

黃豆生質潤滑油焦點

Focus on Soy Bio-lubricant

美國黃豆出口協會(ASA-IM/Taiwan)

陳介武 顧問

—黃豆基質潤滑油(Soy based bio-lubricant, 簡稱為黃豆生質潤滑油)擁有良好潤滑特性(Lubricity)高粘度指數(Viscosity index), 低揮發度(Volatility), 高閃火點(Flash point), 氧化穩定性(Oxidative stability)與低溫流動性(Low temperature fluidity)均佳, 並且由於它係生物可分解性, 可再生性的環境友善(Environmentally & friendly)新環保潤滑油, 可供為優良的車用機油(Engine oil)。—

石化潤滑油(Petro-lubricant), 合成潤滑油(Synthetic lubricant)與生質潤滑油(Bio-lubricant):

生質潤滑油(Bio-lubricant):

在未發現石油以前, 經好幾千年以來, 植物油(生質油脂)係供為機械及運輸車輛的潤滑油之用。石油主要由於其價廉而且良好的作業潤滑執行效能, 而長久以來, 均被供為車用潤滑油以取代植物油性潤滑油。然而由於:

- (a) 它係石油蒸餾成份物質, 而由不同大小分子量成份所構成的油料, 並不完全適合於現代的汽車裝置潤滑之用。其所含蒸餾殘留雜質成份也不完全為保護潤滑引擎設備, 反而傷損引擎。
- (b) 傳統的石化潤滑油, 在正常汽車作業溫度下, 其某些成份物質也會分解, 尤其在氧的存在下更甚, 而降低其潤滑作用。這些因素, 通常甚難排除。
- (c) 當這些物質分解時, 在引擎機件表面產生膠質(Varnish, or gum), 沈澱(Deposits)以及殘渣(Sludge)。加之, 這些因素會增加潤滑油的粘稠度, 不易流動循環而影響傳熱效果。
- (d) 石化潤滑油, 又易含有石臘(Paraffins)而在較低溫度下, 增加其粘稠性, 以致無法及時循環流動到了引擎各部位而磨損引擎以降低潤滑效果。

(e) 石油係由不同分子量的成份物質所成而當在引擎潤滑系統流動時，較小而輕質分子成份易集中在潤滑油中央部位，然而較大重質分子成份則容易附著在金屬表面而阻礙其流動，以致影響潤滑性。

(f) 石化潤滑油的粘度指數(Viscosity index)較小(通常在 80~100)，對於溫度變化而其粘度波動較大，如是影響潤滑效果。

(g) 揮發度(Volatility)較高(通常在 10~30%)而提升揮發損耗率，增加作業成本，此係經濟效益的關鍵影響因素。

(h) 係不可再生性非生物可分解性物質，並且含有毒性物質，易殘留在環境，乃為其致命傷特性。但較為價廉而增加其使用量。

如是，合成潤滑油與植物油(如黃豆油、菜籽油)基質的生質潤滑油才有逐漸被引進潤滑油市場的機會，以替代(或部份替代)石油系潤滑油，而改善有關所需特性並減輕污染公害。

合成潤滑油(Synthetic lubricants, 如Poly alpha olefins, PAO):

其潤滑油效果等，比石化產品為高，諸如:

(a) 換油率低(揮發度低而油損耗率小)

(b) 引擎壽命增長

(c) 修護成本較小

(d) 可提升潤滑油總哩程數(Mileage)

(e) 可改善作業效率，但非為完全的可再生而生物可分解性油料

(f) 但其價格甚為昂貴，以致使得較價廉而且品質優異的植物性生質潤滑油(如黃豆生質潤滑油)獲取進入潤滑油市場的商機。

通常對車用機油的潤滑油特性需求如下，以利發揮效果:

(a) 高溫氧化穩定性(High temperature oxidative stability)與熱穩定性(High temperature thermal stability)。

- (b) 高粘度指數(Viscosity index)
- (c) 低溫流動性(Low temperature fluidity, Low pour point)
- (d) 低揮發度(Volatility)與低廢氣排放性(Less emissions)
- (e) 可控制摩擦與磨損(Control friction & wear)
- (f) 無污染物(Contaminants)、無沈澱(Deposits)或無殘留物(Sludge)
- (g) 防銹性佳(Anti-rust)(Corrosion control)
- (h) 抗泡性(Foam control)佳
- (i) 成份相溶性(Component compatibility)佳
- (j) 低成本(Cost)，丟棄費用較低
- (k) 環境友善、安全性與健康性佳

目前，由於石油價格高漲，同時其埋藏量將枯竭，它又不易分解，當釋放洩漏後，易污染環境災害並且有毒性，以致成為強大動機趨向於提供生質潤滑油供用。

在歐洲由於執行規制高污染性潤滑油而推動在潤滑油市場採用生質潤滑油或合成潤滑油等基礎油的各種潤滑油供用。車用機油係為其中最為龐大的市場，以致植物性生質潤滑油與合成潤滑油獲得參與市場消費的機會(前者較為價廉，後者價格甚高昂)而利於環保與健康。

植物油基質的生質潤滑油(Vegetable oil based bio-lubricants):

黃豆生質潤滑油(Soy Bio-lubricant):

自古以來，植物油(如黃豆油、菜籽油)被供為各種潤滑油，然而其主要缺點在於氧化穩定性較低而且低溫流動性較差，但是:

- (a) 經由化學修飾改質的黃豆油(Soybean oil)可改善其氧化穩定性與低溫流動性，以致可供為製造潤滑油的基礎油(Base oil)以配製為良好的生質潤滑油產品，供為車用機油之用。

- (b) 由於其分子大小較為均勻而且容易與引擎金屬表面附著以提升其潤滑效果。
- (c) 粘度指數(Viscosity index, VI)較大(150~200): 在廣範圍溫度狀況下，其粘度變化較小而適合作業效能。
- (d) 揮發度(Volatility)甚低(3%以下, Low VOC emission):其損耗率小而降低作業成本。不會污染而係環境友善性為其特點。
- (e) 不含有石臘或其他臘質(Waxes)而在低溫作業下，不會增加其粘稠性而且不影響其低溫作業。
- (f) 不會產生膠質(Varnish, gum)、沈澱(Deposits)、殘渣(Sludge)以影響油料的潤滑性。
- (g) 閃火點(Flash point 328°C)甚高，而作業安全性佳。
- (h) 可再生性(Renewable)、生物可分解性(Bio-degradable)、無毒性(Non-toxic)的環境友善(Environmentally & friendly)生質油料。
- (i) 較為價廉: 其價格比石油系產品稍微高而低於價格高昂的合成油產品。

黃豆基質生質潤滑油(Soy based bio-lubricant)(Soy bio-lubricant)係由於環保友善考量，經濟效益(比價格高昂的合成潤滑油為優)以及其作業效益而被推動採用為選擇對象進入潤滑油市場。它擁有在此市場競爭的潛力。

在歐洲對於生物可分解性與在環境因素敏感地區採用低(或無)毒性生質潤滑油的需求，經予被認可。在某些歐洲地區經予採取嚴格規制石油系潤滑油的使用而經予開發合成潤滑油或植物油性生質潤滑油(在歐洲採用菜籽油為基油)以利符合這種需求。它經予被採用已超過 20 年，係由於推動使用生質產品而提升“Greener”環保觀念所致。

在西歐，其所有傳統的石化潤滑油總市場量約為 16 億加侖/年而生質產品約佔 1~3.2%，然而在更擁有生質觀念的國家，諸如德國則佔有 15%，北歐國家不低於 11%，其他則在 1%以下。係經立法予以強制在某些環境敏感地區嚴格規制使用生質產品替代某些石油系產品。

在美國，其所有傳統的石化潤滑油的總銷售量約為 25 億加侖/年(2006 年)，而美國仍為世界上最大的潤滑油消費國，其市場區隔如下：

- 汽車用油(Automotive oil)—56.1%
- 工業用油(Industrial oil)—21.2%
- 加工用油(Process oil)—18.1%
- 金屬加工用油(Metal working oil)—2.1%
- 滑脂(Greases)—2.4%

如此，車用機油仍佔總石化系潤滑油銷售量的最重要部份，而且它係立即威脅環境與健康因素較為嚴重。若經予以黃豆生質潤滑油替代部份石油係潤滑油產品，其生產量乃相當可觀，而可能在美國成為重大的成長市場，以利改善環境清潔，節省進口石油與其依賴，並且增加就業機會。

雖然經由 Presidential Executive Order #13423，美國農業部 USDA 的生質優先採購計劃(Bio-Preferred Procurement Program)，以利增進採用生質產品(Bio-Preferred Products)，但它係屬自願選購性質，以致目前在美國仍缺乏規制予以強制在環境敏感地區使用生質潤滑油等產品，乃為其主要障礙使得生質產品未能快步成長。

美國黃豆出口協會(American Soybean Association, ASA-IM)在台灣首先推動宣導美國黃豆生質柴油(Soy Bio-diesel)(1997 年)，並與工研院，能環所合作開發製造(2002 年)，進而由經濟部能源局輔導台灣新日化公司正式生產黃豆生質柴油產品(2004 年)供應而經予規制所有石化柴油參添 1%生質柴油(稱為B1)以利改善環境污染(2008 年)。

本協會鑒於為促進改善環境因素，宜採用低(無)毒性、低污染性、生物可分解性，而且可再生性的環境友善黃豆基質生質潤滑油(Soy based bio-lubricant)，經於 2009 年與工研院材料化工所(Material & Chemical Research Laboratories, Industrial Technology Research Institute)合作研發黃豆油基質生質潤滑油的基礎油(Base oil)(Study on Synthesis of Base Oils from Soybean Oil for Bio-lubricant)。

植物油(黃豆油、菜籽油等)做為潤滑油使用，仍擁有其氧化穩定性與低溫流動性較差的缺點，因此務必經由化學修飾改質(Chemical Modification)以利增進上述兩項性質，而符合潤滑油的重點需求。如此，經採用環氧黃豆油(Epoxy soybean oil)(由美國黃豆萃取的黃豆油經由環氧化 Epoxidization 予以製造)為原料進行環氧黃豆油結構的

進一步化學修飾以製取潤滑油配製用的基礎油。

其化學修飾改質反應，包括環氧基開環反應(Epoxy Ring-opening Reaction)與酯化反應(Esterification)。前者係將環氧黃豆油的環氧基(Epoxy ring)予以水解，而生成兩個羥基(Hydroxy group)，即得雙羥基黃豆油(Dihydroxy soybean oil)。後者係將雙羥基與酸酐(Acid anhydride)進行酯化反應以製取黃豆油雙酯類(Diester of soybean oil)產品，供為潤滑油的基礎油。主要經採用己酸酐(Hexanoic anhydride)以製取黃豆油己酸雙酯(Hexanoate diester of soybean oil)產品，而經由 $^1\text{H NMR}$ 光譜與 FT-IR 光譜予以鑑定其化學結構，並用 GPC(Gel Permeation Chromatography)與 TGA (Thermogravimetric Analysis)分別測定其分子量與揮發度(Volatility)。最後檢測其氧化穩定性、低溫流動性(Pour point)、動態粘度與粘度指數(Kinematic viscosity & Viscosity index)、碘價(Iodine value)、水份(Moisture)等，理化性質而認為其化學修飾改質後的產品黃豆油己酸雙酯可供為優良的基礎油(惟有其粘度稍高)。以利配製生質潤滑油。該研發報告已於 2009 年台灣化學工程學會及國科會化學工程學門成果發表會予以發表，並刊在台灣化學工程學會年刊(2009)，供為有關業界參考。

配製黃豆基質生質潤滑油，以供車用機油:

為了配製品質與效用優良的生質潤滑油，尤其優異特性品質的如上述黃豆基質的基礎油，乃為關鍵必須的重要原料，它通常約佔潤滑油量的 90%左右(其他添加物約佔 10%)。車用機油(Engine oil)尤其需要更好的熱穩定性、氧化穩定性、低溫流動性、高粘度指數以及低揮發度等各項物理特性為宜。因此，添加物(Additives)配方(Formulation)成為另一個關鍵重要因素，以利提升作業效能。

如是，通常需要考量下列幾種添加物來增添其運用效果，以供配製良好的生質潤滑油產品，供為車用機油之用：

- (a) 清淨分散劑(Detergent & dispersant): 保持引擎零件表面清潔不產生雜物以確保作業效能。
- (b) 抗氧化劑(Anti-oxidant): 熱穩定性、氧化穩定性佳而增長油料壽命。
- (c) 抗腐蝕劑(Corrosion inhibitor): 防銹並減少磨損
- (d) 降凝劑(Pour point depressant): 低溫流動性佳

- (e) 粘度及粘度指數改良劑(Viscosity & viscosity index improver): 適宜稀釋劑並適合廣範圍溫度變化的粘度
- (f) 抗磨損劑(Anti-wear agent): 改進油膜強度，減少磨損
- (g) 摩擦改良劑(Friction modifier): 避免損耗，提升油料 Mileage 增進散熱效應
- (h) 抗泡劑(Foam inhibitor): 避免產生泡沫，促進油料循環流動
- (i) 抗乳化劑(Demulsifier): 減少形成乳化，而不影響潤滑效果。

除了上述各項因素以外，尚須考量高閃火點油料(作業安全性)，低揮發度(油料損耗率較低)，經濟效益並符合有關規範(如美國石油學會 API 規範，中華民國國家標準 CNS 規範)。

結言:

經濟發展而生活水準提升，以致人們更為關心環保與健康。由上述化學修飾改質黃豆雙酯做為基礎油以配製的黃豆生質潤滑油，乃可符合(或更佳)石油系潤滑油的各種特性，尤其粘度指數較高，揮發度(油料損耗率)較低，高閃火點(作業安全性)，潤滑性佳等等，並且係可再生性，生物可分解性特優，低(或無)毒性的新環境友善生質潤滑油，可供為大眾車用機油，以利替代(或部份替代)高污染性的石化潤滑油(或價格甚為昂貴的合成潤滑油)，以改進環保與健康。

環保應該為國人生活的一部份，不分您我均予關心，而讓每一個人的生活均能夠與自然和諧共生，不消耗過度的石油資源而愛用生質產品，乃世界的趨勢。但仍有賴政府政策的支持、指導、鼓勵與規制以及有關事業機構消費大眾的共同執行才能奏效，是盼。