

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：出席國際會議)

「參加 STLE 磨潤與潤滑工程師學會 2005 年會」出國報告

服務機關：中國石油公司煉製研究所

姓名職稱：吳榮晃 化學工程師

派赴國家：美國

出國期間：94 年 5 月 14 日至 5 月 21 日

報告日期：94 年 8 月 16 日

「參加 STLE 磨潤與潤滑工程師學會 2005 年會」出國報告

摘要

此次奉派參加 2005 年 STLE 磨潤與潤滑工程師學會年會，除可瞭解並蒐集磨潤及潤滑技術動向與資訊、潤滑油品質、添加劑等國際上發展趨勢、應用及分析技術，並與各領域專家學者研討互動，增加實務經驗。因民眾環保意識的抬頭及政府日趨嚴格的環保立法限制，使具環境親和力的環保型潤滑油之使用將更加重要。由於目前市場上冷媒的主流 HFC 環保冷媒一直都沒有全面迅速替代 HCFC 冷媒的優勢，而一些未來極具潛力的替代品如天然冷媒對臭氧層破壞能力指數及對地球之溫室效應極低，因此有成為長期性替代冷媒之潛力。選擇傳熱油時，不僅需考慮其熱穩定性對操作經濟性的影響，同時還需了解油品的其它性質對系統節能及綜合經濟性的影響。

「參加 STLE 磨潤與潤滑工程師學會 2005 年會」出國報告

目次

一、出國目的	1
二、出國行程	1
三、報告內容	2
(一)、2005 年 STLE 磨潤工程師學會年會內容簡介	2
(二)、冷凍機油	3
(三)、傳熱油	8
四、心得與建議	12

「參加 STLE 磨潤與潤滑工程師學會 2005 年會」出國報告

一、出國目的：

磨潤與潤滑工程師學會(STLE, Society of Tribologists and Lubrication Engineers)是目前國際潤滑油業界最重要之組織，每年年會及廠商展示則為業界相互觀摩交流之重要會議。近年來該學會的改變很大，不論是實質上的分會及技術委員會的增加，到憑藉學會的專業素質對業界培養人才與替業界做專業技師的檢定，貢獻很大。此次奉派參加 2005 年 STLE 磨潤與潤滑工程師學會年會，除可瞭解並蒐集磨潤及潤滑技術動向與資訊、潤滑油品質、添加劑等國際上發展趨勢、應用及分析技術，並與各領域專家學者研討互動，增加實務經驗。

二、出國行程：

本年度年會於 2005/05/15-2005/5/19 於美國拉斯維加斯百利大飯店舉行(Bally's Hotel, Las Vegas, USA)，此次奉派出國時間自 94 年 5 月 14 日至 5 月 21 日共計 8 日，主要行程如下：

日期	地點	工作內容
94/5/14	台北－拉斯維加斯	啓程
91/5/15		
	拉斯維加斯	參加 2005 年 STLE 年會
91/5/19		
91/5/20		
	拉斯維加斯－台北	返程
91/5/21		

三、報告內容：

此次奉派參加 2005 年 STLE 磨潤與潤滑工程師學會年會，年會內容依循過去與一般專業學會的年會活動模式，包括論文發表、技術論壇、市場趨勢、廠商展覽等多項活動。藉此瞭解並蒐集磨潤及潤滑技術動向與資訊、潤滑油品質、添加劑等國際上發展趨勢、應用及分析技術。以下報告即介紹此次參加年會內容、心得建議。本文將以年會上所見所聞與工業潤滑油產品研發及性能有關之傳熱油及冷凍機油等領域為主，包括產品趨勢、性能測試及添加劑技術等。茲將內容整理如下：

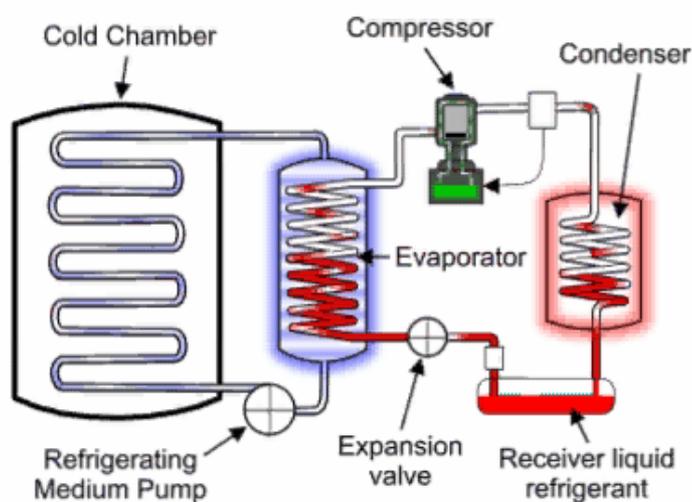
(一)、2005 年 STLE 磨潤工程師學會年會內容簡介

在美國拉斯維加斯舉辦的 2005 年 STLE 磨潤工程師學會年會，由於其強烈吸引眾人的相關技術內容安排，共有超過 1500 位 STLE 會員參加此次年會，參與的非會員更是人數眾多，出席人數比去年舉辦時增加了超過 10%，也是過去四年來參加人數最多的一次。

在這四天的議程中，包括 350 篇磨潤技術及商業上的論文報告、7 門教育課程及超過 80 個攤位介紹磨潤與潤滑市場不同種類的產品和服務內容。論文報告可分類為二十幾個大項，區分如下：計有 Aerospace、Commercial Forum、Conservation & Recycling、Condition Monitoring、Non-Ferrous Metals、Environmentally Friendly Fluids、Rolling Element Bearings、Seals、Solid Lubricants、Engine & Drivetrain Lubrication、Fluid Film Bearings、Lubrication Fundamentals、Metalworking Fluids、Surface Engineering、Synthetic Lubricants、Steel、Power Generation、Ceramics/Composites、Tribotesting、Wear、Grease、Gears 及 Hydraulic Fluids 等分類。

(二)、冷凍機油

冷凍機油(冷凍油)被使用於冷凍機的冷凍系統(冷凍循環示意如下圖)中，當作潤滑壓縮機的潤滑油。依冷媒的類型與不同冷凍需求，冷凍機油衍生出許多的種類。由於現代物質文明的進步，冷凍與空調不再是奢侈品而是生活上的必需品，因此冷凍機需求的數量愈來愈多，連帶冷媒及冷凍機油的用量也愈來愈大。但由於早期大量使用 Freon 系列冷媒，結果造成地球臭氧層嚴重破壞，因此替代冷媒的開發及相關應用技術，已成為業界最重要的課題，各方正加緊加快腳步，開發使用替代冷媒。對此，為了適合新型冷媒特性，冷凍機油的組成也隨之改變。



鑑於 CFCs 冷媒對大氣層中臭氧層的嚴重破壞性，已經引起世人的關注，為了保護地球臭氧層，根據 1987 年的"蒙特婁公約"條文規定，已開發國家從 1996 年起已把 CFCs 冷媒列為禁止生產和使用的產品。在發展中國家，例如中國也只能維持到 2005 年。此外，雖然 HCFCs 冷媒對大氣層臭氧層的破壞性比 CFCs 冷媒小，但仍具有破壞性。根據"蒙特婁公約"條文規定，最後的使用期是 2030 年。但在執行的過程中各個國家和地區根據各自的實際情況紛紛採取不同的

舉措。上述的 CFCs 和 HCFCs 冷媒還會對地球產生溫室效應。因此家用空調機(RAC)和箱型機(PAC)所廣泛使用的 HCFC-22 冷媒，也從 1996 年起開始限制其使用量，在 2004 年削減 35%的用量，至公元 2020 年時完全禁止使用。日本原則上決定在公元 2010 年以後新出廠的冷凍空調產品都不准使用 HCFC 冷媒，而舊產品則可繼續使用至 2020 年。而有些注重環保的歐洲國家，則更將 HCFC 冷媒的削減時程提早，例如瑞典現在已經禁止新的冷凍空調產品使用 HCFC 冷媒。因此，替代冷媒的開發及相關應用技術，已成為空調業界最重要的課題，各空調廠商正加緊加快腳步，開發使用替代冷媒的空調機上市，同時進行舊機器的替換更新工作。以家用冰箱和汽車用空調機為例，已開發國家都已完成改用 HFC 冷媒。

在冷媒演進方面，在氟氯碳化合物尚未問世前，自然冷媒在冷凍空調系統中扮演著重要的角色，自 1835 年第一部使用蒸汽壓縮的冷凍機問世，到 1931 年開始生產 R-12 冷媒之 100 年間，採用過的冷媒有乙醚、甲烷(CH₄)、二氧化硫(SO₂)、二氧化碳(CO₂)和氨(NH₃)等。1900 年初期，冷凍用主要的冷媒是 SO₂、CO₂ 和 NH₃。直到 1920 年船運冷凍增加後，因 SO₂ 太毒、CO₂ 高壓太高，而成為 NH₃ 冷媒一枝獨秀的局面。但是其毒性及可燃性等問題，在應用上造成相當多的工安事件。1928 年發展出氟氯碳(CFC)冷媒後，其無毒、無臭、不可燃、不論是物性或化性及其使用的效果都十分卓越的條件，迅速地取代了自然冷媒。自 1950 年代起，氨被歸類為有毒的可燃性氣體，被拒於空調用途之外，僅剩下冷凍產業的舞台。直至氟氯碳化合物被發現具臭氧層破壞能力之後，CFC、HCFC 冷媒從理想冷媒成為破壞地球生態環境的元兇，註定了被淘汰的命運。由於新 HFC 環保冷媒一直都沒有全面迅速替代 HCFC 冷媒的優勢，而天然冷媒如氨(NH₃)、碳氫化合物(HCs)、二氧化碳(CO₂)、水及空氣等的臭氧層破壞能力指數為零且對地球之溫室效應亦極低，因此許多專家學者

認為可視為長期性之替代冷媒。

目前市場上冷媒的主流和一些未來極具潛力的替代品，包括氟碳化合物(HFC)、氨(Ammonia)、二氧化碳(Carbon dioxide)、碳氫化合物(Hydrocarbons; HC)等冷媒。而各種冷媒所對應使用的冷凍機油類型有以下幾種：

Ammonia：Alkylbenzene；PAGs

Hydrocarbons：Esters；PAGs

CO₂：Esters；PAGs

CFC：Naphthenics；Alkylbenzene

HCFC：Naphthenics；Alkylbenzene；Polyolesters

HFC：Polyolesters

冷凍機油可分為礦物油(mineral oil)及合成油(synthetic oil)兩大類，如上面所舉之例子。礦物油由於具有優益的潤滑效果和穩定性，因此從很早以前就被當作空調機用的冷凍油。但由於傳統的礦物油不適合用在 HFC 及其它一些冷媒系統中，因此發展出合成的冷凍機油如 POE、PVE 和 PAG 等。冷凍機油特性比較如下表所示：

	Mineral Oil	AB	PAO	Polyol Ester	PAG
R-134a Miscibility	Very Poor	Poor	Very Poor	Good	Good
Hygroscopicity	Excellent	Excellent	Excellent	Fair	Poor
Lubricity	Good	Good	Poor	Poor	Poor
Thermal Stability	Fair	Excellent	Good	Excellent	Poor
R-22 Miscibility	Good	Excellent	Good	Good	Good
Materials Compatibility	Good	Good	Good	Good	Good

POE(Polyolester, 聚酯類化合物)冷凍油最早使用在 HFC-134a 冰箱系統, 後來繼續發展使用在 HFC-410A 和 HFC-407C 的空調機上。以 POE 的分子結構來看, 可以分為直線型(linear type)和分枝型(branched chain type)兩種。直線型 POE 油有較佳的潤滑性, 但與冷媒的相溶性、與水溶合的穩定度和抗腐蝕等性能則是分枝型 POE 較佳。這種分枝型 POE 油廣泛被日本空調機製造商所使用, 因為它適合用在有高殼壓(casing pressure)的迴轉式壓縮機(rotary compressor)系統中。為了區分直線型和分枝型 POE 油的差別, 日本製造商稱這種分枝型(branched chain type) POE 油為 HSPOE 油(highly stable POE)。至於美國和歐洲製造商則多採用普通型(ordinary) POE 或混合型(mixed) POE 油。

PAG(Polyalkyl glycol, 烷基乙二醇化合物)油和 HFC 冷媒具有很好的相溶性, 而且卻不溶於水。主要用在早期開發完成的 HFC-134a 汽車空調機系統。同時 PAG 油和氨冷媒也有很好的相溶性。Idemitsu 公司的 PAG 油用在汽車空調上, 佔有主要的市場。

PVE(Polyvinyl ether, 聚乙烯的醚類化合物)油可以提升 POE 油在 HFC 冷媒系統中水溶性的穩定度和污垢的相溶性。目前 PVE 油的發展相當成功, Idemitsu 公司佔有大部份的 PVE 市場, 主要的日本空調機製造商和南韓、美國、歐洲等主要空調機製造商, 也開始採用 PVE 油當作冷凍油。

AB(Alkylbenzene, 烷基苯化合物)冷凍油和冷媒不能相溶, 因此其應用於冷凍空調系統中的方法和其它冷凍油不同。但是 AB 油有很強的抗腐蝕性, 對污垢和水也有很高相容性, 與其它種類的冷凍油比較, 價格上也相對的較便宜。對於轉換成 HFC 冷媒系統使用的壓縮機或其它元件的修改費用也較為低廉, 因此適合小型空調機系

統上使用。Hard AB 油(HAB)具有低黏度的優點，目前也應用在 HFC-134a 的冰箱中。主要生產 AB 油的廠商為 Nippon-Mitsubishi Oil。

PAG(Polyvialkybenzene)油是可以和氨冷媒搭配的冷凍油，在過去，冷凍油和氨冷媒並不相容，由於它具有毒性和爆炸性，因此使用上須特別小心，發展上也相對的受到限制。但是目前開發出新的 PAG 油(改變原來 PAG 油的分子結構)可以和氨冷媒有更好的相容性。

若使用碳氫化合物(Hydrocarbon refrigerants)為冷媒，例如以 isobutane(異丁烷)作為冷凍空調產品冷媒，通常使用礦物油(mineral oil)作為冷凍油，這是因為礦物油具有很強的潤滑效果，而且和冷媒有很高的相溶性。雖然空調機曾經考慮使用 propane (丙烷)為冷媒，但是這種冷媒和 isobutane 一樣都具有易燃性，而且和冷凍油太相溶，反而降低了潤滑效果。

目前汽車使用的 HFC-134a 冷媒，其溫室效應潛力相當高，約為 CO₂的 1300 倍，車子行走間的震動，使得每年成千上萬噸的冷媒洩漏至大氣中，已成為破壞地球生態的另一隱憂。幾乎所有的汽車冷氣設備製造商皆把目標放在 CO₂上。若使用 CO₂冷媒系統除可使用傳統的礦物類潤滑油，一些合成的冷凍機油如 PAG 等也可使用。

現今用於空調機的冷凍機油產品競爭上，只有少數的日本和美國廠商有此技術。大致上，日本的製造商佔有較大的優勢，這要歸功於日本已經有很成熟的迴轉式壓縮機的製造廠和技術，因此目前有許多不同種類的冷凍機油已經在日本上市推出。而且從許多的國外研究報告中可以得知冷媒空調機用的冷凍機油，除了目前較為廣泛熟知的 POE 油外，其它種類的合成物也發展成功而且開始被應用。

(三)、傳熱油

在許多工業之中，需要利用大量的熱能，由於直接加熱不易控制，且易發生危險，因此多數均採用間接循環加熱，利用中間傳熱介質在熱源(冷源)和工業製品之間作為媒介進行換熱。這種通過中間介質進行換熱的方式稱為間接換熱，間接換熱的最大優點是可在換熱過程中對被加熱的工業製品進行精確的溫控，有利於實現生產過程的有效控制和產品及其品質的精緻化，其中常用的媒介便是蒸汽及傳熱油(或稱熱媒油)。在目前能源價格日漸高漲的情況下，降低能源消耗是降低成本的一個重要環節。以覆銅箔積層板行業為例，蒸汽加熱的壓機改造成熱媒油加熱後，在使用過程中，壓機熱效率得到充分利用並收到明顯良好的效果。根據對已改造好壓機系統的估算，節約能源約 50% 左右，對鍋爐的容量要求可減少一半。

覆銅箔積層板行業壓機加熱常用介質有兩種：一是蒸汽，另一是傳熱油。蒸汽在加熱過程中不斷地釋放出熱量，同時本身凝結為高溫、高壓熱水，通過疏水器再變成常壓的熱水排放掉。雖然這些熱水可以回收，但這水的回收率不可能是百分之百，就算全部回收，這些高溫、高壓熱水在變成常壓熱水過程中還會不斷放出熱量，這些熱量是白白浪費掉的。而傳熱油在加熱過程中，始終封閉在管路中流動，除交換給熱壓機熱量外，熱量外泄損失之情形很少。

由於蒸汽高壓鍋爐費用昂貴，並帶來許多設備上的困難及危險，例如蒸汽的溫度與壓力成正比，溫度高，壓力就要高，為了滿足覆銅箔積層板行業壓機加溫需要，一般鍋爐壓力要在 13 kg/cm^2 以上。熱媒油加熱就不必要，只要滿足熱媒油在管路中流量所需壓力，一般 $4\sim 6 \text{ kg/cm}^2$ 即可。且全無水蒸汽對系統上的銹蝕、水垢、結冰、傳送上等困難與問題，可節省巨額操作及維護費用。

另外，在加熱溫度均勻性方面，由於蒸汽的溫度決定於壓力，當存在位置差異時即有壓力差別，也就有溫度的差別。故用蒸汽加熱的壓機，最上一層與最下一層溫度差較用熱煤油加熱要大；另外蒸汽加熱由於存在冷凝水，在熱板的不同位置其蒸汽的通路不一樣，故也存在著溫差，所以用蒸汽加熱比用熱煤油加熱其不均勻性要大。

總結的說，與傳統的傳熱介質水及水蒸氣相比，傳熱油作為工業傳熱介質具有以下特點：

A、在幾乎常壓的條件下，可以獲得很高的操作溫度。即可以大大降低高溫加熱系統的操作壓力和安全要求，提高了系統和設備的可靠性。

B、可以在更寬的溫度範圍內滿足不同溫度加熱、冷卻的技術需求，或在同一個系統中用同一種傳熱油同時實現高溫加熱和低溫冷卻的技術要求。即可以降低系統和操作的複雜性。

C、省略了水處理系統和設備，提高了系統熱效率，減少了設備和管線的維護工作量。即可以減少加熱系統的投資和操作費用；

D、在事故原因引起系統泄漏的情況下，導熱油與火源相遇時有可能發生燃燒，這是導熱油系統與水蒸氣系統相比所存在的問題。但在不發生泄漏的條件下，由於導熱油系統在低壓條件下工作，故其操作安全性要高於水和蒸汽系統。

傳熱油是有機類傳熱介質的統稱。根據油品的化學成分及其來源，傳熱油通常被分為礦物類和合成類兩大類別。根據油品的物理性質和使用條件，合成類傳熱油可被分為液相、氣液兩相及氣相傳熱油，如下表所示。

最大整體油溫, °F	操作模式
750°F(399°C)	氣相
700°F(371°C)	液相及氣相
650°F(343°C)	液相
607°F(319°C)	液相及氣相
605°F(318°C)	液相
550°F(288°C)	液相

礦物類傳熱油是在原油煉制過程中通過分餾直接獲得的，主要化學成分為鏈狀碳氫結構石蠟系物質，是多種物質的混合物。受其化學和物理性質限制，礦物類傳熱油只能在液相條件下作為傳熱介質使用，不適用在 300°C 以上的加熱系統和 0°C 以下的冷卻系統。由技術和經濟兩個方面原因決定，使用後的礦物油不能通過回收處理的方法重復使用。

合成類傳熱油是通過人工合成方法獲得的，主要化學成分是以苯為基礎結構的不同化學合成物，該類傳熱油的組分包括有單一結構物、同分異構物、幾種純物質的混合物等情況。由於合成傳熱油的組成分可以根據其熱穩定性及物性等條件人為加以選擇，故該類傳熱油有多種不同用途的油品，可以滿足工業換熱中對傳熱介質的不同需求。大多數合成油在使用中品質發生變化到一定程度後，可經過回收處理後得以重復使用。

對於傳熱油而言，不同的油品因其化學成分而異，可分為多種不同性質、使用條件和功能的油品，故在選擇傳熱油為傳熱介質時，必須參考以下因素選用適合的油品：A、熱及氧化安定性 B、低溫啓動性 C、熱傳導效率 D、相容性等因素。熱傳效率增加又受到以下

因素影響：a、低黏度 b、高密度 c、高熱傳導係數 d、高比熱 e、高流速 f、較小管徑等因素。

熱穩定性是導熱油最重要的性質之一，它表示該油品的化學成分在某一溫度長期作用下的穩定程度。同時依據這特定性質確定該油品作為傳熱介質使用時的溫度限制條件。傳熱油的熱穩定性試驗並沒有標準方法，不過在實驗室中一般依照 Ampoule test 進行傳熱油熱穩定性試驗。將所取得的樣品置於某一固定的試驗溫度下保持一段時間，再用模擬蒸餾的方法通過氣相色譜儀進行分析，然後經電腦將樣品的分析結果與未經加熱的新油樣品資料進行比較，以確定被測樣品在試驗條件下由於溫度應力作用而產生的油品裂解率。油品熱穩定性與傳熱油的使用壽命有直接的關係。熱穩定性高的油品在同樣的操作條件下使用壽命更長，所需補充油品的數量小，即操作費用更低，經濟性和安全性更高。

傳熱油的安全、健康及環保性能是使用者選擇油品時也必須考慮的重要問題，因為所選油品的相關性質涉及到對使用該油品系統的設計、設備的選擇、操作人員的防護和事故狀態下的環境影響等方面因素的考慮，同時與生產過程中的安全操作相關。另外，選擇傳熱油時，不僅需考慮其熱穩定性對操作經濟性的影響，同時還需了解油品的其它性質對系統節能及綜合經濟性的影響。

由於傳熱油作為傳熱介質有其獨特的優點，根據其不同性質及功能，傳熱油已經被廣泛應用於加熱、冷卻、餘熱回收、太陽能等工業領域及日常生活之中，例如紡織、塑(橡)膠、(石油)化學、建築、食品、醫院、溫水游泳池等。近年來，在科技發展進程中，大量新設備、新技術的引進，更為傳熱油的工業應用和技術推廣提供更大的空間，深深影響著現代工業及一般民眾生活。

四、心得與建議：

1、本公司在國內油品市場一向居於領導地位，各種技術及資訊與世界接軌有其必要性。此次參加 STLE 磨潤與潤滑工程師學會年會，不僅提供一個迅速方便的觀摩及蒐集最新研發動態的管道，磨潤與潤滑領域研究人員及學者還可互相交換研究心得，並有機會與專業人員討論油品使用所遭遇的問題，亦是一個可同時接觸許多提供不同技術與眾多產品類型廠商最佳機會，值得往後繼續派人與會。

2、在本次 STLE 磨潤與潤滑工程師學會年會中，具環境親和力的潤滑油議題佔據其中非常重要的一項。由於民眾環保意識的抬頭及政府日趨嚴格的環保立法限制，使具環境親和力的潤滑油之使用將更加重要。潤滑油在環境方面議題重點將強調在對健康的危害及對水質的危害方面，除了要滿足技術規範方面的要求外，要減少民眾對潤滑油產品在毒性、健康危害及生態保護方面的疑慮，毒物與工業醫藥方面的知識將對環保型潤滑油的添加劑配方技術有重要影響。

3、由於目前市場上冷媒的主流 HFC 環保冷媒一直都沒有全面迅速替代 HCFC 冷媒的優勢，而一些未來極具潛力的替代品如天然冷媒中的氨(NH₃)、碳氫化合物(HCs)、二氧化碳(CO₂)、水及空氣等的臭氧層破壞能力指數為零且對地球之溫室效應亦極低，因此許多專家學者認為可視為長期性之替代冷媒。

4、熱穩定性是導熱油最重要的性質之一，它表示該油品的化學成分在某一溫度長期作用下的穩定程度。同時依據這特性確定該油品作為傳熱介質使用時的溫度限制條件。然而傳熱油的安全、健康及環保性能是使用者選擇油品時也必須考慮的重要問題，如此油品才能達到對系統節能及綜合經濟性的要求。