

# 液化天然氣輸送 工程—液化與氣化

■ 陳宏市

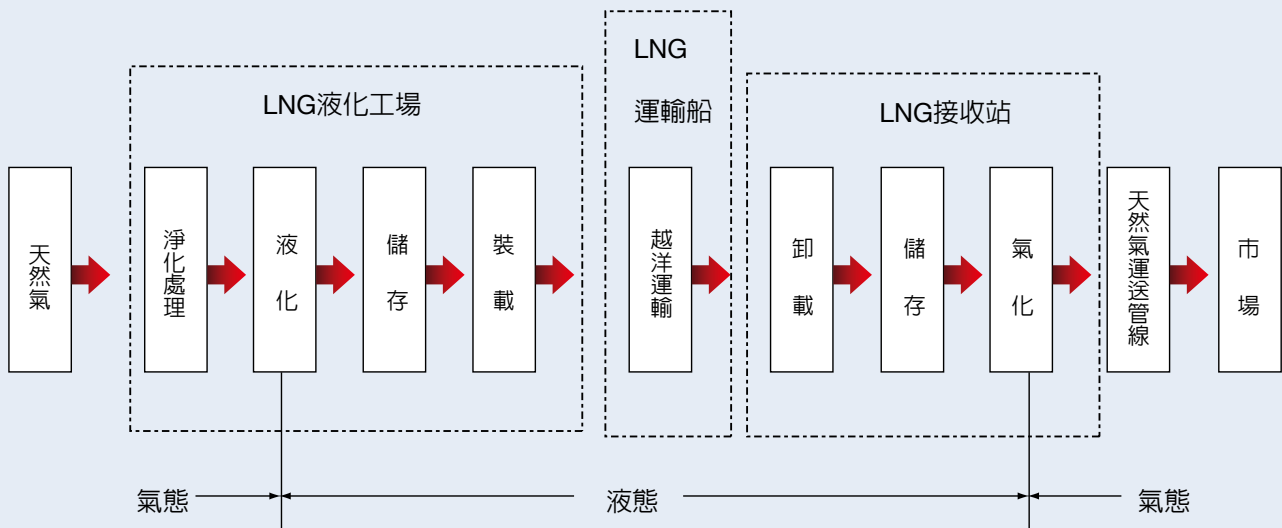
在非產氣的地區，天然氣輸送管線鋪設困難，不易直接輸送。但天然氣經液化處理後，就可利用特製的運輸船或車輛運送，讓人們得以享用清潔方便的能源。

天然氣產地通常遠離工業及人口集中的地區，必須利用長途管線輸送至市場以供消費，建造輸送管線實為天然氣工業的一大投資。有時因產地消費市場被高山阻斷或被海洋隔離，管線輸送的投資相當龐大，且施工艱難，無法擴大銷售地區，在部分天然氣產地甚至任意讓它燃燒逸失而未利用。

近年來由於世界能源日益短缺，天然氣在能源市場上的角色逐漸受到重視，引起石油工業界對天然氣儲存與輸送研究的興趣。經過研究改進，目前已可把天然氣以超低溫（cryogenics）方式液化，再在常壓下以特製的運輸船或車輛運送至遙遠地區，最後再氣化來供應市場需求。

## 天然氣的液化

液化天然氣（liquefied natural gas，簡稱LNG），是把天然氣田生產的天然氣先經淨化處理，再在大氣壓力下經一連串超低溫冷凍程序，把溫度降至攝氏零下162度左右，成爲一種超低溫液態天然氣。液態天然氣體積只有同量氣態天然氣的六百分之一，大量縮小所占的空間，便於儲存或長途運輸。



液化天然氣供應流程圖

通常採集的天然氣中含有少量較重的碳氫化合物，如戊烷、己烷等，以及水分、二氧化碳、硫化氫等雜質。因此在液化前，須經過淨化處理，去除較重的碳氫化合物及雜質，以避免在超低溫的製程中凝固，發生效路設備堵塞等現象。淨化處理後的水分須低於1ppm，二氧化碳在150ppm以下，硫化氫則須低於3ppm。

## 天然氣的冷凍液化方法

欲使天然氣液化，必須降低所含的熱能。而每一座天然氣液化工廠因環境及條件不同，所採用的液化或冷凍方法必須分別予以評估，基本上可分為3大類。

**階串法 (cascade process)** 藉著單一成分

的冷媒冷凝與蒸發，逐步把天然氣所含的熱量移至水或空氣等較高溫度的熱池 (heat sink) 中，讓天然氣冷凍液化。冷媒可用甲烷、乙烷、丙烷等較輕的烷類。

**混合冷媒法** 由階串法改進而成，它的基本構想是把階串法中所用的幾種單一成分冷媒的個別冷卻循環，改為混合冷媒單一冷卻循環，可減少壓縮機數量和簡化管路，進而降低投資成本。

**膨脹法** 是讓高壓的天然氣進料經過膨脹機膨脹，與熱交換器冷卻後而使它液化。

## 液化天然氣的儲存

在考量儲槽結構的問題後，大量的液化天然氣通常都是在大氣壓力下儲存，而且儲槽設備必

液態天然氣體積只有同量氣態天然氣的六百分之一，大量縮小所占的空間，便於儲存或長途運輸。

須合乎保冷需求，材料也要具有低溫下的持久性。常用的液化天然氣儲槽可分為地面式（如台灣中油公司台中液化天然氣廠所屬）及地下式（如台灣中油公司永安液化天然氣廠所屬）2種，儲槽材料必須能耐攝氏零下160度超低溫，槽內部多使用金屬薄膜來保持儲槽對於液體及氣體的良好密閉性。內槽及槽頂在施工上相連部分甚多，對精密度、溫度條件、變形條件等都須特別設計。

儲槽外壁雖有嚴密的保冷材料隔熱，儲存於儲槽內的部分液化天然氣仍會因為吸熱蒸發而形成蒸發氣。由於蒸發氣主要成分是甲烷，蒸發後會使槽中液化天然氣所含的碳氫化合物成分改變，因此儲槽內應做定期的分析。

儲槽內若加入不同成分、溫度及密度的液化天然氣，氣體在相互混合的情況下會有吸熱或放熱反應。如果產生蒸發氣，會使儲槽內的壓力急遽上升形成滾騰（roll over）現象，造成爆炸危險。因此儲槽上應有通氣管線及安全閥裝置，來適當減低儲槽內部壓力，同時儲槽內須安裝噴射型混合噴嘴循環攪拌泵浦及警報系統。

## 液化天然氣的輸送

到目前為止，液化天然氣的長程輸送還無法採用管線，仍採容器輸送法。

**陸上運輸** 陸上運輸是利用灌裝火車、公路拖車、卡車、灌裝車等運輸工具，運輸容量較低。液化天然氣貯槽車的貯槽，貯槽壁與地面金屬儲槽一樣採用雙壁以加強絕熱效果，夾壁間填充珍珠岩等絕熱材料並使夾壁間接近真空。貯槽內壁使用不銹鋼、鋁合金等耐低溫金屬，外壁使用鋁或普通碳鋼，強度須能承受內部真空及外界的大氣壓力差。



液化天然氣儲槽

**海上運輸** 為能配合超低溫液化天然氣運輸，須建造具有充分強度、薄膜壁貨艙的特殊液化天然氣運輸船。目前液化天然氣船舶的發展，著重於更可靠的貨載系統、更整體性的節能技術、減少蒸發氣、更安全可靠的航行及液化天然氣操作系統。

建造一艘15萬公秉液化天然氣船舶的費用約需新台幣80億元。船東在選擇運輸船方面，除了考量建造成本、操作費用、運輸船航行的安全與可靠性外，尚須考慮造船廠的交貨期、對運輸船性能的保證程度，以及設計經驗的可靠度。另外，在運輸航程附近是否有合適的檢修設備，以及如何與船隊中其他船型配合等問題，也在考慮之列。

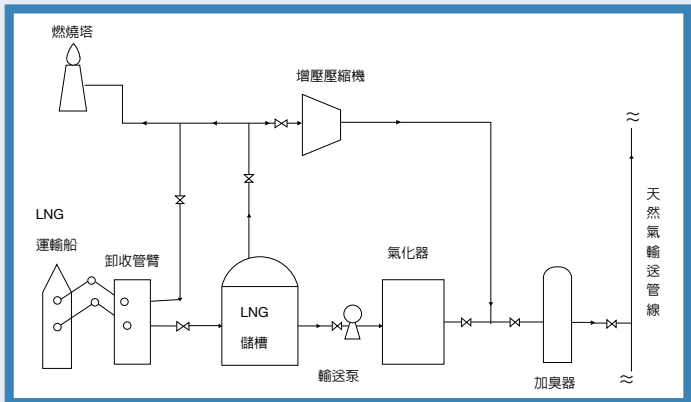
## 液化天然氣的接收站

液化天然氣接收站專供液化天然氣運輸船

■ 到目前為止，液化天然氣的長程輸送還無法採用管線，仍採容器輸送法。



液化天然氣船



液化天然氣接收站流程圖

卸載之用，主要設備包括碼頭設備、卸收管臂、儲槽、氣化器、輸送管線、公用設備等。運輸船運來的液化天然氣經卸收管臂卸下後，泵送至儲槽。

通常卸收管臂的功能有二：一是用來泵送液化天然氣至儲槽，另一是使蒸發氣回流至運輸船，來維持船艙儲槽壓力及回航時保持儲槽內的低溫。接收站的液化天然氣儲槽是用來儲存卸下的液化天然氣，以備供應周轉之用，它的容量至少是運輸船裝載量的兩倍。

## 液化天然氣的氣化

氣化器是把液態天然氣氣化成氣體，分為開架式（open rack vaporizer）及沉燃式（submerged vaporizer）兩種。開架式氣化器是以鋁合金製成，傳熱管內有鰭狀物來加強熱傳效果。它是利用海水為熱源，使液化天然氣氣化，海水降溫後通常控制在攝氏5度以內。沉燃式的氣化器是在水浴中置入以天然氣為燃料的燃燒器，利用加熱的水浴來間接加熱氣化液化天然氣，以避免直接加熱的危險。在操作時，通常是以開架式為主，沉燃式僅在尖峰供



氣化器

氣補充及開架式停車修護時備用。

氣化後的天然氣就可經由天然氣運送管線運送至各地配氣站，分段降壓後送達客戶處使用。

陳宏市（退休）  
台灣中油公司探採事業部