

機械完整性管理程序參考手冊

勞動部職業安全衛生署 108 年 1 月 31 日勞職安 1 字第 1081003578 號函訂定

壹、目的

為確保製程機械設備及系統之完整性，使其於建造、組裝、檢查及測試、維修保養等各階段，均能維持正常運轉，特制定此參考手冊，作為企業或工廠建構與確保機械完整性之參考與指導。

本參考手冊為行政指導，事業單位應依自身實際需求及相關法令規定，適度調整及修正。事業單位對於製程安全管理，得參考本參考手冊訂定機械完整性書面程序書，並據以執行，留存相關執行紀錄，以確保製程安全，保障工作者安全與健康。

貳、適用範圍

本參考手冊適用於石化、半導體及光電等，具石油裂解或製造、處置及使用危害性化學品工作場所之事業單位，其應確認下列設備之機械完整性，以確保製程安全：

- 一、壓力容器與儲槽。
- 二、管線(包括管線組件如法蘭、閥、軟管、膨脹接頭、及保溫/保冷等設施)。
- 三、釋放及排放系統。
- 四、緊急停車系統。
- 五、控制系統(包括監測設備、感應器、警報及連鎖系統等)。
- 六、泵浦(包括其他轉動設備，如製程用送風/鼓風機、螺旋輸送機、空壓機、攪拌機、冷凍機等)。

參、實施事項：

前述設備之機械完整性程序書或計畫之實施事項應包含下列事項，以確保製程安全管理關鍵設備維持正常運轉：

- 一、機械完整性之組織規劃及人員職責。

- 二、設備清單及關鍵設備分類。
- 三、新建工程與設備安裝作業程序。
- 四、檢查及測試程序。
- 五、設備缺失矯正程序。
- 六、備品管理作業程序。
- 七、檢查、測試、維修保養人員之教育訓練及知能培訓。
- 八、機械完整性持續改善。
- 九、機械完整性改善計畫預算編列。

肆、用語和定義

一、機械完整性(Mechanical Integrity, MI)

確保機械設備、相關附屬設施之功能及技術資料之完整性，使其於建造、組裝、檢查及測試、維修保養等各階段中，均能維持正常運轉，防止設備發生異常或故障致引發職業災害之情形。

二、設備分類(Equipment Class)

將工廠所有設備單元依其破損、故障或操作失控等對製程、財產、環境、安全之影響程度，區分為關鍵性設備與非關鍵性設備，關鍵性設備至少包含貳、一節所列設備。

三、公認及普遍可被接受之良好工程實務標準(Recognized And Generally Accepted Good Engineering Practices, RAGAGEP)

國際公認且普遍可被接受之良好工程實務標準，如國家標準(CNS)、國際通用之JIS、BS、DIN、ASME、ASTM、ANSE、API、IEC等標準。

四、平均故障間隔時間 (Mean Time Between Failures, MTBF)

兩次相鄰故障之間的平均時間。

五、高危害製程

製程化學物洩漏或操作失控，可能造成中毒、火災、爆炸等災害，致發生死亡、重傷、重大財產損失或環境破壞之製程。

六、關鍵績效指標(KPI)

被用來衡量各項工作執行績效之指標。

七、計畫性維修

透過分析檢查、測試、維修保養等數據，預知設備故障時間，在故障發生之前，將設備排入維修任務。

八、預防保養(Preventive Maintenance, PM)

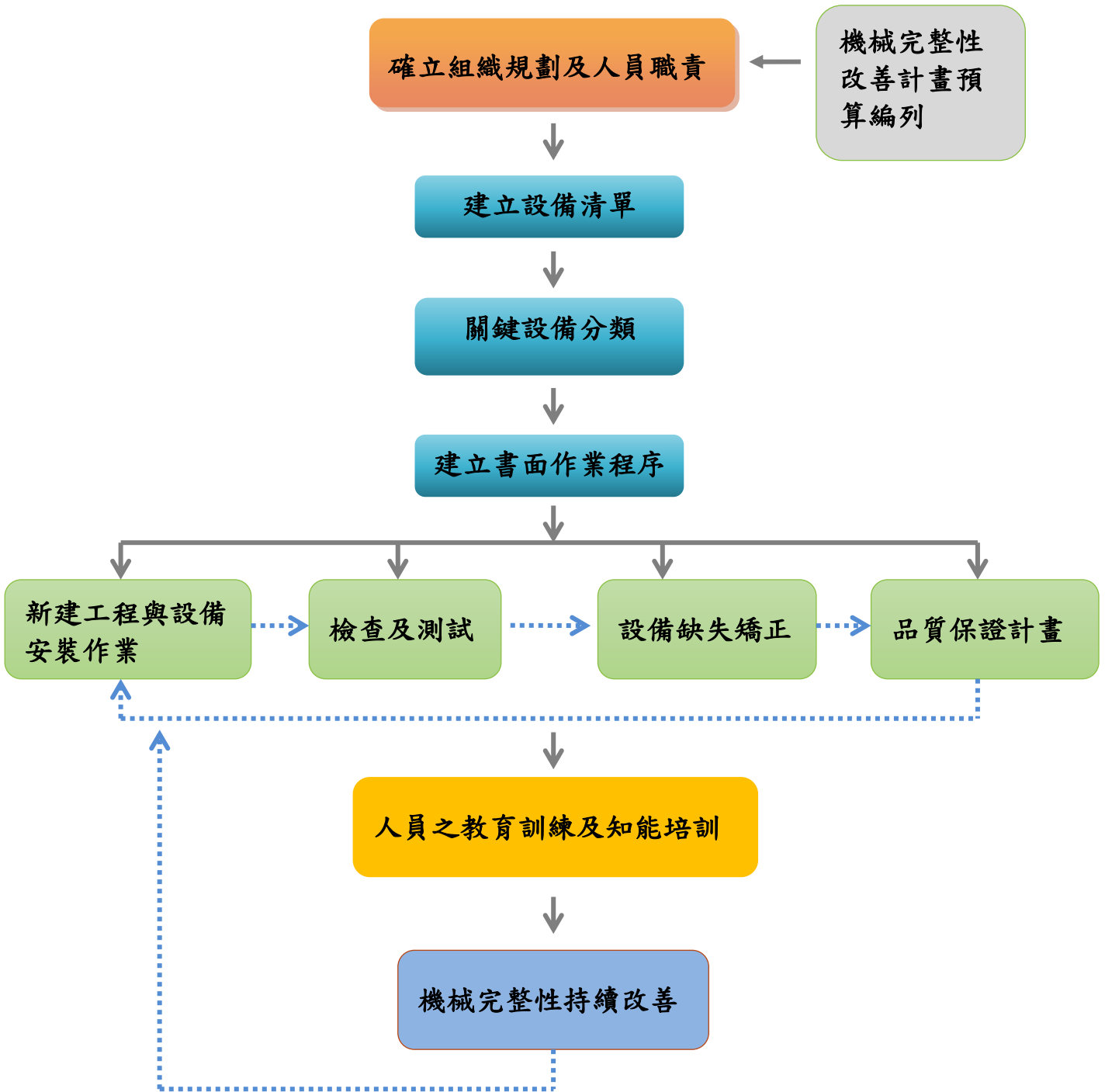
設備部分缺失尚無法藉由儀器檢測得知(如局部腐蝕、磨損、材料老化、脆裂、保溫下腐蝕等)，或檢查所得數據無法透過可靠度分析預測設備殘餘壽命時，必須採取於固定週期停車，以實施內部檢查，並據以判斷設備是否需要維修。

九、預知保養(Predictive maintenance, PdM)

設備缺失可透過可靠度分析預測設備殘餘壽命，並於設備不停車之狀態下，從事相關維修保養，確保其機械完整性。

伍、作業程序

機械完整性作業程序如下：



一、機械完整性之組織規劃與人員職責

1. 管理階層

廠長及廠長以上之管理經營人員，其對工廠安全營運負全面性之責任與承諾，應領導相關人員執行機械完整性計畫及提供設備改善所需之資源與預算，並組織審核小組，定期稽核執行成效，以持續改善機械完整性。

2. 維修保養主管

負責管理機械、儀電設備檢查維修或可靠性改善主管人員，其為機械完整性計畫之規劃及執行者，職責如下：

- (1) 制定機械完整性、檢測與維修保養、設備更新與備品需求等計畫。
- (2) 定期向管理階層報告執行成效、缺失改善措施、資源需求、年度維修及可靠度改善預算編列等事項。
- (3) 協調及安排維修保養人員依檢查保養計畫對各類設備進行檢查、維修及保養。
- (4) 監督危險性機械設備及機械完整性適用範圍之檢查、測試和預防保養(ITPM)。
- (5) 建立機械設備之檢查、測試及維修保養等檔案，並持續更新及記錄。

3. 可靠度工程師

熟稔相關公認及普遍可被接受之良好工程實務標準(RAGAGEP)、檢測儀器與技術、設備故障分析方法及改善技術之人員，職責如下：

- (1) 建立機械、電氣、儀錶等關鍵性設備可靠度檢試程序書。
- (2) 對設備執行故障分析，並提出改善措施，以提高機械設備可

靠度。

- (3) 與生產、品保、製程、產品設計人員溝通協調，並擬定相關計畫，以提升設備可靠度。

4. 機械、電氣工程師

具機械、電氣設備專業知能之人員，職責如下：

- (1) 依檢測及維修保養相關計畫建立程序書及檢查、維修保養記錄，並確認維修保養品質符合設計規範及操作性能要求。
- (2) 對維修保養技術員實施培訓及技術指導。
- (3) 分析設備生命週期，提出設備備品與更新規劃。

5. 維修保養技術員

負責設備維修與檢查之現場執行者，其職責如下：

- (1) 依檢查、維修保養程序書執行日常檢查及維修工作。
- (2) 確認維修品質符合規範要求。
- (3) 填寫檢查及維修紀錄，提供維修保養或可靠度工程師保存及分析。

6. 生產主管

設備使用及生產操作規劃與管理者，其職責為工單排程規劃，如發現設備異常時，開立設備維修工單，並與維修保養主管協調設備維修與檢查事宜。

7. 生產操作員

負責設備生產操作之現場執行者，其職責如下：

- (1) 依標準操作程序操作設備。
- (2) 清潔平日使用之設備。
- (3) 巡視排程工作，並通報設備異常、漏油、製程洩漏等狀況。
- (4) 標示需維修之設備，並實施斷電、上鎖、隔離等措施，以避免其他人員誤觸。

(5) 維修完成後，確認所有管線已正常復原，並測試設備性能符合安全生產要求及簽收設備維修完成單。

8. 工程專案工程師

負責工廠新建工程與新設備之設計、製造、安裝等管理工作之人員，職責如下：

- (1) 協調設計，生產、維修保養等單位意見，製作設計規範、工程圖及品保程序書。
- (2) 籌組品保監督小組，於工程或設備製造、安裝期間進行品保相關檢驗與測試，確保新建工程及設備採用正確之材質，並符合原設計規格。

9. 採購人員

辦理設備採購招標之人員，職責如下：

- (1) 建立關鍵性設備及備品供應商或承包商管理程序書。
- (2) 選擇合格供應商與承包商。
- (3) 協調工程與維修保養單位籌組評估小組，審核新供應商與承包商之安全與品保系統，並對合格供應商或承包商定期查核。
- (4) 編撰採購合約，確認供應商或承包商清楚了解設計規範、工程圖、品保要求等事項。

10. 備品倉儲管理人員

管理倉庫儲存之維修材料、零組件等設備備品人員，職責如下：

- (1) 建立備品收料，檢驗、儲存，盤點、發料管理程序書，並依程序書執行相關作業。
- (2) 確保備品在儲存期間不會變質、生鏽、損壞，並進行盤點，以瞭解備品庫存量，適時提出補貨需求。
- (3) 對於安全關鍵設備備品應清楚標示，並應與一般備品分開儲

存，以免混淆。

(4) 記錄不合格備品，並且通知廠商退貨。

11. 製程工程師

瞭解製程運作，並具備相關專業知識之人員，職責如下：

(1) 建立製程操作條件，並提供新設備之技術資料表。

(2) 籌組製程危害分析小組，對現有生產製程定期進行製程危害分析(PHA)。

(3) 對於新建工程及設備、重大設備修改等實施製程危害分析、變更管理等事項。

二、設備清單及關鍵性設備分類

1. 設備清單

雇主應對所有生產相關設備建立機械設備清單，內容應至少包含設備/管線名稱、設備/管線編號、設備類型、製程單元/區域，P&ID 圖號，設備原始檔案號(包括設計圖、施工圖、供應商提供之資料、品保記錄)，化學品名稱，設備分類辨識，維修/檢查程序號碼，PM/P_dM 檢查週期，維修/檢查記錄檔案號(如附表 1)。

建立設備清單之目地係對工廠內相關生產設備建立一套綜合性管理制度，屬機械完整性實施基礎，使相關作業人員能明瞭設備之分類，以利後續執行檢查、測試、維修保養等計畫。如設備變更製程化學品、操作條件、使用目的或新增設備時，設備清單應滾動修正，且相關作業人員應可隨時查閱設備清單，以持續改善機械之完整性。

2. 關鍵性設備分類

高危害製程係指製程化學物洩漏或操作失控，可能造成中毒、火災、爆炸等災害，致發生死亡、重傷、重大財產損失或環境破壞之製程。另惰性氣體雖無火災、爆炸風險，但於通風不良

或室內洩漏時會造成人員窒息死亡，此時惰性氣體應被視為高危害製程。

雇主可依美國職業安全衛生署(OSHA)，美國化學協會(American Chemistry Council, ACC)等對危害性化學品認定規範或公認及普遍可被接受之良好工程實務標準(RAGAGEP)等實務標準，實施製程危害分析，並依實際危害等級將設備區分為關鍵性設備與非關鍵性設備。另雇主亦可依工廠實際操作與化學品危害程度，再細分為高、中、低風險關鍵設備，或生產、環保、職業安全關鍵設備。

鑑於事業單位之人力及財力資源有限，無法對所有設備建立相同檢查、測試及維修保養計畫，爰設備分類可協助雇主針對關鍵性設備訂定高頻率、高精度之檢查、維修保養計畫，以預防非預期性故障及洩漏發生，對於非關鍵性設備，則可降低檢查及維修保養頻率，以節省維修成本與工作負擔。

三、新建工程與設備安裝作業程序

雇主應建立新建工程與設備安裝之管理程序及制度，確保新建工程與新設備之材質及品質符合原始設計規範，並符合國內相關法令或公認及普遍可被接受之良好工程實務標準(RAGAGEP)。

程序書內容至少應包括下列事項：

1. 供應商或承包商選擇方式、資格評估與審核。
2. 於施工或設備安裝前、中、後，對供應商或承包商之製造、施工與品保系統實施相關評估審核：
 - (1) 施工或安裝前之圖面及相關文件確認，檢驗建造材料是否符合需求。
 - (2) 施工或安裝中應確認新建工程或設備之安裝是否確實依施工圖說施作。

(3) 施工或安裝完成後應檢驗相關工程與設施是否符合原始設計規範。

(4) 確認相關維修材料及零組件是否正確，並確保未來供貨無虞。

3. 施工及設備設計資料、品保紀錄應建檔編號並確實存放管理，俾供相關人員查閱，以利規劃檢查、測試、維修保養計畫。

四、檢查及測試程序

雇主應依設備分類結果規劃設備檢測頻率，並建立檢查、測試、預防維修計畫(ITPM)，內容應至少包含檢查方法(應註明採用之國家標準、公認及普遍可被接受之良好工程實務標準等)、檢查程序及檢查紀錄內容，說明如下：

1. 檢查方法可分為目視檢查或非破壞性檢查。檢查技術方法例舉如下

(如附表 2~附表 4)：

(1) 金屬容器、桶槽或管線：目視、超音波測厚儀等檢測腐蝕及磨損情形。

(2) 非金屬製設備及管線：目視、工業內視鏡等檢查開裂及磨損情形。

(3) 轉動設備：透過製程系統之壓力、溫度、流量等檢查其運轉效能，亦可由振動檢測、潤滑油分析等技術預知轉動設備之故障及壽命週期。

(4) 保溫管線：使用導波儀、紅外線溫測器、X 光檢測儀等檢查保溫下管線之腐蝕情形。

(5) 電氣設備：使用紅外線溫測器檢測電氣盤內零件、馬達軸承、轉子故障等情況，並使用電阻、電壓計檢測接地情形。

(6) 其他製程設備：依設備可能發生之損壞情形，選用適當檢測儀器檢測其功能是否正常。

2. 檢查程序內容應至少包括下列事項：

- (1) 檢查者及檢查日期。
 - (2) 設備編號及名稱。
 - (3) 容許上下限值，檢查週期，實際測量值。
 - (4) 檢測方法與儀器，儀器校驗日期。
 - (5) 應能標示檢測位置(可以圖形或照片輔助標示)。
3. 檢查及測試頻率(如附表 5 及附表 6)應依設備維修手冊、實際製程操作情況、使用之化學品特性等綜合評估，以確保其適用性及有效性。另檢查及測試頻率調整前，應先蒐集維修報告、實際操作問題、設備故障率等資料，供製程工程師及可靠度工程師評估與批准後，始得依變更管理程序實施變更。
4. 檢測/保養異常紀錄表(如附表 7)應妥善保存，並提供給維修工程師及可靠度工程師實施可靠度分析，以預測設備之生命週期，俾排定維修日期及準備備品，檢測儀器亦應定期校驗，以確認儀器之準確性。如檢查、測試工作委外執行，維修單位應先確認承包商之檢查及測試程序書，並審核其檢查人員能力資格，於檢查完成後，相關檢查紀錄應送回維修保養單位保存。

五、設備缺失矯正程序

透過檢查、測試、操作、預防及預知保養等作業，發掘設備缺失(如設備內製程反應超出安全界限或設計規格等)，並應立即停止運轉，同時依相關矯正程序(如停止供料、冷卻水降溫、釋放反應物等方式)，採取適當之安全措施，以防止失控反應發生，且亦應註明於改善紀錄表中(如附表 8)，以利後續分析及查驗。

六、設備標準維修程序

設備維修係為即時維護設備完整性或優化設備性能，確保設備安全運行，以防止設備發生異常或故障等情形致引發職業災害，爰雇主應建立設備標準維修程序，使從事維修工作之人員均能安全、確實執

行維修工作，以確保維修保養品質符合規範及設備效能之要求，其內容應至少包括下列事項：

1. 文件編號、程序名稱、修訂日期、修訂人或核准人姓名等資訊。
2. 製程危害風險評估、安全保護、許可證等資訊。
3. 維修工具及備品說明一覽表、工作前準備事項等資訊。
4. 維修步驟(步驟如無法用文字完整說明，應配合圖形或照片，使維修保養人員能清楚明瞭)。
5. 維修紀錄表，內容至少包括維修人員姓名、維修日期、設備編號及名稱、故障原因、更換備品名稱、校心或檢查、測試結果等資訊。

雇主應確保維修保養人員容易獲取及正確掌握設備標準維修程序，並定期審閱及更新，確認該標準程序之有效性與正確性。另雇主除對相關標準程序之更新修訂日期、修訂人員姓名、更新事由等項目應確實記錄外，亦應使相關維修人員接受變更後教育訓練，以正確操作相關設備。

如果設備委外維修時，維修單位應先審核承包商之維修程序書、品保程序書、維修人員能力資格等事項，俟維修完成後，相關維修保養紀錄應送回維修保養單位保存。

七、品質保證計畫

雇主對設備之設計、採購、安裝、檢查與測試、維修保養、儲存等階段，應訂定品質保證計畫(內容至少包含品質保證、備品、儲存管理等)，以確認設備採用正確材料、設備安裝符合原始設計規格及維修零組件符合未來製程應用等事項，說明如下：

1. 品質保證

雇主應確認關鍵性設備及其備品生命週期各階段之品質，並事先審核供應商品保系統，及定期對供應商實施品保系統再稽核，記錄及追蹤所有品質不符事件、調查過程及原因、改正措施

等事項，以維持設備持續正常運轉，品質保證實施步驟如下：

- (1) 建立設備品質規範，並由各設備部門訂定稽核標準、檢查項目及頻率，交由品保部門統一監控、追蹤。
- (2) 制定設備及備品驗收程序，內容應至少包含檢查方式、驗收品質標準、驗收人員，規範合格品標記、不合格品處理等事項。
- (3) 關鍵性設備及其備品應向通過審核之供應商採購。
- (4) 新設備及備品須由各部門相關負責人依相關規定進行檢查驗收，確認物品規格、型號、數量、品質及其它要求是否與供貨單一致，並填寫新設備及備品入廠接收檢驗單(如附表 9)，以確認設備被正確安裝，且符合原始設計規格。
- (5) 如新設備或備品不符合要求時，應立即聯繫採購部門予以處理，以確保新設備或備品符合品質規範。
- (6) 確認維修材料、零組件及設備符合未來製程應用之需要，並予以適當儲存。

2. 備品

維修保養單位應依設備商建議及維修經驗，採購設備常用之維修備品，以即時供應設備維修所需。另備品應考慮設備生命週期、平均運轉時間(MTBF)、備品交貨期等資訊建立安全庫存量，並由倉儲人員依該安全庫存量維持備品庫存。

3. 儲存

備品儲存程序至少包含下列事項：

- (1) 制定倉儲管理實施細則：明定不同類別物資之品質管制辦法、出入庫交接手續及管理控制監督等具體規定。
- (2) 制定備品儲存規範：根據供應商、生產商提供之訊息及相關經驗，制定備品儲存規範(包括儲存期限、保護措施、檢查等)，

以確保材料、零件、備品等安全儲存。

(3) 備品盤點及檢查：倉儲管理部門應明瞭庫存物資日常保養規範及週期，嚴格實施庫房月末庫存盤點制度，即時掌握物資損壞及庫存量情形，並提出備品補充需求。

(4) 分級管理：關鍵設備使用之備品應與一般備品分開儲存，並予以標示。

八、檢查、測試、維修保養人員之教育訓練

雇主應使實施檢查、測試、維修保養等作業人員接受一般安全衛生教育訓練及在職教育訓練，內容至少包含下列事項：

1. 職業安全衛生規定。
2. 製程概要。
3. 危害及風險。
4. 標準作業程序。
5. 緊急應變程序。
6. 其他。

另雇主應制定人員培訓計畫，實施製程安全、現場檢修及專業技能訓練，確保關鍵性設備保養效能，說明如下：

1. 基本技能訓練：內容應至少包括工具使用能力、測量技能、安全衛生知識及檢修技能等事項。
2. 現場檢修知能訓練：應使檢查、測試、維修保養人員瞭解製程概要、危害風險及緊急應變，內容應至少包括下列事項：
 - (1) 製程流程圖，並標示出需要檢修之關鍵性設備。
 - (2) 標準維修、檢測程序及關鍵檢修點相關危害敘述。
 - (3) 緊急應變措施。
 - (4) 各種警報應對措施。
 - (5) 品質保證要求。

(6)其他。

3. 專業技能訓練：檢查、測試、維修保養關鍵性設備應掌握之技能。

九、機械完整性持續改善

1. 不預期故障或洩漏事件調查

雇主應組織相關作業人員針對不預期之設備故障、洩漏、火災、爆炸等事件展開調查，可透過故障原因分析技術(RCFA)找出硬體、人為及系統上缺失，並提出改善具體措施(如改善方式、改善設備、負責人、完成時間等)，並持續追蹤，直到達成預期成效為止。

2. 設備可靠度改善

工廠維修或可靠度單位應持續改善生命週期短或運轉不穩定之設備，避免因備品無法及時供應而造成生產中斷或增加安全風險。

3. 機械完整性績效指標 (KPI)

事業單位應建立機械完整性關鍵績效指標與年度目標來管理與追蹤機械完整性之實施進度與成效，並每月或定期於工廠安全會議上由廠長、工安經理或以上管理階層進行審閱及追蹤進度，如實施進度落後時，應討論發掘根本原因，並訂定改善措施，常用之機械完整性關鍵績效指標說明如下：

(1) 落後指標(lag metrics)：係指實際運轉或操作之績效數據，應至少包括下列事項：

- (i) 關鍵設備故障次數，設備平均故障間隔時間(MTBF)。
- (ii) 設備故障引起之洩漏、火災、爆炸或其他事故發生次數。
- (iii) 改正措施未如期完成之次數或比例。
- (iv) 緊急搶修之次數或緊急搶修佔總維修次數之比例。
- (v) 年度機械完整性計劃或預算執行率。

(2)領先指標(lead metrics)。係指機械完整性系統建構執行之績效數據，應至少包括下列事項：

- (i) 計畫性維修佔總維修任務之比例(每週或每月衡量)。
- (ii) 關鍵性設備建立預防、預知保養之比例(每週或每月衡量)。
- (iii) 關鍵性設備預防、預知保養申請延後之比例。
- (iv) 機械完整性持續改善預算佔總維修預算比例。
- (v) 關鍵性設備等待維修超過一週以上佔總關鍵性維修工單之比例(以維修工單開出至排入維修時程期間)。
- (vi) 關鍵性設備未如預定日期完成維修之數量。

十、機械完整性改善計畫預算編列

雇主執行機械完整性改善計畫常見失敗原因之一，係未編列適度預算增加人力、技術、儀器或電腦維護管理軟體，爰除維修保養主管應於年度預算編列時，依機械完整性改善計畫進度編列預算，並與平日維修預算分開外，管理階層應定期於廠務會議中審閱預算執行情況，並提供相關資源，展現對機械完整性改善之承諾與支持。

陸、機械完整性稽核

事業單位可依機械完整性檢核表(如附表 10)，評估機械完整性執行情形，並強化相關事項，以確保製程安全，避免發生職業災害。

柒、參考資料

- 1 製程安全評估定期實施辦法，勞動部。
- 2 事業單位實施定期製程安全評估參考手冊，勞動部職業安全衛生署。
- 3 壓力容器安全檢查構造標準，勞動部。
- 4 OSHA 29CFR 1910.119 Process Safety Management

- 5 API Standard 580 Risk Based Inspection
- 6 API Standard 510 Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration
- 7 API Standard 570 Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems
- 8 API Standard 653 Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction
- 9 API 579-1/ASME FFS-1 Fitness-For-Service
- 10 API Standard 689 Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment, First Edition (Identical to ISO 14224)
- 11 Center for Chemical Process Safety, Guidelines For Mechanical Integrity Systems, American Institute of Chemical Engineers, New York, 2006.
- 12 Center for Chemical Process Safety, Guidelines for Asset Integrity Management, American Institute of Chemical Engineers, New York, 2017.

附表 1 設備清單參考例

項目	設備名稱	設備編號	設備類型	製程區域	設備分類	製程流體	PM/PdM 檢查週期	維修保養 程序號碼	維修檢 查紀錄 檔號	PFD 編號	P&ID 圖號
1	XX 儲槽	XXX-XXXX	儲槽	XX 區	關鍵性設備					XX-XXX-X	XX-XXXX-X
2	XX 混和槽	XXX-XXXX	混和槽	XX 區	關鍵性設備					XX-XXX-X	XX-XXXX-X
3	XX 循環泵	XXX-XXXX	泵	XX 區	關鍵性設備					XX-XXX-X	XX-XXXX-X
4	XX 儲槽安全閥	XXX-XXXX	閥	XX 區	關鍵性設備					XX-XXX-X	XX-XXXX-X
5	XX 混和槽高液位警報	XXX-XXXX	警報	XX 區	關鍵性設備					-	XX-XXXX-X
6	XX 混和槽高高液位警報連鎖	XXX-XXXX	警報及連鎖系統	XX 區	關鍵性設備					-	XX-XXXX-X
7	XX 過濾器	XXX-XXXX	過濾器	XX 區	關鍵性設備					XX-XXX-X	XX-XXXX-X
8	XX 壓縮機	XXX-XXXX	壓縮機	XX 區	關鍵性設備					XX-XXX-X	XX-XXXX-X
9	XX 氣體探測器	XXX-XXXX	探測器	XX 區	關鍵性設備					-	XX-XXXX-X

附表 2 腐蝕控制/檢測策略(方法)參考例

項次	單元區	系統編號	潛在損壞機制	選用材質		材質選用說明	腐蝕控制/檢測策略(方法)
				材質種類	規格/編號		
1							
2							
3							
備註							

附表 3 鍋爐/壓力容器/塔槽等損壞機制/檢測方法參考例

設備	損壞機制	風險等級	檢測作業優先順序	檢測內容	備註
塔槽	內部腐蝕	中風險		採用 UT 測厚	
鍋爐	沖蝕	高風險		採用內部 VT	
鍋爐	管內與管外腐蝕(鍋爐管件)	高風險		採用 VT 與 UT 測厚	

附表 4 塔槽檢測位置圖參考例

檢測點編號	部位	位置描述	材質	使用厚度	檢測方法	檢測週期(年)	說明
1	胴身	胴身			超音波測厚		
2	胴身	焊道 WC2 與 WL3 交界處			超音波探傷		
3	胴身	焊道 WC1			超音波測厚		
4	下端板	下端板底部			超音波測厚		
5	下端板	下端板底部			目視檢測		
6	下端板	焊道 WC1			超音波探傷		
檢測位置圖：							

附表 5 管線檢測週期參考例

項次	檢測項目	風險等級	檢測內容	週期(年)	備註
1	外部目視檢查	中風險	100%涵蓋率		不超過剩餘壽命的一半
2		以時間為基礎	100%涵蓋率		
備註：以時間為基礎係不以風險訂定檢測計劃，依各管線特性，自行設定。					

附表 6 儀錶保養項目週期參考例

項次	儀錶類型	損壞機制	保養時機	保養項目	保養作業優先順序	風險等級	偏差校準	保養週期
1	溫度感應器 (保護套管)	一般劣化	線上	目視檢測	3	中		
2	溫度感應器 (保護套管)	零點飄移	離線	校正	2	中高	$X \leq 2\%$	
3	溫度感應器 (保護套管)	結垢堵塞	離線	拆清	3	中		

附表 7 檢測/保養異常紀錄表參考例

項次	單元區	設備編號	檢測/保養日期	異常情形描述	改善對策	報告編號
1						
2						
3						
備註						

附表 8 改善紀錄表參考例

項次	單元區	設備編號	發現日期	損壞機制	損壞情形描述	根因分析/ 維修改善結果
1						
2						
3						
備註						

附表 9 新設備及備品入廠接收檢驗單參考例

備品/新設備名稱型號：		備品/新設備名稱編號：	
數量：		接收部門：	
收貨人/日期：		檢驗人/日期：	
檢驗項目：	是	否	不適用
1.規格是否符合要求？			備註
2.數量是否符合要求？			
3.備品/新設備外觀是否完好？			
4.附屬零組件是否完好？			
5.是否有產品合格證？			
6.是否有我國法令規定之其它認證證明？			
7.訂單中之其它要求是否被滿足？			
8.....			
9.....			
10.....			
11.該批備品/新設備需要被記錄之其它情形：			
檢驗結論：	合格 ()	不合格 ()	其它處理結論：
備註：			

附表 10 機械完整性檢核表

項目	問項結果			現況說明	改善建議事項
	是	否	不適用		
1.建立壓力容器與儲槽機械完整性書面程序書					
2.建立管線(包含管線組件如閥)機械完整性書面程序書					
3.建立釋放及排放系統機械完整性書面程序書					
4.建立緊急停車系統機械完整性書面程序書					
5.建立控制系統(包含監測設備、感應器、警報及連鎖系統)機械完整性書面程序書					
6.建立泵浦(包含轉動設備)機械完整性有書面程序書					
7.建立 PSM 涵蓋範圍內之所有設備清單					
8.分類區別關鍵性設備及非關鍵性設備					
9.制定新建工程與設備安裝作業程序					
10.制定檢查及測試程序					
10.1 依公認及普遍可被接受之良好工程實務標準 (RAGAGEP)、設備商建議、實際操作情形等資訊，建立及實施檢查、測試、預防維修計畫(ITPM)					
10.2 確認預防維修計畫(ITPM)已納入全部關鍵性設備之檢查、測試、維修保養項目					
10.3 依公認及普遍可被接受之良好工程實務標準 (RAGAGEP) (如 API 580、581、689/ ISO 14224)，檢查及測試關鍵性設備損壞情形					

項目	問項結果			現況說明	改善建議事項
	是	否	不適用		
10.4 辨識與評估所採用非破壞檢測方法之正確性及有效性					
10.5 校正及維護檢驗測量儀器、非破壞檢測設備及試驗設備					
10.6 確認檢查及測試頻率與製造商建議或公認及普遍可被接受之良好工程實務標準(RAGAGEP)一致					
10.7 依據檢查及測試紀錄(發生失效、腐蝕)、實際操作情形等，更新檢查及測試頻率					
10.8 依據管線系統分類、API 570 或風險評估等規劃管線檢測頻率					
10.9 制定管線檢測計畫，並確認是否包含下列事項及明定其檢驗範圍及方式： (1)外部目檢 (2)保溫層下腐蝕(CUI) (3)測厚 (4)小口徑管線 (5)輔助管線與螺紋連接件 (6)洩壓裝置(PRD)					
10.10 確認檢查及測試文件是否包含下列事項： (1)檢查或測試日期 (2)執行人員姓名 (3)設備編號及名稱					

項目	問項結果			現況說明	改善建議事項
	是	否	不適用		
(4)檢查或測試程序及儀器 (5)容許上下限值，檢查週期，實際測量值 (6)檢查或測試結果					
10.11 確認 PSM 涵蓋範圍內所有設備是否具完整測試紀錄、檢定證書或出廠品質保證書?					
11.制定設備缺失矯正程序					
11.1 確認對超出製程操作或設備規範界限之設備，立即停止運轉，並採取必要矯正措施					
11.2 承上，確認製程操作或設備規範已於界限內後，方能繼續設備之操作					
12.制定設備標準維修程序					
13.制定品質保證計畫					
13.1 針對設備之建造及安裝，確認其採用正確之材質及備品，且適用於製程					
13.2 確認設備安裝符合原始設計規格					
13.3 確認維修材料、零組件及設備符合未來製程應用之需要					
13.4 審核關鍵性設備及其備品供應商之品保系統，並定期對供應商實施品保系統再稽核					
13.5 依據設備生命週期、平均故障間隔時間(MTBF)、備品交貨期等資訊制定安全庫存量					

項目	問項結果			現況說明	改善建議事項
	是	否	不適用		
14.制定人員教育訓練計畫					
14.1 辦理檢查、測試與維修等人員(含承包商)製程及其危害概述訓練					
14.2 辦理檢查、測試與維修等人員(含承包商)工作所需之專業訓練					
15.持續改善機械完整性					
15.1 針對轉動設備之可靠度及安全性實施風險評估(如FMECA 或相關應用軟體)					
15.2 承上，制定評估頻率及審查機制					
15.3 制定機械完整性關鍵績效指標(KPI)，據以追蹤及管理機械完整性實施進度與成效					