

# 中華民國國家標準

## C N S

**氣體圓筒容器－水容積在 450 L 及 3,000 L  
之間可再充填的複合材料強化管筒容器－  
設計、構造與測試**

**Gas cylinders – Refillable composite  
reinforced tubes of water capacity  
between 450 l and 3,000 l – Design,  
construction and testing**

**CNS 草-制 1140005:2025**

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 .....	3
1. 適用範圍 .....	4
2. 引用標準 .....	4
3. 用語及定義 .....	5
4. 符號 .....	8
5. 檢查與試驗 .....	8
6. 材料 .....	8
6.1 內膽材料 .....	8
6.2 外包覆複合材料 .....	9
7. 設計與製造 .....	9
7.1 一般 .....	9
7.2 設計申請提出 .....	10
7.3 製造 .....	11
8. 型式認可程序 .....	11
8.1 一般 .....	11
8.2 原型試驗 .....	11
8.3 新設計 .....	13
8.4 設計變更 .....	14
8.5 型式認可試驗程序與準則 .....	19
8.6 型式認可試驗不合格 .....	34
9. 製造時之檢查與試驗 .....	34
9.1 型式 2 與型式 3 管筒容器用之內膽 .....	34
9.2 承受壓力內膽批次試驗不合格 .....	35
9.3 型式 4 管筒容器用之內膽 .....	35
9.4 非受壓內膽批次試驗不合格 .....	36
9.5 外包覆材料 .....	36
9.6 複合材料管筒容器 .....	36
9.7 批次試驗不合格 .....	37
10. 管筒容器標示 .....	37
10.1 一般 .....	37
10.2 附加標示 .....	37
附錄 A (參考)設計認可證書例 .....	39
附錄 B (參考)試驗報告例 .....	41
附錄 C (規定)無縫鋼製內膽與金屬管之超音波檢查 .....	43
附錄 D (參考)使用微量追蹤氣體時滲透率計算用指引 .....	46
參考資料 .....	47



## 前言

本標準係依據 2022 年發行之第 2 版 ISO 11515，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複合式管筒容器之設計、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。

如前言所述，本標準妥為擬就，使其內容適合參照 UN 的模式規定。

複合管筒可以單獨使用或組裝在一起設在拖車或滑橇(ISO 模式)，或是混裝原料氣體槽車(MEGCs)之上以供氣體的運輸或配送之用。本標準不包括在使用或運輸過程中可能發生之任何附加應力(例如：扭轉/彎曲應力)。但那些由組裝製造商及管筒製造商所顧及之施加在管筒上的應力就很重要了。

## 1. 適用範圍

本標準適用於下列管筒容器之材料、設計、構造與實施測試的最低要求事項：

- 型式 2 環箍包覆複合材料管筒容器，
- 型式 3 全包覆複合材料管筒容器，及
- 型式 4 全包覆複合材料管筒容器。

該等容器具有在 450 與 3,000 L 之間的水容量，以供儲存及運送壓縮氣體或液化氣體，其試驗壓力在 1,600 bar<sup>(1)</sup>以下，且設計使用年限至少為 15 年。

本標準適用之預期真正使用溫度在 -40 °C 與 + 65 °C 之間。

註<sup>(1)</sup> 1 bar = 0.1 MPa = 105 Pa; 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>.

備考：依本標準製造及試驗之型式 4 管筒容器，不得用於充填毒性氣體、氧化性氣體或腐蝕性氣體。

本標準適用於以碳纖維、聚醯胺纖維或玻璃纖維(或渠等之混和纖維)之黏造基材複合材料強化的管筒容器。

## 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 306	Plastics – Thermoplastic materials – Determination of Vicat softening temperature (VST) ISO 527-1, Plastics – Determination of tensile properties – Part 1: General principles
ISO 527-2	Plastics – Determination of tensile properties – Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics
ISO 3341	Textile glass – Yarns – Determination of breaking force and breaking elongation
ISO 4624:2016	Paints and varnishes – Pull-off test for adhesion 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 7225	Gas cylinders – Precautionary labels ISO 7866, Gas cylinders – Refillable seamless aluminium alloy gas cylinders – Design, construction and testing
ISO 9227:2017	Corrosion tests in artificial atmospheres – Salt spray tests
ISO 9712	Non-destructive testing – Qualification and certification of NDT personnel
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 10286	Gas cylinders – Vocabulary ISO 10618, Carbon fibre – Determination of tensile properties of resin-impregnated yarn
ISO 11114-1	Gas cylinders – Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents – Part 1: Metallic materials
ISO 11114-2	Gas cylinders – Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents – Part 2: Non-metallic materials ISO 11120, Gas cylinders – Refillable seamless steel tubes of water capacity between 150 l and 3,000 l – Design, construction and testing
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 D522	Standard Test Methods for Mandrel Bend Test of Attached Organic Coatings
ASTM D1308	Standard Test Method for Effect of Household Chemicals on Clear and Pigmented Organic Finishes
ASTM D2344	Standard Test Method for Short-Beam Strength of Polymer Matrix Composite Materials and Their Laminates
ASTM D2794	Standard Test Method for Resistance of Organic Coatings to the Effects of Rapid Deformation (Impact)
ASTM D3170	Standard Test Method for Chipping Resistance of Coatings
ASTM D7269	Standard Test Methods for Tensile Testing of Aramid Yarns
ASTM E1356	Standard Test Method for Assignment of the Glass Transition Temperatures by Differential Scanning Calorimetry
ASTM G154	Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Non-metallic Materials

### 3. 用語及定義

下列用語及定義適用於本標準：

#### 3.1 醯胺纖維(aramid fibre)

將芳香族聚醯胺的連續單絲撚成紗束，作為強化之用。

#### 3.2 自緊(autofrettage)

施壓過程中當對該金屬內膽(3.18)拉力超過其降伏點將足以造成永久塑性變形，並導致當內錶壓為 0 時，在內膽尚有壓縮應力且該等纖維有拉伸應力。

#### 3.3 批次(batch)

一組同質之品項或材料。

備考：批次中品項之數目，得依用語所使用的情況而改變。

**3.4 承受壓力之內膽批次(batch of load-sharing liners)**

指某一數量之內膽(3.18)，具有相同標稱直徑、長度、厚度與設計，並由相同材料鑄造(熱)及在熱處理設備(亦即一連續火爐處理或一單一火爐加熱)中使用相同之熱處理參數依序連續製成。

**3.5 非承受壓力之內膽批次(batch of non-load sharing liners)**

指某一數量之非承受壓力內膽，具有相同標稱直徑、長度、厚度與設計，依序連續製造，並採用相同連續製程。

**3.6 金屬筒環批次(batch of metal bosses)**

指某一數量之金屬筒環(3.18)有相同標稱直徑、長度、厚度與設計，並由相同材料鑄造(熱)及在熱處理設備中使用相同之熱處理參數依序連續製成。

**3.7 複合材料管筒容器之批次(batch of composite tubes)**

數量在 200 以下之管筒容器成品(3.24)，以相同標稱直徑、長度、厚度與設計依序連續製成(加上破壞試驗所需之管筒容器成品)。

備考：該複合材料管筒容器成品之批次(3.3)得內裝不同批次的內膽、纖維以及黏造基材(3.21)。

**3.8 爆裂壓力(burst pressure)**

在爆裂試驗過程中，在管筒容器(3.24)或內膽(3.18)中可到達的最高壓力。

**3.9 碳纖維(carbon fibre)**

以纖維撚成束之型式的連續碳單絲，作為強化之用。

**3.10 複合材料外包覆(composite overwrap)**

纖維與黏造基材(3.21)之複合體，用以強化該管筒容器(3.24)，包括成為所設計之永久部分的任何屏障或保護層。

**3.11 指定氣體專用(dedicated gas service)**

該管筒容器(3.24)僅供充填指定氣體或氣體類之用。

**3.12 等效纖維(equivalent fibre)**

來自同一材料族系且具有與用於原先原型經試驗管筒容器(3.24)之纖維相同性質。

**3.13 等效內膽(equivalent liner)**

由相同標稱原料、使用相同製程，且與所認可之內膽設計具有相同物理結構以及標稱物理性質(±5 %之內)所製成的內膽(3.18)。

**3.14 等效黏造基材(equivalent matrix)**

與用於原先原型試驗管筒容器(3.24)樹脂黏造基材來自相同化學族系且具有相同性質之樹脂黏造基材(3.21)。

**3.15 外部塗層(exterior coating)**

用於管筒容器(3.24)之材料疊層，作為保護或裝飾之用。

備考：該塗層得為透明或不透明。

**3.16 玻璃纖維(glass fibre)**

以纖維撚成束之型式的連續玻璃單絲，作為強化之用。

**3.17 洩漏(leak)**

氣體經由缺陷而非滲透方式以大於  $5 \times 10^{-3}$  mbar·L/s 之速率逸出。

**3.18 內膽(liner)**

複合材料管筒容器(3.24)之內設部分，其目的兼在儲存氣體及轉傳該氣體壓力至纖維層上。

**3.19 承受壓力內膽(load-sharing liner)**

複合材料管筒容器(3.24)之內膽(3.18)，具有複合材料管筒容器(3.24)成品標稱爆裂壓力 5 % 以上之爆裂壓力(3.8)。

**3.20 非承受壓力內膽(non-load-sharing liner)**

不提供承擔複合材料管筒容器(3.24)成品之壓力負荷的內膽(3.18)。

**3.21 黏造基材(matrix)**

用以黏結纖維並將纖維保持於定位之材料。

**3.22 最低設計爆裂壓力(minimum design burst pressure)**

由製造商所規定之最低爆裂壓力(3.8)。

**3.23 複合材料管筒容器代表(representative composite tube)**

較短之管筒容器(3.24)，具有相同的標稱直徑，且以相同材料及製造技術製造，並使用一種代表性的包覆類型(相同股數及相同層數)以可具有可代表相較於全尺寸原型管筒容器之等效應力。

**3.24 管筒容器(tube)**

可供運輸用之壓力容器，具有超過 150 L 之水容量。

**3.25 管路(tubing)**

以金屬或其他材料製成之中空圓柱體，用於輸送或容納液體或氣體。

**3.26 型式 2 管筒容器(Type 2 tube)**

環箍包覆管筒容器(3.24)，設有承受壓力內膽(3.19)且只在圓柱體部分作複合材料強化。

**3.27 型式 3 管筒容器(Type 3 tube)**

全包覆管筒容器(3.24)，設有承受壓力內膽(3.19)在圓柱體部分及端板圓頂均作複合材料強化。

**3.28 型式 4 管筒容器(Type 4 tube)**

全包覆管筒容器(3.24)，設有非承受壓力內膽(3.19)且在圓柱體部分及端板圓頂均作複合材料強化。

**3.29 玻璃轉移溫度(glass transition temperature,  $T_g$ )**

聚合物底材由剛性玻璃狀材料轉成軟性(非熔融)材料時之溫度，通常量測其剛性度(stiffness)或模量(modulus)。

#### 4. 符號

$P_b$	管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
$P_w$	工作壓力	bar
E	切口長度	mm
T	切口深度	mm
S	管筒容器標稱壁厚(肉厚)	mm
W	切口寬度	mm
$T_g$	玻璃轉移溫度	°C
N	至試驗壓力之加壓循環	—
$N_d$	至最大生成壓力之加壓循環	—
y	設計使用年數	—
t	標稱複合材料厚度	—
L	管筒容器長度	m
$n_1$	氣體 1 之黏性	$\mu$ centipoise
$n_2$	氣體 2 之黏性	$\mu$ centipoise
$Q_1$	氣體 1 之流率	真正 $\text{cm}^3/\text{h}$
$Q_2$	氣體 2 之流率	$\text{cm}^3/\text{h}$

#### 5. 檢查與試驗

為確保管筒容器符合本標準，應依第 6 節、第 7 節、第 8 節及第 9 節施以檢查與測試。

實施試驗與檢視以顯示其符合本標準，應使用在運用前就已經加以校正的儀器並隨後依照已建立之程式實施。

備考：其他要求事項也可適用在要使用該管筒容器之國家的國家性或地區性法規。

#### 6. 材料

##### 6.1 內膽材料

##### 6.1.1 承受壓力內膽材料應符合所有相關適用之國際標準的細節：

- (a) 無縫鋼製內膽：適用 ISO 9809-1, ISO 9809-2, ISO 9809-3 或 ISO 11120；
- (b) 無縫鋁合金製內膽：ISO 7866。

相關節次部分為包覆材料、熱處理、頸部設計、結構及製作與機械試驗。不包括設計要求事項，因為這些事項是由製造商設計複合材料管筒容器之用(參照 7.2.2)。

##### 6.1.2 複合材料管筒容器製造商應驗證每一新批次之材料具有規定之性質及品質且應保存紀錄，如此則材料鑄造及熱處理批次可加以應用，以確認每一管筒容器之製造。來自內膽材料製造商之合格證明，認為可以接受作為驗證之需。

- 6.1.3** 內膽應以適合於所要充填之氣體的金屬或合金製造，儘量依 ISO 11114-1 之規範。
- 6.1.4** 如設有頸環，應屬可以與該管筒容器相容之材料，且應以適於該內膽材料的方法確實裝接受當。
- 6.1.5** 非承受壓力內膽材料應符合下列所有適用標準的相關細節：
- (a) 內膽(包括金屬筒環)應以適合於所要充填之氣體的金屬或合金製造，依據 ISO 11114-1 及 ISO 11114-2 或以合適之試驗證實並存檔。
  - (b) 裝設於非承受壓力內膽之金屬筒環應符合本標準型式認可試驗的各項要求。
  - (c) 塑膠內膽材料的抗拉降伏強度及最大伸長率應依 ISO 527-2 於-50 °C時加以判定。試驗結果應顯示該塑膠內膽材料在-50 °C之溫度以下，其延展性是否可以符合製造商的規定值。
  - (d) 取自內膽成品之聚合材料應依 ISO 306 所述之方法加以試驗。其軟化溫度應至少為 100 °C。

## 6.2 外包覆複合材料

- 6.2.1** 外包覆單絲材料應為碳纖維、醃胺纖維或玻璃纖維(或渠等任何混合品)。
- 備考：玻璃纖維強化的複合材料管筒容器會受到化學物侵蝕及在與強酸(例如：電池酸液)接觸後會降解(降低其品質)。
- 6.2.2** 樹脂黏造基材應屬一種適合其應用、環境及產品預期使用年限之熱固性或熱塑性聚合物，例如，環氧樹脂或具有一種胺類(amine)或酸酐(anhydride)硬化劑的改性環氧樹脂、乙烯基樹脂與聚脂纖維類。
- 6.2.3** 單絲材料與樹脂黏造基材系統構件材料之供應商，應對複合材料管筒容器製造商提供文件使其能完整辨識該批次用於製造每一管筒容器的材料。
- 6.2.4** 複合材料管筒容器製造商應驗明每一新批次之材料具有正確的特性及令人滿意的品質，且應保存紀錄，使該用於製造每一管筒容器之材料批次可被確認。來自該材料製造商之合格證書被認為可以接受供作驗證之用。
- 6.2.5** 材料批次應加以辨認、文書歸檔，並提供給檢查者。
- 6.2.6** 製造商應確保在內膽與強化纖維之間不生有害反應，例如，在包覆程序之前採取施加一種適當之塗層至內膽上之方式(如有必要)。

## 7. 設計與製造

### 7.1 一般

- 7.1.1** 型式 2 複合材料管筒容器應符合下列規定：
- (a) 一種內部金屬內膽，沿著中軸只有一個或兩個開口，可承受所有縱向荷重及部分周向荷重；
  - (b) 內膽經設計可以承受大於管筒容器成品試驗壓力之 0.85 的爆裂壓力。
  - (c) 一種複合材料外包覆，由數層沿著管筒容器側壁平行部分由連續纖維構成之黏造基材所形成；

(d) 一種選用之外部塗層，以提供外部保護；若這是該設計的一個整體部分，則其應屬永久性的。

**7.1.2 型式 3 複合材料管筒容器應符合下列規定：**

- (a) 一種內部金屬內膽，沿著中軸只有一個或兩個開口，可承受部分縱向荷重及周向荷重；
- (b) 一種複合材料外包覆，由數層連續纖維構成之黏造基材所形成；
- (c) 一種選用之外部塗層，以提供外部保護；若這是該設計的一個整體部分，則其應屬永久性的。

**7.1.3 型式 4 複合材料管筒容器應符合下列規定：**

- (a) 一種內部非承受壓力內膽，沿著中軸只有一個或兩個開口；
- (b) 具金屬筒環供螺紋連接之用，這係為設計之一部分；
- (c) 一種複合材料外包覆，由數層連續纖維構成之黏造基材所形成；
- (d) 一種選用之外部塗層，以提供外部保護；若這是該設計的一個整體部分，則其應屬永久性的。

**7.2 設計申請提出**

**7.2.1 對每一個管筒容器之新設計所提出申請的設計，應包括一張細部詳圖，附帶設計文件、製造與檢查特別事項，詳如 7.2.2, 7.2.3 及 7.2.4。**

所提出申請之設計得涵蓋複合材料管筒容器設計家族群，渠等具相同直徑及壓力但有不同之圓柱筒長度，從代表性之複合材料管筒容器直徑之兩倍及至其長度之五倍，且具有在 450 L 及 3,000 L 之間的水容量。

**7.2.2 作內膽或金屬筒環，或二者，之歸檔證明，應包括：**

- (a) 材料細節，包括化學分析限制範圍；
- (b) 尺度、最小厚度、直度及偏圓度與許可差；
- (c) 製程及製造規定；
- (d) 熱處理、溫度、持續時間與許可差，如可行；
- (e) 檢查程序(最低要求事項)；
- (f) 材料特性(包括用於型式 2 管筒容器及型式 3 管筒容器之硬度)；
- (g) 最低設計爆裂壓力(用於型式 2 管筒容器及型式 3 管筒容器)；
- (h) 閥螺紋之尺度細節；
- (i) 型式 4 管筒容器將筒環密封至內膽的方法。

**7.2.3 複合材料外包覆歸檔證明文件應包括：**

- (a) 纖維材料、規格及機械特性要求事項；
- (b) 最小複合材料厚度；
- (c) 樹脂系統－主要構件材料，樹脂浴溫度，如可行；
- (d) 熱塑性塑膠黏造基材系統－主要構件材料、規格及處理溫度；
- (e) 熱塑性塑膠黏造基材－規格(包括樹脂、硬化劑及加速器)，以及樹脂浴溫度，

如可行；

- (f) 外包覆構成，包括所使用之股數，疊層數以及疊層方向；
- (g) 硬化過程、溫度、持續時間及許可差。

#### 7.2.4 複合材料管筒容器歸檔證明應包括：

- (a) 水容量，L；
- (b) 尺度、最小厚度、直度及偏圓度與許可差；
- (c) 如果預定作專用氣體使用，該預期供使用內容物表；
- (d) 工作壓力， $p_w$ ，該壓力應不超過試驗壓力之 2/3；
- (e) 試驗壓力， $p_h$ ；
- (f) 塑性膨脹與永久膨脹之允許範圍，如可行，在運用容積膨脹試驗時供設計之用(參照 9.5.4)；
- (g) 專用氣體(氣體類)用，在 65 °C 時之最高生成壓力， $p_{max}$ ；
- (h) 最低設計爆裂壓力；
- (i) 設計使用年限，年(15 年以上)；
- (j) 自緊壓力及大約持續時間，如可行；
- (k) 纖維於繞線時之拉緊強度，如可行；
- (l) 質量與製造許可差；
- (m) 固定性裝接並形成該合格設計之構件的細節(頸環、保護靴等)。

### 7.3 製造

7.3.1 內膽及筒環，如包括在內，應依製造商之設計製造(參照 7.2.2)。

7.3.2 複合材料管筒容器應由一種承受壓力容器或非承受壓力容器加供製成，以連續纖維黏造基材疊層包覆，在經控制的條件下施作，以形成該設計複合材料厚度。內膽在外包覆尚未硬化之前可以將之剝開重行捲繞。若內膽在該剝除過程中遭到損傷或被劃傷，則應不得作外包覆。

7.3.3 於捲繞完成後，該複合材料應用一種經控制的溫度變化曲線過程使之硬化，參照 7.2.3 之規定。其最高溫度應為可以使內膽的機械特性不會遭到有害之影響。

7.3.4 如管筒容器被施以某種自緊之操作，該自緊壓力與持續時間應如 7.2.4 之規定。製造商應以檢查者可接受之適當量測技術以顯示該自緊的有效性。

7.3.5 若管筒容器被施以某種預拉緊應或在卷繞時作纖維之拉緊，以促使在管筒容器成品之最終應力的改變，則該應力之水準應依 7.2.4 之規定且拉張應力之水準應加以記錄或監視。

## 8. 型式認可程序

### 8.1 一般

應由製造商將複合材料管筒容器的每一新設計送交檢查者。應對每一新設計或設計變更，在檢查者監督下，實施 8.2 詳細明列之型式認可試驗。

### 8.2 原型試驗

## CNS 草-制 1140005:2025

**8.2.1** 應由某單一批次備妥足夠數目之管筒容器，以完成該原型試驗或設計變更之測試。

備考：如試驗設備故障，則得由相同原型批次備妥額外之管筒容器實施。

**8.2.2** 檢查者在內膽被包覆前應查驗該批次內膽，確認符合設計要求事項，且經依 9.1 或 9.3 加以檢查及試驗，如可行。

**8.2.3** 檢查者在內膽被包覆前應查驗該複合材料(類)，確認符合設計要求事項，且經依 9.4 加以試驗。

**8.2.4** 檢查者應查驗製造供新設計認可用之批次中的所有管筒容器，確認是否符合所提出申請之設計並依 9.5 加以試驗。除了經在 8.2.5 中確認之情況外，檢查者應監督明列於表 1 中的各項試驗。如在表 1 之相關欄位中載有“A”字，則明示該試驗對所對應的管分類是需要的。若相關欄位中載有“O”字，則明示該試驗對特殊設計、材料與用途為需要。如該試驗為需要，則相關節次說明各該試驗。

表 1—新設計原型試驗

設計試驗，具節次號碼	型式 2	型式 3	型式 4
<a href="#">8.5.2</a> 耐液壓試驗，或			
<a href="#">8.5.3</a> 液壓容積膨脹試驗	A	A	A
<a href="#">8.5.4</a> 內膽爆裂試驗	A	A	—
<a href="#">8.5.5</a> 管筒容器爆裂試驗	A	A	A
<a href="#">8.5.6</a> 周圍溫度循環試驗	A	A	A
<a href="#">8.5.7</a> 環境循環試驗	A	A	A
<a href="#">8.5.8</a> 缺陷試驗	—	A	A
<a href="#">8.5.9</a> 撞錘衝擊試驗	A	A	A
<a href="#">8.5.10</a> 耐火試驗	A	A	A
<a href="#">8.5.11</a> 頸部強度試驗	—	—	A
<a href="#">8.5.12</a> 洩漏試驗	—	—	A
<a href="#">8.5.13</a> 加速應力破裂試驗	O	O	O
<a href="#">8.5.14</a> 滲透性試驗	—	—	O
<a href="#">8.5.15</a> 氣體循環試驗	—	—	A
說明：			
A: 所有管筒容器設計均試驗			
O: 只需對特殊設計、材料與用途			
<sup>a</sup> 得使用供其他試驗過的管筒容器			
<sup>b</sup> 如可行，塗層試驗得在管筒容器之部分/端板圓頂處實施。			

表 1 新設計原型試驗(續)

設計試驗，具節次號碼	型式 2	型式 3	型式 4
<a href="#">8.5.16</a> 塗層試驗 a (如可行)b	0	0	0
<a href="#">8.5.17</a> 鹽水噴霧試驗	0	0	0
<a href="#">8.5.18</a> 酸環境試驗	0	0	0
<a href="#">8.5.19</a> 真空試驗	—	—	0
<a href="#">8.5.20</a> 高速撞擊(槍擊)試驗	0	A	A
<a href="#">8.5.21</a> 玻璃轉移溫度試驗	A	A	A
<a href="#">8.5.22</a> 樹脂剪力強度試驗	A	A	A

說明：

A: 所有管筒容器設計均試驗  
 0: 只需對特殊設計、材料與用途  
 a 得使用供其他試驗過的管筒容器  
 b 如可行，塗層試驗得在管筒容器之部分/端板圓頂處實施。

**8.2.5** 依在 8.4 中之規定由新設計管筒容器作設計之變更，如可行，僅需施以如表 2 至表 4 所述之試驗。以減少系列之試驗得到認可的管筒容器，應不得被用來作為有減少一組試驗之第二次設計變更認可的基礎(亦即不允許由某一經認可之設計作多次變更)，縱然個別試驗結果或可加運用(參照 8.4.2)。

**8.2.6** 如果依 8.2.2, 8.2.3 與 8.2.4 並以 8.2.5 修正之驗證及試驗的結果為符合要求，檢查者應發給型式認可證書。該等認可證書的典型範例之一如附錄 A 所列。

**8.2.7** 於完成各試驗之後該管筒容器應加以毀棄或使其無法保持壓力。

### 8.3 新設計

**8.3.1** 本小節在規定複合材料管筒容器係為一種新設計以適用本標準。8.4 小節在規定複合材料管筒容器的設計變更。

**8.3.2** 一種新管筒容器設計需要全部型式認可試驗。如屬下列情形，則與現有經認可設計之管筒容器相較，該管筒容器應被認為是一種新設計。

- (a) 在不同工廠製造。若證實所有材料、設備及製程仍保持與原設計認可者相同，則此種工廠的重新定位毋須新管筒容器設計認可。
- (b) 係由一種與設計型式認可所採行之製程有顯著不同之製程所製造。所謂顯著的改變係有關一種內膽與管筒容器成品，或二者，在使用中會有顯著改變的變更者。檢查者判定在製程或設計或是製造中與原合格之設計為有顯著之不同。
- (c) 標稱外側直徑由該合格的設計已被改變超過 50 %。
- (d) 複合外包材料與合格的設計有明顯不同，例如，不同的樹脂系統或纖維型式。
- (e) 試驗壓力由該合格的設計已被增加超過 60 %。

8.3.3 如屬下列情形，則與現有經認可設計之管筒容器相較，該管筒容器應也被認為是一種新設計。

- (a) 該內膽係由一種與用於原型式試驗之材料有不同成分或組合範圍之材料所製造。
- (b) 該內膽材料特性在原設計範圍之外。

#### 8.4 設計變更

8.4.1 對於與認可設計相似之管筒容器，得允許減少型式試驗測試項目。如有下列情形，則管筒容器應被認為是一種設計變更。

- (a) 外側直徑已被改變達 50 % 以下。
- (b) 自緊壓力已被改變超過 5 %。
- (c) 相對於管筒容器直徑及最小管壁厚度，該內膽的基礎外形及基礎厚度，或二者，已被改變。
- (d) 設計壓力之改變高達 60 % 以下。若管筒容器將被用在及標示供比所給予之設計認可壓力還低之試驗壓力使用時，決不是一種新設計或設計變更。
- (e) 如作直徑或壓力之改變，則結構性管壁元素也應作相同之改變，或降低原設計的標稱應力水準(例如：如果壓力或直徑增加，則管壁厚度也要按比例增加)。
- (f) 非因試驗壓力或直徑改變之因素而將最小複合材料厚度改變超過 5 %。
- (g) 內膽的最小管壁厚度被改變超過 5 %。
- (h) 如使用同等性質黏造基材，則：
  - (1) 如果渠等係來自相同化學家族(環氧樹脂、乙烯基樹脂或聚脂纖維)，並可達層間剪力試驗之最低要求，且該新黏造基材具有在被更換系統以上之  $T_g$  時，則新黏造基材材料為同等性質。  
環氧樹脂、乙烯基樹脂與聚脂纖維系統互相非為化學性同等性質。
  - (2) 若一種現有設計係以新同等性質黏造基材施以原型試驗，則所有製造商的現有原型試驗設計均被認定係以新黏造基材所作之原型試驗，毋須任何附加之原型測試。
- (i) 若使用同等性質外包覆纖維，則：
  - (1) 同等性質纖維係由相同標稱原料製造，使用相同之製程並有相同的物理構造及相同的標稱物理特性，且其平均抗拉強度及模量在經認可之管筒容器設計纖維特性中係在  $\pm 5\%$  內。由前軀體(precursor)製成的碳纖維得視為同等性質，聚醯胺纖維、碳纖維與玻璃纖維則非同等性質。
  - (2) 若一種現有設計係以新同等性質纖維施以原型試驗，則所有製造商的現有原型試驗設計均被認定係以該新纖維所作之原型試驗，毋須任何附加之原型測試。
- (j) 如使用同等性質內膽，則：

- (1) 同等性質內膽係由相同標稱原料製造，使用相同之製程。渠等所具有的標稱物理特性係在經認可管筒容器設計的物理特性之 $\pm 5\%$ 內，並符合相關標準的要求事項。
  - (2) 若一種現有設計係以新同等性內膽施以原型試驗，則所有製造商的現有原型試驗設計均被認定係以內膽所作之原型試驗，毋須任何附加之原型測試。
  - (k) 如果一種型式 4 之管筒容器與認可設計相較僅是有一種不同的螺紋，則應依 8.5.11 實施頸部強度試驗。
  - (l) 改變了設計或筒環材料或是將頸環結合至內膽的方法。
- 8.4.2** 以減少系列試驗之方式得到認可的管筒容器(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改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** 如果在表 2、表 3 或表 4 未對對應的管筒容器分類加以規定，則檢查者應決定所減少測試之水準，但經完全認可之設計應被用為新設計變更之參照資訊(若新設計變更僅參照前設計變更應不被認可)。

表 2 型式 2 管筒容器用型式認可試驗

試驗編號	試驗	新設計	設計變更									
			標稱直徑		同性質 內膽	最小內膽 厚度	試驗壓力		最小複合 材料厚度	同性質 纖維	同性質 黏造基材	自緊
			≤20 %	> 20 % ≤ 50 %			>10 %	$p_h \leq 20 \%$				
9.1	內膽材料試驗	X			X	X						
9.5	複合材料試驗	X								X	X	
8.5.2/8.5.3	液壓試驗	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
8.5.4	內膽爆裂試驗	X	X	X	X	X	X <sup>f</sup>	X <sup>f</sup>				
8.5.5	管筒容器爆裂試驗	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8.5.6	周圍狀態循環試驗	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8.5.7	環境循環試驗	X										
8.5.9	撞錘衝擊試驗	X		X <sup>a</sup>	X	X <sup>b</sup>		X		X		
8.5.10	耐火試驗	X		X		X <sup>b</sup>		X				
8.5.13	應力破裂試驗	X		X					X	X		
8.5.17	鹽水噴霧試驗 <sup>c</sup>	X			X						X	
8.5.18	酸環境試驗 <sup>d</sup>	X				X		X	X			
8.5.20	高速撞擊試驗 <sup>e</sup>	X						X				
8.5.21	玻璃轉移溫度試驗	X									X	
8.5.22	樹脂剪力強度試驗	X									X	

- a 應僅在減小直徑時實施該試驗。
- b 應對內膽厚度減少達 10 % 以上之管筒容器實施該試驗。
- c 應對設有鋼製內膽之管筒容器實施該試驗。
- d 應對設有承受壓力玻璃纖維之管筒容器實施該試驗。
- e 應僅對供均適用圖之管筒容器實施該試驗。
- f 若先前之設計已經實施爆裂試驗則毋須該試驗。

表 3 型式 3 管筒容器用型式認可試驗

試驗編號	試驗 自緊	新設計	標稱直徑	設計變更								
				內膽		同性質 厚度	試驗壓力 >10 %	最小內膽		同性質	同性質	黏造基材 >5 %
				≤20 %	> 20 % ≤ 50 %			材料厚度 $p_h \leq 20 %$	最小複合 纖維 $20 % < p_h \leq 60 %$			
<a href="#">9.1</a>	內膽材料試驗	X			X	X						
<a href="#">9.5</a>	複合材料試驗	X								X	X	
<a href="#">8.5.2/8.5.3</a>	液壓試驗	X	X	X	X	X	X <sup>a</sup>	X	X	X		X
<a href="#">8.5.4</a>	內膽爆裂試驗	X	X	X	X	X						
<a href="#">8.5.5</a>	管筒容器爆裂試驗	X	X	X	X	X	X <sup>a</sup>	X	X	X	X	X
<a href="#">8.5.6</a>	周圍狀態循環試驗	X	X	X	X	X	X <sup>a</sup>	X	X	X	X	X
<a href="#">8.5.7</a>	環境循環試驗	X										
<a href="#">8.5.8</a>	缺陷試驗	X						X				
<a href="#">8.5.9</a>	撞錘衝擊試驗	X		X <sup>b</sup>			X <sup>a</sup>	X		X		
<a href="#">8.5.10</a>	耐火試驗	X		X			X <sup>a</sup>	X				
<a href="#">8.5.13</a>	應力破裂試驗	X		X				X	X	X		
<a href="#">8.5.17</a>	鹽水噴霧試驗 <sup>c</sup>	X			X						X	
<a href="#">8.5.18</a>	酸環境試驗 <sup>d</sup>	X						X	X			
<a href="#">8.5.20</a>	高速撞擊試驗 <sup>e</sup>	X						X				
<a href="#">8.5.21</a>	玻璃轉移溫度試驗	X									X	
<a href="#">8.5.22</a>	樹脂剪力強度試驗	X									X	

<sup>a</sup> 應對內膽厚度減少達 20 % 以上之管筒容器實施該試驗。

<sup>b</sup> 應僅在減小直徑時實施該試驗。

<sup>c</sup> 應僅對設有鋼製內膽之管筒容器實施該試驗。

<sup>d</sup> 應對設有承受壓力玻璃纖維之管筒容器實施該試驗。

表 4 型式 4 管筒容器用型式認可試驗

試驗編號						>105 %	$p_h \leq 20\%$	$20\% < p_h \leq 60\%$				
			$\leq 20\%$	$>20\% \leq 50\%$								
9.1	內膽材料試驗	X			X	X						
9.5	複合材料試驗	X							X		X	X
8.5.2/8.5.3	液壓試驗	X	X	X	X	X	X <sup>a</sup>	X	X	X		X
8.5.5	管筒容器爆裂試驗	X	X	X	X	X	X <sup>a</sup>	X	X	X	X	X
8.5.6	周圍狀態循環試驗	X	X	X	X	X	X <sup>a</sup>	X	X	X	X	X
8.5.7	環境循環試驗	X								X		
8.5.8	流率試驗	X						X				
8.5.9	撞錘衝擊試驗	X		X <sup>c</sup>				X				X
8.5.10	耐火試驗	X		X				X				
8.5.11	頸部強度試驗	X								X		
8.5.12	洩漏試驗	X								X		
8.5.13	應力破裂試驗	X		X				X	X	X		X
8.5.14	滲透性	X		X		X		X		X		
8.5.15	氣體循環試驗	X										
8.5.18	酸環境試驗 <sup>b</sup>	X				X		X	X			X
8.5.20	高速撞擊試驗	X						X				
8.5.19	真空試驗	X								X		
8.5.21	玻璃轉移溫度試驗	X										X
8.5.22	樹脂剪力強度試驗	X										X

<sup>a</sup> 應對內膽厚度減少達 20 % 以上之管筒容器實施該試驗。

<sup>b</sup> 應對設有承受壓力玻璃纖維之管筒容器實施該試驗。

<sup>c</sup> 應對僅減小直徑時實施該試驗

## 8.5 型式認可試驗程序與準則

### 8.5.1 一般

製造商在得到檢查者之同意下得對特殊管筒容器實施一種以上之型式認可試驗。每一完整之管筒容器應在 7.2.4 規定之設計試驗壓力下施以耐液壓試驗(依 8.5.2)或容積膨脹試驗(依 8.5.3)。

### 8.5.2 耐液壓試驗

#### 8.5.2.1 程序

實施壓力試驗時，應使用一種合適的液體(例如：通常是水)作為試驗介質。該試驗要求在管筒容器中的壓力能緩慢且規律的增加，直到到達試驗壓力  $p_h$ 。試驗壓力應在管筒容器由壓力源隔開之狀態下至少保持 2 min，在此時間過程，所記錄的壓力應無降低或有任何洩漏跡象。在試驗過程中應採取適當的安全預防措施。

如在管路或裝接處發生洩漏，在修理完該等洩漏後，該管筒容器應再試驗。在達到試驗壓力時的偏差範圍應為： $(p_h + 3) \%$  或  $(p_h^{+10}_0)$  bar 二者中較低的值。應使用具適當準確度的壓力表。

在試驗之後應立即擦乾管筒容器的所有內表面(以確保該處無不受控制的水)。若管筒容器施以自緊，則耐液壓試驗得為其一部分，或緊隨著該自緊程序。

#### 8.5.2.2 準則

若管筒容器有洩漏、或不能保持壓力或是在壓力釋放後有目視可見之永久變形，則應判定其為不合格。

備考：樹脂裂痕不被認為是永久變形之跡象。

### 8.5.3 液壓容積膨脹試驗

#### 8.5.3.1 程序

當實施壓力試驗時，應使用一種合適的液體(通常是水)作為試驗媒介。該試驗要求在管筒容器中的壓力能緩慢且規律的增加，直到到達試驗壓力， $p_h$ 。試驗壓力應在管筒容器由壓力源隔開之狀態下保持至少 2 min，在此時間過程，所記錄的壓力應無降低或有任何洩漏跡象。在試驗過程中應採取適當的安全預防措施。

如在管路或裝接處發生洩漏，在修理完該等洩漏後，該管筒容器應再試驗。在達到試驗壓力時的偏差範圍應為： $(p_h + 3) \%$  或  $(p_h^{+10}_0)$  bar 二者中較低的值。應使用具適當準確度的壓力表。

在試驗之後應立即擦乾管筒容器的所有內表面(以確保該處無不受控制的水)。應紀錄在試驗壓力， $p_h$  下，每一管筒容器的全容積膨脹以及壓力釋放後的永久容積膨脹。應建立每一管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)。

若管筒容器施以自緊，則耐液壓試驗得為其一部分，或緊隨著該自緊程序。

#### 8.5.3.2 準則

若管筒容器有下列情形之一應判定為不合格：

- (a) 有洩漏或無法保持壓力；
- (b) 出現永久膨脹(亦即在壓力被釋放後之容積膨脹)超過全膨脹的 5 %。

備考：樹脂裂痕不被認為是永久變形之跡象。

#### 8.5.4 內膽爆裂試驗

8.5.4.1 型式 2 及型式 3 之管筒容器需要本試驗。

##### 8.5.4.2 程序

應以一個管筒容器以 10 bar/s 以下之增壓速率作液壓試驗直至破壞。

該試驗應在周圍狀態條件下實施。需監測及記錄之參數如下：

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

##### 8.5.4.3 準則

如係型式 2 管筒容器，則內膽的爆裂壓力應在管筒容器設計試驗壓力  $p_h$  的 0.85 以上，且應不得小於規定在所提出申請文件中的最低內膽設計爆裂壓力(參照 7.2.2)。發生失效應起自該內膽側壁且內膽應保留單片狀態。如係型式 3 管筒容器，則爆裂壓力應不得小於規定在所提出申請文件中的最低設計爆裂壓力(參照 7.2.2)。發生失效應起自該內膽側壁且內膽應保留在單片狀態。

#### 8.5.5 管筒容器爆裂試驗

##### 8.5.5.1 程序

應以一個管筒容器以 10 bar/s 以下之增壓速率作液壓試驗直至破壞。

該試驗應在周圍狀態條件下實施。試驗之前，應確認無空氣被滯留在系統內。

需監測及記錄之參數如下：

- (a) 爆裂壓力；
- (b) 不合格之說明；
- (c) 壓力/時間曲線或壓力/體積曲線。

##### 8.5.5.2 準則

###### 8.5.5.2.1 型式 2 管筒容器

對於以碳纖維強化之管筒容器，其爆裂壓力， $p_b$ ，應在最低設計爆裂壓力以上，且不低於該複合材料管筒容器設計之試驗壓力， $p_h$ ， $\times 1.67$ 。

對於用醃胺纖維強化，或以醃胺作為主結構成分之纖維黏造基材的管筒容器，其爆裂壓力， $p_b$ ，應在最低設計爆裂壓力以上，且不低於該複合材料管筒容器設計之試驗壓力， $p_h$ ， $\times 2.0$ 。

對於用玻璃纖維強化，或以玻璃纖維作為主結構成分之纖維黏造基材的管筒

容器，其爆裂壓力， $p_b$ ，應在最低設計爆裂壓力以上，且不低於該複合材料管筒容器設計之試驗壓力， $p_h$ ， $\times 2.0$ 。

發生失效應起自管筒容器側壁且該管筒容器內膽應保留在單片狀態。

#### 8.5.5.2.2 型式 3 及型式 4 之管筒容器

對於以碳纖維強化之管筒容器，其爆裂壓力， $p_b$ ，應在最低設計爆裂壓力以上，且不低於該複合材料管筒容器設計之試驗壓力， $p_h$ ， $\times 2.00$ 。

對於用醃胺纖維強化，或以醃胺作為主結構成分之纖維黏造基材的管筒容器，其爆裂壓力， $p_b$ ，應在最低設計爆裂壓力以上，且不低於該複合材料管筒容器設計之試驗壓力， $p_h$ ， $\times 2.10$ 。

對於用玻璃纖維強化，或含有玻璃纖維作為主結構成分之混和纖維的管筒容器，其爆裂壓力， $p_b$ ，應在最低設計爆裂壓力以上，且不低於該複合材料管筒容器設計之試驗壓力， $p_h$ ， $\times 2.43$ 。

### 8.5.6 周圍狀態循環試驗

#### 8.5.6.1 一般

若管筒容器係以供一種以上之特定氣體使用為目的，則該設計得指定供專屬氣體使用。允許裝在該管筒容器內之氣體，應可由管筒容器上的標籤清楚辨識(參照 10.2)。建議在試驗之前無空氣滯留在該系統內。

#### 8.5.6.2 程序

應對兩個管筒容器實施液壓循環試驗，供未指定氣體使用為至試驗壓力， $p_h$ 或在 65 °C 時的最大生成壓力， $p_{max}$ ，若係專用之氣體係為最大生成壓力。該試驗應使用一種非腐蝕性液體於周圍狀態條件下實施，在相當於液壓試驗壓力， $p_h$ ，或 65 °C 時的最大生成壓力， $p_{max}$ ，如適當，的上循環壓力下對管筒容器連續反覆實施。對於

有兩個開口的管筒容器，應將壓力感應器裝接在加壓入口的相反端。

下循環壓力的值應不超過上循環壓力的 10 %，但應有 30 bar 的絕對最大值。壓力的反覆頻率應不超過 5 cycles/min。在試驗過程中，該管筒容器外側表面的溫度應不得超過 50 °C。

需監測及記錄之參數如下：

- (a) 該管筒容器之溫度；
- (b) 到達上循環壓力之循環數；
- (c) 最小及最大循環壓力；
- (d) 循環頻率；
- (e) 所使用之試驗介質；
- (f) 失敗模式，如適當。

#### 8.5.6.3 準則

管筒容器應能承受 N 加壓循環直至試驗壓力， $p_h$ ，或 Nd 加壓循環直至最大

生成壓力， $p_{max}$ ，而無爆裂或洩漏之失效情形。

此處之

$N$  為設計使用年限  $y \times 250 \text{ cycles / per year}$

$N_d$  為設計使用年限  $y \times 500 \text{ cycles / per year}$

$y$  為設計使用年限之年數， $y$  應為不少於 15 年之整數。

試驗應繼續至全部為 24,000 循環或 48,000 循環，如表 5 所示，或直至管筒容器因洩漏而不合格二者中較早達到者。在任一情況中，該管筒容器應確實能通過該試驗。然而，在此試驗的第二部分過程中，若失效係起因於爆裂，則該管筒容器應已未通過該試驗。

表 5 周圍狀態循環試驗

	試驗之第一部分	試驗之第二部分
循環數目	0 至 $N$	$N$ 至 $2N$ 但 $2N$ 在 24,000 以下
	0 至 $N_d$	$N_d$ 至 $2N_d$ 但 $2N_d$ 在 48,000 以下
準則	無洩漏/爆裂等於通過	
	無洩漏或爆裂	洩漏等於通過之一
	通過第一部分	爆裂等於不合格

### 8.5.7 環境循環試驗

**8.5.7.1** 如果已經施以真空試驗(參照 8.5.19)，則應使用該經真空試驗之管筒容器供環境循環試驗。若未實施該真空試驗，則應在管筒容器標籤上標示永久性的警告(參照 10.2)。

**8.5.7** 之試驗得在環境試驗艙中實施。

#### 8.5.7.2 程序

用一個已經包覆且無塗漆或在複合材料上有可移除之保護塗層之管筒容器，依下列方式加以試驗。替代方式是，一代表性的管筒容器得與相同直徑作為原型的管筒容器一齊試驗，但前提是具有一至少有將被試驗之管筒容器直徑兩倍的圓柱筒長度。次級管筒容器的包覆類型應作為原型管筒容器之代表。將管筒容器在大氣壓下、溫度在 60 °C 及 70 °C 之間及相對溼度在 90 % 以上作狀態調整並裝入液壓加壓介質 48 h。為達到此要求目的，可在保持於 60 °C 及 70 °C 之間的艙室中噴撒細水滴或水霧。

在供試驗管筒容器外部之液壓加壓介質應於周圍溫度下開始循環測試。由低於工作壓力 10 % 之壓力至試驗壓力， $p_h$ ，的 2/3，以液壓實施 5,000 循環。以調節環境試驗艙室及循環頻率之方式，將管筒容器外側表面之溫度維持在 60 °C 及 70 °C 之間。該循環頻率應不超過 10 cycles/min。

釋放該壓力並使管筒容器在約 20 °C 下穩定化。

使該管筒容器穩定化並裝入加壓介質直到溫度在 -40 °C 與 -50 °C 之間。在供試驗管筒容器外部之液壓加壓介質應於周圍溫度下開始循環測試。由低於工作壓力 10 % 之壓力至試驗壓力， $p_h$ ，的 2/3，實施 5,000 循環。以調節環境試驗艙室及循環頻率之方式，將管筒容器皮層溫度維持在 -40 °C 及 -50 °C 之間。該液體也應妥為選擇，以確保其在不同循環試驗所規定之溫度下的功能。

釋放該壓力並使管筒容器在約 20 °C 下穩定化。

對型式 4 管筒容器應施以洩漏試驗(參照 8.5.12)。

於實施完成該等試驗後，該管筒容器應施以爆裂試驗(參照 8.5.5)。

需監測及記錄之參數如下：

- (a) 在每一部分之溫度；
- (b) 在第一部分試驗過程中的濕度；
- (c) 試驗介質；
- (d) 在每一階段之循環數目、到達之上循環壓力；
- (e) 最低與最高循環壓力；
- (f) 循環頻率；
- (g) 規定於 8.5.5 之參數。

### 8.5.7.3 準則

型式 4 管筒容器應通過本洩漏試驗(8.5.12)。

爆裂壓力， $p_b$ ，應不低於最小設計爆裂壓力的 85 %。

## 8.5.8 缺陷試驗

### 8.5.8.1 一般

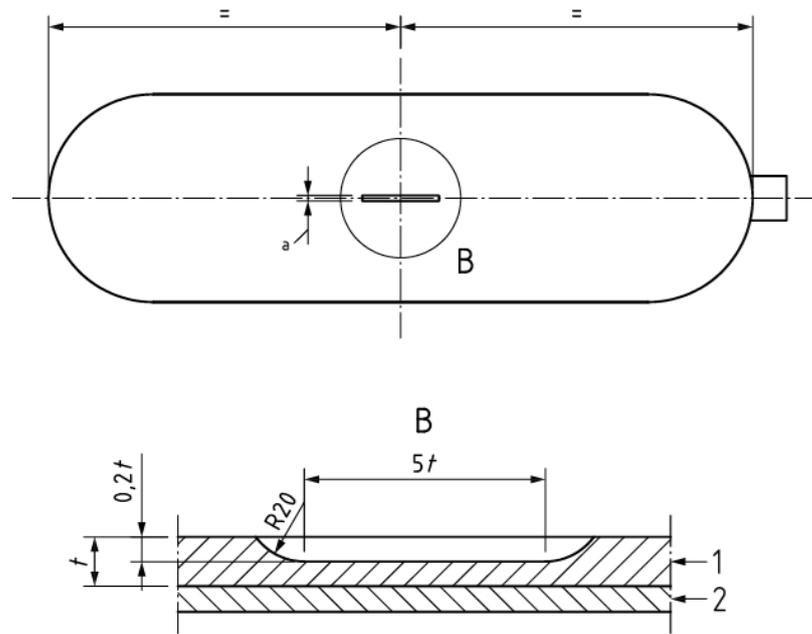
所有型式 3 及型式 4 管筒容器均需本試驗。

應以一支管筒容器依 8.5.8.2 之要求事項加以試驗。

一代表性的管筒容器得與相同直徑作為原型的管筒容器一齊試驗，但前提是具有一至少有將被試驗之管筒容器直徑兩倍的圓柱筒長度。次級管筒容器的包覆類型應作為真正管筒容器之代表。

### 8.5.8.2 程序

在管筒容器的圓柱筒壁長度中央處切一個縱向缺陷，該缺陷係由一具寬 1 mm 至 3mm 切刀片，切至深度等於標稱複合容器厚度， $t$ ，的 20 %，及至一道在切刀中心之間等於該複合材料厚度的 5 倍之長度(參照圖 1)。



說明

- 1 包覆
- 2 內膽
- A 1 mm 寬

圖 1 缺陷試驗程序

該管筒容器應施以規定於 8.5.6 之周圍狀態循環試驗，但上循環壓力應為試驗壓力， $p_h$ ，的  $2/3$ ，若該管筒容器未失效，則試驗應持續超過 3,000 循環。用於循環試驗的有缺陷管筒容器得允許作為 8.5.5 之爆裂試驗使用。

需監測及記錄之參數如下：

- (a) 缺陷的尺度；
- (b) 管筒容器的溫度；
- (c) 到達上循環壓力之循環數目；
- (d) 最低與最高循環壓力；
- (e) 循環頻率；
- (f) 所使用之試驗介質；
- (g) 失敗模式，如適當。

在試驗完成後，應使該管筒容器無法再供使用。

### 8.5.8.3 準則

該管筒容器應能承受 3,000 壓力循環至試驗壓力， $p_h$ ，的  $2/3$  而無洩漏或爆裂。

### 8.5.9 撞錘衝擊試驗

### 8.5.9.1 程序

如係第 2 型管筒容器，應對一個空管筒容器，且如有必要，加上第二個空管筒容器，施以兩種衝擊：

- (a) 一種係在管筒容器側壁中途兩端之間；
- (b) 一種係在外包覆終端靠近圓頂處。

如係第 3 型管筒容器及第 4 型管筒容器，應對一個空管筒容器，且如有必要，加上第二個空管筒容器，施以兩種衝擊：

- (a) 一種係在管筒容器側壁中途兩端之間；
- (b) 一種係以  $45^\circ$  角打擊該管筒容器的肩部(中弧長對準圓頂)。參照圖 2。

該衝擊得採落下一個適當質量塊之方式或用一種擺錘衝擊方式。該管筒容器應確實加以固定以確保其不會在衝擊過程中移動。

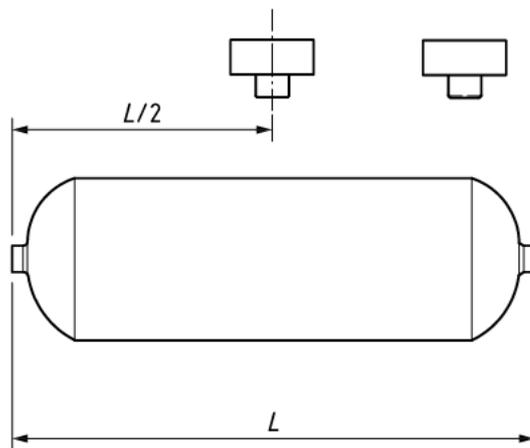
衝擊器應以鋼塊製成，且具有在 110 mm 及 120 mm 之間的直徑。於試驗 1 中，一個具有 1,200 J 之位能的衝擊器應打在管筒容器之上述規定的位置。

在試驗 2(如有必要)中，一個具有 488 J 之位能的衝擊器應打在管筒容器之上述規定的位置。

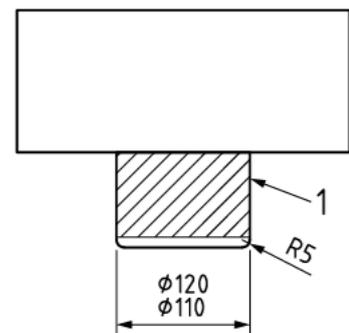
之後，對管筒容器施以適當的周圍狀態循環試驗，如 8.5.6.所述。

需監測及記錄之參數如下：

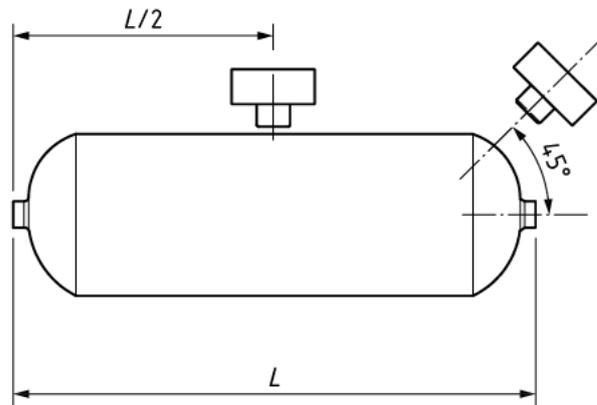
- (a) 於每一衝擊後之可視外觀－記錄該衝擊損傷的位置與尺度；
- (b) 規定於 8.5.6 的參數。



(a) 型式 2 管筒容器



(b) 衝擊器範例



(c) 型式 3 管筒容器與型式 4 管筒容器

說明

1 鋼塊

L 管筒容器長度

圖 2 撞錘衝擊試驗程序

### 8.5.9.2 準則

管筒容器應能在最大生成壓力， $p_{max}$ ，下，承受 3,000 加壓循環，而無爆裂或洩漏等失效的情形。該試驗應繼續付加之循環以代表其規定的使用年限，或直到因為洩漏而失效，以先發生者為準。在任一情形中，該管筒容器應已通過該試驗。然而如果在此第二部分的試驗過程中因爆裂而失敗，則該管筒容器應屬未通過該試驗。

若管筒容器在 1,200 J 的能量水準通過該試驗，則應被認定到達耐衝擊水準 2，此種情形應在合格報告中予以報告及在標籤中註明(參照 7.2.1)。

若管筒容器未能通過此水準之撞錘衝擊試驗，應在 488 J 之能量水準下試驗第二支管筒容器。

若管筒容器在 488 J 的能量水準通過該試驗，則應被認定到達耐衝擊水準 1，此種情形應在合格報告中予以報告及在標籤中註明(參照 7.2.1)。若管筒容器未能通過 488 J 的能量水準，則應不被認可。

備考：如果某管筒容器通過水準 1 的試驗卻在水準 2 試驗中不及格，則製造商得通知顧客這可能需要風險評鑑，視預期使用之目的而定。

### 8.5.10 耐火試驗

#### 8.5.10.1 一般

本試驗之目的在證實該管筒容器應符合下列情形：

- (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) 如在實際使用時不使用 PRD，則在試驗之火焰中尚可承受一段最小規定時間；該最小規定時間應不少於 5 min。

本試驗目的在顯示單一管筒容器在火中的性能。若某一管筒容器或複合用途管筒容器用在某一系統中，且特別是還未使用 PRD，則該系統的火災防護在防止管筒容器爆裂方面要視為整體，應由負責設計人(例如：該 MEGC 或拖車設計者)加以考量。

#### 8.5.10.2 程序

##### 8.5.10.2.1 設置 1：將管筒容器裝上實際使用時的特定閥類與 PRD 類。

若於管筒容器裝上實際使用時的特定閥類與 PRD 類，則該閥與 PRD 類的規格應標示在設計圖與認可證書上。

有一個管筒容器應裝上實際使用時的特定閥類與 PRD 類。該管筒容器應以空氣或氮氣或是預定實際使用之氣體充填直至工作壓力( $p_h \times 2/3$ )。

管筒容器應水平放置，使火焰中心在管筒容器的中點且管筒容器最低部分距離火源頂端約 0.1 m。表面溫度應以沿火焰長度方向等空距配置的三個熱偶加以監測，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的影響。在試驗過程中，應以每 30 s 以下之間隔記錄熱偶溫度及管筒容器壓力。

應使用長度為 1.65 m 的均勻火源，當在水平位置時，可以包封住管筒容器整個直徑，並可產生於 4 min 以內在管筒容器底部表面量測時達  $\geq 590$  °C 之溫度。

火焰試驗的時機應由至少一個熱偶測到  $\geq 590$  °C 的溫度開始，之後其餘的試驗至少需要有兩個熱偶測到  $\geq 590$  °C 之溫度。

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管筒容器洩氣。選擇燃料應考量污染問題。

該管筒容器應暴露在火中直到洩氣至壓力低於 7 bar。

需監測及記錄之參數如下：

- (a) 壓力釋放裝置與閥的型式及特性；
- (b) 初始壓力；
- (c) 洩漏位置；
- (d) 溫度；
- (e) 時間。

##### 8.5.10.2.2 設置 2：管筒容器在實際使用時不裝接特定閥類及 RDSs

若管筒容器在實際使用時不裝接特定閥類及 RDSs，則該管筒容器應採裝接一種方法以安全釋放氣體。

該管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( $p_h \times 2/3$ )。

管筒容器應水平放置，使火焰中心在管筒容器的中點且管筒容器最低部分距離火源頂端約 0.1 m。

表面溫度應以沿火焰長度方向等空距配置的三個熱偶加以監測，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的影響。在試驗過程中，應以每 30 s 以下之間隔記錄熱偶溫度及管筒容器壓力。

應使用長度為 1.65 m 的均勻火源，當在水平位置時，可以包封住管筒容器整個直徑，並可產生於 2 min 以內在管筒容器底部表面量測達  $\geq 590$  °C 之溫度。

火焰試驗的時機應由至少一個熱偶測到  $\geq 590$  °C 的溫度開始，之後其餘的試驗至少需要有兩個熱偶測到  $\geq 590$  °C 之溫度。

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管筒容器洩氣。選擇燃料應考量污染問題。

該管筒容器應以管筒容器製造商規定的時間暴露在火中，於  $\geq 590$  °C 之溫度下應至少 5 min。任何在試驗後留存的壓力均應被安全排放。

需監測及記錄之參數如下：

- (a) 初始壓力；
- (b) 洩漏位置，如適當；
- (c) 溫度；
- (d) 時間。

#### 8.5.10.2.3 準則

(a) 若是預定要裝接特定壓力釋放閥的管筒容器，該管筒容器應經由該壓力釋放裝置排氣。如果規定並使用了另一種設計的壓力釋放裝置，則應重複本試驗。

(b) 若管筒容器無特定的壓力釋放裝置，則在製造商所規定之時間前應不會破裂，該時間也不少於耐火試驗開始後 5 min。管筒容器得經由圓柱筒壁、閥(如有裝接)或其他表面處洩漏。

對所有管筒容器，製造商應提供該系統設計者連同此耐火性能數據，使渠等可被施以目的在防止管筒容器在使用中破裂的系統火災防護之風險評估。

#### 8.5.11 頸部強度試驗

##### 8.5.11.1 一般

所有型式 4 設計均需本試驗。應試驗一個管筒容器。

一代表性的管筒容器得與相同直徑作為原型的管筒容器一齊試驗，但前提是具有至少為直徑兩倍的圓柱筒長度。次級管筒容器的包覆類型應作為真正管筒容器之代表。

##### 8.5.11.2 程序

應將管筒容器本體以可防止其轉動之方式保持。該管筒容器應裝接可與之合

適對應的閥與適合之栓塞，並繫緊至 ISO 13341 中對相關內膽或筒環材料，或二者，建議之最大扭力的 110 %，或是由製造商列在設計圖上的建議。

需監測及記錄之參數如下：

- (a) 閥/栓塞材料之型式；
- (b) 閥之使用程序；
- (c) 施加之扭力。

該閥或栓塞在第一次安裝後拆下，並檢查頸部及筒環螺紋。該經上述檢查之閥應於隨後再安裝。

然後對該管筒容器施以規定於 8.5.12 之洩漏試驗。

### 8.5.11.3 準則

對任何結合的筒環、內膽與複合材料介面無永久性的可視損傷。

在氣泡洩漏試驗中洩漏率大於 2 bubble/min 或氣態氦洩漏大於  $5 \times 10^{-3}$  mbar·L/s (或同等)應構成該試驗之不合格。

### 8.5.12 洩漏試驗

#### 8.5.12.1 一般

所有型式 4 管筒容器均需本試驗。

#### 8.5.12.2 程序

應對管筒容器成品實施洩漏試驗。洩漏試驗可接受的方法包括使用乾空氣或氣體的氣泡試驗或是使用質譜儀(mass spectrometer)、攜帶式氣體探測器或其他適當的技術測量微量氣體。管筒容器成品的洩漏試驗應在試驗壓力， $p_h$ ，的 2/3 倍下實施。

#### 8.5.12.3 準則

在氣泡洩漏試驗中洩漏率大於 2 bubble/min 或氣態氦洩漏大於  $5 \times 10^{-3}$  mbar·L/s (或同等)應構成該試驗之不合格。

### 8.5.13 加速應力破裂試驗

#### 8.5.13.1 一般

本試驗僅對以玻璃纖維或聚醯胺纖維作為承受壓力用途之管筒容器實施。

應以一支已加包覆但未塗漆或將在複合材料上的保護塗層移除的管筒容器依下述方式試驗。替代的方式是，一代表性的管筒容器得與相同直徑作為原型的管筒容器一齊試驗，但前提是具有至少為直徑兩倍的圓柱筒長度。次級管筒容器的包覆類型應作為原型管筒容器之代表。

#### 8.5.13.2 程序

對於設計使用年限達 20 年者，應以一支管筒容器在 85 °C 下以液壓加壓至試驗壓力，且應在 85 °C 下維持此壓力達 1,000 h。

對於設計使用年限在 20 年以上者，應以一支管筒容器在 85 °C 下以液壓加壓至試驗壓力，並應在 85 °C 下維持此壓力達 2,000 h。

然後對該管筒容器施以爆裂試驗(8.5.5)。

需監測及記錄之參數如下：

- (a) 溫度，至少一天兩次；
- (b) 管筒容器壓力，至少一天兩次；
- (c) 爆裂壓力。

#### 8.5.13.3 準則

為能成功通過該試驗，管筒容器應能在 85 °C 下維持 1 000 h 或 2 000 h 而不破裂，且該爆裂壓力應超過最低設計爆裂壓力的 85 %。

#### 8.5.14 滲透性試驗

##### 8.5.14.1 一般

所有型式 4 管筒容器均需本試驗。一代表性的管筒容器得與相同直徑作為原型的管筒容器一齊試驗，但前提是具有至少為直徑兩倍的圓柱筒長度。次級管筒容器的包覆類型應作為原型管筒容器之代表。

##### 8.5.14.2 程序

應將一個充填適合之試驗氣體至工作壓力的管筒容器成品，置於一溫度在 20 °C ± 5 °C 的封閉氣密艙室中，記錄 50 h，直到滲透率到達一種穩定狀態。試驗的持續時間毋須超過 500 h。

備考：適合之試驗氣體包括供充填目的氣體、氫氣、或氫氣與氫氣或是氫氣的混合氣。

需監測及記錄之參數如下：

- (a) 所使用之試驗氣體；
- (b) 滲透率；
- (c) 試驗艙之溫度。

##### 8.5.14.3 準則

滲透率應少於等同每小時每公升水容量 6 標稱 mL 氫氣。使用不同混合氣之滲透率當量，得使用分子量之比例平方根及考慮參考溫度以及氣體或混合氣加以計算。參照附錄 D。

#### 8.5.15 氣體循環試驗

##### 8.5.15.1 一般

所有型式 4 管筒容器均需本試驗。一代表性的管筒容器得與相同直徑作為原型的管筒容器一齊試驗，但前提是具有至少為直徑兩倍的圓柱筒長度。次級管筒容器的包覆類型應作為原型管筒容器之代表。

實施本試驗時，應特別考量安全性。於實施試驗前，供該試驗之管筒容器應先成功通過洩漏試驗(參照 8.5.12)及耐靜水壓試驗(參照 8.5.2)的試驗要求事項。

目的在充填氣體以供使用之管筒容器應以空氣作本試驗。目的作為充填氫氣

以供使用之管筒容器，應以氫氣作為試驗氣體。如果管筒容器係供一般氣體使用，則空氣、氮氣或氫氣均得使用。若該管筒容器未以空氣或氫氣加以試驗，則不被認可適用於充填空氣或氫氣。

#### 8.5.15.2 程序

應以一支管筒容器用下列方式試驗：

- (a) 該管筒容器應適當的充填以空氣、氮氣或氫氣。
- (b) 將管筒容器以 40 bar/min 以下之加壓率充填試驗氣體至  $2/3 \times p_h$ 。
- (c) 於環境條件下，將管筒容器保持在如(b)所述之壓力下 20 h。
- (d) 於 20 h 後，開啟管筒容器閥使管筒容器排氣直至全空。
- (e) 在室溫下放置 4 h，讓管筒容器穩定化。
- (f) 重複(a)至(e)的步驟，直至完成 30 個循環。

於完成 30 個循環後，應將閥卸下，並應作該內膽以及內膽/端末筒環介面狀態的目視檢查，以找出任何劣化的證據，如起泡、裂痕或靜電放電。若內膽有可見的劣化(如，但不限於，起泡、裂痕或剝層)則應記錄該狀態。如果在 30 個循環後該管筒容器有降解裂化的情形，則在完成 30 個循環後，應依 8.5.12 洩漏試驗之規定施以試驗。如此管筒容器通果洩漏試驗，則其應依 8.5.14 施以滲透試驗。

需監測及記錄之參數如下：

- (a) 所使用之試驗氣體；
- (b) 於 30 個氣壓操作循環後，該管筒容器的目視外觀；
- (c) 洩漏試驗之結果；
- (d) 滲透試驗之結果，如適用。

#### 8.5.15.3 準則

管筒容器於完成如 8.5.15.2 所述之 30 個氣壓操作循環後若無可視之劣化跡象，如裂痕、起泡或靜電放電痕跡，就已經成功通過該試驗。

如管筒容器於完成 30 個氣壓操作循環後顯現侵蝕之劣化跡象，則應施以洩漏試驗(參照 8.5.12)以及滲透試驗(參照 8.5.14)。若該管筒容器成功完成該洩漏試驗及滲透試驗，則其已經成功通過該試驗。

#### 8.5.16 塗層試驗

若塗層被規定為設計的一部分，則應以下列標準或同等之試驗加以評鑑：

- (a) 黏著試驗，依 ISO 4624:2016 之規定，採用適合之 A 法或 B 法－塗層應顯現一種 4A 或 4B 的黏著率，如適用；
- (b) 撓曲性，依 ASTM D522 之規定，使用試驗方法 B，用一支有規定厚度的 12.7 mm 芯軸在 -20 °C 下實施－供撓曲性試驗用的樣品應依 ASTM D522-93 製備－應無可見的外觀裂痕；
- (c) 耐撞擊性，依 ASTM D2794 之規定－在室溫下的塗層應通過－18 J (13.3

ft lbs)的向前撞擊試驗；

- (d) 耐化學性，依 ASTM D1308 之規定，除此之外應實施使用開點試驗方法與 100 h 暴露於 30 % 硫酸(具有比重為 1.219 之蓄電池酸液)，及 24 h 暴露於聚乙二醇(例如：煞車油)－塗層應無隆起、起泡或軟化，且當依 ISO 4624 試驗時，該黏著性應符合 3 之等級；
- (e) 依 ASTM G154 之規定最少暴露 1,000 h－應無起泡之跡象且當依 ISO 4624 試驗時，該黏著性應符合 3 之等級；最大允許總損失為 20 %
- (f) 依 ISO 9227 之規定最少暴露 500 h－在字體標記處之黏合不足應不超過 2 mm，應無起泡之跡象且當依 ISO 4624 試驗時，該黏著性應符合 3 之等級；
- (g) 在室溫下之耐削切性，依 ASTM D3170 之規定－該塗層應具有 7A 以上之等級，且應不會露出基材。

#### 8.5.17 鹽水噴霧試驗

##### 8.5.17.1 一般

具有鋼製內膽的複合材料管筒容器需要本試驗。該試驗應依 ISO 9227 之要求事項實施。

##### 8.5.17.2 程序

若管筒容器具有鋼製內膽，應由一個原型管筒容器或作為代表產品批次的管筒容器切取試驗環。這應使用相同材料/複合包覆組合。

應由該管筒容器端板處切取試驗片樣品，具有至少 300 mm 的平行長度並包括一圓頂。

如係型式 2 管筒容器，該管筒容器圓頂應是在提供使用的最終狀態(例如：經塗鍍好的)。試驗環應以同樣的方法製造，且具有相同的內膽/複合材料纖維與樹脂。

每一試驗環沿著切邊應有全部暴露的纖維由與用於製造原型管筒容器相同的樹脂加以密封及保護。

應依 ISO 9227:2017, 8 至 12 節之規定施以鹽水噴霧試驗，使用中性鹽水噴撒(如表 2 所述)且暴露時間至少為 240 h。

於試驗完成後，應使用一種不會損傷或改變內膽之外表面的方法將該複合材料由內膽卸下來。

該內膽之外表面及與內膽接觸之複合材料隨後加以檢視是否有腐蝕跡象。

##### 8.5.17.3 準則

金屬表面應無出現大於內膽壁厚度 10 % 之點蝕(pitting)。表面鏽斑為可接受。

#### 8.5.18 酸環境試驗

##### 8.5.18.1 一般

無論是使用全玻璃纖維或坡離纖維以在一種混雜設計中提供相同的承受壓

力性之所有複合材料管筒容器均需本試驗。一代表性的管筒容器得與相同直徑作為原型的管筒容器一齊試驗，但前提是具有至少為直徑兩倍的圓柱筒長度。次級管筒容器的包覆類型應作為真正管筒容器之代表。

#### 8.5.18.2 程序

應以一支管筒容器用液壓加壓至工作壓力的 130 %，在管筒容器表面有 150 mm 直徑區塊暴露於 30 % 硫酸溶液(具有比重 1.219 之蓄電池酸液) 100 h。該管筒容器之後應施以 8.5.5 所規定的爆裂試驗

#### 8.5.18.3 準則

爆裂壓力， $p_b$ ，應在最低設計爆裂壓力的 85 % 以上。

### 8.5.19 真空試驗

#### 8.5.19.1 一般

本試驗僅供型式 4 管筒容器選用。實施本試驗時，應以一支管筒容器在環境循環試驗(參照 8.5.7)前施以真空試驗。若未實施本試驗，則應在管筒容器標籤上標示永久性的警告(參照 10.2)。

#### 8.5.19.2 程序

該管筒容器應施以由大氣壓至某種真空的一系列循環。其內容物(惰性氣體或空氣)應在周圍溫度下由大氣壓降至 0.2 bar 絕對壓力。該真空應維持此水準至少 1 min，

在管筒容器中的壓力應回復至大氣壓。總循環數應為 50。

需監測及記錄之參數如下：

- (a) 到達低循環壓力之循環數；
- (b) 最低及最高循環壓力；
- (c) 循環頻率；
- (d) 目視檢查結果。

#### 8.5.19.3 準則

在循環之後，應對內膽內部查驗是否有損傷。任何脫黏、皺摺或其他損傷均應註記。若該管筒容器之後通過環境循環試驗(參照 8.5.7)，應也是已通過真空試驗。

### 8.5.20 高速撞擊(槍擊)試驗

#### 8.5.20.1 一般

所有型式 3 及型式 4 複合材料管筒容器均需本試驗。用於軍事用途之型式 2 複合材料管筒容器需要本試驗。

#### 8.5.20.2 程序

應將一支管筒容器以空氣或氮氣充填至試驗壓力， $p_h$ ，的 2/3。該管筒容器應妥為定位，使發射物(子彈)之撞擊點應在管筒容器側壁標稱角度 90° 處，且該子彈也將貫穿管筒容器側壁。

管筒容器應以 7.62 mm (0.3 內徑)之穿甲彈以標稱速度 850 m/s (例如：7.62 × 51 M993 AP NATO round)加以撞擊。該子彈應由不超過 45 m 之距離處發射。並不需要子彈穿透管筒容器側壁。試驗後，應使容器無法再供使用。

需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) 如適用，不合格之描述；

#### 8.5.20.3 準則

有下列情形之一則管筒容器通過試驗：

- (a) 子彈穿透該管筒容器，管筒容器並未破裂(仍保持單片)；
- (b) 子彈並未穿透管筒容器側壁。

#### 8.5.21 玻璃轉移溫度試驗

黏造基材材料的玻璃轉移溫度應依 ASTM E135 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管筒容器製造商規定的最低玻璃轉移溫度。

#### 8.5.22 樹脂剪力強度試驗

黏造基材材料應加以試驗，以一片代表該複合材料包覆之樣品依 ISO 14130、ASTM D2344 或其他同等標準試驗。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。

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。

#### 8.6 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. 製造時之檢查與試驗

#### 9.1 型式 2 與型式 3 管筒容器用之內膽

9.1.1 用於製造 9.1 型式 2 與型式 3 管筒容器用內膽之金屬管筒應依附錄 C 實施超音波檢查。除此之外，所有鋼製內膽於完成所有熱處理之後依附錄 C 實施超音波檢查。

9.1.2 應對每一內膽檢查下列事項：

- (a) 以目視檢查檢視成品表面瑕疵；
- (b) 尺度：直徑及長度，偏圓度及直度；
- (c) 頸部皺摺：在內膽頸部區域不得有內部皺摺；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) 質量；
- (f) 螺紋適合性。

**9.1.3** 若對型式 2 或型式 3 管筒容器成品施以驗證試驗(proof test)，則 100 % 的內膽均應施以硬度試驗，如渠等需經熱處理過，則係在依 ISO 6506-1 或 ISO 6508-1 作熱處理之後，且應到達 7.2.2 規定之範圍。

若係對管筒容器成品施以容積膨脹壓力試驗，則 5 % 之內膽在依 ISO 6506-1 或 ISO 6508-1 作熱處理之後應對其施以硬度試驗，且應到達 7.2.2 規定之範圍。

**9.1.4** 從每一承受壓力內膽批次，由所供應的管筒切取一代表試片，施以相同的熱處理，應加以試驗以確定機械特性符合最低設計要求，且該內膽材料依照相關標準規定(參照第 2 節)。

**9.1.5** 所實施試驗之記錄應由該管筒容器製造商保存。試驗證書的適當格式為如附錄 B 所示。

**9.1.6** 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。

## **9.2 承受壓力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由於實施該試驗過程錯誤，則得在被授權下可以使用另外之相同內膽，由製造商審慎的就下列方式之一，實施再試驗：

(a) 該試驗就有問題之處對兩個試樣實施，一個取自與第一次試驗相同的內膽或試驗環，另一個取自同一批次的內膽或試驗環，如果二者的結果都符合要求，則該批次應被接受；或

(b) 若熱處理顯現不適當，則該批次內膽得作再加熱處理(如適當)並依 9.1.2 及 9.1.3 實施再試驗，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** 若熱處理爐記錄顯示人工老化已經不適當，則應增加在該老化溫度下之時間。

**9.2.3** 如果試驗結果，在已經作再試驗或再熱處理後，仍然不符合要求，則在該批次中的內膽應使之不能再供使用(廢棄)。

## **9.3 型式 4 管筒容器用之內膽**

**9.3.1** 每一批次之非承受壓力內膽，應予以查驗及作尺度性的檢查，以確保符合設計規格。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的目視檢查；

(b) 尺度：直徑及長度；

(c) 螺紋適合性。

**9.3.2** 每一金屬筒環均應加以試驗以確認已達到 7.2.2 所需要之特性。製造者的合格證書(機械特性、化學分析)為可接受以證實其符合規定。

**9.3.3** 取自每一批次之非金屬材料的兩代表性試片應依 ISO 527-1 及 ISO 527-2 之規定加以試驗，以確認已達到所需之特性。

可接受之合格非金屬內膽應考慮下列事項：

- (a) 材料特性(顆粒化的原料等)應在材料製造商所設定用於熔融流體指數、密度與玻璃轉移溫度或是維卡(Vicat)軟化溫度的許可差；
- (b) 在內膽製造過程中之處理參數應在該製程於型式認可時經同意的許可差範圍內；
- (c) 內膽的材料特性應在列於 7.2.2 的設計要求事項所需之許可差範圍內，製造者的合格證書為可接受以證實其符合規定。

9.3.4 所實施之試驗的記錄應保存在該管筒容器製造商的廠區。試驗證書的適當格式為如附錄 B 所示。

#### 9.4 非受壓內膽批次試驗不合格

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由於實施該試驗過程錯誤，則得在被授權下可以使用另外之相同內膽或材料樣品實施再試驗。

#### 9.5 外包覆材料

9.5.1 若依本標準之設計、製造、檢查及試驗經驗證及試驗結果符合要求，檢查者應發給合格證書。合格證書格式之一例，如附錄 B 所示。

9.5.2 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。

9.5.3 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 或適合的同等標準。纖維強度應不少於列於 7.2.3 之資料的規定。

9.5.4 原型黏造基材材料應對依 ISO 14130 或同等標準規定之複合材料包覆層的代表性樣品試片加以試驗。若黏造基材材料(即樹脂、硬化劑、促進劑)有所改變但與原設計有同等之化學性，則應重複此等試驗。

#### 9.6 複合材料管筒容器

9.6.1 若依本標準之設計、製造、檢查及試驗經驗證及試驗結果符合要求，檢查者應發給合格證書。合格證書格式之一例，如附錄 B 所示。

9.6.2 每一批次之複合材料管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的目視檢查；
- (b) 尺度；
- (c) 標示；
- (d) 水容量；
- (e) 在經認可之設計許可差範圍內的質量；
- (f) 清潔度。

9.6.3 管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(例如：切削屑、樹脂)，這將會對管筒容器的安全工作造成有害的影響。有關在金屬內膽上的可能缺陷指引，參照 ISO 11120 及 ISO 7866。

**9.6.4** 每一完整的管筒容器均應在 7.2.4 規定的設計壓力下，施以耐液壓試驗(依據 8.5.2)，或容積膨脹試驗(依據 8.5.3)。該彈性膨脹與永久性膨脹結果應在 7.2.4 所提出申請之設計申請文件所規定之範圍內。

**9.6.5** 所有管筒容器附設的非承受壓力內膽或黏結的管環應依 8.5.12 施以洩漏試驗。洩漏試驗應以完整的管筒容器實施，且應在試驗壓力， $p_h$ ，的三分之二下施行。

**9.6.6** 每五個批次應抽一支管筒容器依 8.5.6 之規定施以周圍狀態循環試驗。

**9.6.7** 每一個批次應抽一支管筒容器依 8.5.5 之規定施以爆裂試驗。

## **9.7 批次試驗不合格**

**9.7.1** 如果在批次試驗過程中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實施再試驗。

**9.7.2** 如果在實施試驗中有缺失之實情，或量測錯誤，則應對同一管筒容器施以第二次試驗，如果可能。若此為不可能，則對由同一批次隨機抽取之管筒容器施以第二次試驗。若此試驗結果為符合規定，則第一次試驗可忽略。

## **10. 管筒容器標示**

### **10.1 一般**

每一符合本標準規定之管筒容器成品，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。

備考：對於某些管筒容器的使用國家，其他之標示要求事項可依國家或地區性法規之規定。

### **10.2 附加標示**

**10.2.1** 下列資訊，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：

- (a) 若管筒容器係供指定氣體使用：“警告：本管筒容器僅能供充填<>” (“WARNING – THIS TUBE MUST BE FILLED ONLY WITH <>”);
- (b) 若管筒容器係經特定的 PRD 認證 (參照 8.5.11)：“警告：本管筒容器僅在裝有<>壓力釋放裝置時方能供使用” (“WARNING – THIS TUBE MUST BE USED ONLY WITH A <> PRESSURE RELIEF DEVICE”);
- (c) 若裝接扭力非與 ISO 13341 中所列者一致：“最大扭力<>” (“Maximum torque <>”);
- (d) 若未成功的完成真空試驗 (see 8.5.19)：“警告：本管筒容器不得供真空使用” (“WARNING – THIS TUBE MUST NOT BE USED IN VACUUM SERVICE”);
- (e) 如適當，若管筒容器係經認證作過特定能量之衝錘狀及試驗(參照 8.5.10)：“本管筒器具水準 1 (或 2)之耐撞擊性” (“THIS TUBE HAS IMPACT RESISTANCE LEVEL 1 (OR 2)”)。

**10.2.2** 附加標示 (例如：依國家法規之再試驗日期、顧客姓名) 得包括在主標籤上，

或用一種次要標籤確實的貼設在該管筒容器側壁。

**10.2.3** 所有標籤應以字高不少於 6 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— 具成押金屬內膽之複合材料管筒容器

發行單位： .....  
(相關權責機關) 以適用 ISO 11515，為準，氣體圓筒容器—水容量在 450 L 與 3,000 L 之間可再充填複合材料管筒容器—設計、建構及試驗。

-----  
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		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
自緊壓力	bar	最低爆裂壓力	bar	厚度	mm

相 容 氣  
體 .....  
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

.....  
.....

**CNS 草-制 1140005:2025**

所有資訊之取得窗口..... (檢查者之姓名及地址)

.....  
.....  
.....

日期 .....

地點 .....

簽名 .....

**附錄 B**  
**(參考)**  
**試驗報告例**

複合材料氣體管筒容器製造之驗證報告檢查

檢查者 .....  
 檢查者標示.....  
 證書號碼.....  
 地點.....日期.....  
 管筒容器製造者.....  
 製造者標示.....  
 製造用途.....  
 發送對象.....  
 數量 .....全尺寸(mm) .....外側直徑 .....長  
 序號 ..... 至 ..... 檢附在內  
 標準圖號.....  
 液壓試驗日期.....  
 試驗壓力.....  
 水容量(L)..... Gas  
 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 ..... 無閥  
 最小 ..... 最大 ..... 有閥  
 每一管筒容器均以依據 ISO 11515:2022, 6.1 之認可程序製造，以適當方法作熱處理  
 及作硬度檢查。機械試驗結果已經認為符合要求(參照 ISO 11515:2022, 9.1)。  
 外包覆係以施加經控制的拉緊力加以纏繞。  
 單絲 玻璃 碳 醃胺  
 指定 .....  
 供應者.....  
 以指定之樹脂浸漬.....  
 製造者.....  
 由包裝號碼以經確認，在包覆至致遭商之標準後予以硬化。單絲股東及強化經驗證並  
 確認符合規定。  
 每一管筒容器均施以自緊壓力..... bar 時間達約 ..... (如適當)  
 每一管筒容器均在上述之試驗壓力狀態下施以耐液壓試驗(參照 ISO 11515:2022,  
 8.5.2)或容積膨脹試驗(參照 ISO 11515:2022, 8.5.3)。

**CNS 草-制 1140005:2025**

每一管筒容器均按照 ISO 11515:2022，第 10 節之要求加以標示。

綜上所述，我們認證上述之每一管筒容器均符合 ISO 11515:2022 的所有安全要求事項。

製造商代表.....

檢查者代表.....

**(a) 內膽之機械試驗**

批次代碼	試驗片尺度	0.2 % v 降伏強度 N/mm <sup>2</sup>	抗拉強度 N/mm <sup>2</sup>	伸長率 %

製造商代表.....

**(b) 複合材料管筒容器液壓容積膨脹試驗證明**

顧客訂貨號.....試驗到達壓力.....

並符合於

製造商號碼.....

容器號碼	鑄造號碼	全膨脹	永久膨脹	永久/全膨脹比率 %	全質量 kg	空筒質量	水容量 L	試驗日期

證明單位.....代表.....日期.....

(製造商用)

證明者.....日期.....

(檢查者用)

## 附錄 C

### (規定)

#### 無縫鋼製內膽與金屬管之超音波檢查

##### C.1 一般

本附錄係依據管製造商之技術。其他超音波檢查技術亦得使用，只要其被證實適合於該製造方法。

##### C.2 一般要求事項

超音波試驗設備應至少能測出 C.3.2 中所述之參考標準內容。其通常應依據製造商之操作指導使用以確保可維持其準確性。該設備的檢查紀錄及認可證明應加以保存。

超音波檢驗設備應由有資格經驗具至少水準 1 證明之人員操作，並由具至少水準 2 證明之人員監督，依 ISO 9712 規定。

將作超音波試驗之任何管的外部與內部表面應在適合一種準確且可再現試驗之狀態。

對於流體偵測，應使用脈衝回聲系統。對於厚度測量，應使用共振方法或脈衝回聲系統。應使用接觸或浸漬試驗技術。

應使用一種確保適當傳輸試驗探頭與管之間超音波能量的耦合方法。

##### C.3 圓柱體部件的流體偵測

###### C.3.1 程序

將施以檢查之管筒容器與探尋單元相對於一另一方應有轉動之動作及傳輸，此種管的螺旋掃描應有說明。

旋轉及傳輸速度應經常維持在 $\pm 10\%$ 以內。螺紋的節距應小於探頭所涵蓋的寬度—應保證至少有 $10\%$ 的重疊—是相對於用在校正程序的旋轉及傳輸速度下確保 $100\%$ 之涵蓋率的有效聲束寬度。

得使用一種替代掃描方法供用於橫向缺陷探測，在此種掃描中或探頭與工作件之相對移動式縱向的，該掃移動作係為確保涵蓋 $100\%$ 之表面且該掃移有約 $10\%$ 之重疊。

管壁應加以試驗，包括探測縱向缺陷的二周向超音波能量傳輸與探測橫向缺陷的二縱向。

在此種情形中或當在管壁與管頸間的轉移區域或管壁與基部，或是二者，實施選用試驗時，如未能自動實施得採人為方式。

設備的有效性應定期加以檢查，其方式是經由該試驗程序通過一種參照標準。此檢查應至少在每次移動之開始或結束時施。在此檢查中，如果未能探測出所存在的適當參考缺口，則所有隨後的管筒容器試驗及至最後的驗收檢查應在設備重置後作再試驗。

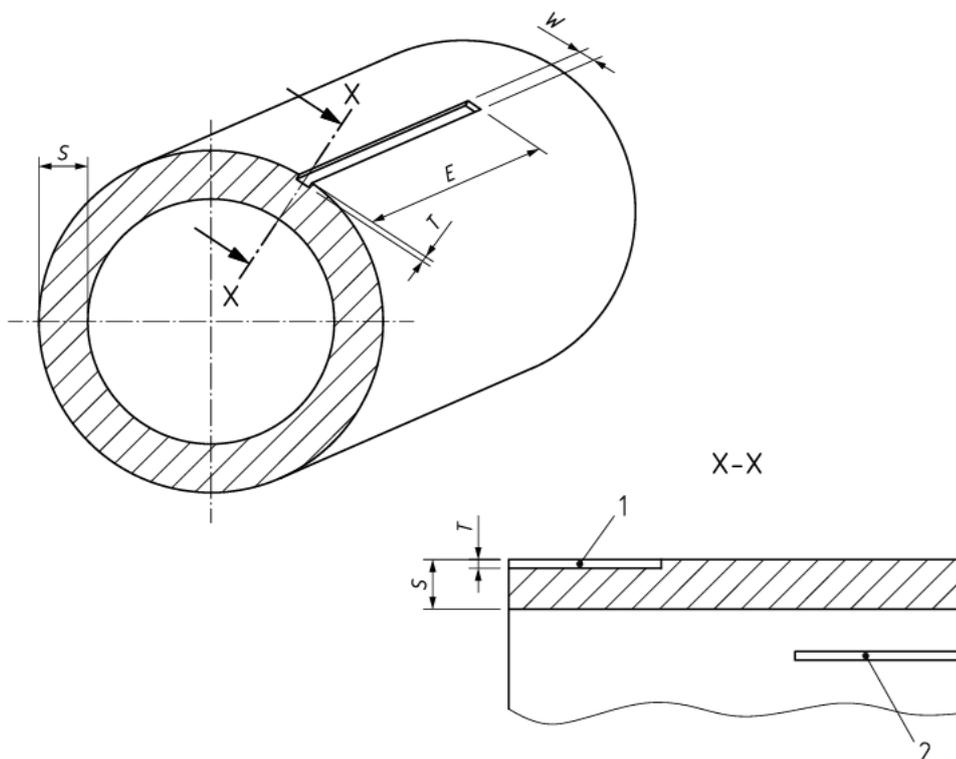
###### C.3.2 參考標準

方便長度的參考標準應由有相似之值徑與壁厚範圍、及由具有相同聲音特性與如同將被查驗之管的表面完成度之管筒容器準備。該參考標準應保持連續以免干擾參考凹槽的探測。

參考凹槽，無論是縱向或橫向，該標準的外部及內部表面應作機械加工。該凹槽應分開，使每一凹槽均可被清楚辨認。

凹槽的尺度與形狀在設備之調整上極具重要性(參照圖 C1 及 C2)。

- (a) 凹槽得長度， $E$ ，應不大於 50 mm。
- (b) 寬度， $W$ ，應不大於標稱深度， $T$ ，的兩倍。但如果無法符合這種條件，則 1.0 mm 的最大寬度為可被接受。
- (c) 凹槽的深度， $T$ ，應為標稱厚度， $S$ ，的  $5\% \pm 0.75\%$ ，涵蓋凹槽全長最小為 0.2 mm，最大為 1.0 mm。端部圓角化為可被允許。
- (d) 凹槽在與管壁交點處應有銳利邊緣。除使用火花蝕刻法外，該凹槽的截面應為長方形；之後被告知該凹槽底部須要圓角化。
- (e) 該凹槽的形狀與尺度應以適當的方法顯示。

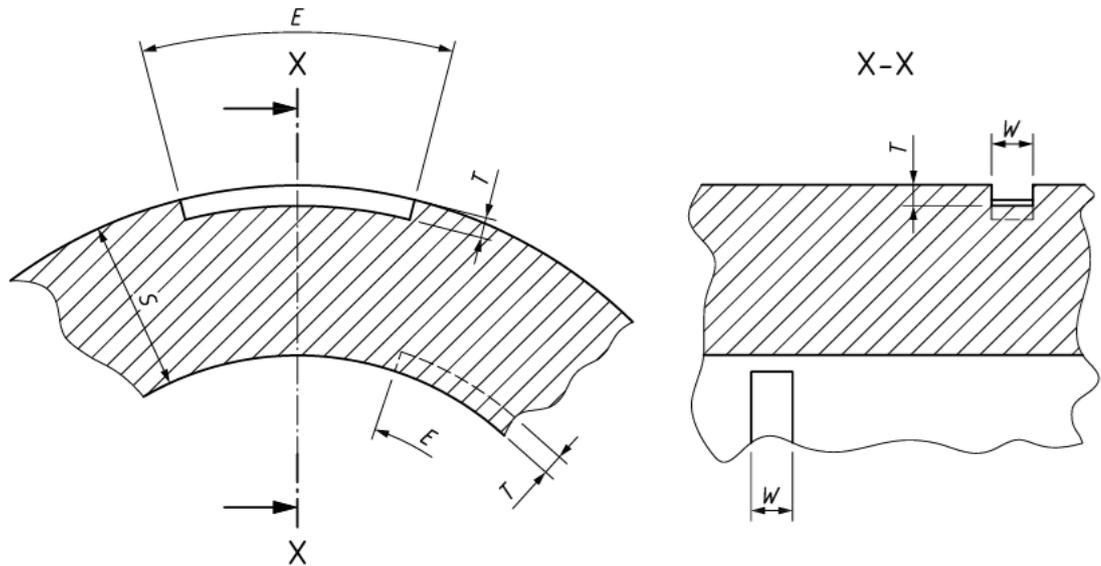


說明

- |          |          |
|----------|----------|
| 1 參考凹槽外側 | S 標稱管壁厚度 |
| 2 參考凹槽內側 | T 凹槽深度   |
| E 凹槽長度   | W 凹槽寬度   |

備考： $T \leq (5 \pm 0.75)\% S$  但  $\leq 1\text{ mm}$  且  $\geq 0.2\text{ mm}$ ； $W \leq 2T$ ，但若不可能，則  $\leq 1\text{ mm}$ ； $E \leq 50\text{ mm}$ 。

圖 C.1 供縱向缺陷用參考凹槽之設計細節及尺度



說明

E 凹槽長度

S 標稱管壁厚度

T 凹槽深度

W 凹槽寬度

備考： $T \leq (5 \pm 0.75) \% S$  但  $\leq 1 \text{ mm}$  且  $\geq 0.2 \text{ mm}$ ； $W \leq 2T$ ，但若不可能，則  $\leq 1 \text{ mm}$ ； $E \leq 50 \text{ mm}$ 。

圖 C.2 供周向缺陷用參考凹槽之代表圖

### C.3.3 設備之校正

使用如 C.3.2 所述之標準，設備應加以調整以由參考凹槽內部及外部產生可辨識之指示形狀。指示形狀之幅度應儘量一致。最小幅度的指示形狀用以作為不合格水準以及作為設定視覺、聽覺、紀錄或排序裝置之用。設備應用參考標準或探頭，或二者，加以校正，以相同方式、在相同方向以用於檢查該管時相同的速度。所有視覺、聽覺、紀錄或排序裝置應在試驗速度下可合格操作。

### C.3.4 壁厚量測

若壁厚之量測在另外之製造階段並未實施，則該圓柱形部分應作 100 % 之查驗以確保厚度不少於保證最小值。

### C.3.5 結果解說

若管筒容器的指示形狀在來自參考凹槽的最低指示形狀以上，則應捨棄。表面缺陷應移除，在移除後，該管筒容器應施以超音波流體探測再試驗與厚度量測。任何管筒容器顯示低於保證最小厚度應判定不合格。

### C.3.6 合格證書

超音波試驗應由該管筒容器製造商加以認證。

通過依此規定之超音波試驗的每一管筒容器，應打印上“UT”符號。

附錄 D

(參考)

使用微量追蹤氣體時滲透率計算用指引

分子流是氣體平均自由通路大於物理洩漏最長橫截面尺度。對於分子流，該洩漏是“與壓力差成比例”，洩漏率通常小於  $10^{-6}$  scc/s。在問題中，一種氣體的分子流率可以經由氣體分子量平方根改變成另一種氣體。氫之分子量為 2.016，氦為 4.003，而甲烷為 16.042。

黏性流是氣體平均自由通路小於物理洩漏橫截面尺度。在黏性流中，該洩漏是“與壓力平方之差成比例”，洩漏率通常在  $10^{-1}$  scc/s 至  $10^{-6}$  scc/s 的範圍內。氫的黏性流率得經由公式(D.1)：

$$Q_1 \times n_1 = Q_2 \times n_2 \dots\dots\dots (D.1)$$

上式中

為氣體 1 之黏性；

為氣體 2 之黏性；

為氣體 1 之流率；

為氣體 2 之流率。

假設黏性流率總是產生在較高之計算洩漏率中。氫的黏性是  $9.00 \times 10^{-6}$  Pa·s，氦是  $19.9 \times 10^{-6}$  Pa·s，而甲烷是  $11.1 \times 10^{-6}$  Pa·s。

轉變流平均自由通路約等於該洩漏橫截面尺度。其發生在介於黏性流與分子流之間的條件下。

這是在黏性流與分子流之間的“灰色地帶”。

使用滲透流模式改變甲烷的滲透率 0.25 scc/h/L，得到可允許的氫滲透率  $0.25 \times (16.042/4.003)^{1/2} = 0.50$  scc/h/L，使用黏性流模式改變甲烷的滲透率，得到可允許的氫滲透率  $0.25 \times (11.1/19.9) = 0.139$  scc/h/L。

使用滲透流模式改變氫的滲透率 10 scc/h/L，得到可允許的氫滲透率  $10 \times (2.016/4.003)^{1/2} = 0.71$  scc/h/L，使用黏性流模式改變甲烷的滲透率，得到可允許的氫滲透率  $10 \times (9.00/19.9) = 4.52$  scc/h/L。

使用混合氣供試驗將會影響微量氣體的可測出水準。如果用氫供試驗之用，常使用在 2% 之水準，其餘 98% 由氫氣補足。如果用 100% 氫氣之可允許率為 0.71 scc/h/L，則用 2% 之氫的可允許率為  $0.71 \times (2/100) = 0.14$  scc/h/L。

如果試驗是在非為所規定之參考溫度，15 °C，的其他溫度下實施，則在量測滲透性時，須將溫差納入考量。阿瑞尼(Arrhenius)率等式得用於溫差之調整。阿瑞尼率等式敘述溫度每增加 10 °C，分子活動性就會加倍。得到滲透率是一種分子活動，其遵循阿瑞尼率等式。舉一例，若在 15 °C 時氫的允許滲透是 0.14 scc/h/L，則在 35 °C 時的允許滲透是  $0.14 \times 2 \times 2 = 0.56$  scc/h/L。

參考資料

- [1] United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods – Model Regulations