

# 石油及石油化學工業的儲槽安全

蔡世豪\*

## 一、前　　言

石油及石油化學工業爲了儲藏液體狀態的原料、半成品與成品所建之設備投資頗大。此等工業通常所謂之儲槽，係指不處理或改變內容物質的品質，純以儲藏液體物質所設之容器而言。儲槽於石油工業投資比例比較大，同時其所儲藏物質的價值亦大，從稍低儲槽價值者至五、六倍儲槽價值者種類繁多。石油化學工業的儲槽雖然規模並不大，但建造費用比較高，所儲藏物質的價值通常高出儲槽價值甚多。根據以往的經驗，儲槽火災不但嚴重影響其他種種設備的安全，同時儲槽本身及儲藏物質的價值，如上述非常龐大，故保護儲槽的安全對策，說其爲事業單位最重要安全計劃之一，並無過份。

## 二、儲槽之危險性

儲藏引火性質的儲槽，其毀滅性災害應爲火災。因此儲槽的主要危險性，亦在儲槽本身可能誘發火災這一點。查雷擊所引起的儲槽火災，以往有一段長期間，係使用容易滲漏槽內引火性蒸氣（Vapor）的木造槽頂而引起。但從採用鋼鐵槽頂，並廢棄土坑儲藏引火性物質方式重視氣密（Gas tight）以來，雷擊引起火災的危險性已有顯著的減少，不過迄今儲槽的維護，操作以及設計等，對於雷擊非有充分的考慮不可。除了雷擊以外，操作錯誤（Operation miss）亦爲主要儲槽災害原因之一。因操作管閥錯誤引起的槽內油料外溢，不小心使用火種或非防爆電氣設備，以及清洗或修理儲槽的技術缺陷等所引致的災害事故，均屬於此類災害事故。儲槽設備本身的缺陷，也是儲槽災害一般原因之一。腐蝕所致的洩漏，焊接技術欠佳引起的壁板破裂，通風孔（Vent）的動作不良，氣體回收系統及通風孔的不良設計，靜電災害防止措施的錯誤等，均屬此一類。儲槽及其關連管線之洩漏，不但流失的油料嚴重影響相當遠距離的工場設備及工作人員安全，同時不斷地流失昂貴油料，也是造成經濟上的一大損失。

儲槽災害事故原因，除了前述以外，有時也會遇到根本無法查明原因的災害事故。此種事故被疑爲靜電火花，摩擦衝擊火花或硫化鐵所致者居多。濃度在爆炸範圍內的碳氫化合物混合氣體，或容易產生飛濺（spray）乃至泡沫（Foam）的某種噴射機燃油及煤油於處理時，不但於儲槽內部甚至油輪的油艙內部，有時也會着火燃燒。此種事故總可以找到導致災害

\* 中油公司高雄煉油總廠專案工程師

實際原因之操作缺點，設備的缺陷，或缺少適當的安全對策，乃為一般所承認之事實。

### 三、儲槽之種類

儲槽的種類繁多，因此其安全對策，亦跟着儲槽種類而異（參照圖 1 及圖 2）

#### 1.錐頂儲槽（Cone roof tank）

最普遍的利用於儲存石油及石油類似物質的儲槽型式。錐頂儲槽為焊接構造者居多，均須根據 API Standard 12-C 之規定設計建造，如採用鉚釘構造者須根據 API Standard 12-A 之規定。容積 10,000 BBL 以下的螺絲栓帽構造者，須根據 API Standard 12-B 之規定，容積 90 至 400 BBL 的油田專用螺絲栓帽構造者，須根據 API Standard 12-F 之規定。容積 500 至 3,000 BBL 的油田專用螺絲栓帽構造，須根據 API Standard 12-D 之規定設計建造。而特殊用途的鋁合金焊造儲槽，須根據 API Standard 12-G 之規定設計建造。錐頂儲槽雖為散裝液體物質的最低廉儲藏設備，但儲藏物質如具有揮發性者，因操作時的呼吸（Breathing）作用，會損失其蒸氣（Vapor）為其最大缺點，此種儲槽的操作壓力，通常在正負壓水柱 1.5 英吋程度，而於進料操作時液面上的蒸氣（Vapor）會被擠壓排出大氣中，或流至 Vent 部份乃至蒸氣回收部份。

放出大氣中的蒸氣（Vapor）於儲槽邊緣會形成引火性混合氣體，而造成危險。由開放狀態的 Vent 或 Valve 吸入空氣的汽油槽，在其吸入口附近槽內，會形成理論上的純空氣部份。不過此部份的外圍邊緣，必會與油氣擴散混合形成爆炸性混合氣體，而距離吸入口愈遠，油氣濃度愈高，以至漸漸變成飽和狀態的油氣。錐頂油槽在停止操作無油氣進出狀態時，內部油氣濃度係依槽內油溫及蒸氣壓力而定。

R. V. P. 9~14 LBS 程度普通汽油的油面上空氣與油氣的混合氣體，在油溫 70°F 以上保持均衡狀態者，其油氣濃度約在汽油之爆炸上限 7.6% 以上濃度，而在油溫 20°F 以下保持均衡狀態者，此混合氣體的濃度就會進入爆炸範圍以內濃度。儲藏於儲槽內部的高閃火點油料，因雷擊或其他原因，往往會引起易着火引火性混合氣體的存在。查其原因，不外是以目前的閃火點試驗方法無法表示的極微量不純物質，偶然積存於儲槽內部所致。因此儲存任何碳氫化合物系油料的錐頂儲槽，須認為其內部經常必有爆炸性混合氣體的存在方可。

設於散裝裝置（Bulk plant 即油庫）供灌裝油罐汽車或油罐火車使用的 2,000 BBL 程度臥式儲槽，多按裝於架台上面。此時的架台非符合 API Standard 規定的耐熱構造不可。凡儲藏可燃性物質的架高儲槽，其支持構造鋼料絕對不可露出表面。

#### 2.浮頂儲槽（Floating Roof Tank）

此型式的儲槽，其蒸氣空間特小，所以進料操作時，因內容物質的激動（boiling）或蒸氣的呼吸（breathing）作用所致的蒸氣（Vapor）損失也極少，並且不如錐頂儲槽在其內部空間部份會發生顯著的腐蝕，故火災危險亦非常的微小。浮頂儲槽可滯留蒸氣（Vapor）的部份只限於封密圈下的壁板內部附近而已。因此槽內發生爆炸的可能性幾乎不存在。不過由封密圈洩漏的蒸氣會滯留於封密圈上面而形成爆炸性混合

氣體，雷擊時雖有着火之慮，但萬一着火燃燒，儲槽的受損程度也極有限，絕非錐頂儲槽內部空間着火時的災害可相比較。

最普遍被採用於此種儲槽的浮頂為：a 單層盤狀式（Pan roof type） b 單層幫桶狀式（Single deck Pontoon roof type） c 雙層幫桶狀式（Double deck Pontoon roof type）等三種構造。

單層盤狀式浮頂儲槽，雖具有建造費用低廉之利點，但一旦浮頂破漏就會沉沒，暴露全部液面，可能造成大規模火災，又浮頂浮到極限狀態遇大風暴時，浮頂可能被強風吹離儲槽，而引起壁板破裂事故。

單層幫桶狀式浮頂係以幫桶（Pontoon）增加浮力的單層盤狀式浮頂。此種浮頂除了幫桶室（Pontoon Chamber）內部發生廣範圍的洩漏以外，不可能發生沈沒事故。雙層幫桶狀式浮頂係將浮頂隔分多數幫桶而成。此種浮頂的浮力，當然須能夠承受可以預想雨水，冰雪的重量方式。API Standard 12-C 對於此種浮頂的甲板（Deck）構造，幫桶容量，浮頂的排水，以及封密構造等浮頂的重要因素均有詳細規定。依照此規定，若浮頂之任何二個幫桶完全失去浮力，同時甲板失去排水作用狀態下，浮頂也必能夠會浮於比重 0.7 的液面上方可。

### 3.昇降頂儲槽（Lifter roof tank）

此型式的儲槽，除了槽頂可作極有限之自由昇降以外，頗類似錐頂儲槽，其槽頂被稍加壓止漏蒸氣（Vapor）之液封（Liquid seal）封密，操作時以槽頂之作動吸收蒸氣的呼吸損失（Breathing loss）。此型式的儲槽，常常被利用於吸收或填補操作儲槽羣時，該等儲槽之內部蒸氣變動，亦被利用於回收低溫碳氫化合物儲槽空間部份的蒸氣，送往壓縮機再行液化儲藏。昇降頂儲槽內部無空氣的存在。

### 4.呼吸頂儲槽（Breathing roof tank）

以水平可撓性鋼質隔膜（Flexible steel diaphragm）乃至壁板頂上的槽頂，使槽內上部具有可變式蒸氣空間者，均屬此一類儲槽。此式儲槽因槽內液面若干被加壓具有減少液體的蒸發或蒸氣的溢流所致損失之利，與一般的呼吸儲槽（Breathing tank）同樣用途受限制。此種儲槽在使用中濕氣會凝縮於槽頂內面，容易引起腐蝕乃為一般所認定的缺點。

### 5.圓頂儲槽（Dome roof tank）

除了一般型式者以外，亦有對應蒸氣進出所致槽內蒸氣的變動具有可自由延縮塑膠隔膜的圓頂型式者，此等型式的儲槽對於揮發性液體儲槽的操作致蒸氣損失（Vapor loss），具有防止效果。

### 6.儲氣槽（Gas holder）

儲氣槽裝置通常以管線接通數座存有爆炸性混合氣體的錐頂儲槽。因此使用此設備時的正確危險度，不能一概而論。此種設備，因汽體（Vapor）的洩漏或 Gauge hatch 的開放等，若其中的一座儲槽着火，火焰很可能波及所有儲槽。因為此時裝設於管線的阻焰器（flame arrestor），受管線內部發生的強烈爆炸（detonation）影響，可能失去其應具備的效果，裝設於回收壓縮裝置的氣體回收管線系統如接通錐頂儲槽，當呼吸管線（Breathing pipe）使用者，亦會發生同樣危險情況。

## 7. 球型或橢圓型儲槽 (Spheres and spheroid)

於大氣壓力下無法儲藏的大量物質，如蒸氣壓力較大的 Casing head gasoline，丁烷、氨等，均使用球型或類似球型 (Spheroid) 的儲槽儲藏。此等儲槽，球型者可使用於蒸氣壓力較大物質的儲藏而類似球型者均使用於蒸氣壓力較小物質的儲藏。其大約容量如表一所示，球型及橢圓型有關安全閥的規定，係與圓筒型高壓儲槽 (Cylindrical Pressure Storage tank) 同一原理訂定。

## 8. 低溫液體儲槽 (Tank for refrigerated liquids)

爲緩和有關容器的嚴格規制，以低溫的球型 (Spheres) 橢圓型 (Spheroid) 以及平底儲槽儲藏各種液體，係可行而被廣泛採用的方法。例如以低溫 75Psig 的儲槽代替被承認的 15,000 BBL, 250Psig 儲槽，儲藏丙烷的方法乃屬於此方法。天然氣各種碳氫化合物，氨、氧等各種化學原料，可依其適用材質建造的平底儲槽，以其沸騰點狀態作常壓儲藏，低溫儲槽的建造其使用材料及設計極爲重要。一般均使用低溫時，不致引起材質脆化的不銹鋼及鋁金屬材料建造。32° F 以下的低溫儲槽，尤須注意其斷熱保冷構造及支持構造的機能爲重要。

## 9. 圓筒型高壓儲槽 (Cylindrical Pressure Tank)

大氣壓以上至 300 Psig 高壓原料的儲藏，普遍利用兩端半圓形或半橢圓形的圓筒儲槽。此種型式的儲槽，設於製造裝置 (Process unit) 附近，成爲其一部份者居多。成爲製造裝置一部份的此種儲槽，其潛存危險程度與設於儲槽地區者完全相同。圓筒型高壓儲槽屬於 ASME Code for unfired pressure vessels 及 API Recommended Practices No.52 規定的高壓容器，與製造裝置同樣，非裝設安全閥不可。除了安全閥及進出料口以外，此種儲槽通常均設有同流進出口，排氣口，泄放設備 (Drain)，計量設備，壓力表，溫度計等設備，且以管子接通外部者，其基部儲槽內部均裝有超流防止閥 (excessflow valve) 或單流閥，以預防大量存料意外外流。臥式的此種儲槽，往往將整體或其一部份埋設於地下按裝使用，此乃爲發生火災時的有效儲槽保護對策。儲藏液化石油氣等液化氣體的儲槽，於進料操作時，須注意溫度變化所引起的液體膨脹，而於液面上保留充分的安全空間。

## 10. 地下儲藏設備 (Underground Storage)

利用地下相當深度的空洞，儲藏各種碳氫化合物的方法，風行於美國各地。空洞內存料的出料操作，須灌注鹽水 (Brine)，以置換方法進行。此種儲藏設備。目前僅利用於液化石油氣的儲藏而已。其最大優點爲建造費用比地下鋼質儲槽低廉很多，且不像地上儲槽易曝露於火災危險。

地下空洞式儲藏設備，須設於地下相當深處，使其地層荷重能夠壓制儲藏物質的蒸氣壓力方可。液化石油氣用的此種設備所需深度，通常認爲 1,000呎以上而其經濟上合算的最大深度爲 4,000呎。使用時須經常注意以鹽水填滿碳氫化合物未能佔有的空洞空間。空洞式槽藏設備之最重要事項，應爲出料管與其外壁間的完全密封方法。由此，此管子的按裝部份，非以堅固的固定設備 (Anchor) 加以固定，使其具有充份的荷重強度不可。圖 2 係設於地下天然空洞的標準配管圖。

## 11.地下儲槽 (Underground Atmospheric Storage Tank)

此種儲槽，係建於地下或地面覆蓋泥土的儲藏設備，最普遍的被採用者，為250至500加侖容積的圓筒型地下鋼質儲槽，雖然亦有 50,000至100,000 BBL 的大型設備，但極少被一般所採用。此種儲槽因覆蓋於泥土中，對於炸彈爆炸的破壞具有保護作用，有其軍事價值。美國防火協會 (NFPA)，對於一般的小型地下儲槽訂有詳細的技術基準。地下儲槽與地面的錐頂儲槽同樣潛在着許多危險因素。有時其危險程度甚至超過地面的錐頂儲槽，這一點很重要非澈底認識不可。地下儲槽內部少量爆炸性氣體著火，足夠產生炸飛槽頂的強大壓力，而破壞儲槽。對於其通氣孔 (Vent) 作用及腐蝕等，與地面儲槽同樣需要一般性注意對策，乃不必贅言了。地下儲槽也有裝設泡沫及至二氧化碳滅火設備者，不過一般均認為其效果有限。

## 四、通氣孔 (Vent)

儲槽的通氣孔裝置，約略可分為開放型及保護型 (Conservation Vent Valve Type 如圖 4) 二種，開放型者通常稱為 Goose Neck Vent 如圖 5。無論採用何種型式的通氣孔裝置，非注意其排氣及吸氣，所需壓力不致損及儲槽不可。儲槽內空間壓力過大，頂板被推離其鋼架時，必會引起其與壁板焊縫或其他接頭部份的洩漏。按照 API 規定建照的標準儲槽，其 3/16吋厚頂板耐壓相當於 1.5 吋水柱壓力，即約 0.85oz/sq.in. 的重量。根據報告可破壞頂板的槽內空間實際壓力，為水柱壓力 3 吋。但無論如何，裝用的通氣孔裝置對頂板的安全，須具有十分富裕的容量，而於水柱壓力 1.5 吋時，能夠發揮其最大排氣機能方可。儲槽內部的過大負壓，因真空作用頂板趨向陷沒而壁板亦因而縮扁，故通氣孔裝置能夠發揮其最大吸氣性能所需之實際負壓，亦被勸告以水柱壓力 1.5 吋為其限度。

由開放型或保護型通氣孔排放引火性氣體時，排放的氣體實際上有着火燃燒的可能。為了從地面可以消滅此時的火焰，也有裝設活葉式滅焰蓋 (Snuffer) 連結鍊條至地面的通氣孔裝置 (如圖 5) 通氣孔該處理蒸氣量的計算方法有數種，不過通常均採用 API Recommended Practice 2,000 "API Guide for Tank Venting" 基準計算。

除了上述以外為要增加緊急時的通氣量 (Vent Capacity)，設計儲槽時，均採用故意減低槽頂與壁板間焊縫 (Seam) 強度的方法。依據 API Standard 21-C 建造的直徑 36 吋以上儲槽，若內部壓力過大，其槽頂與壁板間的焊縫就自行裂開，此構造，因儲槽內部壓力可由槽頂與壁板間的裂縫被釋放，具有避免壁板脫離底板的效果。槽底焊縫的腐蝕或脆化，遭遇槽內壓力過大時，亦可能引起槽底的破損，乃為理之當然，不必多言。

高壓儲槽的排氣 (Vent) 不同於常壓儲槽的呼吸 (Breathing) 作用，係必要時釋放其內部壓力為目的。因此其釋放容量 (Relief Capacity) 對於超量進料或火災所致產生的蒸氣 (Vapor)，以及意外事故的發生，須具有充分的 Input Capacity 方可無裝設冷卻設備的液化輕質碳氫化合物用高壓儲槽，其安全閥的排氣口，最少須保持距離槽頂 5 吋以上高度，而設於密集地區的儲槽，其安全閥排氣口須接通廢氣燃燒系統 (Flare system) 或排放系統 (Blowdown System)。

## 五、阻焰器 (Flame arrestor)

爲防止雷擊等外來火種，經由通氣孔侵入儲槽內引起火災，而裝設的通氣孔零件（如圖6）屬於此項。究竟何處需裝設阻焰器，極難以下定義。不過一般均認爲儲藏 Open-Cup 110°F 以下低閃火點油料的儲槽，裝用阻焰器的必要性最大。低閃火點油料儲槽，通常均裝有保護型通氣孔（Conservation Vent）或呼吸通氣孔（Breath Vent）設備。此等設備對於儲槽的廣範圍操作，雖然具有相當程度的火焰阻止效果，乃爲不容否定的事實。但以防止火焰傳播的立場來減少此措施亦非完全可靠。以管線接通單獨儲槽乃至氣體裝置（Gasplant）的多座儲槽或處理引火性混合氣體的管線系統，其所裝配的阻焰器，因管線系統內部存在強烈爆炸（Detonation）危險。萬一發生爆炸時，此等阻焰器可能被破壞，以致連接於此管線系統的所有儲槽，恐會同時着火燃燒。

促進阻焰器堵塞的所有因素，與阻焰器原本要保護避免的危險因素同樣甚至更爲危險。因此阻焰器須除去內部腐蝕產生的雜質及膠質等物質，防止其阻害氣體流通，而實施定期修護（Maintenance）實爲不可缺少的措施。凝結於阻焰器內部的氣體（Vapor），係阻焰器內部結膠的原因，而含水份的氣體（Vapor）容易凍結於阻焰器內部。根據以往的經驗，設於露天的所有大形常壓儲槽及特殊物質儲槽，無條件裝配阻焰器並不一定適當。因爲上述有關修護的問題及可能發生故障均爲重大問題，非慎重考慮不可。於某種特殊狀況下裝設阻焰器引起的不良後果。比較該阻焰器原本要保護避免的危險更爲嚴重。因此常壓儲槽是否裝配阻焰器，須考慮槽內物質的性質，氣體（Vapor）是否會外溢，氣象條件，空中可能存在的沉着性物質，阻焰器的修護能力等，個別評估決定是否裝用方爲合理。

## 六、計量設備 (Gauge equipment)

普通一般使用的常壓儲槽，錐頂儲槽及浮頂儲槽居多。爲要準確測量此等儲槽儲藏的液體，通常均使用量油尺（Tape）由槽頂開口放下進行，不過只要明瞭大約儲藏量，也有使用浮標式量油器（Float Indicator）或其他裝置的方法。使用量油尺測量儲槽內的存量時，雖然可以準確的測出槽底水量及實際存料數量，但實施起來不但費工且有相當的危險性，若改用液面指示計（Gross level indicator），就可以顯著的減少此項危險性。

設於屋內或房屋附近的小形儲槽，以通常測量露天常壓儲槽存量的方法，使用量油尺測量其存量，極爲危險。依照規定，設於重要構造物，製造裝置，工場界址，以及其他可能存在火種場所周圍50呎範圍內的 Closed-Cup 100°F 以下低閃火點物體儲槽，不得經由直接通往氣體空間（Vapor Space）的開口（hatch）測量內部存量。設於此等場所的小形儲槽，爲測其存量裝配玻璃管式液面計，就有冒玻璃管破損危險，應該避免。於此情況之下，須使用裝蓋阻焰用金屬絲網的 Gauge Well，反射式玻璃板液面計，或被密封的鋼絲繩或量油尺連結浮標方式等法爲佳。

儲槽內的油料流動中或流動後，放下量油尺進行量油，可能引起滯留於油料的靜電氣向金屬製量油尺走電的危險。此危險的對策，可利用與儲槽壁板接地的多孔 Gauge Well。因爲此時的金屬製多孔 Well，已構成其內部及周圍邊緣油料與儲槽壁板的靜電回路，可經由

Gauge Well 附近油料消除靜電氣。

## 七、放水管 (Water draw off connections)

儲槽須依照 API Standard 規定裝設放水管，此放水管使用的閥門，於寒冷時期容易凍結破損，而引起存料外流，必須特別加以注意。因此將放水管閥門裝設於儲槽外者，須實施結凍防止措置。市面上有數種不可能發生結凍的內裝式閥門製品，實值得採用。

浮頂儲槽為排放槽頂的雨水，均裝有放水管經由槽內存料至儲槽外部。為防止此管可撓部份故障時的存料外流，儲槽外部的放水管閥門，非經常關閉不可。

## 八、擺動管 (Swing lines) 懸浮管

在一般情況下，幾乎所有的石油儲槽底部均有水份存在。因此石油儲槽才裝有以鋼絲繩連結絞車操作的擺動管。

擺動管的搖動接頭，通常多使用構造簡單的絲扣彎頭，不過應該採用擺動管專用的搖擺式接頭，乃理之當然。蒸餾或裂解等對於原料油含水特別敏感的煉油裝置，其進料用儲槽 (Feed tank) 應該採用圖 7 所示構造的擺動管，如此架高 4 ~ 5 呎的吸油擺動管，因經常與底水保持相當距離，萬一發生故障或操作錯誤時，也可防止水份的侵入。

## 九、內藏式安全閥 (Internal Safety Valve)

加裝以可熔金屬環啓開的閥門於儲槽的主要進出管，使其在發生火災時，能夠自動關閉防止存料外流的方法，有時也被採用。不過此方法之採用，於萬一出事時會同時造成無法排出槽內存料，因此除了特殊儲槽以外，不認為一般標準儲槽必須的設備。

## 十、超流防止閥 (Excess flow valve)

丙烷及丁烷等高壓儲槽的碳氫化合物配管，通常須裝設超流防止閥，以預防管線破裂等所致無法控制時，能夠自動關閉，防止存料大量外流，因為接通高壓儲槽的管線破裂發生火災時，可能無法接近經常操作的管閥採取緊急措置。NBFU 除了安全閥 (Relief Valve) 以外，並規定液化石油氣儲槽的所有進出料管線，均須裝配經承認的超流防止閥 (如圖 8) 以確保安全。

## 十一、儲槽進料操作 (Discharging into tanks)

裝設進料管於壁板接近頂板部位，或裝設複雜形狀 Spider 於槽底的某種油料儲槽，其進料操作形成壓送油料儲槽內部空間，或高處投入油料於儲存的油料表面，以致往往引起爆炸火災。此現象的發生係進料操作產生的靜電氣，於槽內的氣體空間 (Vapor Space) 走電

引燃爆炸性混合氣體所致。其安全操作須嚴禁由拉上的擺動管或槽頂附近的管線，實施汽油乃至其類似物質的進料操作。

進行儲槽進料操作時，為減少靜電氣滯留於輸入油料，槽內油面至進料管口深度未到達6呎以前，控制進料管內的流動速度於3ft/sec以下，乃一般所採用的方法。至於浮頂儲槽的進料操作，於浮頂未浮起以前，須保持上述進料速度，而浮頂浮起以後，可以正常的流速操作。許多研究報告均指出汽油，噴射機燃油，以及煤油等經精煉的石油產品，特別容易產生靜電氣，必需特別小心。

## 十二、混合及摻配 (Mixing and Blending)

槽內油料的急激流動亂流，會產生靜電氣，而走電引燃爆炸性混合氣體。以定量證明此現象的構成過程 (Mechanism) 極為困難。噴射機燃油的摻配，被勸告於排除空氣的浮頂儲槽實施理由亦在此。利用儲槽摻配油料，有循環流方式及使用螺旋槳機方式二種，無論採用何種方式進行摻配油料時均會產生靜電氣，必須十分小心。不過採用螺旋槳機的方式，有時會發生頗大的安全效果。

於原油槽的底水上方，經常進行攪拌防止固形物沉澱，可以減少水份侵入煉油裝置的危險，也可以減少具有危險的油槽清洗工作數次，實為一舉兩得的措施。

## 十三、儲槽的接地 (Grounding of tank)

儲槽的接地目的於放走雷擊荷電量至地下，清除附近二座以上構造物中間的電位差，以及以使用的金屬陽極構成金屬的連續回路，使儲槽底部產生電氣防蝕效果，這二點。以往長期間被認為儲槽的接地，對滯留於其存料的靜電氣，具有幫助其消散 (discharge) 於地面的相當效果即與槽內爆炸性混合氣體的着火原因有關的想法，現代已被理論及實驗證明，儲槽的接地設備，對滯留於存料的靜電氣，向儲槽壁板或槽外金屬消散的作用，並無任何影響。密着於地面的一般鋼質儲槽，均可推想已處於完全接地的狀態，所以另裝設於儲槽的接地設備，際に有雷擊天候情況下，也不會減少或增加被直擊的機會。容量134,000至240,000 BBL 的大型儲槽，其接地電阻為0.5至1.2歐姆 (Ohm)，而以約6呎長的鋼管打入地下作為輔助接地設備，也發生過並無受到任何影響的事例。與地面並無直接密接的儲槽，如其附近周圍可能滯留爆炸性氣體 (Vapor) 者，裝設連結地下接地棒的該儲槽接地設備，對於槽外氣體 (Vapor) 的着火，具有防止的效果。建造於混凝土基礎臺上面的酸類儲槽，通常須裝配正式的接地設備。

## 十四、防火堤 (Dike)

依照規定，柏油或潤滑油等閃火點特高物質的儲槽，雖可不設防火堤，但實際上所有儲槽均需要防火堤或防火牆 (Fire Wall) 設備。防火堤或防火牆的主要機能，係在平常操作或火災發生時，防止儲槽壁板破裂或不可抗力原因所致的存料外流，以及 boil over 造成外

溢存料的擴散。但也可以由水災或其他地區流來的引火性液體保護儲槽。防火堤的保護效果與被其保護儲槽的大小關係，極難決定，雖然 API 規定防火堤的內部容量，須保持被保護儲槽容量以上，但許多國家，尤其海島國家均將其適宜改小，以符合其國情。例如日本的消防法規定，防火堤的內部容量，包括被保護儲槽底面積計算，應保持該儲槽容量50%以上，設置二座以上儲槽的防火堤，其容量須保持被保護較大儲槽容量之50%加算其他儲槽總容量10%以上，並規定防火堤高度須0.3至1.5公尺。防火堤有關事項，除了容量之規定以外，牽連的範圍大且頗複雜。雖然依照儲藏物料及儲槽設備的種類有例外以外，原則上希望每一座儲槽，均能夠有其個別的防火堤或防火牆。

防火堤構造分有堆土式、混凝土式、鋼質式等，圖9為其一例。堆土式防火堤，因材料問題不易解決或受場地限制，有時難以建造，但乃為最佳的防火堤，其傾斜表面如使用柏油等加以補強，雖然發生大火時恐會被燒，但通常可發揮十分的保護作用。鋼質防火堤雖然比較新式而歷史不久的防火堤，但已經有過實際經驗，認為其效果與堆土式防火堤相同。紅磚式防火堤使用日久，容易發生多方向的龜裂，且強度不及堆土式，混凝土式，以及鋼質式等防火堤，不值得推選，混凝土防火堤，具有缺少穩定性的缺陷，於儲槽崩壞時恐被衝擊而倒塌，乃為其最大缺點。防火堤內地面，須注意積水或漏水不積留於儲槽底部周圍附近，而保持適當的斜度，排放防火堤內部積水於堤外排水溝的設備，須於防火堤外部能夠操作為準。

受場地的限制，設置高度超過儲槽高度一半的砌石或混凝土防火堤者，防火堤內部因通風不盡良好，可能滯留引火性氣體，須留意火災及進出工作人員被中毒的危險。對於過高的防火堤，尚須認識內部儲槽發生火災時，恐無法施救。

丁烷等輕質碳氫化合物的低溫儲槽，須與一般常壓儲槽同樣，考慮可能發生破損問題，因此對於此種儲槽來說，防火堤亦是必需要的設備。1944年10月20日克里夫蘭天然氣液化裝置發生低溫儲槽破裂，外流的液化甲烷彌滿附近一帶，而造成的慘重事故，乃充分顯示低溫儲槽需要裝設防火堤加以保護。

儲藏於常溫高壓儲槽的液化石油氣，因儲槽破裂發生液化氣外流時，流出的液體於地面擴散的可能性雖然比較低溫儲槽流出的液體在地面擴散的可能小。但丙烷乃至丁烷等揮發性極大的物質，於常溫高壓儲槽發生瞬間破裂時不着火者，其液體也會外流，因此防火堤對於大型的常溫高壓儲槽，也被認為必要的設備，何妨防火堤對於外部入侵的流體，還具有保護儲槽的效果。5,000BBL 以上大型容器多座互相保持20呎以內距離集中於一所，而無裝設丙烷乃至丙烷以下揮發性物質的儲藏用低溫設備者，被勸告應裝設防火堤。此時防火堤內部的最小容量如下列：

儲藏丙烷者：儲槽容量的25%

儲藏丁烷者：儲槽容量的50%

設置防火堤時，須確保較大的外部場地，使溢流堤外液體的蒸氣，能夠迅速擴散於空氣中。

戊烷等蒸發速度較慢物質外流時，亦會增加種種災害危險，因此以常溫儲藏此等物質者希望能夠設置與儲槽同一容量的防火堤，作為其安全對策。

## 十五、露天儲槽的配置及安全距離

選擇儲槽的設置地點，對外保持適當安全距離，以及建造防火堤等主要係考慮儲槽火災時的 boil over 作用所做的安全措置。

儲藏於儲槽內部的原油、焦油、粘性油，以及其他種類油料被火燒時，因為輻射熱作用，油面至油面以下相當深度部份的溫度，會到達 400°F 以上。此時如加入多量的水就發生 Boiling 攪拌油水，而引起猛烈噴油，飛散於儲槽周圍附近現象，工作上須經常加熱的重質油料，若滲入水份至槽底，就開始沸騰發生攪拌作用，而引起油料外溢。重質油料的溫度到達 300°F 以上時，滲入水份必會引起攪拌作用 (Foaming Action) 須特別注意，因為此高溫所致的 boil over，可沖出槽內絕大部份油料於附近一帶，不但規模頗大，其後果較火災更為嚴重，通常裝設於儲槽內部的 Steam Coil 等一般的加熱設備，能夠加熱油料至造成 boil over 的可能性極少，但進料高溫油料，加熱槽內存料致其溫度超出水的沸騰溫度點以上，乃屬可能。因此只要有發生 boil over 的可能處所須裝設抑制設備。防止 boil over 的關鍵在防止槽內積水層 (Water layer) 的平靜，因此其防止方法應在儲槽內部裝設攪拌機械設備，使必要時能夠實施槽內油水的攪拌操作。

對於設置儲槽的場所及地形以安全立場論，雖有安全程度不同的問題存在，但無論如何，對煉製裝置及其附屬設備，均須保持相當距離，而場地起伏不平場所，非設有效的排水設備，預防儲槽破損，boil over，管線洩漏等事故不可。設於起伏不平場地的儲槽，除了上述以外，還存在着防火堤等許多的問題，美國石油協會 (A.P.I.) 的「石油煉製工廠的防火」資料，對設在起伏不平的場地儲槽應具備的條件有詳細規定，可資參考引用。

大容量儲槽與其界址，建築物、煉製裝置、公路及鐵路之間，應保持的距離如下列：

- (1) 儲槽與裝置製造工場流程地區 (Process area) 之間，最少須保持150呎距離。
- (2) 儲槽場地向裝置區傾斜者，依其傾斜度及儲槽大小，與裝置地區之間，須保持150至400呎距離。
- (3) 對於高樓、辦公廳、商店、倉庫等，須保持200呎以上距離。
- (4) 對於公路及鐵路，須保持200呎以上距離。

至於儲槽相互之間應該保持的距離 (外壁與外壁之間距離) 如下列：

- (1) 原油：錐頂儲槽及單層盤狀式 (Pan Roof Type) 浮頂儲槽相互之間，須保持儲槽直徑1.5倍以上距離，而幫桶狀式 (Pontoon roof type) 浮頂儲槽，須相互保持儲槽直徑以上距離。
- (2) 原油除外的油料：通常須保持儲槽直徑以上距離，但二座以上儲槽成為油槽羣時，其合計容量在 150,000 BBL 以下時，得保持 $\frac{1}{2}$ 儲槽直徑以上距離，而儲槽羣與儲槽羣相互之間，須保持其中最大儲槽直徑以上距離。
- (3) 特殊設備：不同直徑儲槽相互間距離，應以較大儲槽直徑以上，但閃火點 200°F 以上的產品儲槽，如距離煉製裝置較遠者，得縮短為 $\frac{1}{2}$ 儲槽直徑以上距離。

上述儲槽對外應該保持的距離，雖然最適合石油煉製工業採用，但保險公司對於重要建築物與儲槽之間應保持的距離規定如表 10，容量 2,500BBL 以下的小形儲槽對外應保持的距離，得斟酌引用此規定。

NBFU 規定裝置與儲槽之間應保持的距離，雖然依儲槽存料的閃火點不盡相同，但容量1,000BBL 以下直徑未滿25呎者，不必保持任何距離。同時對於屋外大容量儲槽的設置，並規定須一律與裝置保持儲槽直徑或高度其中較大尺度以上距離，但得不超過 120 呎。儲槽相互間應保持的距離，亦規定 3 呎以上。以上 NBFU 規定的儲槽對外應保持的距離，並不受儲槽的種類或消防設備所影響，乃為其最大特點。

註：海島國家因受地理限制無法保持上述距離，而多另行規定儲槽對外應保持的距離。

例如日本的消防法規定儲槽與重要文化財產保持50公尺以上距離與學校、醫院等公共場所須保持30公尺以上距離，與高壓氣體設備須保持20公尺以上距離與特別高壓架空輸電線須保持 3 至 5 公尺水平距離，並且規定儲槽周圍須依照儲槽的大小及儲存油類的種類，確保 3 公尺至儲槽直徑或高度，其中較大尺度以上的安全空地，但罐槽相互間的安全空地，得短縮至上述規定的 $\frac{1}{3}$ （不得小於 3 公尺）尺度。依照此規定大容量的儲槽與煉製裝置之間，最少須保持儲槽直徑距離。

## 十六、儲槽的雷擊對策

根據以往的記錄，石油工業發生的儲槽火災，因雷擊所致者居多，雷擊的程度雖有差別不盡相同，但全世界到處都會發生頗為普遍。不過世界各地的雷擊發生狀況並不平均，有的地方特別容易發生，而有的地方發生雷擊的頻度並不很大。雷擊所致的閃電高熱，對於煉製裝置或儲槽設備排放的可燃性氣體，具有極大的着火危險，如侵入錐頂儲槽內部，必會引起很大破壞作用。由雷擊防護儲槽的安全對策，似應從下列二方面設想實施。

(a)防止儲槽被雷擊。

(b)防止槽頂或附近發生雷擊時，火種侵入儲槽內部及槽內物質着火。

現代石油工業使用的儲槽，均為金屬製儲槽，除了其通氣口設備（Vent）以外，比較容易確保儲槽本身的氣密（Gas Tight），於木製儲槽已被淘汰的現代來說，上述(a)項已不再威脅儲槽的安全，可以不加考慮，而應針對(b)項設想實施安全對策，防護儲槽免受雷擊着火的最有效安全對策如下列：

- (1) 使用通氣設備（Vent）除外，能夠確保氣密（Gas Tight）的金屬製儲槽。
- (2) 防止火焰從通氣設備（Vent）侵入儲槽內部。
- (3) 建立適當修護（Maintenance）制度，防止儲槽洩漏及其通氣設備故障。
- (4) 設法除去因構造所致滯留於浮頂儲槽密封部份的爆炸性混合氣體。
- (5) 除去浮頂儲槽的封密部份構造乃至錐頂儲槽的頂板與支持構造間的不完善連結（Bond）等，造成可燃性氣體着火原因之金屬構造的走電間隙（Spark gap）之排除。
- (6) 儲槽的壁板及頂板構造，應於雷擊時不被擊穿的構造。

上述諸條件對於錐頂儲槽來說，只要按照標準建造和修護儲槽就容易做到不會因雷擊着火成災，不過儲槽對雷擊的安全對策，並不能只依靠儲槽設備，就可以完全解決的問題，而與儲槽的操作也有關。例如不在使用的量油孔須經常密蓋，以及可能發生雷擊時須中止量油工作等，應遵守儲槽操作規則。

浮頂儲槽因雷擊直接或間接着火的實際狀態，係滯留於浮頂周圍密封部份下面的爆炸性

混合氣體着火所致。浮頂儲槽的壁板部份與浮頂部份之間，無完整的電氣回路乃至適當連結（Bond）者，此二部份之間會發生走電火花（Spark），因此，此部份的構造，應為能夠做適當的接觸或連結，使其消滅可能走電發生火花的因素。浮頂儲槽的壁板與浮頂之間的電位差，並不一定儲槽直接受雷擊所致，而附近發生雷擊時，其周圍相當大範圍的構造物與地面之間形成的電位差，也造成壁板與浮頂間發生電位差的一大原因。於此種狀況下發生的走電現象，一般均推想金屬製封密圈（Seal ring）與浮頂的接觸部份，為其主要走電之處。根據此種想法，某種形式的浮頂儲槽已開發一種不銹鋼轉轍器（Stainless Steel Shunt）試用三年，結果認為確實有效。此方法乃以不銹鋼轉轍器連結封密圈（Seal ring）與浮頂，使其構成電氣回路的方法，NFPA 基準也在勸告，浮頂周圍每10呎以下間隔，須裝設相當上述不銹鋼轉轍器的連結設備（Bonding）。

為積極的防雷擊對策，與前述設備同時採用避雷針，對於浮頂儲槽未必有保護效果。因為雷擊之前包括儲槽在內的附近廣大範圍內構造物及地面均已帶正電荷，距離數百呎外的避雷針或構造物被雷擊時，浮頂往壁板及地面也會發生瞬間電流，而在儲槽密封圈與浮頂間無做連結（bond）的部份走電也。

## 十七、儲槽的風暴對策

海灣沿岸（Gulf Coast）地方，時常會被發令有防颶準備工作時間的颶風警報，而此時來襲的颶風往往帶來海面高潮，若能夠預想高潮發生之前，將所有儲槽均進料保持滿槽狀態，使海水倒灌至預想的水位時，也不致儲槽浮起，拉斷管線或移離其基礎極為重要。

颶風來臨時，空儲槽遇到 100mph 程度的風壓，其壁板及頂板多少總會被吹凹，因此颶風來臨以前，所有儲槽亦非保持滿槽狀態不可。1947年強烈颶風侵襲美國 Texas State 時，灌滿水停止使用的一羣儲槽，雖然在其壁板及頂板部份受了微小的損害，但相對附近一帶不在滿槽狀態的儲槽，均蒙受嚴重損害。由此可以證明，滿槽狀態的儲槽對於強烈颶風，造成的水平及垂直方向的壓力，均具有相當大的抵抗強度。浮頂儲槽因裝設於槽頂附近的風樑（Wind girder）及浮頂，於強風時可以發揮相當的補強作用，所以在一般情況下，較錐頂儲槽具有抵抗凹傷的強度。以往被強烈旋風襲擊的浮頂儲槽（幾乎在空槽狀態），發生過其壁板上部雖蒙受相當程度的損害，而且儲槽本身被吹離基礎，但裝設的風樑（Wind girder）發揮補強作用，才保全該儲槽免受毀滅性損害的事例，同樣情況，也發生過浮頂到極限狀態的單層盤狀浮頂儲槽，旋風速 100mph 以下之情況下，因為空氣力學作用，浮頂被吹離儲槽，蒙受嚴重災害的事例。此事例的發生，雖然儲槽處於最具有強度的滿槽狀態，但因浮頂在最容易受風壓影響位置而被相抵所致。由此二事實設想，使人痛感須經常預防突然暴風的襲擊，將浮頂儲槽的浮頂保持在距離槽頂數呎程度位置，乃有其必要。

## 十八、儲槽的腐蝕（Tank Corrosion）

儲槽內外面均會發生不同程度的腐蝕。外面的腐蝕，除了無適當塗裝保護時，當然會發生意外，通常儲槽外面的腐蝕程度，與塗裝前的儲槽狀況及其他各種外在諸條件而異，例如

滯留於槽頂的雨水，係造成槽頂腐蝕破漏的原因。

儲槽底板外部的腐蝕，被認為金屬與泥土接觸的電解作用所致，而其防蝕方法須採用電氣防蝕方法，但其利用價值也有限。儲槽內部的底板腐蝕，係油料中的水份或由槽頂滴下的水所含鹽份及水溶性硫化物造成的酸性物質所致，其腐蝕狀況除了全面同時進行以外，有時也連帶發生顯著的斑蝕（Pitting）。

儲槽底板嚴重腐蝕時，就被迫非抽換底板不可，但腐蝕情況不甚嚴重者，得參照圖21的方法灌補混凝土加以修理。修補儲槽底板時，必須考慮施工後的底板，在寒冷時期受到壁板收縮所產生的局部強大應力（Stress）問題，而避免採用複雜構造。若以圖21最上面的方法修補者，其焊接部份非採用建造該儲槽時採用的方法實施不可。以往發生過抽換儲槽底板時無做充分的檢討，以暫時應付的方法施行結果，由於寒冬期的局部應力發生底板龜裂，而導致全部壁板破壞的事例，須特別留意。

儲槽的腐蝕，通常由槽內頂板開始進行。此項腐蝕係由硫化物或油氣與氧混合造成的硫化物等，以及夜間或低溫時凝結於頂板及壁板上部的水份或其他物質所引起。儲槽內部與油料接觸部份，被油膜保護不發生腐蝕作用，所以經常浮在油面上的浮頂儲槽頂板部份的腐蝕率，通常比較錐頂儲槽頂板部份腐蝕率，極為微小。

空中含多量腐蝕性鹽份的地區儲槽，吸入大量空氣亦是該槽內部腐蝕原因之一，常壓儲槽汽油的某沿海地方的煉油廠大形球型儲槽羣，曾發生過此原因所致的嚴重腐蝕事例。因腐蝕產生於槽內頂部的硫化鐵，掉落油料中，下降沉着於槽底，也會促進儲槽底板的腐蝕作用。

通常石油工業使用的儲槽，其頂板鋼料的厚度為 $\frac{3}{16}$ 吋，此厚度的頂板在普通一般情況下，因腐蝕厚度減少至 $\frac{1}{16}$ 吋程度，也不致發生洩漏現象。不過以防火立場來說，防止槽頂洩漏極為重要。因此槽頂厚度減小至原來厚度的 $\frac{2}{3}$ 以下又須再三修補者，全部頂板非翻新不可。為延長槽頂的壽命，如將其鋼板厚度由 $\frac{3}{16}$ 吋提高為 $\frac{1}{4}$ 吋時雖然全部工料費用須增20%，但壽命可以延長50%，尚屬合算。為防止儲槽頂板及其他部份的腐蝕，目前均採用板料表面的各種覆蓋方法，例如表面噴焊鋁或鉛，塗裝油漆、磁漆、塑膠、gunite等，均為此方法之一。

## 十九、錐頂儲槽的防火對策

錐頂儲槽的火災爆炸事故，除了極少數例外為雷擊擊穿槽頂所致以外，其他均為儲槽不夠氣密（Gas Tight），火種引入槽內所引起。因此此種儲槽的最好保護方法，應為其完善的操作以外，儲槽本身須裝設阻焰器，通氣孔設備的鋼質焊接氣密構造，而實施嚴密的修護制度。

經常處理大量可燃性物質的石油工業，除了實施種種的火災預防對策以外，對於可能發生的火災，尚須裝設完善的滅火及管制設備，已經成為一般常識。普通一般錐頂儲槽裝設的主要消防設備如下列：

- (1)滅火用泡沫或蒸氣等固定配管設備。
- (2)與滅火無關，純為保護儲槽免受附近火災所影響的噴水或噴水霧固定設備。

(3)水及泡沫用水帶類，攜帶噴水霧設備 (Applicator) 及儲槽用泡沫塔 (Foam Tower) 等可移動設備。

內部有氣體空間 (Vapor Space) 的錐頂儲槽及其他常壓儲槽，原則上，均需要裝設撲救火災用的固定灌注泡沫設備。儲藏閃火點  $150^{\circ}\text{F}$  以下的屋外錐頂儲槽，雖然必須裝設固定泡沫箱 (Foam Chamber) 設備，但接近此種儲槽的閃火點  $150^{\circ}\text{F}$  以上油料的錐頂儲槽，亦需要裝設此項設備。不過直徑25呎以下，而高度未滿24呎者，通常均不裝設此項設備。儲槽裝用的泡沫箱數量，依儲槽直徑而異，NFPA 雖有其獨特的規定，但石油工業均採用圖22所示，比較保守的基準。

泡沫對於儲槽的適用率 (Application rate)，雖然依泡沫原液的種類而異，但通常均依 1:10. 的膨脹率來作決定，National Fire Code 規定的適用率，不論化學泡沫或空氣泡沫，均為油面  $10.\text{Sq}.\text{ft}$  需要水  $1\text{G.P.M.}$  為準。儲槽的泡沫配管，依使用的泡沫種類及其他諸條件不盡相同，圖23為其一例，而圖22係半固定式的泡沫設備配管圖，錐頂儲槽着火時通常炸飛槽頂，因此無論如何，泡沫箱設備須裝在儲槽壁板部份，而不應裝設在槽頂部份。

移動式的泡沫塔 (Foam Tower)，係越過儲槽壁板灌注泡沫的設備（如圖24），為預防下列三種情況的發生，應具備的設備：

- (1)儲槽無泡沫箱設備，或裝設的泡沫箱設備不足。
- (2)因首先發生的爆炸或其他原因，全部或一部份泡沫箱設備被損壞而不能使用。
- (3)浮頂儲槽着火。

上列均發生爆炸乃至火災時，槽頂可能被炸飛或陷落於槽內，損傷泡沫箱設備為基本的考慮對象。

## 二十、浮頂儲槽的防火對策

浮頂儲槽的浮頂浮在油面上時，其內部因無多大氣體空間 (Vapor Space) 存在，所以此時的危險形狀不同於錐頂儲槽，乃為經驗上被承認的事實。利用此種儲槽儲藏低閃火點的揮發性物質，比較錐頂儲槽儲藏同一物質的危險性為低，已被(Underwriter Laboratory) 所作的火災實驗所證實。不過浮頂下降至被槽底支柱支持狀態者，其危險性與錐頂儲槽完全相同。浮頂儲槽的防火設備，以浮頂浮在油面上時，只在浮頂與壁板間的密封部份可能發生濟災為基本想法而設。但實際上超量進料或暴露於附近猛烈火災，以及遭遇到其他例外事態時的浮頂儲槽，並無法保證其不着火。

發生於密封部份的火災，其火焰高度可到達 6 呎以上，而可能損及數處密封構造。不過火災初起時，採取迅速的適切處置，就可輕易的將其撲滅。如躊躇不決的滅火行動失去時效或滅火方法不當均可能造成大火嚴重損害壁板部份。向單層盤狀或單層幫桶式 (Pan roof type or single deck pontoon roof type) 浮頂儲槽的浮頂灌入大量消防水，可能引起浮頂沉沒，雖然此現象並非料想所及，但實際上有其事例。不過雙層幫桶狀 (Double deck pontoon roof type) 者，從來並無發生過浮頂沉沒的事例。不小心的進料操作，造成油料外溢，同時嚴重破壞儲槽的事故也發生過。密封部份的火災，往往會造成浮頂的全面火災，

因此對於其一般滅火技術，必須加以重視方可。密封部份火災的撲滅，一般均依其火災情況指派消防人員登上浮頂或兼作通路的風樑上面，使用泡沫或乾粉滅火設備，直接施救。浮頂儲槽的風樑若加裝欄桿，不但可當做經常工作時的安全通路使用，萬一發生火災由地面拉上泡沫管帶撲滅火災時，也可以得到很大的方便，實在值得推行實施。移動式泡沫塔也可用於撲滅密封部份的火災，不過此使用的泡沫塔，其彎曲部份須能夠跨越風樑方派上用途。密封部份的火災管制亦有經儲槽內部的油料，裝設泡沫管線至密封部份下面氣體空間（Vapor Space）的特殊設備利用方法，其最大優點為火災發生時，可由一人迅速操作進行滅火工作。

儲槽原油或汽油等揮發性物質的浮頂儲槽，多座集中配置的場所以往發生過雷擊引起多座儲槽同時着火事例，由此可以明瞭此狀況下的場所，須配置能夠迅速撲滅密封部份火災的充足數量手提滅火器。浮頂下降至被槽底支柱支持狀態時，因為浮頂與油面之間存在着較大的氣體空間（Varpo Space）與錐頂儲槽同樣具有火災爆炸危險，處於此狀態的浮頂儲槽着火時，其搶救方法與錐頂儲槽着火時的搶救方法完全相同。

## 二十一、高壓儲槽的防火對策

普通一般以高壓儲槽儲藏的物質，於常溫狀態均具有較大的揮發性，要將它保持液體狀態，須加壓的物質，儲藏此狀態碳氫化合物的儲槽，其主要危險在內容物質的洩漏，因為洩漏物質的氣體比重較空氣為重，偶然着火時必會波及附近廣大範圍，嚴重損害人員及機械設備。因此發生此種狀況時，宜保持無法制御洩漏位置的火焰繼續燃燒。不過保持洩漏位置的火焰繼續燃燒時，儲槽本身的保護就成為重要問題，於此種狀況下的儲槽其槽內液面以下部份，因存料的大量氣化，會被冷卻不至於發生問題。但液面以上部份，因被燒乃至受輻射熱的影響，極容易處於過熱狀態，而急激降低儲槽壁板應有的應力強度，導致儲槽破裂的嚴重後果。

高壓儲槽洩漏內容物質引起的火災，通常阻止其繼續外洩，就會迅速熄滅，但阻止內容物質的繼續漏洩，實際上是極為困難的問題。以普通一般的冷卻或窒息方法，迅速撲滅液化石油氣火災，並非適當的方法，而其最理想火災管制方法，應從速實施儲槽及附近裝置的冷卻設法阻止燃料物質繼續外洩，或以泵浦等設備慢慢排出燃料物質至排放系統（Blowdown），盡可能防止儲槽破裂引起嚴重災害。噴射水霧係最有效且實際的高壓儲槽保護方法，目前已很普遍的受採用，有關水霧噴射設備的要點如下：

- (1) 應具有充份的容量，能夠完全冷卻所保護的儲槽設備。
- (2) 於不受儲槽破裂的火災乃至燃氣（Vapor）影響地點，可以操作的設備。
- (3) 每一防火用水霧設備，應盡可能成為獨立系統，避免部份設備出事時，影響其他全部設備不能使用。
- (4) 須具備適當良好排水設備。

NBFU 的儲槽保護用水霧設備基準，記載於 National Fire Code 可資參考，此基準要求每一平方呎儲槽表面的噴水霧水量為 0.20 至 0.25 GPM，且其噴水霧的位置不得距離被保護儲槽表面 2 呎以上。儲槽的支持構造物，普通一般雖以半永久性的耐火材料保護，若只

使用鋼質構造者，非以水霧設備保護不可。固定噴水霧設備的操作方式，分為自動式及手動式二種。自動操作式的水霧設備，於火災發生同時會自動噴出水霧，為其最大優點。手動式的水霧設備其管線於火災發生至通水以前，已被加熱一段時間，迅速通水時可能破壞，而造成整套設備無法使用。因此自動操作式的噴水霧設備，係最具有效果及可靠性的設備。

除了上述以外，高壓儲槽尚存在着特殊考慮的問題。例如槽頂的安全閥須考慮噴出的氣體（Vapor）不觸及儲槽或附近高壓設備，實有其必要，高壓儲槽與常壓儲槽同樣，經常潛伏偶然發生超量進料（over filling）的因素。為預防此情況的發生，高壓儲槽的安全閥出口，如能夠接通廢氣燃燒塔（Flare stack）或排放系統（Blowdown）為佳。液化石油氣的設備，須絕對不使用鑄鐵製品，乃不必贅言，為了預防火災的發生，泵浦等設備也不該設於高壓儲槽附近或其防火堤內部。

## 二十二、常壓儲槽的破裂

根據以往的報告，儲槽的壁板突然發生破裂，流出槽內物質的事例，為數可觀，此種災害事故，發生於大型儲水槽及完工盛水試驗中的儲油槽者據多。以過去建造的所有儲槽數量而論，雖然發生此種事故的可能性極為微小，但無論如何，須考慮此種可能性，遵守各種儲槽建造基準建造，非積極防止其發生不可。

儲槽壁板的破裂不同於儲槽頂板的破裂，係由壁板的脆裂（Brittle Fracture）所引起，而造成儲槽龜裂的某種缺陷為脆裂的起因。發生於鋼板表面上的小龜裂，其擴大速度極快，在一瞬間可破壞整座儲槽根據脆袋所致破裂二十五座儲槽的調查結果，其中三分之一為下部壁板厚度 $\frac{5}{8}$ "以上，三分之二為下部壁板厚度 $\frac{5}{8}$ ", 並無下部壁板厚度 $\frac{1}{2}$ "以下的儲槽發生過此種事故，而且事故的主要原因，並無法找到與儲槽使用年限有任何關係。目前建造儲槽時所採用的 ASTM A-283 Grade D 及 ASTM A-7 二種鋼板，以經驗也被認為在正常使用情況下幾乎不可能發生脆裂現象的鋼板。

## 二十三、儲槽的清洗

儲槽底的固體或膠狀物以及附着於壁板乃至頂板的腐蝕物質及各種沉積物等，須定期加以清洗，清洗儲槽實際實施日期，須依其內部全面的徹底檢查作決定。儲槽內部無論實施清洗或檢查工作，首先須排除內部油料及可燃性氣體，以確保進入工作人員的安全方可。清洗儲槽內油料，可燃性氣體，有害毒物的技術工作，係實施儲槽內部工作以前，最重要且確實執行的技術工作，API 發行的 Accident Prevention Manual Nos, 1-A 及 1-B 二文獻可資參考。為爭取清洗時間或缺少清洗所需之器材，於無法完全排除內部油料或實施有效通風（Gas Free）狀況的儲槽清洗工作，除了在極有限特殊情況以外，不得實施。於此種情況下的清洗工作，必須隨着工作的進行，實施完全的災害防止對策，而且工作人員須具有預防事故發生的知識和技術，乃為絕對需要的條件。

## 二十四、防毒面具

無論有任何理由，進入殘留硫化氫乃至可燃性氣體的儲槽時，必須使用經承認的管式面具 (Hose Mask)，絕對不可使用藥罐式防毒面具。因藥罐式防毒面具只適用於除去空氣中的一部份有害氣體而已，根本就不適用於複雜性的槽內工作使用。管式面具應將其電動或手掲式送風機設於遠離有毒害性氣圈外，以附帶的軟管引入槽內供給新鮮空氣於戴用面具工作人員。無論何時使用何種面具進行槽內工作時，必須指派補助工作人員一名，於槽外監視工作的進行，預防意外事故的發生。

## 二十五、對於添加汽油精油料儲槽的注意事項

儲槽或曾儲藏過添加乙基乃至四乙基鉛（汽油精）汽油的儲槽，其清洗工作特別小心進行不可。遺留於儲槽內部的上述有機鉛化合物，可以氣體 (Vapor) 或塵埃的狀態，經工作人員的呼吸作用被吸入體內。也可經與其接觸的手或身體的皮膚侵入工作人員體內，引起嚴重鉛中毒事故。因此只要儲藏過添加乙基乃至四乙基鉛汽油的所有儲槽，其清洗工作無論儲槽通風 (Gas Free) 如何做的徹底，均須十分注意具有危險性的鉛污染物。

實施加鉛汽油槽內部工作時，從事該項工作人員，全部均須穿着清潔內衣褲及工作服，而戴用長統橡皮手套及穿用長統橡皮靴方可。此等服裝為容易判明工作中是否被污染，應以純白色為佳，實施內部工作的此種儲槽，無論其通風及內部殘渣與沉澱物的清除如何的徹底，只要有鐵銹 (Scale)，塵埃以及微小附着物存在，未被完全清洗以前，內部工作人員非使用管式面具不可，加鉛儲槽的清洗及四乙基鉛的處理，雖然須對於其毒性採取絕對的預防對策，但只要實施的預防對策合理徹底，而接受四乙基鉛製造廠商技術上的勸告時，四乙基鉛也與其他危險物質同樣，可以十分安全處理，可以多年來的經驗證明之。

## 二十六、儲槽的通風 (Gas Free)

開放儲槽實施清洗準備工作時，非遵守下列事項不可。

- (1) 清洗工作監督須明瞭以前儲藏之油料種類，儲槽使用期間，槽內沉澱物之推定數量等，並須確認儲槽壁板，底板、頂板的狀態。
- (2) 鄰接其他裝置或設備的界線附近，須樹立懸「儲槽開放中，嚴禁煙火」標誌。
- (3) 除去可能滯留儲槽放出氣體的防火堤內部及其周圍附近的可燃物及引火源。
- (4) 以正規的固定管線設法盡可能使槽內殘油（包括油泥含油）浮起，可以泵浦排出者，須全部排出。
- (5) 上述工作完畢後，儲槽所屬部份監督者，須通知清洗工作監督者儲槽內部的最後殘留油量及水量。

Gas Free 工作，通常須噴入水霧兼作吹入空氣的補充或使用蒸氣送風機等進行。其實施應於工作人員進入儲槽以前，排除槽內的硫化氫等毒性氣體，使槽內空氣中的碳氫化合物氣體濃度，降至爆炸範圍以下濃度，此濃度之檢查必須使用測爆器 (Explosimeter) 測定

，通常以爆炸下限界濃度之20%以下濃度為合格基準。清洗工作中的儲槽須繼續實施內部通風、換氣，並於清洗初期階段儲槽外部周圍附近，須使用測爆器測定檢查滯留的可燃性氣體濃度，若檢出的濃度超出該氣體之爆炸下限界濃度50%者，須立即停止清洗工作，等待滯留氣體完全消失後方得再行工作。