洗及酸洗。
- 主要系統構件之清潔(此涵蓋於 ISO/TR 10949 中)。

2. 引用標準

下列標準因本標準之引用，成為本標準一部分。下列引用標準適用最新版(包括補充增修)。

CNS 16214	液壓流體動力－流體－固體顆粒之污染位準編碼法
ISO 4021	Hydraulic fluid power – Particulate contamination analysis – Extraction of fluid samples from lines of an operating system
ISO 4407	Hydraulic fluid power – Fluid contamination – Determination of particulate contamination by the counting method using an optical microscope
ISO 5598	Fluid power systems and components – Vocabulary
ISO/TR 10949	Hydraulic fluid power – Component cleanliness – Guidelines for achieving and controlling cleanliness of components from manufacture to installation
ISO 12669	Hydraulic fluid power – Method for determining the required cleanliness level (RCL) of a system
ISO 16431	Hydraulic fluid power – System clean-up procedures and verification of cleanliness of assembled systems
ISO 16889	Hydraulic fluid power – Filters – Multi-pass method for evaluating filtration performance of a filter element
ISO 18413	Hydraulic fluid power – Cleanliness of components – Inspection document and principles related to contaminant extraction and analysis, and data reporting
ISO 21018-1	Hydraulic fluid power – Monitoring the level of particulate contamination of the fluid – Part 1: General principles

3. 用語及定義

下列之用語及定義適用於本標準。

3.1 沖洗(flushing)

一種清潔液壓管路系統之過程，其涉及在管路系統迴路內，以高速流動的紊流液壓流體循環，以去除、輸送及過濾在製造、建構、維護或修理過程中引入系統之顆粒。

3.2 沖洗位準(flushing level)

指在沖洗(3.1)後需達到的潔淨度位準，其潔淨度應比要求之潔淨度位準(RCL)(3.3)更清潔。

備考：比 RCL 更清潔— ISO 潔淨度位準編碼(參照 ISO 4406)即可。

3.3 要求之潔淨度位準(required cleanliness level)

RCL

系統或製程指定之液體潔淨度位準。

備考：參照 ISO 16431。

3.4 雷諾數(Reynolds number)

Re

在流體中，內部流動力對黏性力的無因次比值，其為判斷流體流動特性(層流或紊流)之指標。

4. 沖洗原則

沖洗之目的在迅速地去除表面顆粒污染物，以限制其對構件的損傷，並快速地達到客戶之 RCL。此係藉由高流速、高溫及高於正常使用情況的紊流，循環清潔流體來達成，且此狀態可由表面帶走顆粒並將其輸送至清理或沖洗過濾器。

RCL 通常由客戶指定，但對未陳述 RCL 的情形，附錄 A 提供選擇指引。構件供應商應能指定其構件的潔淨度位準。ISO/TR 10949 及 ISO 18413 規定評估及記錄潔淨度位準之方法。

5. 沖洗液壓系統中之管線

5.1 待考慮的初始因素

為使液壓系統中的管線達到滿意之潔淨度位準，需考慮的因素包括：

- (a) 選擇已依 ISO/TR 10949 清潔之構件。
- (b) 安裝管線的初始潔淨度。
- (c) 工作液或沖洗液，其潔淨度在添加後應比最終沖洗液之潔淨度位準更清潔，參照 3.2。
- (d) 選擇合適的管線固裝過濾器，其額定值能在可接受之一段時間內達到 RCL。
- (e) 建立高流速及紊流狀態，以帶走顆粒並將其輸送至過濾器。

5.2 系統布置

5.2.1 液壓系統設計者應在設計階段規劃系統之沖洗。應避免無循環的死角。若存在顆粒污染物由死角移動至系統其他部分之風險，則死角應能被沖洗乾淨。

5.2.2 迴路宜盡可能串聯連接，因當整體流率給定時，能計算每一單獨迴路之流體速度及 Re。然而，管線段之並聯連接亦可接受，前提為能達成且維持紊流，並以流

量計監測之。

5.2.3 任何可能阻礙高流速之構件或可能因顆粒污染物之高速而受損的構件，應在迴路中斷開或繞過。

5.2.4 應在策略性位置設置依 ISO 4021 之取樣閥。

5.2.5 任何沖洗過濾器之額定應與任何內建過濾器濾心的額定相同或更細，且若需要，應為沖洗更換任何內建過濾器。沖洗後，可恢復原指定且新的過濾器。

5.2.6 接頭及導管應具均勻之內徑，以避免任何顆粒滯留後可能再釋出。接頭及導管應適當地制定尺寸，以避免大的壓力損失。

5.3 構件潔淨度位準

系統中裝配之構件及總成，其潔淨度至少應與指定的系統潔淨度相同。構件供應商宜能提供有關構件潔淨度位準之資訊。

備考：構件潔淨度對整個系統潔淨度位準之影響，能使用 ISO/TR 10686 進行評鑑。為估計沖洗後構件之潔淨度位準，可用交互方式，以系統每一構件之個別潔淨度重新定義。此需了解整個系統的體積及系統的每一構件的情況。

5.4 防蝕劑

若構件含有與沖洗或系統液體不相容之防蝕劑，則在組裝前構件應使用與預定系統液體相容之脫脂劑沖洗。脫脂劑不應影響構件之密封件。脫脂劑應具適當的潔淨度，理想情況下應達到所選的 RCL。

6. 管線處理

6.1 製造過程中之管線準備

用作液壓管線之管應依製造商與使用者協議之程序去毛邊。具結垢或腐蝕之管，應依製造商與使用者協議之程序進行處理。

6.2 表面處理

為維持安裝前之潔淨度，管線應使用適當的清潔保護液處理，並在處理後立即用合適的管帽封住。在儲存期間，需採取防蝕保護措施。

6.3 管線及接頭之儲存

已清潔並經表面處理之已組裝管線及接頭，應立即封口並用乾淨的管帽蓋上，且應在乾燥受控的條件下儲存。若此為不可能，則應保護已組裝之管線及接頭免於濕氣，如雨。若已組裝的管線及接頭未在適當的條件下儲存，則可能需進行額外的清潔及表面處理。

7. 管路系統之安裝

7.1 安裝管路應避免銲接、軟銲或加熱管線以防止結垢產生。若此為不可能，相關管線應依 ISO/TR 10949 進行清潔及重新保護。

7.2 應使用凸緣或經核可之接頭。所有裝配至管線及構件的保護配件，例：封閉用管塞及管帽，應在安裝過程中盡可能晚地移除，參照 ISO/TR 10949。

8. 沖洗要求

8.1 沖洗文件

應編製一份專案特定文件(“沖洗文件”),以識別應沖洗之管線、其應沖洗之順序及所需的任何附加設備。每一被識別的沖洗管線,亦宜顯示該管線在正常使用時會承受的最高流率及宜給定之最低沖洗流率。關於紀錄所達到的潔淨度位準,參照 8.6.1。此文件應由客戶及系統協調員簽署。

8.2 沖洗準則

沖洗程序應適合於所關注之系統的要求。為確保獲得滿意的結果,應符合下列準則:

- 若使用可攜式沖洗動力套組,其儲液箱應至少清潔至與所指定系統潔淨度相符之位準,參照第 4 節。
- 用於填充系統之流體應通過適當的過濾器,參照 8.6.2 之(c)。加注液壓油期間不應將空氣帶入系統中。若必要,系統應填滿並重新排氣。
- 若使用額外的泵送設備,其應盡可能靠近管路系統之供應端,以最小化流動阻力及壓力損失。
- 應安裝液壓流率及溫度量測裝置,以監測沖洗液並查證沖洗參數。
- 沖洗過濾器應位於迴路末端,緊靠儲液箱之前。可使用額外的過濾器,參照 8.4.2。
- 連接現場污染物監測器用於提取樣本之取樣閥或取樣龍頭,應位於管線中被沖洗段的末端、儲液箱之前或同時位於此二位置。

8.3 沖洗參數

8.3.1 為有效沖洗液壓管線中之顆粒污染物,系統應同時滿足下列主要沖洗參數(a、b及 c)的組合:

- (a) Re 應大於系統運作期間出現之 Re 值或大於 4,000,取其較高者。
- (b) 管線中之流率宜至少為實際使用流率的 1.5 倍。
- (c) 油溫應高於使用中可能遇到的最低溫度,但宜至少為 40 °C。

在實務中,並非總能達到所有此等參數。若發生衝突,如 Re 可達到,但無法達到 1.5 倍流率條件,則宜優先達到最高可能的 Re 。

以上因素的重要性參照附錄 C。

8.3.2 Re 及所需流率(q_v)可使用公式(1)與(2)計算:

$$Re = \frac{21220 \times q_v}{v \times d} \dots\dots\dots(1)$$

$$q_v = \frac{d \times Re \times v}{21220} \dots\dots\dots(2)$$

其中, q_v : 流率,以 L/min 為單位。

v : 在沖洗液溫度下之運動黏度,以 mm^2/s 為單位。

d : 管線之內徑,以 mm 為單位。

若難以獲得大於 4,000 之 Re ，則宜藉由降低黏度或增加流率提高 Re 。降低黏度為首選方法。藉由升高溫度或使用具較低黏度之相容沖洗液能降低黏度。

若升高流體溫度，則應限制溫升，以確保不會對流體性質或構件產生不良影響。若使用特殊之沖洗液，其應與預定的系統流體相容。較佳選項為使用系統流體進行沖洗，或使用較低黏度等級的相同系統流體。

在寒冷環境中，沖洗液可能遭受熱損失。在此情況下，為查證 Re 大於 4,000，應在系統估計最冷點量測流體溫度。惟有當所測得的最低溫度可提供 Re 大於 4,000 時，沖洗才能被接受(相關沖洗液之黏度及溫度，諮詢製造商數據)。在非常寒冷之狀況下，系統應隔熱，以保持溫度高於提供 Re 大於 4,000 所需之最低溫度。

8.3.3 使用振動、高頻聲音或流動方向改變等方法可加速顆粒之去除。此為對高速度及紊流流動的補充方法，而非替代方法。

8.3.4 應監測管路系統中之壓力，以確保其不超過系統的最大容許工作壓力。

8.4 過濾器及顆粒之分離

8.4.1 一般要求

8.4.1.1 用於沖洗之過濾器決定最終的潔淨度位準及清理時間。

8.4.1.2 選擇具最佳過濾比之過濾器。若使用的過濾器其過濾比對該應用不適當，則可能出現無法達到或需延長沖洗後才能達到指定的潔淨度位準之情形。

備考：沖洗所需時間及有效性由過濾器之過濾比或 β 比決定。 β 比越高，沖洗越快且效果越好，參照附錄 B。

過濾比應依 ISO 16889 決定(參照 B.2)。

8.4.1.3 過濾器應具監測堵塞之方法，如壓差指示器。一旦出現堵塞指示，應立即更換濾心，以維持濾心之有效性。

8.4.2 附加之外部沖洗過濾器

8.4.2.1 在沖洗過程中可能需附加過濾器，使得：

- 若需保護構件免受顆粒侵入，則應將過濾器固裝於構件上游且盡可能靠近構件。
- 若需保護被認為對顆粒敏感之構件，則應使用無旁路的過濾器總成。(九)
- 若需捕獲由構件釋出之顆粒，則應將過濾器固裝於緊臨構件之下游。
- 沖洗時間縮短。

8.4.2.2 若可能，宜使用大型沖洗過濾器。可接受的最小沖洗過濾器，應使通過清潔濾心之最大壓降，依沖洗液體實際黏度及最大流率計算時，不超過旁通閥或指示器設定的 5 %。

8.5 監測沖洗進度

8.5.1 監測選項

沖洗之進度應藉由下列三種方法之一進行監測：

- (a) 依 8.5.2 由被沖洗之系統中提取流體樣本，並使用 ISO 16431 中描述之方法分析樣本的潔淨度位準。此等技術應使用於最終潔淨度認證，參照 8.6.5。
- (b) 連接線上粒子計數器或顆粒污染物監測器(PCM)至核可之取樣點，並依 ISO 21018-1 對流體進行連續或週期性分析。除非與客戶達成協議，否則此技術不應用於最終潔淨度認證。
- (c) 提取樣本(8.5.2)，依 ISO 4407 準備濾膜，並使用核可之對比膜技術評鑑顆粒濃度。除非與客戶達成協議，否則不應使用 PCM 於最終潔淨度認證。

8.5.2 取樣程序

從系統中取樣應遵循下列要求：

- (a) 使用符合 ISO 4021 之取樣閥。
- (b) 依 ISO 4021 取樣供離線分析。
- (c) 依 ISO 21018-1 取樣供線上分析。
- (d) 依製造商之說明，使用線上濾膜夾持器進行收集。

8.5.3 油樣本取樣前之最短沖洗時間

- (a) 要求之最短沖洗時間取決於液壓系統之容量及複雜性。即使取自系統的流體樣本顯示僅在短時間內已達到沖洗潔淨度位準，仍應在紊流流動狀態下繼續沖洗。

備考：持續沖洗可增加去除顆粒可能附著於管線壁上之可能性。

- (b) 取樣前建議之最短沖洗時間可依公式(3)計算：

$$t = \frac{20 \times V}{q_v} \dots\dots\dots(3)$$

其中， t ：取樣前之沖洗時間，以 min 為單位。

q_v ：流率，以 L/min 為單位。

V ：被沖洗區段之體積，以 L 為單位。

備考：經驗顯示在使用公式(3)計算之最短沖洗時間內，很少能達到 RCL。

8.6 沖洗程序

8.6.1 一般

8.6.2 詳細列出可用於沖洗之程序，但實際使用的程序取決於被沖洗之系統及客戶的要求。此等程序應被用於制定沖洗文件，參照 8.1。

8.6.2 預備階段

- (a) 審查沖洗計劃，對程序變更之需求參照 8.2。
- (b) 若需要，裝配任何補助設備，並將任何敏感設備拆除或繞過。依要求裝配正確額定之過濾器，參照 8.4.1.2。
- (c) 通過填充用過濾器注入提供的液壓油或沖洗液，參照 8.2。
- (d) 排放系統中空氣，參照 8.2，若必要，短暫起動系統。

8.6.3 第一階段－低壓沖洗

在最低壓力下，以下列步驟沖洗系統：

- (a) 於所有過濾器皆在迴路中的情況下，以最低可能壓力起動系統，並運轉達到要求之溫度。依需要添加額外的液體並排氣。
- (b) 由沖洗計劃中第一管線區段開始沖洗，持續一段使用 8.5.2 為該區段決定之最短時間。若需要，在此段期間操作構件。查證流體流率、溫度及 Re 值。
- (c) 在此段期間結束時，使用 8.5.1 中所述方法之一決定流體之潔淨度位準。
- (d) 若污染位準高於沖洗位準，則依要求重複 8.6.3 之(b)，否則進行 8.6.3 之(e)。
- (e) 若比沖洗位準更清潔，則藉由分析至少另一樣本確認，然後進行在沖洗文件中之下一個區段。
- (f) 對所有其他區段重複執行 8.6.3 之(b)至 8.6.3 之(e)。
- (g) 當第一階段完成時，停止系統，移除任何低壓補助設備並進入 8.6.4。

8.6.4 第二階段－高壓沖洗

以下列步驟在較高壓力下沖洗系統：

- (a) 再起動系統，緩慢地增加壓力至其操作壓力之 30 %。
- (b) 依要求重複執行 8.6.3 之(b)至 8.6.3 之(f)。

備考：由於系統應該已更清潔，因此沖洗時間及取樣頻率可能比以前少。

8.6.5 最終潔淨度位準之查證

最終潔淨度之量測應依 8.5.1 決定。

9. 識別聲明(引用本標準)

當選擇遵守本標準時，宜在其目錄、銷售資料、試驗表單及沖洗計畫中使用下列聲明：“液壓流體動力系統之沖洗依 **CNS 23309** 液壓流體動力系統－已組裝系統－以沖洗清潔管線之方法”。

附錄 A

(參考)

取得系統要求之潔淨度位準(RCL)之指引

A.1 一般

對系統而言，RCL 為客戶對其系統要求之潔淨度位準，其宜由該客戶指定。RCL 宜基於系統的污染物敏感性及使用所要求的可靠性，且為系統所特定。若未提供此資訊，則有兩個用於決定 RCL 之選項：

- (a) 使用 ISO 12669 之綜合方法(參照附錄 A.2)，其中 RCL 基於個別之要求。
- (b) A.2 所述之方法涉及更多參數之考量。建議使用該方法，因其可給出更與特定使用者相關之 RCL。

A.2 綜合方法 – ISO 12669

此方法之基礎為識別系統六個受顆粒污染物位準影響之操作特性或要求。此等參數被細分為不同的嚴重度等級，並為每一等級給予權重(分數)：

- (a) 操作壓力及任務循環。
- (b) 構件對顆粒污染物之敏感性。
- (c) 所要求之預期壽命。
- (d) 構件更換之總成本。
- (e) 停機成本。
- (f) 風險或安全要求。

使用者系統性地檢查每一此等參數，並選擇最能描述系統及使用者要求的條件。為每一選定的條件分配權重，並將其加總為系統權重，然後使用於 ISO 12669:2017 之圖 1 以選擇 RCL。

A.3 基於構件潔淨度要求之建議

A.3.1 一般

此等建議係基於表 A.1 中系統所經歷之表列條件的典型 RCL。使用者界定哪些對顆粒污染物敏感性與操作壓力位準之條件，最密切反映此系統所要求的 RCL，然後選擇 RCL。所選擇的 RCL 宜經供應商與客戶協議。

A.3.2 要求高系統潔淨度位準之應用

要求高潔淨度位準之典型應用為：

- 高可靠度為控制因素之系統。
- 具比例閥或伺服閥之系統。
- 具流量控制閥及減壓閥之系統，此等閥可衡量小量流體，尤其當遭受高壓降時。
- 具在最大額定附近操作的液壓馬達或泵之系統。
- 要求具高預期壽命之系統。

A.3.3 要求中系統潔淨度位準之應用

使用表 A.1，選擇操作壓力及與系統之 RCL 要求最近似的系統潔淨度要求，然後讀出 RCL。

表 A.1 滿足高及中潔淨度要求之操作系統中流體潔淨度位準的指引

系統操作壓力	依 ISO 4406 表述 之系統流體最低潔淨度要求	
	高	中
≤ 16 MPa (160 bar)	17/15/12	19/17/14
> 16 MPa (160 bar)	16/14/11	18/16/13

備考：表 A.1 之 RCL 為使用樣本瓶所得出，可能與使用由 ISO 12669 線上分析所得出之 RCL 不同。此係由於使用樣本瓶可能會因樣本中包含外來的顆粒而導致誤差，參照 B.1。

附錄 B

(參考)

影響沖洗有效性及持續時間之因素

B.1 影響沖洗有效性之程序因素

沖洗有效性及沖洗時間受許多因素影響，下列各項為被鑑別得出的大部分因素及關於改善程序效率之方法的簡要建議：

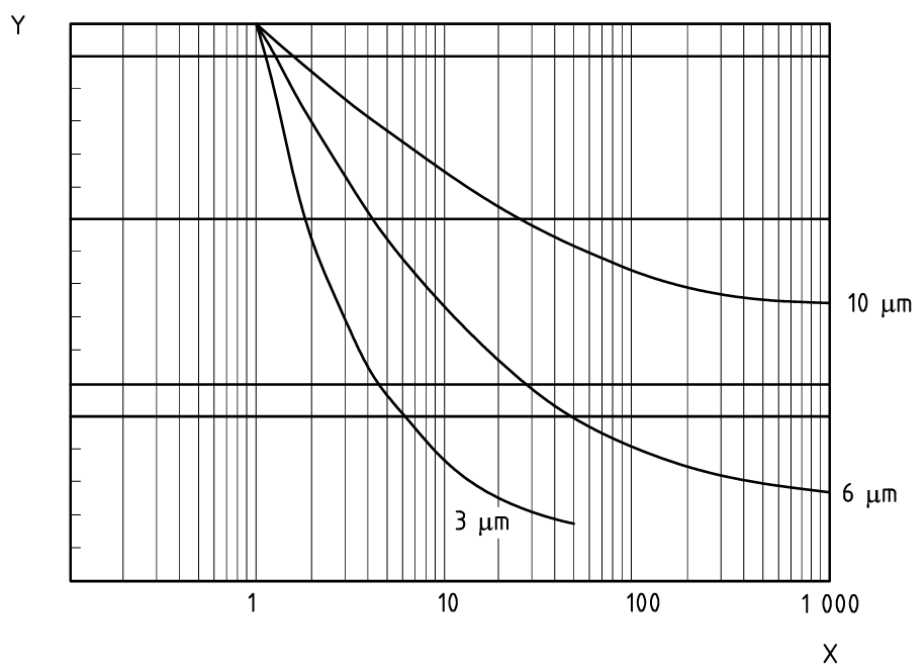
- 適當之監測方法：所選之方法取決於個別需求及偏好與 RCL。若指定較清潔的 RCL (如依 ISO 4406 之(16/14/11))，則建議使用線上監測，因使用樣本瓶分析可能因本質上存在於此過程之誤差而顯著延長沖洗時間。
- 高流速及紊流混合條件：能更有效地由構件表面帶走並去除顆粒。
- 沖洗液之溶解力：溶解力能打斷顆粒與表面間的化學鍵，其可藉由提高液體溫度(此亦增加 Re ，參照 8.3)及使用清潔劑基之沖洗液改善，參照附錄 C。
- 高效過濾器：參照附錄 B.2。
- 策略性放置附加的過濾器：以制止由一構件沖洗出之污染顆粒在另一構件中產生更多顆粒。
- 系統性沖洗方法：通常先沖洗“最髒”之構件，且最後沖洗最昂貴的構件。

B.2 過濾器額定對沖洗時間之效應

沖洗過濾器額定為支配沖洗所花時間及沖洗效率最重要因素之一。其控制下游之已過濾顆粒濃度，從而進入下一個構件，並在此經由“再生磨耗”的程序產生更多顆粒。此顆粒之增加將延長沖洗時間，參照第 4 節。通過過濾器之顆粒數與過濾器的過濾比或 Beta 比成反比。Beta 比越高，排出液體越乾淨。圖 B.1 圖例說明此現象，該圖顯示 3 個不同額定之過濾器，其過濾器額定對清潔時間之效應。

圖 B.1 所顯示數據為於再循環試驗台上使用 ISO 中等試驗粉塵(ISO MTD) 獲得，並宜被視為最佳數據，原因如下：

- 系統中之顆粒分布：多通道試驗台之設計在促進“100 %”混合，且任何顆粒之分布不均勻皆會導致相對沖洗時間的改變。通常，分布越均勻，去除時間越長，反之亦然。
- 顆粒大小及形狀：ISO MTD 中的顆粒通常形狀規則，而系統顆粒往往為針狀(長而細)，且較小之顆粒可能會穿過過濾器，此會延長沖洗時間。
- 顆粒緩慢釋出：構件表面宜被視為單獨的“污染物產生器”，每一表面都有單獨的釋出因子。因此，釋放率可能不規則，且通常會導致沖洗時間延長。出於此原因，建議在取樣(參照 8.5.2)前對一沖洗區段進行“20 次通過(流過該區段體積 20 倍)”，而非有時會使用的較短之“理論”時間。
- 迴路之存在狀況：此會影響過濾器的運作，因壓力波動、突波及壓力差之增加會降低過濾器有效性。其亦受不穩定狀況之嚴重度及過濾器結構的影響。



說明

X 沖洗時間，單位為 min

Y 顆粒濃度

圖 B.1 過濾器額定對沖洗時間之效應

附錄 C

(參考)

主要沖洗要求間之識別及關係

C.1 一般

液壓系統在第一次起動時通常處於最脆弱之狀態，因其可能包含來自構件在製程中殘留的顆粒，及諸如軟管及管路總成等互連構件於組裝成完整系統時加入的顆粒，特別是當構件包括某種形式的製程時。此等顆粒在起動時通過系統，將導致大量磨耗及損傷，進而在系統中引起再生磨耗。其淨結果為在相對較短的時間內對系統造成大量磨耗，其將顯著減少構件的壽命並導致不可靠性，甚至可能造成災難性失效。為降低此類損傷之可能性，故需對系統進行“沖洗”。

C.2 有效沖洗之要求

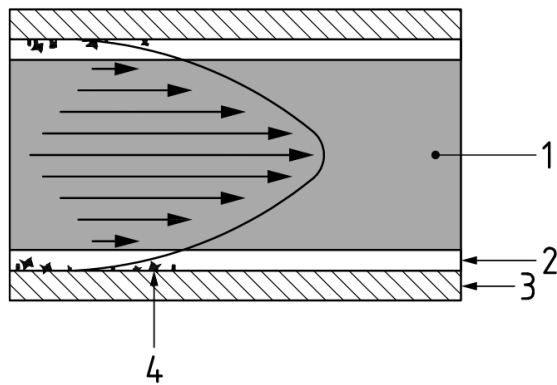
C.2.1 一般

對沖洗的主要要求為使流動條件與高流速、高紊流及高溫有關，使其從構件及管等之壁面帶走顆粒，並將其懸浮在流體中，同時將其輸送至沖洗或清理過濾器。其目的在沖洗階段消除所有殘留顆粒，以免在使用中釋出。因此，沖洗中的流動力及條件應高於使用中之情況，否則可能無法達到此目的。

關於沖洗有多種要求，其中某些要求與其他要求相依，且此等要求詳述如下。

C.2.2 流動狀況

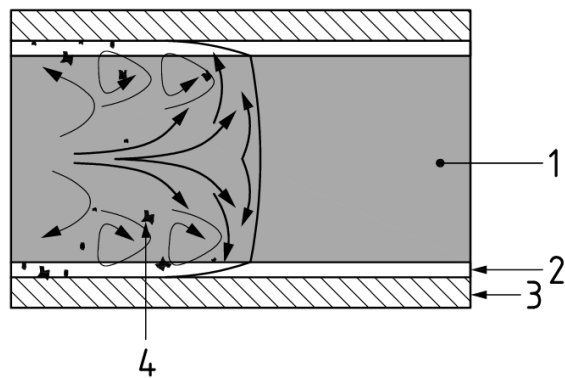
流動狀況應為“紊流”而非“層流”或“流線型”。在層流中(參照圖 C.1)，速度分布剖面呈拋物線形，即在管壁處為 0，並在管中心處增加至最大值。速度，從而其流動力，在靠近管壁處會降低，而大部分的顆粒在此處，故流動力可能不足以擾動管壁處之顆粒，亦無法使其保持在懸浮狀態。當流動為“紊流”時(參照圖 C.2)，流動方向更加隨機，橫越管斷面之速度更為均勻，因此顆粒更有可能在流動流中保持懸浮狀態。儘管管壁處的速度在邊界層中仍然為 0，但與層流流動相比，其速度梯度要高得多，且靠近管壁的流動力明顯更大。



說明

- 1 速度分布輪廓
- 2 邊界層
- 3 管壁
- 4 污染物顆粒

圖 C.1 層流



說明

- 1 速度分布輪廓
- 2 更薄邊界層
- 3 管壁
- 4 污染物顆粒

圖 C.2 紊流

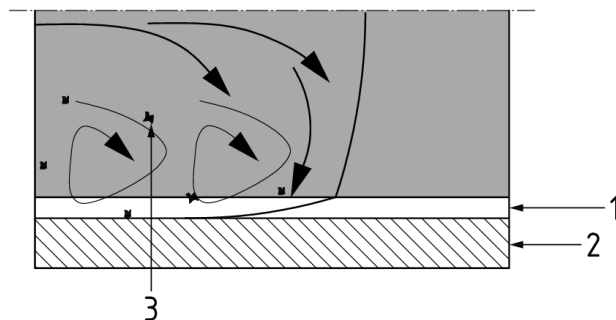
流動狀況由存在於流場中之 Re 定義，其為慣性力對黏性力之比值，因此 $Re = vd/\nu$ 。此取決於多個因素：

- 速度(v)
- 管內徑(d)
- 流體之運動黏度(ν)

Re 之值在流動變為紊流時會有所不同，取決於管路系統及流動之特性，但當 $Re > 4,000$ 時，保證得到紊流。因此，在大多數的沖洗文件中使用此值。

C.2.3 減少邊界層

緊臨靠近管壁之流體層稱為邊界層或黏性層，由於在此層的分析非常複雜，故本節採取簡化的說明。在此層中，流動為層流或黏性流，因速度在管壁處趨近於 0，參照圖 C.3。此層的厚度取決於 Re ，因此亦取決於速度。 Re 越高，邊界層就越薄，黏附在管壁上的顆粒脫落之機會就越大。速度越高，將此等顆粒由接近層流之區域移入主紊流流場的力量就越大。



說明

- 1 邊界層
- 2 管壁
- 3 污染物顆粒

圖 C.3 紊流之展開視圖

C.2.4 流體溫度

基於下列 2 理由，流體溫度宜盡可能提高：

- (a) 提高溫度會更佳地溶解管壁與顆粒之間，由防腐劑、抗蝕劑及潤滑脂等引起的鍵結。
- (b) 提高溫度會降低流體之黏度，從而增加 Re 並減小邊界層的厚度。

C.2.5 流體速度

除影響 Re 外，增加速度會大幅增加作用於顆粒之力 ($F \propto v^2$)，進一步協助去除任何存在的顆粒。

C.3 Re 、速度及流率間之關係

過往可能過度地強調以 $Re > 4,000$ 之流率進行沖洗，而未說明上述其他因素的重要性。表 C.1 顯示依 $Re = 4,000$ 計算出的沖洗流率及速度與依工業界可接受的設計速度 4 m/s 計算出的流率及速度之差異。

該表提供一範圍管徑之數值，且為方便起見，數據以 2 種黏度計算，以顯示黏度對 Re 之效應，即在 40 °C 時使用 ISO VG32 油的 32 cSt 及在 38 °C 時使用 ISO VG15 油的 16 cSt。

顯而易見，對較大的管徑，以 $Re = 4,000$ 計算之流率及速度可能遠低於以 4 m/s 的設計值。因此，當系統投入運作並承受較高的流量狀況時，可能會釋出更多顆

粒。若此發生在系統工作時，此等顆粒穿過操作中構件可能會造成災難性後果。對較小的管徑(大約小於 20 mm)之情況則相反，且計算出的沖洗流率可能遠高於設計值。此會導致顯著的壓力損失(註： $\Delta P \propto Q^{1.75} \times d^{-4}$)，且在較高流率下可能會過大。此外，在此等高壓降下，會有液壓油過度發熱及劣化之風險，以及因空蝕而增加磨耗。

表 C.1 流率、速度及設計用 Re (沖洗用 $Re = 4,000$)之比較

系統參數				設計值			計算值		
管 內徑 d mm	管 內徑 inches	溫度 °C	油黏度 cSt mm ² /s	系統 油速度 m/s	Re 值	系統 流率 LPM	沖洗 流率 LPM	沖洗 油速度 m/s	沖洗之 Re 值
6	1/4	40	32	4	774	7	36	21.2	4,000
6	1/4	38	16	4	1,548	7	18	10.6	4,000
10	3/8	40	32	4	1,260	19	60	12.73	4,000
10	3/8	38	16	4	2,520	19	30	6.36	4,000
13	1/2	40	32	4	1,632	32	78	9.8	4,000
13	1/2	38	16	4	3,264	32	39	4.9	4,000
16	5/8	40	32	4	2,000	48	97	8	4,000
16	5/8	38	16	4	4,000	48	48	4	4,000
20	3/4	40	32	4	2,250	76	121	6.4	4,000
20	3/4	38	16	4	4,500	76	60	3.2	4,000
25	1	40	32	4	3,129	118	151	5.12	4,000
25	1	38	16	4	6,258	118	75	2.56	4,000
32	1¼	40	32	4	4,000	193	193	4	4,000
32	1¼	38	16	4	8,000	193	97	2	4,000
38	1½	40	32	4	4,746	272	229	3.6	4,000
38	1½	38	16	4	9,493	272	115	1.8	4,000
51	2	40	32	4	6,370	490	308	2.5	4,000
51	2	38	16	4	12,740	490	154	1.25	4,000
60	2¼	40	32	4	7,470	678	362	2.13	4,000
60	2¼	38	16	4	14,940	678	181	1.06	4,000
所使用公式：油速度 v (m/s) = Q (LPM)*21.22/d ² (mm ²); $Re=21,200*Q$ (LPM)/ ν (cSt)*d(mm)									

C.4 去除內表面之顆粒

從液壓管線中有效去除顆粒污染物之主要要求為，創造及生成比管線在正常使用中出現之更高的油流速、溫度及 Re 值。此紊流會確保或至少提供較大潛力將任何顆粒從系統管線中移除並輸送至沖洗過濾器。

沖洗之有效性取決於 3 主要因子：

- (a) 高流體 Re ，以創造足夠的紊流，從而減少管內大部分顆粒駐留的流體邊界層厚度，並將顆粒由表面移除並保持懸浮。
- (b) 高流體速度，以施加足夠的力在顆粒上，將其由表面移除並輸送至沖洗過濾器。
- (c) 高流體溫度，以增加流體之溶解力，並分解由防蝕劑、潤滑脂及其他添加劑引起的顆粒與管壁間的鍵結。

備考 1.若使用以 $Re \leq 4,000$ 流動之流體執行沖洗，則在管線內可能存在層流區段。

備考 2.大多數液壓油通常採用 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 為上限以限制熱劣化。

選擇參數之進一步指引參照附錄 B。

參考資料

- [1] ISO 3722, Hydraulic fluid power – Fluid sample containers – Qualifying and controlling cleaning methods
- [2] ISO 5884, Aerospace series – Fluid systems and components – Methods for system sampling and measuring the solid particle contamination in hydraulic fluids
- [3] ISO/TR 10686, Hydraulic fluid power – Method to relate the cleanliness of a hydraulic system to the cleanliness of the components and hydraulic fluid that make up the system
- [4] ISO 11171, Hydraulic fluid power – Calibration of automatic particle counters for liquids
- [5] BS 8465:2010, Hydraulic fluid power – Monitoring the level of particulate contamination – Comparison membrane technique
- [6] BFPA P9 Guidelines for the flushing of hydraulic systems
- [7] CONPAR Contamination control by comparison – Issue 2:2011, AMETEK Air control Technologies, 111 Windmill Road, Sunbury on Thames, Middlesex T216 7EF
- [8] Presentation by Mr M Day and Mr J Rinkinen on, Contamination monitoring of hydraulic systems – the need for reliable data' (10th International Congress and Exhibition on Contamination Monitoring and Diagnostic Engineering Management), Helsinki – June 1997

相對應國際標準

ISO 23309:2020 Hydraulic fluid power systems – Assembled systems – Methods of cleaning lines by flushing