

生質潤滑油焦點 Focus on Bio-lubricants

—生質潤滑油，知多少—

美國黃豆出口協會

ASA-IM/Taiwan

陳介武 顧問

一、引言:

隨著時代變遷，科技資訊的發展，吾人對生活環境品質的需求，不再僅以經濟發展為唯一訴求，而更對於居住、工作、甚至休閒等環境的品質要求，亦隨知識的增進而提升其意識。同時亦更認識其本身對環境應負的責任與義務。

生活環境污染的最大來源為石油(礦物油)，而在工業機械，農機、運輸、水域航海等使用龐大量的石油加工品(例如，燃料油、潤滑油)，其中，礦物油基質的潤滑油，係增進保護機械設備的磨損甚為重要的關鍵因素物料，然而卻由於使用中予以洩漏與損耗污染環境清潔與影響人類健康與安全。據報導，在北美洲每年大約有 1 億加侖的石化潤滑油經由油壓機設備，污染到環境而在歐洲，亦僅以油壓機用石化潤滑油一項，就每年有 60 萬公噸洩漏污染環境，可謂已到甚為嚴重危害地球的地步，而地球只有一個，應予以珍惜。

如是，研發可替代部份石化礦物油系潤滑油的生物可分解性生質潤滑油(Bio-lubricants，以生質來源，動植物油基質的潤滑油)，以利環保並促使整體產業能夠永續經營，乃當務之急。

二、潤滑油的發展歷史:

古代人類搬運貨物的車輛，其車輪轉動主軸已採用所謂“潤滑油”。在紀元前(B.C.)大約 1400 年在埃及開羅(Cairo, Egypt)博物館展

示的所謂潤滑油(Lubricants)，係熔點(m.p.) 49.5°C 產品油，可能為羊脂或牛脂。如此，得悉人類自古以來將動植物油做為潤滑用途，甚為明顯。在蒸汽機採用蜜臘(Bees wax)，蓖麻籽油(Castor oil)，豬油等供為潤滑油，另外，亦採用橄欖油、鯨油供用。1847年 Dr. James Young 在英國從石油原油予以分離製造石化潤滑油(Petro-lubricants) 供用，係屬首創應用，而在美國依照 Young 的專利予以製造石化燃料並副製機械油(即潤滑油)，爾後由於石油系潤滑油功能優異，快速發展而取代動植物油潤滑油，並予以發揚光大。

目前石油系潤滑油，乃屬絕大多數供用，它需要廣範圍的粘度有效性、作業功效佳、價廉而品質穩定並且可多量供應，同時其理化性質必須符合潤滑作用。在 1929-1935 年間，其進展甚為快速，予以闡明潤滑油所需特性、化學結構、組成以及有關性質同時為了配合特殊需求予以加各種添加劑以提升潤滑功能與作業穩定性，進而研發合成潤滑油以供航空用的特殊潤滑油。對於噴射機所用的高性能潤滑油，尤其須符合在廣範圍溫度下，其粘度變化甚微，而在極低溫下，亦可保持良好流動性，又可耐極高溫下供用。然而石油系潤滑油不易應付上述條件而改用合成潤滑油，例如，高碳鏈脂肪酸的雙酯(Diesters)或矽油(Silicon oil)，均是。第二次世界大戰卻促使高性能潤滑油的研發更上一層樓，猶如將油酸(Oleic acid)與萘類(Naphthalene)加成反應的高分子酯類，供為可耐零下 40°C 的手錶用合成潤滑油。另外，滑脂(Grease)的研發亦配合進展而生產合成滑脂供用。這些經驗必須記取，以促進研發，提升產品品質。

潤滑油劑，係為了減輕兩個固體表面之間的摩擦而減少機械磨損所使用的物料。物理性質方面，以粘度、粘度指數、界面性質、抗磨損性、溫度與壓力變化的影響、低溫流動性等為主，而化學性質方面則以氧化穩定性、熱穩定性、低蒸氣壓性(低蒸發損耗性)、抗腐蝕性、抗銹性、防塵性等，為關鍵需求，可說甚為廣泛，而其配方組成乃為關鍵因素。

替代的產品油脂(大豆油及其加工油品),亦業已開始被重視而逐漸抬頭。大豆基質潤滑油,乃擁有潛力以在新興市場受注目,它係由美國大豆聯合會(USB, United Soybean Board)大力予以優先研發推廣而預測有甚大的潛在商機。而係屬於“解決生質基質”(Bio-based solutions)措施,以利拓展大豆油的工業利用。

在美國所推動的大豆基質潤滑油的應用,包括油壓機油(Hydraulic fluids)、二衝程機油(Two-cycle engine oils)、機械鋸油(Chainsaw bar oil)、曲軸箱油(Crankcase oils)、點滴油(Drip oils)、鐵軌油(Rail & flange oils)、鋼索油(Wire rope lubricants)、金屬加工與金屬切割油(Metalworking & metal cutting fluids)、防塵油(Dedusting oils)、滑脂(Greases)、食品機械用潤滑油(Food machinery lubricants)、變壓器油(Transformer oils)等,均是。

- ★ 提升上述生質潤滑油的應用推動力,在於環境保護、經濟以及作業功能有關課題。目前石油基質潤滑油,仍繼續係最為經濟選擇者,以供各種應用需求,但大豆油及其他植物油,乃逐漸朝向部份替代石油(礦物油系)油品,而益於環保。

全球先進諸國,均已認可生物可分解性(Biodegradable)的生質潤滑油以替代部份礦物油而予以提升規制壓力以減少或排除石化潤滑油的毒性成份污染危害。在美國係鼓勵採用大豆基質產品即大豆生質潤滑油),猶如依照 Executive Order 13101 予以指導聯邦機關採用環境友善的生質基質產品(Bio-based products)而鼓勵採用更多的生物可分解油脂(或可再生油脂)做為基質油(Base oil)。聯邦生質基質產品優先採購計劃(Federal Biobased Products Preferred Procurement Program),以規制要求聯邦政府部會,若產品品質、價格及其可供用性與

石油基質產品相當時，則優先採購生質基質產品供用，益於其國家經濟，均是。

- ★ 通常植物油基質油品擁有其作業功能的限制(或缺點),尤其在熱穩定性(Thermal stability), 氧化穩定性(Oxidation stability) 以及水解穩定性(Hydrolytic stability)為甚, 因此, 須經由修飾(Modification)其油脂分子結構予以克服這些問題為要。

當與石油系基質產品比較, 植物油基質擁有下列優點:

- ◆ 粘度指數(Viscosity index)較高(即隨溫度變化, 其粘度變化較小)。
- ◆ 蒸發損耗(Evaporation loss)較小而節省使用量。
- ◆ 潤滑性(Lubricity)佳而可減輕摩擦與磨損機械設備並節省燃料消耗量有所關連。
- ◆ 低毒性
- ◆ 閃火點(Flash point)較高而作業安全性佳。

包括大豆油在內的各種植物油, 較價廉, 生物可分解性並可再生性, 供應量龐大而穩定, 然而合成油雖然其功效優越但價格昂貴。大豆基質潤滑油商業化的關鍵在於研發適宜的可行製造方法及配方以提供經濟有效而穩定供應的基質油(Base stock)。

- ★ 為了改善大豆油的品質, 以供製取穩定性良好的生質潤滑油, 美國 USB 正在研發推動下列幾種措施, 將成為美國未來生質潤滑油發展趨勢:

- ◆ 經予化學修飾(Chemical modification)其油脂結構以利改進其氧化穩定性與熱穩定性。
- ◆ 添加各種抗氧化添加劑, 以改進其穩定性。
- ◆ 經予遺傳基因改進大豆品種, 以提升其油脂穩定性, 例

如，經良好大豆品種計劃(Better Bean Initiative, BBI, USB)以生產高油酸(Oleic acid)，低亞麻油酸(Linolenic acid)組成的大豆油供用。

- ◆ 依據傳統育種方式，改進大豆品種，以獲取較穩定的大豆油供為基質油。

★ 植物油，經予化學修飾，以供製取生質潤滑油:

全世界所生產的植物油中，大豆油佔第一產量，係為最價廉而來源豐富，可供製取生質潤滑油基質原料的最佳選擇，其他植物油尚有菜籽油、葵花油、花生油、棉籽油、椰子油、棕櫚油、紅花籽油、米糠油等。

大豆油的雙鍵(Double bond)結構經由過氧化氫(H₂O₂)等氧化劑予以環氧化(Epoxidization)而產生Epoxy soybean oil(環氧大豆油)，爾後再經開環反應(Ring Opening Reaction)而將其轉化為雙酯(Diester)，其氧化穩定性及低溫作業性均甚佳，可供為製取各種潤滑油，諸如油壓機油、曲軸箱油、點滴油、機油、耐磨潤滑油及滑脂等。

★ 在美國的主要生質潤滑油製造廠商如下，供參考:

- ◆ Renewable Lubricants Inc.
- ◆ International Lubricants Inc.
- ◆ Environmental Lubricants Manufacturing Inc.
- ◆ Terresolve Technologies Inc.
- ◆ West Central Soy Co.
- ◆ Soy Clean Co. and etc.

(b) 歐洲生質潤滑油概況:

- ★ 在歐洲其石油系潤滑油的生產，使用或廢棄，均對於健康、安全與環境，產生甚大的衝擊，因此希望採用經接觸無毒性

而且經生產或使用不會危害環境者。由於事故洩漏污染，尤其對環境敏感的地區，諸如，林場、農場、營造以及水域產生較多的生態危害。因此其環境友善潤滑油(Environmentally Friendly Lubricants, EFL, 即 Bio-lubricants 生質潤滑油)的產銷逐漸成長。

- ★ 石油系潤滑油對環境污染仍甚為嚴重，據報導，在歐洲僅就油壓機油(Hydraulic fluids)的洩漏量，每年達 60 萬公噸。通常每公升潤滑油洩漏會污染水域 4,000m²。若採用生質潤滑油則可供防制而經EC-Directive EC/1999/45 導引予以鼓勵採用以利環保並可標示生質潤滑油無污染生態(Euro-Ecolubs)，以提醒消費單位及消費大眾，而擬建立Euro-Ecolabel標誌供用。
- ★ 在歐洲其生質潤滑油，以下列幾種原料做為其基質油：
 - ◆ 植物油(在歐洲以菜籽油為主要原料)
 - ◆ 氫化植物油(經氫化加工而獲得氧化穩定性)
 - ◆ 高油酸(High oleic)含量的植物油
 - ◆ 合成酯類(Synthetic esters): 如聚酯(Polyester)、聚乙二醇(Polyglycol)、聚- α -烯烴(Poly Alpha Olefins, PAO)等。
- ★ 在歐洲，從 1980 年中期開始推行採用生質潤滑油而瑞典係在歐洲首創研發者，但仍有些缺點待克服。在 1990-1992 年間，經瑞典機械測試研究所(Swedish Machinery Testing Institute)研發植物油基質的潤滑油供用。在 1997 年訂定 Swedish Standard SS155434，另外在 2003 年訂定生質潤滑油標準(SS 155470)，稱為環境友善潤滑油(EFL)，並擬推廣到各項用途。芬蘭、德國、奧地利、挪威、法國、義大利、英國等諸國，均正在考量推廣採用生質潤滑油。
- ★ 在歐洲市場，2002 年生質潤滑油總銷售量約為 15 萬 7,000 公噸，其中 67%(10 萬 5,000 公噸)屬於合成酯潤滑油，33%(5

萬 2,000 公噸)屬於植物油基質潤滑油。兩項合計佔全歐洲潤滑油總消費量每年 502 萬公噸(據 Pathmaster Marketing)的 3.1%。過去 10 年來生質潤滑油在歐洲市場的成長率約為 5%，而歐洲委員會(EC)正在促進全歐洲逐漸採用生質潤滑油，以利環保與健康。

- ★ 2002 年，International Standards Organization (ISO) (Netlink: www.iso.ch)發佈生質油壓機油(Bio hydraulic fluids)的標準規範(ISO 15380)，它包括三甘油酯(Triglyceride, 如植物油等)、聚乙二醇(Polyglycol)、合成酯(Synthetic esters)、聚- α -烯烴(Poly Alpha Olefins & related products)。歐洲諸國如瑞典、德國、奧地利、瑞士，均予採用。其測試範圍項目包括：粘度(Viscosity)、流動點(Pour point)、閃火點(Flash point)、防銹性(Rust prevention)、銅腐蝕(Copper corrosion)、氧化穩定性(Oxidation stability)、起泡性(Foaming tendency)、抗乳化性(Demulsibility)、抗磨性(Anti-wear performance)。

另外，在 ISO 15380 亦包括訂定生物可分解性(Biodegradability)魚類毒性(Acute fish toxicity)、抗菌性(Bacterial inhibition)。

若擁有管理當局更為嚴格的規制，生質潤滑油的佔有率，將會更增進。

- ★ 生質潤滑油的裨益在於：

1. 水域、土壤及空氣，較少受污染，環保性佳。
2. 健康安全風險最少。
3. 生物可分解性佳，而易於廢棄。
4. 潤滑性佳。
5. 抗腐蝕性佳。
6. 低蒸發性，損耗率較少而且排廢氣甚少。

7. 低毒性。
8. 廣泛供用性佳。
9. 可再生性。
10. 由於磨損少而節省燃料油消耗。
11. 減輕地球溫室效應。
12. 雖然比石油系潤滑油貴，但比合成油較為便宜。

然而也有其缺點如下:

1. 比石油系基質產品，較為貴。
2. 低溫作業性較差。
3. 氧化穩定性較差。
4. 作業溫度範圍較受限。
5. 壽命較短。

四、結言:

生活環境的減廢與改善，是一個國家生活品質與形象的重要指標，而須予以規制生產事業單位(機構)對其所製造產品可能影響環境健康的污染與危害，負起生命週期(Life cycle)的責任。採用生質潤滑油措施，乃係一種“綠色消費”以確保生態環境，是鼓勵社會大眾選用生物可分解性、可再生性、低污染性(或無污染)、潤滑性佳而且省能源等，對環境污染與損傷較少的生質產品(Bio Products)以達到兼顧消費與環保的目的。其成效如何，有賴政府政策支持、指導、鼓勵與規制以及各有關產銷事業機構與消費大眾的共同努力，來確保生活環境清潔健康，是盼。

參考資料:

1. Soy Lubricants Technical Background, United Soybean Board (USB), U.S.A. February 2002
2. Bio-lubricants in Europe, INFORM (AOCS), June 2004
3. Vegetable Oil Usage in Lubricants, INFORM (AOCS), November

2004

4. The Soy Products Guide, USB, U.S.A., 2005
5. Bio-based Solution, USB, U.S.A., January 2005
6. Modified Oils & Fats as Bio-lubricants, INFORM (AOCS), U.S.A., June 2005
7. Industrial Uses of Vegetable Oils, AOCS, Press, U.S.A., 2005
8. Chemical Modification of Vegetable Oils for Lubricant Applications, J. of AOCS, Vol. 83, No. 2, 2006
9. 潤滑油劑・潤滑法: 新化學工學講座, 日刊工業新聞社, 日本。