

出國報告（出國類別：洽公）

參加 2013 年美國石油學會儲槽研討 暨博覽會

服務機關：台灣中油股份有限公司

姓名職稱：江建忠

派赴國家：美國舊金山

出國期間：102 年 10 月 22 日至 10 月 26 日

報告日期：103 年 1 月 25 日

摘要

本次參加由美國石油學會於舊金山漁人碼頭舉辦之「2013年美國石油學會儲槽研討會暨博覽會」(2013 API Storage Tank Conference & Expo)，會議重點為最新之儲槽安全技術及法令研討，本次研討會特別邀請世界各國約300位石化業專家共襄盛舉，會議中有儲槽安全及最新防災技術等相關研討議題，另舉行相關儀器設備展覽會，現場供產學界交流與集思廣益可供本公司借鏡及參考，進而了解先進國家對油槽各種防災之專業、策略與趨勢，進而研議本公司對儲槽各種災害之整備及因應機制。

目 次

壹、目的.....	1
貳、參加會議過程.....	1
一、啟程與研討會舉辦地點介紹.....	1
二、美國石油學會簡介.....	2
三、研討會議程.....	3
參、心得.....	6
肆、建議.....	19

壹、目的

本次參加由美國石油學會於舊金山漁人碼頭舉辦之「2013年美國石油學會儲槽研討會暨博覽會」(2013 API Storage Tank Conference & Expo)，會議重點為最新之儲槽安全技術及法令研討，本次研討會特別邀請世界各國約 300 位石化業專家共襄盛舉，會議中有儲槽安全及最新防災技術等相關研討議題，另舉行相關儀器設備展覽會，現場供產學界交流與集思廣益可供本公司借鏡及參考，進而了解先進國家對儲槽各種防災之專業、策略與趨勢，進而研議本公司對儲槽各種災害之整備及因應機制。

貳、參加會議過程

一、啟程與研討會舉辦地點介紹

102 年 10 月 22 日 19:50 由桃園國際機場出發，於當地時間 10 月 22 日 16:00 抵達舊金山國際機場，研討會於 10 月 23~24 日於漁人碼頭之 ARGONAUT HOTEL 舉行，參加人員包括美國、日本、紐西蘭、加拿大、台灣...等國家，成員來自學術界、產業界、研發單位以及設備廠商等約 300 人，主要活動包括專題演講以及儀器和產品展示，共有 40 家廠商參展，廠商性質包括儲槽設備廠商、工程顧問公司及檢測儀器公司等，相關會議現場活動如圖 5~10。

舊金山位於美國北加州，是全世界最美麗的城市之一，是加州的重要港口城市，住著來自各個國家的移民，豐富多元的種族文化、多樣的景觀及維多利亞式的建築更是城市的特色，東臨舊金山灣，西濱太平洋，北隔金門海峽和對岸的半島相望。舊金山由 40 幾座丘陵所構成，市區道路多上下起伏且坡度甚陡，為該市主要特色之一，全市交通便利，大眾捷運系統相當發達，不但有公車、電聯車、郊區捷運及著名的叮噠纜車 (Cable Car)，可以暢行無阻旅行於各大景點間。



圖 1 舊金山風光--漁人碼頭



圖 2 舊金山風光--漁人碼頭



圖 3 舊金山風光--金門大橋



圖 4 舊金山風光--藝術宮

二、美國石油學會簡介

美國石油學會（American Petroleum Institute，API）成立於 1919 年，是美國第一家國家級的商業學會，它的宗旨在於聯絡石油工業的各個部門，其業務涉及美國石油和天然氣行業的各個領域。學會由 500 多家企業會員組成，涵蓋從大型石油企業到小型個體企業的不同領域，其中包括：生產商、煉油廠、供應商和船運商，以及為行業內各個領域提供全面支援的服務商和供應商等。

API 是美國石油行業在公眾、國會和行政部門、州政府以及媒體面前的代言人，API 與政府監管機構協商、在法律訴訟中代表石油行業的利益、與其他協會結成聯盟共同合作，從而為其會員企業爭取在公共政策中的利益。

API 從成立以來，一直在引領開發著石油業、石化工業及其設備製造與操作的標準，該學會正式出版刊物包括標準、規範、推薦作法、通報和特種出版物，這

些出版物包括銷售、安全與防火、生產、煉製、運輸、健康與環保科學、計量、公共關係、開發、政策分析、世界石油會議等方面。

此外，API 的重要使命還包括組織有關公共政策問題的座談會、研討會及辦理教育訓練等，幫助石油天然氣企業人員遵守法律法規和標準。

三、研討會議程

本次研討會係以專家專題演講方式進行，主要議題包括儲槽災害事故原因探討、儲槽雷擊火災之防範技術、浮頂油槽密封圈檢查方法、儲槽滿溢之防範技術、API 標準規範更新、最新設備檢查技術、微生物腐蝕機制介紹....等，會議議程如下表：

Wednesday, October 23	
7:30 am - 8:30 am	Registration Open / Continental Breakfast
8:30 am - 8:40 am	Opening Remarks
8:40 am - 10:15 am	Regulatory Panel on Spill Prevention, Control, and Countermeasure (SPCC) and California Specific Regulations
10:15 am - 10:45 am	2013 Storage Tank Mishaps
10:45 am - 11:15 am	Mid-Morning Break
11:15 am - 11:45am	API 650 Annex L Storage Tank Data Sheet - What Does the Tank Contractor Really Need To Know?
11:45 am - 12:45pm	Luncheon
12:45 pm - 1:30pm	Options for Overfill Protection
1:30 am - 2:30pm	API Standards Update
2:30 pm - 3:15 pm	Mildew and External Tank Coatings: Making Choices
3:15 pm - 3:45 pm	Afternoon Break
3:45 pm - 4:30 pm	Infrastructure Challenges for Terminal Owners
4:30 pm - 5:00 pm	Tank Calibration Manual Petroleum Measurement Standards (MPMS) - Overview of Process and Current Calibration Standards
5:00 pm - 6:00 pm	Reception and Exhibit Viewing
Thursday, October 24	
7:30 am - 8:30 am	Registration Open / Continental Breakfast

8:30 am - 9:30 am	Panel Discussion on Service Seal Inspections - Hands on Inspection Tank Process With Internal Floating Roofs - Air and Emissions Regulations
9:30 am - 10:15 am	Lightning Protection - Bonding for External Floating Roof Tanks
10:15 am - 10:45 am	Mid-Morning Break
10:45 am - 11:30 am	Seismic Design and Performance of Aboveground Storage Tanks
11:30 am - 12:00 pm	Underside Cornerweld Cracking - Causes and Inspection Techniques
12:00 pm - 1:00 pm	Luncheon
1:00 pm - 2:00 pm	Inside the Fence/Underground Piping - Inspection Options
2:00 pm - 2:40 pm	Microbial Attack with Diesel Storage and Aircraft Fuels
2:40 pm - 3:00 pm	Afternoon Break
3:00 pm - 3:30 pm	Rail as Pipeline - Engineering Issues/Challenges for Terminal Operators
3:30 pm - 4:00 pm	SPCC Guidance Document Revision
4:00 pm - 4:30 pm	Magnetic Flux Leakage (MFL) Limitations - Morris Kline, HMT Tank
4:30 pm - 5:00 pm	Pros and Cons of Inspection Methods - Robotic Inspections and Challenges with Elevated Temperature Tanks
5:00 pm - 6:00 pm	Closing Reception



圖 5 會議報到註冊



圖 6 研討會場景



圖 7 研討會場景



圖 8 研討會場景



圖 9 儀器和產品展示



圖 10 儀器和產品展示

參、心得

一、儲槽常見災害原因探討

美國鋼製儲槽協會(Steel Tank Institute)的 Dana Schmidt 搜集了常見的儲槽火災類型之案例，並輔助新聞報導之影片，歸納出發生頻率較高的原因，以茲石化同業借鏡：

- (一)因雷擊引燃密封圈可燃性氣體導致火災。
- (二)加油站之儲槽儲存汽柴油等高揮發性油料，為了保持油槽內的壓力平衡，須設置適當之通氣管(Vent)，以隨時釋放油槽內的油氣壓力，並搭配油氣回收處理技術，避免油氣四處散逸造成工安事故及環保汙染。
- (三)儲槽未具備自動液位量測裝置及超高液位警報可能導致油料於灌裝過程滿溢(overflow)導致災害。
- (四)儲槽因設計或安裝不當所導致之災害。
- (五)因裝置故障導致之災害，如儲槽進出料閥門無法正常作動。
- (六)儲槽內動火之高危險性作業管理不當，如未實施工作許可管理制度，儲槽進出料口管線未盲封。

二、儲槽遭雷擊導致火災之防範技術

浮頂儲槽逐漸大型化所遭受雷擊的風險亦增加，國內外浮頂儲槽雷擊火災事故近年來也明顯增多，目前多於浮頂油槽之密封圈圓周每 3 公尺安裝一組分流器(Shunt)如圖 11，連接浮頂使之和槽壁內側接觸，若儲槽遭受直接雷擊時(圖 12、13)，以便將累積於浮頂的電荷排掉，而不致點燃密封圈下的易燃氣體，但仍有下列因素會使密封圈分流器的導電功能不良：

- (一)槽壁板內側的鏽蝕。
- (二)部分外浮頂儲槽槽壁內側會塗覆環氧樹脂。
- (三)重質油料中的烷基烴、焦油、臘會在槽壁形成包覆。
- (四)儲槽真圓度不夠，槽壁與分流器無法接觸。

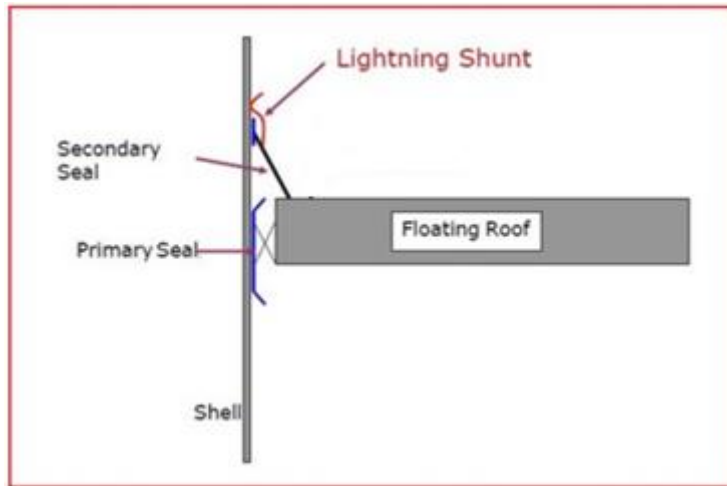


圖 11 浮頂油槽之二級密封圈及分流器

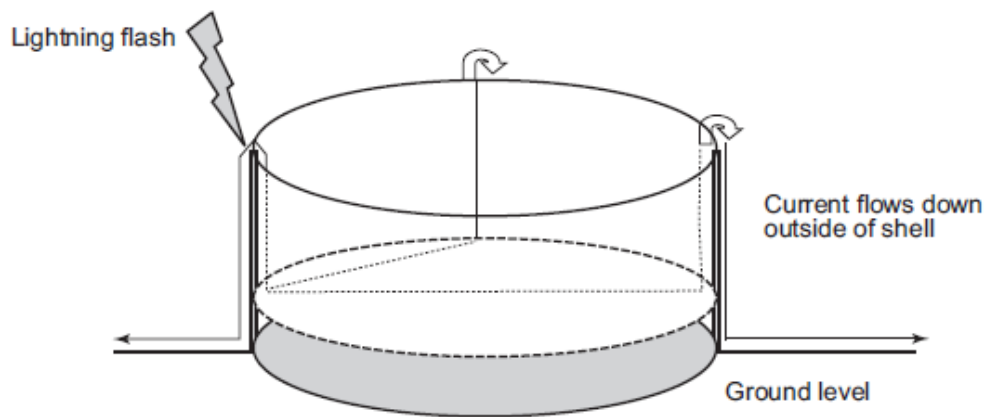


圖 12 閃電直接擊中槽壁時電流之路線圖

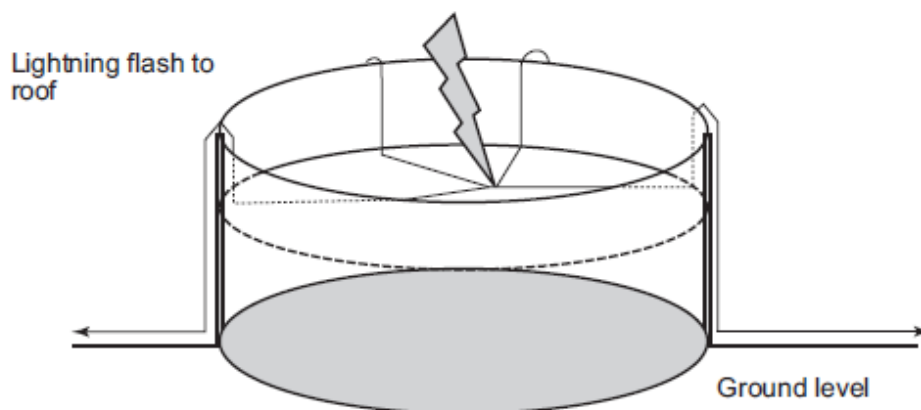


圖 13 閃電直接擊中浮頂時電流之路線圖

目前 API RP 545 建議採取的相關防範措施如下(如圖 14):

(一)若有突出在密封圈以上的分流器應拆除(由圖 15)，由圖 12、13 可知閃電直接擊中浮頂或槽壁時，電流之路線會經過密封圈再沿著槽壁而出，而電流往往在分流器端形成高電壓之電弧(圖 16)，若周圍空氣中有油氣會立即引燃，若將分流器浸入液面可免除引火的環境，故 API RP 545 中建議安裝沉浸式分流器，於槽壁圓周每 3 公尺安裝一組，需浸入液面 0.3 公尺以下，以避免產生電弧現象。

(二)槽頂的導管孔、量油孔、浮頂密封圈組成(包括支架、簧片、封皮)應絕緣。

(三)槽頂與壁板間安裝單獨的旁路導電設備(Bypass Conductor)，於槽壁圓周每 30 公尺安裝一組，且導線越短越好。

API 545 Recommendations

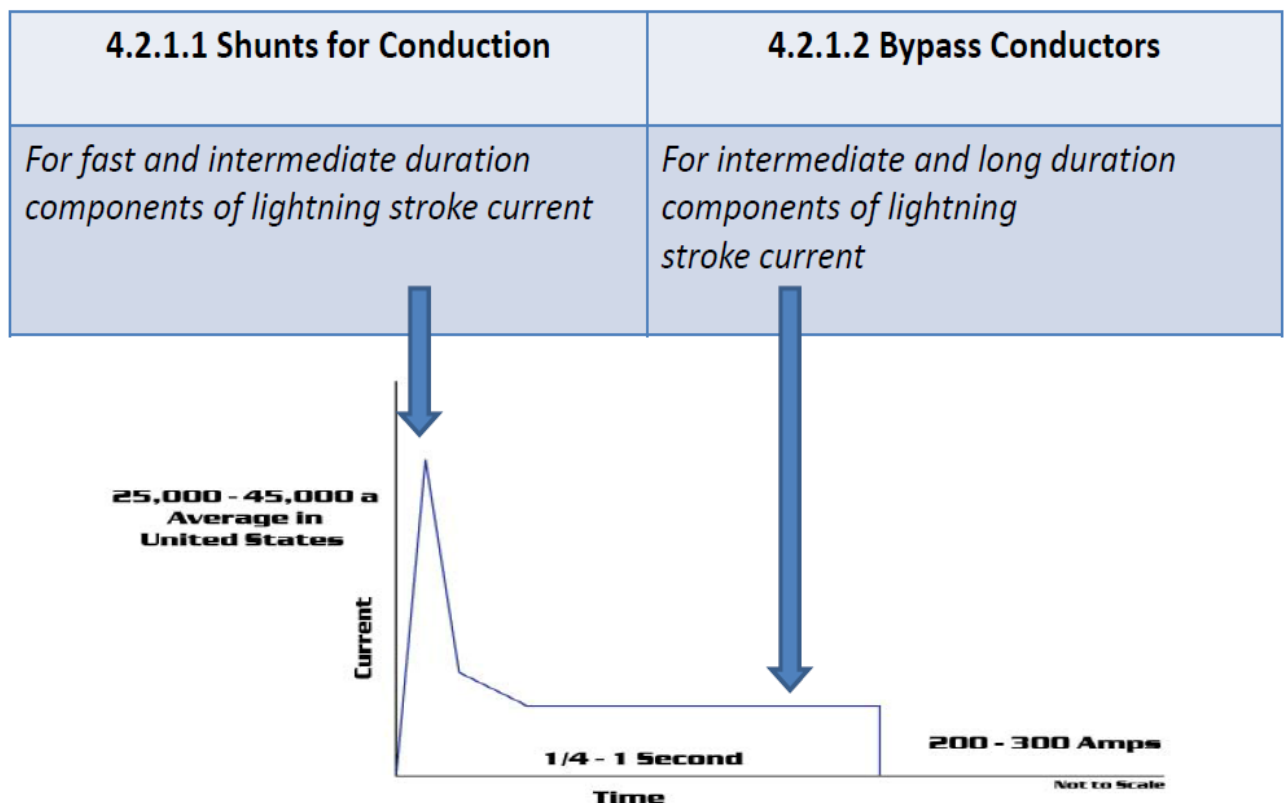


圖 14 API RP 545 建議採取的相關措施



圖 15 在密封圈上之分流器與槽壁未緊密接觸

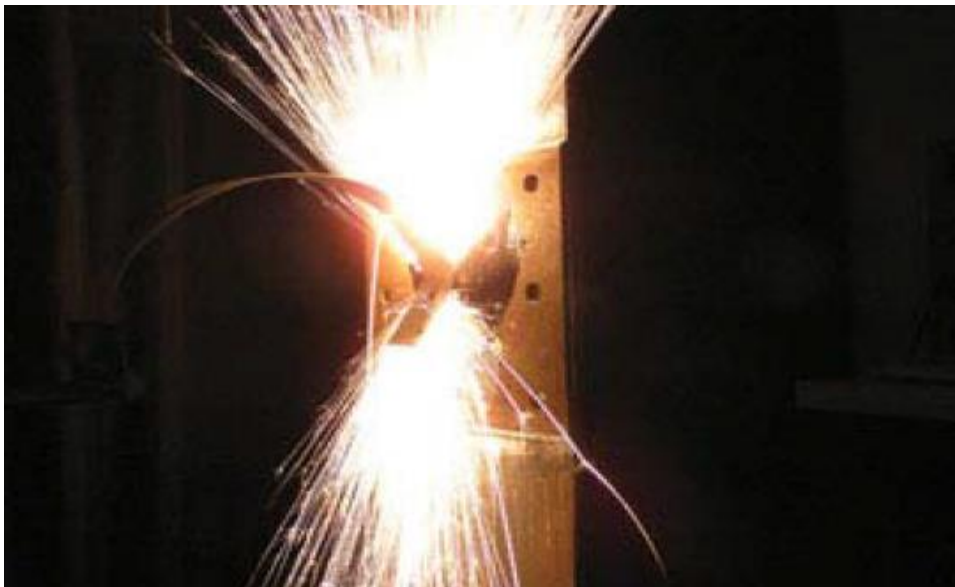


圖 16 電弧現象

預防雷擊造成油槽災害的重點如下:

- (一)外浮頂儲槽密封的形式選擇二級密封圈。
- (二)定期檢視密封圈的情況，包括密封圈是否完整無破損，並定期偵測揮發性有機溶劑的濃度是否過高。
- (三)注意儲槽壁板真圓度與垂直度以確保密封圈與槽壁密合，及注意分流器安裝應與槽壁緊密接觸。

- (四)注意外浮頂頂板平整度。
- (五)接地線導電性維持良好。
- (六)安裝沉浸式分流器。
- (七)安裝單獨的旁路導電設備。
- (八)注意收油速度的控制，特別是空槽時，因擾流容易造成靜電蓄積引燃油氣導致火災。

三、浮頂油槽密封圈(Seal)檢查

HMT 公司之 John Owens 特別針對浮頂油槽之密封圈型式及檢查應注意事項發表了演說，目前石化業較廣泛使用的油槽型式，大致可分為錐頂油槽和浮頂油槽兩種。錐頂油槽內的存油液面和槽頂板間，無法密合而有相當空間，當其空間愈大時，其存油揮發量就愈大，故一般用來儲存揮發性較低的油料，如柴油、燃料油等；而浮頂油槽的設計，就是在槽體內有一浮頂板，緊貼著存油液面，並隨之上下移動，讓存油液面和槽頂板間，沒有容納空氣的空間，以使存油揮發量減至最低，故適合用來儲存易因溫度影響而產生揮發現象的油料，如汽油、石油腦等，而浮頂油槽又可依其是否覆有槽頂板，而分為外浮頂油槽與內浮頂油槽。

從浮頂油槽的結構來看，浮頂於槽壁間存在間隙少於 3 公分的環形空間，為確保油槽的密閉性和浮頂的活動性，在浮頂與槽壁間之空隙裝設了密封圈，一般常見的密封圈型式為：

- (一)液態鑲嵌式密封圈(Liquid-Mounted Seal)：指以泡棉或液體充填之密封彈性體與儲存物料液面接觸之封氣裝置(如圖 17)。
- (二)機械式鞋形密封圈(Mechanical Shoe Seal)：指以一金屬薄板，藉彈簧及重槓桿使金屬薄板垂直緊抵於儲槽之槽體壁板上，金屬薄板另一端則以曲柄(Braces)連接者(如圖 18)。
- (三)雙封式密封圈(Two Seals)：指浮頂邊緣與儲槽內壁間裝設二層封氣設備者，密封在下之層稱為初級密封，密封在上之層稱為二級密封，通常儲存汽油之外浮

頂槽採雙封式密封(如圖 11)。

依據油槽油氣濃度檢測結果顯示浮頂密封圈內存在一定濃度的油氣，密封圈內的部分油氣還可能處於爆炸極限的危險範圍內，因為密封圈是浮頂油氣揮發的主要通道，也是浮頂油槽最容易發生火災的位置，有鑑於此，國內環保法規亦特別規定內浮頂槽浮頂上方之揮發性有機物濃度不得高於爆炸下限百分之五十或三萬四千 ppm。

密封圈的定期檢查是油槽安全管理的重要環節之一，密封圈檢查與修護之重點工作如下：

- (一)於首次進料前應目視檢查浮頂及密封圈，若發現破洞、裂縫或其他開口，應於修護完成後始可進料。(若密封圈形式為 PU 包覆泡棉層，則易因槽壁生鏽、變形、有雜物導致與密封圈磨損，或因密封圈材質老化，導致密封圈破損浸油。)
- (二)應定期量測密封圈縫隙寬度，其量測頻率應符合環保法規規定。
- (三)配備液態鑲嵌式密封、機械式鞋形密封、雙封式密封圈或其他單封式封氣設備之儲槽，應依據環保法規所規定之期限，定期目視檢查浮頂及密封圈狀況。
- (四)浮頂上方之揮發性有機物濃度應定期檢測並留存紀錄。
- (五)浮頂未浮在液面上、浮頂上有液體累積現象、密封圈上有破洞或裂縫、或浮頂上方之揮發性有機物濃度未能符合法規所訂定之標準者，應自檢查發現日起儘速完成修護。
- (六)每次儲槽排空後，應目視檢查浮頂及其密封圈是否有任何缺陷、破洞、裂縫或開口。
- (七)注意儲槽壁板真圓度、垂直度及浮頂頂板之平整度，以免影響油槽壁與密封圈的密合度。

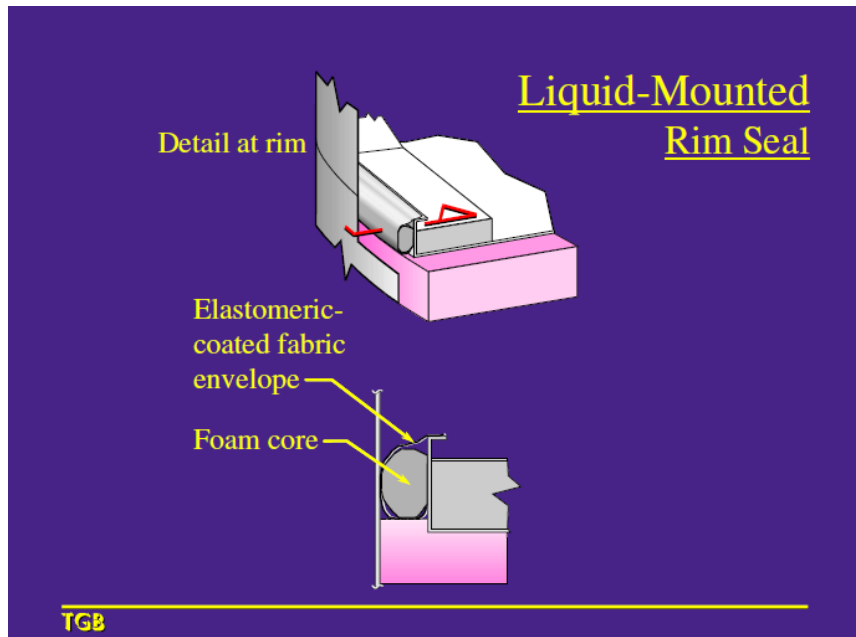


圖 17 液態鑲嵌式密封圈

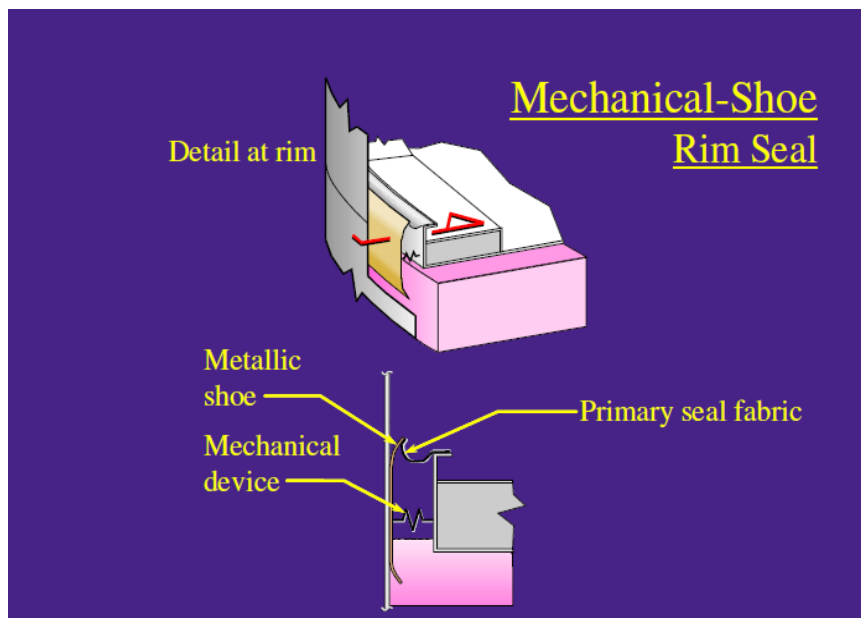
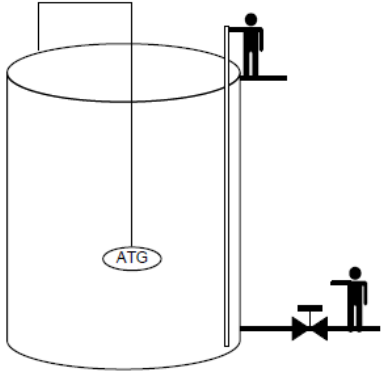
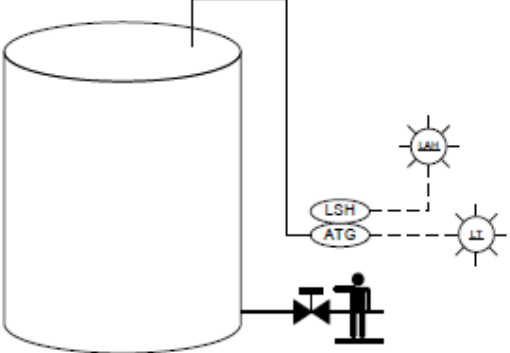
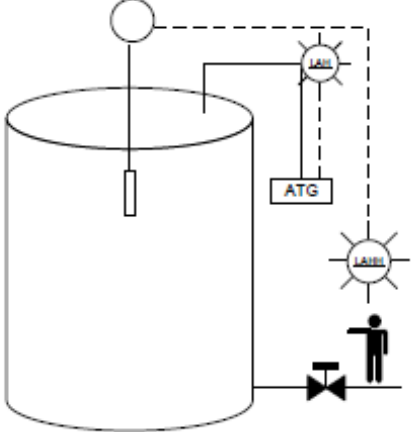


圖 18 機械式鞋形密封圈

四、儲槽滿溢(Overfill)防範技術

防溢技術一直是儲槽安全管理相當重視的一環，Emerson 公司的 Lance Berry 介紹了 API 2350 中關於油槽滿溢防範之相關技術，API 2350 中定義了三種滿溢防範系統之類型如下表所示：

類型	圖示
第 1 類	
第 2 類	
第 3 類	

第 1 類:油槽液位由人工量測或自動液位計(ATG)量測,無傳送警報之系統,若發生滿溢情形時,須由人工手動進行關斷進料作業。

第 2 類:使用自動油槽液位計(ATG)量測液位,但警報系統和 ATG 並非獨立,若 ATG 發生故障時,會導致警報系統無法發揮功效的情況,若發生滿溢情形時,可由人工手動進行關斷進料作業。

第 3 類:此系統之自動油槽液位計(ATG)與警報系統各自獨立,若 ATG 發生故障時,警報系統依然能正常運作,改善了第 2 類系統的缺點,提供了更安全的設計,若發生滿溢情形時,由人工手動進行關斷進料作業。

國外石化業曾發生幾起因油槽滿溢而導致嚴重工安意外的事件,如 2009 年波多黎各的加勒比海石油公司(Caribbean Petroleum Corp)及 2005 年英國邦斯菲爾德 (Buncefield)油庫皆因油槽滿溢導致嚴重之火災爆炸事故。邦斯菲爾德油庫事發當時燒毀大型油槽 20 餘座,受傷 43 人,無人員死亡,但造成嚴重的經濟損失,事故的原因為油槽液位監控系統失效,雖然油槽安裝了 ATG,但由於儲槽液位達到所設置的最高位置時,液位計指示卻只停止在油槽的 2/3 液位處,顯然計量系統發生故障,警報系統沒能正常啟動,未能即時切斷油槽的進料閥門,因此繼續由輸油管線輸送油料,導致油料不斷由槽頂溢流而出,致使油槽周圍迅速形成油料蒸氣雲,蒸氣雲的厚度和擴散半徑隨著時間的增加而越來越大,當一輛運送油品的油罐車經過油庫時,汽車排氣管噴出的火花引燃了蒸氣雲而造成嚴重的爆炸意外。

由此事件可知,當油槽超高液位警報系統和自動液位量測系統相連時,若自動液位量測系統故障,超高液位警報系統亦無法發揮正常功能,故良好的設計系統應該是將超高液位警報系統獨立於自動液位量測系統。

目前第 3 類為較常見的形式,除了此三種類型之外,還有另一種 AOPS 系統 (Automated Overfill Prevention Systems),如卸油過程中,當油量接近儲槽容量之高液位時,即降低輸油速度並觸發高液位警報裝置,提醒油料卸收操作人員注意,若油量達油槽之高液位時,自動切斷輸油泵浦,防止油料繼續進入儲槽

造成滿溢，而不需任何人工手動關斷操作。

此外 Lance Berry 特別針對了第 2、3 類之安裝設計提出了幾個參考方案供石化同業參考(如圖 19~27 所示)。

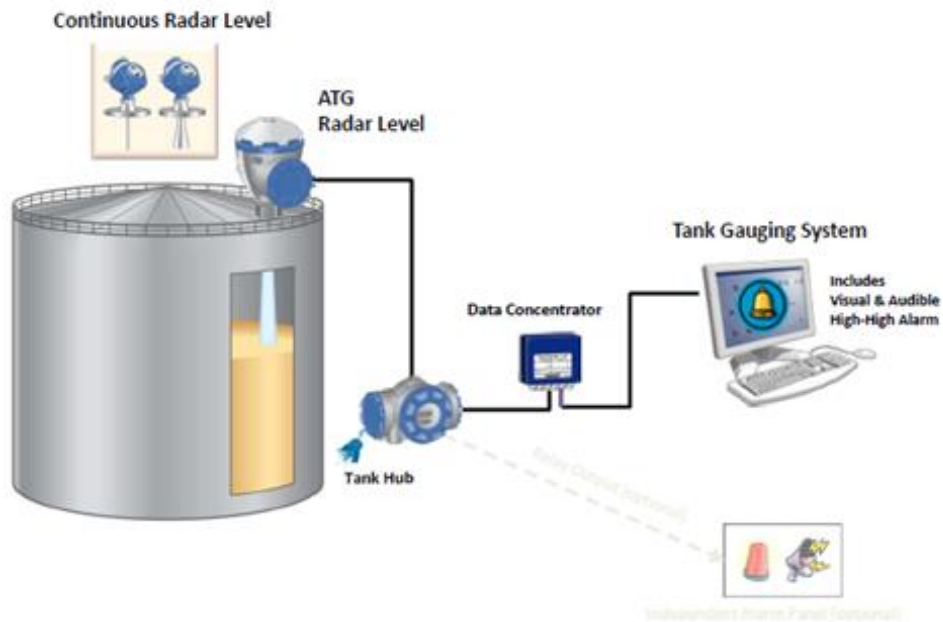


圖 19 第 2 類的裝設方案

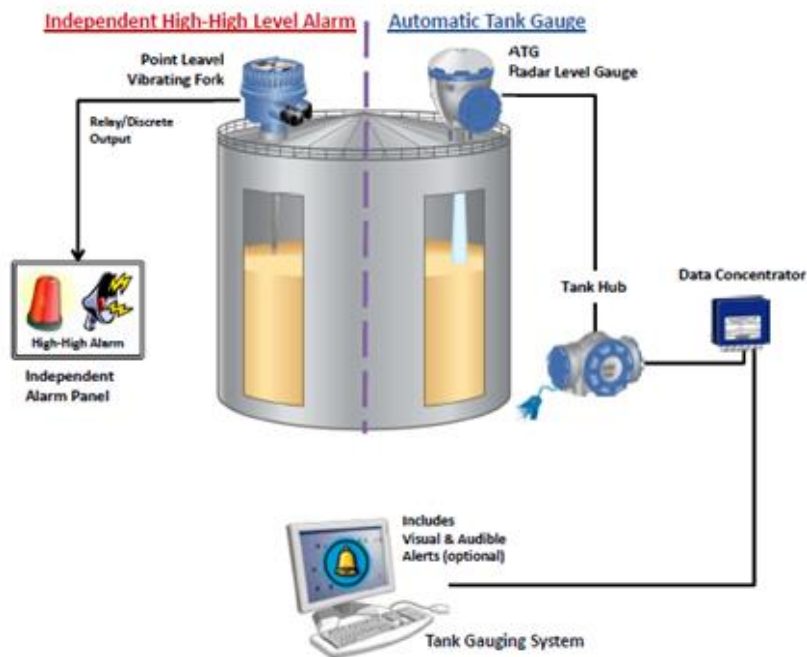


圖 20 第 3 類的裝設方案(ATG+點式液位感測器)

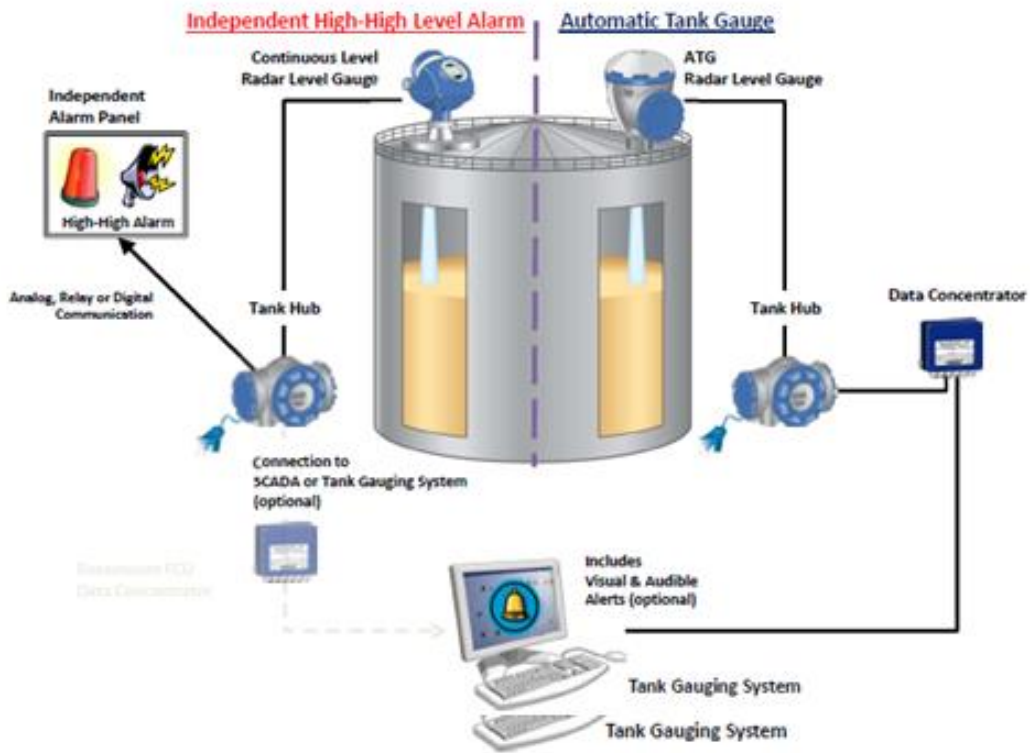


圖 21 第 3 類的裝設方案(ATG+連續式液位感測器)

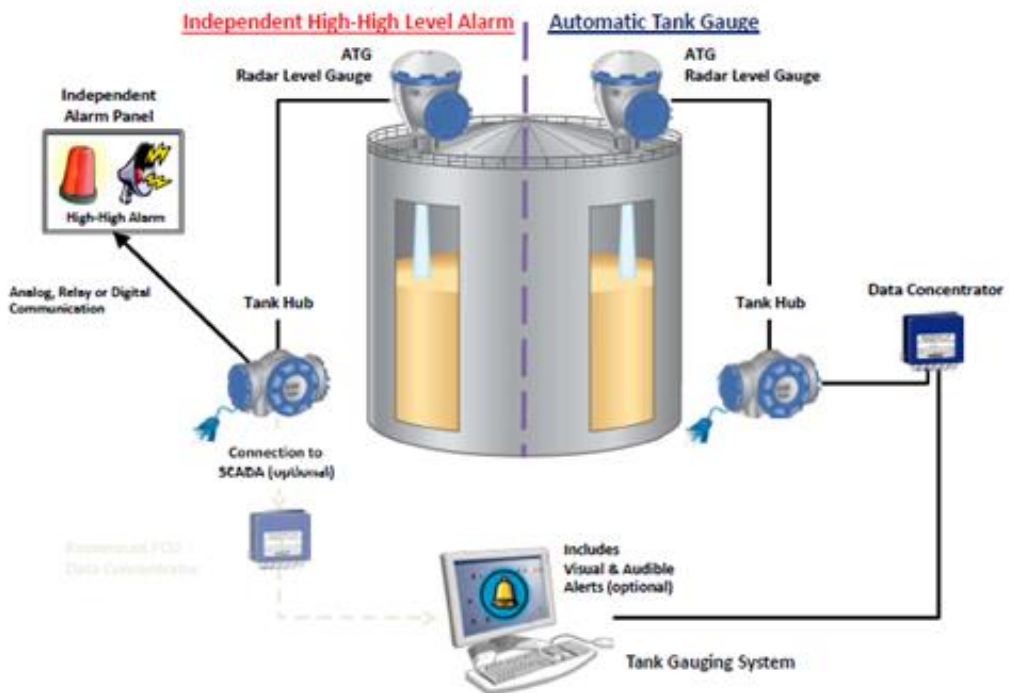


圖 22 第 3 類的裝設方案(2 台 ATG)

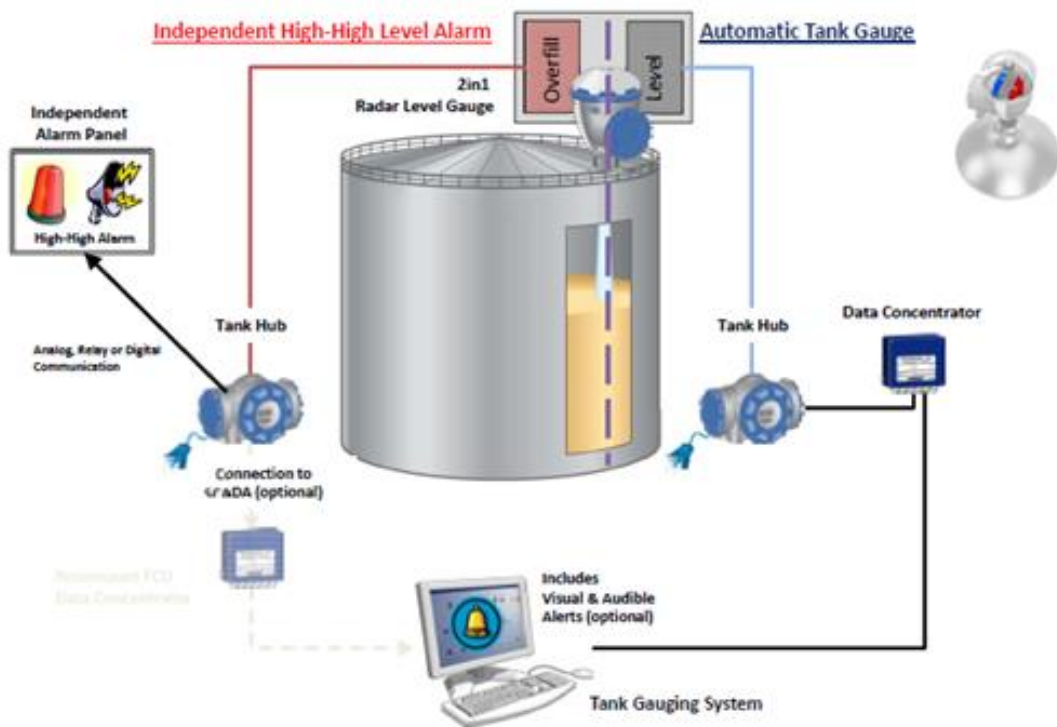


圖 23 第 3 類的裝設方案(2 in 1 ATG)

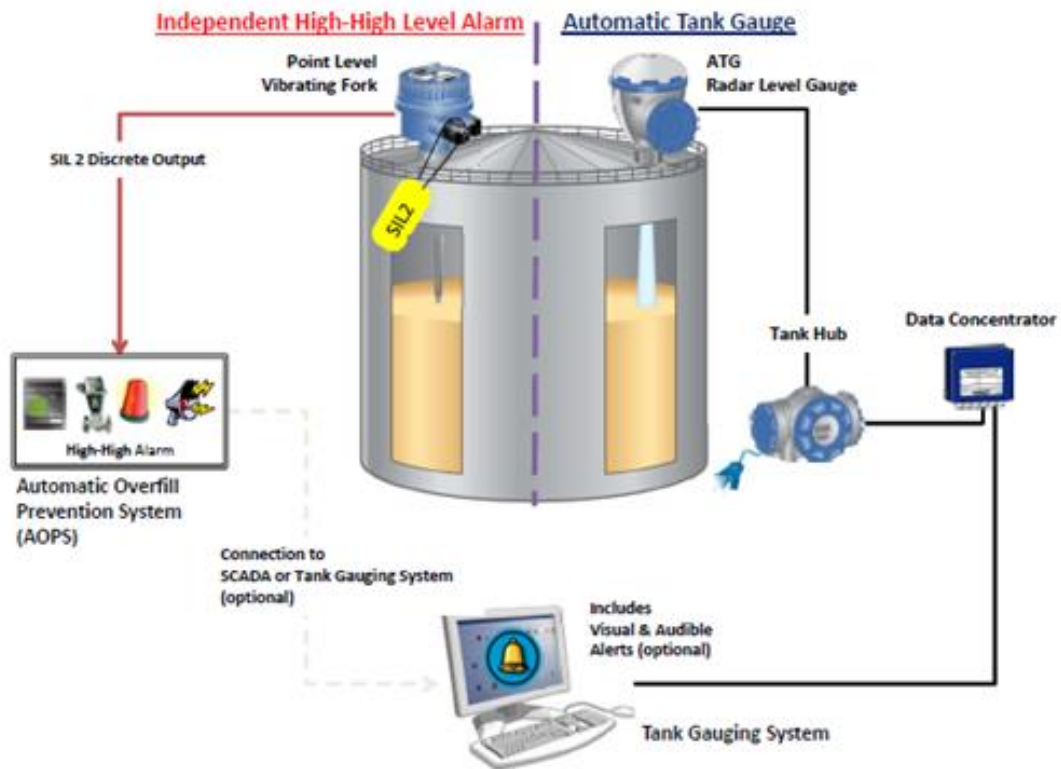


圖 24 AOPS 裝設方案(ATG+點式液位感測器)

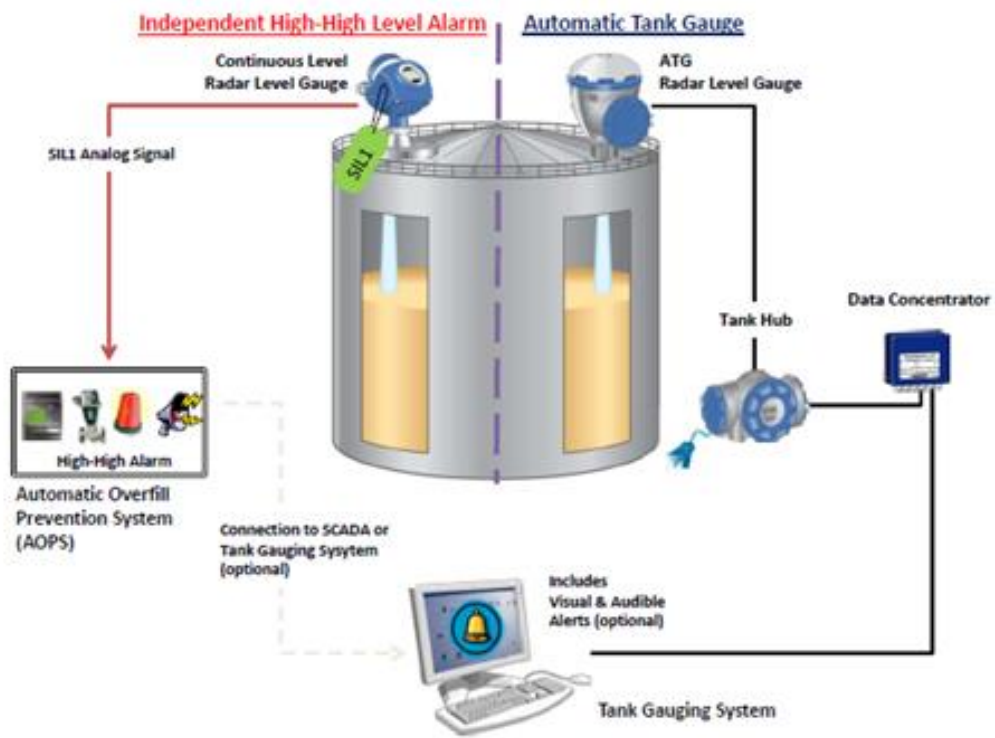


圖 25 AOPS 裝設方案(ATG+連續式液位感測器)

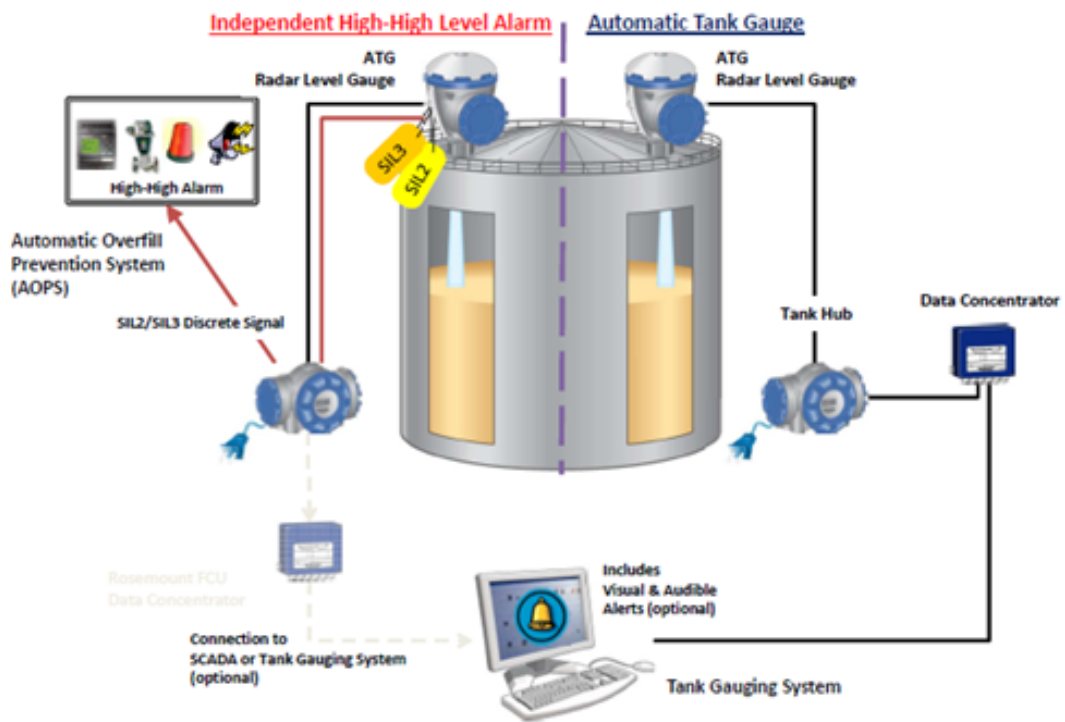


圖 26 AOPS 裝設方案(2 台 ATG)

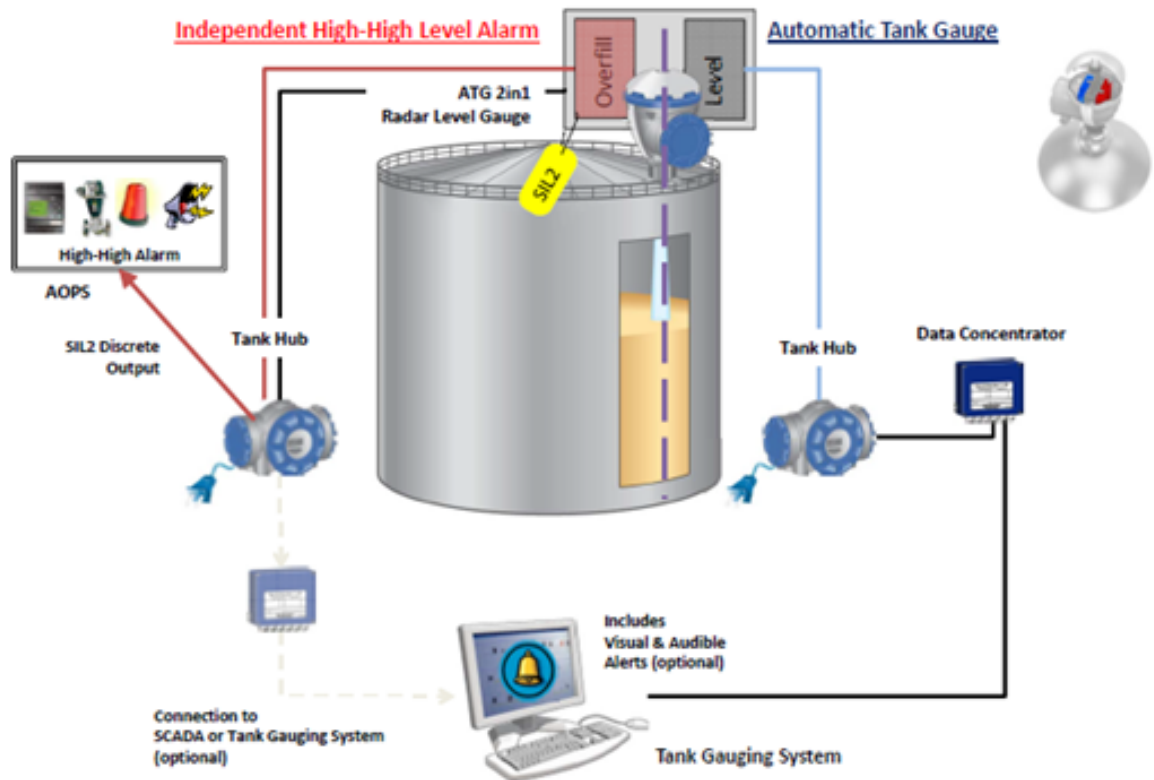


圖 27 AOPS 裝設方案(ATG 2 in 1)

肆、建議

由於儲槽災害所導致之工安環保問題已逐漸成為各級主管機關及民眾日益關切之議題，為面對日趨嚴格的法令要求及追求永續經營發展，本公司近年來已全盤檢視可能造成油槽災害的可能因素並進行加強管制，並訂定各種儲槽及輸儲設備管理之相關標準作業程序書、規範及準則讓各工廠遵循，各工廠亦對儲槽及煉油設備定期進行自動檢查及定期保養修護作業，總公司亦成立工安查核小組定期至各廠區進行設備安全及管理制度查核，以確保本公司之儲槽及設備安全管理之落實。

建議公司未來應持續關注國際上工安及環保管理之趨勢及最新技術，持續推動工廠對設備安全之自主管理，並加強員工之工安環保教育訓練，建立安全文化及工安管理系統的落實，期使職業災害消弭於無形，並提供從業人員一個舒適、安全及衛生的作業環境。