

中華民國國家標準

C N S

**氣體圓筒容器－可再充填複合材料氣體圓筒容器與管
筒容器之設計、構造與測試－第 1 部：450 L 以下環
繞包覆纖維強化複合材料氣體圓筒容器與管筒容器**

**Gas cylinders – Design, construction and
testing of refillable composite gas cylinders
and tubes – Part 1: Hoop wrapped fiber
reinforced tubes of composite gas cylinders
and tubes up to 450 L**

CNS 草-制 1140001:2025

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	4
4. 符號	6
5. 檢查與試驗	6
6. 材料	6
6.1 內膽材料	6
6.2 複合材料	6
7. 設計與製造	7
7.1 一般	7
7.2 設計申請提交	7
7.3 製造	8
8. 型式認可程序	9
8.1 一般要求事項	9
8.2 原型試驗	9
8.3 新設計	10
8.4 設計變更	13
8.5 型式認可試驗程序與準則	14
8.6 型式認可試驗不合格	24
9. 批次檢查與試驗	24
9.1 內膽	24
9.2 內膽批次試驗不合格	25
9.3 外包覆材料	25
9.4 複合材料圓筒容器	25
9.5 在型式認可或批次試驗時不合格的圓筒容器	26
10. 圓筒容器標示	27
10.1 一般	27
10.2 附加標示	27
附錄 A (參考)設計認可證書例	28
附錄 B (參考)試驗片試驗報告	29
附錄 C (參考)同等性能試驗報告	31
附錄 D (參考)熱致動壓力釋放閥之標準化試驗要求事項	33
參考資料	38

前言

本標準係依據 2020 年發行之第 3 版 ISO 11119-1，不變更技術內容，訂定成為中華民國國家標準者。

本標準係依標準法之規定，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有關此類專利權、商標權與著作權之鑑別。

簡介

本標準旨在提供全國乃至全球廣泛使用的一種圓筒容器之設計、製造、檢查以及試驗規範，其目的在針對國際接受性與普遍使用性方面在設計與經濟效應上取得平衡。

本標準以消除有關氣候、重複檢查與現存之各項限制的憂心關切為目標，這乃是起因於缺乏放眼國際的標準，故本標準顯示的適當性與實用性不得被限制在任一國家或地區。

本標準闡述壓力容器之設計、製造、檢查以及試驗的一般要求事項，內容參照聯合國的 Recommendation on the transport of dangerous goods: Model regulations

1. 適用範圍

本標準適用於下列規格之容器的材料、設計、構造與工藝、製程、製造時之查驗與試驗的最低要求事項規定：

- 型式 2 複合材料包覆圓筒容器或管筒容器，具有承受壓力內膽，且複合材料僅強化在圓柱筒身部分。
- 水容量在 450 L 以下。
- 壓縮氣體或液化氣體之儲存或運送。
- 以其中含有碳纖維、醃胺纖維或玻璃纖維(或渠等之混合物)之黏造基材的複合材料強化或用鋼絲以提供周向強化的圓筒容器及管筒容器。
- 最少使用年限為 15 年。

本標準不包括可移除之保護套筒的設計、裝接及性能規定。

備考 1. 本標準論及之圓筒容器得包括管筒容器在內。

備考 2. ISO 11439 適用於目的供設於天然氣車輛上作為燃料容器用之圓筒容器，而 ISO 11623 則涵蓋複合材料圓筒容器的定期檢查與再試驗。

2. 引用標準

下列標準因由本標準所引用，成為本標準之一部分，下列引用標準適用最新版(包括補充增修)：

ISO 3341	Textile glass – Yarns – Determination of breaking force and breaking elongation
ISO 6506-1	Metallic materials – Brinell hardness test – Part 1: Test method
ISO 6508-1	Metallic materials – Rockwell hardness test – Part 1: Test method
ISO 6892-1	Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at room temperature
ISO 7225	Gas cylinders – Precautionary labels
ISO 7866	Gas cylinders – Refillable seamless aluminium alloy gas cylinders – Design, construction and testing
ISO 9809-1	Gas cylinders – Design, construction and testing of refillable seamless steel gas cylinders and tubes – Part 1: Quenched and tempered steel cylinders and tubes with tensile strength less than 1,100 MPa
ISO 9809-2	Gas cylinders – Design, construction and testing of refillable seamless steel gas cylinders and tubes – Part 2: Quenched and tempered steel cylinders and tubes with tensile strength greater than or equal to 1,100 MPa
ISO 9809-3	Gas cylinders – Design, construction and testing of refillable seamless steel gas cylinders and tubes – Part 3: Normalized steel cylinders and tubes
	ISO 9809-4, Gas cylinders – Refillable seamless steel gas cylinders – Design, construction and testing

	– Part 4: Stainless steel cylinders with an Rm value of less than 1,100 MPa
ISO 10286	Gas cylinders – Vocabulary
ISO 10618	Carbon fibre – Determination of tensile properties of resin-impregnated yarn
ISO 11114-	Gas cylinders – Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents – Part 1: Metallic materials
ISO 11114-4	Transportable gas cylinders – Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents – Part 4: Test methods for selecting steels resistant to hydrogen embrittlement
ISO 13341	Gas cylinders – Fitting of valves to gas cylinders
ISO 13769	Gas cylinders – Stamp marking
ISO 14130	Fibre-reinforced plastic composites – Determination of apparent interlaminar shear strength by short-beam method
ASTM E1356–08	Standard Test Method for Assignment of the Glass Transition Temperatures by Differential Scanning Calorimetry
ASTM D7269	Standard test methods for tensile testing of aramid yarns

3. 用語及定義

下列用語及定義適用於本標準。

3.1 醃胺纖維(aramid fibre)

撚成束狀的醃胺連續單絲。

3.2 自緊(autofrettage)

壓力施加過程會拉張金屬內膽超過其降伏點而足夠造成永久塑性變形，以致在內膽有壓縮應力，因而在內部表壓為零時，纖維尚有拉伸應力。

3.3 批次(batch)

一組同質品項或材料。

備考：一個批次之品項數目會因該用語使用之情況而有所改變。

3.4 內膽批次(batch of liners)

有相同的標稱直徑、長度、厚度與設計，從相同的材料鑄造及熱處理至相同溫度與時間條件，生產數量在 200 以下連續製造的內膽成品，加上破壞試驗所需之單元件。

3.5 圓筒容器成品批次(batch of finished cylinders)

有相同的標稱直徑、長度、厚度與設計，以相同製程連續製造，生產數量在 200 以下的圓筒容器成品，加上破壞試驗所需之圓筒容器成品。

3.6 爆裂壓力(burst pressure)

圓筒容器在爆裂試驗過程中到達的最高壓力。

3.7 碳纖維(carbon fibre)

撚成束狀之碳的連續單絲。

3.8 複合材料外包覆(composite overwrap)

纖維(包括鋼絲)與黏造基材之組合。

3.9 指定氣體專用(dedicated gas service)

僅供指定之氣體或氣體類使用的圓筒容器。

3.10 同等纖維(equivalent fibre)

同等鋼絲(equivalent wire)

纖維(或鋼絲)與先前經原型試驗過的圓筒容器之纖維(或鋼絲)來自相同材料族系與類似性質。

3.11 同等內膽(equivalent liner)

為相同族系合金的內膽，且具有直接相容在已經被認可之圓筒容器的經認證性質及功能。

3.12 同等黏造基材(equivalent matrix)

由與用於先前經原型試驗過的圓筒容器之樹脂黏造基材有相同化學族系與相似性質的樹脂黏造基材。

3.13 (缺)**3.14 玻璃纖維(glass fibre)**

撚成束狀之玻璃的連續單絲。

3.15 內膽(liner inner)

複合材料容器之內部部分，包括一金屬容器，其目的是容裝氣體及將該氣體壓力轉傳至纖維上。

3.16 黏造基材(matrix)

用於黏結及將纖維維持在定位之材料。

3.17 (缺)**3.18 熱塑性(thermoplastic)**

可以重覆被增加之溫度軟化與降低溫度硬化的塑膠。

3.19 熱固性(thermosetting)

可經由加熱或化學方式硬化處理，永久硬化成實質上不融化與不溶解之產品的塑膠

3.20 (缺)**3.21 工作壓力(working pressure)**

P_w

在 15 °C之參考溫度下，滿氣容器中壓縮氣體的穩壓。

3.22 標稱外徑(nominal outside diameter)

由製造商規定，作為型式認可之用，包括許可差(例如：±1 %)在內的圓筒容器直徑。

3.23 玻璃轉移溫度(glass transition temperature)

T_g

聚合物由剛性玻璃狀材料轉成一種柔軟(非熔融)材料之溫度，通常是量測其剛度(stiffness)，或模量(modulus)。

4. 符號

P_{bl}	內膽成品爆裂壓力	bar
P_b	圓筒容器成品爆裂壓力	bar
P_h	試驗壓力	bar
P_{max}	在 65 °C 時之最大生成壓力	bar

5. 檢查與試驗

為確保圓筒容器符合本標準，應由經授權的檢查機構(以下稱“檢查者”)依本標準第 6 節、第 7 節、第 8 節及第 9 節實施檢查及試驗。可供使用之合格證書範例如附錄 A 及附錄 B 所示。

在製造過程中用於量測、試驗及查驗的設備，應妥為保養維護及校正，使之在歸檔文書記載的品管系統範圍內。

6. 材料

6.1 內膽材料

6.1.1 內膽材料應符合所有對應之相關標準的規定：

- (a) 無縫鋼製內膽：依 ISO 9809-1, ISO 9809-2 或 ISO 9809-3，如適用；
- (b) 無縫不鏽鋼製內膽：依 ISO 9809-4；
- (c) 無縫鋁合金製內膽：依 ISO 7866。

相關之部分為所涵蓋之材料、熱處理、頸部設計、結構與工藝，以及機械試驗。這些不包括設計要求事項，因為這些已經由製造者對複合材料圓筒容器之設計加以規定(參照 7.2.2)。

6.1.2 所使用之材料應有均勻且持久的品質。複合材料圓筒容器製造者應驗證每一新批次之材料具有正確之性質及符合要求的品質，且應保存紀錄，使用於每一圓筒容器製造之材料鑄造及熱處理批次(如適用)可被識別。

6.1.3 依 ISO 11114-1 之規定，內膽應以適合所充填氣體之金屬或合金製造。為能與氫氣相容，亦參照 ISO 11114-4。

6.1.4 如設有頸環，則其材料應與圓筒容器相容，且應以適合內膽材料之方法確實裝緊。

6.2 複合材料

6.2.1 外包覆單絲材料應為碳纖維、醃胺纖維或玻璃纖維(或任何渠等之混合物)，或是鋼絲。

6.2.2 黏造基材應為一種聚合物，適合產品用途、環境與預期使用期限。

6.2.3 單絲材料、黏造基材系統組成材料或鋼絲的供應商，應提供該複合材料圓筒容器文件資料，使之能完全辨識用於製造每一圓筒容器的材料批次。

6.2.4 所使用之材料應有均勻且持久的品質。複合材料圓筒容器製造者應驗證每一新批次之材料具有正確之性質及符合要求的品質，且應保存紀錄，使用於每一圓筒容器製造之材料鑄造及熱處理批次可被識別。材料製造商發給的合格證明認為可接受供驗證之用。

6.2.5 材料批次應予辨識並建檔。

7. 設計與製造

7.1 一般

7.1.1 環繞包覆複合材料氣體圓筒容器應包括：

- (a) 一內部金屬內膽，承擔全部縱向壓力荷重與大部分的周向壓力荷重；
- (b) 為由在黏造基材的各層連續纖維形成的複合材料外包覆或是由鋼絲所形成的複合材料外包覆強化；
- (c) 一種選配附加之外部保護系統；

如有必要，應注意確保在內膽與強化纖維之間無有害反應，其方式是在包覆製程前，對內膽施加一種適當的保護塗層。

7.1.2 圓筒容器應設計為僅在沿著中心軸有 1 個或 2 個開口。螺紋應使之延伸完全穿過頸部或有足夠的螺紋數便於閥之完全嚙合。圓筒容器也得包括附加的裝配件(例如：頸環)。

7.1.3 圓筒容器應妥為設計，使其在持續的壓力荷重及循環荷重下具有高度可靠性。因此，應將個別複合材料纖維的性質納入考量，並建立其對應的最低纖維應力比。

纖維應力比係定義為在設計最小爆裂壓力除以 2/3 試驗壓力下之纖維應力比。

最低纖維應力比應如下所列：

- 玻璃纖維：3.0；
- 醃胺纖維：3.0；
- 碳纖維：2.4；

用於混合構造之個別型式纖維的強度，得透過用單一型式纖維強化的容器試驗加以驗證。在混生構造中，適用之應力比要求事項應符合下列兩種方式之一：

- (a) 若在各個纖維強化材料之間的承受壓力荷重被認定是為設計之基本部分，則每一纖維應符合所稱應力比的要求。
- (b) 若纖維之間的承受壓力荷重不被認定是為設計之基本部分，則即使所有其他纖維強化材料已被移除，其一個強化纖維應也能符合該應力比的要求。

7.1.4 合格證書之格式範例為如附錄 A 與附錄 B 所示。

7.2 設計申請提交

7.2.1 提交每一新圓筒容器的設計，應包括詳細圖說、該設計附件，包括製造及檢查的特別事項詳如 7.2.2、7.2.3 及 7.2.4 之規定。

7.2.2 有關內膽之文件應包括(但不限於)：

- (a) 材料，包括化學分析界限範圍；
- (b) 尺度、最小厚度、直度及偏圓度，附許可差；
- (c) 製程及規定；
- (d) 熱處理、溫度、持續時間及許可差；
- (e) 檢查程序(最低要求事項)；
- (f) 材料性質(機械性質要求事項)；
- (g) 最小設計爆裂壓力；
- (h) 閥螺紋尺度細節及其他永久性特徵；

7.2.3 有關複合材料外包覆之文件應包括(但不限於)：

- (a) 纖維或鋼絲材料、規定及機械性質要求事項；
- (b) 纖維或鋼絲構造、幾何形狀及處理；
- (c) 最小複合材料厚度；
- (d) 熱固性黏造基材－規格(包括樹脂；硬化劑及促進劑)，以及樹脂浴溫度(如適用)；
- (e) 熱塑性黏造基材－主要構成材料、規格及製程溫度；
- (f) 外包覆構造，包括股數、層數、疊層方向及在纏繞時纖維之拉伸力(如適用)；
- (g) 硬化處理、溫度、持續時間以及許可差；

7.2.4 有關複合材料圓筒容器之文件應包括(但不限於)：

- (a) 在周圍狀態條件下之標稱水容量(L)；
- (b) 尺度，含許可差；
- (c) 若目的供專用氣體使用，預期成分表；
- (d) 試驗壓力， p_h ；
- (e) 工作壓力， p_w (如可行，無論任何情況其應不超過， $0.67 \times p_h$)；
- (f) 對於特定專用氣體，在 65°C 時之最大生成壓力 $p_{\max}$ ；
- (g) 最低設計爆裂壓力；
- (h) 設計使用年限；雖然是試驗壓力未滿 60 bar 的圓筒容器，應無限制之設計使用年限。
- (i) 自緊壓力及大約的持續時間(如可行)；
- (j) 在包覆過程中該纖維或鋼絲之張力(如可行)；
- (k) 複合材料圓筒容器之標稱質量，含許可差；
- (l) 永久裝接並形成合格設計之一部分的構件細節(頸環、保護靴套等)。

7.3 製造

7.3.1 內膽應依製造商之設計製造(參照 7.2.2)，以及依相關之金屬材料(如 6.1.1 中所列)的國際標準製造。

7.3.2 複合材料圓筒容器應由一承受壓力內膽加工製造，以形成黏造基材之連續纖維層或鋼絲作外包覆，在經控制的拉伸力下包覆至形成設計之複合材料厚度，如

7.2.3 之規定。

在外包覆尚未硬化前，可將內膽(包覆)剝除並重新捲繞。如在剝除過程中內膽已遭損傷或刮傷，則該內膽應不得再作外包覆。

7.3.3 當完成包覆後，該複合材料應以規定於 7.2.3 文件中之控制溫度曲線使之硬化(如適當。)。該最高溫度應不會對內膽材料之機械性質造成有害之影響。

7.3.4 若對圓筒容器施加自緊操作，則該自緊壓力及持續時間應如在 7.2.4 中文件內的規定。製造者應明列以適當量測技術而得的自緊效果可讓檢查者接受。

7.3.5 若在卷繞過程中對圓筒容器施以預應力或纖維拉伸力，以有效改變在圓筒容器成品中的最終應力，則該應力水準應如 7.2.3 文件中之規定，且拉伸應力水準應加以紀錄或監測。

8. 型式認可程序

8.1 一般要求事項

每一新圓筒容器設計應由製造者向檢查者提出申請。應在檢查者的監督下，對每一新圓筒容器設計或設計變更，實施詳列於 8.2 之型式認可試驗。

8.2 原型試驗

8.2.1 至少應準備 30 個新設計之圓筒容器以供原型試驗之用。於完成所有原型試驗之後，取自原型合格批次之剩餘未經試驗的圓筒容器可供實際使用。

8.2.2 若供特殊用途之用，所需圓筒容器總數少於 30 個時，除製造之數量外，還應加製以供完成原型試驗之需。在此種情形時，認可之有效性應僅以此批次為限。對於有限之設計改變(設計變更)，依表 1 之規定，應由檢查者抽取經減數之圓筒容器。

8.2.3 該批次之內膽在作包覆之前，應確認符合設計要求事項，且應依據 9.1 加以檢查及試驗。依表 1 之規定，應抽取一支內膽並依 8.5.3 施以爆裂試驗。

8.2.4 該複合材料在作包覆之前，應確認符合設計要求事項，且應依據 9.3 加以試驗。

8.2.5 應在檢查者的監督下實施新圓筒容器試驗，且應包括下列試驗：

- (a) 依 8.5.1 之耐液壓試驗，或依 8.5.2 之液壓容積膨脹試驗；
- (b) 依 8.5.3 之內膽爆裂試驗；
- (c) 依 8.5.4 之圓筒容器爆裂試驗；
- (d) 依 8.5.5 之周圍狀態循環試驗；
- (e) 依 8.5.6 之環境循環試驗；
- (f) 依 8.5.13 之樹脂剪力強度；
- (g) 依 8.5.14 之玻璃轉移溫度試驗。

8.2.6 依圓筒容器之設計與其使用目的，得選用下列試驗：

- (a) 依 8.5.7 之高速撞擊(槍擊)試驗(軍事用途為強制性)；
- (b) 依 8.5.8 之耐火試驗，前提是裝接壓力釋放閥以防止在使用中遭遇火災而失效；

- (c) 依 8.5.9 之鹽水噴霧試驗(水下應用為強制性)；
- (d) 依 8.5.11 之環境促進之應力破裂試驗(適合有承受壓力玻璃纖維或醃胺纖維之圓筒容器)；
- (e) 依 8.5.12 之掉落試驗，用於試驗壓力未滿 60 bar 者；
- (f) 依 8.5.10 之扭力試驗。

8.2.7 對於規定於 8.4 的設計變更認可，其僅需在檢查者監督下實施表 1 所述的各項試驗。如圓筒容器系以減少系列試驗項目取得認證，則不得作為第二次設計變更認可減少一組試驗的依據(亦即不允許由某一認可設計作多次改變)，縱然個別試驗結果得加以應用(參照 8.4.2)。

8.2.8 試驗可以合併，即一個圓筒容器可供一種以上之試驗使用。例如：在落下試驗(8.5.12)中的圓筒容器可供作為爆裂試驗使用以滿足爆裂試驗(8.5.4)的要求。

8.2.9 若上述之原型試驗的結果符合要求，則該檢查者應發給設計認可證書，典型的範例列於附錄 A。

8.2.10 在試驗完成後，該圓筒容器應予以銷毀或使其無法保持壓力。

8.3 新設計

8.3.1 本節係當某種複合材料圓筒容器對本標準適用而言是屬新設計加以規定。8.4 小節係複合材料圓筒容器屬設計變更時加以規定。

8.3.2 一種新複合材料圓筒容器需要全部型式認可試驗。與現存之經認可的設計相較，如有下列情形，則認為該圓筒容器為新設計：

- (a) 其係在不同之工廠製造。但如係工廠遷至他處，若所有設備及製程保留與原設計認可相同時，無需新圓筒容器設計認可。
- (b) 其製造所採之製程與用於設計型式認可製程有明顯之不同。所謂明顯的改變係有關一種在內膽及/或圓筒容器成品的性能已經有高達可以量測得到的改變。檢查者應判定製程、設計或製造之改變是否與原有之合格設計有顯著不同。
- (c) 與合格之設計相較，該標稱外徑已有超過 50 % 的改變。
- (d) 纖維有相同規格分類及機械性質，但內襯密度不同，應不得認為是一種新纖維型式。捲繞類型的改變應認為是一種新設計[參照 8.4.1(g)]。
- (e) 圓筒容器係以一種新纖維型式製造。一種纖維若有下列情形，則應被認為是一種新纖維型式：
 - (1) 屬不同分類之纖維(例如：玻璃、醃胺或碳)；
 - (2) 由不同之前驅體(precursor) [例如：聚丙烯腈(PAN)或練碳瀝青]製成的纖維。
 - (3) 與在原來設計中之纖維非屬同等纖維[參照 8.4.1 i)]
- (f) 黏造基材材料(亦即樹脂、硬化劑、促進劑)不同，且與原來之設計非屬化學同等性。

(g) 與合格之設計相較，試驗壓力增加超過 60 %。

8.3.3 與現存經設計認可者相較，若內膽製造或設計方法已經改變至一個明顯的程度，則圓筒容器應也被認為是一種新設計。

例 1. 係在不同的工廠製造。工廠遷至他處，若所有設備及製程仍保留與原設計認可相同時，無需新圓筒容器設計認可。

例 2. 以與用於原型式試驗不同之成分或組成範圍不同之材料製造者。

例 3. 材料性質在原設計範圍之外。

表 1 型式認可試驗

試驗 號碼	試驗	設計變更														
		新設計	標稱長度		標稱直徑		同等 內膽	同等黏造 材料	內膽厚度 改變	試驗壓力		纖維或鋼絲 厚度	內膽基本 型態	同等纖維 或鋼絲	螺紋	自緊
			>5 % 及 ≤50 %	>50 %	≤20 %	>20 % 及 ≤50 %				≤20 %	>20 % 及 ≤60 %					
9.1	內膽材料試驗						×		×							
8.5.13	樹脂剪力試驗	×						×								
9.3	外包覆材料試驗	×												×		
8.5.1- 8.5.2	耐液壓或液壓容積膨脹試驗	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		×
8.5.3	內膽爆裂	×	×	×	×	×	×		×							
8.5.4	圓筒容器爆裂	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		×
8.5.5	周圍狀態循環	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		×
8.5.6	環境循環	×				×										
8.5.7	高速撞擊(槍擊) ^(a)	×				×(b)			×(c)		×	×(c)				
8.5.8	耐火 ^(a)	×		×		×			×(c)		×					
8.5.9	鹽水 ^(a)	×														
8.5.10	扭力試驗	×													×	
8.5.11	應力破裂試驗 ^(f)	×									×	×				×(c)
8.5.12	落下試驗 ^(a)	×		×		×			×		×					
8.5.13	樹脂剪力試驗 ^(b)	×												×		
8.5.14	玻璃轉移溫度	×						×								

註^(a) 僅供圓筒容器經認證之設計而依該設計及使用目的所需之用的附加試驗。

^(b) 僅供直徑減少時採行之試驗。

^(c) 僅在厚度減少時採行之試驗。

^(d) 僅在厚壓力低於 60 bar 時採行之試驗。

^(e) 用於自緊壓力增加超過 15 %時。

^(f) 當圓筒容器設計相較於依 8.5.10 之扭力試驗只有螺紋不同時，應實施本試驗。

8.4 設計變更

8.4.1 若圓筒容器變更成另一種設計，則需一種列於表 1 的簡要型式認可試驗方案。

如果圓筒容器的改變在(a)至(l)的範圍內，則應認定是一種設計變更。

- (a) 圓筒容器之標稱長度的改變超過 5 %。
- (b) 標稱外徑的改變在 50 %以下。
- (c) 自緊壓力的改變超過 5 %或 10 bar 二者中較低者。
- (d) 設計壓力的改變會高達 60 %者。

備考：如果圓筒容器係準備用於且標示比設計認可所列定還低之試驗壓力，則其絕非一種新設計或設計變更。

- (e) 內膽之基本形狀及/或基本厚度已作有關該圓筒容器直徑及最小壁厚的改變。
- (f) 內膽的最小壁厚已經改變超過 5 %。
- (g) 因複合材料厚度的改變已在許可差範圍外，以致在設計申請送交或在包覆類型的改變已與需滿足直徑及/或長度之改變不同。
- (h) 使用同等黏造基材料時。環氧樹脂、乙醯基酯樹脂、以及聚酯纖維系統，其彼此間不具化學同等性，但兩種環氧樹脂基系統，如果疊層間剪力試驗達到最低要求且玻璃轉移溫度 T_g 在被更專換之系統以上時，則可被認為具化學同等性。
- (i) 使用同等外包覆纖維或鋼絲時。用同等外包覆纖維或鋼絲係由相同標稱原料、使用相同製程製造，具有相同物理結構及相同標稱物理性質。由相同前軀體製成之碳纖維得視為同等。醯胺纖維、碳纖維及玻璃纖維非屬同等。如有一種新同等纖維或鋼絲已被施以原型試驗供現存設計之用，則所有該製造商的現存原型試驗設計均視為係用該新纖維或鋼絲作過原型試驗，無需任何額外的原型試驗。
- (j) 如使用一種同等內膽，則：
 - (1) 同等內膽係指以相同標稱原料製造、使用相同製程、具有相同物理結構且平均抗拉強度與模量在經認可的圓筒容器設計之 $\pm 5\%$ 以內；
 - (2) 同等內膽材料應施以規定於 9.1.3 之材料試驗與規定於 8.5.3 的內膽爆裂試驗，且均需符合規定於 7.2.2 的最小要求事項；
 - (3) 如有一種新同等內膽已被施以原型試驗供現存設計之用，則所有該製造商的現存原型試驗設計均視為係用該新內膽作過原型試驗，無需任何額外的原型試驗。
- (k) 如該圓筒容器之螺紋已被改變；
- (l) 如圓筒容器之設計與經認可的設計相較僅有螺紋不同，僅應實施依 8.5.10 規定的扭力試驗。

8.4.2 以減少系列試驗之方式得到認可的圓筒容器(設計變更)，應不得被用來作為有減少一組試驗的第二次設計變更認可的基礎(亦即不允許由一個經認可之設計

作多次變更)。若在設計變更(A)時已施以落在二次變更(B)之測試要求範圍內的試驗，則用於(A)的結果得適用於新設計變更(B)試驗方案。然而，設計變更(A)不能作為任何新設計變更用參照資訊以判定其測試需求。

8.4.3 若設計變更包括超過一個的參數改變，則所有需依此等參數改變的試驗應僅能實施一次。

8.4.4 檢查者應決定未在表 1 規定的簡化試驗水準，但完整之認可設計應總是被用作為新設計變更之參照規範(亦即新設計變更應不得僅參照先前的設計變更而予以認可)。

8.4.5 附錄 C 可作為內膽材料及/或複合材料試驗合格證書之範例，以證明與先前型式認可之合格材料具同等性。

8.5 型式認可試驗程序與準則

8.5.1 耐壓試驗

8.5.1.1 程序

當實施壓力試驗時，應使用適當之流體(通常是水)作為試驗介質。本試驗需要在圓筒容器中的壓力作緩慢且有規則的增加直至達到該試驗壓力， p_h 。對於未滿 150 L 之圓筒容器，在圓筒容器與壓力源隔開下應維持該圓筒容器試驗壓力至少 30 s。若係 150 L 以上之管筒容器，則在圓筒容器與壓力源隔開下應維持該圓筒容器試驗壓力至少 120 s。在此時間過程中，所記錄之壓力應無減少(起因於試驗介質的溫度變化者除外)或任何洩漏跡象。在試驗過程中應採取適當之安全預防措施。

如在管路或裝接件處發生洩漏時，於修復該等洩漏後應對圓筒容器實施重新試驗。

若對圓筒容器施以自緊，則在自緊程序之後立即實施耐液壓試驗。

在試驗壓力下，界限偏差應為 $(p_h + 3) \%$ 或 $(p_h^{+10}_0)$ bar 二者中較低之值者。

應使用具適當準確度之壓力表。

在試驗之後應立即使圓筒容器所有內表面乾燥(確保無自由之水)。

作為替代方式，得使用氣壓試驗，但要採行適當之措施以確保安全操作，且要容納任何可能釋出之能量，這是比液壓試驗還要更加重視之事。

8.5.1.2 準則

若圓筒容器有洩漏、無法維持壓力或在圓筒容器壓力洩放後有可見的永久變形，則應判定為不合格。

備考：樹脂的裂痕不需當作永久變形的跡象。

8.5.2 液壓容積膨脹試驗

8.5.2.1 程序

當實施本試驗時，應使用適當之流體(例如：通常是水)作為試驗介質。本試驗需要在圓筒容器中的壓力作緩慢且有規則的增加直至達到該試驗壓力， p_h 。

對於未滿 150 L 之圓筒容器，在圓筒容器與壓力源隔開下應維持該圓筒容器試驗壓力至少 30 s。若係 150 L 以上之管筒容器，則在圓筒容器與壓力源隔開下應維持該圓筒容器試驗壓力至少 120 s。在此時間過程中，所記錄之壓力應無減少(起因於試驗介質的溫度變化者除外)或任何洩漏跡象。在試驗過程中應採取適當之安全預防措施。

如在管路或裝接件處發生洩漏時，於修復該等洩漏後應對圓筒容器實施重新試驗。

每一圓筒容器在試驗壓力， p_h ，下的全容積膨脹與該圓筒容器於壓力釋放後之永久容積膨脹應加以記錄。然後還建立每一圓筒容器在試驗壓力下的彈性膨脹(亦即全膨脹少於永久膨脹)。

若對圓筒容器施以自緊，則在自緊程序之後立即實施耐液壓試驗。

在試驗壓力下，界限偏差應為 $(p_h + 3) \%$ 或 $(p_h^{+10}) \text{bar}$ 二者中較低之值者。

在試驗之後應立即使圓筒容器所有內表面乾燥(確保無自由之水)。

8.5.2.2 準則

如有下列情形應將該圓筒容器判定為不合格：

- (a) 有洩漏或無法維持壓力；
- (b) 有永久膨脹(亦即在壓力被釋放後的容積膨脹)超過全膨脹的 5 %。

8.5.3 內膽爆裂試驗

8.5.3.1 程序

應將一個內膽以不超過 5 bar/s 之速率作液壓試驗直至被加壓破壞。該試驗應在周圍狀態條件下實施。

應監測並記錄之參數如下：

- (a) 爆裂壓力；
- (b) 破片數目；
- (c) 不合格之說明；
- (d) 壓力-時間曲線或壓力-容積曲線。

8.5.3.2 準則

最低爆裂壓力， p_{bl} ，應 $\geq 0.85 \times p_h$ ，此處的 p_h 為該圓筒容器設計試驗壓力，且應不低於規定於送交之設計申請書(7.2.2)中規定的最低爆裂壓力。失效破裂應最先發生在內膽側壁，且內膽應保持在單片狀態。

8.5.4 圓筒容器爆裂試驗

8.5.4.1 程序

應將 3 個圓筒容器以不超過 10 bar/s 之速率作液壓試驗直至被加壓破壞。該試驗應在周圍狀態條件下實施。在開始試驗之前，應確保系統內無空氣滯留。

應監測並記錄之參數如下：

- (a) 爆裂壓力；

- (b) 不合格之說明；
- (c) 壓力-時間曲線或壓力-容積曲線。

8.5.4.2 準則

- (a) 爆裂壓力應超過圓筒容器製造商所規定之最低設計爆裂壓力(參照 7.2.4)。
- (b) 若係碳纖維強化之圓筒容器，則爆裂壓力， p_b ，應不低於 $1.67 \times p_h$ 。此處之 p_h 為試驗壓力。
- (c) 若係醃胺纖維或玻璃纖維強化之圓筒容器，則爆裂壓力， p_b ，應不低於 $2.00 \times p_h$ 。
- (d) 具試驗壓力之圓筒容器。

8.5.5 周圍狀態循環試驗

8.5.5.1 具 60 bar 以上試驗壓力之圓筒容器。

8.5.5.1.1 一般

若容器目的僅供一種以上特定氣體使用，該設計得稱為供專屬氣體使用。允許充填於該圓筒容器中的氣體應在圓筒容器標籤上可被清楚辨識(參照 10.2)。

8.5.5.1.2 程序

應對 2 個圓筒容器施以液壓循環試驗，如係供未指定之氣體用者，至試驗壓力， p_h ，如係供指定專用氣體使用者，為具有最高生成壓力之氣體在 65 °C 時的最高生成壓力， p_{max} 。

實施試驗應使用一種非腐蝕性的液體，在周圍狀態條件下，以一種上循環壓力對圓筒容器施以連續反復試驗，該壓力等於液壓試驗壓力， p_h ，或在 65 °C 時之最大生成壓力，如適當。

下循環壓力之值應不超過上循環壓力的 10 %，但應有 30 bar 的絕對最大值。壓力反復的頻率應不超過 0.25 Hz (每分鐘 15 循環)。

在試驗過程中，在圓筒容器外表面的溫度應不超過 50 °C。

應監測並記錄之參數如下：

- (a) 圓筒容器之溫度；
- (b) 達到上循環壓力之循環數；
- (c) 最低與最高循環壓力；
- (d) 循環頻率；
- (e) 所使用之試驗介質；
- (f) 失敗模式，若適當。

8.5.5.1.3 準則

2 圓筒容器均能承受 N 加壓循環至試驗壓力， p_h ，或 N_d 加壓循環至最高生成壓力， p_{max} ，而不會因爆裂或洩漏而失效，該等值由公式(1)及(2)決定：

$$N = t \times 250 \dots\dots\dots(1)$$

$$N_d = t \times 500 \dots\dots\dots(2)$$

上式中， t 為設計使用年限之年數，應為一整數，不少於 15。

試驗應繼續下一輪 N 或 N_d 循環，或直到圓筒容器因洩漏而不合格，以先發生者為準。無論是那一種情形，圓筒容器均已通過該試驗。然而，若在此第二部分之試驗中，是因為爆裂而失敗，則該圓筒容器應已無法通過該試驗(參照表 2)。

若圓筒容器係設計為通過 12,000 次液壓循環至試驗壓力或 24,000 次循環至最高生成壓力，並在試驗中到達此一水準，則就應無需限制圓筒容器的使用年限。

表 2 周圍狀態循環試驗準則

	第一部分	第二部分
循環數目	0 至 N	N 至 $2N$ 但 $2N$ 在 12,000 以下
	0 至 N_d	N_d 至 $2N_d$ 但 $2N_d$ 在 24,000 以下
準則	無洩漏/爆裂=合格	
	無洩漏或爆裂	洩漏=合格
	通過第一部分	爆裂=不合格

8.5.5.2 未滿 60 bar 試驗壓力之圓筒容器。

8.5.5.2.1 程序

應對 2 個圓筒容器施以液壓循環試驗至試驗壓力。應使用一種非腐蝕性的液體在周圍狀態條件下實施試驗，以一種上循環壓力等於液壓試驗壓力， p_h ，對圓筒容器施以連續反復試驗。下循環壓力之值應不超過上循環壓力的 10 %。壓力反復的頻率應不超過 0.25 Hz (每分鐘 15 循環)。

在試驗過程中，圓筒容器外表面的溫度應不超過 50 °C。

應監測並記錄之參數如下：

- (a) 圓筒容器之溫度；
- (b) 達到上循環壓力之循環數；
- (c) 最低與最高循環壓力；
- (d) 循環頻率；
- (e) 所使用之試驗介質；
- (f) 失敗模式，若適當。

8.5.5.2.2 準則

2 圓筒容器均能承受 N 加壓循環至試驗壓力， p_h 。若圓筒容器係設計為通過 12,000 次液壓循環至試驗壓力，並在試驗中到達此一水準，則就應無需限制圓筒容器的使用年限。

8.5.6 環境循環試驗

8.5.6.1 一般

在環境艙中實施本試驗。用一個圓筒容器，試驗時應無塗漆或可移除之保護塗層及/或外封裝。

8.5.6.2 程序

將被試驗之圓筒容器應在周圍狀態大氣壓下以合適之介質(例如：一種無腐蝕性液體)充填，使之由環境溫度用至試驗極端溫度時其性質不會降低。將圓筒容器作狀態調整，並充填加壓介質，在大氣壓力之下放置 48 h，溫度介於 60 °C與 70 °C之間、相對溼度在 90 %以上。為達此要求可在艙室中噴撒連續細水滴或水霧並維持在 60 °C與 70 °C之間。然後將該要被試驗之圓筒容器安裝入溫度與濕度皆符合試驗要求的環境艙室中。將該要被試驗之圓筒容器連接至架設在該環境艙室外部之可符合圓筒容器壓力循環要求的壓力源。

將該圓筒容器密封在該環境試驗艙中，並依(a)至(c)實施。

- (a) 實施熱循環試驗階段，由圓筒容器在周圍狀態溫度、壓力及濕度開始。改變試驗艙環境直到圓筒容器表面溫度到達 60 °C與 70 °C之間。使用以周圍狀態溫度供應之外部加壓介質在 $0.67 \times p_h$ 及未滿工作壓力(試驗壓力之 6.67 %)之 10 %間循環實施 5,000 次。

循環頻率每分鐘不超過 5 次循環。在試驗過程中，圓筒容器表面溫度應維持在 60 °C及 70 °C之間(例如：藉由調節環境艙室參數及壓力循環頻率達成)。一旦達成所需次數之壓力循環，即釋放該圓筒容器內部壓力並將其溫度穩定在約 20 °C。

- (b) 在周圍狀態實施冷循環試驗階段，由圓筒容器在周圍狀態溫度、壓力及濕度下開始。改變試驗艙環境直到圓筒容器表面溫度到達-50 °C與-60 °C之間。使用以周圍狀態溫度供應之外部加壓介質在未滿工作壓力(試驗壓力之 6.67 %)之 10 %與 $0.67 \times p_h$ 之間循環實施 5,000 次。循環頻率每分鐘應不超過 5 次循環。

在試驗過程中，圓筒容器表面溫度應維持在-50 °C與-60 °C之間(例如：藉由調節環境艙室參數及壓力循環頻率達成)。一旦達成所需次數之壓力循環，即釋放該圓筒容器內部壓力並將其溫度穩定在約 20 °C。

- (c) 依 8.5.4 實施爆裂試驗。

應監測並記錄之參數如下：

- (1) 整個試驗過程圓筒容器之表面溫度；
- (2) 試驗艙濕度；
- (3) 圓筒容器加壓所使用之介質；
- (4) 所完成之壓力循環數目(到達所需試驗壓力，例如： $p_{max d}$ ，之全部循環)；
- (5) 每一試驗到達的最低與最高循環壓力；

- (6) 壓力循環頻率；
- (7) 規定於 8.5.4 之參數。

8.5.6.3 準則

- (a) 以碳纖維強化之圓筒容器的爆裂壓力， p_b ，應不小於 $1.5 \times p_h$ 。
- (b) 以醃胺纖維強化之圓筒容器的爆裂壓力， p_b ，應不小於 $1.7 \times p_h$ 。
- (c) 以玻璃纖維強化之圓筒容器的爆裂壓力， p_b ，應不小於 $1.7 \times p_h$ 。

8.5.7 高速撞擊(槍擊)試驗

8.5.7.1 一般

如係供軍事用途則本試驗為義務，其他用途者為選擇項目。

8.5.7.2 程序

應將一支圓筒容器以空氣、氮氣或是供容裝的氣體充填至工作壓力， p_h ，($0.67 \times p_h$)。

警告：應採行適當的措施以確保操作的安全並可容納任何被釋放的能量。

該圓筒容器應妥為定位，使發射物之撞擊點在管筒容器側壁標稱角度 90° 處。直徑超過 120 mm 之圓筒容器應以 7.62 mm (0.3 內徑) 之穿甲彈(長度在 37 mm 與 51 mm 之間)以標稱速度 850 m/s 加以撞擊。該子彈應由不超過 45 m 之距離處發射。試驗後，在將圓筒容器從試驗座移開前應先使容器安全排放。

應監測及記錄之參數如下：

- (a) 發射物(子彈)之型式；
- (b) 初始壓力；
- (c) 不合格之描述；
- (d) 進入及穿出開口的大約尺寸。

8.5.7.3 準則

圓筒容器仍保持單片。若上述發射物並未穿透圓筒容器，則該圓筒容器通過本試驗。

8.5.8 耐火試驗

8.5.8.1 一般

本試驗之目的在證實該圓筒容器設計應符合下列情形：

- (a) 如使用一種特定的釋壓裝置(PRD)，則在暴露於試驗之火焰中時，不會爆裂；或
- (b) 如在供使用時不使用壓力釋放裝置，則在試驗之火焰中尚可承受一段最小規定時間；

若裝設壓力釋放裝置(PRD)是防止在實際使用時遭遇火災之際可以防止失效，則本試驗為強制性，而供其他用途使用則為選用。一種用於使用時裝有熱釋放裝置的圓筒容器之選用耐火試驗，列示於附錄 D。

8.5.8.2 程序

8.5.8.2.1 一般

2 圓筒容器應作下列之一的方式裝接：

- (a) 供使用的特定閥類與 PRD 類；或
- (b) 如在使用時不會用到 PRD，則需一種適合的方法以供在完成試驗後將壓力釋放。這得包括一種遙控閥，或一種裝有破裂盤的適用閥，或是熱釋放裝置。

若試驗是與預期在使用時會用到的 PRD 及閥[亦即選(a)]一齊試驗時，則閥與 PRD 類的規格應標示在設計圖與認可證書上。

該圓筒容器應以空氣或氮氣或是預定供使用之氣體充填直至工作壓力 ($0.67 \times p_h$)，或如果是應用於 LPG，則將 LPG 充填至最大許可充填比。

水容積 50 L 以下之圓筒容器，應施以一個水平耐火試驗及一個垂直耐火試驗；而若是水容積超過 50 L 之圓筒容器，則應施以 2 個水平耐火試驗。

任何燃料均得用於當作火源，只要其供應均勻的熱足夠維持所規定的試驗溫度直到該圓管容器洩氣。選擇燃料應考量污染問題。試驗開始時機，應由一個熱偶到達 590 °C 的溫度開始，在往後的試驗至少需要有兩個熱偶測到至少 590 °C 之溫度。

該圓筒容器應以如下之垂直或水平位置加以試驗：

8.5.8.2.2 水平試驗

應將一圓筒容器水平放置，使火焰中心在圓筒容器的中點且圓筒容器最低部分距離火源頂端約 0.1 m。釋放裝置應加遮護以避免被直接火焰觸及。

表面溫度應以沿著圓筒容器底部配置之熱偶加以監測，彼此間隔在 0.75 m 以下，並以最小厚度為 0.4 mm 的金屬護罩加以遮護，以避免火焰直接觸及。應使用長度為 1.65 m 的均勻火源，可以包封住圓筒容器整個直徑，並產生一 590 °C 以上之溫度。該圓筒容器應暴露在火中直到洩氣至壓力低於 7 bar。試驗後，應將該圓筒容器廢棄使之無法再供使用。

8.5.8.2.3 垂直試驗

應將一圓筒容器垂直放置(如圓筒容器設有一個閥及 PRD，閥在最上方位置)，使圓筒容器的最低部分距離火源頂端約 0.1 m。釋放裝置應加遮護以避免被直接火焰觸及。

對於水容積在 20 L 以下的圓筒容器，應構建一 1 m × 1 m 的火源。若是水容積超過 20 L 但在 50 L 以下的圓筒容器，應構建一 1.65 m × 1.65 m 的火源，且該圓筒容器的朝向如上所述。

火源應能產生 590 °C 以上的溫度，表面溫度應以位在圓筒容器下列處之熱偶加以監測：若圓筒容器的長度在 30.5 cm 以下，一個熱偶在圓筒容器的頂部，一個熱偶在圓筒容器的基部，均要以最小厚度為 0.4 mm 的金屬護罩加以遮

護，以避免火焰直接觸及。若圓筒容器的長度大於 30.5 cm，則應在圓筒容器的側壁中點加設一熱偶。該圓筒容器應暴露在火中直到洩氣至壓力低於 7 bar。試驗後，應將該圓筒容器廢棄使之無法再供使用。

應監測及記錄之參數如下：

- (a) 壓力釋放裝置的型式及特性；
- (b) 啟動壓力；
- (c) 洩漏位置；
- (d) 溫度；
- (e) 時間。

8.5.8.3 準則

- (a) 對設定要裝接特定之壓力釋放裝置的圓筒容器，應經由該壓力釋放裝置排放。(如有規定並使用其他設計之壓力釋放裝置，則應重複本試驗)。
- (b) 若圓筒容器無特定的壓力釋放裝置則應在下列過程中不會爆裂：
 - (i) 如係 150 L 未滿之圓筒容器，由耐火試驗開始 2 min 之期間。
 - (ii) 如係 150 L 以上之圓筒容器，由耐火試驗開始 5 min 之期間。

圓筒容器可能會經由其表面洩漏，或壓力釋放裝置可能在上述規定的時間前排放。
- (c) 若圓筒容器的試驗壓力低於 60 bar，且設定係供運送液化易燃氣體(例如：LPG)之用，則該圓筒容器在 20 min 期間應不得破裂。在該圓筒容器壁或其他裝置(例如：閥)在試驗的任何階段中氣體得經由壓力釋放裝置排出。

8.5.9 鹽水浸漬試驗

8.5.9.1 一般

本試驗對設定供水下應用之所有圓筒容器及以鋼絲強化之圓筒容器屬強制性，但若作其他應用則不需要。

8.5.9.2 程序

該圓筒容器應未予塗漆，但加工供設定之應用者除外。內膽得加以塗漆或以任何方式作防蝕保護，這些包括在提交之設計申請中。

(a) 浸漬期間

應將 2 個封閉未加壓的圓筒容器，在 20 °C 以上之溫度下，浸漬在一種含有 35 g/L 氯化鈉水溶液達 1 h 及 2 h 之間的期間。

在 2 h 之後，增加該圓筒容器之液壓至 $0.67 \times p_h$ ，並維持該壓力 22 h 以上。

(b) 放乾期間

經加壓後之圓筒容器然後應由該鹽水移出，自然放乾，在周圍狀態大氣中作狀態調整 22 h 以上。

在這放乾期間，應對該圓筒容器加壓。該圓筒容器之液壓應增加至 $0.67 \times$

ph，並維持該壓力 2 h 以上。

然後應將壓力釋放。重複包括這 2 個期間(a)及(b)之循環 45 次。

於完成這些試驗後，應對兩個圓筒容器之中的一個依 8.5.4 施以液壓及至爆裂，而另一個圓筒容器則依 8.5.5 施以壓力循環。

應監測及記錄之參數如下：

- (1) 溶液之溫度，至少每日一次；
- (2) 充填壓力；
- (3) 浸漬持續時間；
- (4) 規定於 8.5.4 之參數；
- (5) 規定於 8.5.5 之參數；

8.5.9.3 準則

(a) 爆裂壓力，pb，應不低於該複合材料圓筒容器設計的 $1.67 \times ph$ 。

(b) 第二支圓筒容器應符合 8.5.5 周圍狀態循環試驗之準則。

8.5.10 扭力試驗

8.5.10.1 一般

本試驗僅適用於有錐度(推拔)螺紋的圓筒容器。

8.5.10.2 程序

圓筒容器本體應以一種可以防止其轉動的方式加以撐持。該圓筒容器應裝上合用的閥或有螺紋栓塞，如係相關之內膽材料，旋緊至 ISO 13341 所規定之最大扭力的 110 %，或若是 ISO 13341 不適用，則採製造商的建議值。

應監測及記錄之參數如下：

- (a) 閥之型式與栓塞材料；
- (b) 閥操作程序；
- (c) 施加之扭力。

8.5.10.3 準則

圓筒容器頸部及螺紋應維持在藍圖與儀表計器的許可差範圍內。

8.5.11 環境促進之應力破裂試驗

8.5.11.1 程序

本試驗僅對將玻璃纖維與醃胺纖維作為承受壓力應用之圓筒容器實施。對於設計使用年限達 20 年者，應以 2 個圓筒容器以液壓加壓至試驗壓力，ph，並維持在該壓力下 1,000 h，對於設計使用年限在 20 年以上者，該試驗應維持 2,000 h。試驗應在最低溫度 $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相對濕度在 95 %以上時實施。使用噴水或將圓筒容器懸掛在符合本試驗要求的水浴上。於此試驗後，應對圓筒容器實施爆裂試驗(參照 8.5.4)。

應監測及記錄之參數如下：

- (a) 溫度與相對濕度，至少每日 2 次；

- (b) 圓筒容器壓力，至少每日 2 次；
- (c) 爆裂壓力。

8.5.11.2 準則

圓筒容器應無出現任何可視之變形或纖維鬆開(散開)，且爆裂壓力， p_b ，應在規定相關纖維爆裂試驗(參照 8.5.4)之最低爆裂水準的 100 % 以上。

8.5.12 掉落試驗

8.5.12.1 一般

本試驗僅適用於具有試驗壓力 ≤ 60 bar 的圓筒容器。

8.5.12.2 程序

應將 2 個圓筒容器以水充填至 50 % 之容積，並裝上一直徑不大於頸部直徑的鋼質或鋁質的栓塞，以保護螺紋及密封表面。

應使該二圓筒容器掉落 2 次，在如圖 1 所示之 5 個位置中的一處，由高為 1.2 m 處落至平滑的混凝土表面或一至少 10 mm 厚的保護用鋼板。

掉落表面應足夠平坦，使在表面上任何不同兩點的高差不超過 2 mm。一個圓筒容器應被施以 8.5.4 中的爆裂試驗，另一個應被施以 8.5.5 的壓力循環試驗。

尺度單位：mm

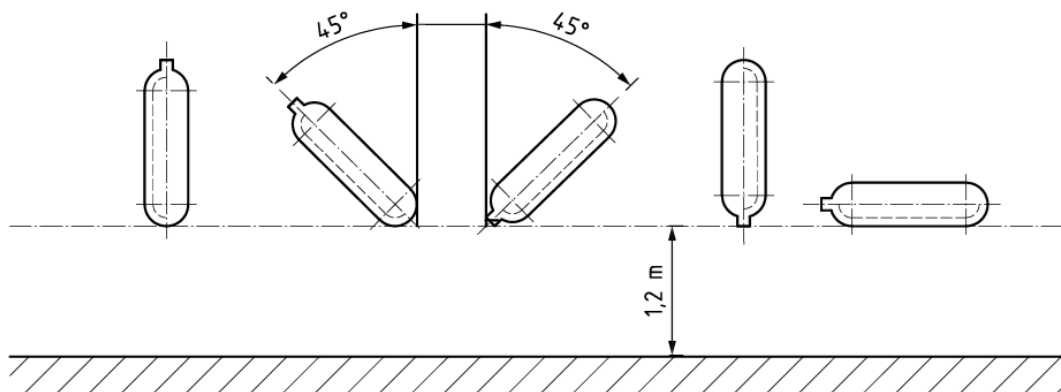


圖 1 掉落試驗

應監測及記錄之參數如下：

- (a) 於每一次掉落後之外觀－記錄撞擊損傷之位置與尺度；
- (b) 規定於 8.5.4 之參數；
- (c) 規定於 8.5.5 之參數；

8.5.12.3 準則

第一個圓筒容器：爆裂壓力， p_b ，應在相關纖維爆裂試驗(參照 8.5.4)所需之最低爆裂水準的 100 % 以上。

第二個圓筒容器：該圓筒容器應符合周圍狀態循環試驗(參照 8.5.5)要求事項。

8.5.13 樹脂剪力強度

黏造基材材料應加以試驗，以一代表該外包覆之樣片依 ISO 14130 或同等標準為之。若黏造基材材料係改變自原始設計的黏造基材材料，則應重複本試驗。

備考：應實施疊層間剪力試驗，以相同的條件使用相同的試樣。於浸泡在沸水中 24 h 後，該複合材料應具有一最小為 13.8 MPa 之剪力強度。

8.5.14 玻璃轉移溫度試驗

黏造基材材料的玻璃轉移溫度應依 ASTM E1356-08 或同等標準試驗。若黏造基材材料係改變自原始設計的黏造基材材料，則應重複本試驗。黏造基材材料應符合圓筒容器製造商規定的最低玻璃轉移溫度。

8.6 型式認可試驗不合格

如果發生無法符合試驗要求事項之情事，則對造成不合格之緣由加以調查並應依 9.6 實施再試驗。

9. 批次檢查與試驗

9.1 內膽

9.1.1 每一批次之內膽均應加以查驗及作尺度檢查，以確保符合設計規格。該檢查係依列於(a)至(f)之製造者的品質保證程序：

- (a) 成品之外部與內部的目視檢查；
- (b) 尺度；
- (c) 應避免在內膽頸部處之頸部皺摺、內部皺摺。若材料平滑束集於頸部而無銳利根狀皺摺應可被接受；
- (d) 最小壁厚；
- (e) 水容積；
- (f) 螺紋合適性。

9.1.2 若圓筒容器成品被施以耐液壓試驗，則 100 %之內膽(如渠等經熱處理)在作熱處理之後，應施以依 ISO 6506-1 或 ISO 6508-1 規定之硬度試驗，且應達到 7.2.2 中所規定之界限範圍。

若圓筒容器成品被施以液壓容積膨脹試驗，則有 5 %之內膽應施以依 ISO 6506-1 或 ISO 6508-1 規定之硬度試驗，且應達到 7.2.2 中所規定之界限範圍。

9.1.3 對於經熱處理之內膽，應由每一批次內膽抽取一支內膽加以試驗，以驗證其機械性質符合依內膽材料相關標準(參照第 2 節)之最低設計要求。對於水容量超過 10 L 之圓筒容器，得提送熱處理用之代表試樣。

9.1.4 對於非經熱處理之內膽，應由每一批次內膽抽取一支內膽依爆裂試驗(8.5.3)之規定加以試驗，以驗證其機械性質符合最低設計要求。

9.1.5 試驗實施記錄應由圓筒容器製造商保存。試驗合格證書之適當格式為如附錄 B 所示。

9.1.6 如發生無法符合試驗要求事項之情形，則進行調查造成不合格的原因，並應依

9.2 實施再試驗。

9.2 內膽批次試驗不合格

9.2.1 如果有任何試驗結果不能符合規定，且若檢查者也認為這是實施該試驗過程錯誤導致，則得在被授權下可以使用另外之相同內膽，或如不可能，由製造商按照下列(a)或(b)方式之一，實施再試驗：

(a) 有問題的試驗應以同批次之內膽或試驗環重作，如果結果符合要求則該批次應被接受。

(b) 如果熱處理已顯示不合適，則內膽應依 9.1.2 與 9.1.3 再作處理、再試驗。若結果符合要求，則該批次應被接受。此種再處理僅能實施一次。

9.2.2 若熱處理爐之記錄顯示人工老化不適當，則應在該老化溫度下給予額外多出之時間。

9.2.3 如果試驗結果，已經允許作過再試驗或再熱處理，但仍不符合要求，則該批次之內膽應廢棄使之不能再供使用。

9.3 外包覆材料

9.3.1 供應商的材料特性合格證書應用於符合性之驗證。纖維強度應不少於列於 7.2.3 之資料的規定。

9.3.2 若無合格證明，則每一批次之單絲材料應施以股東浸漬試驗(impregnated strand test)，玻璃纖維依 ISO 3341、醃胺依 ASTM D7269、碳纖維依 ISO 10618 或同等標準。纖維強度應不少於列於 7.2.3 之資料的規定。

9.3.3 每一批次之鋼絲材料應依 ISO 6892-1，或同等標準，施以抗拉試驗。該鋼絲強度應不小於列在 7.2.3 中之文件的規定。

9.4 複合材料圓筒容器

9.4.1 檢查者應確認其設計、製造、檢查、及試驗皆依本標準實施。合格證書之範例列示於附錄 B。

9.4.2 每一批次之複合材料圓筒容器應加以查驗及檢查以確保符合設計標準。應依製造商的品保程序實施下列各項檢查：

(a) 成品外部及內部表面完成的目視檢查；

(b) 尺度；

(c) 標示；

(d) 水容量；

(e) 質量；

(f) 清潔度；

(g) 纖維張力(如可行)。

9.4.3 圓筒容器成品外部及內部表面應無缺陷及來自製造過程的殘留物，這將會對圓筒容器的安全工作造成有害的影響。

備考：有關在金屬內膽上的可能缺陷指引，參照 ISO 9809-1、ISO 9809-2、ISO

9809-3 及 ISO 7866。

9.4.4 每一完整的圓筒容器均應在 7.2.4 規定的設計壓力下，施以耐液壓試驗(依據 8.5.1)，或容積膨脹試驗(依據 8.5.2)，如在製造商品質保證程序中的規定。

9.4.5 每 5 批次(最多為連續製造 1,000 支)圓筒容器成品至少有一支要被施以壓力循環試驗。該將被試驗的圓筒容器係由該 5 批次隨機抽選。如果該圓筒容器不合格，試驗的所有 5 批次均不能放行，直到完成依 9.5 規定實施的調查。

該圓筒容器應施以液壓循環試驗，如係供非特定氣體使用，至試驗壓力， p_h ，或如供指定氣體使用，為至 65 °C 時的最大生成壓力， p_{max} 。該程序應依 8.5.5 之規定，除非因符合設計而得停止試驗，於實施下列過程後：

- 12,000 次液壓循環至試驗壓力；
- 24,000 次液壓循環至最高生成壓力；
- 由公式(3)與(4)所決定之 N 或 N_d 循環。

$N = t \times 250$ 循環至試驗壓力，設計使用年限之每年(3)

$N_d = t \times 500$ 循環至最高生成壓力，設計使用年限之每年(4)

上式中， t 為設計使用年限之年數。

試驗壓力為 60 bar 以上之圓筒容器應能承受 N 加壓循環至試驗壓力， p_h ，(至最大 12,000 循環)，或 N_d 加壓循環至最高生成壓力， p_{max} ，(至最大 24,000 循環)，而不會因爆裂或洩漏而失效不合格。

試驗壓力為未滿 60 bar 之圓筒容器應能承受 12,000 加壓循環至試驗壓力， p_h ，不會因爆裂或洩漏而失效不合格。

9.4.6 每一批次之圓筒容器成品應抽一支圓筒容器依 8.5.4 施以爆裂試驗。

備考：經施以壓力循環試驗(參照 9.4.5)之圓筒容器得用於本試驗。應依規定於 8.5.4 對使用相關纖維圓筒容器爆裂試驗之準則的規定。

9.5 在型式認可或批次試驗時不合格的圓筒容器

9.5.1 如果發生在製造過程(批次試驗)無法符合試驗要求，或當設計型式認可試驗無法得到滿意的結果之情事時，應實施造成失效原因之調查及再試驗。

9.5.2 如果在實施試驗時有錯失之跡證，或量測之錯誤，如有可能，應對同一個圓筒容器施以第二次試驗。而若不可能，則對由該批次隨機抽選的一支圓筒容器實施。如果此試驗之結果符合要求，則第一次試驗可以略而不計。

9.5.3 如果試驗係在令人滿意的情況下實施，則採下列情形之一：

- (a) 應確認造成失效不合格的原因，且遵照詳列於 9.5.4 或 9.5.5 之程序；或
- (b) 應將該批次廢棄使之不能再供使用。

9.5.4 若已查明造成失效的原因，則該有瑕疵的圓筒容器得以經認可的方法回收或應加以廢棄。所有由該不合格圓筒容器代表的批次之圓筒容器應加以試驗，分成合格與不合格的兩個批次。對兩個批次都以 8.5.4 或 8.5.5 (如可能) 所要求的數量重複失效試驗。在 100 % 的批次試驗中若發現不合格者，只有經過修復的才

需作再試驗。如果有一個以上之試驗證實即使只是部分不合格，則該試驗所涵蓋的該批次所有圓筒容器應加以廢棄。

9.5.5 替代方式是，造成不合格的原因可被調查，且這顯示的該批次之有缺陷圓筒容器應由該批次移除，並以 8.5.4 或 8.5.5 所要求的數量(如可能)重複原批次失效試驗。

9.5.6 如果一批次無法在第二系列試驗中合格，則該批次圓筒容器應加以廢棄使之無法保持有壓力之氣體。

10. 圓筒容器標示

10.1 一般

每一符合本標準規定之圓筒容器成品，除了空筒質量應為標稱質量外，應被永久清晰的依 ISO 13769 標示及依 ISO 13769 加標籤。

打印標示應在低應力處。

備考：某些國家可能存在不同規定。

10.2 附加標示

10.2.1 如適用，應以一種永久性、耐用性的標籤永久且清晰的標示在表面，或以一種標籤嵌入在樹脂內或是在玻璃纖維層下。標籤包括之適用資訊係視圓筒容器的用途而定，但應由如下所列選擇：

- (a) 若圓筒容器係供指定氣體使用：“**警告**：本管筒容器僅能供充填<氣體名稱>”。
- (b) 若圓筒容器裝有經認證的特定 PRD (參照 8.5.8)：“**警告**—本圓筒容器係與<名稱>壓力釋放裝置一齊經認可”。
- (c) 若裝接扭力非與列於 ISO 13341 之閥一致或該螺紋未列於 ISO 13341 者：“最大扭力<製造商建議之扭力>”。
- (d) 永遠裝接於圓筒容器且形成品質設計之一部分的構件明細(頸環、保護靴等)並指示渠等在定期檢查時不得被移除。
- (e) 其他額外附加標示，如再試驗日期、顧客名稱等。

10.2.2 所有標籤應以字高不少於 3 mm 之文字清楚標示。

附錄 A

(參考)

設計認可證書例

設計認可證書－450 L 以下環繞包覆纖維強化複合材料氣體圓筒容器與管筒容器
發行單位：.....(相關權責機關)
以適用 ISO 11119-1 為準，氣體圓筒容器－可再充填複合材料氣體圓筒容器與管筒
容器之設計、構造與測試－第 1 部：450 L 以下環繞包覆纖維強化複合材料氣體圓
筒容器與管筒容器_____認可日期.....編號.....
管筒容器說明 (接受型式認可管筒容器家族)
製造商之圖號
設計使用年限.....水下.....特殊扭力.....壓力釋放裝置
內膽熱處理 細節

管筒容器成品		內膽	內膽	筒環	複合材料	
容量	L	材料			纖維	
試驗壓力	bar	最小厚度 mm			纖維抗拉強度	MPa
直徑	mm	最小降伏強度 MPa			纖維模組	GPa
長度	mm	最小抗拉強度 Mpa			黏造基材成分	
螺紋		伸長率 %			剪力強度	MPa

相容氣體類
製造商或代理商 (製造商或代理商名稱與地址)
.....
.....
型式認可標示.....
設計認可用之設計查驗結果詳細內容在型式認可報告中詳細說明
.....
.....
所有資訊之取得窗口..... (認證者之姓名及地址)
.....
.....
日期
地點
簽名.....

附錄 B
(參考)
試驗片試驗報告

認證機構報告內容：

環繞包覆纖維強化複合材料氣體圓筒容器與管筒容器製造

.....

.....

檢查者

檢查者之標示.....

合格證書號碼.....

地點 日期

圓筒容器製造商.....

製造商標示

委造者

交付者.....

數目尺寸(mm)外徑長

序號 至 包括

標準圖號

液壓試驗日期

試驗壓力(bar)

水容積(L).....

氣體..... 充填壓力(永久)(bar)

充填率(經液化) (bar)

容器質量(kg)最小 最大不含閥

最小..... 最大.....含閥

備考：下列括號內之項目係本標準節次

每一內膽係由以樹脂浸漬之單絲纖維強化作完全外包覆的無縫內膽製成

指定之內膽材料 供應者 分析數值在要求範圍內

每一內膽經由認可製程製造。機械性試驗結果符合要求(參照 9.1.3).

外包覆係在經控制之拉伸力下施以包覆

玻璃碳 醃胺

指定

供應者

指定的浸漬樹脂

製造者.....

由包裝號碼辨識並於包覆至製造商的標準後硬化。

單絲股束強度及強化力已經驗證並符合要求。

在強化單絲纖維上的計算應力水準符合設計要求。

每一內膽均已施以耐液壓試驗(參照 8.5.1) 或容積膨脹試驗 (參照 8.5.2)均在所述壓力之上。

批次壓力循環試驗與爆裂試驗均符合要求。

每一內膽均依 ISO 11119-1, (第 10 節)要求加以標示。

綜上所述，茲證明每一上述之內膽完全符合 ISO 11119-1 之規定事項。.

製造商代表

.....
.....
檢查者代表

.....
.....
試驗片試驗報告(續)

1. 內膽機械性試驗

批號 代碼試驗片 0.2 %降伏 抗拉 伸長率 (%)

尺度強度強度

mmMpa MPa

製造商代表.....

2. 複合材料圓筒容器液壓容積膨脹試驗證明

客戶訂單號碼.....試驗到達壓力並符合

製造商號碼

容器 鑄造 膨脹率膨脹率 膨脹率全質量 質量水試驗日期

號碼 號碼 在 10 %時 在 ph 時 在 ph -(kg)空筒 容積

膨脹率(kg)(L)

在 10 %時

證明單位..... 代表者日期.....

(製造商用)

證明者日.期

(檢查者用)

附錄 C
(參考)
同等性能試驗報告

認證機構報告內容：

內膽材料及/或複合材料之試驗，以證明與由前一型式認可的經認可材料具同等性

.....
檢查.....
檢查者標示.....
合格證書號
碼.....
地點.....
日期

圓筒容器製造商.....
製造商標示.....
委造者.....
交付者.....

內膽材料

內膽及金屬管環之文件應包括(但不限於)：

- －同等內膽係指與經認證之設計以相同標稱原料製造、使用相同製程、具有相同物理結構及相同標稱物理特性。
- －同等內膽材料應施以規定於 9.1.3 之材料試驗與規定於 8.5.3 的內膽爆裂試驗，且均需符合規定於 7.2.2 的最小要求事項及 8.5.3 的準則。

設計準則	經認可之設計	同等設計
內膽材料包括化學分析界限範圍		
製程		
物理結構及標稱物理特性		
在 9.1.2 或 9.1.3 中之材料試驗		
在 8.5.3 中之內膽爆裂試驗		

複合材料

複合外包覆材料之文件應包括(但不限於)：

設計準則	經認可之設計	同等設計
纖維材料、原料、製程、 物理結構		
平均抗拉強度及模量		

綜上所述，茲證明每一上述之內膽及/或纖維材料與由前一型式認可的經認可之圓筒容器的內膽及/或纖維材料具同等性，其設計依據 ISO 11119-1 之規定事項。.

製造商代表

.....
.....

檢查者代表

.....
.....

附錄 D

(參考)

熱致動壓力釋放閥之標準化試驗要求事項

D.1 一般

本篝火試驗(bonfire test)係設計以顯示在設計中規定有完整火災保護系統(圓筒容器閥、PRD 及/或整體熱絕緣)的圓筒容器成品，在規定的火災條件下試驗時，能防止圓筒容器之破裂。此試驗程序允許該圓筒容器與 PRD 類/閥類分開試驗，而試驗結果綜合在一起作一種系統評估。在圓筒容器火中的試驗建立其合格限制封圍。在火中試驗 PRD，複合一種燃料儲存系統的排放試驗，建立了使用限制封圍。在這兩個封圍之間需有明確的邊界。PRD 類需為熱致動且符合 ISO 15500-13、ANSI/CSA PRD1 或相關標準。在火災試驗過程中需採取預防發生圓筒容器破裂意外之措施。

D.2 圓筒容器試驗

D.2.1 圓筒容器設置

圓筒容器需被水平放置，使圓筒容器底部在火源上方 $100\text{ mm} \pm 25\text{ mm}$ 處。一種裝具或閥需安裝在一端使內容物在試驗過程中可遙控釋放，因而允許作一種控制性的減壓。這並不需要讓閥位於火中。如其位於火中，則以最小厚度為 0.4 mm 的金屬護罩加以遮護，以避免火焰直接觸及圓筒容器閥。金屬護罩需不得直接接觸該閥。若圓筒容器在使用中需作隔熱措施，則在試驗過程中該隔熱措施得置於圓筒容器上。若該圓筒容器長於 1.15 m ，得使用全直徑、長度至少是直徑 2.5 倍的縮小版圓筒容器加以試驗。

D.2.2 火源

為一種長度在 1.65 m 之均勻火源，需能提供直接火焰觸及圓筒容器表面跨越其整個直徑寬度。任何燃料均得使用，只要能提供均勻之熱足夠維持該規定之試驗溫度直到該圓筒容器排放。燃料的選擇應考量空氣污染的問題。經同意使用的火應作足夠詳細的記錄，以確保輸入該圓筒容器的入熱率可以重現。在試驗過程中任何火源的失效或不穩定會導致結果無效。

D.2.3 溫度及壓力量測

表面溫度需由至少三支沿著圓筒容器底部、間隔不超過 0.75 m 的熱偶加以監測。需使用厚度最小 0.4 mm 的金屬護罩以防止火焰直接接觸熱偶，該金屬護罩需與熱偶接觸。替代方式是，熱偶得插進少於 25 mm 的金屬方塊量測。在試驗過程中應以 30 s 以下之間隔記錄熱偶溫度與圓筒容器壓力。

D.2.4 一般試驗要求事項

應將圓筒容器以氮氣或氬氣加壓至工作壓力，並在工作壓力下以水平姿態加以試驗。在開始試驗時風速需小於 2.25 m/s 。圓筒容器需加以定位，使一端位於

火中且位在距離邊緣 0.5 m 處，圓筒容器的其餘部分進一步延伸進入火中，若其長度大於 1.15 m，則允許其伸出火外。在點火之後，火應立即產生觸及圓筒容器表面的火焰，沿著 1.65 m 的火源長度，並橫跨該圓筒容器直徑的寬度。

在點火後 5 min 以內，在至少有一支熱偶上需有一個 ≥ 590 °C 的指示。此最低溫度在剩下的試驗中應加以維持。

D.2.5 試驗選項

D.2.5.1 選項 A – 經控制的壓力釋放

此試驗需 1 支圓筒容器。該圓筒容器先加壓至使用壓力。之後，使用一連結至該圓筒容器的閥以遙控釋放內容物之方式控制該壓力。開始釋放內容物時機及內容物釋放率系由製造商決定。壓力相對於時間之值需加以記錄。

D.2.5.2 選項 B – 耐火試驗直至破裂

此試驗需 4 支圓筒容器。4 支圓筒容器開始加壓，使各有一支圓筒容器分別在使用壓力的 100 %、80 %、40 % 及 5 %。一次將一支圓筒容器放進火中直到圓筒容器破裂或圓筒容器洩漏。需記錄從開始接觸火焰直到破裂或洩漏的時間。若從開始接觸火焰起 60 min 內無爆裂或洩漏，則需停止試驗，將 60 min 的值作為試驗結果。

D.3 PRD 試驗

將 PRD 裝設在作為代表的圓筒容器上，或採替代方式裝設在一鋼管上，位在圓筒容器或管的一端且在中心線上。其設置及火需如在 D.2.1 及 D.2.2 中所列，而量測要求事項與試驗條件則如在 D.2.3 及 D.2.4 中所列，除了火源需為 0.6 m × 0.6 m 與 PRD 在火中間外，將一種壓力源連結到 PRD 系統使在 PRD 系統看到的壓力如同其在供使用之處看到的壓力。該壓力源需裝有至少 2L 的壓縮氣體。該來源的壓力需為該 PRD 要裝設在上面之任何圓筒容器最低壓力的 25 %。應記錄從試驗開始至 PRD 致動之間的時間。

D.4 排出試驗

需將一個 PRD 系統連接至其要保護的圓筒容器。PRD 系統的流動特性，包括流動孔板直徑及排放管的長度與直徑，需為所要保護之圓筒容器的代表。需在圓筒容器與 PRD 之間裝設一個閥，如此在排出試驗開始時排放功能就可被致動。該圓筒容器需在額定使用壓力下。

從開始試驗起就要記錄相對於時間的圓筒容器壓力直到其壓力少於使用壓力的 5 %。

D.5 系統評估

D.5.1 合格界限範圍

對於在選項 A 下試驗的圓筒容器－經控制的壓力釋放，所記錄的壓力相對於時間需在合格界限範圍，如圖 D.1 所示。

對於在選項 B 下試驗的圓筒容器－耐火試驗直到破裂，合格界限範圍係標繪 4 圓筒容器試驗至破裂時間相對於壓力而成，並將這些點連在一起，如圖 D.2 所

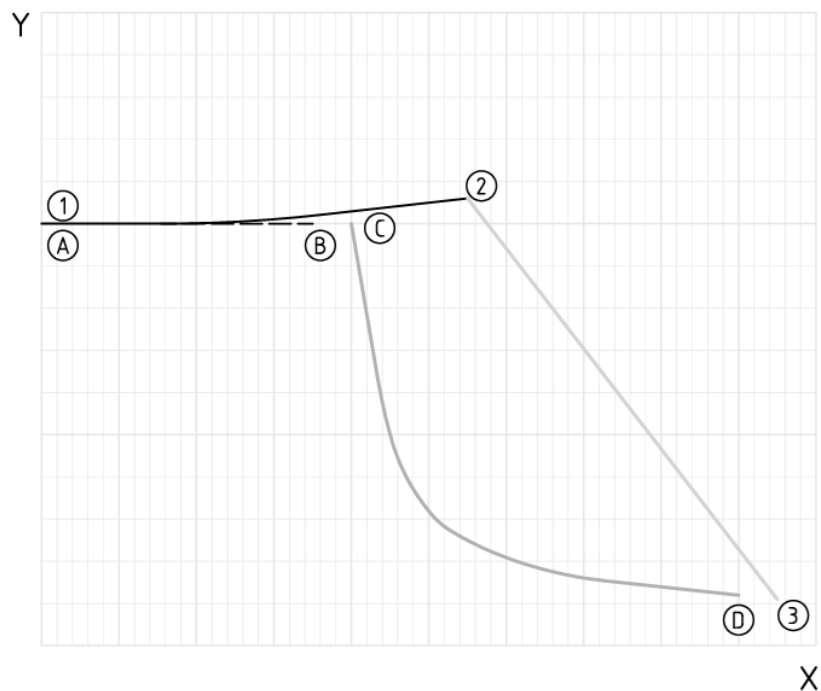
示。

D.5.2 實際使用界限範圍

實際使用界限範圍需由首先考量致動 D.3 之 PRD 的時間而形成。從 D.4 記錄的壓力相對時間數據需附加到致動時間以完成使用界限範圍。

D.5.3 合格之結果

當標繪在一起時，實際使用界限範圍需在合格界限範圍內。實際使用界限範圍的減壓部分需由時間相當於合格界限範圍中 20 %之點抵銷，即當減壓開始一直到壓力僅剩 10 %之點。



說明

t 時間

p 壓力

1 經加壓的圓筒容器暴露在火中

1->2 當圓筒容器暴露在火中其內壓增加

2 以人力將閥打開

2->3 控制排放閥以建立壓力相對時間關係

3 圓筒容器以被排放

A 熱致動 PRD 放入試驗火中

B 熱致動 PRD 在試驗火中致動

C 由經加壓圓筒容器代表或圓筒容器組合經由致動 PRD 代表及排放管組合開始

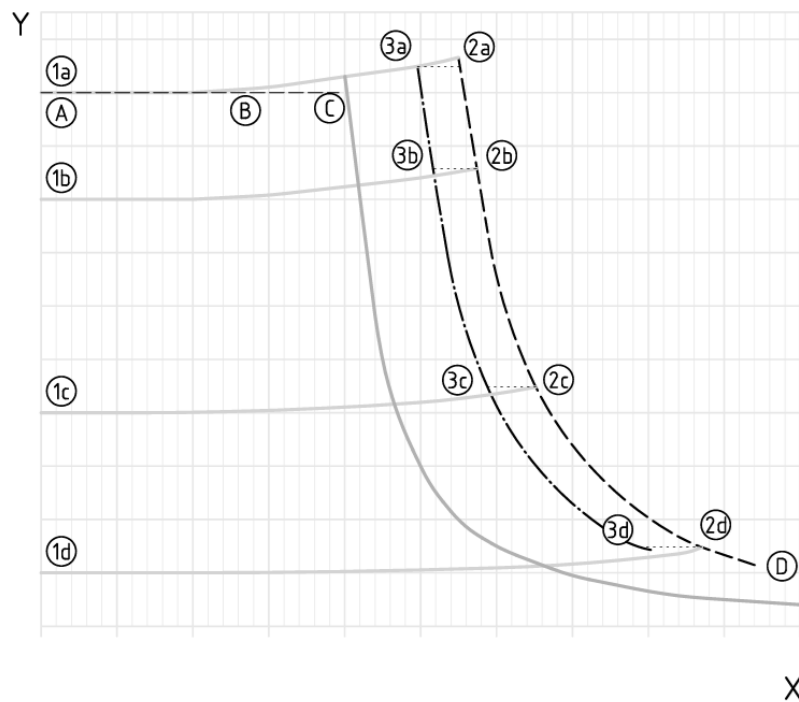
排放

D 圓筒容器/圓筒容器組合已經排放

A->B C->D 及此數據分別產生，然後加在一起(一條依據時間的邊界線應加在點 B 及點 C 之間)

試驗要求：A->B+C->D+ 此線完全在 1→2→3 之線內。C→D 線條由 2→3 線補償，係用在點 2 的 20 %時間。

圖 D.1 安全封圍之形成及真正圓筒容器/PRD 性能(選項 A)



說明

- | | |
|---|--------------------------------------|
| X | 時間 |
| Y | 壓力 |
| (1a, b, c, d) | 經加壓的圓筒容器暴露在火中 |
| (1) ->(2) | 當圓筒容器暴露在火中其內壓增加 |
| (2a, b, c, d) | 圓筒容器破裂 |
| (2) ->(3) | 時間補償邊界 |
| (3a) ->(3b) ->(3c) ->(3d) | 安全封圍 |
| (A) | 熱致動 PRD 放入試驗火中 |
| (B) | 熱 B 致動 PRD 在試驗火中致動 |
| (C) | 由經加壓圓筒容器代表或圓筒容器組合經由致動 PRD 代表及排放管組合開始 |
| (D) | 排放 |
| 圓筒容器/圓筒容器組合已經排放 | |
| (A) ->(B) (C) ->(D)及此數據分別產生，然後加在一起 | |
| 試驗要求：(A) ->(B)+(C) ->(D)此線完全在(1a)→(3a)→(3b)→(3c)→(3d)之線內。 | |

圖 D.2 安全封圍之形成及真正圓筒容器/PRD 性能(選項 B)

參考資料

- [1] United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods – Model Regulations.
- [2] ISO 7438, Metallic materials – Bend test
- [3] ISO 10156, Gas cylinders – Gases and gas mixtures – Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets
- [4] ISO 11114-2, Gas cylinders – Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents – Part 2: Non-metallic materials
- [5] ISO 11117, Gas cylinders – Valve protection caps and guards – Design, construction and tests
- [6] ISO 11439, Gas cylinders – High pressure cylinders for the on-board storage of natural gas as a fuel for automotive vehicles
- [7] ISO 11623, Gas cylinders – Composite construction – Periodic inspection and testing
- [8] ASTM D2290, Standard test method for apparent hoop tensile strength of plastic or reinforced plastic pipe by split disk method
- [9] ASTM D 2291, Standard practice for fabrication of ring test specimens for glass–resin composites
- [10] ASTM D2344, Standard test method for short-beam strength of polymer matrix composite materials and their laminates
- [11] EN 3-7, Portable fire extinguishers – Part 7: Characteristics, performance requirements and test methods
- [12] EN 144-1, Respiratory protective devices – Gas cylinder valves – Part 1: Thread connections for insert connector
- [13] Pamphlet CGA C-6.2, Guidelines for visual inspection and re-qualification of fiber reinforced high pressure cylinders. Arlington, VA: Compressed Gas Association
- [14] CGA C14, Procedures for testing of DOT cylinder pressure relief device systems. Arlington, VA: Compressed Gas Association
- [15] United Nations. Recommendations on the transport of dangerous goods: Model regulations, 17th edition, 2 vols. New York, NY: United Nations, 2011. (ST/SG/AC.10/1/Rev.17). Available (viewed 2012-04-25) from: http://www.unece.org/trans_danger/publi/unrec/rev17/17files_e.html